

不同月龄槟榔江公水牛肉中胆固醇及脂肪酸含量的比较研究

陈艳美^{1,2}, 李清^{1,2,*}, 毛华明^{1,2,*}, 金贞^{1,2}, 何鸿源^{1,2}, 马丹³, 甘文斌³

(1.云南农业大学动物科学技术学院, 云南 昆明 650201; 2.云南省动物营养与饲料重点实验室, 云南 昆明 650201;

3.云南省兽药饲料检测所, 云南 昆明 650201)

摘要: 采用连续屠宰和色谱分析相结合的方法, 对不同月龄槟榔江公水牛背最长肌和股二头肌中的脂肪酸和胆固醇含量进行分析。结果表明: 月龄对胆固醇和脂肪酸含量有显著影响, 哺乳期胆固醇含量最高, 达 (58.72 ± 2.98) mg/100 g (股二头肌), 成年期含量最低, 为 (22.65 ± 3.70) mg/100 g (背最长肌), 后备期含量为 (31.36 ± 3.10) mg/100 g (股二头肌), 与成年期差异不显著 ($P > 0.05$)。相同月龄段的槟榔江公水牛肉中, 棕榈酸含量除了在犊牛期时背最长肌与股二头肌差异不显著 ($P > 0.05$) 外, 后备期和成年期2个部位间的差异均显著 ($P < 0.05$), 其余脂肪酸含量、不饱和脂肪酸 (unsaturated fatty acid, UFA) /饱和脂肪酸 (saturated fatty acid, SFA)、多不饱和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid, PFA) /饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸 (unsaturated fatty acid, UFA) /总脂肪酸 (total fatty acid, TFA) 值的差异在2个部位间均不显著 ($P > 0.05$); 哺乳期和断奶期的相同部位肌肉中, 除癸酸、十七烷酸、亚油酸、花生酸和花生四烯酸含量差异显著 ($P < 0.05$) 外, 其余脂肪酸含量及UFA/SFA、PFA/SFA和UFA/TFA值差异均不显著 ($P > 0.05$); 犊牛期、后备期和成年期的相同部位肌肉中, 癸酸、十三烷酸、十七烷酸和油酸含量差异均显著 ($P < 0.05$); 后备期2个部位牛肉的硬脂酸含量与犊牛期和成年期均差异显著 ($P < 0.05$), 但犊牛期与成年期差异不显著 ($P > 0.05$); 对于相同部位的棕榈酸、亚油酸、亚麻酸、花生酸、花生四烯酸、UFA含量及PFA/SFA和UFA/SFA值, 犊牛期与后备期、成年期均差异显著 ($P < 0.05$), 但后备期与成年期差异不显著 ($P > 0.05$)。从胆固醇与脂肪酸的含量及组成来看, 后备期的槟榔江公水牛肉最佳, 且背最长肌略优于股二头肌。

关键词: 槟榔江公水牛; 月龄; 部位; 胆固醇; 脂肪酸

Comparison of the Contents of Cholesterol and Fatty Acids in Meat from Male Binglangjiang Buffaloes Slaughtered at Different Ages

CHEN Yanmei^{1,2}, LI Qing^{1,2,*}, MAO Huaming^{1,2,*}, JIN Zhen^{1,2}, HE Hongyuan^{1,2}, MA Dan³, GAN Wenbin³

(1.College of Animal Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2.Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science of Yunnan Province, Kunming 650201, China;

3.Veterinary Drug and Feed Control Institute of Yunnan, Kunming 650201, China)

Abstract: The objective of the present work was to analyze the contents of fatty acids and cholesterol in *Longissimus dorsi* and *Biceps femoris* from male Binglangjiang buffaloes consecutively slaughtered at different ages by high performance liquid chromatography (HPLC) and gas chromatography (GC). The results showed that the contents of fatty acids and cholesterol were highly affected by age at slaughter. The highest level of cholesterol ((58.72 ± 2.98) mg/100 g) was detected in *Biceps femoris* from suckling calves, and cholesterol level in *Longissimus dorsi* from adult buffaloes was the lowest ((22.65 ± 3.70) mg/100 g). Cholesterol level in *Biceps femoris* from young stock was (31.36 ± 3.10) mg/100 g, which was not significantly different from that in adult buffaloes ($P > 0.05$). A significant difference between the palmitic acid contents of *Longissimus dorsi* and *Biceps femoris* was observed for both young and adult buffaloes of the same age groups (months) ($P < 0.05$), while no significant difference was perceived for calves of the same age groups (months) ($P > 0.05$). The contents

收稿日期: 2017-03-15

基金项目: 云南省科技厅生物重大专项 (奶业专项) (2014ZA002)

作者简介: 陈艳美 (1993—), 女, 硕士研究生, 研究方向为反刍动物营养与饲料科学。E-mail: 1441711664@qq.com

*通信作者: 李清 (1971—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为动物营养。E-mail: 814318012@qq.com

