

调味料对鱼香肉丝风味品质的影响

张 静¹, 张 迪², 车振明², 刘 平^{2*}

(1. 江苏农牧科技职业学院 食品科技学院, 江苏 泰州 225300; 2. 西华大学 食品与生物工程学院, 四川 成都 610039)

摘 要:为确定不同辅料比例对鱼香肉丝风味的影响,采用 SPME-GC-MS 结合电子鼻对不同辅料(糖、醋、剁椒)配比制备的鱼香肉丝的挥发性风味物质进行分析,通过定量描述分析法评定其感官品质,同时分析感官属性与挥发性风味物质的相关性。结果表明:从制备的6组样品中鉴定出的挥发性风味物质有108种,共有物质32种,其中醛类、酯类和醇类含量最高的是6号样品(添加糖、醋、剁椒分别为12、12、30 g),其次是2号样品(添加糖、醋、剁椒分别为6、12、15 g),用线性判别分析法分析区分6组样品的差异;定量描述分析测得2号样品综合感官特性最佳,且适宜的调味料配比可赋予鱼香肉丝纯正的特征风味;鱼香肉丝的肉味与十一醛等相关性较强,鱼香味与癸醛等有相关性,乙酸芳樟酯与整体香气有关。最终确定2号样品的辅料为最优比例(即糖、醋、剁椒分别为6、12、15 g),以此配料制作的鱼香肉丝产品风味、口感最佳。

关键词:鱼香肉丝;辅料配比;挥发性风味物质;定量描述分析法;相关性分析

中图分类号: TS 972.112

文献标志码: A

文章编号: 2095-8730(2023)01-0080-08

鱼香肉丝是一道典型川菜,其特点是不见鱼肉而鱼香浓郁。鱼香肉丝的鱼香味主要由糖、醋、剁椒、料酒、酱油等调味料调配而成,其中糖、醋、剁椒等配料起关键作用^[1-2]。制作鱼香肉丝的生肉原料烹调后会产生特征风味^[3],包括形成滋味的呈味物质和形成香气的挥发性风味物质。其中可能发生的化学反应包括蛋白质降解成小分子肽和游离氨基酸,脂肪氧化生成醛、醇、呋喃等风味物质,美拉德反应产生噻吩、呋喃酮等物质^[4]。

目前,已报道的文献多围绕鱼香肉丝的传统工艺探析、挥发性风味物质分离与鉴定等方向展开^[5-8],而对鱼香肉丝的特征风味及其形成规律缺乏系统的研究。肖阳等^[1]采用 SDE-GC-MS 从鱼香肉丝菜肴及料理包中鉴定出79种和104种物质,发现二者风味差异可能源于 β -水芹烯等物质的含量。张玥琪等^[2]采用 SPME 法和 SDE 法提取鱼香肉丝中的挥发性风味成分,发现醛类、

酯类对鱼香味有主要贡献。贾洪锋等^[5]采用 SPME-GC-MS 分析鱼香肉丝加工前后风味物质组成和含量的变化,鉴定出香叶醛等13种关键风味物质。易宇文等^[6]采用电子鼻对川渝地区7种鱼香肉丝调料进行检测,结果表明电子鼻能有效区分样品。

本研究采用电子鼻和 SPME-GC-MS 技术对鱼香肉丝挥发性风味物质进行分析,并运用定量描述分析(Quantitative Descriptive Analysis, QDA)法对样品感官品质进行评价,同时分析感官属性与挥发性风味物质的相关性,确定关键辅料(醋、糖、剁椒)的适宜配比,以期鱼香肉丝风味菜肴的标准化生产及系列风味产品的开发提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

猪里脊肉、胡萝卜、黑木耳、青笋、葱、姜、蒜

收稿日期:2022-05-30 *通信作者

基金项目:四川省科技厅重点研发项目(2020YFN0151);江苏农牧科技职业学院科研基金(NSF2021ZR12);泰州市科技支撑计划(社会发展)项目(TS202030)

作者简介:张 静,女,江苏农牧科技职业学院食品科技学院副教授,博士,主要从事食品加工及功能性食品添加剂的研究, E-mail:1784265821@qq.com;

刘 平,女,西华大学食品与生物工程学院教授,博士,主要从事发酵调味品加工及食品风味研究, E-mail:dewflowerlp@163.com。

等;购于成都世纪百盛超市;白砂糖:上海上棠食品有限公司;料酒、千禾零添加糯米香醋、千禾零添加酱油(180天):千禾味业股份有限公司;花椒油:四川饭扫光食品集团股份有限公司;剁椒:湖南聚名湘食品科技有限公司;玉米淀粉:重庆佳仙九七食品有限公司;加碘食用盐:中盐东兴盐化股份有限公司;菜籽油:益海嘉里(重庆)粮油有限公司; $C_7 \sim C_{30}$ 正构烷烃标准品:西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司;2-甲基-3-庚酮(纯度 $\geq 95\%$):上海麦克林生化科技有限公司。

1.2 仪器与设备

GCMS-QP2020 NX 气相色谱-质谱联用仪:日本岛津仪器公司;75 μ m CAR/PDMS 萃取头:美国 Supelco 公司;便携式电子鼻(PEN 3.5 系统):德国 Airsense 公司。

