

河西肉牛脂肪酸成分比较及主成分分析

郑娅¹, 王晓璇², 胡生海¹, 田甲春¹

(1. 甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所, 甘肃兰州 730070)

(2. 甘肃亚盛好食邦食品集团有限公司, 甘肃兰州 730070)

摘要: 通过对河西肉牛西门塔尔和安格斯牛中脂肪酸成分测定, 阐明两个品种间牛肉中脂肪酸的组成和特征差异。随机选取相同育肥方式的 18 个月龄发育健康的西门塔尔和安格斯公牛各 9 头, 禁食 12 h 后进行屠宰, 取背最长肌为样本, 以气象色谱内标法对西门塔尔牛和安格斯牛肉中的脂肪酸组成及其含量进行测定, 最后使用主成分分析法对两个品种牛肉脂肪酸的差异进行评价分析。2 种牛肉中共鉴定出 17 种脂肪酸, 包括 5 种饱和脂肪酸和 12 种不饱和脂肪酸, 饱和脂肪酸中棕榈酸含量最高, 分别为 21.81% 和 23.54%, 安格斯牛肉的不饱和脂肪酸含量比西门塔尔牛高 7.10%, 同时肉豆蔻脑酸、二十碳一烯酸、花生四烯酸及 DHA 4 种不饱和脂肪酸含量显著高于西门塔尔牛; 基于主成分分析法提取 7 个核心脂肪酸为 2 种牛肉中的特征脂肪酸, 建立综合数学模型 $F=0.590 \times F_1+0.154 \times F_2+0.124 \times F_3$, 从脂肪酸组成及综合得分上来看, 安格斯牛肉要优于西门塔尔牛肉。脂肪酸测定和主成分分析揭示了两种牛肉中脂肪酸组成的特征与差异, 为河西优质牛肉产品的合理开发利用提供理论依据。

关键词: 河西肉牛; 脂肪酸; 背最长肌; 气相色谱法; 主成分分析

文章编号: 1673-9078(2021)02-290-297

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.2.0983

Comparison of Fatty Acid Composition and Principal Component

Analysis of Beef Cattle in Western Area of Yellow River

ZHENG Ya¹, WANG Xiao-xuan², HU Sheng-hai¹, TIAN Jia-chun¹

(1. Institute of Storage and Processing of Agricultural Products, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China) (2. Gansu Yasheng Hiosbon Food Group Co. Ltd., Lanzhou 730030, China)

Abstract: To research the difference of fatty acid composition between Simmental and Angus cattle in western area of yellow river, the content of fatty acid in samples was determined by gas chromatography and evaluated by principal component analysis. Nine Simmental bulls and nine Angus bulls were selected. All animals were provided the same diet and management. Nine bulls per breed at approximately 18 months of age were randomly selected and then slaughtered. Cattle were slaughtered after being fasted for 12 h. The fatty acid content of the longissimus dorsi muscle was measured. The results showed that 17 kinds of fatty acids were identified in the two kinds of cattle, including 5 saturated fatty acids and 12 unsaturated fatty acids. Among the saturated fatty acids, palmitic acid was the highest, which was 21.81% and 23.54% respectively. The content of unsaturated fatty acids in Angus beef was 7.10% higher than that in Simmental. The contents of four unsaturated fatty acids (myristic acid, eicosapeenoic acid, arachidonic acid and DHA) in Angus cattle were significantly higher than those in Simmental cattle. Based on principal component analysis, seven core fatty acids were extracted as the characteristic fatty acids in two kinds of cattle. A comprehensive mathematical model was established as $F=0.590 \times F_1+0.154 \times F_2+0.124 \times F_3$. In terms of fatty acid composition and comprehensive score, Angus was better than Simmental cattle. Fatty acid determination and principal component analysis revealed the characteristics and differences of fatty acid composition in the two kinds of beef, which provided theoretical basis for the rational development and utilization of excellent beef cattle products in western area of yellow river.

引文格式:

郑娅, 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, 2020, 37(2): 290-297

ZHENG Ya, WANG Xiao-xuan, HU Sheng-hai, et al. Comparison of fatty acid composition and principal component analysis of beef cattle in western area of yellow river [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 37(2): 290-297

收稿日期: 2020-08-14

基金项目: 甘肃省科技计划项目(18YF1NA075); 甘肃省农科院重点研发计划项目(2020GAAS28)

作者简介: 郑娅(1987), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 畜产品加工贮藏

Key words: beef cattle; fatty acid; longissimus dorsi muscle; gas chromatography; principal component analysis

