

顾俊浩, 俞铮, 张佳汇, 等. 鲜味物质及鲜味调味料的研发进展 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(15): 418-426. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022090047

GU Junhao, YU Zheng, ZHANG Jiahui, et al. Progress on Research and Development of Umami Substances and Umami-based Seasonings[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(15): 418-426. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022090047

· 专题综述 ·

鲜味物质及鲜味调味料的研发进展

顾俊浩¹, 俞 铮¹, 张佳汇², 王 芳², 李晓燕², 刘太昂³, 王锡昌^{1,*}

(1.上海海洋大学食品学院, 上海 201306;

2.上海太太乐食品有限公司, 上海 201812;

3.上海真谱信息科技有限公司, 上海 200444)

摘要:以鲜味物质为基础的鲜味调味料作为安全、方便的一类定型调味料产品, 已成为餐饮业和食品工业高质量快速发展的重要技术支撑。本文以鲜味物质以及鲜味调味料为综述对象, 分别介绍了鲜味物质的组成, 包括游离氨基酸及其钠盐、呈味核苷酸及其钠盐、鲜味肽及其配料并概述鲜味物质的味觉交互; 鲜味调味料的制取方法, 包括物理法、化学法、生物法和组合法。同时, 阐述了鲜味调味料在食品中的应用, 包括提高食品的可接受度、提高食品的营养价值以及与菜谱式调味料和预制菜肴结合。最后, 对鲜味调味料未来的发展方向进行展望, 以期开发安全、美味、健康的鲜味调味料, 提升其在食品工业中的应用价值提供参考。

关键词:鲜味调味料, 鲜味物质, 制取方法, 接受度, 营养价值, 菜谱式调味料, 预制菜肴

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)15-0418-09

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022090047



本文网刊:

Progress on Research and Development of Umami Substances and Umami-based Seasonings

GU Junhao¹, YU Zheng¹, ZHANG Jiahui², WANG Fang², LI Xiaoyan², LIU Taiang³, WANG Xichang^{1,*}

(1.College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2.Shanghai Totole Food Co., Ltd., Shanghai 201812, China;

3.Shanghai Zhenpu Information Technology Co., Ltd., Shanghai 200444, China)

Abstract: As a safe and convenient type of products, umami-based seasoning has become an important technical support for high-quality and rapid development of catering and food industry. This article focus on umami substances and umami-based seasonings, introduces the umami substances including free amino acids, flavoring nucleotides, umami peptides and its ingredients, and expanding the interaction of taste compounds. The preparation of umami-based seasonings included physical, chemical, biological and combination methods. Besides, application of umami-based seasonings in food acceptance and nutritional value enhancement, recipe solution and prefabricated dishes formulation are summarized. Finally, the research areas of umami-based seasonings are also prospected, so as to provide reference for the research and development of safe, delicious, and healthy umami-based seasonings, to improve its value in food industry as well.

Key words: umami-based seasonings; umami substances; preparation methods; acceptance; nutritional value; recipe solutions; prefabricated dishes

食品是人类赖以生存的物质基础(必需品), 营养、感官、保健是食品的三大基本功能, 美味是食品感官功能的要素之一, 调味料是食品风味的重要调配

者。目前, 随着科技产业的进步, 人们生活质量的提高, 食品的呈味及其调味受到了广泛关注, 尤其是对调味料的选用也有了更多需要, 由此多种呈味特征丰

收稿日期: 2022-09-07

基金项目: 固态复合调味料中鲜美指数预报智慧平台的构建与运用 (D-8006-19-0079)。

作者简介: 顾俊浩 (1999-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 食品营养与品质评价, E-mail: 1924658633@qq.com。

* 通信作者: 王锡昌 (1964-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品营养与品质评价, E-mail: xcwang@shou.edu.cn。

富、应用便捷的调味料应运而生^[1]。

酸、甜、苦、咸是传统意义的基本味觉,鲜味是一种能感到愉快并提高食欲的味感。1908 年日本学者池田菊苗首次在海带中提取出呈鲜物质-谷氨酸,并提出鲜味(Umami)的概念^[2],1913 年池田的团队在干制鲣鱼中鉴定出一种具有鲜味的鸟苷一磷酸盐,1957 年阿基拉发现香菇中的主要鲜味物质是鸟苷酸类,直到 20 世纪 80 年代鲜味才被人们认知为第五种基本味觉,主要是指谷氨酸钠(味精)的味道。

调味料是调和膳食滋味及气味的必需品,具有去腥、增香、增鲜等作用^[3]。调味料的分类方法有很多,按照呈味特征可以分为鲜味调味料、咸味调味料、甜味调味料、酸味调味料以及川味调味料等。

