

# 青海大通牦牛肌间脂肪酸组成分析

张永辉<sup>2</sup>, 阎萍<sup>\*</sup>, 王强, 梁春年<sup>2</sup>, 曾玉峰<sup>1</sup> (1. 甘肃农业大学动物科技学院, 甘肃兰州 730070; 2. 中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所, 甘肃兰州 730050; 3. 甘肃农业大学食品科学与工程学院, 甘肃兰州 730070)

**摘要** [目的] 为进一步合理利用大通牦牛资源提供理论依据。[方法] 采用气相色谱仪对大通牦牛肌间脂肪酸进行定性定量测定, 分析其组成及含量, 并与当地大通黄牛进行比较。[结果] 大通牦牛肌间脂肪中饱和脂肪酸总含量极显著低于大通黄牛 ( $P < 0.01$ ), 多不饱和脂肪酸总含量极显著高于大通黄牛 ( $P < 0.01$ ), 单不饱和脂肪酸总量与大通黄牛无明显差异 ( $P > 0.05$ )。大通牦牛 PUFA/SFA 和 n-6/n-3 PUFA 均在推荐比例之内。[结论] 大通牦牛肌间脂肪酸构成优于当地黄牛, 营养价值更高, 具有广阔的开发空间。

**关键词** 大通牦牛; 脂肪酸; 气相色谱

中图分类号 TS251.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)07-02978-03

## Composition Analysis on Intermuscular Fatty Acid of Qinghai Datong Yak

ZHANG Yong-hui et al (College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070)

**Abstract** [Objective] The study aimed to provide a theoretical basis for rational utilization of Datong yak resource. [Method] By qualitative and quantitative determination with gas chromatograph, the composition and content of intermuscular fatty acid of Datong yak were compared with those of Datong yellow cattle. [Result] Comparing with Datong yellow cattle, Datong yak had lower saturated fatty acid (SFA) content and higher polyunsaturated fatty acid (PUFA) content at extremely significant level ( $P < 0.01$ ), while the difference of monounsaturated fatty acid (MUFA) content between them was not significant ( $P > 0.05$ ). The PUFA/SFA and n-6/n-3 PUFA of Datong yak were in accordance with the recommended proportion. [Conclusion] The intermuscular fatty acid composition of Datong yak is superior to that of local yellow cattle, which indicates that Datong yak meat has high nutritive value and wide development prospect.

**Key words** Datong yak; Fatty acid; Gas chromatography

牦牛 (*Bos grunniens*) 是高海拔地区的稀有家畜, 能够利用高原及其毗邻地区其他家畜无法利用的无污染的高寒草场资源, 为当地农牧民提供优质的乳、肉、皮、绒等多种产品。我国是世界上拥有牦牛最多的国家, 截至2004年底, 拥有牦牛2500万头, 约占世界牦牛总头数的93%<sup>[1-2]</sup>。大通牦牛是中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所和青海省大通种牛场利用野牦牛和家牦牛经几十年培育成的牦牛新品种<sup>[3]</sup>。由于大通牦牛群体多生长在高海拔、低气压、冷季长、暖季短、缺氧等极端生态环境中, 加之高原牧草种类特殊等因素, 其肉质具有无污染、高蛋白、低脂肪、低热量、多氨基酸、高营

养等特点, 是典型的绿色健康食品, 近年来深受消费者喜爱。然而国内外对有关大通牦牛肌间营养价值的研究较少, 尚未见关于其脂肪酸组成的报道。鉴于此, 该研究以大通黄牛为对照, 对大通牦牛肌间脂肪酸组成进行气相色谱检测和分析, 从而评价其营养价值, 为进一步合理利用大通牦牛资源提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

**1.1.1 供试动物。**大通牦牛和大通黄牛。二者分布地区及其生态条件见表1。

表1 大通牦牛和大通黄牛的分布地区及其生态条件

Table 1 The distributing regions and ecological conditions of Datong yak and Datong yellow cattle

