

# 九龙牦牛不同部位肉中脂肪酸组成分析评价

周恒量, 李诚\*, 刘爱平, 曾珍

(四川农业大学 食品学院, 四川 雅安 625014)

**摘要:** 脂肪酸对肉品质有着重要作用。本研究中通过气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)对不同部位九龙牦牛肉脂肪酸种类、含量进行测定,以对颈脖肉、上脑、外脊、牛霖不同部位肉进行评价。研究结果表明:饱和脂肪酸相对含量最高的是上脑,最低的是牛霖,且两者差异显著( $p<0.05$ );不饱和脂肪酸相对含量最高的是牛霖,最低的是颈脖肉,两者差异显著( $p<0.05$ )。多不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比值作为评价肉品质的重要指标,在外脊与牛霖上反应不同,差异达到显著水平( $p<0.05$ ),而颈脖肉和上脑之间差异不显著( $p>0.05$ )。除了颈脖肉,其它3个部位在n-6与n-3比值上差异不显著( $p>0.05$ )。根据分析结果,旨在从营养学角度评价不同部位肉品质,并对指导生产实践、延长货架期提供科学依据。

**关键词:** 九龙牦牛, 部位, 脂肪酸组成, 气相色谱-质谱联用仪

中图分类号:TS 207.3 文献标志码:A 文章编号:1673—1689(2017)11—1225—07

## Analysis and Evaluation of the Fatty Acid Composition in Different Positions of Jiulong Yak

ZHOU Hengliang, LI Cheng\*, LIU Aiping, ZENG Zhen

(College of Food, Sichuan Agriculture University, Yaan 625014, China)

**Abstract:** Fatty acid has an important effect on meat quality. In the present study, the composition and content of fatty acid from different position of yak meat are analyzed by GC-MS to evaluate the quality of meat among neck, sirloin, highrib and knuckle. The results demonstrated that highrib has the highest level of saturated fatty acid while the lowest is knuckle, and the difference were significant ( $p<0.05$ ). For unsaturated fatty acid, there is significant difference between knuckle and neck ( $p<0.05$ ), with highest level in knuckle. The ratio of polyunsaturated fatty acid/saturated fatty acid is an important indicator for meat quality evaluation, and the difference between sirloin and knuckle is significant ( $p<0.05$ ). n-6/n-3 ratio has no difference among the other positions except neck. In conclusion, some recommendations can be provide on processing to extend shelf life according to the analysis and evaluation of the quality of different positions from the nutritional point of view.

**Keywords:** Jiulong yak, position, fatty acid composition, GC-MS

收稿日期: 2015-06-11

基金项目: 四川省雅安市校校合作项目(ZX201205); 预调理牦牛肉制品产业化开发研究(S2012044)。

\*通信作者: 李诚(1964—),男,四川三台人,农学硕士,教授,博士研究生导师,主要从事畜产品加工及质量安全研究。

E-mail:lichenglcp@163.com

引用本文: 周恒量,李诚,刘爱平,等. 九龙牦牛不同部位肉中脂肪酸组成分析评价[J]. 食品与生物技术学报,2017,36(11):1225-1231.

牦牛,作为高原特有的物种,长年生活在2 500~5 500 m的高海拔地区<sup>[1]</sup>,享有“高原之舟”的美誉。全世界约有牦牛1 400万头,其中我国牦牛数就达到了92%以上<sup>[2]</sup>,占有量居世界首位。牦牛肉因其低脂肪、高蛋白的特点,加之没有受到抗生素和兽药的污染,越来越受到研究机构和消费者的关注与青睐<sup>[3-4]</sup>。四川省作为我国牦牛占有量大省,仅次于青海、西藏,排名第三<sup>[5]</sup>。九龙牦牛作为其主要牦牛品种,受到国家和地方的高度重视,于2000年与2007年列入国家级畜禽资源保护品种和四川省畜禽资源保护品种<sup>[6]</sup>。

脂肪酸在肉类品质中发挥着重要作用<sup>[7-8]</sup>。目前,研究结果表明,种类、性别、年龄、营养、环境、部位、活体重量以及饲养方式等均会影响原料肉中脂肪酸含量和种类<sup>[9-13]</sup>。特别是对不同部位的研究,已成为探索热点,品种包含牛、猪、兔等<sup>[14-16]</sup>。而针对牦牛不同部位肉中脂肪酸的研究,国内外尚无报道。本研究以九龙牦牛不同部位肉为原料,旨在对其脂肪酸含量和种类对比分析,根据分析结果,第一从营养价值角度对肉品质进行评价,第二指导实际生产通过采用适当方法延长牦牛加工产品货架期,最终为更加合理充分利用四川牦牛资源提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

