

钟春英, 刘力源, 黄舒玮, 宾石玉, 陆祖军. 高仿野生条件养殖的野香猪体脂肪、胶原蛋白、氨基酸及硒含量分析 [J]. 广东农业科学, 2019, 46(5): 107-112.

高仿野生条件养殖的野香猪体脂肪、 胶原蛋白、氨基酸及硒含量分析

钟春英¹, 刘力源², 黄舒玮¹, 陆祖军¹, 宾石玉¹, 吴先锋³

- (1. 广西师范大学生命科学学院, 广西 桂林 541004;
2. 藤县同心镇国土规建环保安监站, 广西 藤县 543300;
3. 广西银象香猪养殖场, 广西 恭城 542500)

摘要:【目的】研究高仿野生条件下养殖的野香猪的肉质品质。【方法】用索氏提取法、羟脯氨酸比色法和邻苯二胺紫外分光光度法及氨基酸自动分析仪对野香猪的脂肪、胶原蛋白、氨基酸及硒含量进行检测。【结果】野香猪的肌肉(前后腿肉等量混合)、皮(含皮下脂肪)、大肠和小肠的脂肪含量分别为29.8、417.6、124.9、15.6 mg/g, 胶原蛋白含量分别为9.03、312.21、18.36、19.58 mg/g; 肌肉的门冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸含量分别为13.5、23.7、8.4 g/kg; 硒含量为大肠0.78 mg/kg, 小肠0.77 mg/kg, 皮肉混合组0.70 mg/kg; 而饲用青料硒含量为0.43~1.06 mg/kg。【结论】野香猪肉中脂肪含量适中, 胶原蛋白、氨基酸及硒含量丰富。

关键词: 野香猪; 生态养殖; 脂肪; 胶原蛋白; 硒; 氨基酸; 肉品质

中图分类号: S815.8

文献标志码: A

文章编号: 1004-874X(2019)05-0107-06

Analysis on the Contents of Body Fat, Collagen, Amino Acid and Selenium in Wild Pigs Raised Under Highly Simulated Wild Conditions

ZHONG Chunying¹, LIU Liyuan², HUANG Shuwei¹, LU Zujun¹, BIN Shiyu¹, WU Xianfeng³

- (1. College of Life Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China; 2. Supervision Station of National Land's Planning and Construction and Environmental Safety in Tongxin Town, Tengxian 543300, China; 3. Guangxi Yinxiang Xiang Pig raising Farm, Gongcheng 542500, China)

Abstract: 【Objective】 The study was conducted to understand the meat quality of wild pigs that raised in highly simulated wild conditions. 【Method】 Approaches of soxhlet extraction, hydroxyproline colorimetry, o-phenylenediamine ultraviolet spectrophotometry and amino acid automatic analyzer were used to detect the contents of fat, collagen, amino acid and selenium in wild pigs cultured under highly simulated wild condition. 【Result】 The results showed that the fat content of muscles (mixed with equal mass of meat from the fore bock and back legs), skin (including subcutaneous fat), large intestine and small intestine were 29.8, 417.6, 124.9 and 15.6 mg/g, respectively, and the collagen content of them were 9.03, 312.21, 18.36 and 19.58 mg/g, respectively. The contents of aspartic acid, glutamic acid and alanine in muscle were 13.5, 23.7 and 8.40 g/kg, respectively. The contents of selenium in large intestine, small intestine and the mixed meat and skin were 0.78, 0.77 and 0.70 mg/kg, respectively. While the selenium content of green fodders was 0.43~1.06 mg/kg. 【Conclusion】

收稿日期: 2019-01-17

基金项目: 广西自然科学基金(13GXNSFAA019059); 广西高等教育本科教学改革工程项目(2017JGB161); 桂林市科学研究与技术开发计划项目(20180102-1)

作者简介: 钟春英(1995—), 女, 在读硕士生, 研究方向为动物学, E-mail: 879036979@qq.com

通信作者: 陆祖军(1963—), 男, 博士, 教授, 研究方向为环境微生物, E-mail: 1946208364@qq.com

The fat content of wild pork was moderate and was rich in collagen, amino acid and selenium.

