

应用电子鼻鉴别不同绵羊和山羊品种相同部位的羊肉研究

李颖康¹, 马吉锋¹, 梁小军^{1*}, 贾振东², 沈志鹏²

(1. 宁夏农林科学院草畜工程技术研究中心, 宁夏银川 750002; 2. 北京盈盛科技有限责任公司, 北京 100055)

摘要 为了开发和利用滩羊这一独特的地方品种资源, 保护宁夏滩羊肉的品牌和维护消费者的合法权益, 使用电子鼻对滩羊、小尾寒羊和山羊的背最长肌、后腿肌肉和胸部肌肉的挥发性物质进行了测定, 采用主成分分析(PCA)、传感器贡献率分析(Loadings)、线性分析(LDA)3种方法进行区别分析。结果表明: 利用电子鼻可明显区分3个品种羊的胸部肌肉和背最长肌, 而胸部肌肉PCA分析区分率达到了1.0, 表明胸部肌肉可以实现完全区分。

关键词 电子鼻; 羊肉; 鉴别

中图分类号 S826 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2012)27-13392-05

Identification of the Mutton from the Same Parts of Different Sheep and Goat Breeds Using Electronic Nose

LI Ying-kang et al (Research Center of Grass and Livestock, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750002)

Abstract In order to exploit the unique local resources of Tan sheep and protect the brand of Tan sheep meat in Ningxia and consumers' rights and interests, the volatile matter was tested in longissimus muscle, hind leg muscles and thoracic muscle of Tan sheep, Small Tail Han sheep and goat using electronic nose. Principal component analysis (PCA), sensor contribution rate analysis (Loadings) and linear analysis (LDA) showed that thoracic muscle and longissimus muscle from three sheep can be obviously identified and distinguished by electronic nose, and the PCA distinguish rate of thoracic muscle reached 1, which indicated that the thoracic muscle of different breeds can be entirely distinguished.

Key words Electronic nose; Lamb; Identification

宁夏滩羊肉肌纤维细、肌内脂肪分布均匀, 口感细嫩鲜美、不膻不腻, 是国内公认的羊肉中的上品, 在市场上供不应求, 价格明显高于其他品种的羊肉, 造成市场上冒充滩羊肉的现象较为严重。滩羊是窄生态优良地方品种, 产肉量不多。目前, 鉴别区分滩羊肉的方法只是对胴体进行经验性的感官定性判断, 而缺乏即时准确的量化鉴别方法, 尤其是对分割羊肉根本无法鉴别。电子鼻是一种由具有部分选择性化学传感器阵列和适当模式识别系统组成并能识别简单或复杂气味的仪器^[1], 已在肉品检测^[2]、酒类鉴别^[3]、饮料识别^[4]和乳制品检测^[5]等食品领域得到了广泛应用。笔者利用电子鼻对滩羊、山羊和小尾寒羊肉中挥发性物质进行测定, 探讨建立即时准确的鉴别滩羊与其他品种羊肉方法, 旨在为开发和利用滩羊这一独特的地方品种资源与保护宁夏滩羊肉的品牌和维护消费者的合法权益提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料和仪器

1.1.1 材料。在-10℃以下保存的屠宰6~12 h内的滩羊、小尾寒羊和本地山羊的背最长肌、后腿肌肉和胸部肌肉同一部位各取100 g, 置于密封袋保存。

1.1.2 仪器。德国Airsense公司生产的PEN 3型便携式电子鼻是一种由1组复合化学传感器和识别软件组成的分析仪器, 主要包括以下硬件部分: 传感器阵列(包含10个传感器, 其属性见表1)、采样及清洗通道、数据采集系统及计算机。电子鼻获取的数据为传感器的电导率G与基准气体通

过时传感器的电导率G₀的比值, 即G/G₀。由于金属氧化物传感器的敏感性会随着时间和使用次数而相应变化, 产生漂移, 使稳定性和试验的重复性较差; 使用电导率比值, 可在一定程度上避免时间漂移, 增强系统的稳定性, 因此采用电导率比值G/G₀, 同时利用自带的软件WinMuster对数据进行采集、测量和分析。

表1 PEN 3 传感器阵列及其性能

阵列序号	传感器名称	性能特点
1	W1C	对芳香成分灵敏
2	W5S	对氮氧化物灵敏
3	W3C	对氨水、芳香成分灵敏
4	W6S	对氢气有选择性
5	W5C	对烷烃、芳香成分灵敏
6	W1S	对烷烃灵敏
7	W1W	对硫化物灵敏
8	W2S	对乙醇灵敏
9	W2W	对芳香成分、有机硫化物灵敏
10	W3S	对烷烃灵敏

1.2 方法 测试前对3个品种各10只的羊肉, 分别按后腿肌肉、背最长肌和胸部肌肉切割取样, 使用电子天平称取20 g, 分割成1.0 cm × 1.0 cm × 1.0 cm的小块, 置于250 ml三角烧瓶中, 封口膜密封; 每个试验样品重复3次; 样品经快速分割、密封后, 静置10 min后进行测定; 所有样品在6 h内测定完毕。

采用直接顶空吸气法(室温20℃, 湿度60%)进行测定: 直接将进样针头插入密封的三角瓶中, 用电子鼻进行测定。电子鼻的测定条件为: 采样时间为1 s/组, 传感器自清洗时间为200 s, 传感器归零时间为10 s, 样品准备时间为5 s, 进样流量为300 ml/min, 分析采样时间为50 s。

1.3 数据处理 在对每个样品的数据采集过程中, 通过观察每个传感器响应信号的变化曲线、每个时间点的信号值及

作者简介 李颖康(1963-), 男, 北京人, 研究员, 硕士, 从事羊的繁殖育种和健康养殖方面的研究与示范。*通讯作者, 副研究员, 从事家畜繁殖育种和健康养殖方面的研究与示范, E-mail: lxj0520@163.com。

