



教育部高等学校轻工与食品学科教学指导委员会推荐特色教材

食品工业生态学

张文学 主编



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高等学校轻工与食品学科教学指导委员会推荐特色教材

食品工业生态学

张文学 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

本书用工业生态学的观点和方法系统地研究食品工业过程与自然环境的相互协调关系。全书共分9章,主要介绍食用材质的生态化和生态工程食品,食品加工过程、食品包装储运过程、食品市场营销过程、食品生产者与销售者责任的延伸及消费过程、食品产业能源利用的生态化,食品工业副废物的综合利用,生态食品工业园区的建设和发展等内容。

本书可作为高等院校食品科学与工程专业研究生及本科生的特色课程教材,也可供从事食品工程、生物化工、生物技术、环境工程等相关领域的科研人员、企业管理人员以及非食品工程专业的高校师生作为参考书学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

食品工业生态学/张文学主编. —北京:化学工业出版社, 2006.5

教育部高等学校轻工与食品学科教学指导委员会推荐
特色教材

ISBN 7-5025-8652-0

I. 食… II. 张… III. 食品工业-生态学-高等学校-
教材 IV. TS201.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第043703号

教育部高等学校轻工与食品学科教学指导委员会推荐特色教材

食品工业生态学

张文学 主编

责任编辑:赵玉清

文字编辑:温建斌

责任校对:蒋 宇

封面设计:潘 峰

*

化学工业出版社
教材出版中心

出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市振南印刷有限责任公司印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 15¼ 字数 413千字

2006年6月第1版 2006年6月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-8652-0

定 价:33.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

本书编委会

主 编：张文学 四川大学

编 者：（以姓氏笔画为序）

王文贤 四川大学

石 敏 贵州凯里学院

刘学文 四川大学

肖 凯 四川大学

张文学 四川大学

罗爱民 四川大学

胡 承 四川大学

贾丽蓉 四川大学

主 审：胡永松 四川大学

前 言

从我的大学毕业论文实践开始,环境保护及污染治理就已经给我日后的工作和学习生涯定下了基本的格调,之后我的工作和学习也大多与减少工业生产过程对环境的影响及有效地处理终端废弃物相关。随着清洁生产、绿色化学、生态农业等新思维在我国的逐渐兴起和普及,使我对资源综合利用的生态化生产方式产生了浓厚的兴趣。1993年赴日研修及其攻读博士学位后,开始接触到工业生态学的思想理念,在日本水处理专家木田建次教授的指导下,主要围绕着酿酒废液的减量化和资源循环利用开展了大量基础研究和应用普及工作,参与编译的《日本中小企业有机废弃物的综合利用》(英文版资料)在马来西亚出版发行。1999年底回国后,受到绿色化学皮革专家张明让教授、生态化酿酒工业专家胡永松教授的极大影响,萌发出将工业生态学的思维方式贯穿到食品生产全过程的想法,并形成了《食品工业生态学》的编写轮廓。在2000年,四川大学与日本熊本大学共同发起成立了“四川-九州中日酿造技术与食品学术研究促进会”,并于2000年7月、2002年8月、2004年12月,在日本生物工学会、日本酿造协会、日本九州产业促进会以及四川省绿色食品协会、四川省食品发酵学会的支持下,以“酿造、食品及环境”为主体,分别在中国成都和日本熊本成功举办了三次具有一定规模的地方性国际学术研讨会。与会专家学者带来的有关食品及酿造领域生态化生产的研究成果及实践应用实例,不但使本书的编写大纲逐渐清晰,也增强了我们最终编写出书的决心。

工业生态学作为一门新兴学科,虽然历史很短,但对世界各国的影响很大,先进国家在医药、化工、酒精、食品等制造及加工行业也取得了一些显著的成绩,20世纪90年代以来,工业生态园在不少国家都得到了发展。我国虽然在制糖、酿酒行业做了一些尝试,但在生态工业建设方面的理论准备和实践运用上仍然显得非常不足,特别在食品工业生态方面,既没有专门的介绍书籍,也未见到较全面的实践应用。鉴于此,从更好地把生态学思想贯穿到食品生产、加工以及消费、还原的全过程,培养更多具有生态食品产业思维的食品工程专门性人才的角度出发,我们在研究生课程中开设了《生态食品工程学》课程,并也在本科生教学计划中以特色课程的形式开出了《生态食品工程学概论》。根据在食品科学与工程专业以及生物技术专业研究生、本科生的初步实施情况来看,学生对本课程(或讲座)的设置反映情况较好,并迫切需要有一本正式教材的诞生。有幸的是,我们的编写申请工作得到了教育部食品科学与工程专业教学指导分委员会的审查认可,使我们获得了《食品工业生态学》特色教材的编写机会。

本教材尝试用工业生态学的观点和方法系统地研究食品工业过程与自然环境的相互协调关系,力求从食品资源的产生、食品制造与加工、食品的储存及运输、食品的包装和销售等各个环节(构成食品工业生态链),探讨工业生态系统的物质循环、能量流动、信息传递规律及系统构成,在环境保护以及清洁化生产理念的基础上更进一步,树立无环境污染、高效有序的生态型食品产业思维模式,以期培养更多在食品生产过程中重视食品资源再生及综合利用以及强调以人为本的新型高级技术人员和管理人才。

