



GAODENG XUEXIAO ZHUANYE JIAOCAI

• 高等学校专业教材 •

[高校教材]

淀粉制品生产工艺学

曹龙奎 李凤林 主编

PRODUCTION TECHNOLOGY OF
STARCH PRODUCTS



 中国轻工业出版社

高等学校专业教材

淀粉制品生产工艺学

曹龙奎 李凤林 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

淀粉制品生产工艺学/曹龙奎,李凤林主编. —北京:
中国轻工业出版社,2008.5
高等学校专业教材
ISBN 978-7-5019-6316-4

I. 淀… II. ①曹…②李… III. 淀粉-生产工艺-高等学校-教材
IV. TS234

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第204826号

责任编辑:涂润林 责任终审:劳国强 封面设计:锋尚制版
版式设计:王培燕 责任校对:燕杰 责任监印:胡兵 张可

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印刷:利森达印务有限公司

经销:各地新华书店

版次:2008年5月第1版第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:18

字数:415千字

书号:ISBN 978-7-5019-6316-4/TS·3679

定价:36.00元

读者服务部邮购热线电话:010-65241695 85111729 传真:85111730

发行电话:010-85119845 65128898 传真:85113293

网址:<http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

70831J4X101ZBW

本教材编委会

- | | |
|-----------------|------------|
| 主 编： 曹龙奎 | 黑龙江八一农垦大学 |
| 李凤林 | 吉林农业科技学院 |
| 副主编： 肖华志 | 天津大学 |
| 陈海光 | 仲恺农业技术学院 |
| 张佰清 | 沈阳农业大学 |
| 高大威 | 燕山大学 |
| 巩发永 | 西昌学院 |
| 编 者： 王立江 | 吉林农业科技学院 |
| 汪艳群 | 沈阳农业大学 |
| 余 蕾 | 厦门海洋职业技术学院 |
| 郑煜焱 | 沈阳农业大学 |
| 周 睿 | 黑龙江八一农垦大学 |
| 黄聪亮 | 漳州职业技术学院 |
| 曾晓房 | 仲恺农业技术学院 |
| 吴 兵 | 西昌学院 |

前 言

淀粉是自然界最丰富的物质之一,作为重要的可再生工业原料,主要用于食品、纺织、造纸、水产饲料、制药、化工、机械、石油、建筑等行业,越来越受到社会的广泛重视。对淀粉的极大需求推动了淀粉工业的发展,因此淀粉工业也被称为黄金产业,对国民经济具有重要的作用。

改革开放以来,我国淀粉及其相关制品工业迅速发展。1989年我国淀粉产量为111.7万吨,2005年淀粉产量为1110万吨,为世界第二位。特别是2000~2005年的平均每年的递增速度为16.9%,呈现出灿烂的发展前景。高速发展的淀粉及相关制品工业必然需要相应的技术和生产人员,为加快我国淀粉工业的基础研究、产品开发等各方面的发展,我们编写了这本教材供各类大专院校食品及生物技术相关专业的学生使用,也可作为淀粉及相关制品生产企业及科研单位技术人员的参考资料。

全书共分六章,第一章介绍淀粉的结构及物理化学性质;第二章介绍玉米淀粉的生产工艺;第三章介绍其他谷类、薯类淀粉的生产工艺;第四章介绍淀粉糖的生产工艺;第五章介绍变性淀粉的生产工艺;第六章介绍淀粉试验与检测技术。

本书第一章主要由高大威、巩发永编写,第二章主要由李凤林编写,第三章主要由肖华志编写,第四章主要由曹龙奎编写,第五章主要由陈海光编写,第六章主要由张佰清编写,此外曾晓房、汪艳群、余蕾、王立江、郑煜焱、周睿、黄聪亮、吴兵等同志也参与了本书部分章节的编写工作,全书由曹龙奎、李凤林统稿。

在编写过程中,本书参考了国内外许多作者的著作和文章,同时得到了黑龙江八一农垦大学、吉林农业科技学院的各位领导及老师的无私帮助,在此表示衷心的感谢。限于编写人员的水平和经验有限,本教材中缺点错误难免,敬请批评指正。

