

不同绵羊品种脂肪组织中挥发性脂肪酸的组成分析

韩卫杰, 杨惠玲, 陈玉林

(西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】【目的】研究绵羊品种对其脂肪组织中挥发性脂肪酸(C4~C10)组成的影响,为深入研究羊肉膻味的形成机理奠定基础。【方法】采用同时蒸馏萃取和气相色谱技术,对小尾寒羊、滩羊和同羊皮下脂肪组织中的挥发性脂肪酸进行了定量分析。【结果】采用同时蒸馏萃取和气相色谱技术可在绵羊脂肪组织中检测到对羊肉膻味贡献较大的 4-甲基辛酸和 4-甲基壬酸。小尾寒羊、滩羊和同羊的总挥发性脂肪酸含量分别为 261.109,169.124 和 271.898 mg/kg;其中直链脂肪酸含量分别为 217.792,143.036 和 229.059 mg/kg,支链脂肪酸含量分别为 43.317,26.088 和 42.839 mg/kg。4-甲基辛酸和 4-甲基壬酸是对羊肉膻味贡献较大的挥发性脂肪酸,其在小尾寒羊、滩羊、同羊脂肪组织中的含量分别为 20.317 和 9.772,14.150 和 5.597,12.835 和 6.403 mg/kg。【结论】应用此方法可以检测到对羊肉膻味有主要作用的挥发性脂肪酸,且不同绵羊品种对其脂肪组织中挥发性脂肪酸的组成有一定影响,小尾寒羊脂肪组织中 4-甲基辛酸和 4-甲基壬酸含量有大于滩羊和同羊的趋势。

【关键词】 绵羊品种;挥发性脂肪酸;支链脂肪酸

【中图分类号】 S826.1

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)12-0039-06

Effect of breeds on volatile fatty acids composition in sheep adipose tissue

HAN Wei-jie, YANG Hui-ling, CHEN Yu-lin

(College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract:【Objective】In order to explain mechanism of mutton odor, the trail studied effect of sheep breed on volatile fatty acids concentration in adipose tissue.【Method】The study used simultaneous distillation and extraction and gas chromatographic to determine volatile fatty acids of adipose tissue from Little Tail Han sheep, Tan sheep and Tong sheep.【Result】Using simultaneous distillation and extraction and gas chromatographic, were detected 4-methyloctanoic acid and 4-methylnonanoic acid in sheep adipose tissue, which have important role in mutton odor. The result showed that the total concentration of volatile fatty acid of Little Tail Han sheep, Tan sheep and Tong sheep was 261.109,169.124 and 271.898 mg/kg, respectively. Among them, total volatile straight fatty acid was 217.792,143.036 and 229.059 mg/kg, and total branched fatty acid 43.317,26.088 and 42.839 mg/kg. In branched chain fatty acids, the concentration of 4-methyloctanoic acid and 4-methylnonanoic acid was 20.317 and 9.772 mg/kg, higher than 14.150 and 5.597 mg/kg of Tan sheep and 12.835 and 6.403 mg/kg of Tong sheep.【Conclusion】The method was satisfactory for determination of volatile fatty acids of sheep adipose tissue. The concentrations of 4-methyloctanoic acid and 4-methylnonanoic acid of Little Tail Han sheep were higher than that of Tan sheep and Tong sheep.

Key words: sheep breed; volatile fatty acid; branched chain fatty acid

* [收稿日期] 2009-03-30

[基金项目] 国家公益性行业科研专项“奶山羊良种繁育及产业技术体系建立”(nyhyzx07-037)