毛华明 (1963—), 男, 教授, 博士, 研究方向为动物营养。E-mail: maohm@vip.sina.com

of other fatty acids, the ratio of unsaturated to saturated fatty acids (UFA/SFA), the ratio of polyunsaturated to saturated fatty acids (PFA/SFA), and the ratio of unsaturated to total fatty acids (UFA/TFA) were not significantly different between the two muscles ($P > 0.05$). For the same muscles, the contents of decanoic acid, heptadecanoic acid, linolic acid, arachidic acid and arachidonic acid were significantly different between suckling and weaning calves ($P < 0.05$), but no significant differences in the contents of other fatty acids, and the ratio of UFA to SFA, PFA to SFA and UFA to TFA were seen. Significant differences in the contents of decanoic acid, tridecanoic acid, heptadecanoic acid and oleic acid existed for the same muscles from calves and young and adult buffaloes. Stearic acid contents in the same muscles from young stock were significantly different compared to those in calves and adult buffaloes ($P < 0.05$), but no significant difference was observed between the latter two ($P > 0.05$). The contents of palmitic acid, linoleic acid, linolenic acid, arachidic acid and arachidonic acid, and the content of UFA, the ratio of PFA to SFA and the ratio of UFA to SFA in the same muscles from calves were significantly different from those in young and adult buffaloes ($P < 0.05$), but no significant difference was present between the latter two ($P > 0.05$). In terms of cholesterol and fatty acids, the meat quality of young buffaloes was the best, and *Longissimus dorsi* was slightly better than *Biceps femoris*.

Key words: male Binglangjiang buffalo; age; location; cholesterol; fatty acid

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201707001

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2017) 07-0001-06

引文格式:

陈艳美, 李清, 毛华明, 等. 不同月龄槟榔江公水牛肉中胆固醇及脂肪酸含量的比较研究[J]. 肉类研究, 2017, 31(7): 1-6.

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201707001. <http://www.rlyj.pub>

CHEN Yanmei, LI Qing, MAO Huaming, et al. Comparison of the contents of cholesterol and fatty acids in meat from male Binglangjiang buffaloes slaughtered at different ages[J]. Meat Research, 2017, 31(7): 1-6. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201707001. <http://www.rlyj.pub>

肉中的胆固醇水平和脂肪酸的组成及含量不仅在一定程度上决定着肉的营养品质, 而且对人体健康有重要影响。研究发现, 动脉粥样硬化、静脉血栓形成、胆石症与高胆固醇血症有密切相关性, 虽然膳食摄入胆固醇对血液中胆固醇水平的影响不大, 但“取消限量”和“可以敞开吃”是两码事, 血胆固醇高仍然是引发心脏病的危险因素之一^[1-2]。多不饱和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid, PFA) 和单不饱和脂肪酸含量 (monounsaturated fatty acid, MFA) 与牛肉品质呈正相关, 它们可以改善肉的营养价值及嫩度、风味等^[3-5]。有研究表明, 水牛适龄屠宰得到的水牛肉具有低肌内脂肪、低饱和脂肪酸、低胆固醇和低甘油三酯的特性, 且含有与人体健康密切相关的 ω -6和 ω -3脂肪酸^[6-10]。因此, 水牛肉是一种优质的肉类资源。

槟榔江水牛是我国唯一的河流型水牛, 母牛用于产奶, 公牛可逐步向肉用方向发展, 具有极大的研究及开发价值^[11-12]。近年来, 广大畜牧工作者对槟榔江水牛的遗传特性、培育保种、体况、外貌、生长发育规律等进行了大量研究^[13-16], 但对于不同月龄的槟榔江公水牛肉的营养特性, 尤其是胆固醇、脂肪酸含量随月龄的变化情况以及二者之间相互关系的研究未见报道。本研究采用连续屠宰和色谱分析相结合的方法, 对不同月龄的槟榔江公水牛肉的背最长肌和股二头肌的脂肪酸、胆固醇含量进行分析, 为槟榔江公水牛肉潜在价值的开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

分别从腾冲巴福乐槟榔江水牛核心场的63头公犊牛群 (哺乳公犊22头, 断奶公犊41头)、57头后备公牛群、20头成年公牛群中随机选取健康无病、体况良好且能代表该群体的公牛, 包括5、36、66日龄哺乳公犊3头 (体质量 (53.57 ± 19.22) kg); 144、154、179日龄断奶公犊3头 (体质量 (109.70 ± 32.05) kg); 373、445、547日龄后备公牛3头 (体质量 (232.50 ± 29.65) kg); 735、969、1114日龄成年公牛3头 (体质量 (390.17 ± 78.49) kg)。

胆固醇标准品 (纯度99.0%)、脂肪酸标准品 (纯度99.5%) 天津市光复精细化工研究所; 无水乙醇 (分析纯)、甲醇 (色谱纯)、石油醚 (分析纯)、乙醚 (分析纯)、无水硫酸钠 (分析纯) 天津市风船化学试剂科技有限公司; 氢氧化钾 (分析纯) 天津市致远化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

