

Food

A Series of Food Science
& Technology Textbooks

食品科技
系列

普通高等教育“十二五”规划教材

传统发酵食品 工艺学

韩春然 主 编
李志江 林宇红 副主编
马永强 主 审



化学工业出版社

Food

普通高等教育“十二五”规划教材

传统发酵食品 工艺学

韩春然 主 编
李志江 林宇红 副主编
马永强 主 审



化学工业出版社

·北京·

本书根据多年发酵食品的教学、科研实践编写而成。全书共分六章，主要介绍了传统发酵豆制品、传统发酵粮食食品、传统发酵畜产食品、传统发酵蔬菜食品 and 传统发酵水产食品的生产原理、生产工艺及工艺控制。以中国传统发酵食品为主，同时对国外主要发酵食品进行了简单介绍。

本书适合大专院校食品类有关专业作为教材使用，也适合相关企业的科研人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

传统发酵食品工艺学/韩春然主编. —北京: 化学工业出版社, 2010.6

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-08235-0

I. 传… II. 韩… III. 发酵食品-生产工艺-高等学校-教材 IV. TS26

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 068850 号

责任编辑: 赵玉清

文字编辑: 刘志茹

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: 北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 12 字数 234 千字 2010 年 7 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: 25.00 元

版权所有 违者必究

前 言

食物发酵是早期人类在漫长的生产、生活过程中，在食物贮藏、加工方面发现、发明的一类借助天然微生物的发酵作用进行食品贮藏、加工的方法。在所涉及的食物类别方面，包括了乳、肉、鱼、虾、蔬菜、谷物、豆类等，种类十分丰富。从地域上看，几乎涵盖了世界上人类居住的所有地区。由这样的贮藏、加工方法就产生了一类具有不同的风味特色、极具地域性和民族性的食品，亦即传统发酵食品。今天，经过前人千百年来不断的总结和发展，在生产技术和微生物培育方面均取得了较大的进步，尤其是微生物遗传育种学和发酵工程技术的发展，为传统发酵食品的生产 and 研究提供了强有力的支持。现代营养学和生物化学的研究更是提示我们，传统发酵食品不但因其独特的色、香、味而备受广大消费者的喜爱，而且还含有很多对人体健康有益的功能成分，如纳豆激酶、乳酸链球菌素等。所以，对传统发酵食品进行研究和开发，不但可以丰富人民生活，而且对于提高人民健康水平具有重要意义。

本书是在多年教学与科研的基础上编写而成。对不同种类的传统发酵食品的生产原料、菌种、工艺和质量控制过程，以及不同地区相似发酵制品的总结与对比进行了较为详尽的叙述。其中主要介绍了传统发酵食品的微生物、传统发酵豆制品、传统发酵粮食食品、传统发酵畜产食品、传统发酵蔬菜食品 and 传统发酵水产食品等内容。在重点介绍我国的传统发酵食品的同时，还对主要的国外发酵食品进行了介绍。

本书分为六章。黑龙江八一农垦大学李志江编写第一章，黑龙江八一农垦大学左锋、李志江编写第二章，黑龙江生物科技职业学院林宇红、哈尔滨学院方蕾编写第三章，黑龙江东方学院那治国编写第四章，哈尔滨商业大学韩春然编写第五章，黑龙江生物科技职业学院魏为民、哈尔滨学院方蕾编写第六章。

由于编者水平有限，书中对传统发酵食品的描述可能不尽全面、准确，难免有不足之处，敬请读者批评指正。

本书的出版得到黑龙江省科技厅攻关项目“功能性传统食品的开发与研究(GA07B401-2)”的资助，特此感谢！

编者

2010年3月

目 录

第一章 绪论	1	第三章 传统发酵粮食食品	59
一、传统发酵食品的概念	1	第一节 食醋生产技术	59
二、传统发酵食品中的微生物	1	一、食醋生产的原料	59
三、传统发酵食品的发展历史	3	二、食醋生产常用的微生物	60
四、传统发酵食品的发展现状	3	三、食醋生产的糖化剂与发酵剂	62
五、传统发酵食品的发展趋势	4	四、固态法制醋工艺	65
第二章 传统发酵豆制品	6	五、现代固态发酵工艺改进	69
第一节 酱油生产技术	6	六、酶法液化通风回流制醋	70
一、酱油生产概述	6	七、液态发酵法制醋工艺	71
二、原料处理	12	八、生料制醋	75
三、制曲	17	第二节 黄酒生产技术	76
四、发酵	21	一、黄酒生产的主要原料	77
五、酱油的浸出(淋油)和配制	26	二、黄酒生产的主要微生物	77
六、酱油的现代工艺与改进	27	三、黄酒生产糖化发酵剂的生产	78
第二节 豆酱生产技术	28	四、黄酒的生产形式	79
一、豆酱的原料	28	五、黄酒生产的主要工艺操作	81
二、豆酱生产中常见微生物	28	第三节 甜酒酿生产技术	82
三、传统豆酱生产工艺	30	一、甜酒酿生产的原料	83
四、豆酱生产的现代工艺	33	二、甜酒酿生产工艺	86
五、酶法豆酱生产工艺	36	第四节 大曲酒生产技术	87
第三节 腐乳生产技术	37	一、大曲的生产	88
一、腐乳的种类	37	二、续渣法大曲酒的生产工艺	90
二、腐乳生产的微生物	39	三、清渣法大曲酒生产工艺	93
三、腐乳的生产工艺	40	第五节 小曲酒生产技术	96
四、腐乳的现代工艺与改进	47	一、小曲的生产	96
第四节 豆豉生产技术	48	二、先培菌糖化后发酵小曲酒生产	
一、豆豉的分类	48	工艺	98
二、豆豉生产工艺	49	三、边糖化边发酵小曲酒生产工艺	99
第五节 国外著名发酵豆制品	53	参考文献	100
一、纳豆	53	第四章 传统发酵畜产食品	101
二、丹贝	54	第一节 风干肠生产技术	101
三、味噌	56	一、风干肠发酵中的微生物	101
参考文献	57	二、风干肠生产的原辅料	104
		三、风干肠的加工	106

