

食品产地溯源技术研究进展

陈璐, 谷晓红, 张丙春, 赵平娟, 范丽霞

(山东省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 山东省食品质量与安全检测技术重点实验室, 山东济南 250100)

摘要 食品产地溯源技术的目的有2个, 一是实现食品质量安全追溯制度的重要保障, 二是为保护地理标志产品和特色食品提供技术支持。主要介绍了食品产地溯源的几种技术, 自动识别和数据采集技术、稳定同位素分析、矿物元素分析、有机成分分析、近红外光谱技术、分子生物学技术和几种技术的联用技术; 同时介绍了常用产地溯源技术在食品中的应用研究进展。

关键词 产地溯源; 食品; 同位素比值; 元素分析; 近红外光谱

中图分类号 TS201.6 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2015)36-109-03

Research Progress in Methods for Geographical Origin Traceability of Food

CHEN Lu, GU Xiao-hong, ZHANG Bing-chun et al (Institute of Standard & Testing Technology for Agro-products, Shandong Academy of Agricultural Sciences/ Shandong Provincial Key Laboratory of Test Technology on Food Quality and Safety, Jinan, Shandong 250100)

Abstract Geographical origin traceability has two purposes: first, it is an important guarantee to develop a safety traceability system. Second, it is an effective method to protect geographical indication of China's agricultural products and specialty food. This paper describes the identification and data capture, isotope ratio mass spectrometry, elemental analysis, organic components analysis, near infrared spectroscopy, molecular biology technology and techniques combined with several technologies. Current researches used for geographical origin of food are also reviewed in this paper.

Key words Geographical origin traceability; Food; Isotope ratio; Elemental analysis; Near infrared spectroscopy

食品的产地溯源系统是将食品从种植到销售等过程的各种相关信息进行记录, 能通过食品识别号对该产品进行查询认证, 追溯其在各环节中的信息的技术。近年来, 世界各国都对食品产地溯源技术给予了高度的重视, 开展了大量的研究工作。欧盟在其指令 178/2002《通用食品法》中明确要求食品必须可追溯^[1](59-61)]; 加拿大建立了国家农业和食品可追溯体系(National Agriculture and Food Traceability System, NAFTS)。食品安全追溯主要有2个方式, 第一是采用自动识别和数据采集技术, 从种植到销售进行信息记录, 也就是从产地、食品原料的供应、加工、运输、最后到销售的跟踪; 另一种方式是应用溯源技术、从下往上进行追溯, 即消费者在销售点购买食品后发现存在安全问题, 可以通过技术手段判别食品产地, 向上逐层进行追溯, 确定问题来源, 稳定同位素分析技术、矿物元素指纹分析技术等溯源技术即是这种方式。我国也在逐步推进食品安全溯源体系的建立, 但目前为止, 国内关于食品产地溯源的研究更多的应用在了地理标志产品的保护上, 而对食品产地溯源应用在食品质量安全追溯的研究并不多。笔者主要综述了国内外常用的食品产地溯源技术在不同种类食品中的应用研究进展, 以期推动我国食品产地溯源技术的发展, 为实现食品质量安全追溯及保护地理标志产品和特色食品提供一定的参考。

1 自动识别和数据采集技术(AIDC)

1.1 条形码技术(barcode) 条形码是将宽度不等的多个黑条和空白, 按照一定的编码规则排列, 用以表达一组信息的图形标识符, 分为一维条形码和二维条形码^[2]。条形码技

术不仅可以反映食品的产地, 还可查询食品安全信息, 包括运输、储藏信息。二维码技术由于成本较低, 是目前国内应用最广泛的自动识别和数据采集技术, 在国内条形码技术在水果^[3-4]、畜禽^[5-6]、蔬菜^[7]等食品上有广泛应用。

1.2 射频识别技术(RFID) RFID是一种非接触式的自动识别技术。它可以存储大量的信息, 通过射频信号同时对多个目标对象进行自动识别, 且识别工作无须人工干预, 并可工作于各种恶劣的环境下^[8]。与条形码技术相比, RFID技术可以储存更多信息、识别响应速度快、更加自动化, 因此RFID技术的发展前景更加广阔^[9]。

