

舍饲和放牧饲养对藏猪营养成分影响分析

张盼¹ 商鹏² 张博¹ 张健² 强巴央宗^{2*} 张浩^{1*}

(1. 中国农业大学 畜禽育种国家工程实验室/动物遗传工程北京市重点实验室,北京 100193;

2. 西藏农牧学院 动物科学学院,西藏 林芝 860000)

摘要 为检测不同饲养方式对藏猪肉营养成分的影响,选择舍饲和放牧饲养的 300 日龄藏猪 18 头,取背最长肌测定其氨基酸、脂肪酸及微量矿物元素含量。结果表明:舍饲组藏猪谷氨酸含量显著低于放牧组($P<0.05$),甘氨酸、丙氨酸及鲜味氨基酸总量极显著低于放牧组($P<0.01$),且两组必需氨基酸/总氨基酸(M_{EAA}/M_{TAA})都在 40%左右,必需氨基酸/非必需氨基酸(M_{EAA}/M_{NEAA})都高于 60%,都达理想蛋白要求;舍饲组多不饱和脂肪酸与必需脂肪酸总量极显著低于放牧组($P<0.01$),膳食推荐 M_{PUFA}/M_{SFA} 最好高于 0.4,放牧组藏猪高于 0.45,达理想值。通过微量矿物元素含量检测发现舍饲组锌和铬含量极显著低于放牧组($P<0.01$),硒含量显著高于放牧组($P<0.05$)。综上,放牧饲养藏猪脂肪酸组成好,肉质风味优于舍饲饲养藏猪。

关键词 藏猪; 饲养方式; 脂肪酸; 氨基酸; 微量矿物元素

中图分类号 S828.8+9

文章编号 1007-4333(2019)10-0055-07

文献标志码 A

Effects of house feeding and grazing on the nutritional composition of Tibetan pork

ZHANG Pan¹, SHANG Peng², ZHANG Bo¹, ZHANG Jian², Chambayangzom^{2*}, ZHANG Hao^{1*}

(1. National Engineering Laboratory for Livestock and Poultry Breeding/Beijing Key Laboratory of Animal Genetic Engineering, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. College of Animal Science, Tibet Agriculture and Animal Husbandry College, Linzhi 860000, China)

Abstract In order to analysis the effects of different feeding methods on the nutritional composition of Tibetan pork, 18 300-day-old Tibetan pigs were selected for feeding and grazing. The longissimus dorsi muscle of pig was sampled for amino acid, fatty acid and trace mineral elements analysis. The results showed that the glutamate content of the pigs in the house feeding group was significantly lower than that in the grazing group ($P<0.05$) and its total amount of umami amino acids, glycine and alanine were significantly lower in the grazing group ($P<0.01$). In addition, the M_{EAA}/M_{TAA} ratio of both groups were around 40% and M_{EAA}/M_{NEAA} was higher than 60%, which met the ideal protein requirements. The total amount of polyunsaturated fatty acids and essential fatty acids in the feeding group were significantly lower than those in the grazing group ($P<0.01$). The dietary recommendation M_{PUFA}/M_{SFA} was preferably higher than 0.4, and the grazing group was higher than 0.45, which was the ideal ratio. The results of trace mineral elements analysis showed that the content of zinc and chromium in the feeding group was significantly lower than that in the grazing group ($P<0.01$), and the selenium content was significantly higher than that in the grazing group ($P<0.05$). In summary, the grazing feeding Tibetan pork had a better fatty acid composition and flesh flavor than those of the house feeding pigs.

Keywords Tibetan pork; fatty acid; amino acid; trace mineral element

收稿日期: 2019-03-21

基金项目: 西藏自治区重点研发及转化计划(XZ201801NB06);西藏自治区厅校联合基金(XZ2017ZRG-33)

