

# 新型食品原料制备技术与应用

陈 合 许牡丹 主编

毛跟年 陈雪峰 编

化 学 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

新型食品原料制备技术与应用/陈合, 许牡丹主编.

北京: 化学工业出版社, 2003. 12

ISBN 7-5025-5092-5

I. 新… II. ①陈…②许… III. 食品-原料

IV. TS202

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 127278 号

---

新型食品原料制备技术与应用

陈 合 许牡丹 主编

毛跟年 陈雪峰 编

责任编辑: 王秀鸾

文字编辑: 温建斌

责任校对: 李 林

封面设计: 潘 峰

\*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 24 字数 723 千字

2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5092-5/TS·145

定 价: 58.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

# 前 言

随着全球的人口增加、耕地减少、环境变化，人类食物匮乏的问题日趋严峻。研究食品新材料是挖掘食品原料资源的重要途径。随着经济全球化的到来，人们的生活条件不断得到改善，对食品营养也有新的要求，儿童要成长，青年要健美，老年要长寿。开发具有生理活性功能的食品新材料备受社会各界的关注。知识经济时代的推进，使得科技工作者应用新技术、新手段、新设备制备食品新材料成为现实，也是当今国内外学者探讨的热点。编者正是在这样的大背景下完成本书撰写的。

科学技术的迅速发展，人们对饮食的保健功能要求带动这一领域研究开发出了许多新技术、新材料，并不断在相关行业得到应用。《新型食品原料制备技术与应用》一书力图融入以下“新”的内涵：一是制备的原料新，即从非传统性资源或具有很大潜力而未被很好开发利用的资源中制备食品新材料，如微生物油脂、膳食纤维等；二是技术工艺新，虽已成为广泛使用的食品原料，但通过新的技术和新的设备制备出非传统性的食品原料，使其纯度提高，功能活性成分增强，如分离蛋白、重构脂质等；三是功能新，通过新的制备技术，如生物技术、酶工程技术、重组技术等，改变了传统或非传统食品原料的成分，使其赋予新的保健功能成分，并应用现代检测实验方法研究证明该组分与健康的关系，如功能性低聚糖、功能性糖醇类等。

食品新原料这一领域浩瀚无际，博大精深，新产品、新技术层出不穷。本书主要立足于营养类、生理功能类、甜味剂类、生物抗氧化剂类、生物防腐剂类、色素类、酶制剂类等制备进行阐述。作为一种食品新材料，人们不仅需要了解理化特性，更希望了解其制取的途径、生理功能及用途。因此，对每一种材料，均从理化性质、制备工艺、质量控制、功能及应用等四个方面加以叙述，使读者对其有一个较为全面系统的了解，便于开展更深入的研究、开发和应用工作。

本书由陈合编写第一章第四、五节，第三章第七节，第四章，第七章，第八章第九、十节，第九章，第十章，第十一章第一节，第十二章第一至四节，第十三章第三至五节及第十五章第六节；毛跟年编写第二章，第三章第一至六节，第八章第一至八节；许牡丹编写第一章第一节，第五章，第六章，第十四章；陈雪峰编写第一章第二、三节，第十一章第二至八节，第十二章第五至十节，第十三章第一、二节，第十五章第一至五节。

全书由毛跟年统稿，陈合审定。另外，研究生陈明、檀志芬、范金波、张婧、吴丽萍为本书的编写查阅了大量的文献资料，并参加了修改和校对工作，陕西科技大学生命科学与工程学院的许多老师为促成本书提供了宝贵资料，并提出了修改意见，在此一并表示感谢。由于本书涉及多学科的交叉融合，又因编者的知识面和水平所限，加之成书仓促，且在定稿和付印期间不断出现新的研究进展与技术成果，实憾不能反映其中，有的地方还欠完善，书中难免存在诸多不足乃至错误，恳请读者谅解，并渴盼指正赐教。

编 者

2003年9月于咸阳

# 目 录

第一章 绪论	1	三、质量控制	36
第一节 概述	1	四、应用	37
一、食品新材料制备的主要技术内容	1	第四节 谷胱甘肽	38
二、食品新材料发展趋势	2	一、理化性质	38
第二节 食品新材料的资源	2	二、制备工艺	38
一、植物来源	2	三、质量控制	39
二、动物来源	3	四、应用	41
三、微生物来源	3	第五节 降血压肽	41
第三节 制备方法	4	一、组成及结构特点	41
一、提取法	4	二、制备工艺	41
二、发酵法	5	三、质量指标	42
三、化学合成法	5	四、应用	42
四、酶法合成	6	第三章 蛋白质类新原料	44
第四节 基本技术	7	第一节 免疫球蛋白	45
一、原料预处理	7	一、免疫球蛋白的分类与特性	45
二、提取	8	二、制备工艺	46
三、分离纯化	9	三、质量控制	47
四、浓缩	18	四、应用	48
五、结晶	19	第二节 乳铁蛋白	49
六、干燥	20	一、理化性质	49
第五节 食品新材料制备设备	21	二、制备工艺	49
一、原料粉碎设备	21	三、质量控制	50
二、提取装置	23	四、应用	51
三、分离纯化设备	24	第三节 大豆浓缩蛋白	52
四、浓缩设备	26	一、理化性质	52
五、结晶设备	26	二、制备工艺	53
六、干燥设备	27	三、质量指标	54
第六节 干燥设备	27	四、应用	54
第二章 活性肽类新原料	29	第四节 大豆分离蛋白	55
第一节 酪蛋白磷酸肽	29	一、理化性质	55
一、结构与性质	29	二、制备工艺	56
二、制备工艺	30	三、质量指标	58
三、质量指标	30	四、应用	58
四、应用	31	第五节 组织化植物蛋白	59
第二节 高F值低聚肽	31	一、制备工艺	59
一、理化性质	31	二、质量指标	59
二、制备工艺	31	三、应用	60
三、质量控制	33	第六节 花生浓缩蛋白	60
四、应用	33	一、制备工艺	60
第三节 大豆多肽	34	二、质量指标	61
一、理化性质	34	三、应用	62
二、制备工艺	34		

