



无量山乌骨鸡腿肌营养成分分析和评价

戚敏¹, 陈琛¹, 杨秀娟¹, 高映红², 李晓珍³, 曹胜雄¹, 刘廷丹¹, 陶琳丽^{1,*}, 张曦^{1,*}

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

2. 昆明云岭广大种禽饲料有限公司, 云南 昆明 650215; 3. 云南西南饲料有限公司, 云南 昆明 650216)

摘要: 通过对无量山乌骨鸡腿肌的营养成分进行测定, 对比不同性别无量山乌骨鸡腿肌的营养成分差异, 评价其营养价值。结果表明: 无量山乌骨鸡腿肌的粗蛋白含量为 $(23.02 \pm 0.69)\%$ 、粗脂肪含量为 $(2.00 \pm 0.97)\%$ 、灰分含量为 $(1.25 \pm 0.06)\%$ 、水分含量为 $(73.63 \pm 1.29)\%$; 腿肌冻干粉中17种氨基酸的总量达 $(82.59 \pm 4.30)\%$, 鲜味氨基酸总量为 $(28.78 \pm 1.56)\%$, 必需氨基酸含量为 $(34.08 \pm 1.83)\%$, 必需氨基酸/总氨基酸的值为 $(41.26 \pm 0.52)\%$, 必需氨基酸/非必需氨基酸的值为 $(70.26 \pm 1.52)\%$, 氨基酸组成比例均衡; 腿肌冻干粉中18种脂肪酸的总量为 (33.88 ± 9.41) mg/g, 必需脂肪酸含量为 (10.21 ± 2.89) mg/g, 饱和脂肪酸含量为 (14.13 ± 4.41) mg/g, 不饱和脂肪酸含量为 (19.75 ± 5.22) mg/g, 不饱和脂肪酸占比高于50%; 腿肌中磷元素含量为 (721.25 ± 294.75) mg/kg, 镁、钙、铁、锌、铜含量分别为 (240.03 ± 63.06) 、 (24.28 ± 5.56) 、 (14.94 ± 2.76) 、 (11.40 ± 1.94) 、 (1.51 ± 0.85) mg/kg。无量山乌骨鸡腿肌的营养成分具有性别差异性, 公鸡腿肌的水分含量、17种氨基酸总量、鲜味氨基酸、必需氨基酸及磷元素含量显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 高于母鸡, 且公鸡腿肌的氨基酸比值系数分高于母鸡; 母鸡腿肌的粗脂肪、灰分、饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸及锌元素含量显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 高于公鸡。

关键词: 无量山乌骨鸡; 腿肌; 常规营养成分; 氨基酸; 脂肪酸; 矿物质

Analysis and Evaluation of Nutritional Components of Thigh Muscles of Wuliang Mountain Black-Boned Chicken

QI Min¹, CHEN Chen¹, YANG Xiujuan¹, GAO Yinghong², LI Xiaozhen³, CAO Shengxiong¹, LIU Tingdan¹, TAO Linli^{1,*}, ZHANG Xi^{1,*}

(1. Yunnan Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science, Faculty of Animal Science and Technology,

Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. Kunming Yunling Majority of Poultry Feed Co.Ltd.,

Kunming 650215, China; 3. Yunnan Xiernan Feed Co.Ltd., Kunming 650216, China)

Abstract: The nutrient compositions of thigh muscles of Wuliang Mountain black-boned chickens of both sexes were measured and compared, and their nutritional values were evaluated. The results showed that (1) the crude protein content of thigh muscles of Wuliang Mountain black-boned chicken was $(23.02 \pm 0.69)\%$, ash content $(1.25 \pm 0.06)\%$, crude fat content $(2.00 \pm 0.97)\%$, and moisture content $(73.63 \pm 1.29)\%$; (2) the total amount of 17 amino acids in freeze-dried powder of thigh muscles was $(82.59 \pm 4.30)\%$, the total amount of umami amino acids $(28.78 \pm 1.56)\%$, and the total amount of essential amino acids $(34.08 \pm 1.83)\%$, the proportion of essential amino acids in total amino acids $(41.26 \pm 0.52)\%$, and the ratio of essential amino acids to non essential amino acids $(70.26 \pm 1.52)\%$, suggesting well-balanced amino acid composition; (3) the total amount of 18 fatty acids in the freeze-dried powder was (33.88 ± 9.41) mg/g, essential fatty acids (10.21 ± 2.89) mg/g, saturated fatty acid (14.13 ± 4.41) mg/g, unsaturated fatty acid (19.75 ± 5.22) mg/g, and unsaturated fatty acids constituted over 50% of the total fatty acids; (4) the contents of P, Zn, Mg, Ca, Fe and Cu in fresh chicken thigh muscles were (721.25 ± 294.75) , (11.40 ± 1.94) , (240.03 ± 63.06) , (24.28 ± 5.56) , (14.94 ± 2.76) , (1.51 ± 0.85) mg/kg, respectively; and (5) differences in the nutrient composition of thigh muscles were observed between the sexes. The water content, the total amount of 17 amino acids, flavor amino acids, essential amino acids and phosphorus in thigh muscles of male chickens were significantly higher ($P < 0.05$ or $P < 0.01$) than those of female chickens, and an increase was also observed in score of ratio coefficient of amino acid (SRCAA). But the opposite was observed for the contents of crude protein, ash, saturated fatty acids, monounsaturated fatty acids and zinc ($P < 0.05$ or $P < 0.01$).

