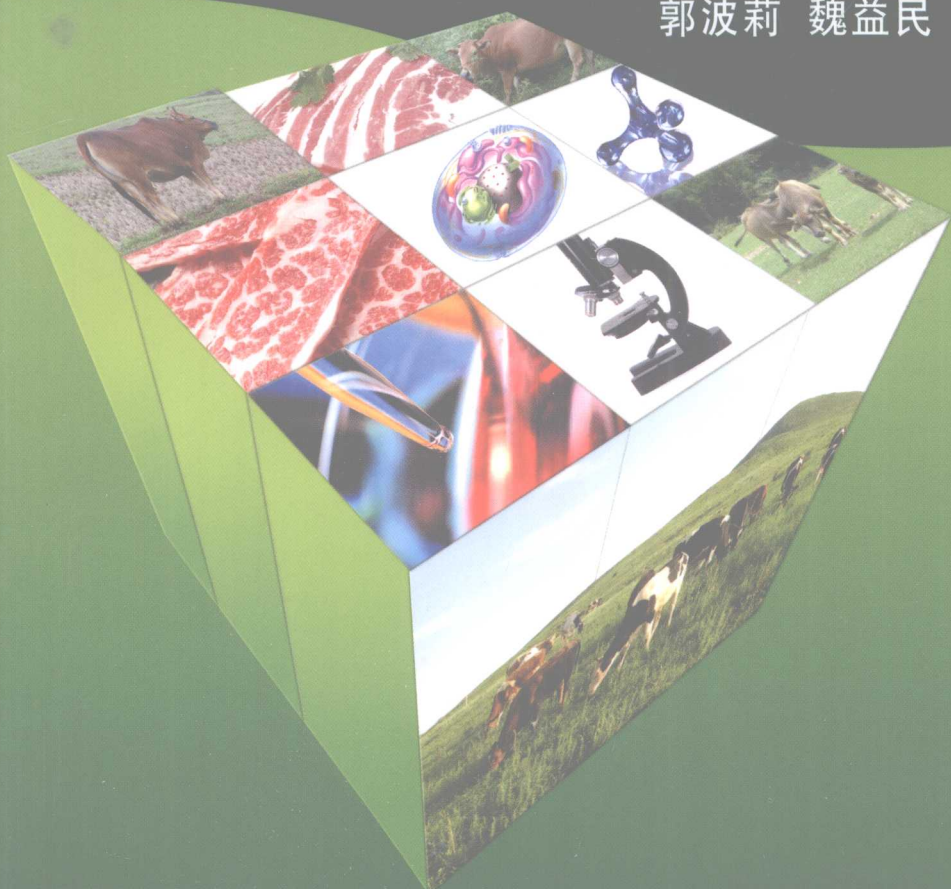


食品质量与安全丛书

牛肉产地溯源 技术研究

郭波莉 魏益民 潘家荣 著



科学出版社
www.sciencep.com

食品质量与安全丛书

牛肉产地溯源技术研究

郭波莉 魏益民 潘家荣 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书作者长期从事食品安全方面的研究,尤其在食品溯源技术方面做了大量深入系统的科研工作。书中重点阐述了利用同位素与矿物元素指纹技术对我国四大肉牛产区牛肉产地溯源研究的一些重要成果。全书共分为8章,第1章综述了食品可追溯体系建立的背景、食品溯源相关技术的研究与应用进展,尤其是同位素与矿物元素分析技术在食品溯源研究中的最新进展;第2章至第7章为同位素与矿物元素指纹分析判别技术对牛肉产地溯源的分析结果、讨论及相关结论;第8章为总的结论与讨论,并提出了进一步的研究设想。

本书可供从事食品安全研究的科研人员,负责食品安全监管的人员,大专院校食品科学与安全专业的本科生、研究生使用。

图书在版编目(CIP)数据

牛肉产地溯源技术研究/郭波莉,魏益民,潘家荣著. —北京:科学出版社, 2009

(食品质量与安全丛书)

ISBN 978-7-03-022402-6

I. 牛… II. ①郭…②魏…③潘… III. ①牛肉-质量管理-研究-中国
②牛肉-食品卫生-研究-中国 IV. TS251.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 095191 号

责任编辑:莫结胜 沈晓晶/责任校对:刘亚琦

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>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年1月第 一 版 开本:B5 (720×1000)

