

不同包装材料对酱肉挥发性风味物质的影响

刘雅宁¹, 张佳敏¹, 杨轶湔¹, 曾博文¹, 张李智桐¹, 唐春², 冉艳琼³

(1.成都大学 肉类加工四川省重点实验室, 成都 6101061;

2.四川高金实业集团股份有限公司, 成都 610093; 3.四川省生态环境监测总站, 成都 610073)

摘要: **目的** 研究酱肉在 PET/AL/PE 铝箔包装、PET/PE 透明包装条件下不同时间段的挥发性风味物质的变化。**方法** 采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用法 (SPME-GC-MS) 并结合相对气味活度值 (ROAV)、主成分分析 (PCA) 对酱肉挥发性风味物质变化进行分析。**结果** 研究发现, 酱肉中挥发性物质主要为酯类、醇类, 其中苯甲酸乙酯、乙酸芳樟酯、癸酸乙酯、正己酸乙酯、(+)-柠檬烯、壬醛、正己醛、(-)-4-萜品醇、桉叶油醇、芳樟醇、乙基麦芽酚、茴香脑的 ROVA 值大于 1, 为关键风味物质。PCA 分析得出, 2-甲基丁酸乙酯、(E,E)-2,4-壬二烯醛、正己酸乙酯、2,5-辛二酮、(1R)-2,6,6-三甲基双环[3.1.1]庚-2-烯、3-甲硫基丙醛、异丁酸乙酯、茴香脑为特征性挥发性风味物质。另外, 通过对在 PET/AL/PE 铝箔和 PET/PE 透明包装下, 酱肉各类风味物质含量、主体香味物质和异味物质 ROVA 值、主成分分析的比较, 说明不同包装材料对酱肉挥发性风味物质的成分、含量均有影响。**结论** 从长期检测的结果看出, PET/AL/PE 铝箔包装比 PET/PE 透明包装可显著地阻止脂肪氧化, 较少生成异味物, 可更好地保护酱肉的香味, 为酱肉的贮藏保鲜提供了依据。

关键词: 酱肉; 不同包装材料; 挥发性风味物质; 主成分分析

中图分类号: **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)01-0244-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.01.027

Effects of Different Packaging Materials on Volatile Flavor Substances of Sauce Meat

LIU Ya-ning¹, ZHANG Jia-min¹, YANG Yi-xi¹, ZAN Bo-wen¹, ZHANG Li-zhi-tong¹,
TANG Chun², RAN Yan-qiong³

(1. Key Laboratory of Meat Processing, Sichuan Province, Chengdu University, Chengdu 610106, China;

2. Sichuan Gaojin Industrial Group Co., Ltd., Chengdu 610093, China; 3. Sichuan Province Ecological Environment Monitoring Station, Chengdu 610073, China)

ABSTRACT: The work aims to study the changes of volatile flavor substances in PET/AL/PE aluminum foil and PET/PE transparent packaging conditions in different time periods. The solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (SPME-GC-MS) was used to analyze the changes of volatile flavor substances in combination with the relative odor activity value (ROAV) and principal component analysis (PCA). It was found that the mainly volatile substances in the sauce meat were esters and alcohols. The ROVA value of ethyl benzoate, linal acetate, ethyl decanoate, ethyl hexate, (+)-limonene, nonaldehyde, 1-hexaldehyde, (-)-4-terpineol, eucalyptus oleanol, linalool, ethyl maltol and anisol were

收稿日期: 2022-04-22

基金项目: 四川省科技厅重点研发项目 (2020YFN0147); 西藏自治区科技计划重点研发项目 (XZ202001ZY0033G); 国家现代农业产业体系四川生猪创新团队 (scsztd-2022-08); 肉类加工四川省重点实验室科研项目 (21-R-35)

作者简介: 刘雅宁 (1998—), 女, 硕士生, 主攻农产品加工与安全。

通信作者: 张佳敏 (1982—), 女, 硕士, 教授, 主要研究方向为农产品加工与贮藏工程。

greater than 1, which were the key flavor substances. In addition, the PCA analysis showed that 2-methyl butyrate, (*E,E*)-2,4-nonadienaldehyde, ethyl-hexanoate, 2,5-Syndietone, (1*R*)-2,6,6-trimethylbicyclo [3.1.1] hept-2-ene, 3-methylthiopropaldehyde, ethyl isobutyrate and anisol were characteristic volatile flavor substances. In addition, by comparing the content of various flavor substances, the ROVA value of main flavor substances and odor substances and the principal component analysis of sauce meat with PET/AL/PE aluminum foil and PET/PE transparent packaging, it showed that the different packaging materials had different effects on the composition and content of volatile flavor substances of the sauce meat. According to the long-term test results, the PET/AL/PE aluminum foil packaging can significantly prevent fat oxidation and produce less peculiar smell than PET/PE transparent packaging, which can better protect the flavor of the sauce meat.

