

食品科学与技术进展

DEVELOPMENTS IN FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

彭志英 曾庆孝 主编

华南理工大学出版社

食品科学与技术进展

DEVELOPMENTS IN FOOD SCIENCE AND
TECHNOLOGY

主编：彭志英 曾庆孝

编委：欧阳瑞文 张坤泉 李 锐 刘 昕

翁明辉 陈永泉 王培炎

华南理工大学出版社

• 广州 •

图书在版编目 (CIP) 数据

食品科学与技术进展/彭志英, 曾庆孝等主编. —广州: 华南理工大学出版社, 1997. 1
ISBN 7-5623-1107-2

I. 食…

II. ①彭…②曾…

III. 食品-理论-应用

IV. TS2

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮编 510641)

责任编辑: 周莉华

广东高要印刷有限公司印装

开本: 787×1092 1/16 印张: 24 字数: 576 千

1997 年 1 月第 1 版 1997 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1—1100

定价: 70.00 元

前 言

当今食品科学技术的发展日新月异，而且其发展的重要特征是现代科学技术的不断采用，特别是与基因工程、蛋白质工程、酶工程、细胞工程及发酵工程等高新技术的发展紧密联系，形成所谓“食品生物技术”(Food Biotechnology)，功能性的保健食品是人类 21 世纪的食品。目前，国际上的保健食品已进入第二代、第三代的分子水平，其产品的功能成分有确切的分子结构、功能评价、毒理和动物试验及有法定监督部门批准才能市场出售，以确保人类健康。

食品生物技术综合了微生物学、分子遗传学、生物化学和生化工程的理论与技术，利用天然生物、细胞及组织培养、重组 DNA 技术和细胞融合技术组建人工细胞以及由天然生物和人工细胞产生酶、蛋白质、激素等各种有用物质，这是最有前途的现代技术。

超高静压杀菌、微波、静电、电子射线、磁场、强光脉冲等杀菌保鲜技术，由于避免了热杀菌带来的各种副作用，越来越受到重视。膜分离技术、超临界萃取技术、冷冻升华干燥技术、超微粉碎技术及挤压膨化等技术也广泛应用于食品制造并在应用中不断得到改善和提高。

我国食品资源极为丰富，诸如作为新的营养素的膳食纤维以及生物多糖、寡聚糖及糖醇类物质正在不断被研究开发利用。我国传统中医学宝库不断被挖掘，根据“药食同源”理论，采用先进技术制造出各种各样的天然、安全、保健的食品。

本书汇集了 80 多篇论文，包括专题综述、应用基础研究、工艺技术与新产品开发、检测技术及功能评价等部分。内容广泛新颖，反映了近来的食品科学与技术进展。这是广东省食品学会的专家、学者们近几年来从事科学研究和产品开发研究的结晶。可供有关高等院校师生、食品界、医药卫生界科技人员阅读参考。

鉴于编者水平所限，出版时间仓促，错误在所难免，望广大读者批评指正，为繁荣我国食品科学技术作出新贡献。

编 者

1996. 11. 20

目录 (CONTENTS)

I 专题综述 (SPECIAL SUBJECT AND REVIEW)

- I-1 人类的蛋白新资源——昆虫 刘昕、古德祥等 (1)
- I-2 生物技术在 β -半乳糖苷酶研究上的应用 梁兰兰、彭志英等 (6)
- I-3 植物细胞培养技术及其应用 方海洲、彭志英 (11)
- I-4 蛋白质工程及其应用 彭志英、江学斌 (16)
- I-5 固定化细胞技术应用于发酵饮料生产 刘昭明、彭志英 (22)
- I-6 高静压处理对食品中酶的影响 阮征、曾庆孝等 (25)
- I-7 乳蛋白质水解物的特性、生物活性功能及其开发利用 ... 郑华、黄志良等 (28)
- I-8 食品添加剂与食品加工 李炎、戴滢 (35)
- I-9 包覆技术及其控制释放系统的研究与开发进展 肖宏亮、高孔荣等 (40)
- I-10 甜味剂 Aspartame 的合成、性质及应用 孙远明、陈永泉等 (45)
- I-11 螺旋藻多糖的化学结构、生理功能的研究及应用 王德培、彭志英等 (51)
- I-12 利用微藻培养生产 ω -3 多不饱和脂肪酸 姜悦、陈峰等 (54)
- I-13 磁场对微生物生长繁殖的影响及其在保存食品中的应用... 张学武、刘昕等 (62)
- I-14 当今世界软饮料发展的趋势 张坤泉、吴楚平 (68)
- I-15 食品中的褐变及其控制 吕可晖、彭志英 (73)
- I-16 生物表面活性剂的开发与利用 彭志英、张红城等 (80)
- I-17 The Rationales of Latest Takeovers in the Chocolate Industry
..... Patrick C. P. Ng (85)
- I-18 食品挤压过程中的面团流变模型 彭超英、高孔荣 (94)

II 应用基础研究 (APPLIED BASIC RESEARCHES)

- II-1 菠萝细胞培养生产菠萝蛋白酶的探讨 彭志英、何铁剑等 (101)
- II-2 嗜热脂肪芽孢杆菌对超高压的耐性初探 阮征、曾庆孝等 (109)
- II-3 高压脉冲发生装置灭菌效果初探 岳朝阳、刘昕等 (113)
- II-4 酵母菌细胞破壁方法的研究 陈永泉、刘欣等 (117)
- II-5 磁场处理对螺旋藻多糖生产影响的初步研究 王德培、高大维等 (122)
- II-6 蔗渣纤维素转化生产单细胞蛋白的研究 任源、高孔荣等 (127)
- II-7 孵化期鸡胚蛋中免疫球蛋白含量变化及功能性食品的研制
..... 刘昕、张学武等 (133)
- II-8 小牛凝乳酶的分离及部分特性研究 韦薇、韩刚等 (136)
- II-9 采用新型溢流喷射光生物反应器培养螺旋藻的研究 曹健、高孔荣 (142)