九龙牦牛,由四川大渡河食品有限公司提供,同一批次饲养,待成长到40月龄,于2014年10月选取健康、营养状况良好的公牦牛10头,按常规法屠宰,从前至后,选取右侧颈脖肉、上脑、外脊、牛霖各1 kg,所取样品于2 h内用装有碎冰的保温箱运回实验室,于-20 ℃条件下保藏待用,使用前于4 ℃条件下解冻24 h,用消毒后的干净剪刀去除表面可见的脂肪、筋膜及结缔组织。

7890A-5975C气相色谱-质谱联用仪,美国Agilent公司产品;Amberlyst-26阴离子交换树脂,Sigma公司产品;DB-WAX毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm),美国Agilent公司产品;RE-52AA真空旋转蒸发仪,上海亚荣生化仪器厂制造;真空抽滤装置,天津奥特赛恩斯仪器有限公司产品;滤膜,上海新亚净化器件厂制造;氯仿、甲醇、正己烷、NaCl、无水Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、丙酮、苯,均为分析纯,成都市科

龙化工试剂厂产品。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 肌间脂肪的提取** 参照Folch<sup>[17]</sup>等的氯仿-甲醇法,准确称取不同部位绞碎后的原料肉10.00 g置于具塞三角烧瓶中,加入体积比为2:1的氯仿甲醇溶液140 mL,振摇10 min混匀,静置浸提6 h后过滤,滤液转入分液漏斗并加入30 mL饱和氯化钠溶液,充分振荡至分层,将漏斗下层氯仿层转入具塞三角瓶内,加入5 g无水Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>进行干燥,最后提取液通过旋转蒸发,即得脂肪。

**1.2.2 脂肪甲酯化** 参照Demirel<sup>[18]</sup>的方法。加入0.5 mol/L氢氧化钾-甲醇溶液5 mL于干燥后的圆底烧瓶中,于60~70 ℃条件下回流10 min,待冷却后,加10 mL正己烷洗涤,样液转入分液漏斗,加入饱和的氯化钠溶液振荡、静置分层,待上层清液用pH测定为中性时,用适量的无水硫酸钠过滤,用滤膜过滤之后,待上机用。

### 1.2.3 GC-MS检测条件

1)色谱条件:Agilent DB-WAX毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm),以高纯度He(99.999%)为载气,恒流模式,流速为1.0 mL/min,H<sub>2</sub>为燃气。程序升温至100 ℃,保持4 min;以5 ℃/min的速度升至180 ℃,保持5 min;以5 ℃/min的速度升至200 ℃,持续2 min;以5 ℃/min的速度升至230 ℃,持续2 min。分流进样,分流比20:1,进样量为1 μL,进样口温度250 ℃,(FID)检测器温度260 ℃。

2)质谱条件:电离方式为EI,电子能量70 eV,接口温度250 ℃,离子源温度240 ℃。全扫描方式质量扫描范围(m/z):30~450。

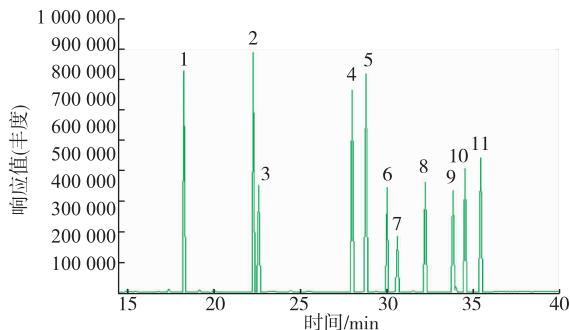
**1.2.4 统计分析** 所有试验处理进行3次重复测定,测定数据以平均值±标准偏差( $\bar{X} \pm SD$ )的形式表示。方差分析采用SPSS17.0(SAS Institute, NC, USA)软件的Duncan法作多重比较分析,检验的显著性水平为p<0.05。

## 2 结果与分析

### 2.1 定量定性分析

脂肪酸定性采用将所得到样品色谱图同时与标准色谱图和NIST11.LIB谱库对比检索定性,根据各脂肪酸保留时间定性,定量采用外标法,相对含量(相对面积百分含量)采用峰面积归一化法,根据各脂肪酸的峰面积进行定量。选取饱和脂肪酸

(SFA) 与不饱和脂肪酸的代表性物质作为标准对象,根据气相色谱分析结果显示,在设定升温程序下,混合标准品中 11 种脂肪酸甲酯在 40 min 内全部流出,所有组分均达到基线分离,11 种标准样品的气相色谱图见图 1,各部位脂肪酸甲酯的气相色谱图见图 2—图 5。



