

麻辣火锅底料风味物质及风味轮应用研究进展

屠大伟¹, 谢书苗², 毕娇², 尤琳烽¹

1. 重庆工商大学食品科学与工程学院, 重庆 400067

2. 重庆万标检测技术有限公司, 重庆 400714

摘要:目的 对麻辣火锅底料的风味物质与风味轮的研究现状进行阐述与总结,旨在为火锅底料的风味研究提供参考。方法 通过查阅和分析相关文献,对麻辣火锅底料风味物质提取鉴定方法、麻辣火锅底料风味轮构建及应用现状进行了系统归纳和总结,并对未来发展方向进行了展望。结果 对麻辣火锅底料风味物质的提取及检测的方法进行了梳理,得出麻辣火锅底料中的风味物质主要有烃类物质、醛类物质、醇类物质、酯类物质、酮类物质及其他物质。结合感官评价,对麻辣火锅底料感官描述词的建立、风味轮的构建及应用展开描述,讨论火锅底料风味物质研究与风味轮相结合对提高火锅底料品质、推动火锅底料发展具有重要作用。结论 风味是火锅底料的重要评价指标,有效的风味物质提取及检测方法对于明确麻辣火锅底料风味成分尤为重要,麻辣火锅底料风味轮的构建及应用证明了风味轮的实用性和科学性,风味轮的构建及应用也需要在实践中不断研究与更新,以利于进一步指导生产并改善产品的风味。

关键词:麻辣火锅底料;风味物质;感官评价;风味轮;研究进展

中图分类号:TS201 **文献标识码:**A **doi:**10.16055/j.issn.1672-058X.2026.0003.001

Research Progress on Flavor Substances and Application of Flavor Wheel in Spicy Hot Pot Seasoning

TU Dawei¹, XIE Shumiao², BI Jiao², YOU Linfeng¹

1. School of Food Science and Engineering, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China

2. Chongqing Wanbiao Testing Technology Co., Ltd., Chongqing 400714, China

Abstract: Objective This review aims to systematically elaborate on and summarize the current research status of flavor substances and the flavor wheel in spicy hotpot seasoning, thereby providing a reference for future studies on its flavor profile. **Methods** Based on a comprehensive review and analysis of relevant literature, this article systematically summarizes the methods for the extraction and identification of flavor substances in spicy hotpot seasoning, as well as the construction and application of its flavor wheel. Prospects for future research directions are also discussed. **Results** The methods for extracting and detecting flavor substances in spicy hotpot seasoning are systematically reviewed. The primary flavor substances are summarized, including hydrocarbons, aldehydes, alcohols, esters, ketones, and other substances. In conjunction with sensory evaluation, the establishment of sensory descriptors, the construction of the flavor wheel, and its applications are described. The discussion highlights the significant role of integrating flavor compound research with the flavor wheel in enhancing product quality and advancing the development of hotpot seasoning. **Conclusion** Flavor is a

收稿日期:2024-07-16 修回日期:2024-10-21 文章编号:1672-058X(2026)03-0001-09

作者简介:屠大伟(1977—),男,博士,正高级工程师,从事食品安全与检测研究。

通信作者:尤琳烽(1987—),男,博士,副教授,从事食品风味与食品检测研究。Email:youlf@ctbu.edu.cn.

引用格式:屠大伟,谢书苗,毕娇,等.麻辣火锅底料风味物质及风味轮应用研究进展[J].重庆工商大学学报(自然科学版),2026,43(3):1-9.

Tu Dawei, Xie Shumiao, Bi Jiao, et al. Research progress on flavor substances and application of flavor wheel in spicy hot pot seasoning[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2026, 43(3): 1-9.

critical quality indicator for hotpot seasoning. Effective extraction and detection methods for flavor substances are essential for clarifying its flavor composition. The construction and application of the flavor wheel for spicy hotpot seasoning demonstrate its practicality and scientific value. However, the construction and application of the flavor wheel also need continuous research and updating in practice to better guide production and improve the flavor of products.

Keywords: spicy hot pot seasoning; flavor substance; sensory evaluation; flavor wheel; research progress

火锅作为一种具有丰富文化内涵的中国传统美食,在中国传统饮食文化中占有重要地位^[1]。麻辣火锅,最早可追溯到明末清初的嘉陵江畔、码头等地,以重庆火锅的麻辣火锅为代表,其“麻、辣、鲜、香”的口味和鲜红的色泽深受消费者喜爱,如今已是享誉海内外的一大美食^[2]。火锅底料是火锅特色风味的主要来源,麻辣火锅底料在制作过程中多以牛油或清油为基质,佐以食盐、豆瓣、辣椒、花椒、味精、葱、姜、蒜、香料等调味料制成^[3]。

麻辣火锅底料原料复杂、品种繁多,风味差异较大。风味是评价火锅综合质量的重要指标,也是消费者在选择产品时主要的考虑因素。通过前处理方法,将这些成分提取、分析研究后,确定麻辣火锅底料中的重要风味成分及其关键风味成分。此外,感官评价也是火锅底料产品质量控制中的一个重要环节,传统的评价体系并不完善,缺乏统一的感官评价标准。因此在人的感官与火锅底料物质的联系、规律上形成一个系统、可视化的表述,对于麻辣火锅底料风味的科学评价是必要的。为了达到这样的目的,我们可以借助“风味轮”,风味轮是一种描述不同产品风味特征的视觉工具,可以将产品的风味特征通过车轮的形式形象地表达出来^[4],通常用 2—3 层结构来表示产品感官描述的特征和共性,从内到外逐层分类细化,从而准确地表达产品风味特性,为消费者提供具体的麻辣火锅底料的感官信息;此外,对不同种类产品进行对比分析,剖析产品定位和优势,进行风味改良及品质提升,以更好地适应未来麻辣火锅底料消费市场的变化^[5-6]。

