

油脂种类对调和牛油风味的影响

李涵润¹, 刘雄^{1,2}, 覃小丽¹, 王群³

(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2. 重庆西部食品产业技术研究院, 重庆 402260;

3. 重庆国科食品检测有限公司, 重庆 402260)

摘要:为开发高附加值的牛油基产品, 考察油脂种类对调和牛油风味的影响。分析不同种类食用调和牛油(棕榈硬脂-牛油、巴沙硬脂-牛油、鹅油-牛油、鸡油-牛油)的物理指标、脂肪酸组成, 并探究其相关性, 采用电子鼻结合顶空固相微萃取气相色谱-质谱联用技术(HS-SPME-GC-MS)测定其挥发性风味物质差异, 并进行感官评价。结果表明:巴沙硬脂-牛油调和油与牛油的理化性质总体差异不显著, 其中熔点、硬度、黏度、色差和饱和脂肪酸含量分别相差0.1℃、-1.3 g、31.9 Pa·s、2.68和0.40百分点;此外, 油脂熔点、硬度、黏度与饱和脂肪酸含量呈正相关($r \geq 0.900$, $p < 0.05$);4种调和牛油与牛油的主体风味物质均为(E)-2-壬烯醛、(E,E)-2,4-庚二烯醛和辛醛, 且巴沙硬脂-牛油调和油中具有不良脂肪味的庚醛相对气味活度值比牛油的低45.52%。综上, 巴沙硬脂-牛油调和油具有与牛油相近的理化性质和特有风味, 降低了牛油中不良风味的影响。

关键词:调和牛油;顶空固相微萃取气相色谱-质谱联用技术;电子鼻;挥发性风味物质;脂肪酸组成

中图分类号:TS225.2;TS201.2 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2022)06-0053-09

Effect of oil types on the flavor of tallow-based blended oil

LI Hanrun¹, LIU Xiong^{1,2}, QIN Xiaoli¹, WANG Qun³

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

Food Industry Technology Research Institute, Chongqing 402260, China; 3. Chongqing Guoke

Food Testing Co., Ltd., Chongqing 402260, China)

Abstract: In order to develop high value-added tallow-based products, the effect of oil types on the flavor of tallow-based blended oil was investigated. The physical indexes and fatty acid composition of different kinds of edible tallow-based blended oil (palm stearin-tallow, Basha stearin-tallow, goose oil-tallow, chicken oil-tallow) were analyzed, and their correlation was explored. Electronic nose combined with headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS) was used to determine the differences of volatile flavor substances, and sensory evaluation was carried out. The results showed that there was no significant difference in the physicochemical properties between tallow and Basha stearin-tallow blended oil in general. They were respectively different by 0.1℃, -1.3 g, 31.9 Pa·s, 2.68 and 0.40 percentage point in melting point, hardness, viscosity, color difference and the content of saturated fatty acid. In addition, the melting point, hardness and viscosity of oil were positively correlated with the content of saturated fatty

acid ($r \geq 0.900$, $p < 0.05$). The main flavor substances of the four kinds of tallow-based blended oil and tallow were (E)-2-nonenal, (E,E)-2,4-heptadienal and octanal. The relative odor activity value of heptanal in Basha stearin-tallow blended oil was 45.52% lower than that in tallow, which had bad fat flavor. In

收稿日期:2021-07-02;修回日期:2022-03-01

基金项目:重庆市自然科学基金项目(cstc2019jcyj-msxm X0113)

作者简介:李涵润(1997),女,在读硕士,研究方向为油脂应用加工(E-mail)deliciousmeat615@163.com。

通信作者:刘雄,教授,博士(E-mail)liuxiong848@hotmail.com;覃小丽,副教授,博士(E-mail)qinxl@swu.edu.cn。

conclusion, the Basha stearin – tallow blended oil is similar to tallow in physicochemical properties and flavor, and has reduced the influence of bad flavor in tallow.

Key words: tallow – based blended oil; headspace solid – phase microextraction – gas chromatography – mass spectrometry; electronic nose; volatile flavor substance; fatty acid composition

牛油是指先将牛脂肪组织炼制成粗牛油,再通过脱胶、脱酸、脱色和脱臭等精炼工艺制成的可供食用的油脂。牛油不仅具有提高免疫力、抗氧化、抗菌、防癌、维持肠道健康的保健功能^[1],而且其物理性质优异,氧化稳定性强,同时还是川渝地区传统火锅底料的必需油脂,因此牛油有着广阔的消费市场。但牛油存在高饱和脂肪酸、高胆固醇和不良风味等缺陷,以致于市面上牛油产品的种类和数量很少,限制了牛油精深加工技术的发展。因此,有必要对传统牛油进行改良,以提升消费者对牛油的接受度,促进牛油的开发利用。

近年来,国内外对调和牛油成分的研究聚焦于牛油与植物油的调配,尽管植物油热量低,消化吸收率高,但是远不如动物油脂风味浓郁醇厚^[2],并且在加工食用过程中,动物油脂能够赋予食材更突出的香味和鲜亮的色泽,因此研究牛油与动物油脂的调配是非常必要的。目前,对于牛油和动物油脂调配研究较少,尤其是巴沙硬脂、鹅油和鸡油与牛油的调配尚未见报道。巴沙硬脂是巴沙鱼油经过冷冻结晶后分提的固体部分,与牛油具有类似的形态结构和熔点^[3],且价格低廉、易得^[4];鹅油具有香味独特、熔点低、不饱和脂肪酸含量高、胆固醇含量低等特点,更接近植物油^[5];鸡油不饱和脂肪酸含量远高于猪油、牛油、羊油等其他动物油脂,具有较高的营养价值^[6]。因此,将以上3种动物油脂与牛油复合开发高品质油脂,符合现代健康消费需求,有重要意义。