1. 十四烷酸甲酯(肉豆蔻酸甲酯)(C<sub>14:0</sub>);2.十六烷酸甲酯(棕榈酸甲酯)(C<sub>16:0</sub>);3.9-十六碳烯酸甲酯(棕榈油酸甲酯)(C<sub>16:1</sub>);4.十八烷酸甲酯(硬脂酸甲酯)(C<sub>18:0</sub>);5.顺-9-十八烯酸甲酯(油酸甲酯)(C<sub>18:1</sub>);6.顺-9,12-十八碳二烯酸甲酯(亚油酸甲酯)(C<sub>18:2</sub>);7.α-亚麻酸甲酯(C<sub>18:3</sub>);8.花生酸甲酯(C<sub>20:0</sub>);9.顺-5,8,11,14-二十碳四烯酸甲酯(花生四烯酸甲酯)(C<sub>20:4</sub>);10.顺-5,8,11,14,17-二十碳五烯酸甲酯(C<sub>20:5</sub>);11.二十二碳六烯酸(C<sub>22:6</sub>)

图 1 11 种脂肪酸甲酯标准品对照品 GC-MS 图谱

Fig. 1 GC-MS total ion Chromatogram for the standards of 11 fatty acid methyl ester

将颈脖肉、上脑、西冷、牛霖 4 个部位脂肪酸色谱峰的保留时间与标准品谱图对比,饱和脂肪酸主要有 C<sub>14:0</sub>、C<sub>16:0</sub>、C<sub>18:0</sub> 和 C<sub>20:0</sub>;多不饱和脂肪酸(PUFA)主要组分是 C<sub>18:2</sub>、C<sub>18:3</sub>、C<sub>20:4</sub>、C<sub>20:5</sub>、C<sub>22:6</sub>;单不饱和脂肪酸(MUFA)主要有 C<sub>16:1</sub> 和 C<sub>18:1</sub> 2 种。

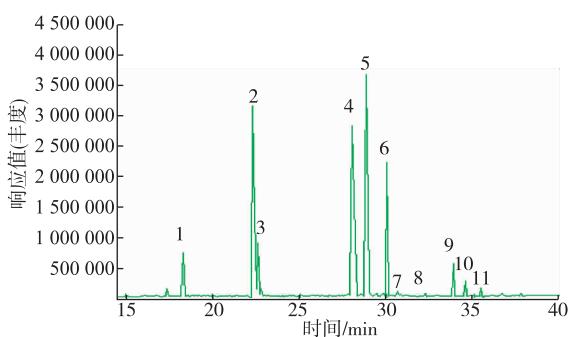


图 2 九龙牦牛外脊脂肪酸甲酯气相色谱

Fig. 2 GC -MS total ion chromatogram of the fatty acids ester of sirloin of JiuLong yak

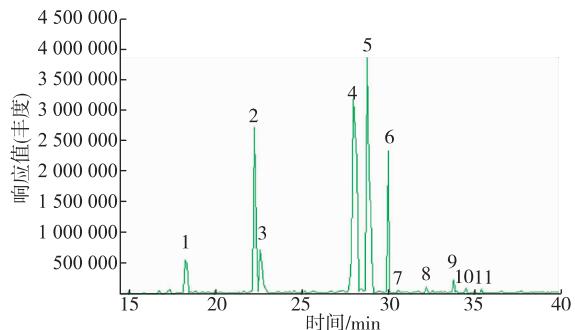


图 3 九龙牦牛颈脖肉脂肪酸甲酯气相色谱

Fig. 3 GC-MS total ion chromatogram of the fatty acids ester of neck of JiuLong yak

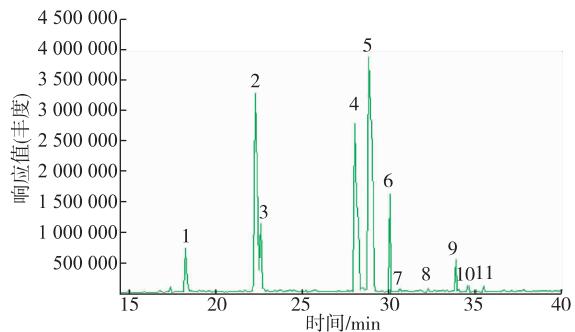


图 4 九龙牦牛上脑脂肪酸甲酯气相色谱

Fig. 4 GC-MS total ion chromatogram of the fatty acids ester of highrib of JiuLong yak

