

不同加工方式对姜母鸭感官风味影响的差异性分析

王德华¹, 苏永裕², 林祥木², 张 怡¹, 胡 涛², 张志刚^{2*}, 胡嘉森^{1,2,*}

(1. 福建农林大学, 肉食品安全生产技术国家重点实验室, 福建 福州 350002;
2. 厦门银祥集团有限公司, 肉食品安全生产技术国家重点实验室, 福建 厦门 361100)

摘 要:以姜母鸭为研究对象,探究不同加工方式对其感官风味的影响。通过 TS-5000Z 味觉分析系统和食品感官属性强度分析方法,对烤制、卤制和炒制姜母鸭的 5 种基本味(酸、甜、苦、咸、鲜)和涩味进行评价,并就加工方式和味觉进行相关性分析。结果表明,味觉分析系统分析发现,姜母鸭的有效味觉指标为甜、苦、咸、鲜和涩味,食品感官分析与之相比缺少了涩味作为有效味觉指标。炒制版的涩味和苦味均明显高于烤制版和卤制版,烤制版和卤制版在苦涩味方面非常接近;三者鲜味方面差异很小,但在丰富性上存在明显不同,炒制版的鲜味回味(丰富性)远高于另外两种加工方式,同样炒制版姜母鸭的咸味也是最强的。利用 SIMCA 对姜母鸭的加工方式与味觉进行主成分(PCA)分析显示,烤制版和卤制版姜母鸭与炒制版姜母鸭能够利用电子舌系统得到显著区分,烤制版和卤制版接近;丰富性、咸味、苦味、苦味回味的聚类位置与炒制版姜母鸭相似,鲜味在炒制版姜母鸭过原点的相反位置。综上,烤制版姜母鸭和卤制版姜母鸭在味觉上相近,炒制版姜母鸭与之差异显著,为探究加工方式对呈味物质的影响机理提供参考。

关键词:姜母鸭;电子舌;感官评价;味觉;烤制;卤制;炒制

Difference Analysis of Multiple Processing Methods on Sensory Flavors of Ginger Duck

WANG De-hua¹, SU Yong-yu², LIN Xiang-mu², ZHANG Yi¹, HU Tao²,
ZHANG Zhi-gang^{2*}, HU Jia-miao^{1,2,*}

(1. State Key Laboratory of Food Safety Technology for Meat Products, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. State Key Laboratory of Food Safety Technology for Meat Products, Xiamen Yinxiang Group Co., Ltd., Xiamen 361100, China)

Abstract: In this study, the influence of various processing methods (including roast, slow cook, and stir-fry) on the sensory flavors (including sour, sweet, bitter, salty, umami and astringent flavors) of ginger duck was investigated using TS-5000Z taste analysis system and PCA analysis. The experimental results of TS-5000Z taste analysis system demonstrated sweet, bitter, salty, umami and astringent were identified as the effective taste indices of ginger duck, while the astringency was not identified as the effective taste index through food sensory analysis. Besides, the astringency and bitterness in stir-fried ginger duck were obviously increased than other

基金项目:“十三五”国家重点研发计划重点专项(2016YFD0400403);肉食品安全生产技术国家重点实验室开放性课题。

作者简介:王德华(1996—),男,汉族,硕士,研究方向:食品加工与安全。

*通信作者:张志刚,学士,高级工程师,研究方向:肉制品加工。

胡嘉森,博士,副教授,研究方向:食品营养与安全。

processing methods treatments, and the roast ginger duck showed similar astringency with slow cooked treatment. Meanwhile, little difference in umami taste was observed in these three processing treated ginger ducks, however, stir-fried ginger duck possessed significant higher umami aftertaste (richness) and salty taste than other treatments. The PCA analysis also revealed that the roasted and slow cooked ginger ducks could be separated from the stir-fried sample according to taste indices, while the roasted and slow cooked ducks presented similar sensory flavors, their clustering positions of richness, saltiness, bitterness and bitter aftertaste were similar to that of the stir-fried ginger duck, while the umami position in stir-fried ginger duck was opposite to that passing the origin. In conclusion, the effective taste indices of ginger ducks prepared via different processing methods were determined and comparatively analyzed, the roasted and slow cooked ginger ducks showed similar tastes, while the stir-fried samples presented significant differences compared with other treatments, which may provide a reference for the future research to improve the flavor of duck meat products.