组别 Group	分布地区 Distributing regions	生态条件 Ecological conditions			
		海拔 m Altitude	年均气温 Annual average temperature	年降雨量 mm Annual rainfall	平均湿度 % Average humidity
大通牦牛 Datong yak	主产于大通县海拔3000 m以上的高寒山区、灌丛草地和草甸地区(100°51' ~ 101°56' E, 36°43' ~ 37°23' N)。海拔高, 日照时间长, 县境年平均日照数2605 h, 太阳辐射强	3500 ~ 5000	5.5	420 ~ 700	7.1
大通黄牛 Datong yellowcattle	主产于大通县海拔2500 m以上的灌丛草地和草甸地区(100°51' ~ 101°56' E, 36°43' ~ 37°23' N)。海拔高, 太阳辐射强, 属大陆性高原气候	2280 ~ 4622	4.7	450 ~ 800	7.5

**1.1.2 主要试剂及药品。**氯仿, 氢氧化钾, 氯化钠, 硫酸氢钠, 甲醇(以上试剂均为分析纯), 正己烷(色谱纯), 有机相过滤膜(0.5 μm), 高纯氮气(99%)等。21种常规脂肪酸甲酯(FAME)标准品:C6:0、C8:0、C10:0、C12:0、C13:0、C14:0、C15:0、C16:0、C16:1、C17:0、C18:0、C18:1、C18:2、C19:0、C20:0、C20:1、C20:2、C20:3、C20:4、C20:5、C22:6(均购自Nu-Chem公司, 纯度98%)。

t10c12C18:2、C18:3、C19:0、C20:0、C20:4、C20:5、C22:6(均购自Nu-Chem公司, 纯度98%)。

**1.1.3 主要设备。**Clarus500气相色谱分析仪(美国Perkin-Elmer公司); FFAP毛细管色谱柱(120 m × 0.32 mm × 0.2 μm, 澳大利亚SGE公司)。

#### 1.2 方法

**1.2.1 肌间脂肪的提取。**分别称取大通牦牛和大通黄牛肉各10 g(经绞碎)置于三角瓶中, 加入140 ml CM液(氯仿/甲醇=2:1, V/V), 振摇10 min后转移入圆底烧瓶。

**1.2.2 脂肪酸甲酯化及测定方法。**将圆底烧瓶连接索氏提

**基金项目** 甘肃省科技厅2008年重大项目“甘南牦牛改良与选育技术研究示范”(0801NKDA036)。

**作者简介** 张永辉(1980-), 男, 山东威海人, 硕士研究生, 研究方向: 动物育种与繁殖。\* 通讯作者。

**收稿日期** 2008-12-24

取仪回流装置,放入水浴锅加热回流(65℃),3 h 后撤离热源,取下回流管,将回流管中的液体转移到分液漏斗中,并用20 ml 正庚烷洗涤回流管,将此洗涤液一并转移到分液漏斗中,并向其中加入40 ml 蒸馏水及0.5 ml 1 mol/L KOH- 甲醇溶液,摇匀,静置分层,上层为酯层,下层为水层;分离出酯层溶液,用无水硫酸钠干燥后,过滤蒸发,得到约20 ml 的脂肪酸甲酯的正庚烷溶液,以备分析用。

气相色谱仪分析参数:载气为氮气,流速为1.1 ml/min;氢气和空气为燃气,流速分别为40、450 ml/min;分流式进样,分流比为20:1;进样口温度为220℃,FID 检测器温度为250℃;采用程序升温,初温45℃,保持3 min,以13℃/min 升温至175℃,保持27 min,再以4℃/min 升温至215℃,保持5 min<sup>[4]</sup>。

