

熬制条件对牛油基火锅油品质的影响

邓煜^{1,2}, 李涵润¹, 钟金锋¹, 刘雄¹, 袁田¹, 覃小丽^{1,2}

(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2. 食品科学与工程国家级实验教学示范中心(西南大学), 重庆 400715)

摘要:旨在为复合风味牛油基火锅油产品的开发提供依据,以牛油和巴沙硬脂为原料,在不同温度(80、100、120℃)下熬制不同时间(20、40、60 min)制备牛油基火锅油,采用电子鼻和顶空固相微萃取气相色谱-质谱联用技术分析不同熬制条件下牛油基火锅油的挥发性风味物质组成与含量,以及理化性质和感官品质,考察熬制条件对牛油基火锅油品质的影响。结果表明:火锅油中的挥发性风味物质主要由萜烯类、烃类、醇类、酯类、醛类、酮类及其他类化合物组成,挥发性风味物质总数量在79~109之间,关键挥发性风味物质有10种,主要为萜烯类和醛类化合物,其中不良风味物质(*E*)-2-壬烯醛对熬制温度为120℃的火锅油风味贡献最大,与未经过熬制的牛油-巴沙硬脂火锅油的相同;而以鸡香和鸡油味为风味特征的(*E,E*)-2,4-癸二烯醛对熬制温度为80、100℃的火锅油风味贡献最大,且在100℃下熬制60 min制备的火锅油的(*E*)-2-壬烯醛的相对气味活性值(ROAV)最低[在检出(*E*)-2-壬烯醛的所有火锅油中];熬制条件对火锅油样脂肪酸组成及含量没有显著影响;不同熬制温度下熬制60 min内,火锅油的酸值(KOH)(<1.40 mg/g)无显著变化,而过氧化值在80、100℃下随熬制时间的延长先升高后降低,在120℃时呈下降趋势,但均符合DBS50/022—2021要求;120℃下熬制60 min的火锅油全氧化值和茴香胺值明显高于80℃和100℃的;随熬制时间的延长和熬制温度的升高,火锅油的颜色越深;经风味、色泽、外观、黏性/硬度等感官评价,100℃熬制60 min的火锅油总体感官得分较高。综上,在100℃下熬制60 min制备的牛油基火锅油的综合品质较佳,可作为适宜的牛油基火锅油的熬制条件。

关键词:牛油;火锅油;熬制;挥发性风味物质;顶空固相微萃取气相色谱-质谱联用技术

中图分类号:TS264; TS225 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2024)02-0025-08

Effect of decoction conditions on the quality of tallow – based hotpot oil

DENG Yu^{1,2}, LI Hanrun¹, ZHONG Jinfeng¹, LIU Xiong¹,
YUAN Tian¹, QIN Xiaoli^{1,2}

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. National

Experimental Teaching Demonstration Center of Food Science and Engineering

(Southwest University), Chongqing 400715, China)

Abstract: Aiming to provide a basis for the development of multi-flavor tallow-based hotpot oil products, tallow-based hotpot oil was prepared by decoction of tallow and *Pangasius bocourti* stearin under different temperatures (80, 100, 120℃) for different times (20, 40, 60 min). Electronic nose and headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry were used to analyze the composition and content of volatile flavor substances, physicochemical properties and sensory quality of the tallow-based hotpot oil under different decoction conditions, so as to investigate the

收稿日期:2022-09-23;修回日期:2023-10-07

基金项目:重庆市技术创新与应用发展重点专项(CSTB2023TIA D-KPX0027)

作者简介:邓煜(2001),女,在读本科,食品科学与工程专业(E-mail)779733011@qq.com。

通信作者:覃小丽,副教授,博士(E-mail)qinxl@swu.edu.cn。

influence of decoction conditions on the quality of tallow-based hotpot oil. The results showed that the volatile flavor substances in hotpot oil were mainly composed of terpenes, hydrocarbons, alcohols, esters, aldehydes, ketones and other compounds, and the total number of volatile flavor

substances was 79 – 109, in which ten kinds was key volatile flavor substances, mainly terpenes and aldehydes. The bad flavor substance (*E*) – 2 – nonenal contributed the most to the overall flavor of hotpot oil with a decoction temperature of 120 °C, and it was the same as the hotpot oil without decoction. (*E, E*) – 2, 4 – decadienal characterized by chicken flavor and chicken oil flavor contributed the most to the overall flavor of hotpot oil with decoction temperature of 80, 100 °C, and the lowest relative odour activity value (ROAV) of (*E*) – 2 – nonenal was found in the hotpot oil prepared under the conditions of decoction time 60 min and decoction temperature 100 °C (among all hotpot oils in which (*E*) – 2 – nonenal was detected). The decoction conditions had little influence on the fatty acid composition and content of the hotpot oil. The acid values of all the hotpot oils were less than 1.40 mgKOH/g within 60 min of decoction, the peroxide value increased first and then decreased with the increase of decoction time at 80 °C and 100 °C, and showed a decreasing trend at 120 °C, but both were in line with the requirements of DBS50/022 – 2021. The full oxidation value and anisidine value of the hotpot oil decocted at 120 °C for 60 min were significantly higher than that at 80 °C and 100 °C. With the extension of decoction time and the increase of decoction temperature, the color of hotpot oil became darker. The sensory evaluation of flavor, color, appearance, viscosity/hardness showed that the overall sensory score of hotpot oil decocted at 100 °C for 60 min was higher. To sum up, the comprehensive quality of the tallow – based hotpot oil prepared at 100 °C for 60 min is better, which can be used as a suitable decoction condition of the tallow – based hotpot oil.