编者

目 录

第一章 淀粉的结构及物理化学性质	(1)
第一节 淀粉的分子结构	(1)
一、淀粉的基本构成单位	(1)
二、淀粉的分子组成	(1)
三、直链淀粉与支链淀粉相对分子质量的测定	(8)
第二节 淀粉颗粒的结构	(9)
一、淀粉颗粒的形态	(9)
二、淀粉颗粒的轮纹结构	(10)
三、淀粉颗粒的偏光十字	(11)
四、淀粉颗粒的晶体构造	(12)
第三节 淀粉组分的分离	(15)
一、温水浸出法	(15)
二、完全分散法	(15)
三、分级沉淀法	(16)
四、凝沉分离法	(16)
五、电泳法	(17)
六、纤维素吸附法	(17)
第四节 淀粉的物理性质	(17)
一、淀粉的润胀与糊化	(17)
二、淀粉的回生	(23)
三、淀粉糊与淀粉膜	(24)
四、淀粉的其他物理性质	(25)
第五节 淀粉的化学性质	(27)
一、淀粉颗粒的化学组成	(27)
二、淀粉的化学特性	(29)
第二章 玉米淀粉的生产工艺	(31)
第一节 玉米的生产及深加工概况	(31)
一、世界玉米生产概况	(31)
二、我国玉米生产概况	(31)
三、玉米的用途	(32)
四、玉米深加工发展状况	(33)
第二节 玉米淀粉生产原料	(34)
一、玉米的类型	(34)
二、玉米籽粒的结构	(35)

三、玉米的成分	(36)
四、玉米的物理特性	(38)
五、玉米的质量指标	(40)
第三节 湿法生产玉米淀粉工艺流程	(40)
一、概述	(40)
二、玉米淀粉湿磨加工的目的	(40)
三、玉米淀粉湿磨加工工艺流程	(41)
四、玉米淀粉湿磨加工的基本原理	(41)
第四节 玉米的干法清理与浸泡	(42)
一、玉米的干法清理	(42)
二、玉米的浸泡	(43)
三、亚硫酸的制备	(49)
四、典型设备	(51)
五、玉米干法清理与浸泡的工艺参数	(53)
第五节 玉米破碎及胚芽的分离和洗涤	(53)
一、浸后玉米的输送和除沙	(53)
二、玉米破碎	(54)
三、胚芽的分离和洗涤	(56)
四、玉米破碎、胚芽分离的工艺流程	(59)
五、玉米破碎与胚芽分离的工艺参数	(61)
第六节 玉米精磨及纤维的分离、洗涤	(61)
一、玉米精磨	(62)
二、纤维的分离、洗涤	(64)
三、精磨及纤维分离与洗涤的工艺流程	(65)
四、精磨与纤维分离、洗涤的工艺参数	(65)
第七节 淀粉与麸质分离及淀粉洗涤	(66)
一、细淀粉乳特性	(66)
二、淀粉与麸质分离的方法	(66)
三、淀粉的洗涤	(68)
四、麸质分离与淀粉洗涤的工艺流程	(70)
五、淀粉与麸质分离及淀粉洗涤的工艺参数	(72)
第八节 淀粉乳脱水与湿淀粉干燥	(73)
一、淀粉乳的脱水	(73)
二、湿淀粉的干燥	(77)
三、淀粉脱水和干燥的工艺参数	(80)
第九节 湿法生产玉米淀粉典型生产工艺	(80)
一、典型工艺分析	(80)
二、生产中物料平衡	(82)
三、生产中的水环流	(83)

第十节 玉米淀粉生产副产品的处理和综合利用	(85)
一、浸泡液的处理和综合利用	(86)
二、胚芽的处理和综合利用	(89)
三、麸质的处理和综合利用	(92)
四、玉米纤维的处理和综合利用	(96)
第三章 其他谷类、薯类淀粉的生产工艺	(99)
第一节 小麦淀粉的生产工艺	(99)
一、概述	(99)
二、马丁法生产工艺	(101)
三、旋流法生产工艺	(105)
四、淀粉和湿面筋的干燥	(106)
第二节 马铃薯淀粉的生产工艺	(109)
一、概述	(109)
二、马铃薯淀粉的生产工艺流程	(111)
三、马铃薯淀粉生产工艺要点	(114)
第三节 木薯淀粉的生产工艺	(123)
一、木薯块根的结构和化学成分	(124)
二、木薯淀粉生产工艺	(124)
第四节 甘薯淀粉的生产工艺	(127)
一、甘薯块茎的结构和化学成分	(127)
二、以鲜薯为原料的淀粉生产工艺	(128)
三、以薯干为原料的淀粉生产工艺	(129)
第五节 豆类淀粉的生产工艺	(130)
一、豆类的化学成分	(131)
二、豆类淀粉的结构	(131)
三、豆类淀粉生产工艺	(132)
第六节 稻米淀粉的生产工艺	(133)
一、稻谷的结构和组成成分	(133)
二、稻米淀粉的形态	(134)
三、稻米淀粉的生产工艺	(134)
第四章 淀粉糖的生产工艺	(136)
第一节 概述	(136)
一、淀粉糖工业的发展	(136)
二、淀粉糖品的种类	(137)
三、淀粉糖品的性质	(138)
第二节 酸法糖化机制	(140)
一、淀粉的水解反应	(140)
二、葡萄糖的复合反应	(141)
三、葡萄糖的分解反应	(143)

