

## 声 明

本电子书由中国轻工业出版社出版,相关权利归中国轻工业出版社所有。读者、著作权人和(或)依法可以行使著作权的权利人如有疑问,请与中国轻工业出版社联系:

地址:北京市东长安街6号

邮编:100740

电话:85119838

Email: xnxltm@yahoo.com.cn

中国轻工业出版社

职业技术教育教材

# 发酵食品工艺学

顾立众 翟玮玮 编

 中国轻工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

发酵食品工艺学/顾立众, 翟玮玮编.-北京: 中国轻工业出版社, 1998.10 1999.10 (重印)

职业技术教育教材

ISBN 7-5019-2262-4

I. 发… II ①顾… ②翟… III. 发酵食品-生产工艺  
IV. TS26

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 22144 号

责任编辑: 沈力匀

\*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 警官大学印刷厂

经销: 各地新华书店

版次: 1998 年 10 月第 1 版 1999 年 10 月第 2 次印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 12.75

字数: 290 千字 印数: 3501-6500

书号: ISBN 7-5019-2262-4/TS·1408 定价: 28.00 元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

## 编者说明

本书是根据“全国轻工业中等专业食品工艺专业教学计划”的有关要求进行编写的。它可作为中专食品工艺专业及其相关专业教材使用，也可供有关科技人员参考。

由于历史原因，许多年来，轻工系统中专院校一般不讲授酱油、食醋、腐乳、多种酱腌菜等产品的生产原理及工艺，而主要讲解啤酒、白酒、酒精、柠檬酸、氨基酸等产品的生产方法。90年代以来，随着改革开放的不断深入，科学技术的迅猛发展，特别是社会主义市场经济体系的逐步建立和不断完善，上述两类发酵食品的生产企业已不再有明显的分界线，因而为这类企业培养人才的大中专院校对相关专业的教材计划与教学内容也在逐步进行调整，以适应时代发展的需要。早在1993年6月，江苏省食品工业学校就对食品工艺专业的教学计划与教学内容进行研究，并做了相应的调整，决定增设《发酵食品工艺学》课程，讲课的内容为酱油、食醋调味品等，以丰富学生的科技知识，拓宽其专业视野，增加就业机会。1997年8月，原中国轻工总会食品工艺专业教材指导委员会正式把该课程列入教学计划，这不仅增强了对专业结构调整与改革的信心，也促使我们对《发酵食品工艺学》这门课程进行进一步研究与探索，本书是编者在近几年讲稿的基础上整理编写而成，考虑到具体情况，一般不详述现轻工中专学校发酵专业的相关内容，且在内容编排时尽量注重实用，并考虑既与传统酿造食品工业的衔接，又注意

使现代发酵新技术的渗透。

本书在编写过程中承蒙江苏省食品学校领导徐家林、吴世民同志及高级讲师贡汉坤同志的指教。全书由无锡轻工大学高福成教授审定，在此深致谢意。

由于时间关系及编者的水平有限，书中若有不妥或错误之处，还望得到各方不吝指正。

**编 者**

1998年3月

# 目 录

## 第一篇 发酵食品原理

<b>第一章 发酵食品与微生物</b> .....	(1)
第一节 发酵食品与细菌.....	(2)
第二节 发酵食品与霉菌.....	(6)
第三节 发酵食品与酵母菌.....	(8)
<b>第二章 发酵食品的一般形成过程</b> .....	(11)
第一节 发酵食品的形成过程 .....	(11)
第二节 食品发酵三阶段的主要生化机制 .....	(13)
<b>第三章 发酵条件及过程控制</b> .....	(28)
第一节 培养基 .....	(28)
第二节 发酵温度与控制 .....	(31)
第三节 发酵过程中 pH 的变化及控制 .....	(33)
第四节 发酵过程中溶解氧与控制 .....	(35)
第五节 发酵过程中泡沫的形成与控制 .....	(40)
第六节 发酵过程中的中间补料 .....	(42)
第七节 发酵过程的污染及控制 .....	(43)

## 第二篇 发酵调味食品

<b>第一章 酱油生产工艺</b> .....	(48)
第一节 概述 .....	(48)
第二节 原料 .....	(50)

