

“十三五”
国家重点图书

食物蛋白酶解 理论与技术

赵谋明 赵强忠 等编著



化学工业出版社

·北京·

本书系统介绍了蛋白酶与酶解技术理论,蛋白质加工过程中的检测方法,大豆蛋白、花生蛋白、小麦面筋蛋白、鱼蛋白、贝类蛋白、畜禽肉副产物蛋白、牛乳蛋白、酵母及味精废菌体酶解加工技术。该书是作者针对我国在蛋白质加工领域的现状,参考国内外的研究进展,在多年科研积累基础上,遵照理论结合实际,深入浅出及全面系统地介绍了食物蛋白酶解加工过程的理论及其应用技术,实现了理论清楚及实践可行,体现了食物蛋白精深加工方向。

本书为研究蛋白质酶解理论和技术的科研工作者、进行蛋白质精深加工的企业及生产者提供理论和技术支持。

图书在版编目(CIP)数据

食物蛋白酶解理论与技术/赵谋明,赵强忠等编著.
北京:化学工业出版社,2017.5
“十三五”国家重点图书
ISBN 978-7-122-29334-3

I. ①食… II. ①赵…②赵… III. ①食物-蛋白
酶-研究 IV. ①Q556

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 049150 号

责任编辑:赵玉清

文字编辑:周 侗

责任校对:王素芹

装帧设计:尹琳琳

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:中煤(北京)印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 27 彩插 1 字数 634 千字 2017 年 5 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:198.00 元