KEY WORDS: sauce meat; different packaging materials; volatile flavor substances; main component analysis

酱肉作为我国传统肉制品,是原料肉经过预处理、酱制、晾晒或(烘烤)等工艺加工而成的生肉类制品,具有酱香浓郁、色泽红亮油润、耐贮藏等特性^[1]。传统加工的腊肉由于具有较高的含盐量和较低的水分活度,散装状态下一般可在室温下存放3~6个月,但存放过程中的杂菌污染、水分散失、氧化哈败、风味衰减等问题严重影响产品品质,以及可能对消费者健康导致的不良影响也越来越受到广泛关注。真空包装是目前人们常利用最经济且方便的包装方式,抑制此类肉制品的氧化酸败,并预防外界微生物的污染^[2]。

目前,多个团队已对酱肉的风味进行较为系统的分析。王东杰团队^[3]的研究表明,酱肉中主要的挥发性香味为乙基乙基基甲醇、1-辛炔-3-醇、2-辛烯-1-醇、2-甲基丁醇、乙醛、3-甲基丁醛、2-辛烯醛、5-甲基-2-呋喃中醛、苯甲醛和3-月桂烯。赫宝瑞等^[4]研究发现,壬醛、3-甲硫基丙醛、辛酸乙酯、反-2-壬烯醛、癸酸乙酯、苯乙醛、2,4-己烯酸乙酯是清酱肉中特有的香气成分。虽然,已有学者研究了不同包装材料对其他肉制品品质的影响。比如,程雅婷等^[5]研究表明,使用遮光的不锈钢包装材料可较好地保持冷冻肉的品质;戢得蓉等^[6]研究表明,铝箔袋可以更好地抑制怪味鸡丝产品微生物生长繁殖和的氧化。包装后的酱肉制品的风味变化却鲜有报道。文中将对酱肉挥发性风味物进行动态检测跟踪分析,研究不同包装材料对其品质的影响,为酱肉产品的保鲜贮藏提供一定参考依据。

1 实验

1.1 材料与仪器

主要材料:姜、盐、白酒、花椒,成都市十陵街道好乐购超市;猪五花,四川高金食品有限公司;鸡精、味精,四川国莎实业有限公司;生抽,海天调味食品有限公司。

主要仪器:紫外分光光度计(UV-1100),上海美谱达仪器有限公司;滚揉机(BVBJ-60L),杭州嘉兴艾博公司;真空包装机(GY-ZB-6202),江西赖

云食品机械公司;YP302N型电子天平,上海菁海仪器有限公司;水分活度测量仪(HD-5),无锡华科仪器仪表有限公司;热风干燥箱(ZFD-A5140),上海智诚分析仪器有限公司;5977A-7890B型气相色谱-质谱联用仪(含PAL3自动进样器),美国安捷伦公司。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程及操作要点

1.2.1.1 工艺流程

主要流程:原料选择→整形→酱制→滚揉→烘干→包装。

1.2.1.2 操作要点

选用新鲜的猪五花,切成长度为30 cm、宽度为5 cm、厚度为4 cm左右的肉条,于一端穿孔;加入甜酱、亚硝酸盐、五香粉、姜末、花椒粉、鸡粉、糖色、酵母提取物、味精、白胡椒粉、白酒等辅料混合调味,放入滚揉机,在4℃下滚揉30 min;取出穿绳挂晾整形,再放入烘箱,50℃下风干12 h,直至酱肉表面没有大量水分,将其放凉,采用PET/AL/PE铝箔或PET/PE透明2种材质进行真空包装,在4℃冷藏条件下贮藏,分别在2个月、4个月、5个月、6个月这4个时间点进行取样检测。

1.3 挥发性风味物质检测

1.3.1 样品处理

取3.0 g粉碎后的样品于15 mL顶空瓶中密封,设置CTC自动进样器对样品的前处理条件:加热箱温度为60℃,加热时间为45 min,解析时间为5 min。

1.3.2 GC-MS检测

GC条件:HP-5MS UI色谱柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm);压力为32.0 kPa;流速为1.0 mL/min;载气为氦气,样品以不分流进样;进样口温度为250℃;升温程序为起始温度50℃,保持2 min,以3℃/min升至110℃,保持1 min,再以15℃/min升至275℃,保持5 min。

MS条件:接口温度为280℃,电子电离源(EI);电子能量为70 eV;离子源温度为230℃,四级杆温

度为 150 ℃; 检测器电压为 350 V; 质量扫描范围 (m/z) 为 50~550。

定性: 对化合物定性分析, 将得到的数据在 NIST 14.L 谱库中进行检索、匹配, 选择匹配程度高于 80% 的物质; 同时结合参考文献以及相关数据库进行定性分析。

定量: 使用峰面积对总离子流色谱图归一化定量, 最终算出各组分的相对含量。

1.3.3 特征挥发性风味物质的评价

采用相对气味活度法 (ROAV)^[7], ROAV 值可以直观地反映感官阈值, 感官阈值直接影响着挥发性成分对产品整体风味的贡献程度, 所有风味物质 ROAV 值为 0~100。0.1≤ROAV 值<1 表示只对样品的风味起修饰作用; ROAV 值≥1 表示样品的风味主体物质, 对样品的风味贡献有显著作用。ROAV 的值越大, 表示样品风味贡献程度越大。样品中风味物质的 ROAV 值计算式为:

$$R_i = 100 \times \frac{C_i}{T_i} \times \frac{T_{\text{stan}}}{C_{\text{stan}}}$$

式中: R_i 为挥发性成分的相对气味活度值; C_i 为挥发性成分的相对含量; T_i 为挥发性成分的香气阈值; T_{stan} 为风味贡献程度最大物质的香气阈值; C_{stan} 为风味贡献程度最大物质的相对含量。

1.4 数据处理

实验数据处理使用 Microsoft Excel 2016 和 Origin 2017 进行数据处理及图形绘制, 使用 SPSS 26.0 软件进行显著性分析, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 不同包装酱肉的风味物质组成分析