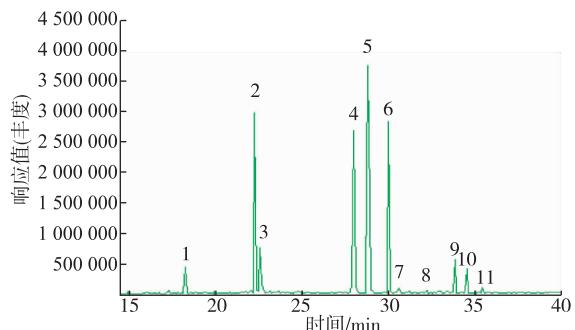


图 5 九龙牦牛牛霖脂肪酸甲酯气相色谱

Fig. 5 GC-MS total ion chromatogram of the fatty acids ester of knuckle of JiuLong yak

## 2.2 饱和脂肪酸

由表 1、表 2 可知,牦牛肉脂肪酸中饱和脂肪酸(SFA)是其构成的主要成分,其次是 MUFA 与 PUFA。对比不同部位 SFA 相对含量,发现上脑部位最高,相对含量为 50.56%,牛霖部位最低,相对含量为 47.02%。4 个部位中除开颈脖肉和外脊之间 SFA 相对含量差异不显著( $p>0.05$ ),其余部位 SFA 相对

含量均存在差异,且达到显著水平( $p<0.05$ ),这与Cifuni等<sup>[19]</sup>对波多里亚公牛的研究结果存在一定相似性,即SFA的相对含量会受不同部位的影响。

SFA中棕榈酸和硬脂酸的相对含量特别突出,两者占据了SFA面积分数95%以上,这一结果,与田甲春<sup>[20]</sup>研究的天祝牦牛和刘勇<sup>[21]</sup>研究的青海犊牦牛结论相同。从表1可以看出,颈脖肉、上脑、外脊、牛霖4个部位棕榈酸的相对含量差异显著( $p<0.05$ ),而在硬脂酸面积分数上,除开牛霖部位,其余部位差异不显著( $p>0.05$ )。本实验4个部位棕榈酸和硬脂酸相对含量总和均高于Zhang<sup>[22]</sup>研究的青海大通牦牛和侯丽<sup>[23]</sup>研究的青海环湖牦牛、青南牦牛,这可能与年龄、放牧环境有关。

由表1可知,上脑肉豆蔻酸相对含量最高,相对含量为2.58%;其次是外脊,相对含量为2.32%,

最后是牛霖,相对含量为1.55%。除开上脑与外脊差异不显著外( $p>0.05$ ),任意3个部位相对含量差异均显著( $p<0.05$ )。这也从侧面反应了,不同部位对脂肪酸蓄积能力的差异。

SFA不仅对牛肉产品的口味和风味有关联性,更对人类健康有更为深远的影响的观点,现已被广泛认同。很多人员曾对SFA与人体内胆固醇水平相关性做过深入研究,结果表明,SFA中肉豆蔻酸会明显提高人体血液中胆固醇和低密度脂蛋白的含量,进而增加心血管疾病特别是患冠状动脉硬化的风险,牦牛作为反刍动物,饮食主要以草料为主,与单胃动物不同的是,反刍动物瘤胃中的微生物具有较强的氢化作用,能将草料中的UFA氢化为SFA,而且能被很好的吸收,因而对SFA的蓄积能力高于猪、兔等<sup>[24]</sup>。

表1 九龙牦牛不同部位肉主要脂肪酸相对含量与种类

Table 1 Area fractrol and compositions of fatty acid in different position of Jiulong Yak meat

