

牛油感官特征分析及关键风味物质鉴定

王雪梅, 王传明, 刘 鹏

(四川天味食品集团股份有限公司, 成都 610200)

摘要:为了开发消费者喜爱的牛油产品,对两种牛油(老火锅牛油与浓香牛油)的感官特征及其相关的风味物质进行了分析。采用适合项勾选法(CATA)探究两种牛油的感官特征,并分析了感官属性与喜好度之间的关系。通过固相微萃取-全二维气相色谱-质谱联用法(SPME-GC×GC-MS)测定两种牛油的挥发性风味物质含量,并采用气味活度值(OAV)确定关键风味物质。结果表明:浓香牛油的“肉香味”“焦香味”“干草味”和“蘑菇味”更突出,老火锅牛油的“脂香味”“膻味”和“腥味”更突出;老火锅牛油与浓香牛油中共检出80种挥发性风味物质,根据OAV分别鉴定出13、10种关键风味物质,这些关键风味物质呈现的香气特征与感官特征分析结果一致。开发牛油产品时,增加产品的“奶香味”“清新味”与“肉香味”,均可提高消费者喜好度。

关键词:牛油;感官特征;关键风味物质;喜好驱动

中图分类号:TS225.2; TS227 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-7969(2023)09-0030-08

Sensory characteristics analysis and key volatile compounds identification of beef tallow

WANG Xuemei, WANG Chuanming, LIU Peng

(Sichuan Teway Food Group Co., Ltd., Chengdu 610200, China)

Abstract: In order to develop the favorite beef tallow products of consumer, the sensory characteristics of different technological beef tallow (fragrant beef tallow and hot pot beef tallow) and the volatile compounds related to its sensory characteristics were analyzed. Check-all-that-apply was used to evaluate the sensory characteristics of the two beef tallow, and the relationship between sensory attributes and consumer preference was analyzed. Meanwhile, the contents of the volatile compounds of the two beef tallow were determined using solid phase micro-extraction-comprehensive two-dimensional gas chromatography-mass spectrometry, then the key flavor compounds were identified by odor activity value (OAV). The results showed that meat, fried, hay and mushroom were more prominent in fragrant beef tallow, while fat, cowy and raw were more prominent in hot pot beef tallow. A total of 80 volatile compounds were detected in hot pot beef tallow and fragrant beef tallow, and 13 and 10 key volatile compounds were identified according to OAV, respectively. And the aroma profiles presented by key volatile compounds were consistent with the results of sensory characteristics. When developing beef tallow products, increasing the creamy, freshness and meat flavor of the products can improve consumer preference.

Key words: beef tallow; sensory characteristics; key volatile compound; drivers of liking

牛油提炼于优质的牛脂肪组织,通常采用熬制法和酶解法炼制^[1],并通过脱胶、脱酸、脱色和脱臭

等工艺精炼而成。牛油因风味特殊,被广泛应用于食品工业中,并成为川渝地区传统火锅底料的必需油脂^[2]。不同工艺生产的牛油所呈现的风味类型不同^[3],感官特性各异,而风味带来的感官感受往往是影响消费者喜好度的重要因素。

食品风味的呈现与风味物质的浓度和阈值有关,对风味起主导作用的被称为关键风味物质。在

收稿日期:2022-05-25;修回日期:2023-06-05

作者简介:王雪梅(1994),女,工程师,硕士,研究方向为食品风味与感官(E-mail)15208145231@163.com。

通信作者:王传明,高级工程师(E-mail)yfzc_wangchuanming@teway.cn。

风味分析中,通常采用气味活度值(OAV)法来确定关键风味物质,该法已在各种食品风味分析中得到广泛应用^[4-8]。

近年来,国内外学者从牛油中鉴定出上百种挥发性风味物质,包括醇类、醛类、酸类、酯类、烃类和酮类等,它们共同决定了牛油的感官风味特征。近年来对牛油的研究多集中于对不同部位^[9-10]、香型^[11]、应用场景^[12]、鉴定方法^[13]的牛油风味分析与比较,在感官风味特征和关键风味物质的潜在关联方面仍缺乏研究。而牛油感官评价大多仅从牛肉味、牛脂香气、牛油固有气味是否饱满突出以及有无异味等方面进行笼统描述^[3, 14],未对牛油风味特征进行深入剖析,关于消费者喜好度的研究更是鲜有报道。

适合项勾选法(Check - all - that - apply, CATA)是一种快速描述性感官分析方法,要求评价员从给定的感官描述词中勾选出适用于样品的所有能够感知到的感官属性^[15]。CATA与传统定量描述分析得到的结果一致性较高^[16-17],在食品感官领域应用较广^[15, 18-20],结合消费者喜好度测试可以辅助识别喜好度驱动因素,并给予产品改良方向^[21]。