2009年1月第一次印刷 印张:7 1/4

印数:1—1 500 字数:146 000

定价:38.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

本书由科技部“十五”国家重大科技专项——食品安全关键技术“食品安全信息共享平台建设”课题（2001BA804A42）、科技部“十一五”国家科技支撑计划“食品安全关键技术”重大项目“食品污染溯源技术研究”课题（2006BAK02A16）、国家自然科学基金“牛肉产地同位素溯源新技术及机理研究”课题（30671484）和国家自然科学基金“牛尾毛中稳定性同位素组成变化机理研究”课题（30800862）资助出版。

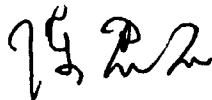
序

随着我国人民生活水平的提高以及膳食结构的改变,牛肉的产量和消费量迅速增加,肉牛产业已成为我国农业的一项支柱产业。开展牛肉产地溯源技术研究,可在疫病疫情发生时迅速追溯疫畜源头,有效防止食源性病原物的扩散,以便有效召回产品,减少经济损失,保障肉牛产业链的健康发展。

《牛肉产地溯源技术研究》一书在综述食品安全溯源技术研究进展的基础上,通过试验数据分析,阐述了同位素与矿物元素指纹溯源技术在牛肉产地来源判别中的有效性与可行性,其内容包括食品产地溯源技术研究进展、研究方法、研究思路及研究结果。该书的构思力图符合一般思维逻辑,由浅入深,由表及里,易于接受;陈述的观点力求论点明确、依据充分,让读者从中获得所需要的知识。

三位作者长期从事食品安全领域的科研与教学工作,主持或参加了科技部“十五”国家重大科技专项——食品安全关键技术“食品安全信息共享平台建设”课题(2001BA804A42)、科技部“十一五”国家科技支撑计划“食品安全关键技术”重大项目“食品污染溯源技术研究”课题(2006BAK02A16)、国家自然科学基金“牛肉产地同位素溯源新技术及机理研究”课题(30671484)和国家自然科学基金“牛尾毛中稳定性同位素组成变化机理研究”课题(30800862)等。发表与食品安全有关的学术论文40余篇,其中食品溯源方面的学术论文10余篇;多次参加国内外学术会议,与国际相关机构保持人员和信息交流,在食品 and 食品污染物溯源领域具有一定影响。

食品产地溯源技术研究在国内外还处在初步探索阶段,在理论和技术方面还有许多问题亟待探索和解决,需要多学科科研人员的积极参与和相互合作,共同研究和开发。愿食品安全领域的专家、学者继续努力,为食品溯源技术研究和开发做出更大的贡献!



中国工程院院士
中国疾病预防控制中心研究员
2008年6月16日

前 言

随着世界经济的全球化,食品跨国界和跨地区的流通越来越频繁,各种食品安全事故和隐患呈迅速扩展和蔓延之势。近年来,疯牛病、口蹄疫、禽流感等对人类健康和安全构成了极大的威胁,并对世界各国造成了严重的经济损失,甚至引起了社会恐慌。

为了减少诸如“疯牛病”等一些疫病疫情带来的严重损失,保证食品安全,国际上各发达国家纷纷实施食品安全追溯制。欧盟委员会 178/2002 号法规要求从 2005 年 1 月 1 日起,在欧盟范围内销售的所有食品都能够进行跟踪与追溯,否则不允许上市销售。美国食品药品监督管理局(FDA)要求在美国国内和外国从事食品生产、加工、包装或掌握人群或动物消费的食品部门于 2003 年 12 月 12 日前,必须在 FDA 进行登记,以便进行食品安全跟踪与追溯。此外,食品的追溯标识也成为国际上消费者购买食品的选择标准。瑞士联邦公共卫生局最新统计显示,82%的消费者表示食品的产地来源是他们选择购买食品的主要依据,其中,71%的消费者表示关注肉制品的产地来源。欧盟委员会 1760/2000 号法规要求在肉和含肉 20%的产品上必须注明其产地来源。可见,建立健全食品安全追溯制度是保证食品安全、增强消费者信心的基本原则之一。食品的产地溯源是其中非常重要的组成部分,它有利于实施产地保护,保护地区名牌,保护特色产品,确保公平竞争,并能在疫病疫情等食品安全事件发生时有效防止食源性病原菌的扩散,有效召回产品,减少经济损失。

随着我国农业结构调整和农业产业化进程的加快,我国牛肉产量有了大幅度的提高。2004 年全国出栏肉牛 5019 万头,比上年增长 6.7%;生产牛肉 676 万吨,比上年增长 7.2%。2005 年我国牛肉生产继续保持稳定的增长势头。目前,我国牛肉产量在美国、巴西之后,居世界第三位。同时,我国牛产品的出口量不断增加,进口量逐渐减少。2005 年,我国牛产品出口量 5.48 万吨,出口额为 1.82 亿美元,牛产品进口量为 8066.07 吨,进口额为 9628.30 万美元,同 2004 年相比出口分别增加 46.43%和 36.66%,进口分别减少 71.03%和 58.56%,贸易顺差 0.86 亿美元。