Ⅱ-10	植物细胞培养紫草色素特性的研究	谢文化、吴振强等 (146)
Ⅱ-11	湿度、温度对大豆蛋白膜阻汽性的影响	周瑞、曾庆孝等 (152)
Ⅱ-12	无花果蛋白酶水解酵母蛋白的研究	王俊、黄煊辉等 (157)
Ⅱ-13	蘑菇气调包装保鲜技术的研究	袁剑刚、刘昕 (160)
Ⅱ-14	冷藏期间鲫鱼与罗非鱼中三甲胺、次黄嘌呤含量变化与鱼新鲜度关系的研究	黄晓钰、莫惠生等 (165)
Ⅱ-15	酱油对过氧化物的消除作用研究	黄峻榕、陈艳等 (172)
Ⅱ-16	高压电场肉类增鲜效果研究	曾新安、高大维等 (176)
Ⅱ-17	赖氨酸发酵过程的时变动力学模型	张学武、刘昕等 (179)
Ⅱ-18	热风焙干过程中荔枝的成分变化研究	李汴生、彭志英等 (186)
Ⅱ-19	超滤在柚甙提取中的应用研究	李炎、毛新武等 (190)
Ⅱ-20	带式真空干燥机内减少加热带横向温度偏差的研究与探讨	杨华明、刘昕等 (195)
Ⅱ-21	柠檬酸废水处理中颗粒污泥形成的研究	尹平河、赵玲 (199)
Ⅱ-22	高效蒸发器的实验研究	曾文明 (202)
Ⅱ-23	防止香蕉果肉褐变的研究	陈永泉、刘欣等 (206)
Ⅱ-24	南方黑米色素理化性质的研究	刘欣、陈永泉等 (212)
Ⅱ-25	磁化与电解处理对木薯白酒理化指标的影响	陈永泉、刘欣等 (216)
Ⅱ-26	预热和钙处理对胡萝卜及其冷冻制品硬度的影响	胡卓炎、王志雄等 (219)

Ⅲ 工艺技术与新产品开发 (TECHNOLOGY AND NEW PRODUCT DEVELOPMENT)

Ⅲ-1	植物油料的酶预处理取油工艺	李汴生、彭志英等 (225)
Ⅲ-2	保健饮料——苦瓜茶加工工艺的研究	翁明辉、李红 (233)
Ⅲ-3	即食莲子的研制	陈宝、刘昕等 (238)
Ⅲ-4	酶法制取鸡水解物的研究	蒋卫东、曾庆孝等 (240)
Ⅲ-5	直接发酵法生产 L-苹果酸工艺条件研究	包惠燕、金其荣 (245)
Ⅲ-6	茶籽蛋白冰淇淋的研制	李远志 (249)
Ⅲ-7	江蓠琼胶提胶工艺的研究	邱慧霞、赵谋明等 (252)
Ⅲ-8	白酒陈化新技术的研究	吴晖、高孔荣 (256)
Ⅲ-9	超滤提取香菇多糖的研究	郑宗坤、陈志行等 (260)
Ⅲ-10	藻红蛋白的提取	陈中、陈志敏等 (265)
Ⅲ-11	金毫茶制造工艺技术研究	威廉标 (270)
Ⅲ-12	南糖在贮藏中的变化及保鲜	郭书好、李素梅等 (275)
Ⅲ-13	粒粒沙田柚汁的研制	李润秋、张学东等 (278)
Ⅲ-14	南瓜乳酸菌饮料生产工艺及其相关因素的研究	韩刚、罗红霞等 (282)
Ⅲ-15	南酸枣汁澄清工艺的研究	王琴、梁瑞红等 (288)
Ⅲ-16	纯天然茶饮料的超滤法澄清研究	黄惠华、高孔荣 (292)
Ⅲ-17	蛋奶饮料的研制	苏佩环、韩刚 (296)

- Ⅲ-18 无花果蛋白酶制备工艺 周金鑫、谭茵等 (300)
- Ⅲ-19 从马尾藻中提取高粘度海藻酸钠 侯振健、刘婉乔 (302)
- Ⅲ-20 液体茶混浊沉淀的研究 陈永泉、刘欣等 (304)
- Ⅲ-21 利用微胶囊化营养素对面粉及其制品进行营养强化 王华兴、黄荣等 (310)

IV 检测与功能评价 (ANALYSIS AND FUNCTIONAL EVALUATION)

- IV-1 兴阳金刚丸药理实验研究 李锐、叶木荣等 (315)
- IV-2 柞蚕雄蛾的激素及保健作用初探 余东华、杨火等 (322)
- IV-3 绞股蓝抗炎实验研究 李锐、廖惠芳等 (326)
- IV-4 辣椒色素提取残渣中糖类物质的提取及分析 李炎、叶秀娇等 (328)
- IV-5 蛋白质评价的新方法 张学武、刘昕等 (332)
- IV-6 保健食品螺旋藻的营养保健作用 漆丹华、曹健等 (335)
- IV-7 昆布对实验性高脂血症大鼠脂质代谢的影响 黄兆胜、王宗伟等 (338)
- IV-8 黑米色素定量测定参照物的研究 陈永泉、林日高等 (342)
- IV-9 灵芝对大鼠辨别学习和记忆的影响 袁剑刚、刘昕 (348)
- IV-10 血红素修饰电极测定抗坏血酸的研究 白燕、廖俊仪等 (352)
- IV-11 中华 126 药理实验研究 李锐、廖雪珍等 (355)
- IV-12 肉品中 β -兴奋剂的检测方法 黄志良、韩刚 (359)
- IV-13 虫草菌丝和螺旋藻对荷瘤小鼠的作用 张亚非、吴凤兰等 (364)
- IV-14 利用电镜测定微量的啤酒沉淀 孙青春、谭宇蕙等 (366)

V 论文摘要 (ABSTRACT OF PAPERS)

- V-1 油甘子开胃茶提取物的生物活性成分与药理作用 刘昕、张学武等 (371)
- V-2 冷冲击处理对贮藏期间蕃茄果胶甲酯酶活性的影响 冯彤、张百超等 (372)
- V-3 微胶囊持续性释放的缓释溶出模式的研究 刘昕、黄晓霓等 (373)
- V-4 灵芝孢子粉的化学成分和保健功效研究 刘昕、黄晓霓等 (374)
- V-5 次声波扫尘器在喷雾干燥塔中的应用 曾祥跃、刘昕等 (375)

I 专题综述 (SPECIAL SUBJECT AND REVIEW)

I-1 人类的蛋白新资源——昆虫

刘 昕 古德祥 张学武 汤展球
(中山大学国家教委食品工程研究中心 广州 510275)

