

牦牛肝脏中脂肪含量与食用品质、脂肪酸组成的相关性

王永祥¹, 张玉斌¹, 韩玲¹, 余群力^{1*}, 保善科²

(1. 甘肃农业大学食品科学与工程学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 青海省海北州畜牧兽医科学研究所, 青海 海北 810200)

摘要: 研究牦牛肝脏中脂肪含量与食用品质及脂肪酸组成之间的关系。以海北牦牛为研究对象、当地同龄黄牛为对照, 采用内标法对肝脏的脂肪酸组成进行测定并对脂肪含量与食用品质、脂肪酸组成进行相关性分析。结果显示: 牦牛肝脏色度 a^* 值极显著高于对照组 ($P < 0.01$), 失水率极显著低于对照组 ($P < 0.01$); 饱和脂肪酸含量极显著低于对照组 ($P < 0.01$); 两者的功能性脂肪酸有极显著差异 ($P < 0.01$); 牦牛肝脏 P/S 值为0.51, 符合世界卫生组织推荐的大于0.4的标准, $n-6/n-3$ 值小于营养学上建议的标准。相关性分析表明: 肝脏脂肪含量与失水率呈极显著正相关 ($P < 0.01$); 肝脏脂肪含量与饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、硬脂酸、二十碳五烯酸、二十二碳六烯酸含量呈显著正相关 ($P < 0.05$), 与多不饱和脂肪酸含量呈极显著负相关 ($P < 0.01$)。因此, 牦牛肝脏具有优良的食用品质和较高的营养价值。

关键词: 肝脏脂肪含量; 食用品质; 脂肪酸组成

Correlations of Yak Liver Fat Content with Eating Quality and Fatty Acid Composition

WANG Yong-xiang¹, ZHANG Yu-bin¹, HAN Ling¹, YU Qun-li^{1*}, BAO Shan-ke²

(1. College of Food Science and Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

2. Animal Husbandry and Veterinary Institute of Haibei State in Qinghai Province, Haibei 810200, China)

Abstract: In the present study, the correlations of liver fat content with eating quality and fatty acid composition of Haibei yak were investigated. Fatty acid composition was determined by an internal standard method. Livers of yellow cattle were used as control. The results showed that yak liver exhibited a significant increase in a^* value and a significant decrease in water loss rate compared with the control group ($P < 0.01$). The content of saturated fatty acids content in yak liver was significantly lower than in the control group ($P < 0.01$), and there was a very significant difference in the content of functional fatty acids between the two groups ($P < 0.01$). The polyunsaturated to saturated fatty acid ratio (P/S) of yak liver was 0.51, which was in line with the value recommended by the World Health Organization, greater than 0.4. The $n-6/n-3$ ratio was less than the recommended value. Correlation analysis demonstrated that liver fat content and water loss rate were positively correlated with each other ($P < 0.01$). Liver fat content showed a significantly positive correlation with saturated fatty acid, mono unsaturated fatty acid, stearic acid, eicosapentametric acid and docosahexaenoic acid contents ($P < 0.05$), and a significantly negative correlation with the content of polyunsaturated fatty acid ($P < 0.01$). In conclusion, yak liver has excellent eating quality and high nutritional value.

Key words: liver fat content; eating quality parameters; fatty acid composition

中图分类号: TS251.95

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2014) 06-0164-04

doi:10.7506/spkx1002-6630-201406035

牦牛 (*Bos gruniens*) 主要分布在高海拔、低气压、冷季长、暖季短的高寒高山草原^[1]。我国是世界牦牛的主产国, 世界上超过92%的牦牛分布在我国以青藏高原为中心的高山草原地区, 青海省是我国牦牛的主要产区,

牦牛头数约占全国总数的38%^[2]。海北位于青海西北的青海湖北岸、祁连北麓, 平均海拔3 000~3 500 m, 属高原大陆气候, 其独特的生态环境造就了优良的牦牛畜种, 成为当地牧民赖以生存的经济基础。

收稿日期: 2013-05-06

基金项目: 国家现代农业 (肉牛牦牛) 产业技术体系建设专项 (CARS-38); 公益性行业 (农业) 科研专项 (201203009)

作者简介: 王永祥 (1988—), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品安全。E-mail: 15101300546@163.com