第三节	原料处理 .....	(58)
第四节	种曲制备 .....	(78)
第五节	制曲 .....	(84)
第六节	发酵 .....	(104)
第七节	酱油的提取及配制 .....	(119)
第八节	酱油的生成率、利用率和出品率 .....	(123)
第九节	酱油生产新工艺及新型酱油简介 .....	(126)
第十节	酱油产品质量标准及检验方法 .....	(140)
<b>第二章</b>	<b>食醋生产工艺 .....</b>	<b>(150)</b>
第一节	概述 .....	(150)
第二节	原料及其处理 .....	(150)
第三节	固态法制醋工艺 .....	(155)
第四节	液态发酵法制醋工艺 .....	(179)
第五节	食醋生产的物料衡算 .....	(192)
第六节	食醋产品质量标准及检验方法 .....	(196)
<b>第三章</b>	<b>豆腐乳生产工艺 .....</b>	<b>(206)</b>
第一节	概述 .....	(206)
第二节	原料 .....	(210)
第三节	豆腐坯生产工艺 .....	(217)
第四节	豆腐乳发酵 .....	(233)
第五节	豆腐乳的质量规格及技术指标 .....	(248)
第六节	几种地方特产介绍 .....	(250)
第七节	红曲制造 .....	(255)

### 第三篇 发酵乳制品

<b>第一章</b>	<b>酸乳制品和乳饮料制造 .....</b>	<b>(263)</b>
第一节	概述 .....	(263)

第二节	发酵剂的制备	(264)
第三节	酸乳制品的添加剂	(273)
第四节	酸牛乳制造	(286)
第五节	乳酸菌饮料制造	(303)
<b>第二章</b>	<b>干酪制造</b>	<b>(310)</b>
第一节	概述	(310)
第二节	干酪的分类	(311)
第三节	干酪的主要化学成分与营养价值	(312)
第四节	原料乳的要求及检验	(314)
第五节	凝乳酶	(316)
第六节	干酪发酵剂	(317)
第七节	圆形硬质干酪制造	(318)
第八节	熔融干酪制造	(328)
第九节	干酪的缺陷及预防	(329)
第十节	著名干酪简介	(332)

## 第四篇 酿造酒工艺简介

<b>第一章</b>	<b>黄酒</b>	<b>(342)</b>
第一节	概述	(342)
第二节	黄酒的生产形式	(343)
第三节	黄酒生产	(347)
第四节	黄酒质量标准及技术指标	(356)
<b>第二章</b>	<b>啤酒</b>	<b>(361)</b>
第一节	概述	(361)
第二节	啤酒制造过程	(361)
第三节	啤酒的质量标准	(379)
<b>附录一</b>	<b>盐水氯化钠含量与相对密度、°Be 对照表</b>	<b>(387)</b>

附录二	酱油的氨基酸生成率、原料的蛋白质(全氮)利用率和出品率关系对照表.....	(388)
附录三	酱油中蛋白质原料的成分.....	(391)
附录四	酱油中各种氨基酸的含量.....	(392)
附录五	酱油色率与1%浓度碘液的对照表.....	(392)
附录六	酱油中的酯类含量.....	(392)
附录七	醋酸溶液的相对密度与浓度关系表.....	(393)
附录八	江、浙、沪豆腐乳质量.....	(395)
附录九	几种豆腐乳成分的百分比(干基).....	(397)
附录十	豆腐乳和臭豆腐乳的钙和维生素含量.....	(398)
参考文献	.....	(399)

# 第一篇 发酵食品原理

发酵食品是一类色、香、味、体等诸项调和的特殊食品，它是食品原料（包括本身的酶）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。它们包括生物合成作用，也包括由原料降解的分解作用，以及推动生物合成过程所必须的各种化学反应。传统发酵食品的工艺中微生物类群来源于自然界，而现代科技则采用微生物纯培养，这不仅能提高原料利用率，缩短生产周期，而且便于机械化生产，但对产品风味会有所影响。

## 第一章 发酵食品与微生物

自然界中存在着种类繁多的微生物，它们分布很广，繁殖很快，在发酵食品的生产过程中起着巨大的作用。在这些数以万计的微生物种类中，有些是发酵食品生产中的有益菌，它们的参与，可使发酵食品具有丰富的营养价值，且赋予产品特有的香气、色泽和口感；而另一些微生物则是发酵工业的有害菌，它们阻碍着发酵过程的进行，并会引起发酵食品的变质、变味。近几年来，随着科学技术的不断发展，人们对发酵食品的生产研究越来越深入，尤其是对传统调味品的生产研究，科技工作者已找出影响其产品风味、效率的主要

微生物，并运用现代生物工程技术，大大改进了传统工艺，使这类发酵食品的生产能力及产品质量大跨度地向前迈进。本章主要介绍与发酵食品密切相关的几类重要微生物。

## 第一节 发酵食品与细菌

细菌在自然界分布甚广，特性各异，在这类菌中，有的是发酵工业的有益菌，有的是有害菌。

### 一、醋酸杆菌属 (*Acetobacter*)

此菌属幼龄菌为革兰氏阴性杆菌，老龄菌经革兰氏染色后常为阳性，无芽孢，能运动或不能运动，需氧，有较强的氧化能力，能将乙醇氧化为醋酸。虽然对制醋工业有利，但是对酒类及饮料生产有害。一般在发酵的粮食、腐败的水果、蔬菜及变酸的酒类和果汁中常出现本属细菌。在制醋工业中常用的菌种如下。