本教材的教学重点不在于灌输工业生态学的理论知识,而是强调在食品生产设计、食品生产管理和食品消费还原全过程中生态化思想的运用,强调在食品生产全过程中贯彻以人为本的基本原则。本书可作为高等院校食品科学与工程专业研究生及本科生的特色课程教材,也可供从事食品工程、生物化工、生物技术、环境工程等相关领域的科研人员、企业管理人

员以及非食品工程专业的高校师生作为参考书学习使用。

在本教材的编写过程中，得到了教育部食品科学与工程专业教学指导分委员会的大力支持，得到了化学工业出版社的热情鼓励，四川大学为本书的编写工作提供了经费资助，日本国立熊本大学木田建次教授、四川省食品发酵学会名誉理事长胡永松教授也曾提出了宝贵的意见和建议，作者的亲人唐兰女士长期以来对作者的科研和教学工作也给予了全心全意的支持和鼓励，在本书出版之际，对于以上各方的支持与帮助，谨致以衷心的感谢。

同时，我也真诚地感谢积极参与本教材编写及资料整理的各位老师和同学，正是由于大家对“食品工业生态学”学术理念的执着探索和相互协作，才使得本教材的编写工作得以顺利完成。当然，由于我们的理解和编写水平有限，加之时间仓促，本书的编写内容难免有不少不尽如人意之处，殷切希望更多的工业生态学专家、学者以及食品生态工程领域的有志之士能给我们提出更多的宝贵意见和给予指导，以使我们通过对本书的不断修订和再版，使食品工业生态学的理论和实践应用成果能得到充分的体现和进一步发扬光大。

张文学

2005年10月30日

目 录

1 绪论	1
1.1 食品工业生态学概述	1
1.1.1 食品工业生态学及生态食品工程学的基本概念	1
1.1.2 生态型食品的产生与发展	2
1.1.3 各类生态型食品的特性	4
1.2 生态食品工业体系的形成及食品工业生态学理论基础	6
1.2.1 食品生产技术的进步及其发展趋势	6
1.2.2 工业生态学思想的形成与发展	10
1.2.3 食品工业生态学的理论发展与实践应用	12
1.3 生态食品工业体系的建设与发展趋势	16
1.3.1 食用材质选用的合理化与产品设计	16
1.3.2 新技术在食品生产中的高度应用	21
1.3.3 食品生产过程的最优化与生产条件的改良	24
1.3.4 信息技术与自动化管理	26
1.3.5 节能技术及副废物的资源化	28
1.3.6 品牌效应及生态化营销	30
参考文献	33
2 食用材质的生态化和生态工程食品	34
2.1 生态工程食品的基本设计原则	34
2.1.1 生态性食用材质的选用与食品的安全性	34
2.1.2 材质的耗用对自然生态的最小破坏	36
2.1.3 食品的营养功能性与食用材质的高效利用	38
2.1.4 预处理过程的生态化	39
2.1.5 食品消费的废物最小化和资源再生	41
2.2 发酵食品	43
2.2.1 天然发酵食品	43
2.2.2 纯粹培养发酵食品	45
2.2.3 纯种培养发酵食品	46
2.2.4 其他可食用发酵产品	47
2.3 仿生食品	49
2.3.1 微生态制剂	49
2.3.2 微量元素富集食品	51
2.3.3 固定化酶加工食品	52
2.4 再生性资源食品	53
2.4.1 单细胞蛋白食品	53
2.4.2 发酵转化食品及饮料	55
2.4.3 酶降解食用材质	56
2.5 民族地区性食品	60
2.5.1 民族地区性食品的生态性特点及类别	60

2.5.2 民族地区性食品的生产现状及开发意义	61
2.5.3 一些代表性的民族地区性食品	63
参考文献	66
3 食品加工过程的生态化	68
3.1 生产现场设计的生态化要求	68
3.1.1 食品生产现场选址时的生态化基本要求	68
3.1.2 照度与采光	68
3.1.3 音响与振动	70
3.1.4 温度与湿度	72
3.1.5 空气洁净度	74
3.1.6 人、物密度	75
3.1.7 人流、物流的有序度	76
3.1.8 相关设施配套建设	76
3.1.9 相关环境建设	78
3.2 食品生物工程和高新技术的应用	78
3.2.1 在线非破坏检测技术	78
3.2.2 生物传感器技术	81
3.2.3 超微粉碎及纳米技术	85
3.2.4 酶催化技术	89
3.2.5 现代发酵技术	91
3.2.6 超临界流体萃取技术	93
3.2.7 膜分离技术	95
3.2.8 真空冷冻干燥技术	97
3.2.9 微胶囊造粒技术	99
3.2.10 其他高新技术	102
3.3 生产过程最优化控制	103
3.3.1 生产方法的效益化	104
3.3.2 工艺流程的合理化	104
3.3.3 生产条件的现代化	108
参考文献	109
4 食品包装储运过程的生态化	111
4.1 包装储运过程的生态化原则	111
4.1.1 保证食品质量物流体系的建设	111
4.1.2 物流体系中污染和有害物散发的控制	113
4.1.3 难降解包装物及容器的不开发和不使用	116
4.1.4 瓶、罐、纸盒等废品再生利用系统的构成	116
4.1.5 包装储运资源的有效利用和食品的分量筹划	119
4.2 包装储运新技术的利用	121
4.2.1 气调保鲜与储存	121
4.2.2 冷链系统构成及储运技术	123
4.2.3 食品的绿色包装	124
4.2.4 可食用膜技术	126
4.3 包装储运过程的管理	128
4.3.1 食品包装的装潢设计	128