第一作者: 张盼, 博士研究生, E-mail: zhangpan95@163.com

通讯作者: 张浩, 教授, 主要从事动物遗传资源研究, E-mail: zhanghao827@163.com

强巴央宗, 教授, 主要从事动物遗传资源研究, E-mail: qbyz628@126.com

猪肉是大多数人类食用动物蛋白的主要来源之一。随着经济发展,生活水平日益提高,消费者对猪肉的要求从以前对数量的要求,逐渐转化为对质量的要求,其中,猪肉的营养、适口性、贮存稳定性是影响消费者喜好的主要因素。脂肪酸组成是影响生鲜猪肉和加工猪肉的营养、工艺以及感官品质等的重要因素^[1],脂肪酸是优等肉质的一个重要指标。脂肪的氧化是产生风味物质的主要途径,不同种类风味的差异主要是由于脂肪氧化产物不同而导致的^[2-3]。氨基酸是蛋白质的主要组成成分,根据其在体内能否合成或合成的量能否满足机体的需要,可分为必需氨基酸与非必需氨基酸;氨基酸的组成及含量是影响食物营养质量和感官鲜味的重要指标^[4]。胴体氨基酸含量是评价猪肉营养价值的指标,也是影响猪肉品质的重要因素^[5]。藏猪作为我国特有地方猪种,具有体小皮薄,肉质鲜美的特点^[6]。近年来,藏猪养殖业受到越来越多关注,改变已有的传统落后的饲养方式,实行藏猪养殖规模化、集约化饲养势在必行。然而,改变传统藏猪饲养方式对其营养成分是否有改变尚未可知,因此,本试验拟以西藏林芝藏猪为试验材料,测定并比较放牧与舍饲两种不同饲养方式下,藏猪肉氨基酸、脂肪酸和微量矿物元素含量的差异,以期为藏猪的科学饲养及其规模化和节约化的现代养殖提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

舍饲组:藏猪 10 头,来自西藏农牧学院教学实习牧场,日粮粗蛋白含量 15%,消化能水平 12.5 MJ/kg,自由采食,舍饲圈舍带室外运动场。

放牧组:藏猪 8 头,来自林芝市工布江达县错高乡国家级藏猪保种基地,仔猪断奶后开始放牧,偶尔补饲整粒的青稞和玉米。所有屠宰待测定的个体均为 300 日龄左右的阉公猪。

1.2 检测指标及方法

1.2.1 氨基酸含量测定

取藏猪左半胴体倒数第 3 至第 4 腰椎处的背最长肌,参照 GB/5009.124—2016《食品安全国家标准中食品中氨基酸的测定》送农业部饲料效价与安全监督检验测试中心(北京),检测氨基酸成分及含量。

1.2.2 脂肪酸含量测定

取左半胴体倒数第 3 至第 4 腰椎处的背最长肌

用于测定肌内脂肪脂肪酸成分及含量。脂肪酸成分及含量参照 GB/T9695.2—2008《肉与肉制品脂肪酸测定》送农业部饲料效价与安全监督检验测试中心(北京)以气相色谱法测定,采用面积归一化法,依据峰面积计算每种脂肪酸的相对百分含量。

1.2.3 矿物质微量元素测定

称取粉碎混均的背最长肌肉样 10 g 左右,置于坩埚中炭化,加入消化液至碳粒消失;再加入 1 mol/L 盐酸 13 mL 继续加热 5 min,洗涤过滤转移到 50 mL 容量瓶定容;通过原子吸收分光光度法测定铜、铁、锌、锰、硒和铬的含量。

1.3 统计分析

试验数据用 SPSS21.0 分析处理,通过软件中 T 检验来分析不同饲养方式下各指标值,结果用平均值±标准差表示,统计显著性水平为($P < 0.05$),极显著水平为($P < 0.01$)。

2 结果与分析

2.1 氨基酸含量检测

藏猪背最长肌中共检测出 18 种氨基酸,两组总氨基酸(TAA)差异不显著($P > 0.05$),舍饲组藏猪背最长肌中谷氨酸、异亮氨酸、组氨酸和非必需氨基酸(NEAA)总量显著低于放牧组($P < 0.05$),甘氨酸、丙氨酸和鲜味氨基酸总量极显著低于放牧组($P < 0.01$)。必需氨基酸(EAA)总量和其他 13 种氨基酸含量差异不显著($P > 0.05$)。两组 M_{EAA}/M_{TAA} 都在 40% 左右, M_{EAA}/M_{NEAA} 都高于 60% (表 1)。

