

内蒙古地区不同养殖草食动物背最长肌氨基酸组成及营养价值评价

哈斯额尔敦, 敖长金, 萨茹丽, 曹琪娜, 白晨*

(内蒙古自治区高校动物营养与饲料科学重点实验室, 内蒙古农业大学动物科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘要: 以内蒙古地区集约化养殖草食动物牛、绵羊、山羊和驴背最长肌为研究对象, 以鸡胸肉为参照, 采用全自动氨基酸分析仪内标法检测氨基酸含量, 评价肌肉氨基酸组成及营养价值。结果表明: 各氨基酸在不同动物肌肉中的含量均呈显著差异 ($P < 0.05$); 鸡胸肉、牛肉和山羊肉总必需氨基酸含量显著高于绵羊肉 ($P < 0.05$), 驴肉与其他肉无显著差异; 牛肉和驴肉总非必需氨基酸含量显著高于山羊肉 ($P < 0.05$), 其他肉无显著差异。不同草食动物肌肉必需氨基酸指数 (essential amino acid index, EAAI) 均高于95, 属于优质蛋白质来源, EAAI顺序为山羊肉 > 鸡胸肉 > 绵羊肉 > 牛肉 > 驴肉; 驴肉甜味氨基酸含量显著高于其他肉 ($P < 0.05$), 牛肉和绵羊肉鲜味氨基酸含量显著高于其他肉 ($P < 0.05$), 鸡胸肉苦味氨基酸含量显著高于其他肉 ($P < 0.05$), 牛肉和绵羊肉总呈味氨基酸含量显著高于其他肉 ($P < 0.05$); 以氨基酸相对含量聚类, 绵羊肉和牛肉在图谱中最接近, 驴肉处于图谱最远端。

关键词: 草食动物; 肌肉; 氨基酸; 必需氨基酸; 风味氨基酸

Evaluation of Amino Acid Composition and Nutritional Value of *Longissimus dorsi* from Different Farmed Herbivores in Inner Mongolia Region

KHAS-Erdene, AO Changjin, SA Ruli, CAO Qina, BAI Chen*

(Inner Mongolia Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science, College of Animal Science,
Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: The objective of this study was to evaluate the amino acid composition and nutritional value of *Longissimus dorsi* muscles from different herbivores (cattle, sheep, goats, and donkeys) and chicken breast meat (control) from intensive farms in Inner Mongolia region. Amino acid contents were determined on an automatic amino acid analyzer by using an internal standard method. The results showed that the contents of amino acids in the muscle of different animals were significantly different ($P < 0.05$). Total essential amino acid contents in muscles of chickens, cattle and goats were significantly higher than that in sheep muscle ($P < 0.05$), while donkey muscle showed no significant difference from muscles from the other species. The total non-essential amino acid values of cattle and donkey meat were higher than that of goat meat ($P < 0.05$), but were not significantly different from those of sheep and chicken meat. The essential amino acid indexes (EAAI) of the muscles of the herbivore animals were all higher than 95, which indicates that they are high quality protein sources, and the EAAI decreased in the following order: goat > chicken > sheep > cattle > donkey. The relative content of sweet taste amino acids in donkey muscle was significantly higher than those in the other meats ($P < 0.05$), and the relative contents of umami amino acids in cattle and sheep meats were higher than those in the other meats ($P < 0.05$). The relative content of bitter taste amino acids was higher in chicken than in the other meats ($P < 0.05$), and the relative content of total flavor amino acids was significantly higher in beef and sheep meat compared with the other meats ($P < 0.05$). Cluster analysis was performed on

收稿日期: 2021-12-23

基金项目: 内蒙古农业大学“双一流”学科创新团队建设人才培育项目 (NDSC2018-03);

内蒙古农业大学高层次人才引进科研启动项目 (NDYB2018-26)

第一作者简介: 哈斯额尔敦 (1981—) (ORCID: 0000-0002-9199-5773), 男, 讲师, 博士, 研究方向为动物营养与畜产品品质。

E-mail: hsed-2002@hotmail.com

*通信作者简介: 白晨 (1990—) (ORCID: 0000-0003-0491-6414), 男, 讲师, 博士, 研究方向为动物营养与畜产品品质。

E-mail: ostrich2012@163.com

the relative contents of amino acid, revealing that sheep and cattle meats are closest to each other in the heatmap, whereas donkey meat is the furthest.