全二维气相色谱(Comprehensive two - dimensional gas chromatography, GC × GC)是一种高效分离检测技术^[22],通过串联的方式结合两根色谱柱,可实现复杂化合物的正交分离^[23]。相比于传统一维气相色谱,GC × GC有效减少了化合物共流出现象,具有更高的峰容量和更好的分离度等特点^[24],该技术已在食品风味分析中得到了大量应用^[22, 24-25]。

为明确牛油的感官风味特征,深入了解消费者对牛油的美好情况,本实验选取两种不同工艺生产的牛油,采用CATA剖析牛油风味特征,并结合消费者测试明确喜好驱动因素,同时,通过挥发性风味物质分析进一步明确与感官特征相关的风味物质,以期为消费者喜爱的牛油产品提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

浓香牛油(酶解法制备),益海嘉里金龙鱼粮油食品股份有限公司;老火锅牛油(熬制法制备),广汉市迈德乐食品有限公司;邻二氯苯、C7~C25正构烷烃标准品,西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司。

1.1.2 仪器与设备

DK-S28电热恒温水浴锅,上海精宏实验设备有限公司;GCMS-QP2020 NX气质联用仪,日本岛津仪器公司;全二维气相色谱固态热调制器,雪景电

子科技(上海)有限公司;75 μm CAR/PDMS萃取头,美国Supelco公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品处理

分别将浓香牛油与老火锅牛油置于60℃水浴锅中熔化,取50g熔化油样于100mL烧杯中,以随机3位数字编码,并于水浴锅中保温。

1.2.2 感官评价

1.2.2.1 感官描述词的产生

6名专家评价员与42名优选评价员组成评价小组。专家评价员嗅闻牛油后,结合相关文献^[2, 10-12]独自产生描述词;将描述词进行整理、合并与删减,经由评价小组一致性讨论,保留通过率在50%以上的描述词、定义,并建立对应的参照样。

1.2.2.2 样品评价

优选评价员独立评价两种油样,先采用9点喜好度给出整体喜好度打分,再采用CATA从1.2.2.1产生的感官描述词中勾选出所感受到的符合样品感官特性的描述词。此外,评价员还需选择心目中的理想牛油样品应该具有的感官性质。

1.2.3 挥发性风味物质的测定

采用固相微萃取-全二维气相色谱-质谱联用法(SPME-GC × GC-MS)测定样品中的挥发性风味物质。称取4.00g油样于40mL顶空瓶中,加入10 μL邻二氯苯内标溶液(质量浓度100 mg/L,溶剂为甲醇),混匀后于60℃水浴平衡20 min,插入75 μm CAR/PDMS萃取头吸附30 min后,在气相色谱进样口解吸5 min,待测。

气相色谱条件:Agilent DB-Wax石英毛细管柱(30 m × 0.25 mm × 0.5 μm);不分流进样;载气为氦气;升温程序为40℃保持2 min,以6℃/min升至230℃。

全二维气相色谱调制器条件:采用固态热调制器(SSM),HV调制柱(1.2 m × 0.25 mm),调制周期4 s,其余条件同黄豆等^[22]的方法。

质谱条件:EI源,电离能量70 eV,离子源温度230℃,质量扫描范围(*m/z*)25~400。

挥发性风味物质的定性与定量:采用Canvas工作站软件自动识别信噪比大于300的色谱峰,将各组分的MS碎片模式与NIST20 Library谱库进行比对,结合相同条件下正构烷烃标准品的保留指数(RI)信息,选择正、反向匹配度大于或等于800的组分进行定性分析;同时,采用邻二氯苯作为内标物质进行半定量分析。

1.2.4 关键挥发性风味物质的确定

参照文献[26],按照式(1)计算各挥发性风味物质的气味活度值(OAV)。定义 OAV 大于或等于 1 的物质为关键风味物质,且 OAV 越大,对牛油整体香气的贡献越大。

$$V_{OA} = C/T \quad (1)$$

式中: V_{OA} 为 OAV; C 为各挥发性风味物质含量; T 为该物质在空气中的感觉阈值。

1.2.5 数据处理

采用 XLSTAT 2016 中的 CATA data analysis 方法对整理成二进制(有/无 = 1/0)的 CATA 数据进行处理;采用 SPSS 23.0 对喜好度数据进行 ANOVA 分析,确定样品间喜好度是否具有显著差异;采用 Excel 2019 进行制表与绘图。

2 结果与分析

2.1 牛油感官特征与喜好度分析

2.1.1 描述词比较

表 1 为两种牛油感官描述词的 CATA 数据分析结果。

表 1 各感官描述词在 Cochran's Q 检验中的 p 值

感官描述词	p 值
脂香味	0.046
膻味	0.001
奶香味	0.513
焦香味	0.157
腥味	0.025
肉香味	0.000
清新味	0.705
酸败味	0.317
蘑菇味	0.001
干草味	0.035