我国台湾政府已委任一家非盈利研究机构开展推出应用RFID技术的食品追溯系统试点, 以增加购买食品的无形价值, 并提高食品安全。并将应用案例研究应用到台湾的连锁便利店^[10]。Feng使用RFID技术与PDA和条形码打印机整合评估牛/牛肉可追溯系统, 大大提高了食品追溯系统的自动化和效率, 便于牛肉企业的管理^[11], 但是RFID的高成本限制了RFID技术的发展, 普遍认为重复回收利用RFID标签会降低系统运行的成本^[8,11]。

2 稳定同位素分析技术(IRMS)

不同地区来源的动植物体内同位素组成受气候、土壤、地形、水源及动植物代谢类型等因素的影响发生分馏效应而存在差异, 稳定同位素反映了生物外部环境状况, 且不因化学添加剂的改变而改变^[12]。因此, 用不同稳定同位素的丰度值的不同鉴定食品的产地来源的方法是可行的。在食品的产地溯源中, $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{34}\text{S}$ 、 $\delta^{87}\text{Sr}$ 是常用的稳定同位素指标, 被应用在肉类、水果、乳制品等多个食品类别的产地识别中, 表1列举了部分相关文献中的成功应用。

3 矿物元素指纹分析技术

不同地区的环境因其土壤类型、污染、灌溉用水、大气等因素, 矿物元素含量有很大不同, 食品中的元素含量与当地

基金项目 山东省自主创新及成果转化专项经费资助项目(2014ZZC

X02 703)。

作者简介 陈璐(1987-), 女, 山东济南人, 研究实习员, 硕士, 从事农产品产地环境评估研究。

收稿日期 2015-11-26

环境因素密切相关,不同地区的食品中元素组成特征不同,因此用矿物元素来进行食品的产地溯源是可行的。食品中矿质元素分析技术是通过借助元素分析仪(EA)、原子吸收光谱仪(AAS)、电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-AES)和电感耦合等离子质谱(ICP-MS)等一起来实现的。随着 ICP-

MS 的普及,由于 ICP-MS 操作方便,可以同时测定多种元素且检测限低,成为矿物元素指纹分析技术的主要手段。在数据处理上,方差分析、多重比较分析、聚类分析和主成分分析等分析方法是矿质元素指纹分析技术的常用方法。表 2 列举了部分近期相关文献中矿物元素指纹分析技术的应用实例。

表 1 稳定同位素分析技术进行不同食品类别的产地溯源实例

产品	主要技术	检测参数	检测样品产地	参考文献
牦牛肉	IRMS	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^2\text{H}$	青海省,四川省	[13]
柑橘	IRMS	$\delta^{13}\text{C}$, δD	广西省,湖南省,福建省,四川省	[14]
牛肉	IRMS	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^2\text{H}$	韩国,美国,墨西哥,澳大利亚,新西兰	[15]
羊肉	IRMS	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$	南非多个农场	[16]
牛奶	IRMS	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{87}\text{Sr}$	澳大利亚,新西兰	[17]
橙汁	IRMS	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^2\text{H}$, $\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{87}\text{Sr}$	南美、北美、非洲、欧洲	[18]
橄榄油	IRMS	$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$	意大利不同地区	[19]

表 2 矿物元素指纹分析技术进行不同食品类别的产地溯源实例

产品	主要技术	检测元素	数据处理方式	检测样品产地	参考文献
香港牡蛎	ICP-MS	Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, Se, Tl, U, V	Duncan 多重比较分析、主成分分析、聚类分析	汕头、惠东、珠海、台山、阳江、湛江、钦州	[20]
牛肉	ICP-MS	Na, Mg, Al, K, Ca, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Sr, Zr, Mo, Sn, Sb, Ba, Pb	Duncan 多重比较分析、主成分分析、聚类分析、判别分析	吉林、贵州、宁夏、河北	[21]
奶粉	ICP-MS ICP-AES 分光光度法	Li, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Ba, Pb, Sc, Y, La, Ce, Nd, K, Ca, Mg, Na, Al, Fe, Sr, P	方差分析, Duncan 多重比较分析聚类分析、主成分分析	黑龙江、新疆、广西	[22]
羊肉	ICP-MS	Be, Na, Al, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Ag, Sb, Ba, Tl, Pb, Th, U	判别分析、主成分分析、Duncan 多重比较分析、聚类分析	阿拉善盟、锡林郭勒盟、呼伦贝尔市、重庆市、菏泽市	[23]
番茄	ICP-oo-T OF-MS	Li, Be, Al, V, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Ag, Cd, In, Cs, Ba, Tl, Pb, Bi, U	判别分析	意大利、中国、西班牙	[24]
酒	ICP-MS ICP-AES	56 种元素	判别分析	澳大利亚	[25]

