



普通高等教育食品类专业“十二五”规划教材
高等学校食品类国家特色专业建设教材

发酵食品学

FAJIAO SHIPINXUE



□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□

徐 莹◎主编

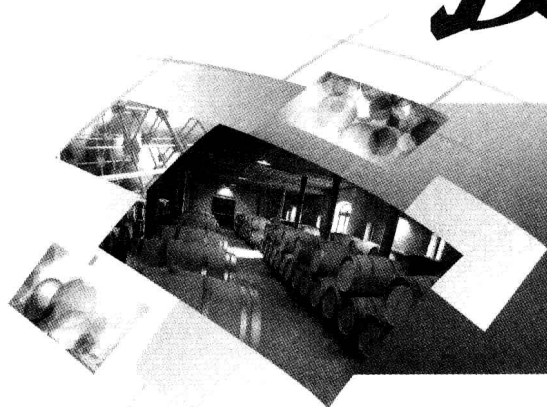
 郑州大学出版社



普通高等教育食品类专业“十二五”规划教材
高等学校食品类国家特色专业建设教材

发酵食品学

FAJIAO SHIPINXUE



□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□

徐 莹◎主编



 郑州大学出版社

内 容 提 要

本教材共分十章,主要介绍了谷物发酵食品、发酵果蔬制品、发酵豆制品、发酵乳制品、发酵肉制品、发酵水产品、微生物源功能性成分及食品添加剂等内容。系统地描述发酵食品的酿造原理及工艺过程,分析了生产中常见的质量问题的成因并提出防控措施。此外,还介绍了发酵食品的安全性。即可作为食品科学与工程、生物工程以及农副产品加工等专业的《发酵食品学》课程教材,也可作为从事食品工业、发酵工业、生物技术产业以及生物制药等专业人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

发酵食品学/徐莹主编. —郑州:郑州大学出版社,2011.8
(普通高等教育食品类专业规划教材)
ISBN 978-7-5645-0452-6

I. ①发… II. ①徐… III. ①发酵食品-生产工艺-高等学校-教材 IV. ①TS26

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 085920 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

郑州文华印务有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:21.75

字数:514 千字

版次:2011 年 8 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371-66966070

印次:2011 年 8 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-0452-6

定价:35.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换



随着发酵食品相关基础理论及应用工程技术的迅速发展,我国的发酵食品得到了迅速发展。目前主要的发酵食品有发酵酒及食醋类、发酵果蔬类、发酵豆制品类、发酵乳制品类、发酵肉制品类、发酵水产品类及发酵型食品添加剂类等。琳琅满目的发酵制品不仅丰富了食品的种类、改善了食物营养、提高了食品的安全、满足了人民的需要,而且对促进食品工业的发展和繁荣国民经济都产生了巨大作用。

发酵食品是指利用常用的食物原料在微生物的发酵及现代工艺技术作用下而制得的一大类食品。本书正是从食品发酵原料及微生物角度出发,系统地描述发酵食品的酿造原理、品质特点及工艺过程,针对发酵食品生产过程中的常见问题提出了控制措施,并对发酵食品的安全问题也作一介绍。同时本书在编写上除介绍传统的发酵食品外,还吸收了现代发酵食品的成熟技术及研究领域的最新进展。本书不但是一本较系统的发酵食品学教材,也可作为从事食品工业、发酵工业、生物技术产业以及生物制药等专业人员的参考书。

我对本书的作者们比较熟悉,他们均是来自发酵食品教学与科研一线的教师和科技工作者,在教学、科研及工作中取得了很多成果,积累了丰富的经验并拥有丰富的文献资料。该书主编徐莹博士特请我作为该书的主审,并希望对本书的编写提出修改意见。在仔细阅读该书的编写目的及编写内容后,我深感无比欣慰,这是本值得向读者推荐和认真学习的好书。相信该书的出版不仅对提高食品工业、发酵工业、生物技术产业以及生物制药等专业的教学水平有很好的促进作用,而且对促进我国相关专业的发展和满足人们对日益发展的发酵食品的了解均有积极的意义。在高兴接受作为该书的主审外,还特此作序以资祝贺。

何国庆
2010年12月
于浙江大学华家池



本书从食品发酵原料及微生物角度出发,系统地描述了发酵食品的酿造原理及工艺过程,分析了生产中常见的质量问题的成因,并提出了防控措施。此外,还介绍了发酵食品的安全性。在编写上,力求反映现有发酵食品的成熟技术、研究领域的最新进展,为广大读者提供一本较系统的发酵食品学教材。本书可作为食品科学与工程、生物工程以及农副产品加工等专业的教材,也可作为从事食品工业、发酵工业、生物技术产业以及生物制药等专业人员的参考书。

全书共分10章,主要章节有绪论、谷物发酵制品、发酵果蔬制品、发酵豆制品、发酵乳制品、发酵肉制品、发酵水产品、微生物源功能性食品及食品添加剂、发酵食品安全问题等内容。