#### 1. 中科 AS1.41 醋酸菌 (*Acetobacter rancens*)

这是我国食醋生产中常用菌种之一。此菌细胞是杆形，常呈链锁状，大小为  $(0.3\sim 0.4)\mu\text{m}\times(1\sim 2)\mu\text{m}$ ，无运动性，不产生芽孢。在长期培养、高温培养、含食盐过多或营养不足等条件下，细胞有时出现畸形，呈伸长形或棒形，有的甚至呈管状膨大。生理特性为好气性，最适培养温度为  $28\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，最适生酸温度为  $28\sim 33^{\circ}\text{C}$ ，最适 pH 值为  $3.5\sim 6.0$ 。在含酒精 8% 的发酵醪中尚能很好生长，最高产酸量达 7%~9% (以醋酸计)。其转化蔗糖的能力很弱，产葡萄糖酸能力也很弱，能使醋酸氧化为二氧化碳和水，并能同化铵盐。

#### 2. 沪酿 1.01 醋酸菌

此菌为我国食醋生产常用菌种之一。细胞为杆状，亦常呈链状。菌体不生鞭毛，无运动性，不生芽孢。生理特性为好气性，在含酒精的培养液中，常在表面生长，形成淡青灰色薄膜。能利用酒精氧化为醋酸时所释放出的能量而生存，或利用各种醇类及二糖类的氧化能而生存。在环境不良的条件下；营养不足或长久培养时，细胞有的呈伸长形、线状或棒状；有的呈膨大状或分枝状。该菌由上海市酿造科学研究所从丹东速酿醋中分离而得，其酒精产醋酸的转化率平均为93%~95%。

### 3. 醋化醋杆菌 (*Acetobacter aceti*)

此菌是食醋酿造的优良菌种，细胞为椭圆形或杆形，直或稍弯曲，大小在 $(0.6\sim0.8)\mu\text{m}\times 1.0\sim3.0\mu\text{m}$ ，单生，成对或成链。退化型细胞呈球状，伸长的、膨胀的分枝或丝状体。周生鞭毛运动或不运动，不形成芽孢，幼龄细胞为革兰氏阳性，能使黄酒等低度酒酸败。

### 4. 恶臭醋酸菌 (*Acetobacter rancens*)

此菌是食醋酿造的优良菌种，在固体培养基上菌落呈隆起、平滑、灰白色。在液体培养基上表面生长，沿瓶壁上升，为淡青色极薄平滑菌膜，不会使液体混浊。细胞为杆状，常呈链锁状，大小为 $(0.3\sim0.4)\mu\text{m}\times (1\sim2)\mu\text{m}$ 。周生鞭毛，不运动，不形成芽孢。幼龄菌为革兰氏阴性，老菌株则可变。退化型细胞呈伸长形、线形或棒形，有的甚至呈管状膨大。

### 5. 许氏醋酸杆菌 (*Acetobacter Schatzembachii*)

此菌是国外有名的速酿醋菌种，也是目前制醋工业中较重要的菌种之一。此菌细胞为长椭圆形，有时呈镰刀形、弯杆状，培养10d后大小为 $(0.3\sim0.4)\mu\text{m}\times (1.6\sim2.4)\mu\text{m}$ ，单独成对或成短链。在液体培养基中出现弯杆形，在固体培

培养基中出现直的近卵形。畸形和自发运动的细胞不存在。在液体中生长的适温为 25~27.5℃；固体培养的适温为 28~30℃,最高生长温度为 37℃。此菌产酸可高达 11.5%,对醋酸没有进一步的氧化作用。

#### 6. 胶膜醋酸杆菌 (*Acetobacter xylinum*)

此菌是一种特殊的醋酸菌,它在酒类的醪液中繁殖,可引起酒液酸败、变粘。其生酸能力弱,能再分解醋酸,故为制醋工业的有害菌。

## 二、乳杆菌属 (*Lactobacillus*)

此菌为革兰氏阳性杆菌,不能运动,菌体呈杆状,链状排列,常在牛乳和植物产品中发现。在乳酸、酸乳、干酪等乳制品的生产中常用的菌种如下。

#### 1. 嗜酸乳杆菌 (*Lactobacillus acidophilus*)

此菌细胞呈杆状,两端圆,大小为 (0.6~0.9)  $\mu\text{m}$  × (1.5~6.0)  $\mu\text{m}$ ,单个、成双或短链,无鞭毛,不运动,不形成孢子,革兰氏染色为阳性,触酶为阴性,同型发酵,产生 *dl*-乳酸。生长适温为 35~38℃,45~48℃也能生长。用于生产酸奶及乳酸。