我国肉牛资源分布广阔,并迅速由牧区向农区转移。目前已在全国范围内形成了东北(辽宁、吉林和黑龙江)、中原(山东、河南、河北、安徽、江苏、陕西、山西等)、西北(内蒙古、宁夏、甘肃、新疆、青海等)和西南(湖南、湖北、广东、广西、云南、贵州、四川、福建、浙江等)四大肉牛带并存,并以中原肉牛带和东北肉牛带为主的肉牛养殖格局。我国发展肉牛生产的重点是发展农

区的农户养牛，以充分利用农村的闲散劳动力和饲料资源，增加农民就业机会和提高农民收入。同时，肉牛业的发展推动了相关产业，如饲料加工、食品加工、制药和制革等行业的发展。可见，养牛业已成为农业的一项支柱产业，也是解决我国“三农”问题的一条有效途径。但我国养牛业的追溯管理体系很不健全，多数养殖场的牛没有牛耳标签、动物身份证、动物护照等基本的追溯信息，在整个牛肉生产链中未建立全球统一的标识系统，致使我国大部分牛及产品无法追溯至源头，给养牛业带来安全隐患，也会在国际贸易中受到限制。

国际上目前主要采用编码系统记录产品的来源。但在实际应用中，常会由于动物标签的丢失、反复记录过程中出现差错、一些标记图案的模糊不清等客观原因，以及生产者受利益驱动故意更换标签等主观原因的影响，导致信息链中断，削弱可跟踪性，或者导致欺诈和不确定性，从而使溯源不清。在这些情况下，就需要一套合适的分析方法监督、检查并证实产品的来源。

同位素与矿物元素指纹分析技术是用于食品产地溯源的有效方法之一。同位素分析是利用生物体内同位素组成受气候、环境、生物代谢类型等因素的影响而发生自然分馏效应，从而导致不同来源的生物体中同位素丰度存在差异，这种差异携有环境因子的信息，反映生物体所处的环境条件。稳定性同位素组成是生物体的自然属性，可作为生物体的一种“自然指纹”，区分不同来源的生物体。换言之，生物体中同位素组成是外部环境在生物体中打下的“烙印”。因此，食品中的同位素组成分析能为其产地溯源提供一种科学的、独立的、不可改变的、随整个食品链流动的身份鉴定信息，它不但是可以直接追溯产品产地来源的一种有效技术，也是监督、检查食品产地错误标识的一种有效手段，是今后食品安全领域不可缺少的一种技术。痕量元素目前在国际上也被认为是判别产品地域来源比较好的指标。土壤、水、废弃物及空气中痕量元素的组成与含量图谱有其各自的特征，这也决定了不同地域来源的食品中元素含量存在差异。

本书主要针对理论基础及上述问题，从我国国情出发，研究同位素和矿物元素指纹分析技术在我国牛肉产地溯源中的可行性，以及它们受饲料、地域等因素影响的变化机制，为我国牛肉追溯制度的建立和完善提供理论依据和技术支持，在食品安全保障技术体系的建设中具有重要的理论与现实意义。

目 录

序

前言

第 1 章 食品溯源技术体系概述	1
1.1 食品可追溯体系建立的背景与应用进展	1
1.1.1 食品可追溯性的定义	1
1.1.2 食品可追溯体系建立的背景及意义	2
1.1.3 食品追溯系统的应用概况	4
1.2 食品溯源技术研究进展	5
1.2.1 动物品种、种类鉴别技术	5
1.2.2 食品产地鉴别技术	6
1.2.3 大型动物个体鉴别技术	10
1.2.4 食品生产过程与储藏条件鉴别技术	12
1.2.5 食品与饲料中交叉污染鉴别	13
1.2.6 传感器的应用	13
1.2.7 电子数据跟踪技术	14
1.2.8 计算机模型和风险评估	15
1.3 同位素指纹溯源技术的基本原理与研究进展	15
1.3.1 同位素指纹溯源技术的基本原理	15
1.3.2 同位素指纹技术在食品成分掺假鉴别方面的研究进展	15
1.3.3 同位素指纹技术在食品污染物溯源中的研究进展	16
1.3.4 同位素指纹技术在食品产地溯源中的研究进展	17
1.4 矿物元素指纹溯源技术的研究进展	24
1.4.1 自然环境对动物体中矿物元素含量的影响	24
1.4.2 饲料中营养强化元素对动物体中矿物元素含量的影响	25
1.4.3 环境污染对动物体中矿物元素含量的影响	25
1.4.4 矿物元素指纹分析技术在食品产地溯源中的研究进展	26
1.4.5 矿物元素分析技术在产地溯源上的局限性	27
第 2 章 牛肉产地同位素指纹溯源技术的可行性	28
2.1 试验材料与方法	28
2.1.1 试验材料	28
2.1.2 试验方法	28