4.3.2	食品品质的管理与监控	130
4.3.3	物流对食品工业的制约	131
4.3.4	包装储运过程的非物质化	132
参考文献		134
5	食品市场营销过程的生态化	136
5.1	市场营销的基本概念与生态化思维	136
5.1.1	市场营销的含义	136
5.1.2	市场营销的基本观念	136
5.1.3	营销观念的新发展	137
5.2	生态化营销战略的形成	140
5.2.1	生态化营销的定义和特点	140
5.2.2	生态化营销兴起的缘由	141
5.3	生态化营销战略的发展	146
5.3.1	食品企业树立生态化营销观念的必要性	146
5.3.2	食品企业生态化营销的现状	148
5.3.3	食品企业的生态化营销策略	149
参考文献		156
6	食品生产者、销售者责任的延伸及消费过程的生态化	157
6.1	生产者、销售者责任的延伸及生态化消费的倡导	157
6.1.1	延伸生产者责任	157
6.1.2	产品导向的环境政策	158
6.1.3	食品工业生态链中生产者、销售者与消费者的责任	159
6.1.4	世界各国对生态化消费的倡导	159
6.2	销售消费方案设计的生态化思维	160
6.2.1	食品消费过程的生态化思维	160
6.2.2	食品销售方案设计的生态化思维	163
6.3	生态食品销售消费过程的管理	165
6.3.1	产品的信息收集与营销策划	165
6.3.2	生态食品品质的管理与监控	166
6.3.3	销售链的合理设置与大型超级市场的利用	167
6.3.4	销售与服务的非物质化	169
6.4	生态食品的品牌效应	170
6.4.1	品牌与品牌效应	170
6.4.2	优质品牌的培育与管理	170
6.4.3	生态食品品牌的塑造及意义	172
参考文献		173
7	食品产业能源利用的生态化	175
7.1	食品产业能源利用现状	175
7.2	能源的分类	177
7.3	矿物能源利用存在的问题	177
7.4	矿物能源的高效利用与技术革新	178
7.4.1	能源供应系统的改进	178
7.4.2	矿物能源高效利用技术	179
7.4.3	新型矿物能源的开发	181

7.5	非矿物能源使用的意义	182
7.5.1	非矿物能源的类别	182
7.5.2	非矿物能源开发的特点和必要性	184
7.6	生物质能的合理利用与回收	185
7.6.1	生物质能的基本概念	185
7.6.2	生物质能的主要类别	186
7.6.3	生物质能的开发方向	186
7.7	能源脱碳的发展趋势与展望	188
7.7.1	能源脱碳的基本概念	188
7.7.2	能源脱碳需要解决的问题	189
	参考文献	192
8	食品工业副废物的综合利用	193
8.1	食品工业副废物的来源与分类	193
8.2	食品工业副废物的资源化	194
8.2.1	食品工业副废物的资源化技术	194
8.2.2	食品工业副废物的资源化实例	196
8.3	食品工业副废物的减量与清洁生产	212
8.3.1	副废物的减量	212
8.3.2	清洁生产	213
	参考文献	218
9	生态食品工业园区的建设和发展	219
9.1	生态食品工业园基本理论	219
9.1.1	生态工业园区的基本概念	219
9.1.2	生态食品工业园区建设中的基本常识	221
9.1.3	生态食品工业园区建设的探索与实践	223
9.2	生态食品工业园区的形成与发展	225
9.2.1	国外生态食品工业园区的发展及主要园区介绍	225
9.2.2	国内生态食品工业园区的发展及主要园区介绍	233
	参考文献	239

1 绪 论

1.1 食品工业生态学概述

1.1.1 食品工业生态学及生态食品工程学的概念

人类的所有生产活动,总是在一定的产业化体系内,借助适当的生产设备,按照合理的运行模式,制备出人们所需要的物质产品以及配套适宜的服务形态,以达到追求最大经济利益的目的。而产业化体系的构成,包括产品生产过程的形成和后续服务,则是一项宏大的系统工程,这一系统工程及其与环境的相互影响和相互作用关系,构成了产业生态学的基本内容,其固有的规律性需要人们去认识和了解。