牛肉营养丰富,肉质鲜美、富含蛋白质,是人们理想肉食之一^[1]。随着大众消费水平的提高及对动物肉品消费观念的改变,人们更加重视牛肉及其制品的食用与营养品质^[2]。因此,评估测定不同品种牛肉风味及其品质对牛肉加工业发展具有推动作用。

牛肉的风味与其肌肉脂肪的脂肪酸组成比例直接相关,肌肉脂肪的含量受基因及环境因素的影响,在不同品种、同一品种不同部位上都有着显著性差异^[3,4]。肌肉中饱和脂肪酸(Saturated fatty acid, SFA)比例及单不饱和脂肪酸(Monounsaturated fatty acid, MUFA)比例越高,油酸与亚油酸含量的比值越高则表明牛肉的风味越好,同时含有一定比例多不饱和脂肪酸(Polyunsaturated fatty acids, PUFA)的牛肉营养价值更高^[5]。

甘肃属于我国西北肉牛优势区,以河西肉牛为代表的草食养殖业成为该地域的支柱产业之一。西门塔尔牛因其生长迅速、可进行短期育肥被广泛引入,近几年中国的优质牛肉需求量不断增加,安格斯肉牛具有极其良好的肉用性能,早熟且出肉多,胴体的品质优良,有较强的适应能力^[6],有可能成为极具商品价值的典型肉用牛^[7]。国内外对西门塔尔牛、牦牛和黄牛等品种的牛肉开展关于脂肪酸方面的研究较多,针对安格斯牛肉综合评价的研究鲜见报道。本实验牛肉为“张掖肉牛”地理标志样品,依赖于张掖地理环境,通过比较西门塔尔牛及安格斯牛肉中的脂肪酸含量,并与(Food & Agriculture Organization, FAO) / (World Health Organization, WHO)的推荐量进行比较,采用主成分分析法(Principal Component Analysis, PCA)对牛肉中的脂肪酸组成进行比较,分析脂肪酸的特征量,建立科学的牛肉中脂肪酸评价方法,以期为这两个品种牛肉的优质优价及深加工提供理论依据和参考,带动河西走廊肉牛产业的经济的发展。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验肉样采自甘肃张掖祁连牧歌有限公司,随机选取相同育肥方式下18月龄健康无病的西门塔尔和安格斯公牛各9头,按照《牛屠宰操作规程》进行屠宰后,立即取第十二至第十三肋骨间的背最长肌,切割成15g左右肉块,用锡箔纸包裹并标记

后置于液氮中保存备用,室温下解冻锡箔纸包裹的背最长肌样品,取肌肉中心仅带有大理石纹脂肪的样品,搅拌机打碎后用电子天平称取30g背最长肌样品,待提取脂肪。

1.2 试验仪器

仪器:7890B型气相色谱仪,美国安捷伦公司;B-260旋转蒸发仪,上海亚荣生化仪器厂;FA2004B电子天平,中国上海越平科学仪器有限公司;HWS12型电热恒温水浴锅,上海一恒科学仪器有限公司;H1850R型台式高速冷冻离心机,中国长沙湘仪离心机仪器有限公司。

试剂:盐酸、无水硫酸钠、无水乙醚、石油醚、氢氧化钠、氯化钠、三氟化硼甲醇、甲醇(分析纯),国药集团化学试剂有限公司;正庚烷、甲醇(色谱纯),上海星可生化有限公司;混合脂肪酸甲酯(标准品),美国Sigma公司。

1.3 试验方法

牛肉中粗脂肪含量参照GB 5009.6-2016《食品中脂肪的测定》中酸水解法进行测定^[8];脂肪酸参照GB 5009.168-2016《食品中脂肪酸的测定》中内标法进行测定,以色谱峰峰面积定量^[9]。

1.4 数据分析

采用Excel 2016进行平均值和标准偏差分析,用SPSS 19.0统计分析软件进行独立样本T检验、相关性分析及主成分分析,所有实验样本重复测定3次,结果均以“平均值±标准差”表示。

2 结果与讨论

2.1 2种牛背最长肌中脂肪沉积比较

表1 西门塔尔牛和安格斯牛背最长肌基本指标

Table 1 General composition of the longissimus dorsi muscle in Chinese Simmental and Angus cattle

指标	西门塔尔	安格斯	P值
水分/(g/100g)	74.97±0.56	75.13±0.41	0.23
粗脂肪/(g/100g)	3.41±0.18	4.62±0.25	0.00
pH	5.89±0.21	5.44±0.25	0.18