Keywords: herbivore; muscle; amino acid; essential amino acid; flavor amino acid

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20211223-241

中图分类号: TS251.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2022) 04-0001-06

引文格式:

哈斯额尔敦, 敖长金, 萨茹丽, 等. 内蒙古地区不同养殖草食动物背最长肌氨基酸组成及营养价值评价[J]. 肉类研究, 2022, 36(4): 1-6. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20211223-241. <http://www.rlyj.net.cn>

KHAS-Erdene, AO Changjin, SA Ruli, et al. Evaluation of amino acid composition and nutritional value of *Longissimus doris* from different farmed herbivores in Inner Mongolia region[J]. Meat Research, 2022, 36(4): 1-6. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20211223-241. <http://www.rlyj.net.cn>

草食动物是我国内蒙古和其他北方地区主要的养殖动物, 其中牛、绵羊、山羊是主要的肉食品来源, 而驴肉具有地域性, 或为特定食物的原料。随着饮食结构的多元化, 草食动物来源肉食品的地域性特点逐渐淡化, 已广泛成为人们膳食的重要组成。氨基酸含量与组成是评价蛋白质品质及食品加工特性的重要指标, 评价指标包括必需氨基酸含量、呈味氨基酸含量、必需氨基酸评分、必需氨基酸指数 (essential amino acid index, EAAI) 等^[1-2]。动物肌肉蛋白质中必需氨基酸组成的评价普遍高于植物来源蛋白质及多数其他动物源性蛋白质^[3-4]。动物肌肉蛋白质氨基酸组成受多种因素影响, 其中包括动物种类、饲料组成、地域环境、养殖方式等。多数研究表明, 杂食动物与草食动物肌肉氨基酸组成特点不同^[5-6], 而同为草食动物, 不同物种间亦存在差异, 如绵羊与山羊^[7-8]、绵羊与牛^[9]等。本研究以内蒙古地区集约化养殖条件下, 谷饲草食动物牛、绵羊、山羊和驴背最长肌样品为研究对象, 以鸡胸肉作为参比, 评价其氨基酸组成, 并探讨不同草食动物种类对肌肉氨基酸组成、必需氨基酸评分、呈味氨基酸组成的影响, 旨在为草食动物肉制品加工及利用提供数据参考与理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

不同养殖草食动物, 牛、绵羊、山羊和驴背最长肌鲜肉冻存样品各50份, 共200份, 均来自内蒙古地区标准化养殖场健康出栏动物。样品来源的动物品种包括蒙古牛 ($n=50$)、蒙古绵羊 ($n=50$)、阿尔巴斯山羊 ($n=50$)、德州驴 ($n=50$), 养殖模式均为集约化舍饲, 饲料组成为牧草和配合谷物饲料。以本地区另一重要肉食品来源鸡胸肉为参照, 鸡胸肉来源为白羽来航鸡 ($n=50$), 养殖模式为集约化笼养, 饲喂配合谷物饲料。

17种混合氨基酸标准品、柠檬酸缓冲溶液、茚三酮显色剂 日本Wako公司; 盐酸 (优级纯)、无水乙醇 (色谱纯) 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

L8900全自动氨基酸分析仪 日本日立公司;
JXDC-400氮气吹扫仪 上海净信实业发展有限公司;
Biosafe-10C真空冷冻干燥机 赛飞 (中国) 有限公司;
BSA224S-CW精密天平 赛多利斯科学仪器 (北京) 有限公司;
101-3AB电热鼓风干燥箱 天津市泰斯特仪器有限公司;
SB-5200DTD超声波仪 宁波新芝生物科技股份有限公司。

1.3 方法

1.3.1 样品处理

新鲜冻存肌肉样品切成1~2 cm肉块, 用小型绞肉机切碎, 称取适量, 在-70~-80 °C真空干燥后, 研钵捣碎, 密封保存, 用于氨基酸测定。

1.3.2 氨基酸测定

参照GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》^[10], 采用酸水解法对样品进行处理。称取肌肉冻干粉样品50 mg (精确至0.1 mg) 放入消解管, 加入10.0 mL 6.0 mol/L盐酸溶液, 经冰浴和充氮气后封口, 110 °C烘箱内水解24 h, 移入容量瓶定容至25 mL, 移取0.5 mL上述溶液, 50 °C干浴氮气浓缩至干, 用0.02 mol/L盐酸溶液定容至2.5 mL, 移取约1.5 mL上述准备液, 0.22 μm滤膜过滤后用氨基酸分析仪定量检测氨基酸含量, 以鲜肉质量计。

