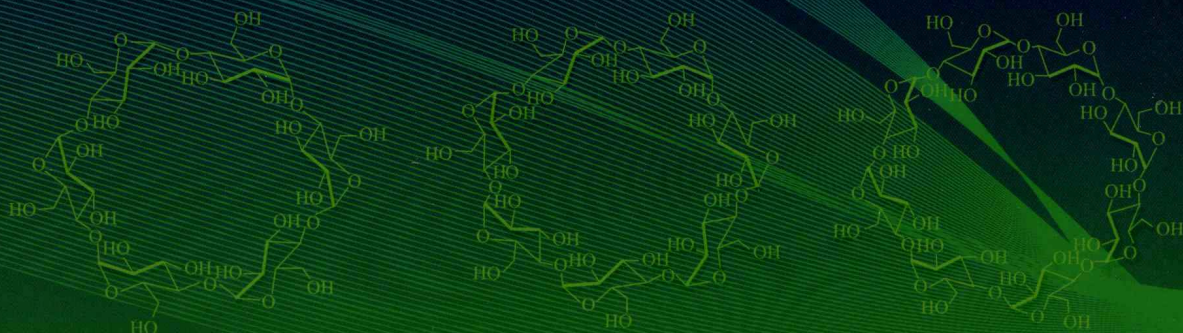


SHENGWUZHI  
HUAXUEPIN

# 生物质化学品

王军 主编

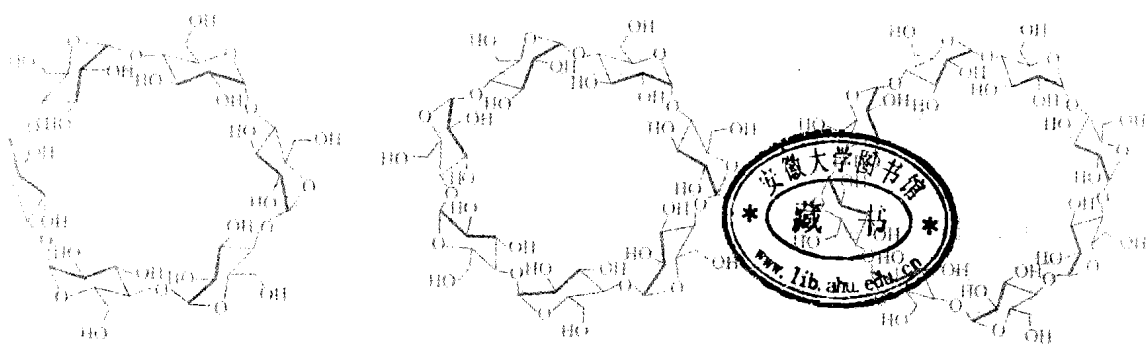


化学工业出版社

SHENGWUZHI  
HUAXUEPIN

# 生物质化学品

王军 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

生物质是一种来源丰富的可再生资源,充分利用生物质合成各种精细化学品是今后研究和发展的热点。本书在介绍生物质化学品结构和基本性能的基础上,重点介绍了利用生物质如淀粉、糖、纤维素、木质素、甲壳素和油脂作为原料,生产各种化学品如淀粉基精细化学品、糖基精细化学品、纤维素基精细化学品、木质素精细化学品、生物质塑料、生物燃料、甲壳素衍生物和油脂基精细化学品的合成原理、技术路线和主要技术参数。同时对所合成的精细化学品的物理、化学性能和应用性能做了较为详细的阐述,并对这些化学品在工农业各个领域的应用进行了介绍。

本书可供化学、化工、材料及相关学科的研究、开发、应用人员和生产技术人员使用,也可供高等院校相关专业师生参考或作为教材使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

生物质化学品/王军主编. —北京:化学工业出版社,  
2008.6  
ISBN 978-7-122-03041-2

I. 生… II. 王… III. 生物制品-化工产品-生产  
工艺 IV. TQ464

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第078924号

---

责任编辑:路金辉  
责任校对:宋夏

文字编辑:糜家铃  
装帧设计:王晓宇

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)  
印装:化学工业出版社印刷厂  
720mm×1000mm 1/16 印张16½ 字数355千字 2008年8月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:38.00元

版权所有 违者必究

# 前言

作为人类主要化工原料和能源的煤、石油和天然气等化石资源，为人类的经济繁荣、社会进步和生活水平提高做出了巨大的贡献。但是，20世纪70年代的石油危机，使得世界各国在寻求可替代化石资源以及对可持续发展、保护环境和循环经济追求的基础上，纷纷把目光集中到可再生资源，“生物质经济”渐渐浮出水面。美国和巴西以玉米和甘蔗生产的燃料乙醇已崭露头角，欧洲以油菜生产生物柴油等也取得了成功。进入21世纪以后，世界范围内的石油危机日益加剧，各国都开始寻求新的、不以石油作为原料来制备化学品的工艺路线，许多国家都制订和实施了相应的开发生物质资源的计划，以可再生的生物质资源包括糖质（如淀粉、纤维素和半纤维素等）、油脂和蛋白质等为原料，经过物理、化学、生物的方法或这几种方法集成的方法加工成人们所需要的各种化学品。与以石油为原料相比，以生物质为原料生产各种化学品具有许多特点，它将传统的碳氢化合物（石油）经济模式向碳水化合物（糖）经济模式转移，为古老的生物质产业洞开了一个崭新的、生机盎然的绚丽前景。