2.2 脂肪酸含量检测

藏猪背最长肌中共检测出脂肪酸 30 种,含 13 种饱和脂肪酸与 17 种不饱和脂肪酸(表 2):13 种饱和脂肪酸中,舍饲组辛酸(C8:0)、癸酸(C10:0)的含量显著高于放牧组($P < 0.05$),十七烷酸(C17:0)、二十一烷酸(C21:0)、山嵛酸(C22:0)显著低于放牧组($P < 0.05$),二十四烷酸(C24:0)含量极显著低于放牧($P < 0.01$),其他无显著性差异;17 种不饱和脂肪酸可分为 6 种单不饱和脂肪酸(肉豆蔻油酸、棕榈油酸、油酸、顺式-11-二十碳烯酸、芥酸、神经酸)和 11 种多不饱和脂肪酸(亚油酸、 γ -亚麻酸、 α -亚麻酸、顺式-11,14-二十碳二烯酸、顺式-8,11,14-二十碳三烯酸、花生四烯酸、顺式-11,14,17-二十碳三烯酸、顺式-5,8,11,14,17-二十碳五烯酸、顺式-13,16-二十碳二烯酸、二十二碳六烯酸、共轭亚油

表 1 不同饲养方式藏猪氨基酸含量比较
Table 1 Comparison of amino acid content of Tibetan pork with different feeding methods

种类 Type	舍饲组 Feeding group	放牧组 Grazing group
天冬氨酸 Asparticacid	6.36 ± 0.37	6.57 ± 0.58
苏氨酸 Threonine	3.24 ± 0.27	3.24 ± 0.29
丝氨酸 Serine	2.56 ± 0.24	2.56 ± 0.20
谷氨酸 Glutamicacid	9.18 ± 0.60 a	10.25 ± 0.82 b
脯氨酸 Proline	3.44 ± 0.91	2.96 ± 0.21
甘氨酸 Glycine	2.88 ± 0.18 A	3.73 ± 0.45 B
丙氨酸 Alanine	3.54 ± 0.33 A	4.44 ± 0.22 B
半胱氨酸 Cystine	0.74 ± 0.07	0.76 ± 0.08
缬氨酸 Valine	3.46 ± 0.26	3.92 ± 0.34
蛋氨酸 Methionine	1.90 ± 0.20	1.88 ± 0.22
异亮氨酸 Isoleucine	2.87 ± 0.26 a	3.23 ± 0.31 b
亮氨酸 Leucine	5.63 ± 0.34	5.69 ± 0.50
酪氨酸 Tyrosine	2.20 ± 0.18	2.30 ± 0.18
苯丙氨酸 Phenylalanine	3.06 ± 0.31	3.06 ± 0.26
组氨酸 Histidine	2.46 ± 0.61 a	3.15 ± 0.32 b
赖氨酸 Lysine	5.99 ± 0.37	6.07 ± 0.59
精氨酸 Arginine	4.32 ± 0.42	4.42 ± 0.36
色氨酸 Tryptophan	0.78 ± 0.07	0.79 ± 0.08
必须氨基酸 Essential amino acid	26.93 ± 1.69	27.87 ± 2.57
非必须氨基酸 Non-essential amino acid	37.24 ± 2.41 a	41.13 ± 2.54 b
鲜味氨基酸 Tasty amino acid	21.96 ± 1.35A	24.98 ± 1.49B
总氨基酸 Total amino acid	64.16 ± 3.88	69.00 ± 5.04

注：同行数据不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)；不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。下同。

Note: Different lowercase letters represent significant differences between treatments ($P < 0.05$). Different uppercase letters indicate extreme significant differences ($P < 0.01$). The same below.

