



不同月龄青海黑藏羊肌肉脂肪酸组成和 风味差异比较

康生萍^{1,2}, 胡林勇¹, 张晓玲^{1,2}, 王循刚^{1,2}, 赵娜¹,
徐田伟¹, 刘宏金¹, 耿远月^{1,2}, 徐世晓^{1*}

(1.中国科学院西北高原生物研究所/高原生物适应与进化重点实验室, 西宁 810008;
2.中国科学院大学, 北京 100049)

中图分类号: S826

文献标识码: A

文章编号: 1004-7034(2020)20-0034-09

摘要: 为了探究月龄对青海黑藏羊肉脂肪酸组成及风味特性的影响, 试验选取 12、18、24 月龄自然放牧的体况相近的健康青海黑藏羊羯羊各 5 只, 取背最长肌测定脂肪酸、氨基酸、肌苷酸和维生素 B₁ 风味前体物质和挥发性风味物质组成及含量, 取肋部皮下脂肪测定膻味成分。结果表明: 12 月龄青海黑藏羊肉中亚油酸和二十碳五烯酸含量显著高于 18 月龄 ($P < 0.05$), 多不饱和脂肪酸 (PUFA)、 ω -6 PUFA 含量以及 PUFA/饱和脂肪酸 (SFA) 均极显著高于 24 月龄 ($P < 0.01$); 不同月龄青海黑藏羊肉鲜味氨基酸、肌苷酸和维生素 B₁ 含量均差异不显著 ($P > 0.05$); 醛类、醇类、烃类和酮类化合物整体平均含量分别高达 26.99%、23.43%、16.08% 和 14.42%, 其中 12 月龄青海黑藏羊肉中十六烷含量极显著高于 18 月龄 ($P < 0.01$), 2-丁氧基-乙醇和 3-己烯-2-酮含量显著高于 24 月龄 ($P < 0.05$), 而 24 月龄青海黑藏羊肉中烃类化合物含量显著高于 18 月龄 ($P < 0.05$); 不同月龄青海黑藏羊皮下脂肪中膻味成分含量差异不显著 ($P > 0.05$)。说明 12 月龄青海黑藏羊肉在脂肪酸组成方面更具优势, 而 24 月龄羊肉整体风味物质更为丰富。

关键词: 青海黑藏羊; 月龄; 挥发性风味物质; 脂肪酸; 膻味; 肌苷酸

开放科学(资源服务)标识码
Open Science Identity (OSID)



近年来, 随着生活水平的不断提高, 人们对肉产品的消费需求从量变转向质变, 肉品风味特征直接影响到消费者的购买欲望。青海黑藏羊又称贵德黑裘皮羊, 以生产黑色二毛裘皮著称^[1], 1958 年时种群数量多达 20 万只, 后因市场冲击等因素, 数量不断下降, 目前仅有 1.5 万余只, 处于保种阶段, 集中分布在青海省海南藏族自治州贵南县。贵南县地处农牧交错区, 海拔 3 000 m 以上, 地势高峻, 属高原大陆性气

候。天然草场植被覆盖度大, 植株低矮, 群落结构复杂, 种类繁多。青海黑藏羊长期在天然草场放牧, 采食矮嵩草 (*Kobresia humilis*)、针茅 (*Stipa capillata* Linn)、早熟禾 (*Poa annua* L.)、线叶嵩草 (*Kobresia capillifolia*) 和苔草 (*Carex* sp.) 等天然牧草, 这些优良的牧草为青海黑藏羊提供了丰富的营养物质, 使其积累了大量的氨基酸、脂肪酸等风味前体物质, 对羊肉品质和风味的提升具有重要意义。风味是评价羊肉食用品质的重要指标, 羊肉的风味包括香味和滋味, 其中香味由风味前体物质发生化学反应而产生, 主要的香味物质有醛、醇、酮、酸、酯和一些含氮含硫化合物等^[2]; 滋味源于非挥发性呈味物质, 主要由氨基酸、肽、核苷酸、糖类等组成^[3]。M. M. Sutherland 等^[4] 研究表明, 随着羊只年龄的增长, 体内脂肪含量增多, 羊肉风味会变得更加强烈。目前, 国内外学者围绕不同品种、部位、饲养方式和日粮类型^[8] 的羊肉的风味特征进行了大量研究, 但对不同

收稿日期: 2020-12-07; 修回日期: 2021-08-17

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项 (XDA23060603); 国家自然科学基金项目 (31402120); 第二次青藏高原综合考察研究项目 (2019QZKK0302); 青海省重点研发与转化计划项目 (2019-NK-173; 2019-SF-149)

作者简介: 康生萍 (1995—), 女, 硕士研究生, 研究方向为放牧家畜生态学, kangsp@nwipb.cas.cn.

* 通信作者: 徐世晓 (1973—), 男, 研究员, 博士, 研究方向为放牧家畜生态学, sxu@nwipb.cas.cn.



月龄的羊肉风味特征的研究较少,并且青海黑藏羊肉品风味评价仅停留在主观印象中,科学的风味特征分析未见相关报道,因此研究青海黑藏羊肉品质和风味特征对黑藏羊产业从生产裘皮向肉用转型,调动牧民养殖积极性,提高养殖经济效益具有重要意义。本研究采用气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry,GC-MS)联用技术和高效液相色谱法(high performance liquid chromatography,HPLC)分别对自然放牧条件下不同月龄青海黑藏羊背最长肌中的挥发性风味物质、脂肪酸、肌苷酸的组成和含量进行测定,并结合呈味氨基酸、硫胺素等重要的风味前体物质来综合评价青海黑藏羊肉的风味特性,以期为青海黑藏羊肉产品开发和精深加工提供一定的数据支撑和科学依据。

1 材料

1.1 试验动物

12,18,24月龄体况相近的健康青海黑藏羊羯羊各5只,青海省海南藏族自治州贵南县黑藏羊场提供,自然放牧。

1.2 主要试剂

茚三酮、钾钠缓冲液、样品稀释液和氨基酸标准品,均购自赛卡姆(北京)科学仪器有限公司;苯酚,购自西陇科学股份有限公司;甲醇,购自云南新蓝景化学工业有限公司;2-甲基-3-庚酮标准品和C5-C20正构烷烃,均购自美国Sigma公司;三氟化硼甲醇溶液,购自上海安谱科学仪器有限公司;异辛烷,购自美国赛默飞世尔科技(中国)有限公司;维生素B₁标准品,购自中国食品药品检定研究院;木瓜蛋白酶和淀粉酶,均购自上海麦克林生化科技有限公司;肌苷酸标准品,购自坛墨质检科技股份有限公司。