第三节 酸法糖化工艺	(144)
一、酸法糖化工艺流程	(144)
二、酸法糖化工艺方法	(144)
三、影响酸法糖化的因素	(148)
第四节 淀粉的酶法液化和酶法糖化工艺	(149)
一、淀粉酶	(149)
二、酶法液化	(151)
三、酶法糖化	(155)
第五节 糖化液的精制和浓缩	(157)
一、中和	(157)
二、过滤	(157)
三、脱色	(157)
四、离子交换树脂处理	(158)
五、浓缩	(158)
第六节 液体葡萄糖	(159)
一、酸法工艺	(159)
二、酸酶法工艺	(160)
三、双酶法工艺	(160)
四、性质及应用	(161)
第七节 葡萄糖	(161)
一、葡萄糖产品的分类	(161)
二、葡萄糖水溶液的平衡体系	(162)
三、结晶技术原理	(163)
四、结晶葡萄糖的主要生产设备	(165)
五、含水 α -葡萄糖生产工艺	(167)
六、无水 α -葡萄糖生产工艺	(170)
七、全糖生产工艺	(171)
第八节 麦芽糖浆	(172)
一、饴糖	(173)
二、高麦芽糖浆	(174)
三、纯麦芽糖	(175)
四、性质与应用	(176)
第九节 麦芽糊精	(176)
一、生产工艺	(176)
二、性质与应用	(179)
第十节 果葡糖浆	(179)
一、葡萄糖和果糖的异构化反应	(179)
二、果葡糖浆生产工艺	(180)
三、结晶果糖	(183)

四、性质与应用	(183)
第十一节 低聚糖	(184)
一、低聚麦芽糖	(184)
二、低聚异麦芽糖	(185)
第五章 变性淀粉的生产工艺	(188)
第一节 概述	(188)
一、变性淀粉的基本概念	(188)
二、变性淀粉的分类	(188)
三、变性条件	(189)
四、变性程度的衡量	(189)
五、变性淀粉的生产方法	(190)
第二节 预糊化淀粉	(191)
一、生产工艺	(191)
二、性质和应用	(192)
第三节 热解糊精	(193)
一、糊精的种类	(193)
二、转化过程中的化学反应	(193)
三、生产工艺	(194)
四、性质和应用	(195)
第四节 酸变性淀粉	(196)
一、生产原理	(196)
二、生产工艺及反应条件	(196)
三、性质和应用	(197)
第五节 氧化淀粉	(198)
一、概述	(198)
二、次氯酸钠氧化淀粉	(199)
三、双醛淀粉	(201)
第六节 交联淀粉	(202)
一、交联反应机制	(203)
二、生产工艺	(204)
三、性质和应用	(205)
第七节 酯化淀粉	(206)
一、淀粉醋酸酯	(206)
二、淀粉磷酸酯	(208)
三、淀粉黄原酸酯	(211)
四、其他淀粉酯	(213)
第八节 醚化淀粉	(215)
一、羧甲基淀粉	(215)
二、羟烷基淀粉	(217)