脂肪不仅是一种机体重要能源物质,还能提供必需脂肪酸^[10]。安格斯牛和西门塔尔牛背最长肌生理指标测定结果如表1所示,2种牛背最长肌中水分

含量和pH值差异不显著 ($p>0.05$), 而安格斯牛的粗脂肪含量显著高于西门塔尔牛 ($p<0.01$), 这与图1中的表象结果相一致。有学者研究结果表明, 西门塔尔牛肌内脂肪含量低于安格斯牛, 这是因为相比于安格斯牛, 原产于瑞士的西门塔尔牛作为奶牛和肉牛的主要品种, 其生长速度和瘦肉含量明显较高, 导致其肌内脂肪含量较低^[11]。郭淑珍等^[12]在甘南牦牛与其他良种牛屠宰性能及牛肉食用品质对比分析中研究发现甘南牦牛肉的大理石纹评分为3, 低于安格斯牛肉, 进一步证明因安格斯牛肉是世界高档牛肉的优质备选牛; 杨玉莹等^[13]在不同品种牛肉品质特性概述中表明: 牦牛肉的脂肪含量显著低于其他品种的牛肉, 成年牦牛肉平均脂肪含量约为2.70%, 然而其他品种牛肉平均脂肪含量约为3.46%; 徐磊等^[14]在安格斯牛与大别山牛杂交牛肉质特性和营养特性的研究发现: 大别山牛和安大杂交牛的脂肪和含量分别为11.20%和21.30%, 两种牛肉的脂肪含量存在显著差异, 这些研究与本实验研究结果相一致, 都说明不同品种或同一品种不同性别牛肉间脂肪含量存在差异性。

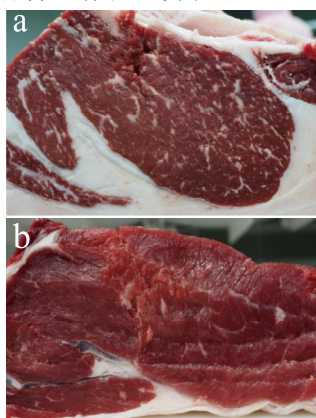


图1 安格斯和西门塔尔牛背最长肌中的脂肪含量

Fig.1 Fat content in the longissimus dorsi of Angus and Chinese Simmental cattle

注: a 为安格斯牛, b 为西门塔尔牛。

2.2 脂肪酸含量分析

利用气相色谱法对2种牛肉背最长肌脂肪酸相对含量进行测定, 结果见表2。实验结果表明, 西门塔尔牛鉴定出15种脂肪酸, 包括5种饱和脂肪酸和10种不饱和脂肪酸, 安格斯牛共鉴定出17种脂肪酸, 包括5种饱和脂肪酸和12种不饱和脂肪酸, 肌内脂肪显著影响肉质风味和营养价值丰富度^[15,16], 其中饱和脂肪酸氧化产生的挥发性物质是肉品重要的香味、风味的来源, 不饱和脂肪酸能够很好地改善牛肉风味^[17]; 在西门塔尔和安格斯牛中

SFA的平均值分别占总脂含量的42.89%和35.69%, 两者差异显著 ($p<0.05$), 其中棕榈酸含量最高, 分别为21.81%和23.54%, SFA中除硬脂酸两者差异显著 ($p<0.05$) 外, 其余4种饱和脂肪酸在0.05水平无显著性差异 ($p>0.05$); 安格斯牛肉的UFA含量比西门塔尔牛高7.10% ($p<0.01$), 其中MUFA含量显著高于西门塔尔牛 ($p<0.05$), 而PUFA含量显著低于西门塔尔牛 ($p<0.05$), 2种牛肉中油酸含量最高, 分别占总脂肪酸含量的45.28%和49.67%, 肉豆蔻脑酸、二十碳一烯酸、花生四烯酸及DHA 4种不饱和脂肪酸含量安格斯牛显著高于西门塔尔牛 ($p<0.05$), 同时顺-5,8,11,14,17-二十碳五烯酸(EPA)与神经酸在西门塔尔牛中未检出; 刘亚娜等^[18]研究牦牛肉与西门塔尔牛肉不饱和脂肪酸含量结果表明: 两者MUFA中油酸的含量最高, 均达到了30%以上; 甘南牦牛肉中具有功能性作用的PUFA成分, 如 γ -亚麻酸、 α -亚麻酸、EPA、DHA含量均极显著高于中国西门塔尔牛肉 ($p<0.01$), 说明西门塔尔牛肉在不饱和脂肪酸含量上相对较低, 同时张明等^[19]研究发现再安西杂交一代牛肉中与人体相关的部分功能性脂肪酸如 γ -亚麻酸、二十碳三烯酸、二十碳三烯酸、花生四烯酸和EPA均显著高于西杂牛; 现有研究显示不饱和脂肪酸可以从营养代谢调控、免疫调控、基因表达调控以及疾病防治等方面发挥其对机体的保护作用, 而其中的亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸是机体不可缺少的必需脂肪酸, ω -3脂肪酸能降低血脂, 使血管更畅通。同时, 必需脂肪酸在脂肪酸中所占比例越高, 说明该肌肉营养价值越高^[20]; 油酸能较好地改善牛肉的风味, 肌肉中油酸与亚油酸含量的比值越高则表明牛肉的风味越好^[21], 本研究表明安格斯与西门塔尔牛肌肉中油酸与亚油酸含量的比值分别为18.49和8.19, 同时吴健等^[22]研究结果显示延黄牛中各种脂肪酸含量均显著高于西门塔尔牛, 尤其是不饱和脂肪酸含量极显著高于西门塔尔牛, 延黄牛、西门塔尔牛肌肉中油酸与亚油酸的比值分别为13.78和4.92, 差异极显著, 进一步证明了不饱和脂肪酸含量的高低可以作为评判生产高档牛肉的可能性, 从脂肪酸组成上来看, 安格斯牛要优于西门塔尔牛; 然而在肉的品质评判中, 安格斯牛肉和西门塔尔牛肉的P:S分别为0.18和0.16, 均低于理想值($P:S\geq 0.4$)^[23], 与上述刘亚娜^[18]及张明^[19]的研究结果相一致, 这可能是因为畜肉产品的共性所致, 因此还需要在畜肉产品生产过程中不断探索提高。