本文主要综述了鲜味物质组成、鲜味调味料的制取方法以及鲜味调味料在食品中的应用,并对未来的研发方向进行展望,以期开发安全、美味、健康的鲜味调味料,进一步提升其在食品工业中的应用价值提供参考。

1 鲜味物质组成及其味觉互作

鲜味由多种呈鲜、增鲜物质共同作用产生,主要包括游离氨基酸及其钠盐、呈味核苷酸及其钠盐、鲜味肽及其配料等^[4],它们共同作用构成鲜味调味料独有的风味,并产生令人愉悦的味觉感受^[5]。

1.1 游离氨基酸及其钠盐

游离氨基酸是以单个氨基酸分子的形式存在的氨基酸。谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸和丙氨酸是具有鲜味的游离氨基酸(Umami amino acid, UAA)^[4],它们对食品的呈鲜特性具有重要作用。Cho 等^[6]以面包虫幼虫为原料,经发酵后制备出一种鲜味调味酱,发现调味酱中含有丰富的 UAA,其谷氨酸、天冬氨酸、丙氨酸、甘氨酸含量分别为 653.36、337.39、362.46、185.20 mg/100g,且四种 UAA 占总游离氨基酸的 25.04%。Uchida 等^[7]以海苔为原料,经酶解、发酵后制备出发酵海藻酱,经分析后发现海苔酱中四种 UAA 总量达到 2140 mg/100g,占总游离氨基酸的 39.80%。UAA 在一定条件下可以形成对应的钠盐,此时鲜味强度会进一步增加,其具有旋光异构性,分为 L-型和 D-型,只有 L-型的游离氨基酸具有鲜味^[8]。

谷氨酸是鲜味调味料中最重要的 UAA,往往以钠盐,即谷氨酸钠(Monosodium glutamine, MSG)的形式存在,其是调味料味精的最主要成分。天冬氨酸是鲜味调味料中另一种重要的 UAA,具有酸鲜味,而甘氨酸、丙氨酸这两种 UAA 则起到补充鲜味的作用^[8]。

1.2 呈味核苷酸及其钠盐

核苷酸是由一个含氮碱基、一个五碳糖以及一个磷酸分子连接而成的化合物,其具有同分异构体,即 2'-核苷酸、3'-核苷酸、5'-核苷酸,其中只有 5'-核苷酸具有鲜味^[4]。具有鲜味的 5'-核苷酸主要包括肌

苷酸、鸟苷酸、黄苷酸、腺苷酸,它们一般以钠盐的形式存在,其中 5'-肌苷酸二钠(Inosine 5'-monophosphate disodium, 5'-IMP)和 5'-鸟苷酸二钠(Guanosine 5'-monophosphate disodium, 5'-GMP)是最重要的呈味核苷酸^[9],由 5'-IMP 和 5'-GMP 等质量混合配制出的 I+G 是强烈的鲜味剂。

1.3 鲜味肽及其配料

鲜味肽是指具有鲜味的寡肽,一部分鲜味肽如鹅肌肽(Anserine)^[10]存在于食材中,还有一部分鲜味肽则是由蛋白质不完全水解产生,鲜味肽分子量一般在 5000 Da 以下^[4]。大多数鲜味肽含有谷氨酸和(或)天冬氨酸残基,能够与鲜味受体 T1R1/T1R3 中的 Ser、Glu、His 等残基通过静电作用、疏水作用和氢键作用结合,从而产生鲜味感知^[11]。

Zhang 等^[12]从花生水解蛋白中分离出三种寡肽(Asp-Gln-Arg、Asn-Asn-Pro 和 Glu-Gly-Phe),经过感官评定,发现这些寡肽都具有鲜味。Kong 等^[13]从鸡汤和鸡肉酶解液中分离出十二种寡肽,发现其中五种寡肽(Val-Glu、Thr-Glu、Glu-Asp、Ala-Glu-Ala、Asp-Ala-Gly)具有鲜味。Zhang 等^[14]从河豚鱼中发现一种鲜味辛肽 Tyr-Gly-Gly-Thr-Pro-Pro-Phe-Val。Amin 等^[15]使用分子对接技术发现,豆豉调味料中的鲜味肽 Gly-Glu-Asn-Glu-Glu-Glu-Asp-Ser-Gly-Ala-Ile-Val-Thr-Val-Lys 可与鲜味受体 T1R1/T1R3 有效结合,该十五肽可能是其鲜味的贡献者之一。Rhyu 等^[16]分析了韩国传统豆酱中的寡肽,发现分子量 500~1000 Da 的寡肽中谷氨酸和天冬氨酸合计占氨基酸组成的 76% 以上,认为这些寡肽可能与豆酱鲜味的产生有关。