四、风干肠在发酵成熟过程中的变化	108	二、酸黄瓜	161
第二节 酸乳生产技术	111	三、酸辣椒	162
一、概述	112	四、酸橄榄	163
二、酸乳发酵剂	115	第五节 蔬菜发酵中亚硝酸盐的产生及预防	163
三、酸乳的加工工艺	117	一、蔬菜中的硝酸盐和亚硝酸盐	164
第三节 干酪的生产技术	121	二、亚硝酸盐生成的原因	164
一、概述	121	三、影响发酵蔬菜中亚硝酸盐生成的因素	165
二、天然干酪的加工工艺	124	四、降低发酵蔬菜中亚硝酸盐含量的措施	166
三、融化干酪的加工工艺	128	参考文献	167
四、干酪生产工艺的改进	129	第六章 传统发酵水产食品	168
第四节 开菲尔和马奶酒生产技术	130	第一节 鱼露的生产技术	168
一、开菲尔生产技术	130	一、鱼露概述	168
二、马奶酒生产技术	135	二、鱼露的生产工艺	169
参考文献	139	三、鱼露的品质说明	174
第五章 传统发酵蔬菜食品	140	第二节 虾酱生产技术	175
第一节 蔬菜发酵概述	140	一、虾酱概述	175
一、蔬菜发酵中的微生物	140	二、虾酱的生产工艺	175
二、蔬菜发酵的四个阶段	143	三、虾酱风味物质的形成	177
三、发酵的生物化学	143	第三节 蟹酱的生产技术	178
第二节 酸菜	145	一、蟹酱概述	178
一、原料	145	二、蟹酱的生产工艺	178
二、生产工艺	145	第四节 虾油的生产技术	179
三、酸菜发酵中的微生物学	146	一、虾油概述	179
四、酸菜腐败的类型	147	二、虾油的生产工艺	180
五、其他酸菜的生产	148	三、虾油的风味	181
六、传统酸菜的工业化	149	第五节 海胆酱的生产技术	181
第三节 泡菜	149	一、海胆酱概述	181
一、主要材料	150	二、海胆酱的生产工艺	182
二、生产工艺	152	第六节 酶香鱼的生产技术	183
三、四川泡菜的发酵	154	一、酶香鱼概述	183
四、四川泡菜的管理	154	二、酶香鱼的生产工艺	183
五、韩国泡菜 (Kimchi)	155	三、成品质量	185
六、四川泡菜与韩国泡菜的比较	157	参考文献	185
七、泡菜的工艺现代化	158		
第四节 其他发酵蔬菜	158		
一、梅干菜	158		

第一章 绪 论

酱油、食醋、豆酱、豆豉、腐乳、风干肠及酸泡菜等为我国传统发酵食品，是我国宝贵民族遗产之一。我国劳动人民在长期的生产实践中积累了丰富的经验，形成了各种独特发酵工艺，从客观上适应了微生物的生长、变化规律，生产出了各种色、香、味、形俱佳的发酵食品。

一、传统发酵食品的概念

利用微生物的作用而制得的食物都可以称为发酵食品，发酵食品是食品原料经微生物作用所产生的一系列特定的酶所催化的生物、化学反应总和的代谢活动的产物。这些反应既包括生物合成作用，也包括原料的降解作用，以及推动生物合成过程所必需的各种化学反应。原料中的不溶性高分子物质被分解为可溶性低分子化合物，不但提高了产品的生物有效性，而且由于这些分解物的相互组合，多级转化和微生物的自溶，形成了种类繁多的呈味、生香和营养物质，从而形成了一类色、香、味、形等诸项调和的特殊食品。而传统发酵食品是采用传统发酵工艺、利用天然微生物发酵而获得的食物。