版权所有 违者必究

食物蛋白酶解
理论与技术

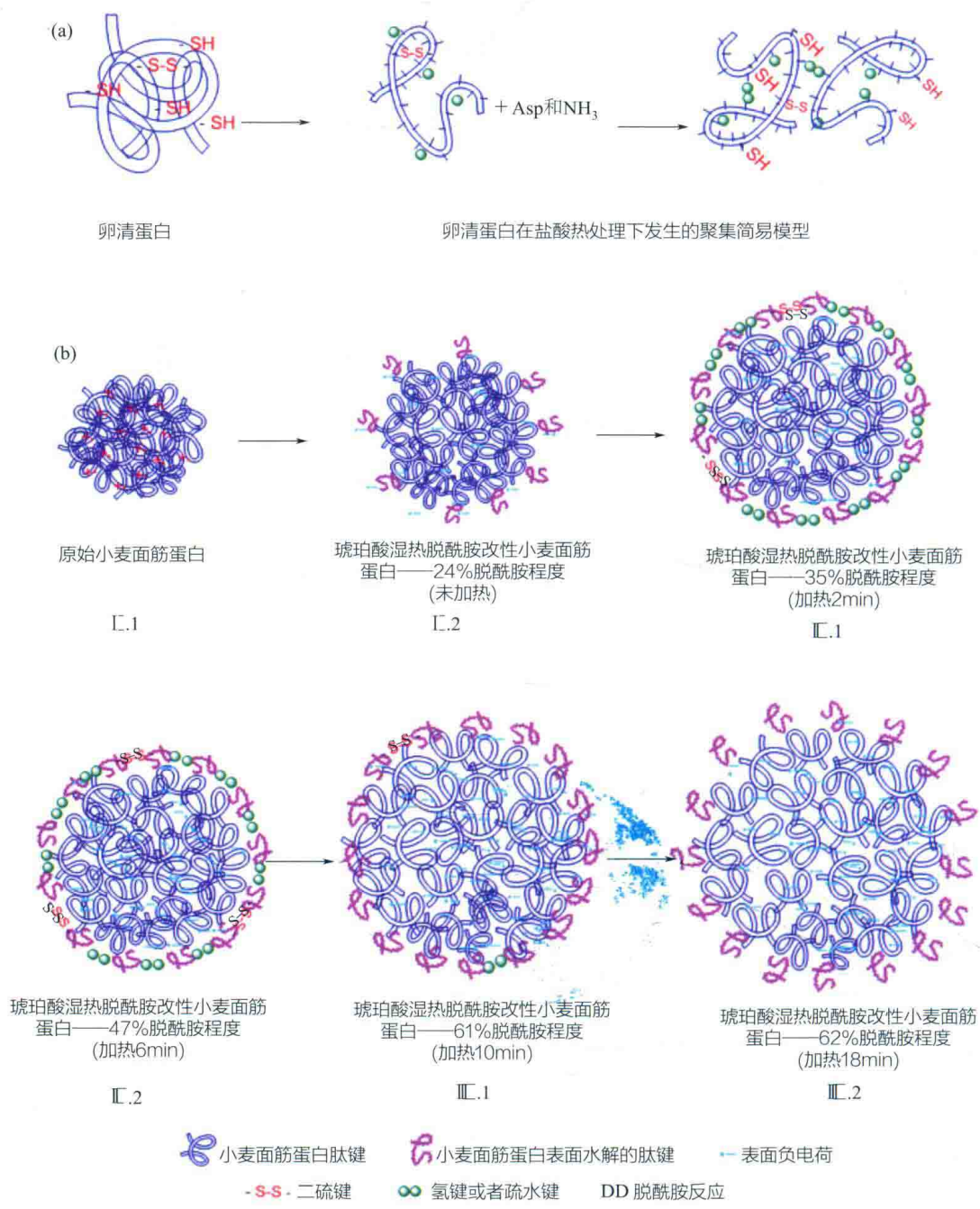


图 5-25 湿热酸脱酰胺过程中的小麦面筋蛋白聚集行为变化模型^[16]

(a) 盐酸脱酰胺改性卵清蛋白聚集行为变化模型^[83]； (b) 琥珀酸湿热脱酰胺改性小麦面筋蛋白聚集行为变化模型

- (Ⅰ.1) 原始小麦面筋蛋白的构象是一蛋白质肽链严重相互缠绕的致密的分子矩阵；
- (Ⅰ.2) 当水化6h后（无湿热处理），脱酰胺试剂轻微分解蛋白质表面的麦谷蛋白，此时小麦面筋蛋白脱酰胺程度增加到24%；
- (Ⅱ.1) 湿热处理开始后（6min），蛋白质水解的麦谷蛋白和醇溶蛋白相互交联或各自交联屏蔽了内部由于脱酰胺不断进行增大的负电荷，导致表面电荷快速显著减低而分子内部聚集的负电荷急剧增大；
- (Ⅱ.2) 分子内部静电斥力超过热聚集作用力的限制；
- (Ⅲ.1) 形成分子粒径不断增大的松散的网络状结构；
- (Ⅲ.2) 当脱酰胺反应改性完全，蛋白质构象趋于稳定

前言

蛋白质不仅提供膳食中的必需氨基酸，还对食品加工、处理、储藏、制备和消费过程中的色、香、味及其质构特性等有着显著影响。随着食品工业发展，需要大量具有良好功能特性和较高营养价值的蛋白质作为食品的原料成分或添加基料，来满足人们的消费需求。为此，加强或改善蛋白质的功能特性，提高制品营养成分的生物有效利用性成为食品加工工业亟待解决的问题。天然的蛋白质被应用于食品时所表现出的功能性质往往不能完全满足食品加工的要求，尤其是难以同时兼具多种加工功能，而生产上需求的却是具有专项最佳功能或兼具几种功能平衡点的产品，如何将蛋白质应用于各种不同类型的食品体系，其核心就是蛋白质改性技术。食物蛋白精深加工技术，一方面为食品工业提供系列优质的功能性蛋白和营养基料，对保障国民优质蛋白质的摄入和饮食安全，对食品工业加工技术水平的提高、促进食品工业的可持续性发展和提高食品工业的市场竞争力具有重要意义。另一方面，实现大宗蛋白质资源的高值化利用，同时紧密结合国家新型战略产业——生物制造业，显著提高原料的利用率，可避免或减轻资源浪费和环境污染问题，提高大宗蛋白质资源的附加值，促进农产品加工业的持续健康发展。相关技术和产品的推广应用将大大提高我国肉制品、保健食品、乳制品、调味品及其相关食品行业的产品档次和技术含量，对我国副产品的附加值提升和发展循环经济具有重要意义。