通过 GC-MS 检测技术, 对铝箔和 PET/PE 透明真空包装后的酱肉制品, 在不同时间下的风味物质的

成分进行了定性和定量分析。其中, 共检测出 9 大类风味物质, 主要以酯类和醇类为主, 见表 1。酯类物质具有芳香气味, 主要来源于各种醇和酸的酯化作用^[8]。整体来说, 透明包装的酯类物质含量明显高于铝箔包装, 可能是因为光线会促进酱肉的酯化作用。2 种包装中的脂类物质均呈现先增加后降低的过程, 说明随着时间增加到一定程度, 酱肉中的脂质又会发生不同程度的降解。保存 6 个月后, 同 2 个月的酯类含量相比, 透明包装的酯类物质的降解程度明显高于铝箔包装的酱肉制品。

醇类物质大多来源于肉中不饱和脂肪酸分解^[9-10]。2 个月检测时, 透明包装的醇类物质的总含量大于铝箔包装, 而后铝箔包装和透明包装醇类物质均逐渐减少。这说明在酱肉贮存的前 2 个月, 透明包装的酱肉氧化速度高于铝箔包装, 2 个月之后由于大多脂肪已经氧化, 含氧量降低, 数值减少。醛类物质在蛋白质水解、脂肪氧化分解过程中快速生成^[11], 是起始烷氧基自由基断裂而生成的香气物质^[12], 为酱肉提供了独特的脂肪香气^[13]。实验表明, 醛类物质在透明包装中的含量多于铝箔包装, 说明透明包装中的酱肉氧化程度更大。同时, 作为提供烷氧自由基的醚类物质, 在透明包装中的含量也是多于铝箔包装, 也从侧面印证了透明包装的氧化程度较铝箔包装的高。

烯类、酸类等挥发性物质对酱肉的风味的影响较小。刘登勇等^[14]研究认为, 尽管酱肉中烯类物质的含量少, 对风味的形成贡献不明显, 但有些烯类物质可能是形成杂环化合物的重要中间体, 有助于提高整体风味。另外, 在酱肉中检测到一些挥发性酸类化合物, 这些酸类化合物可能由微生物产生, 或是来自脂肪和磷脂的降解, 也可能是脂肪氧化时生成的小分子脂肪酸。这些酸类物质含量较低, 且对酱肉风味无显著贡献, 但有利于抑制酸价, 延长酱肉贮藏期^[15]。其中, 第 6 个月的数据显示, 铝箔包装中的酸类物质含量略高于透明包装中的, 对延长酱肉的贮藏期有所帮助。醚类含量较高, 主要是茴香醚, 大多来自酱肉中添加的香辛料, 这与李松林等^[16]研究的结果相同。

表 1 不同包装酱肉的不同种类风味物质占比

Tab.1 Proportion of different flavor substances in different packaged sauce meat

%

类别	PET/AL/PE 铝箔包装				PET/PE 透明包装			
	2 个月	4 个月	5 个月	6 个月	2 个月	4 个月	5 个月	6 个月
酯类	22.24	32.04	32.78	16.29	48.57	59.5	45.5	31.41
烯类	0.17	0.45	0.89	0.85	2.21	3.07	3.06	4.67
醛类	0.44	0.65	2.09	3.88	1.16	0.47	6.89	7.39
醇类	16.98	10.1	15.46	12.4	26.23	11.48	12.62	12.41
醚类	33.24	29.23	35.09	24.01	48.93	55.51	46.93	62.04
酚类	0.13	0.24	0.32	0.21	0.29	0.27	0.14	0.22
酸类	0	0	0.27	0	0	0	0.01	0.21
酮类	0.47	0	1.15	0	0.83	0	0.47	0

将各类风味物质在 NIST 14.L 谱库中进行检索、匹配,并结合参考文献进行定性分析,共得到 48 种风味物质,见表 2。通过在不同包装中,对酱肉不同贮藏期的风味物质的含量的对比,发现各类别挥发性成分含量均有响应变化趋势。酯类物质中,正己酯、戊酸乙酯、异戊酸乙酯所占比最高。在第 5 个月 2 种包装材料中正己酸乙酯含量均到达峰值 53.588 $\mu\text{g/g}$ 和 75.921 $\mu\text{g/g}$,但第 6 个月正己酸乙酯又无法达到检出限。另外,在第 6 个月,仅铝箔包装的酱肉能检测出异戊酸乙酯的含量,仅透明包装的酱肉能检测出戊酸乙酯的含量。(+)–柠檬烯为烯类物质的代表性成分,其含量随贮藏时间的延长先增加后降低;次要成分松油烯仅在铝箔包装后酱肉制品的保存期的前 2 个月检出,而在透明包装中始终未检出。在醛类物质中,壬醛、反式-2,4–癸二烯醛含量较多,且随着时间推移逐渐增多,这与脂肪氧化的过程相关,这与吴倩蓉等^[17]的研究结果相吻合。有趣的是,(*E,E*)-2,4–壬二烯醛在包装后酱肉贮藏期的前 5 个月均无法检出,但在第 6 个月的铝箔包装中其含量高达 95.78 $\mu\text{g/g}$ 。在醇类物质中,含量最高的是桉叶油醇,可能来自于香辛料^[9],如肉桂、八角等^[19],对酱肉风味有着较大的贡献。实验证明,随贮藏时间的变化,在铝箔包装中桉叶油醇的含量较为稳定,而透明包装中的桉叶油醇的含量约降低 65%。在酱肉贮藏第 6 个月时,酚、酸、酮、烷类挥发性成分在铝箔包装和透明包装下均有所差异,然而透明包装所呈现的成分种类多于铝箔包装,如正戊酸、壬酸、丁酸、6–甲基–5–庚烯–2–酮和 1–氯戊烷仅在第 6 个月的透明包装的酱肉制品中测得。