本文旨在对麻辣火锅底料风味物质提取及鉴定方法进行介绍,总结了麻辣火锅底料的主要香气物质,结合感官评价,对风味轮的构建及应用进行阐述,为进一步探讨麻辣火锅底料特征风味提供理论依据,同时方便专业人员与消费者能够更加直观和全面地了解火锅的特性,为麻辣火锅底料质量控制、产品优化提供理论基础。

1 麻辣火锅底料风味物质研究进展

1.1 麻辣火锅底料风味物质前处理

麻辣火锅底料风味成分的分析测定需先将风味成分从基体中提取分离出来,由于麻辣火锅底料风味物质成分复杂,需要选取合适的前处理技术进行提取分离。目前,关于采用水蒸气蒸馏法、同时蒸馏萃取法、固相微萃取等方法对麻辣火锅底料中的风味物质进行提取均有报道^[7-8],不同前处理方法的比较见表 1。水蒸气蒸馏法是一种传统的用于提取风味成分的前处理方法,陈艳等^[9]采用水蒸气蒸馏法从火锅底料中提取出 35 种风味物质,其中,芳樟醇、右旋萜二醇、桉烯等 9 种物质是其主要的风味物质。同时蒸馏萃取法能对食品中的挥发性风味物质进行提取,其原理是将样品的蒸气与萃取溶剂的蒸气混合在同一装置中,两种蒸气在装置中冷凝相遇后转移,通过对样品的反复蒸馏和萃取,从而使样品中的挥发性物质得到浓缩,与传统的水蒸气蒸馏方法相比,提取效率更高^[10]。据张丽珠等^[8]报道采用同时蒸馏法在麻辣火锅底料中提取出 58 种挥发性成分。但同时蒸馏法萃取时间较长,温度高,麻辣火锅底料在长时间高温提取的条件下,极易发生一些化学反应,如美拉德反应、酯化反应和降解反应,在反应中会产生新物质,从而影响挥发物定性的准确性^[7,11]。顶空-固相微萃取是目前用于富集挥发性风味物质较为常见的前处理方法之一,通过纤维萃取头对挥发性物质进行吸附,该方法操作简单,灵敏度高,不需要添加有机溶剂,能有效减少或消除化学试剂引起的环境污染问题,符合当今提倡的绿色化学、环境友好型样品前处理方法的原则^[12]。刘娜等^[13]、杨瑞香等^[14]采用此方法在红油火锅底料和清油麻辣火锅底料中分别萃取出 39 种和 55 种挥发性成分。杨莉等^[15]采用顶空固相微萃取对麻辣火锅底料风味物质进行提取,以探究麻辣火锅底料炒制和熬煮过程中的挥发性物质。近年来,新的提取方法——薄膜固相萃取法也逐渐发展起来,薄膜固相微萃取是集高灵敏度和高萃取效率于一体的提取方法,其具有较大的有效萃取体积,同时具备较大的吸附容量,能够缩短预萃取平衡时间,实现快速达到最终相平衡阶段^[16]。晁仲昊等^[1]采用薄膜固相微萃取法对 4 种牛油火锅底料的挥发性风味物质进行了比较分析。

表1 麻辣火锅底料风味检测前处理方法比较

Table 1 Comparison of pretreatment methods for flavor detection of spicy hot pot seasoning

前处理方法	优点	缺点	适用范围
水蒸气蒸馏法	操作方便,价廉,设备简单	萃取效率低,提取时间较长,提取温度过高时,热敏性物质可能会分解	难溶或不溶于水的成分
同时蒸馏萃取	提取效率高,重复性好,定性和定量效果好,操作简便且成本低	萃取时间长,温度高,易导致热分解和一些挥发物的形成	低挥发性、高分子量、高沸点的物质
顶空固相微萃取	集取样、提取、富集、进样于一体,操作简便,效率高,灵敏度高,易于自动化,不需要有机溶剂,安全环保	对涂层要求高,萃取物质有局限性,分析结果受萃取相和基质影响较大	适于高挥发性、低阈值成分的提取
薄膜固相微萃取	高效、灵敏、选择性好,萃取效率高,能够快速完成样品基质的快速分离,有效分离待分析物并降低基质干扰	萃取涂层选择对结果影响大,提取效率与试验条件密切相关	小分子、低沸点的化合物

1.2 麻辣火锅底料风味物质测定

将风味物质从基体分离提取后,需要使用一些检测方法对其进行定性或定量分析。麻辣火锅底料中的香气物质具有分子量小、沸点低、易挥发的特点,选择有效的风味物质检测方法对其进行准确的检测至关重要。目前对挥发性风味物质进行鉴定的方法主要有气相色谱-质谱联用法(GC-MS)、气相色谱-嗅闻法(GC-O)、气相色谱-离子迁移谱法(GC-IMS)、电子鼻(E-nose)等多种方法^[17],不同测定方法的对比见表2。杨瑞香等^[14]采用固相微萃取对清油麻辣火锅底料中的挥发性风味成分物质进行提取,并用气相色谱-质谱联用仪对萃取结果进行定性分析,共得到55种挥发性成分。Sun等^[3]采用固相微萃取和辅助溶剂蒸发,通过GC-MS,GC-O检测了4种市售火锅底料中的挥发性化合物。刘娜等^[13]通过采用GC-MS和GC-O的方法,