2.2	试验结果	29
2.2.1	牛肉样品干燥方法研究	29
2.2.2	牛肉样品脱脂方法研究	30
2.2.3	不同地域牛肉中稳定性同位素组成差异分析	31
2.2.4	牛肉不同组分中稳定性同位素组成差异及相关性分析	32
2.3	讨论	33
2.3.1	样品处理方法探讨	33
2.3.2	同位素技术对我国牛肉产地溯源的可行性探讨	34
2.4	小结	35
第3章	牛肉产地同位素指纹溯源分析判别技术	36
3.1	试验材料与方法	36
3.1.1	试验材料	36
3.1.2	试验方法	37
3.1.3	数据处理	38
3.2	试验结果	39
3.2.1	四大肉牛产区牛组织中的同位素组成差异分析	39
3.2.2	牛不同组织间同位素指标的相关性分析	45
3.2.3	同位素指标对牛肉产地的判别分析	45
3.2.4	同位素指标对牛肉产地的主成分分析	48
3.2.5	同位素指标对牛肉产地的聚类分析	49
3.3	讨论	50
3.3.1	同位素指纹技术对牛肉产地溯源的可行性	50
3.3.2	牛不同组织中同位素指标在牛肉产地溯源中的作用	50
3.3.3	同位素指标对牛肉产地的判别情况	50
3.4	小结	52
第4章	牛肉产地矿物元素指纹溯源分析判别技术	53
4.1	试验材料与方法	53
4.1.1	试验材料	53
4.1.2	试验方法	53
4.1.3	数据处理	54
4.2	试验结果	54
4.2.1	四大肉牛产区脱脂牛肉中元素含量差异分析	54
4.2.2	脱脂牛肉中元素含量的主成分分析	55
4.2.3	脱脂牛肉中元素含量的聚类分析	56
4.2.4	脱脂牛肉中元素含量的判别分析	57
4.3	讨论	58

4.4 小结.....	59
第5章 牛肉产地同位素和矿物元素组合溯源分析判别技术	60
5.1 试验材料与方法.....	60
5.2 试验结果.....	60
5.2.1 同位素与矿物元素组合对牛肉产地的主成分分析	60
5.2.2 同位素与矿物元素组合对牛肉产地的聚类分析	62
5.2.3 同位素与矿物元素组合对牛肉产地的判别分析	63
5.3 讨论.....	63
5.4 小结.....	64
第6章 牛组织中同位素组成变化与养殖环境的关系	65
6.1 试验材料与方法.....	65
6.2 试验结果.....	65
6.2.1 碳同位素组成变化	65
6.2.2 氮同位素组成变化	68
6.2.3 氢同位素组成变化	71
6.3 讨论.....	71
6.3.1 牛组织中碳同位素组成与饲料、牛品种、牛个体的关系	71
6.3.2 牛组织中氮同位素组成与饲料、牛品种、牛个体的关系	72
6.3.3 牛组织中氢同位素组成与地域、饲料的关系	72
6.4 小结.....	73
第7章 牛尾毛追溯牛肉产地及生活史的可行性分析	74
7.1 试验材料与方法.....	74
7.1.1 试验材料.....	74
7.1.2 试验方法.....	75
7.1.3 数据处理.....	76
7.2 试验结果.....	76
7.2.1 不同器官和组织碳、氮同位素组成差异分析	76
7.2.2 不同器官和组织碳、氮同位素与饲料变化的关系	77
7.2.3 牛尾毛碳、氮同位素随饲料改变的变化趋势	79
7.2.4 牛组织对饲料中碳、氮同位素富集比例分析	82
7.2.5 牛尾毛与脱脂肌肉、粗脂肪中碳、氮同位素的相关性及预测模型	83
7.2.6 牛组织中碳同位素组成与饲料的相关性及预测模型	84
7.3 讨论.....	85
7.3.1 以牛尾毛为材料进行牛肉产地溯源研究的可行性	85
7.3.2 以牛尾毛为材料追溯牛生活史的可行性	86
7.3.3 牛组织对饲料中碳、氮同位素富集比例	86

