

高寒草原地区安格斯和西门塔尔母牛血液及肌肉脂肪酸组成特性

李新淼^{1,2}, 王圆圆^{1,2}, Heshuote MAILISI³, 白玉廷⁴, 包音都古荣·金花^{1,2,*},
呼格吉勒图⁵, 敖日格勒⁵, 侯荣伦⁵, 薛强⁵

(1.内蒙古农业大学食品科学与工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018; 2.内蒙古自治区生物制造重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010018; 3.哥伦比亚大学工程与应用科学学院, 纽约 10027; 4.内蒙古农业大学兽医学院, 内蒙古 呼和浩特 010018; 5.内蒙古贺斯格绿色产业进出口有限公司, 内蒙古 锡林郭勒 026000)

摘要: 随机采集48月龄安格斯和西门塔尔母牛各37头血液样品以及用于肉质分析的各5头母牛背最长肌肉样。样品经过前处理和甲酯化后, 利用气相色谱-质谱联用仪测定脂肪酸组成和含量, 对血液和肌肉脂肪酸组成特性进行分析。结果表明: 安格斯和西门塔尔母牛血液和肌肉脂肪中均测得36种脂肪酸, 样品中均含有51%以上的高含量饱和脂肪酸(saturated fatty acids, SFA), 且具有以棕榈酸和硬脂酸为主的组成特点, 二者总含量分别约占血液和肌肉脂肪SFA的92%和89%; 不饱和脂肪酸(unsaturated fatty acids, UFA)中油酸相对含量最高, 其次为亚油酸; 血液和肌肉脂肪的油酸含量均约占单不饱和脂肪酸总量的87%, UFA中各主要脂肪酸组成在血液中有显著性差异, 而在肌肉脂肪中无显著性差异; 血液和肌肉脂肪中 $n-6/n-3$ PUFA均符合联合国粮农组织(United Nations Food Agriculture Organization, FAO)推荐比例(5~10), 血液中P/S高于世界卫生组织(World Health Organization, WHO)推荐标准(≥ 0.4)。综上所述, 高寒草原饲养的纯种安格斯和西门塔尔母牛血液和肌肉脂肪酸组成特性相似, UFA符合FAO和WHO理想比值及推荐标准, 具有较高的营养价值。

关键词: 高寒草原饲养; 安格斯母牛; 西门塔尔母牛; 血液脂肪酸; 肌肉脂肪酸

Blood and Intramuscular Fatty Acid Composition of Angus and Simmental Cows in Alpine Grassland

LI Xinmiao^{1,2}, WANG Yuanyuan^{1,2}, Heshuote MAILISI³, BAI Yuting⁴, BAOYINDUGURONG·Jinhua^{1,2,*},
HUGEJILETU⁵, AORIGELE⁵, HOU Ronglun⁵, XUE Qiang⁵

(1.College of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China; 2.Inner Mongolia Key Laboratory of Biomanufacturing, Hohhot 010018, China; 3.The Fu Foundation School of Engineering and Applied Science, Columbia University, New York 10027, USA; 4.College of Veterinary Medicine, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China; 5.Inner Mongolia Hesige Green Industry Import and Export Co. Ltd., Xilinguole 026000, China)

Abstract: Blood samples from 37 randomly selected Angus and Simmental cows at the age of 48 months each and *Longissimus dorsi* muscle samples from 5 cows each breed were collected for this study. After pretreatment and methyl esterification, the composition of fatty acids in blood and muscle was investigated by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The results showed that 36 fatty acids were detected in blood of each breed and also in intramuscular fat. All samples had high contents (up to more than 51%) of saturated fatty acids (SFA), which were mainly composed of palmitic acid and stearic acid, accounting for 92% and 89% of the total SFA in blood and intramuscular fat, respectively. In addition, oleic acid was the most predominant unsaturated fatty acid (UFA), followed by linoleic acid; the former accounted for about 87% of the total monounsaturated fatty acids in blood and intramuscular fat, respectively. The major UFAs showed significant differences in blood but not in intramuscular fat. Furthermore, $n-6/n-3$ PUFA ratio in blood and intramuscular fat

收稿日期: 2021-05-14

基金项目: 内蒙古自然科学基金项目(2017MS0357); 内蒙古自治区科技重大专项(内财教[2013]2186号); 内蒙古自治区科技计划项目(201803055); 内蒙古自治区科技成果转化专项资金项目(2020CG0031); 内蒙古自治区科技成果转化专项资金项目(院士专家工作站建设项目)(内科发[2018]88号); 内蒙古自治区“草原英才”工程专项(内财行[2021]333号)

