

不同卤料处理方式对卤味鹅肝挥发性风味物质的影响

林婉玲^{1,2}, 曾姣¹, 郑秋纯², 薛映珠¹, 肖丽婷², 刘汉旭³, 刘亚群², 罗东辉^{1,4*}, 蔡雪媛¹

(1. 化学与精细化工广东省实验室潮州分中心, 广东潮州 521011)(2. 韩山师范学院生命科学与食品工程学院, 广东潮州 521041)(3. 韩山师范学院物理物理与电子工程学院, 广东潮州 521041)
(4. 广东海洋大学阳江校区食品科学与工程学院, 广东阳江 529500)

摘要: 普通鹅肝营养丰富, 但综合利用率低, 为提高鹅肝利用价值及优化卤味鹅肝的工艺, 该研究以三种不同处理的香辛料对普通鹅肝进行卤制, 研究处理后的香辛料对卤制鹅肝风味的影响。结果发现, 粉碎的香辛料卤制 30 min 的鹅肝 (FS) 的感官评分与传统直接卤制 60 min 的鹅肝 (WF) 的接近, 粉碎+球磨处理的卤料卤制的鹅肝 (FS+QM) 感官评价稍差; 三种鹅肝共检出 57 种挥发性风味成分, 其中 WF40 种, FS42 种, FS+QM36 种, 三种鹅肝的部分挥发性成分有明显的差异。醛类、醇类和醚类是含量较高同时也是变化最显著的三类物质, 其中醛类是影响风味的关键物质。PCA 分析进一步表明, 三种不同处理香辛料卤制鹅肝的关键风味物质明显不同。研究结果揭示卤料粒径大小对卤鹅肝的风味物质种类和含量有影响, 粉碎香辛料可代替传统块状香辛料进行卤制, 节约卤制时间, 同时为普通鹅肝的深加工提供理论依据。

关键词: 卤味鹅肝; 挥发性风味物质; 香料

文章编号: 1673-9078(2024)06-243-251

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2024.6.0750

Effect of Different Spice Processing Treatments on the Volatile Flavor Components of Pot-stewed Goose Liver

LIN Wanling^{1,2}, ZENG Jiao¹, ZHENG Qiuchun², XUE Yingzhu¹, XIAO Liting², LIU Hanxu³,
LIU Yaqu², LUO Donghui^{1,4*}, CAI Xueyuan¹

(1. Chaozhou Branch of Guangdong Laboratory of Chemistry and Fine Chemical Engineering, Chaozhou 521011, China) (2. School of Life Science and Food Engineering, Hanshan Normal University, Chaozhou 521041, China) (3. School of Physics and Electronic Engineering, Hanshan Normal University, Chaozhou 521041, China) (4. College of Food Science and Engineering, Yangjiang Campus, Guangdong Ocean University, Yangjiang 529500, China)

Abstract: Ordinary goose liver is highly nutritious, but its comprehensive utilization rate is low. Therefore, to improve the utilization value and optimize the marination process of goose liver, three different methods were used to spice ordinary

引文格式:

林婉玲, 曾姣, 郑秋纯, 等. 不同卤料处理方式对卤味鹅肝挥发性风味物质的影响[J]. 现代食品科技, 2024, 40(6): 243-251.

LIN Wanling, ZENG Jiao, ZHENG Qiuchun, et al. Effect of different spice processing treatments on the volatile flavor components of pot-stewed goose liver [J]. Modern Food Science and Technology, 2024, 40(6): 243-251.

收稿日期: 2023-03-20

基金项目: 潮州市科技计划项目 (HJL202106B001); 化学与精细化工广东省实验室潮州分中心科技计划项目 (HJ202202B004); 2022 年大学生创新创业训练项目 (S202210578027; S202210578011X)

作者简介: 林婉玲 (1979-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 食品加工与质量安全, E-mail: lwlsf@163.com

通讯作者: 罗东辉 (1982-), 男, 博士, 高级工程师, 研究方向: 调味品及功能食品, E-mail: luodonghui@gdou.edu.cn

goose livers, and the effects on the flavor of the pot-stewed goose livers were studied. The results showed that the sensory scores of goose livers marinated with crushed spices for 30 min (FS) were similar to those obtained for goose livers that were marinated traditionally with uncrushed spices for 60 min (WF). The sensory scores of goose livers marinated with crushed and ball-milled spices (FS+QM) were slightly worse than those obtained for WF. A total of 57 volatile flavor components were detected in the three kinds of goose livers, with 40 in WF, 42 in FS, and 36 in FS+QM, and significant differences were observed for some of the volatile components in the three kinds of goose livers, with relatively high contents and the most significant changes observed for aldehydes, alcohols, and ethers. Aldehydes were the key substances affecting flavor. Principal component analysis further showed significant differences in the key flavor substances of goose livers marinated under the three different processing methods, and that the grain size of the spices affects the types and contents of the flavor substances in braised goose livers. The results of the study indicate that replacing the traditionally used whole spices saves marinating time, thus providing a theoretical basis for improved processing of ordinary goose livers.