目前,调和牛油应用方面的研究主要集中在煎炸用油和火锅底料用油的安全性和感官接受度。陈雅琪等^[7]以牛油、高油酸菜籽油和稻米油为基料油制成调和煎炸油,调和油的煎炸性能相比牛油优势明显。刘佳敏等^[8]研究表明,牛油和菜籽油的调和可以有效地降低牛油的硬度,且牛油含量的增加对调和牛油氧化稳定性的提高具有显著的影响。张丽珠^[2]采用配比为1:2的棕榈硬脂和牛油调和油制成复合火锅底料,其综合感官评分最高,为89.35分,具有良好的口感及传统川渝火锅特点。这些研究表明通过调配能够针对性地改善纯牛油的性能,促进其在生产生活中的应用,拓宽消费渠道,但鲜有从挥发性风味物质的角度研究调和牛油的风味差异性和

香气来源。

本研究选取巴沙硬脂、鹅油和鸡油作为辅料油脂,同时选用高熔点的棕榈硬脂为参照,将其与牛油调制备调和牛油,探究调和牛油的熔点、硬度、流变学特性和脂肪酸组成间的相关性,利用电子鼻结合顶空固相微萃取气相色谱-质谱联用技术(HS-SPME-GC-MS)研究不同油脂对牛油风味的影响,通过相对气味活度值(ROAV)法对调和牛油中主要挥发性风味物质进行评价,初步探讨香气形成机制,以期对调和牛油精深加工和利用提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 实验材料

纯牛油、棕榈硬脂,重庆牧哥食品有限公司;巴沙硬脂, Honoroard Vietnam Edible Oil Co., Ltd.; 鹅油,深圳市东翔贸易有限公司;鸡油,泰安市德里舍食品有限公司。

CT-3 质构仪,美国博勒飞公司;DHR-1 TA 流变仪,美国 TA 公司;CM-5 色差计,日本柯尼卡美能达控股公司;cNose 电子鼻,上海保圣实业发展有限公司;7890B-5977B 气相色谱-质谱联用仪(GC-MS),美国安捷伦公司;50/30 μm PDMS/CAR 萃取纤维头、SPME 手动进样手柄,美国 Supelco 公司;SHA-CA 数显恒温振荡器,常州市金坛科兴仪器厂。

1.2 实验方法

1.2.1 不同种类调和牛油的制备

为保证调和牛油具有类似纯牛油高熔点和高硬度的理化性质,将牛油(T)分别与4种辅料油脂按照质量比7:3进行配制,置于水浴锅60℃下磁力搅拌10 min,得到棕榈硬脂-牛油调和油(PT)、巴沙硬脂-牛油调和油(BT)、鹅油-牛油调和油(GT)和鸡油-牛油调和油(CT)。

1.2.2 基本物理指标检测

熔点的测定:按 GB/T 12766—2008《动物油脂熔点测定》进行。

硬度的测定:取30 mL 样品置于80℃水浴中加热10 min,室温下放置60 min,测其硬度值。测量模式为TPA模式,探头类型TA53,探头起始位置固定,测试速度1.0 mm/s,形变率30%,触发点负载

1 g,两次压缩之间的等待时间0 s。每组样品平行测定3次。

黏度的测定:参照张磊等^[9]的方法并加以修改。选择DHR-1 TA流变仪相匹配的40.00 mm的平行板夹具,测试模式为Flow Ramp,测试间隙为500 μm,测试温度为25℃,剪切速率为0.10~200.00 s⁻¹,平衡时间为60 s,取样量为0.2 g,每次测量前需要对仪器进行校正,加样时必须保持样品在操作台上的均匀性,当调整到至加载间隙时,小心移除多余的试样,防止边缘效应干扰。

色泽的测定:取15 mL样品置于80℃水浴中加热10 min后,测定并记录 L^* 、 a^* 和 b^* ,测量类型为反射测量,测量口径为30 mm。其中: L^* 为明度指数,反映油脂从黑色(-)到白色(+)的变化; a^* 和 b^* 为彩度指数, a^* 反映油脂从绿色(-)到红色(+)的变化, b^* 反映油脂从蓝色(-)到黄色(+)的变化。每组样品平行测定3次。按下式计算调和牛油与牛油的色差(ΔE)。

$$\Delta E = \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2}} \quad (1)$$

式中: ΔL^* 为调和牛油与牛油的亮度变化; Δa^* 为调和牛油与牛油的红/绿度变化; Δb^* 为调和牛油与牛油的黄/蓝度变化。

1.2.3 脂肪酸组成的测定

采用气相色谱-质谱联用仪测定样品的脂肪酸组成。

样品前处理:参考刘琳等^[10]的方法并加以修改。准确称取50 mg油脂于试管中,加入5 mL正己烷,涡旋振荡5 min使其完全溶解;加入2 mL 0.5 mol/L的KOH-CH₃OH溶液,涡旋振荡15 min后置于60℃水浴恒温振荡器200 r/min振荡加热15 min对样品进行甲酯化,5 000 × g离心5 min,吸取2 mL上清液待分析。