全书共分10章。第1章介绍了生物质概念、生物质资源的特点以及生物质的开发与利用的基本思路；第2章介绍了生物质的化学结构、物理性质和化学性质；第3章详细介绍了淀粉基精细化学品的合成、性能及应用；第4章介绍了以糖为原料制备四种非离子表面活性剂的合成、性能及应用；第5章重点介绍了四种纤维素衍生物的合成、性能及应用；第6章叙述了碱木素和木质素磺酸盐的合成、性能及应用；第7章介绍了淀粉塑料、蛋白质塑料、聚乳酸和聚羟基脂肪酸酯的合成、性能及应用；第8章重点介绍了燃料乙醇和生物柴油的合成、性能和应用；第9章介绍了各种甲壳素衍生物的制备、性能及应用；第10章介绍了五种油脂基表面活性剂的合成、性能和应用。

本书第1章、第4章、第8章和第10章由王军（郑州轻工业学院）编写，第3章和第5章由杨许召（郑州轻工业学院）编写，第6章由刘纲勇（广东食品药品职业学院）编写，第9章由李刚森（郑州轻工业学院）和赵林秀（中北大学）共同编写，第2章和第7章由王军和张真真（郑州轻工业学院）共同编写。全书由王军教授统编定稿。

本书得到了河南省重点科技攻关项目（082102270006）的资助。在编写过程中，参阅了国内外众多生物质研究方面的专著和文献，在此谨向这些专著和文献的作者表

示感谢。同时，化学工业出版社给予了大力支持和帮助，在此表示诚挚的谢意和敬意。

生物质制备化学品发展迅速，应用十分广泛，涉及学科众多。作者尽可能地使本书系统、完整和新颖，但受资料来源和作者水平所限，书中难免有疏漏和不足，恳请读者批评指正，不吝赐教。

作者  
2008.7

# 目录

## 第1章 绪 论

1.1 生物质概念及其组成 .....	01	1.4 生物质开发与利用 .....	05
1.2 生物质资源的特点 .....	02	1.4.1 国家战略 .....	05
1.3 典型生物质资源 .....	02	1.4.2 开发与利用的基本 思路 .....	06
1.3.1 纤维素 .....	03	1.4.3 开发与利用的现状和发展 趋势 .....	07
1.3.2 木质素 .....	03	参考文献 .....	09
1.3.3 淀粉 .....	03		
1.3.4 甲壳素 .....	04		
1.3.5 油脂 .....	04		

## 第2章 生物质化学品

2.1 单糖 .....	10	2.5.2 半纤维素的物理性质 .....	31
2.1.1 单糖的结构 .....	10	2.5.3 半纤维素的化学性质 .....	31
2.1.2 单糖的性质 .....	14	2.6 木质素 .....	32
2.1.3 重要单糖及其衍生物 .....	17	2.6.1 木质素的结构 .....	33
2.2 二糖 .....	18	2.6.2 木质素的物理性质 .....	34
2.2.1 二糖的结构和性质 .....	18	2.6.3 木质素的化学性质 .....	35
2.2.2 重要二糖及其衍生物 .....	18	2.7 甲壳素 .....	36
2.3 淀粉 .....	20	2.7.1 甲壳素的物理结构 .....	36
2.3.1 淀粉的结构 .....	20	2.7.2 甲壳素的化学结构 .....	37
2.3.2 淀粉的性质 .....	21	2.7.3 甲壳素的物理性质 .....	37
2.4 纤维素 .....	24	2.7.4 甲壳素的化学性质 .....	38
2.4.1 纤维素的结构 .....	25	2.8 油脂 .....	40
2.4.2 纤维素的物理性质 .....	26	2.8.1 油脂的化学组成 .....	40
2.4.3 纤维素的化学性质 .....	27	2.8.2 油脂的物理性质 .....	41
2.5 半纤维素 .....	29	2.8.3 油脂的化学性质 .....	41
2.5.1 半纤维素的化学结构 .....	29	参考文献 .....	43

## 第3章 淀粉基精细化学品

3.1 预糊化淀粉 .....	44	3.2 环糊精 .....	49
3.1.1 预糊化淀粉的生产 .....	44	3.2.1 环糊精的生产 .....	50
3.1.2 预糊化淀粉的性质 .....	47	3.2.2 环糊精的性质 .....	50
3.1.3 预糊化淀粉的应用 .....	47	3.2.3 环糊精的应用 .....	52