**1.2.3 数据分析。**采用 SPSS(version 13.0, USA) 软件包中 One-way ANOVA 过程对数据进行方差分析。

## 2 结果与分析

**2.1 肌间脂肪酸组成及含量** 大通牦牛和黄牛肌间脂肪酸气相色谱图如图1、图2 所示,脂肪酸组成及含量见表2。

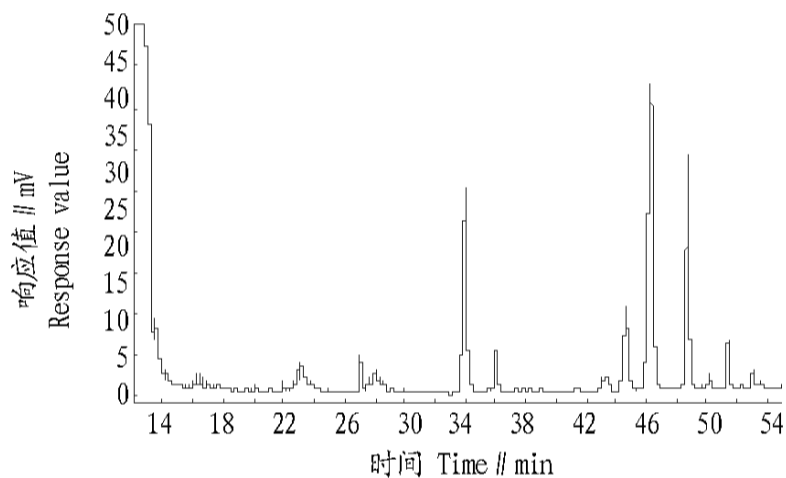


图1 大通牦牛肌间脂肪酸气相色谱图

Fig.1 The gas chromatogram of intermuscular fatty acid in Datong yak

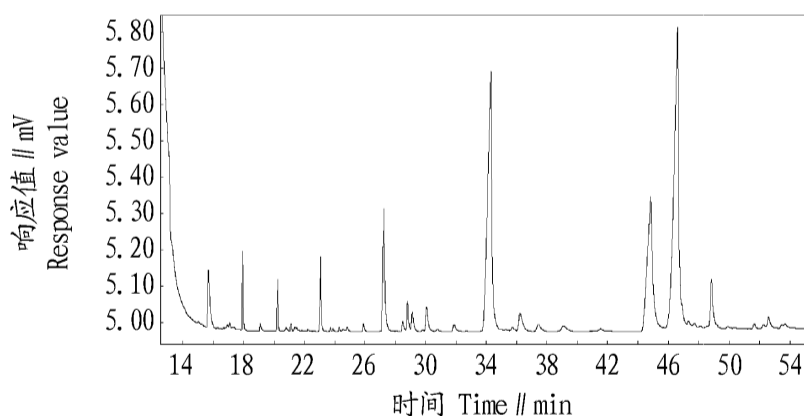


图2 大通黄牛肌间脂肪酸气相色谱图

Fig.2 The gas chromatogram of intermuscular fatty acid in Datong yellow cattle

**2.2 饱和脂肪酸(SFA)组成及含量** 通常认为,饱和脂肪酸会提高人体血液中低密度脂蛋白胆固醇的含量,有引起心血管疾病特别是冠状动脉硬化的潜在危险<sup>[5]</sup>。从表2 中可以看出,大通牦牛肌间脂肪中饱和脂肪酸含量(41.13 ± 11.21) 极显著( $P < 0.01$ ) 低于大通黄牛的饱和脂肪酸含量(56.8 ± 9.39),二者均以棕榈酸、硬脂酸为主要组成部分,约占饱和脂肪酸含量的87%,其他组成(癸酸、月桂酸、二十碳烷酸)含量也存在显著( $P < 0.05$ ) 或极显著( $P < 0.01$ ) 差异。

**2.3 单不饱和脂肪酸(MUFA)组成及含量** 单不饱和脂肪酸对降低心血管疾病有积极作用,其中具有代表性的是油

酸,它具有降低低密度脂蛋白胆固醇的效果,可以预防动脉硬化,而且不降低对人体有益的高密度脂蛋白胆固醇水平<sup>[6-7]</sup>。由表2 可知,大通牦牛肌间脂肪单不饱和脂肪酸含量(31.87 ± 15.93) 与大通黄牛(32.61 ± 9.41) 差异不显著( $P > 0.05$ ),但其中组成差异却较大。大通牦牛肉中的棕榈油酸含量(8.11 ± 5.53) 极显著高于黄牛(4.88 ± 2.10) ( $P < 0.01$ ),此外。大通牦牛和大通黄牛肌间脂肪中油酸含量均超过了20%。