%

脂肪酸	颈脖肉	上脑	外脊	牛霖
豆蔻酸(C <sub>14:0</sub> )	2.00±0.18 <sup>b</sup>	2.58±0.16 <sup>a</sup>	2.32±0.13 <sup>a</sup>	1.55±0.12 <sup>c</sup>
棕榈酸(C <sub>16:0</sub> )	22.03±0.42 <sup>c</sup>	25.89±0.45 <sup>a</sup>	24.79±0.34 <sup>ab</sup>	24.01±1.41 <sup>b</sup>
硬脂酸(C <sub>18:0</sub> )	24.96±1.17 <sup>a</sup>	21.58±1.44 <sup>b</sup>	21.97±1.60 <sup>b</sup>	21.06±0.73 <sup>b</sup>
花生酸(C <sub>20:0</sub> )	0.53±0.05 <sup>a</sup>	0.51±0.02 <sup>a</sup>	0.49±0.06 <sup>ab</sup>	0.41±0.06 <sup>b</sup>
棕榈油酸(C <sub>16:1</sub> )	2.14±0.10 <sup>b</sup>	3.06±0.13 <sup>a</sup>	2.44±0.42 <sup>b</sup>	2.23±0.13 <sup>b</sup>
油酸(C <sub>18:1</sub> )	35.03±0.72 <sup>a</sup>	35.36±1.26 <sup>a</sup>	33.51±1.53 <sup>a</sup>	35.13±1.78 <sup>a</sup>
亚油酸(C <sub>18:2</sub> )	7.60±0.39 <sup>b</sup>	5.71±0.84 <sup>c</sup>	7.51±0.14 <sup>b</sup>	8.94±0.36 <sup>a</sup>
亚麻酸(C <sub>18:3</sub> )	0.34±0.11 <sup>b</sup>	0.65±0.13 <sup>a</sup>	0.76±0.09 <sup>a</sup>	0.82±0.14 <sup>a</sup>
花生四烯酸(C <sub>20:4</sub> )	1.61±0.11 <sup>b</sup>	2.12±0.16 <sup>a</sup>	2.19±0.17 <sup>a</sup>	2.31±0.14 <sup>a</sup>
二十碳五烯酸(C <sub>20:5</sub> )	0.32±0.06 <sup>c</sup>	0.84±0.07 <sup>b</sup>	1.23±0.07 <sup>a</sup>	1.28±0.09 <sup>a</sup>
二十二碳六烯酸(C <sub>22:6</sub> )	0.07±0.03 <sup>c</sup>	0.10±0.04 <sup>bc</sup>	0.35±0.03 <sup>a</sup>	0.14±0.03 <sup>b</sup>

注:数据均为“平均值±标准误”,同行间标不同小写字母代表不同部位同一脂肪酸相对含量的差异显著性( $p<0.05$ )。

### 2.3 单不饱和脂肪酸差异

从表2中可以看出,单不饱和脂肪酸(MUFA)在4个部位中的面积分数差异不显著( $p>0.05$ ),相对含量最高的部位是外脊,为38.52%,此项比对结果与Cifuni等<sup>[18]</sup>的研究结果一致,但与Turk等<sup>[25]</sup>的研究结果存在差异。主要原因可能是取样方法不一样,Turk采取的是随机的方式抽取了50份不同部位的原料肉,另外品种、地域、饲养方式对结果也有一定影响。

MUFA对UFA的贡献量巨大,由表1、表2可知,而其中4个部位中油酸相对含量差异均不显著( $p>0.05$ ),均在35%左右,外脊中的棕榈油酸相对含

量最高,为3.06%,其它3个部位相对含量差异均不显著( $p>0.05$ )。这从另一个角度反应了油酸在MUFA中的比重很大,油酸广泛存在于几乎所有的植物油和动物脂肪中,研究发现由于对低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)作用呈中性,而且对高密度胆固醇(HDL-C)降低较少,并且受SFA摄入过量带来的负面影响较小,因而受到广泛关注<sup>[26]</sup>。

近年来研究发现MUFA对人体健康有着积极重要影响,主要生理功能特性体现为降血糖、降胆固醇、调解血脂、防止记忆力下降以及保护心脏等重要作用,还能促进对其它脂肪酸的吸收。Thomsen等<sup>[27]</sup>以糖尿病患者为实验对象,结果发现MUFA能

表 2 不同部位九龙牦牛肉脂肪酸相对含量与比值

Table 2 Area fractrol and ratio of fatty acid in different position of Jiulong Yak meat

%

脂肪酸面积分数与比值	颈脖肉	上脑	外脊	牛霖
Total	98.62±1.15 <sup>a</sup>	98.51±3.00 <sup>a</sup>	98.68±1.49 <sup>a</sup>	97.88±0.94 <sup>a</sup>
SFA/%	49.52±1.15 <sup>ab</sup>	50.56±1.87 <sup>a</sup>	49.57±1.67 <sup>ab</sup>	47.02±1.98 <sup>b</sup>
UFA/%	47.11±0.86 <sup>b</sup>	47.95±2.14 <sup>ab</sup>	49.11±0.58 <sup>ab</sup>	50.86±1.96 <sup>a</sup>
MUFA/%	37.16±0.77 <sup>a</sup>	38.52±1.19 <sup>a</sup>	37.07±0.56 <sup>a</sup>	37.36±1.69 <sup>a</sup>
PUFA/%	9.94±0.62 <sup>c</sup>	9.43±1.11 <sup>c</sup>	12.04±0.12 <sup>b</sup>	13.50±0.34 <sup>a</sup>
SFA/UFA	1.05±0.01 <sup>a</sup>	1.06±0.06 <sup>a</sup>	1.01±0.04 <sup>ab</sup>	0.93±0.07 <sup>b</sup>
MUFA/PUFA	3.75±0.27 <sup>a</sup>	4.12±0.41 <sup>a</sup>	3.08±0.05 <sup>b</sup>	2.77±0.09 <sup>b</sup>
PUFA/SFA	0.20±0.01 <sup>c</sup>	0.19±0.03 <sup>c</sup>	0.24±0.01 <sup>b</sup>	0.29±0.02 <sup>a</sup>
n-6/n-3	13.16±3.02 <sup>a</sup>	4.89±0.41 <sup>b</sup>	4.15±0.27 <sup>b</sup>	5.03±0.25 <sup>b</sup>