表2 西门塔尔牛与安格斯牛背最长肌脂肪酸分析结果

脂肪酸	西门塔尔/%	安格斯/%	
饱和脂肪酸	十四碳酸 (C14:0) 豆蔻酸	2.02±0.27	2.49±0.58
	十五碳酸 (C15:0)	0.26±0.01	0.25±0.06
	十六碳酸 (C16:0) 棕榈酸	21.81±1.69	23.54±3.53
	十七碳酸 (C17:0)	0.864±0.056	0.715±0.09
	十八碳酸 (C18:0) 硬脂酸	17.93±1.76 ^A	8.69±1.53 ^B
	∑SFA (总饱和脂肪酸)	42.89±2.56 ^a	35.69±3.05 ^b
不饱和脂肪酸	顺-9-十四碳一烯酸 (C14:1) 肉豆蔻脑酸	0.11±0.04 ^b	0.93±0.21 ^a
	十六碳一烯酸 (C16:1) 棕榈烯酸	3.22±0.47	5.83±2.58
	十七碳一烯酸 (C17:1)	0.79±0.06	0.82±0.06
	十八碳一烯酸 (C18:1) 油酸	45.28±2.03	49.67±4.87
	十八碳二烯酸 (C18:2) 亚油酸	6.30±2.57	2.68±0.21
	二十碳一烯酸 (C20:1)	0.30±0.06 ^b	0.49±0.07 ^a
	二十碳二烯酸 (C20:2)	0.09±0.04	0.05±0.02
	顺-5,8,11,14-二十碳四烯酸 (C20:4) 花生四烯酸 ARA	0.72±0.05 ^b	1.83±0.32 ^a
	顺-5,8,11,14,17-二十碳五烯酸 (C20:5) EPA	N.D.	0.36±0.24
	顺, 顺, 顺-8, 11, 14-二十碳三烯酸 (C20:3N6)	0.16±0.04	0.17±0.02
	顺-4,7,10,13,16,19-二十二碳六烯酸 (C22:6) DHA	0.15±0.02 ^b	0.61±0.26 ^a
	二十四碳一烯酸 (C24:1) 神经酸	N.D.	0.88±0.21
	∑UFA (总不饱和脂肪酸)	57.12±2.56 ^B	64.32±3.05 ^A
	∑MUFA (总单不饱和脂肪酸)	49.69±2.44 ^b	58.62±2.52 ^a
∑PUFA (总多不饱和脂肪酸)	7.42±2.61 ^a	5.70±0.76 ^b	
P:S	0.18±0.07	0.16±0.03	

注: 同行数据后无字母表示差异不显著 ($p>0.05$), 所标小写字母表示差异显著 ($p<0.05$), 所标大写字母表示差异极显著 ($p<0.01$); N.D.表示未检出。

2.3 主成分分析

主成分分析 (PCA) 为多元统计中的一种数据挖掘技术, 其优点在于可消除评价指标间的相关影响, 能保证评价的客观性^[24]。本研究中, 对 18 头牛肉中 14 种脂肪酸成分利用主成分分析法进行了有效分析, 通过相关性分析结果可以看出各脂肪酸之间存在着较强的相关性, 脂肪酸间存在着极显著的正相关性是由动物体通过食物或其他途径来源等比例增加或补充脂肪酸造成, 反之脂肪酸间呈极显著负相关表明脂肪酸间在体内的一种相互转化关系^[25]。利用 SPSS 19.0 软件对 2 种牛背最长肌中的 17 种脂肪酸含量进行了相关分析, 结果如表 3

