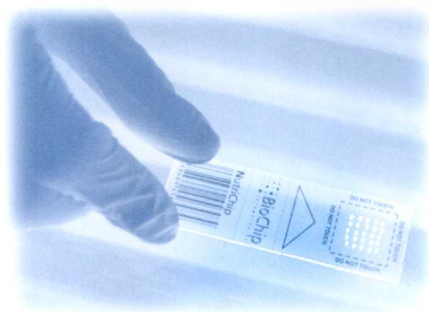


“十一五”国家重点图书出版规划项目



应用生物技术大系

Comprehensive Series of Applied Biotechnology



食品生物技术理论与实践

主 编 姜毓君 包怡红 李 杰

副主编 赵 锋 崔英俊



科学出版社

www.sciencep.com

“十一五”国家重点图书出版规划项目

应用生物技术大系

食品生物技术理论与实践

主 编 姜毓君 包怡红 李 杰
副主编 赵 锋 崔英俊

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是一本介绍生物技术基本理论及其在食品科学中应用的专著。生物技术的迅猛发展已经对食品科学产生了极大的促进作用,因此引起了科学界、产业界和消费者的极大兴趣和关注。本书在介绍生物技术基本理论的基础上,较为全面地阐述了其在食品科学、食品工业生产以及食品安全检测中的应用,并对有关食品生物技术引起的争议进行了客观的分析。全书共分九章,包括:食品生物技术导论,食品生物技术的对象与方法,基因克隆和重组蛋白生产,植物生物技术及其在食品生产中的应用,动物生物技术及其在食品生产中的应用,发酵技术及其在食品生产中的应用,工业化细胞培养及其在食品生产中的应用,生物技术在食品安全检测中的应用,伦理、安全和规范。全书内容深入浅出,循序渐进,语言叙述通俗易懂、简明流畅。

本书可以作为高等院校食品生物技术等相关专业的研究生和本科生的教材及参考用书,食品行业的科研人员也可从本书中获得非常有益的知识。

图书在版编目(CIP)数据

食品生物技术理论与实践/姜毓君,包怡红,李杰主编. —北京:科学出版社,2009

(应用生物技术大系)

ISBN 978-7-03-025627-0

I. 食… II. ①姜…②包…③李… III. 生物技术-应用-食品工业
IV. TS201.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 168938 号

责任编辑:李秀伟 刘 晶/责任校对:邹慧卿

责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009年9月第一次印刷 印张:15 1/2 插页:1

印数:1—2 000 字数:350 000

定价:48.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

自 20 世纪后半叶, 生物技术所取得的巨大成就和进步, 不但使其获得了引人注目的地位, 同时也为医药卫生、农业科学以及食品科学研究注入了大量的新鲜血液, 提供了许多新的思路。生物技术对解决人类所面临的食物短缺、食品安全、健康、资源、经济和人类可持续发展等问题及促进国民经济的发展是至关重要的。人们普遍认为 21 世纪是生物技术的世纪, 生物技术产业将是 21 世纪的支柱产业。

生物技术是由多学科综合而成的一门交叉性学科, 涉及生物化学、分子生物学、微生物学、细胞生物学、免疫学、遗传学和化学工程等, 包括基因工程、细胞工程、酶工程、蛋白质工程、发酵工程等。这五大工程之间是相互依赖、密切联系、难于分割的。现代生物技术的核心是基因工程, 由它带动和推动其他各大工程的发展; 而现代生物技术的基础和归宿是发酵工程和酶工程, 否则就不能获得产品 and 经济利益, 也就体现不了基因工程和细胞工程的优越性。

食品生物技术 (food biotechnology) 是生物技术的一个分支。传统生物技术的发展, 从某种意义上代表了食品生物技术的发展历程, 因此, 食品生物技术同生物技术的关系最为密切。现代食品生物技术是现代生物技术与食品科学技术相互渗透而形成的一门交叉学科。

食品生物技术是生物技术应用在食品科学以及食品原料生产、加工、制造、检测和储藏中的一个学科。现代生物技术的出现, 为改造传统的食品生产, 进行食品深加工, 开发新产品, 提高食品质量和减少营养损失等增添了新的活力。