注:数据均为“平均值±标准误”,同行间标不同小写字母代表不同部位同一脂肪酸面积分数的差异显著性( $p<0.05$ )。

降低总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG),有效保护心血管。Ffion 等<sup>[28]</sup>通过评估欧洲国家的心血管发病情况,提出结论,他们认为膳食中 SFA 减少 1%,MUFA 增加 0.5%就可以使血浆中的胆固醇水平下降 0.06 mmol/L。

#### 2.4 多不饱和脂肪酸差异

不同部位 PUFA 相对含量存在差异,通过表 2 反应的数据可知,牛霖中的 PUFA 相对含量最高,达到 13.5%,与其它 3 个部位相比,差异显著( $p<0.05$ );其次是外脊,相对含量为 12.04,且与其他部位存在显著性差异( $p<0.05$ ),而颈脖肉与上脑之间差异不显著( $p>0.05$ )。Cameron 等<sup>[29]</sup>曾以日本黑牛和神户牛为实验对象,对牛肉中大理石花纹与不饱脂肪酸之间的关系做了研究,结果显示,大理石花纹越多的牛肉,PUFA 越少,而花纹越少即储存脂肪越少的部位,PUFA 却相对较高。从表 2 中,可以看出上脑 PUFA 相对含量最低,而颈脖肉部分大理石花纹不明显,PUFA 面积分数却较低,其主要原因可能与所处部位有关,颈脖肉位于牦牛颈脖处,有大量淋巴和腺体,不利于 PUFA 的沉积,这也同时解释了颈脖肉处 SFA 高于牛霖的原因。

亚油酸(LA)、亚麻酸(ALA)是 n-3 系列的代表物质,花生四烯酸(AA)、二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA)是 n-6 系列的典型物质。这些在人体不能自行合成,需要从膳食中获取,被称为必须脂肪酸(EFA)。从表 1 可以看出,不同部位都有少量 EPA 和 DHA,两者相对含量均低于刘勇<sup>[21]</sup>所研究的犊牦牛,但却高于李鹏<sup>[30]</sup>研究的白牦牛。而不同部位的 LA,AA 相对含量却比刘勇与李鹏研究的牦

牛 LA、AA 都要高。主要差异可能是受年龄、地域的影响。

PUFA 有着良好的生理功能,对维持身体健康,减少患慢性疾病有积极作用,提高 PUFA 在肉中的比例,有着良好的社会价值和经济效益。目前,最主要提高 PUFA 的方式是在饲喂的草料中添加营养物质,例如在草料中添加鱼油和鱼粉<sup>[31]</sup>。因此,放牧的牦牛可以通过补料提高 PUFA 的比例,从而提高牦牛肉的营养价值。

#### 2.5 脂肪酸结构比例

通常评价肉营养价值的一个重要指标是 PUFA 与 SFA 的比率,比值一般为 0.4 或以上,肉的营养价值更高。由表 2 可以看出,外脊与颈脖肉、上脑、牛霖之间的差异显著( $p<0.05$ ),牛霖同样与颈脖肉、上脑之间差异显著( $p<0.05$ ),而颈脖肉与上脑之间差异并不显著( $p>0.05$ )。

通过数据发现,P/S(多不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比值)比率最高的是牛霖,相对值为 0.29,其次是外脊,最后是上脑,引起这之间差异的主要原因是不同部位对 SFA 和 PUFA 的相对含量不同。4 个部位的比率均与推荐值之间存在一定的距离,原因是多方面的,例如饲养方式、饲喂营养等。Smet 等<sup>[32]</sup>发现,精细化饲养能提高 PUFA 在肉中的比例。Wood 等<sup>[33]</sup>人提出建议,在反刍动物的饲料中补充含一定多不饱和脂肪酸的油料能降低瘤胃微生物的氢化作用,减少肉中 SFA 相对含量,增加 PUFA 相对含量,从而提高肉的营养价值。