二、传统发酵食品中的微生物

自然界中存在着种类繁多的微生物，它们分布广泛，繁殖迅速。传统发酵食品就是利用这些源于自然界的微生物生产而成的，这种自然发酵一般属于多菌种发酵，有多种微生物参与，在微生物之间还必须保持一种相对的生态平衡，这些微生物不但赋予发酵食品特有的香气、质地、色泽和口感，还使发酵食品具有丰富的营养价值和保健价值，如在微生物及其分泌的酶的作用下，大分子物质会被降解为易被直接利用的低分子物质，这些低分子物质主要包括醇类、有机酸、酯类、氨基酸、脂肪酸、芳香族化合物等，形成了传统发酵食品特有的风格。发酵食品中的微生物主要有细菌、霉菌和酵母菌。

1. 发酵食品中的细菌

细菌在自然界分布很广，特性各异，在传统发酵制品的生产中应用广泛。利用细菌发酵的食品有醋、乳制品（酸奶、奶酪、酸奶油、开菲尔等）、风干肠、腐乳、纳豆、发酵蔬菜和发酵鱼制品，另外，在俄罗斯的传统发酵饮料——格瓦

斯中也有乳酸菌的作用。

发酵食品中涉及的细菌包括醋酸杆菌、乳酸菌、小球菌、芽孢杆菌和耐盐细菌，其中醋酸杆菌是食醋生产的主要菌株，而乳酸菌发酵乳制品、风干肠和发酵蔬菜及格瓦斯中都是重要的菌种。

用于食醋生产的菌种包括纹膜醋酸菌 (*Acterbacter aceti*)、许氏醋酸菌 (*Acterbacter schutzenbachii*)、中科 AS1.41 醋酸菌 (*Acterbacter rancens*)、沪酿 1.01 醋酸菌 (*Acterbacter rancens*)、醋化醋杆菌 (*Acetobacter aceti*) 及恶臭醋酸菌 (*Acetobacter rancens*)。发酵乳制品食品中常见的乳酸菌包括嗜酸乳杆菌 (*Lactobacillus acidophilus*)、乳酸乳杆菌 (*Lactobacillus lactis*)、干酪乳杆菌 (*Lactobacillus casei*)、保加利亚乳杆菌 (*Lactobacillus bulgaricus*)、乳酸乳球菌、嗜热链球菌等，发酵蔬菜制品常见的乳酸菌包括肠膜明串珠菌、啤酒片球菌、短乳杆菌和植物乳杆菌，风干肠中常见的乳酸菌包括乳杆菌和片球菌。

2. 发酵食品中的霉菌

霉菌是真菌的一部分，在自然界分布极为广泛，已知种类在 5000 种以上。利用霉菌生产的食品包括发酵豆制品（腐乳、豆豉、酱、酱油、丹贝、日本豆酱）和酒类（大曲酒、小曲酒、黄酒）。发酵食品中常用的为毛霉属（腐乳毛霉、鲁氏毛霉）、曲霉属（米曲霉、黑曲霉）和根霉属（华根霉、少孢根霉）。

3. 酵母菌

酵母菌广泛分布于自然界中，已知种类约几百种，它是生产中应用较早和较为重要的一类微生物，主要用于面制品发酵（中国的馒头等发酵面制品，国外的面包等发酵面制品）和酿酒（啤酒、果酒、白酒）中。常用酵母种类有啤酒酵母、球拟酵母、面包酵母、上面酵母和下面酵母。

本书中涉及的常见传统发酵食品及主要微生物见表 1-1。

表 1-1 常见传统发酵食品及主要微生物

产品名称	原产地	涉及的主要微生物	产品名称	原产地	涉及的主要微生物
酱油	中国	米曲霉、黑曲霉、酵母菌	小曲酒	中国	小曲(霉菌、酵母菌、细菌)
豆酱	中国	米曲霉、酵母菌	格瓦斯	俄罗斯	酵母菌、乳酸菌
腐乳	中国	毛霉、根霉、细菌	风干肠	中国	乳酸菌
豆豉	中国	霉菌、细菌	酸乳	欧洲	乳酸菌
纳豆	日本	细菌	奶酪	欧洲	乳酸菌
丹贝	印尼	根霉	牛奶酒	俄罗斯	乳酸菌、酵母菌
日本豆酱	日本	米曲霉、酵母菌、乳酸菌	马奶酒	中国	乳酸菌、酵母菌
醋	中国	醋酸杆菌	酸菜	中国	乳酸菌
黄酒	中国	毛霉、根霉、酵母	泡菜	中国	乳酸菌
甜酒	中国	曲霉、酵母	鱼露	中国	乳酸菌、耐盐细菌
大曲酒	中国	大曲(霉菌、酵母菌、细菌)	虾酱	中国	耐盐细菌

三、传统发酵食品的发展历史

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,以及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,后来,发酵技术经过不断演变、分化,成为一种独特的食品加工方法。我国发酵食品历史悠久,我们的祖先数千年前就在实践中就地取材,因地制宜,根据当时条件对粮食、谷物、豆类、蔬菜及肉类进行发酵,发明了酿酒、制醋、制酱、腌制蔬菜、制作风干肠等多种发酵工艺。公元前14世纪,《书经》中有:“若作酒醴,尔惟曲蘖。”意思是说要酿酒和醴,必须用曲和蘖。“醴”是一种味薄的甜酒,“蘖”是谷芽,说明我们的祖先那时就已使用曲和蘖了。制曲酿酒是我国人民所发明的一种独特的酿酒方法,这种方法直到19世纪末才传入欧洲。中国是世界上最早用谷物酿醋的国家,公元前1058年,周公所著的《周礼》中就有了酿醋的文字记载。酱的出现大约在周朝。后来这些发酵方法逐渐传到日本、朝鲜、东南亚和世界各地。