2.2 不同包装酱肉的挥发性风味物质 ROVA 分析

ROAV 值可以衡量出对整体风味有主要贡献的物质,一般认为 ROAV 值越大,该物质对总体风味的贡献越大。当 ROAV 值不小于 1 时,其物质为关键风味物质,当 ROAV 值介于 0.1 至 1 之间时,其物质对总体风味有重要的修饰作用^[20]。通过查阅相关文献以及《化合物嗅觉阈值汇编》共检索到 48 种风味物质的阈值。以各种风味物质的相对含量以及对应的感官阈值计算出相对的 ROAV 值,确定关键性的风味物质,结果见表 3。

根据表 3 中各挥发性成分的含量和阈值,茴香脑在所有样品中均有检出,经计算其贡献率最大,定义茴香脑的 ROAV 值为 100。其中苯甲酸乙酯、乙酸芳樟酯、癸酸乙酯、正己酸乙酯、(+)-柠檬烯、壬醛、正己醛、(-)-4–萜品醇、桉叶油醇、芳樟醇、乙基麦芽酚、茴香脑的 ROVA 值大于 1,说明它们为关键风味物质,对酱肉的风味起到了主要作用。乳酸乙酯、月桂酸乙酯、乙酸松油酯、异丁酸乙酯、异戊酸乙酯、

戊酸乙酯、正己酸乙酯、蒎烯、 β -石竹烯、桉烯、苯乙醛、庚醛、反-2–辛烯醛、 α -松油醇、(2*R*,3*R*)-(-)-2,3–丁二醇、2,5–辛二酮、6–甲基–5–庚烯–2–酮、1–氯戊烷、2–庚烷的 ROVA 值在 0.1 至 1 之间,说明它们对酱肉的风味起到了辅助性作用。

以上主要风味物质中,大多数物质属香味的呈味物质,呈现出芳香性气味。比如,苯甲酸乙酯具有水果的香气;乙酸芳樟酯具有花香、木香、果香、酯香;癸酸乙酯具有果香、酒香;(+)-柠檬烯提供了水果的香气;醛类化合物作为肉品的特征风味物质,阈值较低容易被察觉;壬醛具有玫瑰、柑橘的香气,正己醛有清新气息、水果香、脂肪香;(-)-4–萜品醇具有丁香味,桉叶油醇具有松油香、药草香,芳樟醇具有铃兰香、木香、果香;茴香脑具有茴香味、甜味;乙基麦芽酚作为食品添加剂,为酱肉增加水果香、焦糖香。

值得注意的是风味物质中,一些挥发性成分却是异味物,给人以厌恶感和臭味。比如,癸酸乙酯、异戊酸乙酯、反-2,4–癸二烯醛、庚醛和 1–辛烯–3–醇等随着贮藏时间增加,ROVA 值增加,这些正是由脂肪氧化所产生的具有不愉快气味的异味物,该现象与周慧敏等^[21]的研究结果相吻合。

将铝箔包装和透明包装的主要呈味物质和异味物的 ROVA 值进行比较研究。酱肉中原本的主体香味物质在 2 种包装中没有明显差异,但在铝箔包装中异味物的 ROVA 值整体要小于透明包装的,也可以说明透明包装的酱肉不如铝箔包装的抗氧化效果明显。

2.3 不同包装酱肉挥发性风味物质的主成分分析

将不同包装方式下,不同时间段酱肉的风味物质作为自变量,对其进行主成分分析,得出主成分的相关矩阵特征值以及累积贡献率。各挥发性风味物质的绝对值反映了其对主成分贡献率的大小,绝对值越大,则贡献率也越大。由表 4 可知,主成分特征值及累计贡献率以主成分特征值大于 1 且累计方差贡献率大于 80%作为筛选标准。由表 3 可知,3 个主成分贡献率分别为 40.196%、21.094%、19.13%,累积达到了 80.42%,其包含了酱肉风味物质的大部分信息,表明前三的主成分能较好地反映不同包装方式下酱肉在不同时间段中风味物质的变化规律。结合图 1 分析发现,第一主成分中 2–甲基丁酸乙酯、(*E,E*)-2,4–壬二烯醛的贡献率较大,带有强烈的、扩散性的、刺激的果实样香气,类似苹果皮、菠萝皮或未成熟的梅子皮的香气。第二主成分中正己酸乙酯、2,5–辛二酮的贡献率较大,具有曲香、菠萝香、乳香型的香气。第三主成分中 3–甲硫基丙醛、茴香脑的贡献率较大,带有强烈的洋葱、肉香、果香、八角茴香的特征。这表明以上 6 种挥发性风味物质是酱肉差异性风味的来源。

