

# 基于近红外光谱技术、稳定性同位素技术、矿质元素指纹图谱 技术研究不同羊之间的差异

皮立

(中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008)

**摘要:** 本项目的研究目标以常规肉质指标、氨基酸、脂肪酸及挥发性风味物质的检测为基础, 通过近红外光谱扫描分析, 构建基于近红外光谱技术的茶卡羊肉品质快速检测技术; 采用分子遗传学手段, 建立茶卡羊区别于其他品种绵羊的分子遗传学鉴定方法; 基于稳定性同位素、近红外光谱分析, 建立茶卡羊肉的产地溯源体系。

**关键词:** 近红外光谱技术; 稳定性同位素技术; 矿质元素指纹图谱

## 1 专业技术成果介绍

### 1.1 乌兰茶卡羊肉品质检测与产地溯源鉴定

“茶卡羊”是分布于茶卡盐湖周边的青海毛肉兼用半细毛羊以肉质细腻、口感鲜美而闻名。2013年“茶卡羊”获得国家农业部地理标志品牌认证, 是名副其实的纯天然绿色食品。以地理标志为契机, 当地茶卡羊产业得到迅速发展, 成为当地农牧民增收的新增长点。在“茶卡羊”品牌产业发展过程中, 解决茶卡羊与其他畜种及地区的肉产品的鉴别问题, 是保证产品质量和价格, 也即保护产品品牌效应的重要手段。同时解决产地识别问题, 建立可靠的畜产品产地溯源体系, 是保证产品质量的重要措施。

项目的研究目标以常规肉质指标、氨基酸、脂肪酸及挥发性风味物质的检测为基础, 通过近红外光谱扫描分析, 构建基于近红外光谱技术的茶卡羊肉品质快速检测技术; 采用分子遗传学手段, 建立茶卡羊区别于其他品种绵羊的分子遗传学鉴定方法; 基于稳定性同位素、近红外光谱分析, 建立茶卡羊肉的产地溯源体系。

茶卡羊肉品质研究发现, 茶卡羊肉基本营养成分的特点是水分含量高、脂肪含量低、蛋白含量较高。茶卡羊肉氨基酸组成的优点是谷氨酸含量较高, 必需氨基酸和鲜味氨基酸与氨基酸总量的比值高于欧拉羊, 小尾寒羊和甘肃滩羊。比较茶卡羊与其他四种羊肌内脂肪的脂肪酸组成, 发现茶卡羊肉脂肪酸中短链脂肪酸含量较低, 与羊肉膻味直接相关的癸酸和壬酸的含量低。

运用光谱分析羊肉的 11 种矿质元素含量，发现茶卡羊肉的钾、钠、镁、铜、磷、硫 6 种元素显著高于小尾寒羊，欧拉羊，甘肃庆阳羊，其余 5 种元素中除了锌元素偏低外，另外 4 种矿质元素含量均较高，说明茶卡羊肉矿质元素的含量丰富。

对甘青两省五种羊肉风味成分的固相微萃取-气质联用研究发现，羊肉挥发性风味成分主要由醛类，酮类，醇类，酸类，烃类，含氮杂环化合物和含硫化合物组成。茶卡羊肉风味成分中含量最高的两类化合物是醛类和含硫化合物。风味成分主成分分析结果是己醛、庚醛、辛醛、十六醛、2-癸烯醛、(E)-2-壬烯醛、壬醛、二烯丙基二硫化物和甲基-2-丙基二硫醚 9 种化合物为不同产地羊肉样品的关键挥发性风味成分。

比较羊肉肌苷酸的分析结果，茶卡羊肉的肌苷酸含量在五种羊肉中最高。构成羊肉膻味的主要化合物是 4-烷基-支链脂肪酸。气质联用分析结果表明茶卡羊肉皮下脂肪中 4-烷基-支链脂肪酸含量最低。

茶卡羊肉品质研究的结果表明茶卡羊肉具有高蛋白、低脂肪、富含鲜味氨基酸、肌苷酸含量高、短链和支链脂肪酸（膻味代表）含量极低、矿质元素含量丰富、风味成分组成丰富的特点。

茶卡羊的分子遗传和品种鉴定工作，使用二代测序技术对茶卡羊进行测序、同时与巴音布鲁克羊、滩羊、欧拉羊的基因组比较分析，以探索茶卡羊的独特的种群结构、遗传多样性和选择信号。通过 PCA、NJ 树和群体结构分析揭示了茶卡羊种群结构特征。结果均表明，茶卡羊可以完全从巴音布鲁克羊、滩羊、欧拉羊中分开，且具有其独特性祖先。通过对茶卡羊、巴音布鲁克羊、滩羊、欧拉羊这四个品种的观察杂合性 (Ho)、预期杂合性 (He)、长纯合片段 (ROH) 和连锁不平衡 (LD) 衰减的计算和比较，表明茶卡羊具有丰富遗传多样性。此外，与蒙系羊（巴音布鲁克羊和滩羊）和藏系羊（欧拉羊）相比，茶卡羊特有的单核苷酸多态性 (SNPs) 和插入缺失 (Indels) 富集在肌肉结构发育 (GO: 0061061)，包括 IGF1、GDF3、HDAC9、TGFB2、CAPN3 等基因。此外，Fst 和 XP-CLR 对全基因组进行了扫描，通过与其他三个品种比较，揭示了茶卡羊肌肉相关基因 NF1 和 MYOM1 被选择。通过全基因组的综合分析，我们确认茶卡羊是未来育种的独特遗传资源。此外，我们利用了 qPCR 方法在四个绵羊品种：茶卡羊、小尾寒羊、大尾寒羊和湖羊中验证了 9 个基因的拷贝数变异，分别是 KMT2D、ORMDL1、SHE、BAG4、LRRFIP1、CENPU、KAT6A、PIGY，并与绵羊的生长性状做了关联分析，以寻找茶卡羊独特 CNV 标记及其用于分子选择育种。