1.3.3 氨基酸分析仪色谱条件

采用钠离子树脂填充交换柱 (4.6 mm×60 mm, 3 μm), 柠檬酸盐缓冲溶液作为流动相, 流速0.40 mL/min; 分离柱工作温度57 °C, 柱后茚三酮衍生显色, 反应柱工作温度135 °C; 内标法双通道检测, 波长分别为420 nm和570 nm, 前者检测脯氨酸峰度, 后者检测其他16种氨基酸峰度。

1.3.4 氨基酸营养价值评价

根据联合国粮农组织/世界卫生组织/联合国大学 (Food and Agriculture Organization/World Health Organization/United Nations University, FAO/WHO/UNU)

建议的成年人理想蛋白质氨基酸评分标准进行计算及比较, 分别按式(1)~(2)计算必需氨基酸评分和EAAI^[1-2]。

$$\text{必需氨基酸评分} = \frac{\text{样品蛋白质中必需氨基酸含量} / (\text{mg/g})}{\text{评分标准模式中相应必需氨基酸含量} / (\text{mg/g})} \quad (1)$$

$$\text{EAAI} = 100 \times \sqrt[n]{\frac{\text{Lys}_p}{\text{Lys}_s} \times \frac{\text{Thr}_p}{\text{Thr}_s} \times \dots \times \frac{\text{Val}_p}{\text{Val}_s}} \quad (2)$$

式中: n 为比较的必需氨基酸数目($n=8$, 包括亮氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸+半胱氨酸、酪氨酸+苯丙氨酸、苏氨酸、缬氨酸、色氨酸); 下标 p 为测定肌肉蛋白质中必需氨基酸含量/(mg/g); 下标 s 为标准模式蛋白质中对应必需氨基酸含量/(mg/g)。

1.4 数据处理

以动物物种为主效应的单因素方差分析采用SAS Studio(大学版, SAS Institute Inc.) ANOVA程序分析, 进行LSD多重比较, $P < 0.05$ 为差异显著。不同动物肌肉蛋白质中氨基酸相对含量的方差分析结果进一步采用ClustVis 2.0^[11-12]进行系统聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同养殖草食动物肌肉氨基酸含量比较

表1 不同养殖草食动物肌肉氨基酸含量

Table 1 Amino acid contents in muscle from different herbivorous domestic animals

		g/100 g					
氨基酸种类	氨基酸名称	牛肉	绵羊肉	山羊肉	驴肉	鸡胸肉(参照)	标准差
非必需氨基酸	谷氨酸(Glu)	3.02 ^a	2.72 ^b	2.57 ^b	2.71 ^b	2.68 ^b	0.087
	天冬氨酸(Asp)	1.59 ^b	1.64 ^b	1.70 ^b	1.80 ^b	1.79 ^b	0.057
	精氨酸(Arg)	1.28 ^{ab}	1.20 ^c	1.22 ^{bc}	1.30 ^b	1.28 ^{ab}	0.023
	脯氨酸(Pro)	0.88 ^b	0.85 ^b	0.73 ^c	1.11 ^a	0.83 ^b	0.039
	丙氨酸(Ala)	1.23 ^{ab}	1.20 ^b	1.06 ^c	1.28 ^a	1.20 ^b	0.035
	丝氨酸(Ser)	0.66 ^c	0.69 ^c	0.70 ^c	0.82 ^b	0.75 ^b	0.022
	甘氨酸(Gly)	0.96 ^b	0.94 ^b	0.95 ^b	1.11 ^a	0.79 ^c	0.043
	小计	9.55 ^{ab}	9.07 ^{bc}	8.93 ^c	9.95 ^a	9.15 ^{bc}	0.170
	亮氨酸(Leu)	1.72 ^a	1.60 ^b	1.54 ^c	1.72 ^a	1.71 ^a	0.054
	赖氨酸(Lys)	1.60 ^b	1.58 ^b	1.72 ^a	1.62 ^b	1.72 ^a	0.055
必需氨基酸	缬氨酸(Val)	0.93 ^a	0.88 ^b	0.92 ^{ab}	0.84 ^c	0.83 ^c	0.018
	苯丙氨酸(Phe)	1.05 ^a	0.95 ^b	1.04 ^a	0.62 ^b	1.06 ^a	0.025
	异亮氨酸(Ile)	0.92 ^a	0.83 ^b	0.91 ^a	0.82 ^b	0.87 ^{ab}	0.021
	酪氨酸(Tyr) **	0.56 ^b	0.58 ^b	0.66 ^a	0.68 ^a	0.69 ^a	0.018
	苏氨酸(Thr)	0.81 ^c	0.84 ^c	0.84 ^c	1.00 ^b	0.93 ^b	0.019
	组氨酸(His) *	0.66 ^b	0.59 ^c	0.61 ^c	0.61 ^c	0.81 ^a	0.016
	蛋氨酸(Met)	0.44 ^c	0.47 ^{bc}	0.49 ^b	0.53 ^a	0.54 ^a	0.013
	半胱氨酸(Cys) **	0.17 ^b	0.16 ^b	0.19 ^a	0.15 ^b	0.17 ^b	0.006
	Met+Cys	0.61 ^b	0.63 ^b	0.68 ^a	0.68 ^a	0.70 ^a	0.016
	小计	8.80 ^a	8.32 ^b	8.95 ^a	8.73 ^{ab}	9.17 ^a	0.170
	TAA	18.35 ^a	17.39 ^b	17.88 ^b	18.69 ^a	18.32 ^a	0.330