Key words: tallow; hotpot oil; decoction; volatile flavor substances; headspace solid phase microextraction – gas chromatography – mass spectrometry

牛油是由牛脂肪组织经高温炼制、脱胶、脱酸、脱色和脱臭等步骤制成的食用油脂。牛油具有独特的醇厚滋味,是川渝地区制作传统火锅油的首选油脂,备受消费者青睐。然而随着“健康饮食”理念的普及,纯牛油存在的高胆固醇、高饱和脂肪酸和具有不愉快的膻味等缺陷也日趋显著,限制了牛油在火锅底料中的应用。因此,需要对牛油进行调配改良,并探究熬制等制作条件对牛油基火锅油品质的影响,以期牛油基火锅油的开发利用提供科学依据。

目前,关于牛油基火锅油及其火锅底料的研究主要集中在牛油基火锅油的熬制工艺参数优化^[1-5]和挥发性物质的鉴定分析^[6-10],而关于熬制条件对牛油基火锅底料中油脂的挥发性风味物质组成、关键挥发性风味物质、理化性质和感官品质影响的系统研究鲜有报道,但明确这些方面的影响将为火锅底料开发、利用及质量控制提供科学依据。

本课题组前期研究油脂种类对调和牛油风味的影响时发现,牛油 – 巴沙硬脂调和油与纯牛油理化性质差异不显著,主体风味相似,且能降低牛油中不良风味的影响,感官品质略优于纯牛油^[11]。因此,本文以调和牛油(牛油与巴沙硬脂质量比 7:3)作为原料油,向其中加入辅料熬制成牛油基火锅油(简称“火锅油”),利用顶空固相微萃取气相色

谱 – 质谱联用技术(HS – SPME – GC – MS)结合电子鼻研究不同熬制时间和温度下火锅油的挥发性风味物质的变化,同时探究熬制条件对火锅油的脂肪酸组成、酸值、过氧化值、茴香胺值、总氧化值及色泽的影响,并进行了综合感官评价,以期复合风味牛油基火锅油产品的开发及牛油产业化发展提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

牛油[饱和脂肪酸含量 60.20%,酸值(KOH) 1.83 mg/g,过氧化值 0.021 g/100 g,茴香胺值 6.6],重庆牧歌食品有限公司;巴沙硬脂,重庆禾瑞康油脂工业有限公司;洋葱、葱、姜、大蒜和冰糖等配料,购于重庆北碚区永辉超市;色谱级正己烷、甲醇,氢氧化钾、二乙醚和其他分析级化学品,四川成都科隆化学品有限公司。

1.1.2 仪器与设备

电磁炉,浙江苏泊尔股份有限公司;DB – 5M 毛细管色谱柱,美国加州 J&W Scientific 公司;7890B – 5977B 气相色谱 – 质谱仪,美国安捷伦科技公司;CM – 5 色度计,日本柯尼卡美能达办公系统有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 火锅油的制作

材料预处理:①将去籽的干辣椒与水按质量比1:6混合煮沸3 min后,再将辣椒沥干并打碎。②将香料与醪糟按质量比1:4混合,再按液料比8:1加水浸泡12 h。③花椒、酒和清水按质量比1:2:6混合浸泡2 h。

火锅油制作:将质量比为7:3的牛油和巴沙硬脂混合物置于不锈钢锅中,使用电磁炉在1 000 W功率下加热4 min融化后,加入上述预处理材料、葱、洋葱、姜、大蒜、豆瓣、豆豉和冰糖,混合搅拌30 s,使用电磁炉在设定的温度(80、100、120℃)下熬制不同的时间(20、40、60 min)后,室温下冷却、过滤,得到火锅油,于-18℃储存,备用。

1.2.2 电子鼻分析

采用cNose传感阵列系统区分油样的挥发性风味物质。将火锅油样置于80℃水浴加热10 min后,取15 mL注入50 mL顶空瓶中,迅速用封口膜密封,在60℃下平衡10 min进行电子鼻分析。分析条件:传感器清洗时间120 s,进样流速400 mL/min,载气流速400 mL/min。采用线性判别分析对电子鼻检测结果进行统计分析。