在红油火锅底料涮煮前、后分别检测出39种挥发性风味物质,其中,茴香脑等4种物质是其主要的风味物质。电子鼻具有多组交互敏感传感器阵列,以模拟人类嗅觉系统的方式检测挥发性化合物,通过特定的传感器实现检测,具有操作简便、响应时间短、检测快速的优点^[18],电子鼻结合GC-MS在火锅底料检测中已有广泛应用。马丽娅等^[19]利用电子鼻结合GC-MS分析花椒对火锅底料挥发性风味的贡献,结果表明四川茂汶红花椒与其他品种花椒具有显著差异,不同品种花椒混合后的特征香味变化明显。夏亚男等^[20]基于GC-MS、结合电子鼻、电子舌技术对4种川味火锅调料的关键风味化合物进行研究。为探究不同种类市售牛油火锅底料的品质及挥发性物质的差异,烟胜男等^[21]对火锅底料基本理化指标进行测定,并采用电子鼻、顶空-气相色谱-离子迁移谱技术对火锅底料挥发性物质进行分析。

表2 麻辣火锅底料风味物质检测技术比较

Table 2 Comparison of detection technologies for flavor substances in spicy hot pot seasoning

检测方法	优点	缺点
气相色谱-质谱联用	分离效率高,灵敏度高,分析速度快,检出限低,溶剂消耗少	测试条件需要真空系统,分析对象有限制,对同分异构体分辨能力差
气相色谱-嗅觉测定法	灵敏度高,检测范围广,与人的感官相结合	耗时长,重现性差,对嗅闻人员要求高,个人主观性强
气相色谱-离子迁移谱法	分离效果好,检出限低,稳定性好,灵敏度高,样品无需浓缩富集,可大批量分析快速样品检测	对小分子烷烃类物质无响应
电子鼻	操作简便,耗时短	只能获得风味的整体信息,不能定性定量

1.3 麻辣火锅底料风味物质组成

麻辣火锅底料风味物质组成一般分成烃类化合物、醇类化合物、醛类化合物、酯类化合物、酮类化合物及其他化合物,这些化合物共同作用为麻辣火锅底料提供丰富的香气。烃类化合物在麻辣火锅底料中占比较大,麻辣火锅底料中检测到的烃类物质主要为不饱和和烃类,不饱和和烃类物质主要以萜烯为主,阈值较低且

气味强烈,其主要来源于香辛料中脂肪酸烷氧化自由基断裂的产物^[22]。麻辣火锅底料中的醇类物质主要由脂肪的氧化分解产生,一般饱和醇风味阈值高,对整体风味贡献不大,而不饱和醇的阈值较低,对整体风味贡献大^[23]。不同的醇类化合物香味不同,芳樟醇是麻辣火锅底料的关键香气化合物,呈柑橘、铃兰香、花香、青香及木香等气息,主要来源于麻辣火锅底料炒制过程

赋予的香气,香气物质之间的共同作用,形成了独特的麻辣风味,但即使是含量较低的成分,也可能对麻辣火锅底料的整体香气产生不可忽视的影响。因此,为了更精确地分析和优化麻辣火锅底料的风味,可以采用仪器分析与感官评价相结合的方法。

食品感官分析是根据人的感觉器官,如嗅觉、味觉、听觉、视觉和触觉所引起的反应来测量,用文字、语言、符号或数据进行记录,再用统计学的方法进行统计分析的一种科学方法^[28-29]。在选购产品时,通过感官分析的方法鉴定出食品质量的优劣,对于消费者来说更加便捷且直观。因此,感官分析是消费者选购产品用来评价产品质量好坏的最佳方法^[30]。进行感官分析有描述性分析、差别检验和偏好测试这3种主要的方法,描述性分析是通过感官术语对样品的感官特性进行定性和定量分析,可以精准分析不同产品的感官属性,是目前使用较多的描述类感官评价方法,常作为建立风味轮的基础^[31-32]。

将描述性感官术语构建成完整的描述语系统称为“风味轮”,风味轮是一种在国际上已被普遍认可的用于描述风味的实用工具,通常用2—3层结构来表达产品感官属性^[33-34]。此外,通过逐层分类细化,从内到外呈现不同的感官属性,其中,最内层概括了整体感官描述语的类别,内层为宏观上的风味描述语,外层的术语表现为具体的感官描述词,是以标准样品为参照,根据样品中提取出的物质的风味特点来进行命名的感官描述词^[35-36]。风味轮这一概念最早由美国精品咖啡协会于1955年提出^[37],并逐渐应用于茶叶^[38-42]、酒类^[36,43-51]领域。随着风味轮技术的发展,在酱油^[6]、食醋^[52]、香料^[53]、烤冰薯^[35]、甘薯^[54]、猪骨汤^[55]、泡椒^[56]、预制老鸭汤^[57]等方面均开展研究,进一步说明风味轮技术应用的广泛性。

3 麻辣火锅底料风味轮研究现状

3.1 火锅底料风味轮建立基础

感官评价小组的成立与培训,感官属性描述词的建立是构建风味轮的重要前提工作,品评员需要通过风味标准参考物进行训练,经培训合格即可进行感官评价^[32]。感官评价时,品评员需要对样品进行感官描述得到感官描述词并进行强度评分,整理描述词,进行筛选和分类,根据GB/T 16861—1997《感官分析 通用多元分析方法鉴定和选择用于建立感官剖面的描述词》的相关计算,删除出现次数少的感官描述词,进一步修正,确定样品初步的感官描述语,并通过主成分分析、相关性分析等方法确定样品最终感官描述语,并以轮盘的形式表现出来,一般内圈多为宏观分类的感官描述词,外圈多为具体的感官描述词,清楚地表明了产