本书是在系统总结、概括我们多年教学经验和研究成果的基础上, 并借鉴了国内外最新有关资料编写而成的。书中力图在介绍基本理论和基本知识的同时, 将生物技术在食品科学研究和生产中的应用实例呈现在读者眼前, 使广大读者能够掌握和适应食品科学技术进步的新趋势, 为读者开展类似的研究提供分析问题和解决问题的思路和方法。全书共分为九章, 分别由姜毓君 (第一章、第六章 7~8 节、第八章以及第九章)、包怡红 (第二章、第三章、第六章 1~6 节)、李杰 (第四章)、崔英俊 (第五章) 和赵锋 (第七章) 撰写, 由赵锋负责全书统稿和插图。

食品科学是一门非常重要的应用科学。食品工业是国民经济的主要组成部分, 它的发展不仅与人民生活息息相关, 而且也是衡量一个国家经济、科技、文明和社会发展水平的重要指标。生物技术在食品科学和食品工业中的应用还仅仅是个开始。本书的出版, 得到了国家“863”计划项目 (2008AA10Z311)、国家科技支撑计划项目 (2006BAD04A08、2009BADB9B06) 和东北农业大学创新团队项目 (CXT007-3-2) 等课题的资助, 在此表示衷心的感谢。尽管我们力图在本书的编写过程中注重系统性、实践性和前沿性, 但是由于学术水平、研究经验和写作能力所限, 书中难免有错误和不妥之处, 希望广大读者不吝赐教。

编 者

2009 年 7 月于哈尔滨

目 录

前言

第一章 食品生物技术导论	1
第一节 食品生物技术概述	1
第二节 食品中的 DNA 重组技术	3
一、概述	3
二、转基因植物	5
三、转基因动物	7
四、转基因微生物	8
第三节 食品微生物技术	9
第四节 食品生物技术检测	10
第五节 食品生物技术与食品安全	11
一、食品生物技术的争议	11
二、食品安全	12
参考文献	13
第二章 食品生物技术的对象与方法	15
第一节 细菌	15
一、概述	15
二、细菌的增殖	15
三、细菌的生理多样性	17
四、细菌的遗传学	18
第二节 真菌	21
一、概述	21
二、真菌的应用	23
第三节 病毒	25
第四节 遗传信息的传递	27
一、DNA	27
二、真核生物的转录和翻译	29
三、多肽的翻译后修饰	29
四、生物技术与基因的相关性	30
第五节 基因工程技术	30
一、核酸的纯化	30
二、凝胶电泳	30
三、印迹和杂交	31

四、DNA 测序	32
参考文献	32
第三章 基因克隆和重组蛋白生产	34
第一节 概述	34
第二节 基因克隆一般过程和主要工具	35
一、限制酶	36
二、质粒载体	37
第三节 互补 cDNA	41
第四节 聚合酶链反应	42
一、概述	42
二、PCR 扩增的机制	42
三、PCR 技术的不足	44
四、PCR 技术的衍生类型	44
第五节 pUC 载体	45
第六节 噬菌体载体	47
一、Lambda 载体	47
二、柯斯质粒载体	48
第七节 人工染色体与亚克隆	50
第八节 重组凝乳酶	50
一、凝乳酶与干酪的制作	50
二、重组凝乳酶与包含体	51
三、用酵母的重组体生产重组蛋白	52
第九节 重组牛生长激素	53
参考文献	54
第四章 植物生物技术及其在食品生产中的应用	56
第一节 概述	56
第二节 植物组织细胞培养	58
一、植物生长调节	58
二、离体生活周期	58
三、离体繁殖	59
四、植物组织培养与传统植物育种	60
第三节 转基因植物的培育	62
一、概述	62
二、培育转基因植物的过程	64
三、植物转化系统	66
第四节 转基因植物在食品生产中的应用	73
一、转基因抗虫	73
二、转基因抗病	75