Agilent HPLC 1100高效液相色谱仪、Agilent HPGC 8543气相色谱仪 美国Agilent公司; WT3003电子分析天平 (精度0.1 mg) 杭州万特衡器有限公司; HHW21-420电热恒温水浴箱 北京市永光明医疗仪器有



限公司；FW-400A倾斜式高速万能粉碎机 北京市中兴伟业仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 样品处理

12头牛进行屠宰后迅速将胴体置于0~3℃条件下，冷却24 h后，采集股二头肌和背最长肌，装入干净的保鲜袋中，放入冷藏箱（0~4℃），带回实验室，用绞肉机绞碎成肉末状，于-20℃保存。

1.3.2 牛肉中胆固醇含量的测定

牛肉样本委托云南省动物疫病预防控制中心云南省兽药饲料检测所检测，参照GB/T 22220—2008《食品中胆固醇的测定 高效液相色谱法》^[17]和杨琴等^[18]的方法测定胆固醇含量。

液相色谱条件：C₁₈反向色谱柱（4.6 mm×150 mm，5 μm）；柱温38℃；流动相：甲醇；流速1.0 mL/min；紫外检测波长205 nm；进样量20 μL。

1.3.3 牛肉中脂肪酸含量的测定

参照GB/T 9695.2—2008《肉与肉制品 脂肪酸测定》^[19]。称取肉末5 g于500 mL磨口三角瓶中，加5 mL 0.05 mol/L氢氧化钾-甲醇溶液，70℃水浴回流1 h；冷却后，加入5 mL萃取液（石油醚：乙醚=3：1，V/V）充分振荡萃取；取上清液，用无水硫酸钠脱水，过滤，待测。

气相色谱条件：HP-5色谱柱；载气：99.999%氮气；流速：氮气30 mL/min，氢气30 mL/min，空气300 mL/min；进样温度240℃；检测器温度250℃；程序升温：初始温度195℃，保持2 min，以5℃/min的速率升至215℃，以3℃/min的速率升至225℃，再以5℃/min的速率升至235℃，保持8 min。

1.4 数据处理

测定结果用平均值±标准差表示，用SAS 9.0软件对数据进行单因素方差分析（ANOVA过程），数据模型为： $y_{ij}=\mu+a_i+e_{ij}$ （ y_{ij} 为观察值， μ 为总体平均数， a_i 为处理效应， e_{ij} 为随机误差）。

2 结果与分析

2.1 不同月龄槟榔江公水牛肉的脂肪酸含量

由表1可知，相同月龄段的槟榔江公水牛肉中，除棕榈酸含量在后备期和成年期的背最长肌与股二头肌中差异均显著（ $P<0.05$ ）外，其余各游离脂肪酸的含量在背最长肌和股二头肌中的含量差异均不显著（ $P>0.05$ ），且背最长肌的UFA/SFA、PFA/SFA和UFA/TFA值都略高于股二头肌，但差异不显著（ $P>0.05$ ）。

表1 不同月龄槟榔江公水牛肉的脂肪酸含量比较

Table 1 Comparison of the contents of free fatty acids in buffalo muscles at different ages

游离脂肪酸名称	犊牛期（0~6月龄，n=6）		后备期（6~24月龄，n=3）		成年期（24~139月龄，n=3）	
	背最长肌	股二头肌	背最长肌	股二头肌	背最长肌	股二头肌
癸酸	14.13±0.83 ^a	14.16±0.77 ^a	8.55±0.98 ^b	9.02±0.91 ^b	3.46±1.27 ^c	3.79±1.17 ^c
十三烷酸	5.74±0.34 ^a	5.82±0.33 ^a	7.94±0.41 ^b	8.65±0.39 ^b	10.85±0.52 ^a	11.59±0.50 ^a
肉豆蔻酸	15.31±0.53 ^a	15.67±0.46 ^a	14.36±0.63 ^a	14.35±0.55 ^a	13.80±0.81 ^a	12.08±0.71 ^a
棕榈酸	10.97±0.53 ^a	11.22±0.34 ^a	8.49±0.62 ^b	10.39±0.40 ^{a*}	6.57±0.81 ^b	9.09±0.52 ^{b*}
十七烷酸	15.26±1.22 ^a	15.10±1.17 ^a	25.29±1.44 ^b	24.93±1.38 ^b	34.13±1.86 ^a	34.10±1.78 ^a
硬脂酸	20.09±0.58 ^b	20.10±0.58 ^b	23.44±0.69 ^a	23.53±0.69 ^a	20.87±0.89 ^b	20.89±0.89 ^b
油酸	54.63±1.91 ^c	54.73±1.85 ^c	76.81±2.26 ^b	76.55±2.19 ^b	86.70±2.92 ^a	85.74±2.83 ^a
亚油酸	11.99±0.71 ^a	12.10±0.65 ^a	7.26±0.84 ^b	7.40±0.77 ^b	6.80±1.09 ^b	7.46±1.00 ^b
亚麻酸	19.19±0.65 ^a	20.33±0.87 ^a	15.65±0.77 ^b	15.93±1.03 ^b	15.41±1.00 ^b	15.90±1.34 ^b
花生酸	12.19±0.74 ^a	13.78±0.86 ^a	8.01±0.87 ^b	8.62±1.02 ^b	5.69±1.13 ^b	6.01±1.31 ^b
花生四烯酸	42.06±1.34 ^a	41.42±1.40 ^a	37.49±1.58 ^b	37.40±1.66 ^b	33.01±2.04 ^b	30.32±2.15 ^b
UFA	127.87±2.55 ^b	128.59±2.43 ^b	137.52±3.01 ^a	136.98±2.88 ^a	141.92±3.89 ^a	141.47±3.20 ^a
SFA	93.70±1.95 ^a	96.02±2.02 ^a	96.08±2.31 ^a	99.49±2.39 ^a	95.34±2.98 ^a	97.53±3.08 ^a
PFA/SFA	0.78±0.02 ^a	0.77±0.03 ^a	0.63±0.03 ^b	0.61±0.03 ^b	0.58±0.03 ^b	0.55±0.04 ^b
UFA/SFA	1.36±0.01 ^b	1.34±0.02 ^b	1.43±0.02 ^a	1.40±0.02 ^a	1.49±0.02 ^a	1.45±0.02 ^a
UFA/TFA	0.580±0.002 ^a	0.570±0.003 ^a	0.590±0.004 ^a	0.580±0.004 ^a	0.600±0.004 ^a	0.590±0.005 ^a