注: 同行小写字母不同, 表示差异显著($P < 0.05$); TAA. 总氨基酸(total amino acids); *. 条件性必需氨基酸; **. 半必需氨基酸。表3同。

由表1可知, 不同动物肌肉样本检测出17种氨基酸, 其中包括10种必需氨基酸和7种非必需氨基酸, 色氨酸在酸水解过程中被破坏, 未检出。4种养殖草食动物肌肉中17种氨基酸总量, 牛肉和驴肉显著高于绵羊肉和山羊肉($P < 0.05$), 但与鸡胸肉无显著差异。各氨基酸在不同动物肌肉中的含量均呈现显著差异($P < 0.05$), 其中牛肉和山羊肉总必需氨基酸含量高于绵羊肉, 与驴肉无显著差异; 而鸡胸肉总必需氨基酸含量显著高于绵羊肉($P < 0.05$), 与其他几种动物无显著差异。比较总非必需氨基酸含量, 驴肉最高, 且显著高于绵羊肉、山羊肉和鸡胸肉($P < 0.05$), 与牛肉差异不显著; 牛肉显著高于山羊肉($P < 0.05$), 与绵羊肉和鸡胸肉无显著差异。

食物蛋白质营养价值高低主要取决于必需氨基酸的含量、种类及比例等。本研究中不同草食动物背最长肌氨基酸含量检测结果表明, 必需氨基酸除色氨酸外均被检出, 说明氨基酸组成较全面, 与人的氨基酸营养需要种类相符^[1-2,13]。对4种不同草食动物肌肉总必需氨基酸含量进行比较, 山羊肉最高, 其次是牛肉, 且二者均显著高于绵羊肉, 而绵羊肉与驴肉无显著差异, 这与其他研究报道中牛^[14-15]、绵羊^[5,16]、山羊^[17-18]和驴^[5,19]背最长肌总必需氨基酸含量测定结果趋于一致。常见动物肌肉必需氨基酸含量根据动物种类、样本水分和脂肪含量等因素不同而异, 为7~10 g/100 g; 如以相对含量计算则不受水分和脂肪等其他成分含量的影响, 依此估算不同动物肌肉必需氨基酸在总氨基酸中的相对含量为40%~53%^[5]。本实验中各动物肌肉必需氨基酸相对含量, 牛肉、绵羊肉、山羊肉、驴肉和鸡胸肉分别为52%、52%、50%、53%和50%, 如不包含属于半必需氨基酸的半胱氨酸和酪氨酸则分别为48%、48%、45%、49%和45%。文献报道牛、绵羊、山羊、驴背最长肌和鸡胸肉中必需氨基酸相对含量(均校正为不包含半胱氨酸和酪氨酸)分别为40%~48%^[14-15]、37%~51%^[5,16]、38%~53%^[17-18]、35%~40%^[5,19]和34%~45%^[5,20]。