第七节 单细胞蛋白 .....	62	三、质量控制 .....	91
一、生产 SCP 的原料资源及预处理 .....	62	四、功能及应用 .....	91
二、SCP 生产发酵工艺 .....	63	第十一节 香菇多糖 .....	92
三、质量控制 .....	65	一、理化性质 .....	92
四、功能及应用 .....	67	二、制备工艺 .....	93
第四章 糖类食品新原料 .....	68	三、质量控制 .....	94
第一节 概述 .....	68	四、功能及应用 .....	95
第二节 L-糖 .....	68	第十二节 壳聚糖 .....	95
一、理化性质 .....	69	一、理化性质 .....	96
二、制备工艺 .....	69	二、制备工艺 .....	97
三、功能及应用 .....	70	三、质量控制 .....	98
第三节 1,6-二磷酸果糖 .....	70	四、功能及应用 .....	98
一、理化性质 .....	70	第十三节 肝素 .....	99
二、制备工艺 .....	70	一、理化性质 .....	100
三、功能及应用 .....	71	二、制备工艺 .....	100
第四节 低聚异麦芽糖 .....	71	三、质量控制 .....	102
一、理化性质 .....	72	四、功能及应用 .....	103
二、制备工艺 .....	72	第十四节 膳食纤维 .....	103
三、质量控制 .....	73	一、理化性质 .....	103
四、功能及应用 .....	75	二、制备工艺及质量指标 .....	104
第五节 低聚果糖 .....	76	三、功能及应用 .....	105
一、理化性质 .....	76	第十五节 菊粉 .....	107
二、制备工艺 .....	77	一、理化性质 .....	107
三、质量控制 .....	77	二、制备工艺 .....	108
四、功能及应用 .....	79	三、功能及应用 .....	108
第六节 低聚半乳糖 .....	79	第十六节 麦芽糊精 .....	108
一、理化性质 .....	80	一、理化性质 .....	108
二、制备工艺 .....	80	二、制备工艺 .....	109
三、质量控制 .....	81	三、质量控制 .....	109
四、功能及应用 .....	82	四、功能及应用 .....	110
第七节 低聚木糖 .....	83	第十七节 结冷胶 .....	111
一、理化性质 .....	83	一、理化性质 .....	112
二、制备工艺 .....	83	二、制备工艺 .....	112
三、质量控制 .....	84	三、质量控制 .....	112
四、功能及应用 .....	84	四、功能及应用 .....	113
第八节 海藻糖 .....	84	第十八节 黄原胶 .....	113
一、理化性质 .....	84	一、理化性质 .....	113
二、制备工艺 .....	85	二、制备工艺 .....	114
三、质量控制 .....	86	三、质量控制 .....	114
四、功能及应用 .....	86	四、功能及应用 .....	114
第九节 大豆低聚糖 .....	88	第五章 糖醇类新原料 .....	116
一、理化性质 .....	88	第一节 山梨醇 .....	116
二、制备工艺 .....	88	一、理化性质 .....	116
三、质量控制 .....	89	二、制备工艺 .....	116
四、功能及应用 .....	89	三、质量控制 .....	118
第十节 低聚乳果糖 .....	90	四、应用 .....	119
一、理化性质 .....	90	第二节 甘露醇 .....	120
二、制备工艺 .....	91	一、理化性质 .....	120

二、制备工艺 .....	120	四、应用 .....	144
三、质量控制 .....	121	第五节 甘草甜素 .....	145
四、应用 .....	122	一、理化性质与甜味特性 .....	145
第三节 麦芽糖醇 .....	122	二、制备工艺 .....	145
一、理化性质 .....	122	三、质量控制 .....	146
二、制备工艺 .....	123	四、应用 .....	146
三、质量控制 .....	123	第六节 甜菊糖苷 .....	147
四、应用 .....	124	一、理化性质与甜味特性 .....	147
第四节 赤藓糖醇 .....	124	二、制备工艺 .....	147
一、理化性质 .....	125	三、质量控制 .....	148
二、制备工艺 .....	125	四、应用 .....	149
三、质量指标 .....	125	第七节 二氢查耳酮 .....	150
四、应用 .....	125	一、理化性质与甜味特性 .....	150
第五节 异麦芽酮糖醇 .....	126	二、制备工艺 .....	150
一、理化性质 .....	126	三、应用 .....	151
二、制备工艺 .....	126	第八节 其他强力甜味剂 .....	151
三、质量指标 .....	127	一、阿力甜 .....	151
四、应用 .....	127	二、罗汉果提取物 .....	152
第六节 木糖醇 .....	128	三、甘茶素 .....	153
一、理化性质 .....	128	四、纽甜 .....	153
二、制备工艺 .....	128	第七章 脂类食品新原料 .....	154
三、质量控制 .....	129	第一节 概述 .....	154
四、应用 .....	130	第二节 米糠油 .....	155
第七节 乳糖醇 .....	131	一、理化性质 .....	155
一、理化性质 .....	131	二、制备工艺 .....	156
二、制备工艺 .....	131	三、质量控制 .....	157
三、质量控制 .....	131	四、功能及应用 .....	158
四、应用 .....	132	第三节 葡萄籽油 .....	158
第六章 强力甜味剂类新原料 .....	133	一、理化性质 .....	159
第一节 阿斯巴甜 .....	134	二、制备工艺 .....	159
一、理化性质与甜味特性 .....	134	三、质量控制 .....	160
二、制备工艺 .....	134	四、功能及应用 .....	160
三、质量控制 .....	135	第四节 葵花籽油 .....	160
四、应用 .....	136	一、理化性质 .....	160
第二节 甜蜜素 .....	137	二、制备工艺 .....	160
一、理化性质与甜味特性 .....	137	三、质量控制 .....	161
二、制备工艺 .....	137	四、功能及应用 .....	162
三、质量控制 .....	137	第五节 沙棘籽油 .....	162
四、应用 .....	138	一、理化性质 .....	162
第三节 安赛蜜 .....	139	二、制备工艺 .....	163
一、理化性质与甜味特性 .....	139	三、质量控制 .....	164
二、制备工艺 .....	139	四、功能及应用 .....	164
三、质量控制 .....	140	第六节 葡聚糖 .....	165
四、应用 .....	141	一、理化性质 .....	165
第四节 三氯蔗糖 .....	142	二、制备工艺 .....	166
一、理化性质与甜味特性 .....	142	三、质量控制 .....	166
二、制备工艺 .....	142	四、功能及应用 .....	167
三、质量控制 .....	144	第七节 植物甾醇 .....	167

一、理化性质 .....	167	一、理化性质 .....	205
二、制备工艺 .....	169	二、制备工艺 .....	205
三、质量控制 .....	170	三、质量控制 .....	206
四、功能及应用 .....	171	四、应用 .....	206
第八节 蔗糖聚酯 .....	173	第四节 超氧化物歧化酶 (SOD) .....	206
一、理化性质 .....	174	一、作用特点与性质 .....	206
二、制备工艺 .....	174	二、制备工艺 .....	207
三、功能及应用 .....	175	三、质量控制 .....	208
第九节 霍霍巴油 .....	175	四、应用 .....	208
一、理化性质 .....	176	第五节 植酸 .....	209
二、制备工艺 .....	177	一、理化性质 .....	209
三、功能及应用 .....	177	二、制备工艺 .....	209
第十节 重构脂质 .....	177	三、质量控制 .....	211
一、理化性质 .....	178	四、应用 .....	211
二、重构脂质的制备 .....	178	第六节 大豆异黄酮 .....	212
三、重构脂质的组成分析 .....	180	一、理化性质 .....	213
四、功能及应用 .....	181	二、制备工艺 .....	213
第十一节 磷脂 .....	181	三、质量控制 .....	214
一、理化性质 .....	182	四、功能及应用 .....	215
二、制备工艺 .....	183	第七节 大豆皂苷 .....	215
三、质量控制 .....	183	一、理化性质 .....	215
四、功能及应用 .....	184	二、制备工艺 .....	216
第十二节 角鲨烯 .....	186	三、质量控制 .....	216
一、理化性质 .....	186	四、功能及应用 .....	217
二、制备工艺 .....	187	第八节 维生素 A .....	217
三、质量控制 .....	187	一、理化性质 .....	217
四、功能及应用 .....	188	二、制备工艺 .....	217
第十三节 微生物油脂 .....	189	三、质量控制 .....	219
一、产油脂微生物及其脂质特征 .....	189	四、应用 .....	220
二、微生物油脂的生产 .....	191	第九节 维生素 C .....	220
三、功能及应用 .....	192	一、理化性质 .....	221
第十四节 昆虫油脂 .....	192	二、制备工艺 .....	221
一、昆虫油脂的脂肪酸组成 .....	193	三、质量控制 .....	222
二、昆虫油脂的提取 .....	194	四、功能及应用 .....	223
三、白蜡与斑蝥素的生理功能 .....	194	第十节 维生素 E .....	223
第十五节 水生动物油脂 .....	195	一、理化性质 .....	224
一、理化性质 .....	195	二、制备工艺 .....	224
二、制备工艺 .....	197	三、质量控制 .....	225
三、功能及应用 .....	198	四、功能及应用 .....	226
第八章 生物抗氧化剂类新原料 .....	199	第九章 生物防腐剂类新原料 .....	228
第一节 概述 .....	199	第一节 概述 .....	228
一、营养型抗氧化剂 .....	199	第二节 乳酸链球菌素 .....	228
二、非营养型抗氧化剂 .....	201	一、理化性质 .....	228
第二节 茶多酚 .....	201	二、制备工艺 .....	229
一、理化性质 .....	201	三、质量控制 .....	230
二、制备工艺 .....	202	四、功能及应用 .....	231
三、质量控制 .....	203	第三节 曲酸 .....	232
四、应用 .....	204		