第一作者简介: 李新淼(1997—)(ORCID: 0000-0001-7748-0514), 女, 硕士, 研究方向为食品机能学。

E-mail: 530327708@qq.com

*通信作者简介: 包音都古荣·金花(1965—)(ORCID: 0000-0001-9863-376X), 女, 副教授, 博士, 研究方向为食品机能学。

E-mail: huajin25@hotmail.com

were within the United Nations Food Agriculture Organization (FAO) recommended range (5–10), and blood P/S ratio was higher than the World Health Organization (WHO) recommended standard (≥ 0.4). This study concluded that the composition of blood and intramuscular fatty acids was similar between pure Angus and Simmental cows raised in alpine pasture and UFA composition accorded with the ideal pattern recommended by the FAO and WHO, suggesting high nutritional value.

Keywords: alpine grassland feeding; Angus cows; Simmental cows; blood fatty acids; intramuscular fatty acids

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20210514-131

中图分类号: S823.92

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123(2021)08-0042-06

引文格式:

李新淼, 王圆圆, Heshuote MAILISI, 等. 高寒草原地区安格斯和西门塔尔母牛血液及肌内脂肪酸组成特性[J]. 肉类研究, 2021, 35(8): 42-47. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20210514-131. <http://www.rlyj.net.cn>

LI Xinmiao, WANG Yuanyuan, Heshuote MAILISI, et al. Blood and intramuscular fatty acid composition of Angus and Simmental cows in alpine grassland[J]. Meat Research, 2021, 35(8): 42-47. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20210514-131. <http://www.rlyj.net.cn>

随着经济的发展和人们生活水平的提高, 居民膳食结构不断调整改善, 牛肉的消费量逐年增加, 市场上优质牛肉供不应求^[1-4]。安格斯牛是原产于苏格兰的小型肉牛品种, 具有耐粗饲、极少难产、肉质细嫩、大理石状极好等优点, 在我国许多地区引进, 具有良好的适应性^[5]。西门塔尔牛原产于欧洲, 是乳肉兼用品种牛, 难产率低再加上适应性强并且耐粗放管理, 作为优良的杂交父本在全国各地得到大力推广^[6]。鉴于安格斯牛和西门塔尔牛同为我国引进的优良肉牛品种, 前人对其肌内脂肪酸研究较多^[7-10], 但血液作为连接日粮脂肪酸与肌内脂肪酸的通道和枢纽, 其脂肪酸相关研究却鲜有报道。因此, 分析高寒草原饲养的安格斯和西门塔尔母牛血液和肌内脂肪酸组成特性, 对评价牛肉品质具有重要意义。本研究分析高寒草原饲养澳洲进口纯种安格斯和西门塔尔母牛血液和肌内脂肪酸组成特性与含量, 为今后的饲养繁育和丰富高寒草原饲养优质肉牛数据库提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

牛均为14月龄由澳大利亚进口, 饲养于乌拉盖草原的48月龄纯种未妊娠安格斯和西门塔尔母牛。每年6—9月在内蒙古锡林郭勒盟乌拉盖草原进行放牧饲养, 自由运动采食, 10月至翌年5月期间采取饲喂青贮加干草和全价料、自由运动的高寒草原冬季饲养模式。

甲醇、无水乙醇、氢氧化钠、三氯甲烷、氯化钠(均为分析纯) 国药集团化学试剂有限公司; 正己烷(色谱纯) 阿拉丁试剂(上海)有限公司; 三氟化硼甲醇(色谱纯)、37种脂肪酸甲酯混合标品 美国Sigma公司。

1.2 仪器与设备

7890A-5975C气相色谱-质谱联用仪、Supelco

SPTM-2560气相毛细管柱(100 m \times 0.25 mm, 0.2 μ m) 美国Agilent公司。

1.3 方法

1.3.1 血液采集

清晨4时放牧前, 分别从安格斯和西门塔尔饲养牛群中随机选取各37头母牛, 使用含有乙二胺四乙酸抗凝剂的15 mL采血管从牛颈静脉处采集血液, 充分摇匀后移至无菌无酶的冻存管中, 标记牛号, 投入液氮运回实验室保存, 备用。

1.3.2 肉样采集

肉样采自平均体质量为(697.53 \pm 46.15) kg的安格斯和西门塔尔母牛各5头, 在内蒙古阿巴嘎旗屠宰场按照GB/T 19477—2004《牛屠宰操作规程》进行屠宰。屠宰后经24 h排酸后熟, 于12~13肋处割取背最长肌2 kg, 标记、真空包装, -80 $^{\circ}$ C冷冻保存, 备用。