茶卡羊肉产地溯源鉴定工作，是本项目拟解决的重要问题。我们运用近红外光谱技术、稳定性同位素技术、矿质元素指纹图谱技术分别研究了茶卡羊肉与其他羊（藏羊，小尾寒羊，

欧拉羊等)之间的差异。采用稳定同位素技术可以用 $\delta^{13}C$ 和 $\delta^{15}N$ 稳定同位素对茶卡羯羊、德令哈、庆阳、新西兰、蚌埠的羊肉进行准确判别,判别率超过90%。我们借助近红外分析仪,对不同畜种不同部位的肉样进行了扫描和分析,检测结果经主成分分析,对茶卡羊、大通山谷型藏羊、化隆山谷型藏羊和黑藏羊的识别准确率为93%。运用矿质元素指纹图谱技术对47个脱脂羊肉样品19种矿质元素检测结果交叉检验的整体正确率均为100%,对单个地域样品的交叉检验的整体正确率分别为92.9%。

## 2 专业技术人才介绍

### 2.1 个人简介

皮立,男,博士,副研究员,1972年11月出生,1992-1996年就读于沈阳药科大学药学系药物分析专业,获理学学士学位;2003-2006年就读于中科院西北高原生物研究所植物学专业,研究方向为分析化学,获理学硕士学位;2010-2014年就读于中科院西北高原生物研究所生态学专业,研究方向为植物生理生化,获理学博士学位。1996-2003年广药集团广州光华药业股份有限公司,质量部质检科药物分析和产品研发工作。2006年至今,中科院西北高原生物研究所从事中藏药,特色农畜产品的营养成分,功效成分和有害成分的分析研究,尤其是在牛羊肉的脂肪酸和风味成分的研究方面具有丰富的研究经验。2000年获得执业药师资格。完成科研项目九项,在研项目一项,培育农作物新品种两个,主持参与制定地方标准四项,获得专利两项。曾主持和参与茶卡羊肉、牦牛肉、蕨麻、红景天、藏木香、青稞等中藏药材的活性成分和提取工艺研究,有多年中藏药营养成分、功效成分分析和肉类品质和风味成分研究工作经验。研究工作经验丰富。以第一作者发表论文16篇。

### 2.2 专业技术研究方向

有多年中藏药营养成分、功效成分、挥发性成分分析和肉类品质和风味成分研究工作经验。主要研究肉类品质和挥发性风味成分,高原中藏药材的挥发性成分的气质联用分析。

### 2.3 承担科技项目及代表论著

#### 2.3.1 承担科技项目

序号	项目(课题)名称	起止时间	项目类别	排序
1	青海牦牛肉风味组学及其相关基因的挖掘	2019-2022.12	省基础研究项目	第一
2	乌兰茶卡羊肉品质检测及产地溯源鉴定	2017.6-2019.12	省重点研发与转化项目	第一

3	基于全二维气相色谱技术在线 SPE 装置的开发	2016.7-2018.7	院仪器功能开发项目	第一
4	青海无公害农产品分析检测平台建设项目	2015.6-2017.12	省科研基础条件平台建设计划	第五

### 2.3.2 发表论文

序号	论文（专著）名称	发表（出版）时间	刊物类别	排序
1	青海省不同生态区野生金露梅叶生物活性成分分析和评价	2019/4/5	核心	第一
2	Effect of dietary concentrate to forage ratio on growth performance, rumen fermentation and bacterial diversity of Tibetan sheep under barn feeding on Qinghai-Tibetan plateau	2019/7/9	SCI	第十一
3	基于全二维气相色谱在线 SPE 技术分析沉香精油挥发性香气成分	2018/4/2	国内一般	第一
4	Fatty Acid and Phytosterol Composition, and Biological Activities of Lycium ruthenicum Murr. Seed Oil	2018/7/24	SCI	第三
5	野牦牛和家牦牛粪便菌群与短链脂肪酸关系的研究	2019/1/10	核心	第七
6	不同产区青海玉树芫菁中营养成分分析与比较	2018/5/10	核心	通讯作者
7	藏药细果角茴香挥发性和脂溶性成分 GC-MS 分析	2016/12/1	核心	第二
8	在线柱后衍生-高效液相色谱-荧光检测法同时测定牛肉中 16 种磺胺类药物残留	2016/4/8	核心	第四
9	青海东方蜜蜂贵德种群的遗传分化地位	2016/5/1	核心	第五