Key words: ginger duck; electronic tongue; sensory evaluation; taste; roast; slow-cook; stir-fry

中图分类号: TS251.61

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6221.2021.05.007

姜母鸭由于其独特的口味和较强的食疗效果深受闽南及台湾人的喜爱,有厦门一宝、闽台一绝之美誉^[1]。其制作原料主要是姜母和红面番鸭,姜母是指有着3年生长期期的老姜,红面番鸭因其面部长有红色的肉疣而得名^[2-3],这种从南美秘鲁引入我国的鸭品种,皮薄肉厚且瘦肉多,脂肪少,用其加工出来的鸭肉味道香醇、鲜嫩多汁、不油腻,肉质紧密^[4]。刘源等^[5]将不同加工鸭肉制品包括水煮鸭、盐水鸭、烤鸭的滋味成分进行比较,结果表明,鲜味氨基酸天冬氨酸(Asp)和谷氨酸(Glu)、甜味氨基酸丙氨酸(Ala)以及风味核苷酸对鸭肉制品的滋味贡献显著,盐水鸭的特殊加工工艺以及烤制加工使鸭肉制品具有较高的非挥发性滋味成分含量。郑坚强等^[6]对肉鸭的深入加工进行研究,通过试验研制出了盐水鸭、酱鸭和烤鸭3种简单、易行、味美且营养价值高的肉鸭产品,并确定了最佳工艺参数。但目前关于炒制、卤制、烤制姜母鸭的味觉指标分析研究尚未见报道。

风味是肉制品的重要品质指标之一,包括气味和滋味^[7]。食品风味的检测手段主要有顶空-固相微萃取(HS-SPME)结合气相色谱-质谱(GC-MS)^[8]和感官评价。HS-SPME结合GC-MS具有操作周期长、成本高、操作难度大等缺点^[9]。感官评价是建立在科学的评价程序和方法的基础上,由品评员通过视觉、嗅觉、听觉、味觉以及触觉等对食品及其他物质的特性进行描述的一种科学方法^[10],目前已经广泛应用于食品及其他产品的感官特征评价及产品鉴别、产品开发、市场调查等方面的研究^[11]。传统的感官评价技术一般只进行定性评价,不能进行精确的定量评价^[12]。然而吴昀等^[13]通过感官属性强度分析和感官嗜好性

评价的方法对市售番鸭的感官特性进行了定性定量评定,确立了一套科学的感官评价流程。程焕等^[14]利用尺度法对红茶和绿茶的滋味分属性进行了评定,实现了茶业感官品质的定量分析。随着传感器技术的发展,电子鼻和电子舌在食品检测中得到了不断的研究与应用^[15]。电子舌是一种使用类似于生物系统的材料作传感器的敏感膜,当类脂薄膜的一侧与味觉物质接触时,膜电势发生变化,从而产生响应,检测出各类物质之间的相互关系^[16-17],是分析化学在液态领域检测的新方向^[18],有多通道电极味觉传感器^[19]、伏安法电子舌^[20]、生物传感器^[21]和电子舌敏感膜^[22]等分类。目前电子舌检测技术已经广泛应用于食品药品的智能感官分析领域,如食品新鲜程度的检测^[23]、果蔬成熟度的检测、饮料及酒类的辨别区分^[24]等。Zhang等^[25]采用电子鼻、电子舌和同时蒸馏萃取GC-MS技术评价了不同干燥方式对金桔鱼片风味的影响,结果表明,电子鼻和电子舌系统能够有效地鉴别4种样品的挥发性物质。郑舒文等^[26]在基于电子鼻和电子舌技术的鳕鱼鲜度评定研究中指出,用电子鼻和电子舌区分不同鲜度的鱼肉,电子舌的区分度远高于电子鼻。Aliani等^[27]结合TS-5000Z电子舌传感器的味觉信息数据成功建立了一种基于电子舌的药物苦味强度预测方法,为其他食品、药物的苦味预测模型的建立提供了参考。Atsu等^[28]通过味觉测试和味觉传感器成功测定了克拉霉素在各种饮料中的苦味。赵童瑶等^[29]探讨了不同来源龙胆苦味和品质相关性研究。Bajec等^[30]揭示了涩味在食品中的感官特性。