该书是作者针对我国在蛋白质加工领域的现状，参考国内外的研究进展，在多年科研积累基础上，遵照理论结合实际，深入浅出及全面系统地介绍了食物蛋白酶解加工过程的理论及其应用，力求撰写内容新颖和创新，实现理论清楚及实践可行，体现了食物蛋白精深加工方向。本书共10章，第一章由赵谋明教授编写，第二章、第八章由赵谋明教授、孙为正研究员编写，第三章由赵谋明教授、周雪松教授级高工编写，第四章、第六章由赵谋明教授、苏国万副研究员编写，第五章由赵谋明教授、廖兰副教授编写，第七章、第十章由赵谋明教授、崔春教授编写，第九章由赵谋明教授、赵强忠教授编写。

书中大部分的实验数据为本团队近十年的博士和硕士研究生科研过程所积累，感谢这些研究生的辛勤付出。感谢本团队的年轻老师在书稿编写过程中认真仔细的撰写。感谢国家自然科学基金委、国家科技部、广东省科技厅对本团队长期在此研究领域的资助。最后感谢化学工业出版社所有工作人员，对本书出版所付出的辛勤劳动。

书中不妥之处，敬请读者批评指正。



2016年10月

目 录

第一章 蛋白酶与酶解技术理论 001

1.1 蛋白质酶解概述	001
1.1.1 蛋白质酶解作用	001
1.1.2 蛋白质酶解机制	002
1.1.3 蛋白质酶解方式	003
1.1.4 蛋白质酶解产物特点	003
1.2 蛋白酶的作用、分类及特点	004
1.2.1 蛋白酶的作用	005
1.2.2 蛋白酶的分类	005
1.2.3 蛋白酶的特点	006
1.3 蛋白质酶解技术理论	009
1.3.1 蛋白酶的选择	010
1.3.2 蛋白酶用量对酶解的影响	011
1.3.3 体系 pH 对酶解的影响	012
1.3.4 酶解温度对酶解的影响	013
1.3.5 酶解时间对酶解的影响	014
1.3.6 底物浓度对酶解的影响	015
1.3.7 搅拌方式对酶解的影响	016
1.3.8 激活剂对酶解的影响	016
1.3.9 蛋白质酶解的抑制反应	017
1.4 预处理方式对蛋白质酶解的影响	018
1.4.1 物理预处理	019
1.4.2 化学预处理	023
1.4.3 酶法预处理	026
1.5 蛋白质酶解产物脱苦及脱腥研究进展	028
1.5.1 蛋白质酶解液苦味形成与脱苦研究	028
1.5.2 蛋白质酶解物的脱腥	033
1.6 蛋白质的精制分离技术	036
1.6.1 分离步骤及注意事项	036
1.6.2 常见的分离纯化方法	038
1.6.3 蛋白质酶解产物的精制分离	042
1.7 功能性蛋白的酶法制备技术	043

1.7.1 蛋白质酶法聚合	044
1.7.2 蛋白质酶法改善功能特性	045
1.8 功能性肽酶解制备技术	048
1.8.1 功能性肽的生物学意义	048
1.8.2 功能性肽的制备方法	050
1.8.3 功能性肽的应用展望	052
1.9 呈味肽的酶法制备技术	052
1.9.1 味觉感受机理	053
1.9.2 呈味肽的研究进展	054
1.9.3 呈味肽在食品中的应用	057
1.9.4 呈味肽在食品中的发展前景	058
参考文献	058