本书由徐莹主编,张惟广、梁新红、王君高、倪辉、刘颖、张秀艳为副主编。中国海洋大学的徐莹编写绪论、第5、8、10章,西南大学的张惟广、广东海洋大学的刘颖、青岛啤酒股份有限公司的尹花、林燕和常忠明编写第2章,华中农业大学的张秀艳编写第3章,河南科技学院的梁新红编写第4章,集美大学的倪辉编写第6章,山东轻工业学院的刘秀河编写第7章,刘颖、中国海洋大学的孔青、山东轻工业学院的王君高、吉林农业大学的尤丽新编写第9章。

本书编写过程中,得到有关部门、单位的领导及老师们的大力支持。郑州大学出版社对本书的出版给予了大力支持,浙江大学何国庆教授特在百忙中为本书主审指导并做序鼓励,中国海洋大学汪东风教授为本书编写大纲提出宝贵建议,在此一并致以最真挚的谢意。

教材主要是为教师和学生编写的教学材料。本书虽是作者们在近几年为食品科学与工程等专业的本科生讲授发酵食品学课程基础上,参阅近期国内外的发酵食品学教材及文献编写的,并力求做到系统性和先进性的同时,强调其可读性,但由于作者水平有限,难免存在缺点乃至错误,敬请老师和同学批评指正。

徐 莹

2010年12月



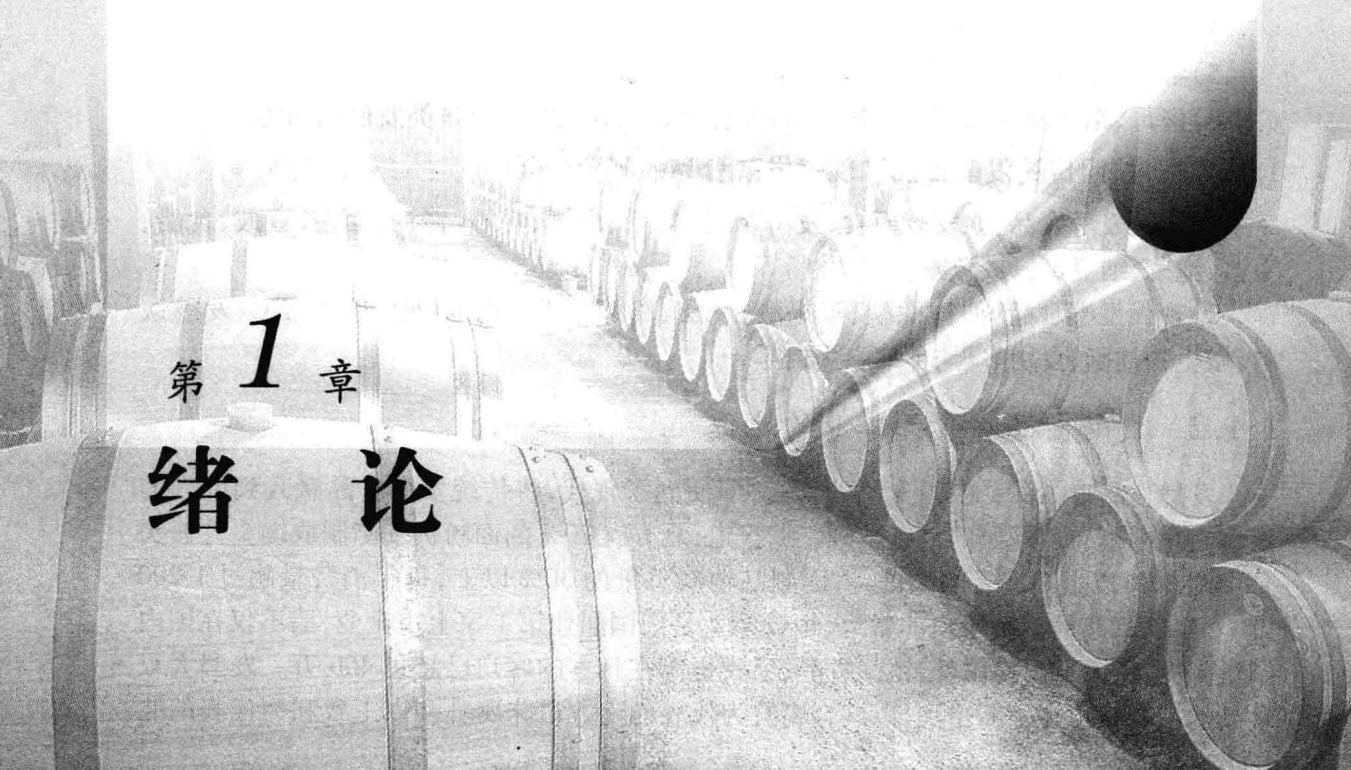
第1章	绪论	1
1.1	食品发酵学概述	2
1.2	食品发酵的历史与现状	3
1.3	食品发酵的发展趋势	7
第2章	谷物发酵制品——酿酒	10
2.1	白酒	11
2.2	国外的蒸馏酒	62
2.3	黄酒	64
2.4	啤酒	84
第3章	谷物发酵制品——食醋	123
3.1	食醋分类	124
3.2	食醋酿造原料	125
3.3	食醋酿造的主要微生物及糖化发酵剂	126
3.4	食醋酿造原理	133
3.5	食醋酿造工艺	134
3.6	食醋质量标准	146
第4章	发酵果蔬制品	149
4.1	葡萄酒	150
4.2	白兰地	179
4.3	果醋	183
4.4	发酵蔬菜	185
第5章	发酵豆制品	191
5.1	酱油	192
5.2	酱	216
5.3	腐乳	218
5.4	豆豉	230
5.5	纳豆	232
5.6	丹贝	233
第6章	发酵乳制品	237