从表 1 可以看出,“脂香味”“膻味”“腥味”“肉香味”“蘑菇味”和“干草味”的 p 值均小于 0.05,说明评价员认为两种牛油在这些属性上有显著性差异。采用 9 点喜好度评价牛油样品,发现评价员对浓香牛油 (5.88 ± 1.78) 与老火锅牛油的好感度 (5.90 ± 1.62) 无显著性差异 ($p = 0.258 > 0.05$),且分值接近于“略微喜欢”(6 分),说明两种牛油在消费者心目中的喜爱程度一般且持平。

CATA 数据的频次之和可以作为各感官描述词的强度,并进行后续的数据分析。图 1 为各感官描述词的使用频次。由图 1 可以看出,浓香牛油中的“脂香味”“焦香味”和“肉香味”,以及老火锅牛油中的“脂香味”“膻味”和“焦香味”,其使用频次均达 70% 以上,说明以上感官描述词强度较高,可被

绝大多数消费者所感知。同时,与老火锅牛油相比,浓香牛油中的“焦香味”“肉香味”“酸败味”“蘑菇味”和“干草味”的使用频次相对较高,故上述风味在浓香牛油中表现得更为突出。在理想牛油中使用频次较高的是“脂香味”“奶香味”“焦香味”和“肉香味”,该点与浓香牛油较为相似,而“腥味”(26%)“干草味”(24%)和“酸败味”(0%)的使用频次较低,表明消费者心目中喜爱的理想牛油应具有较浓郁的脂香味、奶香味、焦香味和肉香味,且没有酸败味。

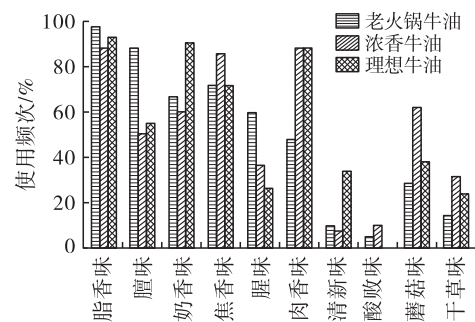


图 1 各感官描述词在 CATA 实验中的使用频次

2.1.2 感官特征与喜好驱动分析

将牛油样品的所有感官描述词强度进行分析,得到样品与感官属性之间的关系,如图 2 所示。

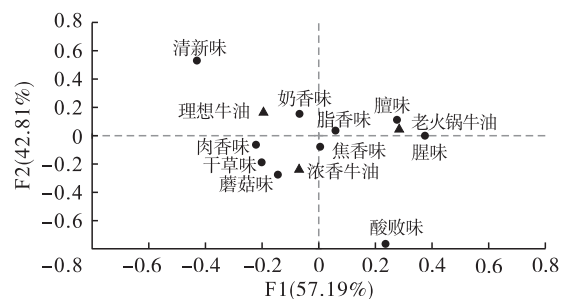


图 2 样品与各感官描述词的对称得分图

由图 2 可看出,老火锅牛油处于“脂香味”“膻味”和“腥味”等感官属性附近,浓香牛油最靠近“肉香味”“焦香味”“干草味”和“蘑菇味”,理想牛油距离“奶香味”最近、“酸败味”最远,说明具有奶香风味的牛油是消费者所喜爱的,而酸败味是消费者难以接受的。

为了更加直观地了解评价员对牛油的好感情况,明确消费者喜好度的驱动因素,将感官描述词与 9 点喜好度评分进行主坐标分析,得到喜好度与感官描述词之间的关系,见图 3。由图 3 可知,距离“喜好度”较近的属性有“焦香味”“奶香味”“蘑菇味”和“干草味”,故在开发牛油产品时,应当对上述感官描述词加以考虑与重视。

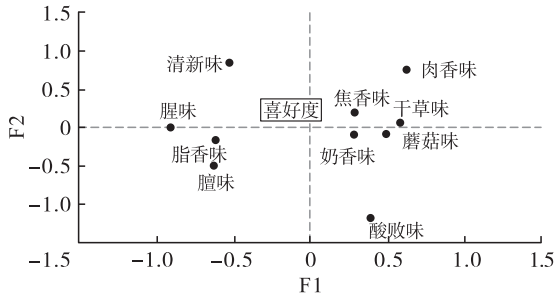
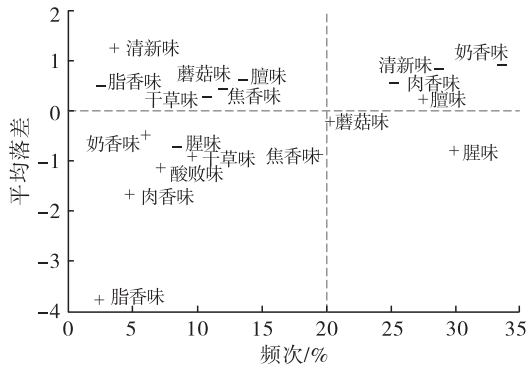