3.3 酯化淀粉 .....	53	3.4.3 醚化淀粉的应用 .....	67
3.3.1 磷酸酯淀粉 .....	54	3.5 氧化淀粉 .....	69
3.3.2 乙酸酯淀粉 .....	55	3.5.1 氧化淀粉的生产 .....	69
3.3.3 氨基甲酸酯淀粉(尿素 淀粉) .....	58	3.5.2 氧化淀粉的性质 .....	70
3.3.4 黄原酸酯淀粉 .....	60	3.5.3 氧化淀粉的应用 .....	71
3.3.5 酯化淀粉的应用 .....	61	3.6 接枝淀粉 .....	72
3.4 醚化淀粉 .....	62	3.6.1 接枝淀粉的生产 .....	72
3.4.1 醚化淀粉的生产 .....	62	3.6.2 接枝淀粉的性质 .....	73
3.4.2 醚化淀粉的性质 .....	66	3.6.3 接枝淀粉的应用 .....	74
		参考文献 .....	76

## 第4章 糖基精细化学品

4.1 烷基多苷 .....	78	4.3.1 蔗糖酯的合成 .....	91
4.1.1 烷基多苷合成技术 .....	78	4.3.2 蔗糖酯的基本性质 .....	94
4.1.2 烷基多苷的物理化学 性能 .....	82	4.3.3 蔗糖酯的应用 .....	95
4.1.3 烷基多苷的应用 .....	85	4.4 失水山梨醇脂肪酸酯及乙氧 基化物 .....	96
4.2 <i>N</i> -烷基葡萄糖酰胺 .....	86	4.4.1 失水山梨醇脂肪酸酯及 乙氧基化物的合成 .....	96
4.2.1 <i>N</i> -烷基葡萄糖酰胺的 合成 .....	86	4.4.2 失水山梨醇脂肪酸酯及 乙氧基化物的性能 .....	99
4.2.2 <i>N</i> -烷基葡萄糖酰胺的 性能 .....	89	4.4.3 失水山梨醇脂肪酸酯及 乙氧基化物的应用 .....	100
4.2.3 <i>N</i> -烷基葡萄糖酰胺的 应用 .....	91	参考文献 .....	100
4.3 蔗糖酯 .....	91		

## 第5章 纤维素基精细化学品

5.1 乙酸纤维素 .....	101	5.3.1 羧甲基纤维素的生产 .....	112
5.1.1 乙酸纤维素的生产 .....	102	5.3.2 羧甲基纤维素的性质 .....	115
5.1.2 乙酸纤维素的性质 .....	104	5.3.3 羧甲基纤维素的应用 .....	116
5.1.3 乙酸纤维素的应用 .....	104	5.4 微晶纤维素 .....	118
5.2 羟乙基纤维素 .....	105	5.4.1 微晶纤维素的生产 .....	118
5.2.1 羟乙基纤维素的生产 .....	106	5.4.2 微晶纤维素的性质 .....	119
5.2.2 羟乙基纤维素的性质 .....	107	5.4.3 微晶纤维素的应用 .....	121
5.2.3 羟乙基纤维素的应用 .....	109	参考文献 .....	122
5.3 羧甲基纤维素 .....	111		

## 第6章 木质素基精细化学品

6.1 碱木素 .....	125	6.2 木质素磺酸盐 .....	130
6.1.1 碱木素的分离与提取 .....	125	6.2.1 木质素磺酸盐的分离与 提取 .....	130
6.1.2 碱木素的性能 .....	126	6.2.2 木质素磺酸盐的性能 .....	131
6.1.3 碱木素衍生物 .....	127		

6.2.3 木质素磺酸盐衍生物	133	6.3.4 沥青乳化剂	139
6.3 工业木质素的应用	135	6.3.5 油田化学品	140
6.3.1 混凝土减水剂	135	6.3.6 农用化学品	142
6.3.2 分散剂	136	6.3.7 高分子材料	145
6.3.3 水处理剂	137	参考文献	148

## 第7章 生物质塑料

7.1 淀粉塑料	151	7.3.3 聚乳酸的性能	163
7.1.1 填充型淀粉塑料	152	7.3.4 聚乳酸的应用	164
7.1.2 热塑性淀粉塑料	153	7.4 聚羟基脂肪酸酯	165
7.1.3 光-生物双降解型淀粉塑料	153	7.4.1 聚羟基脂肪酸酯的生物合成	165
7.1.4 共混型淀粉塑料	154	7.4.2 聚羟基脂肪酸酯的发酵生产	167
7.1.5 淀粉塑料的应用	154	7.4.3 聚羟基脂肪酸酯的提取	168
7.2 大豆蛋白塑料	155	7.4.4 聚羟基脂肪酸酯的性质	170
7.2.1 大豆蛋白塑料的制备	155	7.4.5 聚羟基脂肪酸酯的应用	171
7.2.2 大豆蛋白塑料的性能	157	参考文献	171
7.2.3 大豆蛋白塑料的应用	158		
7.3 聚乳酸	159		
7.3.1 乳酸的合成	159		
7.3.2 聚乳酸的合成	161		

## 第8章 生物燃料

8.1 燃料乙醇	173	柴油	197
8.1.1 生产燃料乙醇的主要原料	174	8.2.3 生物柴油的特性和质量标准	197
8.1.2 燃料乙醇的生产过程和方法	174	8.2.4 生物柴油的应用	199
8.1.3 乙醇的物理化学特性	184	8.3 生物质合成液体燃料	200
8.1.4 车用乙醇汽油	185	8.3.1 生物质合成液体燃料的生产工艺	200
8.1.5 乙醇柴油	186	8.3.2 生物质合成液体燃料的特点	200
8.2 生物柴油	187	参考文献	201
8.2.1 生物柴油的制备技术	188		
8.2.2 吸附剂吸附精制生物			