一、理化性质 .....	232	第十一章 矿物质元素类新原料 .....	254
二、制备工艺 .....	232	第一节 乳酸钙 .....	254
三、质量控制 .....	233	一、理化性质 .....	254
四、功能及应用 .....	233	二、制备工艺 .....	255
第四节 纳他霉素 .....	235	三、质量控制 .....	256
一、理化性质 .....	235	四、功能及应用 .....	257
二、制备工艺 .....	236	第二节 活性钙 .....	257
三、质量控制 .....	236	一、理化性质 .....	257
四、功能及应用 .....	237	二、制备工艺 .....	257
第十章 食用色素类新原料 .....	238	三、质量控制 .....	258
第一节 概述 .....	238	四、功能及应用 .....	258
一、食用色素的种类 .....	238	第三节 生物碳酸钙 .....	259
二、食用色素的发展趋势 .....	238	一、理化性质 .....	259
第二节 红曲红 .....	239	二、制备工艺 .....	259
一、理化性质 .....	239	三、质量控制 .....	259
二、制备工艺 .....	239	四、功能及应用 .....	259
三、质量控制 .....	241	第四节 有机硒化合物 .....	260
四、功能及应用 .....	241	一、理化性质 .....	260
第三节 $\beta$ -胡萝卜素 .....	242	二、制备工艺 .....	260
一、理化性质 .....	242	三、质量控制 .....	261
二、制备工艺 .....	242	四、功能及应用 .....	263
三、质量控制 .....	243	第五节 有机铬化合物 .....	265
四、功能及应用 .....	244	一、理化性质 .....	265
第四节 番茄红素 .....	244	二、制备工艺 .....	265
一、理化性质 .....	244	三、质量控制 .....	266
二、制备工艺 .....	245	四、功能及应用 .....	267
三、质量控制 .....	245	第六节 血红素铁 .....	268
四、功能及应用 .....	245	一、理化性质 .....	269
第五节 姜黄色素 .....	246	二、制备工艺 .....	269
一、理化性质 .....	246	三、质量控制 .....	270
二、制备工艺 .....	246	四、功能及应用 .....	271
三、质量控制 .....	247	第七节 富马酸亚铁 .....	272
四、功能及应用 .....	247	一、理化性质 .....	272
第六节 辣椒红色素 .....	248	二、制备工艺 .....	272
一、理化性质 .....	248	三、质量控制 .....	272
二、制备工艺 .....	248	四、应用 .....	273
三、质量控制 .....	249	第八节 葡萄糖酸锌 .....	273
四、功能及应用 .....	250	一、理化性质 .....	273
第七节 葡萄色素 .....	250	二、制备工艺 .....	273
一、理化性质 .....	250	三、质量控制 .....	274
二、制备工艺 .....	250	四、功能及应用 .....	276
三、质量控制 .....	250	第十二章 氨基酸类新原料 .....	277
四、功能及应用 .....	251	第一节 概述 .....	277
第八节 叶绿素铜钠盐 .....	251	一、氨基酸的分类 .....	277
一、理化性质 .....	251	二、氨基酸的发展及应用 .....	277
二、制备工艺 .....	252	第二节 L-赖氨酸 .....	278
三、质量控制 .....	253	一、理化性质 .....	278
四、功能及应用 .....	253	二、制备工艺 .....	279

三、质量控制 .....	280	一、理化性质 .....	304
四、功能及应用 .....	281	二、制备方法 .....	304
第三节 L-丙氨酸 .....	281	三、质量控制 .....	305
一、理化性质 .....	281	四、应用 .....	305
二、制备工艺 .....	281	第三节 乳酸 .....	305
三、质量控制 .....	282	一、理化性质 .....	305
四、功能及应用 .....	283	二、制备工艺 .....	306
第四节 L-天冬氨酸 .....	283	三、质量控制 .....	306
一、理化性质 .....	283	四、功能及应用 .....	307
二、制备工艺 .....	284	第四节 $\gamma$ -亚麻酸 .....	308
三、质量控制 .....	285	一、理化性质 .....	309
四、功能及应用 .....	285	二、制备工艺 .....	309
第五节 L-半胱氨酸 .....	286	三、质量控制 .....	310
一、理化性质 .....	286	四、功能及应用 .....	311
二、制备方法 .....	286	第五节 葡萄糖酸 .....	311
三、质量控制 .....	287	一、理化性质 .....	312
四、功能及应用 .....	287	二、制备工艺 .....	313
第六节 L-色氨酸 .....	288	三、质量控制 .....	314
一、理化性质 .....	288	四、功能及应用 .....	316
二、制备方法 .....	288	第十四章 酶制剂类新原料 .....	318
三、质量控制 .....	289	第一节 概述 .....	318
四、应用 .....	290	一、菌种的选择 .....	318
第七节 L-亮氨酸 .....	290	二、培养基的设计 .....	318
一、理化性质 .....	290	三、培养条件对微生物产酶的影响 .....	319
二、制备方法 .....	290	四、发酵方法 .....	319
三、质量控制 .....	292	五、发酵设备 .....	320
四、应用 .....	292	六、酶的制备 .....	320
第八节 牛磺酸 .....	292	第二节 $\alpha$ -淀粉酶 .....	321
一、理化性质 .....	293	一、作用特点及性质 .....	321
二、制备工艺 .....	293	二、制备工艺 .....	322
三、质量控制 .....	294	三、质量控制 .....	323
四、功能及应用 .....	295	四、应用 .....	324
第九节 水解蛋白 .....	296	第三节 $\beta$ -淀粉酶 .....	325
一、理化性质 .....	296	一、作用特点及性质 .....	325
二、制备方法 .....	296	二、制备工艺 .....	326
三、质量控制 .....	297	三、质量控制 .....	326
四、功能及应用 .....	298	四、应用 .....	327
第十节 复合氨基酸 .....	299	第四节 转移葡萄糖苷酶 .....	327
一、制备方法 .....	299	一、作用特点及性质 .....	327
二、质量控制 .....	300	二、制备工艺 .....	327
三、应用 .....	300	三、质量控制 .....	328
第十三章 有机酸类新原料 .....	301	四、应用 .....	329
第一节 D-异抗坏血酸 .....	301	第五节 $\beta$ -半乳糖苷酶 .....	329
一、理化性质 .....	301	一、作用特点及性质 .....	330
二、制备方法 .....	301	二、制备工艺 .....	330
三、质量控制 .....	302	三、 $\beta$ -半乳糖苷酶活力检测 .....	331
四、应用 .....	303	四、应用 .....	332
第二节 肉桂酸 .....	303	第六节 溶菌酶 .....	332