摘 要: 本文介绍了人类食用昆虫的发展简史,指出昆虫是目前地球上最大的尚待开发的资源,利用昆虫生产蛋白质,将成为解决人类食物短缺的一条途径。

关键词: 昆虫 蛋白质 资源

1 前言

据推算,人类在地球上大约生存了 200 万年。在相当长的时期里,世界人口每千年约增长 2%。在纪元以后的头 16 个世纪里,世界人口的增长率每年为 0.1%,而目前已接近 2%,即是人口增长速度加快了 3 位数!随之而来的是地球上的资源危机日益加剧,特别是为人类寻找新的蛋白质资源成为一项突出的新课题。利用昆虫生产蛋白质,将成为解决人类食物危机的一条途径。

2 生物界的最大类群——昆虫

昆虫的分布几乎遍及整个地球。从赤道到南北极,从河流到沙漠,高至世界的屋脊——珠穆朗玛峰,下至几米深的土壤里,都有昆虫的存在。昆虫是地球上种类最多且生物量最大的生物类群,全世界已知动物已超过 250 万种,其中昆虫就占三分之二以上。昆虫不但种类多,而且同种的个体数量十分惊人。一个蚂蚁群体可多达 50 万个体。一棵树可拥有 10 万的蚜虫个体,在阔叶林里每平方米的土壤中可有 10 万头弹尾目昆虫。小麦吸浆虫大发生的年代,一亩地有 2 592 万个之多^[17]。至今,全世界已明确 3 650 余种昆虫可供食用^[1]。在一些发达国家,如美国对资源昆虫的调查已作了一定的工作,北美和墨西哥的北部,土著印第安人常年食用的昆虫包括 11 个目中的 37 个科,87 个种^[20];北美的加利福尼亚印第安人食用的蝗虫种类有 2 个亚科的 8 个种^[20]。《昆虫作为未来的蛋白源》一书,介绍了世界的食用昆虫,它们包括鞘翅目 129 种、膜翅目 28 种、双翅目 10 种、等翅目 17 种、其他 10 种^[20]。据《古墨西哥的食用昆虫》中介绍,墨西哥人食用的昆虫种类达 247 种^[20,21]。

3 历史悠久的传统美食——昆虫

自古以来,昆虫就是人类和许多动物的美食,亚洲、非洲、欧洲、北美都有食用昆虫的习惯^[2,20]。在国内,早在周代(公元前1066—前256年)的《礼记·内则》记载有蜜蜂虫蛹作为帝王贵族的珍品佳肴;2000多年前的《周礼·天官》中,就有食“虫氏”(蚂蚁)的记载。北魏的《齐民要术》中,亦有“蝉脯菹”的记载,即以蝉的脯肉作菜。唐朝刘恂的《岭表异记》中,亦有取食蝗虫,用作馈赠礼品的记载。在南宋诗人陆游的著述中,有把蚂蚁卵做成蚊子酱的记载,并视为珍品,非达官贵人不可得也。

我国人民习惯取食的昆虫主要是飞蝗、稻蝗、长翅稻蝗、中华蚱蜢、蟋蟀、棺头蟋蟀、油葫芦、东方蜚蠊、德国蜚蠊、美洲蜚蠊、蚱蜢、雷鸣蝉、黄茶蛱蝶、黄蚱蜢、荔枝、九香虫、豆天蛾、白薯天蛾、芝麻天蛾、葡萄天蛾、棘桃六点天蛾、家蚕、柞蚕、大蓑蛾、玉米螟、二化螟、禾犀金龟、黄褐丽金龟、铜绿丽金龟、棕鳃金龟、三星龙虱、黄边大龙虱、土垠大白蚁、黑蚂蚁、黑胸胡蜂、黄胡蜂等^[3]。据推测,我国的食用昆虫种类可达800多种^[3]。如广东、上海人喜食龙虱;广东、浙江人有吃蚕蛹的传统;广东、山东、苏北人有吃蝉的习惯;广东人喜爱吃火烧禾虾(螽螂);广西山区仫佬族一年一度的六月初二“吃虫节”户户设宴,有油炸蝗虫、腌酸蚂蚁、甜酸蝶蛹等;云南基诺人喜食蚂蚁、屎克螂、竹蛆;西双版纳傣族人招待贵宾的虫菜,有黄蚂蚁卵、蝉、竹虫、大蜘蛛等;贵州农村人喜食油炸蜂蛹;山东、淮北近年来将加工制成的豆天蛾幼虫搬上餐桌,宴请宾客;山东流行“炸金龟”(蝉蛹);天津、云南等地油炸蚂蚱成为游客抢手的消闲小吃;美味的昆虫食品“三只蚊子一碟菜”(竹上的昆虫)传为云南顺口溜18怪中的一怪。云南西双版纳盛产竹子,有的嫩竹里生长着肥胖的竹虫,它是傣家人的美味食物之一,傣家人捉拿竹虫的本领很高,在竹林中觅寻被竹虫钻蛀的洞,顺着往上一节剖开,竹虫准在其中。取出竹虫生剥,伴以少许炒米粉,加作料,以生菜卷吃,香脆可口。或将竹虫、蛹焙干作下酒菜,这些均可为待客上品。竹虫有两种。一种傣语叫“依若”,大小与大拇指差不多,大腹便便,肚子里装的都是油,傣家人常把它从嫩竹里取出来,用猪油煎熟,把它肚子里的黄油取出,涂在糯米饭团上,就像涂黄油和乳酪一样,吃起来有一种奇异的香味。“依若”还可以用来做“剃生”,即将竹虫剥细,装入盆内,把切细的葱、蒜、芫荽、辣椒、花椒粉、盐巴等作料拌拢放入适量冷开水,用筷子调整匀即可,还可以与鸡蛋一起炒吃。滋味香甜,清凉爽口、营养丰富。另一种竹虫傣语叫“咪”,长约6~7 cm,直径1 cm,全身纯白,傣家人常用它来炒吃。因它肚里都是脂肪,炒时不需再放油。也可以用油来炸吃,熟了以后,一只只挺直松脆,里外都是雪白,吃起来有油香味。云南、广西、湖南侗族代代相传的“虫茶”(螟蛾科幼虫的粪便),一直沿袭至今,“虫茶”还是出口创汇的抢手货,现正在进行工厂化生产的研究^[4]。我国民间流传着用蜂王幼虫炖汤、煎蛋等传统食法,营养价值很高,味道极为鲜美。1996年10月中国昆虫学会和华中农业大学在武汉举行了一次别开生面的昆虫午宴,款待来自全国各地的昆虫学家,这次昆虫宴以武汉神虫公司研制的无菌工程蝇糕点、工程蝇面包、水仙子营养饼干、工程蝇点心为主食,以工程蝇饮品水仙子活性营养酒、水仙子活性营养饮料为酒水,配以由10种可食昆虫烹调的13道昆虫菜,即:天鸡虾排(棉蝗)、干煸旱虾(黄粉虫)、油爆金豆(蚕蛹)、朱银双爆(红铃虫)、天女散花(白蚁)等,菜肴由华中农大昆虫资源研究室设计,华中农大学术交流中心一级厨师陈建雄主理,色彩艳丽、琳琅满目,犹如一朵朵含苞欲