## 第9章 甲壳素衍生物

9.1 壳聚糖	203	9.2.2 甲壳低聚糖的性质及应用	208
9.1.1 壳聚糖的制备	203	9.3 羧甲基甲壳素/壳聚糖	209
9.1.2 壳聚糖的性质	204	9.3.1 羧甲基甲壳素/壳聚糖的制备	209
9.1.3 壳聚糖的应用	205	9.3.2 羧甲基甲壳素/壳聚糖的	
9.2 甲壳低聚糖	206		
9.2.1 甲壳低聚糖的制备	207		



性质 .....	210	9.7 交联改性壳聚糖 .....	220
9.3.3 羧甲基甲壳素 /壳聚糖的 应用 .....	211	9.8 其他甲壳素 /壳聚糖衍生物的 合成、性能及应用 .....	222
9.4 羟乙基甲壳素 .....	213	9.8.1 <i>N</i> -邻苯二酰壳聚糖及其 衍生物 .....	222
9.4.1 羟乙基甲壳素的制备 ..	213	9.8.2 甲壳素 /壳聚糖硫 酸酯 .....	223
9.4.2 羟乙基甲壳素的性质及 应用 .....	214	9.8.3 甲壳素 /壳聚糖磷 酸酯 .....	224
9.5 季铵化改性壳聚糖 .....	214	9.9 壳聚糖微球 .....	224
9.5.1 <i>N</i> -烷基改性壳聚糖 季铵盐 .....	215	9.9.1 乳化交联法 .....	224
9.5.2 季铵化试剂改性壳 聚糖 .....	216	9.9.2 复乳交联法 .....	225
9.5.3 季铵化改性壳聚糖的性能 及应用 .....	217	9.9.3 单凝聚法 .....	225
9.6 接枝共聚改性壳聚糖 .....	218	9.9.4 复凝聚法 .....	226
9.6.1 自由基引发的接枝 共聚反应 .....	218	9.9.5 溶剂蒸发法 .....	226
9.6.2 偶联反应接枝改性的 壳聚糖 .....	219	9.9.6 喷雾干燥法 .....	227
9.6.3 冠醚接枝壳聚糖 .....	220	9.9.7 壳聚糖溶液包衣法 .....	228
		9.9.8 接枝交联法 .....	228
		参考文献 .....	228

## 第10章 油脂基精细化学品

10.1 $\alpha$ -磺基脂肪酸甲酯 .....	231	物的合成 .....	242
10.1.1 制备 $\alpha$ -磺基脂肪酸甲 酯的化学反应原理 .....	231	10.3.2 脂肪酸甲酯乙氧化物的 物化性质 .....	244
10.1.2 $\alpha$ -磺基脂肪酸甲酯的 生产工艺 .....	232	10.3.3 脂肪酸甲酯乙氧基化物 的应用 .....	247
10.1.3 $\alpha$ -磺基脂肪酸甲酯的 物化性能 .....	234	10.4 酯基季铵盐 .....	247
10.1.4 $\alpha$ -磺基脂肪酸甲酯的 应用 .....	235	10.4.1 酯基季铵盐的合成 .....	247
10.2 螯合性表面活性剂 .....	235	10.4.2 酯基季铵盐的性质 .....	249
10.2.1 <i>N</i> -酰基乙二胺三乙酸盐 的合成 .....	236	10.4.3 酯基季铵盐的应用 .....	250
10.2.2 螯合性表面活性剂的 性能 .....	239	10.5 脂肪酸聚氧乙烯酯 .....	251
10.2.3 螯合性表面活性剂的 应用 .....	241	10.5.1 脂肪酸聚氧乙烯酯的 合成 .....	251
10.3 脂肪酸甲酯乙氧基化物 .....	242	10.5.2 脂肪酸聚氧乙烯酯的 性质 .....	252
10.3.1 脂肪酸甲酯乙氧基化 物的合成 .....	242	10.5.3 脂肪酸聚氧乙烯酯的 应用 .....	253
		参考文献 .....	253

# 第 1 章

## 绪论

作为人类主要化工原料和能源的煤、石油和天然气等化石资源，为人类的经济繁荣、社会进步和生活水平提高作出了巨大的贡献。但是，化石资源不可再生，同时又会造成环境污染。鉴于资源与环境的压力，迫使人们寻找新型的可再生资源。目前生物质资源被认为是替代化石资源的最佳选择。

### 1.1 生物质概念及其组成

(1) 生物质概念 生物质是指利用大气、水、土地等通过光合作用而产生的各种有机体，即一切有生命的可以生长的有机物质统称为生物质。它包括植物、动物和微生物。

广义上，生物质包括所有的植物、微生物以及以植物、微生物为食物的动物及其生产的废弃物。有代表性的生物质如农作物、农作物废弃物、木材、木材废弃物和动物粪便。例如粮食、秸秆、木材、动物粪便和食品加工下脚料等。