1.3.3 血液样品前处理

参照简路洋等^[11]提取血液脂肪酸的方法对血液样品进行前处理, 提取血液脂肪酸进行皂化和酯化。具体操作如下: 吸取1 mL血液样品注入15 mL螺口试管中, 加入3 mL 0.5 mol/L NaOH-甲醇溶液, 密闭, 使用漩涡混匀器混匀, 放入沸水浴中进行初步反应, 30 min后取出静置冷却至室温; 加入4 mL三氟化硼甲醇溶液, 混合均匀, 再放置沸水浴中反应5 min, 取出静置冷却至室温; 加入2 mL正己烷, 混匀, 静置5 min, 再加入5 mL饱和NaCl溶液, 混合均匀, 静置5 min, 以1 000 r/min转速离心10 min; 利用0.22 μ m有机滤膜过滤上清液, 取1.5 mL放入棕色GC-MS进样瓶中, 置于-20 $^{\circ}$ C保存, 备用。

1.3.4 牛肉样品前处理

取出真空包装的肉样, 剥离并剔除肌肉表面脂肪, 将样品置于钵中加入液氮研磨, 称取2.0 g置于具塞试管, 加入0.5 mol/L氯仿-甲醇溶液30 mL, 室温浸提48 h后, 同1.3.3节血液皂化和酯化步骤。

1.3.5 GC-MS分析条件

GC条件：进样口温度260℃，检测器温度260℃，恒定柱流速1.2 mL/min，进样量2.0 μL，分流比50:1；采用程序升温，初始温度100℃，保持5 min，以4℃/min速率升至200℃后，以1℃/min速率升至240℃，保持5 min。

MS条件：离子源温度230℃，四极杆温度150℃，电子轰击能70 eV，扫描范围30~400 m/z，辅助温度230℃，选择离子检测扫描。

1.3.6 定性及定量分析

在上述操作条件下，测定37种脂肪酸甲酯混合标准品，以确定不同脂肪酸的保留时间，对各脂肪酸进行定性。

采用面积归一化法计算给定组分的含量，用甲酯的相对含量表示。

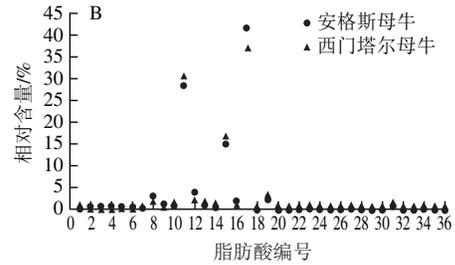
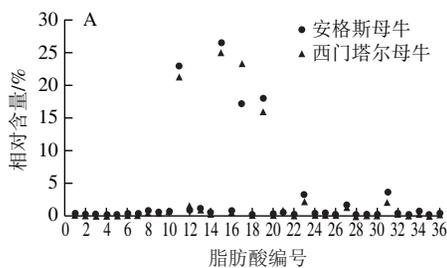
1.4 数据处理

结果用平均值±标准差表示。数据采用Microsoft Excel 2010和IBM SPSS Statistics 25.0软件进行整理和t检验，以P<0.05为显著性检验标准。

2 结果与分析

2.1 高寒草原饲养安格斯和西门塔尔母牛血液和肌肉脂肪中脂肪酸组成

由图1可知，饲养于高寒草原的安格斯和西门塔尔母牛血液和肌肉脂肪中所含脂肪酸组成较为丰富，均测得36种脂肪酸，其中饱和脂肪酸（saturated fatty acid, SFA）17种、单不饱和脂肪酸（monounsaturated fatty acid, MUFA）8种、多不饱和脂肪酸（polyunsaturated fatty acid, PUFA）11种。血液脂肪酸中含量较高的有棕榈酸、硬脂酸、油酸和亚油酸，肌肉脂肪中棕榈酸、硬脂酸和油酸含量较高。安格斯和西门塔尔母牛血液和肌肉脂肪组成相似，均具有高含量的棕榈酸和硬脂酸等SFA，不饱和脂肪酸（unsaturated fatty acid, UFA）中油酸和亚油酸含量较高。