[作者简介] 韩卫杰(1976—),男,陕西潼关人,在读博士,主要从事动物遗传育种与繁殖研究。E-mail:hanwj1234@yahoo.com.cn

[通信作者] 陈玉林(1964—),男,河南鄢陵人,教授,博士生导师,主要从事动物遗传资源研究。E-mail:myxy11@263.net

羊肉具有特殊的风味,俗称“膻味”。由于羊肉具有膻味,致使许多人不愿意食用羊肉,因而研究其膻味形成的物质基础及其机理,进一步从营养和遗传角度进行调控,生产无膻或低膻羊肉成为羊肉生产与加工的重要技术问题。目前普遍认为,羊肉的脂肪组织是其膻味的主要来源,尤其是其中的挥发性脂肪酸(Volatile fatty acids, VFAs)起主要作用。但是,何种 VFAs 对羊肉膻味起主要作用,国内外的研究观点尚不一致。国内研究认为,己酸、辛酸和癸酸等直链脂肪酸的组合效应形成了羊肉独特的膻味^[1];国外研究表明,挥发性支链脂肪酸中的 4-甲基辛酸和 4-甲基壬酸对羊肉膻味有重要作用^[2-5]。笔者在对国内外相关资料研究的基础上发现,造成国内外对形成羊肉膻味脂肪酸存在分歧的主要原因是研究方法不同。国外文献中主要采用的方法是,将提取后的脂肪酸经过蒸馏过程使 VFAs 分离、浓缩,然后再进行衍生化和色谱分离,可以检测出较多种类的挥发性脂肪酸^[2-4];而国内文献中主要采用的方法是,将提取后的脂肪酸直接进行衍生化处理,缺少分离和浓缩 VFAs 的技术环节,导致检测到的挥发性脂肪酸种类较少,且尚无关于羊肉脂肪组织中 4-甲基辛酸和 4-甲基壬酸浓度的报道^[6-8]。本试验在借鉴国内外挥发性脂肪酸研究方法的基础上,结合 VFAs 的特点,对其测定方法进行改进,并利用该分析方法对小尾寒羊、滩羊和同羊皮下脂肪组织中的 VFAs 进行研究,以期研究羊肉膻味形成机理奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 脂肪样品 供试脂肪样品分别采自滩羊、小尾寒羊、同羊 3 个绵羊品种周岁雌性羔羊腰部皮下脂肪组织,其中滩羊和小尾寒羊脂肪样品采自宁夏银川市,同羊脂肪样品采自陕西白水同羊保种场。每个品种采集 15 个个体,每个样品质量约 100 g。分析前,将同一品种绵羊皮下脂肪样品混合,经绞肉机粉碎,充分均质化,用铝箔纸包裹,保存于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中,备用。

1.1.2 主要试剂 脂肪酸标准品包括乙酸、丁酸、3-甲基丁酸、戊酸、己酸、庚酸、辛酸、壬酸、癸酸和月桂酸,均购自上海晶纯世纪有限公司;4-甲基辛酸、4-甲基壬酸,均购自 Sigma 公司;2-乙基壬酸,购自 Narchem Corporation (美国芝加哥);乙醚、无水硫酸钠、氢氧化钠、浓硫酸,均为分析纯,购自天津市富

宇精细化工有限公司。

1.1.3 主要仪器 GC-14 型气相色谱仪,日本岛津公司;101-2AB 型电热鼓风干燥箱,天津市泰斯特仪器有限公司;HH-4 型数显恒温水浴锅,国花电器有限公司;电热套,天津市泰斯特仪器有限公司;同时蒸馏萃取装置(自制);JA500A 电子天平,上海精天电子仪器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 脂肪样品的皂化与酸化 取均质化的脂肪样品 100 g 左右,置于 500 mL 广口瓶中,加入 100 mL 2 mol/L NaOH 溶液,再加入 1 mL 含有 10 mg 2-乙基壬酸内标的乙醚溶液,密封瓶口,置于 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中皂化 2 h,在皂化过程中每隔 30 min 摇动 1 次。待瓶温降至室温,加入 100 mL 2 mol/L H_2SO_4 调节 pH 值,直至溶液呈酸性。每个绵羊品种分别准备 5 个平行测试样品,共 15 个样品。