7.4 小结·····	87
第8章 牛肉产地溯源技术中问题讨论与研究展望 ·····	88
8.1 讨论·····	88
8.1.1 同位素与矿物元素指纹分析技术对我国牛肉产地溯源的可行性 ·····	88
8.1.2 同位素与矿物元素指标在牛肉产地溯源中的作用 ·····	89
8.1.3 牛组织中同位素与养殖环境的关系 ·····	89
8.1.4 牛组织对饲料中同位素的富集比例 ·····	90
8.1.5 牛尾毛代替牛肉进行产地溯源研究的可行性 ·····	90
8.1.6 利用牛尾毛研究牛生活史的可行性 ·····	91
8.2 研究中存在的问题·····	91
8.2.1 同位素检测指标少,研究的系统性还不强·····	91
8.2.2 牛组织中矿物元素含量及铅、镉同位素比值变化与养殖环境关系的研究 欠缺 ·····	92
8.2.3 每个地域采样量较少,而且采样地域的分布范围有限 ·····	92
8.3 进一步研究展望·····	92
8.4 结论·····	93
参考文献 ·····	94
后记 ·····	103

第 1 章 食品溯源技术体系概述

1.1 食品可追溯体系建立的背景与应用进展

可追溯性 (traceability) 不是一个新的术语,它在航空、空间和军队等领域早有过应用。20 世纪 80 年代以来,由于疯牛病、口蹄疫等危机的暴发,发达国家的政府和消费者对动物健康、食品安全及食品质量等方面的信息需求不断增加,可追溯性开始用于食品及其他工业部门。这使得食品业,尤其是食品零售部门亟须实施和改善追溯系统。可追溯性现已被消费者认为是生产安全优质食品的保障,也是提供食品来源和生产条件相关信息的主要途径。

1.1.1 食品可追溯性的定义

溯源性管理在动植物等食品生产链中的应用属于比较新的观念和做法。在食品追溯制度建设中,“可追溯性”是一个基础性概念,各国和有关国际组织对“可追溯性”的定义尚未形成一致意见。

国际标准化组织 ISO (8042: 1994) 把可追溯性定义为“通过记录的标识追溯某个实体的历史、用途或位置的能力”(白云峰等, 2005)。这里的实体可以是一项活动、一个产品、一个机构或一个人。对于产品而言,“可追溯性”是指原料或部件的来源、产品的加工历史、产品配送过程中的流通和位置(孔洪亮等, 2004)。国际食品法典委员会 (CAC) 2004 年召开大会,就食品安全的“可追溯性”提出了初步的定义。可追溯性/产品追踪 (product tracing) 是指“能够在生产、加工和流通过程中任何指定阶段追溯食品的能力”(方炎等, 2005)。关于这个定义的讨论分为欧洲和美国两大阵营。欧洲主张使用追溯能力;美国主张使用产品追踪。国际食品法典委员会采取了折中方案,将两个词并列在一起(方炎等, 2005)。欧盟食品基本法 (欧盟委员会 178/2002 号法规) 对其的定义为:“追溯是指在食品生产、加工、销售整个过程中,跟踪和跟随一种食品、饲料或成分到另一种食品或饲料的能力”(Céline Germain, 2003)。美国食品药品监督管理局 (FDA) 定义追溯为“通过纸或电子方式记录产品和生产者何时从何处来,以及何时将产品运往何地的能力”。日本农林水产省在《食品追踪系统指导手册》中,将食品追溯系统定义为“能够追踪食品生产、加工、处理、流通及销售整个过程的相关信息”(方炎等, 2005)。

上述关于食品可追溯性的定义表述有所不同,但均包含着两个要点:①标识产品;②通过信息记录跟踪了解产品的能力。

1.1.2 食品可追溯体系建立的背景及意义

1. 食品可追溯体系建立的背景

食品可追溯体系 (food traceability system) 是在以欧洲疯牛病危机为代表的食源性恶性事件在全球范围内频繁暴发的背景下, 由法国等部分欧盟国家在国际食品法典委员会生物技术食品政府间特别工作组会议上提出的一种旨在加强食品安全信息传递、控制食源性疾病危害和保障消费者利益的信息记录体系。从食品可追溯体系的实际功效而言, 可追溯体系是一种基于风险管理的安全保障体系。危害健康的问题发生后, 可按照从原料上市至成品最终消费整个过程中各个环节所必须记载的信息, 追踪食品流向, 召回存在危害的尚未被消费的食品, 撤销其上市许可, 切断源头, 消除危害, 减少损失。