1.3 方法

1.3.1 鱼香肉丝制作工艺流程

鱼香肉丝制作工艺流程如下:

胡萝卜、木耳、青笋→清洗、去皮、切丝
 猪里脊肉→清洗→切丝→腌制→煸炒
 热油→炒剁椒→炒姜蒜末

合翻炒→调味汁(酱油、料酒、花椒油及辅料)→加葱搅拌→成品。

1.3.2 鱼香肉丝制作操作要点

预处理:猪里脊肉切成 6.0 cm × 0.3 cm × 0.3 cm 的丝,清洗去血水后加入 1.5 g 盐、水淀粉(水与淀粉质量比 1:1)以及少量油腌制 10 min 备用。青笋、泡发的木耳、胡萝卜切成与肉丝相同规格的细丝备用;姜、蒜剁细碎备用;葱切小段。

煸炒:预热炒锅,倒入菜籽油,待油温达到 150~160℃时,倒入猪里脊肉煸炒至肉丝变白后起锅备用。

翻炒:倒入菜籽油,油温达到 150~160℃后加入适量剁椒,炒制片刻后加入姜、蒜末继续翻炒,将辅料下锅翻炒至快熟时再加入炒熟的肉丝,炒制片刻后倒入调味料汁,最后加入葱末、1.5 g 盐,翻炒均匀后出锅。

1.3.3 鱼香肉丝的辅料配比

在文献[9]的基础上,经过修改,确定基础配方为:猪里脊肉 100.0 g,木耳丝、胡萝卜、冬笋丝各 50.0 g,姜末、蒜末、葱花各 16.0 g,酱油 1.2 g、料酒 6.0 g、水淀粉 30.0 g、花椒油 6.0 g、盐 3.0 g。调整醋、糖、剁椒 3 者的质量比来探究最佳鱼香味

的辅料配比,具体配比设计值见表 1。

表 1 鱼香味辅料配比

| 试验号 | 糖、醋、剁椒质量比 |
|-----|-----------|
| 1 | 6:9:12 |
| 2 | 6:12:15 |
| 3 | 9:12:18 |
| 4 | 9:15:21 |
| 5 | 9:12:24 |
| 6 | 12:12:30 |

1.3.4 鱼香肉丝挥发性物质分析

分别将 1—6 号样品在相同条件下进行 SPME-GC-MS 分析,具体参照贾洪锋等^[5]的分析方法。萃取采用 SPME 法:称取 5.0 g 剁碎的鱼香肉丝于顶空瓶中,加入 1 μ L 2-甲基-3-庚酮(浓度为 0.008 16 g/mL,溶剂为甲醇)混匀并密封。于 80℃恒温水浴平衡 5 min,将 75 μ m CAR/PDMS 萃取头插入顶空瓶中萃取 45 min,然后在 GC 进样口解吸 5 min。

GC 条件:HP-5 石英毛细管柱(30 m × 0.32 mm,0.25 μ m),进样口温度:250℃;不分流进样;载气:氦气;总流量:8.7 mL/min;升温程序:40℃保持 3 min,以 15℃/min 升至 100℃,保持 3 min,以 5℃/min 升至 200℃,保持 3 min,最后以 15℃/min 升至 280℃。

MS 条件:EI 离子源,离子源温度:220℃,接口温度:250℃,溶剂延迟时间:1 min,采集方式:Scan。

挥发性风味物质定性定量分析:GC-MS 测定结果通过 NIST17 Library 谱库进行检索,选择匹配度大于 80 的物质进行初步定性,用 $C_7 \sim C_{30}$ 正构烷烃校正保留时间,计算保留指数,并结合相关文献,进一步定性。以 2-甲基-3-庚酮为内标物对物质进行定量分析。

1.3.5 电子鼻传感器检测

样品采集:称取 5.0 g 鱼香肉丝于样品瓶中,将瓶盖密封,放入 50℃水浴锅保温 5 min 后进行分析。

电子鼻检测条件:采样间隙:1.0 s;冲洗时间:120.0 s;零点漂移时间 10.0 s;预采样时间:5.0 min;测量时间:120 s;气流量:300 mL/min;初始注入流量:300 mL/min。每组实验重复 6 次。

采用电子鼻自带的软件 Win Muster 对检测

数据进行 PCA 分析和 LDA 分析。

1.3.6 感官分析

采用 QDA 法^[10-11]评价 6 组样品的感官特性。使用 9 点数字标度法对 6 组样品进行评价。感官试验均重复 3 次,取平均值,结果用雷达图表示。感官评分标准如表 2 所示。