表 2 不同包装酱肉的风味物质成分含量
Tab.2 Components of different packaged sauce meat

μg/g

编号	类别	挥发性风味物质	PET/AL/PE 铝箔包装				PET/PE 透明包装			
			2 个月	4 个月	5 个月	6 个月	2 个月	4 个月	5 个月	6 个月
1	酯类	乳酸乙酯	—	—	—	0.001	—	0.001	—	0.001
2		月桂酸乙酯	0.001	0.001	0.001	0.001	—	0.002	0.003	0.005
3		苯甲酸乙酯	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
4		乙酸松油酯	0.001	0.001	0.001	0.001	—	—	0.001	0.001
5		乙酸芳樟酯	0.074	0.179	0.069	0.168	0.082	0.248	0.027	0.045
6		癸酸乙酯	0.599	0.458	0.516	0.557	0.338	1.351	1.387	1.609
7		异丁酸乙酯	6.05	3.729	—	3.061	3.114	37.465	7.141	22.845
8		2-甲基丁酸乙酯	3.641	6.732	1.579	6.338	1.812	5.835	19.656	45.904
9		异戊酸乙酯	7.843	16.154	2.53	16.133	100	88.258	25.338	—
10		戊酸乙酯	10.718	—	11.493	—	13.572	30.631	—	60.088
11		正己酸乙酯	16.401	30.461	53.588	—	27.215	39.633	75.921	—
12		正己酸乙酯	0.119	—	0.082	0.001	0.001	0.094	0.189	0.306
13		壬酸乙酯	—	0.001	—	—	—	0.001	0.001	0.001
14	烯类	蒎烯	0.036	0.032	0.032	0.001	0.034	0.006	—	0.008
15		松油烯	0.002	0.001	—	—	—	—	—	—
16		(+)-柠檬烯	0.453	0.83	0.244	0.279	0.597	0.381	0.307	0.318
17		γ-松油烯	0.001	0.001	—	—	0.001	—	—	—
18		β-石竹烯	0.009	0.004	0.004	0.007	0.006	—	0.007	0.005
19		桉烯	0.023	0.1	0.001	—	0.019	0.017	0.014	—
20	醛类	苯乙醛	0.124	—	0.511	0.594	0.135	—	0.182	0.32
21		壬醛	0.992	2.075	2.564	3.975	1.873	0.85	6.509	6.365
22		反式-2,4-癸二烯醛	—	0.001	0.001	1.805	—	—	1.576	1.849
23		胡椒醛	—	—	—	0.001	0.001	—	—	0.001
24		庚醛	0.034	—	0.262	0.287	0.126	—	0.158	—
25		3-甲基基丙醛	0.001	—	—	—	—	—	3.042	—
26		反式-2-壬醛	0.001	0.001	0.001	10.123	0.001	0.001	3.114	4.374
27		正己醛	0.17	0.142	0.532	0.222	0.234	—	0.096	—
28		反-2-辛烯醛	—	—	0.08	—	—	—	—	—
29		(E, E)-2,4-壬二烯醛	—	—	—	5.78	—	—	—	—
30	醇类	(-)-4-萜品醇	0.871	0.001	0.001	—	—	—	0.802	0.692
31		α-松油醇	0.006	0.006	0.008	0.008	0.01	—	0.006	0.005
32		桉叶油醇	49.966	33.926	42.134	49.986	52.94	20.051	25.402	18.746
33		苯乙醇	0.004	0.003	0.007	0.01	0.007	0.002	0.002	0.001
34		(2R,3R)-(-)-2,3-丁二醇	0.004	—	0.001	0.011	—	0.065	0.003	0.026
35		1-辛烯-3-醇	0.231	—	1.455	1.224	—	—	0.384	0.209
36		芳樟醇	—	0.619	0.459	0.423	0.642	0.563	0.302	0.326
37	醚类	茴香脑	100	100	100	100	100	100	100	100
38		4-烯丙基苯甲醚	—	—	0.001	0.005	—	—	0.025	0.032
39	酚类	丁香酚	0.024	0.044	0.07	0.085	0.038	0.063	0.039	0.1
40		乙基麦芽酚	0.365	0.766	0.835	0.794	0.56	0.424	0.257	0.251
41	酸类	正戊酸	—	—	0.754	—	—	—	0.001	0.331
42		壬酸	—	—	0.002	—	—	—	—	0.001
43		正癸酸	—	—	—	0.01	—	—	0.01	0.01
44		丁酸	—	—	—	—	—	0.001	—	0.001
45	酮类	2,5-辛二酮	1.419	—	3.277	—	1.69	—	1.007	—
46		6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.008	0.001	0.001	—	0.01	0.007	0.005	0.003
47	烷类	1-氯戊烷	—	—	0.003	—	—	—	0.001	0.001
48		2-庚烷	0.006	—	0.07	0.076	0.003	—	0.009	0.009

注：“—”为未检测出或含量低于表达值。

表 3 不同包装酱肉的风味物质 ROVA 值
Tab.3 ROVA values of flavor substances for different packaged sauce meat

