

几种地方猪猪肉及其腊肉制品的感官特性和理化品质分析

刘文营¹, 高欣悦², 李 享¹, 成晓瑜¹, 王守伟¹, 乔晓玲^{1,*}

(1. 中国肉类食品综合研究中心, 肉类加工技术北京市重点实验室, 国家肉类加工工程技术研究中心, 北京 100068;
2. 北京市第一六一中学, 北京 100031)

摘要: 随着消费者对高品质猪肉需求的增加, 我国地方猪养殖和肉制品加工产业迎来了一个快速发展的时机, 为了开展对地方猪肉质量属性的比较分析, 本研究以外三元猪肉为对照样品, 对市场份额较大的壹号土猪、北京黑猪、湘村黑猪和东北民猪的背最长肌营养属性、理化和感官特性进行比较分析, 对五花中层脂肪的诱导氧化稳定性进行分析, 并就其腊肉制品的氧化状态、色泽特征、风味特征和滋味特性进行分析。结果显示: 外三元猪肉具有最高的蛋白质量分数、最低的粗脂肪质量分数和较高的水分质量分数; 壹号土猪肉和湘村黑猪肉pH值较高, 东北民猪肉pH值较低; 地方猪肉红度 (a^*) 值和黄度 (b^*) 值均高于外三元猪肉, 除东北民猪肉外, 其他地方猪肉的亮度 (L^*) 值均高于外三元猪肉; 除湘村黑猪肉外, 本研究考察的其他地方猪肉总抗氧化能力 (total antioxidant capacity, T-AOC) 均高于外三元猪肉, 其中壹号土猪肉的T-AOC最高; 壹号土猪液化脂肪的诱导氧化时间最长 ($P < 0.05$), 其他猪液化脂肪的诱导氧化时间均较短 ($P > 0.05$); 东北民猪腊肉、湘村黑猪腊肉 L^* 值低于外三元猪肉 ($P > 0.05$); 壹号土猪腊肉的 L^* 值最高 ($P < 0.05$), 但 a^* 值和 b^* 值最低 ($P > 0.05$); 壹号土猪腊肉的硫代巴比妥酸反应物 (thiobarbituric acid reactive substance, TBARS) 值最低, 北京黑猪腊肉的TBARS值最高 ($P < 0.05$); 5种腊肉产品主体风味特征明显, 运用主成分分析可以实现对不同产品的区分, 其中东北民猪腊肉与外三元猪腊肉风味有相似之处; 外三元猪腊肉的涩味值较低, 但酸味、涩味回味、鲜味、鲜味回味和咸味值均处于较高的水平。结论: 外三元猪肉蛋白质量分数较高, 其腊肉制品的味觉值也较高; 北京黑猪鲜肉的色泽特征较好; 壹号土猪脂肪具有较高的氧化稳定性, 其腊肉制品也具有较好的氧化状态。综上, 不同品种猪肉的理化性质和感官特征存在差异, 且加工肉制品的感官特征会发生变化。

关键词: 地方猪; 总抗氧化能力; 肉色泽; 氧化稳定性; 感官特征

Sensory Characteristics and Physicochemical Quality of Fresh and Preserved Pork from Several Chinese Local Pig Breeds

LIU Wenyong¹, GAO Xinyue², LI Xiang¹, CHENG Xiaoyu¹, WANG Shouwei¹, QIAO Xiaoling^{1,*}

(1. China Meat Research Center, Beijing Key Laboratory of Meat Processing Technology, National Meat Processing Engineering Technology Research Center, Beijing 100068, China; 2. Beijing No.161 High School, Beijing 100031, China)

Abstract: With the increase of consumer demand for high-quality pork, the local pig farming and meat processing industries in China are experiencing a rapid development. A comparative analysis of pork quality attributes of different Chinese local pig breeds was conducted in the present study. Duroc × (Landrace × Yorkshire) (DLY) pork was used as the control sample and nutritional properties, physicochemical properties and sensory characteristics of the three-breed crossbred *Longissimus dorsi* muscle (TL) were evaluated and compared with those of *Longissimus dorsi* from Yihao native pigs (YL), Beijing black pigs (BL), Hunan village black pigs (HL), and Northeastern indigenous pigs (NL), with a larger market share. In addition, the induced oxidative stability of lipids in the middle layer of streaky pork from these five breeds was analyzed and Cantonese bacon prepared from TL, YL, BL, HL and NL (designated as TLP, YLP, BLP, HLP and NLP, respectively) were

收稿日期: 2018-12-25

基金项目: “十三五”国家重点研发计划重点专项 (2016YFD0401503);

农业农村部畜禽产品特质性品质评价项目 (GJFP201801503)

第一作者简介: 刘文营 (1983—) (ORCID: 0000-0001-9995-213X), 男, 高级工程师, 硕士, 研究方向为畜产品加工科学。

E-mail: skyocean_2004@163.com

*通信作者简介: 乔晓玲 (1964—) (ORCID: 0000-0001-9552-7072), 女, 教授级高级工程师, 学士, 研究方向为肉制品加工技术。E-mail: cmrcsen@126.com

investigated for lipid oxidation as well as color, flavor and taste characteristics. The results showed that TL had the highest protein content, the lowest crude fat content and medium water content among the five breeds. The pH of YL and HL was the highest, the pH of TL was in the middle, and NL had the lowest pH, and. The redness value (a^*) and yellowness value (b^*) of TL were lower than those of the other breeds, and the brightness values (L^*) of YL, BL and HL but not NL were higher than that of TL. The total antioxidant capacity (T-AOC) of YL, BL and NL but not HL was higher than that of TL, and YL had the highest T-AOC value. The oxidation induction time (OIT) of lard from Hunan village black pigs was the longest ($P < 0.05$), while the OIT of lard from the other breeds was very short. The L^* values of NLP and HLP were lower than that of TLP ($P > 0.05$), and YLP had the highest L^* value ($P < 0.05$), but had the lowest a^* and b^* values ($P > 0.05$). The thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) value of YLP was the lowest, while the highest value was found in BLP ($P < 0.05$). The major flavor characteristics of the five Chinese bacon products were distinct, and principal component analysis (PCA) could be used to discriminate among them. The flavor of NLP was similar to that of TLP. The astringency value of the TLP was lower, but the acid taste, astringency aftertaste, umami taste, umami taste aftertaste and salty taste were all at a higher level. In conclusion, the protein content of TL was higher, and the taste characteristic value of TLP was also higher. PL had better color. YL fat had higher oxidation stability, and YLP had a better oxidation state. The physicochemical properties and sensory characteristics of different varieties of pork were different, and the sensory characteristics of processed meat products were dissimilar to that of fresh meat.