食品作为人类赖以生存的食物原料及加工产物的产品形态,对其基本的物理、化学和生物化学性质及其食品加工原理的认识,构成了食品科学的研究内容,而把食品科学的基本理论和科学原理应用于食品产品设计及其制造加工过程,则是食品工程学的基本任务。

1.1.1.1 生态食品工程学的基本内涵

食品工程学涉及多种学科和领域,除了基础学科和工程学的内容之外,也包括营养学、心理学、管理学、工业卫生、产业生态等人文社会学科的相关内容。可见,食品的开发和生产实施,是一项融科学研究、原料生产、加工包装、技术检测、储运销售等各个环节为一体,横跨多部门、多行业的系统工程。围绕着实现这一系统工程的生产过程,包含着资源生产——为食品工业生产提供原辅料及能源;加工生产——以低消耗、低污染或无污染为目标,生产人类所需的食品;还原生产——将加工生产中的各种副产物再资源化,以生产新的产品等三大部分的内容。这三部分内容绝非各自孤立存在,而是根据环境特性和产业项目进行统一规划、统一运作、有机组合而形成的一个环状系统,即食品工业生态体系,而实现这一体系的核心内容即是生态食品工程。

在食品工业生态体系中,生态食品工程以新的眼光来看待食品工业自身的发展,它主张食品工业生产活动模仿自然生态体系的运行状态,通过对传统工艺与现代技术的集成与整合,通过对主产业和副产业的重组和调整,并将环境因素融入社会经济的运行过程之中,从而求得自身的可持续发展。即食品工业在促进环境改善、经济增长、社会进步的基础上,实现食品工业自身在生态化轨道上的真正发展。这就决定了生态食品工程不是把食品工业的发展孤立地看作行业一条线的发展,而是将其置于工业生态体系中,与自然环境和人类社会一道协调地发展。因而,在实现生态食品工程的产业化体系中,不可避免地涉及工业生态学的一些研究内容,通过把工业生态学的思维方法及其基本原理科学地加以应用和发挥,就形成了生态食品工程学的基本内涵。

1.1.1.2 食品工业生态学的定义

工业生态学是研究各种产业活动及其产品与环境之间相互关系的科学,是生态学与工业体系可持续发展相结合的一门交叉边缘学科,其基本研究主要包括体系内的闭路循环、污染物发散的减少、产业活动的非物质化、能量传递的非碳化等。

食品工业生态学作为工业生态产业体系的一个分支,其核心内容是生态食品工程学,就是将食品工业生产活动视为工业生态体系运动中的一个有机过程——生态环境中的物质元素

以资源形式进入食品工业生产过程,经过各类型的加工转换,再以生产过程中的“废弃物”和消费后的“剩余物”等形式重返工业生态体系,加入工业生态循环,构成工业生态链。在这种理念的引领下,食品工业生态学可以被定义为采用工业生态学的观点和方法,系统地研究食品生产过程与自然环境相互协调关系的科学。

食品工业生态学通过食品工业生态链,即食品资源的产生、食品制造与加工、食品的储存及运输、食品的包装和销售等各个环节,探讨食品产业系统中的物质循环、能量流动、信息传递的“三流运转”规律及其系统构成的基本原理。同时,食品工业生态学通过其核心内容——生态食品工程的实现,在清洁化生产的基础上,融合人性化设计的理念,尝试建立无环境污染、高效有序的生态型食品产业模式,以确保在生态食品工业体系中,可以生产出更多更好的营养保健、卫生安全的食品。

1.1.1.3 食品工业生态学研究及应用的基本原则

由于在食品工业生态学以及生态食品工程学的研究及应用中,强调工业生态学的思想方法在食品生产设计、食品生产管理以及食品消费还原全过程的贯彻和运用,强调用系统论的观点来认识食品工业生态体系的形成和运转规律。

因而,食品工业生态学的研究及应用,又具有以下几个特点。

(1) 生态工程食品的可设计性原则 主要表现为以满足不同人群的消费需要为目的,在食用材质选用、生产工艺选择、包装及储运方式、产品类型及消费导向等各个方面,通过产品的生态化设计及生产,实现经济、社会及环境效益的和谐统一。

(2) 食品生产、消费体系的以人为本原则 主要表现为以确保食品生产者、消费者双方经济利益及健康状态为目的,在食品的生产过程、流通过程及销售消费过程中,尽可能地改善食品产品的生产和储运条件,以提高和保持产品的质量。

(3) 系统资源的无废物化及最小消耗原则 主要表现为以资源的高效和综合利用为目的,在食品生产及副产品加工的全过程中,通过生态食品工程的实施以及运用食品工业生态园建设等手段,实现可利用资源在不同工序间的合理分配,使废物排放及能量消耗最小。

1.1.2 生态型食品的产生与发展

“国以民为重,民以食为天”,在人类“吃、穿、住、用、行”五大物质需求当中,食物资源的开发以及食品的生产占据着不可替代的位置。随着人类文明的进步,人们对食品质量的要求越来越高。从单纯对食品营养性的需要,上升到对感官嗜好性的要求,进一步发展到对食品生理调节功能的追求。而且,随着18世纪工业革命以来,人类对地球资源的挥霍所造成的自身生存环境的日益恶化,虽然享受到了工业化发展所创造的财富和物质文明,但也品尝到了人类生存环境的破坏所带来的巨大恶果。安全卫生、无公害营养食品的生产,也受到了人们极大的重视。