*通信作者: 余群力 (1962—), 男, 教授, 博士, 研究方向为畜产加工。E-mail: yuqunli@gsau.edu.cn

牦牛肝脏是牦牛屠宰加工的副产物,目前除了传统的使用外,尚未进一步开发利用,利用效率极低^[3-5]。传统的藏族医药中,牦牛肝及其浸提物作为一种常用药材使用已久,主要用于治疗贫血、营养不良等症状。有研究报道称,新鲜牦牛肝脏中富含 α -VE、VB₁₂,各种氨基酸, Ca、Mg、Fe、Zn、Cu、Mo、Mn、K、Al等矿物质元素,是一种高蛋白、低脂肪、富含维生素和各种矿物质的健康食品^[6]。动物脂肪是人体细胞的重要构成成分,是人体所需能量和必须脂肪酸的主要来源之一。肝脏脂肪含有各种饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸、共轭脂肪酸和其他脂肪酸,这些脂肪酸在人体健康方面具有重要的影响。

目前对牦牛肝脏食用品质研究的报道较少,特别是对肝脏中脂肪与食用品质、脂肪酸组成相关性方面的研究更是鲜见。本实验通过对海北牦牛肝脏中脂肪含量、脂肪酸组成的测定以及脂肪与食用品质、脂肪酸组成的相关性分析研究,旨在为青海牦牛副产物的合理开发利用提供参考数据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

随机选取5头健康无病、发育正常、3~5岁的青海省海北州牦牛为实验组。宰前禁食12~24 h,禁水2 h,屠宰后现场采取肝脏,装入保鲜袋于4℃保存,待测定。以同龄黄牛为对照组。

PHS-ZF型数字酸度计 上海雷磁公司; C-LM4型数显式肌肉嫩度仪 东北农业大学; DS-1型组织捣碎机 金坛市金南仪器厂; CR-10色差仪 日本柯尼卡美能达公司; PE Claus 500型气相色谱仪 美国PE公司。

1.2 方法

1.2.1 食用品质的测定^[7]

色度:用色差仪随机测定肝脏上3个不同位置的L*值、a*值、b*值。

pH值:取25 g肝脏试样,用组织捣碎机捣碎,将电极插入试样中进行测定,每个试样测定3次,取其平均值。pH₁、pH₂₄分别为宰后1 h和24 h测得的pH值。

失水率:取1 cm厚的肝脏试样,在中央用截面积为5 cm²的取样器取样并称质量(W_1),将试样置于两层医用纱布之间,上下各衬14~16层滤纸,置于压力仪平台上施加35 kg压力,保持5 min,撤除压力后立即称质量(W_2)。测定3次,取平均值,按式(1)计算试样失水率:

$$\text{失水率}/\% = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

熟肉率:取一定肝脏试样并称质量(W_1),放入蒸

煮袋中于80℃蒸锅中蒸煮30 min,取出冷却至室温再称质量(W_2)。按式(2)计算熟肉率:

$$\text{熟肉率}/\% = \frac{W_2}{W_1} \times 100 \quad (2)$$

1.2.2 肝脏中脂肪含量和脂肪酸组成的测定

肝脏中脂肪含量的测定:按照GB/T 9695.7—2008《肉与肉制品:总脂肪含量测定》^[8]方法测定;肝脏中脂肪酸组成的测定:按照GB/T 9695.2—2008《肉与肉制品:脂肪酸测定》^[9]方法测定。

1.3 数据处理

所有的测定数据用Excel进行统计处理,用SPSS 19.0统计分析软件对脂肪含量与食用品质的相关性以及脂肪含量与脂肪酸组成的相关性进行Pearson相关分析。

2 结果与分析

2.1 肝脏食用品质的测定

表1 肝脏食用品质测定结果
Table 1 Eating quality parameters of yak liver

食用品质	海北牦牛	普通黄牛
L*	28.68±0.53 ^b	31.72±1.40 ^a
a*	24.17±0.50 ^A	9.03±0.10 ^B
b*	8.07±0.99	6.96±0.49
pH ₁	6.45±0.10	6.35±0.13
pH ₂₄	5.50±0.07	5.82±0.19
失水率/%	26.43±0.41 ^B	49.51±6.31 ^A
熟肉率/%	70.51±0.96	66.41±2.56