四、传统发酵食品的发展现状

我国是白酒生产和消费大国,我国白酒产量自1987年以来,年年攀升,1996年达到高峰。我国酿造调味品的产量超过1000万吨,酱油年产量在500万吨左右,食醋总产量在250万吨左右,酱类在95万吨左右,酱腌菜约250万吨。

酱油的生产占调味品生产之首,广东省是酱油生产大省,年产量为50万吨左右,占全国酱油总产量的1/10。我国高档酱油的生产工艺主要分两个生产区域,一是以广东省酱油企业为代表的天然酿制生产群,另外是以河北和北京酱油生产企业为代表的采用日本高盐稀态发酵工艺的生产群。其他高盐稀态工艺都是具有地方特色的传统工艺,产量普遍较小,年产量在2000~1万吨之间,主要有温州、湖南湘潭、四川成都、重庆、宁波等地,所有这些企业的高档酱油总量不超过全国总产量的1/10。中国目前90%消费者还是以食用低盐固态发酵工艺生产的中、低档酱油为主,每个区域都有一个主导的产品。酱油的生产集中度还是比较低。

食醋年产量在250万吨左右,并以每年约以7%的速度增长。但产业规模相对较小,产业集中度较低。2006年,前10名食醋制造企业生产总量仅占全国总产量的11.5%。食醋行业具有明显的地域分布特点,主要集中在山西、江苏、山东等地,如江苏恒顺醋业、山西东湖老陈醋、四川保宁醋、山西水塔老陈醋、天津天立独流老醋和北京王致和醋等。

豆豉、腐乳、豆酱等工业化步伐都比较缓慢,通过引入现代加工技术促进了一批企业的发展,如以广合腐乳为代表的南方腐乳和以王致和为代表的北方品牌腐乳近年来发展迅猛,积极开拓市场,取得很大发展。

我国泡菜人均需求量为0.8kg,总产量达110万吨,产销量呈逐年上升趋势

势, 年均增长幅度 10% 以上。2007 年, 四川泡菜销售收入已经达到 20 亿人民币, 但与日韩等腌制菜发达国家相比, 还存在很大差距。日韩两国在国际市场上的贸易额占到 95%。我国泡菜企业以中小型为主, 产业化开发滞后, 使得我国许多泡菜作坊普遍存在劳动强度大, 效率低, 污染严重, 质量不稳定, 品牌意识不强等问题。

传统发酵食品市场前景广阔, 发展潜力巨大, 但我国传统发酵食品总体工业化程度不高, 大多数传统发酵食品企业规模小、技术管理落后, 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, 没有足够的竞争力进军国际市场, 在国内市场竞争中也不占优势。

五、传统发酵食品的发展趋势

我国传统发酵食品种类繁多, 品种各异, 在人们饮食中占有重要地位, 是祖先留给我们的宝贵遗产, 将传统发酵工艺与现代生物技术、现代生产方式相结合, 对其进行适当改进, 提高生产效率, 稳定产品质量, 将会使古老的发酵技术焕发新的生命活力, 继续造福人类。

1. 菌种纯化

应用现代生物技术分离、选育、改良发酵菌株, 人为控制菌种比例和添加量, 进行纯种发酵, 既可以提高发酵效率, 又能稳定产品质量。如欧美等国家率先使用的纯种发酵乳制品以及发酵肉制品, 即先将这类发酵制品中的微生物进行分离、鉴定, 然后制成发酵剂应用到产品中, 做到了直接添加使用, 人为控制菌种的添加量, 特别有利于工业化生产。目前, 部分酸菜的生产也做到了人工接种、纯种发酵。酱油、醋、腐乳、豆酱的生产也都部分使用了纯种发酵, 但是由于我国传统发酵食品采用多菌种发酵, 如果采用单一的纯种发酵, 会使产品风格与传统发酵相差较远。如茅台、五粮液等名酒, 如果离开其特定环境, 就不可能实现其风味特征。日本种曲已由传统的自然培养制曲发展为纯种制曲, 即将纯种培养的若干不同霉菌按一定比例混合, 制得的种曲发酵效果很好。因此, 如果我们能像日本一样分离出纯菌种, 然后再按一定比例混合用于工业化生产, 这样既能保持我国传统发酵食品的风味, 又能实现工业化, 稳定产品质量。

2. 发酵菌种的生物技术改造

生物技术以基因工程为核心内容, 包括细胞工程、酶工程和发酵工程等技术领域, 可依据发酵目标产品定向开发菌株。例如我国黄酒酿造要求酵母耐高温、抗杂菌、发酵生香能力强, 只有这样在酿造中黄酒的产量和质量才能有可靠保证。可采用基因工程、细胞融合技术进行定向育种, 可选育出性能优良且适合高浓度黄酒酿造的基因工程酵母、耐高温活性黄酒干酒母, 以及在其增殖中自动淘汰野生酵母, 防止杂菌污染和嗜杀活性广泛的黄酒酵母, 也可采用基因重组技