Key words: wild pig; ecological culture; fat; collagen; selenium; amino acid; meat quality

【研究意义】目前，随着居民生活水平与科学文化素质的提高，健康、环保理念逐渐深入人心并不断地外化成对健康、洁净环境的高度重视以及对安全、绿色食品的无限追求，因此，生态养殖应运而生。高仿野生条件的养殖模式是生猪生态养殖的主要形式^[1]。广西恭城县西岭镇（110° 80'E, 24° 96'N）属喀斯特地貌，年均降雨量 1 437.7 mm，年均气温 19.7 ℃，人均土地面积达 8 284.5 m²（按 2017 年常住人口计算），土地资源相当丰富^[2]。为满足市场对安全、绿色食品的需求，该镇某香猪养殖场利用丰富的土地资源进行高仿野生条件养殖野香猪。对该养殖模式下该品系的猪肉品质进行研究，可为市场选择提供参考。【前人研究进展】野香猪是野猪（*Sus scrofa*）与香猪（Xiang pig）的杂交品种，遗传了亲本耐粗饲、抗病力强的特点，兼具香猪性早熟、繁殖力高和适应性强的优势^[3]。黄光成等^[4]介绍了野香猪的生态养殖技术，但缺乏该养殖方式与所产猪肉品质的关系分析。顾丽菊等^[5]研究表明，野乔菜替代部分精料可降低从江香猪生长速度、提高胴体品质及肉品质。其他相关研究表明，有机硒对延长猪肉的货架期、改善猪肉肉色、提高猪肉保水力和抗氧化水平有显著作用^[6]。【本研究切入点】目前尚无高仿野生条件下以富硒饲料养殖生猪及其肉品质研究的相关报道。鉴于此，本研究通过测定和分析该养殖条件下的野香猪相关部位的脂肪、胶原蛋白、氨基酸及硒含量，评价高仿野生条件下以富硒饲料养殖的野香猪肉的品质。【拟解决的关键问题】明确以富硒青料进行高仿野生条件养殖的野香猪的猪肉脂肪、胶原蛋白、氨基酸及硒含量，为生猪生态养殖模式和野香猪种质分析提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试野香猪为广西桂林市恭城某香猪养殖场 4 头健康且体格相近的 10 月龄野香猪（恭城野猪和巴马香猪的二次杂交后代，2 ♀、2 ♂）。其饲养环境为高仿野生条件，即白昼山野放养，夜晚归栏管理；育肥阶段全饲青料【主要为象

草 *Pennisetum purpureum* Schum、红薯 *Ipomoea batatas* (L.) Lam（块茎和藤）、山药 *Dioscoreae rhizoma*】，青料均种植在养殖场所在村落，种植过程不使用任何化肥、农药，均施以经无害化处理的该养殖场所产固、液废弃物；猪的生活周期除疫苗免疫 3 次外，不用任何抗生素及生长调节剂促长。出栏周期一般为 8~10 个月。

主要试剂：硫酸溶液（H₂SO₄ ≈ 3 mol/L）、pH 调节剂（NaOH ≈ 3 mol/L）、柠檬酸盐缓冲溶液（pH=6.8）、氯胺 T 溶液、对二甲氨基苯甲醛显色剂（C₉H₁₁NO=10 g/mL）、羟脯氨酸标准储备液（0.5 mg/mL）、5%EDTA 溶液、（1+9）盐酸溶液、硒标准储备液（100 mg/L）、硒标准溶液（1 mg/L）、1% 邻苯二胺溶液，实验用水均为去离子水。

主要仪器：TU-1901 紫外可见分光光度计（北京普析通用仪器有限责任公司）、PHS-3B 精密级数字式酸度计（上海虹益仪器仪表有限公司）、SET 高精度数显恒温加热台（深圳市帆与航电子科技有限公司）、HH-4 恒温水浴锅（国华电器有限公司）、分析天平 FA214A（上海豪晟科学仪器有限公司）、电热恒温鼓风干燥箱 DHG-9070A（浙江托普仪器有限公司）