放的鲜花，令昆虫学家们赞叹不已，争相拍照、品尝。有云“食在广州”，广州的美食家更热衷于昆虫食品，和味龙虱（龙虱与牙甲）、油炸蚕虫（蚕蛹）、椒盐蚁王、美极桂花蝉，还有蛋煎禾虫、蝎子炖盅等成为了名扬四海的美味佳肴。

在国外，早在古罗马时期，人们就喜食木蠹蛾成虫；公元前五世纪，利比亚的惹沙米尼斯人就嗜食蝗虫；坦桑尼亚、津巴布韦人把蟋蟀当佳品；莫桑比克、津巴布韦和纳米比亚喜食非洲大帝蛾（毛毛虫）；埃及人喜食一种白花纹的甲虫；尼泊尔人喜食蜜蜂幼虫汁；喀麦隆用棕榈蛆接待贵宾；约旦、土耳其人喜食清炖甲虫；阿拉伯人把蜣螂当美食；西班牙人喜食蚁卵酱；哥伦比亚首都波哥大的油炸蚂蚁小摊满街都是；南美一些地区的红烧棉铃虫，味道颇佳；北美的印第安人把苍蝇烤成糕饼，称古查比饼；委内瑞拉人甚至喜食巨大的塔兰图蜘蛛^[19]。日本在1919年前，食用昆虫就有55种，他们用酱油、糖等煎炒幼蜂，或者把幼蜂与大米一起做成饭^[4]；他们把蝗蛹、蜂蛹、蚕蛾、刺蛾蛹、二化螟幼虫、龙虱、天牛幼虫、象鼻虫等红烧或烧烤，味道非常鲜美；他们至今仍然保留生吃天牛幼虫的习惯^[26]；日本人爱吃的整形昆虫是“佃煮”，把蝗虫放置于布袋中一夜排净粪便，然后放入沸水煮熟并除去肢、翅，加入砂糖酱油等佐料置于火上烧煮，待汁液熬干后，可保存2~3周内食用^[14]；日本对蝗虫更是情有独钟，每年从我国进口稻蝗近百吨，制作蝗虫罐头食品，畅销各国，其中一些还成为高级餐厅的名菜^[4]。

在德国，由于第二次世界大战后的粮食不足，政府试图用昆虫来生产食品^[5]。泰国人在金龟子成虫的体内塞满猪肉、花生、蒜和干虾米等混合配料，然后用油爆炒；泰国城乡风行吃油炸蚱蜢、金龟子，喜食雄田鳖及辣椒拌水蜷，还用蟑螂制酱，可与虾米蘑菇酱相媲美^[19]；泰国的传统食用昆虫有桑蚕、竹子虫、蝗虫、甲虫、红蚁、蟋蟀等50多种^[21]。澳洲大陆的土著居民把飞蛾压碎做糕饼吃；他们还喜欢吃大蚁，大腹蚁吸满了工蚁带来的蜜汁，犹如人们吃葡萄一样甜蜜甘香^[4]；墨西哥是当今世界昆虫食品之乡，可吃到370余种昆虫菜，列入正品昆虫菜者达60种之多，如龙舌兰蠕虫、蚂蚁、黄蜂等，食客络绎不绝；墨西哥尤卡坦岛上的许多居民就一直喜爱食新鲜的蜜蜂幼虫，他们将新鲜的蜂王幼虫拌入食盐和柠檬汁吃得津津有味；在非洲，有数量众多的白蚁丘，有趣的是，有些地区的居民把这些蚁丘作为“私有财产”，在白蚁繁殖蚁分飞时，人们纷纷用布或帐篷覆盖住属于自己的蚁丘，只留一个“小洞”让有翅成虫爬出来，他们津津有味地吃掉白蚁，剩下的大量有翅成虫则炒干贮存起来供节日享用^[17]；非洲尼亚萨湖一带的居民，以蚁虫为主食，把蚁虫压碎放进模型板内晒干后备用；非洲的土著居民把红烧或烧烤的昆虫作为盛饌招待客人。在印度、澳洲等地，都有人把白蚁列为食物中的上品；在苏丹，大小市场经常出售人们最喜欢食用的油炸白蚁，人们争相去光顾这奇特的美味佳肴^[17]。

韩国郑继烈发明的一种食用松毛幼虫的方法，是将松毛虫在火上烤烧其毛，再浸入水中1 min等虫体尚未冷时去其毛，再剖开腹部除去消化道，涂上盐或甜酱油后反复烧烤，据说味道和鲜虾、鸟肉一样鲜美^[23]。据报道，扎伊尔Kasai地区年消费昆虫约12 000吨，其中白蚁占35%，毛虫占30%，其他幼虫占23%，蝗虫占12%^[14]。在乌干达，昆虫作为上等营养品和药品价格昂贵，它还是一种女性食用的食品，常见的种类有蝗虫、蚂蚁、非洲飞蝗、红蝗、各种毛虫、蟋蟀，各种昆虫均有其独特的捕获方法^[23]。美国许多餐厅，亦有昆虫美食，招揽顾客，还用蚂蚁、蝴蝶幼虫、蜂蛹制成巧克力、面包和饼干等。在法国，有“昆虫餐”大聚会，有“昆虫美食家”联谊会，花样、名目繁多^[19]。非