1.2.3 HS-SPME-GC-MS分析及关键挥发性风味物质确定

HS-SPME参考Song等^[12]的方法并稍作修改。准确称取2.5 g火锅油样于20 mL的顶空瓶中,用聚四氟乙烯隔垫密封顶空瓶,在80℃下平衡10 min,将PDMS/CAR固相微萃取头插入顶空瓶,在60℃下持续吸附30 min,在GC-MS进样口解吸5 min,待检测。

GC-MS条件:DB-5M毛细管色谱柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm);进样口温度250℃;升温程序为柱温箱起始温度40℃,保持5 min,以5℃/min升温至60℃,保持1 min,以2℃/min升温至100℃,以20℃/min升温至250℃,保持1 min;载气为氦气,流速1.0 mL/min;不分流进样;EI离子源,电子能量70 eV,离子源温度250℃,进样温度250℃。

采用NIST17.LIB质谱数据库对峰值成分进行检索定性,采用峰面积归一化法计算挥发性化合物

的相对含量。

采用相对气味活性值(ROAV)法^[13]分析确定关键挥发性风味物质,将ROAV > 1的化合物确定为关键挥发性风味物质。

1.2.4 脂肪酸组成分析

样品的甲酯化:参考Zhong等^[14]的方法并稍作修改。准确称取50 mg火锅油样,与5 mL正己烷涡旋振荡混合5 min,加入2 mL KOH-甲醇溶液(0.5 mol/L),60℃下以200 r/min的速度振荡15 min后,离心(5 000 × g, 5 min),取上层溶液用于GC-MS分析。

GC-MS条件:DB-5M毛细管色谱柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm);柱温箱初始温度45℃,保持1 min,以20℃/min升温至140℃,保持2 min,以2℃/min升温至230℃,保持2 min;载气为氦气,流速1.0 mL/min;进样口温度250℃;EI离子源,电子能量70 eV,离子源温度230℃,进样温度280℃。

1.2.5 酸值、过氧化值和茴香胺值的测定及总氧化值的计算

酸值、过氧化值和茴香胺值分别按照GB 5009.229—2016、GB 5009.227—2016和GB/T 24304—2009进行测定;总氧化值以2倍过氧化值与茴香胺值之和计算。

1.2.6 色泽的测定

使用CM-5色度计对火锅油样的色泽进行分析。将油样在80℃下加热5 min,消除气泡和晶体。测量前用黑白瓷砖进行仪器校准。油样的色泽以 L^* 、 a^* 和 b^* 来描述,其中: L^* 反映从0(黑色)到100(白色)的明度变化; a^* 反映从绿色(-)到红色(+)的变化; b^* 反映从蓝色(-)到黄色(+)的变化。

1.2.7 感官评价

将火锅油样置于透明容器中,并用三位随机数字进行编码,由10名专业评定人员嗅闻、观察、触碰牛油后,根据油样标准描述词对液态(冷却前)和固态火锅油的风味、色泽、外观和黏性/硬度属性进行评分。参考GB 10146—2015制订感官评价标准(表1)。根据表1的权重系数和相应指标评分计算感官评价总分。

表1 火锅油的感官评价标准

项目	液态油样描述标准	固态油样描述标准	权重系数	评分
风味	火锅香气浓郁、突出	火锅香气浓郁、突出	0.5	9~10
	火锅香气较明显	火锅香气较明显		7~8
	火锅香气不明显	火锅香气不明显		0~6

续表 1

项目	液态油样描述标准	固态油样描述标准	权重系数	评分
色泽	呈红褐色,红润油亮	呈深黄色,有光泽	0.2	9~10
	呈深红色,较红润油亮	呈深黄色,略有光泽		7~8
	呈黄色,稀薄	呈黄色,亮度差		0~6
外观	浓稠厚重,澄清透明	色泽均一,无杂质	0.1	9~10
	较浓稠,轻微浑浊	色泽均一,有细微砂粒感		7~8
	较浓稠,浑浊	色泽不均,有明显颗粒		0~6
黏性/硬度	油脂滴落的用时长	硬度适中,略微用力使样品形变	0.2	9~10
	油脂滴落的用时较长	偏硬,需要用力才能使样品形变		7~8
	油脂滴落的用时较短	偏软,不用力样品即形变		0~6