酸)。单不饱和脂肪酸中,舍饲组棕榈油酸(C16:1)显著高于放牧组($P < 0.05$),多不饱和脂肪酸中舍饲组 γ -亚麻酸(C18:3N6)、共轭亚油酸(CLA-c9t11)、顺式-8,11,14-二十碳三烯酸(C20:3N6)、花生四烯酸(C20:4N6)显著低于放牧组($P < 0.05$),亚油酸(C18:2N6C)、 α -亚麻酸(C18:3N3)、顺式-11,14,17-二

十碳三烯酸(C20:3N3)、顺式-5,8,11,14,17-二十碳五烯酸(C20:5N3)、二十二碳六烯酸(C22:6N3)极显著低于放牧组($P < 0.01$)。舍饲组多不饱和脂肪酸(PUFA)与必须脂肪酸(EFA)总量极显著低于放牧组($P < 0.01$),饱和脂肪酸(SFA)与不饱和脂肪酸(USFA)总量等其他指标差异不显著($P > 0.05$)。

表2 不同饲养方式藏猪脂肪酸含量比较

Table 2 Comparison of fatty acid content of Tibetan pork with different feeding methods

脂肪酸 Fatty acid	mg/g	
	舍饲组 Feeding group	放牧组 Grazing group
辛酸 8 : 0	0.05±0.01 a	0.04±0.01 b
癸酸 C10 : 0	0.22±0.06 a	0.15±0.04 b
月桂酸 C12 : 0	0.15±0.03	0.13±0.05
肉豆蔻酸 C14 : 0	2.38±0.55	2.06±0.65
肉豆蔻油酸 C14 : 1	0.06±0.02	0.05±0.01
十五烷酸 C15 : 0	0.04±0.01	0.08±0.04
棕榈酸 C16 : 0	51.17±13.37	41.68±11.40
棕榈油酸 C16 : 1	7.71±2.25 a	5.14±1.64 b
十七烷酸 C17 : 0	0.21±0.08 a	0.39±0.19 b
硬脂酸 C18 : 0	24.09±6.85	21.42±5.87
油酸 C18 : 1N9C	104.38±30.36	89.08±26.46
亚油酸 C18 : 2N6C	11.57±2.51 A	26.36±11.38 B
γ-亚麻酸 C18 : 3N6	0.10±0.02 a	0.15±0.06 b
α-亚麻酸 C18 : 3N3	0.25±0.03 A	2.21±1.57 B
共轭亚油酸 CLA-c9t11	0.07±0.02 a	0.13±0.06 b
花生酸 C20 : 0	0.50±0.16	0.53±0.18
顺式-11-二十碳烯酸 C20 : 1	2.16±0.55	2.49±1.15
二十一烷酸 C21 : 0	0.67±0.19 a	1.36±0.70 b
顺式-11,14-二十碳二烯酸 C20 : 2	0.08±0.02	0.10±0.04
顺式-8,11,14-二十碳三烯酸 C20 : 3N6	0.34±0.04 a	0.52±0.20 b
花生四烯酸 C20 : 4N6	2.21±0.30 a	2.62±0.40 b
顺式-11,14,17-二十碳三烯酸 C20 : 3N3	0.12±0.02 A	0.45±0.27 B
顺式-5,8,11,14,17-二十碳五烯酸 C20 : 5N3	0.03±0.01 A	0.10±0.06 B
山嵛酸 C22 : 0	0.07±0.01 a	0.08±0.01 b
芥酸 C22 : 1N9	0.07±0.03	0.19±0.39
顺式-13,16-二十碳二烯酸 C22 : 2	0.02±0.01	0.02±0.02
二十三烷酸 C23 : 0	0.02±0.01	0.02±0.01
二十四烷酸 C24 : 0	0.25±0.04 A	0.48±0.14 B
顺式-4,7,10,13,16,19-二十二碳六烯酸 C22 : 6N3	0.07±0.02 A	0.31±0.14 B
神经酸 C24 : 1	0.16±0.04	0.23±0.10
饱和脂肪酸 SFA	79.81±20.96	68.41±18.90
不饱和脂肪酸 USFA	129.40±34.67	130.13±39.87
单不饱和脂肪酸 MUFA	114.54±32.83	97.17±28.62
多不饱和脂肪酸 PUFA	14.85±2.66 A	32.96±3.26 B
必需脂肪酸 EFA	14.75±2.65 A	32.84±3.22 B
12-16 碳的饱和脂肪酸 SFA1	53.75±13.94	43.95±12.12
剩余其他饱和脂肪酸 SFA2	25.85±7.17	24.32±6.83
M_{SFA2}/M_{SFA1}	0.48±0.03 A	0.55±0.03 B
M_{PUFA}/M_{SFA}	0.19±0.04 A	0.48±0.13 B