1.3 主要仪器

气相色谱-质谱联用仪(型号为Thermo1300/8000Evo),购自美国赛默飞世尔科技(中国)有限公司;氨基酸自动分析仪(型号为S-433D,Na⁺型磺甲基阳离子交换树脂),购自赛卡姆(北京)科学仪器有限公司;试管浓缩仪(型号为TVE-1100),购自上海爱朗仪器有限公司;高效液相色谱仪(型号为Waters 1525,C₁₈反相色谱柱),购自沃特世科技(上海)有限公司;组织研磨仪(型号为HM100),购自北京格瑞德曼仪器设备有限公司;针头过滤器(型号为0.45 μm水系),购自江苏绿盟科学仪器有限公司。

2 方法

2.1 样品的采集

试验羊只宰前禁食24 h,禁水2 h,宰后1 h取背最长肌作为肌肉样品,测定氨基酸、脂肪酸、维生素B₁、肌苷酸、挥发性风味物质成分,取肋部皮下脂肪测定膻味成分。

2.2 脂肪酸的测定

参照参考文献[9]中的方法,采用GC-MS技术测定青海黑藏羊背最长肌中脂肪酸组成和含量:用组织研磨仪将肉样打成匀浆液,称取5 g匀浆液到平底烧瓶中进行样品前处理,得到脂肪提取物;加入20 g/L的氢氧化钠甲醇溶液8 mL,连接回流冷凝器,进行脂肪的皂化和脂肪酸的甲酯化;然后加入正庚烷,振荡2 min,再加入饱和氯化钠水溶液,静置分层;吸取上层溶液加入适量无水硫酸钠,摇匀静置,再吸取上层溶液至进样瓶中,上机测定。上机条件:载气为高纯氦气,流速为1.1 mL/min,进样口和检测器温度分别为250 ℃和280 ℃,电子轰击离子源(EI)为70 eV,全扫描,质量扫描范围为30~600 m/z。

2.3 鲜味氨基酸的测定

参照《食品中氨基酸的测定》(GB 5009.124—2016)中的方法测定青海黑藏羊背最长肌中鲜味氨基酸的组成和含量:称取脱脂肉样干粉约25 mg,用盐酸高温(110 ℃)水解22~24 h,冷却后取0.5 mL于试管浓缩仪中蒸干除酸;加入5 mL样品稀释液后混合均匀,用一次性注射器吸取样品,用针头过滤器过滤至进样小瓶中,上机测定。色谱条件:色谱柱为Na⁺型磺甲基阳离子交换树脂,柱温为58 ℃,反应器温度为130 ℃,检测波长为570 nm。

2.4 维生素B₁和肌苷酸的测定

参照《食品中维生素B₁的测定》(GB 5009.84—2016)中的方法,采用HPLC法测定青海黑藏羊背最长肌中维生素B₁的含量:称取5 g肌肉样品于100 mL锥形瓶中,加入60 mL 0.1 mol/L盐酸溶液,充分摇匀,高压灭菌锅中121 ℃灭菌30 min后冷却至40 ℃取出,摇匀;用2.0 mol/L乙酸钠溶液调节pH值至4.0左右,加入2 mL混合酶溶液(称取1.76 g木瓜蛋白酶和1.27 g淀粉酶,用纯化水定容至50 mL),置于37 ℃培养箱中16 h后转移至100 mL容量瓶中定容并过滤;取2 mL滤液加入1 mL碱性铁氰化钾溶液和2 mL正丁醇,混合均匀后静置至分层,取上层溶液用0.45 μm滤膜过滤至进样瓶中,上机测定。仪器条件:C₁₈反相色谱柱,流速为0.8 mL/min,激发波长为375 nm,发射波长为435 nm。

参照参考文献[10-11]中的方法,采用HPLC法测定青海黑藏羊背最长肌中肌苷酸的含量:精确称取1 g肉样置于离心管中,加入20 mL 3.5%高氯酸稀释液,组织研磨仪匀浆后4 000 r/min离心10 min;取上清液转移至容量瓶中,残渣加入3.5 mL 3.5%高氯酸稀释液并摇匀,4 000 r/min离心5 min;取上清液加入容量瓶中作为提取液,用0.5 mol/L NaOH溶液调节pH值至6.5,加超纯水定容至25 mL,并用0.45 μm滤膜过滤,上机测定。仪器条件:C₁₈反相色



谱柱,流速为 1 mL/min,检测波长为 254 nm。

2.5 挥发性风味物质的测定

采用顶空固相微萃取和 GC-MS 技术测定青海黑藏羊背最长肌中挥发性风味物质的组成和含量:将肉样切成小块,用组织研磨仪将肉样研磨成匀浆,然后称取 4 g 于 20 mL 顶空瓶中,加入 20% NaCl 颗粒和 5 μ L 的 2-甲基-3-庚酮溶液(0.306 μ g/mL),摇匀后封口,放入水浴锅中,在 90 $^{\circ}$ C 水浴锅中加热 60 min,然后冷却至 60 $^{\circ}$ C;萃取前将 SPME 纤维头在 GC-MS 进样口老化,插入吸附头萃取 40 min,然后取下萃取头在 GC-MS 进样口解吸 3 min,进行气质联用分析测定。色谱条件:载气为氦气,流速为 1.0 mL/min,采取不分流进样,进样口温度为 250 $^{\circ}$ C,柱温起始温度为 40 $^{\circ}$ C,保持 5 min,然后每分钟升温 5 $^{\circ}$ C 至 230 $^{\circ}$ C,保持 8 min。质谱条件:离子源温度为 200 $^{\circ}$ C,电子轰击离子源(EI),电子能量为 70 eV,扫描质量范围为 35~500 m/z。