收稿日期 2012-04-23

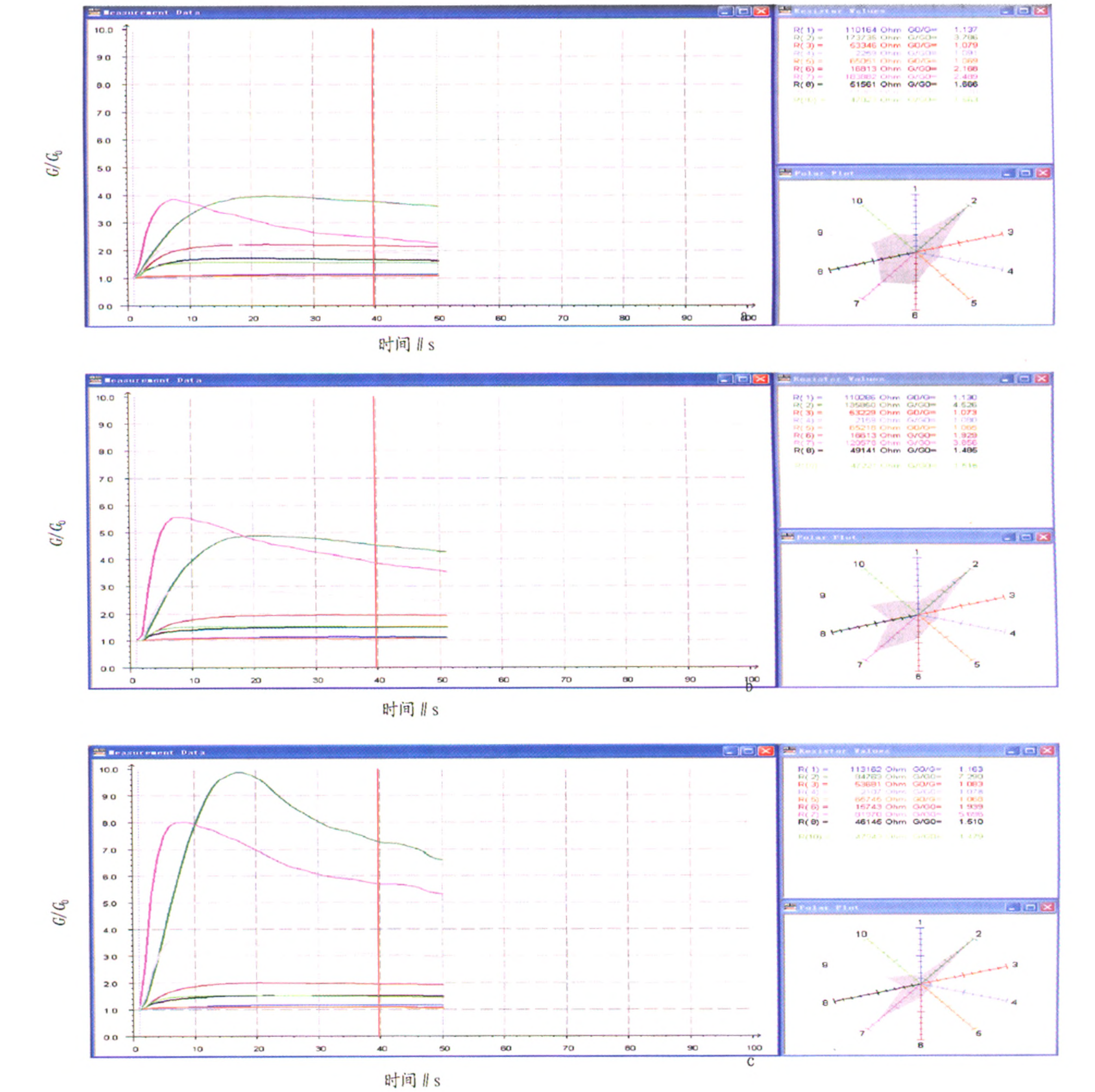
星型雷达图或柱状指纹图,可以清楚各个传感器在试验分析过程中的响应情况。通过传感器选择设置可以了解在不同数量的传感器情况下的响应情况。由于每个传感器对某一类特征气体响应剧烈,可以确定样品分析过程中样品主要挥发出了哪一类特征气体。

对于样品区分分析,提取 10 个传感器的特征值,然后采用主成分分析法(Principle components analysis,PCA)、线性判别法(Linear discriminant analysis,LDA)和传感器区别贡献率分析法(Loadings)作为主要区别分析方法。在采用 PCA 方法进行分析时,可以了解在每个主成分下样品区分的状况,并可以分析样品之间主要是由哪一类组分起主要区分作用;

LDA 分析注重类别的分类以及各种组分之间的距离分析;Loadings 分析法与 PCA 是相关的,它们都基于同一种算法。但是,该试验中 Loadings 算法主要是对传感器进行研究,利用该方法可以确认特定试验样品下各传感器对样品区分的贡献率大小,从而可以确定在这个样品区分过程中哪一类气体起了主要区分作用。

2 结果与分析

2.1 电子鼻对滩羊、山羊和小尾寒羊肉挥发性物质的特征响应图 从图 1 可以看出,不同品种的羊肉的传感器的比值差异明显。对于不同品种的羊肉,10 个传感器均有明显的响应,尤其是 2 号和 7 号传感器。



注:a. 滩羊;b. 山羊;c. 小尾寒羊。

图1 滩羊、山羊与小尾寒羊肉的特征响应图

2.2 滩羊、山羊、小尾寒羊背最长肌的 PCA、Loadings 和 LDA 分析

2.2.1 背最长肌 PCA 分析。从图 2 可以看出,3 种羊肉中

滩羊和小尾寒羊的数据点有一些交集,但可以清楚的区分出 3 种羊肉;主成分中第 1 主成分的区分贡献率达到 98.801%,第 2 主成分的区分贡献率达到 1.503 9%。