Key words: pot-stewed goose liver; volatile flavor components; spices

鹅肝是鸭科动物鹅的肝脏, 含有人类所需的各种营养物质, 包括蛋白质、卵磷脂、碳水化合物、不饱和脂肪酸、多种维生素以及铁、锌等矿物质元素^[1], 其中, 蛋白质的含量最高, 在人体内的消化率达到 97%, 是人类蛋白质的优质食品来源。另外, 维生素 A 的含量很高, 比蛋、肉、鱼等食品高, 可作为维生素 A 的主要补充来源^[2,3]。由此可见, 鹅肝具有非常高的营养价值。

目前, 我国已经成为世界第一养鹅大国, 2022 年商品鹅的出栏量达到 4.68 亿只, 占世界肉鹅出栏量的 88.30%^[4]。鹅肝是鹅的主要副产物之一, 虽然具有很好的营养价值, 但由于存在腥味重、颗粒感明显等缺点, 综合利用率较低。除了肥鹅肝主要用于加工成法式鹅肝、鹅肝酱及粉肝外, 普通鹅肝大部分被用作下脚料, 或动物饲料, 甚至丢弃, 其利用价值非常低。目前对于普通鹅肝的研究及产品的开发主要集中在鹅肝酱, 如吴婷婷等^[1]开发的各种不同的鹅肝酱产品等, 产品形式单一, 种类非常少。因此, 如何对普通鹅肝进行多样化产品的开发是提高鹅肝高值化利用的主要途径。

卤制是我国肉制品的主要加工方式, 如酱卤牛肉、卤猪肉、卤鸭、卤鹅等, 均是我国主要的肉制品, 一般利用各种香辛料和调味料经过一定时间的卤制而成, 能赋予肉制品特殊的风味, 口感佳, 很受欢迎。但是这些卤制品均存在卤制时间长的特点, 因此, 缩短卤制时间又能够保持产品的口感和风味是卤制品加工主要解决的问题。因此, 本研究以普通鹅肝为原料, 利用香辛料的特性, 采用粉碎和精磨对香辛料进行处理, 研究处理后的香辛料对卤制鹅肝风味的影响, 为普通鹅肝的深加工提供思路, 丰富普通鹅肝产

品, 同时为卤制肉制品的加工提供理论依据和指导。

1 材料与方法

1.1 实验原料

新鲜鹅肝、南姜均为市售; 白砂糖、食盐、味精、酱油均购于上海太太食品有限公司; 肉桂、八角、川砂仁、小茴香、香叶、肉豆蔻、草果、山奈、花椒及丁香均购于京东商城。

1.2 主要仪器设备

安捷伦 7890A-5977A 气质联用仪, 美国 Agilent 科技公司; 固相微萃取手柄, 美国 SUPELCO 公司; 粉碎机, 东莞市房太电器有限公司; 行星球磨机, 青岛聚创环保集团有限公司; 冷冻干燥机, 中国科学仪器销售中心。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程及操作要点

1.3.1.1 工艺流程

原辅料验收→解冻→清洗修整→腌制→卤水制作→鹅肝卤制→冷却→杀菌→包装

1.3.1.2 工艺要点

①原料验收、解冻、清洗修整: 鹅肝要求新鲜、形态完整、无血斑, 无异味、无腐败且干净。鹅肝收到后进行清洗修整, 剔除鹅肝表面异物及脂肪等物质, 备用。

②腌制: 将盐, 粉碎的南姜加入鹅肝中, 两者添加量分别为鹅肝质量的 5%, 混匀, 腌制 3 h。

③卤水制作: 卤水的制作包括卤料配方及卤料的不同处理方式。

表 1 卤料加工及卤制方法

Table 1 The methods of spiceries processing and goose livers cooking

名称代号	传统加工 (无粉碎) 方法	普通粉碎机粉碎法	普通粉碎 + 球磨机粉碎法
	WF	FS	FS+QM
卤料处理	将按一定比例的各种香料清洗干净后直接进行熬煮。	将按比例称好的各种香辛料于粉碎机进行粉碎, 粉碎时间为 2 min, 然后过 60 目筛网得香辛料粉。	将普通粉碎机粉碎法所得的香辛料粉, 以粉:去离子水=1:10 的质量比加入球磨机罐体进行球磨粉碎, 球磨转速为 375 r/min, 时间为 2 h。粉碎后进行冷冻干燥, 得到微米级的香辛料粉。
卤汁熬制	先将白糖进行炒制至焦糖色, 按比例添加一定量水, 煮至微沸后, 加入处理好的卤料, 待沸腾后加入酱油, 继续小火煮制 1 h, 最后加入味精搅拌溶解即得卤水。		
卤制	将腌好的鹅肝放入卤汁中, 熬煮 1 h。	将腌制好的鹅肝放入卤水中, 熬煮 20 min。	

卤料成分: 肉桂、八角、川砂仁、小茴香、香叶、肉豆蔻、草果、山奈、花椒和丁香。

卤料的处理方式: 香料直接酱卤、香料采用普通粉碎机进行粉碎后酱卤、香料采用行星球磨机进行微米级粉碎后进行酱卤, 具体处理方式见表 1。

1.3.2 粒径的测定

粒径测定条件和方法如下: 球型模式、溶于水、平衡时间 3 min, 激光波长为 640 nm, 分析时间 3 min, 检测温度 25 °C。

1.3.3 感官评价

根据 GB/T 16291.1-2012^[5]和 GB/T 16291.2-2010^[6]对感官评价人员进行选拔和培训, 样品和样品顺序采用三位数字代码 (查阅随机数表) 进行盲标, 避免评价人员对产品的偏见^[7]。同时, 样品在评价之前, 先在室温下放置 20 min, 避免由于温度差异导致感官评价不准确。每个评价员不能进行交流, 单独进行, 并且评价完每个样品必须用清水漱口, 减少上一个样品对下个样品评价结果的干扰, 具体评价标准见表 2。

1.3.4 风味物质的测定

1.3.4.1 顶空-固相微萃取

采用顶空固相微萃取法对挥发性物质进行采集, 具体方法如下: 将卤制好的种鹅肝样品用研钵研细, 然后精确称量 2.0 g 样品 (精确至 0.000 1 g), 置于 20 mL 顶空瓶中, 密封瓶口。将装好样品的顶空瓶放置在 45 °C 条件下萃取 40 min, 萃取头为 PDMS/DVB, 65 μm。萃取结束后, 将萃取头迅速取出, 立即插入 GC-MS 联用仪进样口, 220 °C 解析 5 min。