收稿日期: 2018-01-02

基金项目: 云南省重大科技专项 (2016ZA008); 云南省建立农科教相结合新型农业社会化服务体系试点项目 (2014NG006); 云南省现代农业产业技术体系建设专项 (2017KJTX0017)

第一作者简介: 戚敏 (1993—), 男, 硕士研究生, 研究方向为动物生产学。E-mail: 392572733@qq.com

*通信作者简介: 陶琳丽 (1974—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: tllkm@qq.com

张曦 (1960—), 男, 教授, 博士, 研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: 943727490@qq.com

Keywords: Wuliang Mountain black-boned chicken; thigh muscle; proximate nutrients; amino acids; fatty acids; minerals

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201804001

中图分类号: TS201.4

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2018) 04-0001-06

引文格式:

戚敏, 陈琛, 杨秀娟, 等. 无量山乌骨鸡腿肌营养成分分析和评价[J]. 肉类研究, 2018, 32(4): 1-6. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201804001. <http://www.rlyj.pub>

QI Min, CHEN Chen, YANG Xiujuan, et al. Analysis and evaluation of nutritional components of thigh muscles of Wuliang Mountain black-boned chicken[J]. Meat Research, 2018, 32(4): 1-6. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201804001. <http://www.rlyj.pub>

无量山乌骨鸡是云南省六大名鸡之一, 2010年被列入国家畜禽品种资源遗传名录, 是居住在无量山系的土著民族把狩猎获得的红色原鸡经长期饲养驯化而成的地方品种^[1]。无量山乌骨鸡体形中等, 头较小, 颈长适中, 骨骼粗壮结实, 背腰平直, 胸肌发达, 具有乌骨、乌皮、乌肉的“三乌”特征。无量山乌骨鸡是一种优良的肉蛋兼用型地方鸡种, 生产性能较好, 成年公鸡平均体质量为2 068 g, 成年母鸡平均体质量为2 033 g^[2]。无量山乌骨鸡具有肉产品风味独特、肉质细嫩、营养价值高、蛋品质优异、采食能力强、耐粗饲、抗病力强等优点, 是宝贵的遗传资源。目前关于无量山乌骨鸡的研究主要涉及遗传资源调查和生物学特性等方面, 鸡肉营养价值方面的研究尚未见报道。本研究对无量山乌骨鸡腿肌的基本营养成分、氨基酸组成、脂肪酸组成及矿物质元素组成进行系统分析及评价, 为我国地方鸡品种的开发利用及资源保护提供一定的参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

由云南农业大学提供的300~350日龄、体质量相近的无量山乌骨鸡, 随机选取公、母鸡各26只, 经颈部放血、干拔毛等过程后取腿肌。

甲醇(优级纯)、乙腈(色谱纯)、18种脂肪酸甲酯标准品(色谱纯) 美国Nu-Chekprep公司; 其余试剂均为优级纯或分析纯。

1.2 仪器与设备

LC-20AT高效液相色谱仪、GC-2014高效气相色谱仪、AA-6880F原子吸收分光光度计 岛津(中国)有限公司; DY89-1电动玻璃匀浆机 宁波新芝生物科技股份有限公司; DFY-C快速开盖万能高速粉碎机 温岭市林大机械有限公司; SCIENTZ-10ND冷冻干燥机 北京博医康实验仪器有限公司; 1 000 mL玻璃索氏抽提器 云南省科仪化玻有限公司; JK9830自动凯氏定氮仪 济南精密科学仪器仪表有限公司; SX2-4-10箱式电阻炉 上海崇明实验仪器厂; AL104电子天平 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司。

1.3 方法

1.3.1 样品处理

将腿肌剔除肌腱筋膜后迅速用绞肉机绞成糊状肉糜, 通过匀浆机将其继续混匀, 制成均质肉糜; 将少部分均质肉糜用于水分含量测定, 其余放入冷冻干燥机(-45~-50℃)内, 真空泵抽真空至20 Pa以下, 干燥24 h以上; 将干燥后的肉糜放入干燥器中, 用粉碎机打成粉末, 过80目筛, 装袋; 置于干燥环境下制成绝干样后供后续实验使用。

1.3.2 基本营养成分测定

水分含量测定: 采用冷冻干燥法。水分含量按照公式(1)计算。

$$\text{水分含量}/\% = \frac{m_b - m_c}{m_b - m_a} \times 100 \quad (1)$$

式中: m_a 为自封袋质量/g; m_b 为新鲜样品和自封袋的总质量/g; m_c 为冻干后无水分的样品和自封袋的总质量/g。

粗蛋白含量测定: 参照GB/T 9695.11—2008《肉与肉制品 氮含量测定》; 粗灰分含量测定: 参照GB/T 9695.18—2008《肉与肉制品 总灰分测定》; 粗脂肪含量测定: 参照GB/T 9695.7—2008《肉与肉制品 总脂肪含量测定》。

1.3.3 氨基酸组成测定

使用高效液相色谱法进行检测, 参照GB/T 5009.124—2003《食品中氨基酸的测定》中的酸水解法进行样品水解、样品溶液及氨基酸标准品溶液的衍生。色谱柱: 博纳艾杰尔Venusil氨基酸分析专用柱(150 mm×4.6 mm, 5.0 μm); 流动相流速1.00 mL/min; 梯度洗脱程序如表1所示; 柱温40℃; 进样体积20 μL; 检测波长254 nm。