注：同行小写字母不同表示不同月龄、同一部位含量差异显著（ $P<0.05$ ）；同行肩标*表示相同月龄、不同部位含量差异显著（ $P<0.05$ ）。UFA. 不饱和脂肪酸（unsaturated fatty acid）；SFA. 饱和脂肪酸（saturated fatty acid）；TFA. 总脂肪酸（total fatty acid）。下同。

同一部位牛肉中的癸酸、十三烷酸、十七烷酸和油酸含量在犊牛期、后备期和成年期的差异均显著（ $P<0.05$ ），而肉豆蔻酸含量在犊牛期、后备期和成年期的差异均不显著（ $P>0.05$ ）；后备期2个部位牛肉的硬脂酸含量与犊牛期和成年期均差异显著（ $P<0.05$ ），但犊牛期与成年期差异不显著（ $P>0.05$ ）；对于亚油酸、亚麻酸、花生酸和花生四烯酸来说，犊牛期的含量与后备期、成年期均差异显著（ $P<0.05$ ），但后备期与成年期差异不显著（ $P>0.05$ ）；从犊牛期到成年期，背最长肌和股二头肌的UFA/SFA、PFA/SFA值均表现为：犊牛期分别与后备期和成年期差异显著（ $P<0.05$ ），但后备期与成年期差异不显著（ $P>0.05$ ），而3个月龄段间的UFA/TFA值差异均不显著（ $P>0.05$ ）。

由表2可知，除了断奶期槟榔江公水牛背最长肌的棕榈酸含量与股二头肌差异显著（ $P<0.05$ ）外，哺乳期和断奶期的背最长肌和股二头肌中其余各脂肪酸的含量、UFA/SFA、PFA/SFA和UFA/TFA值差异均不显著（ $P>0.05$ ）。

同一部位肌肉中，哺乳期和断奶期的十三烷酸、肉豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸、油酸及亚麻酸含量差异均不显著（ $P>0.05$ ），其余5种脂肪酸在2个阶段的含量差异均显著（ $P<0.05$ ）；从哺乳期到断奶期，背最长肌和股二头肌的SFA与UFA含量都逐渐降低，但2个阶段差异不显著（ $P>0.05$ ），且从哺乳期到断奶期，背最长肌和股二头肌的UFA/SFA、PFA/SFA、UFA/TFA值差异均不显著（ $P>0.05$ ）。

表2 犊牛期槟榔江公水牛肉的脂肪酸含量比较

Table 2 Comparison of the contents of free fatty acids of muscles from suckling and weaning calves