三、阳离子型淀粉	(221)
第九节 接枝淀粉	(223)
一、接枝共聚反应	(223)
二、生产工艺	(224)
三、性质与应用	(226)
第六章 淀粉试验与检测技术	(227)
第一节 玉米淀粉生产中间产品的检验与分析	(227)
一、中间产品检验项目和控制指标	(227)
二、中间产品的检验方法	(229)
第二节 淀粉理化检验方法	(231)
一、水分含量	(231)
二、细度	(231)
三、酸度和 pH	(232)
四、灰分	(233)
五、斑点	(233)
六、白度	(234)
七、蛋白质	(234)
八、脂肪	(235)
九、二氧化硫	(236)
第三节 淀粉的测定技术	(237)
一、淀粉黏度及糊化特性的测定	(237)
二、淀粉现代分析技术	(242)
第四节 淀粉糖制品的理化检验方法	(250)
一、水分测定方法	(250)
二、DE 的测定	(252)
三、酸度和 pH	(256)
四、灰分	(256)
五、糖浆浓度的测定	(257)
六、色度和透光度的测定	(257)
七、粉浆细度测定	(258)
第五节 变性淀粉的检测技术	(258)
一、预糊化淀粉 α 化度的测定	(258)
二、氧化淀粉羧基和羰基含量的测定	(260)
三、交联淀粉交联度和残留甲醛的测定	(261)
四、酯化淀粉取代度的测定	(262)
五、醚化淀粉取代度的测定	(264)
六、接枝淀粉接枝参数的测定	(267)
参考文献	(269)

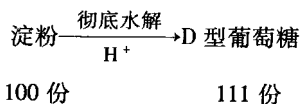
第一章 淀粉的结构及物理化学性质

第一节 淀粉的分子结构

一、淀粉的基本构成单位

淀粉是高等植物中常见的组分,是碳水化合物贮藏的主要形式。淀粉颗粒含有微量的非碳水化合物物质,如蛋白质、脂肪酸、无机盐等,其中除脂肪酸被直链淀粉分子吸附,磷酸与支链淀粉分子呈酯化结合以外,其他物质都是混杂在一起。这些非碳水化合物物质与淀粉分子的化学结构没有什么关系,淀粉是纯粹的碳水化合物。

淀粉是由单一类型的糖单元组成的多糖,而与淀粉的来源无关,其证据最初是在 1811 年由德国化学家柯乔夫(Kirchoff)发现的,他在寻找阿拉伯树胶的代用品时,试图用小麦和马铃薯淀粉的部分酸解来得到一种取代物,结果出乎意料地得到有甜味的澄清液体。1815 年,法国化学家沙苏里(Saussur)证明,此液体中成分为葡萄糖,且与葡萄糖汁中的葡萄糖相同;1884~1894 年才确定葡萄糖是 D 型;1935 年才知道是 α -六元环;1935 年,确定此组成单位是 α -D-吡喃葡萄糖,也即淀粉的基本组成单位是 α -D-吡喃葡萄糖。



淀粉的分子式为 $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$,严格地讲为 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$, n 为不定数,被称为聚合度(DP),一般为 800~3 000; $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ 为脱水葡萄糖单位或脱水葡萄糖基(AGU)。因为末端的一个葡萄糖未脱去水,但是 n 太大,这个误差很小,为简便起见,仍以 $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ 表示淀粉分子。

二、淀粉的分子组成

虽然已经证实了淀粉主要是或者完全是由 D-葡萄糖基单元组成,但对其分子结构方面的信息却很缺乏,直到 1940 年,瑞士 K. H. Meyer 和 T. Schoch 才大致弄清淀粉的非均质性,对溶胀的淀粉颗粒进行水液浸提能使淀粉很好地分成两个级分,把能溶于水的级分叫直链淀粉,而不溶于水的叫支链淀粉。K. H. Meyer 和他的同事们利用甲基化分析试图推定直链淀粉级分和支链淀粉级分的结构,他们从支链淀粉级分获得 3.7% 2,3,4,6-四氧甲基-D-吡喃葡萄糖,从直链淀粉级分只获得 0.32%。四甲基糖只能来自非还原性末端,因而它的产率表明直链淀粉是由很长的线型链构成,而支链淀粉因为它的高黏度显示出它应具有相对分子质量,就必然具有大量的支链,伴随着也就具有大量的非还原性末端。他们计算了马铃薯的支链淀粉分子内具有平均长度的支链约含 25 个 D-葡萄糖基单元,而直链淀粉中每链约含有 350 个 D-葡萄糖基单元。进一步的研究表明,直链淀粉是 α -D-吡喃葡萄糖基单元通过 1 \rightarrow 4 糖苷键连接的线型聚合物(图 1-1),而支链淀粉是 α -D-吡喃葡萄糖