术,将高活性蛋白酶和澄清分解酶移接到黄酒酵母中去,改变黄酒内在的不稳定成分,从而更进一步提高黄酒的稳定性,延长保质期。基于基因工程技术,英国研制出转基因啤酒酵母,可直接利用淀粉和糊精,提高了发酵产率。基于细胞工程技术,日本研究人员对构巢曲霉、产黄毒霉、总状毛霉等菌的种内或种间进行细胞融合,选育蛋白酶分泌能力强、发育速度快的优良菌株,应用于酱油生产中,既提高了生产效率,又提高了酱油品质。

3. 生产的规范化、规模化

中国传统发酵食品具有深厚的市场消费基础和丰富的营养保健价值,但在激烈的市场中占有优势,必须改变目前的原始加工手段,实现规模化、工业化和规范化生产,目前实现工业化生产或规模化的传统发酵食品包括白酒、酱油、醋等少数食品,数量众多的传统发酵食品的加工仍然停留在手工作坊的生产方式上,不但劳动强度大,生产水平低,而且产量质量也不稳定。我们应该加大力度对这些传统发酵食品的工艺进行改进,除了菌种的问题之外,先进设备的引进和现有设备的改造以及相关标准的完善与建立也非常必要,因为只有这样才能减轻劳动强度,提高生产效率,并使生产更加规范、统一,产品质量更加稳定。

第二章 传统发酵豆制品

第一节 酱油生产技术

一、酱油生产概述

酱油起源于我国，是我国的传统发酵食品之一，是以大豆和/或脱脂大豆、小麦和/或麸皮为原料，经微生物发酵制成的具有特殊色、香、味的液体调味品。是我国祖先对人类文明的一大贡献，是中华民族宝贵的文化遗产之一。据史料记载，酱油在周朝就已经开始制作并食用了，至今已有两千多年的历史。在《齐民要术》中最先记载了以大豆为原料，经霉菌的作用而制成酱油的方法，酱油这一名称最早在宋代开始使用，至明代万历年间，酱油生产技术随鉴真大师从福建传入日本后，逐渐扩大到东南亚和世界各地。目前我国按照酿造工艺不同，酱油可以分为高盐稀态发酵酱油和低盐固态发酵酱油两类。

1. 高盐稀态发酵酱油

(1) 高盐稀态发酵酱油 以大豆和/或脱脂大豆、小麦和/或麸皮为原料，经蒸煮、制曲后与盐水混合成稀醪，再经发酵制成。

(2) 固稀发酵酱油 以大豆和/或脱脂大豆、小麦和/或麸皮为原料，经蒸煮、制曲后，在发酵阶段先以高盐度、小水量固态制醪，然后在适当条件下再稀释成醪，再经发酵制成酱油。

2. 低盐固态发酵酱油

以脱脂大豆及麸皮为原料，经蒸煮、制曲后与盐水混合成固态酱醪，再经发酵制成。

酱油的生产技术在日本发展较快，特别是在 20 世纪 70 年代，设备更新、微生物研究、技术开发、工艺改革方面都有很大的发展，取得了良好的成果。日本的酱油制作工艺分为本酿造、新式酿造和加氨基酸配制三种。

(1) 本酿造酱油 是按照传统工艺把作为原料的大豆、小麦经过处理并借助于曲菌和酵母等微生物的作用酿造出来的酱油。

(2) 新式酿造酱油 把酱醪（大曲经过拌入盐，不进入发酵缸的固液混合

物)或者生酱油(从酱醪中压榨出来的液体)同氨基酸混合后进行发酵,熟成后得到的酱油。

(3)氨基酸液混合酱油 是把本酿造的生酱油同氨基酸液混合后,经过灭菌、过滤等后处理工序所得到的酱油。

酱油的酿造是利用多种微生物的作用,使原料中的蛋白质分解、淀粉糖化,并伴有酒精发酵、乳酸发酵等过程,使酱油不仅营养丰富,含有糖类、多肽、氨基酸、维生素等物质,而且还赋予其鲜味、香味和色泽,因此,它是人们生活中不可缺少的调味品。

(一) 酱油生产的原料

酿造酱油的原料有蛋白质原料、淀粉质原料、食盐、水及一些辅助原料。

1. 蛋白质原料

早期的酱油酿造通常选用大豆作为蛋白质原料,大豆中除含有丰富的蛋白质外,还含有20%左右的脂肪,大量脂肪的存在会在酱油酿造结束后残留在酱渣中,造成浪费,因而我国酱油生产主要以脱脂大豆,如豆饼、豆粕作为蛋白质原料。豆饼是在榨油生产中采用压榨法得到的,粗脂肪含量为3%~8%,而豆粕则是通过浸提法制油得到的,粗脂肪含量为0.5%~1.5%,它们的粗蛋白质含量均在40%~50%,是理想的蛋白质原料。此外,豌豆、绿豆、蚕豆、花生饼、葵花籽饼、菜籽粕、棉籽粕、芝麻饼以及蛋白质含量较高的鱼粉和蚕蛹等,均可因地制宜作为酱油生产的蛋白质原料。