4 有机成分指纹分析技术

有机成分指纹分析包括食品中的蛋白质、脂肪酸、香气成分、糖、酸等组成的差异,通过这些有机成分差异可判断产地来源^[1](59-61)]。有机成分指纹分析用到的技术主要是检测食品挥发性特征成分组成及其含量的气相色谱技术和食品中特征成分的组成及含量的液相色谱技术。Zumin 等利用 GC-MS 对来自希腊、西班牙、突尼斯、意大利的橄榄油中 8 种萜类化合物进行了分析,发现根据 α -古巴烯和 α -衣兰油烯的含量可以准确区分意大利橄榄油和非意大利橄榄油。Alonso-Salces 等运用反相高效液相色谱技术测定了咖啡豆中的酚醛酸和甲基黄嘌呤,发现酚醛酸和肉桂酸可以作为判别喀麦隆、越南、印度尼西亚咖啡豆产地的特征成分^[27]。

5 近红外光谱技术

近红外光谱技术是一种快速、高效地识别食品产地的技术,近红外光谱技术的样品一般不需要前处理,可以直接测定,进行无损分析。近红外光谱的产生主要是由于分子振动的非谐振性使分子振动从基态向高能级跃迁,记录的主要是含氢基团振动的倍频和合频吸收,涵盖了大多数类型有机化合物的组成和分子结构信息。不同产地来源的农产品,因其生长环境、气候、土壤、水质等的不同,导致食品中蛋白质、脂肪、糖分、水分等主成分的组成和含量存在较大差异,而这些成分差异可反映在近红外光谱上,从而统计分析出来。近

红外光谱技术进行产地溯源的光谱预处理方法通常有一阶导数、平滑等,进一步使用建模和聚类分析方法等^[28-33]。近期近红外光谱技术在产地溯源的应用实例见表 3。

6 分子生物学技术

生长于不同环境的农产品的微生物数量、种类和特性存在很大差异,变性梯度凝胶电泳技术(PCR-DGGE)和限制性酶切片段长度多态性技术(PCR-RFLP)可以对微生物菌群多样性进行分析,从而判断农产品产地。

Sheikha 等采集了哥伦比亚、埃及、乌干达和马达加斯加 4 个地区的酸浆果,并运用 PCR-DGGE 技术分析酸浆果的酵母菌 DNA,检测发现不同地区酸浆果的酵母菌群有显著性差异,可用于酸浆果的原产地辨别^[34]。Arcuri 等采集巴西米纳斯吉拉斯州不同地区的米纳斯奶酪携带的微生物群落,运用 PCR-DGGE 对其 16S rDNA V3 区进行检测,结果显示,不同地区的米纳斯奶酪的微生物群落不同,有些特殊的微生物是某一地区的奶酪的特有微生物,可用于产地区分^[35]。Gauthier 等采用 PCR-RFLP 技术对欧洲不同国家的玉米样品中 23 个 RFLP 位点与地理位置的相关性进行研究,实现产地溯源^[36]。单核苷酸多态性(SNP)是第 3 代的分子标记,是指同一位点的不同等位基因之间个别核苷酸的差异,这种差异包括单个碱基的缺失或插入^[37]。Bazakos 等通过 5 个 SNP 标记对希腊不同地区橄榄进行区分^[38]。

表3 近红外光谱技术进行不同食品类别的产地溯源实例

产品	主要技术	数据处理方式	检测样品产地	参考文献
小麦	NIR	预处理采用近红外均值标准化、一阶求导和多元散射校正(MSC),建模采用偏最小二乘判别分析法(DPLS)	河北、河南、山东、陕西	[28]
苹果	NIR	光谱预处理用一阶导数结合趋势变化法散射处理,建模使用主成分分析结合最小二乘法	天津、北京、陕西	[29]
加工后鸡肉	NIR	原始光谱经二阶求导(13点平滑)和矢量归一化(SNV)预处理,使用聚类分析和主成分分析	昌邑新昌、牟平仙坛、莱阳春雪、亚太中慧	[30]
花生	NIR	建模采用主成分分析、小波转换以及线性判别分析、贝叶斯判别分析和k最近邻分析	山东、湖北、河南、辽宁、广西、广东、四川	[31]
枸杞	NIR	一阶导数(5点平滑)+SNV预处理,建模采用主成分分析、SIMCA判别	宁夏、内蒙古、甘肃、青海、河北	[32]
罗非鱼片	NIR	主成分分析、SIMCA判别	广东、广西、福建、海南	[33]