一、化学组成和性质 .....	333	一、主要成分和性质 .....	351
二、制备工艺 .....	333	二、制备方法 .....	352
三、质量控制 .....	334	三、质量控制 .....	353
四、功能及应用 .....	335	四、功能及应用 .....	354
第七节 菠萝蛋白酶 .....	336	第二节 芦丁提取物(芸香苷) .....	355
一、作用特点及性质 .....	336	一、主要成分和性质 .....	356
二、制备工艺 .....	336	二、制备工艺 .....	356
三、质量控制 .....	337	三、质量控制 .....	357
四、应用 .....	338	四、功能及应用 .....	357
第八节 胰蛋白酶 .....	338	第三节 芦荟提取物 .....	359
一、作用特点及性质 .....	338	一、主要成分和性质 .....	359
二、制备工艺 .....	339	二、制备工艺 .....	360
三、质量控制 .....	341	三、质量控制 .....	360
四、应用 .....	341	四、功能及应用 .....	361
第九节 纤维素酶 .....	341	第四节 杜仲叶提取物 .....	362
一、作用特点及性质 .....	342	一、主要成分和性质 .....	362
二、制备工艺 .....	342	二、制备工艺 .....	363
三、质量控制 .....	343	三、质量控制 .....	364
四、应用 .....	344	四、功能及应用 .....	364
第十节 果胶酶 .....	345	第五节 大蒜素 .....	365
一、作用特点及性质 .....	345	一、主要成分和性质 .....	365
二、制备工艺 .....	345	二、制备工艺 .....	366
三、质量控制 .....	346	三、质量控制 .....	367
四、应用 .....	347	四、功能及应用 .....	367
第十一节 葡萄糖氧化酶 .....	347	第六节 L-肉碱 .....	368
一、作用特点及性质 .....	348	一、理化性质 .....	368
二、制备工艺 .....	348	二、制备工艺 .....	369
三、质量控制 .....	348	三、质量控制 .....	369
四、应用 .....	350	四、功能及应用 .....	371
第十五章 其他食品新原料 .....	351	主要参考文献 .....	372
第一节 银杏提取物 .....	351		

# 第一章 绪 论

## 第一节 概 述

近些年来,伴随着食品工业的蓬勃发展,出现了愈来愈多的食品新材料,以调节机体的某些生理功能,改善食品的营养、色、香、味,延长货架期等,并取得了令人鼓舞的效果。这些新材料包括有多肽类(如酪蛋白磷酸肽、谷胱甘肽、高F值低聚肽等),蛋白质类(如免疫球蛋白、乳铁蛋白、大豆分离蛋白、单细胞蛋白等),糖类(如功能性低聚糖、香菇多糖、膳食纤维等),糖醇类(如山梨醇、赤藓糖醇、乳糖醇等),强力甜味剂(如阿斯巴甜、三氯蔗糖、二氢查耳酮等),脂类(葡萄籽油、沙棘籽油、重构脂质、蔗糖聚酯、微生物油脂等),生物抗氧化剂(超氧化物歧化酶、大豆异黄酮、茶多酚等),生物防腐剂类(如乳酸链球菌、曲酸、纳他霉素等),食用色素类(红曲红、番茄红素、 $\beta$ -胡萝卜素、姜黄素等),矿物质类(如乳酸钙、活性钙、有机硒、有机铬等),氨基酸类(如聚氨基酸、赖氨酸、牛磺酸等),有机酸类( $\gamma$ -亚麻酸、乳酸、D-异抗坏血酸等),酶制剂类(溶菌酶、转移葡萄糖苷酶、 $\beta$ -半乳糖苷酶、果酸酶)等。

### 一、食品新材料制备的主要技术内容

食品新材料主要是从动物、植物、微生物中获得的,大多都是生物活性物质。它包含着复杂的制备技术和工艺流程,囊括了食品工程、生物工程、精细化工、分离工程等学科的知识,其主要制备技术有以下几种。

#### 1. 以动物、植物和微生物为原料制备

以动物、植物和微生物为原料,经萃取、蒸馏、浓缩、分离、纯化等工艺过程,制备原已存在于生物体内的一些功能性物质,用于食品生产。如茶叶中的茶多酚、大蒜中的大蒜素、甜菊叶中甜菊苷、银杏、芦丁、芦荟、杜仲叶的提取物等。

#### 2. 微生物发酵和组织培养技术

以微生物发酵或动植物组织培养等手段,培养菌体或生物细胞,并通过细胞或菌体本身的代谢机制进行的制备技术。目前,在微生物发酵法中以氨基酸、有机酸、酶制剂的生产规模最大。

#### 3. 化学工程技术

以化学合成方法制备蔗糖聚酯、三氯蔗糖、阿斯巴甜、阿力甜、纽甜、维生素A及一些防腐剂、抗氧化剂、合成色素等的工艺技术。

#### 4. 生物技术

以基因工程技术、酶工程技术、细胞工程技术、发酵工程技术、蛋白质工程技术,不仅能制备新型的食品材料,而且还能变革传统的食品工业技术和生产方式,同时带来极大的社会与经济效益,已成为食品材料制备的一个发展方向。目前,利用生物合成法已生产出品种繁多的功能性低聚糖、活性肽、氨基酸、有机酸、甜味剂、防腐剂、抗氧化剂、香料、维生素及天然色素等现代发酵产品,其中通过该方法制备出的一些食品防腐剂、抗氧化剂,在食品保藏和延长货架期方面正发挥重要作用。利用细胞杂交和细胞培养技术可生产的独特的食品香料和风味物质,如香草素、可可香素、菠萝风味剂以及天然色素,如咖喱黄、胡萝卜素、紫色素、花色苷素、辣椒素等。通过把风味前体转变为风味物质的酶基因克隆或通过微生物发酵产生风味物质都可使食品芳香风味得以增强。

利用上述技术不仅可制备出自然界已存在的物质,而且还可制备出许多自然界尚不存在的新化

合物。同时，还可以完全脱离生物体，而在实验室或工厂反应器中制造。这不仅是一种分离、纯化的物理性工序，也是一种复杂的制造过程，包含着许多生物化学和合成化学反应工序，运用许多高新技术，如超临界萃取、微胶囊化、生物技术、膜分离技术、分子蒸馏、分步结晶、高效层析等。