2. 淀粉质原料

淀粉质是酱油酿造的辅助原料,淀粉质经微生物酶解成糖类,经酵母、细菌发酵,产生各种醇类和有机酸,进一步合成各种酯类,形成酱油风味。糖类和氨基酸经美拉德反应产生酱油色素。传统的酱油生产以面粉和小麦为淀粉质原料,为了节约粮食,现多改用麸皮或麸皮加部分小麦粉。

小麦的蛋白质组成主要为醇溶蛋白和谷蛋白,醇溶蛋白和谷蛋白是小麦中形成面筋的蛋白质,面筋中谷氨酸的含量比其他氨基酸高出5倍以上,是产生酱油鲜味的主要成分。

麸皮中含有50%~60%的粗淀粉,其中含有20%~24%的多缩戊糖,有助于提高酱油的风味与质量。麸皮中还含有多种维生素和酶类,同时质地疏松,表面积大,既有利于霉菌的生长,也有利于酱油的淋油过程。但麸皮中纯淀粉含量较少,不利于增加酱油的甜味,也不利于酵母菌的乙醇发酵以增进香味。因此,要提高酱油风味,除使用麸皮外,还需添加适量的淀粉含量高的原料。

其他含有淀粉而无毒、无害的谷物,如碎米、地瓜干、玉米、大麦等均可作为淀粉质原料。

(二) 酱油酿造中的微生物

参与酱油酿造的微生物主要有曲霉、酵母菌和乳酸菌，经过它们的一系列生化作用，共同完成酱油的发酵过程。菌种优劣是决定酱油色、香、味以及原料利用率的重要因素。

1. 曲霉

早期的酱油酿造是利用野生的曲霉菌进行自然发酵，这样杂菌极易共生，不但产品质量得不到保证、原料利用率低，而且如果混有产毒素的有害菌，还会严重影响人们健康。随着科学技术的发展，我国已广泛应用纯种培养法，并通过诱变手段，选育出了一些优良菌株加以应用。目前国内应用的菌种主要为米曲霉，也有合用黑曲霉和甘薯曲霉的。

(1) 米曲霉 (*Aspergillus oryzae*) 米曲霉是曲霉属黄曲霉群的一个种。米曲霉可利用单糖、双糖、多糖和某些有机酸和醇类作为碳源，以多种有机和无机含氮物作为氮源，为好氧菌。米曲霉生长的最适温度为 37℃ 左右，温度低则生长慢，温度高则影响酶活力。培养基含水量为 50% 时生长最好，水分低于 30% 时，菌丝稀少。菌丝旺盛时，环境的相对湿度要求在 98%~100%，最适生长为 pH6.0 左右，过高过低都不利于酶的分泌，也影响酶的活力。

米曲霉能够产生活力较强的蛋白酶和淀粉酶系，同时还能产生谷氨酰胺酶、果胶酶、半纤维素酶、纤维素酶、酯酶等多种酶系。蛋白酶可分解原料中的蛋白质，淀粉酶作用于原料中的淀粉，生成糊精和葡萄糖，酵母菌可利用葡萄糖进行酒精发酵，葡萄糖是酱油色素的前体物质，谷氨酰胺酶可用于合成谷氨酸，增加酱油的鲜味，谷氨酰胺酶是胞内酶，只有在菌体细胞溶解时才能释放出来，发挥作用。

① 米曲霉沪酿 3.042 该菌株是目前国内酱油生产厂家普遍使用的优良菌株。其来源是福建省永春县酱园中筛选的米曲霉，中科院编号为 3.863 菌株，后经上海酿造科学研究所进一步诱变选育获得沪酿 3.042 米曲霉，中国科学院微生物研究所保藏编号为 AS3.951。该菌分生孢子大，数量多，生长繁殖速度快，对杂菌抵抗力强，易制曲，制曲时间为 24h，蛋白酶活力高，比原来出发菌株 3.863 提高了 30% 以上。

② 米曲霉 UE-336 该菌株系上海酿造科学研究所以上海沪酿 3.042 米曲霉为出发菌株诱变而成。它的蛋白酶活力比出发菌株提高 1 倍以上，但发芽较为缓慢，目前正逐步扩大试用。

③ 米曲霉 961 和 961-2 该菌株系原无锡轻工业学院（现江南大学）以上海沪酿 3.042 米曲霉为出发菌株诱变而成，其蛋白酶活力比出发菌株提高 4~5 倍，主要用于酶制剂酿制酱油。

④ 米曲霉 10B₁ 该菌株由原天津轻工业学院（现名为天津科技大学）等单位以沪酿 3.042 米曲霉为出发菌株诱变而得。其三角瓶曲蛋白酶活力可达 8000 单位/g（出发菌株为 3200 单位/g），已在生产中试用。