第二章 蛋白质加工过程中的检测方法 063

2.1 蛋白质含量的检测方法	063
2.1.1 定氮法及蛋白质含量的推算	064
2.1.2 分光光度法	069
2.1.3 滴定法	074
2.1.4 物理测定法	075
2.1.5 展望	076
2.2 蛋白质一级结构测定方法	077
2.2.1 蛋白质一级结构测定基本程序及方法	077
2.2.2 蛋白质一级结构测定新技术	079
2.3 蛋白质空间结构测定方法	082
2.3.1 荧光光谱法	083
2.3.2 红外光谱法	085
2.3.3 激光拉曼光谱法	087
2.3.4 圆二色谱法	090
2.3.5 核磁共振波谱法	091
2.3.6 X 射线晶体衍射技术	092
2.3.7 激光散射法	094
2.4 蛋白质酶解过程测定方法	096
2.4.1 水解度测定	096

目录

2.4.2 肽类物质抗氧化性测定方法	099
参考文献	100

第三章 大豆蛋白酶解加工技术 103

3.1 大豆蛋白资源状况	103
3.2 大豆蛋白特性	105
3.2.1 大豆蛋白组分特点	105
3.2.2 食品工业用大豆蛋白原料	107
3.3 大豆蛋白酶解敏感性调控技术	109
3.3.1 挤压处理	110
3.3.2 超声波处理	111
3.4 适度改性制备大豆功能性蛋白	113
3.4.1 大豆蛋白的结构与功能特性的关系	113
3.4.2 大豆蛋白改性研究	114
3.5 控制酶解制备大豆生物活性肽	130
3.5.1 大豆肽特性	131
3.5.2 大豆肽制备工艺	133
3.5.3 大豆肽产品标准	135
3.6 深度酶解制备大豆呈味肽	136
3.6.1 肽呈味组分	136
3.6.2 深度酶解制备大豆呈味肽技术	138
参考文献	143

第四章 花生蛋白酶解加工技术 148

4.1 花生资源概述	148
4.1.1 世界花生资源概况	148
4.1.2 我国花生资源概况	148
4.1.3 我国花生粕资源概况	149
4.2 花生主要成分及其营养价值	150
4.2.1 花生蛋白	150
4.2.2 花生油脂	150
4.2.3 花生中的碳水化合物	150

4.2.4 花生中其他成分	151
4.3 花生蛋白的结构特征及功能特性	151
4.3.1 蛋白质的结构	151
4.3.2 花生蛋白的结构特征	152
4.3.3 花生球蛋白及伴花生球蛋白的结构特性	153
4.3.4 花生蛋白的氨基酸组成	157
4.3.5 花生蛋白的功能特性	159
4.4 不同处理方式对花生蛋白结构及功能特性的影响	162
4.4.1 不同花生蛋白提取工艺对其功能特性的影响	162
4.4.2 花生热处理对其蛋白质结构及功能特性的影响	163
4.5 花生蛋白的改性研究	165
4.6 花生粕黄曲霉毒素的去除技术	165
4.6.1 黄曲霉毒素概要	165
4.6.2 黄曲霉毒素对农产品的污染现状	166
4.6.3 花生及花生制品中黄曲霉毒素的去除方法	166
4.7 花生粕控制酶解制备呈味肽的技术	167
4.7.1 花生粕的呈味特性	167
4.7.2 花生粕呈味基料的制备技术	167
参考文献	168

第五章 小麦面筋蛋白酶解加工技术 170

5.1 小麦面筋蛋白资源状况	170
5.1.1 小麦面筋蛋白的来源	170
5.1.2 小麦面筋蛋白的生产	170
5.1.3 小麦面筋蛋白的应用	171
5.2 小麦面筋蛋白结构特点	172
5.2.1 小麦蛋白分子组成及其结构特点	172
5.2.2 麦谷蛋白的结构特征	173
5.2.3 醇溶蛋白的结构特征	174
5.3 小麦面筋蛋白的功能和营养特性	176
5.3.1 小麦面筋蛋白的功能特性	176
5.3.2 小麦面筋蛋白的营养特性	177
5.3.3 小麦面筋蛋白的致敏性	178