6.1	概述	238
6.2	酸牛乳	239
6.3	开菲尔	245
6.4	酸马奶酒	246
6.5	奶酪	247
6.6	发酵乳饮料	249
6.7	酸奶油	251
第7章	发酵肉制品	253
7.1	发酵香肠	254
7.2	发酵干香肠和半干香肠	268
7.3	酸肉	270
7.4	肉脯等其他发酵肉制品	271
第8章	发酵水产品	275
8.1	鱼露	276
8.2	虾油	282
8.3	蚝油	283
8.4	虾酱	284
8.5	酶香鱼	286
第9章	微生物源的功能性食品及食品添加剂	289
9.1	微生物源的功能性食品	290
9.2	鲜味剂	299
9.3	酸味剂	305
9.4	增稠剂	309
9.5	乳酸菌素	314
9.6	海藻糖	316
9.7	红曲色素	318
9.8	天然香料香精	320
第10章	发酵食品的安全问题	324
10.1	泡菜	325
10.2	酱油	326
10.3	腐乳	327
10.4	传统鱼露	328
10.5	火腿	329
10.6	发酵香肠	330
10.7	红曲及红曲色素	331
参考文献		334

发酵食品是人们利用有益微生物加工制造的一类食品,在中国有着悠久的历史和丰富的内涵。传统发酵食品以其良好的质地和风味,自古深受中国人民喜爱,并且随着文明的发展逐渐传播到诸多国家和地区,对世界饮食结构和文化的形成产生了深远的影响。目前,随着人们生活水平的不断提高,对各种发酵食品的需求量越来越大,对质量的要求也越来越高。运用综合性的先进发酵技术,融合现代科技,提高功效,降低成本,不断提高产品的质量、产量和安全性,使发酵食品的种类不断扩大,开拓、生产新品种,具有极大的现实意义。

第 1 章

绪 论



1.1 食品发酵学概述

“发酵”通常是指碳水化合物和类似碳水化合物在厌氧或需氧条件下的分解,它主要是描述最终产品而不是生化反应的机理。例如,厌氧条件适宜于乳糖通过乳酸链球菌转化为乳酸,这是真正的发酵,是狭义的发酵;需氧条件适宜于酒精(乙醇)通过醋酸菌转化为醋酸,是广义的发酵,称之为氧化要比称之为发酵更加正确。然而一般惯用法往往无视这一区别,认为两种均为发酵。“食品发酵”泛指食品原料在微生物(包括本身的酶)的作用下,经过一系列生物、化学反应后转化为新的食品类型或饮料的过程。这种类型的食品总称为“发酵食品”。

1.1.1 发酵食品的种类及特点

1.1.1.1 根据所利用原料的种类分类

- 1) 谷物发酵制品:如面包、黄酒、白酒、啤酒、食醋等。
- 2) 发酵豆制品:如酱油、豆腐乳、纳豆、豆豉、丹贝等。
- 3) 发酵果蔬制品:如果酒、果醋、果蔬发酵饮料、泡菜、果汁发酵饮料等。
- 4) 发酵肉制品:如发酵香肠、发酵干火腿、培根等。
- 5) 发酵水产品:如鱼露、蟹酱、酶香鱼等。

1.1.1.2 根据所利用的主要微生物的种类分类

- 1) 酵母菌发酵食品:如面包、啤酒、葡萄酒及其他果酒、食醋、面酱、食用酵母等。
- 2) 霉菌发酵食品:如白酒、糖化酶、果胶酶、柠檬酸、豆豉、酱油等。
- 3) 细菌发酵食品:如谷氨酸、淀粉酶、豆腐乳、豆豉、酱油、黄原胶、味精等。
- 4) 酵母、霉菌混合发酵食品:如酒精、绍兴酒、日本清酒等。
- 5) 酵母、细菌混合发酵食品:如腌菜、奶酒、果醋等。
- 6) 酵母、霉菌及细菌混合发酵食品:如食醋、大曲酒、酱油及酱类发酵制品等。

1.1.1.3 按照传统发酵食品 and 现代发酵食品的概念分类

1) 传统发酵食品:如发酵面食、发酵米粉、醪糟、白酒、啤酒、酱油、面酱、豆豉、食醋、豆酱、泡菜、纳豆、丹贝、鱼露、发酵香肠等。

2) 现代发酵食品:如柠檬酸、苹果酸、醋酸、真菌多糖、细菌多糖、维生素 C、发酵饮料、微生物油脂、食用酵母、单细胞蛋白等。

1.1.2 发酵食品在食品工业的地位

发酵食品自古深受中国人民的喜爱,即使到了现代,将传统发酵食品融入到国人的饮食文化中也有着深厚的消费基础。据报道,北方有 70% 的面粉被发酵制成馒头。馒头是中国 60% 以上消费者的主食,占面制品消费总量的 30% 以上,每年消费量超过 1 200 万 t。食醋每年的消费量也非常大,恒顺醋业是中国醋业第 1 家上市企业,醋不仅在国内销量巨大,还大量出口国外,镇江香醋、醋胶囊等在日本的客户已超过 400 万。发酵大豆食品的消费量也在不断增加,以广合腐乳为代表的南方口味腐乳和以王致和为代表的北