⑤ 沪酿 UE328 该菌株由上海酿造科学研究所以沪酿 3.042 米曲霉为出发菌株选育而成，主要用于制作液体曲。

⑥ 米曲霉 Xi-3 该菌株由西北大学以沪酿 3.042 米曲霉为出发，菌株选育而成。该菌株中蛋白酶含量高，分生孢子多，生长周期短，抗杂菌力强。酶活力比出发菌株提高 26%，比日本今野曲霉提高 19.6%。粗放制曲时间为 22h，孢子丰富，平均含量为 12 亿个/g，在条件相同的情况下，其蛋白质利用率较出发菌株提高 5%，已在生产上试用。

⑦ 渝 3.811 米曲霉 是从曲室泥土中分离出菌株后经紫外线 3 次诱变后得到的新菌株；孢子发芽率高，菌丝生长快速旺盛，孢子多，适应性强，制曲易管理，酶活力高。

⑧ 广州米曲霉 广州市调味食品研究所于 1980 年 12 月以沪酿 3.042 米曲霉为出发菌株，经 25V、24mA 通电处理 45min 及 60min，获得了新菌株，瓶曲蛋白酶平均活力为 7706 单位/g，比亲本提高 23.7%；蛋白质利用率提高 4.7%，淀粉利用率也提高 12.3%。

⑨ WS2 米曲霉 湖南常德市酱油厂于 1980 年 1~10 月以沪酿 3.042 米曲霉为出发菌株经紫外线 286.9nm、324.0nm 处理而得。效果是中性蛋白酶为 1211 单位/mL（三角瓶摇床）。

(2) 黑曲霉 (*Aspergillus niger*) 黑曲霉属于曲霉属黑曲霉群。黑曲霉可产生多种活性很强的酶系，如蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶、纤维素酶等。黑曲霉能分解有机物质生成多种有机酸，如柠檬酸、葡萄糖酸等。

① 黑曲霉 F-27 该菌株是华中农业大学经过对土壤中分离的一株野生纤维素酶产生菌进行理化诱变选育而成，1984 年通过省级技术鉴定，学名为 *Aspergillus niger* Van Tieghen。该菌在湖北省宜昌市酿造厂与沪酿 3.042 混合制曲生产酱油，使原来蛋白质利用率由原来的 72.32% 提高到 89%，两年的使用结果表明，F-27 不仅比单一制曲的蛋白质利用率高，而且酱油中的还原糖、色素、味道、氨基酸转化率都有不同程度的提高。

② 黑曲霉中科 3.350 该菌为黑曲霉中高产酸性蛋白酶菌，生长温度为 25~32℃，适宜 pH4.5~6.0，产酶适宜 pH5.5~6.0，生长需要充足空气。上海市酿造科学研究所曾在沪酿 3.042 米曲霉固体曲中加入 20% AS3.350 黑曲霉，结果酱油中谷氨酸含量提高 20% 以上，酱油鲜味增加。随后应用于酱油生产，获得了良好效果。

③ 黑曲霉 SU97 该菌为华中农科院与湖北黄石市微生物研究所选育的纤维素酶高产菌，在与沪酿 3.042 米曲霉混合曲发酵后，酱醅乌红发亮、柔软、味

香、易淋油，原料蛋白质利用率提高 10%。

(3) 甘薯曲霉 (*Aspergillus batatae*) 甘薯曲霉属于黑曲霉群，原为日本甘薯酒曲中的主要菌种。它具有较强的淀粉酶系和单宁酶系。甘薯曲霉适宜生长的温度为 37℃。湖南常德市酱油厂曾选用 AS3.324 甘薯曲霉与沪酿 3.042 米曲霉混合制曲，原料蛋白质利用率提高 10% 左右。

(4) 黄曲霉 Cr-1 该菌由山东大学选育而成，1984 年通过技术鉴定，该菌株为不产毒素菌株，具有成曲快 (22h)、酶系全等优点，与该校选育的产酯酵母 8 号菌株混合发酵，可提高三级酱油 5% 左右，全氮利用率提高 5% 左右，氨基酸提高 10%~15%，还原糖也有较明显的提高。该菌株除可用于低盐固态发酵工艺外，也可用于稀醪发酵工艺，已在部分工厂推广应用。

(5) 酱油生产中对曲霉菌株的要求

① 产生酶系全，酶活力高 酶系主要为蛋白酶、肽酶，其次为淀粉酶，还有果胶酶、纤维素酶、半纤维素酶、脂肪酶、谷氨酰胺酶等。沪酿 3.042 米曲霉产酶系比较完全，酶活力也较高，适于酿造酱油。渝 3.811 米曲霉产生酶系与沪酿 3.042 米曲霉一致。AS3.350 黑曲霉的酸性蛋白酶活力特别高，糖化酶活力也较高，可与沪酿 3.042 米曲霉适量混合制曲发酵。广州米曲霉、WS₂ 米曲霉、10B₁ 米曲霉、沪酿 UE336 米曲霉蛋白酶活力均比沪酿 3.042 米曲霉高。

