



食品酶学原理与分析方法

高 雯 姜 培 荣 著
张 之 佳 桑 树 青

黑 龙 江 科 学 技 术 出 版 社

食品酶学原理与分析方法

高 雯 姜培荣 张之佳 桑树青 编著

黑龙江科学技术出版社

内容简介

本书从食品加工保藏技术的角度出发,以酶与食品的关系为重点,阐述了酶学基本原理、制酶技术、食品生产和保藏中常见酶的性质及应用,也详细介绍了食品生产和科研中酶的研究方法和32种酶活力测定方法,并列了几种综合性的试验方法及步骤。

本书可作为大专院校食品专业的教材和参考书,以及有关专业科技人员和工程技术人员必备的工具书。

责任编辑:高巍

封面设计:刘连生

食品酶学原理与分析方法

高巍 姜培荣

编著

张之佳 桑树青

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街35号)

绥化印刷厂印刷·黑龙江省新华书店发行

787×1092毫米32开本14.25 印张 283千字

1991年4月第1版·1991年4月第1次印刷

印数:1—1 000册

定价:5.90元

ISBN 7-5388-1448-5/TS·98

前 言

制作食品的原料主要来源于动物或植物。这些原料的贮藏、加工工艺、综合利用，以及产品的科学贮藏、防腐或保鲜等常与酶的作用有关。近40余年，国内、外酶制剂工业迅速发展，酶的固定化技术和酶催化技术也日新月异。酶用于食品各领域所取得的成就，已获得国内外广泛重视，且收效显著。酶工程技术在食品加工中的应用和发展已势在必行，前途广阔。

酶学是生物工程学的重要组成部分。用酶学知识作为食品科学发展的基础是不容置疑的。为此，本书从微观和宏观方面介绍了酶学基础理论和应用知识，并向读者介绍了在食品科学研究和生产中，食品领域常见酶的基本研究方法、测试技术和制酶技术。

本书是编者参考了大量国内外有关著作和论文，并总结了编者20多个教学周期的酶学教学经验和近年来各项科研成果而写成的。在内容方面力求反映近代科学水平，文字上尽量作到深入浅出，以便于广大读者学习。

由于编著者水平的限制，书中难免存在错误和不足，诚恳地希望指正。

本书由高雯（主编）、姜培荣（主编）、张之佳和桑树青编著。编写中得到黑龙江商学院洪伯铨教授、闵连吉副教

授和石进才同志的热情支持与鼓励，滕绍祥、姜华琚、马宏同志参加了绘图及校对整理工作。在此表示感谢。

编著者

1990.06.20于哈尔滨

目 录

上卷 食品酶学原理

第一章 概论	(1)
第一节 酶的概念	(1)
一、酶的生物学意义	(1)
二、酶和酶化学的研究内容	(2)
第二节 酶学发展史	(3)
第三节 酶制剂及其与食品的关系	(5)
一、酶制剂工业	(5)
二、酶在食品加工上的应用概况	(7)
三、果蔬保鲜和加工与酶的关系	(11)
第二章 酶的化学特性、命名及分类	(13)
第一节 酶的化学本质和组成	(13)
一、酶的化学本质	(13)
二、酶的化学组成	(14)
(一)酶的辅助因子	(14)
(二)酶蛋白分子的特点	(18)
第二节 酶的命名	(23)
一、习惯命名法	(23)
二、国际系统命名法	(24)
第三节 分类	(24)

一、氧化还原酶类	(25)
(一) 氧化酶类	(25)
(二) 脱氢酶类	(27)
二、转移酶类	(28)
三、水解酶	(29)
四、裂解酶(裂合酶、脱加酶)类	(29)
五、异构酶类	(30)
六、连接酶(合成酶)类	(31)
第三章 酶分布的生物学基础	(33)
第一节 酶在生物体的组织和器官内的分布	(33)
第二节 酶的空间分布	(34)
一、细胞的组织结构	(34)
二、酶和酶系的区域化	(35)
三、生物膜的化学成分	(38)
四、生物膜的结构和动态	(39)
五、生物膜的透性	(41)
(一) 被动转运	(42)
(二) 主动转运	(43)
第四章 酶的结构及催化功能	(45)
第一节 酶的催化本质	(45)
一、三个基本概念	(45)
二、酶的催化本质	(46)
第二节 中间产物学说	(48)
第三节 酶的活性部位(活力中心)	(50)
一、酶的活性部位	(50)

二、活性部位的化学组成	(51)
三、酶活性部位的基团功能	(54)
第四节 酶的别构部位——变构部位	(56)
第五节 酶的专一性	(57)
一、反应专一性	(58)
二、底物专一性	(58)
(一) 相对专一性	(58)
(二) 绝对专一性	(59)
三、立体专一性	(60)
(一) DL-立体异构专一性	(60)
(二) 几何异构专一性	(60)
第六节 锁钥学说和诱导契合学说	(61)
一、锁钥学说	(61)
二、诱导契合学说	(62)
第七节 酶促反应速度增强的机理	(63)
一、“邻近”和“定向”效应	(63)
二、底物形变(底物应变)	(65)
三、共价催化	(66)
(一) 亲核催化作用	(66)
(二) 亲电子催化作用	(68)
四、酸碱催化	(68)
五、微环境对酶催化反应速度的影响	(70)
六、几种因素联合作用的例证	(70)
第八节 酶的构象与催化功能的关系	(72)
一、酶的一级结构与催化功能的关系	(72)