基单元通过 1→4 或 1→6 糖苷键连接的高支化聚合物(图 1-2)。

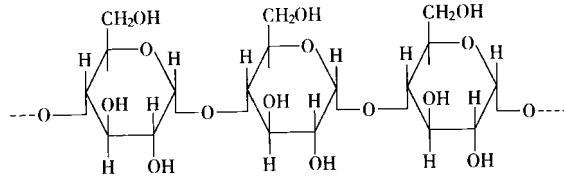


图 1-1 直链淀粉分子

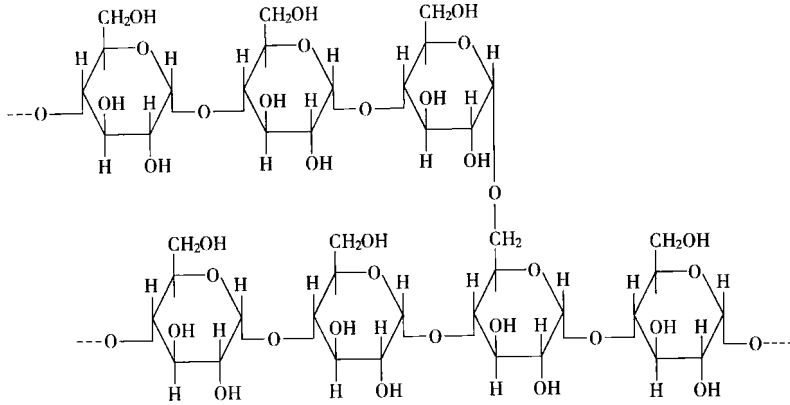


图 1-2 支链淀粉分子

一般直链淀粉的相对分子质量为 5 万~20 万,相当于由 300~1 200 个葡萄糖残基聚合而成。直链分子的大小也随淀粉的来源和籽粒的成熟度而相差很大。玉米、小麦等禾谷类直链淀粉的分子较小,其聚合度(DP)一般不超过 1 000,马铃薯、木薯等薯类直链淀粉的分子则较大。此外,同一种天然淀粉所含直链淀粉的 DP 并不是均一的,而是由一系列 DP 不等的分子混在一起,所以实际测出来的聚合度只是一个平均值。几种天然淀粉的直链淀粉聚合度如表 1-1 所示。此外,聚合度和相对分子质量也随测定方法的不同而出现差异,尤其是分离方法影响特大,因此文献上报道的直链淀粉和支链淀粉的聚合度及相对分子质量很不一致,甚至相距很远。

表 1-1 天然淀粉的直链淀粉聚合度(DP)

淀粉种类	平均 DP	表观 DP 分布	淀粉种类	平均 DP	表观 DP 分布
玉米淀粉	930	400~15 000	小麦淀粉	1 300	250~13 000
马铃薯淀粉	4 900	840~22 000	木薯淀粉	2 600	580~22 000

支链淀粉相对分子质量要比直链淀粉大得多,为 20 万~600 万,相当于由 1 200~36 000 个葡萄糖残基聚合而成,一般聚合度在 4 000~40 000,大部分在 5 000~13 000,糯米的聚合度为 18 500,西米的聚合度为 40 000,都是分子比较大的支链淀粉。小麦淀粉中的支链淀粉却比较小,聚合度只有 4 800。

20 世纪 50 年代以前,认为淀粉是直链和支链淀粉这两种聚合物的混合物。后来,随着分离分级技术和纯化方法的改进,在许多淀粉粒中还存在第三种成分,即中间级分,这个级

分是支化较少的支链淀粉或轻度支化的直链淀粉。

(一) 直链淀粉

1. 直链淀粉分子的分支构造

β -淀粉酶能够从直链淀粉的非还原性末端开始水解相隔的 $\alpha-1,4$ 键,生成 β -麦芽糖,由于直链淀粉中各个脱水葡萄糖单位均是由 $\alpha-1,4$ 键连接起来的,所以,水解产物应100%为麦芽糖,早期实验结果确实如此。后来用精制的各淀粉酶水解直链淀粉却出现意外,实际水解率只有73%~95%,这表明在直链淀粉中还可能微量的 $\alpha-1,4$ 键以外的其他键存在。

进一步研究发现,早期用的 β -淀粉酶为粗酶,其中含有一种与 α -淀粉酶相似的 z -酶,它能使 β -淀粉酶越过淀粉分子中的非 $\alpha-1,4$ 键,继续水解完全。