本试验以烤制、卤制和炒制的姜母鸭为原料,利

用 TS-5000Z 味觉分析系统和食品感官属性强度分析方法,使用具有广域选择特异性的人工脂膜传感器,模拟生物活体的味觉感受机理^[31-32],通过检测 3 种处理方式下姜母鸭的各种味物质和人工脂膜之间的静电作用或疏水性相互作用产生的膜电势的变化,实现对 5 种基本味(酸、甜、苦、咸、鲜)和涩味的评价,以期找到烤制、卤制和炒制姜母鸭的有效味觉指标,并将不同加工方式姜母鸭做有效区分,为姜母鸭制品的产业化生产提供试验数据支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料与试剂

冻白条鸭,每只屠宰后质量为 1.6~1.7 kg,品种为樱桃谷鸭;老姜、麻油、米酒、酱油、香醋、食盐、白砂糖、味精、香辛料,购于本地市场;氯化钾、盐酸、无水乙醇、酒石酸,购于西陇化工股份有限公司。

1.1.2 仪器与设备

TS-5000Z 味觉分析系统,日本 INSENT 公司;30-50 型真空滚揉机,亿邦食品机械有限公司;XY 型天然气炒制机,山东心悦机械设备有限公司;MJ-BL2582 型料理机,美的生活电器制造有限公司;KQ-300VDE 型数控超声波清洗机,昆山市超声仪器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 姜母鸭样品的制备

1.2.1.1 烤制版姜母鸭

樱桃谷鸭于 0~4℃条件下进行解冻,除去腺体和异物,按照 120%注射量注射食用盐、料酒、水等调料的混合液。在真空度为 0.06 MPa,转速为 5 r/min 条件下用真空滚揉机滚揉 30 min;上架烘烤,第 1 段 60℃,1.5 h,第 2 段 170℃,50 min;杀菌、冷却备用。

1.2.1.2 卤制版姜母鸭

樱桃谷鸭于 0~4℃条件下进行解冻,除去腺体和异物,在开水中煮制 10 min,去除血水,进行表面熟化;油炸上色,在 93℃的卤水中卤制 2 h,温度保持在 85~88℃;烘干杀菌、冷却备用。

1.2.1.3 炒制版姜母鸭

樱桃谷鸭于 0~4℃条件下进行解冻,除去腺体和异物,分切成 3~5 cm 的块状,在开水中煮制 5 min,去除血水,进行表面熟化;将焯水后的肉块,放入天然气炒制机内,并加入辅料,开大火至物料温度为 85℃再开中火,炒制到物料温度为 92℃时,开中小火,炒制有轻微的焦香味,出锅;杀菌、冷却备用。

1.2.2 TS-5000Z 味觉分析

1.2.2.1 参比溶液(RefSol)的制备

在 30 mmol/L KCl 中加入 0.3 mmol/L 的酒石酸,制备成无味的 RefSol。

1.2.2.2 味觉分析

取不同加工处理方式的鸭肉样品去骨后置于料理机中打碎,称取打碎的肉样 40 g 置于 500 mL 烧杯中,量取 160 mL 蒸馏水添加到烧杯中,玻璃棒搅拌均匀,置于超声波清洗机中超声 5 min,3 000 r/min 离心 5 min 后滤纸过滤取上清液测试。

1.2.3 食品感官分析与评价

随机选取 30 名志愿者组成感官评价分析小组,并对其进行食品感官分析与评价基本方法的培训。参考相关文献^[13,33-34]确定食品感官分析强度评分尺度表和感官描述词及其定义(见表 1、2)。

表 1 食品感官分析强度评分尺度表
Table 1 Scale of intensity score for food sensory analysis

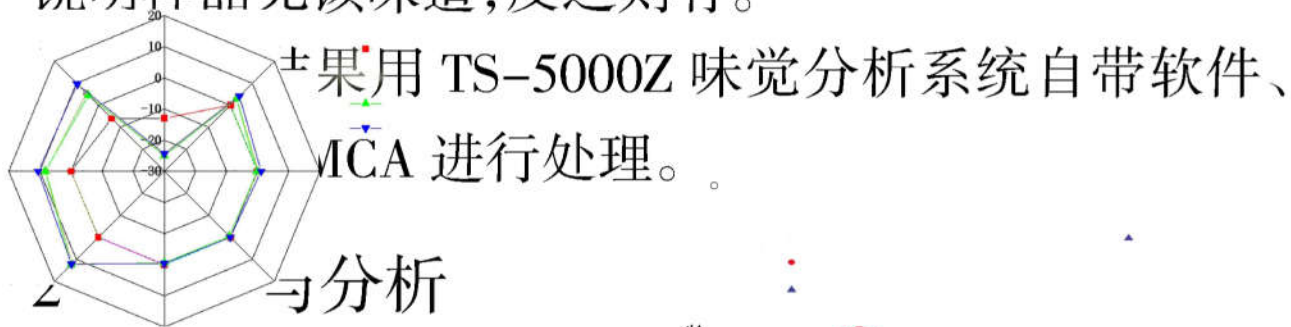
评分/分	强度
0	不存在
1	非常轻微
2	轻微
3	明确
4	显著
5	非常显著