1.2 试验方法

1.2.1 样品采集 2017 年 5 月对供试的 10 月龄野香猪进行屠宰，猪只屠宰前禁食 24 h，可自由饮水；屠宰后 2 h 内取大肠（除去表面脂肪后切碎混匀）、小肠（除去表面脂肪后切碎混匀）、胴体皮（含皮下脂肪）及前、后腿肉各 500 g，冷冻保存。取饲用的主要青料象草、红薯块茎和藤、山药块茎，测定前先将青料洗净晾干，再粉碎混匀和称量。

1.2.2 指标测定 主要测定指标包括脂肪含量、胶原蛋白含量、氨基酸含量和硒含量，其中脂肪和胶原蛋白含量以肉（为前腿肉和后腿肉各 100 g 的混合样）、皮、大肠、小肠样品进行测定，氨基酸含量以肉样进行测定，硒含量以大肠、小肠、皮肉混合样以及青料进行测定。

（1）脂肪含量测定：参照文献^[9]中的索氏提取法（略有改动）测定脂肪含量。精确称取样品 5 g，粉碎、干燥并研细。将样品用石油醚进

行抽提，抽提结束后将接收瓶干燥后称量，计算样品脂肪含量：

$$X = \frac{m_1 - m_0}{m_2} \times 1000$$

式中， X 为样品脂肪含量 (mg/g)， m_1 为抽提干燥后脂肪和接收瓶的质量 (g)， m_0 为接收瓶质量 (g)， m_2 为样品质量 (g)，1000 为换算系数。

(2) 胶原蛋白含量测定：参照韩瑞超等^[10]的方法测定胶原蛋白含量。准确称取样品 2 g，用 3 mol/L 硫酸溶液进行消解 12 h 后调节酸碱度为 pH7.0 并进行显色，测定样品溶液对 558 nm 波长的吸光值，计算样品胶原蛋白含量：

$$Y = \frac{X}{M} \times 11.1$$

式中， Y 为样品胶原蛋白含量 (mg/g)， X 为样品羟脯氨酸质量 (mg)， M 为样品质量 (g)，11.1 为羟脯氨酸换算成胶原蛋白的系数。

(3) 氨基酸含量测定：委托广西分析测试研究中心以氨基酸自动分析仪完成测定。

(4) 硒含量测定：参照周建波等^[11]的方法测定硒含量。准确称取样品 2 g，烘干后进行消解，调节 pH 达 2.0 后加入甲苯充分振荡后静置 5~8 min，测定有机相 335 nm 吸光值，计算样品硒含量：

$$X = A \times V \times \frac{V_1}{V_2} \div M$$

式中， X 为样品硒含量 (mg/kg)， A 为甲苯萃取液硒浓度值 ($\mu\text{g/mL}$)， V 为甲苯萃取液体积 (mL)， V_1 为样品消解液所用体积 (mL)， V_2 为样品消解液总体积 (mL)， M 为样品质量 (g)。

1.2.3 标准曲线制备 (1) 胶原蛋白含量标准曲线：将 2 mL 羟脯氨酸标准储备液用水定容至 100 mL 制成工作溶液。向 6 支水解管中分别加入 0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL 羟脯氨酸工作溶液，

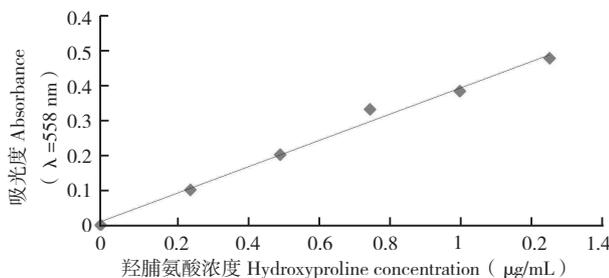


图 1 羟脯氨酸的标准曲线

Fig. 1 Standard curve of hydroxyproline

用水补至 4 mL。羟脯氨酸的显色和含量测定同 1.2.2 (2) 所述。所得结果见图 1，其线性方程为 $y = 0.3806x + 0.0091$ ($r^2 = 0.9909$)。