## 二、食品新材料发展趋势

随着全国人民生活水平不断提高，消费者食品观念的改变，生活节奏的加快，消费者对食品的要求是讲营养、讲口味、讲安全、变花样，保健食品、营养食品、特色食品、方便食品等为今后主要发展方向。2001年4月18日在北京召开的中国亚健康学术研讨会上传出目前中国的人群中，真正健康的人群约占15%，有15%处在疾病状态，剩下的70%则处于亚健康状态。从天然原料中提取功能因子或有效成分，发展第三代保健食品，为这70%的人群服务，可使他们的生活质量好一点，精神饱满一点，寿命长一点。为此食品新材料应具有高效性、专用性、功能性等特点。今后食品新材料发展趋势如下。

### 1. 研究开发天然食品新材料

回归自然，绿色食品是当今食品发展的一大潮流，在这一潮流中，天然功效成分、天然色素、天然防腐剂等不仅有益于消费者的健康，而且能促进食品工业的发展。

### 2. 大力研究生物食品新材料

天然食品材料一般都有较高的安全性，但自然界植物、动物的生产周期长，生产效率低。采用现代生物技术生产食品材料不仅可以大幅度提高生产能力，而且还可以生产一些新材料，如红曲红、乳链球菌素、溶菌酶等。

### 3. 研究专用功能性食品新材料

目前功能性食品日益兴起，功能性食品即指具备美味、营养、防病、防衰老、免疫、美容等性能的食品。全世界属功能性食品范畴的市场，1999年为317亿美元，比1995年增加53.5%，其中美国为45.5亿美元，日本1998年销售额为6900亿日元，比1997年增长4.5%。中国台湾年销售额约8亿美元。中国2000年近500亿元，平均年增长率约15%，预计至2010年的销售额将达1000亿元。在功能性食品开发中，创特色是十分重要的，在开发儿童食品上，集中开发营养型、益智型、乳品型产品。婴幼儿食品既要有母乳化奶粉，又要有针对不同生长发育期的食品及有助于开发儿童智力的食品；饮料要开发自然纯正，浓缩果汁、蔬菜汁等新产品；老年人食品以清淡食品为主，除注意低糖、低盐、低脂外，口味上要采用清淡型、风味型以及疗效保健型食品。对一些特需食品如孕妇、产妇食品，乌发食品、美容食品、运动员食品、清嗓子食品、野战食品及病员疗效食品等要有不同针对性。为了使食品体现上述种种特色就要求开发及积极生产专用功能性食品新材料。

## 第二节 食品新材料的资源

### 一、植物来源

开发植物资源，制备“优质、安全、无污染”的新型食品材料，已成为食品添加剂工业的一个热点。我国植物资源品种多，产量大，质量好，是人类获取天然保健品和食品新材料的宝贵资源。目前，国内对植物资源的开发利用还处于初级阶段，开发前景十分广阔。

现代医学发现，一些野生植物可调节人体新陈代谢、降低血压、降低胆固醇、预防和治疗多种疾病。例如多酚类化合物是植物中具有抗氧化作用的一类物质，除了抗氧化功能外，它们还有抗菌消炎、抗病毒和扩张血管作用，具有清除自由基、防止动脉硬化、改善血液循环、避免细胞受低氧伤害的功能，对老年性痴呆症以及延缓机体衰老有较好的效果。多酚类化合物是一类含有酚的化合物的统称，包括酚酸、香豆素、类黄酮（花青素、黄酮、黄酮醇和黄烷醇）、单宁、杂多酚等。

从森林植物中提取食品新材料具有以下优点：①资源丰富、种类繁多、资源综合利用价值高，例如从茶叶中可提取茶多酚、茶多糖和茶叶色素，从枸杞子中提取枸杞多糖、枸杞精油和枸杞色素；②无污染，安全性高，市场潜力巨大，符合绿色食品的发展趋势；③成分复杂，功能多。经研究发现，从甘草中可提取黄酮类化合物、甘草香豆酮（Licocoumarone）、甘草光果烯、光果利定、

甘草查耳酮 A 和 B、2',4',4-三羟基查耳酮（异甘草素）等具有抗氧化、抗菌和清除自由基作用的活性成分，以及作为天然食用甜味剂的甘草甜素。

我国近年来已开发出的天然植物食用色素有栀子蓝、可可壳棕、叶绿素铜钠盐等 10 多个品种。正在研究和开发的有五味子红色素、火棘色素、黑加仑色素、山楂红色素等十几个品种。另外，对从天然植物中提取防腐剂、香精香料、增稠剂、抗氧化剂、甜味剂和保健功能因子等也进行了系统的研究。例如从迷迭香中提取食用香料和抗氧化剂，从山杏仁中提取天然香料苦杏仁油和功能强化剂苦杏仁苷，从罗望子种子中提取罗望子多糖和罗望子色素，从银杏叶中提取生理活性成分黄酮化合物等。

据统计，国产芳香植物资源达 823 种，隶属 95 科 335 属，其中食用香料植物占有相当重要的部分。据调查，我国共有 113 种植物色素资源，在云南的西双版纳、武陵山区、秦巴山区及东北的长白山区为天然色素植物资源较为集中的地区。我国地域辽阔，野生植物资源丰富，而且绝少污染。可开发的色素资源尤为丰富，如内蒙古、新疆等地的越橘浆果，就是红色素原料；香精、香料资源丰富，可以作为香料资源的芳香植物不胜枚举，如山苍子、五味子、花椒、柏木、红松、生姜、金银花、紫苏等；我国西部山林是天然食用菌和中草药生长的理想环境，如草菇、平菇、香菇、猴头菌、银耳、茯苓、竹荪等食用菌和枸杞等中草药资源相当丰富，而且品质优良，是开发功能性食品添加剂的可靠资源；天然甜味剂资源有罗汉果、甘草、甜叶菊等，都是低热量甜味剂，可以制成适合于糖尿病和肥胖病人的食品。

从植物中提取食品新材料，可以利用植物的不同器官或组织。①花，主要用于提取天然食用色素，如菊花、鸡冠花、山兰、番红花、藏红花等，也有部分用于制备天然食用香料，如玫瑰花油、春黄菊花油、栀子花油、金盏花油等；②果实或种子，有些可提取食用天然色素，如沙棘、板栗壳、地念果、黑加仑子、枸杞、罗望子、山楂等，有的可提取天然食用香料，如山苍子、芫荽籽、迷迭香、花椒、杜松子等，有的可制备抗氧化剂，如杨梅、诃子（藏青果）和多香果提取物等；③叶子，如从山楂、银杏叶中提取黄酮类物质，从杜仲叶和元宝枫叶提取抗氧化物质，从紫叶、变色木叶、山兰叶提取红色素，从林檎叶、竹叶中提取抑菌成分等；④树皮或根茎，如从厚朴皮中提取抗氧化物，桂皮、当归根可制作天然食用香料等；⑤全株（草），主要为草本类植物。

## 二、动物来源

某些食品新材料可通过动物来源获得。例如免疫球蛋白是一种非特异性抗体，对各种病原性微生物具有活性，广泛存在于人和脊椎动物的血液、组织液、淋巴液、卵黄、乳汁中，在牛初乳和鸡蛋中，免疫球蛋白含量较高，是提取免疫球蛋白的良好原料。动物的血液中含有重要的营养素——血红素铁，人体对这种铁的吸收率是无机铁的三倍，利用屠宰家畜所收集到的血液，可以提取血红素铁，制成优质补铁食品新材料，治疗缺铁性贫血。