表 2 鱼香肉丝感官描述词汇及定义

| 指标 | 说 明 | 描述词汇 | 定 义 |
|----|------------------------------------|-------|-------------------------------|
| 外观 | 食品外部可见特性 | 色泽 | 鱼香肉丝烹调后的褐变程度,红、黄等颜色的深浅程度 |
| | | 完整度 | 鱼香肉丝尺寸大小的一致性 |
| | | 软硬度 | 用牙齿将样品咬断时感受到的阻力 |
| 质地 | 由视觉和触觉感知的食品性质 | 滑爽感 | 咀嚼过程中样品经过口腔感受到的滑爽程度 |
| | | 弹性 | 用牙齿咬压样品时感受到的弹力 |
| | | | |
| 滋味 | 食品中的可溶性物质溶于唾液或液态食品直接刺激舌面的味觉神经产生的感觉 | 酸味 | 基本味之一,由酸类物质产生的味道 |
| | | 甜味 | 基本味之一,由糖类物质产生的味道 |
| | | 辣味 | 在口腔中感受到的辛辣感、灼烧感 |
| | | 鲜味 | 新鲜菜肴在口腔中产生愉悦感受 |
| | | | |
| 香气 | 由挥发性物质在鼻腔中刺激嗅觉接收器而产生的感觉 | 肉类味 | 瘦肉组织烹调后散发出的味道 |
| | | 鱼香味 | 鱼香肉丝散发出类似鱼肉的特征香味 |
| | | 整体香气 | 与鱼香肉丝相关的特征香气总称 |
| | | 香气协调性 | 样品气味的协调程度,表现为风味饱满、无异味、无刺激性气味等 |

1.3.7 数据处理

柱状图和雷达图的绘制采用 Origin 2021,相关性载荷图采用 Unscrambler 9.7 软件进行处理,数据在分析前均用 SPSS 26.0 软件进行标准化。

2 结果与分析

2.1 不同辅料配比鱼香肉丝 GC-MS 鉴定结果
鱼香肉丝的 GC-MS 鉴定结果见表 3。

醛类物质共检测到 23 种。8 种共有物质包括:正己醛、癸醛、十一醛等。癸醛在 2、6 号样品中含量最高,分别为 198.28 和 160.98 ng/g,呈现醛香、蜡香、柑橘香气;十一醛能为鱼香肉丝提供花香、黄油味道,在 6 号样品中含量较高。另外,壬醛具有强烈的蜡香和花香,仅在 4 号样品中检测到,含量为 236.11 ng/g,可能是在其他配料比下,各风味物质之间的相互作用使得该物质无法检出。苯乙醛具有玫瑰、樱桃的味道,仅在 2 号样品中检测到,含量为 356.26 ng/g,其余配料比下生成的苯乙醛含量可能较少,被其他风味物质掩盖,因此无法检出。香茅醛具有柑橘、香茅油香气,在 3、4、6 号样品中均有检测到,6 号中含量最高达 124.67 ng/g,3 号中含量最低为 25.71 ng/g。

醇类物质共检测到 16 种,其阈值较高,与醛类相比,其对肉香的形成影响较小,但对鱼香肉丝整体风味有一定的影响^[12]。6 组样品均检测出的醇类物质有芳樟醇、 α -松油醇、香叶醇。其中,芳樟醇能提供木香和果香; α -松油醇能提供花香和白柠檬香;香叶醇能提供花香、柠檬香气。

酯类物质共检测出 12 种,乙酸芳樟酯、乙酸香叶酯、2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇二异丁酸酯、邻苯二甲酸二异丁酯、棕榈酸甲酯、棕榈酸乙酯是 6 组样品中共有的成分。其中,乙酸芳樟酯的含量相对较多,具有花香、生梨香气;6 号样品中乙酸香叶酯含量最多,为 260.44 ng/g,能提供玫瑰、药草香气。乙酸香茅酯在 5 号和 6 号样品中均检测到,含量分别为 36.71 和 106.81 ng/g,能提供花香和清香。

酮类物质共检测到 6 种,与醛类物质相比种类较少,含量也相对较低,并且阈值较高,对鱼香肉丝风味贡献较小,但某些酮类作为美拉德反应的中间体,对形成肉香有一定作用^[13]。其中,6 组样品共有的化合物是 2-壬酮,2-壬酮能赋予鱼香肉丝果香和甜香,在 4 号和 6 号样品中含量最高,分别为 243.14 和 551.82 ng/g。

酚类物质只检测到 1 种,为丁香酚,具有烟熏香味和辛香,这可能与鱼肉香味有关^[14]。

烃类物质一共检测到 45 种,其阈值较高,对风味的贡献较小,但多种烃类物质共同作用对鱼香肉丝的整体风味有所贡献^[15]。另外,烃类物质检出量较高,物质之间的相互作用较强,对鱼香肉丝风味的影响较大。6 组样品均检测出的烃类物质有

10种,包括:水芹烯、月桂烯、 β -石竹烯、 α -姜黄烯等。其中月桂烯含量相对较高,能为鱼香肉丝提供清淡的香脂香气和柑橘的味道^[16];水芹烯能为鱼香肉丝提供柑橘、辛香和黑胡椒香气^[17]; β -石竹烯能为鱼香肉丝提供木香。另外 α -姜黄烯的含量也高,可能与辅料中的姜有关。

其他化合物共检测出5种。烯丙基甲基二硫醚、二烯丙基硫醚在1、2和4号样品中检出,烯丙基甲基二硫醚具有强烈的大蒜、肉香味,二烯丙基硫醚具有小萝卜、大蒜香味,可能来源于辅料中的大蒜,另外3组辅料配比的鱼香肉丝未检测出,可能是由于炒制时大蒜分布不均所致,也可能是其他风味物质的作用,使其未被检出。