品的特定风味^[36],一般样品风味越丰富,风味轮呈现也会更密集。

3.2 麻辣火锅底料风味轮应用现状

感官描述词的确定是构建风味轮的基础,参照白酒、茶叶等风味轮构建的成熟经验,火锅底料的风味轮体系的建立也逐步推进。马铃等^[58-59]提出火锅香气的描述词,风味主要包括油香、脂香、肉香,酱香,酸香,香辛料、辣椒、花椒几个方面,其中,油香、脂香、肉香分为9种,酱香分为2种,酸香分为1种,香辛料、辣椒、花椒分为8种,具体描述词如表3所示。王浩文等^[60]对牛油火锅底料进行感官品评得到香气和滋味的描述词,包括牛脂香、烤牛肉香、花椒风味、油炸糍粑辣椒、豆瓣酱酱香、豆豉豉香、复合香辛料的风味、木香、植物油香气、焦甜香、生姜风味等11个香气描述词,咸味、鲜味、甜味、酸味、苦味、辣感、麻感、油脂融化感、脂肪厚实感等9个滋味描述词。黄艳等^[61]以5种麻辣火锅底料为研究对象,以研究麻辣火锅底料感官评价指标的建立方法,按照GB/T 16861对感官描述词进行删减后,初步得到火锅底料色泽、气味、滋味3方面共16个感官描述词。通过主成分和相关性分析,得到评价麻辣火锅底料感官品质的12个关键性感官描述词,包括麻、辛辣、鲜、豆瓣味、香辛料味、豆瓣香、牛油脂香、辣椒香、香辛料香、花椒香、红亮、暗红。

表3 火锅香气描述词^[58,59]

Table 3 The aroma descriptors of hot pot

语言家族	火锅香气语言	语言描述
	burnt oil	油脂的糊焦香味
	oily	植物油的香气
	tallow	牛脂的脂香味
油香、	meaty	肉香
脂香、	butter fatty	牛肉、牛油特色的奶膻味
肉香	animalic	动物特有的体香
	roasted beef	烤过的牛肉的肉香味
	boiled beef	炖煮过的牛肉的肉香
	mutton fatty	羊脂肪的脂肪香
酱香	broad bean paste	豆瓣酱产生的酱香
	douchi	豆豉的清香、咸香味
酸香	sour	发酵后的产生酸香
	garlic	大蒜香气
	spicy	香辛料的香气
	ginger	生姜香气
香辛料、	Ba Jiao	八角香料香气
辣椒、	chili	辣椒的香气
花椒	Zanthoxylum bungeanum	花椒的香气
	floral	花香
	citrus	果香,带有清香柑橘味

YU 等^[5]从香气、滋味、质地和外观 4 个方面对火锅底料进行感官分析,经过整理、讨论、筛选,最后确定了 52 个感官描述语,其中包括 24 个香气描述语,10 个滋味描述语,13 个质地描述语和 7 个外观描述语,并绘制了麻辣牛油火锅底料风味。结合香气属性的具体特征,香气的二级描述词分为辛辣味、脂肪、甜味、烤香、泥土、鱼腥味和花香 7 类;滋味的二级描述词分为甜味、脂肪味和基本口感 3 类;基本口感进一步可分为鲜、甜、咸、酸、苦;质地的二级描述词分为口感、融化度和硬度 3 个方面,进一步可分为涩味、奶油味、粘附性、脂肪、糊口感、强度、刺激性、麻味、内聚性、底料的熔化行为和脆度 11 项;外观包括颜色、表面和横截面 3 类,颜色分为底料红润度、均匀颜色性以及光泽度,横截面情况表现为油和水混合性、分层状况;表面则用光滑度和脂肪感描述,这些描述词较为全面地反映了麻辣火锅底料的感官特征。选择 8 个麻辣火锅底料样品对已确定的感官描述语进行应用,香气、风味和口感特征在不同的样品之间差异显著,可以有效地区分不同的麻辣火锅底料样品,利于样品之间的比较,证实了风味轮建立的实用性和科学性。此外,结合了感官评价关键香气化合物对火锅底料的贡献程度。将风味物质与风味轮应用相结合,对提高火锅底料品质、推动火锅底料发展具有重要作用。

4 结论与展望

如今火锅行业已从追求产量发展转向追求品质发展,而风味是产品品质最重要的衡量指标之一,麻辣火锅底料风味物质的提取及鉴定技术较为全面,结合其他方法对风味物质进行准确的定性、定量分析正有序开展。结合感官评价,对麻辣火锅底料进行风味轮的构建,为消费者提供形象、具体的火锅底料感官信息,使感官评价和交流有可靠的依据。由于火锅底料的典型感官特征及感官缺陷都会通过轮盘展示出来,也有利于不同类型底料之间的系统比较,为火锅底料风味研究提供了基础数据和科学指导。随着风味轮技术的推广应用,火锅底料的风味研究也会逐渐成熟,更加规范、系统,通过进行风味导向型研究和消费者偏好性研究,进一步对麻辣火锅底料产品开发、质量控制、产品优化分级等进行指导,以适应未来麻辣火锅底料的市场发展需求。对于火锅底料研究,未来可从以下几个方面展开:

目前,对于麻辣火锅底料风味已进行了大量研究,多集中在风味物质的测定,但对于麻辣火锅底料风味形成的机理尚不明确,未来可继续探索火锅底料风味形成机理,明确风味物质的产生途径。

