

# 棕榈油与红棕油替代牛油对传统火锅底料 风味物质布料吸附特性的影响

何雨婕<sup>1</sup>, 詹莹娇<sup>1</sup>, 陈诗晴<sup>2</sup>, YOONG Jun Hao<sup>2</sup>, 雷 激<sup>1</sup>

(1. 西华大学 食品与生物工程学院, 成都 610039; 2. 大马棕榈油技术研发(上海)有限公司, 上海 201199)

**摘要:**针对市售传统牛油火锅底料风味易被衣物吸附的问题,以红棕油、棕榈油、棕榈油与牛油混合油(棕榈油与牛油比例分别为7:3、1:1及3:7)及牛油所制得的6种火锅底料为原料,模拟火锅食用时布料吸附火锅底料风味物质的过程,对火锅底料进行感官评价,并通过感官评价、电子鼻分析和全二维气相色谱质谱联用仪(GC×GC-MS)结合相对气味活度值(ROAV)法对火锅底料风味物质的布料吸附特性进行研究,探究红棕油和棕榈油替代牛油对传统火锅底料风味物质布料吸附特性的影响。结果表明:添加红棕油和棕榈油不会影响火锅底料的感官;吸附红棕油或棕榈油火锅底料风味物质的布料感官评分较高,且在电子鼻W5S感应器的响应值较低;GC×GC-MS检测结果表明布料吸附不同油脂制备的火锅底料的风味物质具有较大差异;ROAV结果表明醇类及醛类物质贡献最大,布料吸附6种火锅底料风味物质的有关键风味成分(ROAV≥1)有 $\alpha$ -松油醇、芳樟醇、正辛醛、壬醛、癸醛、反式-2-壬醛,相较于牛油,红棕油及棕榈油能减少布料吸附的风味物质。综上,红棕油或棕榈油火锅底料感官好,其风味物质的布料吸附性较低,可以取代牛油火锅底料。

**关键词:**风味物质;红棕油;棕榈油;布料吸附;火锅底料

中图分类号:TS225.1;TS225.2 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2023)10-0134-08

## Effect of palm oil and red palm oil as substitutes for tallow on the cloth-adsorbed flavor substances of traditional hotpot seasoning

HE Yujie<sup>1</sup>, ZHAN Yingjiao<sup>1</sup>, CHEN Shiqing<sup>2</sup>, YOONG Jun Hao<sup>2</sup>, LEI Ji<sup>1</sup>

(1. College of Food and Biological Engineering, Xihua University, Chengdu 610039, China; 2. Palm Oil Research and Technical Service Institute of Malaysian Palm Oil Board, Shanghai 201199, China)

**Abstract:** In order to solve the problem that the flavor of traditional hotpot seasoning is easily adsorbed by cloth, six kinds of hotpot seasonings made of red palm oil, palm oil, mixed oil (ratios of palm oil to tallow 7:3, 1:1, 3:7) and tallow were used as raw materials to simulate the process of flavor substance of hotpot seasoning adsorption during consumption. The sensory evaluation of hotpot seasoning was carried out, and sensory evaluation, electronic nose analysis and comprehensive two-dimensional gas chromatography-mass spectrometry system (GC×GC-MS) combined with relative odor activity value (ROAV) were used to study the cloth-adsorbed flavor substances of hotpot seasoning. The effects of palm oil and red palm oil in place of tallow on the cloth-adsorbed flavor substances of traditional hotpot seasoning were explored. The results showed that adding red palm oil and palm oil could not affect the sensory properties of the hotpot seasoning. The sensory score of the cloth-adsorbed flavor substances of

red palm oil or palm oil hotpot seasoning was higher, and the response value of the electronic nose W5S sensor was lower. GC×GC-MS results showed that there were great differences in the cloth-adsorbed flavor substances of hotpot seasoning prepared with different oils. ROAV results showed that alcohols and aldehydes

收稿日期:2022-06-15;修回日期:2023-05-28

基金项目:四川省科技厅项目(2020YFH0157)

作者简介:何雨婕(1997),女,硕士研究生,研究方向为食品科学(E-mail)1075352054@qq.com。

通信作者:雷 激,教授,博士研究生(E-mail)121175698@qq.com。

contributed the most. The key flavor components shared by cloth - absorbed flavor substances of the six kinds of hotpot seasonings ( $ROAV \geq 1$ ) were  $\alpha$  - terpineol, linalool, octanal, nonanal, decanal and *trans* - 2 - nonenal. Compared with tallow, red palm oil and palm oil could reduce cloth - adsorbed flavor substances. In conclusion, the red palm oil or palm oil hotpot seasoning has low adsorption of flavor substances in cloth with good sensory score, which is suitable to replace tallow hotpot seasoning.