动物肌肉蛋白质对于以谷物为主粮的人类饮食结构来说是优质蛋白来源, 其主要原因是, 动物肌肉必需氨基酸中赖氨酸和亮氨酸的含量较高, 其中赖氨酸是人类以谷物为主日粮时的第1限制性氨基酸^[21-22], 而亮氨酸是重要的支链氨基酸, 是肌肉合成代谢即肌肉修复、增长所必需的结构氨基酸^[23-25]。本研究中, 与蛋白质理想模式比较^[1-2], 各草食动物肌肉赖氨酸含量均较高, 其中山羊肉最高, 且显著高于其他草食动物肌肉, 说明山羊肉在提供膳食赖氨酸方面优于其他草食动物肌肉; 牛肉中的亮氨酸及其他支链氨基酸(即缬氨酸和异亮氨酸)含量均高于其他动物肌肉, 说明牛肉在促进肌肉生长方面相较于其他草食动物肌肉表现更佳。

2.2 不同养殖草食动物肌肉必需氨基酸评分与EAAI比较

表2 不同养殖草食动物肌肉必需氨基酸评分与EAAI

Table 2 Essential amino acid scores and EAAIs of muscle protein from different herbivorous domestic animals

氨基酸名称	标准含量/ (mg/g)*	标准 评分	必需氨基酸评分				
			牛肉	绵羊肉	山羊肉	驴肉	鸡胸肉(参照)
异亮氨酸(Ile)	40	100	124	119	127	110	119
亮氨酸(Leu)	70	100	128	125	124	126	127
赖氨酸(Lys)	55	100	160	156	175	149	161
蛋氨酸+半胱氨酸(Met+Cys)	35	100	96	103	109	104	110
苯丙氨酸+酪氨酸(Phe+Tyr)	60	100	147	147	159	143	158
苏氨酸(Thr)	40	100	111	121	118	134	128
缬氨酸(Val)	50	100	101	101	103	90	91
EAAI	100	100	122	123	128	121	126

注: *. FAO/WHO蛋白质理想模式标准中必需氨基酸含量^[1]。

由表2可知,根据FAO/WHO对成年人蛋白质理想模式的定义^[1],本研究中所有草食动物肌肉各必需氨基酸评分均接近或高于蛋白质理想模式,且各必需氨基酸评分为理想模式的1.0~1.5倍,说明草食动物肌肉蛋白质是优质蛋白质来源。各草食动物背最长肌必需氨基酸评分最高的均为赖氨酸,平均值是蛋白质理想模式的1.6倍,其中山羊肉最高,为蛋白质理想模式的1.8倍;而必需氨基酸评分相对较低的为缬氨酸和含硫氨基酸(蛋氨酸+半胱氨酸),但平均值也均接近理想蛋白质模式,分别约为蛋白质理想模式的97%和104%。

EAAI可反映必需氨基酸含量与蛋白质理想模式(标准蛋白质)含量的接近程度,同时一定程度上也可反映蛋白质的代谢利用效率^[3,13]。EAAI高于95,为优质蛋白质来源;EAAI为86~95,为良好蛋白质来源;EAAI为75~86,为可用蛋白质来源;EAAI低于75则为不适宜蛋白质来源^[26-28]。4种动物肌肉蛋白质EAAI均高于95,说明草食动物肌肉蛋白质均属于优质蛋白质来源,其中山羊肉最佳,其次依次为鸡胸肉(参照)、绵羊肉、牛肉、驴肉。

2.3 不同养殖草食动物肌肉呈味氨基酸含量比较

表3 不同养殖草食动物肌肉呈味氨基酸含量比较

Table 3 Flavor amino acid contents in muscle protein from different herbivorous domestic animals

指标	氨基酸	牛肉	绵羊肉	山羊肉	驴肉	鸡胸肉(参照)	标准差
含量/ (g/100 g)	甜味氨基酸	6.20 ^b	5.93 ^b	5.98 ^b	6.77 ^a	6.06 ^b	0.11
	苦味氨基酸	6.92 ^a	6.45 ^b	6.75 ^{ab}	6.66 ^b	7.03 ^a	0.13
	鲜味氨基酸	4.49	4.27	4.29	4.42	4.38	0.09
	总计	17.62	16.65	17.03	17.86	17.46	0.32
	甜味氨基酸	33.83 ^{bc}	34.13 ^b	33.48 ^c	36.23 ^a	33.15 ^c	0.21
在TAA中的 占比/%	苦味氨基酸	37.68 ^b	37.11 ^c	37.75 ^b	35.68 ^d	38.32 ^a	0.15
	鲜味氨基酸	24.46 ^a	24.51 ^a	24.01 ^b	23.64 ^b	23.87 ^b	0.16
	总计	95.98 ^a	95.74 ^a	95.23 ^b	95.54 ^b	95.34 ^b	0.10