表 2 食品感官描述词及其定义
Table 2 Food sensory descriptors and their definitions

描述词	定义
酸味	食醋等食品在水溶液中电离出的氢离子刺激舌黏膜而产生的一种化学味感,受到酸性基团特性、pH、缓冲效应等多重因素的影响。
咸味	描述由某些物质(例如氯化钠)的水溶液产生的一种基本味道。
苦味	描述啤酒、咖啡等一般食品的苦味;有些口尝感觉不到苦味的食品(调味汁,清酒等)中含有微量的苦味会增加样品的味道。
鲜味	肉类、贝类、鱼类及味精和酱油等都有特殊的鲜美滋味,这就是通常简称的鲜美滋味。这些食物中鲜味的主要成分是琥珀酸、核苷酸以及氨基酸等。
涩味	当口腔黏膜蛋白质被凝固时,就会引起收敛,此时感到的滋味便是涩味。涩味是由于刺激触觉神经末梢所产生的,表现为口腔的收敛感觉和干燥感觉。
涩味回味	描述样品涩味的持久度。
苦味回味	描述样品苦味的持久度。
鲜味回味(丰富性)	描述样品鲜味的持久度,又称丰富性或鲜味持久度。

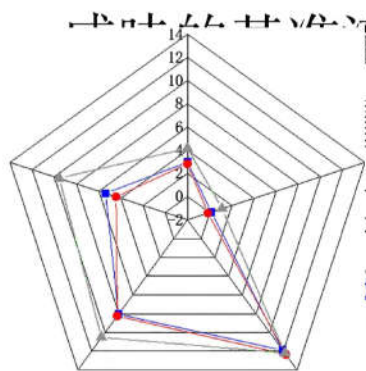
1.2.4 数据处理

电子舌检测数据以 RefSol 为标准的绝对输出值,模拟人口腔中只有唾液时的状态。其中 Tasteless 为无味点,即 RefSol 的输出,RefSol 由 KCl 和酒石酸组成味觉值,故酸味的无味点为-13,咸味的无味点为-6,以此为基准,当样品的味觉值低于 Tasteless 时说明样品无该味道,反之则有。



2.1 不同加工方式姜母鸭有效味觉指标的确定

根据 RefSol 确定各味觉的无味点,其中酸味和咸味由氯化钾和酒石酸配制而成,故基准容量的酸和盐,酸味和咸味的无味点分别其余味觉指标均为 0。从图 1 中可见,本中姜母鸭样品的酸味明显低于无味点,其