引入食品可追溯性的最初动机有两点: 一是维护动物健康, 二是确保人类安全。将可追溯体系与日常的动物检测程序相配合, 可以快速识别危害人类与动物健康的风险, 使疾病危害的影响范围最小化, 如对动物实行身份证、登记制度, 记录健康与患疾历史, 区分疫区与非疫区的产地来源等, 此方法已经在全球范围内有效地控制了很多动物疾病发生和减少该疾病对人类的危害。动物身份证体系是实现食品可追溯体系建设的基础和雏形。

2. 建立实施食品可追溯体系的意义

建立实施食品可追溯体系是保证食品安全的一项重要措施, 也是适应国际贸易、提高消费者对食品安全的信心、提高动物健康水平的重要手段。

1) 适应国际食品贸易与出口

欧盟 2000 年 1 月发表了《食品安全白皮书》, 提出了一个新的食品安全体系框架, 其中提出的一项根本性改革措施, 就是以控制“从农田到餐桌”全过程为基础, 明确所有相关生产经营者的责任。2002 年 1 月颁布了欧盟委员会 178/2002 号法规, 要求从 2004 年起, 在欧盟范围内销售的所有食品都能够进行跟踪与追溯, 否则就不允许上市销售。

美国食品药品监督管理局要求在美国国内和外国从事生产、加工、包装或掌握人群或动物消费的食品部门, 于 2003 年 12 月 12 日前必须在 FDA 登记, 以便进行食品安全跟踪与追溯。2004 年 5 月美国又公布了《食品安全跟踪条例》, 要求所有涉及食品运输、配送和进口的企业要建立并保存相关食品流通的全过程记录。该规定不仅适用于美国食品外贸企业, 而且适用于美国国内从事食品生产、包装、运输及进口的企业 (方炎等, 2005)。

日本农林水产省 2002 年 6 月 28 日正式决定将食品信息可追踪系统推广到牡蛎等水产养殖产业, 使消费者在购买水产品时可以通过商品包装获取品种、产地

以及生产加工、流通过程的相关履历信息。2003 年 6 月又通过了《牛只个体识别情报管理特别措施法》，于同年 12 月 1 日开始实施。2004 年 12 月日本开始立法实施牛肉以外食品的追溯制度（方炎等，2005）。

目前，世界上已有 20 多个国家和地区采用国际物品编码协会推出的 EAN·UCC 系统^①，对食品原料的生产、加工、储藏及零售等各个环节上的管理对象进行标识，通过条码和人工可识读方式使其相互连接，实现对食品供应过程的跟踪与追溯。

面对经济全球化、贸易自由化的世界潮流，国与国之间食品和农产品的贸易往来都必须遵循“符合性评鉴程序”，其基础除了国际公认的计量基准、品质的标准化、产品的认证之外，还有一条即生产与流通过程的可追溯性。食品安全追溯已经成为食品国际贸易的要点之一，也成为一项新的贸易壁垒。

2) 维护消费者对所消费食品生产情况的知情权

食品的工业化生产，导致了消费者和食品生产过程在时间与空间上分离，而目前的食品标签不能为消费者提供足够的信息，使人们无法了解它在何处生产、怎样生产以及含有何种类型的添加剂，以及所消费的食品是否来源于转基因原料。随着食品安全问题的日益严重，越来越多的消费者要求了解食品在整个生产链条中的细节信息。食品可追溯体系的建立，能够把食品产业链中与安全相关的有价值信息保存下来，以备消费者查询，满足消费者的知情权。

3) 提高食品安全性监控水平，减少食源性疾病的发生

据统计，世界上每年约有 700 万人感染食源性疾病，这种现状引起人们对食品安全性的担忧，甚至失去消费信心。食品追溯体系的建立，一方面通过生产者对与产品安全性有关的生产加工信息进行记录、归类 and 整理，能够促进生产者改进生产工艺，不断提高产品的安全水平；另一方面通过食品追溯链，政府可以更有效地监督和管理食品安全，与向企业派驻监督代表相比，建立该体系只需要对记录和其真实性进行考核即可。此外，溯源性管理能够明确责任方，会使食品生产者产生一种自我激励机制，使其采用更安全的生产方式及对目前存在或潜在的食品风险采取防患于未然的积极态度。这种源于责任的激励可以减少企业发生食品安全风险事故的概率。同时，对整个产业和政府责任的确定也会产生正面效应，使各部门以积极的防御态度解决食品安全问题，减少食源性疾病的发生。