注:液态油样评价黏性属性,固态油样评价硬度属性

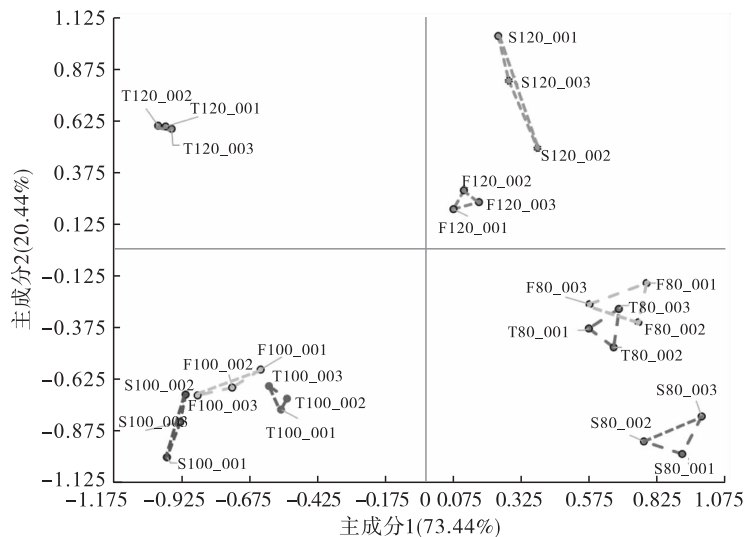
1.2.8 数据处理

除另说明外,所有实验平行进行3次,结果以“平均值±标准差”表示。采用单因素方差分析平均值之间的差异($p < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 电子鼻区分不同熬制条件的火锅油风味

图1为不同熬制条件下火锅油风味的电子鼻线性判别分析结果。



注:T80、F80、S80 分别对应 80℃ 分别熬制 20、40、60 min,100℃ 和 120℃ 熬制不同时间表示方法与此相同;001、002、003 代表 3 个平行样。下同

图 1 不同熬制条件下火锅油风味的电子鼻线性判别分析结果

由图1可看出,主成分1和主成分2的总贡献率大于90%,说明主成分1和主成分2能较好地反映原始高维矩阵数据的信息^[15]。在80、100、120℃ 3个熬制温度中,80℃下熬制20、40 min的火锅油在主成分1轴的距离最小且两者有重合,说明二者风味共性高;100℃下熬制不同时间的火锅油风味轮廓差异最小;120℃下熬制不同时间的火锅油风味轮廓差异最显著。同一熬制时间下,不同熬制温

度的火锅油也均分布在坐标轴的不同区域,且基本没有重叠部分,说明其风味差异显著。由此可得,熬制条件对火锅油风味产生较大影响,但电子鼻数据无法对风味的具体成分进行检测,需要结合GC-MS定量分析油样中的挥发性风味物质。

2.2 熬制条件对火锅油中挥发性风味物质的影响

不同熬制条件下火锅油的挥发性风味物质组成及含量见表2,关键挥发性风味物质见表3。

表 2 不同熬制条件下火锅油的挥发性风味物质组成及含量

化合物	项目	对照	T80	F80	S80	T100	F100	S100	T120	F120	S120
萜烯类	数量	12	14	15	19	17	22	20	14	16	15
	含量/%	33.16	24.14	30.49	26.88	21.13	22.10	12.43	20.53	20.67	16.83

续表 2

化合物	项目	对照	T80	F80	S80	T100	F100	S100	T120	F120	S120
烃类	数量	9	10	8	12	12	12	10	9	9	10
	含量/%	2.29	3.73	3.90	4.23	4.07	3.39	7.31	2.99	3.09	7.91
醇类	数量	15	21	24	27	22	21	23	22	29	20
	含量/%	23.55	24.93	29.52	32.46	21.78	20.74	17.84	32.70	33.96	31.69
酯类	数量	4	6	5	3	5	5	8	8	8	6
	含量/%	19.07	18.02	10.58	1.59	7.57	17.53	18.30	15.33	16.01	14.96
醛类	数量	11	15	12	16	20	18	20	14	18	15
	含量/%	11.98	15.16	11.93	16.22	29.69	19.50	22.94	13.96	10.77	16.02
酮类	数量	8	7	7	8	9	9	8	8	7	9
	含量/%	2.54	2.77	2.75	3.75	4.20	3.96	5.99	3.66	3.36	4.16
其他类	数量	9	8	8	10	13	12	20	11	14	8
	含量/%	4.70	10.35	8.86	14.22	10.71	12.61	15.04	9.26	12.15	8.20

注:对照组为按 1.2.1 方法未经熬制处理的牛油-巴沙硬脂火锅油

表 3 不同熬制条件下火锅油的关键挥发性风味物质的 ROAV

挥发性风味物质	对照	T80	F80	S80	T100	F100	S100	T120	F120	S120
壬醛	16.27	9.49	11.93	7.85	7.76	8.47	8.42	20.00	19.64	18.55
(E)-2-壬烯醛	100.00	65.05		52.31	54.57	52.94	46.80	100.00	100.00	100.00
癸醛	1.68		1.09		1.16				2.00	2.13
十二醛	2.92		2.83	4.76	3.76	3.28	3.40			
(E,E)-2,4-癸二烯醛		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00			
(E)-2-辛烯醛		1.49								
(E,E)-2,4-庚二烯醛		20.82		19.49	15.09				36.36	
月桂烯	5.57	3.02	4.30	3.04	2.69	3.05	1.47	6.02	7.23	6.64
罗勒烯	1.87							1.41	1.49	1.39
右旋萜烯	9.43	3.31	4.17	2.76		3.16		6.28	7.18	