三、除草剂抗性	77
四、延迟成熟	78
五、高品质大米	81
第五节 发展中的转基因植物	84
一、农艺学性状	84
二、贮存蛋白	85
三、抗营养物和其他非期望的物质	85
四、面包生产中重要的蛋白质	88
五、淀粉质量	88
六、甜味剂的替代品	89
七、维生素与植物化学物质水平	89
八、过敏原的减少与消除	90
参考文献	91
第五章 动物生物技术及其在食品生产中的应用	93
第一节 概述	93
第二节 转基因动物的培育方法	95
一、显微注射法	95
二、逆转录病毒载体法	96
三、精子载体法	96
四、胚胎干细胞介导法	97
五、体细胞核移植法	98
第三节 转基因动物及其应用	98
一、转基因鱼	99
二、转基因哺乳动物	104
三、转基因家禽	112
第四节 克隆技术及其应用	115
一、概述	115
二、克隆的基本技术程序	118
三、克隆技术的应用价值	121
四、克隆技术存在的问题	123
五、克隆技术对人类社会的影响	125
第五节 胚胎干细胞的研究	126
一、无胚胎化成熟体细胞克隆技术	127
二、成年干细胞与人体组织和器官培养	128
三、发育主导基因与组织和器官培养	129
四、胚胎干细胞研究面临的问题与展望	133
第六节 转基因生物与食品安全	134
参考文献	137

第六章 发酵技术及其在食品生产中的应用	141
第一节 概述	141
第二节 啤酒酿造	142
一、概述	142
二、麦粒发芽	144
三、捣碎	145
四、初次发酵	146
五、二次发酵	148
六、代谢抑制的改善	149
七、高密度的发酵	150
八、联乙醚的消除	150
第三节 发酵乳	151
一、发酵剂	152
二、噬菌体污染	153
三、乳酸菌的重组	154
第四节 氨基酸的生产	156
一、概述	156
二、微生物的选择	157
三、脯氨酸的生产	160
四、谷氨酸的生产	160
五、天冬氨酸的生产	162
第五节 微生物酶的应用	163
一、概述	163
二、淀粉酶	164
三、脂肪酶	167
四、多聚半乳糖醛酸酶	169
第六节 微生物多聚糖的生产	169
一、概述	169
二、复合多聚糖	170
三、黄原胶	171
第七节 柠檬酸与维生素的生产	173
一、柠檬酸的生产	173
二、维生素的生产	174
第八节 发酵技术的潜在问题与趋势	175
参考文献	176
第七章 工业化细胞培养及其在食品生产中的应用	177
第一节 大规模细胞培养	177
第二节 影响大规模细胞培养的环境因素	178

一、氧气	178
二、pH	182
三、温度	182
四、营养供给	183
第三节 生物反应器的类型	186
一、搅拌型生物反应器	186
二、连续培养型生物反应器	188
三、固定床反应器	190
第四节 下游加工处理	193
一、下游加工处理的重要性	193
二、细胞裂解	194
三、悬浮细胞的分离	194
四、产物的收集	196
参考文献	197
第八章 生物技术在食品安全检测中的应用	198
第一节 食品安全检测的迫切性	198
一、全球食品安全状况	198
二、危害分析的关键控制点	200
三、非病原体的检测	202
第二节 生物检测技术	203
一、核酸探针	204
二、聚合酶链反应技术	206
三、DNA 芯片与微阵列技术	208
四、抗体检测系统	209
五、荧光检测技术	217
六、生物传感器检测技术	218
参考文献	221
第九章 伦理、安全和规范	223
第一节 概述	223
第二节 消费者的观点和食品生物技术	224
第三节 转基因作物的安全评估和规范	226
一、评估方法	226
二、实质等同性原则的争议	227
三、新基因的风险评估	228
四、转基因食品标注的意义	230
五、检测评估的标准	231
六、生物技术和发展中国家	231

第四节 食品生物技术的未来	232
参考文献	233
附录	234
转基因食品卫生管理办法	234

第一章 食品生物技术导论

第一节 食品生物技术概述

民以食为天，这是亘古不变的真理。随着经济的快速发展，人们的生活水平也逐渐提高，从而对食品的要求也越来越高。食品工业是世界各国经济的重要组成部分，并且其发展依赖于技术的进步，而食品加工技术的发展是 20 世纪科学的主要进展之一。在发达国家，由于生物技术的发展提高了在培育、储藏和加工动植物食品方面的能力，因此人们在任何时候都能够享受极为丰富的新鲜或加工过的食品。而在发展中国家，粮食产量的增加一定程度上缓解了人口增长的压力，这主要归功于育种方法的改进。