火锅底料的种类和口味多种多样,可分为麻辣类、清汤类、酸菜类、酱香类等多种类型,每一种都有

其独特的风味特征。目前,火锅底料没有相对应的专属风味轮,未来可加快专属风味轮的构建,将风味轮盘与风味具体数值相结合,基于风味轮对其感官特性的差异进行探究,此外,风味轮不是一成不变的,需要在实践中不断地研究与更新,使风味轮的呈现更加符合产品特性。

参考文献(References):

- [1] 晁仲昊, 夏志强, 陈刚, 等. 基于主成分分析的牛油火锅底料挥发性风味物质评价模型的构建[J]. 食品与发酵工业, 2024, 50(1): 241-251.
CHAO Zhong-hao, XIA Zhi-qiang, CHEN Gang, et al. Construction of evaluation model for volatile flavor compounds in beef tallow hotpot seasoning based on principal component analysis[J]. Food and Fermentation Industries, 2024, 50(1): 241-251.
- [2] 郑连姬. 重庆麻辣火锅底料安全性综合评价及复配粉肠道干预机理[D]. 重庆: 西南大学, 2020: 1-15.
ZHENG Lian-ji. Comprehensive safety evaluation of Chongqing spicy hot pot bottom material and intestinal intervention mechanism of compound powder[D]. Chongqing: Southwest University, 2020: 1-15.
- [3] SUN J, MA M, SUN B, et al. Identification of characteristic aroma components of butter from Chinese butter hotpot seasoning[J]. Food Chemistry, 2021, 338: 127838.
- [4] 屠婷瑶, 贾俊杰, 牛曼思, 等. 发酵型米酒感官风味特征及其风味轮的构建[J]. 中国酿造, 2023, 42(2): 40-45.
TU Ting-yao, JIA Jun-jie, NIU Man-si, et al. Sensory flavor characteristics of fermented rice wine and construction of its flavor wheel[J]. China Brewing, 2023, 42(2): 40-45.
- [5] YU M, LI T, WAN S, et al. Sensory-directed establishment of sensory wheel and characterization of key aroma-active compounds for spicy tallow hot pot seasoning[J]. Food Chemistry, 2023, 405: 134904.
- [6] 张海伟, 江飞鸿, 杨欧, 等. 中国酿造酱油风味轮构建及感官定量描述分析[J]. 食品科学, 2023, 44(14): 258-265.
ZHANG Hai-wei, JIANG Fei-hong, YANG Ou, et al. Flavor wheel development and sensory quantitative descriptive analysis of Chinese brewed soy sauce [J]. Food Science, 2023, 44(14): 258-265.
- [7] 谢跃杰, 韩燕, 许晶冰, 等. 麻辣火锅底料风味物质及影响其形成因素的研究进展[J]. 中国调味品, 2019, 44(9): 196-200.
XIE Yue-jie, HAN Yan, XU Jing-bing, et al. Research progress on flavor substances and influencing factors of spicy hotpot condiment[J]. China Condiment, 2019, 44(9): 196-200.
- [8] 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.
ZHANG Li-zhu, HUANG Zhan, TANG Jie, et al. SDE and