1.3.4.2 气相色谱-质谱条件

色谱条件: 色谱柱为 HP-5MS (30 m×0.25 mm×0.25 μm); 升温程序: 起始温度 40 °C, 保持 3 min,

后以 3 °C/min 升至 120 °C, 随后以 1 °C/min 升至 130 °C, 保持 2 min, 再以 5 °C/min 升至 140 °C, 以 3 °C/min 升至 160 °C, 保持 2 min, 最后以 10 °C/min 升至 210 °C。载气为氦气, 流量为 1.0 mL/min, 不分流。

质谱条件: 电子源为 EI, 电子能量为 70 eV, 离子源温度为 210 °C, 四极杆温度为 15 °C, 质量扫描范围为 30~500 *m/z*。

表 2 卤鹅肝感官评价标准

Table 2 The sensory evaluation criteria of stewed goose livers

项目	产品评分标准	分值
色泽 (18分)	亮褐色, 均匀, 油亮	16~18
	暗褐色, 较均匀, 有一定的亮度	10~15
	暗褐色, 不均匀, 无亮度	< 10
组织状态 (19分)	表面光滑平整	17~19
	表面较为光滑平整	12~16
	表面不太平整, 较为粗糙	< 12
口感 (28分)	软硬适宜, 咀嚼性好	25~28
	软硬较适宜, 咀嚼性一般	20~24
	较软或较硬, 无嚼感	< 20
风味 (35分)	有卤料特殊的风味, 无鹅肝腥味, 无异味	31~35
	有卤料特殊的风味, 有轻微的鹅肝腥味, 无异味	20~30
	卤料特殊风味差, 鹅肝腥味严重, 有异味	< 20

1.3.4.3 挥发性物质鉴定分析

利用计算机谱库 NIST 14.L 与 Wiley 检索, 结合文献和人工谱图分析, 确定各组分化学结构, 利用峰面积及峰面积占总面积的百分量确定各化学物质相对含量。

1.3.5 数据分析

所有样品均平行 3 次, 采用 SPSS 进行数据统计分析, $P < 0.05$ 表示样品间具有显著性差异。

2 结果与分析

2.1 加工工艺对卤料粒径的影响

粒径的大小是影响卤料风味物质释放的主要因素。由表3可以看出,经过球磨后,卤料的粒径更小,只有粉碎后卤料粒径的43.22%,可见球磨可以很好地降低卤料的粒径,并且卤料粒度更加均匀。在鹅肝的卤煮过程中,粒径小的卤料与水的接触面积大,更容易使卤料的呈味物质释放出来,但对鹅肝风味的影响需进一步研究。

表3 卤料粒径分布

Table 3 Sizes distribution of spiceries

样品	粒径/ μm
FS	19.11 ± 2.26^a
FS+QM	8.26 ± 0.96^b

注:不同列之间的字母不同表示显著性差异($P < 0.05$)。

2.2 不同卤料对鹅肝感官评价影响

感官评价是一种通过人的口腔运动所得到的综合结果,是对产品品质评价最直接和准确的方法^[7],能够直观反应消费者对产品的喜爱程度,因此利用感官评价可以初步反应粒径大小对卤制鹅肝风味的影响。从表4中可以看出,WF感官评价分数最高,表面油亮,呈亮褐色,软硬适应,咀嚼性好,具有卤制肉制品特有的风味,无鹅肝腥味。FS处理的样品采用粉碎的卤料进行卤制,其色泽评分比WF的低2.1分,但与FS+QM的无显著性差异($P > 0.05$),三者之间组织状态的评分无显著性差异($P > 0.05$),说明卤料的大小对鹅肝表面无影响。但是口感却存在差异。从表4中可以看出,WF与FS口感无显著性差异,但是FS+QM与WF、FS之间存在显著性差异,其口感评分分别比WF和FS的低6.84%和6.41%,说明采用粉碎+球磨的卤料进行卤制,其硬度和咀嚼性相比传统卤料卤制和粉碎卤料卤制的鹅肝稍微差些。这可能是因为传统卤制由于卤料无进行处理,以块状进行长时间卤制,通过卤料的呈味物质的缓慢释放后进入鹅肝中,而粉碎的卤料粒径

小,在卤制过程中除了卤料呈味物质的释放,卤料还与鹅肝表面进行接触,FS+QM的卤料粒径更小,还可能进入鹅肝中,从而使其硬度增大,咀嚼性下降。从风味的评分来看,WF和FS的评分接近,无显著性差异($P > 0.05$),均具有卤料特殊风味,无鹅肝腥味,而FS+QM的评分在30分以上,相对差一点,但同样无鹅肝腥味和异味。总体上来说,FS处理的卤料卤制出来的鹅肝与WF卤制的鹅肝比较接近,由此可见,采用普通粉碎的香辛料进行卤制30 min的鹅肝工艺可以代替传统块状香辛料的卤制。