2.6 膻味成分的测定

参照参考文献[12]中的方法,采用 GC-MS 技术测定青海黑藏羊背最长肌中膻味成分的组成和含量:
1) 脂肪样品的皂化与酸化。取 50 g 脂肪样品于 250 mL 广口瓶中,加入 2 mol/L 的 NaOH 溶液 50 mL,密封瓶口,置于 105 $^{\circ}$ C 的烘箱中皂化 2 h,在皂化过程中每隔 30 min 摇动 1 次,待瓶温降至室温后加入 2 mol/L 的 H₂SO₄ 溶液 50 mL 调节 pH 值,直至溶液呈酸性。
2) 膻味物质的分离与回收。以乙醚为萃取剂,将处理得到的酸性混合物转入 500 mL 的烧瓶中,蒸馏萃取 55 min,待冷却至室温后,用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 的 Na₂SO₄,置于 -20 $^{\circ}$ C 的冰箱中冷冻 12 h 后,置于 30 $^{\circ}$ C 的水浴锅中使乙醚挥发至 0.5 mL,上机测定。色谱条件:载气为氦气,流速为 1.0 mL/min,采取不分流进样,进样口温度为 250 $^{\circ}$ C,柱温起始温度为 60 $^{\circ}$ C,保持 5 min,以每分钟 4 $^{\circ}$ C 升温至 240 $^{\circ}$ C,保持 5 min;进样量为 1 μ L。质谱条件:离子源温度为 200 $^{\circ}$ C, EI, 电子能量为 70 eV,扫描质量范围为 35~500 m/z。

2.7 数据的统计分析

采用 Microsoft Excel 2013 软件初步整理试验数据,采用 Graphpad Prism 8.0 软件进行单因素方差分析、t 检验和 Tukey 多重比较,结果以“平均值 \pm 标准误”表示,以 $P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 表示差异极显著。

3 结果与分析

3.1 不同月龄青海黑藏羊肉脂肪酸组成差异

结果见表 1。

由表 1 可知:青海黑藏羊背最长肌中共检测到 32 种脂肪酸,包括 14 种饱和脂肪酸和 18 种不饱

脂肪酸,其中单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸各 9 种。12 月龄青海黑藏羊背最长肌中二十二碳酸含量显著高于 18 月龄($P < 0.05$),而油酸含量极显著低于 18 月龄($P < 0.01$),18 月龄羊肉中二十四碳酸含量显著高于 24 月龄($P < 0.05$)。12 月龄羊肉中二十碳一烯酸含量显著高于 24 月龄($P < 0.05$),多不饱和脂肪酸含量极显著高于 24 月龄($P < 0.01$)。12 月龄羊肉中二十二碳一烯酸含量均极显著高于 18,24 月龄($P < 0.01$),二十三碳酸、亚油酸和花生二烯酸含量显著高于 18 月龄($P < 0.05$),极显著高于 24 月龄($P < 0.01$)。12 月龄羊肉中二十碳五烯酸含量显著高于 18 月龄($P < 0.05$),而在 24 月龄羊肉中尚未检测到。12 月龄羊肉中 PUFA/SFA 和 ω -6 PUFA 含量极显著高于 24 月龄($P < 0.01$),说明 12 月龄青海黑藏羊肉在脂肪酸组成方面更具优势。

3.2 不同月龄青海黑藏羊肉鲜味氨基酸含量差异

结果见表 2。

由表 2 可知:不同月龄青海黑藏羊背最长肌中的鲜味氨基酸含量差异不显著($P > 0.05$),12 月龄羊肉中鲜味氨基酸含量高于 18,24 月龄。

3.3 不同月龄青海黑藏羊肉维生素 B₁ 和肌苷酸含量差异

结果见表 3。

由表 3 可知:不同月龄青海黑藏羊背最长肌中维生素 B₁ 和肌苷酸的含量均差异不显著($P > 0.05$),维生素 B₁ 的含量随着月龄的增长呈现递增的趋势,而肌苷酸含量基本稳定。经计算,青海黑藏羊背最长肌中肌苷酸平均含量为 1.79 mg/g,维生素 B₁ 平均含量为 0.07 mg/100 g。

3.4 不同月龄青海黑藏羊肉挥发性风味物质含量差异

结果见表 4。

由表 4 可知:青海黑藏羊背最长肌中检测到主要的挥发性风味物质共 54 种,其中醇类 13 种,烃类 12 种,酮类 11 种,醛类 7 种,酸类 3 种,酯类 2 种,其他 6 种。通过计算各月龄青海黑藏羊背最长肌中挥发性风味物质含量的平均值得到:醛类、醇类、烃类和酮类挥发物在青海黑藏羊背最长肌中的含量较高,分别高达 26.99%、23.43%、16.08% 和 14.42%,酸类和酯类物质含量分别为 4.94% 和 1.71%。12 月龄羊肉中 2-丁氧基-乙醇和 3-己烯-2-酮的含量显著高于 24 月龄($P < 0.05$)。烃类、酯类物质中的许多成分含量基本呈现 24 月龄 > 12 月龄 > 18 月龄的变化规律,己醛和苯甲醛的含量也随着月龄的增加而升高。24 月龄羊肉中烃类化合物含量显著高于 18 月龄($P < 0.05$),其中 24 月龄 1,3-二甲基-苯和柠檬烯含量显著高于 18 月龄($P < 0.05$),十二烷和十四烷含量显著高于 12 月龄和 18 月龄($P < 0.05$),12 月龄青海黑藏



表1 不同月龄青海黑藏羊背最长肌中脂肪酸组成和含量的测定结果

Table 1 Determination results of fatty acid composition and content in longissimus dorsi muscle of different month-old Qinghai Black Tibetan sheep