Keywords: native pigs; total antioxidant capacity; meat color; oxidative stability; sensory characteristics

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181225-292

中图分类号: TS251.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2019) 19-0052-08

引文格式:

刘文营, 高欣悦, 李享, 等. 几种地方猪猪肉及其腊肉制品的感官特性和理化品质分析[J]. 食品科学, 2019, 40(19): 52-59. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181225-292. <http://www.spkx.net.cn>

LIU Wenying, GAO Xinyue, LI Xiang, et al. Sensory characteristics and physicochemical quality of fresh and preserved pork from several Chinese local pig breeds[J]. Food Science, 2019, 40(19): 52-59. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181225-292. <http://www.spkx.net.cn>

猪养殖业占据着我国农牧领域的核心地位, 我国2017年的猪肉产量为5 340万 t, 约占世界猪肉产量的一半, 占我国畜肉总产量的63.3%^[1]。猪肉是我国居民最重要的动物蛋白质来源之一, 生猪价格也直接影响着我国居民消费价格指数的波动^[2]。目前, 我国养殖的生猪品种主要是从国外引进的双肌臀大白猪, 这就要求必须予以相类似的生活环境和营养策略, 才能达到与国外一致的品质, 反之就会产生遗传特征的退化^[3]。国外品种的引进一方面丰富了我国动物蛋白质的供应, 促进了生猪养殖行业的快速发展, 但同时又极大冲击了我国传统地方猪育种和养殖产业, 使得其无论是养殖规模还是品种数量均出现了暴跌现象。目前, 85%左右的地方猪群体数量呈下降趋势, 31个品种处于濒危和濒临灭绝状态^[4], 地方猪肉只占10%的市场份额^[5]; 未知的猪种遗传资源拥有者是否会要求因使用其资源而进行相关利益分享^[3], 这些问题都严重侵蚀着我国猪肉制品产业和地方猪资源的安全和发展。

猪种资源是一座天然基因库, 我国国家级畜禽遗传资源保护名录收录44个地方猪种^[5], 本土猪品种数量占世界总量的34%, 是世界上猪种资源最丰富的国家。

开展本土猪种资源的保护和利用, 不仅有助于保护遗传资源的多样性, 还能在满足人们生活水平提高需求的同时, 保障我国生猪产业的持久安全, 提升我国地方猪的市场地位和竞争力^[3]。

肉制品的品质受基因型^[6]、性别^[7]、去势方式^[8]、饲养环境^[9]、饲料组分^[10]、屠宰日龄^[11]、屠宰方式^[12]和养殖地区^[13]等因素的影响, 其中品种起主要作用。鉴于我国消费者对高品质猪肉的需求越来越高, 我国地方生猪产业迎来一个快速发展机遇, 而针对我国地方猪肉品质的系统分析鲜有报道。本研究以外三元猪肉为对照, 就占市场份额较大的4种地方猪肉营养和感官特性进行比较分析, 为我国地方猪肉品质的深入研究和消费选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

外三元猪背最长肌 (*Longissimus dorsi* muscle from three-breed crossbred pigs, TL)、五花以及壹号土猪背最长肌 (*Longissimus dorsi* muscle from Yihao native pigs,

YL)、五花 北京市永辉超市(马家堡店);北京黑猪背最长肌(*Longissimus dorsi* muscle from Beijing black pigs, BL)、五花 北京市超市发超市(右安门店);湘村黑猪背最长肌(*Longissimus dorsi* muscle from Hunan village black pigs, HL)、五花 北京市永辉超市(喜隆多店);东北民猪背最长肌(*Longissimus dorsi* muscle from Northeastern indigenous pigs, NL)、五花 北京市家乐福超市(马家堡南三环店);所有样品均为排酸24 h产品,全程冷链运输,样品置于4℃保存,8 h内测完;其对应的腊肉制品分别标记为TLP、YLP、BLP、HLP和NLP。

乙醚、石油醚、无水乙醇、高氯酸、硫代巴比妥酸、盐酸、甲醇、硫酸、氢氧化钾、氯化钾、七水合硫酸亚铁(均为分析纯) 国药集团化学试剂上海有限公司;丁基羟基甲苯(butylated hydroxytoluene, BHT)(质量分数99%) 北京伊诺凯科技有限公司;总抗氧化能力(total antioxidative capacity, T-AOC)分析试剂盒(铁离子还原力(ferric ion reducing antioxidant power, FRAP)法) 上海碧云天生物技术有限公司;丙二醛二乙缩醛 梯希爱(上海)化成工业有限公司;氧气(体积分数99.999%)、氦气(体积分数>99.99%) 北京如源如泉科技有限公司;基准液(30 mmol/L KCl+0.3 mmol/L酒石酸)、参比电极浸泡液(3.33 mol/L KCl)、参比电极内部液(3.33 mol/L KCl+饱和AgCl溶液)、正极清洗液、负极清洗液 日本INSENT公司;白砂糖、食盐、五香粉 北京新发地批发市场;酒精体积分数52%的白酒 北京市永辉超市(马家堡店)。