**Key words:** flavor substance; red palm oil; palm oil; cloth adsorption; hotpot seasoning

火锅底料是现在快节奏时代非常受大众喜爱的一款方便调味料。牛油火锅底料是传统火锅底料,虽然牛油等动物脂肪制作的火锅底料口感醇厚<sup>[1]</sup>,能很好地吸收香料中的香、麻、辣等味道,但随着煮制时间的延长,其气味也易吸附于衣物上,这给消费者造成了不好的体验。

棕榈油作为世界第一大植物油,贸易量大且价格优势明显<sup>[2]</sup>。棕榈油含有 50% 左右的不饱和脂肪酸,与其他植物油相同,本身也不含胆固醇<sup>[3]</sup>。棕榈油是粗棕榈油通过传统的脱酸、脱色、脱臭等工段高温精炼制得的<sup>[4]</sup>,而红棕油是粗棕榈油采用分子蒸馏等技术低温提炼而成的<sup>[5-6]</sup>。与棕榈油相比,红棕油含有更加丰富的植物营养素,如生育三烯醇、生育酚、类胡萝卜素、植物甾醇、角鲨烯和辅酶 Q10,具有较好的营养特性和氧化稳定性<sup>[7]</sup>。由于未经脱色处理,红棕油为红色,而棕榈油为淡黄色。关于棕榈油的研究目前主要集中于产品的开发及其货架期、基本理化指标等方面,未见利用红棕油及棕榈油替代牛油制备火锅底料,并研究其煮制后布料吸附特性的报道。因此,本文以棕榈油及红棕油对传统火锅底料中的牛油进行不同比例的替代,模拟火锅食用过程,通过感官评价及电子鼻分析,并结合相对气味活度值(ROAV)法对其煮制后棉布吸附的风味物质进行分析,探究添加棕榈油及红棕油是否可以减轻食用火锅时衣服吸附的气味并替代牛油制作火锅底料,以期棕榈油或红棕油替代牛油应用于火锅底料提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 原料与试剂

红棕油火锅底料、牛油火锅底料、棕榈油火锅底料、棕榈油与牛油混合(棕榈油与牛油比例分别为 7:3、1:1、3:7,分别称为混合油 1、混合油 2 和混合油 3)火锅底料,其中牛油火锅底料为市售产品,其余火锅底料配方除所用油脂不同外,其余配方均与牛油火锅底料相同,四川天味股份有限公司;C8 ~ C25 系列正构烷烃,美国 Sigma 公司;棉布,市售。

#### 1.1.2 仪器与设备

PEN3 电子鼻, Aisense 公司;TQ8050 - NX 型气相色谱质谱联用仪,岛津企业管理有限公司;SSM1810 全二维气相色谱仪固态热调制器,雪景电子科技有限公司;JY20002 电子天平;C21 - RH2102 电磁炉;10、20 mL 顶空瓶;样品瓶;CAR/PDMS 萃取头(75  $\mu$ m),美国 Supelco 公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 火锅底料感官评价

参考张杰等<sup>[8]</sup>的方法,组织 15 名专业品评人员对火锅底料进行感官评分。将分值在 40 ~ 50 分定义为优,30 ~ 40 分定义为良,30 分以下为不可接受。火锅底料感官评分标准见表 1。

表 1 火锅底料感官评分标准

指标	评分标准	分值
组织形态	固态,硬性好,形态规整,油料分层明显	9 ~ 10
	固态,硬性较好,形态规整,油料分层明显	6 ~ 8
	固态,较软,形态较规整,油料分层较明显	3 ~ 5
	固态,油料分层不明显	0 ~ 2
色泽	汤色油亮,红润,有光泽,呈红褐色	9 ~ 10
	汤色油亮,红润,较亮泽,呈红褐色	6 ~ 8
	汤色较油亮,红润,色泽偏淡	3 ~ 5
	汤色偏淡,油亮度差,汤色稀薄	0 ~ 2
香味	香味浓郁、突出,鲜香绵长、醇厚,具有传统火锅固有香味	9 ~ 10
	香味较浓郁、较突出,鲜香绵长,具有传统火锅固有香味	6 ~ 8
	香味较浓郁、较突出、鲜香足,传统火锅固有香味较明显	3 ~ 5
	香味不浓郁、不突出,较鲜香,传统火锅固有香味不明显	0 ~ 2
滋味	麻辣咸淡适中,鲜味浓郁,回味绵长,汤汁浓郁,整体滋味好	9 ~ 10
	麻辣咸淡适中,鲜味较浓郁,回味较绵长,整体滋味较好	6 ~ 8
	麻辣味不突出,鲜味较浓郁,回味不足,整体滋味一般	3 ~ 5
	整体滋味较差	0 ~ 2

续表 1

指标	评分标准	分值
浑汤度	油水分层明显,厚重,没有浑汤现象	9~10
	油水分层明显,较厚重,汤色持续久,没有浑汤现象	6~8
	油水分层较明显,稀薄,汤色持续久,有浑汤现象	3~5
	油水分层不明显,浑浊,汤色持续时间短	0~2

### 1.2.2 布料吸附特性评价

#### 1.2.2.1 布料吸附风味物质试验

将 100 g 火锅底料与水按照 1:4 的比例在 800 W 功率的电磁炉下熬煮至完全沸腾,把提前清洗晾干的棉布悬挂于加热火锅的斜前方,正常吸附 1 h,煮制期间每 20 min 添加 400 mL 水以保证总体积稳定。