律宾政府自 1994 年蝗虫大发生起就推行以食用蝗虫作为防治措施,并为此举办烹饪大赛^[15]。

全形的昆虫食品是昆虫食用的最普遍的方法,其一般加工流程为:虫体→预检→清洗→配料→加工。如油炸是全形昆虫食用的一种常见方法,蝗虫、蜂蛹、家蚕蛹、蚂蚁、白蚁、蟋蟀及一些鳞翅目幼虫、鞘翅目幼虫均可以加以油炸食用。以蝗虫为例,除去内脏后在阳光下晒至稍干,在中等油温下炸至金黄色,再撒入食盐、胡椒调味,据说味道十分鲜美。美国出版的食用昆虫书藉《The Original Guide to Insect Cookery》介绍了昆虫菜谱 85 种^[14,20]。国内外开发的昆虫食品花色品种多样,有油炸蟑螂、蜜饯蝉、炒白蚁、虫子酱、蚕蛹豆酱、盐渍蚂蚁、蜜蜂巧克力、油酥螳螂、蝗虫罐头、蚂蚁罐头、夹心蚂蚁巧克力糖等,烹、蒸、煮、炖、拌、煎、炒、烧、炸各种套式,可以将各种昆虫制作成许多风味独特的美味佳肴,或者制作各式各样罐头、酱料等方便食品^[1,3,4,20]。

4 21 世纪的蛋白新资源——昆虫

昆虫是地球上最大的尚未被人们充分利用的资源^[6]。它的食物转换率高、世代短、生命力强、繁殖指数高、蛋白质含量丰富(蛋白质含量高达 30%~70%),人体必需氨基酸含量高,脂肪酸品质优良,含有多种微量元素及生理活性物质,具有很高的营养利用价值。同时,由于昆虫具有适合工厂化生产等优点,不但可以从大自然中捕捉,还可以用草、树叶、工业废料等廉价原料人工饲养进行工业化生产,这种规模大、产量高、投资少、周期短、生产成本低、经济效益显著的“蛋白质工厂”,有可能成为新一代蛋白食品的来源^[1,7,20,26]。因此,利用昆虫生产蛋白质,将成为解决人类食物危机的一条途径。

美国于 1988 年创办了《The Food Insects Newsletter》期刊,进行昆虫食用的宣传和交流^[20]。日本出版了食用昆虫书藉《世界の食用昆虫》^[26]。许多研究者对黄粉虫^[8,9]、家蟋^[24,25]、家蝇^[10,11]、蚂蚁^[19]等的饲养利用作了一定的研究。蚂蚁的食用药用在我国有大量的报道和介绍^[12]。目前蚕蛹的蛋白和水解蛋白利用已进入工业化生产^[1]。70 年代,德国等建立了昆虫蛋白生产的企业^[1]。桑蚕蛹的氨基酸提取已进入工业化生产阶段^[1,13]。其他昆虫的蛋白水解也有过研究,如蝇蛆氨基酸^[1]。用碱法提取废弃的蜜蜂虫体蛋白有良好的提取效果。同时提取的蜜蜂蛋白的营养价值也已作过评价^[14]。其他的昆虫蛋白如蝇蛆蛋白的提取亦有报道^[14]。蜜蜂的幼虫和蛹是一种很常用的食物资源^[14]。许多学者还评价了蜜蜂幼虫的蛋白质营养价值^[13];东亚飞蝗的氨基酸营养价值^[15];中华稻蝗的营养成分^[15];蚕蛹复合氨基酸的营养价值^[16];黄粉虫、黑绿真龙虱等氨基酸组成及营养价值^[17]。桑蚕蛹、柞蚕蛹、蝗虫、黄粉虫、蚂蚁、家蝇蛆和蜜蜂蛹作为食品和食品原料已有工业化生产^[14,18]。

食用昆虫加工方法多种多样,既可加工全形的昆虫食品,也适合提取蛋白质或制取水解蛋白和氨基酸;或加工各种食品添加剂及提取昆虫有效成分和特殊的生物活性物质,提供食品工业、生物工程及医学和营养学上应用,如黄粉虫已形成工厂化生产^[18],并可进一步加工成食品添加剂,制作酱粉、点心等^[14]。蜜蜂蛹更是被加工成各种产品,如蜂胎蜜酒、冷冻干燥的蜂蛹制品、蜂胎甜奶、虫蛹饼干。蚂蚁在我国开发较早,开发的产品有蚂蚁酒、口服液以及食品添加剂^[12]。我国婴幼儿食品营养研究开发中心研制出蚕蛹蛋白粉,蛋白质含量比肉类高 2~3 倍,属优质全价蛋白之列,并以此为原料生产“幼儿

高蛋白饼干”。用微生物发酵法生产“蚕蛹豆酱”、“营养酱油”、“蚕蛹面包”等。武汉华中农业大学研究了蝇蛆（家蝇幼虫）工厂化生产的条件，并成功地从中提取出蛋白质和氨基酸。江西利用白蚁开发出“蚁酒”和其他保健饮料。湖北林业学校利用为害栎树的舟蛾提取食用油，再从提取食用油后的残渣中提取味精^[14]。美国一家公司用3%的蝇蛆粉掺入面中，制出了高营养儿童饼干，成为美国走俏的食品，据称它有健胃和预防伤风感冒的功效。墨西哥有种鱼子酱，味美香浓，被用以款待尊贵贵宾，其实不过是以蝇卵的原料烹制而成的。据报道，稻蝗所含16种氨基酸总量与秘鲁一号鱼粉相当，其中人体必需的8种氨基酸总量为100g干粉含15.60~16.39g。白蚁的兵蚁含蛋白质高达55.43%，是瘦牛肉的3倍^[14]。

不同种类昆虫的蛋白质提取加工方法有所差异，特别是深加工预处理工艺。据报道，对鳞翅目幼虫，其提取蛋白质的工艺流程包括如下工序：幼虫→预处理→烘干→脱色脱臭→洗涤→破碎→提取→烘干。其他不同种类的昆虫的蛋白提取工艺之间区别在于：直翅目的昆虫需去头部和足；鞘翅目昆虫需对坚硬的鞘翅进行软化，可以采用蒸汽，也有报道采用几丁质酶处理^[1]。由于昆虫直接作为食物还不能被大多数人所接受，因此，提取昆虫蛋白质、低肽、氨基酸用于食品，药品或化妆品将是一条有效的利用途径。昆虫组织快速自溶技术及膜分离超滤技术可望成为工业化提取分离昆虫蛋白的一种新方法^[17]。未来昆虫资源的开发应通过综合利用，采用现代加工技术分离提取蛋白质、低肽、氨基酸、脂肪酸、维生素、抗菌肽、外源凝集素、激素、几丁质、免疫球蛋白、生物酶、抗癌物质及各种毒素等，以形成低成本、高质量、高效益的工厂化大规模生产。