狭义上，生物质主要是指农林业生产过程中除粮食、果实以外的秸秆、树木等木质纤维素（简称木质素或木素）、农产品加工业下脚料、农林废弃物及畜牧业生产过程中的畜禽粪和废弃物等物质。

各种生物质之间存在着相互依赖和相互作用的关系。生物质对人类有着广泛而重要的用途：①用作食物；②用作工业原料；③用作能源；④改善环境、调节气候、保持生态平衡。

(2) 生物质组成 生物质的主要组成元素为 C、H 和 O，而化石资源的主要组成元素为 C 和 H。通过光合作用，植物每年转化约 2000 亿吨的  $\text{CO}_2$  中的碳为碳水化合物，并存储了  $3.1 \times 10^{13} \text{J}$  的太阳能。其存储的能量是目前世界能源消耗量的 10 倍左右。

生物质分为以下三大类：

① 木质纤维素。木质纤维素是指植物的根、茎、叶及果实的外壳，如农林副产物如玉米芯、甘蔗渣、秸秆、树皮、木屑等，这类生物质的主要化学成分是纤维素、半纤维素和木质素这三部分，全球数量最大的三种木质纤维素生物质的原料是稻草、麦秸秆和玉米秸秆；

② 籽粒（粮食、果实）。籽粒（粮食、果实）是植物生长产生的种子，如玉米、小麦等，这类生物质的主要化学成分是糖类（可溶性糖和不溶性糖）、脂类（油脂和

磷脂)、蛋白质(结构蛋白和储藏蛋白);

③ 甲壳素。又称甲壳质、几丁质,是一种特殊的纤维素,也是自然界中少见的一种带正电荷的碱性多糖。它的化学名称是(1,4)-2-乙酰氨基-2-脱氧- $\beta$ -D-葡萄糖,或简称聚乙酰氨基葡萄糖。甲壳素广泛存在于甲壳纲动物如虾、蟹的甲壳和昆虫的甲壳中,以及真菌(酵母、霉菌)的细胞壁和植物(如蘑菇)的细胞壁中。

## 1.2 生物质资源的特点

(1) 资源丰富 生物质来源广泛,我国每年有7亿多吨作物秸秆,相当于农田生物量的70%,但其中相当一部分没有被很好的利用,其中2亿吨被就地焚烧,污染了大气。有2亿多万吨林地废弃物未被利用,并构成火灾隐患。有25亿余吨畜禽粪便及大量有机废弃物未能被利用并成为水体的污染源。有1000多万公顷农田因覆盖石油基塑料地膜而导致土壤肥力衰退。此外,尚有1亿多公顷(稍少于现耕地面积)不宜垦为农田,但可成为种植高抗逆性能源植物的边际性土地。这些农林废弃物和边际性土地,对生物质产业是一笔宝贵的能量资源和物质财富。就总资源量而言,农林废弃物可年产出8亿吨标煤能量(相当于目前全国年商品能源消费量的70%)。边际性土地种植能源植物的年产出可替代6亿吨燃油(相当于目前全国石油年消费量的1倍)。可减排数亿吨CO<sub>2</sub>和消除作物秸秆就地焚烧及畜禽粪便的污染。

海洋自然界每年生物合成的甲壳素将近100亿吨,是一种蕴藏量仅次于植物纤维的极其丰富的有机可再生资源。甲壳素亦是地球上除蛋白质外数量最大的含氮天然有机化合物。甲壳素被欧美科学家誉为生命第六要素,它是迄今为止自然界发现的唯一带正电荷的动物纤维素。由于它带有不饱和阳离子基团,对带负电荷的有害物质具有强大的吸附作用,从而可对人体受损的细胞进行修复和活化,加上它在人体内能保持体液呈弱碱性环境,使pH值维持有利于人体有益细胞的生存,同时又破坏了有害细胞赖以生存的酸性体液环境,从而保证了一个不易生病的体质。

(2) 品种多样 生物多样性决定了生物质的多样性。任何一种生物都有可能为人类提供一种或多种生物质。例如:水稻可以提供淀粉、木素和纤维素;树木可以提供纤维素、木素、单糖及多糖、松脂、单宁、生漆、植物油脂等。

(3) 用途广泛 利用生物质可以生产清洁燃料,如沼气、生物乙醇和生物柴油等,也可以用于开发适应未来市场且环境友好的石油和天然气的替代品等生物基产品,如生物质源高分子材料、生物质源精细化学品等。

## 1.3 典型生物质资源

生物质资源种类繁多,主要有纤维素、木素、淀粉、甲壳素、油脂等。

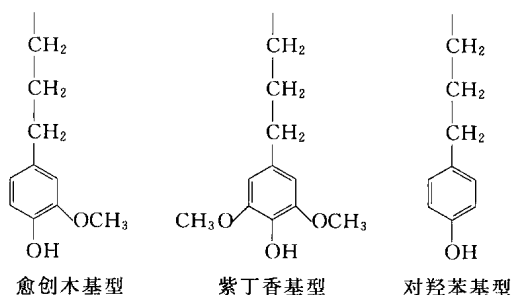
### 1.3.1 纤维素

纤维素是自然界中储量最大、分布最广的天然有机物。地球上每年由生物合成的纤维素 5000 亿吨，其中用于化学改性的纤维素仅 700 万吨。它是由葡萄糖结构单元通过  $\beta$ -1,4-糖苷键连接而成的大分子。