1.2.2 VFAs 的分离与回收 采用萃取剂密度小于水的同时蒸馏萃取装置,选择乙醚为萃取剂。将 1.2.1 中酸性混合物完全转入 500 mL 的样品烧瓶中,并加入沸石;同时向萃取瓶中加入 10 mL 乙醚,之后将样品瓶和萃取瓶分别与同时蒸馏萃取装置连接;向分离室加入蒸馏水,直至有蒸馏水回流至样品烧瓶,再向萃取室加入乙醚,直至有乙醚回流到萃取瓶。将样品烧瓶和萃取烧瓶分别使用电热套和水浴锅加热,控制温度高于各自沸点 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。使用冰水混合物进行冷却,蒸馏萃取 55 min,待冷却至室温后,用 50 mL 带盖离心管收集分离室和萃取瓶中的乙醚浸提物,再向离心管中加入 0.2 g Na_2SO_4 ,置于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冰箱中冷冻 12 h 后,将此离心管放置于 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水浴锅中,使乙醚挥发至 0.5 mL,然后密封保存于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冰箱中,待测。

1.2.3 VFAs 的测定 利用气相色谱分离法对乙醚浸提物进行分离。采用配有氢火焰离子检测器的 GC-14 型气相色谱仪。色谱柱:FFAP(30 m \times 0.32 mm \times 0.5 μm);载气为氮气;流速为 36.1 cm/s;进样口温度为 $240\text{ }^{\circ}\text{C}$,检测器温度为 $240\text{ }^{\circ}\text{C}$;不分流;升温程序: $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 维持 5 min, $4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$,直至 $240\text{ }^{\circ}\text{C}$,维持 5 min;进样量为 1 μL 。各挥发性脂肪酸的定性主要利用相应脂肪酸标准物的保留时间进行确定。

1.3 数据处理与统计分析

各挥发性脂肪酸的峰面积利用威玛通用多媒体色谱工作站(5.22 版)自动积分处理取得。各挥发性脂肪酸含量用以下公式计算:

$$C_{VFA}(\text{mg}/\text{kg}) = (PA_{VFA} \times W_{IS}) / (PA_{IS} \times W_S) \times MCR_{VFA}$$

式中: C_{VFA} 为VFA的含量, PA_{VFA} 为VFA的峰面积, W_{IS} 为内标物的质量, PA_{IS} 为内标物的峰面积, W_S 为样品质量, MCR_{VFA} 为VFA的校正系数。

根据 Yang 等^[9]所提供的方法,确定各挥发性脂肪酸的校正系数。

所有数据用 Excel 初步整理,利用 SPSS16.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同挥发性脂肪酸校正系数的确定

含有 13 种挥发性脂肪酸标准品的乙醚,经气相色谱分离得到 13 个色谱峰,即检测到 13 种挥发性脂肪酸。图 1 显示,在设定条件下,各挥发性脂肪酸可以得到很好地分离,挥发性脂肪酸的出峰时间依照其碳原子数由少到多排列;具有相同碳原子数的挥发性脂肪酸若带有支链,则其出峰时间较直链脂肪酸早,这是由于带有支链的挥发性脂肪酸具有较

大的挥发性所致。

由于乙酸的挥发性较强,在操作过程中损失严重,因此在对浓缩后的乙醚浸提物进行气相色谱分离中,没有检测到乙酸峰。各挥发性脂肪酸的保留时间及相对于 2-乙基壬酸的校正系数分别为:丁酸 17.987 min,6.647;3-甲基丁酸 19.192 min,6.499;戊酸 21.233 min,5.203;己酸 24.245 min,3.945;庚酸 27.106 min,2.817;辛酸 29.834 min,2.197;4-甲基辛酸 31.186 min,2.133;壬酸 32.428 min,1.399;4-甲基壬酸 33.605 min,1.404;癸酸 34.904 min,1.206 和月桂酸 39.57 min,0.723。其所表现出的规律为,随着脂肪酸碳原子的增加,挥发性减弱,在操作过程中的损失也减少,校正系数逐渐减小。短链脂肪酸由于其挥发性较强,在蒸馏萃取时损失较大,因此,所得校正系数较大;而长链脂肪酸的挥发性较小,不容易损失,所得校正系数较小。月桂酸属于长链脂肪酸,运用常规测定方法可以对其进行较为准确的测定,因此在后续研究中,未将其作为研究对象。