气相色谱条件:DB-5MS毛细管色谱柱(30 m × 0.25 mm,0.25 μm);进样口温度250℃;溶剂延迟3 min;升温程序为起始温度45℃,保持1 min,以20℃/min升温至140℃,保持2 min,以10℃/min升温至180℃,保持2 min,以4℃/min升温至210℃,保持2 min,以2℃/min升温至230℃,保持2 min;载气(He)流速1 mL/min;分流比100:1;自动进样,进样量1 μL。

质谱条件:EI离子源,离子源温度230℃,电子能量70 eV,接口温度280℃,质量扫描范围(m/z)5~500。采用NIST17.LIB质谱数据库进行检索比对定性,峰面积归一化法定量。

1.2.4 电子鼻检测

将油脂样品置于80℃水浴加热10 min后,移取15 mL样品置于50 mL样品瓶中,并迅速用封口膜封住,电子鼻针头在同一高度顶空进样。样品检测时间150 s,传感器清洗时间120 s,进样流速400 mL/min,载气流速400 mL/min。每组样品6个平行。采用线性判别分析对油脂样品进行判别。

1.2.5 挥发性风味物质的测定

采用顶空固相微萃取气相色谱-质谱联用技术测定挥发性风味物质。

固相微萃取条件^[10]:准确称取2.50 g样品置于20 mL顶空进样瓶中,用聚四氟乙烯隔垫密封,80℃下平衡10 min,通过隔垫将已老化(温度250℃、时间15 min)的50/30 μm PDMS/CAR萃取纤维头插入顶空瓶中距离液面1 cm处,在60℃下吸附30 min,待分析。

气相色谱条件: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℃,保持1 min,以4℃/min升温至160℃,保持1 min,以20℃/min升温至250℃,保持1 min;载气(He)流速1.0 mL/min,不分流进样。

质谱条件:EI离子源,离子源温度250℃,电子能量70 eV,接口温度250℃,质量扫描范围(m/z)33~550。采用NIST17.LIB质谱数据库进行检索比对定性,峰面积归一化法定量。

关键风味物质确定:采用刘登勇等^[11]提出的相对气味活度值(ROAV)法分析各挥发性物质对牛油风味的贡献,其中ROAV ≥ 1的组分为所分析样品的关键挥发性风味物质,0.1 ≤ ROAV < 1的组分为对样品的总体风味具有重要修饰作用的风味物质。按式(2)和式(3)分别计算气味活度值(OAV)和ROAV。

$$V_{OA} = \frac{C_A}{T_A} \quad (2)$$

$$V_{ROA} \approx 100 \times V_{OA} \times \frac{T_{\max}}{C_{\max}} \quad (3)$$

式中: V_{OA} 为气味活度值; V_{ROA} 为相对气味活度值; 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感觉阈值,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感觉阈值,μg/kg。

1.2.6 感官评价

取15 mL样品置于80℃水浴中加热10 min后,

交由 10 名专业评定人员组成的评定小组进行感官评价。参考 GB/T 2716—2018 植物油感官要求,以纯牛油感官结果为基础,制订调和牛油感官评分标准(见表 1)。

表 1 调和牛油感官评分标准

项目	感官描述标准	得分
色泽	与牛油色泽一致,呈浅黄色	10
	与牛油色泽相似	8
	与牛油色泽有显著差别	6
气味	油脂香和水果香气协调,比牛油气味更平和	10
	脂肪味比果香味突出,与牛油气味相似	8
	其他香味突出,与牛油差异明显	6
状态	澄清透明,不分层,无肉眼可见杂质	10
	轻微浑浊,略有分层,无杂质	8
	浑浊,明显分层,无杂质	6

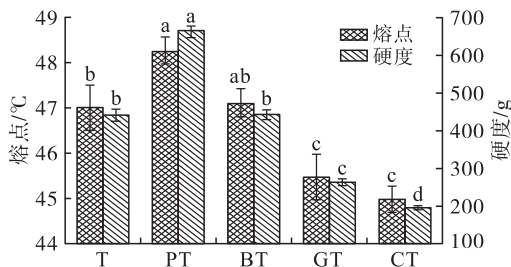
1.2.7 数据处理

每项指标结果以“平均值 ± 标准偏差”表示,使用 SPSS 26.0 软件对数据进行单因素方差分析($p < 0.05$,表示差异显著),采用 Spearman 相关系数分析牛油饱和脂肪酸含量和熔点、硬度、黏度之间的相关性,并用 Origin 2019 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 调和牛油基本物理指标

2.1.1 熔点、硬度和黏度(见图 1、图 2)