纤维素分子具有 3 个活泼的羟基，可以发生一系列与羟基有关的化学反应，如酯化、醚化、接枝共聚、交联等。同时，纤维素还可以发生氧化、酸解、碱解和生物降解等各种降解反应。通过这些反应，纤维素可以合成一系列化学品。

### 1.3.2 木质素

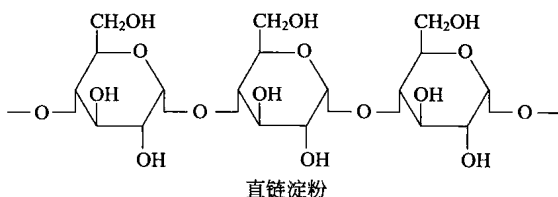
木质素就总量而言，仅低于纤维素，全球每年可产生 1500 亿吨木质素。每年我国仅农作物秸秆中就含有木质素 7 亿吨。木质素作为造纸工业的副产物，一直没有被充分利用，且污染了环境。

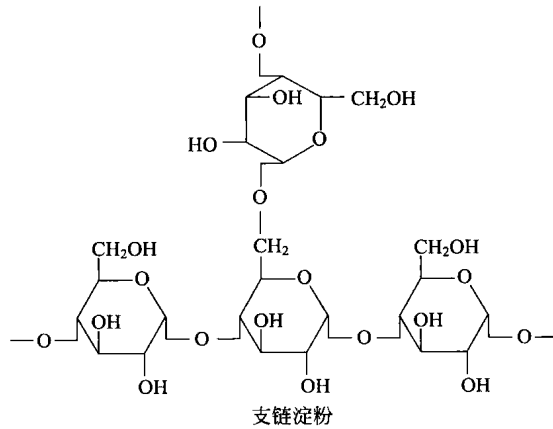


木质素具有含活泼氢的羟基和双键，可以引入各种亲水基团，合成各种化学品。如：通过磺化改性合成阴离子表面活性剂——木质素磺酸盐；在木质素上引入阳离子亲水基团可以合成阳离子表面活性剂。木质素磺酸盐还可通过氧化、与甲醛的缩聚以及接枝共聚等化学改性法制备新型表面活性剂。

### 1.3.3 淀粉

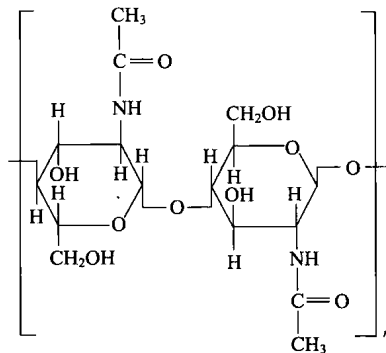
淀粉广泛分布在植物的根、茎、种子内，它是直链淀粉和支链淀粉的混合物。我国 2006 年淀粉糖产量为 500 万吨。淀粉在热、酸、碱、氧化剂、酶作用下可以分解。同时，它可以利用羟基的反应，生成一系列衍生物，也可以与许多单体发生接枝共聚反应。



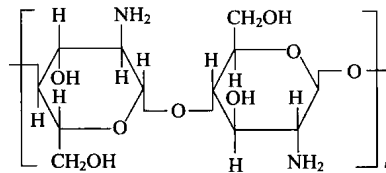


### 1.3.4 甲壳素

估计全世界每年生物合成的甲壳素约 100 亿吨，主要存在于虾、蟹等节肢动物体内。



将甲壳素脱乙酰基所得产物是壳聚糖。



它们具有羟基、氨基、乙酰氨基和羰基，可进行酰化、酯化、醚化、烷基化、氧化、螯合、接枝共聚、交联等反应。生物体中甲壳素的相对分子质量为  $1 \times 10^6 \sim 2 \times 10^6$ ，经提取后甲壳素的相对分子质量约为  $3 \times 10^5 \sim 7 \times 10^5$ ，由甲壳素制取壳聚糖相对分子质量则更低，约  $2 \times 10^5 \sim 5 \times 10^5$ 。

### 1.3.5 油脂

油脂是油和脂的总称，是一种取自动植物的物质，主要成分是甘油三脂肪酸酯，





生物质产品的化学制品和原料从 2001 年的 125 亿磅（占现有美国化学用品总量的 5%），增加到 2010 年的 12%、2020 年的 18%、2030 年的 25%。2002 年提出了《生物质技术路线图》，计划 2020 年使生物质能源和生物质基产品较 2000 年增加 20 倍，达到能源总消费量的 25%（2050 年达到 50%），每年减少碳排放量 1 亿吨和增加农民收入 200 亿美元的宏大目标。