由表 2 可知,不同温度(80、100、120℃)下熬制不同时间(20、40、60 min)的火锅油中的挥发性风味物质主要由萜烯类、烃类、醇类、酯类、醛类、酮类及其他类化合物组成,挥发性物质总数量在 79~109 之间,而对照组的挥发性物质总数量为 68 种。实验发现,熬制的火锅油中的挥发性物质基本包含了对照组的,说明经熬制后火锅油仍保持了牛油-巴沙硬脂的风味体系,且产生了新的风味物质,这可能与油脂在熬制过程中发生的脂质氧化和美拉德反应等有关^[16]。在检出的几类挥发性风味物质中,萜烯类化合物(12.43%~33.16%)和醇类化合物(17.84%~33.96%)的相对含量较高。

由表 3 可知,火锅油中关键挥发性风味物质有

10 种,主要为萜烯类和醛类化合物。而且,醛类化合物的 ROAV(1.09~100)明显大于萜烯类化合物(1.39~9.43),说明醛类化合物对火锅油的整体风味贡献较大。对照组中,以油腻味和腐草味^[17]为风味特征的(E)-2-壬烯醛(不良风味物质)对火锅油风味贡献最大。当油脂在较低的温度(80、100℃)下熬制,以鸡香和鸡油味^[18]为风味特征的(E,E)-2,4-癸二烯醛对火锅油风味贡献最大。可见,熬制温度 80、100℃可以一定程度上减弱牛油中的不良风味。然而,随着熬制温度继续升高至 120℃,对火锅油风味贡献最大的挥发性风味物质为(E)-2-壬烯醛,而(E,E)-2,4-癸二烯醛未检测到。与熬制温度相比,熬制时间对关键风味物

质的影响较小。在 100 °C 下熬制 60 min 的火锅油, 其(*E*)-2-壬烯醛的 ROAV 为 46.80, 在检测到(*E*)-2-壬烯醛的所有熬制的火锅油中, 其 ROAV 是最低的, 而(*E,E*)-2,4-癸二烯醛的 ROVA 为 100 的风味体系没有改变。可见, 100 °C 下熬制 60

min 所得的火锅油不仅保持了原有的主体风味体系, 还可以明显降低牛油中的不愉快气味。

2.3 熬制条件对火锅油脂肪酸组成的影响

表 4 为不同熬制条件下火锅油的脂肪酸组成及相对含量。

表 4 不同熬制条件下火锅油的主要脂肪酸组成及相对含量

脂肪酸	对照	T80	F80	S80	T100	F100	S100	T120	F120	S120	%
C14:0	2.72±0.05	2.68±0.09	2.80±0.05	2.80±0.02	2.83±0.03	2.84±0.12	2.94±0.04	2.79±0.01	2.80±0.01	2.65±0.04	
C15:0	0.42±0.02	0.45±0.01	0.43±0.04	0.44±0.01	0.44±0.03	0.44±0.02	0.42±0.02	0.44±0.01	0.43±0.00	0.44±0.00	
C16:0	28.88±0.08	28.07±0.22	28.82±0.14	28.88±0.08	28.67±0.07	28.70±0.11	29.57±0.10	28.52±0.04	28.02±0.03	28.24±0.11	
C17:0	1.17±0.01	1.23±0.06	1.14±0.04	0.95±0.02	1.13±0.02	1.15±0.01	0.99±0.00	1.23±0.02	1.20±0.01	1.22±0.02	
C18:0	23.82±0.17	25.03±0.10	23.43±0.11	23.74±0.07	23.84±0.09	23.43±0.09	24.33±0.13	23.72±0.14	23.58±0.11	23.79±0.13	
C16:1	1.02±0.01	1.05±0.02	0.94±0.03	1.02±0.01	1.05±0.00	0.95±0.02	0.91±0.02	1.09±0.01	1.13±0.01	0.97±0.01	
C17:1	0.30±0.00	0.35±0.03	0.33±0.03	0.30±0.00	0.31±0.01	0.34±0.02	0.30±0.02	0.34±0.01	0.35±0.01	0.33±0.01	
C18:1	36.45±0.08	36.12±0.14	37.18±0.12	36.82±0.07	36.36±0.09	36.80±0.11	35.79±0.16	36.35±0.07	36.78±0.13	36.67±0.09	
C18:2	4.51±0.09	4.09±0.05	4.39±0.15	4.38±0.09	4.36±0.10	4.50±0.07	4.06±0.05	4.74±0.11	4.84±0.03	4.76±0.03	
SFA	57.01±0.12	57.46±0.15	56.62±0.09	56.81±0.18	56.91±0.11	56.56±0.14	58.25±0.04	56.70±0.14	56.03±0.12	56.34±0.07	
MUFA	37.77±0.07	37.52±0.14	38.45±0.13	38.14±0.07	37.72±0.10	38.09±0.12	37.00±0.13	37.78±0.09	38.26±0.13	37.97±0.07	
PUFA	4.51±0.09	4.09±0.05	4.39±0.15	4.38±0.09	4.36±0.10	4.50±0.07	4.06±0.05	4.74±0.11	4.84±0.03	4.76±0.03	