表2 大通牦牛与大通黄牛肌间脂肪酸组成及含量

Table 2 The composition and content of fatty acid from Datong yak and Datong yellowcattle wt %

成分 Component	大通牦牛 Datong yak	大通黄牛 Datong yellowcattle
癸酸(C10:0) Decanoic acid	0.48 ± 0.05 **	1.99 ± 0.12
月桂酸(C12:0) Lauric acid	0.35 ± 0.05 *	2.12 ± 0.09
豆蔻酸(C14:0) Myristic acid	4.50 ± 0.24	4.29 ± 0.32
十五烷酸(C15:0) Pentadecanoic acid	0.60 ± 0.20	0.80 ± 0.25
棕榈酸(C16:0) Palmitic acid	26.34 ± 3.60	21.43 ± 3.53
硬脂酸(C18:0) Stearic acid	8.59 ± 3.51 **	22.54 ± 4.89
二十碳烷酸(C20:0) Eicosanoic acid	0.27 ± 0.07 **	3.81 ± 0.19
棕榈油酸(C16:1) Palmitoleic acid	8.11 ± 5.53 **	4.88 ± 2.10
油酸(C18:1) Oleic acid	23.76 ± 10.40	28.31 ± 7.31
共轭亚油酸(c9t11C18:2) Conjugated linoleic acid(c9t11C18:2)	1.91 ± 0.31 **	未检出
共轭亚油酸(t10c12C18:2) Conjugated linoleic acid(t10c12C18:2)	1.89 ± 0.80 **	未检出
亚油酸(C18:2,n6) Linoleic acid	15.07 ± 2.13 **	2.95 ± 0.32
亚麻酸(C18:3,n3) Linolenic acid	2.94 ± 0.81 **	1.24 ± 0.05
花生四烯酸(C20:4,n6) Arachidonic acid	0.45 ± 0.12 **	2.49 ± 0.13
二十碳五烯酸(C20:5,n3) Eicosapentaenoic acid	0.53 ± 0.39 **	未检出
二十二碳六烯酸(C22:6,n3) Docosahexaenoic acid	3.01 ± 0.70 **	0.57 ± 0.02

注:同行间\* 表示显著差异( $P < 0.05$ ),\*\* 表示差异极显著( $P < 0.01$ )。

Note: \* stands for significant difference at 0.05 level in the same row and \*\* stands for extremely significant difference at 0.01 level.

**2.4 多不饱和脂肪酸(PUFA)组成及含量** 从表2 可以看出,大通牦牛与大通黄牛在多不饱和脂肪酸含量与组成上存在明显差异。研究证实,多不饱和脂肪酸具有多种特殊的生物活性,在生物系统中有着广泛的功能,对于稳定细胞膜功能、调控基因表达、维持细胞因子和脂蛋白平衡、抗心血管疾病以及促进生长发育等具有重要作用<sup>[8]</sup>。大通牦牛肌间脂肪多不饱和脂肪酸的总量(24.64 ± 5.26) 极显著高于黄牛(7.29 ± 0.52) ( $P < 0.01$ )。其中,除花生四烯酸的含量低于黄牛外,其他多不饱和脂肪酸均极显著( $P < 0.01$ ) 高于黄牛(亚油酸高80%,亚麻酸高58%、二十二碳六烯酸高81%)。此