游离脂肪酸 名称	哺乳期 (0~3 月龄, n=3)		断奶期 (3~6 月龄, n=3)	
	背最长肌	股二头肌	背最长肌	股二头肌
癸酸	15.86±0.78 ^a	15.84±0.92 ^a	11.82±0.90 ^b	11.92±1.07 ^b
十三烷酸	5.49±0.36 ^a	5.53±0.27 ^a	6.08±0.41 ^a	6.21±0.31 ^a
肉豆蔻酸	15.82±0.78 ^a	15.91±0.52 ^a	14.64±0.90 ^a	15.35±0.60 ^a
棕榈酸	11.95±0.51 ^a	11.24±0.63 ^a	9.67±0.60 ^a	11.20±0.73 ^{a*}
十七烷酸	13.34±1.39 ^b	13.34±1.34 ^b	17.28±1.53 ^a	17.82±1.55 ^a
硬脂酸	19.79±0.96 ^a	19.78±0.97 ^a	20.50±1.11 ^a	20.51±1.12 ^a
油酸	52.94±2.98 ^a	52.50±2.23 ^a	56.89±3.45 ^a	57.71±2.58 ^a
亚油酸	13.64±0.79 ^a	13.48±0.81 ^a	9.78±0.92 ^b	10.26±0.94 ^b
亚麻酸	20.51±0.86 ^a	21.38±0.89 ^a	17.42±1.00 ^a	17.61±1.03 ^a
花生酸	13.87±0.85 ^a	15.93±0.81 ^a	9.94±0.99 ^b	10.91±0.94 ^b
花生四烯酸	44.95±1.49 ^a	44.23±1.43 ^a	38.21±1.72 ^b	37.67±1.65 ^b
UFA	132.04±3.67 ^a	132.59±3.41 ^a	122.31±4.24 ^a	123.25±3.94 ^a
SFA	96.13±3.29 ^a	97.60±3.40 ^a	90.46±3.80 ^a	93.92±3.92 ^a
PFA/SFA	0.82±0.03 ^a	0.82±0.03 ^a	0.73±0.04 ^a	0.70±0.03 ^a
UFA/SFA	1.37±0.02 ^a	1.36±0.03 ^a	1.35±0.02 ^a	1.32±0.24 ^a
UFA/TFA	0.580±0.004 ^a	0.580±0.004 ^a	0.570±0.004 ^a	0.570±0.004 ^a

2.2 不同月龄槟榔江公水牛肉的胆固醇含量

表3 不同月龄槟榔江公水牛肉的胆固醇含量比较

Table 3 Comparison of cholesterol contents of buffalo muscles at different ages

部位	mg/100 g		
	犊牛期 (0~6 月龄, n=6)	后备期 (6~24 月龄, n=3)	成年期 (24~139 月龄, n=3)
背最长肌	50.53±2.42 ^a	31.33±2.87 ^b	22.65±3.70 ^b
股二头肌	52.83±2.62 ^a	31.36±3.10 ^b	22.86±4.00 ^b

由表3可知,相同月龄、不同部位的水牛肉中,股二头肌的胆固醇含量略高于背最长肌,但差异不显著 ($P>0.05$);不同月龄、同一部位水牛肉的胆固醇含量均为犊牛期最高,与后备期、成年期均差异显著 ($P<0.05$);随着月龄的增长,水牛肉中胆固醇含量逐渐降低,后备期与成年期差异不显著 ($P>0.05$);犊牛期肌肉中的胆固醇含量是后备期的1.6倍左右,是成年期的2.3倍左右。

表4 犊牛期槟榔江公水牛肉的胆固醇含量比较

Table 4 Comparison of cholesterol contents of muscles from suckling and weaning calves

部位	mg/100 g	
	哺乳期 (0~3 月龄, n=3)	断奶期 (3~6 月龄, n=3)
背最长肌	55.72±2.96 ^a	43.62±3.42 ^b
股二头肌	58.72±2.98 ^a	44.98±3.44 ^b

由表4可知,相同月龄的水牛肉中,股二头肌的胆固醇含量略高于背最长肌,但差异不显著 ($P>0.05$);哺乳期背最长肌和股二头肌的胆固醇含量均高于断奶期,且差异显著 ($P<0.05$);哺乳期的胆固醇含量为断奶期的1.29倍左右。

3 讨论

3.1 脂肪酸的含量变化及其对肉品质的影响

3.1.1 脂肪酸的含量比较

肉中的脂肪酸含量会随着月龄的增长而变化,吉尔嘎拉等^[20]的研究表明,随月龄增长苏尼特羊肌肉中的油酸含量增加;唐丹^[21]的研究表明,延边黄牛外脊中的油酸和UFA含量随牛的年龄增长而增加;莎丽娜^[22]的研究表明,苏尼特羊肌肉中棕榈酸和豆蔻酸的含量随月龄增加而降低;张耀强等^[23]的研究表明,波杂山羊肉的UFA含量随牛的年龄增长而增加。本研究结果表明,SFA含量随牛的月龄增加无显著变化。有研究表明,SFA具有提高血液中胆固醇水平的作用^[24]。而犊牛期到后备期,具有降低胆固醇水平作用的UFA含量显著增加,后备期到成年期略有增加,后备期背最长肌和股二头肌的UFA/SFA、PFA/SFA和UFA/TFA值与成年期差异均不显著 ($P>0.05$),说明后备期肌肉脂肪酸的品质与成年期差异不大。