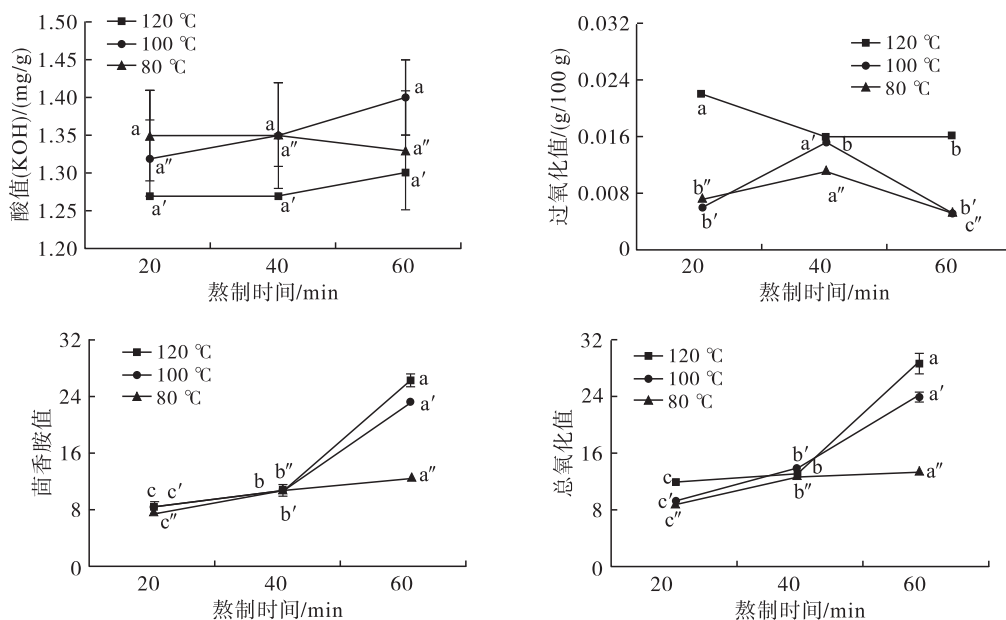
注: SFA. 饱和脂肪酸; MUFA. 单不饱和脂肪酸; PUFA. 多不饱和脂肪酸

由表 4 可知, 熬制前火锅油中脂肪酸主要包括油酸(C18:1, 36.45%)、棕榈酸(C16:0, 28.88%)、硬脂酸(C18:0, 23.82%)、亚油酸(C18:2, 4.51%)和豆蔻酸(C14:0, 2.72%)。经过不同温度和时间熬制处理, 火锅油的脂肪酸组成及含量没有明显的变化, 这可能与调和油中的 SFA 与 MUFA 含量高, PUFA 含量低有关。王强等^[19]报道了类似结果, 即当炒制温度为 80~120 °C 时, 火锅底料的总油脂

中不饱和脂肪酸及 SFA 含量总体变化较小, 氧化速率平稳; 但是, 其研究表明当牛油火锅底料炒制温度进一步升高至 180 °C 时, 脂肪酸含量有较大变化, 主要表现在 SFA 含量上升, PUFA 含量下降。

2.4 熬制条件对火锅油酸值、过氧化值、茴香胺值和总氧化值的影响

熬制条件对火锅油酸值、过氧化值、茴香胺值和总氧化值的影响见图 2。



注: 不同小写字母表示相同温度不同熬制时间下存在显著差异($p < 0.05$)

图 2 熬制条件对火锅油酸值、过氧化值、茴香胺值和总氧化值的影响

由图2可知,随着熬制时间从20 min延长至60 min,相同温度下火锅油的酸值没有明显变化,且在不同温度下熬制60 min,所有油样的酸值(KOH)均不超过1.40 mg/g,符合DBS50/022—2021对火锅底料酸值(KOH)的要求(≤ 4.0 mg/g)。

由图2可知,在80、100℃下,随着熬制时间延长,火锅油过氧化值先升高后降低,在熬制40 min时过氧化值达到最大值,分别为0.011、0.015 g/100 g,在120℃下,随着熬制时间延长,火锅油过氧化值降低,熬制60 min时降至0.016 g/100 g,过氧化值降低是因为过氧化物分解速率大于生成速率,进一步生成了二级氧化产物所致。