1.1.2.1 国际生态型食品的产生与发展

20世纪60年代后期,美国苏里大学教授W. A. Alborcht率先提出了生态农业的概念,引发了人类开始对生态农业的尝试。生态农业成为热门话题,以生态农业为基础的有机食品从此在世界上许多国家逐渐兴起。

1972年,有机农业运动国际联盟(IFOAM)在德国成立;1979年,美国农业部成立专家小组,对美国、德国、瑞士及日本的生态农业进行了调查,正式把生态农业确立为生产过程中不使用人工合成的肥料、农药、生长调节剂和饲料添加剂的有机农业;1990年,有机农业运动国际联盟的会员发展到300多个,分布世界60多个国家,有机食品的生产企业也扩大到16400家。在此国际大环境下,1992年,中国农业部发起和成立了“中国绿色食品

发展中心 (CGFDC)”，并相继建立了一批绿色食品检查站和绿色食品生产基地，制定了《绿色食品标志管理办法》、《绿色食品产品管理暂行办法》等，通过三级质量管理，对区域内的绿色食品生产企业进行系统的指导和管理。1994 年，中国国家环保局“有机食品发展中心 (OFDC)”宣告成立，通过制定《有机 (天然) 食品生产和加工技术规范》等，对我国有机食品的生产和加工、储运和检测等进行全面的指导和管理。2001 年，农业部开始实施“无公害食品行动计划”，以期对农产品“从农田到餐桌”的全过程进行质量安全监控，逐步实现我国主要农产品的无公害生产、加工和消费，从根本上解决我国农产品和食品污染与安全卫生的问题。

无论是国际上通行的有机食品或是中国特色的绿色食品，以及其他各类无公害、无污染的食品等，对生产、加工环境的要求都很高，因而这些食品都可以被称之为生态型食品。不仅如此，生态型食品的原料产地也必须具备良好的生态环境。具体而言，有机食品的生产基地要求选择在没有污染源的区域，且要求最近三年内未使用过化学合成物质，并严禁未经处理的“三废”进入有机农业用地；绿色食品的生产基地要求远离工矿、交通干线，以避开工业和城市污染源的影响，且环境污染物的含量不得超过《绿色食品产地环境质量标准》的规定；无公害食品的生产基地要求远离污染源，有可持续发展的生产能力，而且环境污染物的浓度限值必须符合农业部颁发的产地环境条件标准。

1.1.2.2 中国生态型食品的发展现状

在我国，发展生态型食品工业具有良好的基础条件，主要表现为以下几点：第一，目前我国工业正处于传统型向现代型的转型阶段，食品工业的生态化及开发生态型食品符合走可持续发展道路的主张，具有良好的政策性；第二，随着我国经济的发展和人民生活水平的提高，我国市场对生态型食品的需求量逐年增加；第三，我国的西部地区有大量的未污染地区，存在很多生态农产品未被开发，为生态食品工业提供丰富的后备资源；第四，我国的生态农业如今得到了迅速的发展和较普遍的推广，生态农业研究的成果为生态产品的开发提供了良好的技术，如免耕、合理轮作、生物治虫、保护天敌等，给生态食品工业产品的开发提供了必要的条件。在此基础上，中国生态型食品的生产经过 10 多年的发展，已经取得了积极成效，并保持着较好的发展势头。

中国绿色食品发展中心现已在全国 32 个省、市、自治区委托了 42 个分支管理机构、定点委托绿色食品产地环境监测机构 60 个、绿色食品产品质量检测机构 27 个，从而形成了一个覆盖全国的绿色食品认证管理、技术服务和质量监督网络 (表 1.1)。截至 2004 年底，全国有效使用绿色食品标志的企业总数达到 2836 家，获得绿色食品认证的产品总数为 6496 个，其中“AA 级绿色食品证书”100 多个。AA 级绿色食品标准及绿色食品全程质量控制标准体系也已初步建立，且正在不断完善之中。绿色食品市场建设已初显成效，如目前北京、上海、天津、深圳等国内大中城市已组建了绿色食品专业营销渠道，中国绿色食品总公司还组建了中国绿色食品配送中心，相当一部分绿色食品已成功进入了日本、美国、欧洲等国家和地区市场，绿色食品对外贸易渠道正在稳步拓展。

自 1995 年以来，我国获得过国内外认证机构认证的有机食品 (产品) 已经有约 20 大类，250~300 个品种，其在我国各地的大致分布情况见表 1.2。截至 2003 年底，我国获得有机认证的有机食品生产总额为 19.3 亿元人民币。其中，栽培作物 17.5 亿元，野生采集 0.75 亿元，淡水养殖 0.15 亿元，海水养殖 0.50 亿元，其他 0.4 亿元。估计其中有近 70% 进入市场，即作为有机或有机转换产品销售的有 13.5 亿元。在这 13.5 亿元的销售额中，出口额约为 1.3 亿美元，国内销售额近 3 亿元人民币。以全国 13 亿人口每人每年平均食品消费额为 1200 元计，则我国国内有机食品的销售额占常规食品销售额的比例约为 0.02%。与发达国家平均水平 2% 相比，相差 100 倍。预计在今后 10 年，我国的有机食品占国内食品市