然而，着眼于全球，当今的食品加工技术依然存在着缺点。在工业化国家，食品的生产严重依赖于燃料，几乎所有的工业化产品都需要消耗燃料，如杀虫剂和化肥（生产化肥需要消耗大量的能源，这些能源通常来自于矿物燃料）。在发展中国家，不管如何努力提高粮食生产效率，饥饿和营养不良的现象仍然随处可见。一方面，全世界的耕地面积日益减少，庄稼面临着污染和盐化的威胁；另一方面是人口持续增长，虽然过去 20 年来人口增长的速度已经大幅度地减缓，但对人口发展趋势的普遍预测是人口会一直增长下去，这种趋势在发展中国家尤为明显，因此，如何提高粮食生产以应对人口的增长，是未来要面临的挑战之一。

从目前来看，食品技术仍存在着许多问题，这些问题关系到食品向高价值产品的转化过程。在世界上许多地方，食源性疾病的发生率呈现上升的趋势，其中有一部分归因于食品加工体系过于复杂。越来越多的消费者相信天然食物有利于身体的健康，在某种程度上这种观点有一定道理，但是其中也存在着威胁健康的隐患，而且这也在一定程度上促进了食源性疾病的发生。未经高温消毒的苹果酒中的埃希氏大肠杆菌 O157:H7 引发的感染，正是这种现象的一个例证。现在的消费者已经意识到食源性病原体对健康的威胁，而且更为关注农药残留对健康带来的潜在危害。

生物技术能在一定程度上解决这些问题。食品生物技术的突破促进了农业体系的发展，提高了农业生产的效率，并且增强了农业体系的持续性，减少农业体系对农药和化肥的依赖。本书的目的旨在加强读者对这种能够改善食品生产体系的方法的理解。举例来说，DNA 重组技术（一种直接改变生物体基因结构的方法）已经为谷物、棉花和土豆的生产者提供了代替杀虫剂来控制害虫的方法。将 DNA 从细菌转移到植物，这种方法在 40 年前还不可想象，但现在已经成为改良植物生长的关键技术。苏云金芽孢杆菌（*Bacillus thuringiensis*）产生的毒素蛋白能够杀死特定的几种害虫，当将编码这种毒素蛋白的基因转移到植物，从而使其成为转基因植物时，这种转基因植物就对某些特定的昆虫变得有毒，从而起到保护植物不受害虫侵害的作用。这种技术也能够用来改善农作物的营养品质并使其更易于加工（例如，改变小麦的高分子麦谷蛋白的特性，能够提高

干面团的酵力)。

利用生物技术能开发出更有效的监测体系,可以更容易地检测出食品中的食源性病原体和毒素,从而使食物更为安全。微生物在食品工业中扮演着一个重要的角色,而且在食品加工中显得越发重要。从细菌和真菌中能够获得多种有用的酶、氨基酸和多糖,它们在食品工业中的应用正在逐步增加。

但是食品生物技术同样引起了诸多争议。消费者(尤其在欧洲大陆及英国、日本)对于转基因作物的安全性心存疑虑。许多消费者和环保组织相信转基因作物对人类和环境有潜在的危险,并且认为政府部门对转基因作物的评估还不够。另外,也有许多人认为食品生物技术仅仅对那些大公司的发展有利,而对普通大众没有什么好处。而且,反全球化的激进人士热衷于将食品生物技术作为攻击的目标,认为它是剥削发展中国家的一种手段。

1999年的秋天,有研究发现在玉米外壳和其他几种供人类消费的作物中存在大规模的“Starlink™”谷物污染。这种作物的一个基因能够产生抗欧洲玉米钻心虫的毒素,而欧洲玉米钻心虫对农作物有非常强的破坏力。但这种作物不允许为人类食用,不过它可以用来作为动物的饲料。限制这种玉米作为食品的原因是其中的蛋白质可能会引起一些人类的过敏反应,而引起过敏的原因可能是对消化酶的一些抗性作用。最后的结果是使一些公司蒙受了巨大的经济损失,而人们对于食品生物技术的不信任也开始加剧。

Starlink事件过去后不久,瑞士的生物技术学家宣布已经开发出一种称为“金米”的稻米,这种稻米比普通稻米含有更多的 β -胡萝卜素,人体可以利用胡萝卜素合成维生素A。维生素A缺乏症在发展中国家广泛存在,并且会引起非感染性夜盲症。这种缺乏症的普遍原因是将稻米作为唯一的主食,因为对于居住在极度贫困地方的人和南亚的贫苦农民来说,稻米是他们唯一能够获得的食物。