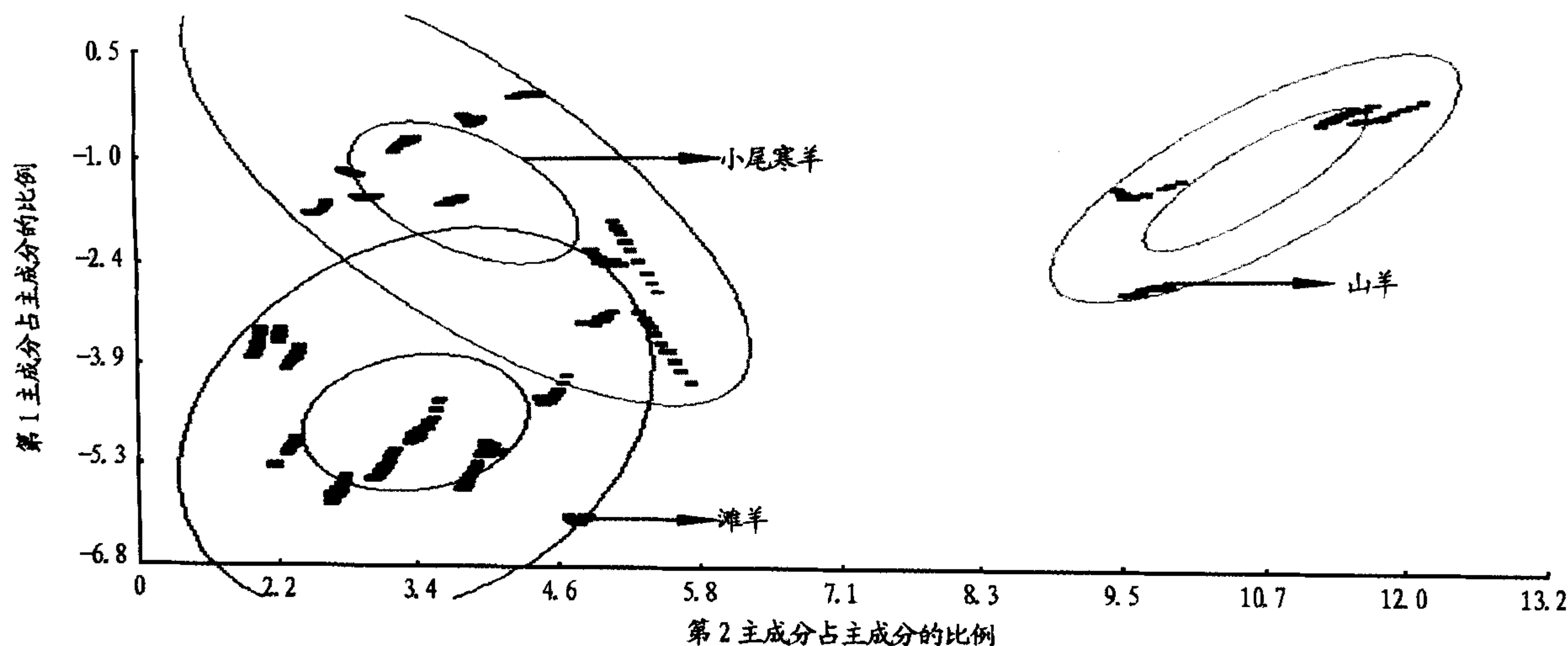


图 2 3 个品种羊的背最长肌主成分分析

2.2.2 背最长肌传感器贡献率分析。从图 3 可以看出,对第 1 主成分贡献率最大为 2 号传感器(氮氧化物),对第 2 主成分贡献率最大的为 7 号传感器(硫化物)。由此可见,新鲜羊肉的挥发性物质中,含氮氧化物和硫化物对羊肉挥发性物质起到了主要作用。

很好的区分这 3 种羊肉。

2.2.3 背最长肌线性分析。从图 4 可以看出,3 种样品的线性区分效果很明显,第 1 主成分的区分率为 36.782%,第 2 主成分的区分率为 21.244%;且滩羊在第 1 主成分的区分率最高,山羊在第 2 主成分的区分率最高。

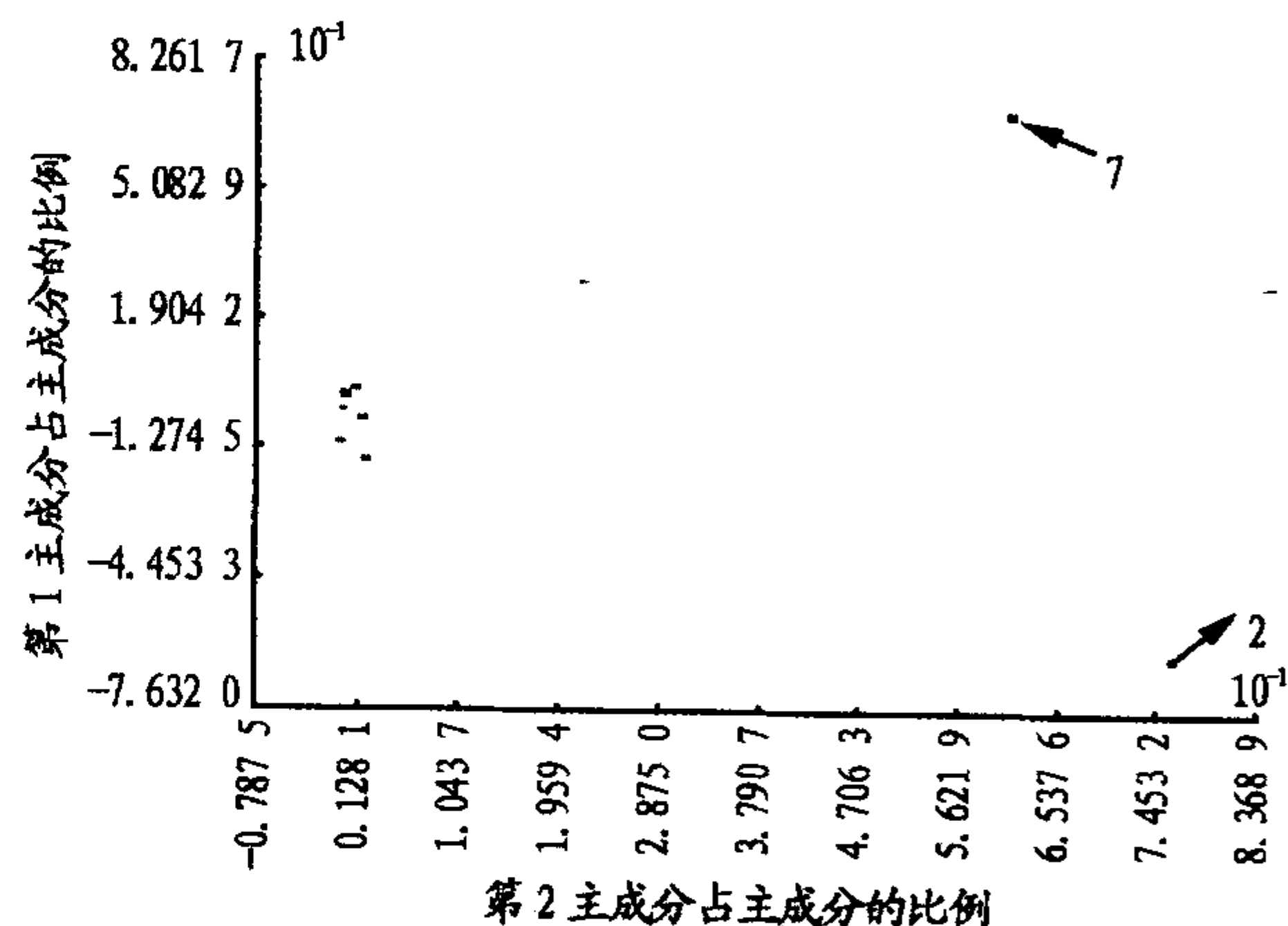


图 3 3 个品种羊的背最长肌传感器贡献率

2.3 滩羊、山羊、小尾寒羊腿部肌肉的 PCA、Loadings 和 LDA 分析

2.3.1 腿部肌肉 PCA 主成分分析。从图 5 可以看出,3 种羊肉腿部主成分分析方法区分并不明显,第 1 主成分和第 2 主成分所占比例达 99.895%,但是通过这 2 种主成分并不能