为了探明这些非 $\alpha-1,4$ 键的性质,在用 β -淀粉酶水解直链淀粉时,同时加入异淀粉酶和支链淀粉酶,则 β -淀粉酶的分解度明显上升。异淀粉酶和支链淀粉酶主要水解淀粉分子中构成分支的 $\alpha-1,6$ 键,因此,推测某些直链淀粉分子具有分支结构。进一步研究表明,直链淀粉实际上是两类分子的混合物,大部分是直链线状分子构成,少量是带有分支结构的线状分子构成,后者又称为轻度分支的直链淀粉。

轻度分支直链淀粉占总直链淀粉的比例,随淀粉来源的不同,其值在11%~70%间变化,以25%~55%者居多。轻度分支分子的链数为4~20,通常带分支的直链淀粉分子大小是直链线状分子的1.5~3.0倍。

图1-3是稻米直链淀粉分子构造模型示意图。线状不带分支的直链淀粉分子占64%,带分支的直链淀粉分子占36%;不带分支的直链淀粉分子平均聚合度为800,带分支的直链淀粉分子平均聚合度为1400,因为有分支侧链存在,聚合度明显增加。每个带分支直链淀粉分子平均含7个短的支侧链,平均链长200。

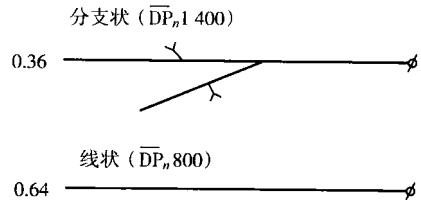


图1-3 稻米带分支的直链淀粉分子和线状不带分支的直链淀粉分子

不能把轻度分支直链淀粉分子视为混入直链淀粉中的支链淀粉分子,二者是有明显区别的。如支链淀粉的相对分子质量要比轻度分支直链淀粉分子大得多,前者的平均链数可达数百个,后者则只有几个或十几个。轻度分支直链淀粉因分支少、侧链短, β -淀粉酶的分解极限只有40%左右,比支链淀粉的55%~60%要低。淀粉颗粒随处理温度升高,逐渐有分子溶出,最先溶出的是线状直链淀粉分子,之后是轻度分支直链淀粉分子,支链淀粉则在最后被溶出。不过,由于带分支的直链淀粉所具有的短侧链与支链淀粉分子链长为20左右的短侧链相似,也有人推测带分支的直链淀粉分子可能是支链淀粉成长过程中的中间分子。

2. 直链淀粉分子的螺旋结构

天然固态直链淀粉分子不是伸开的一条链,要了解其结构,必须要知道 $\alpha-D$ -吡喃葡萄糖基环在其聚合物中的构象,根据X射线衍射和核磁共振研究表明,直链淀粉分子是卷曲盘旋呈左螺旋状态(图1-4),每一螺旋周期中包含6个 $\alpha-D$ -吡喃葡萄糖基,螺旋上重复单元之间的距离为 10.6×10^{-10} ,每个 $\alpha-D$ -吡喃葡萄糖基环呈椅式构象(图1-5),一个 $\alpha-D$ -吡喃葡萄糖基单元的 C_2 上的羟基与另一吡连的 $\alpha-D$ -吡喃葡萄糖基单元的 C_3 上的羟基之间常形成氢键使其构象更为稳定。