法国学者布鲁康比在《美味的昆虫》一书中，介绍了“百虫宴”。他指出：“昆虫是人类最佳的高蛋白质食粮。有的害虫，每年要吃掉很多粮食，毁坏许多庄稼，而人们吃食这些害虫，不但是给人类补充营养，而且是一种保持生态平衡的行为。”^[19]随着研究的深入，越来越多的昆虫食品将摆放在我们的餐桌上成为美味佳肴。有人预测，昆虫食品将成为21世纪的蛋白质新资源。

参考文献

- 1 宗良炳等. 湖北植保. 1993 (增刊) (2): 57~61
- 2 邹树文. 中国昆虫学史. 北京: 科学出版社. 1981, 180~186
- 3 王子清等. 中国食品报. 1995, 3: 10
- 4 徐汉虹. 饮食与健康. 1995 (3): 30~31
- 5 胡家琪. 科技情报资料. 浙江科技情报所. 1983
- 6 胡萃等. 浙江农业大学学报. 1995, 21 (4): 331~336
- 7 原国辉. 昆虫知识, 1991, 28 (2): 22~28
- 8 张传溪等. 资源昆虫. 上海科技出版社, 1990, 137~141
- 9 彭忠建等. 昆虫知识. 1993, 30 (2): 111~113
- 10 蒋红运. 华中农业大学硕士论文. 武汉. 1990
- 11 李顺清. 华中农业大学硕士论文. 武汉. 1991
- 12 吴志成. 蚂蚁与蚂蚁疗法. 上海科学普及出版社, 1992
- 13 周瑞华. 食品科学. 1991, (6): 1~15

- 14 叶兴乾等. 食品与发酵工业. 1996 (4): 70~75
- 15 刘奇志等. 全国资源昆虫产业化发展研讨会论文摘要集. 武汉. 1996, 25~26
- 16 张映王等. 第四军医大学学报. 1990, 11 (3): 211~214
- 17 刘 昕. 中山大学硕士论文. 广州. 1992
- 18 岑 明. 全国资源昆虫产业化发展研讨会论文摘要集. 武汉. 1996, 27~28
- 19 刘岱岳等. 全国资源昆虫产业化发展研讨会论文摘要集. 武汉. 1996, 17~18
- 20 DeFoliart G R. The Food Insects Newsletter 1992-1995
- 21 Jantana Yhoung-Aree, Prapasri Puwastien. International symposium on biodiversity in agriculture for a sustainable future, Beijing, 1995
- 22 Julieta R F. International symposium on biodiversity in agriculture for a sustainable future, Beijing, 1995
- 23 Okedi J. International symposium on biodiversity agriculture for a sustainable future, Beijing, 1995
- 24 Mitsuhashi T. International symposium on biodiversity in agriculture for a sustainable future, Beijing, 1995
- 25 Parajulee M N., DeFoliart G. R., Hogg D V. J. Econom Entomol., 1993, 86 (5): 1424~1428
- 26 (日)三桥淳世界の食用昆虫. 古今书院. 1989

The New Source of Protein for Mankind——Insect

Liu Xin, Gu Dexiang, Zhang Xuewu, Tang Zhangqiu

(Food Engineering Research Center, Zhongshan University, Guangzhou, 510275)

Abstract: This paper introduced the history of eating insect by mankind and pointed out that at present insect is a greater source on the earth to be developed further. Utilizing insect to produce protein will become an approach in solving food shortage for mankind.

Keywords: Insect, Protein, Source

I -2 生物技术在 β -半乳糖苷酶研究上的应用

梁兰兰 彭志英 宁正祥

(华南理工大学生物科学与工程研究中心 510641 广州)

摘 要: β -半乳糖苷酶在食品行业中有着广泛的应用。本文阐述了生物技术在 β -半乳糖苷酶生产、应用上的最新动态。以病毒等为载体在昆虫、动物胚胎等细胞中表达 β -半乳糖苷酶为代表的新技术已成功地应用在生产方面, 而融合蛋白、融合基因等生物技术已

成功地应用在酶提纯、免疫、医药等方面。并因此得出生物技术领导了酶学研究及应用的革命的观点。

关键词: β -半乳糖苷酶 生物技术 酶工程

1 前言

β -半乳糖苷酶 (β -galactosidase, EC 3. 2. 1. 23), 又称为 β -半乳糖苷半乳糖水解酶, 通常被称为乳糖酶。乳糖酶能催化 β -D-半乳糖苷和 α -L-阿拉伯糖苷水解, 其中催化乳糖水解是研究得最多的反应。 β -半乳糖苷酶将乳糖水解成半乳糖和葡萄糖, 使糖液的甜度提高。乳糖的溶解度较低, 在冷冻乳制品中容易析出, 使得产品带有颗粒状结构。使乳糖部分水解便可防止这种现象发生。因此, β -半乳糖苷酶的这一水解反应在食品学科中受到很大重视。而且, 生活在亚洲一些地区的居民, 由于体内缺乏乳糖酶而不能代谢乳糖, 对牛奶等乳制品有过敏反应。因此, 市场要求有去乳糖的乳制品供应。

随着食品工业的发展, 液态牛奶的加工逐渐趋向于连续性的管道式加工, 而对牛奶的杀菌则采用 UHT (Ultra High Temperature, 超高温瞬时杀菌法)。采用这一方法便会遇到一个问题: 牛奶在管道中易形成胶状物, 堵塞管道。研究表明, 如果用 β -半乳糖苷酶水解牛奶中的乳糖, 便能防止这一现象发生^[1]。

β -半乳糖苷酶普遍存在于各种食物中, 如葡萄^[2]、苹果^[3]等水果, 以及绿洋葱^[4]、成熟的咖啡浆果^[5]等食物中。研究表明, β -半乳糖苷酶对苹果^[6]、咖啡浆果^[5]以及葡萄^[2]的成熟, 土豆、中国水栗的软化^[7]起重要作用。主要原因是由于 β -半乳糖苷酶水解细胞壁而引起的^[6,7]。

β -半乳糖苷酶在食品行业中有这么重要的作用, 其需求量越来越大, 对酶活性、纯度等方面的要求也越来越高, 特别是在乳品加工业中。这就需要在酶加工、生产等方面进行技术改造。有学者用声波处理乳培养液后, 乳糖的水解率由未经声波处理的 25% 提高到 80%^[8]。固定化酶技术也得到了应用。用一种新型旋转篮反应器处理脱脂乳, 在 34 °C 不到 7 min 的时间内, 便已将 75% 的乳糖水解。这一反应器用的固定化底物为尼龙-6^[9]。