#### 1.2.2.2 感官评价

将吸附火锅底料风味物质的布料分发给 15 位专业品评人员通过嗅闻的方法进行感官评价。采用综合评定的方法评定吸附火锅底料风味物质的布料的油脂味、香辛料味、异味。将分值在 20~30 分定义为优,10~20 分定义为良,10 分以下为不可接受。布料吸附火锅底料风味物质感官评分标准见表 2。

表 2 布料吸附火锅底料风味物质感官评分标准

指标	评分标准	分值
油脂味	油脂味淡,几乎可以忽略	7~10
	有轻微的油脂味	4~6
	油脂味较浓郁	1~3
香辛料味	香辛料味较淡,不能确定种类	7~10
	有较为明显的香辛料味但不能区分其种类	4~6
	有浓烈的香辛料味且能清晰地区分其种类	1~3
异味	无异味	7~10
	有轻微的油脂哈败味	4~6
	有比较浓的油脂哈败味	1~3

#### 1.2.2.3 电子鼻检测

参考周州等<sup>[9]</sup>的方法,将吸附火锅底料风味物质的布料放入 20 mL 顶空瓶中,在 80 °C 水浴中加热 20 min,进行电子鼻测定。检测条件:每组采样时间间隔 1 s,传感器自动清洗时间 80 s,预采样时间 5 s,传感器归零时间 5 s,进样流量 30 mL/min,信号检测时间 120 s。

本试验采用 10 种传感器反馈气味信号值,对应传感器性能的描述见表 3。

表 3 电子鼻传感器对物质响应类型

序号	名称	性能描述
1	W1C	对芳香成分苯类灵敏
2	W5S	对氮氧化合物很灵敏
3	W3C	对氨类、芳香成分灵敏
4	W6S	主要对氢化物有选择性
5	W5C	对短链烷烃、芳香成分灵敏
6	W1S	对甲基类灵敏
7	W1W	对无机硫化物灵敏
8	W2S	对醇类、醛酮类灵敏
9	W2W	对芳香成分有机硫化物灵敏
10	W3S	对长链烷烃灵敏

#### 1.2.2.4 全二维气相色谱质谱联用仪(GC × GC - MS)检测

采用顶空固相微萃取结合 GC × GC - MS 对布料吸附的火锅底料风味物质进行测定。首先通过固相微萃取法(SPME)提取布料中的挥发性物质。取一块布料置于 20 mL 密封顶空瓶中,迅速盖上瓶盖,将老化(250 °C, 10 min)过的纤维头插入顶空瓶约 1 cm 处,于 80 °C 萃取 30 min,然后将纤维头插入 GC × GC - MS 的进样口,于 250 °C 下解吸 5 min,待 GC × GC - MS 分析。

GC 分析条件:一维和二维色谱柱均为 DB - WAX 毛细管色谱柱(30 mm × 0.25 mm, 0.25 μm);色谱柱温度 40 °C,平衡时间 0.5 min;进样口温度 250 °C;分流进样,分流比 10:1;进样时间 1 min;升温程序为初始温度 40 °C,保持 2 min,以 6 °C/min 升温至 230 °C;全程时间 33.67 min。MS 分析条件:电子轰击(EI)离子源,电子能量 70 eV,离子源温度 230 °C,接口温度 250 °C,溶剂延迟时间 1.5 min,采集方式为全扫描,采集范围(*m/z*)35~500。

#### 1.2.2.5 关键风味物质分析

参考刘登勇等<sup>[10]</sup>的相对气味活度值(ROAV)法分析挥发性风味成分总体对风味的贡献,其中 ROAV 越大的风味物质对总体风味的贡献越大。ROAV ≥ 1 的组分为所分析样品的关键风味物质,0.1 ≤ ROAV < 1 的组分为样品的重要风味物质。各挥发性风味物质的 ROAV 按照公式(1)进行计算。

$$V_A = 100 \times \frac{C_A}{T_A} \times \frac{T_{\max}}{C_{\max}} \quad (1)$$

式中: $V_A$ 为 ROAV; $C_A$ 为各挥发性风味物质的相对含量,%; $T_A$ 为各挥发性风味物质的气味阈值,μg/kg; $C_{\max}$ 为对总体风味贡献最大的挥发性风味物质的相对含量,%; $T_{\max}$ 为对总体风味贡献最大的挥发性风味物质的气味阈值,μg/kg。

本文只针对查到阈值的挥发性风味物质进行分析。

### 1.2.3 数据分析

采用 Excel 2021 和 Winmuster 软件进行数据分析,通过 SPSS 25.0 进行单因素方差分析,试验数据用“平均值±标准差”表示,采用 Origin 2018 绘制图形。

## 2 结果与分析

### 2.1 火锅底料感官评价

对红棕油、棕榈油、棕榈油与牛油混合油以及牛油制得的火锅底料进行感官评价,结果见表4。由表4可以看出,6种火锅底料感官评分均达到了优,说明红棕油和棕榈油的添加不会影响火锅底料的感官。

表4 不同火锅底料感官评分结果( $n=15$ )