表1 流动相梯度洗脱程序
Table 1 Mobile phase gradient program

时间/min	0.0	2.0	14.0	29.0	32.0	33.0	39.0	39.1	45.0
流动相B体积分数/%	0	0	7	30	50	100	100	0	0

1.3.4 脂肪酸组成测定

参照GB/T 9695.2—2008《肉与肉制品 脂肪酸测定》, 采用高效气相色谱法进行测定。

1.3.5 矿物质元素组成测定

钙含量测定：参照GB/T 9695.13—2009《肉与肉制品 钙含量测定》；铁含量测定：参照GB/T 9695.3—2009《肉与肉制品 铁含量测定》；锌含量测定：参照GB/T 9695.20—2009《肉与肉制品 锌的测定》；镁含量测定：参照GB/T 9695.21—2008《肉与肉制品 镁含量测定》；铜含量测定：参照GB/T 9695.22—2009《肉与肉制品 铜含量测定》；磷含量测定：参照GB/T 9695.4—2009《肉与肉制品 总磷含量测定》。其中，磷含量测定采用磷-钼钒酸铵法，其余元素含量测定采用原子吸收分光光度法。

1.3.6 氨基酸营养评价

采用氨基酸比值系数法^[3-6]进行氨基酸营养评价。根据1973年联合国粮农组织和世界卫生组织（Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, FAO/WHO）提出的人体必需氨基酸模式与鸡蛋全蛋氨基酸模式，将无量山乌骨鸡腿肌的氨基酸组成分别与上述2种模式进行比对。按照公式（2）~（4）分别计算氨基酸比值（ratio of amino acid, RAA）、氨基酸比值系数（ration coefficient of amino acid, RCAA）和氨基酸比值系数分（score of ratio coefficient of amino acid, SRCAA），根据计算结果对无量山乌骨鸡的氨基酸营养价值进行分析。

$$RAA = \frac{\text{待评价蛋白质必需氨基酸含量}}{\text{FAO/WHO模式中相应必需氨基酸含量}} \quad (2)$$

$$RCAA = \frac{RAA}{RAA \text{ 平均值}} \quad (3)$$

$$SRCAA = 100 - 100 \times CV \quad (4)$$

式中：CV为RCAA的变异系数。

1.4 数据处理

采用Microsoft Excel软件进行数据采集，采用SPSS 19.0软件对数据进行独立样本 t 检验。数据均采用平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 无量山乌骨鸡腿肌的基本营养组成

表 2 无量山乌骨鸡腿肌的4种常规营养成分测定结果（鲜样）
Table 2 Contents of four major nutritional components in fresh thigh muscle of Wuliang Mountain black-bone chicken

指标	公鸡	母鸡	平均值	%
粗蛋白	22.86±0.70 ^a	23.18±0.66 ^a	23.02±0.69	
粗脂肪	1.33±0.36 ^a	2.67±0.93 ^b	2.00±0.97	
灰分	1.24±0.06 ^a	1.28±0.05 ^b	1.25±0.06	
水分	74.48±0.84 ^a	72.77±1.07 ^b	73.63±1.29	
合计	99.92±0.07 ^a	99.90±0.06 ^a	99.91±0.06	

注：同行小写字母不同，表示差异显著（ $P<0.05$ ）；同行大写字母不同，表示差异极显著（ $P<0.01$ ）；平均值不参与差异显著性比较。下同。

由表2可知，不同性别无量山乌骨鸡的腿肌粗蛋白含量差异不显著（ $P>0.05$ ），说明性别对无量山乌骨鸡腿肌粗蛋白含量无影响，与张绮琼等^[7]对江西鸡、海南麻黄鸡和黄鸡（M系及N系）的测定结果一致。无量山乌骨鸡腿肌的粗蛋白含量约为23%，高于杨翠军等^[8]测得的河北柴鸡腿肌（20.45%）和白鸡腿肌（19.46%）以及赵宇鹏等^[9]测得的胡须鸡（16.15%）、改胡须鸡（17.40%）、杏花鸡（15.65%）和仙居鸡（17.22%）的粗蛋白含量。

无量山乌骨鸡腿肌的粗脂肪含量极显著低于母鸡（ $P<0.01$ ），与居继光等^[10]测得的邵伯母鸡腿肌的粗脂肪含量极显著高于公鸡（ $P<0.01$ ）以及马鸿胜等^[11]测得的京白母鸡腿肌粗脂肪含量极显著高于公鸡（ $P<0.01$ ）的实验结果一致。无量山乌骨鸡的腿肌粗脂肪含量（1.33%）低于邵伯公鸡（2.14%）和京白公鸡（1.96%），母鸡的腿肌粗脂肪含量（2.67%）低于邵伯母鸡（2.84%），但高于京白母鸡（2.23%）^[10-11]。

无量山乌骨鸡腿肌的灰分含量显著低于母鸡（ $P<0.05$ ），这与唐继高等^[12]得到的瑶山公鸡肌肉灰分含量显著高于母鸡的结果相反。无量山乌骨鸡腿肌的灰分含量达1.24%，与120日龄的瑶山公鸡相同，高于瑶山母鸡（1.12%），无量山乌骨鸡腿肌和120日龄瑶山公鸡的灰分含量均高于300日龄的瑶山公鸡（1.11%）和母鸡（1.14%）^[12]。无量山乌骨鸡腿肌的灰分含量高于张绮琼等^[7]研究的8周龄江西鸡公鸡腿肌（1.05%）和母鸡腿肌（0.93%）。灰分含量越高，表明无机矿物质元素含量越高。