② 不产生黄曲霉毒素 黄曲霉毒素是黄曲霉和寄生曲霉产生的一种强烈致癌物，共有 10 余种。其中黄曲霉毒素 B₁ 毒力最强，裂解温度为 280℃，故国家标准对发酵食品中黄曲霉毒素 B₁ 的含量要求为不得超过 5μg/kg。

由于酱油酿造应用的菌株多数属于曲霉中的黄曲霉群，所以对其是否产生黄曲霉毒素应引起重视。需要说明的是产毒菌种中并非所有菌株都产毒。产毒菌株的产毒能力具有可变性，产毒菌株经过数代培养可以完全失去产毒能力。而非产毒菌株在一定条件下也可出现产毒能力。实际工作中，应对所用菌株定期进行产毒鉴定，对于诱变获得的新菌株更应检查其是否产生黄曲霉毒素。

③ 适应性强，生长繁殖快，抗杂菌能力强 国内酱油生产通常都是在敞开的环境条件下进行制曲，因而容易造成杂菌污染，严重影响制曲质量。如果应用的菌种对环境的适应能力强，即使在较不利的环境条件下生长，繁殖速度也能超过杂菌，进而达到抑制杂菌生长繁殖的作用。沪酿 3.042 米曲霉多年来在酱油酿造业广泛应用，原因之一在于它对环境的适应性特别强，制曲管理比较容易。渝 3.811 米曲霉也具有对环境条件适应性强的特点，广州米曲霉、WS₂ 米曲霉、10B₁ 米曲霉、沪酿 UE336 米曲霉蛋白酶活力均比沪酿 3.042 米曲霉高，但由于其制曲管理要求高，生长较为缓慢，所以在生产上并没有得到广泛应用。

④ 酿造出的酱油风味好 优良的菌株不但要求酶系全、酶活力高、不长毒素、适应性强、生长快、抗杂菌能力强，而且要求酿造出的酱油风味要好，如

AS3.374 栖土曲霉，蛋白酶活力要比米曲霉高 3~5 倍，但用其酿造出的酱油带有不愉快的气味，所以无法用于生产。

2. 酵母

酱醪中盐含量高，能在酱醪中生长的酱油酵母为耐盐性酵母。在酱醪中已分离出了几十种酵母，包括鲁氏酵母 (*Saccharomyces rouxii*)、易变球拟酵母 (*Torulopsis versatilis*)、埃契球拟酵母 (*T. etchellsii*)、假丝酵母、毕赤酵母、汉逊酵母及其他酵母。

鲁氏酵母与酱油的质量关系十分密切，鲁氏酵母属于耐高渗透压酵母，它能在含糖量极高的基质中生长，也能在含 14% 食盐的基质中生长。在制曲和酱醪发酵中，它是由空气自然落入而繁殖。鲁氏酵母占酱醪中酵母总数的 45% 左右，能进行酒精发酵，发酵葡萄糖及麦芽糖生成乙醇、甘油、琥珀酸，并能进一步由醇生成酯、糠醇等，增加酱油的风味。鲁氏酵母为发酵型酵母，出现在主发酵期。随着发酵的进行，发酵进入后期后环境变得不适宜鲁氏酵母的生长，鲁氏酵母细胞自溶，释放出细胞内的酶和其他成分，从而促进了球拟酵母、埃契球拟酵母、假丝酵母、毕赤酵母、汉逊酵母和其他酵母的生长。易变球拟酵母和埃契球拟酵母都是酯香型酵母。这些酵母参与酱醪的成熟，与酱油的香气和风味的形成有直接关系。

3. 乳酸菌

酱油中的乳酸菌是能在酱醪中生长、参与酱油成熟、可将糖类转化为乳酸的耐盐性细菌。它们一般由环境进入酱醪。其中与酱油发酵关系密切的乳酸菌有酱油片球菌 (*Pediococcus soyae*) 和酱油四联球菌 (*Tetracoccus soyae*)。这两种菌体呈球形，无运动性，革兰阳性，不产生靛基质、氨、硫化氢及其他气体。生长最适 pH7.0~7.2，在 pH5.5~9.0 之间都能生长繁殖，最适生长温度为 30~35℃。能耐受 18%~20% 的食盐，甚至在 24%~26% 的食盐中也能生长。在酱醪发酵过程中，前期酱油片球菌多，后期酱油四联球菌多。

在酱油发酵过程中，由于乳酸菌的作用，会使酱醪的 pH 下降至 5.0 左右。如 pH 再低，乳酸菌也不能生长。因此不会产生过多的酸，影响酱醪的成熟和风味。另一方面，由于鲁氏酵母只有在酱醪 pH 降至 5.5 时才开始繁殖，因此，酱油片球菌和酱油四联球菌降低酱醪 pH 的作用对于鲁氏酵母的生长繁殖是十分有利的。乳酸菌利用糖类产生的乳酸，与乙醇作用生成乳酸乙酯，香气很浓。可见乳酸菌和酵母菌协同作用使酱油具有特殊的香味。根据经验，乳酸菌与酵母菌数量比以 10:1 为宜。

(三) 酱油的生产工艺流程

酱油的生产工艺流程如下：