鲜味肽在鲜味调味料的配料表中不会直接以“鲜味肽”的名称出现,而是根据原料来源、制备方法命名,且往往是鲜味肽的深加工食品配料,常见的有酵母抽提物(Yeast extract, YE)、水解植物蛋白(Hydrolyzed vegetable protein, HVP)调味液、水解动物蛋白(Hydrolyzed animal protein, HAP)调味粉、鸡肉提取物等^[17],其中 YE 在日本、欧美等发达国家和地区已作为安全的配料广泛应用于食品调味领域。

1.4 其他呈鲜、增鲜物质

食品中还有其他一些呈鲜、增鲜物质,如干贝素即琥珀酸二钠(Disodium succinate)^[18]、鲜味氨基酸和肽的衍生物等^[19-20],目前对于这些物质鲜味特性的研究尚不够充分,它们在鲜味调味料中往往起到增鲜的作用。

1.5 鲜味物质的味觉互作

当两种相同或不同的呈味物质进入口腔时,两者呈味味觉发生变化的现象,称为味觉互作^[21]。鲜味物质具有味觉协同以及抑制作用,是鲜味调味料改善食品风味的主要因素。目前关于鲜味物质味觉协同作用的研究主要集中在鲜味与鲜味,鲜味与咸味之间,而关于鲜味物质味觉抑制作用的研究则集中在鲜

味与苦味之间^[22]。

有研究表明,当MSG在鸡精调味料中的含量为35%时,加入1.1%的呈味核苷酸钠,可使鲜味强度增加4.98倍^[23]。Liang等^[24]研究发现,从猪骨汤中提取的鲜味肽Phe-Ser-Gly-Leu-Asp-Gly-Ser-Lys,在浓度为2‰时,可显著提升0.35%味精溶液的鲜味。Maehashi等^[25]的研究表明,鲜味二肽Glu-Val与0.02%的5'-IMP混合后鲜味强度提升。Ma等^[26]研究发现0.05~1.2 g/100 mL浓度的食盐溶液可使0.35 g/100 mL的琥珀酸二钠溶液的鲜味强度提升2.6~11.6倍。Yang等^[27]研究发现,0.310 g/L的MSG、0.015 g/L的5'-IMP、0.013 g/L的5'-GMP均能增强1.96 g/L食盐溶液的咸度。Kim等^[28]研究发现,5种从大豆中分离的鲜味肽Glu-Asp、Glu-Glu、Glu-Ser、Asp-Glu-Ser、Glu-Gly-Ser能够阻止水杨苷诱导的苦味受体hTAS2R16的表达。

2 鲜味调味料的制取方法

鲜味调味料的鲜味与各种食材中的组分或其降解产物密切相关,而在食材中许多鲜味组分含量往往较低,不能满足鲜味调味料的生产需求,且会产生食材利用率低、加工困难等问题。目前关于鲜味调味料的制取方法相对成熟,主要包括物理法、化学法、生物法和组合法。

2.1 物理法

物理法作为一种传统的方法,包括超微粉碎法^[29]、超临界流体萃取法^[30]等,其不改变物质的化学结构制取或增加食材中的鲜味物质,能保留食材原有的鲜味,已广泛应用于鲜味调味料的生产。

超微粉碎法是将物料颗粒加工至微米级大小的过程,具有操作简单、物料颗粒大小均匀、后续加工便利等优点。同时,由于产品的物料粒径较小,能够在口腔中快速溶解,进一步增强鲜味感知^[31]。此外,部分食材经过超微粉碎处理后可以作为产品,该方法往往用于香菇等鲜味物质含量较高的食材,其产品一般以固态鲜味调味料的形式出现。王会党^[29]研究发现,制备香菇超细粉的最佳工艺条件为:干香菇含水率5%、进料粒度为154~100 μm、喂料速度为0.035 g/s、粉碎压力/进料压力为40/60 MPa,该条件下制备的香菇超细粉粒径在25 μm左右,随后将该香菇超细粉与其他辅料混合,制备成胶凝性菇肉混合即时产品,具有明显的鲜味。郝竞霄^[32]以茶树菇为原料,制备茶树菇超微粉,最佳工艺条件为:进料量2.5 kg、转子转速为30 Hz、分级机转速为20 Hz,制备的产品粒径在26 μm左右,其制备出的复合汤料具有合适的鲜香味且无颗粒感。鲁云凤等^[33]以香菇和煮熟的牛肉为原料,将香菇微粉和牛肉微粉按不同比例混合,经过超微粉碎和杀菌后制备五香牛肉超微复合粉,产品粒径在10~25 μm之间,且气味清香、味道鲜美,可直接用于烹饪。