注:同一指标不同字母表示差异显著($p < 0.05$)。下同

图 1 5 种油脂样品的熔点与硬度

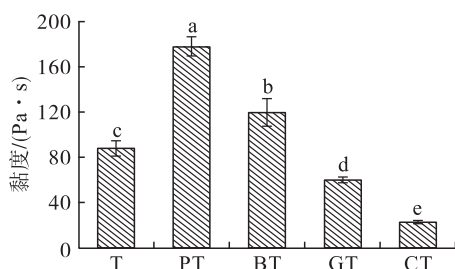


图 2 5 种油脂样品的黏度

由图 1 可知,PT、BT、GT 和 CT 的熔点分别为 48.3、47.1、45.5 °C 和 45.0 °C,分别与牛油(T)熔点相差 1.3、0.1、-1.5 °C 和 -2.0 °C,可见 4 种调和牛油

的熔点均在牛油的熔点范围内(42.5 ~ 49.0 °C)^[3,7-8,12]。PT、BT、GT 和 CT 硬度分别与牛油相差 232.0、-1.3、-178.0 g 和 -246.7 g。由图 2 可知,在 25 °C 测试条件下,PT、BT、GT 和 CT 的黏度分别与牛油相差 90.6、31.9、-27.9 Pa·s 和 -64.8 Pa·s,同时流变仪测试结果显示 4 种调和牛油

2.1.2 色泽(见图 3)

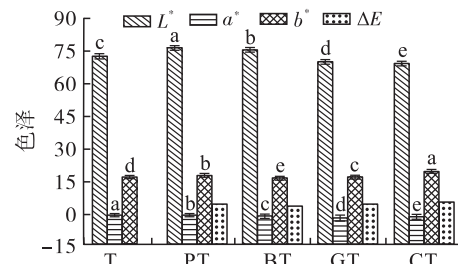


图 3 5 种油脂样品的色泽

由图 3 可知,4 种调和牛油与牛油的 L^* 、 a^* 、 b^* 值相差范围分别是 -3.62 ~ 3.76、-1.42 ~ -0.08 和 -0.39 ~ 2.66,说明油脂间亮度比红/绿度、黄/蓝度差异更明显,且 PT 与 BT 比牛油鲜亮,GT 与 CT 比牛油暗淡,其中 BT 的 L^* 值仅与牛油相差 2.6,明亮度差异最小。PT、BT、GT 和 CT 的 ΔE 分别为 3.73、2.68、3.34 和 4.69。综上所述,CT 与牛油色泽差异较大,BT 与牛油色泽差异较小。

2.2 脂肪酸组成(见表 2)

由表 2 可知,5 种油脂主要的脂肪酸为棕榈酸、硬脂酸和油酸,并且饱和脂肪酸含量均大于不饱和脂肪酸含量。单从饱和脂肪酸含量来看,由于每种油脂的饱和脂肪酸含量不同,如牛油的饱和脂肪酸含量是 52.1% ~ 65.7%^[12-13],棕榈硬脂的是 63.1% ~ 66.1%^[2,14],巴沙硬脂的是 45.6% ~ 56.3%^[3-4],鹅油与鸡油的在 30% 左右^[5-6,15],所以每种调和牛油

表 2 5 种油脂样品主要脂肪酸组成及相对含量

脂肪酸	% 相对含量				
	T	PT	BT	GT	CT
癸酸	0.08 ± 0.00 ^a	0.06 ± 0.00 ^b	0.06 ± 0.00 ^b	0.06 ± 0.00 ^b	0.06 ± 0.00 ^b
十二酸	0.09 ± 0.00 ^b	0.10 ± 0.00 ^a	0.08 ± 0.00 ^c	0.10 ± 0.00 ^a	0.08 ± 0.00 ^c
十三酸	0.05 ± 0.00 ^a	—	—	0.04 ± 0.00 ^b	0.04 ± 0.00 ^b
十四酸	3.36 ± 0.02 ^b	2.61 ± 0.00 ^c	3.58 ± 0.02 ^a	2.30 ± 0.01 ^c	2.50 ± 0.02 ^d
十五酸	0.57 ± 0.00 ^c	0.59 ± 0.00 ^b	0.62 ± 0.00 ^a	0.39 ± 0.00 ^d	0.63 ± 0.00 ^a
棕榈酸	26.38 ± 0.16 ^c	35.32 ± 0.21 ^a	31.16 ± 0.12 ^b	25.63 ± 0.01 ^d	24.65 ± 0.08 ^e
十七酸	1.94 ± 0.00 ^a	1.40 ± 0.01 ^b	1.41 ± 0.02 ^b	1.34 ± 0.01 ^c	1.41 ± 0.01 ^b
(Z)-十六碳烯酸	0.25 ± 0.00 ^d	1.16 ± 0.01 ^c	0.24 ± 0.01 ^d	1.98 ± 0.05 ^b	2.35 ± 0.03 ^a
(Z)-10-十七碳烯酸	0.68 ± 0.01 ^a	0.47 ± 0.01 ^b	0.49 ± 0.01 ^b	0.48 ± 0.00 ^b	0.46 ± 0.01 ^b
硬脂酸	27.57 ± 0.02 ^a	21.36 ± 0.06 ^e	23.69 ± 0.02 ^b	21.68 ± 0.01 ^d	22.06 ± 0.02 ^c
油酸	35.51 ± 0.16 ^c	33.15 ± 0.11 ^e	34.03 ± 0.07 ^d	40.20 ± 0.03 ^a	35.85 ± 0.14 ^b
(Z)-十八碳二烯酸	3.15 ± 0.05 ^e	3.52 ± 0.02 ^d	3.90 ± 0.04 ^c	5.66 ± 0.01 ^b	9.60 ± 0.02 ^a
十九酸	0.16 ± 0.00	—	—	—	—
(Z)-11-二十碳烯酸	—	—	0.48 ± 0.02	—	—
饱和脂肪酸	60.20 ± 0.17 ^b	61.44 ± 0.14 ^a	60.60 ± 0.14 ^b	51.54 ± 0.02 ^c	51.40 ± 0.11 ^c
单不饱和脂肪酸	36.44 ± 0.16 ^c	34.78 ± 0.11 ^e	35.24 ± 0.09 ^d	42.66 ± 0.01 ^a	38.66 ± 0.13 ^b
多不饱和脂肪酸	3.15 ± 0.05 ^e	3.52 ± 0.02 ^d	3.90 ± 0.04 ^c	5.66 ± 0.01 ^b	9.60 ± 0.02 ^a