方品牌腐乳领军中国腐乳市场,广合腐乳曾以年销售额 13 亿元的业绩成为全国腐乳销售冠军。另外,中国泡菜制品年人均需求量为 0.18 kg,产销量呈逐年上升趋势,年平均增长幅度都在 10% 以上,2010 年产销量已达到 180 万 t 以上,因此,中国泡菜的生产和销售远没达到饱和状态,还有广阔的市场空间。

传统发酵食品不但风味独特,还具有许多特殊的营养保健功能,现代研究也逐渐证实了很多发酵食品具有这一功能,这更将在一定程度上促进其消费量的增加。如豆瓣酱、甜米酒等富含苏氨酸等成分,可防止记忆力减退;谷物类发酵食品中含有很多生理活性成分,如功能性低聚糖、多肽及氨基酸、抗氧化活性物质、降胆固醇及降血压物质、益生菌及酶、B 族维生素和功能性脂类等;乳酸菌成分可以刺激免疫系统,增强机体的抵抗力,还具有调整肠道菌群平衡、增加肠蠕动、维持大便通畅和预防大肠癌的作用;传统发酵豆豉提取物可以增强肝或肾组织中超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)及谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的活性而在体内起到抗氧化的作用等。

1.2 食品发酵的历史与现状

1.2.1 传统发酵食品

几千年前,我国人民就知道采用豆类为原料来制造酱油、豆腐乳,用曲来酿酒、制醋。许多农副产品的深加工都是依靠发酵手段来完成的,如饮料中的茶叶、咖啡、可可的发酵,果酱、糖浆的制造等。传统发酵食品大多是以促进自然保护、防腐、延长食品保存期、拓展在不同食用季节的可食性为目的,最初起源于食品保藏,是保证食品安全性最古老的手段之一。后来,发酵技术经过不断地演变、分化,已成为一种独特的食品加工方法,用于满足人们对不同风味、口感,乃至营养、生理功能的要求。我国传统发酵食品历史悠久,多采用酵母菌、霉菌和细菌等多种微生物进行固态自然发酵(目前也有部分转向纯种发酵工艺),产品风味浓郁、丰厚、独特,多作为调料或配菜;西方国家多使用细菌、酵母菌中的一种或几种进行液态纯种发酵,便于使用现代生物技术提高生产效率,食品味感较清、纯,常加入水果混合料、各种香料或营养物质制成多种再造食品、功能食品,大部分直接食用;非洲国家,以谷物等为原料的传统发酵食品是当地非常重要的婴幼儿断奶食品和营养辅助食品。目前,我国传统发酵食品包括发酵谷类食品、发酵豆类食品、腌渍蔬菜食品以及发酵肉品、乳品和酒、茶类制品等,以下分别选取相应的代表性发酵食品就其历史渊源和发展进行介绍。

1.2.1.1 发酵谷类食品的历史与发展

谷物发酵制品包括馒头、甜面酱、米酒、米醋等,这些食品中富含苏氨酸等成分,可以防止记忆力减退。另外,醋的主要成分是多种氨基酸及矿物质,有降低血压、血糖及胆固醇的效果。此外,还有面包、包子、发面饼等谷物类发酵食品。

馒头是由中国人发明、发展的一类发酵面团汽蒸食品,具有鲜明的民族特色,是中国传统食品文化的宝贵遗产。关于馒头起源的记载最早见于宋代高承的《事物纪原·酒醴饮食·馒头》。馒头的起源最早与面团发酵技术相关联,西周时期的“飶食”就是一种酵面食品,这为馒头的产生提供了前提技术条件。秦汉后,“饼”这种面食开始增多,并在西

汉末期出现了“酒漉饼”、“面起饼”，这说明面团发酵技术的运用已经比较普遍。两宋年间，“酵面发面法”的出现，为类似现代的馒头面团发酵技术奠定了基础。至元代，馒头的制作方法基本上与现代相同了，当时人们已经会用碱和盐解决面团发酵产酸的问题。至明清，实心馒头已经推入市场。自从我国 1922 年引进了酵母的生产，尤其是 20 世纪 80 年代中期，把活性干酵母从国外引入中国市场，使人们开始用酵母发酵蒸制馒头，适合馒头等的工业化生产，从而大大提高了加工效率。