无量山乌骨鸡腿肌的水分含量极显著高于母鸡（ $P<0.01$ ），和张绮琼等^[7]测得的黄鸡（K系）腿肌水分含量公鸡（72.96%）显著高于母鸡（70.58%）（ $P<0.05$ ）的结果相同。一般情况下，正常鸡肉中的水分含量大约在65%~72%之间，水分含量过低对肉品的嫩度、风味和贮藏期均会产生很大影响^[13]。无量山乌骨鸡腿肌的水分含量略高，平均值为73.63%，这对于肉品的嫩度和风味均有积极意义。

综上所述，无量山乌骨鸡腿肌具有高粗蛋白、低粗脂肪、高矿物质元素、高水分的特点，更加适合需要减肥和喜爱运动的人群食用，导致这些特点的原因除了品种差异外，还可能与无量山乌骨鸡在高原山地环境中的大量运动有关。

2.2 无量山乌骨鸡腿肌的氨基酸组成

由表3可知，在所测定的17种氨基酸中，无量山乌骨鸡腿肌的TAA、UAA和EAA含量均高于母鸡，且差异极显著（ $P<0.01$ ），说明公鸡腿肌的蛋白质营养价值高于母鸡。除赖氨酸外，其余16种氨基酸的含量均表现出性别差异性，说明性别对鸡肉氨基酸含量有很大影响；在除赖氨酸外的16种氨基酸中，除组氨酸含量公鸡

显著低于母鸡 ($P<0.05$) 外, 其余15种氨基酸含量均为公鸡显著 ($P<0.05$) 或极显著 ($P<0.01$) 高于母鸡。鸡肉中蛋白质水解产生的一些氨基酸也是鸡肉重要的呈味物质以及香味前体物^[14]。17种氨基酸中, 公鸡和母鸡腿肌中含量最高的均为谷氨酸, 高达 (13.21 ± 0.71)%, 谷氨酸是鲜味最强的氨基酸, 且无量山乌骨鸡腿肌鲜味氨基酸含量为 (28.78 ± 1.56)%, 可见无量山乌骨鸡腿肌风味十足。无量山乌骨鸡腿肌的7种EAA含量为 (34.08 ± 1.83)%, 与柳源香鸡 (35.8%) 相近^[15]; EAA/TAA和EAA/NEAA无性别差异性, 且EAA/TAA为 (41.26 ± 0.52)%, 符合FAO/WHO的推荐值 (40%), EAA/NEAA为 (70.26 ± 1.52)%, 超过FAO/WHO的推荐值 (60%), 表明无量山乌骨鸡腿肌的氨基酸组成比例均衡, 营养价值较高。

表3 无量山乌骨鸡腿肌的17种氨基酸含量 (冻干粉)
Table 3 Amino acid composition of freeze-dried thigh muscle of Wuliang Mountain black-boned chicken

氨基酸名称	公鸡	母鸡	平均值
天冬氨酸 (Asp) *	8.87 ± 0.54^a	8.58 ± 0.40^b	8.72 ± 0.49
谷氨酸 (Glu) *	13.50 ± 0.74^a	12.92 ± 0.55^b	13.21 ± 0.71
丝氨酸 (Ser)	2.71 ± 0.15^a	2.61 ± 0.13^b	2.66 ± 0.15
甘氨酸 (Gly) *	1.99 ± 0.13^a	1.81 ± 0.11^b	1.90 ± 0.15
组氨酸 (His)	3.51 ± 0.24^a	3.68 ± 0.34^b	3.60 ± 0.31
精氨酸 (Arg)	7.49 ± 0.65^a	7.03 ± 0.51^b	7.26 ± 0.62
苏氨酸 (Thr) #	4.35 ± 0.17^a	4.18 ± 0.21^b	4.26 ± 0.21
丙氨酸 (Ala) *	5.06 ± 0.25^a	4.82 ± 0.29^b	4.94 ± 0.30
脯氨酸 (Pro)	3.62 ± 0.31^a	3.32 ± 0.26^b	3.47 ± 0.32
酪氨酸 (Tyr)	2.70 ± 0.17^a	2.53 ± 0.17^b	2.62 ± 0.19
缬氨酸 (Val) #	4.10 ± 0.24^a	3.95 ± 0.24^b	4.02 ± 0.25
蛋氨酸 (Met) #	2.37 ± 0.13^a	2.27 ± 0.12^b	2.32 ± 0.13
半胱氨酸 (Cys)	0.16 ± 0.04^a	0.10 ± 0.08^b	0.13 ± 0.07
异亮氨酸 (Ile) #	4.21 ± 0.24^a	4.06 ± 0.23^b	4.14 ± 0.25
亮氨酸 (Leu) #	7.11 ± 0.41^a	6.81 ± 0.37^b	6.96 ± 0.41
苯丙氨酸 (Phe) #	3.01 ± 0.18^a	2.84 ± 0.15^b	2.93 ± 0.19
赖氨酸 (Lys) #	9.57 ± 0.56^a	9.33 ± 0.50^b	9.45 ± 0.54
TAA	84.33 ± 4.24^a	80.85 ± 3.66^b	82.59 ± 4.30
EAA	34.71 ± 1.75^a	33.44 ± 1.70^b	34.08 ± 1.83
UAA	29.42 ± 1.60^a	28.13 ± 1.24^b	28.78 ± 1.56
EAA/TAA	41.17 ± 0.51^a	41.36 ± 0.53^a	41.26 ± 0.52
EAA/NEAA	69.99 ± 1.47^a	70.53 ± 1.55^a	70.26 ± 1.52