1.2 仪器与设备

PEN3电子鼻 德国Airsense公司; CR-400色差计 柯尼卡美能达投资有限公司; TG-Wax MS气相色谱毛细管柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm)、TRACE1310气相色谱-TSQ8000质谱仪 美国赛默飞世尔科技(中国)有限公司; Cary 50紫外-可见分光光度计 美国Varian公司; Cascada BIO纯水机 美国PALL公司; CR21GIII离心机 日本日立株式会社; F6/10-10G超细匀浆器 上海FLUKO流体机械制造有限公司; F-120B制冰机 日本星崎电机株式会社; **脂肪氧化诱导仪** 意大利VELP公司; BYXX-50烟熏蒸煮一体机 嘉兴艾博实业有限公司; PB-10 pH计、BSA822-CW天平 德国赛多利斯科学仪器有限公司; **TS-5000Z味觉分析系统** 日本INSENT公司; Synergy H4酶标仪 美国伯腾仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 不同品种猪肉的营养属性分析

分别参考GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》^[14]、GB 5009.6—2016《食品安全国

家标准 食品中脂肪的测定》^[15]、GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》^[16]方法,对猪背最长肌蛋白质、粗脂肪和水分质量分数进行测定。

1.3.2 不同品种猪肉pH值测定

参照GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品pH值的测定》^[17]方法,略有修改。冰浴条件下,取2.00 g猪肉样品置于50 mL离心管内,加入20 mL氯化钾溶液(0.1 mol/L),9 000 r/min均质30 s,静置后测定。

1.3.3 不同品种猪肉的T-AOC分析(FRAP法)

参考文献[18]的方法,采用T-AOC检测试剂盒(FRAP法)对猪肉背最长肌的T-AOC进行分析。2.00 g样品加入10.00 mL纯水(4℃),冰浴条件下7 500 r/min均质15 s,离心取5 μL上清液,加入到工作液中,37℃孵育5 min后测 $A_{593\text{nm}}$,以硫酸亚铁作为标准品。

1.3.4 不同品种猪肉及其腊肉制品色泽信息分析

参考文献[19-20]的方法,随机取原料肉或腊肉均匀切面进行色泽信息采集,由样品色泽的三刺激值(x 、 y 、 z)计算样品的亮度(L^*)值、红度(a^*)值和黄度(b^*)值,计算公式如式(1)~(3)所示。

$$L^* = 116 \sqrt[3]{\frac{y}{y_0}} - 16 \quad (1)$$

$$a^* = 500 \left(\sqrt[3]{\frac{x}{x_0}} - \sqrt[3]{\frac{y}{y_0}} \right) \left(\frac{y}{y_0} > 0.01 \right) \quad (2)$$

$$b^* = 200 \left(\sqrt[3]{\frac{y}{y_0}} - \sqrt[3]{\frac{z}{z_0}} \right) \quad (3)$$

式中: x_0 、 y_0 、 z_0 为矫正板的三刺激值。

1.3.5 不同品种猪脂肪的诱导氧化稳定性分析

参考文献[21-22]的方法,取五花肉中层脂肪制备液化油脂,脂肪氧化诱导仪反应釜温度为90℃,氧气压力为 6×10^5 Pa。根据反应釜内压力的下降趋势,计算样品的诱导氧化进程,数据收集时间间隔为60 s。

1.3.6 不同品种猪肉广式腊肉的制备

参考文献[22]的方法,取猪背最长肌修整为统一规格(3 cm×3 cm×15 cm),混入辅料后静腌48 h,期间翻动6次,置于12℃、相对湿度80%恒温恒湿箱内成熟,待成品率为60%时取样检测。

辅料中白砂糖、食盐、五香粉、异抗坏血酸钠、味精、白酒和水的添加量分别占原料质量的10.0%、2.0%、0.2%、0.2%、0.5%、2.0%和10.0%。

1.3.7 不同品种广式腊肉TBARS值分析

硫代巴比妥酸反应物(thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)值的测定参考文献[23-24]方法,以4.2 g/100 mL BHT(乙醇溶解)为抗氧化剂,5.0 g广式腊肉样品中加入25 mL冰高氯酸,冰浴条件下6 000 r/min剪切1 min,离心后取2 mL上清液加入2 mL硫代巴比妥酸(0.02 mol/L),沸水浴加热45 min,冰水浴降至室温后测 $A_{532\text{nm}}$,以丙二醛缩乙二醛作为标准物质。

1.3.8 不同品种广式腊肉主体风味差异分析

参考文献[23,25]的方法,取2.0 g广式腊肉样品均匀置于瓶内,4 °C贮存备用。电子鼻工作条件:加热仓温度为50 °C,振动2 min,数据采集时长为90 s,选取70 s时收集的数据进行分析。

1.3.9 不同品种广式腊肉的味觉特性差异分析

电子舌内置的探头由不同材料制成,能对不同味觉特性的物质进行分析^[26-27]。参考文献[28-29]的方法,取5 g腊肉样品,按照体积比1:5加入纯水,均质混匀后8 000 r/min离心5 min,上清液过滤后上机测试。

1.4 数据统计与分析

数据采用平均值±标准差形式。不同品种猪肉蛋白质、水分、粗脂肪等营养物质质量分数以及T-AOC、pH值、色差等测定均进行10个平行;腊肉制品TBARS值测定进行10个平行;猪脂肪的氧化诱导分析进行3个平行,采用SPSS 9.1软件进行单因素方差分析。电子鼻分析时运用Winmuster软件进行主成分分析(principal component analysis, PCA)和线性判别分析(linear discriminant analysis, LDA),每组样品进行5个平行。采用电子舌技术分析成品的味觉特性时,每组样品进行3个平行,采用SPSS 9.1软件进行单因素方差分析,采用Taste Analysis System Application Properties软件进行味觉特性差异分析。采用Origin 8.0软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同品种猪肉营养物质质量分数分析结果