昆虫也是一种食物，某些食用昆虫含有许多人体必需的氨基酸，是一种优质的动物蛋白质来源。如利用蚕蛹制备蚕蛹复合氨基酸。蚂蚁体内微量元素硒和锌含量较高，还含有高能磷酸化合物、草体蚁醛及蚁酸等，因而蚂蚁具有双向免疫调节和明显的抗衰老作用。黄粉虫幼虫富含有机硒、维生素 A 和维生素 E，其干粉滤液具有较好的抗疲劳、延缓衰老和降低血清胆固醇的功能。随着有关食用昆虫药用功效研究的加强和深入，某些食用昆虫的保健功能和药用价值将得到充分的展示，并进一步推动动物来源食品新材料的研制和开发。

## 三、微生物来源

以微生物菌体为原料制作人类新型的食品材料开始引起人们的关注。自然界微生物资源十分丰富，能够生产出多种自然界资源十分匮乏的食品新材料。

利用微生物菌体生产单细胞蛋白就是最成功的微生物应用实例。单细胞微生物产生的细胞蛋白称单细胞蛋白（SCP），是一种与动植物蛋白并存的微生物来源的蛋白质，与动植物相比，SCP 具有明显的优点：微生物的生长速度远远大于动植物，如 500kg 的牛，24h 可合成 0.5kg 的蛋白质，而 500kg 的菌体，24h 可生产 1250kg 的蛋白质，是牛的 2500 倍，因此可用于大规模的工业化生产。而且生产条件简单，不需占用大量土地，不需投入大量人力，生产不受季节、气候影响。

现主要开发的菌种是酵母菌，用适当的工农业副产物大量培养酵母菌制作单细胞蛋白目前已广泛用

于饲料，其菌体内含有丰富的蛋白质（50%）。由于 SCP 安全性尚未得到绝对的保证，酵母蛋白用于人类食品还比较少。但随着工业的发展，技术的进步，SCP 将会直接或间接为人类提供更多的食品。

一些藻类，如小球藻、珊瑚藻、衣藻以及现在开始广泛用于保健药效的螺旋藻也用于单细胞蛋白的制作。藻蓝蛋白是螺旋藻特有的蛋白质，它是一种活性蛋白质，是一般植物所不具有的。它作为很好的纯天然的蓝色素，已被广泛用于食品、化妆品中，由于它所具有的提高机体免疫力和抗艾滋病的功效，使藻蓝蛋白已用于肿瘤诊断时的荧光剂，并通过美国 FDA 的认证。

螺旋藻是地球上最早出现的光合生物，是人类成功开发并实现产业化的藻类。从螺旋藻中还可提取多种活性物质，如螺旋藻富含  $\beta$  胡萝卜素， $\beta$  胡萝卜素具有抗氧化、提高免疫机能、防止血管疾病和抗癌作用。螺旋藻多糖具有抗辐射、抗突变的功能，能增强细胞对损伤的修复能力，能抑制癌细胞增殖，显著提高细胞超氧化物歧化酶的活力，对电离辐射的损伤具有明显的防护效果。由于藻类的能源和碳源是取之不尽、用之不竭的日光和  $\text{CO}_2$ ，还可用于环境保护、净化污水，在开发食品新材料中具有很大的潜力和良好的前景。

微生物代谢产物的开发和应用早已被人们认识和熟知，很多的抗生素都是微生物的代谢产物。最著名的例子当属从青霉菌中提取的广谱抗生素——青霉素，还有从顶头孢霉菌提取的头孢霉素，已被开发成临床应用的 30 多个品种如先锋霉素。从微生物代谢产物中能提取多种食品新材料，如破囊壶菌 (*Thraustochytrium*)、裂殖壶菌 (*Schizochytrium*) 等产生二十碳五烯酸 EPA 和二十二碳六烯酸 DHA 等多价不饱和酸，黄单胞菌产生黄原胶等。

总之微生物食品新材料的研究开发尚处于初级阶段，由于微生物本身多样化带来的代谢产物多样性，尚有更多新材料等待进一步开发。

### 第三节 制备方法

#### 一、提取法

天然食品新材料的原料不论是植物、动物组织、藻类或微生物，其成分都十分复杂，如纤维素、叶绿素、单糖、低聚糖、淀粉、蛋白质、脂肪和蜡、树脂、鞣质及无机盐等，但它们在药用和所需性能上被认为是无效的或杂质；而另一些含量微少，多则百分之十几、少则百万分之几的物质往往具有较强的生理、生化活性，被认为是有效的成分。为了获得所需要的有效成分，常常要使用溶剂，这种制备方法就是提取法。提取法分为以下两种方法。

##### 1. 经典提取法

为了尽量避免杂质被提取，而最有效地获得所需要的有效成分，常根据提取物的极性采取相应极性的溶剂，食品加工中常用溶剂由低到高的极性顺序是：石油醚（或正己烷）> 乙醚 > 三氯甲烷 >（或二氯甲烷）> 二氧 烷 > 乙酸乙酯 > 乙醇 > 甲醇 > 水。具体使用何种溶剂，要根据原料、有效成分种类而定，同时考虑所用溶剂的成本、毒性、市场供应、安全性等。在所有溶剂中，水是最廉价、安全和有效的溶剂。因为除纯水外，还可以选用热或冷水，中性、酸性或碱性水，这样可以更好地提取所需要的有效成分。有时为了去除杂质获得高纯度的有效成分，常常采用溶剂分级萃取法、化学沉淀法、吸附分离法、工业色谱分离法、超滤、超临界  $\text{CO}_2$  萃取分离、反渗透、水蒸气蒸馏、膜分离、结晶和重结晶等方法进行分离纯化。对于天然提取物来说，其中工业色谱法、结晶法和重结晶法可以最终得到纯品化合物，其他分离法一般是得到分离纯化的中间产品，仍然是混合物，不过有效成分浓度得到了较大提高。

##### 2. 超临界流体萃取法 (SFE)

超临界流体萃取是一种新型的萃取分离技术。其萃取原理如下：某些液体如  $\text{CO}_2$ 、乙烷、丙烷、丁烷、戊烷、氨、水、 $\text{SO}_2$ 、乙烯及氟里昂 13 等在不同的温度和压力下可以进行相的转换，如固相-液相-气相，当温度及压力到达某个数值时，流体的液态和气态之间无明显的界限，即进入超临界区，此时的温度  $T_c$  及压力  $P_c$  即为临界温度和临界压力。超临界流体兼有气体和液体的特点，即同时具有气体的高渗透性和低黏度，又有液体似的密度和溶解能力，这种能力随着体系温度和压