5.4 小麦面筋蛋白分子改性技术	180
5.4.1 小麦面筋蛋白酶法改性技术	180
5.4.2 小麦面筋蛋白微生物发酵酶-酶解技术	188
5.4.3 小麦面筋蛋白分子限制性化学修饰技术	190
5.4.4 小麦面筋蛋白物理改性技术	197
5.5 小麦面筋蛋白控制酶解制备生物活性肽技术	198
5.6 小麦面筋蛋白深度酶解制备呈味肽技术	200
5.7 小麦面筋蛋白的成膜技术	201
5.8 小麦面筋蛋白的乳浊稳定技术和在纳微米药物缓释体系中的应用	202
参考文献	203

第六章 鱼蛋白酶解加工技术 211

6.1 渔业资源概述	211
6.1.1 世界渔业资源概述	211
6.1.2 我国渔业资源概述	211
6.2 鱼蛋白组成及加工利用现状	212
6.2.1 鱼蛋白的氨基酸组成	212
6.2.2 鱼肌肉蛋白	213
6.2.3 胶原蛋白	214
6.2.4 鱼蛋白的加工利用现状	214
6.3 鱼蛋白源呈味肽研究进展	215
6.3.1 酶法制备呈味肽	215
6.3.2 美拉德反应制备呈味肽	216
6.3.3 发酵法制备呈味肽	216
6.4 鱼蛋白源功能活性肽研究进展	217
6.4.1 鱼蛋白源抗氧化肽研究进展	217
6.4.2 鱼蛋白源抗疲劳肽研究进展	217
6.4.3 鱼蛋白源改善记忆肽研究进展	218
6.4.4 鱼胶原蛋白源美容肽研究进展	218
6.5 控制酶解制备抗氧化肽	218
6.5.1 秋刀鱼蛋白源抗氧化肽的制备	218
6.5.2 秋刀鱼蛋白酶解液体内抗氧化特性	222
6.5.3 秋刀鱼蛋白源抗氧化肽的分离纯化及鉴定	223

6.6 控制酶解制备抗疲劳肽	227
6.6.1 草鱼蛋白源抗疲劳肽的制备	227
6.6.2 草鱼蛋白酶解产物体外抗氧化活性和体内抗疲劳作用	230
6.6.3 草鱼蛋白源抗疲劳肽的分离纯化及鉴定	234
6.7 低值鱼蛋白深度酶解制备呈味基料	240
6.7.1 复合蛋白酶深度酶解工艺优化	240
6.7.2 深度酶解过程中蛋白质降解模式研究	244
6.7.3 深度酶解后期酶解速率放缓的原因探讨	247
6.7.4 低值鱼蛋白酶解过程中各种风味成分的变化	249
参考文献	253

第七章 贝类蛋白酶解加工技术 255

7.1 贝类蛋白组成及结构特征	255
7.2 蓝蛤蛋白控制酶解制备呈味基料	255
7.2.1 最佳蛋白酶的筛选	257
7.2.2 多酶复合酶解效果	259
7.2.3 蓝蛤肉酶解产物的化学组成	259
7.3 珍珠贝固体发酵-酶解法制备呈味基料	261
7.3.1 珍珠贝固体制曲工艺优化	261
7.3.2 制曲工艺对珍珠贝肉风味的改善	264
7.3.3 珍珠贝大曲控制酶解制备呈味基料	269
7.4 珍珠贝酶解液中浑浊物质形成机理及去除	273
7.4.1 不同动物蛋白酶解过程浑浊度变化	273
7.4.2 不同蛋白酶酶解贝肉蛋白浑浊度变化	273
7.4.3 贝肉蛋白酶解液浑浊形成机理探讨	273
7.4.4 酶解过程中酶解液体系的粒径分布变化趋势	274
7.4.5 酶解过程中肽表面疏水性变化趋势	274
7.4.6 酶解液浑浊物质分离及其成因分析	276
7.4.7 马氏珍珠贝酶解液中浑浊物质氨基酸分析	276
7.4.8 不同蛋白质变性剂对酶解液浑浊的影响	277
7.4.9 脱脂处理对酶解液浑浊的影响	278
7.5 多糖凝集剂对酶解液浑浊度的影响	279
7.5.1 不同带电性质凝集剂对酶解液的澄清效果	279