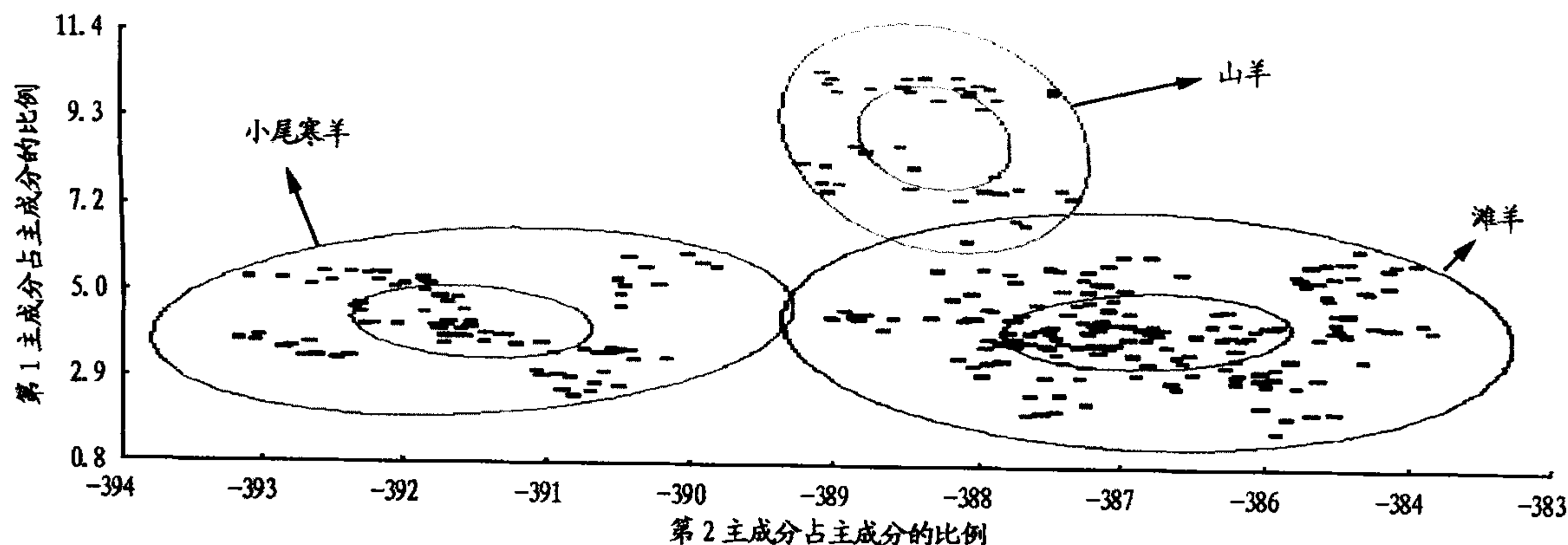


图 4 3 个品种羊的背最长肌线性分析

2.3.2 腿部肌肉传感器贡献率分析。从图 6 中可以看出,对第 1 主成分贡献率最大的仍是 2 号传感器(氮氧化物),对第 2 主成分贡献率最大的为 7 号传感器(硫化物)。虽然三种腿部羊肉的样品无法区分,但新鲜羊肉的挥发性物质中,

含氮氧化物和硫化物对羊肉挥发性物质起到了主要作用。

2.3.3 腿部肌肉线性分析。从图 7 可以看出,3 个品种的腿部肉样品的线性不能区分,第 1 主成分的区分率为 29.749%,第 2 主成分的区分率为 10.483%。