超临界流体萃取法是在特定压力和温度下,使

萃取溶剂达到超临界状态并将其用于物质提取的过程,CO₂是常用的萃取溶剂^[34]。该方法能够保留热敏性物质、无毒、无残留,一般用于固态食材的萃取。史家怡^[35]通过超临界CO₂流体从鸡肉中萃取鸡精,最佳工艺参数为:CO₂流量20 L/h、萃取压力10 MPa、萃取时间2 h。

2.2 化学法

化学法是通过加入化学物质,与食材中的蛋白质、氨基酸、还原糖等成分进行反应,进而制得鲜味调味料的方法。常见的化学法有酸法水解^[36]、美拉德反应等。

酸法水解是通过酸破坏食材的组织结构,促进小分子鲜味物质流出,并对蛋白质等大分子进行水解的过程。该方法工艺简单、成本低、水解程度高、产生的游离氨基酸不消旋。酸法水解制备的产品除含有丰富的游离氨基酸和鲜味肽外,还含有碳水化合物、无机盐等成分,口感丰富、滋味鲜美。盐酸是常用的酸水解剂,往往用于处理植物性原料,该方法已广泛用于HVP的生产。然而,盐酸能够和脂肪水解产生的甘油生成有毒的氯丙醇,因此需要采用物理或化学方法进行改善。王远西^[37]用0.15 mol/L的硫酸水解预处理后的植物蛋白,发现水解后的酸水解植物蛋白氯丙醇含量较低。郭青雅等^[38]用响应面法对小麦面筋蛋白的酸水解条件进行优化,发现盐酸浓度为1.6 mol/L、料液比1:4、水解时间4 h时,水解液具有最佳的鲜味,且3-氯-1,2-丙二醇(3-monochloro-1,2-propanediol, 3-MCPD)的含量为0.0178 μg/mL,低于欧盟0.02 μg/mg的要求,加入5‰的活性炭吸附后,可完全去除3-MCPD。

美拉德(Maillard)反应又称羰氨反应,是食品在加热时,羰基化合物和氨基化合物之间发生的复杂反应,该方法往往和其他方法组合使用。美拉德反应适用于多种食材,一般用于生产具有特色风味的鲜味调味料,其产生的各种脂肪族和杂环化合物对食品的鲜味和风味具有重要意义^[39]。需要注意的是,美拉德反应会产生对人体有害的晚期糖基化终末产物,在实际生产时,通过控制反应条件或者添加抗氧化剂进行调控是行之有效的办法。肖朝耿等^[40]以鸡骨泥酶解物为基料,通过美拉德反应制备天然风味鸡肉调料,其最佳条件为:DL-蛋氨酸0.6%、丙氨酸0.2%、L-半胱氨酸0.4%、半胱氨酸盐0.2%、葡萄糖7.0%、蔗糖7.0%、反应温度100℃、反应时间120 min。

2.3 生物法

生物法主要通过酶以及微生物的作用将食材中的大分子物质分解,产生具有鲜味的小分子物质。常见的生物法有酶水解法和发酵法等,该方法应用范围广,可用于处理各种动物性和植物性原料,其制备的鲜味调味料一般以液态和酱状的形式出现。

酶法水解是利用外源酶的催化作用使食材水解的方法。酶法处理工艺路线温和、水解速度较快、副

反应少、无毒无害^[41]。该方法需要控制水解程度,水解程度过低,可能使产品产生苦味,水解程度过高,则可能使微生物生长繁殖,造成污染^[41]。在实际应用时,往往采用多种酶复配的方式以增强水解效果并产生更多的鲜味物质。对于植物性原料,可以先使用多糖酶处理破坏细胞壁,使内容物从组织中流出,然后再使用蛋白酶、磷酸二酯酶等进行水解;对于动物性原料,一般使用蛋白酶、脂肪酶等直接进行水解。由于酶种类以及酶切位点的多样性,在酶水解时,能从食材中释放多种鲜味物质,并赋予鲜味调味料柔和的口感。酶法水解是常见的生产 I+G、HAP 和 YE 的方法。李延年^[42] 选用食用菌作为食材,开发香菇复配草菇调味料,其最佳条件为:香菇与草菇的比例为 7:3、纤维素酶-果胶酶的添加量为 0.6%、比例为 3:2、温度 45 °C、酶解 1 h,随后用风味蛋白酶和 5'-磷酸二酯酶在 54 °C 下水解 3 h,其游离谷氨酸含量从 0.053 g/100 g 提高至 0.070 g/100 g, 5'-GMP 含量从 308.69 mg/kg 提高至 327.26 mg/kg, 5'-IMP 含量从 2.77 mg/kg 提高至 5.36 mg/kg,经感官评定发现该酶解液具有菌菇特有的鲜味和风味,且无苦味,可作为鲜味调味料的基液。赵敏等^[43] 以低值鱼为原料制备低值鱼鲜味调味料基质,其最佳制备条件为:木瓜蛋白酶和中性蛋白酶复配比例 1:1、复配酶用量为 1.0%、pH6.9、温度 55 °C。