从图1可以看出,醛类物质以2号样品最多,4、6号样品次之;醇类、酯类物质以3号样品最

多;5、6号样品的酯类、酚类和其他物质种类相同。4号样品的挥发性风味物质种类最多,为70种;5号样品、6号样品种类个数相等,为68种;3号样品种类个数为67种;1号样品、2号样品种类个数为66种。由图2可知,6号样品挥发性物质总含量最大,2号样品次之。

综合可知,6组样品的挥发性风味物质存在一定的差异。其中,醛类、酯类和醇类对鱼香肉丝的风味形成起着重要作用,从含量上看,6号样品的这三类挥发性物质含量最高,可能是由于其辅料配比最高。2号样品醛类、酯类和醇类物质的含量仅次于6号样品。从种类上看,2号样品的醛类物质种类最多,5号和6号样品挥发性风味物质的种类相似。

表3 不同辅料配比鱼香肉丝共有的挥发性风味物质 GC-MS 鉴定结果

| 序号 | 保留指数 | 化合物名称 | 挥发性风味物质含量(ng/g) | | | | | |
|-----|------|------------------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|---------|
| | | | 1 号 | 2 号 | 3 号 | 4 号 | 5 号 | 6 号 |
| 醛 类 | | | | | | | | |
| 1 | 811 | 正己醛 | 73.59 | 40.62 | 31.98 | 38.83 | 25.68 | 32.27 |
| 2 | 1064 | (E)-2-庚烯醛 | 15.88 | 24.75 | 19.46 | 25.49 | 15.82 | 81.29 |
| 3 | 1164 | 7-甲基-3-亚甲基-6-辛烯醛 | 38.51 | 47.19 | 48.23 | 92.68 | 44.85 | 240.44 |
| 4 | 1181 | 十二醛 | 23.47 | 52.37 | 36.25 | 26.22 | 35.97 | 37.94 |
| 5 | 1208 | 癸醛 | 53.21 | 198.28 | 68.18 | 87.40 | 103.35 | 160.98 |
| 6 | 1310 | 十一醛 | 11.83 | 26.78 | 13.66 | 19.22 | 25.98 | 47.95 |
| 7 | 1323 | 反式-2,4-癸二烯醛 | 19.55 | 55.46 | 23.12 | 45.95 | 45.91 | 92.45 |
| 8 | 1819 | 十六醛 | 9.33 | 2.28 | 6.80 | 15.43 | 4.79 | 45.08 |
| 醇 类 | | | | | | | | |
| 1 | 1141 | 芳樟醇 | 2 661.55 | 3 871.33 | 2 514.65 | 2 277.94 | 2 959.78 | 3 921.2 |
| 2 | 1200 | α -松油醇 | 109.44 | 136.38 | 105.48 | 186.78 | 114.50 | 340.45 |
| 3 | 1258 | 香叶醇 | 85.58 | 107.50 | 2.85 | 214.81 | 170.10 | 747.49 |
| 酯 类 | | | | | | | | |
| 1 | 1251 | 乙酸芳樟酯 | 101.26 | 154.31 | 110.32 | 122.91 | 125.87 | 104.53 |
| 2 | 1380 | 乙酸香叶酯 | 16.70 | 28.61 | 20.53 | 32.67 | 64.62 | 260.44 |
| 3 | 1587 | 2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇二异丁酸酯 | 25.80 | 36.12 | 10.98 | 30.34 | 11.52 | 61.71 |
| 4 | 1861 | 邻苯二甲酸二异丁酯 | 3.49 | 3.55 | 1.54 | 3.28 | 1.28 | 6.08 |
| 5 | 1928 | 棕榈酸甲酯 | 3.79 | 6.66 | 4.10 | 6.43 | 5.45 | 11.07 |
| 6 | 1996 | 棕榈酸乙酯 | 2.26 | 5.98 | 2.75 | 5.39 | 4.10 | 9.76 |
| 酮 类 | | | | | | | | |
| 1 | 1136 | 2-壬酮 | 93.89 | 115.44 | 89.79 | 243.14 | 119.8 | 551.82 |
| 酚 类 | | | | | | | | |
| 1 | 1357 | 丁香酚 | 9.11 | 15.26 | 9.80 | 20.64 | 42.21 | 59.82 |