#### 2. 乳酸乳杆菌 (*Lactobacillus lactis*)

此菌属乳杆菌科。杆状,宽小于 2.0 $\mu\text{m}$ ,常呈长杆状,趋向于丝状,常卷曲,幼龄细胞为单个或成对,不运动,不形成孢子,革兰氏染色为阳性,触酶为阴性。在固体培养基上,菌落粗糙,直径为 1~3mm、呈白色或浅灰色,生长适温为 40~43℃,同型发酵,分解葡萄糖产生 D(-) 乳酸,能凝固牛乳,产酸度约 1.6%,用于制造干酪。

#### 3. 保加利亚乳杆菌 (*Lactobacillus bulgaricus*)

此菌是酸乳生产的知名菌。该菌与乳酸乳杆菌关系密切，形态上无区别，只是对糖类发酵比乳杆菌少，是乳酸乳杆菌的变种。由于它由保加利亚的酸乳中分离出来，而得此名。

#### 4. 干酪乳杆菌 (*Lactobacillus casei*)

此菌细胞呈短杆状或长杆状，宽度小于  $1.5\mu\text{m}$ ，两端为方形，常呈链状，无鞭毛，不运动，不形成孢子，革兰氏染色为阳性，触酶呈阴性，同型发酵，产生 L (+) 乳酸多于 D (-) 乳酸，用于生产酸乳、干酪及青贮饲料。

### 三、链球菌属 (*Streptococcus*)

此菌属为革兰氏阳性球菌，呈短链或长链状排列。现介绍几种常见菌种如下。

#### 1. 乳链球菌 (*Streptococcus lactis*)

此菌细胞为卵圆形，并在链长轴方向伸长，直径为  $0.5\sim 1.0\mu\text{m}$ 。最大多数成对或短链，在有些培养基上形成长链。为牛乳及其制品的污染菌。实验证明，淀粉粒的凝集是由于该菌体表面上的某种蛋白质类物质作用的结果。

#### 2. 嗜热链球菌 (*Streptococcus thermophilus*)

其细胞呈圆形或卵圆形，直径为  $0.7\sim 0.9\mu\text{m}$ ，成对或长链。最适生长温度为  $40\sim 45^\circ\text{C}$ ，高于  $53^\circ\text{C}$  不生长，低于  $20^\circ\text{C}$  不生长，在  $65^\circ\text{C}$  下加热 30min 菌种仍可存活。它常存在于牛乳、乳制品及酸乳中。

#### 3. 粪链球菌 (*Streptococcus faecalis*)

其细胞为卵圆形，可顺链的方向延长，直径为  $0.5\sim 1.0\mu\text{m}$ ，大多数成对或成短链，通常不运动。菌落光滑，全缘，存在于人和温血动物的粪便中，为乳酶生产菌。

## 四、芽孢杆菌属

此菌为革兰氏阳性杆菌，需氧、能产生芽孢。在自然界分布很广，在土壤及空气中尤为常见。其中枯草杆菌是著名的分解蛋白酶及淀粉酶的菌种；纳豆杆菌是豆豉的生产菌；多粘芽孢杆菌是生产多粘菌素的菌种。有的菌株也会引起米饭及面包腐败变质。

## 第二节 发酵食品与霉菌

霉菌是真菌的一部分，在自然界分布极广，已知的约有5000种以上，在发酵食品中经常使用的有以下几种。

### 一、毛霉属 (*Mucor*)

毛霉的外形呈毛状，菌丝细胞为无横隔、单细胞组成，出现多核，菌丝呈分支。

毛霉具有分解蛋白质功能，如用来制造腐乳，可使腐乳产生芳香物质和蛋白质分解物（鲜味）。某些菌种具有较强的糖化力，可用于酒精和有机酸工业原料的糖化和发酵。在豆腐乳生产过程中最常用的有五通桥毛霉 (*Mucor Wutungklao Fang*)，中科院编号为 AS. 3. 25。最适生长温度为 20~25℃，最适 pH 值为 6~7。主要产生蛋白酶、脂肪酶及淀粉酶。