发酵法是利用微生物的生命活动使食材降解的方法^[44]。发酵法成本较低,在发酵过程中通过微生物的次级代谢作用可产生具有抗氧化性、抗菌性的生物活性物质,一定程度上提高了鲜味调味料的品质^[45-47]。于学娟等^[48] 以金枪鱼下脚料为原料,以纳

豆菌 (*Bacillus natto*) 和枯草芽孢杆菌 (*Bacillus subtilis*) 双菌发酵制备海鲜调味料,最佳工艺条件为:基质水分 90%、接种量 0.15 mL/g、发酵温度 40 °C、发酵时间 72 h、初始 pH 7.5,随后发现 800 Da 以下的小分子肽占总肽的 77% 以上,且含有伊枯草菌素、丰原素和表面活性素三种抗菌脂肽。然而,不同菌种对不同食材的适应性不同,且发酵所需时间较长,可能会影响工业生产效率。随着技术的发展,有望通过诱变等方式培育出高效发酵特定食材的菌株^[49]。王常高等^[50] 用紫外线和硫酸二乙酯对米曲霉 (*Aspergillus oryzae*) 进行多轮诱变选育,得到一株突变株 UD-7,其在虾头虾壳粉的培养基上产蛋白酶活的水平从 3436 U/g 提高到 11059 U/g,且遗传稳定性较好,有望作为生产虾头虾壳鲜味调味料的理想菌株。

2.4 组合法

组合法是将上述不同的方法组合使用,从而制取鲜味调味料的方法,通过在不同食材中添加不同种类的酶和不同种类的微生物,或改变美拉德反应的条件,使鲜味调味料含有丰富的鲜味物质、无机盐、类黑精等成分,可进一步提升产品的鲜味强度和营养价值并赋予其圆润的口感。酶法-发酵法组合和酶法-美拉德反应组合是最常见的组合法^[51-52],酶法和发酵法组合使用的顺序可根据实际情况灵活选择,详见表 1;酶法和美拉德反应组合使用时,往往先用分解酶对食材进行处理,随后再进行美拉德反应。

3 鲜味调味料的应用

随着互联网和广告业的发展,越来越多的人认

表 1 鲜味调味料的组合法制取条件及其产品特点

Table 1 Manufacturing conditions and product characteristics of umami-based seasonings obtained by combination methods

组合法	食材	添加的分解酶	添加的发酵菌种	添加的美拉德反应物	产品特点	参考文献
酶法-发酵法	鸡骨	风味蛋白酶、复合蛋白酶	木糖葡萄球菌、鲁氏酵母	无	具有较好的鲜味,香味浓郁	[53]
	猪肉	中性蛋白酶、中性脂肪酶	植物乳杆菌、酒精酵母	无	具有干腌火腿风味	[54]
	毛虾虾油	复合蛋白酶、木瓜蛋白酶	戊糖片球菌、清酒乳杆菌	无	淡黄色粉末,味道鲜美	[55]
	鲱鱼	中性蛋白酶、风味蛋白酶	米曲霉	无	红褐色液体,具有明显鲜香味	[56]
发酵法-酶法	南极磷虾	风味蛋白酶	植物乳杆菌、鲁氏酵母菌、木糖葡萄球菌	无	风味饱满,鲜味和醇厚感强	[57]
	豆粕、麸皮、面粉	中性蛋白酶、中温 α -淀粉酶	黑曲霉、米曲霉	无	红棕色豆酱,具有浓厚的鲜味	[58]
酶法-美拉德反应	牛骨肉末	风味蛋白酶、复合蛋白酶	木糖葡萄球菌、植物乳杆菌等	木糖、葡萄糖、半胱氨酸、V _{Bi} 等	具有独特肉香味	[59]
	紫贻贝	风味蛋白酶	无	谷氨酸、木糖、葡萄糖	黄褐色液体,鲜味突出,具有紫贻贝特征香气	[60]
	远东拟沙丁鱼	风味蛋白酶	无	木糖	棕黄色液体,鲜味浓郁,具有鱼香味	[61]
	虾副产物	风味蛋白酶、碱性蛋白酶	无	蛋氨酸、甘氨酸、葡萄糖、果糖等	虾味鲜美,香味浓郁	[62]
	河蚌	木瓜蛋白酶、复合风味蛋白酶	无	甘氨酸、谷氨酸、木糖、葡萄糖	鲜味适当,有海鲜味	[63]
	豌豆分离蛋白	复合蛋白酶、氨肽酶	无	阿拉伯糖、半胱氨酸	具有明显咸鲜味	[64]
	香菇	纤维素酶、中性蛋白酶	无	谷氨酸、葡萄糖、木糖、酵母提取物	浅棕色液体,鲜味浓郁,具有香菇特征风味	[65]
海带酶解物	无	无	D-核糖	具有明显咸鲜味和烤香味	[66]	