续表 3

| 序号 | 保留指数 | 化合物名称 | 挥发性风味物质含量(ng/g) | | | | | |
|-------|------|--|------------------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| | | | 1 号 | 2 号 | 3 号 | 4 号 | 5 号 | 6 号 |
| 烯烃类 | | | | | | | | |
| 1 | 1030 | 水芹烯 | 45. 76 | 56. 62 | 43. 99 | 39. 87 | 52. 13 | 453. 74 |
| 2 | 1092 | 月桂烯 | 671. 07 | 762. 56 | 565. 14 | 533. 42 | 629. 50 | 1 037. 89 |
| 3 | 1418 | β -石竹烯 | 58. 58 | 103. 09 | 104. 33 | 100. 24 | 95. 99 | 134. 39 |
| 4 | 1482 | α -姜黄烯 | 185. 98 | 243. 29 | 222. 87 | 389. 86 | 412. 08 | 1 114. 79 |
| 5 | 1495 | [S - (R* , S*)] - 5 - (1, 5 - 二甲 基己烯 - 4 - 基) - 2 - 甲基 - 1 , 3 - 环己烯 - 1, 3 - 二烯 | 91. 23 | 127. 65 | 115. 05 | 231. 60 | 292. 29 | 841. 83 |
| 6 | 1508 | β -红没药烯 | 56. 03 | 72. 49 | 65. 94 | 190. 35 | 209. 33 | 400. 92 |
| 7 | 1537 | α -衣兰油烯 | 5. 48 | 4. 41 | 4. 98 | 12. 13 | 11. 55 | 12. 71 |
| 烷烃类 | | | | | | | | |
| 1 | 1400 | 十四烷 | 34. 86 | 61. 05 | 48. 27 | 124. 54 | 119. 61 | 274. 55 |
| 2 | 1499 | 正十五烷 | 62. 08 | 52. 79 | 74. 99 | 176. 16 | 158. 87 | 314. 68 |
| 3 | 1563 | 2-溴十四烷 | 10. 70 | 10. 82 | 7. 98 | 27. 53 | 21. 15 | 62. 77 |
| 其他化合物 | | | | | | | | |
| 1 | 1132 | 二烯丙基二硫 | 341. 32 | 521. 55 | 327. 78 | 407. 75 | 442. 46 | 764. 33 |
| 2 | 1609 | 柏木脑 | 16. 68 | 13. 17 | 7. 30 | 32. 21 | 21. 51 | 39. 86 |

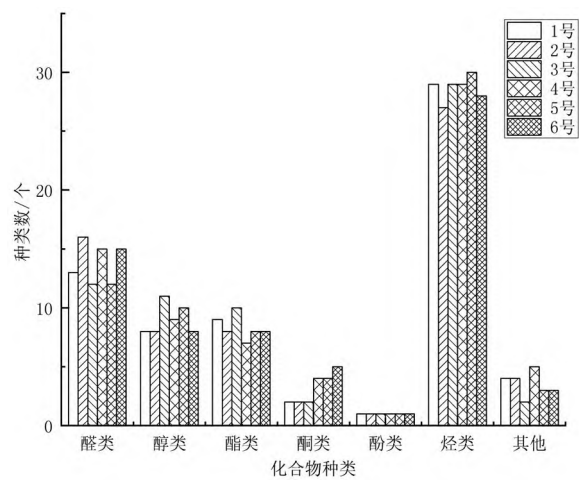


图 1 不同辅料配比鱼香肉丝挥发性风味物质种类

2.2 不同辅料配比鱼香肉丝电子鼻分析

2.2.1 PCA 分析

主成分分析(PCA)将多个指标转化为能够代表样品信息的几个综合指标,从而更加清晰地反映样品之间的差异^[18]。通过图 3 可知第一主成分和第二主成分贡献率分别为 98.67%、1.22%,两种主成分累计贡献率为 99.89%,因此可以通过这两种主成分得到样品信息。1 号与 3 号样品间、2 号与 3 号样品间虽然有些许重叠,但基本还是能看出差异;4、5、6 号样品之间重叠部分占比

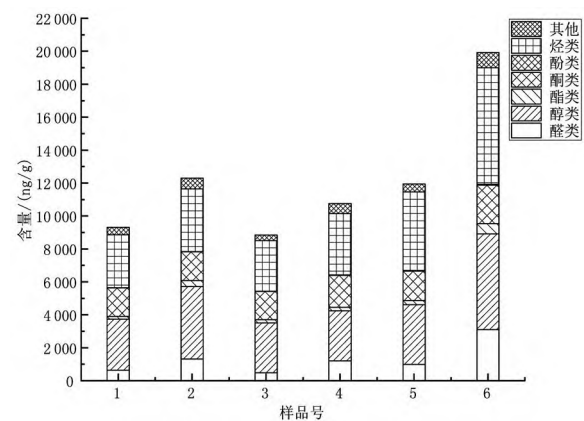


图 2 不同辅料配比鱼香肉丝挥发性风味物质含量

较大,区分较难。因此,仅通过 PCA 不能很好地将 6 组不同辅料配比鱼香肉丝区分开来,故需要进行线性判别分析(Linear Discriminant Analysis, LDA)。

2.2.2 LDA 分析

LDA 分析是将样品数据通过算法投射到一维直线上,使得同一类别样品方差最小,不同类别样品方差最大,从而直观地反映不同样品之间的差异^[19]。由图 4 可以看出第一主成分和第二主成分的总贡献率为 86.87%,说明 LDA 能较好地区别 6 组样品。5 号样品与 6 号样品之间有部分

重叠,说明这两种辅料配比的鱼香肉丝样品挥发性风味物质相似,这与 GC-MS 的鉴定结果相吻合,而其余样品之间均没有重叠,区别较为明显,说明另外几种辅料配比的鱼香肉丝样品之间挥发性风味物质相似度不高,差异较明显,因此, LDA 能较好地地区分不同辅料配比鱼香肉丝的风味,且其区分效果比 PCA 好。