7 多种技术联用

随着食品产地溯源技术的发展,多种技术联用也在不断发展。由于化学成分含量的差异可反映产品种类、生长环境等产地信息,因而稳定同位素分析技术、矿物元素分析技术、有机成分指纹分析技术相结合的分析方法得到了很多的应用,可以提高食品产地溯源判别的准确性。Zhao等使用稳定同位素分析和多元素分析研究结合,使得牛肉在我国的地理来源可以很好地分辨出来^[39]。蜂蜜^[40]、葡萄酒^[41]也有使用分析技术联用的方法实现产地溯源。

8 结语

近年来,人民生活水平的日益提高使得人民对食品安全、食品品质有了更高的要求。很多国家对产地溯源的研究在于建立健全的食品安全追溯体系,我国在这一方面也做出了很大的努力,同时我国有很多特色食品,对地理标志产品的保护也是推动我国食品产地溯源技术发展的重要推力。产地溯源的方法很多,发展适合不同食品特征的溯源方法、发展多技术联用的溯源方法、提高溯源的准确性是今后产地溯源技术的重点发展方向。

参考文献

- [1] 王成,赵多勇,王贤,等.食品产地溯源及确证技术研究进展[J].农产品质量与安全,2013(B09):59-61.
- [2] 祝胜林,吴同山,李岩.可追溯系统在养猪业中的应用研究[J].猪业科学,2013(8):18.
- [3] 张洪胜.苹果等农产品掀起“二维码热潮”[J].烟台果树,2015(1):27.
- [4] 李新刚,吴德顺.水果溯源信息系统的设计与实现[J].科技风,2012(2):45.
- [5] 王烁,刘世洪,郑火国,等.新疆牛肉可追溯系统研究与实现[J].安徽农业科学,2013,41(26):10856-10859.
- [6] 田夫林.我国自主研发畜禽二维码标识诞生[J].中国动物保健,2008(3):22.
- [7] 马鸿健,柳平增,张耘凡,等.生姜溯源信息系统的设计与实现[J].中国农机化学报,2014,35(6):250-253.
- [8] 张妹楠,郭波莉,潘家荣.RFID技术在食品全程跟踪与追溯中的应用[J].食品研究与开发,2007,28(9):148-151.
- [9] KANG Y S, LEE Y H. Development of generic RFID traceability services[J]. Computers in industry, 2013, 64(5): 609-623.
- [10] HONG I H, DANG J F, TSAI Y H, et al. An RFID application in the food supply chain: A case study of convenience stores in Taiwan[J]. Journal of food engineering, 2011, 106(2): 119-126.
- [11] FENG J, FU Z, WANG Z, et al. Development and evaluation on a RFID-based traceability system for cattle/beef quality safety in China[J]. Food control, 2013, 31(2): 314-325.
- [12] 郭波莉,魏益民,潘家荣.同位素指纹分析技术在食品产地溯源中的应用进展[J].农业工程学报,2007,23(3):284-289.
- [13] 项洋,郝力壮,牛建章,等.稳定性碳、氮、氢同位素在牦牛产地区分中

的应用[J].食品科学,2015,36(12):191-195.