所示。通过相关分析可以看出, 各种脂肪酸存在着较强的相关性, 其中 C14:0 与 C18:0、C14:0 与 C17:0、C16:1 与 C17:0 等存在着较强的负相关性, C14:0 与 C16:1、C18:0 与 C17:0、C14:1 与 C20:1 等存在着较强的正相关性, 这说明不同成分间存在信息重叠的情况, 通过相关性分析剔除与其他变量不相关及高度相关的变量从而建立新变量, 使得新变量相关性降低, 进而减少信息重叠, 再进行综合评价。

主成分提取原则一般选取主成分累计贡献率 $\geq 85\%$ 的前 m 个主成分。KMO 值越接近于 1, 变量越适合作因子分析, 小于 0.5 表示极不适合^[26]。由表 4 可知, KMO 值为 0.63, 且 Bartlett 球形度检验, p 值 < 0.001 , 说明本次数据较为适合进行因子分析。

表3 相关性分析结果

Table 3 Correlation analysis result

项目	十四碳酸	十五碳酸	十六碳酸	十七碳酸	十八碳酸	肉豆蔻脑酸	棕榈烯酸	十七碳一烯酸	亚油酸	油酸	二十碳一烯酸	二十碳二烯酸	二十碳三烯酸	花生四烯酸	DHA
十四碳酸	1														
十五碳酸	0.68**	1													
十六碳酸	0.14	0.24	1												
十七碳酸	-0.73**	-0.44	0.09	1											
十八碳酸	-0.82**	-0.43	0.02	0.90**	1										
肉豆蔻脑酸	0.80**	0.52*	-0.07	-0.92**	-0.95**	1									
棕榈烯酸	0.89**	0.69**	0.33	-0.81**	-0.84**	0.86**	1								
十七碳一烯酸	0.84**	0.74**	-0.14	-0.64**	-0.64**	0.74**	0.75**	1							
亚油酸	-0.61**	-0.30	-0.32	0.64**	0.80**	-0.72**	-0.65**	-0.28	1						
油酸	0.27	0.22	-0.13	-0.56*	-0.58*	0.57*	0.30	0.11	-0.66**	1					
二十碳一烯酸	0.61**	0.37	-0.34	-0.91**	-0.89**	0.93**	0.67**	0.61**	-0.59*	0.65**	1				
二十碳二烯酸	-0.50*	-0.18	-0.26	0.56*	0.71**	-0.60**	-0.57*	-0.12	0.84**	-0.54*	-0.47	1			
二十碳三烯酸	0.14	0.25	-0.31	-0.20	-0.17	0.31	0.18	0.43	0.17	0.00	0.39	0.36	1		
花生四烯酸	0.83**	0.57*	-0.04	-0.93**	-0.95**	0.99**	0.88**	0.76**	-0.74**	0.57*	0.91**	-0.61**	0.27	1	
DHA	0.67**	0.38	-0.24	-0.89**	-0.91**	0.94**	0.73**	0.63**	-0.69**	0.60**	0.95**	-0.55*	0.30	0.93**	1

注: **表示在0.01水平(双侧)上显著相关; *表示在0.05水平(双侧)上显著相关。

表4 KMO和Bartlett的检验

取样足够度的Kaiser-Meyer-Olkin度量		0.63
	近似卡方	330.77
Bartlett的球形度检验	df	91
	Sig.	0.00

2.4 脂肪酸相关性分析

对西门塔尔和安格斯两个品种的牛肉，以18头牛肉样品为样本单元，14个脂肪酸成分含量为变量进行主成分分析，结果见表5。结果显示：累积方差解释率为86.82%，说明提取出来的3个因子可以解释14项中86.82%的信息量，而且3个因子的方差解释率（信息提取量）分别为：40.93%，31.08%和14.81%。信息提取

表5 脂肪酸含量主成分分析结果

成分	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差的/%	累积/%	合计	方差的/%	累积/%	合计	方差的/%	累积/%
1	8.27	59.04	59.04	8.27	59.04	59.04	5.73	40.93	40.93
2	2.15	15.37	74.41	2.15	15.37	74.41	4.35	31.08	72.01
3	1.74	12.41	86.82	1.74	12.41	86.82	2.07	14.81	86.82