识到了鲜味调味料的存在意义,在一项对 2839 名中国人的在线调查中,发现将近 80% 的受访者了解鲜味调味料的概念,超过 70% 的受访者会在准备午餐和晚餐时使用鲜味调味料^[67],这说明鲜味调味料在我国有巨大的细分市场,成为了人们餐桌上不可或缺的重要组成部分。

鲜味调味料可直接用于烹饪,在提高人们对食品的接受度、提高食品的营养价值等方面对食品产生积极的影响;也可用于菜谱式调味料,简化食品的烹饪流程,因此鲜味调味料对食品生产与消费具有重要意义。

3.1 提高人们对食品的接受度

营养是食品之本,而色、香、味是食品之魂。人类的味觉包括酸、甜、苦、咸、鲜五种,对多元化味觉的追求是人类的本能,因此人们会趋向于接受味觉感受丰富,口感饱满的食品。然而,不同种类的食材具有各自侧重的味觉感受,难以满足人们的味觉需求。在制作食品时,将鲜味调味料和食材共同使用,可丰富食品的味觉感受,从而提升食品在人群中的接受度。

利用鲜味物质之间协同效果,能够进一步提升食品的鲜味。Pikielna 等^[68]的研究表明,在鸡汤中添加 0.5% 的 MSG 和 0.005% 的 I+G 可显著提高其感官评分,在蘑菇汤中添加 0.5% 的 MSG 和 0.01% 的 I+G 能使其获得更好的感官品质。

还有部分食材比如蔬菜,具有较高的营养价值,但是它们具有苦味、辛辣味等令人产生不愉悦感的风味,这可能是一些人不愿意食用它们的原因。将食材和鲜味调味料一起使用,利用鲜味掩盖食材自身的异味,进而提高食材的接受度。Ly 等^[69]在自助餐店的研究发现,顾客在选择蔬菜时,会更倾向于选择添加调味料的青豆、西兰花、花椰菜。Maya 等^[70]在哥斯达黎加的研究发现,在烹饪过程中使用更多种类的调味料将促进城市地区的居民食用更多豆类和大米,还发现每天食用大于或等于 1 份豆类的居民,身体质量指数(BMI)显著低于每天食用少于 1 份豆类的居民。此外,部分鲜味调味料自身的结构还可以包埋食材中的异味物质。牛琛^[71]研究发现,将青椒与甜味沙拉酱以 9:1 混合时,其刺激性气味均发生了不同程度的减少,且羊角椒、螺丝椒、甜椒的辣度分别降低 25.7%、21.7%、9.6%。

3.2 提高食品的营养价值

鲜味调味料自身具有一定的营养价值,其中含有的氨基酸、核苷酸、膳食纤维、多不饱和脂肪酸等^[72]是人体所需的营养物质,它们对免疫调节、促进生长发育、调节肠道菌群、改善记忆功能等具有重要作用^[73]。

除了自身含有的营养成分以外,鲜味调味料中的鲜味物质或其他成分能够和食品基质发生相互作用,并产生新的营养物质,从而提高食品的营养价值。

赵婧^[74]研究发现,经过 0.5 g/L 的谷氨酸溶液处

理 10 min 的胡萝卜,在贮藏 48 h 后绿原酸含量从 0.06 mg/g 提升至 0.12 mg/g,咖啡酸含量从 0.009 mg/g 提升至 0.012 mg/g,总酚含量从 0.1 mg/g 提升至 0.15 mg/g,进一步研究发现谷氨酸激活了胡萝卜的苯丙烷代谢途径,显著提高了该途径中三种关键限速酶 PAL、C4H、4CL 的活性,从而促进了胡萝卜中酚类物质的积累。Masaki 等^[75]研究发现含有二烯丙基二硫醚、异硫氰酸烯丙酯、异硫氰酸苄酯的鲜味调味料如豆豉、蒜泥蛋黄酱等可有效催化番茄泥中的番茄红素转化为顺式异构体,该发现对生产高营养价值、高生物利用度的番茄加工产品具有重要意义。