序号	中文名称	阈值/ ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	PET/AL/PE 铝箔包装				PET/PE 透明包装			
			2 个月	4 个月	5 个月	6 个月	2 个月	4 个月	5 个月	6 个月
1	乳酸乙酯	353 553	—	—	—	0.425	—	0.736	—	2.2
2	月桂酸乙酯	330	—	—	0.111	0.174	0.032	0.048	0.132	0.201
3	苯甲酸乙酯	300 000	1.215	0.549	1.312	2.096	0.722	0.908	1.081	2.433
4	乙酸松油酯	1 000	0.07	0.039	0.179	0.192	0.11	0.026	0.031	—
5	乙酸芳樟酯	100	1.104	1.384	2.117	6.538	1.792	1.466	0.308	0.6
6	癸酸乙酯	20	1.78	0.71	3.162	4.326	1.473	1.597	3.211	4.295
7	异丁酸乙酯	0.1	0.09	0.029	—	0.119	0.068	0.221	0.083	0.305
8	2-甲基丁酸乙酯	0.15	0.081	0.078	0.073	0.369	0.059	0.052	0.341	0.919
9	异戊酸乙酯	0.2	0.233	0.25	0.155	1.252	0.158	—	0.586	2.357
10	戊酸乙酯	0.094	—	0.078	—	0.419	0.278	0.17	—	0.754
11	正己酸乙酯	0.5	3.93	—	2.515	5.911	2.965	—	4.392	—
12	正己酸乙酯	7.5	0.133	0.052	0.188	—	—	0.042	0.164	0.307
13	壬酸乙酯	1 200	—	0.097	—	—	—	0.07	0.134	0.212
14	蒎烯	33	0.256	0.063	0.122	—	0.169	0.016	—	0.097
15	松油烯	200	0.093	—	—	—	—	—	—	—
16	(+)-柠檬烯	34	3.353	1.669	0.961	1.266	3.019	1.004	3.206	4.196
17	γ -松油烯	2 140	0.251	0.092	—	—	—	0.056	—	—
18	β -石竹烯	160	0.323	0.035	0.070	0.150	0.136	—	0.324	0.304
19	桉烯	37	0.189	0.219	—	—	0.104	—	0.157	0.147
20	α -律草烯	160	0.015	—	—	—	—	—	—	—
21	苯乙醛	9	0.243	—	0.532	0.714	0.180	—	0.503	0.419
22	壬醛	3.5	0.757	0.429	1.848	1.857	0.974	0.230	1.691	1.153
23	反-2,4-癸二烯醛	0.03	—	—	—	0.087	—	—	0.060	0.074
24	胡椒醛	1 000	—	—	—	—	—	—	0.023	0.015
25	庚醛	31	0.230	—	0.940	1.362	0.581	—	0.553	—
26	反式-2-壬醛	0.065	—	—	—	0.088	—	—	0.062	—
27	正己醛	210	7.762	1.763	12.915	6.228	7.317	—	6.163	—
28	反-2-辛烯醛	61	—	—	0.565	—	—	—	—	—
29	(-)-4-萜品醇	4.37	0.829	—	—	—	—	—	1.074	1.174
30	α -松油醇	300	0.383	0.098	0.292	0.309	0.437	—	0.531	0.566
31	桉叶油醇	0.26	2.831	0.521	1.268	1.735	2.045	0.404	2.026	1.892
32	苯乙醇	450	0.409	0.092	0.370	—	0.458	0.086	0.311	0.255
33	(2R,3R)-(-)-2,3- 丁二醇	400	0.330	—	—	0.563	—	2.004	0.321	3.996
34	1-辛烯-3-醇	10	0.503	—	1.604	1.634	1.053	—	1.179	1.813
35	芳樟醇	31	3.159	1.134	1.647	1.749	2.956	1.353	2.869	3.925
36	茴香脑	0.073	1.591	0.431	0.845	0.975	1.085	0.566	2.239	2.833
37	4-烯丙基苯甲醚	7.5	—	—	—	—	—	—	0.058	0.094
38	丁香酚	10	0.052	0.026	0.081	0.113	0.056	0.048	0.120	0.390
39	乙基麦芽酚	440	35.012	19.922	42.499	46.615	36.586	14.468	34.682	42.819
40	正戊酸	0.5	—	—	0.044	—	—	—	—	0.064
41	正癸酸	69 000	—	—	—	0.095	—	—	0.045	0.068
42	壬酸	1 500	—	—	0.290	0.096	—	—	0.204	—
44	丁酸	18 000	0.025	—	—	—	—	0.011	—	—
45	2,5-辛二酮	2.52	0.779	—	0.956	—	0.633	—	0.778	—
46	6-甲基-5-庚烯- 2-酮	100	0.167	—	—	—	0.153	—	0.160	0.130
47	1-氯戊烷	640	—	—	0.203	—	—	—	—	—
48	2-庚烷	150	0.206	—	1.211	1.525	0.664	—	0.431	0.495

注：“—”为未检测出或含量低于表达值。

表4 主成分累计贡献率
Tab.4 Cumulative contribution rate of principal components

主成分	特征值	贡献率/%	累积/%
PCA1	6.833	40.196	40.196
PCA2	3.586	21.094	61.29
PCA3	3.252	19.13	80.42

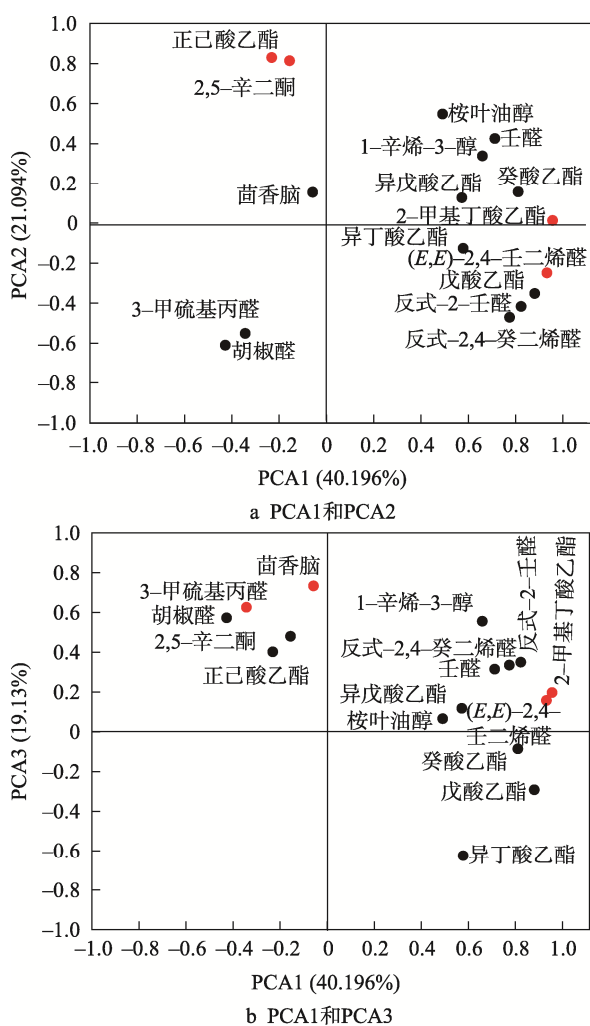


图1 关键挥发风味物质各贮藏期间主成分载荷图

Fig.1 Main component load diagram during each storage period of key volatile flavor substances