(2) 硒含量标准曲线：分别取 0、1、2、3、4、5 mL 的 1 $\mu\text{g/mL}$ 硒标准溶液，加水定容至 40 mL，显色和含量测定按 1.2.2 (4) 所述。所得结果见图 2，其线性方程为 $y = 0.022x - 0.0009$ ($r^2 = 0.9825$)。

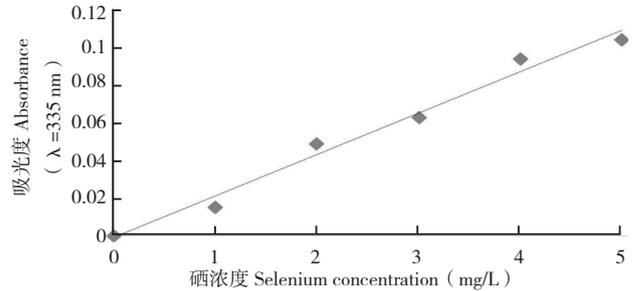


图 2 硒的标准曲线

Fig. 2 Standard curve of selenium

1.3 数据分析

样品的脂肪、胶原蛋白、氨基酸及硒含量测定重复 3 次，以平均值 \pm 标准差表示。利用 Excel2010 对测定数据进行整理，再用 SPSS19.0 统计软件包进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 野香猪不同部位脂肪含量

由表 1 可知，野香猪肉、皮、大肠和小肠 4 个部位的脂肪含量以皮的最高，为 417.6 mg/g；小肠的脂肪含量最低，为 15.6 mg/g。皮的脂肪含量极显著高于肉、大肠和小肠，大肠的脂肪含量极显著高于小肠和肉，而肉与小肠的脂肪含量无显著差异。

表 1 野香猪不同部位脂肪、胶原蛋白含量
Table 1 The contents of fat and collagen in different position of wild pig

部位 Position	脂肪含量 Fat content (mg/g)	胶原蛋白含量 Collagen content (mg/g)
肉 Muscles	29.8 \pm 0.11	9.03 \pm 0.13
皮 Skin	417.6 \pm 2.27	312.21 \pm 0.33
大肠 Large intestine	124.9 \pm 0.53	18.36 \pm 0.57
小肠 Small intestine	15.6 \pm 0.08	19.58 \pm 1.42

2.2 野香猪不同部位胶原蛋白含量

由表 1 可知，野香猪肉、皮、大肠和小肠

4个部位的胶原蛋白含量以皮的最高,为312.21 mg/g;肉的胶原蛋白含量最低,为9.03 mg/g。皮的胶原蛋白含量极显著高于肉、大肠和小肠,肉的胶原蛋白含量显著低于大肠与小肠,大肠与小肠的胶原蛋白含量无显著差异。

2.3 野香猪肉氨基酸含量

由表2可知,野香猪肉中的总氨基酸含量达141.20 g/kg,鲜味氨基酸占总氨基酸含量的47.30%。17种氨基酸中谷氨酸含量最高(23.70 g/kg),胱氨酸含量最低。鲜味氨基酸中谷氨酸含量最高,其次分别为天冬氨酸、苯丙氨酸、丙氨酸、甘氨酸。

表2 野香猪肉中氨基酸含量
Table 2 Contents of amino acids in wild pork (g/kg)

氨基酸种类 Kinds of amino acid	氨基酸含量 Amino acid content	氨基酸种类 Kinds of amino acid	氨基酸含量 Amino acid content
天冬氨酸 Asp*	13.50 ± 0.79	蛋氨酸 Met	3.40 ± 0.44
苏氨酸 Thr	6.60 ± 0.20	异亮氨酸 Ile	7.40 ± 0.10
丝氨酸 Ser	5.40 ± 0.20	亮氨酸 Leu	12.50 ± 0.26
谷氨酸 Glu*	23.70 ± 0.26	酪氨酸 Tyr	6.80 ± 0.36
脯氨酸 Pro	5.40 ± 0.26	苯丙氨酸 Phe*	13.50 ± 0.40
甘氨酸 Gly*	7.70 ± 0.36	赖氨酸 Lys	13.40 ± 0.22
丙氨酸 Ala*	8.40 ± 0.30	组氨酸 His	4.40 ± 0.17
胱氨酸 Cys	0.30 ± 0.06	精氨酸 Arg	9.60 ± 0.44
缬氨酸 Val	6.60 ± 0.26		

注: * 为鲜味氨基酸。

Note: * represents flavor amino acid.