### 二、曲霉属 (*Aspergillus*)

此菌菌丝常呈黑、棕、黄、绿、红等颜色。营养菌丝匍匐生长于培养基的表面，无假根，菌丝具有横隔膜，为多细胞菌丝。

发酵食品及酿酒工业中常应用的黄曲霉群及黑曲霉是较著名的曲霉，现对其介绍如下。

### (一) 米曲霉 (*Asp. oryzae*)

菌落初期为白色，质地疏松，继而变为黄褐色至淡绿色，不呈真正绿色。反面无色。分生孢子头呈放射形，少数为疏松柱状，直径为  $150\sim 300\mu\text{m}$ ，少数为  $400\sim 500\mu\text{m}$ 。分生孢子梗约为  $2\text{mm}$ ，近顶囊处直径可达  $12\sim 25\mu\text{m}$ ，壁较薄、粗糙。顶囊近球形或烧瓶形，大小为  $40\sim 50\mu\text{m}$ 。小梗一般为单层，大小在  $(12\sim 15)\mu\text{m}\times(3\sim 5)\mu\text{m}$ ，偶有双层，梗基在  $10\sim 12\times 4\sim 5\mu\text{m}$ ，小梗  $(8\sim 10)\mu\text{m}\times(3\sim 3.5)\mu\text{m}$ ，也有单、双层同时存在于一个顶囊中。分生孢子幼时呈洋梨形或椭圆形，老后多数变为球形或近球形，一般直径为  $4.5\sim 7\mu\text{m}$ ，大者可达  $8\sim 10\mu\text{m}$ ，粗糙或近于光滑。产生淀粉酶、蛋白酶的能力较强，应用于酿酒、酱及酱油的生产。一般情况下不产生黄曲霉毒素。

### (二) 黑曲霉 (*Asp. niger*)

菌丝初期为白色，常出现鲜黄色区域，厚绒状，黑色，反面无色或中央部分略带黄褐色。分生孢子头幼时呈球形，逐渐变为放射形或裂成几个放射的柱状物，一般为  $700\sim 800\mu\text{m}$ ，褐黑色。分生孢子梗自基质生出，长短不一，一般为  $1\sim 3\text{mm}$ ，直径为  $15\sim 20\mu\text{m}$ ，壁厚，光滑。顶囊为球形，直径在  $45\sim 75\mu\text{m}$ ，小梗双层，自顶囊全面着生，褐色，梗基在  $(20\sim 30)\mu\text{m}\times(5\sim 6)\mu\text{m}$ 、长者可达  $60\sim 70\mu\text{m}$ 、宽为  $8\sim 10\mu\text{m}$ ，有时具有横隔，小梗大小为  $(7\sim 10)\mu\text{m}\times(3\sim 3.5)\mu\text{m}$ 。分生孢子呈球形，大小为  $4\sim 5\mu\text{m}$ ，褐色色素积存于内壁和外壁间成为短棍状或块状，显得粗糙。有的菌丝产生菌核，为球形，白色，直径约为  $1\text{mm}$ 。这类菌在自然界分布极广，能生长于各种基质上产生糖化酶、果胶酶，可广泛

用于酒及酒精工业生产中作为糖化剂，也是生产柠檬酸的优良菌种。

### 第三节 发酵食品与酵母菌

酵母广泛分布于自然界中，已知有几百种，它是生产中应用较早和较为重要的一类微生物，主要用于面包发酵、酒精制造和酿酒中。在酱油、腐乳等产品的生产过程中，有些酵母菌和乳酸菌协同作用，使产品产生特有的香味。在发酵食品生产中主要使用的酵母菌有以下几种。

#### 一、酿酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*)

酿酒酵母又名啤酒酵母。为子囊菌纲，内孢霉目，酵母菌科，酵母菌属。细胞呈圆形、椭圆形、卵形、腊肠形。营养细胞可直接形成子囊，每一子囊有孢子1~4个，圆形、光面。按照细胞长与宽的比例可分为三组，如表1-1-1。

表 1-1-1 酿酒酵母的分组

组别	细胞形状	细胞大小/mm			主要著名菌株
		大型	中型	小型	
一组	多为圆形及短卵形，长与宽之比为1~2，一般小于2	4.5~10.5× 7.0~21.0	3.5~8× 5~17.5	2.5~7× 4.5~11 (~18.5)	德国 M 德国 2 德国 12
二组	多为卵形及长卵形，长与宽之比为2	3.5~9.5× 6~14	3~7.5× 5~14	2.5~6× 3.5~13	葡萄酒酵母
三组	较前两组的长，长与宽之比大于2	4~7× 8~16 (~22)	3~6.5× 6.5~14 (~23)	2.2~5.5 ×6~14 (~33)	魏氏酵母 台湾 396