在欧盟，1997 年发表了白皮书《能源的未来：可再生能源》，计划将再生能源占总能源的比例到 2010 年提高到 2 倍（即 1995 年的 5.4% 到 2010 年的 11.5%），其中生物质达 3 倍（即 1995 年的 3.3% 到 2010 年的 8.5%），其重点是发展生物质能。白皮书计划 2010 年欧盟的生物质能产量将达到 135 百万吨油的能产量。2002 年发表了绿皮书《欧盟能源供应安全战略》，计划欧盟的生物燃料比例到 2020 年，将占汽车燃料的 20%。

日本内阁于 2002 年 12 月 27 日通过了《日本生物质综合战略》，资源作物作为能源和产品的原料将得到灵活应用。具体要求达到：用碳素量换算为废弃物类生物质 80% 以上可利用、未利用生物质 25% 以上可利用；资源作物用碳素量换算可利用量为 10 万吨。

我国发改委就我国生物燃料产业发展作出了三个阶段的统筹安排，“十一五”实现技术产业化，“十二五”实现产业规模化，2015 年以后大发展。预计到 2020 年，我国生物燃料消费量将占到全部交通燃料的 15% 左右，其中生物柴油将占到 5%。

#### 1.4.2 开发与利用的基本思路

在石油日益短缺的情况下，世界各国都开始寻求新的不以石油作为原料制备平台化合物的工艺路线，国际上开始出现了工业生物技术，即生物炼制技术。生物炼制就是以可再生的生物质资源，包括糖质（如淀粉、纤维素和半纤维素等）、油脂和蛋白质等为原料，经过物理、化学、生物的方法或这几种方法集成的方法加工成人们需要的化学品、功能材料和能源物质（如液体燃料）。生物炼制和石油炼制相比，具有以下特点：①原料可再生，不受石油资源枯竭的影响；②环境友好，没有净  $\text{CO}_2$  增加，燃烧后产生的  $\text{CO}_2$  可被植物光合作用所利用。生物炼制过程将传统的碳氢化合物（石油）经济模式向碳水化合物（糖）经济模式转移。

由于生物资源的生物特别是微生物和酶的可处理性，生物炼制的核心技术是生物转化。如生物炼制的基本原料葡萄糖，可以通过不同微生物加工成不同的产品，如图 1-1 所示。葡萄糖通过酵母可加工成甘油和乙醇，也可以通过细菌合成 2-丙醇、乳酸等。

和石油炼制类似，生物炼制以生物质（如淀粉、半纤维素、纤维素等）为原料，通过热化学、化学或生物方法等降解成为一些中间平台化合物，如生物基合成气、糖类（如葡萄糖、木糖等），然后经过生物或化学方法加工成为平台化合物，如乙醇、甘油、乳酸等，再由平台化合物合成各种化学品。图 1-2 所示是美国国家能源实验室经过研究给出生物质的主要转化途径，由此可见利用生物质可以合成许多化学品。

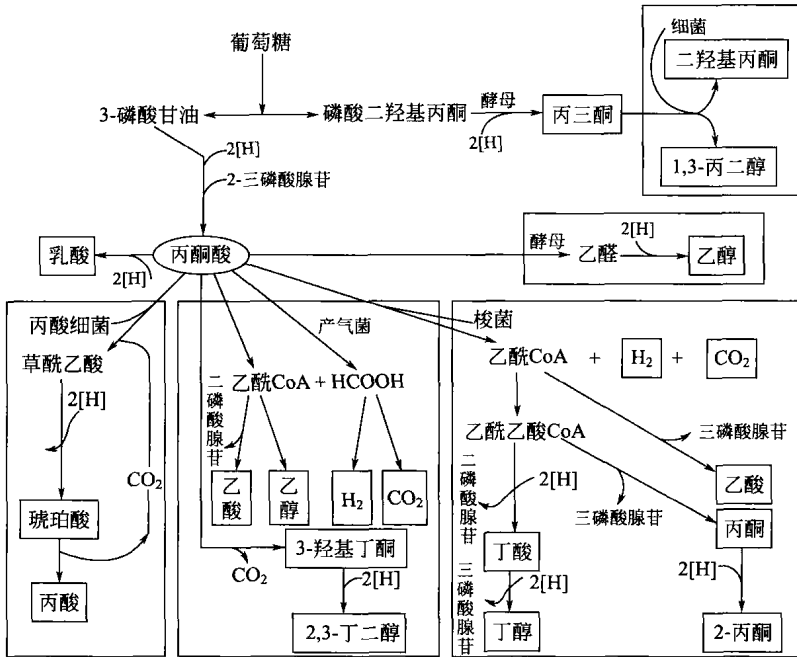


图 1-1 葡萄糖通过不同微生物代谢的产品

### 1.4.3 开发与利用的现状和发展趋势

英荷皇家壳牌石油公司估计，21 世纪的前 50 年，生物质将提供世界化学品和燃料的 30%，世界市场份额达到 1500 亿美元。英国石油公司、美国国际石油公司等也都开始了对生物质能源产品的投资。化工巨人巴斯福公司 2003 年宣布，将以可再生的生物质资源作为化学品生产的主要原料。杜邦公司剥离石油资产，购买了生物技术公司，组织了农业综合企业，将 2010 年销售额的 25% 定位于生物质产品。美国的森林工业已开始与电力、石油、化工公司合作，利用林木废弃物生产能源及化工产品。《今日美国》2001 年 2 月 1 日的一篇文章中说，农田作物有可能逐渐取代石油成为获得从燃料到塑料的所有物质的来源，“黑金”也许会被“绿金”所取代。