动物不同部位的脂肪酸含量也有所差异,杨晶^[25]的研究表明6月龄小尾寒羊各部位肌肉中的UFA/SFA值接近,罗玉龙等^[26]的研究表明12月龄苏尼特羊背最长肌的SFA与UFA含量与股二头肌和臂三头肌差异不大,田万强等^[27]的研究结果表明秦川牛各部位肌肉中的脂肪酸组成基本相同。本研究结果表明,除后备期与成年期的背最长肌与股二头肌的棕榈酸含量差异显著 ($P<0.05$)外,槟榔江公水牛背最长肌与股二头肌的其余各游离脂肪酸含量差异均不显著 ($P>0.05$),说明背最长肌和股二头肌中脂肪酸组成差异不大;但背最长肌的UFA/SFA、PFA/SFA值都略高于股二头肌,表明槟榔江公水牛背最长肌的脂肪酸品质优于股二头肌。

3.1.2 脂肪酸的组成及其对肉品质的影响

牛肉中发挥风味作用的脂肪酸主要是以油酸为首的不饱和脂肪酸,风味和口感的满足感取决于UFA/SFA值及MFA占总脂肪酸的百分比^[28]。本研究结果表明,成年槟榔江公水牛的背最长肌和股二头肌的UFA/SFA值分别为(1.49±0.02)和(1.45±0.02),高于成年甘南牦牛肉(1.13)和成年中国西门塔尔牛肉(1.24)^[29];成年槟榔江公水牛的背最长肌和股二头肌的UFA/TFA值分别为(0.600±0.004)和(0.590±0.005),高于贵州青年威宁黄牛(0.48)、黎平青年黄牛(0.46)、务川青年黑牛(0.45)和贵州青年白水牛(0.38)^[30-33],说明槟榔江水牛肉的品质和营养特性不亚于黄牛,这与陶亮等^[34]的研究结果一致。

肉品中脂肪酸的营养价值一般用PFA/SFA值来衡量,世界卫生组织(World Health Organization, WHO)推荐该值最好高于0.4,而肉类的自然比例多在0.1左右^[35]。本研究表明,槟榔江公水牛的背最长肌和

股二头肌的PFA/SFA值随月龄不同的变化范围分别为0.58~0.78和0.55~0.77,明显高于0.4,且高于成年青南牦牛(0.44)、成年大通牦牛(0.12)、成年环湖牦牛(0.18)和成年秦川牛(0.26)^[3],因此,槟榔江公水牛肉的脂肪酸组成合理,且品质不亚于黄牛和牦牛肉,属于高品质肉类。

3.2 胆固醇的含量变化

本研究表明,成年期槟榔江公水牛背最长肌和股二头肌的胆固醇含量分别为(22.65±3.70)、(22.86±4.00) mg/100 g,低于成年甘南牦牛肉(35.18 mg/100 g)、成年中国西门塔尔牛肉(32.45 mg/100 g)、成年山羊肉(69.60 mg/100 g)和成年绵羊肉(54.77 mg/100 g)^[3,36];成年期槟榔江公水牛背最长肌和股二头肌的胆固醇含量明显低于犊牛期,这与莎丽娜^[22]、吴建平^[37]、吴伟^[38]等的研究结果一致;后备期牛肉中的胆固醇含量比犊牛期降低了38%,而从后备期到成年期,胆固醇含量仅比犊牛期降低了8.7%,且后备期与成年期的胆固醇含量差异不显著($P>0.05$)。因此虽然成年期槟榔江公水牛肉的胆固醇含量最低,但结合经济效益、牛的生长优势及肉品质,后备期槟榔江公水牛肉优于犊牛期和成年期;另外,本研究结果表明,犊牛期、后备期和成年期股二头肌的胆固醇含量都略高于背最长肌,因此就胆固醇含量而言,背最长肌的品质略优于股二头肌。

3.3 脂肪酸与胆固醇的关系

随着月龄的增长,槟榔江公水牛肉中对胆固醇有降低作用的油酸及UFA总量升高,而对胆固醇起主要升高作用的SFA总量变化不显著,相同部位牛肉中的棕榈酸和肉豆蔻酸含量随月龄增长而降低,这与莎丽娜^[22]、吴建平^[37]、吴伟^[38]等的研究结果一致。研究表明,UFA对低密度胆固醇含量有降低作用,日粮中添加辛酸和癸酸对降低小鼠血脂的作用较强,油酸对降低血脂的作用中等, α -亚麻酸也有降低血脂的作用,UFA和中链脂肪酸都能够有效降低血清胆固醇水平,肉豆蔻酸、棕榈酸则能够显著提高血液中的胆固醇水平^[24,39-43];日粮中添加 α -亚麻酸可以降低蛋黄、卵泡和肝脏中的胆固醇含量,日粮中添加油酸可以降低鸡胸肉中的胆固醇含量,改变日粮中 ω -6与 ω -3脂肪酸的比例可以降低蛋黄中的胆固醇含量^[44-46]。以上研究结果表明,日粮中脂肪酸的组成对肌肉、鸡蛋、肝脏及血液中的胆固醇含量有影响,但肌肉中的脂肪酸组成对肌肉胆固醇含量是否有影响及其作用机制有待进一步研究。