注:同行上标不同大写字母表示差异极显著, $P < 0.01$; 不同小写字母表示差异显著, $P < 0.05$ 。下同。

由表1可知,实验组牛肝脏的色度L*值显著低于对照组($P < 0.05$),色度a*值极显著的高于对照组($P < 0.01$),这是由于牦牛生活在高海拔、低气压的高寒地区,肝脏中肌红蛋白含量高所造成的;实验组牛肝脏的色度b*值为8.07,略高于对照组,差异不显著。实验组牛肝脏的pH₁、pH₂₄值与对照组差异不显著,均在正常pH值范围内。实验组牛肝脏的失水率为26.43%,极显著低于对照组($P < 0.01$),这是由于实验组牛肝脏中脂肪含量低于对照组,使肝脏的持水力增强^[10]。实验组牛肝脏的熟肉率为70.51%,略高于对照组,但差异不显著,牦牛肉较高的熟肉率使得其在加工性能方面优于普通黄牛,可降低成本,提高经济效益。

2.2 肝脏中脂肪酸组成及含量的测定结果

肝脏中脂肪酸组成及含量测定结果如表2所示。由于目前尚未见关于牦牛肝脏中脂肪酸组成及含量比较的相关报道,因此,本实验将海北牦牛肝脏中的脂肪酸与普通黄牛肝脏中的脂肪酸组成及含量进行了比较。海北牦牛肝脏中脂肪酸主要有11种,未检测出羊蜡酸(C_{10:0})、

月桂酸 ($C_{12:0}$)、花生酸 ($C_{20:0}$)、扁油酸 ($C_{22:0}$)；对照组牛肝脏中脂肪酸主要有16种，但未检测出木蜡酸 ($C_{24:0}$)。其中饱和脂肪酸在脂肪酸构成中占最大的比例，其次是单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸。

表2 肝脏中脂肪酸组成及含量测定结果

Table 2 Fatty acid composition and content of livers of yak and yellow cattle

脂肪酸组成	海北牦牛	普通黄牛
$C_{10:0}$	N	1.62 ± 1.68
$C_{12:0}$	N	0.55 ± 0.04
$C_{14:0}$	0.54 ± 0.93^b	2.86 ± 0.28^a
$C_{16:0}$	20.44 ± 2.61	18.91 ± 0.48
$C_{18:0}$	21.40 ± 2.77^b	33.75 ± 2.76^a
$C_{20:0}$	N	0.28 ± 0.05
$C_{22:0}$	N	0.45 ± 0.03
$C_{24:0}$	5.97 ± 1.23	N
$C_{14:1}$	N	0.25 ± 0.03
$C_{16:1}$	2.83 ± 0.85	1.64 ± 0.09
$C_{18:1}$	20.10 ± 3.28	19.44 ± 1.74
$C_{20:1}$	N	0.61 ± 0.03
$C_{18:2\ n-6}$	5.63 ± 0.60^b	17.40 ± 1.37^a
$C_{18:3\ n-3}$	3.59 ± 0.18^a	0.69 ± 0.01^b
$C_{20:4\ n-6}$	6.42 ± 1.84^a	0.55 ± 0.03^b
$C_{20:5\ n-3}$	6.65 ± 1.70^a	0.49 ± 0.03^b
$C_{22:6\ n-3}$	2.24 ± 0.73^a	0.39 ± 0.03^b
饱和脂肪酸	48.34 ± 0.41^b	58.17 ± 2.85^a
单不饱和脂肪酸	22.93 ± 4.12	22.10 ± 1.63
多不饱和脂肪酸	24.51 ± 4.64	20.22 ± 1.32
P/S	0.51 ± 0.09	0.35 ± 0.04
$n-6/n-3$	1.03 ± 0.10	11.44 ± 1.3

注：N.未检测出； P/S .多不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸比值。

实验组牛肝脏中的饱和脂肪酸含量显著低于对照组 ($P < 0.01$)。通常认为饱和脂肪酸可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疾病的潜在危险^[11]。实验组牛肝脏中肉豆蔻酸 ($C_{14:0}$) 含量为0.54%，显著低于对照组 ($P < 0.05$)，硬脂酸含量极显著低于对照组 ($P < 0.01$)。

实验组牛肝脏中单不饱和脂肪酸含量为22.93%，略高于对照组，差异不显著 ($P > 0.05$)，棕榈油酸和油酸都略高于对照组。有研究报道称单不饱和脂肪酸对降低心血管疾病有着重要的意义^[12]。

实验组牛肝脏中多不饱和脂肪酸含量为24.51%，高于对照组，差异性不显著 ($P > 0.05$)。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方面起着重要的作用^[13]。亚麻酸 ($C_{18:3}$)、花生四烯酸 ($C_{20:4}$)、二十碳五烯酸 (eicosapentamethic acid, EPA, $C_{20:5}$)、二十二碳六烯酸 (docosahexaenoic acid, DHA, $C_{22:6}$) 含量极显著高于对照组 ($P < 0.01$)。亚麻