%

项目	12月龄	18月龄	24月龄	
辛酸(C8:0)	0.04±0.01	0.01±0.01	0.02±0.01	
癸酸(C10:0)	0.14±0.02	0.12±0.01	0.14±0.01	
月桂酸(C12:0)	0.09±0.01	0.07±0.01	0.09±0.01	
十三酸(C13:0)	0.03±0.01	0.08±0.07	0.04±0.01	
肉豆蔻酸(C14:0)	1.87±0.07	1.79±0.05	2.08±0.24	
十五碳酸(C15:0)	0.80±0.03	0.65±0.05	0.77±0.13	
棕榈酸(C16:0)	13.50±0.52	14.90±0.44	15.88±0.89	
饱和脂肪酸(SFA)	17.65±0.06	2.36±0.08	2.52±0.19	
硬脂酸(C18:0)	21.14±0.59	19.48±0.57	22.40±3.01	
花生酸(C20:0)	0.25±0.02	0.17±0.02	0.84±0.57	
二十一碳酸(C21:0)	0.36±0.04	0.26±0.02	0.36±0.08	
二十二碳酸(C22:0)	0.23 ^{Aa} ±0.05	0.19 ^{Ab} ±0.02	0.14 ^{ABab} ±0.02	
二十三碳酸(C23:0)	0.96 ^{Aa} ±0.11	0.54 ^{ABb} ±0.08	0.42 ^{Bb} ±0.06	
二十四碳酸(C24:0)	0.06 ^{ABab} ±0.01	0.03 ^{Aa} ±0.01	0.02 ^{Ab} ±0.01	
小计	42.12±0.70	40.65±0.48	45.72±2.35	
豆蔻油酸(C14:1)	0.43±0.02	0.38±0.02	0.50±0.08	
十五碳一烯酸(C15:1)	0.85±0.24	0.38±0.08	0.38±0.06	
棕榈油酸(C16:1)	1.87±0.17	2.34±0.15	2.50±0.21	
十七碳一烯酸(C17:1)	1.64±0.23	1.12±0.07	1.09±0.07	
单不饱和脂肪酸(MU-FA)	反式油酸(C18:1)	3.99±1.24	0.75±0.14	2.24±1.13
油酸(C18:1)	31.16 ^{Bb} ±1.41	40.24 ^{Aa} ±1.47	36.14 ^{ABab} ±1.41	
二十碳一烯酸(C20:1)	3.57 ^{Aa} ±0.19	3.03 ^{ABab} ±0.30	2.08 ^{Ab} ±0.52	
二十二碳一烯酸(C22:1)	1.62 ^{Aa} ±0.27	0.04 ^{Bb} ±0.01	0.60 ^{Bb} ±0.16	
二十四碳一烯酸(C24:1)	0.06±0.01	0.04±0.02	0.22±0.01	
小计	45.19±0.66	48.32±1.15	45.75±1.69	
反式亚油酸 [#] (C18:2)	1.20±0.07	1.01±0.08	1.19±0.12	
亚油酸 [#] (C18:2)	8.85 ^{Aa} ±0.43	6.48 ^{ABb} ±0.69	5.11 ^{Bb} ±0.68	
γ-亚麻酸 [#] (C18:3)	0.44±0.01	0.37±0.02	0.42±0.04	
α-亚麻酸 [*] (C18:3)	0.99±0.10	1.28±0.02	1.02±0.23	
多不饱和脂肪酸(PU-FA)	花生二烯酸(C20:2)	0.41 ^{Aa} ±0.05	0.25 ^{ABb} ±0.02	0.22 ^{Bb} ±0.03
花生三烯酸 [*] (C20:3)	0.49±0.42	1.19±0.26	0.25±0.20	
花生四烯酸 [#] (C20:4)	0.28±0.06	0.19±0.01	0.14±0.03	
二十碳五烯酸 [*] (C20:5)	0.18 ^{Aa} ±0.01	0.03 ^{Ab} ±0.03	—	
二十二碳六烯酸 [*] (C22:6)	0.38±0.02	0.37±0.09	0.26±0.03	
小计	13.22 ^{Aa} ±0.22	11.17 ^{ABab} ±1.09	8.61 ^{Bb} ±0.89	
不饱和脂肪酸(UFA)	58.41±0.65	59.49±0.45	54.36±2.34	
SFA/UFA	0.72±0.02	0.68±0.01	0.84±0.09	
PUFA/SFA	0.31 ^{Aa} ±0.01	0.27 ^{ABab} ±0.03	0.19 ^{Bb} ±0.03	
ω-3 PUFA	2.04±0.08	2.87±0.11	1.53±0.23	
ω-6 PUFA	10.77 ^{Aa} ±0.23	8.05 ^{ABab} ±0.95	6.56 ^{Bb} ±0.84	
ω-6 PUFA /ω-3 PUFA	5.28±0.51	2.80±0.42	4.29±0.99	

注:—表示未检出,*表示ω-3 PUFA #表示ω-6 PUFA;同行数据大写字母完全不同表示差异极显著($P<0.01$),含相同大写字母、小写字母完全不同表示差异显著($P<0.05$),含相同小写字母或无肩标表示差异不显著($P>0.05$)。



表2 不同月龄青海黑藏羊背最长肌中鲜味氨基酸组成和含量的测定结果

Table 2 Determination results of delicious amino acid composition and content in longissimus dorsi muscle of different month-old Qinghai Black Tibetan sheep %

项目	12月龄	18月龄	24月龄
谷氨酸	16.21±0.32	15.87±0.13	15.82±0.25
天冬氨酸	8.46±0.16	8.65±0.14	8.45±0.15
精氨酸	5.82±0.11	5.66±0.08	5.76±0.10
丙氨酸	5.45±0.10	5.34±0.02	5.33±0.55
甘氨酸	4.09±0.09	3.96±0.02	3.97±0.05
鲜味氨基酸	40.02±0.75	39.49±0.41	39.33±0.54

注:同行数据无肩标表示差异不显著($P>0.05$)。

表3 不同月龄青海黑藏羊背最长肌中肌苷酸和维生素B₁含量的测定结果

Table 3 Determination results of inosinic acid and vitamin B₁ content in longissimus dorsi muscle of different month-old Qinghai Black Tibetan sheep

项目	12月龄	18月龄	24月龄
肌苷酸/(mg·g ⁻¹)	1.81±0.54	1.76±0.13	1.81±0.23
维生素B ₁ /[mg·(100g) ⁻¹]	0.05±0.02	0.07±0.01	0.09±0.06

注:同行数据无肩标表示差异不显著($P>0.05$)。

羊肉中十六烷含量极显著高于18月龄($P<0.01$)。在24月龄羊肉中未检测到辛酸和壬酸。其他挥发性风味物质含量在不同月龄的青海黑藏羊背最长肌中的差异均不显著($P>0.05$)。总体来看,24月龄青海黑藏羊肉风味物质较为丰富。