表6 旋转成分矩阵

项目	成分		
	1	2	3
十四碳酸	0.45	-0.10	0.82
十五碳酸	0.08	-0.07	0.85
十六碳酸	-0.17	0.28	-0.85
十七碳酸	-0.78	-0.50	-0.14
十八碳酸	-0.73	-0.51	-0.02
肉豆蔻脑酸	0.77	0.60	0.15
棕榈烯酸	0.50	0.82	-0.18
十七碳一烯酸	0.22	0.88	0.30
油酸	0.82	-0.07	0.03
亚油酸	-0.82	-0.25	0.41
二十碳一烯酸	0.82	0.38	0.40
二十碳二烯酸	-0.78	-0.11	0.50
二十碳三烯酸	-0.07	0.40	0.72
DHA	0.83	0.42	0.27

2.5 基于主成分分析建立牛肉品质评价模型

根据表5主成分的特征值和方差贡献率及表7中的成分矩阵可以计算出特征向量，计算公式为：

$$\text{特征向量系数} = \frac{\text{各指标的成分载荷}}{\sqrt{\text{对应主成分的特征值}}} \quad [27]$$

量分布较为均匀，综合说明本次因子分析结果良好。

通过表6因子旋转成分矩阵可知：第1主成分特征向量正相关性较大的是DHA、二十碳一烯酸、油酸，均为不饱和脂肪酸，负相关性较大的是亚油酸，我们将这一主成分命名为不饱和脂肪酸因子F1。第2主成分的特征向量最大的为棕榈烯酸和十七碳一烯酸，将其命名为单不饱和脂肪酸因子F2。第3主成分特征向量最大的为十六碳酸，呈负相关性，正相关性较大的为十四碳酸和十五碳酸，主要反映饱和脂肪酸的变异信息，故将其命名为饱和脂肪酸因子F3。综合以上分析，通过因子旋转成分矩阵可知72.01%以上的贡献率来自前两个主成分，本实验选择DHA、二十碳一烯酸、油酸、二十二碳二烯酸、亚油酸、棕榈烯酸和十七碳一烯酸7个核心脂肪酸为牛肉中的特征脂肪酸。

根据计算出的特征向量作为各因子的系数，构建各主成分的函数表达式如下：

$$F1 = 0.298X1 + 0.205X2 + 0.001X3 - 0.322X4 - 0.337X5 + 0.341X6 + 0.311X7 + 0.256X8 + 0.208X9 - 0.269X10 + 0.312X11 - 0.227X12 + 0.08X13 + 0.321X14$$

$$F2 = 0.031X1 + 0.140X2 - 0.408X3 - 0.034 + 0.054X5 + 0.59X6 - 0.027X7 + 0.335X8 - 0.179X9 + 0.371X10 + 0.145X11 + 0.451X12 + 0.542X13 + 0.077X14$$

$$F3 = 0.287X1 + 0.445X2 + 0.517X3 + 0.099X4 + 0.074X5 - 0.053X6 + 0.297X7 + 0.272X8 - 0.381X9 + 0.051X10 - 0.271X11 + 0.084X12 - 0.018X13 - 0.207X14$$

式中X1、X2、...、X14对应的数据为14种脂肪酸经Z-Score标准化后的数值。将第一、第二和第三主成分的方差贡献率（见表5）作为权重系数建立牛肉脂肪酸成分的综合评价模型 $F = 0.590 \times F1 + 0.154 \times F2 + 0.124 \times F3$ ，该模型可以计算出2种牛肉背最长肌综合评价指标分值，综合得分往往是主成分分析的精华所在，可据此对各个样品的综合品质进行排序^[28]。通过表8可以看出安格斯牛背最长肌肉中脂肪酸品质综合得分要高于西门塔尔牛，说明2种牛肉中脂肪酸综合质量存在差异，然而如果需要筛选出综合品质好的牛肉，不能单以脂肪酸的含量和比例为评价指标，这需要对其他营养素进行综合分析，从而更加全面地筛选出优质的牛肉。