注: —表示未检出;同行肩标字母不同表示差异显著($p < 0.05$)

2.3 电子鼻检测

5 种油脂样品线性判别分析结果见图 4。

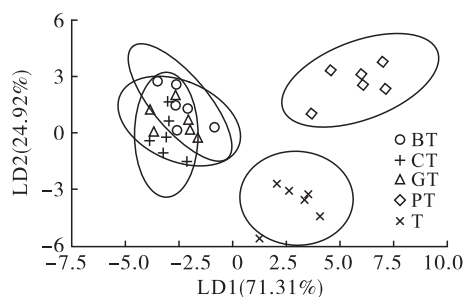


图 4 5 种油脂样品线性判别分析结果

由图 4 可知,第一、第二主成分的总贡献率为 96.23%,能较好地反映原始高维矩阵数据的信息,

且主成分 1 的方差贡献率远大于主成分 2 的,表明 PC1 轴向右距离越大,样品差异性越大^[16]。BT、GT 和 CT 之间有重叠部分,并且与牛油分布在不同的区域,说明三者风味共性多,整体差异不显著,但与牛油风味轮廓差异显著;PT 与牛油风味轮廓差异显著。但是电子鼻数据不能对风味的具体成分进行检测^[17],因此进一步利用 HS-SPME-GC-MS 对油样中的挥发性成分进行定量分析。

2.4 挥发性风味物质

5 种油脂样品挥发性风味物质组成和相对含量见表 3。

表 3 5 种油脂样品挥发性风味物质组成和相对含量

化合物	相对含量/%					感觉阈值/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
	T	PT	BT	GT	CT	
烃类化合物						
苯乙烯	2.01	—	—	—	—	47 ^[18]
2-甲基-2-乙基双环(3.1.0)庚烷	1.49	—	—	0.67	0.82	NF
α -蒎烯	0.30	—	0.19	0.09	0.25	6 ^[19]
桉烯	5.27	2.71	—	3.85	3.38	NF
月桂烯	11.47	10.96	10.62	11.41	12.52	13 ^[18]
癸烷	0.98	1.63	2.11	1.68	2.15	NF
1-甲基-4-(1-甲基乙基)-1,3-己二烯	0.56	0.79	—	—	—	NF
右旋萜二烯	38.24	28.88	27.12	36.53	29.25	10 ^[20]
β -罗勒烯	0.77	0.53	0.47	0.95	0.59	34 ^[19]
蒎品烯	0.74	0.54	0.59	0.40	0.34	NF
1-甲基-4-环丙烯	0.30	0.46	—	—	—	NF
2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯	0.25	0.12	0.12	0.24	0.12	NF