- [14] 黄岛平,陈秋虹,林葵,等.稳定碳氢同位素在柑桔产地溯源中应用初探[J].科技与企业,2013(17):256.
- [15] HORACEK M, MIN J S. Discrimination of Korean beef from beef of other origin by stable isotope measurements[J]. Food chemistry, 2010, 121(2): 517-520.
- [16] ERASMUS S W, MULLER M, VAN DER RIJST M, et al. Stable isotope ratio analysis: A potential analytical tool for the authentication of South African lamb meat[J]. Food chemistry, 2016, 192: 997-1005.
- [17] CRITTENDEN R G, ANDREW A S, LEFOURNOUR M, et al. Determining the geographic origin of milk in Australasia using multi-element stable isotope ratio analysis[J]. International dairy journal, 2007, 17(5): 421-428.
- [18] RUMMEL S, HOELZL S, HORN P, et al. The combination of stable isotope abundance ratios of H, C, N and S with 87 Sr/86 Sr for geographical origin assignment of orange juices[J]. Food chemistry, 2010, 118(4): 890-900.
- [19] PORTARENA S, GAVRICHKOVA O, LAUTERI M, et al. Authentication and traceability of Italian extra-virgin olive oils by means of stable isotopes techniques[J]. Food chemistry, 2014, 164: 12-16.
- [20] 才让卓玛,赵云涛,章超桦,等.基于无机元素分析的香港牡蛎产地溯源技术初探[J].广东海洋大学学报,2015,35(3):94-98.
- [21] 郭波莉,魏益民,潘家荣,等.多元素分析判别牛肉产地来源研究[J].中国农业科学,2007,40(12):2842-2847.
- [22] 谭凯燕,梁晓琳,缪璐,等.多元素分析判别奶粉产地来源研究[J].食品工业科技,2015,36(2):52-56.
- [23] SUN S, GUO B, WEI Y, et al. Multi-element analysis for determining the geographical origin of mutton from different regions of China[J]. Food chemistry, 2011, 124(3): 1151-1156.
- [24] FRAGNI R, TRIFIRÒ A, NUCCI A. Towards the development of a multi-element analysis by ICP-oe-TOF-MS for tracing the geographical origin of processed tomato products[J]. Food control, 2015, 48: 96-101.
- [25] MARTIN A E, WATLING R J, LEE G S. The multi-element determination and regional discrimination of Australian wines[J]. Food chemistry, 2012, 133(3): 1081-1089.
- [27] ALONSO-SALCES R M, SERRA F, RENIERO F, et al. Botanical and geographical characterization of green coffee (Coffea arabica and Coffea canephora): chemometric evaluation of phenolic and methylxanthine contents[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2009, 57(10): 4224-4235.
- [28] 赵海燕,郭波莉,魏益民,等.近红外光谱对小麦产地来源的判别分析[J].中国农业科学,2011,44(7):1451-1456.
- [29] 张鹏,李江阔,陈绍慧,等.近红外光谱用于鉴别苹果产地的研究[J].食品科技,2014,39(11):305-309.
- [30] 孙潇,史岩.近红外光谱技术对加工后鸡肉产地溯源的研究[J].现代食品科技,2015,31(6):315-321.
- [31] 张龙,潘家荣,朱诚.近红外光谱分析技术在花生原产地溯源中的应用[J].食品科学,2013,34(6):167-170.
- [32] 汤丽华,刘敦华.基于近红外光谱技术的枸杞产地溯源研究[J].食品科学,2011,32(22):175-178.
- [33] LIU Y, MA D, WANG X, et al. Prediction of chemical composition and geographical origin traceability of Chinese export tilapia fillets products by near infrared reflectance spectroscopy[J]. LWT-food science and technology, 2015, 60(2): 1214-1218.

(下转第198页)

折单产 8 572.5 kg/hm²。习惯性施肥区比对照增产 2 566.5 kg/hm²,增产率为 33.3%,配方施肥区比对照增产 3 432.0 kg/hm²,增产率为 40.0%,而配方施肥区比习惯性施肥区增产 865.5 kg/hm²,增产率为 10.0%。说明在该肥力地块,增施肥料比不施肥增产,而采用测土配方施肥又比习惯性施肥增产显著。

表 2 不同处理水稻叶面积和谷草比

处理	剑叶长度	剑叶宽度	剑叶面积	谷草比
	cm	cm	cm ²	
①	30.0	1.0	31.4	1.0:1.0
②	32.8	1.3	47.3	1.0:1.2
③	32.0	1.2	46.0	1.0:1.1

表 3 不同处理水稻经济性状及产量

处理	株高	穗长	有效穗	穗粒数	空瘪率	千粒重	谷草比	小区产量	折单产
	cm	cm	万/hm ²		%	g		kg	kg/hm ²
①	107	21.5	124.5	142.5	31.5	29.0	1.10	30.83	5 140.5
②	120	24.0	189.0	140.8	25.6	29.0	1.0	308.10	7 707.0
③	118	24.6	201.0	145.6	24.6	29.2	1.10	171.40	8 572.5