在世界范围内,猪肉作为一种富含蛋白质的食物而被大量消费,蛋白质不仅可以满足人类对能量和营养物质的需求,增强食物的加工性能和感官特性,还可以有效降低少肌症的发生率,尤其是对老年人群体^[30]。如表1所示,TL蛋白质质量分数最高,反映了外三元猪作为瘦肉型猪种的特性^[31],BL蛋白质质量分数次之($P>0.05$);YL、HL和NL之间蛋白质质量分数差异不显著($P>0.05$),但是显著低于BL和TL($P<0.05$)。

表1 不同品种猪肉营养物质质量分数

Table 1 Nutrient contents of pork from different breeds

指标	TL	YL	HL	NL	BL
蛋白质质量分数/%	25.36±0.54 ^a	22.69±0.96 ^b	22.38±0.65 ^b	22.85±0.12 ^b	24.93±0.39 ^a
粗脂肪质量分数/%	2.30±0.47 ^a	8.22±0.70 ^f	2.62±0.91 ^a	5.11±0.74 ^b	3.27±1.26 ^b
水分质量分数/%	68.38±1.76 ^e	62.71±3.59 ^b	66.35±1.71 ^b	68.86±1.29 ^c	67.79±0.85 ^d

注:同行肩标小写字母不同表示具有显著性差异($P<0.05$)。下同。

粗脂肪质量分数对肉制品,尤其是对瘦肉制品的感官特性有着明显的影响,粗脂肪质量分数的增加会显著提升肉制品的嫩度、多汁性和鲜味强度^[32]。如表1所示,TL粗脂肪质量分数最低,其次是HL和BL,YL粗脂肪质量分数最高,其中BL与YL粗脂肪质量分数的差异与

文献[33]结果一致;粗脂肪质量分数增加,相应蛋白质质量分数呈下降趋势,与文献[32]结果一致。

肉制品及原料肉的质量损失受原料肉水分质量分数的影响,水分质量分数与肉品的pH值、肌肉类型和加工方式直接相关,同时受肉制品的形态和所处的液体环境影响^[34]。如表1所示,TL、NL和BL水分质量分数较高,YL和HL水分质量分数相对较低($P<0.05$)。说明基因类型的差异以及后期饲养环境的差异,造成肌肉组织蛋白质、水分和粗脂肪质量分数存在差异。对不同品种猪肉营养物质质量分数的分析可以为养殖、育种和适用性加工提供依据。

2.2 不同品种猪肉的物理化学特性分析结果

表2 不同品种猪肉的物理化学特性

Table 2 Physicochemical characteristics of pork from different breeds

指标	TL	YL	HL	NL	BL
pH	5.43±0.12 ^{bc}	5.65±0.05 ^d	5.60±0.06 ^{ab}	5.33±0.05 ^c	5.35±0.28 ^e
L*	47.56±3.03 ^b	49.08±3.45 ^{ab}	48.43±2.31 ^b	41.84±1.71 ^c	51.82±4.21 ^d
a*	2.44±1.53 ^a	7.64±1.02 ^{cd}	6.18±1.47 ^b	6.62±0.78 ^{bc}	8.43±1.23 ^d
b*	4.42±0.76 ^a	6.81±1.34 ^b	6.65±1.73 ^b	8.10±0.67 ^c	11.07±1.49 ^d

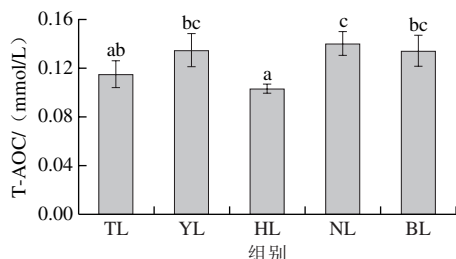
pH值对肉制品的理化特性,尤其是持水力、色差、成品率等具有显著影响,过高的pH值会导致PSE肉的产生,显著降低肉制品的食用品质和加工性能^[35]。如表2所示,所有样品中YL的pH值最高,其与HL之间没有显著差异($P>0.05$);TL的pH值处于中间水平,NL和BL的pH值最低;TL与HL、NL与BL的pH值之间没有显著差异($P>0.05$)。各猪肉样品pH值的差异与猪肉中水分质量分数相反,即猪肉pH值越高,其水分质量分数越低。

如表2所示,BL的L*值最高,YL次之,且两者之间没有显著差异($P>0.05$);YL与TL、HL的L*值之间也没有显著差异($P>0.05$);NL的L*值最低,且与其他产品相比均有显著性差异($P<0.05$)。TL的a*值最低,其次是HL、NL、YL和BL,HL和NL、NL和YL、YL和BL之间没有显著差异($P>0.05$),即与外三元猪肉相比,地方猪肉具有较高的a*值,且BL的a*值最高。TL的b*值最低,其次是HL、YL、NL和BL,其中HL和YL之间差异不显著($P>0.05$),BL的b*值最高。即所有产品中,BL拥有最高的L*、a*、b*值,NL的L*值最低,TL的a*、b*值最低。BL的a*、b*值均较TL高,与文献[36]结果相似,但L*值差异相反,可能是饲料组分、养殖周期等存在差异^[37]、同一品种的不同样品存在差异^[13],也可能是饲养环境等因素存在差异所致^[9]。

2.3 不同品种猪液化脂肪的T-AOC分析结果

通过增强肌肉组织的抗氧化能力来提升动物的健康水平是育种学家和饲养管理人员热切关注的问题,研究者通过在饲养过程中应用单色光^[38]、在常规饲料中添加活性成分^[39]、改善饲料组分^[40]和在加工过程中添加功能

性辅料^[41]来提升动物肌肉组织和产品的抗氧化能力。如图1所示, YL、NL和BL拥有较高的T-AOC, 且差异不显著 ($P>0.05$); TL和HL以及YL、BL的T-AOC差异不显著 ($P>0.05$), 其中HL的T-AOC最低, NL的T-AOC最高, 与姜晓文^[42]的研究结果相似。造成这种差异的原因除动物品种存在差异外, 动物的饲养环境^[43]、饲料组分^[44]等因素也会产生影响。