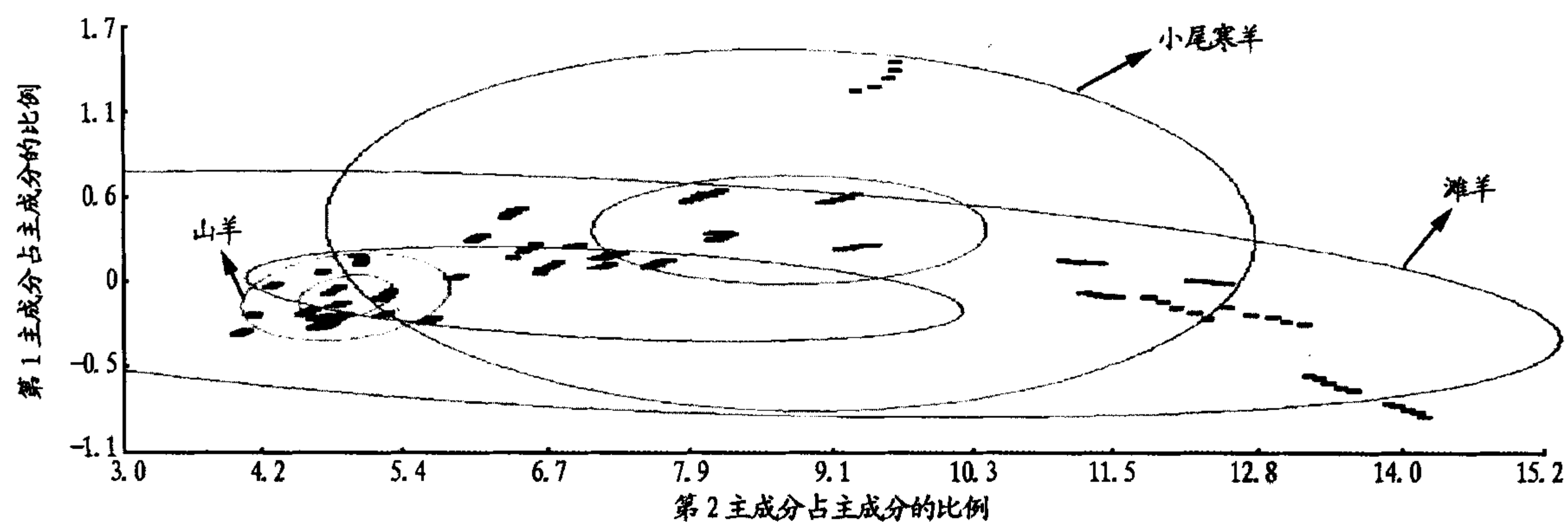


图5 3个品种的羊腿部肌肉主成分分析

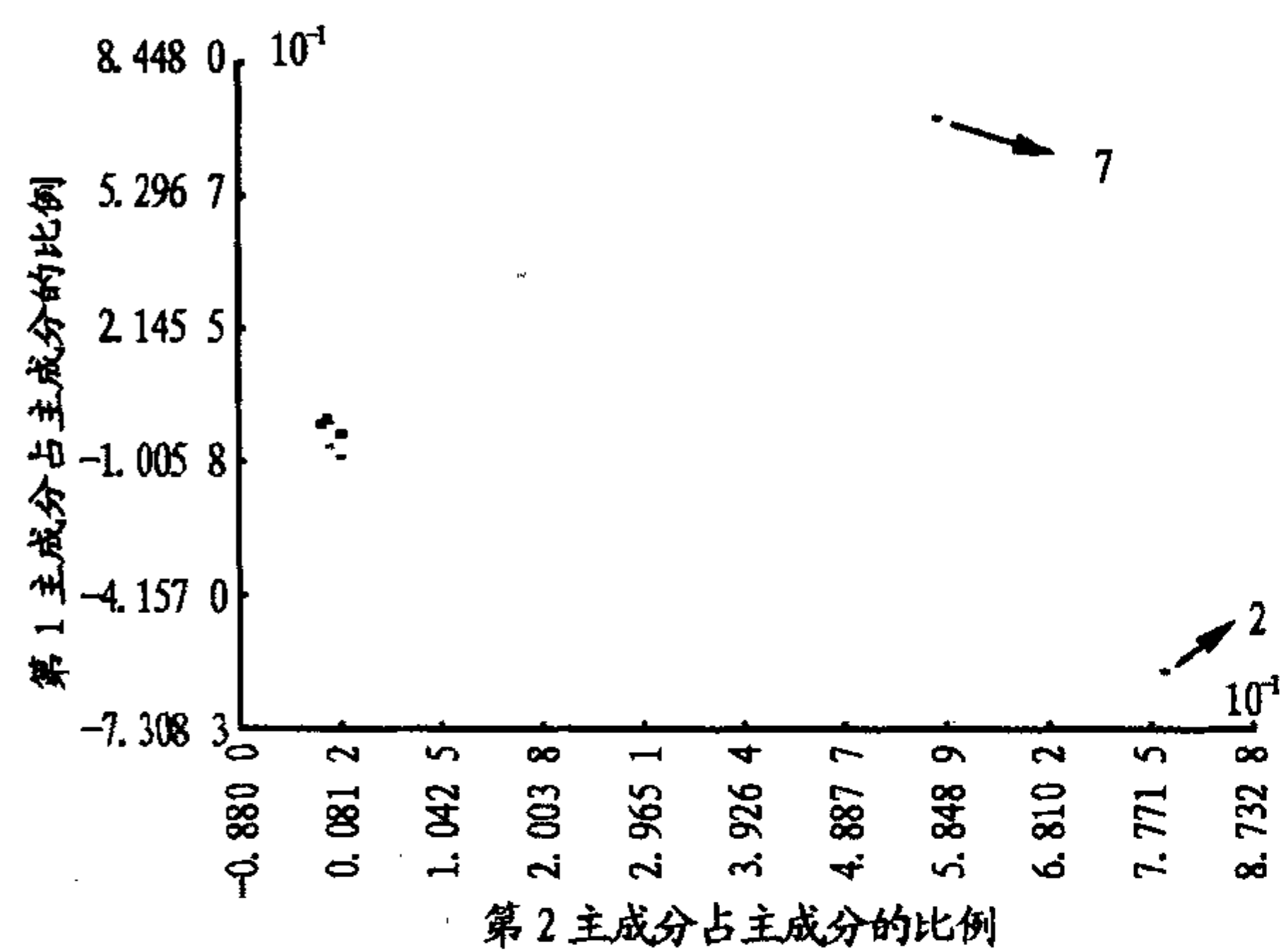


图6 3个品种羊的腿部肌肉传感器贡献率分析

2.4 滩羊、山羊、小尾寒羊胸部肌肉的 PCA、Loadings 和 LDA 分析

2.4.1 胸部肌肉主成分分析。从图8可以看出,可以明显区分出3种羊肉;各个区分率都达到了1,说明达到了完全区分的效果。

2.4.2 胸部肌肉传感器贡献率分析。从图9可以看出,第1主成分贡献率最大的传感器为2(氮氧化物)号传感器,对第2主成分贡献率最大的为7(硫化物)号传感器。

2.4.3 胸部肌肉线性分析。从图10可以看出,3种样品的线性区分效果十分明显,第1主成分的区分率为37.561%,第2主成分的区分率为29.407%;滩羊在第1主成分和第2主成分的区分率最高,从侧面也反映出滩羊的第1主成分和第2主成分的挥发性物质显著高于山羊和小尾寒羊。