目录

7.5.2	不同分子量、脱乙酰度的壳聚糖对酶解液的澄清效果	280
7.5.3	壳聚糖添加量对澄清效果的影响	280
7.5.4	pH 对酶解液澄清效果的影响	281
7.5.5	温度对酶解液澄清效果的影响	282
7.5.6	复合澄清剂对酶解液澄清效果的影响	282
7.5.7	澄清处理对酶解液风味、分子量分布的影响	283
7.6	珍珠贝糖蛋白提取纯化	284
7.6.1	糖蛋白的生物活性	286
7.6.2	马氏珍珠贝糖蛋白的分离纯化	288
7.6.3	马氏珍珠贝糖蛋白的理化性质及抗氧化活性	291
	参考文献	296

第八章 畜禽肉副产物蛋白酶解加工技术 300

8.1	畜禽肉副产物综合利用及深加工现状	300
8.1.1	畜禽加工副产物定义	300
8.1.2	畜禽加工副产物综合利用和深加工现状	301
8.1.3	畜禽加工副产物综合利用类型	302
8.1.4	畜禽加工副产物高值化利用途径	304
8.2	畜禽骨架加工	305
8.2.1	畜禽骨架资源的营养价值	305
8.2.2	畜禽骨架加工方法	306
8.2.3	畜禽骨架加工主要产品	307
8.2.4	畜禽骨架加工技术	311
8.2.5	鸡骨架深加工示例	313
8.3	畜禽血液加工	317
8.3.1	畜禽血液资源	317
8.3.2	畜禽血液主要产品及应用	320
8.3.3	畜禽血液脱色技术	326
8.3.4	畜禽血液加工存在的问题	328
8.3.5	畜禽血液常用加工技术	329
8.3.6	畜禽血液蛋白水解物特性及应用	334
	参考文献	337

第九章 牛乳蛋白控制酶解技术 339

9.1 牛乳蛋白的组成、结构与特点	339
9.1.1 牛乳蛋白的组成	339
9.1.2 牛乳蛋白的结构与特点	339
9.2 乳源生物活性肽的研究进展	341
9.2.1 类吗啡活性肽	341
9.2.2 酪蛋白磷酸肽	341
9.2.3 免疫刺激肽	342
9.2.4 抗高血压活性肽	342
9.3 酪氨酸钠制备 ACE 抑制肽技术	346
9.3.1 酶的筛选	346
9.3.2 酶解工艺条件的优化	346
9.3.3 Tricine-SDS-PAGE 对胰蛋白酶酶解液的分析	351
9.3.4 超滤效果评价	351
9.3.5 超滤对 ACE 抑制肽活性的影响	353
9.4 酪蛋白活性肽对乳酸菌生长代谢和酸乳发酵的影响	355
9.4.1 不同蛋白酶水解酪蛋白水解物对酸乳乳酸菌的促生长作用	355
9.4.2 酪蛋白活性肽对乳酸菌产乳酸影响的研究	356
9.4.3 酪蛋白活性肽对乳酸菌胞外多糖生物合成的影响	358
9.4.4 酪蛋白活性肽对酸乳发酵过程和酸乳质量的影响	358
9.4.5 酪蛋白活性肽的分离纯化与鉴定	363
9.5 乳清蛋白酶解液对酸乳发酵及品质的影响	369
9.5.1 乳清蛋白酶解液对酸乳发酵的影响	369
9.5.2 乳清蛋白酶解液对酸乳储藏期品质的影响	374
9.5.3 乳清蛋白酶解液的分子质量及氨基酸对酸乳发酵的影响	376
参考文献	380