图 3 喜好度与各感官描述词的主坐标分析图

2.1.3 惩罚分析

惩罚分析常用于处理感官属性与整体喜好度之间的关系,通过计算平均落差(Mean drop)来反映各属性对样品的影响程度,并以此衡量感官属性的重要程度^[27]。平均落差为正值表示增加喜好,负值表示降低喜好,且数值大小与影响程度呈正相关^[28]。与恰好度测试(Just-about-right)中的惩罚分析不同,CATA 着重于真实样品(+)与理想样品(-)的比较^[29]。图 4 为牛油样品的惩罚分析情况。由图 4 可以看出,“奶香味”“清新味”“肉香味”“膻味”“腥味”和“蘑菇味”等感官属性对喜好度的改变在 0.05 水平上有显著影响,故在提升牛油喜好度时,应优先考虑上述属性。其中“奶香味”“清新味”和“肉香味”是理想牛油中需要优化的属性,“膻味”“腥味”和“蘑菇味”是浓香牛油和老火锅牛油中需要优化的属性。因此,在开发消费者喜爱的牛油产品时,可依据消费者所构想的理想牛油,适当增加奶香、清新与肉香等风味;或在浓香牛油与老火锅牛油的基础上,采取适当增加膻味,减弱腥味和蘑菇味的措施,以提升消费者的喜好度。



注: - 为理想牛油, + 为实际样品;竖虚线左侧的感官属性对喜好度的改变在 0.05 水平上不显著,竖虚线右侧与之相反

图 4 各感官属性对于喜好度的平均落差

2.2 挥发性风味物质分析

老火锅牛油与浓香牛油的挥发性风味物质及含量如表 2 所示。

表 2 老火锅牛油与浓香牛油中的挥发性风味物质及含量

化合物	RI	含量/(ng/g)	
		老火锅牛油	浓香牛油
醇类			
1-戊醇	1 290	58.85	-
四氢芳樟醇	1 478	122.44	125.84
1-辛烯-3-醇	1 484	139.74	-
2-乙基己醇	1 523	14.43	26.80
2,4-二甲基环己醇	1 568	25.52	-
芳樟醇	1 577	114.24	77.06
糠醇	1 661	-	223.13
α-松油醇	1 712	59.13	79.99
5-甲基-2-呋喃甲醇	1 722	-	57.26
2-十二烷醇	1 838	49.20	53.51
橙花醇	1 852	-	9.61
四氢吡喃-2-甲醇	1 946	63.14	-
十二醇	1 973	125.59	-
1-十六烷醇	2 171	-	10.16
醛类			
异戊醛	970	-	1 870.91
戊醛	1 027	111.30	-
正己醛	1 127	960.61	88.84
庚醛	1 230	1 075.19	95.77
2-己烯醛	1 256	101.08	-
正辛醛	1 331	943.93	90.54
2-乙基-2-己烯醛	1 340	-	41.84
反式-2,4-己二烯醛	1 431	15.16	-
壬醛	1 437	886.06	310.72
反式-2-辛烯醛	1 464	383.38	73.46
糠醛	1 478	-	55.06
反式-2,4-庚二烯醛	1 520	224.88	-
苯甲醛	1 538	40.46	47.00
癸醛	1 538	78.40	52.85
反式-2-壬烯醛	1 566	460.62	71.66
反式-2,4-辛二烯醛	1 611	11.41	-
十一醛	1 637	55.70	48.29
反式-2-癸烯醛	1 668	336.32	-
3-噻吩甲醛	1 680	-	21.32
反式-2,4-壬二烯醛	1 715	35.30	-
十二醛	1 739	20.92	27.38
2-十一烯醛	1 769	161.06	-
反式-2,4-癸二烯醛	1 775	113.77	29.67
5-羟甲基糠醛	2 419	-	13.11
酸类			
醋酸	1 478	86.45	591.81
异戊酸	1 686	-	100.15
正戊酸	1 751	42.13	-
4-甲基戊酸	1 819	-	29.89
己酸	1 852	177.77	68.30
庚酸	1 961	56.40	-
辛酸	2 063	20.26	-