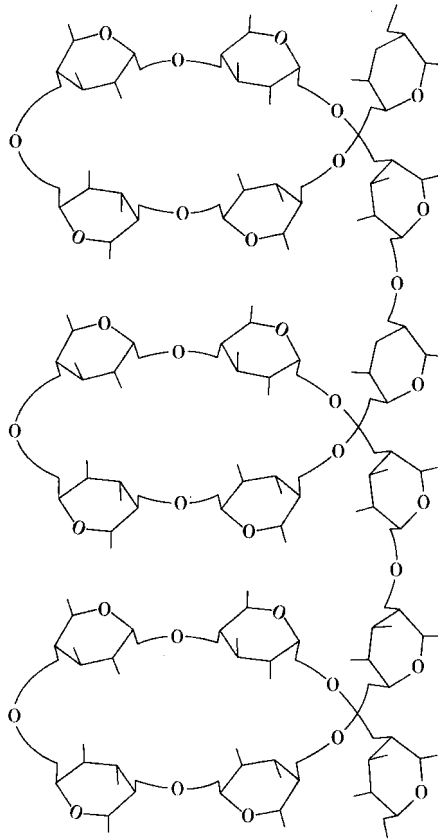


图 1-4 直链淀粉分子的螺旋结构

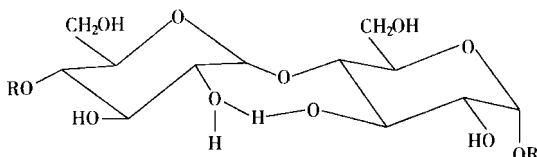


图 1-5 α -D-吡喃葡萄糖基环的椅式构象

3. 直链淀粉与碘和脂肪酸的反应

直链淀粉具有一些独特的性质,例如,它能与碘、有机酸、醇形成复合物,这种复合物称为螺旋包合物。

(1) 直链淀粉与碘的反应 淀粉遇碘产生蓝色反应,这种反应不是化学反应,而是呈螺旋状态的直链淀粉分子能够吸附碘形成螺旋包合物。

每 6 个葡萄糖基形成一个螺圈,恰好能容纳 1 个分子碘,碘分子位于螺旋中央。吸附碘的颜色反应与直链淀粉分子大小有关,聚合度 12 以下的短链遇碘不呈现颜色变化;聚合度 12~15 呈棕色;聚合度 20~30 呈红色;聚合度 35~40 呈紫色;聚合度 45 以上呈蓝色。纯直链淀粉每克能吸附 200mg 碘,即其质量的 20%,而支链淀粉吸收碘量不到 1%,根据这种性质用电位滴定法可测定样品中直链淀粉的含量。

(2) 直链淀粉与脂肪酸的反应 谷类淀粉含有少量脂肪酸,如玉米淀粉含 0.5%~0.7% 脂肪酸、小麦淀粉约含 0.5% 脂肪酸,它们可以和直链淀粉分子结合生成螺旋包合物(图 1-6),这与直链淀粉和碘所生成的复合物相似。直链淀粉脂类包合物会引起一系列不利影

响,而薯类淀粉只含少量的脂类化合物(约0.1%),对淀粉的品质基本没有影响。

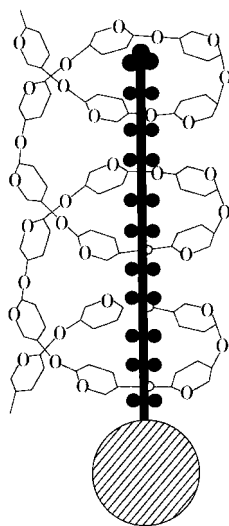


图 1-6 直链淀粉脂类包合物

(二) 支链淀粉

1. 支链淀粉的分子结构模型

关于支链淀粉分子结构的研究,20世纪40年代主要有 Haworth 和其同事提出的所谓层叠式结构(1937年),Staudinger 和 Husemann(1937年)提出的梳子模型及 Meyer 和 Bernfeld(1941年)提出的树枝状模型,其后 Whelan(1970年)对 Meyer 的模型进行了修正;在近期提出的众多模型中,有代表性的是 French(1972年)、Robin(1974年)、Manners 和 Matheson(1981年)等提出的“束簇”支链淀粉模型,以及由 Hizukuri(1986年)修正后的“束簇”模型(图1-7)。

在如此众多模型中,用 β -淀粉酶和脱支酶对支链淀粉进行酶解,对酶解产物分析结果表明,Manners 和 Matheson 的支链淀粉分子结构模型更比较符合支链淀粉分子分支结构的实际(图1-8)。

从支链淀粉分子结构模型可以看出,支链淀粉分子由复杂的多枝的分支构成,为了方便对结构分析,把构成淀粉分子的链分成 A、B、C 三种,并对一些专门用语做出相应的规定。

A 链:还原性末端经由 $\alpha-1,6$ 键与 B 链或 C 链相连接的链。

B 链:连接有一个或多个 A 链,还原性末端经由 $\alpha-1,6$ 键与 C 链相连接的链。

C 链:含有还原性末端的主链,支链淀粉分子中仅含一条 C 链,因此,C 链一端为非还原性末端,另一端为还原性末端。对许多研究而言,通常 C 链被当作一个 B 链。