2.3 微量矿物质元素含量

通过对藏猪背最长肌进行常规微量矿物质元素测定发现(表 3):舍饲组和放牧组间肌肉铜、铁、锰等

矿物元素含量差异均不显著($P>0.05$);舍饲组锌和铬含量极显著低于放牧组($P<0.01$);硒含量显著高于放牧组($P<0.05$)。

表 3 不同饲养方式藏猪微量矿物质元素含量比较

Table 3 Comparison of trace elements of Tibetan pork with different feeding methods

组别 Group	铜 Copper	铁 Iron	锌 Zinc	锰 Manganese	硒 Selenium	铬 Chromium
舍饲组 Feeding group	4.83±0.69	37.00±7.35	50.25±3.73 A	0.01±0.00	0.27±0.05 a	0.82±0.56 A
放牧组 Grazing group	4.58±0.65	42.17±5.34	56.67±3.72 B	0.01±0.00	0.18±0.07 b	2.32±0.73 B

3 讨论

3.1 不同饲养方式藏猪背最长肌氨基酸含量比较

现代营养学认为肉类蛋白质的营养价值取决于组成蛋白质的氨基酸的种类、含量、比例以及消化率等。氨基酸的组成情况,不仅决定蛋白质的品质,还与肉的品质和风味相关;肉品中的鲜味主要受天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸等 4 种鲜味氨基酸所影响,这些氨基酸含量的多少决定了肌肉的鲜美程度^[7]。本试验中,放牧组谷氨酸含量显著高于舍饲组($P<0.05$),甘氨酸、丙氨酸及鲜味氨基酸总量极显著多于舍饲组($P<0.01$),可能因为放牧饲养藏猪食物来源广,采食的食物中谷氨酸、甘氨酸和丙氨酸的含量较多造成,需要进一步细致研究核实。已有研究表明不同能量日粮水平会使贵州从江香猪部分氨基酸含量有所差异^[8],因此也有可能是放牧与舍饲能量水平不同而导致氨基酸含量有所差异。本研究中放牧组鲜味氨基酸总量高,说明放牧饲养的藏猪肉风味比舍饲饲养藏猪味道鲜美。

据世界卫生组织(WHO)和联合国粮农组织(FAO)1985年修订的理想蛋白质人体必需氨基酸的含量模式谱和计分标准^[9], M_{EAA}/M_{TAA} 在 40%左右, M_{EAA}/M_{NEAA} 高于 60%。本试验中,舍饲组藏猪 M_{EAA}/M_{TAA} 的值为 42%, M_{EAA}/M_{NEAA} 达 72%,放牧组藏猪 M_{EAA}/M_{TAA} 的值为 41.1%, M_{EAA}/M_{NEAA} 达 67.7%,说明舍饲与放牧藏猪肉氨基酸含量都很丰富,均达理想蛋白质要求。

3.1 不同饲养方式藏猪脂肪酸含量比较

脂肪酸是脂肪合成的主要组分,其组成是影响猪肉营养价值的重要因素。脂肪酸根据分子结构的不同可以分为饱和脂肪酸(SFA)、不饱和脂肪酸

(UFA);不饱和脂肪酸又分为单不饱和脂肪酸(MUFA)与多不饱和脂肪酸(PUFA)两种。

MUFA 能降低心脏病的发病率,降低血糖、胆固醇的含量,并且有调节血脂等功能^[10]。PUFA 参与多种关键生物功能的分子合成^[11],猪肉中 PUFA 含量高对人体健康有好处,但是对猪肉肉质性状有负面影响,会使脂肪变得松软、易氧化变质,不易储存^[12]。营养学上一般用 M_{PUFA}/M_{SFA} 值来评价肉的营养价值,此值越高代表营养价值越好^[13]。人类营养学认为 M_{PUFA}/M_{SFA} 值为 0.45 或稍微高于此值为佳,WHO 膳食推荐 M_{PUFA}/M_{SFA} 最好高于 0.4^[14-15],本试验中放牧组比值高于 0.45,接近理想值。