4) 提高食品安全突发事件的应急处理能力

在食源性疾病暴发时，利用食品追溯性系统工具，能快速反应、追本溯源，有效地控制病源食品的扩散和实现追踪，有效召回有健康风险的产品，减少损

^① 国际物品编码协会即以前的欧洲物品编码协会（European Article Number, EAN），UCC 即美国统一代码委员会（Uniform Code Number）。EAN·UCC 系统即国际物品编码协会和美国统一代码委员会共同建立的物品编码系统。

失。因此，食品生产加工与管理部门应在以往危害分析与关键控制点（hazard analysis and critical control point, HACCP）、良好操作规范（good manufacturing practice, GMP）控制体系的基础上，将可追溯性管理引入到食品全程安全控制领域中（白云峰等，2005）。

1.1.3 食品追溯系统的应用概况

近年来，一些发达国家不断强化对食品的生产、储存、运输和销售各个环节的控制，强制性实行食品生产和销售情况透明政策，以此来强化可追溯制度的实施。

欧盟《食品法》规定，食品、饲料、供食品制造用的家畜，以及与食品、饲料制造相关的物品，其在生产、加工、流通的各个阶段必须建立食品信息可追溯系统。在牛肉管理方面，欧盟委员会 1760/2000 号法规规定，每一个成员国都必须建立牛的验证和注册体系，这一体系包括以下几个方面：牛耳标签、电子数据库、动物护照、企业注册。标签内容须包括：牛的出生地、饲养地所在的国家（包括第三国）、屠宰地所在的国家、参考号、屠宰场批准号、分割厂批准号。对于从欧盟之外进口的牛肉，则须在标签上注明“产地：非欧盟国家”和“屠宰地：××国家”。如果标签含有上述强制性标签规定以外的信息，经营者还应提交一份说明书，报成员国主管部门批准。

美国“9·11 事件”后，为了免遭恐怖主义对食品供应的威胁，布什总统于 2002 年 6 月签署了《公共健康安全与生物恐怖主义应对法案》。根据该法案，美国食品药品监督管理局于 2003 年 10 月公布了《食品企业注册法规》和《进口食品提前通报法规》，并于当年 12 月 12 日开始生效。此外，美国拟通过建立家畜的追溯体系来提高从农场到加工厂的追踪鉴别能力，并在 48h 内完成鉴别。据介绍，今后所有的牛、羊和其他家畜都要从出生之日起戴上耳标，以便帮助消费者了解家畜的出生、养殖和屠宰加工过程。

日本早在 2001 年，作为应对疯牛病的重要手段，在政府的推动下，开始在肉牛生产供应体制中全面引入信息可追踪系统。2002 年 5 月，日本政府制定了“牛肉身份证”制度，建立了牛的个体信息系统，每头牛都有号码，牛肉上贴有封条，上面注明屠宰日期。如果消费者想要获得更为详细的情况，可以通过互联网，确认牛的产地、品种、出生时间、屠宰日期以及流通过程。2002 年 6 月，日本农林水产省正式决定，将食品信息和可追溯系统推广到全国的猪肉、肉鸡等肉食产业，牡蛎等水产养殖产业，以及蔬菜产业。此外，日本建立了优良农产品的认证制度，对进入日本的农产品要进行“身份”认证。根据优良农产品认证制度的要求，申请认证的农产品必须正确标明该产品的生产者、产地、收获和上市日期以及使用农药和化肥的名称、用量和日期等，以便消费者判断农产品的安全性。

在我国,目前全面开展食品的跟踪与追溯还有一定的难度,如对猪、牛、羊、鸡、水果和蔬菜等农副产品进行跟踪与追溯要增加农民的负担,开展这项工作要涉及众多行业的管理部門,并且需要建立相应的法律法规。尽管如此,农产品质量与安全追溯制度已在一些地方和生产企業开始实施。在上海市,从2004年2月8日起,上海市通过“上海食用农副产品质量安全信息平台”对食用农副产品的生产过程实行监控、条码识别和网络查询等系统管理。农业企业通过“食用农副产品安全信息条形码”给每个产品建立起相应的生产档案。通过信息技术,消费者能够对自己所购买的食用农副产品进行“身份查询”。迄今为止,上海市已经给30家蔬菜园艺场建立了“电子档案”,并为全市300多家千头以上的规模化养猪场建立了档案。此外,由国家质量监督检验检疫总局、山东省潍坊市及寿光市技术监督局等部门共同协作,在寿光田苑蔬菜基地和洛城蔬菜基地进行了蔬菜质量与安全可追溯系统的探索。据了解,这一项目主要通过编码系统对蔬菜生产流通的全过程进行记录,从农民生产出蔬菜到包装、仓储、运输、销售等都可通过编码显示出来。消费者如果发现蔬菜质量问题,即可通过编码系统进行追溯,查明责任。2004年9月,我国已在全国肉类行业食品安全信用体系建设61家试点企业,强制推行食品安全信用码制度(于维军,2004)。