表7 主成分矩阵及其特征向量

Table 7 Eigenvector and principal component matrix

脂肪酸	第一主成分 (PC1)		第二主成分 (PC2)		第三主成分 (PC3)	
	载荷	特征向量(X1)	载荷	特征向量(X2)	载荷	特征向量(X3)
十四碳酸	0.86	0.298	0.045	0.031	0.378	0.287
十五碳酸	0.590	0.205	0.205	0.140	0.587	0.445
十六碳酸	0.004	0.001	-0.599	-0.408	0.682	0.517
十七碳酸	-0.927	-0.322	-0.044	-0.030	0.131	0.099
十八碳酸	-0.968	-0.337	0.079	0.054	0.097	0.074
肉豆蔻脑酸	0.981	0.341	0.086	0.059	-0.070	-0.053
棕榈烯酸	0.893	0.311	-0.039	-0.027	0.391	0.297
十七碳一烯酸	0.735	0.256	0.491	0.335	0.359	0.272
油酸	0.598	0.208	-0.262	-0.179	-0.502	-0.381
亚油酸	-0.773	-0.269	0.544	0.371	0.067	0.051
二十碳一烯酸	0.896	0.312	0.213	0.145	-0.357	-0.271
二十碳二烯酸	-0.653	-0.227	0.661	0.451	0.111	0.084
二十碳三烯酸	0.229	0.080	0.795	0.542	-0.024	-0.018
DHA	0.922	0.321	0.113	0.077	-0.273	-0.207

表8 2种牛背最长肌肉脂肪酸的主成分因子得分

Table 8 Principal component factor scores of fatty acids in longissimus dorsi muscle of two cattle breeds

品种(背最长肌)	F1	F2	F3	F	得分排序
西门塔尔牛	2.46	-10.96	-2.60	-0.55	2
安格斯牛	11.26	-16.44	-0.31	4.07	1

表明安格斯牛背最长肌肉中脂肪酸品质得分要高于西门塔尔牛,说明2种牛肉中脂肪酸综合质量存在差异,后续将进一步研究与牛肉品质相关的其他指标,同时与其生理变化相联系,建立更加全面准确的评价体系。

参考文献

[1] HUANG Wan-Long, Guo Yun-Tao, DU Wei-Hua, et al. Global transcriptome analysis identifies differentially expressed genes related to lipid metabolism in waxy and holstein cattle [J]. Scientific Reports, 2017, 7(1): 5278

[2] 郎玉苗,谢鹏,韩爱云,等.中国西门塔尔牛公牛和母牛肉质差异研究[J].肉类研究,2015,29(8):1-4

LANG Yu-miao, XIE Peng, HAN Ai-yun, et al. A comparative study on beef quality of Chinese Simmental bull and cow [J]. Meat Research, 2015, 29(8): 1-4

[3] Díaz M T, Pérez C, Sánchez CI, et al. Feeding microalgae increases omega 3 fatty acids of fat deposits and muscles in light lambs [J]. J Food Compos Anal, 2017, 56: 115-123

[4] Hocquette J F, Gondret F, Baéza E, et al. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers [J]. Animal, 2010, 4(2): 303-319

[5] 包音都古荣·金花, Heshuote M, 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

Baoyindugurong Jin-hua, Heshuote M, Hujegiletu, et al. Analysis of intramuscular fatty acids composition of black

3 结论

本研究测定了河西两个品种西门塔尔和安格斯牛肉中的脂肪酸含量,结果显示西门塔尔牛鉴定出15种脂肪酸,安格斯牛鉴定出17种脂肪酸。两种牛肉饱和脂肪酸中棕榈酸含量最高,分别为21.81%和23.54%,不饱和脂肪酸中油酸含量最高,分别占总脂肪酸含量的45.28%和49.67%。安格斯牛肉的不饱和脂肪酸含量比西门塔尔牛高7.10%,同时肉豆蔻脑酸、二十碳一烯酸、花生四烯酸及DHA 4种不饱和脂肪酸含量显著高于西门塔尔牛,顺-5,8,11,14,17-二十碳五烯酸(EPA)与神经酸在西门塔尔牛中未检出,从脂肪酸组成上来看,安格斯牛肉要优于西门塔尔牛肉。根据肉的品质评判发现两品种牛肉的P:S分别为0.18和0.16,两者均低于理想值(P:S≥0.4)。主成分分析结果表明,前3个主成分可以解释86.82%的信息量。通过因子旋转成分矩阵可知72.01%以上的贡献率来自前2个主成分,基于主成分分析法提取DHA、二十碳一烯酸、油酸、二十二碳二烯酸、亚油酸、棕榈烯酸和十七碳一烯酸7个核心脂肪酸为河西肉牛的特征脂肪酸,建立综合数学模型 $F=0.590 \times F1+0.154 \times F2+0.124 \times F3$, 综合得分结果