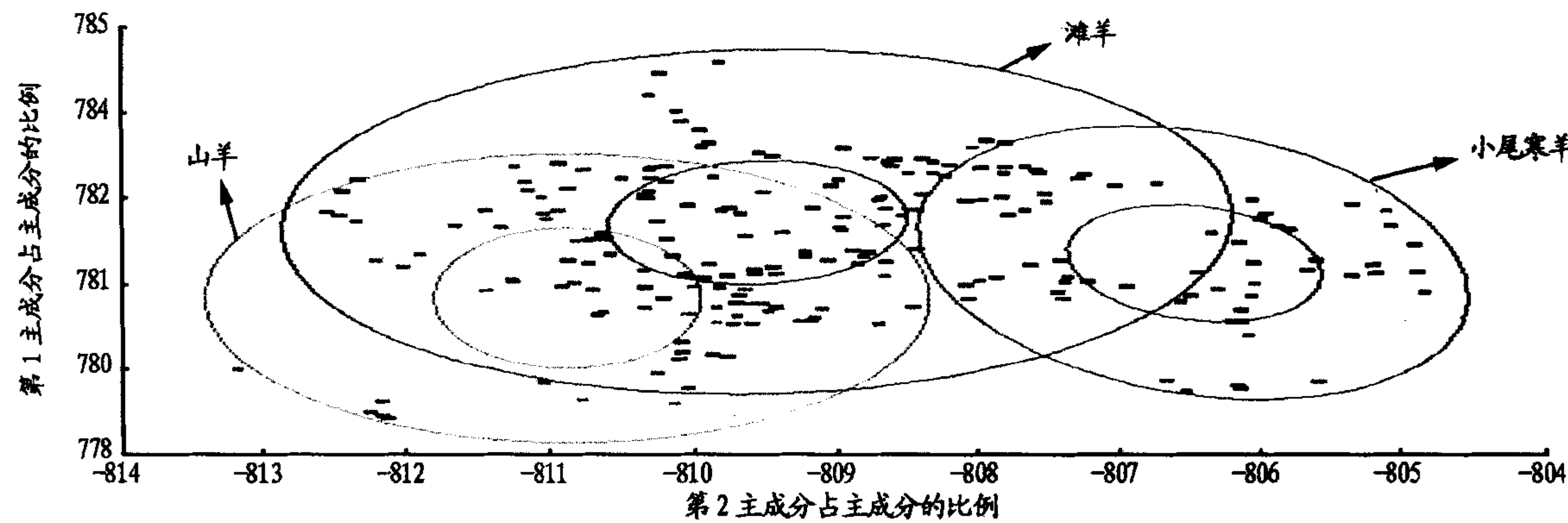


图7 3个品种羊肉的腿部肌肉线性分析

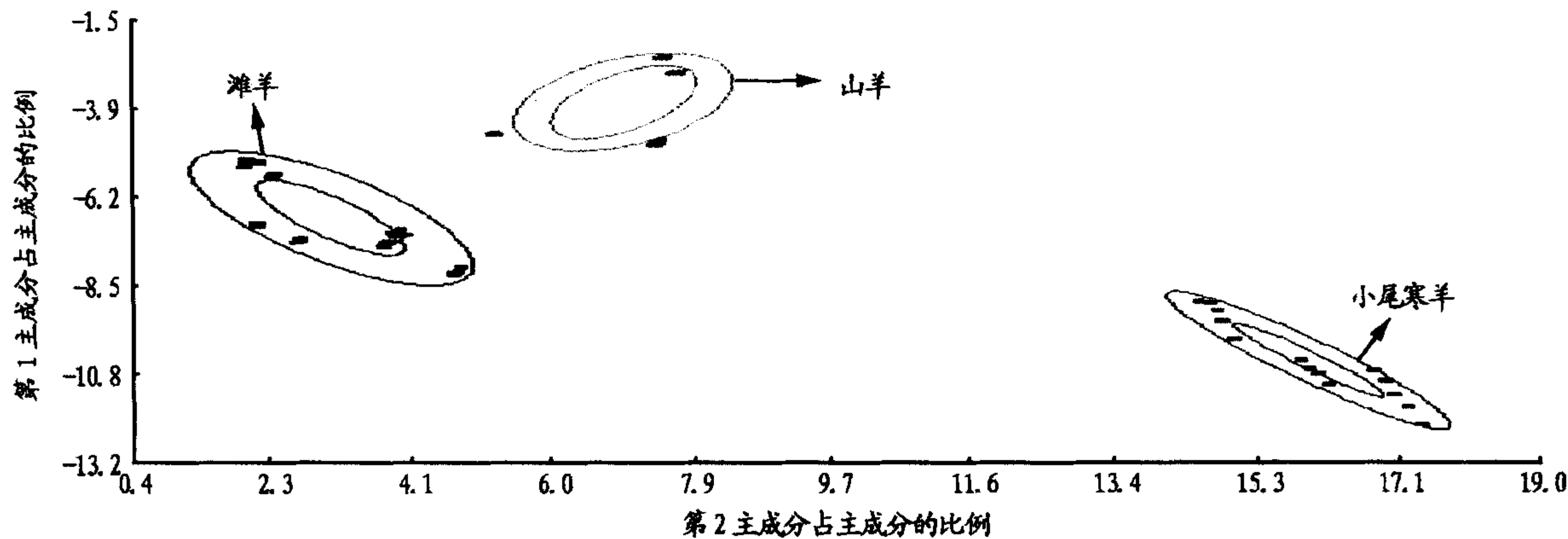


图8 3个品种羊肉的胸部肌肉主成分分析

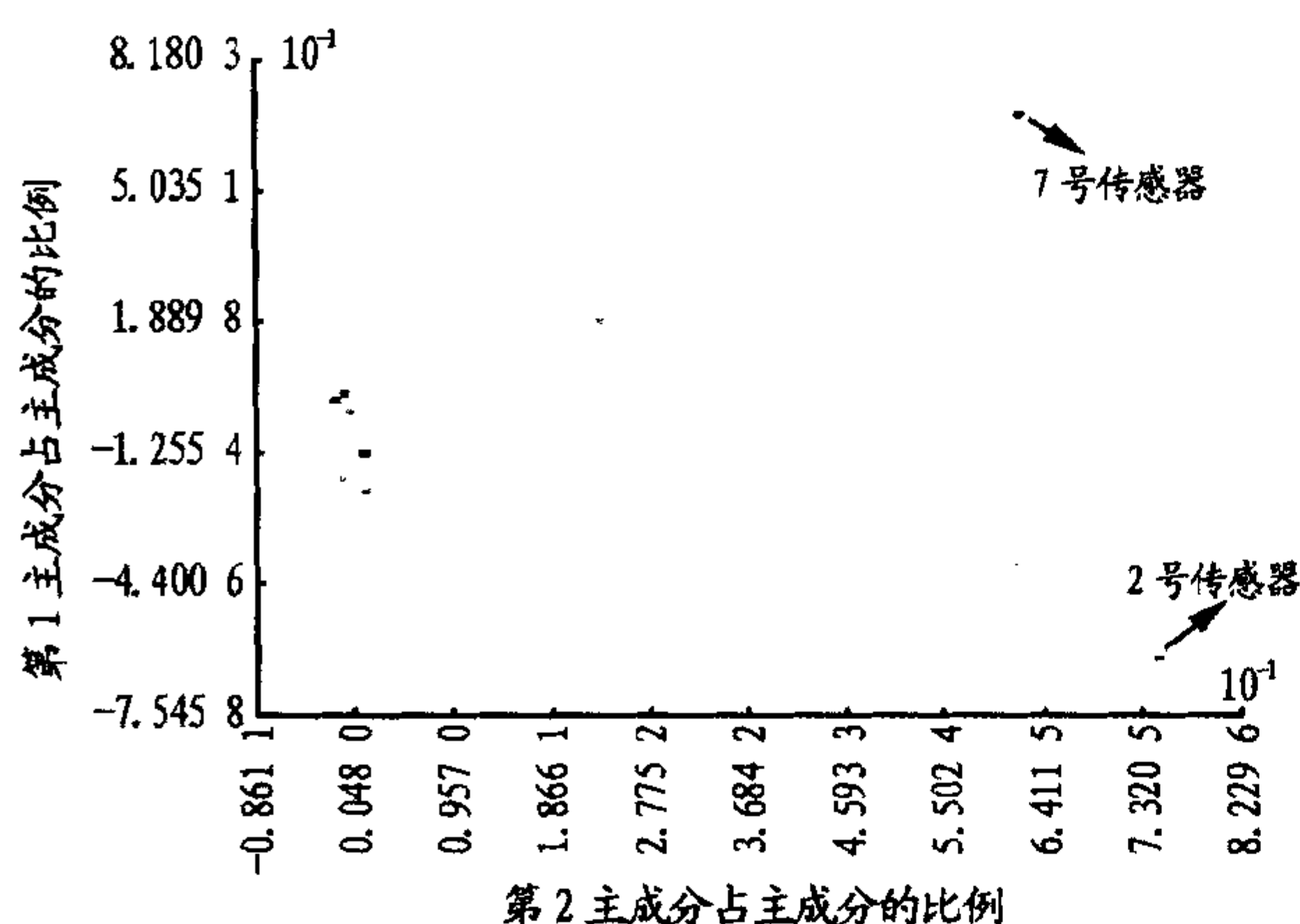


图9 3个品种羊肉的胸部肌肉传感器贡献率分析

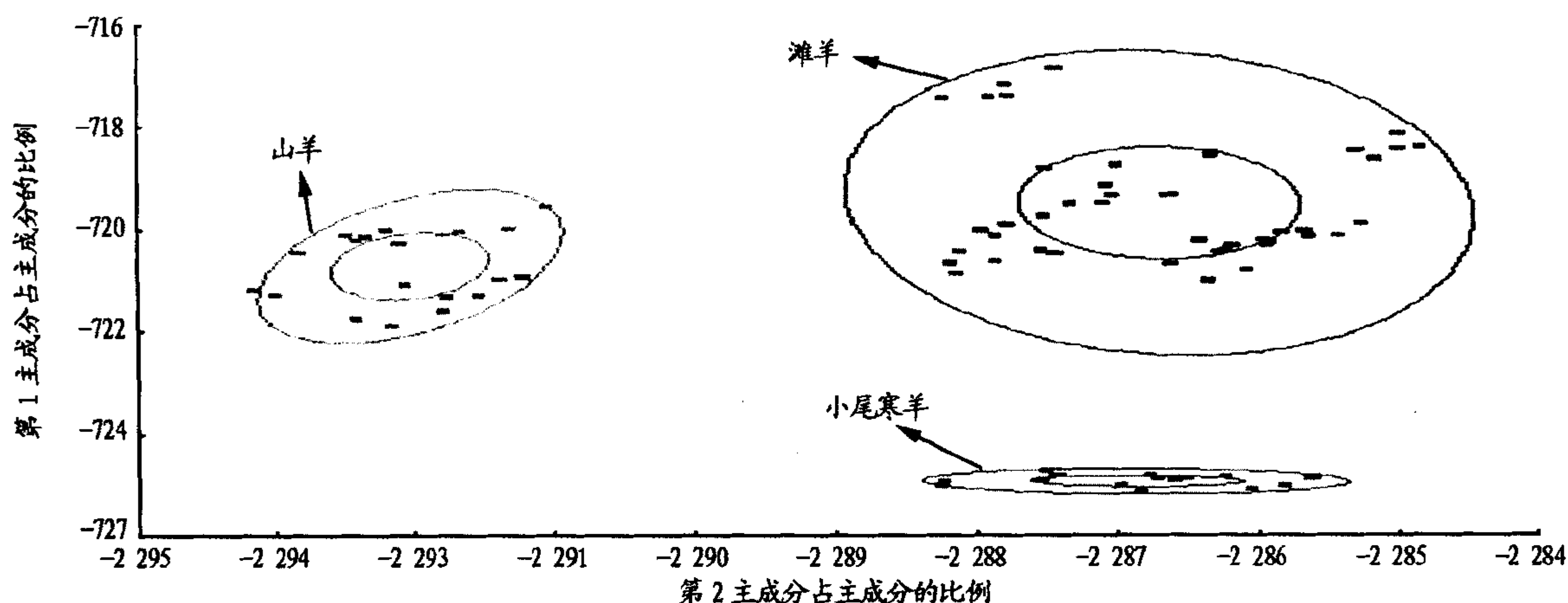


图10 3个品种羊的胸部肌肉线性分析

别为 443、314 和 271 bp, 大小相差较大, 分离明确, 特异性较强。但是, 这些方法均不能满足及时准确地鉴别滩羊与其他品种的羊肉需求。

3.2 利用挥发性成分鉴定羊肉品种的来源 钱文熙^[10]等对同一地域放牧和舍饲条件下滩羊肉中的氨基酸、总还原糖和硫胺素进行测定, 结果表明滩羊肉品质主要是由遗传因素决定的, 而喂养方式对其影响不大。赵普刚^[11]等对 6 月龄宁夏滩羊背最长肌挥发性成分进行了分析, 结果表明检测到的 26 种挥发性化合物协同构成了宁夏滩羊肉独有的风味。孙钟雷^[12]发现建立的用于猪肉新鲜度识别的电子鼻系统对猪肉新鲜度的识别率达 95%; 洪雪珍^[13]等使用德国 Airsense 公司的 PEN2 型便携式电子鼻对储藏 0~7 d 的猪肉样品进行电子鼻新鲜度进行检测, 除储藏 2 和 3 d 的数据有部分重合外, 其他样品都能很好区分开。该试验对滩羊、山羊和小尾寒羊不同部位肌肉的挥发性物质进行测定结果表明: ①鉴别 3 个品种羊肉的挥发性物质中, 含氮化合物和硫化物对羊肉挥发性物质起到了主要作用, 但具体为哪一种物质需要更高端设备进行筛选定性; ②根据 3 个品种羊肉背最长肌 PCA 分析结果, 可以清晰鉴别区分出 3 种羊肉; 背最长肌 LDA 线性分析结果可以区分滩羊和本地山羊肉; ③从 3 个品种羊肉腿部肌肉 PCA、LDA 线性分析无法区分 3 种羊肉; ④3 个品种羊胸部肌肉 PCA 各个区分率都达到了 1, 达到了完全

3 讨论

3.1 鉴定滩羊肉的方法 滩羊是国家二级保护品种中的地方绵羊品种之一。宁夏滩羊肉是国内公认的羊肉中的上品, 在国内市场上售价高且供不应求, “滩羊肉”的品牌效应明显, 但因存栏少、产肉量少, 造成市场上用小尾寒羊、杂种羊等冒充滩羊肉的现象较为严重, 尤其是分割羊肉, 通过感官定性无法进行鉴别区分。肉质性状和其他性状一样, 受遗传和环境的共同影响^[6], 且遗传因素占主导地位^[7]。常用的肉种类鉴别方法包括形态学、免疫学和聚合酶链反应等方法。高丹丹^[8]等以生羊肉、熟羊肉和高压处理羊肉中提取 DNA, 进行 PCR 并设阴阳性对照, 结果表明它们的敏感度分别为 38.48、0.364 和 0.361 fg 全基因组 DNA; 李金桩^[9]等采用 PCR 技术对猪、羊和牛肉细胞线粒体扩增, 产物 DNA 片段分