可见,食品安全追溯体系已成为保证人们身体健康,促进食品出口,以及解决食品国际贸易争端的有效方式,建立食品可追溯体系是食品管理部门、加工企业和出口企业的一个必然的选择,各国已纷纷投入大量的人力、物力与财力,从各方面加强食品安全追溯体系的建立与完善。

食品追溯体系是一项涉及多部門、多学科知识的复杂的系统工程,需要相应的科技体系作为支撑。由此,国内外各专家学者不断借鉴其他学科方面的知识,探索用于食品安全溯源方面的有效技术方法。

1.2 食品溯源技术研究进展

为了顺利完成食品链全程跟踪与溯源,生产者必须从生产、加工、储存、运输、流通各环节收集相关的产品信息、过程信息及环境信息等。从技术层面而言,这些信息的收集涉及多种检测方法和相关的溯源技术。目前,文献报道主要集中在动物源食品的溯源研究上,检测的指标主要包括动物品种、来源地、生产系统和条件。此外,电子数据的收集与管理、食品链的风险评估等技术在食品溯源体系研究中也占有非常重要的地位。

1.2.1 动物品种、种类鉴别技术

能快速、准确地进行动物品种鉴别的合适方法主要是蛋白质、DNA和脂类成分的分析。

1. 蛋白质分析方法

蛋白质（酶、肌红蛋白等）现已被广泛用作品种鉴定的指标。水溶性蛋白的电泳图谱常与动物品种有关，通常利用淀粉凝胶电泳、聚丙烯酰胺凝胶电泳和琼脂糖凝胶电泳及等电聚焦电泳技术分离水溶性蛋白。凝胶电泳对蛋白质的检测限为 0.1%~1%，它取决于检测过程中蛋白质条带的清晰度。免疫技术如 Western 印迹和酶联免疫分析主要用于固相目标蛋白的微量分析，用此方法也可以实现对动物品种的定量分析，其检测限取决于所检测的肉品种，一般猪肉 $\leq 1\%$ ，家禽和牛肉 $\leq 2\%$ ，羊肉 $\leq 5\%$ （Schwägele, 2005）。利用特定蛋白质条带图谱，可以区分动物的种类、品种和品系等。

2. 脂肪分析方法

脂类不同成分的组成和脂肪酸含量均可作为动物品种鉴别的指标。在实际中，常利用气相色谱（GC）或气相色谱-质谱联用（GC-MS）技术检测动物脂肪中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸的含量和比率，用于区分动物的种类和品种。但这种方法易受多种因素的干扰，致使在单一种类和混合种类的肉制品检测中往往导致不确定性结果（Schwägele, 2005）。

3. DNA 分析方法

近年来，DNA 分析技术被用于食品研究和食品控制中。DNA 检测最初用于食品品种鉴别是利用特定 DNA 探针进行杂交分析（Chikuni *et al.*, 1990；Wintero *et al.*, 1990）。目前，聚合酶链反应（PCR）已作为一项关键技术用于食品和饲料的种类鉴定中，而且它常与限制酶切片段长度多态性联用（PCR-RFLP）对动植物食品的品种进行鉴别（Verkaar *et al.*, 2001）。基于单链构型多态分析（single-strand conformation of polymorphism, SSCP）的随机扩增 DNA 多态聚合酶链反应（RAPD-PCR）也被用于不同动植物品种的区分研究中（Weder, 2002）。

许多特定的 PCR 系统可被用于动植物品种分析，而且这些技术的分析精度非常高，可用于复杂样品的种类鉴别，甚至对于在剧烈的条件下（如杀菌）加工的食品而言，DNA 分析技术也是非常有效的。通常 DNA 技术的检测限 $\leq 0.1\%$ ，此检测限取决于所用的 PCR 方法（Schwägele, 2005）。此外，对于品种鉴别和定量分析也可用实时 PCR 方法，它对转基因成分的定量分析要优于对一般动植物种类的鉴别分析（Wurz *et al.*, 1999）。

1.2.2 食品产地鉴别技术

产地溯源有利于实施产地保护、保护地区名牌、保护特色产品，而且食品的