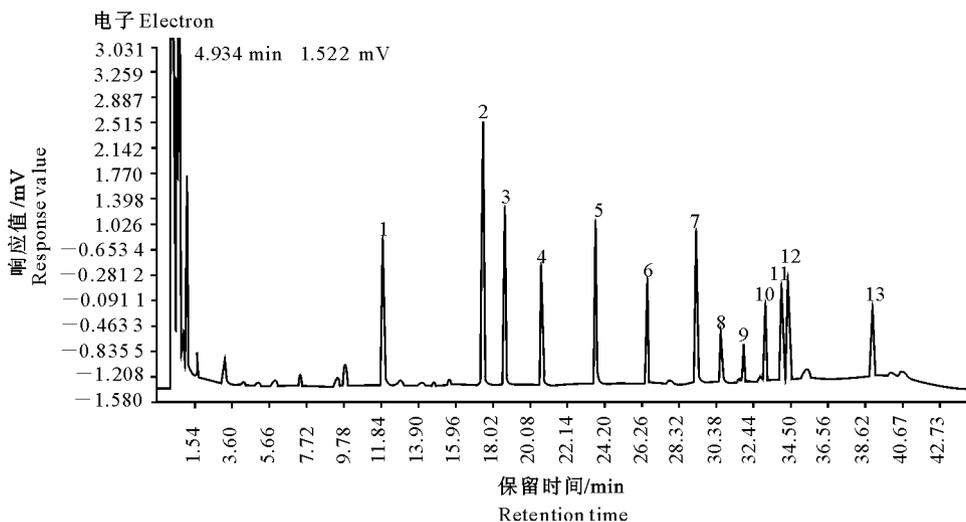


图 1 不同挥发性脂肪酸标准物的气相色谱峰

1. 乙酸;2. 丁酸;3. 3-甲基丁酸;4. 戊酸;5. 己酸;6. 庚酸;7. 辛酸;8. 4-甲基辛酸;9. 壬酸;
10. 4-甲基壬酸;11. 2-乙基壬酸(内标);12. 癸酸;13. 月桂酸

Fig. 1 Peak of standard volatile fatty acids

1. Acetic acid;2. Butanoic acid;3. 3-Methylbutanoic acid;4. Pentanoic acid;5. Hexanoic acid;6. Heptanoic acid;7. Octanoic acid;
8. 4-Mthyloctanoic acid;9. Nonanoic acid;10. 4-Methylnonanoic acid;11. 2-Ethylnonanoic acid;12. Decanoic acid;13. Dedecanoic acid

2.2 不同绵羊品种脂肪组织中挥发性脂肪酸含量的比较

同羊、滩羊和小尾寒羊脂肪组织中挥发性脂肪酸的气相色谱分离图如图 2 所示。由图 2 可以看出,在 3 个绵羊品种脂肪组织中,各脂肪酸在相应的时间均有出峰,表明 3 个绵羊品种皮下脂肪组织中均含有所研究的挥发性脂肪酸;各脂肪酸在色谱柱

中可以有效分离且互不影响,从而保证脂肪酸定量结果的可靠性。本试验在脂肪组织挥发性脂肪酸测定方法中,采取了同时蒸馏萃取技术,使得较低浓度的挥发性脂肪酸也得到了分离和浓缩,对所得挥发性脂肪酸没有进行衍生化,而直接进行色谱分析,以尽可能地减少挥发性脂肪酸在操作过程中的损失。结果显示,本方法可检测出对羊肉膻味贡献较大的