虽然对于酶的活性、使用等方面有上述的一些改性措施。但面对对于 β -半乳糖苷酶的大量需求, 还需应用生物培养技术, 培养产生 β -半乳糖苷酶的菌体, 从而获得工业化大生产的 β -半乳糖苷酶。

2 β -半乳糖苷酶的表达

用病毒作为转移载体, 将 β -半乳糖苷酶基因作为外源基因, 使之在其他细胞中表达的这一表达系统, 自 80 年代初问世以来发展极为迅速。这一系统能高效率地表达外源基因蛋白。虽然表达效率还没有达到天然病毒多角蛋白水平, 但是, 依据这一系统的明显特征, 提高实际表达效率仍大有潜力^[10]。因此, 国内外学者对此做了大量的工作。

朱国凯等^[11]用携带大肠杆菌 β -半乳糖苷酶基因的杆状病毒转移载体 pAC360- β -gal 与野生型的苜蓿 Y 纹蛾 (AcNPV) DNA 同时传染草地夜蛾细胞, 经 X-gal 筛选和空斑纯化得到重组型杆状病毒 AcNPV- β -gal。该重组病毒能有效地感染棉铃虫血细胞系, 并高效表达出受 AcNPV 多角体蛋白启动子控制的, 具有生物活性的外源基因产物 β -半乳糖

苷酶。80%以上的酶蛋白能分泌到细胞外,培养液中的酶活可达每毫升 50 000 单位以上,均相当于 170 μg 酶蛋白。用 SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳分离表达产物和 β -半乳糖苷酶在凝胶上的特异性显色反应分析,重组病毒在棉铃虫血细胞中表达的 AcNPV 多角体蛋白—大肠杆菌 β -半乳糖苷酶蛋白是以 5 种活性的多聚体和复合物形式存在的。

Kin Jee Sun 等人^[12]报导:在受 AcNPV 多角体蛋白启动子控制的 β -半乳糖苷酶表达系统中,血清、 CaCl_2 、pH 值、细胞直径都影响到 β -半乳糖苷酶的生成。这一实验使用了组织培养瓶以及旋转瓶。旋转瓶以 100 r/min 的速度旋转,并在培养基中添加 0.3% 甲基纤维素时, β -半乳糖苷酶的产量会增加。以 25 mL/min 的速度通气,也会增加 β -半乳糖苷酶的产量。果糖和谷氨酸的添加也会提高 AcNPV 控制的细胞体系表达的 β -半乳糖苷酶产量。

Curiel 等人^[13]以非洲淋巴瘤病毒为转移载体,将 β -半乳糖苷酶基因在人体 β -细胞上表达了出来。Curiel 使用了一种新型的过渡表达系统。用链霉菌抗生素蛋白-多聚赖氨酸杂交蛋白,将质粒 DNA 与外来病毒-酶基因部分联结在一起。这样的表达系统中,细胞转换比率高,而且能表达的外源基因长度长,所以具有很大的应用潜力。Thorey 等人^[14]在转换基因的老鼠胚胎中,表达了大肠杆菌 β -半乳糖苷酶基因。

Wu Suh Chin 等人^[15]用 n-目标理论定量衡量 β -半乳糖苷酶基因的表达情况。感染杆状病毒后的昆虫细胞,其死亡动态很难描述。用 n-目标理论则可以描述细胞的存活率。因为这一理论只涉及到两个因素:假设的细胞钝化目标数 (n),最初的死亡率 (k)。而细胞存活率则受蛋白质表达情况的影响。n-目标理论可以作为一种简便的定量衡量 β -半乳糖苷酶等酶类,在昆虫细胞中表达情况的方法。

除用杆状病毒作为转移载体,在昆虫、人体、动物胚胎等细胞中表达 β -半乳糖苷酶这一生物技术外, β -半乳糖苷酶还可利用其他生物技术进行生产。

Inchaurredo 等人^[16]在完全阿拉伯糖培养基中,培养克鲁维酵母(*Kluyveromyces*)和 *Candida* 酵母产生 β -半乳糖苷酶。在摇床培养阶段,两种酵母间没有明显的差别,酶的组成也类似。在指数生长期,酶水平是一常数,而在减速生长期则增长 1.3~1.8 倍。

沈为群等人^[17]将乳酸克鲁维酵母(*Kluyveromyces lactis*)经高压破壁后,取其粗提液,其中 β -半乳糖苷酶比活力为 5.56 u/mg。经硫酸铵沉淀,丙酮沉淀, PAPMA-Sepharose 4B 柱层析后,乳糖酶比活力达 370 u/mg,纯化了 66.2 倍。酶作用的最适 pH 在 6.4~6.8 之间,最适温度为 40 $^{\circ}\text{C}$, 50 $^{\circ}\text{C}$ 保温 15 min 酶丧失活力 90%。以邻硝基苯- β -半乳糖苷(ONPG)为底物的米氏常数为 2.78 mmol/L。另外,袁劲民等人^[18]将 Asp-537- β -半乳糖苷酶经 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 沉淀, DEAE-生物胶 (BioGel) A 和 FPLC-Superose 12 柱亲和层析后,可将纯度提高 167 倍,酶恢复活力率达 55%。

3 β -半乳糖苷酶的应用

3.1 融合蛋白/基因

融合蛋白是利用蛋白质分子间化学键的作用,将一种蛋白与另一种蛋白融合起来。融合蛋白可用于酶提纯^[19]、免疫^[20,21]等多方面。Dalmia 等人^[19]用曲霉葡萄糖淀粉酶与 β -半乳糖苷酶融合,用淀粉沉淀,再洗脱的方法,从细胞粗提液中提取纯 β -半乳糖苷酶。他们采用带有 C-末端 119 氨基酸的融合蛋白来做实验,这种融合蛋白上有淀粉连接区域

(SBD)。实验表明:40%活性 β -半乳糖苷酶上没有淀粉连接区域,其余的融合蛋白中,每mol β -半乳糖苷酶四聚物上含有1~4个淀粉连接区域。这些融合蛋白中至少含有一个可以被淀粉吸收的淀粉连接区域。融合蛋白用10 mmol/L 麦芽糖糊精(表观粘度为10)或者10 mmol/L β -环状糊精洗脱。SDS-PAGE 凝胶电泳以及 Western 点实验表明:从淀粉中将融合蛋白洗脱出来后,融合蛋白的纯度可以与用常规亲和层析色谱法分离的蛋白纯度相媲美或更好。