二、酶二级和三级结构与催化功能的关系	(72)
三、酶的四级结构与催化功能的关系	(73)
第五章 酶反应动力学原理	(74)
第一节 酶反应初速度的测定	(74)
第二节 底物浓度对反应初速度的影响	(76)
第三节 酶反应速度的基本公式——米氏方程	
式	(78)
一、公式的推导	(79)
二、 K_m 的意义	(83)
三、 K_m 与米氏公式的实际用途	(84)
四、 K_m 和 V_{max} 的求法	(86)
第四节 多种底物的酶反应	(89)
一、依次反应机理	(89)
二、随机机理	(90)
三、乒乓反应机理	(90)
第五节 酶浓度对反应速度的影响	(91)
第六节 抑制剂及其对酶活力的影响	(94)
一、抑制作用的概念	(94)
二、抑制作用的分类	(94)
(一)不可逆抑制作用	(95)
(二)可逆抑制作用	(95)
(三)可逆与不可逆抑制的鉴别	(103)
三、抑制剂	(106)
(一)不可逆抑制剂	(106)
(二)可逆抑制剂	(107)

四、高浓度底物对酶反应速度的影响·····	(112)
五、产物抑制作用·····	(114)
(一) 终产物的同位抑制·····	(114)
(二) 终产物的别构抑制·····	(115)
第七节 激活剂及其对酶促反应的影响·····	(117)
一、激活剂的种类·····	(117)
二、激活剂的特性·····	(118)
三、激活剂的作用机理·····	(118)
第八节 酶原和酶原的激活·····	(119)
第九节 影响酶作用的其他因素·····	(121)
一、温度对酶催化作用的影响·····	(121)
(一) 最适温度·····	(121)
(二) 酶促反应的温度系数·····	(123)
(三) 酶的最适温度与反应时间长度的关系·····	(123)
(四) 酶的热失活与酶活力再生·····	(124)
(五) 检验酶热稳定性(或热失活)的方法·····	(128)
(六) 低温对酶活力的影响·····	(128)
二、pH值对酶作用的影响·····	(130)
(一) 最适pH和pH稳定范围·····	(130)
(二) pH值影响酶活力的机制·····	(134)
三、水对酶活力的影响·····	(136)
四、各种物理因素对酶的影响·····	(137)
(一) 可见光·····	(137)
(二) 紫外线·····	(137)
(三) 电离辐射·····	(138)

(四) 超声波·····	(140)
第六章 食品工业中主要的常见酶·····	(142)
第一节 淀粉酶系·····	(142)
一、淀粉的主要特性·····	(142)
二、 α -淀粉酶·····	(144)
(一) 分类·····	(144)
(二) 反应特征·····	(144)
(三) 基本性质·····	(145)
(四) 影响 α -淀粉酶作用的因素·····	(148)
三、 β -淀粉酶·····	(155)
(一) 分类·····	(155)
(二) 反应特征·····	(156)
(三) β -淀粉酶的来源·····	(156)
(四) 基本性质·····	(157)
(五) β -淀粉酶的应用·····	(159)
四、葡萄糖淀粉酶·····	(160)
(一) 分类·····	(160)
(二) 反应特征·····	(160)
(三) 葡萄糖淀粉酶的来源和类型·····	(162)
(四) 葡萄糖淀粉酶的酶学性质·····	(164)
(五) 葡萄糖淀粉酶的应用·····	(167)
(六) 去除转移葡萄糖苷酶的方法·····	(167)
五、异淀粉酶·····	(168)
(一) 分类·····	(168)
(二) 反应特征及来源·····	(168)

(三) 应用	(172)
六、环糊精生成酶	(174)
七、其他淀粉酶	(175)
八、淀粉酶系中各酶的关系	(176)
(一) 各种淀粉酶在淀粉工业中的联合应用	(176)
(二) 在测定酶活力时遇到的问题	(176)
(三) 在糖化发酵中的问题	(176)
第二节 蛋白酶系	(178)
一、分类方法	(178)
(一) 从来源上分类	(178)
(二) 按水解蛋白质的方式分类	(178)
(三) 根据酶作用最适pH值分类	(179)
(四) 国际分类法	(179)
二、蛋白酶的特性	(180)
(一) 生物化学特性	(180)
(二) 各类蛋白酶的特性	(182)
三、应用	(186)
(一) 在肉类加工中的应用	(186)
(二) 用蛋白酶制剂处理鱼的下脚料	(187)
(三) 酱用酶制剂	(187)
(四) 酶法制面包	(187)
第三节 脂肪酶	(188)
一、分类	(188)
二、来源	(188)
三、作用机制	(189)