小写字母不同表示具有显著性差异 ($P<0.05$), 下同。

图1 不同品种猪肌肉组织液化脂肪的T-AOC

Fig. 1 T-AOC of pork from different breeds

2.4 不同品种猪液化脂肪的诱导氧化稳定性分析结果

脂质氧化稳定性是影响肉制品品质的重要因素, 也是产品货架期长短的决定因素之一^[45]。为使肉制品有一个较为稳定的氧化状态, 目前研究者多是通过强化饲喂维生素、矿物质和生物活性物质等方式来实现^[46-47]。如图2所示, TL诱导氧化需要的时间较短, 其次是NL、BL、HL和YL, YL的诱导氧化时间最长 ($P<0.05$), 即在高氧浓度和高温条件下诱导氧化需要的时间最长, 其中TL、HL、NL和BL之间差异不显著 ($P>0.05$), 但各组样品与YL之间均有显著性差异 ($P<0.05$)。除刘文营等^[48]对猪牛混合脂肪的诱导氧化时间进行了分析外, 鲜有研究对液化动物脂肪进行诱导氧化稳定性分析, 本研究结果可为猪脂肪的开发利用提供参考。

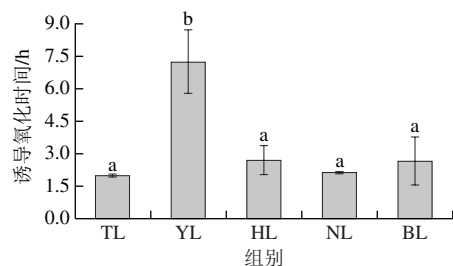


图2 不同品种猪液化脂肪的诱导氧化时间

Fig. 2 Oxidation induction time of lard from different pig breeds

2.5 不同品种猪肉制备广式腊肉的理化性质分析结果

如图3所示, YLP的TBARS值最低, 即具有较好的质量安全属性; BLP的TBARS值最高 ($P<0.05$); 尽管TBARS值与T-AOC、诱导氧化时间之间没有明显的直接关系, 但是BL具有较低的pH值, 即较低pH值的样品对应较高的TBARS值, 与张进杰等^[49]研究结果一致。

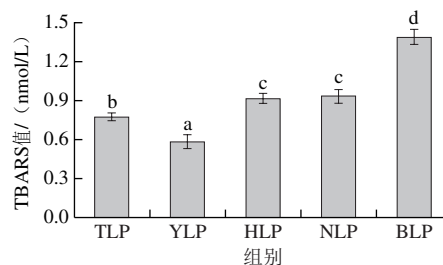


图3 不同品种猪肉制备广式腊肉的TBARS值

Fig. 3 TBARS values of Cantonese bacon from different pig breeds

表3 不同品种猪肉制备广式腊肉的色泽

Table 3 Meat color of Cantonese bacon from different pig breeds

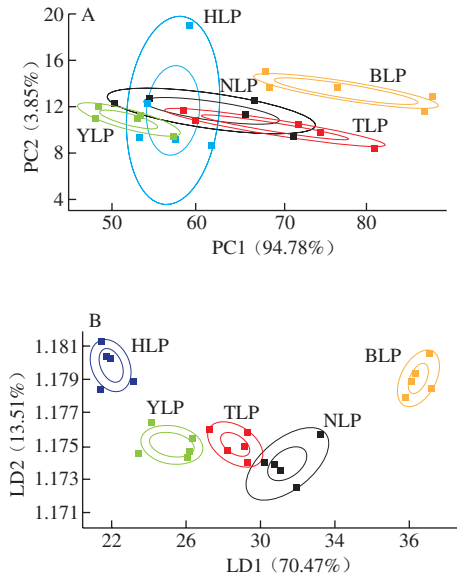
指标	TLP	YLP	HLP	NLP	BLP
L^*	44.95±2.75 ^{ab}	48.17±4.06 ^c	43.50±2.58 ^a	44.21±1.99 ^a	46.10±2.14 ^b
a^*	3.27±1.34 ^{ab}	2.84±1.40 ^a	3.98±1.43 ^b	6.37±1.00 ^c	2.96±0.54 ^a
b^*	8.96±2.70 ^{bc}	9.82±1.64 ^c	8.08±1.15 ^b	6.46±1.42 ^a	8.28±0.83 ^b

原料肉对肉制品色泽的影响最大^[50]。如表3所示, BL、YL的 L^* 值较高, 其相应的腊肉制品也具有较高的 L^* 值。HLP的 L^* 值较低, YLP具有最高的 L^* 值 ($P<0.05$), TLP和BLP以及HLP、NLP的 L^* 值相似 ($P>0.05$)。TLP、YLP和BLP的 a^* 值较低 ($P>0.05$), TLP与HLP的 a^* 值相似 ($P>0.05$), NLP的 a^* 值最高 ($P<0.05$), 说明肉制品的色泽与原料肉的色泽差异不同。YLP的 b^* 值最高, 且与TLP的 b^* 值相似 ($P>0.05$), 其次是BLP、HLP和NLP, 其中TLP与NLP、BLP之间没有显著性差异 ($P>0.05$)。值得注意的是, NLP具有最高的 a^* 值和最低的 b^* 值, YLP具有最低的 a^* 值和最高的 b^* 值, 推测脂肪氧化与蛋白质氧化、色素氧化之间具有显著的相互促进作用^[51], 会对肉制品的色泽产生影响, 需要开展更为全面的研究来进一步验证本实验结果。

2.6 不同品种猪肉制备广式腊肉的主体风味差异分析结果

电子鼻可以实现不同风味物质的识别分析^[52], 并能用于产品的品质均一化加工研究^[28]。如图4所示, 各产品在PC1和PC2上的方差贡献率分别为94.78%和3.85%, 方差总贡献率为98.63%, 说明不同原料制备的产品均具有各自的主体风味特征^[22]。BLP与其他产品均无交集, 可能与其较高的TBARS值有关, TLP与NLP之间有更多的交集, 可能与其相似的TBARS值有关, 推测产品的氧化程度会影响其主体风味。LD1和LD2的方差贡献率分别为70.47%和13.51%, 总贡献率为83.98%, 除TLP与NLP有部分交集外, 其他产品之间均有良好的独立性, 即产品的主体风味都能够被区分, 其中TLP与NLP之间的交集与主体风味有较多交集的结果一致, 即产品之间主成分越相似越难区分。产品之间独特的风味特性与原