续表 2

化合物	RI	含量/(ng/g)	
		老火锅牛油	浓香牛油
酯类			
乙酸甲酯	1 322	-	57.22
异氰酸酯	1 398	-	102.45
甲酸庚酯	1 490	108.79	16.03
乙酸芳樟酯	1 590	26.82	20.31
1-甲基-4-(1-甲基 乙烯基)环己醇乙酸酯	1 627	-	12.78
γ -丁内酯	1 630	-	17.78
γ -己内酯	1 702	15.36	-
乙酸苏合香酯	1 709	83.47	77.33
乙酸松油酯	1 719	103.59	109.21
乙酸橙花酯	1 746	37.07	37.16
乙酸香叶酯	1 772	64.38	62.02
丙位庚内酯	1 799	11.77	-
乙二醇月桂酸酯	2 231	16.12	34.21
烷烃类			
正辛烷	907	392.99	-
癸烷	1 088	-	86.57
十二烷	1 286	222.25	168.80
十三烷	1 385	83.00	73.63
十四烷	1 485	52.21	42.25
环十二烷	1 973	-	140.49
烯烃类			
1-十四烯	935	-	102.42
月桂烯	1 219	111.28	-
酮类			
3-羟基-2-丁酮	1 310	-	15.64
过氧化乙酰丙酮	1 484	-	49.53
4-环戊烯-1,3-二酮	1 589	-	58.03
3-甲基环戊烷- 1,2-二酮	1 820	-	55.03
2-羟基-丁酸酮	2 122	-	11.71
2,3-二氢-3,5-二羟 基-6-甲基-4(H)- 吡喃-4-酮	2 214	-	228.24
杂环类			
2-正戊基呋喃	1 276	192.74	121.38
2-甲基噻啉	1 299	-	27.69
2,5-二甲基吡嗪	1 361	-	130.45
2,3,5-三甲基吡嗪	1 440	-	33.17
2-乙酰基呋喃	1 520	-	16.66
2-乙酰基吡嗪	1 636	-	23.09
2-乙酰基噻唑	1 652	-	74.81
3-羟基-2-甲基吡啉	2 246	-	19.87

注: - 为未检出

由表 2 可看出,牛油中共鉴定出 80 种挥发性风味物质,包括醇类、醛类、酸类、酯类、烷烃类、烯烃类、酮类及杂环类,其中 29 种为老火锅牛油与浓香

牛油的共有成分。

醇类物质主要来自于脂肪氧化和醛类物质的还原^[30],可为牛油提供甜香、花果香及脂香。四氢芳樟醇、2-乙基己醇、芳樟醇、 α -松油醇和 2-十二烷醇是两种牛油中的共有成分,主要呈现玫瑰甜香和柠檬清香。1-辛烯-3-醇只在老火锅牛油中检出,呈现清新的脂香风味,也是牛肉中重要的风味物质^[3]。5-甲基-2-呋喃甲醇仅在浓香牛油中检出,其可在一定条件下转化为糠醇,糠醇可赋予浓香牛油焦糖、焙烤的香气。

醛类物质由不饱和脂肪酸经过脂肪氧化酶或裂解酶的作用而产生^[31],香气浓烈且尖锐,是牛油中最重要的风味物质^[12]。两种牛油共有成分中,正己醛具有生脂和青草的香气,庚醛和壬醛赋予牛油水果香气,正辛醛、反式-2-辛烯醛、癸醛、十一醛、十二醛主要提供脂蜡香气,苯甲醛贡献了苦杏仁味,反式-2,4-癸二烯醛通常具有类似鸡油的焦香风味。反式-2-癸烯醛和反式-2,4-庚二烯醛只在老火锅牛油中检出,二者对肉香味的形成具有一定的贡献^[3]。异戊醛只在浓香牛油中检出,贡献了类似苹果的甜香风味。

酸类物质大多由酯类物质水解产生,通常给人以酸味、汗臭味等感受。研究发现,己酸、庚酸、辛酸对牛油膻味有重要贡献^[3],其中,己酸为老火锅牛油和浓香牛油的共有成分,庚酸和辛酸仅在老火锅牛油中检出,说明老火锅牛油的膻味更加浓郁,与感官分析结果一致。

酯类物质中,甲酸庚酯、乙酸芳樟酯、乙酸苏合香酯、乙酸松油酯、乙酸橙花酯、乙酸香叶酯和乙二醇月桂酸酯是两种牛油的共有成分,主要赋予牛油花香、果香和甜香。 γ -己内酯、丙位庚内酯只在老火锅牛油中检出,前者主要贡献药草清香和焦糖甜香,后者主要贡献椰子清香、麦芽与焦糖甜香。

烷烃类物质大多香气较弱或无气味,对牛油呈香几乎无太大贡献。烯烃类物质仅检出 2 种,老火锅牛油中检出的月桂烯赋予牛油脂香和甜橘风味。酮类物质通常由不饱和脂肪酸氧化、脱羧基作用形成^[2],浓香牛油中检出的 3-羟基-2-丁酮为其贡献了奶油风味。