与 PUFA 的作用相反,SFA 的过量摄取容易增加血清胆固醇含量,加速动脉硬化进而导致冠心病等疾病的发生^[16]。SFA 可细化为 SFA1(12-16 碳的饱和脂肪酸)与 SFA2(其余饱和脂肪酸),其中 SFA1 的危害更大,SFA1 中的肉豆蔻酸(C14:0)和棕榈酸(C16:0)是诱发人体的心血管疾病的主要因素^[17],因此 M_{SFA2}/M_{SFA1} 的质量比值越高越好。本试验中放牧组藏猪的 SFA2 与 SFA1 质量比值显著高于舍饲组($P<0.05$),鲁云凤^[18]等通过测量南阳黑猪与大白猪的脂肪酸含量,发现两种猪的 M_{SFA2}/M_{SFA1} 比值分别为 0.49 与 0.62,本试验放牧组藏猪 M_{SFA2}/M_{SFA1} 比值为 0.55,介于二者之间。

必需脂肪酸是指人体无法合成,必须从食物中摄取的脂肪酸,是衡量食物营养价值的重要参考指标,必需脂肪酸进入人体后可转化为多种脂肪酸。本试验中,放牧组藏猪背最长肌必需脂肪酸含量是舍饲组 2.2 倍,极显著多于舍饲组($P<0.01$),必需氨基酸是必须从食物中摄取,说明放牧采食的食物中必需氨基酸含量高。功能性脂肪酸—CLA,是一

种新发现的营养素,属于多不饱和脂肪酸,具有低血脂、预防动脉粥样硬化、抗癌、免疫调节、降糖、促进骨细胞及骨骼形成等作用,目前已经广泛应用于农业与食品工业^[19-20],本试验放牧组藏猪 CLA 含量显著高于舍饲组($P < 0.05$)。

3.2 不同饲养方式藏猪微量元素含量比较

微量元素作为机体内多种酶和蛋白质的组分,可直接参与机体代谢,调节动物机体的生长发育、繁殖性能及免疫功能等^[21]。锌在动物体分布广泛,主要通过食物获取。锌通过调节免疫细胞的活化、分化及有丝分裂等,在免疫系统中发挥功能,改善动物对疾病的抵抗力尤其是传染病^[22]。锌还参与动物整个繁殖过程,通过对各种酶活和激素的调节影响生长发育。哺乳动物中的硒以谷胱甘肽过氧化物酶和硫氧还蛋白还原酶的形式存在,对调节甲状腺激素的平衡、抗癌、治疗糖尿病等起重要作用,硒缺乏时会使人免疫力降低,增加患病风险^[23]。本试验中放牧组藏猪背最长肌硒含量显著低于舍饲组($P < 0.05$),可能因舍饲饲料中铬含量高所致,由于动物体内微量元素存在协同拮抗作用,铬能减少硒的吸收^[24]。铬参与三大营养物质代谢^[25-26],猪日粮添加铬有助于提高采食量,降低仔猪腹泻^[26]。猪肉是人体几种必须微量元素的重要来源,增加或优化肉中必需微量元素的含量比例有重要意义^[27]。

4 结 论

与舍饲方式相比,放牧饲养藏猪具有更好的肉品质,主要体现在鲜味氨基酸含量丰富,多不饱和脂肪酸含量高,富含锌、铬等有益于人类健康的微量矿物元素,但硒含量低。因此,在藏猪养殖业中,可采用放牧饲养方式来生产高档优质藏猪肉。