2.3 不同卤料处理方式对鹅肝风味的影响

2.3.1 不同卤料处理方式对鹅肝挥发性风味物质总类的影响

挥发性物质是反应风味的另一个品质。肉制品中各种风味物质的产生与烹饪过程中蛋白质、脂肪和氨基酸的降解、美拉德反应、各种香辛料与辅料的反应密切相关^[8]。从图1可以看出,三种不同卤料处理方式对鹅肝加工后风味物质的影响较大,三种处理方式的鹅肝风味物质不一样。从图1a中可以看出,三种不同加工处理条件卤味鹅肝共鉴定出57种挥发性风味成分,其中WF鹅肝共鉴定出40种风味成分,FS鹅肝鉴定出42种,而FS+QM鹅肝鉴定出36种挥发性风味物质。由图1b可见,三种不同处理卤料腌制的鹅肝风味物质的种类均是烯烃类、烷烃类、醛类、酮类、醇类、酯类、醚类以及芳香类化合物等8种类别,其中烯烃类、醛类、醇类和酯类物质是主要的风味物质成分。WF检测出烯烃类物质16种、烷类物质2种、醛类物质6种、酮类物质5种、醇类物质6种、酯类物质5种;FS检测出烯烃类物质20种、烷类物质2种、醛类物质6种、酮类物质4种、醇类物质4种、酯类物质4种、醚类1种和酚类1种;FS+QM检测出烯烃类物质17种、烷类物质3种、醛类物质5种、酮类物质1种、醇类物质3种、酯类物质5种、醚类2种和酚类1种。由此可见,不同卤料处理对卤制后的鹅肝对风味物质有一定的影响,每种类物质的含量还存在明显的差异。

表4 卤鹅肝的感官评分

Table 4 Sensory score of stewed goose livers

感官评分指标	色泽	组织状态	口感	风味	总分 WF
总分 WF	17.28 ± 0.12^a	19.02 ± 0.79^a	28.05 ± 0.98^a	34.12 ± 1.06^a	98.47 ± 1.23^a
FS	15.17 ± 0.78^b	18.46 ± 0.56^a	27.92 ± 0.77^a	33.25 ± 0.97^a	94.80 ± 0.77^b
FS+QM	15.65 ± 0.92^b	18.99 ± 0.75^a	26.13 ± 0.84^b	30.42 ± 1.02^b	91.19 ± 0.88^c

注:不同列之间的字母相同表示无显著性差异($P > 0.05$);不同列之间的字母不同表示显著性差异($P < 0.05$)。

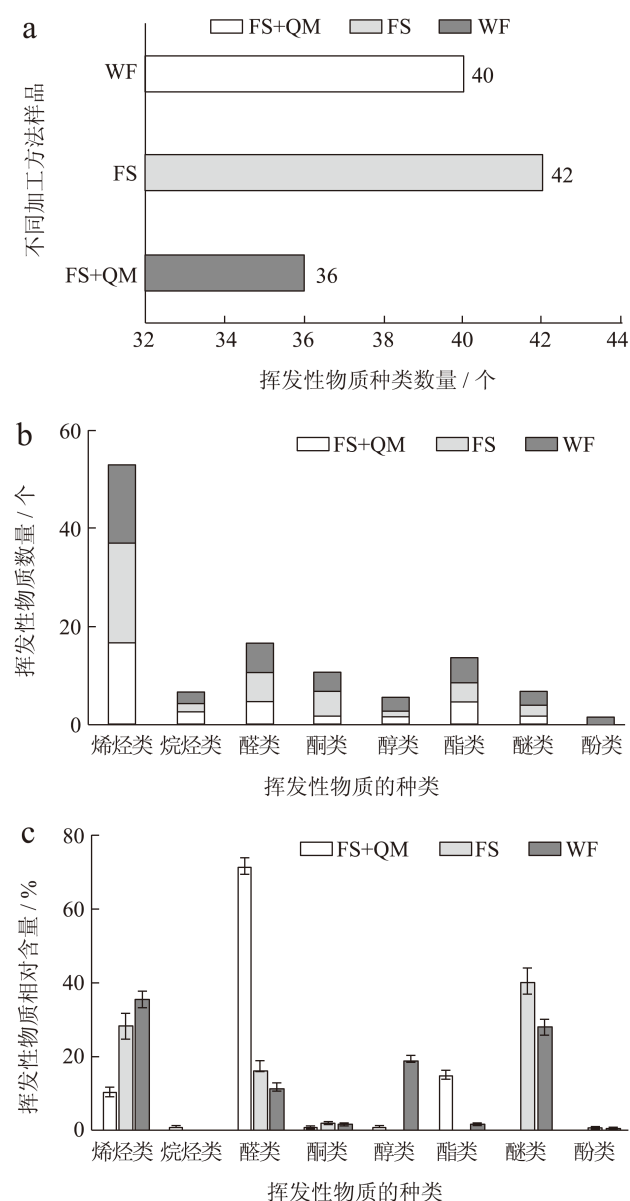


图1 卤鹅肝挥发性风味成分的种类及相对含量

Fig.1 Variety and relative contents of volatile flavor components in three kinds of pot-stewed goose liver

从图1c中可以明显看出,随着卤料粒径的变小,烯烴类物质、酮类物质和醇类物质的总含量逐渐下降,而醛类物质总含量显著性增大,三种不同处理腌制后的鹅肝不同风味物质含量存在较大的差异。FS和FS+QM的烯烴类物质总含量比WF的总含量分别降低了20.86%和70.70%;FS和FS+QM的醇类物质非常显著地下降了13.99%和97.87%,而FS和FS+QM的醛类物质分别是WF的总含量的1.60和6.62倍。由此可见,卤料粉碎粒径的大小对烯烴类、醛类和醇类物质的影响非常明显。醚类和芳香族物质在卤料处理后出现。在不同种类的挥发性风味物质中,醛类物质的阈值较低,具有脂肪香味,

是肉制品特征风味贡献较大的一类化合物^[9],而烯烴类物质的香味阈值较高,对风味的贡献较小,由此可以看出卤料粒径的大小对卤鹅肝风味物质产生明显的影响。

2.3.2 不同卤料处理方式对卤鹅肝挥发性烯烴类物质的影响

挥发性物质是风味物质的主要组成之一,肉制品的风味起着重要的作用。前面研究已经发现,烯烴类物质在三种鹅肝中的种类最多,特别是烯烴类物质,种类最多。烯烴类的挥发性物质一般由烯烴类和烷烴组成。从表5可以看出,鹅肝中烷烴类物质只有检测到三种,分别是十二烷、十三烷和十五烷,其中WF和FS鹅肝中只有检测到十三烷和十五烷,FS+QM中三种烷烴类均检测到,以十二烷为主。一般认为烷烴类的阈值比较高,对食品的风味贡献较小,但是烷烴类物质是形成杂环类化合物的主要前提物质,在风味的形成过程中也起一定的作用^[10]。