醋是一种以粮食为原料发酵的酸味液态调味品，有米醋、白醋、香醋、麸醋及酒醋等，以米醋和陈醋为最佳，著名的产品有山西老陈醋、镇江香醋和浙江玫瑰米醋等。醋散发着大米、麦子和各种谷物的清香，蕴含着大量的食物精华，日本《每日新闻》评论“醋是人类采用的最为古老的调味料之一”，它可在某种程度上代替盐和酱油。据日本研究，在很多料理中使用一点醋，就可以减少一半的食盐摄取量。中国食用醋已有 2 000 多年的历史，从夏商时代的酒醋综合作坊到春秋时候的民间家庭制醋，醋一直都以一种自给自足的状态存在，其品质和数量并没有得到迅速提高。直到明清时期，醋才逐渐摆脱了自给自足的束缚，酿醋才被视为一种可以获得生存的行当，第一次出现了专业的醋匠。经过几百年时间的不断总结和实践，发展到现在，醋已经不仅仅作为一种简单的调味品而存在，众多品牌的名醋在细化市场的基础上，制作出了调味醋、保健醋、果醋以及醋饮品等。

1.2.1.2 发酵豆类食品的历史与发展

豆类食品的营养成分十分丰富，通过微生物的发酵可以把不溶性高分子物质分解成可溶性的低分子化合物，不仅保留了大豆异黄酮和低聚糖等原有功能性物质，还产生了大豆原来没有的营养成分和生物活性物质，如维生素 B₁₂、核苷和核苷酸、活性肽和芳香族化合物等，使产品具有较高的营养价值，并具有抗血栓、预防动脉粥样硬化、降低血压、防止骨质疏松症等功效。豆类发酵食品包括豆瓣酱、酱油、豆豉、腐乳等。

豆豉起源于中国汉朝前，在国内外传播演变又产生了许多不同的品种。最早见于《史记》中“曲蘖盐豉千瓦”的记载，从《汉书·食货志》中可知在汉初豆豉生产就已十分发达。豆豉的制作方法，最早见于公元 2 世纪西晋张华《博物志》作豉法。唐朝时随着佛教的传播，豆豉的制作技术先后流传到朝鲜、日本、菲律宾和印度尼西亚等东南亚国家，并逐渐演变成了具有当地特色的发酵大豆制品，如纳豆和天培等。现代研究表明，豆豉中含有多种人体必需的氨基酸、麸酸钠等，能使很多种菜肴增加美味。此外，它含有大量能溶解血栓的尿激酶，还富含一些能产生大量 B 族维生素和抗生素的人体益生菌等。经常食用可以帮助消化，具有延缓衰老、增强脑力、降低血压和预防脑血栓形成等功效。

豆酱自古以来就药食两用，它起源于 3 000 多年前的周朝，孔子曰“不得其酱不食”，可见酱在当时人们日常饮食生活中具有的重要地位。现代研究结果显示，豆酱具有抑制胆固醇、抗肿瘤、降血压、除去放射性物质、防止胃溃疡、抗氧化作用（抑制过氧化物的生成）等生理功能。

酱油也有 2 000 多年的历史，东汉时期已有记载，唐朝时期酱油已成为百姓日常生活中重要的调味品，正式出现“酱油”名称是在公元 12 世纪的宋朝。我国具有几千年的酱油生产发展历史，经历了从天然发酵到工业化生产的发展过程。在 20 世纪 30 年代之前，酱油基本上是天然发酵的产物，其特点是以手工操作、作坊生产为主；30 年代以后逐步对旧式酿造方法进行改造，引进一些新方法，比如用纯种曲霉代替天然制曲，解决了天然制



曲质量不稳定的问题;50年代酱油酿造微生物采用了一种新型的菌种(中科 AS3.863 米曲霉),在生产上起到了良好的作用;随后上海市酿造科学研究所 60 年代培育了性能更高的优良菌种,很快在全国范围内推广。

1.2.1.3 腌渍蔬菜食品的历史和发展

腌渍蔬菜是以蔬菜为原料利用有益微生物活动的生成物及控制一定生产条件对蔬菜进行保藏的一种方式,是以蔬菜、加工用水及容器用具所带微生物的发酵来完成整个生产过程的食品。中国腌渍菜起源于 3 100 年前的商周时期。北魏贾思勰的《齐民要术》中专门记录了 29 种腌菜的方法。公元 753 年,唐高僧鉴真和尚第 6 次东渡日本成功,把我国的腌渍菜制作方法传入日本,现代日本家喻户晓的奈良渍即为鉴真所传。至清朝,腌渍菜的品种已非常丰富,如浙江的五香大头菜、四川宜宾的芽菜、重庆涪陵的榨菜等已形成独具风格的佐餐腌渍制品。《纽约时报》曾发表《泡菜:始于中国》的文章,16 世纪腌制白菜的思想传到德国,德国的移民者又将其带到美国的宾夕法尼亚州,腌渍菜在世界范围内受到了人们的青睐。我国北方的腌渍酸菜具有开胃理气的作用,同时对于各种心血管疾病、缺铁性贫血、免疫力低下和肠道疾病等具有一定的预防效果。随着人民生活水平的提高,居住环境美化,工作节奏加快,家务劳动社会化程度提高,酸白菜生产由家庭式向工厂化过渡,各地相继建立起大规模的酸白菜生产企业。如长春、沈阳、阜新、大连等地的酸白菜腌制企业,已进入现代化管理、工厂化生产的新阶段,产品已逐渐取代家庭式生产的酸白菜。