衡量肉品质的另一个指标是 n-6 与 n-3 的比值。 $n-6$  和  $n-3$  在体内的平衡十分重要,研究表明,

比值并不是越高越好，过高容易引起心血管疾病，甚至增加患癌的风险<sup>[34]</sup>。针对中国人的饮食结构和特点，中国营养学会提出膳食中n-6与n-3的最佳比值为4:1~6:1。由表2可知，上脑、外脊、牛霖之间比值差异不显著( $p<0.05$ )，并且均在推荐的范围内。而颈脖肉比值高达13.16，与其他3个部位差异显著( $p>0.05$ )，远超推荐范围，主要原因是颈脖肉部位存在较多的腺体、淋巴。这也与日常生活推荐的饮食部位相一致。

### 3 结语

不同部位九龙牦牛肉脂肪酸种类和相对含量存在差异，但饱和脂肪酸(SFA)在脂肪酸总量上均占有重要比重，且都以棕榈酸和硬脂酸为主。不饱和脂肪酸(UFA)在颈脖肉和牛霖中差异显著( $p<0.05$ )，在上脑和外脊中差异不显著( $p>0.05$ )。4个部位牦牛肉品质存在差异，根据各部位脂肪酸含量、种类、P/S值与n-6/n-3值进行综合评定，上脑、外脊与牛霖更适合中国人的饮食结构，推荐作为膳食。

### 参考文献：

- [1] ZI X D, LU H, YIN R H, et al. Development of embryos after in vitro fertilization of bovine oocytes with sperm from either yaks (*Bos grunniens*) or cattle (*Bos taurus*)[J]. **Animal Reproduction Science**, 2008, 108(1):208-215.
- [2] LI F, JIA D, YAO K. Amino acid composition and functional properties of collagen polypeptide from Yak (*Bos grunniens*) bone [J]. **LWT-Food Science and Technology**, 2009, 42(5):945-949.
- [3] ZHANG L, HUANG C, SUN B, et al. Quality evaluation of different cuts of yak meat based on standardization analysis and principal component analysis[J]. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, 2014, 30(16):290-295.
- [4] BAI W L, YIN R H, ZHAO S J, et al. Rapid detection of bovine milk in yak milk using a polymerase chain reaction technique[J]. **Journal of Dairy Science**, 2009, 92(4):1354-1360.
- [5] NIU Chun, ZHANG Liping, SUN Junfeng et al. Analysis on the current situation of Chinese yak resources and the development and utilization foreground of its products[J]. **Journal of Anhui Agricultural Sciences**, 2009, 37(17):8003-8005. (in Chinese)
- [6] ZI X D, ZHONG G H, WEN Y L, et al. Growth performance, carcass composition and meat quality of Jiulong-Yak (*Bos grunniens*)[J]. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, 2004, 17(3):410-414.
- [7] PEIRETTI P G, MEINERI G. Effects on growth performance, carcass characteristics, and the fat and meat fatty acid profile of rabbits fed diets with chia (*Salvia hispanica L.*) seed supplements[J]. **Meat Science**, 2008, 80(4):1116-1121.
- [8] MOTTRAM D S. Flavour formation in meat and meat products: a review[J]. **Food Chemistry**, 1998, 62(4):415-424.
- [9] ALDAI N, MURRAY B E, OLIVAN M, et al. The influence of breed and mh-genotype on carcass conformation, meat physico-chemical characteristics, and the fatty acid profile of muscle from yearling bulls[J]. **Meat Science**, 2006, 72(3):486-495.
- [10] OKEUDO N J, MOSS B W. Intramuscular lipid and fatty acid profile of sheep comprising four sex-types and seven slaughter weights produced following commercial procedure[J]. **Meat Science**, 2007, 76(2):195-200.
- [11] MALTIN C A, SINCLAIR K D, WARRISS P D, et al. The effects of age at slaughter, genotype and finishing system on the biochemical properties, muscle fibre type characteristics and eating quality of bull beef from suckled calves[J]. **Animal Science**, 1998, 66(02):341-348.
- [12] DANNENBERGER D, NUERNBERG G, SCOLLAN N, et al. Diet alters the fatty acid composition of individual phospholipid classes in beef muscle[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2007, 55(2):452-460.
- [13] RHEE K S, ZIPRIN Y A, ORDONEZ G, et al. Fatty acid profiles and lipid oxidation in beef steer muscles from different anatomical locations[J]. **Meat Science**, 1988, 23(4):293-301.
- [14] BOLES J A, SHAND P J. Effect of muscle location, fiber direction, and slice thickness on the processing characteristics and tenderness of beef stir-fry strips from the round and chuck[J]. **Meat Science**, 2008, 78(4):369-374.
- [15] HUANG Yechuan, LI Hongjun, WU Zhaomin, et al. Comparison of muscle lipid content and fatty acid comparison among different positions of rongchang pork carcass[J]. **Food Science**, 2011, 32(22):216-220. (in Chinese)
- [16] WANG Yi, HE Zhifei, CHEN Hongxia, et al. Comparative analysis of fatty acid composition in different parts of ira rabbit meat [J]. **Food Science**, 2014, 35(4):137-141. (in Chinese)