4-甲基辛酸和 4-甲基壬酸。

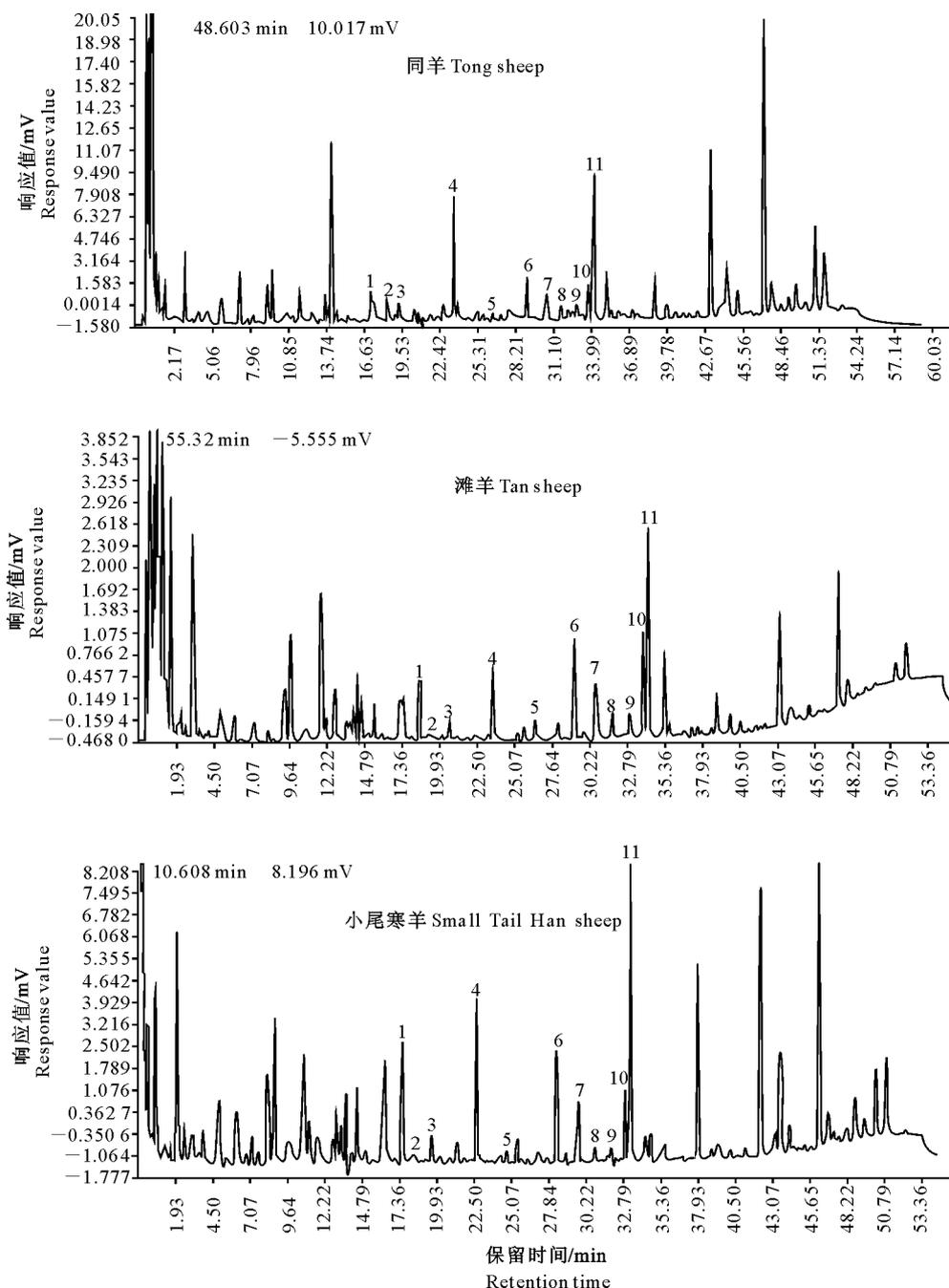


图 2 不同绵羊品种脂肪组织中挥发性脂肪酸的气相色谱图

1. 丁酸; 2. 3-甲基丁酸; 3. 戊酸; 4. 己酸; 5. 庚酸; 6. 辛酸; 7. 4-甲基辛酸; 8. 壬酸; 9. 4-甲基壬酸; 10. 2-乙基壬酸(内标); 11. 癸酸

Fig. 2 The gas chromatography graphy of volatile fatty acids in adipose of Little Tail Han sheep