由表3可知,肌肉中与风味相关的氨基酸含量在不同动物间存在明显差异。在鲜肉基础上,甜味氨基酸含量在不同动物间差异显著($P<0.05$),其中驴肉显著高于其他动物肉($P<0.05$);苦味氨基酸含量,牛肉和鸡胸肉显著高于绵羊肉和驴肉($P<0.05$),与山羊肉无显著差异。从肌肉TAA中总呈味氨基酸占比来看,牛肉和绵羊肉显著高于其他草食动物肉和鸡胸肉($P<0.05$),驴肉甜味氨基酸占比最高($P<0.05$),鸡胸肉苦味氨基酸占比最高($P<0.05$),鲜味氨基酸占比牛肉和绵羊肉显著高于其他动物肉($P<0.05$)。

肉类食品中多数氨基酸类化合物是呈味物质,这些氨基酸主要通过疏水相互作用与水合蛋白质相结合,具有弱疏水性的氨基酸味道更甜,相反疏水性强的氨基酸苦味更重^[29-31]。丙氨酸、甘氨酸、丝氨酸、脯氨酸是主要的甜味氨基酸,而蛋氨酸、缬氨酸、赖氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸、色氨酸、组氨酸和精氨酸是主要苦味氨基酸^[31-33]。谷氨酸和天冬氨酸由于其酸性化学特性,游离状态时主要呈酸味,但在蛋白质肽链或水解过程中易与钠盐的咸味结合共同呈现鲜味^[25,29]。本研究中,对不同草食动物背最长肌风味相关氨基酸含量进行比较,驴肉甜味更重,而牛肉和绵羊肉鲜味更明显,作为参照的鸡胸肉苦味更重。其他研究报道,对不同动物颈部肌肉游离氨基酸进行比较,驴肉中甜味氨基酸含量高于牛肉和绵羊肉,而鲜味氨基酸含量牛肉优于驴肉和绵羊肉^[6];而另一项研究报道表明,鸡胸肉TAA中苦味氨基酸含量高于牛肉、羊肉和驴肉^[5]。

2.4 不同养殖草食动物肌肉氨基酸组成聚类分析

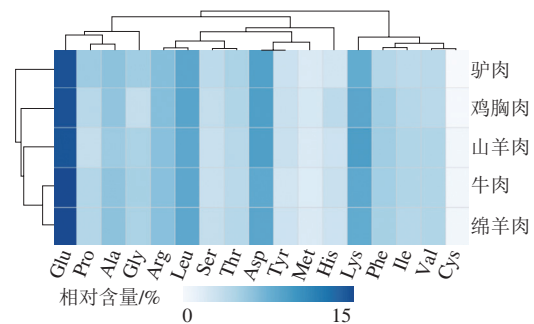


图1 不同养殖草食动物肌肉氨基酸聚类分析

Fig. 1 Cluster heatmap of amino acid profile in muscle of different herbivorous animals

采用系统聚类法,对不同养殖草食动物肌肉氨基酸组成的相关性进行分析。由图1可知,从聚类分析图谱中可明显看出,不同草食动物背最长肌和鸡胸肉中主要氨基酸组成一致,均为谷氨酸含量最高,天冬氨酸、赖氨酸、亮氨酸其次,这与研究报道中牛背最长肌^[34]、绵羊不同部位肌肉^[35]、山羊背最长肌或大腿肌^[18,36]、驴肉制品^[5,37]、

鸡不同部位肌肉^[20]氨基酸组成一致。从氨基酸组成聚类来看,可将大部分必需氨基酸和非必需氨基酸区分,非必需氨基酸中均为谷氨酸和天冬氨酸占比最高,必需氨基酸中赖氨酸和亮氨酸占比最高。从图谱中亦可较清晰分辨出草食动物背最长肌甘氨酸含量明显高于鸡胸肉,而组氨酸含量明显低于鸡胸肉。从聚类结果可知,牛肉和绵羊肉氨基酸组成最为接近,其次二者又与同为反刍动物的山羊肉较接近。单胃草食动物驴在聚类树上处于最远端,其次是杂食家禽鸡(参照),说明二者肌肉氨基酸组成与反刍动物差异较大。