料独特的理化性质有关，原料品质的多样性造成了产品风味的差异^[53]。



A. PCA结果; B. LDA结果。

图4 不同品种猪肉制备广式腊肉的主体风味差异

Fig. 4 Discrimination of major flavor of Cantonese bacon from different pig breeds

2.7 不同品种猪肉制备广式腊肉的味觉特性差异分析

表4 不同品种猪肉制备广式腊肉的味觉特性

Table 4 Taste characteristics of Cantonese bacon from different pig breeds

指标	TLP	YLP	HLP	NLP	BLP
酸味	0.70±0.00	0.36±0.40	0.38±0.31	0.59±0.11	0.63±0.33
涩味	0.04±0.00 ^a	0.05±0.01 ^{ab}	0.17±0.02 ^c	0.07±0.01 ^b	0.05±0.02 ^{ab}
涩味回味	-1.21±0.00 ^b	-1.25±0.03 ^{ab}	-1.29±0.03 ^a	-1.29±0.02 ^a	-1.23±0.04 ^b
鲜味	1.52±0.00 ^d	1.20±0.05 ^c	0.95±0.15 ^b	0.60±0.08 ^a	0.69±0.09 ^a
鲜味回味	1.41±0.00 ^d	1.07±0.02 ^c	1.29±0.14 ^d	0.66±0.08 ^a	0.90±0.10 ^b
咸味	4.09±0.00 ^d	3.88±0.01 ^c	2.91±0.03 ^a	4.06±0.02 ^d	3.68±0.03 ^b

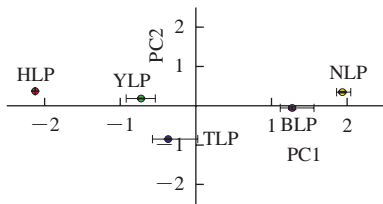


图5 不同品种猪肉制备广式腊肉的味觉特性差异

Fig. 5 Taste differentiation of Cantonese bacon from different pig breeds

依靠电子舌技术不仅可以实现不同味觉的识别和分辨^[29]，还可以开展产品的均一化加工研究^[28]。不同品种猪肉制备广式腊肉的味觉特性如表4、图5所示，5组产品在PC1和PC2方向上均无交集，即5种产品均有独特的味觉特性，与2.6节结果一致。其中，TLP产品的酸味值最高，地方猪肉制备广式腊肉的酸味值均

小于TLP，但各产品之间差异不显著 ($P>0.05$)；TLP产品的涩味值最低，但与YLP和BLP没有显著性差异 ($P>0.05$)，YLP、NLP和BLP之间的涩味值差异不显著 ($P>0.05$)，HLP的涩味值最高；HLP和NLP的涩味回味值最低，且与YLP没有显著性差异 ($P>0.05$)，TLP的涩味回味值最高，且与YLP和BLP之间没有显著性差异 ($P>0.05$)；NLP鲜味值最低，其次是BLP，两者之间没有显著性差异 ($P>0.05$)，HLP、YLP和TLP的鲜味值依次升高，且有显著性差异 ($P<0.05$)；与鲜味值相似，NLP的鲜味回味值最低，其次是BLP、YLP、HLP和TLP，且TLP与HLP之间没有显著性差异 ($P>0.05$)；TLP的咸味值最高，NLP、YLP、BLP和HLP的咸味值依次降低，其中TLP和NLP之间没有显著性差异 ($P>0.05$)。

3 结论

本研究以外三元猪肉作为对照，对我国市场上体量较大的壹号土猪、北京黑猪、东北民猪和湘村黑猪肉及其肉制品的营养物质、理化性质和感官品质进行了分析。外三元猪作为瘦肉型猪种，其肉品在蛋白质量分数上具有优势，高于地方猪肉；肌肉组织中水分质量分数也较高，但是地方猪瘦肉组织粗脂肪质量分数高于外三元猪肉，即地方猪肉具有更好的适口性，这也是消费者对地方猪肉的基本认识。

研究中涉及地方猪肉的 a^* 、 b^* 值均高于外三元猪肉，其中以北京黑猪肉 a^* 、 b^* 值最高，除东北民猪肉 L^* 值较低外，其他地方猪肉 L^* 值均高于外三元猪肉，即地方猪肉普遍具有较好的色泽特征。肌肉组织的T-AOC决定着产品的品质稳定性，除湘村黑猪肉外，其他猪肉的T-AOC均高于外三元猪肉，即地方猪肉具有较好的品质稳定性。液化猪脂肪的诱导氧化结果显示，地方猪脂肪具有较高的氧化稳定性，但是除壹号土猪腊肉外，其他猪肉对应腊肉制品的TBARS值均高于外三元猪腊肉。地方猪腊肉并未沿袭原料肉的色泽优势，其中以北京黑猪肉的变化最大。不同原料制备的腊肉制品具有不同的风味和滋味属性，可以开展适用性加工，以满足人们的不同需求。

参考文献:

[1] 国家统计局. 中华人民共和国2017年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. (2018-02-28) [2018-12-25]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201802/t20180228_1585631.html.

[2] 周虎. 浅谈新时期我国生猪养殖领域的十大机遇[J]. 中国猪业, 2017, 12(8): 17-19. DOI:10.3969/j.issn.1673-4645.2017.08.006.

[3] 罗明. 政府主导组织育种产业“集群”: 有关我国养猪生产中向国外引种问题的思考[J]. 中国动物保健, 2008(5): 77-78. DOI:10.3969/j.issn.1008-4754.2008.05.015.