杂环类物质通过美拉德反应或氨基酸分解途径产生^[32],该类物质在浓香牛油中种类较多,主要提供焦糖甜香和坚果焙烤的焦香风味。

2.3 关键风味物质

老火锅牛油与浓香牛油的关键挥发性风味物质鉴定情况见表 3。

表3 老火锅牛油与浓香牛油的关键风味物质

化合物	阈值 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) ^[33]	OAV		香气特征 ^[34]	可能对应的感官属性
		老火锅牛油	浓香牛油		
反式-2-壬烯醛	0.09	5 117.95	796.20	脂蜡、黄瓜	脂香味、清新味
壬醛	3.10	285.83	100.23	脂蜡、青香、花香、柠檬	脂香味、清新味、奶香味
反式-2,4-壬二烯醛	0.20	176.51	-	脂蜡、油炸、瓜果香、谷物	脂香味、焦香味、清新味、奶香味
反式-2-辛烯醛	2.70	141.99	27.21	脂蜡、青香、黄瓜	脂香味、清新味
反式-2-癸烯醛	2.70	124.56	-	脂蜡、鱼类、柑橘	脂香味、腥味、清新味、奶香味
1-辛烯-3-醇	2.36	59.21	-	脂蜡、黄瓜、花香、蘑菇、泥土	脂香味、清新味、奶香味、蘑菇味、腥味
反式-2,4-癸二烯醛	2.30	49.46	12.90	脂蜡、油炸、青香	脂香味、焦香味、清新味
芳樟醇	2.40	47.60	32.11	青香、花香、薰衣草、柠檬、玫瑰	清新味、奶香味
癸醛	2.60	30.15	20.33	脂蜡、油炸、橙皮、花香	脂香味、焦香味、清新味、奶香味
2-正戊基呋喃	19.00	10.14	6.39	黄油、花香、果香	奶香味
正辛醛	170.00	5.55	0.53	脂蜡、青香、柑橘	脂香味、清新味、奶香味
正己醛	230.00	4.18	0.39	脂蜡、青香、苹果	脂香味、清新味、奶香味
庚醛	260.00	4.14	0.37	脂蜡、青香、柑橘、坚果	脂香味、清新味、奶香味、焦香味
异戊醛	0.35	-	5 345.44	果香	清新味、奶香味
2-乙酰基吡嗪	0.40	-	57.73	焙烤、烤玉米、烤麦片	焦香味、奶香味、干草味
2-乙酰基噻唑	4.00	-	18.70	坚果、爆米花、烤肉	焦香味、奶香味、肉香味

注：-为未检出

在香气特征中，“脂蜡”可能与感官属性中的“脂香味”有关，“蘑菇”可能与“蘑菇味”相一致，“油炸、坚果”可能对应“焦香味”，“烤肉”或与“焦香味”和“肉香味”相关，“青香、黄瓜”给人以“清新味”的感觉，“鱼类、泥土”使人联想到鱼腥、土腥的“腥味”。感官描述词中的“奶香味”是奶香与甜香的复合风味，“黄油”主要呈现“奶香味”；而“花香、薰衣草、玫瑰、谷物、爆米花”带有甜香，也可能与“奶香味”对应；“果香、瓜果香、柑橘、柠檬、苹果、橙皮”有水果清香与甜香，可与“清新味”和“奶香味”对应；“焙烤、烤玉米、烤麦片”呈现出焦糖般的、稍带谷物的馥郁香气，可能与“焦香味”“奶香味”和“干草味”相对应。

由表3可看出，老火锅牛油和浓香牛油中分别检出13、10种关键风味物质，这些关键风味物质中，50%以上都是醛类，说明醛类对牛油的整体风味贡献最大，这与文献[12]研究结果一致。从鉴定出的关键风味物质的香气特征可知，绝大多数化合物主要呈现脂蜡风味，并兼具花香、果香和清香，因其OAV在老火锅牛油中相对较高，故老火锅牛油的“脂香味”“奶香味”和“清新味”比浓香牛油的更加

突出，而且贡献奶香风味的2-正戊基呋喃的OAV在老火锅牛油中更高，使其“奶香味”得到进一步提升。仅在老火锅牛油中鉴定出的反式-2-癸烯醛和1-辛烯-3-醇具有一定的鱼腥味和土腥味特征，可能造成老火锅牛油“腥味”更加明显。2-乙酰基吡嗪和2-乙酰基噻唑仅在浓香牛油中检出，主要呈现类似爆米花的焦糖甜香，加强了浓香牛油的“焦香味”；同时，2-乙酰基吡嗪也具有烤玉米、烤麦片的馥郁香气，为浓香牛油赋予“干草味”；2-乙酰基噻唑还具有一定的烤肉香气，使得浓香牛油具有“肉香味”。上述结果与感官分析结果吻合，说明CATA在牛油风味评价方面具有较高的准确性，可作为牛油的感官分析方法之一。

此外，具有蘑菇香气的1-辛烯-3-醇在浓香牛油中未检出，推测其风味与“蘑菇味”定义的“烘干菌菇的沉闷气味”可能不同；“酸败味”的关联物质尚未清晰，因其感知人数极少，故该风味可能与某些高阈值的呈刺激性气味的物质相关，后续可通过嗅闻仪进一步确认风味物质的香气特征。

3 结论

本研究利用CATA对浓香牛油和老火锅牛油的

感官特征进行了分析,并对感官属性与喜好度之间的关系进行了探究。结果表明,“肉香味”“焦香味”“干草味”和“蘑菇味”在浓香牛油中相对突出,“脂香味”“膻味”和“腥味”在老火锅牛油中更加突出。增加浓香牛油与老火锅牛油的“膻味”,减弱其“腥味”和“蘑菇味”,或在开发理想牛油产品时,增加“奶香味”“清新味”与“肉香味”,均可提高消费者喜好度。老火锅牛油与浓香牛油中分别检出 13、10 种关键风味物质,且 SPME-GC×GC-MS 测定结果进一步补充说明感官结果的可靠性。