力的变化同时变化，可以通过改变体系的温度和压力而达到选择性萃取的目的。因此，超临界流体萃取法可以同时完成萃取和分离的目的。

从工业化应用的角度出发，CO<sub>2</sub> 具有无毒、价廉、无腐蚀、不可燃、纯度高，同时其扩散系数大、黏度低、传质能力强、临界压力和温度相对较低的优点。因此，超临界 CO<sub>2</sub> 萃取是目前较为成熟、应用最广的超临界萃取法。超临界萃取法具有如下优点：萃取效率高，应用面广，适宜于热敏性、挥发性物质，兼有萃取和分离的特性，能耗低，安全性高和无污染。

## 二、发酵法

目前人们逐渐转向于用微生物合成各种食品新材料，这些材料往往具有化学合成不可比拟的优越性。如用黏红酵母 GLR513 生产油脂，油脂含量高，不饱和脂肪酸含量也高；用微生物合成短链芳香酯不仅得到高质量天然产品，且条件温和、转化率高；用热带假丝酵母生产木糖醇，产量高，且无乙酸盐及化学提取残留物；日本还开发研究利用链球菌和乳酸菌生产  $\gamma$ -酪氨酸。国际上对食品添加剂的品质要求显示如下趋势：更具天然、新鲜；追求低脂肪、低胆固醇、低热量；增强食品贮藏中品质的稳定性；不用或少用化学合成的添加剂。为此，用发酵法代替化学合成法生产食品添加剂已是大势所趋。

目前，甜味剂中木糖醇、甘露糖醇、阿拉伯糖醇、甜味多肽等都可用发酵法生产；维生素中抗坏血酸、核黄素和钴胺素等已能用发酵法制取。还出现了品种繁多的酸味剂、鲜味剂、活性多肽等现代发酵产品。今后，这方面有待开发的领域还有保鲜剂、香料香精、防腐剂、天然色素等。

通常情况下，发酵法制备某种新材料主要是借助微生物具有合成某种材料的能力，通过对菌株的诱变等处理，选育出各种营养缺陷型及结构类似物抗性变异株，以解除代谢调节中的反馈抑制与阻碍，达到过量合成某种材料的目的。例如 Goto 等由乳糖发酵短杆菌 2256 选育的 L-酪氨酸缺陷型变异株，可产 4.2g/L L-苯丙氨酸，由此诱导的对氟苯丙氨酸 (PEP)、5-甲基色氨酸 (5-MT) 抗性变异株 AJ3437，在葡萄糖为碳源的培养基中，其产酸率增加到 22g/L，再孵育德跨菌素敏感性 (Dec)，其变异菌株 AJ11475 的产酸率可提高到 25g/L。

有的发酵法就是直接获取所培养的微生物菌体而得到新产品。例如 SCP (单细胞蛋白) 是用途广泛的食品和饲料添加剂。其生产方式就是培养 SCP 生产菌为主，所用菌种主要是酵母和藻类，也有采用细菌、放线菌和丝状真菌的，所用原料多为可再生植物资源和废弃资源，目前用工业化方式生产 SCP 已成为解决蛋白质资源紧缺的一条重要途径。

以生物转化形式开发的微量元素保健食品发展很快。微量元素的生物转化包括微生物合成转化法、植物天然转化法和动物转化法等，微生物转化法最常见的是酵母转化法，它是将含有一种或几种微量元素的溶液加入到培养基中，从而得到高含量微量元素的酵母。目前已研制出高铬、高锆、高锌、高硒等类型酵母，应用于多种类型的保健食品中。

## 三、化学合成法

化学合成法是通过化学反应合成新材料的一种主要方法。由于原料的不同，生产同一产品的化学合成途径也不相同。按合成途径，化学合成分为全合成途径和半合成途径，所进行的化学反应有烯烃加成、烷基化、酯化、皂化、磺化、氧化、还原、环合及负碳离子缩合等诸多反应。据资料统计，人类在 100 年中，通过化学合成和分离生产了 2285 万种新物质、新药物、新材料、新分子来满足人类生活和高新技术发展的需要。

某些食品新材料，由于资源的限制，只有通过化学合成，才能实现规模生产。例如核糖及衍生物脱氧核糖核酸是核酸的重要组成部分，也是某些维生素及辅酶的组分，D-核糖及衍生物以呋喃型广泛存在于天然化合物中，而 D-核糖的对映体 L-核糖在自然界不存在，一般只能通过化学合成的方法得到。近来发现 L-核糖核苷具有显著的抗病毒活性。L-核糖的化学合成法有戊糖醛类异构的异构化反应法，如较早研究的 L-阿拉伯糖立体异构化，以及近年广泛研究的 L-木糖及 D-核糖的多步化学合成。另外还有形成新的碳碳单键的立体选择性合成法，如以非糖类化合物烷基硼酸酯为原料的单插入反应，以及利用烯丙基铜化合物对小分子糖醛化合物的增碳反应等。

由于所用原料的不同，合成同一产品的方法也不相同。例如目前合成法生产 L-丙氨酸的方法有六种之多，原料、收率不尽相同。有的是以苯乙醛为原料，经氰醇、氨基氰等合成苯丙氨酸，收

率为 72%；有的是以苯基环氧乙烷和乙酰胺、CO 为原料，在钴催化下，氨化羧化，制得苯丙氨酸，收率达 90% 以上；有的是以氯苯和 CO 为原料，在钴催化下合成苯丙酮酸，再与氨水、氢进行还原氨化合成苯丙氨酸，收率在 80%~85%。为了提高产品质量，降低生产成本，往往要选择高效率的合成反应生产食品新材料。

食品新材料应该是对人体有益无害的物质，但某些化学合成的食品新材料往往有一定的毒性，必须经过严格的毒理试验，规定合理的使用量范围。

随着食品工业的发展和人民生活水平的提高，各类加工食品不断涌现，品种和功能的需求越来越多，必将促使人们用化学合成法生产更多的食品新材料。

#### 四、酶法合成

随着生物技术的不断发展，人们已开始广泛采用酶工程技术获取所需要的食品新材料，这种酶工程技术用于食品新材料的生产被称为酶法合成。酶法合成充分利用了酶的催化作用专一性，反应条件温和，生产工艺简便，产物浓度高，转化率高。

酶法合成的反应类型有水解、转移、裂解、异构、合成等多种，同一种产物由于所用原料不同，反应类型也不同。例如 L-苯丙氨酸是人体八种必需氨基酸之一，已被证实具有提神醒脑、减肥等功效，还被用于氨基酸类抗癌药的开发应用，现在已能通过酶法进行合成。酶法生产的反应方式有 DL-苯乙内酰胺水解法、苯丙氨酸解氨酶法、苯丙氨酸脱氨酶法。

通过酶法水解天然原料，是制取食品新材料的主要途径之一。例如木低聚糖是一种重要的功能性食品基料，具有促进肠内有益菌繁殖、抑制有害菌生长的独特生理功能，已引起人们广泛关注。现在可通过内切型木聚糖酶水解富含木聚糖的植物原料（如玉米芯、蔗渣、麸皮等）而获得。ACE 抑制剂能通过抑制 ACE（血管紧张素转移酶——可引起血压升高）的活性而起到降压作用。化学合成类 ACE 抑制剂由于存在各种不良反应，已趋于淘汰使用，现在通过酶解某些食品蛋白质获得具口服疗效的天然降血压肽，日本东京大学副教授吉川证明，从米蛋白的酶解物中可获得具降压和增强免疫性的活性肽。