“金米”对于维生素A缺乏症的效用还不确定,况且它也不是解决世界营养不良问题的永久方法,但是它将会使世界一些贫穷地方维生素A的营养水平得到改善。一些生物技术公司很快把“金米”作为生物技术对于人类社会有潜在好处的一个例子而大肆宣扬。这种将“金米”作为宣传工具的做法遭到了公众和“金米”开发者的批评。“金米”的开发途径与那些商业转基因作物不一样,开发的基金来自于瑞士政府和一个美国的基金组织(洛克菲勒基金)。“金米”的开发者一直允诺发展中国家的农民可以免费获得“金米”的种子,而且他们也不会为这种转基因作物寻求知识产权。相反,像Monsanto这样的公司却成功地为其开发的转基因作物取得了专利权。美国和加拿大的大量关于争夺专利权的案例也从侧面说明了生物技术公司认为转基因作物的知识产权非常重要。

大多数的消费者对于生物技术的应用持矛盾的态度。许多调查也发现消费者有误解生物技术本质的趋势。例如,在大洋洲,一份涉及2000人的调查报告显示,大多数人对于食品生物技术的危害和益处还不甚清楚,然而他们却感觉危害远远大于益处。因此,消费者对于生物技术进入到食品工业存有疑虑,但是这种担心不是基于专业知识的。其他国家的消费者也持有类似的心态。公众对于生物技术虽然存有敌意,但仍有转变态度的可能。为了鼓励这种转变,生物技术工业需要使消费者相信生物技术能够改善他们的生活,并且对环境和人类健康没有任何威胁。

实际上,大多数消费者没有重视食品生物技术的那些无争议的方面,像来自微生物的食品添加剂(如黄原胶)和基于DNA的检测技术。这些生物技术对于消费者和环境没有危险,而那些反对生物技术的激进团体常常忽视它们也是一种生物技术(罗云波和生吉萍,2006;罗琛,2000)。

本书的主要目的是使读者对食品生物技术的各个方面进行了解。有必要的話,读者可以通过其他更为专业的读物致力于技术细节的研究。书中通过大量的实例说明了生物技术的危害和益处,并且将全面剖析围绕着食品生物技术的争论。

第二节 食品中的DNA重组技术

一、概 述

由于生物技术是一个很宽泛的概念,所以很难对其精确地定义。然而,在食品的应用中,生物技术通常能用以下几条来描述:

第一,直接改变动物、植物或者微生物的DNA(即众所周知的“基因改良生物体”,或者称为GMO);

第二,作为食品或食品添加剂的微生物或微生物产品;

第三,与食品工程相关的微生物或微生物产品的DNA或蛋白质水平的检测和鉴别方法。

这并不是唯一的描述,许多植物的传统培育一般也被认为是生物技术的过程。例如,植物的培育者常常将植物与其野生亲缘植物杂交来获得新的杂交植物,而杂交后的植物具备有用的新特性。这个过程需要利用多种细胞技术,所以这种技术被认为是生物技术方法。

微生物在农业中的直接应用越来越普遍。例如,根瘤菌(*Rhizobium*)是一种能够将大气中的氮气转到某种植物中的细菌,通常将其转接到种子上,能够减少植物对肥料的依赖性。对害虫和杂草的微生物控制方法也越来越普遍。

功能性食品和营养品有时也被认为是生物技术的一部分。功能性食品通常被定义为可提供超过一个正常人基本营养需求且对健康有益处的食物。营养药品有时被定义为在保健食品中的特殊成分,它们有促进健康的效果。然而,更为常见的是,“营养药品”这个词局限于那种能够改善健康并且能以纯化方式(如以药片的形式)销售的食物成分。因为保健食品经常是通过传统农业正常的非转基因植物生产的,它们不涉及其他形式的食品生物技术,因此,它们不在本书的讨论范围之内。许多维生素有促进健康的效用(如抗氧化作用),也属于功能性食品范畴,然而,用来提高维生素含量的DNA重组技术毫无疑问是食品生物技术,它与维生素的传统生产方式截然不同。食品中含有许多可促进健康和预防疾病的成分,许多生物技术研究者对采用DNA重组技术提高这些成分的含量十分感兴趣。

DNA重组技术的重大突破是基因克隆。这意味着可以单独处理从生物体的染色体组(生物体中全部的基因信息)提取的某个目的基因。在第三章我们将讨论具体操作的细节,但一般来说,通常是将一个基因片段转移到载体上来进行基因克隆