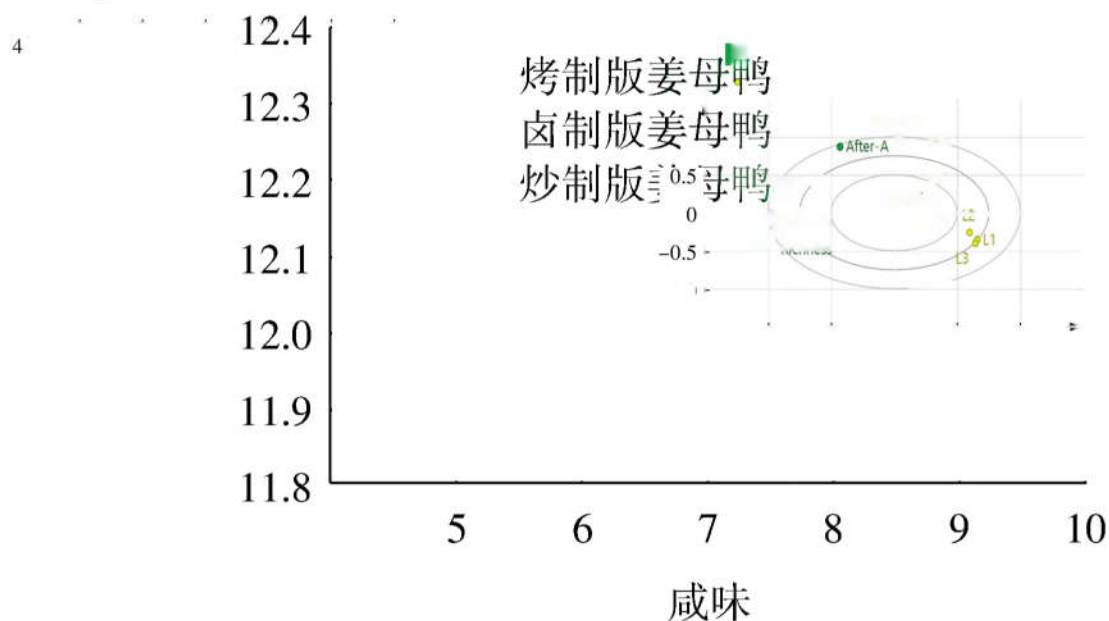


酸味

咸味

苦味

- - Tasteless
- 烤制版姜母鸭
- 卤制版姜母鸭
- 炒制版姜母鸭



注:气泡越大表示丰富性越高。

图4 姜母鸭样品鲜味和丰富性散点图

Fig.4 Scatter diagram of umami and richness in ginger duck samples

作用具有综效性,鸭肉的味物质显著相关。烤制、卤制和炒制影响呈味物质,如氯化钠、姜得炒制版、烤制版、卤制版,卤制版和烤制版姜母鸭的丰富性接近,炒制版较之最大。

2.3 姜母鸭的不同加工方式与味觉相关性分析

为探究姜母鸭的加工方式与酸、甜、苦、咸、鲜和涩味6个味觉指标之间的关系,基于电子舌检测数据对不同加工方式的姜母鸭通过SIMCA进行PCA、Y

表 4 传感器区域度分析
Table 4 Sensor region analysis

CH	酸味	苦味	涩味	苦味回味	涩味回味	鲜味	鲜味回味	咸味
平均误差(θ)	0.35	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.24	0.01
平均值($\bar{x}$)	24.69	3.37	0.65	0.41	0.49	12.14	9.02	6.84
标准偏差(s)	0.29	0.6	0.54	0.21	0.08	0.2	1.11	2.24
$m_1/\%$	1.42	0.98	2.24	4.84	1.45	0.09	2.72	0.2
$m_2/\%$	120.41	5.46	2.7	9.48	9.33	5.56	22.03	0.62

同样品的误差率($m_2(\%)=\theta/s\times 100$),反映传感器的区分能力,值越低样品的区分性越好。误差率为 20%,样品最大可识别为 5 组,误差率为 50%,样品最大可识别为 2 组,误差率为 100%,则样品不能得到有效识别。由此可见,在传感器区分度分析中,所有的味觉传感器对该姜母鸭样品的区分性均很好。

2.5 不同加工方式姜母鸭感官属性强度

食品感官分析员经过专业培训后,依据食品感官分析强度评分尺度表,按照食品感官描述词及其定义,对不同加工方式的姜母鸭样品进行感官属性强度分析。如表 5 所示,咸味、鲜味、苦味及丰富性均能被品评员感官感知,与 TS-5000Z 味觉分析系统结果相

比,姜母鸭样品的涩味与无味点接近,不能被品评员感官感知,进一步体现了现代仪器分析技术在食品检测领域的优势。在图 7 姜母鸭样品有效味觉属性强度的雷达图中,炒制版姜母鸭在咸味、苦味、咸味和丰富性上均大于烤制版姜母鸭和卤制版姜母鸭,烤制版姜母鸭和卤制版姜母鸭在如图所示的有效味觉指标中属性强度相近,且与 TS-5000Z 味觉分析系统结果规律相似,进一步论证了 TS-5000Z 味觉分析系统在肉类制品味觉指标分析的可靠性。智能感官结果与人工感官结果相印证,且区分效果优于人工感官评价结果。可见智能感官可部分替代人工感官以及传统仪器分析,实现姜母鸭加工方式和品质的快速鉴定与区分。

表 5 姜母鸭样品感官属性强度分析结果
Table 5 Sensory attribute strength analysis results of ginger duck samples