4 结论

相同月龄段槟榔江公水牛背最长肌的胆固醇含量

略低于股二头肌,PFA/SFA、UFA/SFA与UFA/TFA值均略高于股二头肌;随月龄的增长背最长肌与股二头肌的胆固醇含量逐渐降低,犊牛期肌肉中的胆固醇含量是后备期的1.6倍左右,是成年期的2.3倍左右;背最长肌与股二头肌的PFA/SFA值随月龄的增长而逐渐降低,UFA/SFA与UFA/TFA值则逐渐增加,但后备期与成年期的差异均不显著($P>0.05$)。从胆固醇与脂肪酸的含量及组成来看,后备期的槟榔江公水牛肉最佳,且背最长肌略优于股二头肌。

参考文献:

- [1] 肖颖. 美国要取消胆固醇限制,咱们应该怎么吃[N]. 中国食品安全报, 2015-9-29(A02).
- [2] 薛松维. 心血管临床热点漫谈,没有胆固醇就没有冠心病[J]. 中国乡村医药, 2016, 22(11): 45-46.
- [3] 侯丽, 柴沙驼, 刘书杰, 等. 青海牦牛肉与秦川牛肉氨基酸和脂肪酸的比较研究[J]. 肉类研究, 2013, 27(3): 30-36.
- [4] LUNT D K, SMITH S B. Wagyu beef holds profit potential for US feedlots[J]. Feedstuffs, 1991, 63(34): 18-19.
- [5] WILLIAMS C M. Dietary fatty acids and human health[J]. Annales de Zootechnie, 2000, 49(3): 165-180. DOI:10.1051/animres:2000116.
- [6] LAPITAN R M, DEL BARRIO A N, KATSUBE O. Comparison of carcass and meat characteristics of Brahman grade cattle (*Bos indicus*) and crossbred water buffalo (*Bubalus bubalis*) fed on high roughage diet[J]. Animal Science Journal, 2008, 79: 210-217. DOI:10.1111/j.1740-0929.2008.00519.x.
- [7] LUCCIA A D, SATRIANIB A, BARONE C M A. Effect of dietary energy content on the intramuscular fat depots and triglyceride composition of river buffalo meat[J]. Meat Science, 2003, 65(4): 1379-1389. DOI:10.1016/S0309-1740(03)00060-3.
- [8] IQBAL A, MIRZA M A, RAZA S H. Role of buffalo in contributing milk and meat in Pakistan[J]. Italian Journal of Animal Science, 2007, 6(Suppl 2): 1387-1389. DOI:10.4081/ijas.2007.S2.1387.
- [9] KANDEEPAN G, BISWAS S, RAJKUMAR R S. Buffalo as a potential food animal[J]. International Journal of Livestock Production, 2009, 1(1): 1-5.
- [10] NURAINIA H, MAHMUDAHA, WINARTOB A, et al. Histomorphology and physical characteristics of buffalo meat at different sex and age[J]. Media Peternakan, 2013, 4(6): 11-13. DOI:10.5398/medpet.2013.36.1.6.
- [11] 章纯熙, 苗永旺, 李大林. 我国首例本土河流型水牛: 槟榔江水牛的种质特征[J]. 家畜生态学报, 2011, 32(6): 39-43.
- [12] 国家畜禽遗传资源委员会. 中国畜禽遗传资源志: 牛志[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 349-352.
- [13] 熊飞, 吴春风, 苗永旺, 等. 槟榔江水牛不同月龄阶段体重与体尺的主要成分分析[J]. 云南农业大学学报, 2013, 28(3): 322-328. DOI:10.3969/j.issn.1004-390X(n).2013.03.007.
- [14] 熊飞, 苗永旺, 李大林, 等. 槟榔江水牛体重及体尺生长规律的研究[J]. 云南农业大学学报, 2011, 26(4): 472-478. DOI:10.3969/j.issn.1004-390X(n).2011.04.007.
- [15] 俞大阔, 贺珠婷, 王绍卿, 等. 槟榔江水牛血清中钾、钠、镁3种矿物元素含量测定[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2016(1): 42-43. DOI:10.14170/j.cnki.cn31-1278/s.2016.01.015.
- [16] 刘伟, 苗永旺, 李大林, 等. 利用微卫星DNA标记分析槟榔江水牛群体遗传特征[J]. 畜牧兽医学报, 2011, 42(11): 1543-1549.