1. Butanoic acid; 2. 3-Methylbutanoic acid; 3. Pentanoic acid; 4. Hexanoic acid; 5. Heptanoic acid; 6. Octanoic acid; 7. 4-Mthyl octanoic acid; 8. Nonanoic acid; 9. 4-Methylnonanoic acid; 10. 2-Ethylnonanoic acid; 11. Decanoic acid

表 1 显示,小尾寒羊、滩羊和同羊脂肪组织中总挥发性脂肪酸含量分别为 261.109, 169.124 和 271.898 mg/kg, 其中直链脂肪酸含量分别为 217.792, 143.036 和 229.059 mg/kg, 支链脂肪酸含量分别为 43.317, 26.088 和 42.839 mg/kg。在支链脂肪酸中,对羊肉膻味贡献较大的 4-甲基辛酸

和 4-甲基壬酸,在小尾寒羊、滩羊、同羊 3 个绵羊品种脂肪组织中分别为 20.317 和 9.772 mg/kg, 14.150 和 5.597 mg/kg, 12.835 和 6.403 mg/kg。4-甲基辛酸被认为是对羊肉膻味起主要作用的物质,其在 3 个品种之间的排序为:小尾寒羊 > 滩羊 > 同羊。

表 1 不同绵羊品种脂肪组织中挥发性脂肪酸含量的比较

Table 1 Comparison of volatile fatty acids between different sheep breeds

mg/kg

挥发性脂肪酸 Volatile fatty acid	小尾寒羊 Small Tail Han sheep	滩羊 Tan sheep	同羊 Tong sheep
丁酸 Butanoic acid	35.137±8.899	25.133±12.180	39.580±13.415
3-甲基丁酸 3-Methylbutanoic acid	13.228±9.805	6.341±4.110	23.601±5.524
戊酸 Pentanoic acid	12.374±9.091	12.874±9.477	15.358±7.697
己酸 Hexanoic acid	52.246±6.492	35.071±8.460	75.189±5.800
庚酸 Heptanoic acid	12.591±5.358	8.271±6.308	9.895±5.555
辛酸 Octanoic acid	43.942±18.805	25.981±18.060	26.728±7.642
4-甲基辛酸 4-Methyloctanoic acid	20.317±7.824	14.150±9.68	12.835±6.20
壬酸 Nonanoic acid	9.553±6.336	4.283±3.091	5.893±3.334
4-甲基壬酸 4-Methylnonanoic acid	9.772±5.645	5.597±4.218	6.403±2.830
癸酸 Decanoic acid	51.949±5.416	31.423±4.024	56.416±6.077
直链脂肪酸 Straight chain fatty acids	217.792	143.036	229.059
支链脂肪酸 Branched chain fatty acids	43.317	26.088	42.839
总挥发性脂肪酸 Total volatile fatty acids	261.109	169.124	271.898

3 讨 论

在对脂肪组织中挥发性脂肪酸,尤其是挥发性支链脂肪酸的定量测定中,如果采用常规的脂肪酸测定方法,由于其具有较强的挥发性及较低的含量,常会导致分析失败。因此,对脂肪组织中挥发性脂肪酸进行分离和浓缩,是保证其有效分析的技术环节^[10]。本试验对挥发性脂肪酸的分离与浓缩技术进行了改进,略去了脂肪酸的提取和衍生化步骤,减少挥发性脂肪酸在分析环节中的损失,进一步提高了方法的重复性和准确性。然而简化脂肪酸提取步骤后,可能使一些非脂肪酸的物质进入到乙醚浸提物中,而这些物质是气相色谱分离过程中杂质峰的主要来源。因此,在气相色谱分离环节中要针对脂肪酸的性质选择色谱柱,尽可能地减少非脂肪酸物质对分析结果的干扰。