酸在人体内能生成具有生理活性的EPA和DHA，EPA有降血脂、降胆固醇、抗癌和提高神经的功效，DHA在促进生长发育方面具有特殊作用^[14]；亚麻酸及该系列的其他不饱和脂肪酸也是生物体膜的重要组成部分，同时亚麻酸在油脂转运中也起到重要作用^[15]。可见海北牦牛肝脏的多不饱和脂肪酸具有明显的优势，尤其是在功能性脂肪酸方面。

世界卫生组织专家指出，多不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比率 (P/S) 是衡量肉中脂肪酸营养价值的一个指标，并推荐 P/S 值最好高于0.4^[16]； $n-6$ 多不饱和脂肪酸与 $n-3$ 多不饱和脂肪酸比值也是衡量肉品营养价值的一个指标^[17]。本实验中，实验组 P/S 值为0.51， $n-6/n-3$ 值小于营养学上建议的小于4的标准^[18]，因此海北牦牛肝脏在营养价值以及保健功效上均优于普通黄牛，具有良好的开发利用价值。

2.3 肝脏中脂肪含量与食用品质的相关性分析

表3 肝脏中脂肪含量与食用品质的相关性

Table 3 Correlation coefficients between liver fat content and eating quality

指标	相关系数	指标	相关系数
脂肪含量	1.00	pH_i	0.42
L^*	0.88	失水率	0.82*
a^*	-0.85	熟肉率	-0.29
b^*	-0.58		

注：*.相关性显著， $P < 0.05$ ；**.相关性极显著， $P < 0.01$ 。下同。

由表3可知，脂肪含量与失水率呈极显著正相关 ($P < 0.01$)，与肉色 (L^* 、 a^* 、 b^*)、 pH_i 、熟肉率的相关性不显著，即肝脏中脂肪含量与肝脏理化性质并没有显著相关性，但是随着肝脏中脂肪含量的升高，肝脏的失水率显著升高，这与Daszkiewicz等^[19]的研究结果一致。

2.4 肝脏中脂肪含量与脂肪酸组成的相关性分析

表4 肝脏中脂肪含量与脂肪酸组成的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between liver fat content and fatty acid composition

指标	相关系数	指标	相关系数
脂肪含量	1.00	$C_{18:3\ n-3}$	-0.89*
$C_{14:0}$	-0.95	$C_{20:4}$	-0.59
$C_{16:0}$	0.70	$C_{22:5}$	0.53*
$C_{18:0}$	0.52*	$C_{22:6}$	0.87*
$C_{24:0}$	0.16	饱和脂肪酸	0.86*
$C_{16:1}$	-0.39	单不饱和脂肪酸	0.71*
$C_{18:1}$	-0.42	多不饱和脂肪酸	-0.82**
$C_{18:2\ n-6}$	-0.76*		

肝脏中脂肪含量与脂肪酸组成的相关系数如表4所示，饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸与脂肪含量呈显著性正相关 ($P < 0.05$)，多不饱和脂肪酸与脂肪含量呈极显著负相关 ($P < 0.01$)，分析其原因，一方面可能是氧化应激导致肝中多不饱和脂肪酸因脂质过氧化作

用而消耗^[20], 另一方面是高浓度的饱和脂肪酸对多种去饱和酶具有较强的抑制作用, 使多不饱和脂肪酸生成减少^[21]。硬脂酸($C_{18:0}$)、EPA、DHA与脂肪含量呈显著性正相关($P<0.05$); 肉豆蔻酸($C_{14:0}$)、棕榈油酸($C_{16:1}$)、油酸($C_{18:1}$)、花生四烯酸($C_{20:4}$)随脂肪含量的增加而减少, 但是相关性不显著($P>0.05$); 棕榈酸、硬脂酸、木蜡酸与脂肪含量呈正相关, 差异性不显著($P>0.05$)。

3 结 论

本实验中, 实验组海北牦牛肝脏色度 L^* 值显著低于对照组($P<0.05$), 色度 a^* 值极显著高于对照组($P<0.01$), 但这并不影响肝脏的食用品质; 实验组肝脏失水率极显著低于对照组($P<0.01$), 使得牦牛肝脏的营养成分、多汁性、嫩度均优于同龄的黄牛; 熟肉率比同龄黄牛高5.8%, 降低了加工损失, 提高了经济效率。