3 结 论

本研究以内蒙古地区集约化养殖草食动物牛、绵羊、山羊和驴背最长肌样品为研究对象,以鸡胸肉为参照,分析不同种类动物肌肉氨基酸含量的差异,用必需氨基酸评分及EAAI评价肌肉氨基酸的营养价值。牛、山羊背最长肌和鸡胸肉总必需氨基酸含量显著高于绵羊肉,而驴肉居中;不同草食动物肌肉与鸡胸肉EAAI均高于95,属于优质蛋白质来源,EAAI顺序为山羊肉>鸡胸肉>绵羊肉>牛肉>驴肉;对呈味氨基酸含量进行比较,驴肉甜味更重,牛肉和绵羊肉鲜味更明显,鸡胸肉苦味氨基酸含量最高;以氨基酸相对含量聚类,绵羊肉和牛肉最接近,驴肉与其他肉差异最大。养殖谷饲草食动物肌肉氨基酸组成各具营养和风味特点,是优质动物蛋白来源,具有进一步研发的潜能。

参考文献:

- [1] Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO ad hoc expert committee. Rome, 22 March-2 April 1971[J]. FAO Nutrition Meetings Report Series, 1973(52): 1-118.
- [2] WHO, FAO and UNU. Protein and amino acid requirements in human nutrition. Report of a joint WHO/FAO/UNU expert consultation[J]. World Health Organization Technical Report Series, 2007, 935: 1-265.
- [3] GILANI G S. Background on international activities on protein quality assessment of foods[J]. British Journal of Nutrition, 2012, 108(Suppl 2): S168-182. DOI:10.1017/S0007114512002383.
- [4] HERREMAN L, NOMMENSEN P, PENNING S B, et al. Comprehensive overview of the quality of plant- and animal-sourced proteins based on the digestible indispensable amino acid score[J]. Food Science and Nutrition, 2020, 8(10): 5379-5391. DOI:10.1002/fsn3.1809.
- [5] 尤娟, 罗永康, 张岩春, 等. 驴肉主要营养成分及与其它畜禽肉的分析比较[J]. 肉类研究, 2008, 22(7): 20-22.
- [6] LI X, AMADOU I, ZHOU G Y, et al. Flavor components comparison between the neck meat of donkey, swine, bovine, and sheep[J]. Food Science of Animal Resources, 2020, 40(4): 527-540. DOI:10.5851/kosfa.2020.e30.
- [7] JIAO Jianxin, WANG Ting, ZHOU Jianwei, et al. Carcass parameters and meat quality of Tibetan sheep and small-tailed Han sheep consuming diets of low-protein content and different energy yields[J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2020, 104(4): 1010-1023. DOI:10.1111/jpn.13298.
- [8] SHIJA D S, MTENGA L A, KIMAMBO A E, et al. Chemical composition and meat quality attributes of indigenous sheep and goats from traditional production system in Tanzania[J]. Asian-Australas Journal of Animal Science, 2013, 26(2): 295-302. DOI:10.5713/ajas.2012.12432.
- [9] PRACHE S, MARTIN B, COPPA M. Review: authentication of grass-fed meat and dairy products from cattle and sheep[J]. Animal, 2020, 14(4): 854-863. DOI:10.1017/S1751731119002568.
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定: GB 5009.124—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-8.
- [11] ClustVis: a web tool for visualizing clustering of multivariate data (BETA)[EB/OL]. <https://biit.cs.ut.ee/clustvis>.
- [12] METSALU T, VILO J. ClustVis: a web tool for visualizing clustering of multivariate data using principal component analysis and heatmap[J]. Nucleic Acids Research, 2015, 43(W1): W566-570. DOI:10.1093/nar/gkv468.
- [13] MILLWARD D J. Amino acid scoring patterns for protein quality assessment[J]. British Journal of Nutrition, 2012, 108(Suppl 2): S31-43. DOI:10.1017/S0007114512002462.
- [14] 侯成立, 李欣, 王振宇, 等. 不同部位牦牛肉氨基酸、脂肪酸含量分析与营养价值评价[J]. 肉类研究, 2019, 33(2): 52-57. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190121-016.
- [15] 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]. 中国草食动物科学, 2017, 37(6): 20-23. DOI:10.3969/j.issn.2095-3887.2017.06.006.
- [16] 王泽栋. 不同地区肉羊营养成分和风味特性差异性研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2021: 16-24.
- [17] 孙寿永, 张浩. 海门山羊不同部位肌肉中氨基酸含量的研究[J]. 中国畜牧兽医, 2012, 39(12): 77-81. DOI:10.3969/j.issn.1671-7236.2012.12.019.
- [18] 邵金良, 黎其万, 刘宏程, 等. 山羊肉中氨基酸含量测定及营养分析[J]. 肉类研究, 2008, 22(8): 60-62.
- [19] 李秀, 杨燕, ABIOLA D S A, 等. 不同部位驴肉风味物质差异分析[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(12): 227-234. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.019651.
- [20] DALLE ZOTTE A, GLEESON E, FRANCO D, et al. Proximate composition, amino acid profile, and oxidative stability of slow-growing indigenous chickens compared with commercial broiler chickens[J]. Foods, 2020, 9(5): 546-555. DOI:10.3390/foods9050546.
- [21] ROSS A C, CABALLERO B, COUSINS K L, et al. Modern nutrition in health and disease[M]. 11th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2014: 3-35.
- [22] SIZER F S, WHITNEY E. Nutrition: concepts and controversies[M]. 13th ed. Delhi: Wadsworth Gengage Learning, 2014: 198-223.
- [23] BURKE L, DEAKIN V, ALLANSON B. Clinical sports nutrition[M]. 5th ed. North Ryde, N.S.W.: McGraw-Hill Education (Australia), 2015: 52-63.
- [24] TANG J E, MOORE D R, KUJBIDA G W, et al. Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men[J]. Journal of Applied Physiology, 2009, 107(3): 987-992. DOI:10.1152/jappphysiol.00076.2009.
- [25] WEST D W, BURD N A, COFFEY V G, et al. Rapid aminoacidemia enhances myofibrillar protein synthesis and anabolic intramuscular signaling responses after resistance exercise[J]. The American