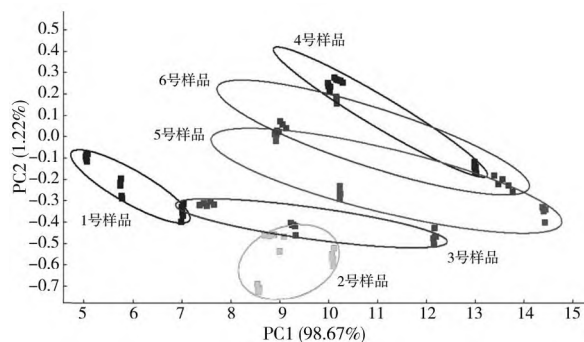


图3 不同辅料配比鱼香肉丝的挥发性成分 PCA

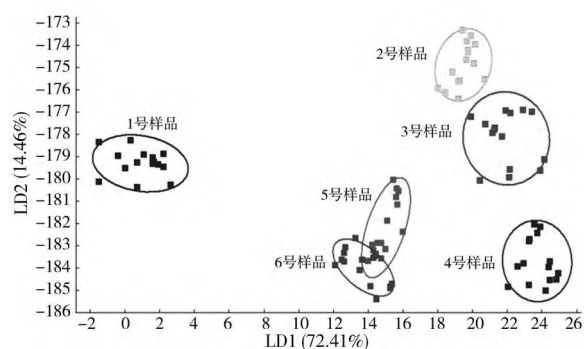


图4 不同辅料配比鱼香肉丝的挥发性成分 LDA

综上所述,通过 PCA 分析,不能将 6 组不同辅料配比的鱼香肉丝样品很好地区分,故进一步进行 LDA 分析,结果表明 5 号样品和 6 号样品的挥发性物质相似程度较高,差异不明显,但其他辅料配比之间差别较大,说明 LDA 较 PCA 区分效果好,因此 LDA 是区分 6 组不同辅料配比鱼香肉丝的有效方法。

2.3 辅料配比对鱼香肉丝的感官品质的影响

10 名评议小组成员对 6 组鱼香肉丝样品感官特性进行了 QDA 分析,根据试验结果绘制 QDA 统计数据雷达图(图 5)。

由图 5 可知,外观和质构方面,6 组样品完整度均较高;色泽随调味辅料添加量增大而加深,可能是由于辅料本身的着色效果以及烹调中发生的焦糖化反应、美拉德反应产生的呈色物质积累;1 号样品软硬度中等,2 号适宜,3—6 号偏硬;1 号

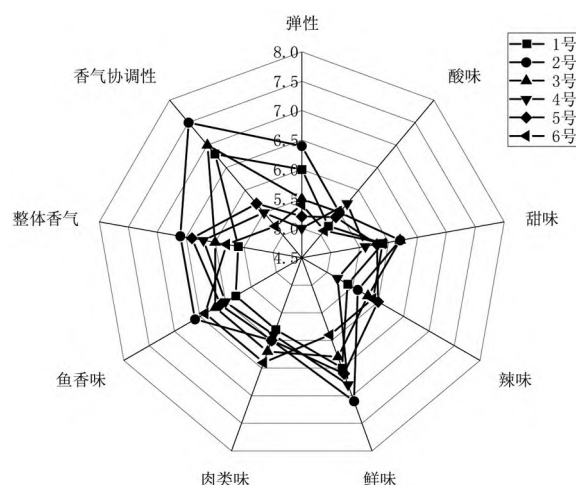


图5 6 组鱼香肉丝样品 QDA 结果

样品滑爽感中等,2—6 号滑爽感较好;3—6 号样品弹性中等,1、2 号弹性较强。滋味方面,6 组样品甜味、辣味和酸味差异较小,其中剁椒中含有的辣椒素可能随着醋的增加在高温烹调过程中被部分破坏;糖类与蛋白质发生美拉德反应而减少,且蔗糖的感觉阈值偏低而不易区分^[20];醋酸具有挥发性,因而醋的添加量与酸味不呈绝对的正相关;6 组样品鲜味差异明显,2 号样品鲜味最突出,即该配比下蛋白质、游离氨基酸、呈味核苷酸、醛类、含硫含氮化合物等呈味物质能更好地被人体味觉捕捉;6 号样品辅料配比最高,挥发性物质含量最大,鲜味较其余几组明显降低,可能是由于辅料本身特征气味的掩盖效应。风味方面,肉类味与鱼香味的变化趋势相近,鱼香味的强度略强于肉类味;其中,1 号样品肉类味和鱼香味相对最弱,2 号样品鱼香味最强,6 号样品肉类味最强;2 号样品整体香气最强,1 号样品香气最弱。结合 GC-MS 分析可知,2 号样品主要挥发性风味物质含量虽然仅次于 6 号样品,但其鲜味、鱼香味以及整体香气突出,且香气协调性最好;6 号样品挥发性物质含量最高,肉类味突出,但其鲜味、鱼香味较 2 号样品明显较弱,且香气协调性不佳,可能是由于辅料本身特征气味的掩盖效应。