- angus beef raised in ujinmqin grassland [J]. *China Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2016, 43(2): 394-401
- [6] 赵亚国,施进文.安格斯肉牛在西北地区的引进饲养管理技术探讨[J].*中国畜牧兽医*,2017,33(9):94-95
- ZHAO Ya-guo, SHI Jin-wen. Discussion on the introduction and management technology of Angus beef cattle in Northwest China [J]. *China Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2017, 33(9): 94-95
- [7] 徐迎春,高树新,呼格吉勒图,等.不同品种肉牛生长发育、育肥性能比较[J].*畜牧兽医学报*,2019,9:1-2
- XU Ying-chun, GAO Shu-xin, Hujegiletu, et al. Comparison of growth and fattening performance of different beef cattle [J]. *China Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2019, 9: 1-2
- [8] GB 5009.6-2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S]
GB 5009.6-2016 National Food Safety Standard, Standard for Determination of Fat in Food [S]
- [9] GB 5009.168-2016 食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定[S]
GB 5009.168-2016 National Food Safety Standard, Standard for Determination of Fatty Acid in Food [S]
- [10] 黄红涛,冯若楠,夏天宇,等.脂肪对肉品质的影响[J].*畜牧兽医杂志*,2018,37(1):59-60
- HUANG Hong-tao, FENG Ruo-nan, XIA Tian-yu, et al. Effects of fat on meat quality [J]. *Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 2018, 37(1): 59-60
- [11] WANG Xi, ZHANG Yuan-qing, ZHANG Xi-zhong, et al. The comprehensive liver transcriptome of two cattle breeds with different intramuscular fat content [J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2017, 490(3): 1018-1025
- [12] 郭淑珍,牛小莹,赵君,等.甘南牦牛与其他良种牛屠宰性能及牛肉食用品质对比分析[J].*畜牧兽医杂志*,2009,28(4):9-11
- GUO Shu-zhen, NIU Xiao-ying, ZHAO Jun, et al. Comparison analysis on the slaughter performance and taste quality of beef between gannan yak with other fine variety cattle breed [J]. *Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 2009, 28(4): 9-11
- [13] 杨玉莹,张一敏,董鹏程,等.不同品种牛肉品质特性概述[J].*食品与发酵工业*,2018,44(6):271-276
- YANG Yu-ying, ZHANG Yi-min, DONG Peng-cheng, et al. Summary of beef quality of different breeds [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2018, 44(6): 271-276
- [14] 徐磊,贾玉堂,赵拴平,等.安格斯牛×大别山牛杂交牛肉质特性和营养特性的研究[J].*营养与饲料*,2017,37(6):20-23
- XU Lei, JIA Yu-tang, ZHAO Shuan-ping, et al. Comparison on the meat quality and nutrition between dabieshan yellow cattle and its hybrid with angus cattle [J]. *Nutrition and Feed*, 2017, 37(6): 20-23
- [15] Hwang Y H, Kim G D, Jeong J Y, et al. The relationship between muscle fiber characteristics and meat quality traits of highly marbled hanwoo (Korean native cattle) steers [J]. *Meat Sci*, 2010, 86(2): 456-461
- [16] Scollan N, Hocquette J F, Nuernberg K, et al. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality [J]. *Meat Sci*, 2006, 74(1): 17-33
- [17] 郭同军,臧长江,王连群,等.去势对西门塔尔牛牛肉品质的影响[J].*草业科学*,2017,34(1):152-160
- Guo Tong-jun, ZANG Chang-jiang, Wang Lian-qun, et al. Effect of castration on meat quality of simmental cattle [J]. *Pratacultural Science*, 2017, 34(1): 152-160
- [18] 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*,2016,15(37):360-364
- LIU Ya-na, LANG Yu-miao, BAO Gao-liang, et al. Comparison and analysis of nutrition characteristics for Gannan yak meat and Chinese Simmental meat [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, 15(37): 360-364
- [19] 张明,刘婷,曾金焱,等.安西杂交一代牛肉脂肪酸组成及含量研究[J].*畜牧兽医学报*,2016,47(5):1049-1056
- ZHANG Ming, LIU Ting, ZENG Jin-Yan, et al. Comparison of fatty acid profiles in first filial generation from angus and crossbred simmental [J]. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2016, 47(5): 1049-1056
- [20] Jonathan F. Omega-3 fatty acid formulations in cardiovascular disease: dietary supplements are not substitutes for prescription products [J]. *Am J Cardiovasc Drugs*, 2016, 16: 229-239
- [21] Zhang S G, Liu T, Brown M A, et al. Comparison of longissimus dorsi fatty acids profiles in Gansu black yak and Chinese yellow cattle steers and heifers [J]. *Korean J Food Sci Anim Resour*, 2015, 35(3): 286-292
- [22] 吴健,于永生,李娜,等.延黄牛和西门塔尔牛肉品质对比研究[J].*吉林农业大学学报*,2015,37(4):459-462
- WU Jian, YU Yong-sheng, LI Na, et al. Comparative study on meat quality traits of Yan yellow cattle and Chinese Simmental [J]. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2015, 37(4): 459-462