(图 1-1)。载体可以将 DNA 片段从一个生物体转移到另一个生物体。质粒是最常用的载体，它是小的环状双链 DNA，并且可以在宿主细胞内进行复制。一个质粒载体插入到一个细胞中，则这个细胞包含目的基因，并且能够与其他含非目的基因的细胞相分离。

基因克隆可以对一个基因序列和特性进行细致的研究，并且它也能将一个基因转移

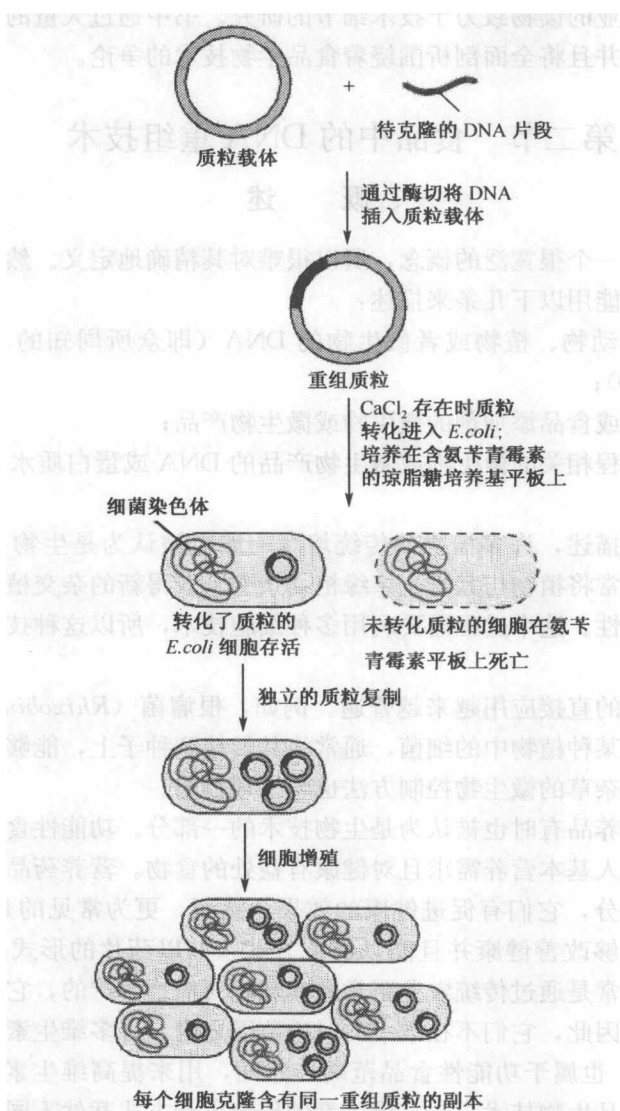


图 1-1 将 DNA 片段克隆到质粒载体的一般过程 (Primrose and Twyman, 2006)

质粒含有复制起点和氨苄青霉素抗性基因（未示出）。高浓度 CaCl_2 能够刺激质粒进入 *E. coli* 细胞，但转化率很低，其中有一些细胞转化了单个质粒分子；未转化质粒的细胞在含氨苄青霉素的培养基中死亡。进入宿主细胞后，质粒的复制不依赖宿主细胞的染色体。转化细胞增殖成一个克隆群落，每个子代细胞至少遗传分配到一个质粒

到多种生物体内。因此,从一个细菌分离出的基因可以转移到其他的细菌、植物或动物中去。在某些情况下,基因转移相当容易;而在另一些情况下(例如,将一个基因转移到多细胞动物中)则较为复杂和具有挑战性。分子生物学的一个作用就是将特殊基因从一个生物体转移到另一个生物体中,不受配伍禁忌(动物的繁殖是在同一种属间进行)的限制。

基因克隆的基本技术是20世纪70年代中期发展起来的。基因转移的直接产物是重组体,因为转移后的染色体含有其他生物体的DNA,此过程称为基因工程,用特殊的媒介得到的产物称为基因改良生物体(GMO)。本书中“GMO”总体上是指通过DNA重组技术改良的生物体(植物、动物和微生物),而“转基因植物”、“转基因动物”和“转基因微生物”是GMO的特殊形式。