1.2.2 现代发酵食品

随着科技的发展,现代生物技术在发酵食品的生产中得到了发展和应用。生物技术可分为传统生物技术和现代生物技术。传统生物技术指已有的制造酱、醋、酒、面包、奶酪及其他食品的传统工艺;而现代生物技术是指以现代生物研究成果为基础,以基因工程为核心的新兴学科,主要包括基因工程、细胞工程、酶工程、发酵工程和生化工程等。

1.2.2.1 现代发酵生产氨基酸、酶制剂等工业的发展

20 世纪 60 年代后期发酵法生产味精技术的成功,带动了我国整个氨基酸产业的研究开发。目前,我国已经成为氨基酸生产和消费大国,以谷氨酸、赖氨酸和蛋氨酸为主,年消费量约 140 万 t。如 L-赖氨酸是人体必需的氨基酸之一,是世界上仅次于味精的第二大氨基酸品种。近年来,赖氨酸市场竞争日趋激烈,韩国希杰、日本味之素和中国大成生化三分天下,在产量上,2010 年大成生化 60 万 t/a 产能,超过 30% 的市场份额。

此外,以发酵法生产柠檬酸为代表的有机酸工业,以微生物深层发酵法生产淀粉酶类为代表的酶制剂工业,以酶法生产葡萄糖、果葡糖为代表的淀粉糖工业,其他如酶法水解酵母蛋白生产的酵母调味液,酶法生产甘油酯等工业的发展均较为迅速。如 2006 年我国酶制剂总产量约 53 万 t,作为食品添加剂的酶制剂品种已有 26 种。目前,我国酶制剂已广泛应用于食品、制药、有机酸、淀粉糖、纺织、皮革、洗涤剂及保健品等很多领域,并且应用领域不断扩大,应用技术水平不断提高。啤酒工业发展迅速,我国啤酒总产量已跃居世界第 1 位,截止 2008 年,已连续七年成为世界上最大的啤酒生产国和消费国,2009 年上半年中国啤酒产量 2 051.29 万 t,同比增长 6%;2011 年前 2 个月,中国啤酒总产量

为 555.56 万 t, 同比增长 7.91%。淀粉糖行业发展迅速, 产量成倍增长, 品种层出不穷, 到 2006 年已超过 500 万 t。新型酶制剂已应用到针剂葡萄糖、液体葡萄糖浆、高麦芽糖浆、果葡糖浆以及各种低聚糖的生产中; 淀粉糖替代蔗糖已应用在糖果、食品、啤酒和饮料生产上; 功能性低聚糖已被人们所接受, 淀粉糖对酶制剂的品种和质量提出了更高的要求。

1.2.2.2 现代发酵生产单细胞蛋白产业的发展

20 世纪 70 年代以石油为原料生产单细胞蛋白, 使发酵工程从单一依靠碳水化合物(淀粉)向非碳水化合物过渡, 从单纯依靠农产品发展到利用矿产资源(如天然气、烷烃等)原料的开发。单细胞蛋白亦称微生物蛋白, 缩写为 SCP, 主要是从酵母菌、细菌、放线菌、霉菌、微型藻等单细胞生物和具有简单结构的多细胞生物中所提取的蛋白质。微生物菌体的蛋白质含量很高, 以干质量计, 大部分可达 42%~75%, 其含有人体 8 种必需氨基酸, 接近国际粮农组织(FAO)理想模式, 因此具有较高的生物效价。目前, 人们公认 SCP 是最具前景的蛋白质新资源之一, 至 20 世纪 80 年代中期, 全世界的 SCP 年产量已达 200 万 t, 对解决世界蛋白质资源不足问题有重要作用。

生产 SCP, 一方面可以利用各种废弃物、废液、废渣作为原料, 从而降低环境污染; 另一方面, 可以获得大量的蛋白质、维生素等营养物质, 用作动物饲料和食品, 从而缓解食物危机。SCP 作为饲料蛋白, 已被世界广泛应用。例如用假丝酵母及产朊酵母作为菌种, 利用亚硫酸废液或石油生产酵母菌体, 可用于牲畜饲料, 喂养家禽、家畜, 效果好、生长快, 奶牛产奶多, 鸡产蛋率增高, 并能增强机体免疫力。此外, 以酵母菌和假丝酵母菌生产的 SCP, 特别是由农副产物原料生产的酵母菌和假丝酵母及最近美国用乙醇为原料生产的 SCP, 可直接用作人类食品, 也可作为食品工业的重要蛋白质来源。由于 SCP 氨基酸组成齐全, 因此, 常被作为营养强化剂添加到食品中, 用以提高各类产品的蛋白质生理价值。同时, 酵母蛋白具有黏性和凝胶性、起泡性、水合性、成纤性和组织成型性等功能特性, 除可作为食品直接食用外, 还可广泛应用于食品加工中。