A. 血液脂肪酸；B. 肌肉脂肪酸；图2同。1~36. 分别为丁酸（C_{4:0}）、己酸（C_{6:0}）、辛酸（C_{8:0}）、癸酸（C_{10:0}）、十一烷酸（C_{11:0}）、月桂酸（C_{12:0}）、十三烷酸（C_{13:0}）、肉豆蔻酸（C_{14:0}）、肉豆蔻油酸（C_{14:1}）、十五烷酸（C_{15:0}）、棕榈酸（C_{16:0}）、棕榈油酸（C_{16:1}）、十七烷酸（C_{17:0}）、十七碳-10-烯酸（C_{17:1}）、硬脂酸（C_{18:0}）、反式油酸（C_{18:1 n-9t}）、油酸（C_{18:1 n-9c}）、反亚油酸（C_{18:2 n-6t}）、亚油酸（C_{18:2 n-6c}）、花生酸（C_{20:0}）、γ-亚麻酸（C_{18:3 n-6}）、二十一烷酸（C_{21:0}）、α-亚麻酸（C_{18:3 n-3}）、二十碳-11-烯酸（C_{20:1}）、二十碳二烯酸（C_{20:2}）、山嵛酸（C_{22:0}）、顺-8,11,14-二十碳三烯酸（C_{20:3 n-6}）、芥酸（C_{22:1 n-9}）、顺-11,14,17-二十碳三烯酸（C_{20:3 n-3}）、二十三烷酸（C_{23:0}）、花生四烯酸（C_{20:4 n-6}）、二十二碳二烯酸（C_{22:2}）、二十四烷酸（C_{24:0}）、二十碳五烯酸（eicosapentaenoic acid, EPA, C_{20:5 n-3}）、二十四碳-15-烯酸（C_{24:1}）、二十二碳六烯酸（docosahexaenoic acid, DHA, C_{22:6 n-3}）。

图1 高寒草原饲养安格斯和西门塔尔母牛血液及肌肉脂肪酸相对含量散点图

Fig. 1 Blood and intramuscular fatty acid percentages in Angus cows and Simmental cows raised in alpine grassland

2.2 高寒草原饲养安格斯和西门塔尔母牛血液脂肪酸组成及相对含量

表1 高寒草原饲养安格斯和西门塔尔母牛血液中主要脂肪酸组成及相对含量

Table 1		Percentages of main fatty acids in blood of Angus and Simmental cows raised in alpine grassland		%
脂肪酸种类	脂肪酸名称	安格斯母牛	西门塔尔母牛	
SFA	棕榈酸（C _{16:0} ）	22.08±5.58 ^a	21.23±6.25 ^a	
	硬脂酸（C _{18:0} ）	26.31±5.88 ^a	24.93±5.98 ^a	
	总计	52.12±7.01 ^a	49.88±6.20 ^a	
MUFA	棕榈油酸（C _{16:1} ）	0.94±0.19 ^b	1.41±0.40 ^a	
	油酸（C _{18:1 n-9c} ）	17.19±3.82 ^b	23.30±4.57 ^a	
	总计	19.74±4.08 ^b	26.73±4.79 ^a	
PUFA	亚油酸（C _{18:2 n-6c} ）	17.91±6.45 ^a	15.99±5.21 ^a	
	α-亚麻酸（C _{18:3 n-3} ）	3.17±1.01 ^a	2.34±0.79 ^b	
	花生四烯酸（C _{20:4 n-6} ）	3.53±4.62 ^a	2.06±1.61 ^b	
	EPA（C _{20:5 n-3} ）	0.62±0.34 ^a	0.39±0.19 ^b	
	DHA（C _{22:6 n-3} ）	0.28±0.20 ^a	0.20±0.11 ^b	
	总计	28.14±6.05 ^a	23.46±5.60 ^b	

注：同行小写字母不同，表示差异显著（P<0.05）。表2同。

由表1可知，安格斯和西门塔尔母牛血液中SFA分别占总脂肪酸的52.12%和49.88%，二者无显著性差异，安格斯和西门塔尔母牛血液SFA中硬脂酸相对含量最高，分别达到26.31%和24.93%，其次是棕榈酸，分别为22.08%和21.23%，品种间无显著性差异。安格斯和

西门塔尔母牛血液中棕榈酸和硬脂酸总相对含量分别为48.40%和46.15%，均约占总SFA的92%，说明在相同饲养条件下，安格斯和西门塔尔母牛血液中SFA及其主要脂肪酸组成在不同品种中无明显差异。

高寒草原饲养西门塔尔母牛血液中MUFA相对含量(26.73%)显著高于安格斯母牛(19.74%) ($P<0.05$)，而PUFA相对含量(23.46%)显著低于安格斯母牛(28.14%) ($P<0.05$)。MUFA组成中油酸相对含量最高，安格斯和西门塔尔母牛血液中相对含量分别为17.19%和23.30%，两品种母牛血液中油酸均约占总MUFA的87%。PUFA组成中以亚油酸为主，安格斯和西门塔尔母牛血液中相对含量分别达17.91%和15.99%。 α -亚麻酸、花生四烯酸、EPA和DHA 4种PUFA相对含量，安格斯母牛显著高于西门塔尔母牛。纯种安格斯和西门塔尔母牛在高寒草原饲养条件下，其血液中主要UFA组成相似，但相对含量因品种不同而具有显著性差异。