参考文献 References

- [1] Davoli R, Catillo G, Serra A, Zappaterra M, Zambonelli P, Zilio D M, Steri R, Mele M, Buttazzoni L, Russo V. Genetic parameters of backfat fatty acids and carcass traits in Large White pigs[J]. *Animal*, 2018, 64(4): 1-9
- [2] 张建友, 赵瑜亮, 丁玉庭, 高飞, 吕飞. 脂质和蛋白质氧化与肉制品风味特征相关性研究进展[J]. *核农学报*, 2018, 32(7): 1417-1424
Zhang J Y, Zhao Y L, Ding Y T, Gao F, Lv F. Relationships of lipid oxidation and protein oxidation with flavor characteristics of meat products[J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2018, 32(7): 1417-1424 (in Chinese)
- [3] 王志勇, 孙宝国, 梁梦兰, 谢建春. 脂质氧化产生香味物质[J]. *中国油脂*, 2004, 29(9): 41-44
Wen Z Y, Sun B G, Liang M L, Xie J C. Flavor compounds from lipid oxidation[J]. *China Oils and Fats*, 2004, 29(9): 41-44 (in Chinese)
- [4] 胡广英, 曹喧雅, 曹日亮, 刘华栋, 段娅娜, 王红宝. 中草药添加剂对不同品种猪肉中氨基酸含量的影响[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2018(19): 146-149
Hu G Y, Cao X Y, Cao R L, Liu H D, Duan Y N, Wang H B. Effect of Chinese herbal medicine additives on amino acid content in different pork varieties[J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2018(19): 146-149 (in Chinese)
- [5] 王强, 刘益平. 大恒优质鸡不同品系胸肌肌苷酸和鲜味氨基酸含量的研究[J]. *中国畜牧兽医*, 2012, 39(10): 232-235
Wang Q, Liu Y P. Study on the content of inosine monophosphate and delicious amino acids in different strains of Daheng high-quality chickens[J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2012, 39(10): 232-235 (in Chinese)
- [6] 强巴央宗, 张浩, 纪素玲, 凌遥, 王强, 占堆. 藏猪屠宰性能和肉质测定与分析[J]. *中国畜牧杂志*, 2008, 44(21): 10-11
Qiang B, Zhang H, Ji S L, Ling Y, Wang Q, Zhan D. Slaughter performance and meat quality measurement and analysis of Tibetan pigs[J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2008, 44(21): 10-11 (in Chinese)
- [7] 吴健, 夏广军, 于永生, 张国梁, 赵玉民, 严昌国. 育肥时间对延黄牛生长性能和肌肉品质的影响[J]. *吉林农业大学学报*, 2015, 37(5): 600-604
Wu J, Xia G J, Yu Y S, Zhang G L, Zhao Y M, Yan C G. Effects of fattening period on growth performance and meat quality of Yan-yellow cattle[J]. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2015, 37(5): 600-604 (in Chinese)
- [8] 陈伟, 肖伟, 喻昌毅, 许厚强, 孙成娟, 周迪. 日粮能量对贵州从江香猪肌肉中氨基酸含量的影响[J]. *贵州畜牧兽医*, 2017, 41(3): 9-13
Chen W, Xiao W, Yu C Y, Xu H Q, Sun C J, Zhou D. Effect of dietary energy on amino acid content in muscles of Guizhou Xiangjiang pig[J]. *Guizhou Journal of Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2017, 41(3): 9-13 (in Chinese)
- [9] 徐荣, 郭刚军, 袁志章, 杨炎. 明月草营养成分的分析及评价[J]. *现代食品科技*, 2013, 29(3): 621-624
Xu R, Guo G J, Yuan Z Z, Yang Y. Analysis and evaluation of nutritional components of Minguecao[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2013, 29(3): 621-624 (in Chinese)
- [10] 张伟敏, 钟耕, 王伟. 单不饱和脂肪酸营养及其生理功能研究概况[J]. *粮食与油脂*, 2005, 18(3): 13-15
Zhang W M, Zhong G, Wang W. Study survey of nutrition and biological function of MUFA[J]. *Journal of Cereals & Oils*, 2005, 18(3): 13-15 (in Chinese)
- [11] Wallis J G, Watts J L, Browse J. Polyunsaturated fatty acid synthesis: What will they think of next? [J]. *Trends in*