注: #. 人体所需必需氨基酸; *. 鲜味氨基酸; TAA. 总氨基酸 (total amino acid); EAA. 必需氨基酸 (essential amino acid); UAA. 鲜味氨基酸 (umami amino acid); NEAA. 非必需氨基酸 (nonessential amino acid)。

根据氨基酸比值系数法计算出的RCAA值越接近1, 说明该食品的蛋白质氨基酸模式越接近所对比模式, 当RCAA>1时, 说明该必需氨基酸相对过剩, 当RCAA<1时, 说明该必需氨基酸相对不足。若某种蛋白质的氨基酸种类齐全, 比例合理, 其氨基酸模式越接近FAO/WHO的氨基酸模式要求, 则说明该蛋白质的营养价值越高, 能满足人体营养需求^[4]。

表4 2种参考模式下无量山乌骨鸡腿肌的RAA、RCAA和SRCAA (冻干粉)

Table 4 RAA, RCAA and SRCAA of freeze-dried thigh muscle of Wuliang Mountain black-boned chicken in the FAO/WHO pattern and the whole egg reference pattern

指标		FAO/WHO模式			全蛋模式		
		公鸡	母鸡	平均值	公鸡	母鸡	平均值
苏氨酸	RAA	1.09 ± 0.04	1.04 ± 0.05	1.07 ± 0.05	0.92 ± 0.04	0.89 ± 0.05	0.91 ± 0.04
	RCAA	1.03 ± 0.04	1.03 ± 0.05	1.03 ± 0.05	1.16 ± 0.04	1.16 ± 0.06	1.16 ± 0.05
缬氨酸	RAA	0.82 ± 0.05	0.79 ± 0.05	0.80 ± 0.05	0.62 ± 0.04	0.60 ± 0.04	0.61 ± 0.04
	RCAA	0.78 ± 0.04	0.78 ± 0.05	0.78 ± 0.05	0.78 ± 0.04	0.78 ± 0.05	0.78 ± 0.05
蛋氨酸+半胱氨酸	RAA	0.72 ± 0.04	0.68 ± 0.04	0.70 ± 0.05	0.44 ± 0.03	0.42 ± 0.03	0.43 ± 0.03
	RCAA	0.69 ± 0.04	0.67 ± 0.04	0.68 ± 0.05	0.56 ± 0.03	0.54 ± 0.04	0.55 ± 0.04
亮氨酸	RAA	1.05 ± 0.06	1.01 ± 0.06	1.03 ± 0.06	0.78 ± 0.04	0.75 ± 0.04	0.77 ± 0.05
	RCAA	1.00 ± 0.06	1.00 ± 0.06	1.00 ± 0.06	0.98 ± 0.06	0.98 ± 0.06	0.98 ± 0.06
异亮氨酸	RAA	1.02 ± 0.06	0.97 ± 0.05	0.99 ± 0.06	0.83 ± 0.05	0.79 ± 0.04	0.81 ± 0.05
	RCAA	0.96 ± 0.06	0.96 ± 0.05	0.96 ± 0.06	1.03 ± 0.06	1.03 ± 0.06	1.03 ± 0.06
苯丙氨酸	RAA	0.95 ± 0.06	0.90 ± 0.05	0.92 ± 0.06	0.61 ± 0.04	0.58 ± 0.03	0.60 ± 0.04
	RCAA	0.90 ± 0.05	0.88 ± 0.05	0.89 ± 0.06	0.77 ± 0.05	0.76 ± 0.04	0.76 ± 0.05
赖氨酸	RAA	1.74 ± 0.10	1.70 ± 0.09	1.72 ± 0.10	1.37 ± 0.08	1.33 ± 0.07	1.35 ± 0.08
	RCAA	1.65 ± 0.10	1.67 ± 0.09	1.66 ± 0.10	1.71 ± 0.10	1.74 ± 0.09	1.73 ± 0.10
SRCAA		70.61	69.46	70.03	65.03	63.80	64.41

注: 氨基酸评分不参与差异显著性比较。

由表4可知, 在FAO/WHO模式下, 无量山乌骨鸡腿肌中除了缬氨酸和蛋氨酸+半胱氨酸的RAA和RCAA相较于FAO/WHO模式较低外, 其余氨基酸组成均能够满足人体需要, 且苏氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸的RAA和RCAA均十分接近1, 说明无量山乌骨鸡腿肌的氨基酸组成符合人体需要, 蛋白质具有很高的营养价值。在全蛋模式下, 无量山乌骨鸡腿肌的苏氨酸、亮氨酸和异亮氨酸的RAA和RCAA接近于全蛋模式, 赖氨酸高于全蛋模式, 其余氨基酸均低于全蛋模式。

综上所述, 无量山乌骨鸡的氨基酸模式更加接近于FAO/WHO模式, 且FAO/WHO模式下的SRCAA评分高于全蛋模式。无论在FAO/WHO模式还是在全蛋模式下, 无量山乌骨鸡腿肌的第一限制性氨基酸均为蛋氨酸+半胱氨酸, 且公鸡的SRCAA评分均略高于母鸡, 进一步说明公鸡腿肌的蛋白质营养价值高于母鸡。