2.3 高寒草原饲养安格斯和西门塔尔母牛肌肉内脂肪酸组成及含量

表2 高寒草原饲养安格斯和西门塔尔母牛肌肉内主要脂肪酸组成及相对含量

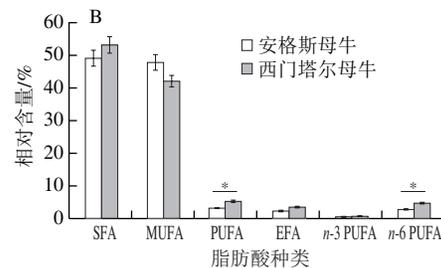
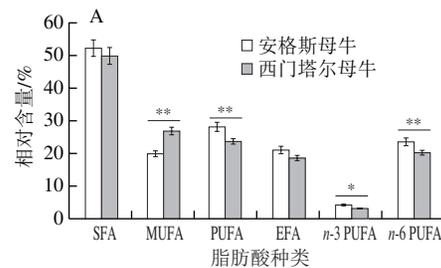
Table 2 Percentages of main fatty acids in muscle of Angus and Simmental cows raised in alpine grassland

脂肪酸种类	脂肪酸名称	安格斯母牛	西门塔尔母牛
SFA	棕榈酸 (C _{16:0})	28.76±3.49 ^a	30.85±3.40 ^a
	硬脂酸 (C _{18:0})	15.15±1.68 ^a	16.74±5.36 ^a
	总计	49.09±2.23 ^a	53.05±6.06 ^a
MUFA	棕榈油酸 (C _{16:1})	3.48±0.75 ^a	2.23±0.85 ^b
	油酸 (C _{18:1 n-7c})	41.57±1.52 ^a	37.11±5.50 ^a
	总计	47.81±1.88 ^a	41.78±5.68 ^a
PUFA	亚油酸 (C _{18:2 n-6c})	2.05±0.48 ^a	3.01±0.91 ^a
	α -亚麻酸 (C _{18:3 n-3})	0.20±0.10 ^a	0.40±0.30 ^a
	花生四烯酸 (C _{20:4 n-6})	0.45±0.21 ^a	1.10±0.61 ^a
	EPA (C _{20:5 n-3})	0.10±0.04 ^a	0.17±0.13 ^a
	DHA (C _{22:6 n-3})	0.01±0.01 ^a	0.03±0.01 ^a
	总计	3.09±0.69 ^b	5.16±1.35 ^a

由表2可知，西门塔尔母牛肌肉内脂肪中SFA相对含量是安格斯母牛的1.08倍，但无显著性差异。SFA组成中以棕榈酸和硬脂酸为主，与血液一样，棕榈酸和硬脂酸相对含量最高，西门塔尔母牛分别达到30.85%和16.74%，安格斯母牛分别为28.76%和15.15%，品种间无显著差异。安格斯和西门塔尔母牛肌肉内脂肪中棕榈酸和硬脂酸的总相对含量分别为43.91%和47.59%，均约占总SFA的89%。说明在相同饲养条件下，由血液转化成肌肉内脂肪时SFA及其主要脂肪酸组成在不同品种母牛体内无显著差异。

安格斯母牛肌肉内脂肪中MUFA相对含量(47.81%)高于西门塔尔母牛(41.78%)，但无显著性差异。安格斯和西门塔尔母牛肌肉内脂肪中MUFA组成均以油酸为主，其相对含量分别达到41.57%和37.11%，无显著性差异，但前者油酸相对含量比后者高0.12倍。安格斯母牛肌肉内脂肪中PUFA相对含量(3.09%)显著低于西门塔尔母牛(5.16%) ($P<0.05$)，但是亚油酸、 α -亚麻酸、花生四烯酸、EPA和DHA等主要PUFA相对含量在两品种母牛肌肉内脂肪之间均无显著性差异。以上结果说明，安格斯和西门塔尔母牛在相同饲养条件下生长繁育过程中肌肉内脂肪酸形成相似，因品种不同主要脂肪酸含量有差别，但是没有显著性差异。

2.4 高寒草原饲养安格斯和西门塔尔母牛血液和肌肉内脂肪中各类脂肪酸及其相对含量



EFA. 必需脂肪酸 (essential fatty acid); *, 差异显著 ($P<0.05$); **, 差异极显著 ($P<0.01$)。

图2 高寒草原饲养安格斯和西门塔尔母牛血液及肌肉内各类脂肪酸相对含量

Fig. 2 Percentages of various classes fatty acids in blood and intramuscular fat of Angus and Simmental cows raised in alpine grassland