- [17] FOLCH J, LEES M, SLOANE S G H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues[J]. *J Biol Chem*, 1957, 226(1):497-509.
- [18] DEMIREL G, WACHIRAS A M, SINCLAIR L A, et al. Effects of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids, breed and dietary vitamin E on the fatty acids of lamb muscle, liver and adipose tissue[J]. *British Journal of Nutrition*, 2004, 91(4):551-565.
- [19] CIFUNI G F, NAPOLITANO F, RIVIEZZI A M, et al. Fatty acid profile, cholesterol content and tenderness of meat from Podolian young bulls[J]. *Meat Science*, 2004, 67(2):289-297.
- [20] TIAN Jiachun, YU Qunli, BAO Shanke, et al. Analysis of the nutritional components of yak in different local groups[J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2011, 33(5):531-533.(in Chinese)
- [21] LIU Yong, YU Qunli, ZUO Lijuan, et al. Analysis of fatty acid composition of Qinghai yak calf[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2009, 38(12):102-104.(in Chinese)
- [22] ZHANG Y H, YAN P, LIANG C N, et al. Composition analysis on intermuscular fatty acid of Qinghai Datong yak[J]. *Agricultural Science & Technology-Hunan*, 2009, 10(1):145-148.
- [23] HOU Li, Chai Shatuo, LIU Shujie, et al. Comparative studies on beef amino acid composition and fatty acid composition of Qinghai yak and Qinshuan cattle[J]. *Meat Research*, 2013, 27(3):30-36.(in Chinese)
- [24] WOOD J D, RICHARDSON R I, NUTE G R, et al. Effects of fatty acids on meat quality:a review[J]. *Meat Science*, 2004, 66(1): 21-32.
- [25] TURK S N, SMITH S B. Carcass fatty acid mapping[J]. *Meat Science*, 2009, 81(4):658-663.
- [26] BHATTACHARYA A, BANU J, RAHMAN M, et al. Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease[J]. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 2006, 17(12):789-810.
- [27] THOMSEN C, RASMUSSEN O, CHRISTIANSEN C, et al. Comparison of the effects of a monounsaturated fat diet and a high carbohydrate diet on cardiovascular risk factors in first degree relatives to type-2 diabetic subjects[J]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1999, 53(10):818-823.
- [28] LLOYD W F, O'FLAHERTY M, MWATSAMA M, et al. Estimating the cardiovascular mortality burden attributable to the European Common Agricultural Policy on dietary saturated fats[J]. *Bulletin of the World Health Organization*, 2008, 86(7): 535-541.
- [29] CAMERON P J, ZEMBAYASHI M, LUNT D K, et al. Relationship between Japanese beef marbling standard and intramuscular lipid in the *M. longissimus thoracis* of Japanese Black and American Wagyu cattle[J]. *Meat Science*, 1994, 38(2):361-364.
- [30] LI Peng, SUN Jingxin, WANG Fengwu, et al. Fatty acid composition assay and function evaluation of white yak meat[J]. *Food Science*, 2008, 29(4):106-108.(in Chinese)
- [31] RAES K, SMET S D, DEMEYER D. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb,beef and pork meat:a review[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2004, 113(1):199-221.
- [32] SMET S D, WEBB E C, CLAEYS E, et al. Effect of dietary energy and protein levels on fatty acid composition of intramuscular fat in double-muscled Belgian Blue bulls[J]. *Meat Science*, 2000, 56(1):73-79.
- [33] WOOD J D, ENSER M, FISHER A V, et al. Manipulating meat quality and composition[J]. *Proceedings of the Nutrition Society*, 1999, 58(2):363-370.
- [34] YAMASHITA T, ODA E, SANO T, et al. Varying the ratio of dietary n-6/n-3 polyunsaturated fatty acid alters the tendency to thrombosis and progress of atherosclerosis in apoE<sup>-/-</sup> LDLR<sup>-/-</sup> double knockout mouse[J]. *Thrombosis Research*, 2005, 116(5): 393-401.