3.5 不同月龄青海黑藏羊皮下脂肪中膻味成分含量差异

结果见表5。

由表5可知:不同月龄青海黑藏羊背最长肌中4-甲基-辛酸和4-甲基-壬酸含量差异不显著($P>0.05$),其中4-甲基-辛酸含量在24月龄时明显升高;而4-甲基-壬酸的含量则随着月龄的增长呈现先增长后降低的趋势。

4 讨论

羊肉中脂肪酸含量不仅会对肉品质产生影响^[13],而且还会改变人体血液中低密度脂蛋白和胆固醇等的含量^[14]。张利平等^[15]通过比较不同年龄肉羊的短链脂肪酸和硬脂酸的变化趋势,发现优质羊肉最经济屠宰年龄为1岁。本研究发现,12月龄青海黑藏羊背最长肌中的二十碳一烯酸、二十二碳一烯酸单不饱和脂肪酸,亚油酸、花生二烯酸多不饱和脂肪酸以及 $\omega-6$ PUFA含量均明显高于24月龄,说明12月龄羊肉在脂肪酸组成方面更具有优势。 $\omega-3$ PUFA中的二十碳五烯酸对动脉硬化等心血管疾病的治疗能起到积极作用。本研究发现,12月龄青海黑藏羊背最长肌中二十碳五烯酸含量明显高于18月龄,且在24月龄羊背最长肌中未检测到,说明从营养角度来说,年龄越大,羊肉脂肪酸价值越低。

蛋白质经过酶促水解形成氨基酸、肽等具有多种

生理功能的分子化合物,其中有些氨基酸和肽会影响食品的风味特征^[16]。研究结果表明,畜产品味道的鲜美程度与其所含的谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸等鲜味氨基酸含量直接相关^[17]。本研究结果表明,不同生长阶段的青海黑藏羊背最长肌中鲜味氨基酸含量差异不明显,可能与采食同一片放牧草场牧草使其蛋白质吸收较为均衡有关,与王莉梅等^[18]对自然放牧的不同月龄的乌珠穆沁羊的研究结果相比,12、18月龄青海黑藏羊背最长肌中甘氨酸含量低于乌珠穆沁羊,而其他鲜味氨基酸含量高于乌珠穆沁羊,并且高于欧拉羊^[19]和洼地绵羊^[20],这说明青海黑藏羊肉味道更鲜美,造成这种差异可能与羊品种和放牧草场的草地类型有关。

肌苷酸(IMP)又称为次黄嘌呤核苷酸,是动物组织中重要的风味物质^[21],也是肉品鲜味的主要成分。王巍等^[22]研究结果表明,肌苷酸作为决定肉风味和鲜味的重要因素,与鲜味氨基酸的协同作用可显著增强肉的鲜味口感。本研究结果表明,青海黑藏羊背最长肌中肌苷酸平均含量为1.79 mg/g,高于苏尼特羊肉^[23],说明羊肉中肌苷酸的含量除受饲养方式影响外,可能还受遗传因素以及日粮营养水平的影响。

硫胺素(维生素B₁)是一种含硫和含氮的双环化合物,热降解后可产生多种含硫和含氮的挥发性香味物质^[24]。2-甲基-3-呋喃硫醇是比较重要的芳香物质^[25]。本研究发现,不同月龄的青海黑藏羊背最长肌中维生素B₁的含量无显著差别,但其含量低于滩羊肉和小尾寒羊肉^[25],这可能与饲养方式、环境及日粮营养水平和品种间的遗传因素有关,同样还说明月龄对青海黑藏羊肉中维生素B₁含量的影响较小。



表4 不同月龄青海黑藏羊背最长肌中挥发性风味物质的组成和含量的测定结果

Table 4 Determination results of the composition and content of volatile flavor compounds in longissimus dorsi muscle of different month-old Qinghai Black Tibetan sheep

%

项目	气味描述	12月龄	18月龄	24月龄
1-丁醇	—	0.96±0.98	1.30±0.86	—
1-戊醇	酒香、醚香	0.37±0.23	0.52±0.44	0.70±0.78
1-己醇	脂肪味、花香味	0.27±0.15	0.23±0.03	—
2-丁氧基-乙醇	—	23.72 ^{Aa} ±9.40	13.23 ^{Ab} ±3.73	9.01 ^{Ab} ±4.61
1-辛烯-3-醇	蘑菇味、泥土味	0.92±0.43	0.74±0.38	1.37±1.01
1-庚醇	药味、青草味	—	—	1.04±0.41
2-乙基-1-己醇	花香味、青草味	0.67±0.41	0.46±0.19	0.78±0.11
1-辛醇	油脂香、柑橘和玫瑰香	1.42±0.81	0.95±0.41	2.02±1.67
2,3-丁二醇	—	—	3.56±2.99	3.46±0.11
二乙基卡比醇	—	4.42±4.27	2.83±2.33	2.83±2.79
2-呋喃甲醇	—	1.17±0.76	—	—
3,7,11-三甲基-1-十二醇	—	2.14±1.28	0.90±0.55	1.48±0.05
1,4-丁二醇	—	2.46±2.66	1.04±1.06	1.00±0.82
小计		29.19±11.06	21.48±3.81	19.63±7.87
2-戊酮	醚味	—	0.51±0.11	0.93±0.66
2,3-戊二酮	—	—	0.84±0.83	7.13±9.54
3-己烯-2-酮	—	1.63 ^{Aa} ±0.33	—	0.95 ^{Ab} ±0.16
2-甲基-3-庚酮	—	0.16±0.08	—	0.90±1.38
3-羟基-2-丁酮	奶油味	5.95±6.58	6.00±5.54	5.39±6.74
1-羟基-2-丙酮	—	1.35±0.66	1.10±0.68	—
6-甲基-5-庚烯-2-酮	—	0.52±0.23	—	0.35±0.09
2,3-辛二酮	—	—	0.21±0.19	0.54±0.04
1-(乙酰氧基)-2-丙酮	—	—	2.04±2.27	—
4-苯基-2-丁酮	—	—	1.05±0.91	—
1-(1H-吡咯-2-基)-乙酮	—	2.36±2.27	6.93±7.72	0.78±0.33
小计		10.43±7.29	20.61±11.40	12.21±6.96
甲苯	塑料、化学气味	1.09±0.46	3.28±4.06	3.29±0.99
乙基苯	—	5.20±3.09	4.55±2.41	10.13±6.49
对二甲苯	塑料味	0.73±0.25	0.98±0.42	1.58±0.78
1,3-二甲苯-苯	—	2.12 ^{Ab} ±1.02	1.32 ^{Ab} ±0.55	3.48 ^{Aa} ±1.61
柠檬烯	水果香	0.72 ^{Ab} ±0.15	0.26 ^{Ab} ±0.02	0.88 ^{Aa} ±0.27
十二烷	—	0.36 ^{Ab} ±0.23	0.19 ^{Ab} ±0.12	1.67 ^{Aa} ±0.87
十三烷	—	0.44±0.19	0.25±0.16	1.08±0.82
十四烷	—	0.90 ^{Ab} ±0.15	1.00 ^{Ab} ±0.57	2.69 ^{Aa} ±0.50
1-十四烯	—	0.88±0.11	—	—
十五烷	—	0.93±0.32	1.09±0.70	1.32±0.54
十六烷	—	1.40 ^{Aa} ±1.13	0.61 ^{Bb} ±0.11	—
(E)-3-二十烯	—	—	—	0.63±0.28
小计		12.43 ^{Ab} ±3.80	12.02 ^{Ab} ±3.91	23.79 ^{Aa} ±7.66
己醛	脂肪味	1.98±1.34	2.61±2.37	2.86±1.68
庚醛	鱼腥味	1.49±0.94	1.42±0.94	0.66±0.47
辛醛	脂肪味、皂香	1.47±0.77	2.74±2.49	1.12±0.21
癸醛	甜香、柑橘香	0.83±0.57	—	0.51±0.30
苯甲醛	苦杏仁味、坚果味	15.74±3.76	18.09±7.58	22.57±4.51
十五醛	弱花香和蜡味	0.64±0.35	0.20±0.13	0.32±0.14
十六醛	甜杏、坚果味	4.86±2.42	2.25±3.29	2.84±2.33
小计		25.75±5.00	26.12±8.60	29.10±6.23