由图2可知，SFA为高寒草原饲养纯种安格斯及西门塔尔母牛血液和肌肉内脂肪中含量最高的脂肪酸，安格斯母牛血液中PUFA相对含量极显著高于西门塔尔母牛 ($P<0.01$)，MUFA含量则相反 ($P<0.01$)。安格斯母牛血液中EFA(21.08%)、n-3 PUFA(4.12%)和n-6 PUFA(23.49%)等各类脂肪酸相对含量均高于西门塔尔母牛血液(18.33%、2.96%和20.07%)，两品种间存在显著性差异。安格斯和西门塔尔母牛肌肉内脂肪中EFA相对含量无显著性差异，而西门塔尔母牛肌肉内脂肪中总PUFA相对含量和n-6 PUFA相对含量显著高于安格斯母牛 ($P<0.05$)，其他各类脂肪酸相对含量无明显差异。

表3 高寒草原饲养安格斯及西门塔尔母牛血液和肌肉脂肪中各类脂肪酸比例

Table 3 Proportions of various classes fatty acids in blood and intramuscular fat of Angus and Simmental cows raised in alpine grassland

项目	血液		肌肉	
	安格斯母牛	西门塔尔母牛	安格斯母牛	西门塔尔母牛
MUFA/SFA (M/S)	0.39±0.12 ^b	0.55±0.15 ^a	0.98±0.08	0.80±0.19
PUFA/SFA (P/S)	0.56±0.19	0.49±0.17	0.06±0.02	0.10±0.03
n-6 PUFA/n-3 PUFA (n-6/n-3)	6.33±3.02	7.60±3.85	9.28±4.66	8.93±4.25

注：同行小写字母不同，表示血液（或肌肉）中不同品种间差异显著（ $P < 0.05$ ）。

由表3可知，高寒草原饲养的安格斯及西门塔尔母牛血液中P/S均高于世界卫生组织（World Health Organization, WHO）推荐标准（ $P/S \geq 0.4$ ）^[12]，但肌肉脂肪中P/S未达此标准。肌肉脂肪中M/S均高于0.80，且安格斯母牛高于西门塔尔母牛，无显著性差异。在相同饲养条件下，安格斯和西门塔尔母牛血液和肌肉脂肪的n-6/n-3均在联合国粮农组织（Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO）推荐的5~10范围之内^[13]。

3 讨论

在高寒草原饲养模式下饲养的纯种安格斯和西门塔尔母牛无论是血液还是肌肉脂肪酸组成相似，SFA均为含量最高的脂肪酸，这主要是由于反刍动物瘤胃微生物可将饲料中的UFA氢化转变为SFA，使SFA含量升高^[14]。血液和肌肉脂肪中的SFA均以棕榈酸和硬脂酸为主，MUFA和PUFA分别以油酸和亚油酸为主。这与Dinh^[15]、Gunn^[16]、Zhu Bo^[17]等研究结果一致，符合肉牛脂肪酸组成特点。脂肪酸含量和组成不仅直接影响牛肉的营养价值，而且对人体健康具有重要意义。在人们的普遍认知中，SFA过量摄入会增加人体血清胆固醇含量^[18]，但有研究指出，牛肉中高比例的硬脂酸和棕榈酸可以减少低密度脂蛋白胆固醇含量，提高高密度脂蛋白胆固醇含量，从而减少动脉硬化症^[19-21]。本研究中安格斯和西门塔尔母牛血液和肌肉脂肪中棕榈酸和硬脂酸总量分别占总SFA的92%和89%，在SFA摄取量不超过10%膳食模式下^[22]，具有高含量棕榈酸和硬脂酸的安格斯和西门塔尔母牛可以作为健康牛肉来源使用。

有研究表明，MUFA的生理功能主要由油酸体现，油酸是影响牛肉风味的主要因素之一，同时可降低血胆固醇，对其他脂肪酸吸收有一定作用^[23-25]。M/S越高，牛肉花纹等级越高，风味越好^[26]。在高寒草原饲养模式下，安格斯和西门塔尔母牛肌肉脂肪中油酸含量均约占总MUFA的87%，M/S均在0.80以上，无显著性差异，说明两品种母牛肉相似，均有良好风味及感官品质。Dinh等^[15]研究表明，澳洲温暖环境下饲养的安格斯母牛