参考文献:

- [1] 吴海玥. 动物油脂生产加工技术研究进展[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2014, 44(1): 40-41.
- [2] 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): 62-70.
- [3] 林喆, 韦仕静, 姚崇, 等. 不同牛油油脂评价及成分分析[J]. 中国食品添加剂, 2021, 32(2): 83-90.
- [4] 刘平, 翟刚, 陈功, 等. 郫县豆瓣特征香气物质的研究鉴定[J]. 中国酿造, 2015, 34(1): 27-32.
- [5] SUN S Y, JIANG W G, ZHAO Y P. Characterization of the aroma-active compounds in five sweet cherry cultivars grown in Yantai (China)[J]. Flavour Fragr J, 2010, 25(4): 206-213.
- [6] FENG Y Z, CAI Y, SU G W, et al. Evaluation of aroma differences between high-salt liquid-state fermentation and low-salt solid-state fermentation soy sauces from China[J]. Food Chem, 2014, 145: 126-134.
- [7] 刘亚敏, 刘玉民, 李鹏霞. 超临界 CO₂ 流体萃取-GC-MS 分析南北五味子挥发油成分[J]. 食品科学, 2011, 32(6): 204-208.
- [8] 张菡. 优良苹果酒酵母优选及苹果酒香气调控技术研究[D]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2006.
- [9] 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.
- [10] 王丽金, 胡丽香, 张浩, 等. 基于气味活性值及香气重组对牛油中关键香气活性化合物的分析[C]//中国食品科学技术学会第十七届年会摘要集. 西安: 中国食品科学技术学会, 2020.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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(自然科学版), 2010, 31(1): 30-32, 36.
- [15] 杨洋, 杨敏, 索化夷, 等. Check-all-that-apply 和定量描述分析法对褐色酸奶感官性质的分析[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(18): 209-214.
- [16] JAEGER S R, CADENA R S, TORRES-MORENO M, et al. Comparison of check-all-that-apply and forced-choice yes/no question formats for sensory characterisation[J]. Food Qual Prefer, 2014, 35: 32-40.
- [17] DOOLEY L, LEE Y S, MEULLENET J F. The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping[J]. Food Qual Prefer, 2010, 21(4): 394-401.
- [18] LEE Y, FINDLAY C, MEULLENET J. Experimental consideration for the use of check-all-that-apply questions to describe the sensory properties of orange juices[J]. Int J Food Sci Technol, 2013, 48(1): 215-219.
- [19] TORRES F R, ESMERINO E A, CARR B T, et al. Rapid consumer-based sensory characterization of requeijão cremoso, a spreadable processed cheese; performance of new statistical approaches to evaluate check-all-that-apply data[J]. J Dairy Sci, 2017, 100(8): 6100-6110.
- [20] 李春霖. 基于化学计量学和近红外光谱技术的龙井茶感官及化学品质评价研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2019.
- [21] ARES G, DAUBER C, FERNANDEZ E, et al. Penalty analysis based on CATA questions to identify drivers of liking and directions for product reformulation[J]. Food Qual Prefer, 2014, 32: 65-76.
- [22] 黄豆, 曹烙文, 岑延相, 等. 顶空固相微萃取-全二维气相色谱/飞行时间质谱测定三种芒果香气成分[J]. 食品工业科技, 2021, 42(15): 218-226.
- [23] 张景顺, 张冠男, 赵柳杨, 等. 全二维气相色谱-质谱结合像素和峰表方法筛选柴油的特征组分[J]. 分析化学, 2021, 49(8): 1318-1326.
- [24] 陈啸天, 肖雪, 钱沉鱼, 等. 全二维气相色谱-四级杆飞行时间质谱对不同产地砂仁挥发油成分的分析[J]. 中国调味品, 2021, 46(2): 142-148.
- [25] 李元一, 邢可馨, 张葆春, 等. 基于全二维气相色谱-飞行时间质谱及感官分析的中法白兰地香气特征研究[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(14): 198-203.
- [26] 何聪聪, 苏柯冉, 刘梦雅, 等. 基于 AEDA 和 OAV 值确定西瓜汁香气活性化合物的比较[J]. 现代食品科技, 2014, 30(7): 279-285.
- [27] 常玉梅. 描述性检验与消费者接受度感官分析方法研究[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2013.