续表

项目	气味描述	12月龄	18月龄	24月龄	
酸类	乙酸	酸味	2.96±1.57	7.43±5.65	1.31±1.12
	辛酸	—	0.89±0.73	—	—
	壬酸	—	1.31±1.26	0.88±0.18	—
	小计		5.16±2.77	8.21±5.04	1.44±1.35
酯类	丁内酯	焦糖味、甜味	0.82±0.47	1.50±0.73	1.12±0.30
	2-(2-丁氧基乙氧基)-乙醇乙酸酯	—	1.03±0.57	0.54±0.33	1.66±0.73
	小计		2.68±1.16	1.21±0.54	2.31±1.70
其他	3-甲基噻吩	—	0.34±0.10	0.30±0.13	0.62±0.42
	2-戊基呋喃	水果香、大豆香	0.85±0.61	0.31±0.14	0.86±1.15
	二甲基三硫醚	—	0.16±0.08	—	—
	3-乙基吡啶	—	0.47±0.14	—	—
	3-甲酰噻吩	—	1.01±0.52	0.60±0.58	—
	苯酚	甜香	0.63±0.37	0.40±0.15	0.73±0.31
	小计		1.48±0.41	1.42±0.75	2.23±0.83

注:—表示未查到或未检出;同行数据大写字母完全不同表示差异极显著($P<0.01$),含相同大写字母、小写字母完全不同表示差异显著($P<0.05$),含相同小写字母或无肩标表示差异不显著($P>0.05$)。

表5 不同月龄青海黑藏羊皮下脂肪膻味成分含量差异
Table 5 Content difference of smell of mutton in the subcutaneous fat of different month-old Qinghai Black Tibetan sheep $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

项目	12月龄	18月龄	24月龄
4-甲基-辛酸	85.64±43.92	85.93±34.21	106.40±32.02
4-甲基-壬酸	41.40±22.98	44.82±18.47	39.13±13.59

注:同行数据无肩标表示差异不显著($P>0.05$)。

肉在加热过程中会产生各种令人愉快的滋味和气味,苦、甜、酸、咸为4种基本滋味,日本学者把鲜味作为第5种滋味,与谷氨酸钠和一些肽的滋味相同^[26]。本研究发现,青海黑藏羊肉中的54种挥发性风味物质在不同生长阶段的差异较小,醇类、醛类、烃类和酮类挥发物含量较高,总体来看,24月龄青海黑藏羊肉风味物质较为丰富。醇类化合物可以提供清香、醇香和蘑菇香的味道,其含量对羊肉的风味具有重要意义,特别是1-戊醇、1-辛烯-3-醇、1-庚醇、1-辛醇、2-乙基-1-己醇和3,7,11-三甲基-1-十二醇均具有明显芳香气味,其中1-辛烯-3-醇偏肉香和蘑菇香。本研究发现,青海黑藏羊背最长肌中含有13种醇类化合物,多于同龄放牧欧拉羊、杜泊羊、湖羊和滩羊^[27],这可能与放牧季节以及牧草群落组成和营养水平差异有关。酮类化合物因具有羰基,对肉品风味起着积极作用,可表现出果香、奶油香以及辛辣味。本研究发现,青海黑藏羊肉中含有酮类化合物11种,明显多于宁夏滩羊^[28],丰富了羊肉的整体风味。烃类化合物香味具有较高的阈值,对风味的影响较小,但对整体风味可能起到修饰调和的作用^[29]。本研究发现在青海黑藏羊肉中检测到12种烃类物质,且24月龄青海黑藏羊背最长肌中烃类化合物含

量明显高于18月龄。张路^[30]通过电子舌检测西藏岗巴羊肉滋味物质时发现,3岁以后,年龄越大,羊肉滋味轮廓的区分度越低,说明24月龄的羊肉风味会更丰富更强烈。醛类化合物是脂质降解的产物,主要是不饱和脂肪酸的衍生物,阈值一般都比较低,对肉品风味的贡献率较大,具有花香、烤肉香、果香、蜂蜜及脂肪香等香气,典型代表有壬醛、庚醛、己醛、辛醛、癸醛等化合物。本研究发现,各月龄青海黑藏羊背最长肌中的醛类化合物平均含量为26.99%,且月龄对其无显著影响,但苯甲醛具有苦杏仁味,且含量随着月龄的增加而增加,这可能与体内脂肪累积和不饱和脂肪酸的沉积有关。酸类化合物主要为脂肪、磷脂以及氨基酸的羧酸^[30],具有特殊的风味。本研究发现,青海黑藏羊背最长肌中含有乙酸、辛酸和壬酸,但在24月龄羊肉中未检测到辛酸和壬酸,说明年龄越大,部分酸类化合物含量越低。酯类主要为细菌的产物,对羊肉风味也有一定的贡献,本研究发现,青海黑藏羊肉酯类化合物含量为1.71%,高于宁夏滩羊肉而低于西藏岗巴羊肉^[30],且月龄对其含量无明显影响,这可能与试验羊只所处环境条件有关,贵南县独特的地理环境条件和草地类型赋予了青海黑藏羊肉特殊的风味特征。