- SPME for analysis of volatile components in hot pot seasoning containing palm oil and rapeseed oil blends [J]. *Food Science*, 2014, 35(18): 156-160.
- [9] 陈艳, 饶朝龙, 郭梁艳. 藤椒火锅底料的研制及其挥发性风味成分分析[J]. *中国调味品*, 2019, 44(1): 10-14.
CHEN Yan, RAO Chao-long, GUO Liang-yan. Development and analysis of volatile flavor compounds of *Zanthoxylum armatum* DC. Hotpot seasoning[J]. *China Condiment*, 2019, 44(1): 10-14.
- [10] 曾朝懿, 张丽珠, 田伟, 等. 川渝地区特色红油火锅底料挥发性风味物质的比较及主成分分析[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(7): 283-287.
ZENG Chao-yi, ZHANG Li-zhu, TIAN Wei, et al. Comparison of volatile flavor substances and principal components analysis of Sichuan and Chongqing region characteristic red oil hot pot[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, 37(7): 283-287.
- [11] 安红梅, 尹建军, 张晓磊, 等. 同时蒸馏萃取技术在食品分析中的应用[J]. *食品研究与开发*, 2011, 32(12): 216-220.
AN Hong-mei, YIN Jian-jun, ZHANG Xiao-lei, et al. Application of simultaneous distillation extraction in food analysis[J]. *Food Research and Development*, 2011, 32(12): 216-220.
- [12] BELARDI R P, PAWLISZYN J B. The application of chemically modified fused silica fibers in the extraction of organics from water matrix samples and their rapid transfer to capillary columns[J]. *Water Quality Research Journal*, 1989, 24(1): 179-191.
- [13] LIU Na, DAI Yong-xin, HAO Xue-cai. Determination of volatile flavor compounds in red oil hot pot seasoning and flavor changes before and after boiling by solid-phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry[C]//Proceedings of the 8th Annual Conference of Chinese Institute of Food Science and Technology & the 6th High-level Forum on Eastern and Western Food Industry. Shanghai, 2011: 152.
- [14] 杨瑞香, 马丽娅, 王宇, 等. 基于 SPME/GC-MS 对清油麻辣火锅底料挥发性风味成分分析[J]. *食品工业*, 2020, 41(6): 310-313.
YANG Rui-xiang, MA Li-ya, WANG Yu, et al. Analysis of volatile flavor components of oily spicy hot pot seasoning based on SPME/GC-MS[J]. *The Food Industry*, 2020, 41(6): 310-313.
- [15] 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.
YANG Li, JIA Hong-feng, YANG Fang, et al. Analysis of changes in volatile components during parching and boiling of spicy hot pot seasoning by GC-MS combined with HS-SPME[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2020, 41(19): 52-59.
- [16] 郭志勇, 姚秋虹, 林奇, 等. 薄膜固相萃取技术的应用进展[J]. *色谱*, 2020, 38(1): 41-49.
GUO Zhi-yong, YAO Qiu-hong, LIN Qi, et al. Recent advances in the application of thin-film microextraction [J]. *Chinese Journal of Chromatography*, 2020, 38(1): 41-49.
- [17] 李贝贝. 重庆牛油火锅底料风味和品质优化初探[D]. 重庆: 西南大学, 2021: 7.
LI Bei-bei. Preliminary study on flavor and quality optimization of Chongqing butter hot pot bottom material[D]. Chongqing: Southwest University, 2021: 7.
- [18] 何莲, 易宇文, 徐向波, 等. 基于电子鼻和气质联用技术分析德庄火锅底料在煮制过程中挥发性物质变化[J]. *食品工业科技*, 2024, 45(24): 252-262.
HE Lian, YI Yu-wen, XU Xiang-bo, et al. Analysis of volatile substances in Dezhuang hotpot base during cooking based on electronic nose and GC-MS technology[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2024, 45(24): 252-262.
- [19] 马丽娅, 张晓乐, 吕南, 等. 火锅底料常用花椒主要挥发性物质分析[J]. *食品科技*, 2022, 47(11): 244-249.
MA Li-ya, ZHANG Xiao-le, LYU Nan, et al. Analysis of main volatile substances of prickly ash commonly used in hotpot condiment[J]. *Food Science and Technology*, 2022, 47(11): 244-249.
- [20] 夏亚男, 赵赟, 王俊林, 等. 基于 GC-MS、智鼻、智舌评价川味火锅调料的风味特征[J]. *食品科技*, 2021, 46(3): 267-275.
XIA Yan-an, ZHAO Yun, WANG Jun-lin, et al. Evaluation of flavor characteristics of Sichuan hotpot condiments by GC-MS, electronic nose and electronic tongue[J]. *Food Science and Technology*, 2021, 46(3): 267-275.
- [21] 烟胜男, 魏晓博, 刘慧燕, 等. 10 种市售牛油火锅底料理化指标及挥发性物质差异分析[J]. *食品工业科技*, 2024, 45(20): 252-261.
YAN Sheng-nan, WEI Xiao-bo, LIU Hui-yan, et al. Analysis of chemical indexes and volatile substances in 10 kinds of commercially available butter hotpot base materials[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2024, 45(20): 252-261.
- [22] 张逸君, 郑福平, 张玉玉, 等. MAE-SAFE-GC-MS 法分析道口烧鸡挥发性成分[J]. *食品科学*, 2014, 35(22): 130-134.
ZHANG Yi-jun, ZHENG Fu-ping, ZHANG Yu-yu, et al. Analysis of volatile components in Daokou roasted chicken by MAE-SAFE-GC-MS[J]. *Food Science*, 2014, 35(22): 130-134.
- [23] 顾赛麒, 陶宁萍, 吴娜, 等. 一种基于 ROAV 值鉴别蟹类关键特征性风味物的方法[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(13): 410-416.
GU Sai-qi, TAO Ning-ping, WU Na, et al. A new method based on ROAV value to identify the characteristic key volatile compounds of crab flavor[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2012, 33(13): 410-416.
- [24] WANG B, WU W, LIU J, et al. Flavor mystery of spicy hot pot base: chemical understanding of pungent, numbing,