影响羊脂肪组织中挥发性脂肪酸含量的因素很多,诸如性别、年龄、部位及饲养体系等。Johnson等^[4]研究了萨福克×(边区莱斯特×罗姆尼)的三元杂交羔羊不同部位脂肪组织中的挥发性脂肪酸,结果表明腰部皮下脂肪组织中挥发性脂肪酸含量高于胸部、肾脏周围及网膜的脂肪组织。Brennand和Lindsay^[3]研究了汉普夏羊不同部位脂肪组织中的挥发性脂肪酸,结果表明,臀部的脂肪组织中挥发性脂肪酸含量高于胸部和肩部脂肪组织,并指出不同个体脂肪组织中挥发性脂肪酸含量差异很大。Sutherland和Ames^[11]对不同日龄萨福克羔羊脂肪组织中挥发性脂肪酸进行了研究,发现较大日龄的

羔羊脂肪组织中4-甲基辛酸含量高于较小日龄羔羊。Sutherland和Ames^[12]对阉割和未阉割的萨福克羔羊脂肪组织在加热过程中所释放的挥发性物质进行了研究,发现较大日龄的羔羊脂肪组织中所释放的挥发性脂肪酸高于较小日龄羔羊。对于羊肉膻味贡献较大的4-甲基辛酸和4-甲基壬酸也有上述同样表现。但有关绵羊品种对脂肪组织中挥发性脂肪酸的影响报道较少,本研究针对这方面进行了研究,发现小尾寒羊脂肪组织中挥发性脂肪酸含量,尤其是支链脂肪酸高于滩羊和同羊。此结果表明,品种对绵羊脂肪组织中挥发性脂肪酸含量有一定影响,尤其是4-甲基辛酸,这将进一步影响到羊肉的膻味程度。

[参考文献]

- [1] 李博勋,韩建春,孔保华,等. 羊肉风味 [J]. 肉类工业, 2005, 287(3): 27-30.
Li B X, Han J C, Kong B H, et al. Mutton flavor [J]. Meat Industry, 2005, 287(3): 27-30. (in Chinese)
- [2] Wong E, Nixon L N, Johnson C B. Volatile medium chain fatty acids and mutton flavor [J]. J Agric Food Chem, 1975, 23(3): 495-498.
- [3] Brennand C P, Lindsay R C. Distribution of volatile branched chain fatty acids in various lamb tissues [J]. Meat Science, 1992, 31: 411-421.
- [4] Johnson C B, Wong E, Birch E J. Analysis of 4-methyloctanoic acid and other medium chain length fatty acid constituents of ovine [J]. Lipids, 1977, 12(4): 340-347.
- [5] Brennand C P, Lindsay R C. Influence of cooking on concentrations of species related flavour compounds in mutton [J].

- Lebenm Wiss Technol, 1992, 25: 357-364.
- [6] 李维红, 吴建平, 王欣荣. 滩羊脂肪中脂肪酸组成的研究 [J]. 甘肃农业大学学报, 2004, 39(4): 386-389.
Li W H, Wu J P, Wang X R. Fatty acids composition of Tan sheep [J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2004, 39(4): 386-389. (in Chinese)
- [7] 王杰, 王蕊, 杨明, 等. 成都麻羊乳脂肪酸组成分析 [J]. 西南农业学报, 2007, 20(1): 128-129.
Wang J, Wang R, Yang M, et al. The component of fatty acid in Chengdu Ma goats' milk [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2007, 21(1): 128-129. (in Chinese)
- [8] 张利平, 吴建平. 肉羊体脂脂肪酸与肉品质关系的研究 [J]. 甘肃农业大学学报, 2000, 35(4): 363-369.
Zhang L P, Wu J P. Study on short chain and 18.0 fatty acids in sheep meat and its influence on meat flavor [J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2000, 35(4): 363-369. (in Chinese)
- [9] Yang M H, Choong Y M. A rapid gas chromatographic method for direct determination of short-chain(C₂-C₁₂) volatile organic acids in foods [J]. Food Chemistry, 2001, 75: 101-108.
- [10] Ha J Kim, Lindsay R C. Method for the quantitative analysis of volatile free and total brouekel-chenc fatty acids in cheese and milk fat [J]. Journal of Dairy Science, 1990, 73(8): 1988-1997.
- [11] Sutherland M M, Ames J M. Free fatty acid composition of the adipose tissue of intact and castrated lambs slaughtered at 12 and 30 weeks of age [J]. J Agric Food Chem, 1996, 44: 3113-3116.
- [12] Sutherland M M, Ames J M. The effect of castration on the headspace aroma components of cooked lamb [J]. J Sci Food Agric, 1995, 69: 403-413.