肌肉脂肪中棕榈酸和硬脂酸含量占总SFA的90%，油酸含量占总MUFA的87%，与本研究结果相似，高寒草原饲养条件下的纯种安格斯母牛保持了其原出生环境下的脂肪酸组成和含量特性。高寒草原饲养母牛主要用于繁殖后代，母代优良的血液脂肪酸含量和组成特性对后代的牛肉品质具有良好影响，高寒草原饲养模式适合安格斯和西门塔尔母牛的繁育。

牛肉中脂肪酸的营养价值还可以采用P/S来衡量。牛肉脂肪酸普遍有PUFA含量低的特点，PUFA含量可受后期饲料影响，本研究中两品种母牛血液中的P/S高于WHO标准（ ≥ 0.4 ），但肌肉脂肪中的P/S低于此标准，所以，在今后育肥饲养过程中有必要加强PUFA的补给。亚油酸和 α -亚麻酸作为EFA，不能在动物体内合成，必须由饲料摄取^[27-28]。EFA缺乏或其组成不平衡会影响反刍动物的生长性能、免疫性能及其肉品质，降低养殖效益^[29]。本研究结果显示，两品种母牛肌肉中亚油酸和 α -亚麻酸相对含量均无显著差异，说明在饲养过程中两品种母牛得到的EFA均衡，适合其生长繁育。n-6和n-3脂肪酸比例的失衡是导致肥胖、心血管疾病、各种癌症等许多慢性疾病的重要原因之一^[30]。本研究两品种母牛血液和肌肉脂肪中n-6/n-3均达到FAO推荐标准（5~10）^[13]，营养价值较高，是有利于人体健康的牛肉来源。

4 结论

高寒草原饲养纯种安格斯和西门塔尔母牛血液和肌肉脂肪中脂肪酸组成相似，SFA中均具有高含量的棕榈酸和硬脂酸，UFA中油酸和亚油酸含量较高。在相同饲养条件下，安格斯和西门塔尔母牛血液中P/S均高于WHO标准（ ≥ 0.4 ），肌肉脂肪中M/S均高于0.80，n-6/n-3均在FAO推荐的5~10范围之内，具有较高的营养价值。

参考文献：

- [1] 管鹏宇, 张爱忠, 姜宁. 牛肉品质影响因素的研究进展[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2019(6): 39-43. DOI:10.13881/j.cnki.hljxmsy.2018.08.0134.
- [2] 陈浩, 王纯洁, 斯木吉德, 等. 牛肉品质及其影响因素研究进展[J]. 动物营养学报, 2021, 33(2): 669-678.
- [3] 王楚婷, 刘爱军, 王远浓. 中国牛肉市场的供给与需求分析[J]. 福建茶叶, 2020, 42(3): 57-59.
- [4] 岳宏. 中国肉牛产业可持续发展研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2011: 58-60.
- [5] 权富生, 辛亚平, 张涌, 等. 国内外引进安格斯肉牛的现状[J]. 中国牛业科学, 2010, 36(6): 73-77. DOI:10.3969/j.issn.1001-9111.2010.06.019.
- [6] 胡忠昌, 秦立红, 朱永超, 等. 安格斯与中国西门塔尔牛初生体重及体尺性状比较报告[J]. 当代畜牧, 2020(4): 16-18.
- [7] 郑妮, 王晓璇, 胡生海, 等. 河西肉牛脂肪酸成分比较及主成分分析[J]. 现代食品科技, 2021, 37(2): 290-297; 170. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.2.0983.