2.3 无量山乌骨鸡腿肌的脂肪酸组成

由表5可知, 在所测定的18种脂肪酸中, 无量山乌骨母鸡腿肌的SFA总含量显著高于公鸡 ($P<0.05$), 且SFA中的月桂酸、肉豆蔻酸和棕榈酸含量极显著高于公鸡 ($P<0.01$)。棕榈酸、硬脂酸等SFA不仅是细胞膜中磷脂的重要组成成分, 棕榈酸还能降低血清中的胆固醇含量, 而月桂酸和肉豆蔻酸能够增加血液中胆固醇的含量^[16]。无量山乌骨鸡腿肌的月桂酸和肉豆蔻酸含量极低, 而有益的棕榈酸和硬脂酸含量较高, 因此无量山乌骨鸡腿肌的SFA是有益的。



表5 无量山乌骨鸡腿肌中18种脂肪酸的含量(冻干粉)
Table 5 Fatty acid composition freeze-dried thigh muscle of Wuliang Mountain black-boned chicken

脂肪酸名称	公鸡	母鸡	平均值
月桂酸 (C _{12:0})	0.02±0.00 ^A	0.03±0.01 ^B	0.02±0.01
肉豆蔻酸 (C _{14:0})	0.15±0.07 ^A	0.32±0.15 ^B	0.24±0.14
棕榈酸 (C _{16:0})	5.39±1.42 ^A	8.94±3.05 ^B	7.17±2.96
硬脂酸 (C _{18:0})	7.13±1.48 ^A	6.26±2.26 ^A	6.70±1.94
花生酸 (C _{20:0})	0.01±0.00 ^A	0.01±0.00 ^A	0.01±0.00
棕榈油酸 (C _{16:1, n-7})	0.02±0.00 ^A	0.03±0.01 ^B	0.03±0.01
反式油酸 (C _{18:1, n-9t})	1.02±0.17 ^A	0.94±0.28 ^A	0.98±0.23
油酸 (C _{18:1, n-9c})	5.83±1.67 ^A	8.88±3.32 ^B	7.35±3.03
顺式异油酸 (C _{18:1, n-11c})	0.43±0.12 ^A	0.48±0.09 ^A	0.45±0.11
二十碳一烯酸 (C _{20:1, n-9})	0.14±0.03 ^A	0.14±0.06 ^A	0.14±0.05
反式亚油酸 (C _{18:2, n-6t}) **	0.03±0.01 ^A	0.04±0.02 ^A	0.04±0.02
亚油酸 (C _{18:2, n-6c}) **	6.97±1.55 ^A	7.02±2.81 ^A	6.99±2.25
γ-亚麻酸 (C _{18:3, n-6}) **	0.04±0.01 ^A	0.05±0.01 ^B	0.04±0.01
α-亚麻酸 (C _{18:3, n-3}) **	0.11±0.04 ^A	0.21±0.13 ^B	0.16±0.11
二十碳二烯酸 (C _{20:2, n-6})	0.31±0.06 ^A	0.24±0.07 ^B	0.27±0.07
花生四烯酸 (C _{20:4, n-6}) **	3.56±0.87 ^A	2.41±0.80 ^B	2.98±1.01
二十碳五烯酸 (C _{20:5, n-3})	0.05±0.01 ^A	0.04±0.01 ^A	0.05±0.01
二十二碳六烯酸 (C _{22:6, n-3})	0.26±0.08 ^A	0.27±0.11 ^A	0.27±0.10
SFA	12.70±2.67 ^A	15.56±5.31 ^B	14.13±4.41
MUFA	7.43±1.91 ^A	10.47±3.52 ^B	8.95±3.20
PUFA	11.32±2.20 ^A	10.28±3.56 ^A	10.80±2.98
USFA	18.75±3.44 ^A	20.75±6.46 ^A	19.75±5.22
EFA	10.71±2.13 ^A	9.72±3.47 ^A	10.21±2.89
Σn-3	0.42±0.09 ^A	0.52±0.19 ^B	0.47±0.16
Σn-6	10.90±2.15 ^A	9.75±3.41 ^A	10.33±2.88
总计	31.46±5.97 ^A	36.31±11.52 ^A	33.88±9.41

注: SFA. 饱和脂肪酸 (saturated fatty acid); MUFA. 单不饱和脂肪酸 (monounsaturated fatty acid); PUFA. 多不饱和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid); USFA. 不饱和脂肪酸 (unsaturated fatty acid); EFA. 必需脂肪酸 (essential fatty acid); **. EFA。

无量山乌骨母鸡腿肌的MUFA总含量极显著高于公鸡 ($P<0.01$), 母鸡腿肌MUFA中的棕榈油酸和油酸含量极显著高于公鸡 ($P<0.01$), 表明母鸡腿肌的MUFA营养价值高于公鸡。棕榈油酸具有调节脂肪代谢和胰岛素分泌及抗炎等作用, 对肥胖症和糖尿病的治疗具有积极意义^[17-19]。油酸是营养界的“安全脂肪酸”, 其具有提高血液中高密度脂蛋白含量的作用, 能够预防心脑血管疾病^[20-21], 通常油酸含量是评定食品品质的重要指标。无量山乌骨鸡腿肌中的油酸含量很高, 居18种脂肪酸的第1位。