烯烴类是卤制鹅肝中主要的风味物质,种类最多,从表5中可知,蒎烯、蒎烯、伞花烯、D-柠檬烯、 γ -蒎松烯、别罗勒烯、古巴烯和 β -榄香烯的相对含量随着粒径的变小而变少,其中,D-柠檬烯是烯烴类物质中变化最大的物质,经过粉碎,D-柠檬烯的相对含量下降非常显著,粒径越小,其含量下降得越多,WF的D-柠檬烯的含量是FS和FS+QM的2.47倍和8.79倍。其次是桉烯,采用粉碎的香辛料卤煮的鹅肝中没有发现桉烯。古巴烯的相对含量也是随着粒径变小而逐渐下降,FS和FS+QM的古巴烯含量分别下降了5.87%和57.61%。烯烴类物质主要来自于香辛料物质,在卤制肉制品中风味的形成起着重要的作用。在本研究中,所采用的香辛料包括肉桂、八角、花椒、川砂仁、小茴香、丁香等10来种香料。这些香料在卤煮的过程中,风味物质逐渐释放,特别是传统卤制方法,通过完整结构的香料物质在高温卤煮过程中长时间慢慢释放。香辛料经过粉碎后再进行卤煮,植物结构破坏,不饱和烯烴类物质暴露在空气中,容易被氧化,从而使烯烴类物质减少。

2.3.3 不同卤料处理方式对卤鹅肝挥发性醛、醇类物质的影响

在三种卤鹅肝中,共检出7种醛类物质,其中FS+QM的醛类总含量最高,是卤鹅肝最主要的代表性风味物质。醛类物质的阈值较低,痕量时

也会对食品的香气起着重要作用^[11]。从表 6 可以看出, 三种鹅肝共有的风味成分为苯甲醛、苯丙醛、 β - 环柠檬醛、大茴香醛和肉桂醛。在未粉碎香料鹅肝检测出肉桂醛, 其他两种未检测出, 在 MF 中检出癸醛, 在 FS 中检出水芹醛。三种卤鹅肝的苯甲醛含量最高, 其次是大茴香醛和肉桂醛, 其中 FS+QM 苯甲醛的含量显著增大, 分别是 WF 和 FS 的 7.49 倍和 4.93 倍, 说明卤料经过粉碎后, 苯甲醛在卤煮过程中大量生成。经过卤料粉碎后, FS 和 FS+QM 中的癸醛消失, 同时 FS+QM 中的水芹醛也消失。肉制品中醛类物质大部分是有脂类氧化产生, 对熟肉的风味产生较大的影响。苯甲醛是由

苯丙氨酸通过 Strecker 降解产生^[12], 具有苦杏仁味和烤胡椒味^[13]。在鹅肝的卤制过程中, 美拉德反应和 Strecker 降解同时发生, 鹅肝中的脂肪氧化产物与美拉德反应的中间产物及氨基酸、Strecker 降解的产物发生反应, 从而形成挥发性物质^[14], 而香辛料中的风味物质随着香辛料粉碎得越细, 更容易释放, 也更容易发生反应, 从而使醛类物质发生明显的变化。癸醛具有花香、柑橘、脂肪味^[15], 柠檬醛呈浓郁柠檬香味, 同样随着粉碎程度加大而含量增加, 但是大茴香醛随着粉碎程度增大而减少, 进一步说明了苯甲醛、 β - 环柠檬醛和肉桂醛是粉碎卤料处理鹅肝的主要风味物质。

表 5 卤鹅肝烃类挥发性风味成分的含量

Table 5 Relative contents of volatile flavor components of hydrocarbons in pot-stewed goose livers

名称	保留时间/min	萜烯类挥发性物质的相对含量/%			
		WF	FS	FS+QM	
烷 烃 类	十二烷	13.60	/	/	0.77 ± 0.07
	十三烷	16.10	0.12 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.16 ± 0.03
	十五烷	24.34	0.07 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.06 ± 0.01
	2- 甲基 -5-(1- 甲基乙基)- 双环[3.1.0]2- 己烯	6.52	/	0.39 ± 0.09	/
烯 烃 类	蒎烯	6.75	3.82 ± 0.15	2.70 ± 0.36	2.04 ± 0.12
	莰烯	7.29	0.85 ± 0.11	0.31 ± 0.02	0.11 ± 0.02
	桉烯	8.02	2.06 ± 1.08	/	/
	3- 薷烯	8.20	/	5.38 ± 0.46	0.50 ± 0.03
	对伞花烯	9.37	1.91 ± 0.28	1.94 ± 0.16	0.63 ± 0.08
	伞花烯	9.57	1.62 ± 0.09	1.80 ± 0.34	0.51 ± 0.07
	D- 柠檬烯	9.72	15.47 ± 0.50	6.27 ± 0.53	1.76 ± 0.22
	β - 罗勒烯	10.15	0.69 ± 0.04	/	/
	γ - 蒎松烯	10.46	4.41 ± 0.30	3.50 ± 0.28	1.65 ± 0.06
	蒎品油烯	11.10	/	1.04 ± 0.12	0.34 ± 0.01
	芳樟烯	11.31	/	0.96 ± 0.11	/
	别罗勒烯	12.07	0.91 ± 0.08	0.19 ± 0.01	0.06 ± 0.01
	(+)- 环苜蓿烯	18.41	/	0.16 ± 0.03	0.13 ± 0.03
	古巴烯	18.66	3.00 ± 0.15	2.82 ± 0.20	1.27 ± 0.12
	β - 榄香烯	19.15	0.15 ± 0.01	0.14 ± 0.04	0.13 ± 0.03
	(+)- 苜蓿烯	19.50	/	0.04 ± 0.01	0.22 ± 0.02
	石竹烯	20.37	0.16 ± 0.01	0.26 ± 0.03	/
	香柠檬烯	20.95	0.30 ± 0.01	/	0.32 ± 0.04
	蛇麻烯	21.94	/	0.07 ± 0.01	/
	香橙烯	22.13	/	0.02 ± 0.00	/
β - 红没药烯	24.66	0.12 ± 0.00	0.07 ± 0.01	0.17 ± 0.03	
杜松烯	25.24	0.04 ± 0.01	0.12 ± 0.07	0.55 ± 0.09	
β - 倍半水芹烯	25.54	0.06 ± 0.00	/	0.07 ± 0.01	