单位:分

样品	咸味	鲜味	酸味	苦味	涩味	苦味回味	涩味回味	丰富性
烤制版姜母鸭	3.91±0.31 b	3.13±0.45 b	0 a	1.52±0.39 c	0 a	0 a	0 a	3.02±0.38 c
卤制版姜母鸭	3.82±0.38 c	3.03±0.39 c	0 a	1.61±0.42 b	0.00±0.17 a	0 a	0 a	3.21±0.36 b
炒制版姜母鸭	4.64±0.23 a	3.21±0.35 a	0 a	1.93±0.43 a	0.01±0.25 a	0.01±0.25 a	0 a	3.33±0.46 a

注:同一列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下同。

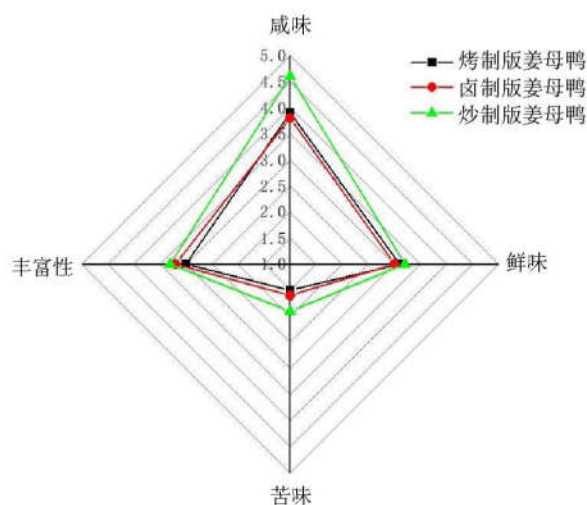


图 7 姜母鸭样品有效味觉属性强度雷达图

Fig.7 Radar diagram of effective taste attribute intensity of ginger duck samples

3 结论

TS-5000Z 味觉分析系统对不同加工方式的姜母鸭的味觉具有明显的应答,与人工感官结果相印证,且区分效果优于人工感官评价结果。炒制的姜母鸭样品均没有酸味、苦味回味和涩味回味,除此以外其他味觉指标均是其有效的味觉指标。姜母鸭样品具有一定的苦涩味,其中炒制版姜母鸭的涩味和苦味均明显高于烤制版姜母鸭和卤制版姜母鸭,烤制版姜母鸭和卤制版姜母鸭在苦涩味方面非常接近,数值上的差异不超过 0.5 个刻度,人的味觉难以进行分辨,二者的涩味接近于 0;苦味与样品中添加的辛香料等有关,与其风味具有一定的关系;咸味、鲜味和丰富性方面,三者鲜味方面差异很小,但在丰富性上存在明显不同,炒制版姜母鸭的鲜味回味(丰富性)远高于另外两

个样品,同样炒制版姜母鸭的咸味也是最强的;整体来看,烤制版姜母鸭和卤制版姜母鸭在味道上非常相似,炒制版姜母鸭与之差异显著。不同加工方式姜母鸭样品滋味产生差异与鸭肉中的风味前体物质在加工中的变化规律有关,这些风味前体物质包括游离氨基酸、核苷酸、小肽、糖类、脂肪、硫胺酸、无机盐等^[38]。鸭肉经过美拉德反应、脂质降解、硫胺素降解等反应也会产生复杂多样的风味物质。加工温度和受热方式会显著影响肉品风味物质的含量,影响机制有两种:一是影响肉品基本成分降解生成风味物质的速度;二是影响滋味物质的分解速度。有研究发现由于陶瓷瓦罐受热均匀,其传统工艺的瓦罐鸡汤滋味优于现代高压熬制和电磁炉熬制的鸡汤^[39]。不同加工方式的干腌火腿,其氨基酸含量与加工温度呈正相关^[40]。烤制、卤制鸭肉在制作过程中温度均达到了170℃以上(卤制要经过油炸工艺),炒制的最高温度为121℃,不同加工方式的氨基酸变化有待进一步研究。该研究确定了不同加工方式姜母鸭的有效味觉指标,并对比分析了不同加工方式造成的味觉差异,进一步为鸭肉制品风味变化规律研究提供了参考。

参考文献:

- [1] 于米华, 张志刚, 胡涛, 等. 加工工艺及配方对姜母鸭感官品质及货架期的影响[J]. 肉类研究, 2013, 27(8):19-23. DOI: 10.7506/rlyj1001-8123-201308004.
- [2] 姚海鸿. 如何制作姜母鸭[J]. 四川烹饪, 2012(12):81.
- [3] 林燕德, 卢珍华, 曾俊铭, 等. 食品安全管理体系在姜母鸭生产中的应用[J]. 肉类工业, 2018(9):57-63. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5467.2018.09.015.
- [4] 金宏斌, 陶亚军. 番鸭及其饲养管理[J]. 水禽世界, 2012(2): 26-27.
- [5] 刘源, 徐幸莲, 王锡昌, 等. 不同加工对鸭肉滋味成分的作用研究[J]. 食品科学, 2008, 29(3):127-130. DOI: 10.3321/j.issn:1002-6630.2008.03.021.
- [6] 郑坚强, 司俊玲, 马丽珍. 盐水鸭、酱鸭和烤鸭制作工艺的研究[J]. 肉类工业, 2003(9):13-15. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5467.2003.09.009.
- [7] 王琼, 徐宝才, 于海. 电子鼻和电子舌结合模糊数学感官评价优化培根烟熏工艺[J]. 中国农业科学, 2017, 50(1):161-170. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2017.01.014.
- [8] 栾宏伟, 朱文慧, 祝伦伟, 等. 不同发酵时间对乌虾酱风味的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(1):1-14. DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020.12.012.
- [9] 谢云辉, 李国辉. 电子鼻在食品快速检测方面的应用[J]. 食品安全导刊, 2019(9):114. DOI: 10.16043/j.cnki.cfs.2019.09.079.
- [10] 李小娜, 王洪伟, 童华荣. 食品感官评价技术在茶叶品质评价中的应用研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(5):1542-1547. DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2015.05.005.
- [11] 王春芳, 毛明, 胡菲菲, 等. 超高压和热处理后黄果汁感官品质的主观评价和仪器检测对比[J]. 农业工程学报, 2013, 29(10):278-286. DOI: 10.3969/j.issn.1002-6819.2013.10.037.
- [12] ROUTRAY W, VIVEK K, SUBBARAO K V, et al. Application of fuzzy logic in sensory evaluation of food products: A comprehensive study[J]. Food and Bioprocess Technology, 2020, 13(2): 1-29. DOI: 10.1007/s11947-019-02337-4.
- [13] 吴昉, 陈晓霞, 顾振宇, 等. 感官分析在番鸭产品研发中的应用[J]. 食品与机械, 2012, 28(3):45-48, 58. DOI: 10.3969/j.issn.1003-5788.2012.03.012.
- [14] 程焕, 贺玮, 赵镭, 等. 红茶与绿茶感官品质与其化学组分的相关性[J]. 农业工程学报, 2012, 28(S1):375-380.
- [15] 胡婷婷, 刘刚, 邓钱江. 基于电子鼻、电子舌技术评价金杆菌固态发酵对青刺尖茶感官品质的影响[J]. 现代食品科技, 2017, 33(6):285-292. DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.6.042.
- [16] 王俊, 胡桂仙, 于勇, 等. 电子鼻与电子舌在食品检测中的应用研究进展[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 293-295. DOI: 10.3321/j.issn:1002-6819.2004.02.069.
- [17] SEHRA G, COLE M, GARDNER J W. Miniature taste sensing system based on dual SH-SAW sensor device: An electronic tongue[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2004, 103(1-2):233-239. DOI: 10.1016/j.snb.2004.04.055.
- [18] 马福昌, 吕迎春, 李怀恩. 电子舌及其应用研究[J]. 传感器技术, 2004, 23(9):1-3. DOI: 10.3969/j.issn.1000-9787.2004.09.001.
- [19] TOKO K, TAHARA Y, HABARA M, et al. Taste sensor: Electronic tongue with global selectivity[M]. Essentials of Machine Olfaction and Taste, 2016: 87-174. DOI: 10.1002/9781118768495.ch4.
- [20] 殷廷家, 杨正伟, 国婷婷. 基于伏安电子舌的枸杞产地快速辨识[J]. 食品与机械, 2019, 35(5):116-122. DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.05.02.
- [21] 张芬妮. 味觉组织生物传感器的构建与味觉评价分析[D]. 杭州:浙江大学, 2013.
- [22] SCHNING M J, MOURZINA Y G, SCHUBERT J, et al. Can pulsed laser deposition serve as an advanced technique in fabricating chemical sensors[J]. Sensors & Actuators, 2000, 78(13):273-278. DOI: 10.1016/S0925-4005(01)00825-5.
- [23] 高利萍, 王俊, 崔绍庆. 电子舌检测不同冷藏时间草莓鲜榨汁的品质变化[J]. 农业工程学报, 2012, 28(23):250-256. DOI: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.23.033.
- [24] 姜莎, 陈芹芹, 胡雪芳, 等. 电子舌在红茶饮料区分辨识中的应用[J]. 农业工程学报, 2009, 25(11):345-349. DOI: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.11.064.