2.4 养分投入及效益分析 由表 4 可知,配方施肥区折单产 8 572.5 kg/hm²,比对照不施肥区增产 3432.0 kg/hm²,习惯性施肥区折单产 7 707.0 kg/hm²,比对照不施肥增产 2 566.5 kg/hm²,而不施肥区稻谷产量 5 140.5 kg/hm²,按当年粮价 2.4 元/kg 计算,配方施肥区增产折价 8 236.5 元/hm²,投入

肥料成本 1 500 元/hm²,产投比为 4.5;而习惯性施肥区增产折价 6 159.6 元/hm²,投入肥料成本 1 998.0 元/hm²,产投比为 2.8,表明在同等栽培条件下,配方施肥比习惯性施肥增产、节本、增效,产投比高 1.7^[3]。由此可知,测土配方施肥技术可以在祁门县大面积推广应用。

表 4 不同处理水稻养分投入及经济效益

处理	小区产量	折单产	与对比区增产	当年粮价	增产折价	肥料成本	增加收入	产投比
	kg	kg/hm ²	kg/hm ²	元/kg	元/hm ²	元/hm ²	元/hm ²	
①	30.83	5 140.5	-	2.4	-	-	-	-
②	308.10	7 707.0	2 566.5	2.4	6 159.6	1 500.0	4 161.0	2.8
③	171.40	8 572.5	3 432.0	2.4	8 236.5	1 998.0	6 736.5	4.5

3 小结

通过水稻配方肥田间对比试验,结果表明,在土壤肥力一般田块增施肥料有利于增产,产投比也增加。在同等肥力和栽培管理条件下,采用测土配方施肥技术可以实现增产、节本、增效^[4]。改变肥料配方和不同使用方法,比农民比习惯性施肥增产稻谷 10%,而配方施肥比习惯性施肥节约成本 498 元/hm²,相应增加经济收入 2 566.5 元/hm²,产出比高 1.7 点。表明测土配方施肥是一项值得在祁门县大力推广应用

的新技术。

参考文献

- [1] 颜皆曙,吴宝龙,王明霞,等. 2010 年水稻配方肥对比试验初报[J]. 安徽农学通报,2011(8):56-58.
- [2] 杨清华. 测土配方施肥在永胜县农业生产中的应用[J]. 农业与技术,2014(12):9.
- [3] 花良兵. 2007 年无为县棉花配方肥对比试验[J]. 安徽农学通报,2008(17):149.
- [4] 范新翔. 水稻施用“憨农”配方肥的效果分析[J]. 农业服务,2011(4):480,528.
- [34] EL SHEIKHA A F, DURAND N, SARTER S, et al. Study of the microbial discrimination of fruits by PCR-DGGE: Application to the determination of the geographical origin of Physalis fruits from Colombia, Egypt, Uganda and Madagascar[J]. Food control, 2012, 24(1):57-63.
- [35] ARCURI E F, EL SHEIKHA A F, RYCHLIK T, et al. Determination of cheese origin by using 16S rDNA fingerprinting of bacteria communities by PCR-DGGE: Preliminary application to traditional Minas cheese[J]. Food control, 2013, 30(1):1-6.
- [36] GAUTHIER P, GOUESNARD B, DALLARD J, et al. RFLP diversity and relationships among traditional European maize populations[J]. Theoretical and applied genetics, 2002, 105(1):91-99.
- [37] 宋君, 雷绍荣, 郭灵安, 等. DNA 指纹技术在食品掺假、产地溯源检验中的应用[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(6):3226-3228.
- [38] BAZAKOS C, DULGER A O, UNCU A T, et al. A SNP-based PCR-RFLP capillary electrophoresis analysis for the identification of the varietal origin of olive oils[J]. Food chemistry, 2012, 134(4):2411-2418.
- [39] ZHAO Y, ZHANG B, CHEN G, et al. Tracing the geographic origin of beef in China on the basis of the combination of stable isotopes and multielement analysis[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2013, 61(29):7055-7060.
- [40] ALISSANDRAKIS E, KIBARIS A C, TARANTILIS P A, et al. Flavour compounds of Greek cotton honey[J]. Journal of the science of food and agriculture, 2005, 85(9):1444-1452.
- [41] GREMAUD G, QUAILE S, PIANTINI U, et al. Characterization of Swiss vineyards using isotopic data in combination with trace elements and classical parameters[J]. European food research and technology, 2004, 219(1):97-104.

(上接第 111 页)