续表 3

化合物	相对含量/%					感觉阈值/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
	T	PT	BT	GT	CT	
环十二烷	0.01	-	-	0.02	0.03	NF
茴香烯	0.04	0.04	0.04	-	-	57 ^[19]
石竹烯	0.04	0.03	0.03	-	0.01	64 ^[21]
十一烷	-	-	1.91	1.85	2.41	2 140 ^[14]
十二烷	0.95	-	1.83	1.78	2.12	2 040 ^[14]
十三烷	0.33	-	0.63	0.53	0.59	2 140 ^[21]
十四烷	0.14	0.19	0.20	0.10	0.20	1 000 ^[14]
十五烷	0.01	0.04	0.03	0.01	0.15	NF
十六烷	-	0.03	0.02	0.01	0.08	NF
十九烷	0.01	-	-	-	-	NF
4-甲基-2-乙基双环(3.1.0)庚烷	-	1.36	1.14	-	-	NF
4-亚甲基双环(3.1.0)己烷	-	-	3.42	-	-	NF
萜品油烯	-	-	0.44	0.38	0.37	NF
3,8-二甲基癸烷	-	-	0.19	-	-	NF
1-苯基己烷	-	-	0.04	-	-	NF
10-甲基二十烷	-	-	0.05	-	-	NF
1,4-二酮-2,5-己二烯	-	-	0.02	-	-	NF
(Z)-7-十六碳烯	-	-	0.02	-	-	NF
2-甲基-4-辛烷	-	0.18	-	-	-	NF
3-甲基十一烷	-	-	-	0.15	0.20	NF
9-甲基-5-十一碳烯	-	-	-	-	0.22	NF
2-溴代十二烷	-	-	-	0.03	0.05	NF
醇类化合物						
糠醇	0.28	0.32	0.29	0.16	2.58	NF
庚醇	0.64	0.53	-	0.65	0.75	200 ^[21]
3,5-辛二烯-2-醇	0.11	-	-	-	0.13	NF
1-辛硫醇	0.48	-	-	-	-	NF
4-萜烯醇	0.06	-	-	0.03	-	NF
2-乙基己醇	-	-	0.71	-	-	NF
4-萜烯醇	-	-	0.06	-	-	NF
2,5-二甲基-4-己烯-3-醇	-	-	0.03	-	-	NF
十七烷醇	-	0.01	-	-	-	NF
十八烷醇	-	0.04	-	-	-	NF
醛类化合物						
己醛	6.00	9.59	8.37	6.73	7.61	4.5 ^[20]
2-己烯醛	0.38	0.66	0.77	0.93	1.03	17 ^[20]
庚醛	5.95	7.89	6.99	5.87	5.40	3 ^[20]
(Z)-2-庚烯醛	1.62	2.57	2.41	3.01	3.33	NF
苯甲醛	0.59	1.05	0.87	0.78	0.84	300 ^[22]
辛醛	5.46	7.27	7.29	5.80	5.67	0.70 ^[14]
(E,E)-2,4-庚二烯醛	0.34	0.49	1.26	0.95	1.75	0.05 ^[14]
(E)-2-辛烯醛	0.98	2.08	1.91	1.31	1.31	3 ^[14]
壬醛	6.66	8.59	9.15	6.73	6.76	1 ^[23]
椰子醛	0.04	0.05	0.06	-	-	NF
(E)-2-壬烯醛	0.93	1.31	1.59	1.05	0.94	0.08 ^[14]
癸醛	0.37	0.50	0.59	0.35	0.40	2 ^[14]
1,2-二甲基-4-氧代环己-2-烯甲醛	0.11	-	-	-	-	NF
(Z)-2-癸烯醛	0.80	1.12	1.38	0.83	0.73	0.30 ^[14]

续表3

化合物	相对含量/%					感觉阈值/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
	T	PT	BT	GT	CT	
(<i>E,E</i>)-2,4-癸二烯醛	0.33	0.72	0.66	0.43	0.48	0.09 ^[14]
十一醛	-	0.08	0.09	0.05	0.05	5 ^[14]
十二醛	-	0.03	-	-	-	0.53 ^[14]
2-十一烯醛	-	-	-	0.25	-	NF
糠醛	-	-	-	-	0.15	3 000 ^[21]
哌啶-1-甲醛	-	-	-	-	0.05	NF
(<i>E</i>)-2-十二烯醛	-	-	-	-	0.23	NF
酮类化合物						
2-吡咯烷酮	0.07	-	-	-	-	NF
2-壬酮	0.60	0.92	0.96	0.65	0.74	NF
(<i>E</i>)-3-壬烯-2-酮	0.03	-	-	-	-	NF
2-哌嗪酮	0.16	0.10	0.07	0.08	-	NF
2-癸酮	0.29	0.42	0.49	0.30	0.30	9 ^[21]
2-十一酮	0.13	0.17	0.17	0.11	0.13	7 ^[21]
2-十三酮	0.03	0.04	0.05	0.02	0.03	NF
3,5-辛二烯-2-酮	-	-	0.25	-	0.13	150 ^[21]
苯乙酮	-	-	-	-	0.02	65 ^[24]
酯类化合物						
乙酸芳樟酯	0.17	-	-	-	-	NF
丙位壬内酯	0.04	-	-	-	-	65 ^[21]
丙位癸内酯	-	0.02	-	-	0.02	NF
氯乙酸十六烷基酯	-	0.02	-	-	-	NF
氯乙酸十八烷基酯	-	0.01	-	-	-	NF
氯甲酸正辛酯	-	-	-	0.58	-	NF
其他						
甲苯	0.33	-	-	-	-	200 ^[13]
<i>p</i> -二甲苯	0.47	0.35	0.40	0.33	0.58	NF
1,3-二甲苯	0.66	-	-	-	-	NF
4-异丙基甲苯	-	-	0.76	-	-	NF
2-丙基吡啶	0.13	-	0.15	0.15	0.14	NF
丁香酚	0.02	-	-	-	-	NF
棕榈酸	0.03	0.19	-	0.02	0.26	10 000 ^[21]
壬酯氯乙酸	-	-	0.02	-	-	NF
肉豆蔻酸	-	0.03	-	0.01	0.04	10 000 ^[21]
油酸	-	0.01	-	-	-	NF
3-乙基-2,5-二甲基吡嗪	-	-	-	0.06	0.06	79 ^[19]
十三烷基二氯乙酸	-	-	-	0.01	-	NF
4-异丙基甲苯	-	-	-	0.76	0.65	NF
吡啶	-	-	-	-	0.02	140 ^[21]
11-甲基三乙醇胺	-	-	-	-	0.01	NF
1-(1,5-二甲基-4-己烯-1-基)-4-甲苯	-	0.02	0.02	0.01	0.01	NF
2,6-二叔丁基-4-仲丁基苯酚	-	0.01	-	-	-	NF

注：-表示未检出；NF表示未查阅到相应化合物的感觉阈值。下同

由表3可知,T、PT、BT、GT及CT 5种油脂挥发性风味物质数量分别为55、50、53、51种和57种,且均主要由烃类、醇类、醛类、酮类和酯类化合物组成。牛油风味物质的形成主要来自于油脂炼制过程中脂