- umami and fragrant characteristics[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2023, 139: 104137.
- [25] 刘建林, 孙学颖, 张晓蓉, 等. GC-MS 结合电子鼻/电子舌分析发酵羊肉干的风味成分[J]. *中国食品学报*, 2021, 21(5): 348-354.
LIU Jian-lin, SUN Xue-ying, ZHANG Xiao-rong, et al. Analysis of flavor components of fermented mutton jerky by GC-MS combined with electronic nose/electronic tongue[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2021, 21(5): 348-354.
- [26] 屠大伟, 马宏能, 唐敏, 等. 高效液相色谱-顶空固相微萃取气相色谱-质谱法结合电子鼻分析重庆烤鱼调料的风味特性[J]. *食品与发酵工业*, 2025, 51(2): 345-355.
TU Da-wei, MA Hong-neng, TANG Min, et al. Analysis of flavor characteristics of Chongqing roasted fish seasoning by high-performance liquid chromatography, headspace solid phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry combined with electronic nose[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2025, 51(2): 342-355.
- [27] 王浩文, 王传明, 王红强, 等. 四川火锅底料加工过程中风味变化规律[J]. *中国调味品*, 2022, 47(11): 173-177.
WANG Hao-wen, WANG Chuan-ming, WANG Hong-qiang, et al. Change rules of flavor of Sichuan hotpot seasoning during processing[J]. *China Condiment*, 2022, 47(11): 173-177.
- [28] GILL T A. Objective analysis of seafood quality[J]. *Food Reviews International*, 1990, 6(4): 681-714.
- [29] HYLDIG G, GREEN-PETERSEN D M B. Quality index method—an objective tool for determination of sensory quality [J]. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2005, 13(4): 71-80.
- [30] 岳营峰, 史波林, 赵镭, 等. 辣条感官描述词的建立及感官特征比较[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(9): 2728-2735.
YUE Ying-feng, SHI Bo-lin, ZHAO Lei, et al. Establishment of sensory descriptive vocabulary of spicy strip and the comparison of sensory characteristics [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2022, 13(9): 2728-2735.
- [31] 杨潇, 孙金兰, 姜波. 风味轮在啤酒行业的应用研究进展[J]. *中外酒业 啤酒科技*, 2020(7): 42-44.
YANG Xiao, SUN Jin-lan, JIANG Bo. Research progress on the application of flavor wheel in the beer industry [J]. *Global Alinfo*, 2020(7): 42-44.
- [32] 苏晓霞, 黄序, 黄一珍, 等. 快速描述性分析方法在食品感官评定中应用进展[J]. *食品科技*, 2013, 38(7): 298-303.
SU Xiao-xia, HUANG Xu, HUANG Yi-zhen, et al. Advance in the application of rapid descriptive sensory methods [J]. *Food Science and Technology*, 2013, 38(7): 298-303.
- [33] 王丽花, 郑福平, 高晓娟, 等. 白酒风味成分与感官评价的研究进展[J]. *中国酿造*, 2020, 39(8): 7-12.
WANG Li-hua, ZHENG Fu-ping, GAO Xiao-juan, et al. Research progress on flavor components and sensory evaluation of Baijiu[J]. *China Brewing*, 2020, 39(8): 7-12.
- [34] 祁雅楠, 葛谦, 李雅善, 等. 阳光玫瑰葡萄感官特征解析与感官轮建立[J]. *食品工业科技*, 2024, 45(11): 47-55.
QI Yan-an, GE Qian, LI Ya-shan, et al. Analysis of sensory characteristics of Shine Muscat grape and establishment of sensory wheel[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2024, 45(11): 47-55.
- [35] 张毅, 孙健, 岳瑞雪, 等. 冰烤薯风味轮的构建及应用[J]. *食品与发酵工业*, 2023, 49(23): 236-245.
ZHANG Yi, SUN Jian, YUE Rui-xue, et al. Construction of flavor wheel for quickly frozen baked sweet potato and its applications[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2023, 49(23): 236-245.
- [36] 叶晖春, 赵国华, 孙海浪, 等. 青稞酒风味轮的构建及在系列产品中的应用[J]. *酿酒*, 2023, 50(3): 48-52, 59.
YE Hui-chun, ZHAO Guo-hua, SUN Hai-lang, et al. Establishing of highland barley Baijiu flavor wheel and its application in serial products[J]. *Liquor Making*, 2023, 50(3): 48-52, 59.
- [37] CHAMBERS E IV, SANCHEZ K, PHAN U X T, et al. Development of a “living” lexicon for descriptive sensory analysis of brewed coffee[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2016, 31(6): 465-480.
- [38] 陈国和, 胡腾飞, 谢贺, 等. 普洱茶与茯砖茶风味轮的构建及应用[J]. *茶叶科学*, 2023, 43(5): 631-644.
CHEN Guo-he, HU Teng-fei, XIE He, et al. Construction of flavor wheel and quantitative sensory description analysis of Pu'er tea and fu brick tea[J]. *Journal of Tea Science*, 2023, 43(5): 631-644.
- [39] 朱艳, 胡腾飞, 黄甜, 等. 茯砖茶感官特征定量描述与风味轮构建[J]. *食品与生物技术学报*, 2023, 42(9): 1-9.
ZHU Yan, HU Teng-fei, HUANG Tian, et al. Sensory characteristics of fu brick tea by quantitative descriptive analysis and construction of flavor wheel[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2023, 42(9): 1-9.
- [40] 戴前颖, 叶颖君, 安琪, 等. 黄大茶感官特征定量描述与风味轮构建[J]. *茶叶科学*, 2021, 41(4): 535-544.
DAI Qian-ying, YE Ying-jun, AN Qi, et al. Sensory characteristics of yellow large leaf tea by quantitative descriptive analysis and construction of flavor wheel[J]. *Journal of Tea Science*, 2021, 41(4): 535-544.
- [41] 吴平. 六堡茶风味轮的构建及解析[J]. *茶叶*, 2021, 47(2): 89-98.
WU Ping. Construction and analysis of Liupao tea flavor wheel [J]. *Journal of Tea*, 2021, 47(2): 89-98.
- [42] 曾亮, 张博闻, 魏芳, 等. 南川大树茶红茶 QDA 分析条件优化与风味轮建立[J]. *茶叶通讯*, 2023, 50(2): 141-152.
ZENG Liang, ZHANG Bo-wen, WEI Fang, et al. Optimization of QDA analysis conditions and flavor wheel