- absorption model [J/OL]. Food Chem, 2023, 403: 133943[2022 - 12 - 14]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814622019057>.
- [21] CALVELLO R, ARESTA A, TRAPANI A, et al. Bovine and soybean milk bioactive compounds: effects on inflammatory response of human intestinal Caco - 2 cells [J]. Food Chem, 2016, 210: 276 - 285.
- [22] VINCENT M, MÉNARD O, ETIENNE J, et al. Human milk pasteurisation reduces pre - lipolysis but not digestive lipolysis and moderately decreases intestinal lipid uptake in a combination of preterm infant in vitro models [J/OL]. Food Chem, 2020, 329: 126927[2022 - 12 - 14]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126927>.
- [23] JIN H H, LU Q, JIANG J G. Curcumin liposomes prepared with milk fat globule membrane phospholipids and soybean lecithin [J]. J Dairy Sci, 2016, 99(3): 1780 - 1790.
- [24] ICKENSTEIN L M, SANDSTRÖM M C, MAYER L D, et al. Effects of phospholipid hydrolysis on the aggregate structure in DPPC/DSPE - PEG2000 liposome preparations after gel to liquid crystalline phase transition [J]. Biochim Biophys Acta, 2006, 1758(2): 171 - 180.
- [25] 黄茜, 王淑慧, 崔婧, 等. DHA 藻油脂质体制备及性质的研究 [J]. 中国粮油学报, 2019, 34(7): 92 - 97.
- [26] MOLINA M I, PETRUCCELLI S, AÑÓN M C. Effect of pH and ionic strength modifications on thermal denaturation of the 11S globulin of sunflower (*Helianthus annuus*) [J]. J Agric Food Chem, 2004, 52(19): 6023 - 6029.
- [27] RASTI B, JINAP S, MOZAFARI M R, et al. Comparative study of the oxidative and physical stability of liposomal and nanoliposomal polyunsaturated fatty acids prepared with conventional and Mozafari methods [J]. Food Chem, 2012, 135(4): 2761 - 2770.
- [28] LI J, SHEN Y, ZHAI J, et al. Enhancing the oxidative stability of algal oil powders stabilized by egg yolk granules/lecithin composites [J/OL]. Food Chem, 2021, 345: 128782[2022 - 12 - 14]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128782>.
- [29] SAHARI M A, MOGHIMI H R, HADIAN Z, et al. Physicochemical properties and antioxidant activity of α - tocopherol loaded nanoliposome's containing DHA and EPA [J]. Food Chem, 2017, 215: 157 - 164.
- [30] TURCHIULI C, JIMENEZ MUNGUÍA M T, HERNANDEZ SANCHEZ M, et al. Use of different supports for oil encapsulation in powder by spray drying [J]. Powder Technol, 2014, 255: 103 - 108.
- [31] RAMEZANZADE L, HOSSEINI S F, NIKKHAH M. Biopolymer - coated nanoliposomes as carriers of rainbow trout skin - derived antioxidant peptides [J]. Food Chem, 2017, 234: 220 - 229.
- [32] MOHAN A, MCCLEMENTS D J, UDENIGWE C C. Encapsulation of bioactive whey peptides in soy lecithin - derived nanoliposomes: influence of peptide molecular weight [J]. Food Chem, 2016, 213: 143 - 148.
- [33] HU S, DING Z, ZHANG G, et al. Fabrication and spray - drying microencapsulation of vitamin C - loaded W₁/O/W₂ emulsions: influence of gel polymers in the internal water phase on encapsulation efficiency, reconstituted stability, and controlled release properties [J/OL]. LWT - Food Sci Technol, 2022, 170: 114113[2022 - 12 - 14]. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114113>.
- [34] FU J, SONG L, LIU Y, et al. Improving oxidative stability and release behavior of docosahexaenoic acid algae oil by microencapsulation [J]. J Sci Food Agric, 2020, 100(6): 2774 - 2781.
- [35] HU Y Y, MA C G, ZHOU T L, et al. Enzymatic synthesis of hydrophilic phytosterol polyol esters and assessment of their bioaccessibility and uptake using an in vitro digestion/Caco - 2 cell model [J/OL]. Food Chem, 2022, 370: 131324[2022 - 12 - 14]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131324>.
-
- (上接第 36 页)
- [28] 孟欣, 吴梦洁, 杨洁, 等. CATA 方法应用于手膜的消费者感官研究 [J]. 日用化学品科学, 2021, 44(7): 38 - 44.
- [29] MEYNEERS M, CASTURA J C, CARR B T. Existing and new approaches for the analysis of CATA data [J]. Food Quality Prefer, 2013, 30(2): 309 - 319.
- [30] 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.
- [31] 徐士琪, 白佳伟, 杨文熙, 等. 干草果中的关键香气成分分析 [J]. 精细化工, 2019, 36(9): 1857 - 1862, 1873.
- [32] 王雪梅, 孙文佳, 李亚隆, 等. 不同产地鲜辣椒发酵郫县豆瓣的品质分析 [J]. 食品科学, 2020, 41(10): 213 - 221.
- [33] VAN GEMERT L J. Odour thresholds - compilations of odour threshold values in air, water and other media [M]. Netherlands: Oliemans Punter & Partners BV, 2011: 230 - 354.
- [34] 美国香料和提取物制造商协会. 风味图书馆 [EB/OL]. [2021 - 12 - 29]. <https://www.femaflavor.org/flavor-library>.