2.4 野香猪不同部位及青料的硒含量

从图3可见,大肠(0.78 mg/kg)、小肠(0.77 mg/kg)和皮肉混合样(0.70 mg/kg)的硒含量差异不显著;青料中山药(块茎)(1.06 mg/kg)的硒含量极显著高于象草(0.49 mg/kg)、红薯块茎

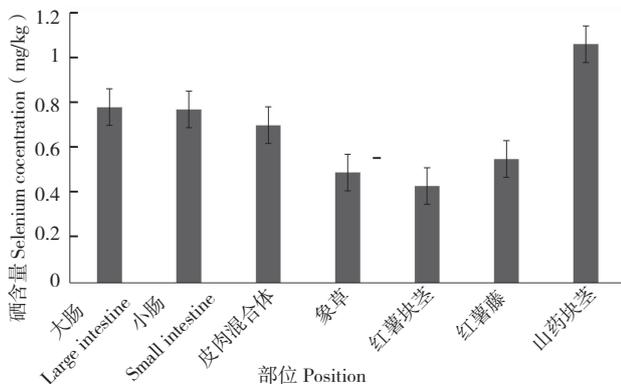


图3 野香猪不同部位及青料硒含量

Fig. 3 The content of selenium in different position of wild pigs and green fodders (mg/kg)

(0.43 mg/kg)和红薯藤(0.55 mg/kg),红薯藤的硒含量极显著高于红薯块茎,但象草与红薯块茎、红薯藤的硒含量差异不显著。

3 讨论

本试验检测了恭城某香猪养殖场野香猪的脂肪、胶原蛋白、氨基酸、硒含量以及饲用青料的硒含量等指标。大量研究表明,肌肉中脂肪含量与肉品的风味和多汁性呈正相关,基于对猪肉口感和对消费者健康的考虑,一般认为,肌肉脂肪含量以2%~3%较为理想^[12-14]。本研究野香猪肉的脂肪含量为29.8 mg/g(即2.98%),可见以高仿野生条件养殖时,从脂肪含量角度来看,野香猪肉的食用性比较理想。大肠的脂肪含量显著高于肉和小肠,表明大肠具有较强的多汁性。

胶原蛋白构成了动物的支持组织,具有增强机体皮肤组织细胞储水能力、增强肌肤弹性、保持皮肤柔软细嫩等生理功能^[15]。肌肉胶原蛋白含量的增加及其溶解度的下降,可以改善肌肉的保水力,提高肌肉的抗氧化性能,但也降低肌肉的嫩度^[16]。李开雄等^[17]研究表明,猪皮的总蛋白质含量一般为33%,其中胶原蛋白占87.8%,即皮的胶原蛋白含量为28.97%。而本研究野香猪猪皮的胶原蛋白含量为312.21 mg/g(即31.22%),高于一般猪的猪皮胶原蛋白含量,这可能是其口感紧实的原因。而大、小肠鲜嫩爽脆的口感可能与其高胶原蛋白含量有关。

氨基酸含量是影响猪肉风味和品质的重要因素。在烹饪和烧烤条件下猪肉中的葡萄糖、核糖与肉中固有的氨基酸发生化学反应产生多种挥发性风味产物或风味前体物质,使猪肉产生香甜味^[18],丙氨酸和甘氨酸则直接赋予猪肉独特的甜味^[19];鲜味氨基酸如天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、苯丙氨酸不仅直接赋予肉的鲜味^[20],还能中和肉的酸、碱味(甘氨酸、丙氨酸)而改善肉的风味^[21];甘氨酸可部分参与美拉德反应,缓和含硫氨基酸脱硫后产生的刺激性硫味,使肉的气味变得柔和、纯正^[22]。本研究中的野香猪肉与风味相关的氨基酸(天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、苯丙氨酸)含量比其他氨基酸含量高,其中谷氨酸含量最高(23.70 g/kg),而鲜味氨基酸的含量占总氨基酸的比例高达47.30%,