- [8] OLIVIERI B F, BRAZ C U, LOPES F B, et al. Differentially expressed genes identified through RNA-seq with extreme values of principal components for beef fatty acid in Nelore cattle[J]. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 2020, 138(1): 1-11. DOI:10.1111/jbgs.12483.
- [9] 沙玉柱, 吴建平, 焦婷, 等. 早胜牛牛肉脂肪酸组成研究[J]. *家畜生态学报*, 2020, 41(4): 39-42; 51. DOI:10.3969/j.issn.1673-1182.2020.04.007.
- [10] 王巍, 石溢, 甘佳, 等. 不同日粮能量和蛋白质水平对蜀宣花牛肉脂肪酸组成和含量的影响[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2020(4): 29-35. DOI:10.13881/j.cnki.hljxmsy.2019.06.0331.
- [11] 简路洋, 王晗, 梁帅, 等. 氢化大豆油对小鼠肝脏和血液反式脂肪酸含量及脂代谢的影响[J]. *大连工业大学学报*, 2019, 38(1): 29-31. DOI:10.19670/j.cnki.dlgydxxb.2019.0107.
- [12] 包音都古荣·金花, MAILISI H, 呼格吉勒图, 等. 乌珠穆沁草原饲养黑安格斯肉牛肌内脂肪酸组成的分析研究[J]. *中国畜牧兽医*, 2016, 43(2): 394-401. DOI:10.16431/j.cnki.1671-7236.2016.02.016.
- [13] FAO. Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation[J]. *FAO Food and Nutrition Paper*, 2010, 91: 1-166.
- [14] FRUET A, TROMBETTA F, STEFANELLO F S, et al. Effects of feeding legume-grass pasture and different concentrate levels on fatty acid profile, volatile compounds, and off-flavor of the *M. longissimus thoracis*[J]. *Meat Science*, 2018, 140(3): 112-118. DOI:10.1016/j.meatsci.2018.03.008.
- [15] DINH T T N, BLANTON J R, RILEY D G, et al. Intramuscular fat and fatty acid composition of *Longissimus* muscle from divergent pure breeds of cattle[J]. *Journal of Animal Science*, 2010, 88(2): 756-766. DOI:10.2527/jas.2009-1951.
- [16] GUNN P J, BRIDGES G A, LEMENAGER R P, et al. Feeding corn distillers grains as an energy source to gestating and lactating beef heifers: impact of excess protein on feedlot performance, glucose tolerance, carcass characteristics and *Longissimus* muscle fatty acid profile of steer progeny[J]. *Animal Science Journal*, 2017, 88(9): 1-8. DOI:10.1111/asj.12780.
- [17] ZHU Bo, NIU Hong, ZHANG Wengang, et al. Genome wide association study and genomic prediction for fatty acid composition in Chinese Simmental beef cattle using high density SNP array[J]. *BMC Genomics*, 2017, 18(1): 1-15. DOI:10.1186/s12864-017-3847-7.
- [18] 邵晶晶, 张玉斌, 刘金鑫, 等. 冷却藏羊肉贮藏过程中脂肪酸变化及调控研究[J]. *包装与食品机械*, 2018, 36(1): 16-21. DOI:10.3969/j.issn.1005-1295.2018.01.004.
- [19] 李聚才, 刘自新, 王川, 等. 不同杂交肉牛背最长肌脂肪酸含量分析[J]. *肉类研究*, 2012, 26(8): 30-34.
- [20] 陈银基, 鞠兴荣, 周光宏, 等. 饱和脂肪酸分类与生理功能[J]. *中国油脂*, 2008, 33(3): 35-39. DOI:10.3321/j.issn:1003-7969.2008.03.010.
- [21] 张荣欣, 李婧, 刘钊, 等. 不同脂肪酸对高胆固醇血症小鼠体质量和血脂的影响[J]. *解放军医学院学报*, 2014, 35(3): 247-279. DOI:10.3969/j.issn.2095-5227.2014.03.015.
- [22] 中国居民膳食营养素参考摄入量行业标准发布[J]. *中国学校卫生*, 2017(11): 1717.
- [23] 张强, 姜辉, 平措占堆, 等. 仲巴牦牛产肉性能及肉营养指标分析[J]. *中国畜牧杂志*, 2020, 56(10): 75-79. DOI:10.19556/j.0258-7033.20200406-01.
- [24] 毛红霞, 马桂琳, 刘汉丽, 等. 甘南藏羔羊肉氨基酸与脂肪酸成分研究[J]. *畜牧兽医杂志*, 2019, 38(4): 28-31. DOI:10.3969/j.issn.1004-6704.2019.04.009.
- [25] FAYEZI S, LEROY J, NOVIN M G, et al. Oleic acid in the modulation of oocyte and preimplantation embryo development[J]. *Zygote*, 2018, 26(1): 1-13. DOI:10.1017/S0967199417000582.
- [26] 陈银基, 周光宏, 邹晓葵. 肉牛胴体背最长肌脂肪酸组成与大理石花纹等级相关性研究[J]. *中国农业科学*, 2007, 40(12): 2853-2860. DOI:10.3321/j.issn:0578-1752.2007.12.027.
- [27] 赵宏, 闫爱云, 王建绣. α -亚麻酸对人体健康的作用及食物来源[J]. *健康之路*, 2017, 16(6): 147.
- [28] 郑伟, 王勇, 王慧媛, 等. 反刍动物必需脂肪酸营养的研究进展[J]. *饲料博览*, 2015(9): 18-22. DOI:10.3969/j.issn.1001-0084.2015.09.005.
- [29] 苏杭. 亚油酸和 α -亚麻酸的摄入比例对体内炎症因子及高度不饱和脂肪酸合成通路的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2018: 69-70.
- [30] 王煦, 崔繁荣, 叶治兵, 等. 金川牦牛和中国西门塔尔牛肉品质差异研究[J]. *中国牛业科学*, 2019, 45(5): 1-5.