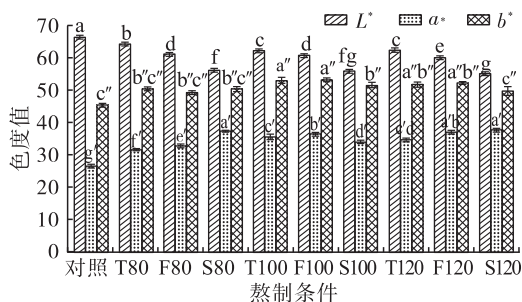
由图2可知,熬制时间在40 min内,不同熬制温度下火锅油茴香胺值增长缓慢,且无显著差异。然而,熬制时间达到60 min时,在100、120℃下火锅油茴香胺值分别迅速增至23.26和26.27,其增量远高于80℃时的,表明火锅油在长时间高温(≥ 100 ℃)下的氧化稳定性较差。

由图2可知,总氧化值随着熬制时间的延长而增大,表明火锅油的整体氧化程度在加热过程中有所增加。在100、120℃下熬制60 min时总氧化值明显高于80℃时的。

综上所述,在熬制40 min后,火锅油在高温(100、120℃)下的氧化程度明显大于低温(80℃)的,但火锅油的过氧化值均符合DBS50/022—2021对火锅底料过氧化值的要求(≤ 0.25 g/100 g)。

2.5 熬制条件对火锅油色泽的影响

火锅油的色泽是影响消费者选购火锅调味料的重要因素之一。图3为熬制条件对火锅油色泽的影响。



注:不同小写字母表示组间存在显著差异($p < 0.05$)

图3 熬制条件对火锅油色泽的影响

由图3可知, L^* 值随着熬制温度的升高和熬制时间的延长而降低,说明火锅油色泽逐渐变深。与对照组相比,在120℃下熬制60 min的火锅油 L^* 值下降了11.42,下降幅度最大。在80、120℃下, a^* 值随着熬制时间的延长而增大,100℃时 a^* 值随着

熬制时间的延长先增大后降低,但均高于对照组的,说明火锅油在熬制后偏红。与 L^* 和 a^* 值相比, b^* 值受熬制条件的影响较小。

2.6 熬制条件对火锅油感官品质的影响

火锅油在室温下通常是固体,而食用时是液体状态。为全面反映火锅油的品质,分别对固态和液态的火锅油进行了感官评价,结果见图4。

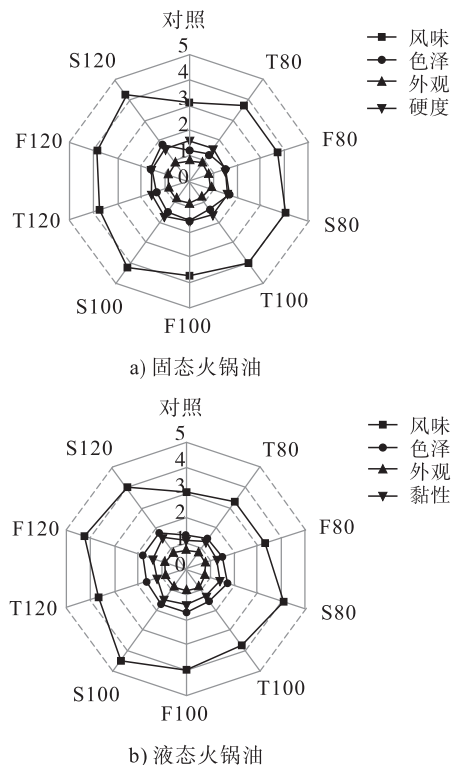


图4 熬制条件对不同状态下火锅油感官品质的影响

由图4a可看出,S120、S100和S80的固态火锅油具有相对较高的感官评价总分(分别为8.5、8.2分和8.2分),表明经过长时间熬制的固态火锅油样更受欢迎。S120样品的风味(4.2分)、色泽(1.8分)、外观(0.9分)和硬度(1.6分)的得分均相对较高,且其色泽得分明显高于其他样品,结合色泽测定结果分析认为,偏深色的火锅油会更受欢迎。此外,与外观和硬度相比,固态火锅油的色泽和风味受熬制条件的影响更大。

由图4b可看出,S100、F120和S120的液态火锅油感官评价总分较高(分别为8.7、8.3分和8.1分)。S100液态火锅油在风味(4.5分)、外观(0.9分)和黏性(1.6分)方面的得分较高,在色泽方面的得分较低(1.7分)。