- [4] 国家畜禽遗传资源委员会. 中国畜禽遗传资源志·猪志[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 25-218.
- [5] 薛惠莉. 活跃在市场上的中国地方品种猪肉[J]. 猪业科学, 2015, 32(6): 56. DOI:10.3969/j.issn.1673-5358.2015.06.017.
- [6] ARROYO C, LASCORZ D, O'DOWD L, et al. Effect of pulsed electric field treatments at various stages during conditioning on quality attributes of beef *Longissimus thoracis* et lumborum muscle[J]. Meat Science, 2015, 99: 52-59. DOI:10.1016/j.meatsci.2014.08.004.
- [7] SMITH M A, BUSH R D, THOMSON P C, et al. Carcass traits and saleable meat yield of alpacas (*Vicugna pacos*) in Australia[J]. Meat Science, 2015, 107: 1-11. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.04.003.
- [8] NEEDHAM T, HOFFMAN L C. Physical meat quality and chemical composition of the *Longissimus thoracis* of entire and immunocastrated pigs fed varying dietary protein levels with and without ractopamine hydrochloride[J]. Meat Science, 2015, 110: 101-108. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.06.017.
- [9] GAGLIO R, FRANCESCA N, MANIACI G, et al. Valorization of indigenous dairy cattle breed through salami production[J]. Meat Science, 2016, 114: 58-68. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.12.014.
- [10] HOLINGER M, FRÜH B, STOLL P, et al. Long-term effects of castration, chronic intermittent social stress, provision of grass silage and their interactions on performance and meat and adipose tissue properties in growing-finishing pigs[J]. Meat Science, 2018, 145: 40-50. DOI:10.1016/j.meatsci.2018.05.018.
- [11] AYUSO M, ÓVILO C, RODRÍGUEZ-BERTOS A, et al. Dietary vitamin A restriction affects adipocyte differentiation and fatty acid composition of intramuscular fat in Iberian pigs[J]. Meat Science, 2015, 108: 9-16. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.04.017.
- [12] DANSO A S, RICHARDSON R I, KHALID R. Assessment of the meat quality of lamb *M. longissimus thoracis* et lumborum, and *M. triceps* brachii, following three different Halal slaughter procedures[J]. Meat Science, 2017, 127: 6-12. DOI:10.1016/j.meatsci.2016.12.014.
- [13] DELGADO-SUÁREZ E J, RUBIO-LOZANO M S, TOLEDO-LÓPEZ V M, et al. Quality traits of pork semimembranosus and triceps brachii muscles sourced from the United States and Mexico[J]. Meat Science, 2016, 122: 125-131. DOI:10.1016/j.meatsci.2016.07.025.
- [14] 国家食品药品监督管理总局, 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB 5009.5—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-3.
- [15] 国家食品药品监督管理总局, 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定: GB 5009.6—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-2.
- [16] 国家食品药品监督管理总局, 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中水分的测定: GB 5009.3—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-2.
- [17] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品pH值的测定: GB 5009.237—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-4.
- [18] XIA Q, WANG L, XU C, et al. Effects of germination and high hydrostatic pressure processing on mineral elements, amino acids and antioxidants *in vitro*, bioaccessibility, as well as starch digestibility in brown rice (*Oryza sativa*, L.)[J]. Food Chemistry, 2017, 214: 533-542. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.07.114.
- [19] 刘文营, 张振琪, 成晓瑜, 等. 干腌咸肉加工过程中品质特性及挥发性成分的变化[J]. 肉类研究, 2016, 30(1): 6-10. DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.01.002.
- [20] 质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 均匀色空间和色差公式: GB/T 7921—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1-4.
- [21] 刘文营, 戚彪, 成晓瑜, 等. 猪脂肪诱导氧化过程及添加迷迭香精油的抗氧化活性[J]. 肉类研究, 2014, 28(12): 21-23.
- [22] 刘文营, 李享, 成晓瑜. 添加西兰花种子水提取物改善腊肉色泽和风味提高抗氧化性[J]. 农业工程学报, 2018, 34(21): 288-294. DOI:10.11975/j.issn.1002-6819.2018.21.036.
- [23] GANHÃO R, ESTÉVEZ M, ARMENTEROS M, et al. Mediterranean berries as inhibitors of lipid oxidation in porcine burger patties subjected to cooking and chilled storage[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2013, 12(11): 1982-1992. DOI:10.1016/S2095-3119(13)60636-X.
- [24] GANHÃO R, ESTÉVEZ M, MORCUENDE D. Suitability of the TBA method for assessing lipid oxidation in a meat system with added phenolic-rich materials[J]. Food Chemistry, 2011, 126(2): 772-778. DOI:10.1016/j.foodchem.2010.11.064.
- [25] 荣建华, 熊诗, 张亮子, 等. 基于电子鼻和SPME-GC-MS联用分析腌肉鲑鱼肉的挥发性风味成分[J]. 食品科学, 2015, 36(10): 124-128. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201510025.
- [26] TOKO K. Electronic tongue[J]. Biosensors & Bioelectronics, 1998, 13(6): 701-709. DOI:10.1016/S0956-5663(98)00025-6.
- [27] WU H, YUE T, YUAN Y. Authenticity tracing of apples according to variety and geographical origin based on electronic nose and electronic tongue[J]. Food Analytical Methods, 2018, 11(2): 522-532. DOI:10.1007/s12161-017-1023-y.
- [28] 陈晓婷, 吴靖娜, 路海霞, 等. 基于电子鼻和电子舌优化蓝圆鲷调味基料的制备[J]. 食品科学, 2018, 39(4): 282-289. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201804042.
- [29] 吴瑞梅, 赵杰文, 陈全胜, 等. 基于电子舌技术的绿茶滋味品质评价[J]. 农业工程学报, 2011, 27(11): 378-381. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2011.11.070.
- [30] BAUGREET S, KERRY J P, BOTINESŢEAN C, et al. Development of novel fortified beef patties with added functional protein ingredients for the elderly[J]. Meat Science, 2016, 122: 40-47. DOI:10.1016/j.meatsci.2016.07.004.
- [31] 李家伦, 贾俊扬, 王晓东, 等. 沂蒙黑猪与外三元杂交猪生长性能、胴体品质及肉质特性的比较试验[J]. 猪业科学, 2017, 34(7): 135. DOI:10.3969/j.issn.1673-5358.2017.07.055.
- [32] IIDA F, SAITOU K, KAWAMURA T, et al. Effect of fat content on sensory characteristics of marbled beef from Japanese black steers[J]. Animal Science Journal, 2015, 86(7): 707-715. DOI:10.1111/asj.12342.
- [33] 冯岗. 太×陆F₁代与北京黑猪肉质特性研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2013: 20.
- [34] BOMBRUN L, GATELLIER P, PORTANGUEN S, et al. Analysis of the juice and water losses in salted and unsalted pork samples heated in water bath. consequences for the prediction of weight loss by transfer models[J]. Meat Science, 2015, 99: 113-122. DOI:10.1016/j.meatsci.2014.07.033.
- [35] QU D, XU Z, FENG Y, et al. Development of class model based on blood biochemical parameters as a diagnostic tool of PSE meat[J]. Meat Science, 2017, 128: 24-29. DOI:10.1016/j.meatsci.2017.01.012.
- [36] 任琳, 张春江, 赵冰, 等. 北京黑猪肉质特性研究[J]. 食品科学, 2011, 32(23): 43-46.
- [37] HOLINGER M, FRÜH B, STOLL P, et al. Long-term effects of castration, chronic intermittent social stress, provision of grass silage and their interactions on performance and meat and adipose tissue properties in growing-finishing pigs[J]. Meat Science, 2018, 145: 40-50. DOI:10.1016/j.meatsci.2018.05.018.
- [38] KE Y Y, LIU W J, WANG Z X, et al. Effects of monochromatic light on quality properties and antioxidation of meat in broilers[J]. Poultry Science, 2011, 90(11): 2632-2637. DOI:10.3382/ps.2011-01523.
- [39] DUFFY S K, KELLY A K, RAJAURIA G, et al. The use of synthetic and natural vitamin D sources in pig diets to improve meat quality and