1.2.2.3 基因工程在发酵食品中的应用

20 世纪 80 年代初基因工程的发展, 使人们按需要设计、培育各种工程菌成为可能。在大大提高发酵工程产品质量的同时, 节约能源, 降低成本, 使发酵技术实现新的革命。从目的基因的分离、基因工程载体的构建、细胞的基因转化、转化细胞的组织培养和植株再生到外源基因表达、检测手段等都已形成相当成熟的技术, 被广泛应用于实际生产加工之中。例如, 乳制品发酵工艺相对成熟, 但存在的主要问题是由于菌种的遗传不稳定而引起的产品质量的劣变现象。因此, 根据乳制品发酵菌株遗传不稳定的分子本质, 应用基因重组技术, 把参与乳制品发酵作用的重要质粒基因, 整合到菌株的染色体基因组上, 染色体基因组作为遗传物质可稳定遗传, 发生质粒丢失的可能性很小, 便能够培养出性能稳定的工程菌株, 应用此基因工程菌株可较好地保证发酵产品的品质。又如目前工业上广泛应用的产双乙酰能力强的菌株就是 α -乙酰乳酸脱羧酶(ALD)缺陷型菌株, 但它对噬菌体较敏感, 一旦噬菌体浸染发生, 没有菌株可以替换它。这才促使人们利用基因工程技术去获得 ALD 缺陷型菌株。

1.2.2.4 代谢工程在发酵食品中的应用

20 世纪末代谢工程的异军突起, 正是因为现代发酵技术从工程学方面分析与基因工

程操作方面的综合,成功地实现互补。如乳酸菌在发酵工程中能形成乳酸,使食品基质迅速酸化,从而提高食品的保存性能。除乳酸外,乳酸菌还能产生其他多种代谢产物,它们赋予发酵食品特有的风味、质地和营养价值。但是由于乳酸菌属兼性厌氧菌或厌氧菌,其生物合成和代谢能力有限,所以乳酸菌代谢产物的产量一般都比较低。通过对乳酸菌丙酮酸代谢途径中某些关键酶基因进行敲除或过量表达,可以使乳酸菌大量地产生双乙酰或 *L*-丙氨酸;在乳球菌中过量地表达叶酸或核黄素生物合成的关键酶,可以促进这两种 B 族维生素的生物合成;对乳酸菌胞外多糖生物合成途径中的限制性步骤进行调控,可以有效地提高胞外多糖的产量。

1.3 食品发酵的发展趋势

1.3.1 传统发酵食品的工程化

我国传统食品以其巨大的潜在价值正日益引起世界各国食品科学家、食品工程师、食品工业界和健康组织的广泛关注。我国传统发酵食品市场前景广阔,发展潜力巨大,但总体工业化程度不高,目前只有酱油、醋、酸奶等少数产品实现了高度工业化,还有很大一部分传统发酵食品的加工手段比较原始或工业化程度很低,如腐乳、豆豉、酱菜等。

在我国传统发酵食品企业中,有的企业因循守旧,生产工艺落后,对传统酿造工艺中的一些不利因素不去革新;有的企业在工艺革新过程中盲目追求效率和效益,而失去产品的传统特色,这种工艺革新的滞后严重制约了我国传统发酵食品产业的发展。目前,大多数企业的生产以传统的天然发酵工艺为主,生产过程和质量控制主要依靠技术人员的经验加以判断,产品质量受外界因素(温度、湿度、pH 值等)的影响非常明显,使得同一产品不同批次的品质、风味差异较大,难以实现标准化。此外,人们对发酵过程的生化背景知识缺乏,导致许多传统发酵食品存在安全性问题。因此,今后要进一步了解传统发酵食品的微生物和生化背景,明确传统发酵食品的营养价值和功能性,引入高新技术改造传统发酵食品工业,实现传统发酵食品的工程化,运用现代科技手段保证其安全性,为人们提供既营养美味,又安全可靠的发酵食品。

1.3.2 现代生物工程技术的应用

现代生物工程包括基因工程、细胞工程、发酵工程和酶工程,其中发酵工程占有非常重要的位置,是基因工程、细胞工程研究成果的实际应用。只有通过发酵工程技术,才能使基因工程或细胞工程获得的某种所需性状的目的菌株实现工业化生产,获得生产效益和经济效益。现代发酵工程即采用现代发酵设备,使经优化的细胞或经现代技术改造的菌株进行放大培养和控制性发酵,工业化生产预定的食品或食品的功能性成分。主要包括微生物资源开发利用、微生物菌种选育和培养、固定化细胞技术、生物反应器设计、发酵条件的利用及自动化控制和产品的分类提纯等技术。目前,现代发酵工程技术已作为一种新兴的工业体系发展起来,并深入到食品加工与生产等各个方面。

1.3.2.1 改造传统发酵食品加工工艺

1) 最典型的是使用双酶法糖化发酵工艺取代传统的酸法水解工艺,可提高原料利用

率,已经广泛应用于味精的生产。

2)利用微生物发酵生产食品添加剂,如维生素 C、维生素 B₁₂及维生素 B₂,甜味剂,增香剂和色素等产品,可有效解决从植物中提取成本高、来源有限、化学合成率较低、周期长的缺点。因此,发酵工程生产的天然色素、天然新型香味剂,正逐步取代人工合成的色素和香精,这也是现代食品添加剂研究的重要方向之一。