第十章 酵母及味精废菌体酶解加工技术 382

10.1 酵母抽提物及酵母的化学组成	382
10.1.1 酵母抽提物简介	382
10.1.2 酵母的化学组成	383

目录

10.2 酵母内源性酶及酵母自溶	385
10.3 酵母抽提物的预处理技术	386
10.3.1 酵母破壁技术	386
10.3.2 啤酒酵母的脱苦、除杂技术	389
10.4 控制酶解制备酵母抽提物	390
10.4.1 均质压力对酵母自溶的影响	391
10.4.2 均质次数对酵母自溶的影响	392
10.4.3 利用外源性蛋白酶制备酵母抽提物时对酵母自溶的影响	393
10.4.4 不同自溶促进剂对酵母自溶的影响	395
10.5 提高酵母抽提物呈味核苷酸 (I+G) 含量	396
10.5.1 磷酸二酯酶的提取与制备	397
10.5.2 自溶后 RNA 的提取	399
10.5.3 RNA 的酶解工艺	399
10.6 酵母活性蛋白的提取	407
10.6.1 酵母甘露聚糖蛋白的制备	407
10.6.2 酵母中 S-腺苷甲硫氨酸和 SOD 的提取技术	408
10.7 味精废菌体精深加工技术	409
10.7.1 味精废菌体资源及利用现状	409
10.7.2 谷氨酸菌体控制酶解制备呈味基料	411
10.7.3 谷氨酸菌体酶解液制备的优化	413
参考文献	414

第一章

蛋白酶与酶解技术理论

1.1 蛋白质酶解概述

蛋白质不仅提供膳食中的必需氨基酸，而且还影响食品加工、处理、储藏、制备和消费过程中的色、香、味及质构特性。随着食品工业的发展，需要大量具有良好功能特性和较高营养价值的蛋白质作为食品的原料成分或添加基料，来满足人们的消费需求。为此，加强或改善蛋白质的功能特性，提高制品营养成分的生物有效利用性成为食品加工工业亟待解决的问题。天然蛋白质被应用于食品时所表现出的功能性质往往不能完全满足食品加工的要求，尤其是难以同时兼具多种加工功能。不同食品体系对蛋白质的功能特性要求往往不同，如液态乳制品饮料对蛋白质乳化性要求较高，而肉制品对蛋白质凝胶性要求较高，如何将蛋白质应用于各种不同类型的食品体系，其核心就是蛋白质改性技术。人们通过采用水解来处理蛋白质，使蛋白质的氨基酸残基和多肽链发生变化，引起蛋白质大分子空间结构和理化性质的改变，从而获得具有理想功能特性和营养价值的蛋白质。

化学水解法尽管具有反应简单和效果显著的特点，但是化学水解存在诸如反应副产物多、试剂易残留、蛋白质营养价值下降等缺点，在食品工业中应用受到限制。酶水解法处理蛋白质具有专一性强、条件温和及无毒副作用等特点，而且对营养几乎无不良影响等，受到人们广泛关注，是改造蛋白质、实现蛋白质功能多样化、改善蛋白质功能特性和拓宽其应用范围的一种有效方法，显示出巨大的前景，已成为当今国际蛋白质加工领域最有前途的发展方向之一。随着酶工业、固定化酶技术和膜反应器的不断发展，酶解过程更趋于自动化、简单化，酶法水解已成为一种趋势。