二、转基因植物

大约11 000年前,人类开始耕种作物并且驯养动物。同时他们可能也开始繁殖培育动植物。繁殖培育是一个简单的基础过程,上一代的显性特征传给子代(对于植物,通常是授粉方式),具有这种特征子代经过选择然后繁殖。这是个持续的过程,一直持续到获得想要的改良作物为止。

对于作物改良如增产和抗病,繁殖培育仍然是一个有效的方法。这个特点对于食品加工者和营养学家都非常重要,前者关心土豆中蔗糖的含量等,后者关心胡萝卜中的 β -胡萝卜素含量等。然而,这种方法的主要缺点是无法调控自然繁殖中的基因混杂。当一个花粉颗粒细胞核传授给一个卵细胞的细胞核时,这个花粉颗粒细胞核的所有染色体与卵细胞细胞核的所有染色体混杂。许多情况下不需要的特性与需要的特性会一起转移到卵细胞中。20世纪70年代中期,植物学家很快认识到DNA重组技术可能会带来植物培育的革命。培育者不再仅仅依赖于在其他培育变种或相近种属中寻找新特性,而是也从其他的生物体中转移基因使植物获得需要的特性。此外,DNA重组技术能够避免传统培育过程中遇到的大量基因混杂的问题。在DNA重组技术中,只有目的基因和一两种其他的基因能够被转移到植物中,这确保了在基因转移过程中有价值的性状不容易丢失。第一篇关于转基因的论文发表于20世纪80年代初,而一些公司在90年代初向转基因植物商业化迈出了第一步。

转基因作物已经受到了公众的高度关注,并且一直处于争议之中。1994年以来,美国生产商已经公布了51种转基因植物变种,大多数是1995~1998年间公布的(图1-2),并且大多数为生产商带来了利益。它们具有对除草剂的抗性,含有能够产生对害虫有毒力作用的毒素蛋白基因,或者对作为植物病原体的病毒有抗性(表1-1)。相对地,这些公布的植物中除了晚熟变种以外,只有极少数与消费者直接相关。晚熟番茄有两个潜在的优势:具有很长的成熟期,没有伴随着藤蔓成熟而发生的软化;由于降低了果胶质的分解率,从而提高了固体物质的含量。第一个特性有利于成熟番茄的运输,第二个则有助于改善番茄的口感。

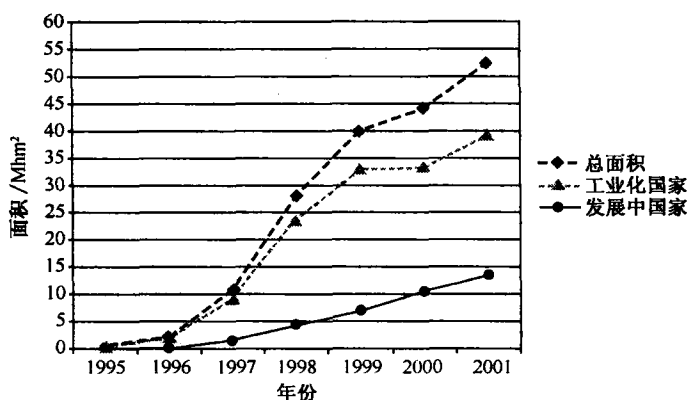


图 1-2 世界上转基因作物的面积 (James, 2001)

表 1-1 截至 2000 年已经商业化的生物技术作物 (Krueger, 2001)

国家和地区	批准的生物技术作物数量	国家和地区	批准的生物技术作物数量
美国	51+	阿根廷	3
加拿大	38+	澳大利亚	3
日本	30+	巴西	1
欧盟	12	俄罗斯	1
墨西哥	3	印度	1

随着生物技术的发展,公布的转基因作物的数目还会增加,并且对于食品工业和消费者来说转基因植物会带来直接的好处(表 1-2)。现在,这样的转基因植物之所以很少,原因之一是改良目标无论是以有利于生产加工或是以满足消费需求为目的,往往都存在技术难题,很难实现。例如,抑制豌豆或其他豆科植物中脂肪氧化酶(lipoxygenase, LOX)的活性可以改善其风味和香味。然而,这样做可能会导致植物对诸如昆虫攻击等各种类似刺激的抵抗能力的降低,因此这样的改良必须是在对其实质有着全面了解的前提下方能进行。