说明野香猪肉的风味佳。这可能与野香猪在高仿野生条件养殖模式下食谱较广、体质较好有关。

硒能替换半胱氨酸中的硫原子形成硒代半胱氨酸,参与蛋白质的合成,在抗氧化、调节免疫功能、预防心血管疾病、抗病毒、抗衰老、抗癌等方面均有作用^[23-24]。饲喂育肥野香猪的主要青料硒含量为0.43~1.06 mg/kg,符合DB6124.01-2010^[25]富硒产品标准要求(0.005~2 mg/kg)。这些青料当地生产,种植过程不施用富硒肥料,其高硒含量是否与当地土壤硒含量有关需进一步研究。富硒猪肉标准为0.02~0.50 mg/kg^[25],恭城野香猪肉中的硒含量为0.70~0.78 mg/kg,高于富硒食品硒含量标准,能满足人们日常饮食对微量硒元素的需求。肉、大肠和小肠的硒含量差异并不显著,由此可以初步判断硒在猪体内不同部位的累积无差异;食用野香猪的不同部位均可达到补充硒元素的效果。恭城野香猪的富硒特性可能与食用富硒饲料有关。

4 结论

研究表明,在高仿野生条件养殖模式下,恭城野香猪肉呈现中等脂肪、高胶原蛋白、高氨基酸含量和富硒的特性。这除了与其特殊饲养方式(以野外放养为主,圈养为辅,主饲当地青料,不添加任何促长剂和抗生素)有关外,可能还与该猪的品系(巴马香猪和恭城本地野猪二次杂交的后代)有关。

参考文献 (References):

[1] 刘长海.生态猪养殖技术要点及发展趋向研究[J].今日畜牧兽医,2018,34(12):42.
LIU C H. Research on key points and development trend of ecological pig breeding technology [J]. *Today Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2018, 34(12): 42.

[2] 恭城县地方志编纂委员会.恭城县志[EB/OL].(1992.02)[2019.01].
<http://lib.gxdqw.com/view-c64-1.html>.
Local chronicles editorial board of Gongcheng County. *Gongcheng County Annals* [EB/OL]. (1992.02) [2019.01]. <http://lib.gxdqw.com/view-c64-1.html>.

[3] 莫玉萍, 钟舒红, 唐敏桃, 曹腾, 何家康. 广西巴马香猪的种质特性及开发利用[J]. 猪业科, 2011, 28(10): 116-118. doi:10.3969/j.issn.1673-5358.2011.10.038.
MO Y P, ZHONG S H, TANG M T, CAO T, HE J K. Germplasm characteristics and exploitation of Guangxi bama xiang pig [J]. *Swine Industry Science*. 2011, 28(10): 116-118. doi:10.3969/

j.issn.1673-5358.2011.10.038.

[4] 黄光成, 陈梓亮, 李浪. 野香猪的健康生态养殖技术[J]. 农业工程技术, 2016, 36(23): 58-59. doi:10.16815/j.cnki.11-5436/s.2016.23.050.
HANG G C, CENG Z L, LI L. Healthy ecological breeding technology of wild xiang pig agricultural engineering technology [J]. *Agricultural Engineering Technology*, 2016, 36(23): 58-59. doi:10.16815/j.cnki.11-5436/s.2016.23.050.

[5] 顾丽菊, 燕志宏, 宋高翔, 张依裕, 刘华钧, 谌洪光. 野乔菜替代部分精料对从江香猪生长性能、屠宰性能及肉质的影响[J]. 广东农业科学, 2016, 43(2): 133-137. doi:10.16768/j.issn.1004-874X.2016.02.025.
GU L J, YAN Z H, SONG G X, ZHANG Y Y, LIU H J, CHEN H G. Effects of partial substitution of concentrate with wild buckwheat on growth, slaughter performance and meat quality of Congjiang Xiang pigs [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2016, 43(2): 133-137. doi:10.16768/j.issn.1004-874X.2016.02.025.