火锅底料	组织形态	色泽	香味	滋味	浑汤度	总分
红棕油	8.6±0.4	9.1±0.2	8.2±0.3	8.2±0.2	8.1±0.1	42.1±0.6
棕榈油	8.6±0.3	8.6±0.1	8.2±0.1	7.8±0.2	8.2±0.2	41.3±0.2
混合油1	8.3±0.2	8.1±0.2	8.4±0.3	7.9±0.1	8.0±0.2	40.7±0.2
混合油2	8.3±0.4	7.8±0.2	8.2±0.2	8.0±0.1	8.0±0.2	40.3±0.2
混合油3	8.1±0.2	8.2±0.2	8.2±0.3	8.2±0.1	8.1±0.2	40.8±0.3
牛油	8.7±0.3	8.3±0.2	8.6±0.1	8.4±0.2	8.2±0.3	42.1±0.7

### 2.2 布料吸附特性

#### 2.2.1 感官评价

对吸附红棕油、棕榈油、棕榈油与牛油混合油以及牛油火锅底料风味物质的布料进行感官评价,结

果见表5。由表5可知,吸附红棕油、棕榈油火锅底料风味物质的布料感官评分均达到了优,且随着牛油添加量的增加感官评分越来越低,提示牛油的添加可能会增加布料上的风味物质含量。

表5 吸附不同火锅底料风味物质的布料感官评分结果( $n=15$ )

火锅底料	油脂味	香辛料味	异味	总分
红棕油	7.5±0.6	7.7±0.2	7.9±0.3	23.1±0.7
棕榈油	7.3±0.6	7.1±0.3	7.9±0.3	22.3±0.9
混合油1	6.5±0.4	6.5±0.3	7.5±0.2	20.5±0.7
混合油2	6.1±0.4	6.2±0.2	6.6±0.3	18.9±0.6
混合油3	4.2±0.8	6.1±0.2	6.3±0.3	16.6±0.8
牛油	3.0±0.5	5.9±0.3	5.6±0.2	14.4±0.7

#### 2.2.2 电子鼻检测

电子鼻采集的数据是传感器接触到香气后的电导率( $G$ )与初始电导率( $G_0$ )的比值( $G/G_0$ ),可反映气

味的浓郁程度<sup>[11]</sup>。对吸附红棕油、棕榈油、棕榈油与牛油混合油以及牛油火锅底料风味物质的布料进行电子鼻检测,并经 Winmuster 软件分析,结果见图1。

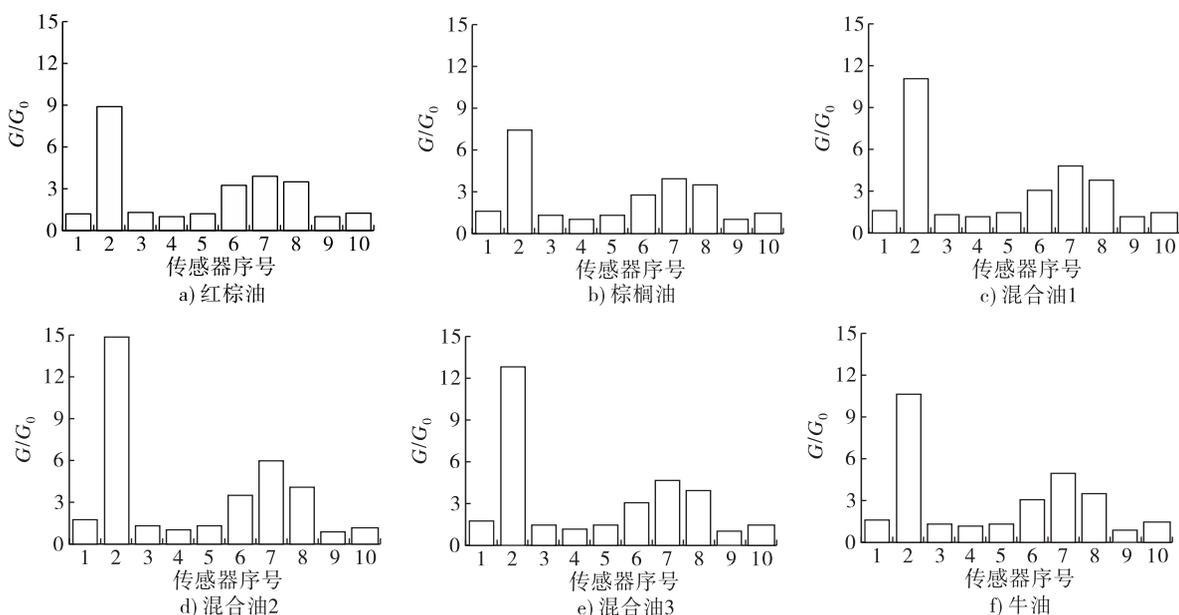
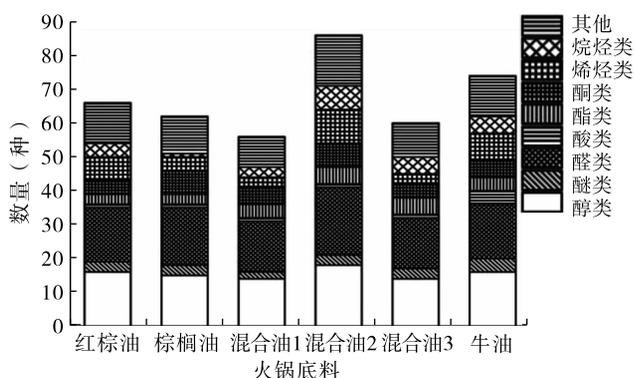