外链(exterior chain 或 outer chain): A、B、C 链的非还原性末端到最靠近外侧支叉位置的一段链。

内链(interior chain):支叉位置和外链以外部分组成,即相邻两个以 $\alpha-1,6$ 糖苷键为分支点的一段链的链长。

主链和侧链:带有还原性末端的 C 链为主链,与主链以 $\alpha-1,6$ 键相连接的其他链为侧链。

分支化度(multiple branching degree): 淀粉分子上每个 B 链所连接的链段(A 链)平均数目,其值大小由 A 链和 B 链数量比值决定。

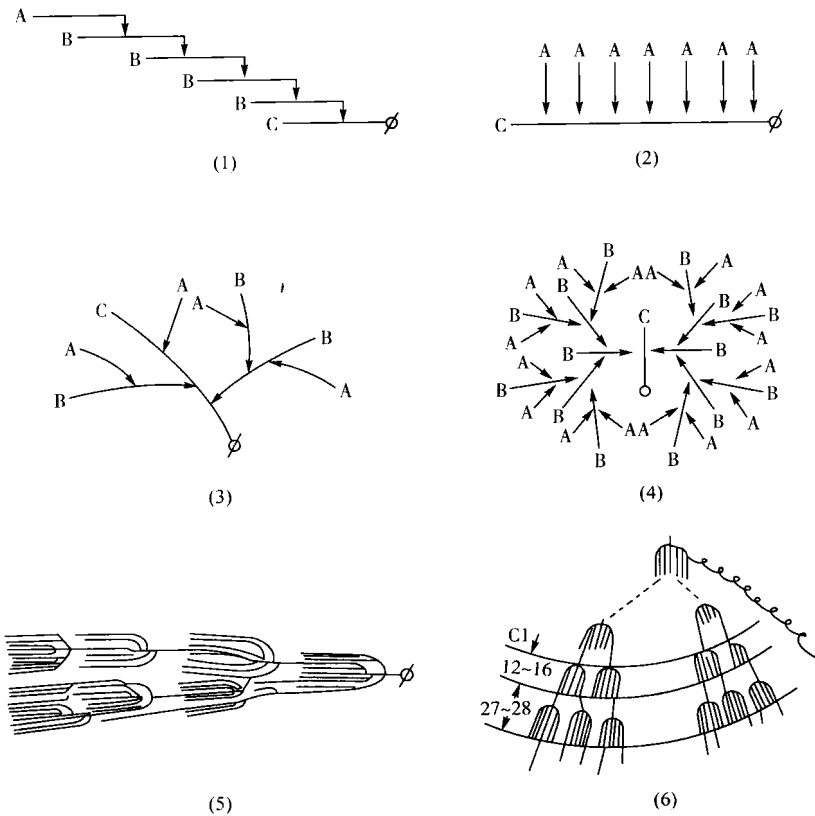


图 1-7 支链淀粉分子结构模型

- (1) Haworth (1937 年) (2) Staudinger 和 Husemann(1937 年) (3) Meyer 和 Bernfeld(1941 年)
 (4) Whelan(1970 年) (5) French(1972 年) (6) Hizukuri(1986 年)

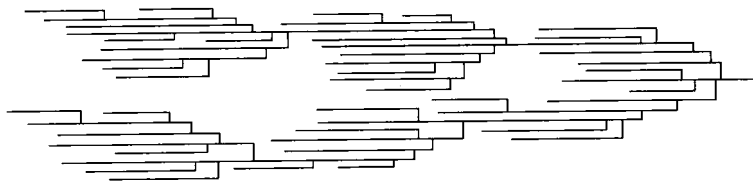


图 1-8 支链淀粉分子“束簇”结构模型(Manners 和 Matheson)

在支链淀粉分子束簇状结构模型中,A 链和 B 链结合形成许多束,束中各链相互平行靠拢,并借氢键结合成簇状结构,一般每束的大小(沿分子链方向的长度)是 27 ~ 28 个葡萄糖基。链的紧密结合所形成的结晶部分是排列为 12 ~ 16 个葡萄糖基的短链。每条 B 链大多在 1 ~ 2 个束群中存在,贯穿 3 个以上束群的 B 链只占全部单位链的 1% ~ 3%。A 链和 B 链的比值实际上反映了支链淀粉的分支化度,用酶解法分析 A 链和 B 链的结合情况是:最外层的 B 链能与 1 ~ 4 条 A 链结合,其中以 1 条 B 链结合 2 条 A 链的情况为最多,而就整个