质氧化、美拉德反应和焦糖化反应^[25]。5种油脂挥发性风味物质中,烃类化合物相对含量最高,为48.49%~63.91%,烃类物质的形成与脂肪酸烷氧自由基均裂有关^[26],具有较高的气味阈值,并且它

们是形成对肉制品风味有贡献的杂环化合物的重要中间体,对牛油中脂香的形成有重要的基底作用^[27]。醇类物质主要来自脂肪氧化和醛的还原^[23],酮类化合物一般由不饱和脂肪酸氧化、脱羧基作用形成,二者香气阈值一般较高但含量低,例如庚醇和2-癸酮对牛油的风味贡献较小。醛类物质由脂肪酸氧化降解形成^[24],例如己醛和庚醛主要由亚油酸和花生四烯酸的氧化产生,辛醛和壬醛则由油酸氧化产生,大部分阈值较低^[28]。

由于样品挥发性风味物质成分多且复杂,绝对定量非常困难且可能性较小,因此用相对含量代替绝对含量计算 ROAV^[22]。5种油脂主要挥发性风味物质 ROAV 见表4。

表4 5种油脂样品主要挥发性风味物质 ROAV

化合物	感觉阈值/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	ROAV				
		T	PT	BT	GT	CT
(E)-2-壬烯醛	0.08	100.00	100.00	78.63	69.11	33.70
辛醛	0.70	66.78	63.53	41.28	43.76	23.21
(E,E)-2,4-庚二烯醛	0.05	57.96	59.89	100.00	100.00	100.00
壬醛	1	57.11	52.51	36.28	36.04	19.37
右旋萜二烯	10	32.77	16.67	10.75	19.29	8.38
(E,E)-2,4-癸二烯醛	0.09	31.60	49.31	28.67	24.49	15.41
(Z)-2-癸烯醛	0.30	22.81	22.88	18.31	14.60	6.97
庚醛	3	16.96	16.07	9.24	10.34	5.16
己醛	4.5	11.38	13.03	7.37	7.89	4.84
月桂烯	13	7.56	-	3.24	4.63	2.76
(E)-2-辛烯醛	3	2.81	4.24	2.52	2.30	1.25
癸醛	2	1.57	1.54	1.17	0.93	0.57
α -蒎烯	6	0.43	-	0.13	0.08	0.12
2-癸酮	9	0.27	0.29	0.22	0.18	0.10
β -罗勒烯	34	0.19	0.10	0.05	0.15	0.05
2-己烯醛	17	0.19	0.24	0.18	0.29	0.17
2-十一酮	7	0.16	0.15	0.10	0.08	0.05
十二醛	0.53	-	0.34	-	-	-

由表4可知,(E)-2-壬烯醛在牛油和PT风味体系中 ROAV 为100,在BT、GT和CT风味体系中(E,E)-2,4-庚二烯醛 ROAV 为100。每种油脂的主要挥发性风味物质中60%以上都是醛类,说明醛类对油脂的整体风味贡献最大,这一结果与黄玉坤等^[20]的研究结果一致。每种油脂的 ROAV 降

序排名前三位的关键风味物质一致,说明4种调和牛油均保留了牛油的主题风味。同时T和PT中ROAV降序排名前四位的关键风味物质排序一致,每种物质对应的ROAV相差小于5,而剩余关键风味物质ROAV和排序差异明显,说明二者的主体风味相似度较高,但整体风味轮廓仍有区别;BT、GT和CT中挥发性风味物质的ROAV排名前五位的关键风味物质一致,说明整体风味轮廓接近,电子鼻分析中也表明BT、GT和CT间风味差异小,且均与牛油整体风味差异显著。牛油体系中关键挥发性风味物质庚醛具有令人不愉快的脂肪味和酸败味^[18],BT、GT和CT中庚醛ROAV分别比牛油的低45.52%、39.03%和69.58%,降低了庚醛在油脂风味体系中的贡献值,因此这3种调和油可以减弱纯牛油不良风味。CT中没有ROAV在50~100之间的挥发性风味物质,其他调和油中至少含有1种,其中牛油含有3种,说明CT风味过于集中和单一,与牛油差异显著。综上,BT和GT能够在保留牛油主体风味的同时,明显降低牛油中的不良气味,使油脂整体风味更加平和协调。

2.5 感官评价(见图5)

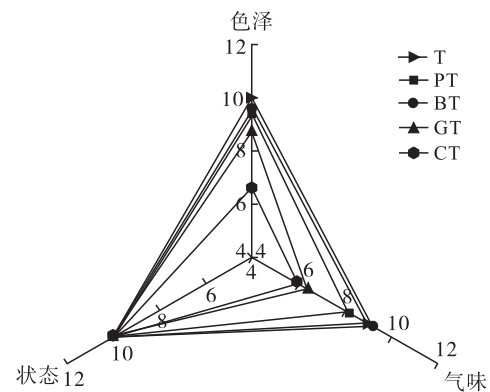


图5 5种油脂样品的感官评价结果

由图5可知,以牛油为对照,4种调和牛油的状态与纯牛油没有差别,均为澄清透明的液体,不分层且无肉眼可见杂质。PT、BT和GT的色泽与牛油非常相似,呈浅黄色,而CT的色泽与牛油差异显著。在气味上,4种调和牛油差异明显,其中:BT的气味比牛油更平和,油脂香和水果香气协调;PT有令人不愉快的脂肪味;而GT和CT都有浓郁的肉香味,且与牛油差异明显。综上,BT具有比其他油脂更优异的感官性质。