图1 吸附不同火锅底料风味物质的布料电子鼻检测结果

由图1可见,2号传感器的 $G/G_0$ 最高,随后 $G/G_0$ 由高到低总体依次为7号、8号、6号、1号、5号、10

号、3号、9号、4号传感器,说明布料吸附的火锅底料风味物质中氮氧化合物含量最高,无机硫化物含量次之,然后是醇类、醛酮类化合物,其他类化合物含量较低。布料吸附的6种火锅底料风味物质的 $G/G_0$ 有较大差别,这表明不同火锅底料在挥发性成分上是有差异的。以2号传感器 $G/G_0$ 为基准,布料吸附棕榈油火锅底料风味物质的 $G/G_0$ 最低,其



次分别是红棕油、牛油、混合油1、混合油3、混合油2火锅底料。因此,棕榈油和红棕油火锅底料风味物质被布料吸附的能力较弱。

### 2.2.3 GC×GC-MS测定

采用顶空固相微萃取结合GC×GC-MS对布料吸附不同火锅底料的风味物质进行测定,其种类、数量及相对含量测定结果见图2。

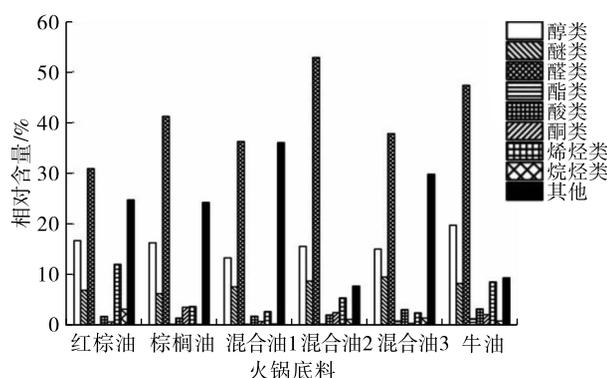


图2 布料吸附不同火锅底料的挥发性风味物质的种类及相对含量

由图2可知,吸附6种火锅底料风味物质的布料中共检测到140种挥发性物质,包括26种醇类,6种醚类,26种醛类,4种酸类,9种酯类,9种酮类,18种烯烃类,12种烷烃类,30种其他类。其中吸附红棕油、棕榈油、混合油1、混合油2、混合油3、牛油火锅底料风味物质的布料中分别鉴定出66、62、56、86、61、74种挥发性物质。布料吸附红棕油及棕榈油火锅底料风味物质的数量比牛油火锅底料的少,说明红棕油和棕榈油能够降低布料吸附的火锅底料挥发性风味物质数量。但是混合油1、混合油3火锅底料吸附在布料上的风味物质数量较单纯的牛油及棕榈油火锅底料的少,可能是由于当其中一种油添加更多时,其中含量较高的油脂特有的风味物质掩盖了含量较低的油脂的风味物质,混合油2火锅底料吸附在布料上的风味物质数量最高,说明棕榈油与牛油存在不同的风味物质,造成了挥发性风味物质总数增加。

由图2还可知,吸附红棕油、棕榈油、混合油1、混合油2、混合油3、牛油火锅底料风味物质的布料挥发性物质中醇类分别占16.709%、16.259%、13.308%、15.571%、15.018%、19.742%,醚类分别占6.925%、6.271%、7.591%、8.719%、9.496%、8.276%,醛类分别占30.897%、41.189%、36.245%、52.822%、37.785%、47.316%,酸类分别占0.074%、0.186%、0.193%、0.233%、0.854%、1.284%,酯类分别占1.777%、1.444%、1.782%、2.033%、3.099%、3.232%,酮类分别占0.659%、

3.576%、0.786%、2.489%、0.369%、2.118%,烯烃类分别占12.018%、3.693%、2.716%、5.419%、2.469%、8.571%,烷烃类分别占3.160%、0.178%、0.266%、1.156%、1.447%、0.848%,其他分别占24.734%、24.237%、36.036%、7.758%、29.814%、9.378%,6种火锅底料均为醛类物质的相对含量最高。

布料吸附不同火锅底料风味物质的相对含量和ROAV分别见表6和表7。

由表7可知,布料吸附不同火锅底料风味物质中癸醛的ROAV均为100,说明它对布料吸附6种火锅底料风味物质的贡献最大。布料吸附红棕油、棕榈油、混合油1、混合油2、混合油3、牛油火锅底料的关键风味物质分别有7、7、6、7、6、8种,重要风味物质分别有5、4、5、5、6、6种。由表6、表7可知:布料吸附牛油火锅底料的关键性风味物质的数量及相对含量均高于红棕油及棕榈油火锅底料的;布料吸附混合油2火锅底料关键性风味物质相对含量大于牛油火锅底料的;布料吸附混合油1、混合油3火锅底料关键性风味物质数量和相对含量均低于混合油2及牛油火锅底料的。因此,单独添加棕榈油及红棕油能起到降低布料吸附挥发性风味物质的作用,这与感官评价及电子鼻检测结果一致。