四、用途	(191)
第四节 果胶酶系	(193)
一、果胶质	(193)
二、果胶酶的种类及特征	(194)
(一) 果胶水解酶类	(194)
(二) 果胶裂解酶类	(197)
三、果胶酶的来源	(198)
四、果胶酶的应用	(198)
第五节 纤维素酶系	(201)
一、天然纤维素的结构	(201)
二、纤维素酶的分类和性质	(202)
(一) C_1 酶	(203)
(二) C_x 酶	(203)
(三) β -葡萄糖苷酶	(203)
三、来源	(204)
四、微生物纤维素酶的一般特性	(204)
五、纤维素酶对天然纤维素的作用	(205)
六、应用	(207)
(一) 食品加工方面	(207)
(二) 食品发酵方面	(208)
(三) 生产葡萄糖和单细胞蛋白	(208)
第六节 半纤维素酶	(209)
第七节 蔗糖酶	(210)
第八节 乳糖酶	(212)
第九节 α -半乳糖苷酶	(214)

第十节 柚苷酶	(215)
第十一节 橙皮苷酶	(216)
第十二节 花青素酶	(217)
第十三节 卵白溶菌酶	(218)
第十四节 葡萄糖异构酶	(220)
一、异构酶的应用价值	(221)
二、葡萄糖异构酶的类型	(222)
三、异构糖的生产工艺流程	(222)
四、异构酶的性质	(223)
(一)对温度和pH的要求	(223)
(二)激活剂与抑制剂	(224)
(三)糖浓度对酶的影响	(225)
(四)酶的专一性	(226)
第十五节 葡萄糖氧化酶	(226)
一、基本性质	(226)
(一)理化特征	(226)
(二)反应专一性	(227)
(三)催化反应过程	(227)
(四)酶制剂的稳定性	(228)
二、在食品工业上的应用	(229)
(一)牛乳及液态食品的杀菌	(229)
(二)抗脂类氧化	(229)
(三)蛋白脱糖	(230)
(四)用于葡萄糖的定量分析	(230)
(五)保存果汁中的维生素C	(231)

(六) 用于糕点防腐	(237)
第十六节 过氧化氢酶	(237)
第十七节 脂肪氧合酶	(232)
第十八节 风味酶	(232)
第七章 酶制剂生产及酶的提取、纯化	(236)
第一节 酶制剂生产工艺	(236)
一、菌种选育	(237)
(一) 菌种筛选	(238)
(二) 菌种诱变	(240)
二、酶制剂生产方法	(240)
(一) 培养方法	(241)
(二) 控制条件	(241)
(三) 分离提纯	(244)
三、酶制剂的剂型	(244)
(一) 干燥粗酶制剂	(245)
(二) 稀液体酶制剂	(245)
(三) 浓液体酶制剂	(245)
(四) 干燥粉状酶制剂	(245)
(五) 结晶酶	(245)
(六) 固定化酶	(245)
四、酶的保存	(245)
第二节 酶的活力测定	(246)
一、酶活力和活力单位	(246)
二、检验提纯方法和酶纯度的指标	(247)
三、测定酶活力的“一定条件”	(248)

第三节 酶的提取和纯化	(249)
一、提取原料的选择	(249)
二、预处理	(249)
三、破碎产酶微生物细胞壁的方法	(249)
(一) 干燥法	(250)
(二) 机械法	(250)
(三) 超声波法	(251)
(四) 反复冷冻法	(252)
(五) 自溶法	(252)
(六) 溶菌酶处理法	(252)
四、酶的提取	(253)
(一) 水溶液提取法	(253)
(二) 表面活性剂提取法	(253)
(三) 丁醇提取法	(257)
五、酶的纯化	(258)
(一) 浓缩	(259)
(二) 去除杂质	(259)
(三) 纯化	261)
六、结晶	(262)
七、纯度鉴定	(271)
八、食品级酶制剂卫生标准	271)
第八章 固定化酶和固定化细胞	271)
第一节 酶工程的进展	(273)
第二节 固定化酶和固定化细胞	(273)
第三节 固定化方法	(275)

一、酶的固定化	(278)
(一)载体结合法	(279)
(二)物理吸附法	(280)
(三)交联法	(280)
(四)包埋法	(281)
二、细胞的固定化	(282)
(一)加热固定法	(282)
(二)包埋法	(282)
(三)菌体交联法	(283)
第四节 固定化酶的理化性质	(284)
第五节 固定化酶和固定化细胞的应用	(285)

下卷 酶的分析方法

第九章 酶活力测定	(287)
第一节 α -淀粉酶	(287)
一、细菌 α -淀粉酶活力的测定	(287)
二、麦芽液化型淀粉酶活力的测定	
(比色法)	(290)
三、麦芽液化型淀粉酶活力的测定	
(滴定法)	(292)
第二节 β -淀粉酶	(295)
一、 β -淀粉酶活力的测定(比色法)	(295)
二、麦芽糖化力的测定	(298)
第三节 葡萄糖淀粉酶	(300)
一、葡萄糖淀粉酶活力的测定(碘量法)	(300)
二、葡萄糖淀粉酶活力的测定(费林法)	(304)