表 1.1 我国绿色食品发展状况 (1996~2004 年)

年度	产品类型	产品种类	生产厂家	主要产品产量	监测面积 ^①
1996 年底	粮油类 164 万吨 饮料类 15.8 万吨 果品类 58.8 万吨 畜禽蛋奶类 39 万吨 蔬菜类 37 万吨	742 种	495 家	360 万吨	2247.9 万亩(农业种植 1348 万亩)
1997 年底	粮油类 75.8 万吨 蔬菜类 323.4 万吨 果品类 70.9 万吨 饮料类 25.2 万吨 畜禽蛋奶类 22.1 万吨 水产类 1.6 万吨 酒类 28.4 万吨 其他 82.3 万吨	892 种	544 家	629.7 万吨	3213 万亩(农业种植 1601.7 万亩)
1998 年底	粮油类 147.6 万吨 蔬菜类 38.6 万吨 畜禽蛋奶类 34.4 万吨 水海产品类 2.1 万吨 酒类 51.5 万吨 饮料类 41.9 万吨 其他类 195.4 万吨	1018 种	619 家	840.6 万吨	3385 万亩(农业种植 1428.3 万亩)
1999 年底		1353 种	742 家	1106 万吨	3563 万亩
2000 年底		1831 种	964 家	1500 万吨	5000 万亩
2001 年底		2400 种	1217 家	2000 万吨	5800 万亩
2002 年底		3046 种	1756 家	2500 万吨	6670 万亩(农业种植 4510.5 万亩)
2003 年底	粮油类 288.8 万吨 水果类 184.3 万吨 茶叶类 12.9 万吨 畜禽蛋奶类 192.7 万吨	4030 种	2047 家	3260 万吨	7710 万亩(农业种植 4356.2 万亩)
2004 年底	粮油类 434.6 万吨 果品类 435.5 万吨 畜禽蛋奶类 352 万吨 蔬菜类 300.8 万吨 茶叶 13.8 万吨 水产品 2.6 万吨	6496 种	2836 家	4600 万吨	3766.6 万亩

① 监测面积：包括农作物种植、饲料种植、饲草种植、水产养殖及其他面积等。

注：1. 主要来源：<http://www.greenfood.org.cn> 中国绿色食品网统计资料。

2. 1 亩=666.7m²。

场的比例有望达到 1.0%~1.5%，中国出口的有机食品占全球有机食品国际贸易的份额则有望达到 3.0%，甚至更高。毫无疑问，开发有机食品是实现我国农业可持续发展的战略选择。

1.1.3 各类生态型食品的特性

1.1.3.1 生态型食品的主要类别

从我国生态型食品的产生和发展情况来看，目前主要有绿色食品、有机食品、无公害食品等几大食品类别。

表 1.2 我国获得有机认证的产品情况 (2003 年底)

有机产品类别	主要分布地区(省、市、自治区)
蔬菜:各类速冻菜、保鲜菜、脱水菜	山东、北京、上海、江苏、福建、浙江、河北、内蒙古、黑龙江、广东、江西、云南等
茶叶:绿茶、红茶、乌龙茶、普洱茶等	浙江、福建、江西、江苏、四川、湖南、湖北、云南、四川等
大宗粮食:大米、小麦、玉米、大麦等	黑龙江、吉林、辽宁、江苏、浙江等
杂粮:大豆、荞麦、亚麻籽、燕麦、青稞、绿豆、芸豆、红小豆等	黑龙江、内蒙古、辽宁、吉林、贵州、河北等
油料作物:花生、南瓜籽、葵花籽、亚麻籽、月见草籽、油茶籽等	黑龙江、吉林、内蒙古、辽宁等
林产:竹笋、鲜笋、加工笋等	浙江、福建、江苏等
水果:猕猴桃、苹果、梨、桃、柑橘、葡萄、草莓、菠萝及干果等	安徽、福建、上海、江苏、江西、河北、广东、北京等
蜂蜜及蜂产品	黑龙江、江苏、河南等
中草药:冬虫夏草、雪莲、黄芪、五味子、珍珠花、刺五加、甘草等	青海、吉林、河南、新疆等
蔗糖	云南等
棉花:长绒棉、陆地棉、彩棉等	新疆等
食用菌:灰树花、香菇、平菇、猴头菇、牛肝菌、赵子蘑、元蘑等	云南、河北、吉林、浙江、黑龙江等
淡水水产:鳊鱼、鲢鱼、鳙鱼、银鱼、鲥鱼等	浙江、内蒙古、江苏等
海洋水产:紫菜、羊栖菜、对虾等	江苏、浙江
畜禽及乳制品:猪、牦牛、牛、羊、鸡、牛奶等	辽宁、青海、内蒙古、云南、吉林、云南等
有机肥料	上海、山西、北京、福建、浙江、黑龙江、吉林、辽宁、云南、内蒙古等
微生物制剂	江苏、上海
生物农药:苦参碱等	北京、内蒙古、天津
野生植物:松子、油茶籽、绞股蓝、山核桃、蓝靛果、山梨、花椒等	吉林、黑龙江、广西、安徽、河北等
调味品:酱油、豆瓣酱、面酱、胡椒等	上海、山东等
花卉:玫瑰、兰花等	辽宁、山东等