[6] 尹兆正, 钱利纯, 李肖梁, 卢立志. 蛋氨酸硒对生长猪生长性能、胴体特性和肉质的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2005(9): 35-37.
YI Z Z, QIAN L C, LI X L, LU L Z. Effects of selenium methionine on growth performance carcass characteristics and meat quality of growing pigs [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2005(9): 35-37.

[7] 赵燕. 硒的分子生物学研究及在猪上的应用[J]. 温州农业科技, 2007(3): 1-6.
ZHAO Y. Molecular biology of selenium and its application in pigs [J]. *Wenzhou Agricultural Science and Technology*, 2007(3): 1-6.

[8] 夏枚生, 张红梅, 胡彩虹. 纳米硒对肥育猪肌肉品质的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2005(3): 263-268. doi:10.3321/j.issn:1008-9209.2005.03.007.
XIA M S, ZHANG H M, HU C H. Effect of Nano-Selenium on meat quality of pigs [J]. *Journal of Zhejiang University (Agric. & Life Sci.)*, 2005(3): 263-268. doi:10.3321/j.issn:1008-9209.2005.03.007.

[9] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会 GB/T 5009.6-2016. 食品安全国家标准: 食品中脂肪的测定[S]. 2016
National Health and Family Planning Commission of PRC. GB/T 5009.6-2016. National Food Safety Standard: Determination of Fats in Foods [S]. 2016

[10] 韩瑞超. 比色法测定保健食品中胶原蛋白的探讨[J]. 明胶科学与技术, 2015, 35(3): 148-152. doi:10.3969/j.issn.1004-9657.2015.03.008.
HAN R C. Determination of collagen in health food by colorimetry [J]. *The Science and Technology of Gelatin*, 2015, 35(3): 148-152. doi:10.3969/j.issn.1004-9657.2015.03.008.

[11] 周建波, 张秋萍, 刘安喜, 胡荣奇. 用超声波加快硒-邻苯二胺的络合与萃取测定硒(IV) [J]. 高等学校化学学报, 1993(3): 342-344. doi:10.1007/BF02656947.
ZHOU J B, ZHANG Q P, LIU A X, HU R Q. The complexation and extraction of selenium were accelerated by ultrasonic wave (IV) [J]. *Chemical Research In Chinese Universities*, 1993(3): 342-344. doi:10.1007/BF02656947.