有时，酶法合成还常常与化学合成结合起来生产食品新材料。组成人体生命物质的 20 种基本氨基酸除甘氨酸外，都有两种互成镜像的对映体 D 型和 L 型，近年人们相继发现 D-氨基酸的存在，且在医药、食品等方面也有重要作用。D-天冬氨酸就是其中一种，它是合成阿扑西林的重要中间体。通过化学合成，人们能够同时得到大量的 D 型和 L 型的混合物，为了单独得到 D-天冬氨酸，可利用酶作用的立体专一性（只作用 L-氨基酸，不作用 D-氨基酸），使 L-氨基酸转变成容易与 D-氨基酸分离的成分，从而获得 D-氨基酸，该合成方式还被称为酶法拆分法。酶法拆分合成的不足之处是理论上只能得到底物的一半，另一半通常转化成其他物质，这样目的产物收率较低。

由于技术水平的限制，目前的酶法合成多为一步反应，只有一种或少数几种酶参与催化，尚未达到在生物体内那样，能进行一系列多种酶催化的连锁反应，由简单的底物合成复杂的产物。但是酶法合成仍以其高效、简便的生产方式，为人们生产越来越多的食品新材料。

生物技术是 21 世纪高新技术的核心，以基因工程为核心内容，包括细胞工程、酶工程、发酵工程和生物反应器。生物技术在食品新材料制备中的应用体现在三个方面：一是利用基因工程、细胞工程技术对食品资源的改造和改良；二是利用发酵工程、酶工程技术将农副产品原材料加工成新产品；三是利用生物技术进行产品二次开发，形成新的产品。

借助现代生物技术是实现微生物代谢产物工业化生产最好途径。利用基因工程将目的基因克隆到容易培养、生长繁殖迅速或产物容易分泌到体外的微生物，如常用陆生酵母菌、枯草杆菌、大肠杆菌等来进行表达、合成和生产，从而大幅度提高目的产物的含量和产量。例如 TMPs（风味修饰蛋白）是人工合成甜味剂与增香剂的天然替代物，具有使食品或饮料风味突出、抑制苦味、突出酯香的作用，或修饰味觉使酸味物质给予人甜味的感觉。各种风味修饰蛋白最早发现于一些东半球植物的种子和果实中，如奇异果甜蛋白、应乐果甜蛋白及非洲奇异果甜蛋白，一直以来国际市场的交易都受限于产地的产量。通过生物技术，Xoma 公司从天然的 TMPs 中分离出 cDNAs 整合到 *Cerevisiae* 酵母菌株，这种菌株每升培养基可产生 300mg 奇异果蛋白。Kitamura, R. 等将具有较高热

稳定性 A 和酸稳定性 B 的两条基因整合到单链应乐果蛋白的基因，然后再整合到酵母 *Candida utilis* 中，每 70g 细胞中可产生 50gTMP，而且在高温和低酸条件下都较植物中提取的 TMP 稳定。可见生物技术不但可控制 TMPs 的产量，还可控制其质量。

在食品植物资源的改造中，利用基因工程技术，还使甜味蛋白在马铃薯中获得成功表达，培育出不饱和脂肪酸含量高的油料作物等，从而大大提高农作物的品质，为生产食品新材料打下了基础。我国利用细胞工程大规模培养出人参、紫草、三七等药用植物的细胞，从而为获得自然界含量很低且资源匮乏的有效活性成分提供了可能。

近年来酶制剂工业取得飞速发展，利用生物技术开发出一些具特定功能的酶品种已成为研究重点。例如由于全球患高血压死亡人数比例逐年增加，从而促进了新型胆固醇氧化酶、胆固醇还原酶和胆固醇合成酶抑制剂的研究开发。利用基因工程可使许多酶的基因得以克隆和表达，较为成功的实例是牛乳皱胃凝乳酶的克隆，除此以外， $\alpha$ -淀粉酶、乳糖酶、酯酶、 $\beta$ -葡聚糖酶及一些蛋白酶都得以克隆与表达，其中蛋白酶、葡萄糖淀粉酶、 $\alpha$ -淀粉酶和葡萄糖异构酶已大量生产。丹麦 Novo Nordise 公司用重组技术合成的单一成分酶如纤维素酶、木聚糖酶已商品化生产。为提高酶的产量和质量常采用特定位点诱发突变、原生质体融合和重组 DNA 技术。如日本利用这些技术，使  $\alpha$ -淀粉酶发酵产率提高近 200 倍，而且具极强的热稳定性。

随着生物技术水平的不断发展，生物技术将会发挥越来越突出的作用和优势，创造出更多更好的食品新材料。

## 第四节 基本技术

食品新材料可从植物、动物和微生物等资源中提取，也可应用发酵技术、细胞培养技术及化学合成法间接生成，最终获得一定纯度，满足不同性能要求的新材料产品。其制备过程包括原料预处理、提取、分离纯化、浓缩、结晶、干燥等基本技术。

### 一、原料预处理

原料预处理主要包括除杂和粉碎。

#### (一) 原料的除杂

用以提取食品新材料的植物原料在收获、贮藏和运输中会混入各种夹杂物。这些杂物大体上可分为三类：一是纤维性杂质，如草屑、秸秆、皮壳等；二是颗粒状的沙子、泥土、小石块等；三是金属类如铁钉、铁屑等。这些杂质在原料粉碎前必须除去，否则会使原料的提取率降低。工业生产中，常采用筛选设备除去大于或小于原料颗粒的杂质，采用风选设备除去比原料颗粒轻的杂质，也可除去比原料颗粒重的杂质，采用磁力除铁装置可除去原料中的铁屑等。

#### (二) 原料的粉碎

在提取前，将大块原料粉碎、或将细胞破碎，使物料与提取溶剂充分接触，以降低传质阻力，缩短提取时间，使胞内生物活性物质充分释放到溶液中。不同的原料其组织不同，破碎的难易程度也不一样，使用的方法也不尽相同。常用的粉碎方法有机械粉碎法、物理粉碎法及化学粉碎法等。

##### 1. 机械粉碎法

主要通过机械作用产生的挤压力、冲击力、剪切力等使组织粉碎。如用于谷物原料粉碎的设备有辊式粉碎机、锤式粉碎机、球磨机等；用于果蔬原料粉碎的有切片机、打浆机；用于动物组织粉碎的有绞肉机、刨膜机、匀浆机等。如果需要超细粉碎，还可采用胶体磨、均质机及超微粉碎设备等。

##### 2. 物理粉碎法

通过各种物理过程，使细胞组织破碎。如采用反复冻融法，将待破碎物料于  $-20\sim-15^{\circ}\text{C}$  下凝固，再缓慢融解，如此反复操作，使动物性的细胞及细胞内的颗粒破碎。采用冷热交替法，将物料投入沸水中，于  $90^{\circ}\text{C}$  下维持数分钟，立即置于冰浴中，迅速冷却，可使绝大部分细胞破碎，常用于从细菌或病毒中提取蛋白质和核酸。采用超声波处理技术，将物料处于高频电场下，细胞受到强烈振动而破裂。如用大肠杆菌制备各种酶时，常用  $50\sim 100\text{mg/L}$  菌体的浓度，在  $1\sim 10\text{kHz}$  频率下处理