膻味是羊肉最独特的风味,短链挥发性脂肪酸是影响羊肉膻味的主要因素,特别是4-甲基-辛酸和4-甲基-壬酸^[31]。本研究发现,随着年龄的增加,青海黑藏羊背最长肌中4-甲基-辛酸的含量也不断增加,这与O. A. Young等^[32]的研究结果一致;而4-甲基-壬酸的含量则表现出先增长后降低的变化趋势。说明年龄是影响羊肉脂肪酸沉积的因素之一,也说明选择适宜月龄的羊进行屠宰对羊肉膻味的改善具有重



要意义。此外,也有研究结果表明,日粮中添加新鲜苜蓿能明显降低羊肉的膻味,提高其风味及抗氧化性能^[33],说明羊肉膻味的形成可能受日粮、年龄、饲养方式等多因素综合作用。

5 结论

综上所述,12月龄青海黑藏羊肉在脂肪酸组成上更具有优势;月龄对鲜味氨基酸、肌苷酸和维生素B₁等风味前体物质的影响较小;醛类、醇类、烃类和酮类化合物为青海黑藏羊肉中的主要风味化合物,整体来看,24月龄羊肉风味更佳;膻味成分含量随着月龄增加无显著变化。

参考文献:

- [1] 赵有璋.羊生产学[M].北京:中国农业出版社,2011.
- [2] UTAMA D T, LEE C W, PARK Y S et al. Comparison of meat quality, fatty acid composition and aroma volatiles of Chikso and Hanwoo beef[J]. Asian-Australas J Anim Sci, 2018, 31(9): 1500-1506.
- [3] 罗玉龙.放牧与舍饲条件下苏尼特羊肉风味差异及形成机制研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2019.
- [4] 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(10): 3113-3116.
- [5] MONACO C A, FREIRE M T, MELO L et al. Eating quality of meat from six lamb breed types raised in Brazil[J]. J Sci Food Agric, 2015, 95(8): 1747-1752.
- [6] 赵万余,李爱华.宁夏滩羊不同部位肉中挥发性风味物质分析[J].安徽农业科学,2012,40(05): 2725-2727.
- [7] 李文博,罗玉龙,刘畅,等.饲养方式对苏尼特羊肉挥发性风味成分和脂肪酸组成的影响[J].食品科学,2019,40(24): 207-213.
- [8] 李义海,张禹,张效生,等.日粮对羊肉风味和品质的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2018(23): 39-42.
- [9] FOLCH J, LEES M, SLOANE STANLEY G H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues[J]. J Biol Chem, 1957, 226(1): 497-509.
- [10] 王卫,李翔,龚建军,等.HPLC法测定不同选育猪肉中肌苷酸的含量[J].食品工业,2016,37(05): 295-298.
- [11] 王海,徐亚欧,王康环,等.HPLC法测定家禽肌肉中IMP的含量[J].西南民族大学学报(自然科学版),2013,39(05): 667-670.
- [12] KAFFARNIK S, PREUB S, VETTER W. Direct determination of flavor relevant and further branched-chain fatty acids from sheep subcutaneous adipose tissue by gas chromatography with mass spectrometry[J]. J Chromatogr A, 2014, 1350: 92-101.
- [13] WOOD J D, ENSER M, FISHER A V et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review[J]. Meat Sci, 2008, 78(4): 343-358.
- [14] 韩燕,宋欢,谢佳乐.膳食脂肪生理功能及脂肪酸膳食的研究进展[J].中国食物与营养,2007,5: 54-56.
- [15] 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.
- [16] 耿瑞蝶,王金水.呈味氨基酸和肽对发酵食品中风味的作用[J].中国调味品,2019,44(07): 176-178,183.
- [17] 刘纯洁,张娟婷.食品添加剂手册[M].北京:中国展望出版社,1988.
- [18] 王莉梅,梁俊芳,王德宝,等.自然放牧条件下不同月龄乌珠穆沁羊的肉品质分析[J].食品科技,2018,43(12): 118-124,130.
- [19] 张灿,李鹤琼,余忠祥,等.自然放牧方式下欧拉羊羊肉中矿物质、脂肪酸及氨基酸含量分析[J].中国畜牧杂志,2020,56(1): 159-163,167.
- [20] 苗福泓,李永臻,杨国锋,等.天然草原青干草对农区洼地绵羊肉品质的影响[J].草业学报,2017,26(7): 98-105.
- [21] AHIMBISIBWE J B, INOUE K, SHIBATA T et al. Effect of bleeding on the quality of amberjack *Seriola dumerili* and red sea bream *Pagrus major* muscle tissues during iced storage[J]. Fish Sci, 2010, 76(02): 389-394.
- [22] 王巍,易军,石溢,等.不同日粮能量和蛋白质水平对蜀宣花牛肉营养价值和风味的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2020(02): 31-34.
- [23] 罗玉龙,刘畅,李文博,等.两种饲养方式下苏尼特羊肉中鲜味物质含量及相关调控基因表达量[J].食品科学,2019,40(13): 8-13.
- [24] 侯芳,郭同军,张俊瑜,等.饲粮甘草茎叶水平对阿勒泰羊羊肉风味的影响[J].西北农业学报,2019,28(3): 335-345.
- [25] 钱文熙.滩羊肉品质研究[D].银川:宁夏大学,2005.
- [26] 周光宏,李春宝. Lawrie's 肉品科学[M].北京:中国农业大学出版社,2009.
- [27] 陈学敏,朱国茵,罗海玲,等.基于指纹图谱的欧拉羊肉挥发性风味物质定群分析[J].农业机械学报,2020,51(5): 349-355.
- [28] 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.
- [29] 李伟,罗瑞明,李亚蕾,等.宁夏滩羊肉的特征香气成分分析[J].现代食品科技,2013,29(05): 1173-1177.
- [30] 张路.西藏岗巴羊肉品质分析与评价[D].杨凌:西北农林科技大学,2017.
- [31] BRENNAND C P, LINDSAY R C. Distribution of volatile branched-chain fatty acids in various lamb tissues[J]. Meat Sci, 1992, 31(4): 411-421.
- [32] YOUNG O A, LANE G A, PODMORE C et al. Changes in composition and quality characteristics of ovine meat and fat from castrates and rams aged to 2 years[J]. New Zeal J Agr Res, 2006, 49(4): 419-430.
- [33] 刘圈炜,王成章,严学兵,等.苜蓿青饲对波尔山羊屠宰性状及肉品质的影响[J].草业学报,2010,19(1): 158-165.