- vitamin D content[J]. Meat Science, 2018, 143: 60-68. DOI:10.1016/j.meatsci.2018.04.014.
- [40] HE L, WU H, WANG G, et al. The effects of including corn silage, corn stalk silage, and corn grain in finishing ration of beef steers on meat quality and oxidative stability[J]. Meat Science, 2018, 139: 142-148. DOI:10.1016/j.meatsci.2018.01.023.
- [41] ALNOUMANI H, ATAMAN Z A, WERE L. Lipid and protein antioxidant capacity of dried *Agaricus bisporus* in salted cooked ground beef[J]. Meat Science, 2017, 129: 9-19. DOI:10.1016/j.meatsci.2017.02.010.
- [42] 姜晓文. 肌肉水分分布、抗氧化性与生鲜猪肉持水性的关系[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2009: 47.
- [43] PAPALETTO M J, GOSZCZYNSKI D E, RIPOLI M V, et al. Growth, carcass and meat quality traits in beef from Angus, Hereford and cross-breed grazing steers, and their association with SNPs in genes related to fat deposition metabolism[J]. Meat Science, 2016, 114: 121-129. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.12.018.
- [44] POUZO L B, DESCALZO A M, ZARITZKY N E, et al. Antioxidant status, lipid and color stability of aged beef from grazing steers supplemented with corn grain and increasing levels of flaxseed[J]. Meat Science, 2016, 111: 1-8. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.07.026.
- [45] PIETRASIK Z, GAUDETTE N J, KLASSEN M. Effect of hot water treatment of beef trimmings on processing characteristics and eating quality of ground beef[J]. Meat Science, 2016, 113: 41-50. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.11.011.
- [46] NOOR S, BHAT Z F, KUMAR S, et al. Preservative effect of, *Asparagus racemosus*: a novel additive for bioactive edible films for improved lipid oxidative stability and storage quality of meat products[J]. Meat Science, 2018, 139: 207-212. DOI:10.1016/j.meatsci.2018.02.001.
- [47] ZHANG Y, LUO H, LIU K, et al. Antioxidant effects of liquorice (*Glycyrrhiza uralensis*) extract during aging of *longissimus thoracis* muscle in Tan sheep[J]. Meat Science, 2015, 105: 38-45. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.03.002.
- [48] 刘文营, 成晓瑜, 李迎楠, 等. 猪牛混合脂肪的物化性质和感官特性分析[J]. 肉类研究, 2016, 30(5): 6-10. DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.05.002.
- [49] 张进杰, 顾伟钢, 姚燕佳, 等. 柑橘幼果提取物对猪肉冷藏过程中抗脂质氧化影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(4): 282-286. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2012.04.047.
- [50] JONES-HAMLOW K A, TAVÁREZ M A, SCHROEDER A L, et al. Lipid oxidation, sensory characteristics, and color of fresh pork sausage from immunologically castrated pigs stored frozen for up to 12 weeks[J]. Journal of Food Science and Nutrition, 2016, 4(3): 355-363. DOI:10.1002/fsn3.297.
- [51] NAKYINSIGE K, SAZILI A Q, AGHWAN Z A, et al. Development of microbial spoilage and lipid and protein oxidation in rabbit meat[J]. Meat Science, 2015, 108: 125-131. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.05.029.
- [52] 常诗洁, 杨志颖, 殷玲, 等. 香辣草菇风味产品的加工及其风味特性分析[J]. 食品科学, 2018, 39(8): 135-140. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201808022.
- [53] PETRIČEVIĆ S, MARUŠIĆ N R, LUKIĆ K, et al. Differentiation of dry-cured hams from different processing methods by means of volatile compounds, physico-chemical and sensory analysis[J]. Meat Science, 2018, 137: 217-227. DOI:10.1016/j.meatsci.2017.12.001.