融合蛋白还可用于免疫学方面。Philippe 等人^[20]用 β -半乳糖苷酶与人体细胞外淀粉状蛋白前体融合形成融合蛋白,作为 Alzheimer 病的免疫原,并进一步制备其单克隆抗体。Spibey 等人^[21]将 β -半乳糖苷酶作为一种辅蛋白,用来稳定和增加 U_{R5} - U_{R1} 融合蛋白的溶解性,以此作为猫白血病病毒 gp70 的疫苗。

另外,用环状 DNA 将二氢叶酸还原酶基因与大肠杆菌(*E. coli*) β -半乳糖苷酶基因融合,然后在二氢叶酸还原酶启动子作用下,分别在酵母、大肠杆菌中表达融合蛋白。结果表明由融合基因表达的 β -半乳糖苷酶水平,在酵母中为用含有酵母 CYC₁ 基因的 PLG669-Z 基因表达的 β -半乳糖苷酶水平的21%,在大肠杆菌中为39%^[22]。

以上这些都属高级酶工程(advanced enzyme engineer)的范畴,也叫生物酶工程。70年代初 DNA 重组技术的问世,把酶学推进到一个十分重要的发展时期,使酶学的基础研究和应用研究发生着巨大的革命性的变化。而融合蛋白/融合基因技术只是其中的一个小部分而已。不过,透过这一方面酶学研究的进展状况,也可看到生物技术给酶学研究及应用带来的革命。

3.2 其他方面的应用

生物技术使得 β -半乳糖苷酶在其他领域也有了广泛的应用。例如:检测、人工合成、医药等方面。将抗菌性 HIV 病毒基因与 β -半乳糖苷酶基因(LacZ)重组为 HIV-LacZ 基因。这个基因作为诱导基因,在 COS 细胞中产生 HIV-LacZ 缺陷型病毒,最后在 CD4⁺靶细胞中表达 β -半乳糖苷酶。用这一系统,可以定量 HIV 利用循环的早期抑制作用,并预见化合物抗 HIV 的活性^[23]。Stevenson 等人^[24]用商品 β -半乳糖苷酶从乳糖中合成了最优化烷基 β -D-吡喃型半乳糖酶。Wang 等人^[25]则采用微胶囊化技术将 β -半乳糖苷酶胶囊化,用于医药方面。胶囊化的 β -半乳糖苷酶在胃和肠中仍能保持活力。

综上所述,生物技术在 β -半乳糖苷酶的生产、提纯及应用方面都有广泛的应用,而且生物技术给这些领域带来了革命性的巨大变化,使得 β -半乳糖苷酶的研究、应用有了长足的进展。更重要的是,从对 β -半乳糖苷酶的研究、应用中,可以认识到生物技术对整个酶学研究、应用领域产生的极大影响及推动。

参考文献

- 1 王璋编. 食品酶学. 北京:轻工业出版社,1991年
- 2 Burns, Jacqueline K. et al., *Physiol. Plant*, 1994, 90 (1): 37~44
- 3 Kakhana, B. M. et al. *Bul. Acad. Stiinte Repub. Mold. Stiinte Biol. Chem*, 1992 (3): 20~23
- 4 Kim, Yeong Shik et al. *Korean Biochem. J.*, 1993, 26 (7): 602~608
- 5 Golden, Kerith D. et al. *Phytochemistry*, 1993, 34 (2): 355~360

- 6 Byun, Jæ Kyun et al. Han'guk Wonye Hakhoechi, 1993, 34 (1): 46~53
- 7 Pressey, Russell, J. Food Biochem., 1993, 17 (2): 85~95
- 8 Jelen, P., Bull. Int. Dairy Fed., 1993, 289: 54~56
- 9 Ortega-Lopez, J. et al. Biotechnol., Tech. 1993, 7 (11): 775~780
- 10 Ishii, Nozomi. Tokyo Joshi Ika Daigaku Zasshi, 1993, 63 (2): 130~135
- 11 朱国凯等. 生物工程学报, 1992, 8 (1): 34~39
- 12 Kim, Jee Sun et al., Sanop Misaengmul Hakhoechi, 1993, 21 (5): 504~510
- 13 Curiel, Tyler J. et al. Virology, 1994, 198 (2): 577~585
- 14 Thorey, Irmgard S. Dev. Biol, 1993, 519~534
- 15 Wu, Suh Chin et al. Biotechnol. Prog., 1994, 10 (1): 55~59
- 16 Inchaurredo, Victor Andres et al. Process Biochem. (Barking, UK), 1994, 29 (1): 47~54
- 17 沈为群等. 生物工程学报, 1993, 9 (4): 348~354
- 18 袁劲民等. 陕西大学学报自然科学版. 1993, 16 (2): 201~204
- 19 Dalmia, Bipin K. et al. Enzyme Microb. Technol., 1994, 16 (1): 18~23
- 20 Philippe, Barbara et al. Neuro Repont, 1993, 5 (3): 289~292
- 21 Spibey, Norman et al. PCT Int. Appl. Wo 93 23, 544
- 22 Choe, Won Chae et al. Korean J. Genet, 1993, 15 (2): 161~8
- 23 Strair, Roger K. et al. Nucleic Acids Res., 1993, 21 (20): 4836~4842
- 24 Stevenson, David E. et al. Biotechnol. Bioeng., 1993, 42 (5): 657~666
- 25 Wang, X. L. et al. Biomater., Artif. Cells, Immobilization Biotechnol., 1993, 21 (5): 637~646

The Application of Biological Technology to the Studies of β -galactosidase

Liang Lanlan, Peng Zhiying, Ning Zhengxiang

(Biological Science & Engineer Research Center, South China University of Technology, 510641)

Abstract: β -galactosidase is widely used in food industry. The latest applications of biological technology to the product and application of β -galactosidase were prescribed in this thesis. It were as follows: the latest technologies, that β -galactosidase was expressed in cells such as insects, animal embryos ect. with carriers such as virus, had been successfully used in the product field. As well as the biological technologies such as fused-protein, fused-gene were successfully used in the application field. The biological technology would lead to a revolution in the enzyme studies.

Keywords: β -Galactosidase, Biological technology, Enzyme engineer