区分的效果; 胸部肌肉 LDA 线性分析表明, 3 个品种的样品的线性区分效果十分明显, 而且滩羊在第 1 主成分和第 2 主成分的区分率所占最高, 说明了滩羊的第 1 主成分和第 2 主成分的挥发性物质显著高于山羊和小尾寒羊。综上所述, 通过应用电子鼻对滩羊、山羊和小尾寒羊肉的胸部和背最长肌中挥发性物质的检测, 可以达到即时准确的鉴别。

为了保护宁夏滩羊肉的品牌和维护消费者的合法权益, 亟需建立时准确的鉴别的方法, 对分割羊肉进行量化鉴别。应用电子鼻对羊肉中挥发性物质进行检测分析, 鉴别不同品种羊的羊肉, 有待于进一步研究。

参考文献

- [1] PORTER A L. Robotics in the year 2000 [J]. Robotics Today, 1987(6): 27-28.
- [2] GHASEMI-VARNAMKHAHI M, MOHTASEBI S S, SIADAT M, et al. Meat quality assessment by electronic nose (Machine Olfaction Technology) [J]. Sensors, 2009, 9: 6058-6083.
- [3] CHMIELEWSKI J, SIKORSKA E, GORECKI T, et al. Evaluation of the beer aging using an electronic nose [J]. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 2007, 57: 91-93.
- [4] FARNWORTH E R, MCKELLAR R C, CHABOT D, et al. Use of an electronic nose to study the contribution of volatiles to orange juice flavor [J]. Journal of Food Quality, 2007, 25(6): 569-576.
- [5] BRUDZEW SKIK, OSOW SKIS, MARKIEW ICZ T. Classification of milk by means of an electronic nose and SVM neural network [J]. Sens Actuators B, 2004, 98: 291-298.