外,  $C_{18:2}$ 、 $C_{18:3}$ 、二十碳五烯酸在大通黄牛肌间脂肪中均未检出。

**2.5 肌间脂肪酸 PUFA/SFA 和 n-6/n-3 PUFA** PUFA/SFA 和 n-6/n-3 PUFA 比率是反映肉和肉制品营养价值的关键指标<sup>[9]</sup>。据 Wood J D 和 Enser M 等的研究, PUFA/SFA 推荐比例是 0.4~1.0, n-6/n-3 PUFA 比例应小于 4<sup>[10-11]</sup>。图 3 显示, 大通牦牛 PUFA/SFA 为 0.599, 处于 PUFA/SFA 推荐比例范围内, 而大通黄牛 PUFA/SFA 仅为 0.128, 二者存在极显著差异 ( $P < 0.01$ )。大通牦牛与大通黄牛 n-6/n-3 PUFA 比例分别为 2.395 和 3.006, 二者均小于 4。综合比较来看, 大通牦牛在 PUFA/SFA 和 n-6/n-3 PUFA 指标方面优于当地黄牛。

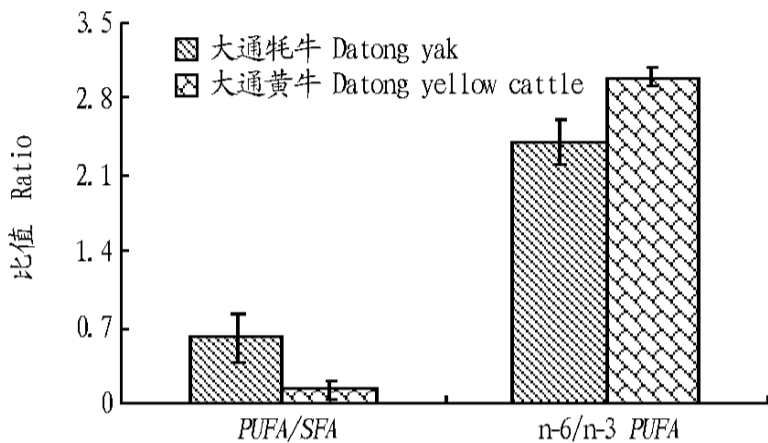


图3 大通牦牛与大通黄牛肌间脂肪酸 PUFA/SFA 和 n-6/n-3 PUFA 比较

Fig 3 The comparison of PUFA/SFA and n-6/n-3 PUFA of intermuscular fatty acid in Datong yak and Datong yellow cattle

### 3 讨论与结论

(1) 大通牦牛肉与大通黄牛肉中饱和脂肪酸占脂肪酸总含量的比例均较大, 达到了总量的 40% 以上, 且二者都以棕榈酸、硬脂酸为主要组成部分。流行病学研究已证实, 膳食中摄入的 SFA 越多, 血清总胆固醇 (TC) 水平越高, 动脉硬化的发病率也就越高<sup>[7]</sup>。大通牦牛肉中饱和脂肪酸含量明显低于当地黄牛肉中饱和脂肪酸含量 (约低 15.67%), 因此经常食用大通牦牛肉患动脉硬化的几率要小于经常食用当地黄牛肉。

(2) 牦牛肉的单不饱和脂肪酸总含量与当地黄牛肉的单不饱和脂肪酸总含量无明显差异。然而, 二者多不饱和脂肪酸存在极显著差异 ( $P < 0.01$ )。除花生四烯酸 ( $C_{20:4}$ ) 外, 牦牛肌间脂肪中各种多不饱和脂肪酸含量均极显著高于黄牛 ( $P < 0.01$ )。大量科学研究证明, 功能性多不饱和脂肪酸 (包括

$C_{20:5}$ 、 $C_{22:6}$ 、 $C_{18:2}$  和  $C_{18:3}$ ) 对人体具有特殊的生物活性, 持续摄入将有助于抗癌、提高脑神经功能和降低胆固醇等<sup>[12-13]</sup>。因此, 大通牦牛是功能性多不饱和脂肪酸的良好食源。

(3) Wood 等通过试验证实, 肌肉中饱和脂肪酸占脂肪酸总含量的百分比越低对人类的营养价值越大<sup>[10]</sup>。大通牦牛 PUFA/SFA 和 n-6/n-3 PUFA 均处于推荐比例之内, 因此其肌间脂肪酸构成优于当地黄牛, 说明大通牦牛肉具有广阔的开发空间。