3.3 与菜谱式调味料和预制菜肴结合

随着生活水平的提高,工作节奏的加快,消费观念的变化,流程简洁的易学易作烹饪方式越来越受到消费者的青睐。为了迎合这种需求,菜谱式调味料和预制菜应运而生。

菜谱式调味料是将烹饪特定菜肴所需要的各种调味料按照菜谱以一定比例混合在一起的产品;预制菜肴则是将原料经过标准化流水作业、预加工和预烹调等流程制成的成品或半成品菜肴,多种鲜味调味料已广泛应用于其中,并往往以调味包的形式出现,详见表 2。在烹饪时,只需在食材中直接加入调味包,经过较简单的烹饪处理即可完成一道菜肴,可帮助人们快速、便捷地制作各种菜肴,让人们可以随时吃到各种美味的食品。

表 2 鲜味调味料在菜谱式调味料和预制菜肴制备中的应用
Table 2 Application of umami-based seasoning on preparation of recipe solutions and prefabricated dishes

类别	产品名称	添加的鲜味调味料	参考文献
菜谱式调味料	麻辣香锅调味料	豆瓣、味精、豆豉	[76]
	宫保鸡丁调味料	豆瓣、味精	[76]
	大盘鸡调味料	豆瓣、味精、酿造酱油	[76]
	酸汤肥牛调味料	味精、猪骨抽提物	[76]
	糖醋排骨调味料	酿造酱油	[76]
	黑椒牛柳调味料	酿造酱油、YE	[76]
	鱼香肉丝调味料	豆瓣、酿造酱油	[76]
预制菜肴	螺蛳粉	牛肉提取物、螺蛳肉提取物、味精、I+G	[77]
	佛跳墙	鸡汁调味料、佛跳墙汁复合调味料、味精、I+G	[77]
	梅菜扣肉	酿造酱油、味精	[77]
	酸菜鱼	味精、鸡精	[77]
	麻辣火锅	酿造酱油、鸡粉调味料、味精	[77]

4 鲜味调味料的展望

调味是食品消费或菜肴烹饪制作中不可或缺的一环,鲜味调味料作为人们餐桌上菜肴的伴侣,在食品可接受度和营养价值的提高、烹饪的简化和营养的保全等方面具有积极作用。随着科技进步和产业发展,鲜味调味料有望在品种、品质、品牌上得到进一步的丰富与提升。

然而,我国的鲜味调味料发展存在制备食材种类较传统、营养组成不合理、研究成果产业化率较低等问题,且有关鲜味调味料对食品感官品质和营养价值的影响也只有较少的报道。

基于鲜味调味料的研发现状,为了进一步高质量发展鲜味调味料产业,未来工作的重点聚焦在以下几个方面。

4.1 美味化、多元化

目前,一些常见的食物资源因过度利用、环境恶化等,其资源数量有明显衰退的趋势。到 2050 年地球人口将达到 100 亿,粮食资源面临前所未有的危机,寻找新的食材并对其充分利用已经成为全球的食品学者正在研究的领域^[78-79]。

在食材上,可对食材种类进行拓展、创新,利用螺旋藻、昆虫等食材,通过先进的加工工艺制备各种固态、酱态、液态的鲜味调味料。此外,应充分利用鲜味物质之间的协同作用开发鲜味浓厚、种类丰富的细分产品以满足不同年龄、不同层次消费者的口味需求,使鲜味调味料在食材、物料状态、受众上进一步多元化,从而为不断增长的全球人口提供美味、多元、可持续的饮食资源。

4.2 健康化、营养化

传统上我国的鲜味调味料往往含有较高的盐分,长期食用可能会导致高血压等慢性疾病。近年来,美味、健康的食品正成为食品行业主流推广的产品,鲜味调味料有必要往这方面发展,以巩固其市场地位。

在配方上,应该进一步开发低盐健康的产品,以顺应食品行业“增鲜减盐”的趋势。在生产工艺上,利用物理、化学、生物技术,进一步优化制备鲜味调味料的工艺参数,在提高生产效率和原材料利用率的同时,减少对产品的污染。

此外,应该进一步研究其中的鲜味物质以及活性成分与各种食品基质之间的相互作用,并探索其中的机制,寻找利用鲜味调味料提升食品营养品质的方法。

4.3 产业化、大众化

研发结果的产业化对产业发展具有重要意义。有关鲜味调味料的新食材、新配方、新技术等不应仅停留在实验室研发,而应加快成果转化应用,并进行规模生产与市场推广。此外,也有必要加强消费者教育,普及有关鲜味调味料的知识,包括其对食品的重要性、正确的使用方法,也可以跨学科、跨领域合作,促进鲜味调味料和更多健康、营养价值高的食品结合,促进人们对健康食品的摄入,助力人们享受美食、愉悦心境,充分发挥鲜味调味料的应有作用。

参考文献

[1] 廖新荣,谢秋亭,陈鸿鑫.复合调味料研发的措施与对策[J].现代食品,2019(15):73-75,80. [LIAO X R, XIE Q T, CHEN H X. Measures and countermeasures for the development of compou-

nd seasonings[J]. Food Science and Technology, 2019(15): 73-75, 80.]