综合可知,2 号样品软硬度适宜、滑爽感和弹性较强,酸味、甜味、辣味适宜且鲜味浓郁,特征鱼香味突出,香气协调性好。不适宜的调味辅料配比会明显破坏鱼香肉丝的滋味和风味特征。

2.4 6 组辅料配比鱼香肉丝感官属性与挥发性风味物质的相关性分析

偏最小二乘回归(Partial Least Squares Re-

gression, PLSR)具有多元线性回归分析、相关性分析等的优点,具有强大的数据拟合及预测能力^[21]。如图 6 所示,自变量 X 为 6 组鱼香肉丝样品所共有的挥发性风味物质,因变量 Y 为感官属性。大部分挥发性风味物质和一部分感官属性位于两个椭圆之间,表明两者的相关性可以得到很好的解释。鱼香肉丝的肉类味与挥发性风味物质 2—3、6—8、10—11、13—32 均有一定的相关性,其中(E)-2-庚烯醛、7-甲基-3-亚甲基-6-辛烯醛、十一醛等与肉类味相关与 GC-MS 分析结果一致;鱼香味与癸醛有较好的相关性,另外与芳樟醇以及十二醛也有一定的相关性,表明醛类物质是鱼香肉丝“鱼香”风味的主要来源;乙酸芳樟酯与鱼香肉丝的整体香气有一定的联系。弹性、软硬度、完整度、滑爽感与挥发性风味物质没有表现出相关性。另外,鲜味、甜味、酸味、辣味、色泽和香气协调性与 6 组样品共有的挥发性风味物质没有表现出明显的相关性,但可能与 6 组样品中各自单独含有的挥发性物质相关联,这一点有待进一步研究。

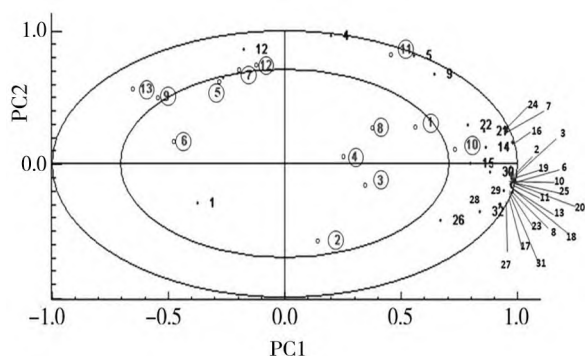


图 6 鱼香肉丝样品感官属性与挥发性风味物质的相关性载荷

注:①—⑬表示色泽、完整度、软硬度、滑爽感、弹性、酸味、甜味、辣味、鲜味、肉类味、鱼香味、整体香气、香气协调性;1—32 表示正己醛、(E)-2-庚烯醛、7-甲基-3-亚甲基-6-辛烯醛、十二醛、癸醛、十一醛、反式-2,4-癸二烯醛、十六醛、芳樟醇、 α -松油醇、香叶醇、2-溴十四烷、丁香酚、二烯丙基二硫、柏木脑。

3 结论

从 6 组鱼香肉丝样品中鉴定出含量较大的挥发性风味物质有:7-甲基-3-亚甲基-6-辛烯醛、癸醛、二烯丙基二硫、乙酸芳樟酯、芳樟醇、 α -松油醇、香叶醇、月桂烯、 β -红没药烯、 α -姜

黄烯、2-壬酮、乙酸芳樟酯、二烯丙基二硫等,这些物质可能对鱼香肉丝特征风味的形成有主要影响。醛类、酯类和醇类对鱼香肉丝风味贡献尤其突出。

电子鼻分析结果显示,LDA 能较好地地区分 6 组样品,其中 5 号样品(添加糖、醋、剁椒分别为 9、12、24 g)和 6 号样品(添加糖、醋、剁椒分别为 12、12、30 g)之间的相似度最大,与 SPME-GC-MS 分析结果一致。

结合物质分析和 QDA 感官评定可知,各组感官特性的差异明显,表明 3 种关键辅料对鱼香肉丝特征风味影响很大。2 号样品(添加糖、醋、剁椒分别为 6、12、15 g)软硬度适宜、滑爽感和弹性较强,酸味、甜味、辣味适宜且鲜味浓郁,特征鱼香味突出,香气协调性好。适宜的糖、醋、剁椒添加量可赋予鱼香肉丝纯正的特征风味,辅料配比不当则会破坏香气的协调性、削弱鲜味,使产品感官品质降低。

PLSR 结果表明,鱼香肉丝的肉类味与(E)-2-庚烯醛、7-甲基-3-亚甲基-6-辛烯醛、十一醛等物质有较强的相关性;鱼香味与癸醛、十二醛以及芳樟醇有较好的相关性;乙酸芳樟酯与鱼香肉丝的整体香气有一定的联系。

参考文献:

- [1] 肖阳,张玥琪,郭贝贝,等.两种方式加工鱼香肉丝的 SDE-GC-MS 挥发性风味成分对比[J].食品科学,2015(14):70-75.
- [2] 张玥琪,章慧莺,陈海涛,等.鱼香肉丝挥发性风味成分的分离与鉴定[J].精细化工,2014,31(10):1220-1228.
- [3] 罗冬兰,邵勇,巴良杰,等.贵州四种名优茶叶的电子鼻鉴别与香气成分分析[J].保鲜与加工,2020,20(3):183-190.
- [4] 周芳伊,张泓,黄峰,等.肉制品风味物质研究与分析进展[J].肉类研究,2015,29(7):34-37.
- [5] 贾洪峰,梁爱华,秦文,等.气质联用法分析鱼香肉丝中的挥发性风味物质[J].食品研究与开发,2011,32(3):121-125.
- [6] 易宇文,范文教,乔明峰,等.7 种鱼香肉丝调料智能嗅觉识别[J].食品与机械,2017,33(1):27-31,54.
- [7] 毛羽扬,黄文奎.天然防腐剂在方便食品鱼香肉丝保鲜中的应用[J].中国食品学报,2013,13(10):115-120.
- [8] 项丰娟,宋琳琳,赵良.气调包装技术用于鱼香肉丝

- 保鲜的初步研究[J]. 食品科技, 2014, 39(5): 43-46.
- [9] 黄文奎. 方便菜肴鱼香肉丝工艺改良与综合保鲜技术的研究[D]. 扬州:扬州大学, 2011.
- [10] 沈晖. 不同蒸制条件对鲈鱼肉挥发性风味化合物的影响[J]. 美食研究, 2019, 36(2): 33-37.
- [11] 郭莉, 吴厚玖, 王华, 等. 加工单元操作对血橙汁香气成分的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(24): 137-141.
- [12] 邹英子, 杨俊杰, 潘见. 黑香猪肉挥发性风味成分的提取和分析[J]. 食品科技, 2012, 37(7): 124-127.
- [13] WETTASINGHE M, VASANTHAN T, TEMELLI F, et al. Volatiles from roasted by products of the poultry processing industry[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(8): 3485-3492.
- [14] 任仙娥, 张水华. 鱼肉风味的研究现状[J]. 中国调味品, 2003(12): 17-21.
- [15] 朱文政, 严顺阳, 徐艳, 等. 顶空固相微萃取-气质联用分析不同烹制时间红烧肉挥发性风味成分[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(2): 247-253.
- [16] 孙宝国, 何坚. 香料化学与工艺学[M]. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2004: 65.
- [17] 林翔云. 香料香精辞典[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 320.
- [18] 徐永霞, 张朝敏, 张颖, 等. 基于电子鼻的冷藏大菱鲆品质变化研究[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(8): 170-174.
- [19] 卢雪松, 王聪, 彭毅秦, 等. 基于电子鼻与GC-MS分析不同脱皮方式对猕猴桃果汁香气成分的影响[J]. 美食研究, 2021, 38(3): 96-100.
- [20] 周奇, 原通磊. 甜度味觉阈值研究[J]. 重庆理工大学学报(自然科学版), 2010, 24(4): 35-39.
- [21] 苏伟, 王涵钰, 母应春, 等. 不同烹饪方式对干腌火腿理化、感官及风味品质的影响[J]. 肉类研究, 2020, 34(6): 72-79.

Effect of auxiliary materials on aroma of yuxiang rousi

ZHANG Jing¹, ZHANG Di², CHE Zhenming², LIU Ping²

(1. School of Food Science and Technology, Jiangsu Agri-Animal Husbandry Vocational College, Taizhou, Jiangsu 225300, China;

2. School of Bioengineering, Xihua University, Chengdu, Sichuan 610039, China)

Abstract: To identify the influence of different auxiliary materials on the aroma of yuxiang rousi, SPME-GC-MS combined with electronic nose was used to analyze the volatile aromatic compounds of yuxiang rousi prepared with different auxiliary materials (sugar, vinegar and chopped pepper). The sensory quality was evaluated by quantitative descriptive analysis method, and the correlation between sensory attributes and volatile flavor compounds was analyzed by partial least squares regression method. The results were as follows: A total of 108 volatile aromatic substances were identified from the 6 groups of samples in 32 categories. Among them, the highest content of aldehydes, esters and alcohols appeared in sample 6 (sugar, vinegar, chopped peppers were 12, 12, 30 g), followed by sample 2 (sugar, vinegar, chopped peppers were 6, 12, 15 g). The differences of the 6 groups of samples could be distinguished by linear discriminant analysis, and the sample No. 2 displayed the best sensory characteristics by quantitative descriptive analysis analysis. The suitable auxiliary materials could give the pure characteristic flavor of yuxiang rousi. The meat flavor of yuxiang shredded pork was strongly correlated with undecanal, fish aroma was correlated to decanal, and linalyl acetate was related to the overall aroma. In summary, the No. 2 sample demonstrated the optimal recipe (i. e., 6 g sugar, 12 g vinegar and 15 g chopped pepper respectively).

Key words: yuxiang rousi; ratio of auxiliary materials; volatile aromatic compound; quantitative descriptive analysis; correlation analysis

(责任编辑:赵 勇 曹文磊)