挥发性风味物质中的醇类主要来自于脂肪的氧化,不饱和脂肪酸在氧化裂解生成醛的过程中,会生成醇和醛的混合物,不饱和醇的阈值较低,ROAV较大,对风味的形成有很大的贡献<sup>[12]</sup>。本试验检验出

的醇类关键风味物质有 $\alpha$ -松油醇、芳樟醇及橙花醇,其中:橙花醇是布料吸附牛油火锅底料特有的风味物质,它具有甜香<sup>[12]</sup>;  $\alpha$ -松油醇具有清甜香和木香<sup>[12]</sup>;芳樟醇相对含量最高,它是天然香料成分,具有花椒味、辛香,沸点较低,属于头香香料<sup>[13]</sup>。芳樟醇在吸附牛油火锅底料风味物质的布料中 ROAV 最低,在吸附红棕油及添加棕榈油的火锅底料风味物质的布料中较高,是因为植物油中不饱和脂肪酸含量更高,所以加热后产生的醇类物质对风味物质的影响更大。醇类重要风味物质有糠醇,它具有苦辣味<sup>[12]</sup>,是含有牛油的火锅底料中特有的风味物质。

醛类物质主要来源于脂肪氧化和降解,Strecker降解反应也是其重要来源之一<sup>[14]</sup>,虽然含量较低,但阈值也较低,具有脂肪香味,是肉品香味的主要组成部分。本试验检验出的醛类关键风味物质有正己醛、正辛醛、壬醛、癸醛、反式-2-壬醛及反式-2,4-癸二烯醛,其中共有的关键风味物质为正辛醛、壬

醛、癸醛、反式-2-壬醛,正辛醛具有水果香<sup>[15]</sup>,壬醛具有油脂味<sup>[16]</sup>,癸醛具有牛油味、橙皮味<sup>[12]</sup>,反式-2-壬醛具有柑橘香<sup>[16]</sup>。反式-2,4-癸二烯醛为布料吸附红棕油火锅底料特有的关键风味物质,具有脂肪味<sup>[17]</sup>。醛类重要风味物质有戊醛、庚醛、十二醛和十一醛,戊醛具有麦芽香及杏仁香<sup>[16]</sup>,庚醛具有油脂味及臭味<sup>[16]</sup>,十二醛具有脂肪味及松油味<sup>[12]</sup>,十一醛具有蜡香、柑橘香和花香<sup>[18]</sup>。通过对 ROAV 的比较分析可以看出,布料吸附红棕油火锅底料的醛类关键风味物质及重要风味物质的 ROAV 基本都小于牛油火锅底料、棕榈油与牛油混合油火锅底料以及棕榈油火锅底料的。

酸类、酯类、酮类、烯炔类及其他类风味物质的气味阈值均较高,除牛油中的月桂烯外,未能见到其他 ROAV $\geq 0.1$  的挥发性风味物质。

综上,布料吸附火锅底料风味物质中具有影响的为醇类及醛类物质。

表 6 布料吸附火锅底料挥发性风味物质相对含量

种类	化合物	相对含量/%					
		红棕油	棕榈油	混合油 1	混合油 2	混合油 3	牛油
醇类	正己醇	0.093	0.102	0.142	0.163	0.212	0.361
	正丁醇	0.949	0.230	0.253	0.164	0.173	0.275
	$\alpha$ -松油醇	0.693	0.413	0.650	0.589	0.742	0.897
	芳樟醇	11.539	11.219	10.388	11.800	11.604	11.481
	1-戊醇	0.145	0.156	0.161	0.163	0.206	0.213
	正庚醇	0.097	0.086	0.056	0.079	0.096	0.134
	糠醇	0	0	0.062	0.073	0.085	0.099
	橙花醇	0	0	0	0	0	0.140
	乙醇	0.101	0	0	0	0	0
醛类	香叶醇	0.077	0	0	0	0	0
	戊醛	0.395	0.667	0.506	0.704	0.368	0.855
	正己醛	2.245	6.100	3.072	7.588	3.082	8.612
	庚醛	0.580	1.167	1.508	2.665	1.298	1.840
	正辛醛	2.411	3.018	2.276	4.568	3.813	3.537
	壬醛	12.729	14.961	14.019	19.808	14.821	15.464
	癸醛	8.450	10.181	9.451	11.138	9.728	11.976
	苯甲醛	0.158	0.123	0.161	0.164	0.196	0.271
	十二醛	0.710	0.609	0.471	0.586	0.678	0.880
	十一醛	0.673	0.603	0.455	0.562	0.705	0.831
	反-2-辛烯醛	0.167	0	0.169	0.232	0.243	0.246
	反式-2-癸烯醛	0.130	0.100	0.120	0.156	0.131	0.149
反式-2-壬醛	0.471	0.123	0.754	1.181	0.227	0.975	
反式-2,4-癸二烯醛	0.286	0	0	0	0	0	
酸类	醋酸	0.074	0.186	0.193	0.233	0.854	0.948
	己酸	0	0	0	0	0	0.120
	辛酸	0	0	0	0	0	0.087
	壬酸	0	0	0	0	0	0.129