无量山乌骨鸡腿肌的PUFA总含量无性别差异性, 公鸡腿肌中二十碳二烯酸和花生四烯酸的含量极显著高于母鸡 ($P<0.01$), 而母鸡腿肌中α-亚麻酸和γ-亚麻酸的含量极显著高于公鸡 ($P<0.01$)。中国大多数家庭所消费的动物性食物以畜禽肉为主, 禽肉的单链不饱和脂肪酸含量高于牛肉和羊肉, 其脂肪酸组成以SFA和MUFA为主, PUFA含量较低, 缺乏亚油酸, 几乎不含亚麻酸^[22-23]。在无量山乌骨鸡腿肌PUFA中, 含量最高的是亚油酸, 虽然几乎不含亚麻酸, 但亚油酸含量较高,

可以配合亚麻酸含量较高的食物一同食用, 提高其食用价值。

无量山乌骨鸡腿肌的USFA、EFA和18种脂肪酸的总量无性别差异性, 但EFA含量占总脂肪酸含量的50%以上, 对人体健康具有积极作用。

2.4 无量山乌骨鸡腿肌的矿物质元素组成

表6 无量山乌骨鸡腿肌中6种矿物质元素的含量(鲜样)
Table 6 Contents of 6 mineral elements in fresh thigh muscle of Wuliang Mountain black-boned chicken

矿物质元素名称	公鸡	母鸡	平均值
磷	811.06±322.34 ^a	631.44±237.82 ^b	721.25±294.75
镁	226.67±74.47 ^a	253.40±46.86 ^a	240.03±63.06
钙	22.93±6.46 ^a	25.62±4.20 ^a	24.28±5.56
铁	15.34±2.98 ^a	14.53±2.52 ^a	14.94±2.76
锌	10.86±1.90 ^a	11.94±1.86 ^b	11.40±1.94
铜	1.30±0.24 ^a	1.72±1.15 ^a	1.51±0.85

由表6可知, 无量山乌骨公鸡腿肌的磷元素含量显著高于母鸡 ($P<0.05$), 锌元素含量显著低于母鸡 ($P<0.05$), 其余元素无性别差异性。无量山乌骨鸡腿肌中6种矿物质元素呈现出磷含量>镁含量>钙含量>铁含量>锌含量>铜含量的规律, 与刘操^[24]得出的珍珠鸡、贵妃鸡和雉鸡腿肌中6种矿物质元素的含量规律相同。矿物质元素是动物机体的六大营养素之一, 不能在人体内合成。铁是动物血红蛋白的重要组成成分, 维持血红蛋白的运输功能; 钙是构成骨骼的重要组成成分, 同时也调节神经兴奋性和肌细胞的活动; 铜是人体血蓝蛋白以及多种酶的组成成分, 对血红蛋白的生成有活化作用; 磷是细胞膜的重要组成成分, 同时也是骨骼的重要组成成分^[25]。此外, 锌对动物的大脑功能、机体免疫功能 and 动物的繁殖性能均有重要影响^[26]。钙离子以及与之相关的VD₃是影响鸡肉嫩度的关键因素, 在肉品嫩化过程中, 钙激活蛋白酶起到关键作用, 高浓度钙离子能够促进鸡肉嫩化, 而系水性的高低直接决定肉的质地、风味和食用价值, 且系水性越高, 肉的加工性能越好, 钙、镁离子能够显著增加凝胶的系水性^[27-29]。无量山乌骨母鸡腿肌中的钙元素含量高于公鸡, 这在一定程度上表明母鸡腿肌的嫩度和保水性优于公鸡。

3 结论

无量山乌骨鸡腿肌具有高粗蛋白、低粗脂肪、高矿物质元素和高水分的特点。无量山乌骨鸡腿肌所含氨基酸种类齐全, 鲜味氨基酸含量达(28.78±1.56)%, 表明无量山乌骨鸡腿肌风味十足; EAA/TAA和EAA/NEAA的值符合FAO/WHO的推荐值, 表明无量山乌骨鸡腿肌的氨基酸组成比例平衡; 必需氨基酸符合人体氨基酸需

要,氨基酸评分较高,具有很高的蛋白质营养价值;棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、有益脂肪酸含量丰富,且EFA含量占总脂肪酸含量的50%以上,表明无量山乌骨鸡腿肌对人体健康具有积极作用;矿物元素均衡,磷、镁、钙含量丰富,鸡肉嫩度较高。无量山乌骨鸡腿肌的营养成分具有性别差异性,公鸡腿肌的水分含量、17种氨基酸总量、鲜味氨基酸、必需氨基酸和磷元素含量均高于母鸡,且公鸡腿肌的氨基酸比值系数分高于母鸡,氨基酸营养价值也高于母鸡;母鸡腿肌的粗脂肪、灰分、SFA、MUFA及锌元素含量高于公鸡,母鸡腿肌的脂肪酸营养价值高于公鸡。本研究结果表明,无量山乌骨鸡腿肌的营养价值较高,可以针对不同性别无量山乌骨鸡腿肌的营养特点,根据市场需求,充分开发和利用无量山乌骨鸡资源。

参考文献:

- [1] 周家文. 南涧无量山乌骨鸡遗传资源动态调查报告[J]. 云南畜牧兽医, 2015(5): 12-14. DOI:10.3969/j.issn.1005-1341.2015.05.007.
- [2] 李文德. 无量山乌骨鸡养殖前景展望[J]. 当代畜牧, 2015(29): 1-4.
- [3] 侯娜, 赵莉莉, 魏安智, 等. 不同种质花椒氨基酸组成及营养价值评价[J]. 食品科学, 2017, 38(18): 113-118. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201718018.
- [4] 王芳, 乔璐, 张庆庆, 等. 桑叶蛋白氨基酸组成分析及营养价值评价[J]. 食品科学, 2015, 36(1): 225-228. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201501043.
- [5] 蒋涛, 杨文钰, 刘卫国, 等. 套作大豆贮藏蛋白、氨基酸组成分析及营养评价[J]. 食品科学, 2012, 33(21): 275-279.
- [6] World Health Organization. Energy and protein requirements[R]. Geneva: World Health Organization, 1985.
- [7] 张绮琼, 林树茂, 张发良, 等. 不同鸡种肌肉常量化学成分的比较研究[J]. 安徽农业科学杂志, 2006, 34(15): 3686-3688. DOI:10.13989/j.cnki0517-6611.2006.15.063.
- [8] 杨翠军, 崔文典, 葛剑. 放养河北柴鸡与现代笼养白鸡肉、蛋理化性状和营养成分分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2012(21): 63-65.
- [9] 赵宇鹏, 卜坚珍, 于丽梅, 等. 鸡肉的营养成分和质构特性研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(10): 4097-4100.
- [10] 居继光, 黎寿丰, 居勇, 等. 邵伯鸡屠宰性能测定及肌肉品质分析[J]. 中国家禽学报, 2005, 9(1): 18-20. DOI:10.3969/j.issn.1004-6364.2005.z1.006.
- [11] 马鸿胜, 杨笃宝, 王振勇. 京白鸡肉理化性状的研究[J]. 中国家禽, 1996(2): 23-24.
- [12] 唐继高, 朱丽莉, 吴松成, 等. 不同日龄性别瑶山鸡肉营养成分分析[J]. 中国畜牧学杂志, 2014(6): 129-130. DOI:10.3969/j.issn.1673-4556.2014.06.102.
- [13] 白建, 王瑞. 宰后浸烫对鸡肉水分含量的影响[J]. 食品研究与开发, 2013(7): 42-44. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2013.07.011.
- [14] 张细权. 优质鸡的肉质研究和肉质评价[C]//第十一次国家禽学术讨论会论文集. 长春: 中国畜牧兽医学学会家禽分会, 2003: 152-154.
- [15] 陆宽, 张孝刚, 陈育涛, 等. 柳源香鸡营养成分分析与评价[J]. 肉类研究, 2012, 26(1): 41-44.
- [16] IIBEAS C, CEJAS J, GOMEZ T, et al. Influence of dietary *n*-3 highly unsaturated fatty acids levels on juveniles gilthead seabream (*Sparus aurata*) growth and tissue fatty acid composition[J]. Aquaculture, 1996, 142(3): 221-225. DOI:10.1016/0044-8486(96)01251-3.
- [17] CAO H, GERHOLD K, MAYERS J R, et al. Identification of a lipokine, a lipid hormone linking adipose tissue to systemic metabolism[J]. Cell, 2008, 134(6): 933-944. DOI:10.1016/j.cell.2008.07.048.
- [18] TALBOT N A, WHEELER-JONES C P, CLEASBY M E. Palmitoleic acid prevents palmitic acid-induced macrophage activation and consequent p38 MAPK-mediated-skeletal muscle insulin resistance[J]. Molecular and Cellular Endocrinology, 2014, 393(1/2): 129-142. DOI:10.1016/j.mce.2014.06.010.
- [19] PEREIRA L M, HATANAKA E, MARTINS E F, et al. Effect of oleic and linoleic acids on the inflammatory phase of wound healing in rats[J]. Cell Biochemistry and Function, 2008, 26(2): 197-204. DOI:10.1002/cbf.1432.
- [20] 张玉莹, 柴彦萍, 秦磊, 等. 海蜇不同组织营养成分分析及评价[J]. 食品科学, 2017, 38(2): 133-138. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201702022.
- [21] GILLINGHAM L G, HARRIS-JANZ S, JONES P J H. Dietary monounsaturated fatty acids are protective against metabolic syndrome and cardiovascular disease risk factors[J]. Lipids, 2011, 46(3): 209-228. DOI:10.1007/s11745-010-3524-y.
- [22] 杨文平, 王爱民, 吕林兰, 等. 梭鱼脂肪及脂肪酸成分分析和评价[J]. 食品科学, 2015, 36(20): 181-184. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201520034.
- [23] LECERF J M. 肉类消费: 营养功效与健康影响[J]. 肉类研究, 2015, 29(2): 25-28. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201502006.
- [24] 刘操. 珍珠鸡、贵妃鸡和雄鸡肉营养成分和风味前体物质的对比研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014: 11-19.
- [25] 王镜岩, 朱圣庚, 徐长法. 生物化学(上册)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [26] 王金法, 周明荣, 王宗元, 等. 铜、锌、锰、硒对肉鸡繁殖性能和生殖激素影响的研究[J]. 中国家禽, 1995(3): 27-28.
- [27] 仲伟静, 蒋宗勇, 邹书通, 等. 鸡肉品质的营养调控研究进展[J]. 中国家禽, 2006, 128(20): 83-87. DOI:10.3969/j.issn.1004-6364.2006.20.038.
- [28] 邓丽, 芮汉明. Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和磷酸盐对鸡肉盐溶蛋白凝胶保水性和凝胶特性影响的研究[J]. 现代食品科技, 2005, 21(2): 24-26. DOI:10.3969/j.issn.1673-9078.2005.02.008.
- [29] 蒋爱民. 畜产食品工艺学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 35.