表 6 卤鹅肝醛类和醇类挥发性风味成分的含量

Table 6 Relative contents of volatile flavor components of aldehydes and alcohols in pot-stewed goose livers

名称	保留时间/min	醛类和醇类挥发性物质的含量/%			
		WF	FS	FS+QM	
醛类	苯甲醛	7.83	9.33 ± 0.67	14.17 ± 0.92	69.88 ± 1.92
	苯丙醛	12.78	0.15 ± 0.02	0.25 ± 0.02	0.06 ± 0.00
	癸醛	13.69	0.06 ± 0.00	/	/
	β -环柠檬醛	14.04	0.10 ± 0.01	0.10 ± 0.00	0.14 ± 0.02
	对甲氧基苯甲醛	14.86	0.90 ± 0.04	0.80 ± 0.07	0.44 ± 0.08
	肉桂醛	15.32	0.28 ± 0.07	1.94 ± 0.33	1.03 ± 0.09
	水芹醛	15.50	/	0.02 ± 0.00	/
醇类	1-己醇	4.31	0.41 ± 0.08	/	/
	1-辛烯-3-醇	8.41	/	/	0.15 ± 0.02
	桉树醇	9.79	18.33 ± 0.88	/	0.27 ± 0.08
	2-甲基-6-庚烯-1-醇	11.66	/	/	/
	2-茨醇	13.03	/	0.09 ± 0.01	/
	4-萜烯醇	13.16	0.43 ± 0.03	/	/

本研究共鉴定出 6 种醇类物质, 其中桉树醇是三者共有的风味物质, 桉树醇是 WF 和 FS+QM 的醇类化合物中相对含量最高的成分, 是贡献较大的一种醇类化合物。WF 共鉴定出 3 种醇类化合物, 分别为 1-己醇、桉树醇和 4-萜烯醇, 其含量分别为 0.41%、18.33% 和 0.43%。FS 只检出 2-茨醇, 其相对含量为 0.09%, 而 FS+QM 检出 1-辛烯-3-醇和桉树醇, 其相对含量分别为 0.15% 和 0.27%。醇类化合物的阈值较高, 对食品风味的贡献程度不高, 但不饱和醇的阈值较低, 对风味贡献较大^[16], 呈现植物脂香等特征风味^[17]。桉树醇和 4-萜烯醇可能来源于香辛料, 1-辛烯-3-醇和 2-甲基-6-庚烯-1-醇可能来自于卤制过程中脂质的氧化。1-辛烯-3-醇是花生四烯酸在 12-脂氧化酶和亚油酸的作用下自氧化的氧化产物^[18,19], 具有强烈的泥土和蘑菇清香^[20], 对微米级卤料卤制的鹅肝风味起一定的作用。

2.3.4 不同卤料处理方式对卤鹅肝挥发性酮、醚、酚类物质的影响

酮类化合物是脂肪氧化的另外主要产物之一。从表 7 中可以看到, 6-甲基-2-庚酮是三种鹅肝共同检出的酮类物质, 小茴香酮、芥苳黄酮和 L-樟脑是 WF 中的酮类风味物质, 榄香素是 FS 和 FS+QM 共同检出的酮类物质。WF 和 FS 的 6-甲基-2-庚酮相对含量无显著行差异, 但是 FS+QM 的 6-甲基-2-庚酮相对含量是 WF 的 3.48 倍, 显著性增大。小茴香酮是传统卤制鹅肝的主要风味贡献物质, 榄香素

是粉碎卤料卤煮鹅肝的主要贡献风味物质。酮类是羰基化合物的一种, 在鹅肝的卤制过程中, 可通过不饱和脂肪发生氧化和氨基酸发生降解产生^[21], 但鹅肝中的酮类物质种类和含量相对较低, 对鹅肝整体风味影响不大。

在本研究三种鹅肝共检测出 7 种酯类化合物, 在 FS+QM 中, 酯类物质的相对含量与 WF 和 FS 有显著性差异, 总含量明显增大, 并且乙酸松油酯的含量分别是 WF 和 FS 的 59.36 倍和 76.69 倍。酯类化合物是在脂肪氧化产生的醇以及游离的脂肪酸共同作用下形成^[22]。结合醇类物质的结果, 传统卤料卤煮的鹅肝醇类物质比粉碎卤料进行卤煮的鹅肝含量高, 由此可以进一步说明香辛料粉碎有利于卤制过程中醇类物质与脂肪酸发生酯化反应形成酯类, 从而对鹅肝总体风味起到叠加和增强作用, 使风味更加协调。