续表 6

种类	化合物	相对含量/%					
		红棕油	棕榈油	混合油 1	混合油 2	混合油 3	牛油
酯类	乙酸芳樟酯	1.370	1.160	1.128	1.390	1.688	2.091
	乙酸松油酯	0.160	0.181	0.111	0.238	0.179	0.529
	乙酸香叶酯	0	0	0.103	0.156	0.134	0.112
酮类	甲基庚烯酮	0.184	0.557	0.240	1.107	0.151	0.818
	香叶基丙酮	0.226	0	0	0	0	0.348
烯炔类	月桂烯	0.812	1.234	0.671	1.419	0.778	2.328
	$\gamma$ -松油烯	0.195	0	0	0	0	0
	3-萜烯	0	0	0	0	0	0.219
其他	2-正戊基呋喃	0.130	0.150	0	0	0	0.509

表 7 布料吸附不同火锅底料风味物质的 ROAV

种类	化合物	气味阈值 <sup>[12-25]</sup> / ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	ROAV						气味描述
			红棕油	棕榈油	混合油 1	混合油 2	混合油 3	牛油	
醇类	正己醇	250	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	-
	正丁醇	2 733	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	油脂味
	$\alpha$ -松油醇	0.243	3.375	1.669	2.830	2.176	3.139	3.082	清甜香、木香
	芳樟醇	0.281	48.597	39.215	39.115	37.702	42.450	34.116	花椒味、辛香
	1-戊醇	4 000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	-
	正庚醇	3	0.038	0.028	0.020	0.024	0.033	0.037	花香
	糠醇	0.300	0	0	0.219	0.218	0.291	0.276	苦辣味
	橙花醇	0.015	0	0	0	0	0	7.793	甜香
	乙醇	10 000	<0.001	0	0	0	0	0	醇香
香叶醇	40	0.002	0	0	0	0	0	甜香、水果香	
醛类	戊醛	0.85	0.550	0.771	0.630	0.744	0.445	0.840	麦芽香、杏仁香
	正己醛	4.5	0.590	1.331	0.722	1.514	0.704	1.598	青草味、脂肪味
	庚醛	3	0.229	0.382	0.532	0.798	0.445	0.512	油脂味、臭味
	正辛醛	0.7	4.076	4.235	3.440	5.859	5.599	4.219	水果香
	壬醛	1	15.064	14.695	14.833	17.784	15.235	12.912	油脂味
	癸醛	0.1	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	牛油味、橙皮味
	苯甲醛	350	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	杏仁味、焦糖味
	十二醛	1.07	0.785	0.559	0.466	0.492	0.651	0.687	脂肪味、松油味
	十一醛	5	0.159	0.118	0.096	0.101	0.145	0.139	蜡香、柑橘香、花香
	反-2-辛烯醛	3	0.066	0	0.060	0.069	0.083	0.068	坚果味、油味
	反式-2-癸烯醛	17	0.009	0.006	0.007	0.008	0.008	0.007	-
反式-2-壬烯醛	0.08	6.967	1.510	9.972	13.254	2.917	10.177	柑橘香	
反式-2,4-癸二烯醛	0.07	4.835	0	0	0	0	0	脂肪味	
酸类	醋酸	22 000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	-
	己酸	4 800	0	0	0	0	0	<0.001	辛辣味
	辛酸	3 000	0	0	0	0	0	<0.001	些许腐臭味
	壬酸	3 000	0	0	0	0	0	<0.001	脂肪香、椰子香
酯类	乙酸芳樟酯	1 000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	窖香、水果香
	乙酸松油酯	2 500	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	果香、花香、青苔香
	乙酸香叶酯	9	0	0	0.012	0.016	0.015	0.010	玫瑰花香
酮类	甲基庚烯酮	68	0.003	0.008	0.004	0.015	0.002	0.010	果甜
	香叶基丙酮	48	0.006	0	0	0	0	0.006	-
烯炔类	月桂烯	13	0.074	0.093	0.055	0.098	0.062	0.150	清淡的香味、青草、柑橘清香
	$\gamma$ -松油烯	2 650	<0.001	0	0	0	0	0	柠檬香
	3-萜烯	44	0	0	0	0	0	0.004	-
其他	2-正戊基呋喃	5.8	0.027	0.025	0	0	0	0.073	烤肉香

### 3 结论

红棕油、棕榈油、混合油1、混合油2、混合油3、牛油火锅底料感官评分都达到优,说明红棕油和棕榈油不会影响火锅底料的感官;吸附添加红棕油或棕榈油的火锅底料风味物质的布料感官评分较高,说明其能减轻布料吸附的气味;电子鼻对布料吸附火锅底料的风味物质分析结果显示,吸附红棕油和棕榈油火锅底料风味物质的布料对2号传感器的响应值较低,提示这两种火锅底料风味物质被布料吸附的水平较低;对吸附6种火锅底料风味物质的布料挥发性成分进行分析表明,将牛油完全换成棕榈油或者红棕油能起到降低布料吸附挥发性风味物质的作用。