根据表5可以看出,第一主成分中各不同包装时间的挥发性风味物质贡献从大到小为铝6、铝2、铝4、铝5、透4、透6、透2、透5(其中2、4、5、6代表2个月、4个月、5个月、6个月),第二主成分中各不同包装时间的挥发性风味物质贡献从大到小为铝5、透2、铝2、透6、透4、铝4、铝6、透5,第三主成分中各不同包装时间的挥发性风味物质贡献从大到小为透5、铝5、透2、铝6、透4、铝6、透6、铝4。在图2中,每个点代表每个样品,点距离越远表示差异越大,可以看出6个月后铝箔包装的

酱肉与其他包装的酱油的主要挥发性风味物质差异性较大。由图2和表5结合可以看出,铝箔和透明包装的酱肉在贮藏5个月以后,其主成分有显著差异,说明不同包装会对酱肉的风味有较大影响。

表5 主成分载荷矩阵分析
Tab.5 Analysis on load matrix of principal components

名称	PCA1	PCA2	PCA3
铝2	32.864	52.767	39.548
铝4	25.852	24.577	10.389
铝5	15.075	62.678	57.937
铝6	51.209	51.209	-2.711
透2	7.973	54.094	48.125
透4	12.312	40.406	13.137
透5	-4.950	76.377	-2.099
透6	11.296	48.470	24.495

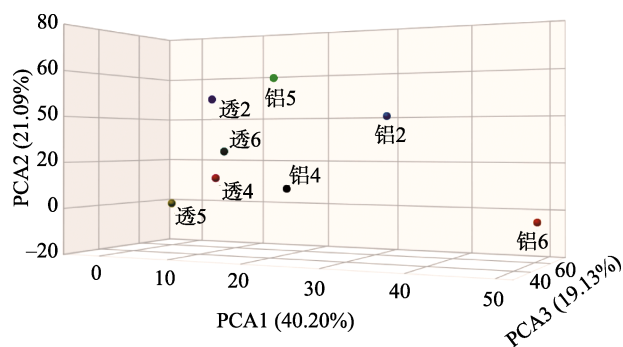


图2 主成分散点图
Fig.2 Scatter plot of

3 结语

文中以酱肉为研究对象,探索 PET/AL/PE 铝箔包装和 PET/PE 透明包装对其挥发性风味物质的影响。通过 GC-MS 检测出酯类、烯类、醛类、醇类、酸类等 48 种风味物质。通过 ROAV 分析发现,苯甲酸乙酯、乙酸芳樟酯、癸酸乙酯、正己酸乙酯、(+)-柠檬烯、壬醛、正己醛、(-)-4-萜品醇、桉叶油醇、芳樟醇、乙基麦芽酚、茴香脑对酱肉的风味起到了主要作用。结合主成分分析发现,2-甲基丁酸乙酯、(E,E)-2,4-壬二烯醛、正己酸乙酯、2,5-辛二酮、(1R)-2,6,6-三甲基双环[3.1.1]庚-2-烯、3-甲硫基丙醛、异丁酸乙酯、茴香脑是差异性风味物质。这些物质使得 PET/AL/PE 铝箔包装和 PET/PE 透明包装的酱肉在后期的挥发性风味物质差异较大,而使 2 种包装的酱肉出现差异的主要原因是包装的透光率和气密性。透明包装因透光性强、气密性弱促进了微生物的

生长繁殖,促进了脂肪的氧化酸败,其对酱肉的防腐保鲜作用较弱。从长期检测的结果看出,PET/AL/PE铝箔包装可显著地阻止脂肪氧化,生成较少的异味物,可更好地保护酱肉的香味。

参考文献:

- [1] 王新同. 舌尖上的百年“风酱肉”[J]. 职业, 2014(22): 58-60.
WANG Xin-tong. A Century-Old “Wind Sauce Meat” on the Tip of the Tongue[J]. Occupation, 2014(22): 58-60.
- [2] 刘笑笑, 华晶忠, 李树锦, 等. 不同包装方式对冷藏延边黄牛冷却肉的影响[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(3): 580-582.
LIU Xiao-xiao, HUA Jing-zhong, LI Shu-jin, et al. Effects of Different Packaging Methods on Refrigeration of Yanbian Yellow Cattle Cooling Meat[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2011, 50(3): 580-582.
- [3] 王东杰. 猪后腿酱肉挥发性风味物质成分分析研究[J]. 农产品加工, 2021(8): 46-50.
WANG Dong-jie. Optimization of Curing Technology and Comparison of Extraction Methods of Volatile Substances from Spiced-Meat[J]. Farm Products Processing, 2021(8): 46-50.
- [4] 郝宝瑞, 张坤生, 张顺亮, 等. 基于 GC-O-MS 和 AEDA 法对清酱肉挥发性风味成分分析[J]. 食品科学, 2015, 36(16): 153-157.
HAO Bao-rui, ZHANG Kun-sheng, ZHANG Shun-liang, et al. Analysis of Volatile Flavor Compounds in Pickled Sauced Meat by GC-O-MS and AEDA[J]. Food Science, 2015, 36(16): 153-157.
- [5] 程雅婷, 揭晓蝶, 田旭, 等. 不同包装材料对冷冻猪肉品质及营养成分的影响[J]. 肉类工业, 2018(9): 40-44.
CHENG Ya-ting, JIE Xiao-die, TIAN Xu, et al. Effect of Different Packaging Materials on the Quality and Nutritional Composition of Frozen Pork[J]. Meat Industry, 2018(9): 40-44.
- [6] 戢得蓉, 王艺融, 段丽丽, 等. 不同包装材料对怪味鸡丝品质的影响[J]. 包装工程, 2021, 42(23): 116-122.
JI De-rong, WANG Yi-rong, DUAN Li-li, et al. Effects of Packaging Materials on the Quality of Special Flavored Shredded Chicken[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(23): 116-122.
- [7] 李钰芳, 施娅楠, 魏光强, 等. 标准化工艺条件下大河乌猪火腿发酵过程中的挥发性风味物质变化[J]. 现代食品科技, 2021(12): 240-251.
LI Yu-fang, SHI Ya-nan, WEI Guang-qiang, et al. Changes of Volatile Flavor Substances in the Fermentation of Dahe Black Pig Ham under Standardized Technological Conditions[J]. Modern Food Science and Technology, 2021(12): 240-251.
- [8] 龚珏, 唐善虎, 李思宁, 等. 乳酸菌对发酵牦牛肉灌肠理化性质及挥发性风味物质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(4): 57-64.
GONG Jue, TANG Shan-hu, LI Si-ning, et al. Effect of Lactic Acid Bacteria on Physicochemical Properties and Volatile Flavor Substances of Fermented Yak Meat Sausage[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(4): 57-64.
- [9] IVANOVA-PETROPULOS V, MITREV S, STAFILOV T, et al. Characterisation of Traditional Macedonian Edible Oils by Their Fatty Acid Composition and Their Volatile Compounds[J]. Food Research International, 2015, 77: 506-514.
- [10] 陈怡颖, 郭贝贝, 章慧莺, 等. 新疆大盘鸡挥发性风味成分的 GC-MS 分析[J]. 食品工业科技, 2014, 35(21): 291-296.
CHEN Yi-ying, GUO Bei-bei, ZHANG Hui-ying, et al. Volatile Flavor Compounds Analysis of the Dapanji by GC-MS[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(21): 291-296.
- [11] LORENZO J M, CARBALLO J, FRANCO D, et al. Effect of the Inclusion of Chestnut in the Finishing Diet on Volatile Compounds of Dry-Cured Ham from Celta Pig Breed[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2013, 12(11): 2002-2012.
- [12] 文志勇, 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 Zhi-yong, SUN Bao-guo, LIANG Meng-lan, XIE Jian-chun, et al. Flavour Compounds from Lipid Oxidation[J]. China Oils and Fats, 2004, 29(9): 41-44.
- [13] 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.
- [14] 刘登勇, 赵志南, 吴金城, 等. 基于 SPME-GC-MS 分析熏制材料对熏鸡腿挥发性风味物质的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(24): 220-227.
LIU Deng-yong, ZHAO Zhi-nan, WU Jin-cheng, et al. Effects of Different Smoking Materials on Volatile Flavor Compounds in Smoked Chicken Thighs[J]. Food Science, 2019, 40(24): 220-227.
- [15] 李林, 吴倩, 林静, 等. 老腊肉腌制烟熏加工过程中主体特征风味及变化规律[J]. 食品科学, 2015, 36(16): 175-179.

- LI Lin, WU Qian, LIN Jing, et al. Variations in Major Characteristic Flavor Compounds during Pickling and Smoking of Chinese Traditional Bacon[J]. Food Science, 2015, 36(16): 175-179.
- [16] 李松林, 蒋长兴, 聂凌鸿, 等. 风鸡腌制和风干过程中挥发性成分的变化[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(3): 191-198.
- LI Song-lin, JIANG Chang-xing, NIE Ling-hong, et al. Changes of Volatile Compounds during Curing and Drying of Air-Dried Chicken[J]. Food and Fermentation Industries, 2015, 41(3): 191-198.
- [17] 吴倩蓉, 周慧敏, 李素, 等. 风干肠贮藏过程中挥发性风味物质的变化及异味物质分析[J]. 食品科学, 2019, 40(20): 208-216.
- WU Qian-rong, ZHOU Hui-min, LI Su, et al. Changes in Volatile Flavour Compounds during Storage and Analysis of Off-Flavour Substances in Air-Dried Sausage[J]. Food Science, 2019, 40(20): 208-216.
- [18] 刘欣, 赵改名, 柳艳霞, 等. 肉桂块和肉桂粉对卤鸡腿肉挥发性风味成分影响的比较[J]. 食品科学, 2013, 34(14): 223-226.
- LIU Xin, ZHAO Gai-ming, LIU Yan-xia, et al. Effects of Cinnamon Pieces and Powder on Volatile Flavor Components of Stewed Chicken Leg[J]. Food Science, 2013, 34(14): 223-226.
- [19] OLIVARES A, NAVARRO J L, FLORES M. Establishment of the Contribution of Volatile Compounds to the Aroma of Fermented Sausages at Different Stages of Processing and Storage[J]. Food Chemistry, 2009, 115(4): 1464-1472.
- [20] 周慧敏, 赵冰, 吴倩蓉, 等. 黑白胡椒腊肠贮藏期中气味活性物质演变及异味分析[J]. 食品科学, 2020, 41(24): 162-171.
- ZHOU Hui-min, ZHAO Bing, WU Qian-rong, et al. Changes in Odor-Active Compounds and Analysis of Off-Flavor Compounds in Chinese Sausage Added with Black and White Pepper during Storage[J]. Food Science, 2020, 41(24): 162-171.

责任编辑: 曾钰婵