(下转第 13515 页)

被破坏,酶的三维构象解体,使酶丧失活性。在高压条件下,底物的溶解度增加,溶剂的粘度降低,从而提高了物质的传输速率和反应速度。此外,在高压条件下酶往往具有更高的特异性,因此有必要从嗜压菌中分离嗜压酶,而深海嗜压菌正是嗜压酶的重要来源。目前,嗜压微生物主要应用于高压生物反应器以及耐压酶的研制。耐高温和厌氧生长的嗜压菌有望用于油井下产气增压和降低原油粘度,以提高采收率。

7 结语

极端微生物的研究虽然起步晚,但是发展很快,极端微生物特殊的多样化适应机制及其代谢产物将使某些新的生物技术手段成为可能,在食品工业、环境保护、医药工业、能源利用、遗传研究、生产特殊酶制剂等多种生产和科研领域中发挥着重要的作用,具有广阔的研究与应用前景。搜集极端环境微生物资源,深入研究它们的特征以及生理机制,发现与应用新极端酶,人们有望解决工业生产的苛刻条件和酶蛋白有限稳定性之间的矛盾,建立高效率、低成本生物加工技术。此外,采用基因工程技术,对极端微生物性状、功能进行有益改良,进而为人类服务,是一条崭新的道路。但是,极端环境微生物采集和培养需要特殊的设备和条件,造成极端微生物研究相对缓慢,尤其是极端微生物代谢产生特有的生物活性物质的稳定机制等尚不是很清楚,工业化生产尚不成熟,因此对极端微生物进行的深入研究具有重要的意义。

参考文献

[1] 黎唯,李一清,李铭刚,等. 极端环境微生物源活性物质的研究进展[J]. 国外医药(抗生素分册),2007,28(1):1-5.
[2] 汪天虹,侯运华. 海洋极端微生物和极端酶分子生物学研究[J]. 科技导报,2004(9):7-9.
[3] 周璟,盛红梅,安黎哲. 极端微生物的多样性及应用[J]. 冰川冻土,

2007,29(2):286-291.
[4] 董锡文,薛春梅,吴玉德. 极端微生物及其适应机理的研究进展[J]. 微生物学杂志,2005,25(1):74-77.
[5] 柳耀建,林影,吴晓英. 极端微生物的研究概况[J]. 工业微生物,2000,30(3):53-55.
[6] 陈朝银,刘丽,贾昆龙. 栖热菌属热稳定 DNA 聚合酶[J]. 生物技术,2001(4):31-34.
[7] NAIHU J. New advance in enzyme engeneering research and enzyme preparation industry(I)[J]. Food And Fermentation Industries,2000,26(3):54-62.
[8] 金黎明. 极端环境下的微生物[J]. 生物学教学,2010,35(4):56-58.
[9] 李子东,藏立华,孟双,等. 极端微生物:一种新型的酶资源[J]. 微生物学杂志,2004,24(5):89-91.
[10] 李江,李光友. 极端微生物——生物活性物质的新源泉[J]. 自然杂志,2011,33(5):275-280.
[11] 顾觉奋,罗学刚. 极端微生物活性物质的研究进展[J]. 中国天然药物,2003,1(4):252-256.
[12] 何康生,睦光华. 极端微生物的研究及其应用[J]. 广东化工,2009,36(7):109-111.
[13] 王红妹. 极端微生物的多样性及其应用[J]. 枣庄学院学报,2006,23(2):88-92.
[14] 陈巧媛,王璐,郁霄. 大自然的奇迹之极端微生物[J]. 科技信息,2008(19):29.
[15] 张永光,李文均,姜成林,等. 嗜盐放线菌的研究进展[J]. 微生物学杂志,2002,22(4):45-48.
[16] 裴凌鹏,骆海鹏. 极端微生物浅谈[J]. 首都师范大学学报:自然科学版,2003,24(1):49-53.
[17] 龙启福,朱德锐,韩睿,等. 嗜盐菌相溶物质合成与转运调节机制[J]. 环境科学与技术,2011,34(9):63-66.
[18] 刘延双,李书平,王振. 嗜盐菌复合微生物处理高盐有机废水[J]. 山东轻工业学院学报:自然科学版,2011,25(4):62-65.
[19] 张立辉,郭建博,尹明. 极端环境微生物及在环境保护中的研究进展[J]. 河北工业科技,2008,25(3):170.
[20] 赵春杰,吕耀龙,马玉玲. 极端微生物的研究进展[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版,2008,29(1):271-274.
[21] 李庆. 嗜酸微生物的研究及其应用进展[J]. 吉林农业 C 版,2011(4):66.
[22] 张洪勋,郝春博,白志辉. 嗜酸菌研究进展[J]. 微生物学杂志,2006,26(2):68-72.
[23] VAN DEN BURG G. Extremophiles as a source for novel enzymes[J]. Current Opinion in Microbiology,2003,6(3):213-218.

(上接第 13396 页)

[6] BRENNAND C P,HA J K,LINDSAY R C. Aroma properties and thresholds of some branched-chain and other minor volatile fatty acids occurring in muke fat and meat lipids[J]. J Sensory Stud,1980,4:105-120.
[7] 胡雅嘎,吉木斯. 鸡肉脂质脂肪酸组成的研究[J]. 内蒙古农牧学院学报,1996,19(3):34-36.
[8] 高丹丹,郁生,王迎华. PCR 技术在食品动物源性监测中的应用[J]. 食品科学与开发,2007,128(1):141-144.
[9] 李金桩,白木兰,包·格日勒图. 用 PCR 技术快速鉴别肉质品[J]. 内蒙

古农业大学学报,2009,30(4):150-152.
[10] 钱文熙,阎宏,崔慰贤. 放牧、舍饲滩羊肌体风味物质研究[J]. 畜牧与兽医,2007(1):17-20.
[11] 赵普刚,杨晓燕,赵永军,等. 顶空固相微萃取气质联用检测宁夏滩羊肉挥发性风味成分[J]. 宁夏农林科技,2008(5):18,31.
[12] 孙钟雷. 电子鼻技术在猪肉新鲜度识别中的应用[J]. 肉类研究,2008(2):50-53.
[13] 洪雪珍,王俊. 基于逐步判别分析和 BP 神经网络的电子鼻猪肉储藏时间预测[J]. 传感技术学报,2010,23(10):1376-1380