醚类化合物是鹅肝中另一类相对含量较高的化合物, 由表 7 可知, 茴香脑和草蒿脑是 WF 和 FS 中主要的醚类化合物, 其中茴香脑的相对含量最高, 分别为 22.08% 和 35.00%, 但在 FS+QM 中无检测到。醚类化合物茴香脑具有茴香气息和甜味^[23], 含量随着熬制时间的延长而减少。FS+QM 中的醚类化合物是草蒿脑和丁香油酚甲醚, 但其含量与 WF 和 FS 相比较低, 分别为 0.14% 和 0.16%。由此可见, 卤料的粉碎对卤制鹅肝的挥发性物质产生较大的影响。酚类化合物只在 WF 和 FS 中检出, 但其含量较低, 一般认为在肉制品产品中对风味影响不大。

表 7 卤鹅肝酮类和其他类挥发性风味成分的含量

Table 7 Relative contents of volatile flavor components of ketones and others in pot-stewed goose livers

名称	保留时间/min	酮类和其他挥发性物质的含量/%		
		WF	FS	FS+QM
6- 甲基 2- 庚酮	7.29	0.20 ± 0.01	0.18 ± 0.02	0.70 ± 0.09
小茴香酮	11.18	0.53 ± 0.05	/	
芥苳黄酮	11.55	1.00 ± 0.04	1.79 ± 0.20	/
酮类 L- 樟脑	12.48	0.07 ± 0.00	0.07 ± 0.00	/
4- 对甲氧基苯甲醛	14.85	0.87 ± 0.06	/	/
胡椒酮	16.00	/	0.02 ± 0.00	/
榄香素	26.75	/	0.14 ± 0.02	0.08 ± 0.01
异戊酸香叶酯	8.37	0.56 ± 0.07	/	/
己酸乙烯酯	8.530 875	0.28 ± 0.03	/	0.21 ± 0.04
乙酸芳樟酯	14.71	0.71 ± 0.09	/	/
酯类 乙酸松油酯	17.54	0.15 ± 0.00	0.11 ± 0.01	8.67 ± 0.43
橙花醇乙酸酯	17.9	0.05 ± 0.00	0.03 ± 0.00	4.79 ± 0.40
乙酸桂酯	21.32	/	0.02 ± 0.00	1.26 ± 0.07
肉桂酸乙酯	22.37	/	0.04 ± 0.00	0.15 ± 0.03
草蒿脑	13.54	5.96 ± 0.38	5.39 ± 0.40	0.14 ± 0.03
醚类 茴香脑	15.71	22.08 ± 1.74	35.00 ± 2.94	/
丁香油酚甲醚	20.39	/	0.29 ± 0.06	0.16 ± 0.03
酚类 丁香酚	17.7	0.61 ± 0.04	0.64 ± 0.09	/

2.4 不同鹅肝关键风味物质的主成分分析

为了进一步研究三种不同卤料处理方式对卤制鹅肝风味物质的影响，采用主成分分析对三种处理方式的鹅肝风味物质进行分析，得到 3 个特征值都大于 1 的主成分，共提取 2 个特征值大于 1、并且累计贡献率均大于 95.86% 的主成分（见表 8）。通过对前两个主成分进行可视化处理，得到图 2。由图 2 可以看出，两个主成分累计贡献率为 93.13%，三种不同处理的卤制鹅肝样本点集中在一起，三种样品之间距离较远，说明三种鹅肝风味具有显著差异性。图 2 中箭头代表不同风味物质，其箭头长短表示对鹅肝风味影响的差异性。桉烯、β-罗勒烯、癸醛、1-己醇、桉树醇、草蒿脑、异戊酸香叶酯、乙酸芳樟酯、小茴香酮、4-对甲氧基苯甲醛是 WF 的关键风味物质；2-甲基-5-(1-甲基乙基)-双环[3.1.0]-2-己烯、3-萜烯、芳樟烯、蛇麻烯、香橙烯、水芹醛、2-茨醇和胡椒酮是 FS 的关键风味物质；十二烷、(+)-苜蓿烯、杜松烯、安息香醛、β-环柠檬醛、1-辛烯-3-醇、乙酸松油酯、橙花醇乙酸酯、乙酸桂酯、肉桂酸乙酯、6-

甲基 2- 庚酮是 FS+QM 的关键风味物质。

表 8 主成分特征值及累计贡献率

Table 8 Principal component eigenvalue and cumulative contribution rate

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	29.16	50.27	50.27
2	24.82	2.79	93.07
3	1.61	2.77	95.84