(下转第46页)



Production performance prediction of Jing Brown 1 “500 eggs in 100 weeks of age”

YAN Yiyuan^{1,2,3}, LI Guangqi^{1,2,3}, LI Huani^{1,2,3}, WANG Bin^{1,2,3}, SHI Fengying^{1,2,3}, WU Guiqin^{1,2,3*}

(1.Beijing Huadu Yukou Poultry Industry Co. Ltd. ,Beijing 101206 ,China;

2.Beijing Engineering Technology Research Center of Layers ,Beijing 101206 ,China;

3.Beijing Engineering Laboratory of Poultry Egg Quality Improvement and Safety Technology ,Beijing 101206 ,China)

Abstract: To evaluate the feasibility of “breeding for 500 eggs in 100 weeks” (abbreviated “100-500 plan”) in commercial layer breeding , The 13 generation pure line , 13 generation commercial generation population and 16 generation pure line population Jing Brown 1 laying line were selected as experimental research subjects. According to the curve fitting of laying rate of the commercial generation population of 13 generations of Jing Brown 1 at age at egg-laying maturity -80 weeks of age , the laying rate from 81 to 100 weeks were predicted , and the heterosis of each character in late laying period was analyzed by comparing the performance of commercial generation and pure line. Results showed that the total daily egg production of 13 commercial generations of Jing Brown 1 reached 482 eggs in 100 weeks , and the heterosis rate was about 6. 27%. The total egg daily production of 16 generations of Jing Brown 1 was 485. 7 , 425. 9 and 475. 3 at 100 weeks of age , respectively. Based on the heterosis rate of pure line performance and egg number , it was estimated that the total daily egg production of the 16 commercial generations of Jing Brown 1 in 100 weeks could reach 497. 5 eggs , which was less than 3 eggs far from the “100-500 plan”. The eggshell strength , eggshell color and Hauly unit of Jing Brown 1 commercial generation decreased to a certain extent at the later stage of egg production , but remained at a high level. The results indicated that it was feasible to realize the “100-500 Plan” of laying hens in commercial breeding population by strengthening the selection and improvement of laying continuity and egg quality traits in the middle and late stage of laying hens.

Keywords “500 eggs in 100 weeks of age”; Jing Brown 1; heterosis; laying curve; number of egg production; egg quality

(023)

(上接第 41 页)

Comparative analysis of muscle fatty acid composition and flavor among Qinghai Black Tibetan sheep with different month-age

KANG Shengping^{1,2}, HU Linyong¹, ZHANG Xiaoling^{1,2}, WANG Xungang^{1,2}, ZHAO Na¹, XU Tianwei¹, LIU Hongjin¹, GENG Yuanyue^{1,2}, XU Shixiao^{1*}

(1.Key Laboratory of Adaption and Evolution of Plateau Biota/Northwest Institute of Plateau Biology , Chinese Academy of Sciences , Xining 810008 , China; 2.University of Chinese Academy of Sciences , Beijing 100049 , China)

Abstract: The aim of this study was to investigate the effects of different month-age on the fatty acid composition and flavor characteristics of Qinghai Black Tibetan sheep. Fifteen Qinghai Black Tibetan sheep castrated ram aged 12 months (five sheep) , 18 months (five sheep) and 24 months (five sheep) under natural grazing were selected as the experimental subjects. The composition and content of flavor precursor substances , such as fatty acid composition , amino acid , inosinic acid and vitamin B₁ , and volatile flavor compounds in longissimus dorsi muscle and the odor components of the rib subcutaneous fat were determined. The results showed that the contents of linoleic acid and eicosapentaenoic acid of 12 month-old Qinghai Black Tibetan sheep were significantly higher than those of 18 month-old Qinghai Black Tibetan sheep ($P < 0. 05$) , and the contents of polyunsaturated fatty acid (PUFA) and omega-6 PUFA and the ratio of PUFA to saturated fatty acid (SFA) were significantly higher than those of 24 month-old Qinghai Black Tibetan sheep ($P < 0. 01$) . There were no significant differences in the contents of delicious amino acid , inosinic acid and vitamin B₁ among different month-old Qinghai Black Tibetan sheep ($P > 0. 05$) . The contents of aldehydes , alcohols , hydrocarbons and ketones in different months of Qinghai Black Tibetan sheep were as high as 26. 99% , 23. 43% , 16. 08% and 14. 42% , respectively. Among them , the hexadecane content of 12 month-old Qinghai Black Tibetan sheep was extremely significant higher than that of 18 month-old ($P < 0. 01$) , and the 2-butoxy ethanol and 3-hexene-2-ketone contents of 12 month-old Qinghai Black Tibetan sheep were significantly higher than those of 24 month-old ($P < 0. 05$) . The content of hydrocarbon compounds of 24 month-old Qinghai Black Tibetan sheep was significantly higher than that of 18 month-old ($P < 0. 05$) . There was no significant difference in the content of odor components in the subcutaneous fat among different month-old Qinghai Black Tibetan sheep ($P > 0. 05$) . The above results indicated that the 12 month-old Qinghai Black Tibetan sheep had more advantages in fatty acid composition , while the 24 month-old Qinghai Black Tibetan sheep had richer overall flavor substance.

Keywords: Qinghai Black Tibetan sheep; month-age; volatile flavor compounds; fatty acid; odor of a sheep; inosine acid

(023)