1.1.1 蛋白质酶解作用

蛋白质酶解是指蛋白质在酶的作用下降解成肽类以及更小分子氨基酸的过程，酶解是改造蛋白质组成及结构、实现蛋白质功能多元化、提高蛋白质应用价值的最有效的途径之一。

蛋白质酶解技术是一项古老的技术，但真正成为一门相对独立的研究领域则要追溯到

20 世纪 70 年代初^[1]。从酶解技术的发展历程来看,前期蛋白质酶解原料主要以大豆蛋白、酪蛋白和蛋清蛋白为主,尤以大豆蛋白和酪蛋白水解物研究最为深入。20 世纪 70 年代初,美国开发出大豆功能性多肽,并由美国 Deltown Speciaties 公司建成年产 5000t 的大豆肽加工厂;80 年代,日本攻克水解产物苦味脱除和蛋白酶菌种选育难关,不二制油公司、雪印和森永等乳业公司成功生产出系列专用功能性大豆多肽用于功能性饮料、运动营养食品、酸奶等食品生产中。在酪蛋白研究方面,最初水解酪蛋白主要根据其营养价值高、低变应原性应用于婴儿抗过敏食品,随后研究发现酪蛋白酶解产物中含有多种生理活性肽,如抗氧化、降血压、安神、增强免疫、促进生长、促进矿物质吸收肽等,其中以酪蛋白磷酸肽和降血压肽产业化和应用最为广泛。随后来源广泛、价格低廉的植物蛋白引起了研究者广泛的兴趣,从谷物蛋白(玉米蛋白)、油料蛋白(花生蛋白、菜籽蛋白、葵花籽蛋白)等酶解产物中相继发现多种功能性肽并成功产业化。20 世纪 90 年代以后,面临人口急剧增长的压力和蛋白质资源的不断匮乏,世界各国开始重视海洋资源的可持续开发以及食品加工中副产品的综合利用。同时,植物蛋白的水解物作为功能性食品和风味强化剂的研究引起了人们的极大关注和兴趣^[2,3]。90 年代末有了商业化的植物蛋白水解产物用于液体食品或高能量饮料,低抗原食品和具有食疗作用的食物在这个时期也有了较大的增长。与此同时,一些植物蛋白副产品如榨油后的葵花籽蛋白和油菜籽蛋白的开发和研究也开始有报道。总之,90 年代以后酶解技术在低值海洋蛋白质资源、食品加工副产品(包括废弃物)蛋白质资源领域的应用掀起了新的高潮,取得了丰硕的成果,酶解已成为蛋白质资源深加工领域最有效、最富有前景的技术手段。

1.1.2 蛋白质酶解机制

按照水解程度和酶解产物分子量分布不同,蛋白质酶解技术可以分为轻度酶解、适度酶解或深度酶解。蛋白质深度酶解通常用于生产低变应原的水解产物,酶解产物主要是小分子肽和氨基酸,产物中肽分子质量小于 5000Da 且 80% 的肽分子质量小于 500Da,主要应用于调味品和营养液制备;适度酶解和轻度酶解则被认为是限制性酶解,可实现水解度和水解产物多样性的调控,主要应用于生产具有优良加工功能的功能性蛋白或具有特殊生理活性的肽。采用复合酶水解蛋白质时通常根据各种酶的加入顺序又分为分步酶解和同步酶解。

① 蛋白酶水解蛋白质的反应式如图 1-1。

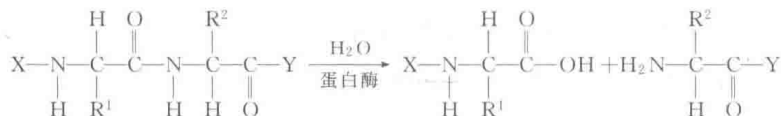


图 1-1 蛋白酶水解蛋白质的反应式

注:式中 X 代表氨基;Y 代表羧基;R¹、R² 分别代表不同的氨基酸残基

② 蛋白质在酶解过程中呈现一系列变化,主要表现在三个方面^[4]:极性基团(如—NH₂⁺、—COO⁻)数目增加,产物亲水性增强,从而使改性后蛋白质亲水能力加强;蛋白质分子发生降解,肽链长度缩短,多肽链平均分子量降低;蛋白质分子构象发生变化,通常会引引起分子内部疏水基团的暴露。

③ 蛋白质酶水解的基本过程可简单概括为三个步骤(图 1-2):由酶(E)和第一个底