- establishment for camellia nanchuanica black tea[J]. *Journal of Tea Communication*, 2023, 50(2): 141-152.
- [43] MEILGAARD M C, DALGLIESH C E, CLAPPERTON J F. Beer flavor terminology[J]. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 1979, 37(1): 47-52.
- [44] PIGGOTT J R, JARDINE S P. Descriptive sensory analysis of whisky flavour[J]. *Journal of the Institute of Brewing*, 1979, 85(2): 82-85.
- [45] MIRAREFI S, MENKE S D, LEE S Y. Sensory profiling of Chardone wine by descriptive analysis[J]. *Journal of Food Science*, 2004, 69(6): S211-S217.
- [46] JOLLY N P, HATTINGH S. A brandy aroma wheel for South African brandy[J]. *South African Journal of Enology & Viticulture*, 2017, 22(1): 1-10.
- [47] 周维军, 左文霞, 吴建峰, 等. 浓香型白酒风味轮的建立及其对感官评价的研究[J]. *酿酒*, 2013, 40(6): 31-36. ZHOU Wei-jun, ZUO Wen-xia, WU Jian-feng, et al. The establishment of flavor wheel and research on sensory evaluation[J]. *Liquor Making*, 2013, 40(6): 31-36.
- [48] 任金玫, 陈君平, 贾玮, 等. 凤香型白酒风味轮的初步建立及感官特征研究[J]. *中国酿造*, 2023, 42(10): 80-85. REN Jin-mei, CHEN Jun-ping, JIA Wei, et al. Construction of flavor wheel of Feng-flavor Baijiu and study on sensory characteristics[J]. *China Brewing*, 2023, 42(10): 80-85.
- [49] 郭松波, 张娇娇, 韩兴林, 等. 钓鱼台酱香型白酒风味轮构建及感官特性研究[J]. *中国酿造*, 2022, 41(9): 49-54. GUO Song-bo, ZHANG Jiao-jiao, HAN Xing-lin, et al. Construction of flavor wheel and sensory characteristics of Diaoyutai sauce-flavor Baijiu[J]. *China Brewing*, 2022, 41(9): 49-54.
- [50] 杨焕, 王凤仙, 贾怡娴, 等. 汾酒风味轮的建立及感官特性描述研究[J]. *酿酒*, 2021, 48(6): 60-64. YANG Huan, WANG Feng-xian, JIA Yi-xian, et al. Construction of flavor wheel of Fen-flavor Baijiu and description of typical sensory characteristics[J]. *Liquor Making*, 2021, 48(6): 60-64.
- [51] 王栋, 经斌, 徐岩, 等. 中国黄酒风味感官特征及其风味轮的构建[J]. *食品科学*, 2013, 34(5): 90-95. WANG Dong, JING Bin, XU Yan, et al. Sensory flavor characteristics of Chinese yellow rice wine and construction of flavor wheel[J]. *Food Science*, 2013, 34(5): 90-95.
- [52] 孔祥伟, 周志磊, 郑福平, 等. 中国酿造食醋风味轮的构建及应用[J]. *食品与生物技术学报*, 2020, 39(2): 74-80. KONG Xiang-wei, ZHOU Zhi-lei, ZHENG Fu-ping, et al. Construction of flavor wheel for the brewing vinegar in China and its applications[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2020, 39(2): 74-80.
- [53] LAWLESS L J R, HOTTENSTEIN A, ELLINGSWORTH J. The McCormick spice wheel: a systematic and visual approach to sensory lexicon development[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2012, 27(1): 37-47.
- [54] 徐锡明, 俞景辉, 林燕, 等. 烤制甘薯风味轮的构建与应用[J]. *中国粮油学报*, 2023, 38(3): 170-178. XU Xi-ming, YU Jing-hui, LIN Yan, et al. Construction and application of flavor wheel for baked sweet potato[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2023, 38(3): 170-178.
- [55] 段秋虹, 刘菊燕, 张容霞. 猪骨汤感官分析及风味轮的构建[J]. *中国调味品*, 2018, 43(9): 140-143. DUAN Qiu-hong, LIU Ju-yan, ZHANG Rong-xia. Sensory analysis of pig bone soup and construction of flavor wheel[J]. *China Condiment*, 2018, 43(9): 140-143.
- [56] 赵绚花, 奉宁昕, 秦丹, 等. 基于风味轮评价技术的泡椒感官评价体系研究[J]. *中国调味品*, 2024, 49(4): 161-165, 177. ZHAO Xuan-hua, FENG Ning-xin, QIN Dan, et al. Research on sensory evaluation system of pickled peppers based on flavor wheel evaluation technology[J]. *China Condiment*, 2024, 49(4): 161-165, 177.
- [57] 奉宁昕, 赵绚花, 秦丹, 等. 预制老鸭汤风味轮的构建与应用[J]. *中国调味品*, 2024, 49(5): 1-5. FENG Ning-xin, ZHAO Xuan-hua, QIN Dan, et al. Construction and application of flavor wheel of prepared old duck soup[J]. *China Condiment*, 2024, 49(5): 1-5.
- [58] 马铃, 郭川川, 李稼. 火锅底料香气提升研究进展[J]. *食品工业*, 2022, 43(7): 173-180. MA Qian, GUO Chuan-chuan, LI Jia. Research progress on aroma enhancement of hot pot substrate[J]. *The Food Industry*, 2022, 43(7): 173-180.
- [59] 马铃, 郭川川. 八角精油生产工艺响应面优化及其对火锅底料风味的影响[J]. *中国调味品*, 2021, 46(9): 136-141. MA Qian, GUO Chuan-chuan. Optimization of production process of star anise essential oil by response surface and its effect on the flavor of hot pot seasoning[J]. *China Condiment*, 2021, 46(9): 136-141.
- [60] 王浩文, 张峰轶, 王传明, 等. 香辛料对牛油火锅风味品质的影响[J]. *食品工业*, 2023, 44(4): 154-159. WANG Hao-wen, ZHANG Feng-yi, WANG Chuan-ming, et al. The contribution of spices to the flavor of beef-tallow hotpot[J]. *The Food Industry*, 2023, 44(4): 154-159.
- [61] 黄艳, 唐毅, 梁亚男, 等. 麻辣火锅底料感官评价描述词建立[J]. *食品工业*, 2023, 44(3): 202-205. HUANG Yan, TANG Yi, LIANG Yan-an, et al. Establishment of sensory evaluation descriptors for spicy hotpot condiment[J]. *The Food Industry*, 2023, 44(3): 202-205.

责任编辑:陈芳