综上所述,S100的固态和液态火锅油总体得分均相对较高,品质较好。

3 结论

(1)不同温度(80、100、120℃)下熬制不同时间

(20、40、60 min)的火锅油风味存在差异,其风味物质主要由萜烯类、烃类、醇类、酯类、醛类、酮类及其他类化合物组成,挥发性风味物质数量在79~109之间,其中关键挥发性风味物质有10种,主要为萜烯类和醛类化合物,且醛类化合物对整体风味贡献较大。在所有检测出(*E*)-2-壬烯醛不良风味物质的火锅油中,100℃下熬制60 min时,(*E*)-2-壬烯醛的ROAV最低(46.80),而此熬制条件下以鸡香和鸡油味为风味特征的(*E,E*)-2,4-癸二烯醛为最大风味贡献物质(ROVA=100),该熬制条件下不仅保持了原有的主体风味体系,还明显减弱了牛油中不愉快气味。

(2)不同熬制条件下,火锅油的酸值和过氧化值均符合DBS50/022—2021要求,茴香胺值和总氧化值总体随着熬制温度的升高和熬制时间的延长而增大。色度值测定结果显示,熬制时间越长,熬制温度越高,火锅油颜色越深。火锅油的脂肪酸组成基本不受熬制条件影响。100℃熬制60 min的火锅油总体感官得分较高。

综上,牛油基火锅油最佳熬制条件为熬制温度100℃、熬制时间60 min。

参考文献:

- [1] 张丽珠,黄湛,唐洁,等. 响应曲面法优化棕榈硬脂与牛油复合火锅底料工艺参数[J]. 西华大学学报(自然科学版), 2015, 34(5): 91-96.
- [2] 张丽珠,唐洁,卢靖,等. 不同油脂熬制的火锅底料熬煮过程中的油脂质量变化[J]. 中国油脂, 2014, 39(8): 81-84.
- [3] 黄静,罗吉庆,罗丹,等. 红汤火锅底料参数优化设计[J]. 中国调味品, 2020, 45(6): 111-115.
- [4] 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.
- [5] 但晓容,李栋钢,卢晓黎. 清油火锅底料全自动炒制工艺参数优化研究[J]. 中国调味品, 2013, 38(12): 47-50.
- [6] 李大飞,赵承鑫,贾利蓉. 基于多元变量分析法探究牛油和清油火锅底料差异性挥发性成分[J]. 中国调味品, 2020, 45(1): 35-39.
- [7] WANG J, CHEN L, LIU Y, et al. Identification of key aroma-active compounds in beef tallow varieties using flash GC electronic nose and GC × GC-TOF/MS [J]. Eur Food Res Technol, 2022, 248:1733-1747.
- [8] 黄玉坤,田红媚,陈芳,等. 三种香型食用牛油的挥发性风味物质分析及鉴定[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(3): 196-205.
- [9] SUN J, MA M, SUN B, et al. Identification of characteristic aroma components of butter from Chinese butter hotpot seasoning[J/OL]. Food Chem, 2021, 338: 127838 [2022-09-23]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127838>.
- [10] 杨莉,贾洪锋,杨芳,等. HS-SPME结合GC-MS分析麻辣火锅底料炒制和熬煮过程中挥发性物质的变化[J]. 食品工业科技, 2020, 41(19): 52-59.
- [11] 李涵润,刘雄,覃小丽,等. 油脂种类对调和牛油风味的影响[J]. 中国油脂, 2022, 47(6): 53-61.
- [12] SONG S, ZHANG X, HAYAT K, et al. Coordinating fingerprint determination of solid-phase microextraction/gas chromatography-mass spectrometry and chemometric methods for quality control of oxidized tallow [J]. J Chromatogr A, 2013, 1278:145-152.
- [13] ELISA W J, MAURO Z, MARCELO L, et al. Quantitative analysis of headspace volatile compounds using comprehensive two-dimensional gas chromatography and their contribution to the aroma of Chardonnay wine [J]. Food Res Int, 2014, 59: 85-99.
- [14] ZHONG J, YANG R, CAO X, et al. Improved physicochemical properties of yogurt fortified with fish oil/γ-oryzanol by nanoemulsion technology [J/OL]. Molecules, 2018, 23(1): 56 [2022-09-23]. <https://doi.org/10.3390/molecules23010056>.
- [15] 冯伟玲. 牛油特征性风味化合物筛选及品质质量控制研究[D]. 成都: 西华大学, 2018.
- [16] 李扬,李妍,李栋,等. 基于ROAV和嗅闻技术分析乳脂的关键风味化合物[J]. 食品科学, 2023, 44(6): 262-267.
- [17] SONG S Q, ZHANG X M, KHIZAR H, et al. Formation of the beef flavour precursors and their correlation with chemical parameters during the controlled thermal oxidation of tallow [J]. Food Chem, 2010, 124(1): 203-209.
- [18] 程华峰,林琳,葛孟甜,等. 3种生态环境中华绒螯蟹肉挥发性风味特征的比较[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(23): 247-256.
- [19] 王强,王睿,熊政委,等. 火锅底料炒制工艺条件对其货架期的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(17): 84-89.