- Journal of Clinical Nutrition, 2011, 94(3): 795-803. DOI:10.3945/ajcn.111.013722.
- [26] 邓泽元. 食品营养学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1984: 26-36.
- [27] 佩特利. 蛋白质食物营养评价[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1984: 43-175.
- [28] 张艳霞, 谢成民, 周纷, 等. 两种养殖模式大黄鱼肌肉营养价值评价及主体风味物质差异性分析[J]. 食品科学, 2020, 41(8): 220-227. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20190513-133.
- [29] RAMALINGAM V, SONG Z, HWANG I. The potential role of secondary metabolites in modulating the flavor and taste of the meat[J]. Food Research International, 2019, 122: 174-182. DOI:10.1016/j.foodres.2019.04.007.
- [30] KAWAI M, SEKINE-HAYAKAWA Y, OKIYAMA A, et al. Gustatory sensation of (*L*)- and (*D*)-amino acids in humans[J]. Amino Acids, 2012, 43(6): 2349-2358. DOI:10.1007/s00726-012-1315-x.
- [31] 吕雪娟, 梁兰兰, 黄华京, 等. 游离氨基酸含量对食品风味特征的影响[J]. 食品科学, 1996, 17(3): 10-12.
- [32] MAHASHI K, MATANO M, WANG H, et al. Bitter peptides activate hTAS2Rs, the human bitter receptors[J]. Biochemical and Biophysical Research Communication, 2008, 365(4): 851-855. DOI:10.1016/j.bbrc.2007.11.070.
- [33] SCHLICHTERLE-CERNY H, AMADO R. Analysis of taste-active compounds in an enzymatic hydrolysate of deamidated wheat gluten[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(6): 1515-1522. DOI:10.1021/jf010989o.
- [34] LEE S H, KIM C N, KO K B, et al. Comparisons of beef fatty acid and amino acid characteristics between Jeju black cattle, Hanwoo, and Wagyu breeds[J]. Food Science of Animal Resources, 2019, 39(3): 402-409. DOI:10.5851/kosfa.2019.e33.
- [35] DONG L, ZHONG Z X, CUI H H, et al. Effects of rumen-protected betaine supplementation on meat quality and the composition of fatty and amino acids in growing lambs[J]. Animal, 2020, 14(2): 435-444. DOI:10.1017/S1751731119002258.
- [36] MIGDAL W, KAWECKA A, SIKORA J, et al. Meat quality of the native carpathian goat breed in comparison with the Saanen breed[J]. Animals, 2021, 11(8): 2220-2234. DOI:10.3390/ani11082220.
- [37] MARINO R, ALBENZIO M, MALVA A D, et al. Nutritional properties and consumer evaluation of donkey bresaola and salami: comparison with conventional products[J]. Meat Science, 2015, 101: 19-24. DOI:10.1016/j.meatsci.2014.11.001.