注:摘自国家环境保护总局有机食品发展中心 2004 年报告《有机农业与有机食品的发展现状及趋势》。

(1) 有机食品 (organic food) 指根据有机农业和有机食品生产、加工标准而生产出来的, 经过授权的有机食品颁证组织颁发证书, 供人们食用的一切食品, 又常被称为生态食品或天然食品。有机食品要求原料必须来源于有机农业生产体系, 食品生产和加工过程中不得使用任何人工合成的农药、化肥、促生长剂、兽药、添加剂等物质, 甚至不得采用辐照处理, 不得使用基因工程生物及其产品。因而, 有机食品被认为是一类真正无污染、纯天然、高品味、高质量的健康食品。

(2) 绿色食品 (green food) 指遵循可持续发展原则, 按照绿色食品生产标准生产, 由专门机构认定, 许可使用绿色食品标志的无污染、安全、优质、营养类食品。绿色食品强调食品的无公害和无污染, 具备“安全”与“营养”双重保证, “环境”与“经济”双重效应。而且, 根据我国的实际情况, 绿色食品又有 AA 级和 A 级产品。AA 级食品, 要求生产中不得使用任何化学合成物质; 而 A 级食品, 生产中可限量使用限定的化学合成物质。因而, AA 级食品, 实际上是与国际有机食品接轨的产品, 符合有机农业的生产方式, 满足有机食品的产品标准。

(3) 无公害食品 (non-environmental pollution food) 指依据无公害食品的生产加工技术规程生产, 符合无公害食品标准, 许可使用无公害食品标志的安全食品。在无公害食品的生产过程中, 允许使用限定的化学合成物质, 但禁止使用对人体和环境造成危害的化学

物质。

由于有机食品和绿色食品的标准要求极高,我国绝大多数企业的产品难以达标,而且产量低、价位高,难以接近广大消费者。因而,在此基础上农业部推出的无公害食品,相对而言更能被大多数生产者和消费者所接受,是目前比较符合我国经济发展水平的大众化生态型食品。

1.1.3.2 生态型食品的特征及比较

从以上三类生态型食品的基本概念来看,三者都具有无公害、无污染、安全卫生、平衡营养等产品特征,虽然在产地环境条件、生产资料使用、生产加工技术、标准体系和管理上存在一定的差异,但最终仍然是以产品内在品质的差异表现出来。

然而,从上述各类生态型食品的表述中,虽然可以注意到在生产和消费过程中针对消费者的人性化设计,但在产品加工和储藏过程中针对生产者的人性化设计却未提到较高的层次。因而,生态食品工程学正是考虑到以上的不足,尝试把人性化设计的理念充分地融合到工业生态链的全过程中去,建立一种高效有序的生态食品工业体系。在生态型食品产业模式推动下,既强调生产过程及产品的无污染、对环境的不破坏,也强调针对消费者和生产者的生产环境建设,强调食品生产高新技术的使用,强调非物质化以及非碳化等工业生态学理论的应用,等等。我们把运用生态食品工程理念,经过生态食品工程加工生产出的各类生态型食品,统称为生态工程食品。

由于生态工程食品具有各类生态型食品的不公害、无污染、安全卫生、平衡营养等产品特征,因而生态工程食品作为一类新兴的生态型食品,作为一类更看重人性化及生态化设计的工程型食品工业产品,必将具有更好的发展前景。同样,生态工程食品也可以根据产地环境条件、生产加工要求、质量标准体系等各项差异,划分为不同的等级进行管理。

1.2 生态食品工业体系的形成及食品工业生态学理论基础

食品工业体系是在人类自身发展的漫长历史过程中,随着食品生产技术的不断进步和演变而得以形成和完善,而人们的生态化思维则是人类在不断地与自然环境的共生发展中受到启发和培养。特别是20世纪70年代末工业生态学思想的诞生,使人们真正找到了解决人类工业技术进步与自然环境恶化矛盾关系的有效手段。

随着工业生态学理论的不断延伸和深入研究,借助于工业生态学原理在不同产业领域的实践和应用,推动了工业生态学学科的不断进步和发展,分支学科不断涌现。而大量的应用研究成果,为其分支领域食品工业生态学的理论研究以及促进生态食品工业体系的形成,提供了良好的依据和范例。