3)氨基酸生产过去都采用动植物蛋白提取和化学合成法生产,而采用基因工程和细胞融合技术生成的“工程菌”进行发酵,其生产成本下降、污染减少,产量可成倍增加。

4)我国一直沿用混合菌株传统酿造发酵技术(霉菌、酵母菌、细菌多菌株自然接种混合发酵),产品具有特殊香型风味——酒香、酱香、醋香。近年来已分离出己酸菌和甲烷菌,并发现了它们在酿酒香型风味中的作用。利用现代发酵工程技术改革旧工艺,也已取得明显效果,例如在传统酿酒工艺过程中,构建由己酸菌和甲烷菌组成的“人工老窖”,大大提高了产品的产量和成品味感;啤酒生产中在生物反应器中把酵母吸附于不动载体上,缓缓流入麦芽汁,啤酒的发酵时间缩短到 1 d,甚至 90 min,而生物反应器中的酵母菌连续发酵 3 个月活力不降低,为制造“生物啤酒”开创了新途径。

1.3.2.2 微生物蛋白的开发

随着全世界人口总数的不断增加,可耕地面积日益减少,粮食及其他食品的需求问题日益严峻,而微生物工程正是为人类提供食品、改善营养的重要途径之一。微生物发酵生产的蛋白质,有的可直接供人食用,有的可做家畜、家禽饲料,增加市场的肉食供应。设计研发的分泌蛋白质的微生物,由“工程菌”(大肠杆菌和酵母菌)发酵生产高营养强化蛋氨酸的大豆球朊和鸡卵清蛋白,不再受动植物来源限制和季节气候的影响,单靠微生物就能高效快速地生产出动植物的纯蛋白。

1.3.2.3 新糖原的开发

微生物发酵生产的新型强力甜味剂甜度高、热量低,能够满足肥胖症、肝肾疾患者以及糖尿病人的低糖食品要求。如阿斯巴甜(天门冬酰苯丙氨酸甲酯)甜味是砂糖的 2 400 倍,糖精的 12 倍。

1.3.2.4 功能性成分的开发

1)天然药用真菌可通过发酵途径实行工业化生产,如灵芝、冬虫夏草菌发酵培养均取得了成果。河北省科学院微生物研究所等筛选出繁殖快、生物量高的优良灵芝菌株,应用于深层液体发酵研究取得成果,建立了一整套发酵和提取新工艺,为研制功能性食品提供了更为广阔的药材原料源。人工发酵培养冬虫夏草菌已在多家研究所试验,研究了产品的化学成分和药理等方面内容,与天然冬虫夏草类同,产品在临床应用中,对高血脂症、性功能障碍、慢性支气管炎等均有疗效。

2)微生态制剂的研发。许多微生物菌体本身可作为保健食品的功能性配料或添加剂,如乳酸菌(乳杆菌属、双歧杆菌属、链球菌属等)、醋酸菌等,其中双歧杆菌作为微生态调节剂在保健食品中的应用最为广泛,主要的生理功能是抑制和杀死肠道病原菌,从而改善肠道的微生态环境;阻断肠道内致癌物质的生成,具有抗肿瘤特性的胞外多糖,能提高巨噬细胞的吞噬能力,增强机体免疫力和抗病能力。

3)现在世界上利用发酵法或酶法制造的功能性保健食品还有低聚糖、糖醇、EPA、



DHA、 α -亚麻酸、有机微量元素、超氧化物歧化酶(SOD)等;利用酶技术将蛋白质分解为多肽和氨基酸,可作为功能食品或营养强化食品的原料;利用乳糖酶水解乳糖,加工出低乳糖食品作为乳糖不耐症者的保健饮品等。

1.3.2.5 微生物油脂的开发

在许多的微生物中都含有油脂,低的含油率为2%~3%,高的达60%~70%,且大多数微生物油脂富含多不饱和脂肪酸,有益于身体健康。当前,利用低等丝状真菌发酵生产多不饱和脂肪酸已成为国际发展的趋势。

1.3.2.6 其他食品添加剂

微生物发酵生产的柠檬酸、乳酸、苹果酸等多种有机酸,是饮料中不可缺少的酸味剂。近年来,国内外发现一种不饱和脂肪酸—— α -亚麻酸,具有防癌、防病毒感染、防皮肤老化等功效,是理想的保健品、化妆品添加剂。 α -亚麻酸过去从月见草种子中榨取,现代发酵工程由毛霉等真菌发酵生产,成本降低。另外,发酵工程生产的天然色素、天然新型香味剂,正在逐步取代人工合成的色素和香精,这也是现今食品添加剂研究的一个方向。

思考题

1. 什么是发酵食品?
2. 现代生物工程技术如何促进发酵食品工业的发展?

酒是世界各国人民共同的宝贵财富。不少民族把酒作为“生命之水”推崇备至。中国是世界上酿酒最早的国家之一,历史悠久,源远流长,对世界酿酒技术的发展作出了巨大的、特殊的贡献。

中国的酒类品种繁多,有历史悠久的传统酒类,如黄酒、白酒、药酒等,尤其是被誉为国粹的名白酒,品质优异、风格独特;也有外来酒种,如啤酒、白兰地、威士忌等。

第 2 章

谷物发酵制品——酿酒