- Biochemical Sciences*, 2002, 27(9): 467-473
- [12] Azain M J. Role of fatty acids in adipocyte growth and development[J]. *Journal of Animal Science*, 2004, 82(3): 916-924
- [13] 黄业传, 李洪军, 吴照民, 李凤. 不同部位荣昌猪肉中脂肪含量和脂肪酸组成对比[J]. *食品科学*, 2011, 32(22): 216-220
Huang Y C, Li H J, Wu Z M, Li F. Comparison of muscle lipid content and fatty acid composition among different positions of Rongchang pork carcass[J]. *Food Science*, 2011, 32(22): 216-220 (in Chinese)
- [14] Wood J D, Richardson R I, Nute G R, Fisher A V, Campo M M, Kasapidou E, Sheard P R, Enser M. Effects of fatty acids on meat quality: A review[J]. *Meat Science*, 2004, 66(1): 21-32
- [15] 刘亚娜, 郎玉苗, 包高良, 韩冬洁, 孙宝忠, 谢鹏, 张丽, 李海鹏, 余群力. 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
Liu Y N, Lang Y M, Bao G L, Han D J, Sun B Z, Xie P, Zhang L, Li H P, Yu Q L. Comparison and analysis of nutrition characteristics for gannan yak meat and Chinese Simmental meat[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, 37(15): 360-364 (in Chinese)
- [16] Kim S R, Jeon S Y, Lee S M. The association of cardiovascular risk factors with saturated fatty acids and fatty acid desaturase indices in erythrocyte in middle-aged Korean adults[J]. *Lipids Health Dis*, 2015, 14(24): 133-143
- [17] Regulska-Ilow B, Ilow R, Kawicka A, Rozanska D, Salomon A, Dudziak K, Konikowska K. Evaluation of fatty acids daily intake and diets atherogenicity of dietetics students of Wroclaw Medical University[J]. *Rocz Panstw Zakl Hig*, 2013, 64(3): 183-190
- [18] 鲁云凤, 张晓娜, 张征田. 南阳黑猪和大白猪脂肪酸分析及其综合评价[J]. *中国畜牧兽医*, 2017, 44(4): 1032-1036
Lu Y F, Zhang X N, Zhang Z T. Analysis and comprehensive evaluation of fatty acid in Nanyang Black pig and Large White pig[J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2017, 44(4): 1032-1036 (in Chinese)
- [19] 孙慧, 王帅, 荣瑞芬. 功能性脂质: 共轭亚油酸的功能及应用研究进展[J]. *生物加工过程*, 2016, 14(6): 77-81
Sun H, Wang S, Rong R F. Role of functional lipids in conjugated linoleic acid; A review [J]. *Chinese Journal of Bioprocess Engineering*, 2016, 14(6): 77-81 (in Chinese)
- [20] Decker E A, Park Y. Healthier meat products as functional foods[J]. *Meat Science*, 2010, 86(1): 49-55
- [21] Liu B, Xiong P W, Chen N N, He J N, Lin G, Xue Y, Li W F, Yu D Y. Effects of replacing of inorganic trace minerals by organically bound trace minerals on growth performance, tissue mineral status, and fecal mineral excretion in commercial grower-finisher pigs[J]. *Biological Trace Element Research*, 2016, 173(2): 316-324
- [22] Nishida K, Uchida R. Role of zinc signaling in the regulation of mast cell-, basophil- and T cell-mediated allergic responses[J]. *Journal of Immunology Research*, 2018(5): 1-9
- [23] 陈雪君, 刘建新. 肉中的功能性成分及其营养调控[J]. *食品与生物技术学报*, 2012, 31(3): 253-258
Chen X J, Liu J X. study on functional compounds in meats and their dietary manipulation[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2012, 31(3): 253-258 (in Chinese)
- [24] 李光辉. 微量元素间及其与营养素之间的协同与拮抗作用[J]. *乳业科学与技术*, 2005, 27(2): 80-82
Li G H. The cooperation and antagonism between trace elements and nutrients [J]. *Journal of Dairy Science and Technology*, 2005, 27(2): 80-82 (in Chinese)
- [25] 徐晨晨. 微量元素铬对营养代谢调控的研究进展[J]. *家禽科学*, 2012(1): 12-15
Xu C C. Research progress on the regulation of nutrient metabolism by trace element chromium [J]. *Poultry Science*, 2012(1): 12-15 (in Chinese)
- [26] 张娜娜, 曹洪战, 芦春莲. 微量元素铬在仔猪生产上应用的研究[J]. *饲料广角*, 2015(16): 45-47
Zhang NN, Cao H Z, Lu C L. Study on the application of trace element chromium in piglet production [J]. *Feed China*, 2015(16): 45-47 (in Chinese)
- [27] Rooke J A, Flockhart J F, Sparks N H. The potential for increasing the concentrations of micro-nutrients relevant to human nutrition in meat, milk and eggs [J]. *The Journal of Agricultural Science*, 2010, 148(5): 603-614

责任编辑: 杨爱东