[12] 张瑾, 过伟, 樊宝良, 朱文进, 郑李彬, 刘秋月, 邓学梅, 胡晓湘, 李

- 宁.Clenbuterol 诱导载脂蛋白 D 在猪脂肪组织中表达加强[J]. 畜牧与兽医, 2008, 40(1): 3-7.
- ZHANG J, GUO W, FAN B L, ZHU W J, ZHEN L B, LIU Q Y, DENG X M, HU X X, LI N. Apolipoprotein D up-regulated in pig adipose tissue with administration of clenbuterol [J]. *Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2008, 40(1): 3-7.
- [13] 尹靖东, 李德发. 猪肉质形成的分子机制与营养调控[J]. 动物营养学报, 2014, 26(10): 2979-2985.
- YI J D, LI D F. Molecular mechanism underlying meat quality formation and its nutritional regulation in pigs [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2014, 26(10): 2979-2985.
- [14] 李庆岗, 经荣斌. 猪肌肉内脂肪酸的研究进展[J]. 饲料博览, 2004, (13): 10-11. doi:10.3969/j.issn.1001-0084.2004.03.004.
- LI Q G, JING R B. Advances in fatty acids in pig muscle [J]. *Feed Review*, 2004(13): 10-11. doi:10.3969/j.issn.1001-0084.2004.03.004.
- [15] 邹慧, 于慧, 张辉, 孙佳明. 动物源胶原蛋白提取及应用研究进展[J]. 吉林中医药, 2019, 39(2): 225-227. doi:10.13463/j.cnki.jlzyy.2019.02.022.
- ZHI H, YU H, ZHANG H, SUN J M. Research progress of extraction and application of collagen [J]. *Jilin Journal of Chinese Medicine*, 2019, 39(2): 225-227. doi:10.13463/j.cnki.jlzyy.2019.02.022.
- [16] 李华, 陈伟, 曾勇庆, 魏述东, 陈其美, 宋一萍, 钱源. 猪肌肉中胶原蛋白特性及其与肉质性状关系的研究[J]. 养猪, 2012(3): 51-54. doi:10.13257/j.cnki.21-1104/s.2012.03.023.
- LI H, CHEN W, ZENG Y Q, WEI S D, CHEN Q M, SONG Y P, QIAN Y. Study on the intramuscular collagen properties and their relationship with meat quality in pigs [J]. *Swine Production*, 2012(3): 51-54. doi:10.13257/j.cnki.21-1104/s.2012.03.023.
- [17] 李开雄, 赵志远, 刘霞. 猪皮中胶原蛋白的提取及其应用[J]. 肉类研究, 1996(4): 43-46, 48.
- LI K X, ZHAO Z Y, LIU X. Extraction and application of collagen from pig skin [J]. *Meat Research*, 1996(4): 43-46, 48.
- [18] 贾晓旭. 猪肉的风味及影响因素[J]. 猪业科学, 2007(8): 78-80. doi:10.3969/j.issn.1673-5358.2007.08.023.
- JIA X X. The flavor of pork and its influencing factors [J]. *Swine Industry Science*, 2007(8): 78-80. doi:10.3969/j.issn.1673-5358.2007.08.023.
- [19] AMES J M. Control of the Maillard reaction in food systems [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 1990, 1(6): 150-154. doi:10.1016/0924-2244(90)90113-D.
- [20] KATO H, RHUE M R, NISHIMURA T. Role of amino acids and peptides in food taste//TERANISHI R, BUTTERRY R G, SHAHIDI F. Flavor chemistry: trends and developments [C]. Washington DC: American Chemical Society, 1989. doi:10.1021/bk-1989-0388.ch013.
- [21] 孙亚伟, 张笑莹, 张晓红, 徐新龙, 张扬, 蔺宏凯, 姚刚. 新疆褐牛不同部位肌肉氨基酸组成及分析[J]. 新疆农业大学学报, 2010, 33(4): 299-302. doi:10.3969/j.issn.1007-8614.2010.04.004.
- SUN Y W, ZHANG X Y, ZHANG X H, XU X L, ZHANG Y, LIN H K, YAO G. Composition and analysis of amino acids in different parts muscle of Xinjiang Brown Cattle [J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 2010, 33(4): 299-302. doi:10.3969/j.issn.1007-8614.2010.04.004.
- [22] 李聚才, 刘自新, 王川, 梅宁安, 马小明. 不同杂交肉牛背最长肌氨基酸含量分析[J]. 肉类研究, 2012, 26(9): 19-22.
- LI J C, LIU Z X, WANG C, MEI N G, MA X M. Analysis of amino acid contents of longissimus dorsi in different crossbreeds of beef cattle [J]. *Meat Research*, 2012, 26(9): 19-22.
- [23] STADTMAN T C. Selenoproteins—tracing the role of a trace element in protein function [J]. *PLoS Biol*, 2005, 3(12): e421. doi:10.1371/journal.pbio.0030421.
- [24] 张勇胜, 李仁兰, 刘妍, 贺瑜, 黄可可. 硒对人体健康作用的研究进展[J]. 内科, 2018, 13(4): 623-625, 662. doi:10.16121/j.cnki.cn45-1347/r.2018.04.25.
- ZHANG Y S, LI R L, LIU Y, HE Y, HUANG K K. Research progress on effects of selenium on human health [J]. *Internal Medicine*, 2018, 13(4): 623-625, 662. doi:10.16121/j.cnki.cn45-1347/r.2018.04.25.
- [25] 安康市质量技术监督局. 富硒食品硒含量分类标准: DB6124.01-2010 [S]. 2010.
- Ankang Municipal Quality and Technical Supervision Bureau. Classification standard for selenium content in foods rich in selenium: DB6124.01-2010 [S]. 2010.

(责任编辑 崔建勋)