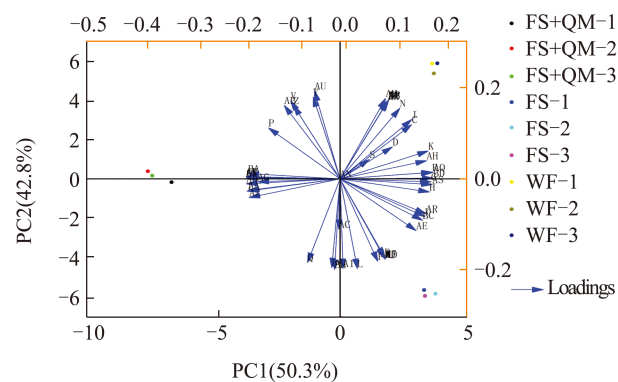


图 2 卤鹅肝挥发性风味成分的 PCA 图

Fig.2 PCA diagram of volatile flavor components in pot-stewed goose liver

3 结论

本研究通过对三种卤料预处理方式卤制鹅肝的感官评价、挥发性风味物质进行研究。感官评价显示采用粉碎的香辛料卤制 30 min 的鹅肝的感官评分与传统直接卤制 60 min 的鹅肝的接近,可见香辛料粉碎颗粒的大小对卤制鹅肝的风味有明显的影 响。在三种鹅肝的挥发性物质的研究中发现,三种鹅肝共检出 57 种挥发性风味成分,其中 WF 共鉴定出 40 种,FS 鉴定出 42 种,FS+QM 鉴定出 36 种,三种鹅肝的挥发性成分部分有明显的差异。醛类、醇类和醚类是含量较高同时也是变化最显著的三类物质,其中苯甲醛含量最高,FS+QM 苯甲醛的含量显著增大,分别是 WF 和 FS 的 7.49 倍和 4.93 倍;桉树醇在 WF 中相对含量为 18.33%,在 FS+QM 中只有 0.27%;茴香脑在 WF 和 FS 中的相对含量超过 22%,但是在 FS+QM 中没检测到,说明了卤料经过粉碎后风味物质发生了显著变化。通过 PCA 分析,WF 的关键风味物质为桉烯、 β -罗勒烯、癸醛、1-己醇、桉树醇、草蒿脑、异戊酸香叶酯、乙酸芳樟酯、小茴香酮、4-对甲氧基苯甲 醛;FS 的关键风味物质 2-甲基-5-(1-甲基乙基)-双 环[3.1.0]-2-己烯、3-萜烯、芳樟烯、蛇麻烯、香橙 烯、水芹醛、2-茨醇和胡椒酮;FS+QM 的关键风味 物质为十二烷、(+)-苜蓿烯、杜松烯、安息香醛、 β -环 柠檬醛、1-辛烯-3-醇、乙酸松油酯、橙花醇乙酸酯、 乙酸桂酯、肉桂酸乙酯、6-甲基-2-庚酮。本研究结 果显示可用普通粉碎后的香辛料卤制 30 min 的鹅肝 的工艺代替传统直接卤制 60 min 的鹅肝的工艺,解 决传统卤制品卤制时间长的问题,同时为普通鹅肝 的深加工提供理论依据。

参考文献

[1] 吴婷婷,刘溪,周蒙蒙,等.樱桃鹅肝的改良工艺[J].食品工业,2020,41(9):68-71.

[2] 陈唱.鹅肝深加工产品的研制[D].南京:京农业大学,2018.

[3] 谢章斌.鹅肥肝营养、风味物质及鹅肥肝酱的开发研究[D].南昌:南昌大学,2012.

[4] 侯水生,刘灵芝.2022年水禽产业现状、未来发展趋势与建议[J].中国畜牧杂志,2023,59(3):274-280.

[5] GB/T 16291.1-2012,感官分析选拔、培训与管理评价员一般导则第1部分:优选评价员[S].

[6] GB/T 16291.2-2010,感官分析选拔、培训和管理评价员一般导则第2部分:专家评价员[S].

[7] 林婉玲,杨贤庆,李来好,等.脆肉鲩质构与感官评价的相关性研究[J].现代食品科技,2013,29(1):1-7,72.

[8] 张根生,王军茹,岳晓霞,等.酱卤肉制品加工过程中风味物质形成机理和变化研究进展[J].中国调味品,2021,46(11):195-200.

[9] 江新业,宋焕禄,夏玲君.GC-O/GC-MS法鉴定北京烤鸭中的香味活性化合物[J].中国食品学报,2008,8(4):160-164.

[10] 王霞,黄健,侯云丹,等.电子鼻结合气相色谱-质谱联用技术分析黄鳍金枪鱼肉的挥发性成分[J].食品科学,2012,33(12):268-272.

[11] QI J, XU Y, ZHANG W W, et al. Short-term frozen storage of raw chicken meat improves its flavor traits upon stewing [J]. LWT-Food Science and Technology, 2021, 142(1): 111029.

[12] 张润,杨曼,王立贤,等.畜禽肉中代谢物质对肉品质的影响及相关基因研究进展[J].畜牧兽医学报,2022,53(8):2444-2452.

[13] CAI L Y, LI D M, DONG A L, et al. Change regularity of the characteristics of Maillard reaction products derived from xylose and Chinese shrimp waste hydrolysates [J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 65: 908-916.

[14] MOTTRAM D S, WHITFIELD F B. Maillard-lipid interactions in nonaqueous systems: volatiles from the reaction of cysteine and ribose with phosphatidylcholine [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1995, 43(5): 1302-1306.

[15] 沈清.中国传统菜肴“梅干菜扣肉”的特征风味和抗油脂氧化机理研究[D].杭州:浙江大学,2020.

[16] 高子武,王恒鹏,陈胜姝,等.不同宰后时间下调理猪肉片品质特性及挥发性风味物质比较[J].现代食品科技,2020,36(11):263-272,312.

[17] CHEN X, LUO J, LOU A H, et al. Duck breast muscle proteins, free fatty acids and volatile compounds as affected by curing methods [J]. Food Chemistry, 2021, 338: 128138.

[18] GLENDA F, SALOMÉ L, MANUEL P, et al. Volatile profile of Atlantic shellfish species by HS-SPME GC/MS [J]. Food Research International, 2012, 48(2): 856-865.

[19] EDWALD L, EUNOK C. Changes in oxidation-derived off-flavor compounds of roasted sesame oil during accelerated storage in the dark [J]. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 2012, 1(1): 89-93.

[20] MARUŠIĆ N, VIDAČEK S, JANČI T, et al. Determination of volatile compounds and quality parameters of traditional Istrian dry-cured ham [J]. Meat Science, 2014, 96(4): 1409-1416.

[21] 张顺亮,王守伟,成晓瑜,等.湖南腊肉加工过程中挥发性风味成分的变化分析[J].食品科学,2015,36(16):215-219.

[22] 史笑娜,黄峰,张良,等.红烧肉加工过程中脂肪降解、氧化和挥发性风味物质的变化研究[J].现代食品科技,2017,33(3):257-265.

[23] 杨柳青,陈凯沁,王储炎,等.不同熬制时间对老母鸡汤风味品质的影响[J].中国食品添加剂,2023,34(4):276-284.