(上接第 38 页)

- [7] 王偕根, 陈国宏, 张学余, 等. 鹿苑鸡染色体核型及其与生产性能相关性分析 [J]. 中国家禽, 2003(6): 7-9.
Wang X G, Chen G H, Zhang X Y, et al. Study on Luyuan chicken's karyotype and the correlation with the productive performance [J]. China Poultry, 2003(6): 7-9. (in Chinese)
- [8] 曾养志. 家鸡和原鸡的染色体及 G-带型比较研究 [J]. 云南农业大学学报, 1987, 2(2): 57-65.
Zeng Y Z. A comparative study of the chromosome and G-banded patterns of domestic fowl and the Jungle fowl [J]. Journal of Yunnan Agriculture University, 1987, 2(2): 57-65. (in Chinese)
- [9] Stock A D, Mengden G A. Chromosome homology in birds: banding pattern of the chromosome of the domestic chicken, ring-necked dove, and domestic pigeon [J]. Cytogenet Cell genet, 1974, 13: 410-418.
- [10] 程光潮, 吴丽城. 家鸡染色体的制备及组型观察 [J]. 遗传, 1981, 3(1): 17-19.
Cheng G C, Wu L C. Chromosome preparation and karyotype observation of the domestic fowl [J]. Heredity (Beijing), 1981, 3(1): 17-19. (in Chinese)
- [11] 嵇宝华, 汤道玲, 卢克伦. 中国地方鸡种染色体研究进展 [J]. 上海畜牧兽医通讯, 2004(5): 4-5.
Ji B H, Tang D L, Lu K L. Research progress of chromosomes in chinese indigenous chicken breeds [J]. Shanghai Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2004(5): 4-5. (in Chinese)
- [12] [日]村松晋. 动物染色体 [M]. 郭荣昌, 译. 哈尔滨: 黑龙江人民出版社, 1988: 210-216.
[Japan] Cun S J. Animal chromosome [M]. Translated by Guo R C. Harbin: Heilongjiang Public Press, 1988: 210-216. (in Chinese)
- [13] Pollock D L, Fecheimer N S. Variable C-banding patterns and a proposed C-band karyotype in Gallus domesticus [J]. Genetics, 1981, 54: 273-279.
- [14] 徐琪, 谢芳, 李碧春. 禽类染色体制备及其在育种中的应用 [J]. 动物科学与动物医学, 2003, 20(2): 13-15.
Xu Q, Xie F, Li B C. Avian chromosome preparation and its application in animal breeding [J]. Animal Science & Veterinary Medicine, 2003, 20(2): 13-15. (in Chinese)
- [15] 陈国宏, 李碧春, 徐琪, 等. 仙居鸡染色体 G 和 Ag-NORs 的研究 [J]. 畜牧兽医学报, 2004, 35(2): 141-145.
Chen G H, Li B C, Xu Q, et al. Studies on chromosome G band and Ag-NORs of Xianju chicken Chinese [J]. Journal of Animal and Veterinary Sciences, 2004, 35(2): 141-145. (in Chinese)
- [16] 黄燕, 赵小平, 余红, 等. 动物骨髓细胞染色体标本制备失败的原因分析 [J]. 生物学通报, 2006, 41(1): 52-53.
Huang Y, Zhao X P, Yu H, et al. An analysis on causes of failure in preparing the chromosome sample of animal's medullary cell [J]. Bulletin of Biology, 2006, 41(1): 52-53. (in Chinese)
- [17] 汉丽梅, 潘英树, 张玉静. 鸡染色体标本制备技术条件的优化 [J]. 中国兽医, 2005, 41(8): 19-20.
Han L M, Pan Y S, Zhang Y J. Optimization for technology condition of the chicken's chromosome preparation [J]. Chinese Journal of Veterinary Medicine, 2005, 41(8): 19-20. (in Chinese)