- [25] ZHANG J, CAO J, PEI Z, et al. Volatile flavour components and the mechanisms underlying their production in golden pompano (*Trachinotus blochii*) fillets subjected to different drying methods: A comparative study using an electronic nose, an electronic tongue and SDE-GC-MS[J]. Food Research International, 2019, 123:217–22. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.04.069.
- [26] 郑舒文, 陈卫华. 基于电子鼻和电子舌技术的鳕鱼鲜度评定[J]. 中国调味品, 2019, 44(5):164–169. DOI: 10.3969/j.issn.1000–9973.2019.05.038.
- [27] ALIANI M, EIDEH A A, KAPOURCHALI F R, et al. Evaluation of bitterness by the electronic tongue: Correlation between sensory tests and instrumental methods[M]. John Wiley & Sons, Ltd. DOI: 10.1002/9781118590263.ch9.
- [28] ATSU T, YOHKO M, TOMOKO N, et al. The bitterness intensity of clarithromycin evaluated by a taste sensor [J]. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 2003, 51(11):1241–1245. DOI: 10.1248/cpb.51.1241.
- [29] 赵童瑶, 尹海波, 李旭. 基于电子舌技术对不同来源龙胆的苦味与品质相关性研究[J]. 中国现代中药, 2018, 20(9): 1068–1073. DOI: 10.13313/j.issn.1673–4890.20180321001.
- [30] BAJEC M R, PICKERING G J. Astringency: Mechanisms and perception[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2008, 48(9):858–875. DOI: 10.1080/10408390701724223.
- [31] 耿利华, 李扬, 詹浩宇, 等. 食品的味觉分析[J]. 中国食品添加剂, 2012 (S1):209–214.
- [32] 王栋轩, 卫雪娇, 刘红蕾. 电子舌工作原理及应用综述[J]. 化工设计通讯, 2018, 44(2):140–141.
- [33] 国家技术监督局. 感官分析 通过多元分析方法鉴定和选择用于建立感官剖面的描述词: GB/T 16861—1997[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [34] 国家技术监督局. 感官分析 方法学 使用标度评价食品: GB/T 16290—1996[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [35] 陶正清. 盐水鸭加工过程中滋味变化及呈味肽分离鉴定的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2014.
- [36] 宋诗清, 贾茜, 许锐, 等. 高压/酶解/闪式高速提取对金华火腿骨呈味物质的影响[J]. 农业工程学报, 2019, 35(20):288–295.
- [37] 王梦馨, 薄晓培, 韩善捷, 等. 不同防冻措施茶园茶汤滋味差异的电子舌检测[J]. 农业工程学报, 2016, 32(16):300–306. DOI: 10.11975/j.issn.1002–6819.2016.16.041.
- [38] 匡威, 宋文敏, 王海滨. 鸡鸭肉类制品风味物质及其分析方法研究进展[J]. 肉类工业, 2018(3):50–56.
- [39] 何小峰, 岳馨钰, 王益, 等. 瓦罐鸡汤主要滋味物质研究[J]. 食品科学, 2010, 31(22):306–310.
- [40] SPANIER A M, MCMILLIN K W, MILLER J A. Enzyme activity levels in beef: Effect of postmortem aging and endpoint cooking temperature[J]. Journal of Food Science, 1990, 55(2): 318–322. DOI: 10.1111/j.1365–2621.1990.tb06752.x.

收稿日期: 2020–08–16

(上接第 33 页)

- [18] XIONG Y L, DECKER E, FAUSTMAN C. Protein oxidation and implications for muscle food quality[J]. John Wiley, 2001, 33(8):131–134.
- [19] BERTRAM H C, ANDERSEN H J. NMR and the water-hold-ing issue of pork[J]. Journal of Animal Breeding and Genetics, 2015, 124(S1):35–42. DOI: 10.1111/j.1439–0388.2007.00685.x.
- [20] SHARMAN E H. Reactive oxygen species and protein oxidation in neurodegenerative disease[J]. Biomedical and Life Sciences, 2016, 12(15): 199–210. DOI:10.1007/978–3–319–33486–8_11.

收稿日期: 2020–08–17