综上,棕榈油和红棕油火锅底料感官好,其风味物质在布料中的吸附性更低,适合取代牛油火锅底料。

#### 参考文献:

- [1] 张丽珠,唐洁,车振明,等. 棕榈油与菜籽油复合火锅底料关键工艺参数优化[J]. 中国调味品, 2014, 39(3): 38-42.
- [2] 曹娜. 当前我国棕榈油进口快速增长的原因分析[J]. 中国油脂, 2020, 45(11): 1-4.
- [3] 李瑞,夏秋瑜,赵松林,等. 棕榈油的功能性质及应用[J]. 中国热带农业, 2009, 6(2): 31-34.
- [4] 卢俊,郭昌明,邓爱华. 红棕榈油的加工及营养价值的研究进展[J]. 食品科技, 2022, 47(3): 202-207.
- [5] 张玉峰,王挥,宋菲,等. 棕榈油加工技术研究进展[J]. 粮油食品科技, 2018, 26(1): 30-34.
- [6] NAGENDRAN B, UNNITHAN U R, CHOO Y M. Characteristics of red palm oil, a carotene - and vitamin E - rich refined oil for food uses [J]. Food Nutr Bull, 2000, 21(2): 189-194.
- [7] LOGANATHAN R, SUBRAMANIAM K M, RADHAKRISHNAN A K, et al. Health - promoting effects of red palm oil: evidence from animal and human studies [J]. Narnia, 2017, 75(2): 98-113.
- [8] 张杰,薛艳霞,李昌禹,等. 火锅底料中两种动物油脂的风味与感官特性对比研究[J]. 中国调味品, 2020, 45(8): 16-19,30.
- [9] 周州,刘平,车振明,等. 一种药膳火锅底料制备工艺及挥发性香气电子鼻分析[J]. 中国调味品, 2020, 45(4): 162-167.
- [10] 刘登勇,周光宏,徐幸莲. 确定食品关键风味化合物的一种新方法:“ROAV”法[J]. 食品科学, 2008, 29(7): 370-374.
- [11] 孙海燕,郭松年,王华. 电子鼻对不同年份赤霞珠葡萄酒香气的检测分析[J]. 食品工业, 2017, 38(4): 281-284.
- [12] 谢恬,王丹,马明娟,等. OAV和GC-O-MS法分析五香驴肉风味活性物质[J]. 食品科学, 2018, 39(8): 123-128.
- [13] 刘洋,张宁,徐晓兰,等. SDE/GC-MS分析火锅底料的挥发性风味成分[J]. 中国食品学报, 2014, 14(2): 283-291.
- [14] 臧明伍,王宇,韩凯,等. 香港酱牛肉挥发性风味化合物的研究[J]. 肉类研究, 2009, 23(6): 46-51.
- [15] 王勇. HS-SPME-GC-MS结合ROAV法对市售核桃油香气成分的研究[J]. 粮食与油脂, 2020, 33(6): 63-66.
- [16] 王藤,施娅楠,李祥,等. SPME-GC-MS结合ROAV分析腌制时间对大河乌猪火腿挥发性风味物质的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(18): 317-324.
- [17] 张丽珠,黄湛,唐洁,等. 同时蒸馏萃取法和固相微萃取法分析棕榈油与菜籽油复合火锅底料中的风味物质[J]. 食品科学, 2014, 35(18): 156-160.
- [18] 丁浩宸,李栋芳,张燕平,等. 南极磷虾肉糜对海水鱼糜制品挥发性风味成分的影响[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(2): 53-62.
- [19] 杜静怡,朱婷婷,黄明泉,等. 清香型志都五谷酒关键香气成分分析[J]. 食品科学, 2021, 42(2): 185-192.
- [20] 李欢康,杨佳玮,刘文玉,等. 不同工艺核桃油挥发性物质比对及关键香气成分表征[J]. 食品科学, 2021, 42(16): 185-192.
- [21] 郝旭东,张盛贵,王倩文,等. 四个不同地区大红袍花椒主体风味物质分析研究及香气评价[J]. 食品与发酵科技, 2021, 57(4): 63-74.
- [22] 杨凯舟,魏征,王佳雅,等. 顶空固相微萃取-气质分析油茶籽油挥发性成分方法优化[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(4): 108-115.
- [23] 范昊安,沙如意,杜柠,等. 苹果梨酵素发酵过程中香气成分的变化[J]. 食品科学, 2021, 42(2): 177-184.
- [24] 张旭,王卫,白婷,等. 四川浅发酵香肠加工进程中挥发性风味物质测定及其主成分分析[J]. 现代食品科技, 2020, 36(10): 274-283.
- [25] 汪修意,徐文泱,陈同强,等. 气相色谱-质谱联用与相对气味活度值法分析坛子肉风味物质的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(24): 8450-8455.