实验组牦牛肝脏中的饱和脂肪酸含量极显著低于对照组($P<0.01$), 肉豆蔻酸含量显著低于对照组($P<0.05$), 硬脂酸含量极显著低于对照组($P<0.01$)。亚麻酸、花生四烯酸、EPA、DHA含量极显著高于对照组($P<0.01$); 实验组 P/S 值为0.51, 符合世界卫生组织建议的大于0.4的标准; $n-6/n-3$ 值小于营养学上建议的小于4.0的标准, 这表明牦牛肝脏具有更高的营养价值方面和保健功效。

实验组牦牛肝脏中的脂肪含量与失水率呈极显著正相关($P<0.01$), 表明肝脏脂肪含量与失水率有密切关系。脂肪含量与饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸含量呈显著正相关($P<0.05$), 与多不饱和脂肪酸含量呈极显著负相关($P<0.01$), 与硬脂酸、EPA、DHA含量呈显著正相关($P<0.05$)。

本实验通过对海北牦牛肝脏的脂肪含量与食用品质及脂肪酸组成的测定及相关性研究, 为牦牛的牛副产品的综合加工利用提供了科学依据。

参考文献:

[1] 李鹏, 余群力, 王存堂. 甘南牦牛血清生化指标的测定[J]. 山地农业生物学报, 2007, 26(4): 362-364.

- [2] 余群力, 蒋玉梅, 王存堂, 等. 白牦牛肉成分分析及评价[J]. 中国食品学报, 2005, 5(4): 124-127.
- [3] 郭宪, 杨博辉, 李勇生, 等. 牦牛的生态生理特性[J]. 畜牧生产, 2006, 42(1): 56-57.
- [4] 郭宪, 阎萍, 梁春年, 等. 中国牦牛业发展现状与对策分析[J]. 中国牛业科学, 2009, 35(2): 55-57.
- [5] 张振海. 浅析我国牦牛业生产现状及发展思路[J]. 青海农牧业, 2009(4): 17-18.
- [6] 柳青海, 矫晓丽, 郭洁, 等. 牦牛肝脏营养成分分析及营养评价[J]. 食品工业科技, 2012, 33(9): 417-420.
- [7] 韩玲. 白牦牛产肉性能及肉质分析[J]. 中国食品学报, 2002, 2(2): 22-26.
- [8] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 9695.7—2008 肉与肉制品: 总脂肪含量测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [9] 中国国家标准化管理委员会. 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.
- [10] WOOD J D, RICHARDSON R I, WHITTINGTON F M, et al. Effect of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs[J]. Meat Science, 2004, 67: 651-662.
- [11] 奥斯可夫ER. 饲料学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1991: 195-197.
- [12] SCHMID U, BORNSCHEUER U T, SOUMANOU M M, et al. Optimization of the reaction on conditions in the lipase-catalyzed synthesis of structured triglycerides[J]. Journal of the American Oil Chemists Society, 1998, 75(11): 1527-1531.
- [13] 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): 359-362.
- [14] 戴传超, 袁生, 刘吉华. DHA和EPA的生理功能及其应用[J]. 微生物学志, 1998, 18(4): 48-50.
- [15] YAMAMOTO A, ISOZAKI M, HIRAYAMA K, et al. Influence of dietary fatty acids on phospholipid fatty acid composition in subcellular particles of rat liver[J]. Journal of Lipid Research, 1965(6): 295-300.
- [16] OKUMURA T, SAITO K, NADE T, et al. Effects of intramuscular fat on the sensory characteristics of *M. longissimus dorsi* in Japanese Black Steers as judged by a trained analytical panel[J]. Journal of Animal Science, 2007, 20(4): 577-581.
- [17] MEISINGER D. A system for assuring pork quality[R]. Clive: National Pork Board, 1999.
- [18] FORTIN A, ROBERTSON W M, TONG A K. The eating quality of Canadian pork and its relationship with intramuscular fat[J]. Meat Science, 2005, 69(2): 297-305.
- [19] DASZKIEWICZ T, BQK T, DENABURSKI J. Quality of pork with a different intramuscular fat content[J]. Food Nutrition Science, 2005, 14(1): 31-35.
- [20] 杨丽丽, 刘涛, 王淼, 等. 氧化应激与非酒精脂肪肝病研究进展[J]. 世界消费杂志, 2009, 17(9): 896-900.
- [21] 王新, 曹玉珍, 郭桂芳, 等. 非酒精肝脂肪模型小鼠肝中脂肪酸组成分析[J]. 中国农业科学, 2011, 44(17): 3658-3665.