(4) 青海大通牦牛、黄牛肌间脂肪酸在组成和含量方面具有较大差异。这种差异是否由生存环境 (特别是海拔高度) 不同造成尚有待于进一步研究。此外, 研究牦牛肉在储藏期间<sup>[14]</sup> 及生产加工环节各种脂肪酸如何变化也是当前开发大通牦牛肉亟待研究的内容。

### 参考文献

- [1] 朱国兴, 张云玲. 浅谈我国牦牛业生产现状及发展思路[J]. 中国畜牧杂志, 2005, 41(1): 61-63.
- [2] 董全民, 李青云. 世界牦牛的分布及生产现状[J]. 青海草业, 2003, 12(4): 32-35.
- [3] 陆仲磷, 何晓林, 阎萍. 世界上第一个牦牛培育新品种——“大通牦牛”简介[J]. 中国草食动物, 2005, 25(5): 59-61.
- [4] WANG Q, WU J P, ZHANG S G, et al. GC analysis of the fatty acid composition of yak kidney [J]. Chromatographia, 2009, 69: 139-143.
- [5] KEYS A, EFSON J T, GRANDE F. Serum cholesterol response to changes in the diet [J]. Habilitation, 1965, 36: 776-787.
- [6] 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.
- [7] NELSON J, STONE, ROBERT KUSHNER. Effects of dietary modification and treatment of obesity: emphasis on improving vascular outcomes [J]. Medical Clinics of North America, 2000, 84(1): 95-122.
- [8] 余文三. 多不饱和脂肪酸的研究概况[J]. 国外医学: 卫生学分册, 1998, 25(6): 3553-3562.
- [9] VALSIA L M, TAPANAINEN H, MANNISTO S. Meat fats in nutrition [J]. Meat Science, 2005, 70: 525-530.
- [10] WOOD J D, ENSER M, FISHER A V, et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review [J]. Meat Science, 2008, 78: 343-358.
- [11] ENSER M. Producing meat for healthy eating [C]. In proceedings of the 46th international congress Buenos Aires: meat science and technology, 2000: 124-129.
- [12] 吴冀华, 裘爱泳. 共轭亚油酸的分析[J]. 中国油脂, 2002, 27(2): 177-178.
- [13] CAMERON N D, ENSER M, NUTE G R, et al. Genotype with nutrition interaction on fatty acid composition of intramuscular fat and relationship with flavour of pig meat [J]. Meat Science, 2000, 55(2): 187-195.
- [14] 张曼, 周光宏, 徐幸莲. 脂肪酸对肉类品质的影响[J]. 肉类工业, 2004, 283(11): 12-14.

(上接第 2910 页)

物品种。植物景观中季相是极为重要的, 讲究春花、夏叶、秋实、冬干, 通过合理配置, 达到四季有景。植物选配同时考虑乡村经济创收, 周边辐射区域以核桃树、柿子树、板栗树等为主。

### 4 结语

民俗村的设计难点有: 民俗村的建筑改建, 如何才能突出自己的氏羌特色, 营造出氏羌氛围; 如何将水系工程做好, 合理处理污水; 如何将民俗村的经济创收与旅游业

完美结合, 提高村民生活质量。设计在深刻理解氏羌民族文化之后, 巧妙运用民族文化符号, 结合略阳地区自然及人文环境, 最大限度地因借、挖掘九中金民俗村周边资源, 在解决问题的同时, 力图描绘出碧水幽谷、充满灵性和无限生机的高山林野、世外桃源。

### 参考文献

- [1] 何光岳. 氏族的来源和迁徙[J]. 天水师专学报, 1998(1): 37-45.
- [2] 王珍, 俞灵, 蒋彬. 羌族文化该怎样重建[J]. 中国民族报, 2008-06-06(009).
- [3] 诺曼·K·布思. 风景园林设计要素[M]. 曹礼昆, 曹德鲲, 译. 北京: 中国林业出版社, 1989.