- [17] 中国计量科学研究院, 北京市营养源研究所, 北京锦绣大地检测中心. GB/T 22220—2008 食品中胆固醇的测定 高效液相色谱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [18] 杨琴, 戴瑞彤. HPLC法测定不同品种鸡蛋中的胆固醇含量[J]. 农产品加工: 学刊, 2006(8): 71-74.
- [19] 深圳市计量质量检测研究院, 中国商业联合会商业标准中心. GB/T 9695.2—2008 肉与肉制品 脂肪酸测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [20] 吉尔嘎拉, 双金, 刘常乐, 等. 苏尼特肉羊的肌肉和脂肪组织中脂肪酸组成的研究[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1994, 15(3): 59-63.
- [21] 唐丹. 不同年龄延边黄牛肉质的比较研究[D]. 吉林: 延边大学, 2010: 41.
- [22] 莎丽娜. 自然放牧苏尼特羊肉品质特性的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009: 120.
- [23] 张耀强, 郑中朝. 不同年龄波杂山羊肌肉中脂肪酸的组成[J]. 甘肃农业大学学报, 2007, 42(5): 20-23. DOI:10.134321/j.cnki.jgsau.2007.05.017.
- [24] REINER Z, CATAPANO A L, de BACKER G, et al. ESC/EAS guidelines for the management of dyslipidaemias[J]. *European Heart Journal*, 2011, 32(14): 1769-1818. DOI:10.1093/eurheartj/ehr158.
- [25] 杨晶. 不同月龄、不同部位羊肉中共轭亚油酸的含量及脂肪酸成分的分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014: 34.
- [26] 罗玉龙, 赵丽华, 王柏辉, 等. 苏尼特羊不同部位肌肉挥发性风味成分和脂肪酸分析[J]. 食品科学, 2017, 38(4): 165-169. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201704026.
- [27] 田万强, 李林强, 咎林森, 等. 秦川牛胴体不同部位肌内脂肪酸组成成分分析及其结构研究[J]. 中国牛业科学, 2011, 37(1): 10-13.
- [28] 陈银基. 不同影响因素条件下牛肉脂肪酸组成变化研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2007: 7.
- [29] 刘亚娜, 郎玉苗, 包高良, 等. 甘南牦牛肉与中国西门塔尔牛肉营养特性对比分析[J]. 食品工业科技, 2016, 37(15): 360-364. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2016.15.062.
- [30] 卢存仁, 杨正德, 戴斌, 等. 威宁黄牛肉质营养特性研究[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(12): 139-141.
- [31] 李必胜, 杨正德, 谢应才, 等. 黎平黄牛肉质营养特性研究[J]. 中国牛业科学, 2008, 34(4): 21-23.
- [32] 许万里, 杨正德, 刘政柏, 等. 务川黑牛肉质的营养特性[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2010(3): 59-60.
- [33] 涂家宽, 杨正德, 史忠辉, 等. 贵州白水牛的肉质研究[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(5): 149-150.
- [34] 陶亮, 李进波, 张亚丽, 等. 德宏水牛肉质研究[J]. 食品工业, 2014, 35(7): 61-64.
- [35] 刘勇, 余群力, 左丽娟, 等. 青海牦牛肉脂肪酸组成成分分析[J]. 食品工业科技, 2009, 30(12): 102-104.
- [36] 刘莉敏, 李敏, 郭军, 等. 内蒙古部分地区8种畜肉胆固醇含量分析[J]. 肉类研究, 2016, 30(2): 5-8. DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.02.002.
- [37] 吴建平, 张利平, 彼得·库勒, 等. 基因型、年龄和性别对羊肉胆固醇含量的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2000, 35(3): 259-262.
- [38] 吴伟, 孙飞丹, 孙云农. 百日龄羔羊肉质分析[J]. 肉类研究, 2000, 14(4): 48-49.
- [39] MATA P, ALONSO R, LOPEZ-FARRE A, et al. Effect of dietary fatsaturation on LDL oxidation and monocyte adhesion to humanendothelial cells *in vitro*[J]. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 1996, 16(11): 1347-1355. DOI:10.1161/01.ATV.16.11.1347.
- [40] 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): 247-250. DOI:10.3969/j.issn.2095-5227.2014.03.015.
- [41] PENTIEVA K, MCKILLOP D, DUFFY N, et al. Acute absorption of folic acid from a fortified low-fat spread[J]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2003, 57(10): 1235-1241. DOI:10.1038/sj.ejcn.1601674.
- [42] GORDON T. The diet-heart idea outline of a history[J]. *American Journal of Epidemiology*, 1988, 127(2): 220-225. DOI:10.1093/oxfordjournals.aje.a114798.
- [43] 黄阳, 李平华, 贺丽春, 等. 油脂来源及使用量对小鼠生长、健康、血脂和肝脏胆固醇代谢指标的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(5): 966-975. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2015.05.15.
- [44] 李志琼, 陈代文, 张克英. α -亚麻酸对产蛋鸡胆固醇、甘油三酯含量和脂肪酸组成的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2007, 43(27): 17-20.
- [45] 安文俊, 张丽, 庄苏, 等. 饲喂不同配比油脂饲料对肉鸡肉品质及肌肉中脂肪酸组成的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(15): 245-250.
- [46] 王利华, 霍贵成, 杨丽杰. 日粮中不同脂肪酸水平对鸡蛋胆固醇含量的影响[J]. 饲料工业, 2001, 22(4): 27-28.