丰田公司用白薯淀粉基塑料制成了汽车配件。富士通公司用玉米淀粉基塑料替代了计算机的塑料外壳。杜邦公司用玉米生产 1,3-丙二醇 (POD) 的成本比化学法降低了 25%。卡杰尔-道氏公司用玉米淀粉发酵生产了聚乳酸 (PLA) 和其他多种聚合物塑料后，美国生物工程技术协会宣称：“我们开始看到以玉米淀粉为原料的聚乳酸生物材料在制造业的所有部门中得到应用，这可能会彻底改造旧经济。用转基因作物和家畜改变了农业，现在它正在改造工业”。

进入 21 世纪，生物质产业则从原料到产品再为农业开创了第三战场，一个“三农”、能源和环境并举，产品附加值高和市场潜力无限的第三战场。种植业不再是粮-经-饲三元结构，而是粮-经-饲-能四元结构。

尽管生物质制备化学品始于 20 世纪 70 年代，但其发展速度并不像人们想象的那

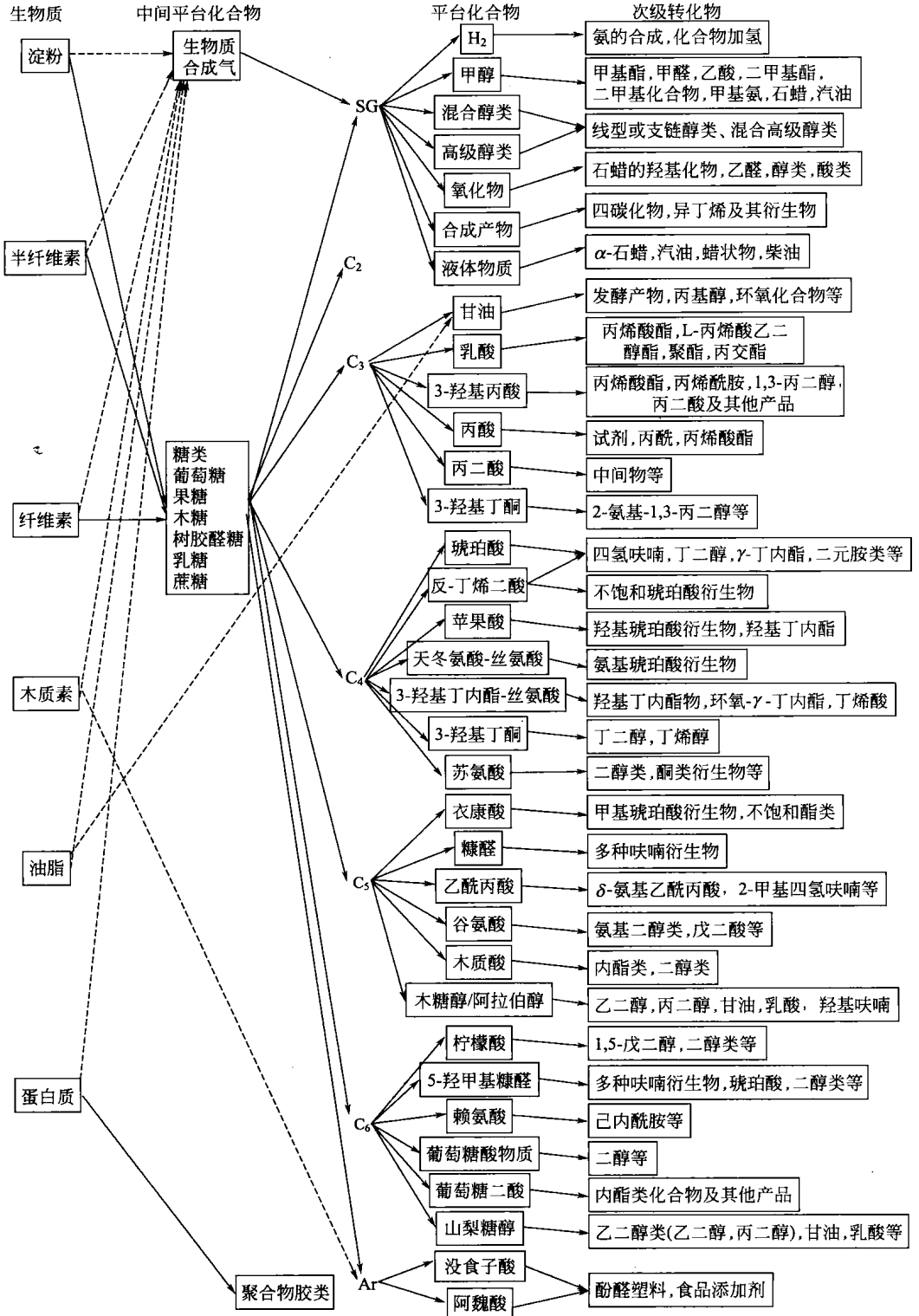


图 1-2 美国国家能源实验室研究的生物炼制工艺