3 结论

本文采用HS-SPME-GC-MS结合理化性质检验的方法,分析了棕榈硬脂-牛油调和油、巴沙硬脂-牛油调和油、鹅油-牛油调和油和鸡油-牛油

调和油4种调和牛油与纯牛油的理化性质差异和风味改善程度。结果表明,巴沙硬脂-牛油调和油具有类似纯牛油高熔点和硬度的理化性质,且在保留牛油特有风味的基础上,改善了牛油中的不良气味。通过选择合适的动物脂与牛油调配,可以开发出风味多元、性能优异的牛油基产品,为牛油的精深加工和产品开发提供新思路。

参考文献:

- [1] 王家升, 张慧, 丁秀臻, 等. 食用牛油的制备及深加工技术综述[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(5): 32-36.
- [2] 张丽珠. 棕榈油在川渝地区特色火锅底料中的应用研究[D]. 成都: 西华大学, 2015.
- [3] 施参, 常明, 刘睿杰, 等. 巴沙硬脂与6种油脂相容性的研究[J]. 中国油脂, 2017, 42(2): 21-25.
- [4] KHOR Y P, WAN S Y, TAN C P, et al. Potential of using basa catfish oil as a promising alternative deep-frying medium: a thermo-oxidative stability study[J/OL]. Food Res Int, 2021, 141: 109897[2021-07-02]. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109897>.
- [5] 吾开, 巴依尔, 王美玲, 等. 浅析新疆鹅业发展现状及对策[J]. 新疆畜牧业, 2014(7): 8-10.
- [6] 薛森. 调味辣椒鸡油的研制及辣椒素对鸡油抗氧化效果研究[D]. 天津: 天津农学院, 2019.
- [7] 陈雅琪, 李建成, 舒适, 等. 牛油调和煎炸油的开发及煎炸性能研究[J]. 中国油脂, 2020, 45(10): 16-21.
- [8] 刘佳敏, 姚迪, 何新益, 等. 低硬度调和牛油的制备及品质分析[J]. 食品与机械, 2020, 36(3): 200-202.
- [9] 张磊, 余筱洁, 周存山, 等. 扫频超声波提取对花生油脂氧化和流变特性的影响[J]. 现代食品科技, 2017, 33(8): 228-234.
- [10] 刘琳, 谢勇, 刘越, 等. 低胆固醇牛油的制备及其理化性质分析[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(22): 187-195.
- [11] 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.
- [12] 舒适. 牛油及其调和油煎炸性能的研究[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2019.
- [13] 李桂华, 王成涛, 张玉杰, 等. 食用牛油理化特性及组成分析的研究[J]. 河南工业大学学报, 2010, 31(1): 30-32.
- [14] ADHIKARI P, ZHU X M, GAUTAM A, et al. Scaled-up production of zero-trans margarine fat using pine nut oil and palm stearin[J]. Food Chem, 2010(119): 1332-1338.
- [15] DALZIEL C J, KLIEM K E, GIVENS D L. Fat and fatty acid composition of cooked meat from UK retail chickens labelled as from organic and non-organic production systems[J]. Food Chem, 2015(179): 107-109.
- [16] 吴忠红, 谭慧林, 赵雅霞, 等. GC-MS结合电子鼻分析甜瓜籽油挥发性风味成分[J]. 中国油脂, 2020, 45(12): 28-33.
- [17] 袁桃静, 赵笑颖, 庞一扬, 等. 基于电子鼻、HS-GC-IMS和HS-SPME-GC-MS对5种食用植物油挥发性风味成分分析[J]. 中国油脂, 2020, 45(9): 102-111.
- [18] 毛永强, 李彦虎, 俞建民, 等. 传统陇西腊肉制作过程中挥发性风味物质变化分析[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(4): 144-152.
- [19] 沈菲, 罗瑞明, 丁丹, 等. 基于相对气味活度值法的新疆大盘鸡中主要挥发性风味物质分析[J]. 肉类研究, 2020, 34(8): 46-50.
- [20] 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.
- [21] 仲琴, 杨玲, 薛寒, 等. 不同产地初榨菜籽油挥发性风味成分比较分析[J]. 食品工业科技, 2021, 42(14): 70-78.
- [22] 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.
- [23] 邓龙. 菜籽油特征香气成分和营养物质组成的研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2017.
- [24] KERTH C, MILLER R K. Beef flavor: a review from chemistry to consumer[J]. J Sci Food Agric, 2015, 95: 2783-2798.
- [25] 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.
- [26] LI C C, HOU L X. Review on volatile flavor components of roasted oilseeds and their products[J]. Grain Oil Sci Tech, 2018, 1(4): 151-156.
- [27] 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.
- [28] 姚文生, 蔡莹暄, 刘登勇, 等. 基于HS-GC-IMS和HS-SPME-GC-MS对熏鸡腿肉挥发性风味成分分析[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(19): 253-261.