表 1-2 1994~2000 年间在美国已经商业化的转基因作物中引入的特性 (Perry, 2002)

特性	数量	特性	数量
抗除草剂	23	抗病毒	3
抗害虫	14	改良脂质组成	2
不育/多产	8	提高营养水平	1
晚熟	6		

注:一些转基因作物具有一种以上的新特性。

世界上只有少数作物是通过 DNA 重组技术改良的。水稻和小麦的品种改良尤其困难,原因之一是它们很难在试管内栽培。然而,近年来技术的进步已经使对水稻和小麦的品种改良相当简单方便,在未来 5 年中重组水稻和小麦的产量可能会增加。在大众能够广泛接受转基因植物之前,转基因作物的商业化发展(如大多数蔬菜)前景还不够乐观。

重组作物在生产实践中已经相当普遍。每年美国农业部(USDA)的经济资源部(ERS)都会对随机抽选的农民进行调查。调查指出,1996~2000年重组作物的耕种面积逐年扩大,有些重组变种接近总面积的50%(如抗杂草的大豆)。抗昆虫和抗杂草作物的耕种尤其成功,这是因为它能减少用于控制害虫和杂草的农药支出。

在北美洲,实现转基因作物的大规模种植意味着大部分用于食品加工的玉米、大豆和油菜是转基因作物。然而,只有几种转基因作物(一些抗昆虫玉米和抗杂草大豆的品种)允许作为食品出口到欧洲。一些在北美洲种植的转基因作物必须采取隔离措施,这就是众所周知的作物隔离制度。这对于某些商品(如美国的大豆)则很难做到,因为转基因植物引进之前并不需要隔离制度。因此,强制执行各品种的隔离体系将是一个成本极高的过程。尤其在Starlink事件之后,许多农民担心隔离制度会阻碍转基因作物的国际贸易。除非全球的消费者对于转基因作物的不信任的现状得到改善,否则将来转基因作物污染问题可能阻碍转基因作物商品的出口。2001年7月,欧盟出台了一部管理转基因作物使用的法规,规定了任何转基因产品含量超过1%的食品必须注明其中含有转基因作物。因此,在运输过程中即使非转基因作物的商品中含有很少一部分转基因种子也可能引起麻烦。

在欧洲,直到2002年也没有新的转基因植物的许可。尽管欧盟即将推出新的转基因品种核准办法,但在短期内欧洲转基因作物的种植面积依然不太可能大规模增长。而且,反生物技术激进团体在欧洲比北美更具影响力,公众对转基因食品对人类和环境的安全性还有疑虑。但在英国,虽然对转基因作物的反对声音仍然广泛存在,公众对转基因作物的态度却已经有了明显的转变。

三、转基因动物

相对于转基因植物在商业上的成功,转基因动物的匮乏有几个方面的原因。首先,许多作物都有容易确认的优点(如玉米和玉米螟),可以通过改变单独的基因来解决(如编码对玉米螟有毒的蛋白质的基因),但这样简单的问题在动物生产体系并不常见。举例来说,饲料转化率(动物将饲料转为体内组织的能力)对动物生产体系非常重要,如果动物用少量的饲料就可以增重,生产者就可以节约大笔费用。不利的是,许多因素影响饲料转化率,用改变单个基因的办法来解决是不现实的。加大给予动物(如猪)的生长激素量以提高饲料转化率的办法,也会影响到动物的健康(如骨骼生长异常),但转基因鱼例外。生长激素水平提高的转基因鲑鱼(大麻哈鱼),比非转基因鱼成长快很多,而且没有副作用。然而,在渔场里饲养转基因鱼,很难预防它逃逸到环境中,如果与野生型鲑鱼群杂交,可能会减弱全体的适应性。其实转基因鱼通常是不育的,并不能与野生型鱼杂交。但是不管有怎样的保护措施,转基因鱼的安全性仍然处在争议之中。

英国研究者对克隆羊(多莉)的广泛宣传,让人们开始关注用转基因动物制造人类蛋白质的可能性,如有医疗作用的 α_1 抗胰蛋白酶(α_1 -antitrypsin)。这种“分子药物”将可能是转基因动物的第一种商业用途,这种用途是属于农业还是属于食品仍在讨论中。但是,无论转基因动物的分子药物成功与否,它将对转基因动物在传统农业的发展