1.2.1 食品生产技术的进步及其发展趋势

食物是人类生存和发展所必需的最基本的物质,而生态环境是人类食物生产的基础,一旦资源与环境遭到破坏,食品原料的获得便成为无源之水、无本之木。人类在对自然环境的不断适应和能动地改善自然条件的过程中,既实现了对不断增加的食物需求的满足,也不断地促进和发展了对食品的生产。食物的种类和生产技术随着社会历史的进步而不断发展,并逐渐形成了具有不同生产规模、不同产品特征、不同行业性质的工业化生产体系。而人类对食品的获取方式,从“食物采集时期”、“食物生产时期”,逐渐进入“现代食品生产时期”,发展成为系统的、分工明确的生产体系。食品生产技术的发展进程,充分体现了人类物质文明的不断进步和与地球环境相互关系的逐渐形成。尽管如此,由于人类并没有从一开始就充分认识到食品的生产对生态环境的依赖程度,使得我们的生存环境遭受到不同程度的破

坏，甚至出现资源的过度消耗和利用。

1.2.1.1 食物采集时期

公元前 8000 年以前，属于旧石器文化时期。人类主要以生吃肉食，采集野生植物为主，称为食物采集时期。食物采集一般可以定义为依靠自然存在的资源（即野生动植物）以获取食物的生计技术。人类使用粗制的石器和棍棒，除了狩猎野兽和采集果实、块根以外，还以鱼、蚌、海蚶等水生动物作为食物。

食物采集时期不存在真正意义上的农业生产及食品生产，这个时期的人类像其他动物一样完全依赖自然，仅仅是食物采集者，是参与地球物质能量循环的普通一员。这个时期的人类虽然占据了自然生态系统中食物链的顶端位置，在对食物的采集利用中也尚未意识到生态环境对人类生存的重要性，但由于人数稀少、工具简陋等原因，人类生命活动对自然资源的耗用完全可能被自然生态环境的自我修复作用所承受，所形成的食物废物和排泄物都进入生态循环，不会形成对环境的负面影响和过度负担。

随着人类经历从“古人”到“新人”的几十万年的漫长进化发展，人类活动范围逐渐变大，工具也越来越精细，获取食物的能力也越来越强。在旧石器文化后期，进一步发展进入“母系氏族”社会，在社会内部形成了男子主要从事打猎和捕鱼，女子主要从事采集、制作食物、缝制衣服和养育后代的社会分工。在逐渐向新石器文化时期的过渡中，开始产生简单的农业生产活动。这个时期的人类虽然已懂得了一些简单的农业生产技能，与食物采集时期的人类相比，提高了获取食物的“生产”效率，初步形成了相对有序的生产过程，但对环境的“影响”作用，仍然远远未达到对自然环境构成过多负担的程度。

1.2.1.2 食物生产时期

大约在公元前 10000 年至公元前 5000 年左右，人类逐渐完成了从新石器文化时期过渡到种植农作物的大石器文化时期的转变，简单的农业生产活动在人类食物获取中所占的比例不断增大。公元前 5000 年至公元前 3000 年，农业的高度发展和养殖业的出现在可以被认为是食物生产时期的到来上具有里程碑的决定性意义。居民点的密度开始提高，人类不仅能熟练地种植多种农作物，而且学会了圈养家畜，掌握了牛奶、黄油、奶酪、盐制肉和鱼等食品加工生产技术。这个时期的人类摆脱了大自然的束缚，成为了食物生产者，并已经开始学会能动地改造大自然，根据自己的需要不断地从大自然获取大量资源和能源，而且随着人类利用大自然能力的不断提高，人类活动所形成的“废物”也逐渐变多。尽管如此，人类的生产活动还相当初级，仅仅是一些简单的互不相干的食物加工过程，并未形成一定的规模和生产体系，这个时期产生的“废物”能够被动地作为“资源物”进入生态循环被微生物彻底分解，基本上仍然不能构成对生态环境的“污染”和破坏。

进入公元纪年以后，人类对食品生产及相关技术的掌握已经达到了空前的地步。而且由于人口的不断增加，人类对各种生产和生活用品的需求量不断增大，人们不得不通过大量地掠取自然资源和能源来满足人类生产活动的各种需要。金属冶炼、砖瓦烧制、陶器制作、印染、制革、烤面包、榨油、玻璃制造、肥皂和化妆品生产以及肥料的使用等技术得到了更大发展，大量的生产废物和工业污染物被产生和排出。由于更多的相关技术和产品不断地进入食品生产行业中来，食品的生产开始脱离单纯生产食物本身的行业限制，逐渐形成了具有一定生产规模、既相互独立又相互关联的食品生产体系。这个时期，人们还没有意识到环境保护的重要性，资源、能源的耗用不断增加，排出的工业“废物”已开始增多，生态环境为消化和利用掉这些工业“废物”所需要的时间已经逐渐变长。

1.2.1.3 现代食品生产时期

到 18 世纪，特别是 1770 年，由于国际贸易关系的发展和纺织机及蒸汽动力的出现引起的英国“工业革命”，在随后的 100 多年逐渐席卷全世界，食品生产与各行各业一样，生产