[2] KRISTI M, BAUMLER M, GRADWELL E, et al. Application of umami tastants for sodium reduction in food: an evidence analysis center scoping review[J]. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 2022.

[3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 20903-2007 调味品分类[S]. 北京:中国标准出版社,2005. [General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China, GB/T 20903-2007 Classification of condiment[S]. Beijing: Standards Press of China, 2005.]

[4] 于芳珠,薄存美,刘登勇.食品中鲜味物质研究进展[J].食品安全质量检测学报,2020,11(16):5554-5561. [YU F Z, BO C M, LIU D Y. Research progress of umami substances in food[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2020, 11(16): 5554-5561.]

[5] HAN P F, MOHEBBAT M, MANJA U, et al. Different neural processing of umami and salty taste determined by umami identification ability independent of repeated umami exposure[J]. Neuroscience, 2018, 383: 74-83.

[6] CHO J H, ZHAO H L, KIM J S, et al. Characteristics of fermented seasoning sauces using *Tenebrio molitor* larvae[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2018, 45: 186-195.

[7] UCHIDA M, KURUSHIMA H, ISHIHARA K, et al. Characterization of fermented seaweed sauce prepared from nori (*Pyropia yezoensis*)[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2017(3): 327-332.

[8] 俞铮,葛小通,张佳汇,等.食品中鲜味的来源及其评价方法[J].食品科学,2022,43(19):338-347. [YU Z, GE X T, ZHANG J H, et al. The producer and evaluation method of umami taste in food[J]. Food Science, 2022, 43(19): 338-347.]

[9] 周华林.应用近红外快速检测呈味核苷酸二钠(I+G)方法的研究[J].现代食品,2020(15):212-218. [ZHOU H L. Rapid detection of I+G by near infrared spectroscopy[J]. Modern Food, 2020(15): 212-218.]

[10] 黄煜燃,汪薇,赵文红,等.不同鲜味物质对干腌马鲛鱼鲜味的贡献与比较分析[J].食品科学,2021,42(16):138-144. [HUANG Y R, WANG W, ZHAO W H. Comparative analysis of the contribution of different umami substances to the umami taste of dry-cured spanish mackerel(*Scomberomorus niphonius*)[J]. Food Science, 2021, 42(16): 138-144.]

[11] LIU H, DA L T, LIU Y. Understanding the molecular mechanism of umami recognition by T1R1-T1R3 using molecular dynamics simulations[J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2019, 514(3): 967-973.

[12] ZHANG J A, ZHAO M M, SU G W, et al. Identification and taste characteristics of novel umami and umami-enhancing peptides separated from peanut protein isolate hydrolysate by consecutive chromatography and UPLC-ESI-QTOF-MS/MS[J]. Food Chemistry, 2019, 278: 674-682.

[13] KONG Y, YANG X, DING Q, et al. Comparison of non-volatile umami components in chicken soup and chicken enzymatic hydrolysate[J]. Food Research International, 2017, 102: 559-566.

[14] ZHANG M X, WANG X C, LIU Y, et al. Isolation and identification of flavour peptides from puffer fish (*Takifugu obscurus*) muscle using an electronic tongue and MALDI-TOF/TOF MS/MS[J]. Food Chemistry, 2012, 135(3): 1463-1470.

- [15] AMIN M U G, KUSNADI J, HSU J L, et al. Identification of a novel umami peptide in tempeh (Indonesian fermented soybean) and its binding mechanism to the umami receptor T1R[J]. *Food Chemistry*, 2020, 333: 127411.
- [16] RHYU M R, KIM E Y. Umami taste characteristics of water extract of Doenjang, a Korean soybean paste: low-molecular acidic peptides may be a possible clue to the taste[J]. *Food Chemistry*, 2011, 127: 1210–1215.
- [17] 张佳汇, 王芳, 闫丹丹. 鲜味肽介绍及其在调味料中应用的探讨[J]. *食品工业*, 2021, 42(5): 204–207. [ZHANG J H, WANG F, YAN D D. Introduction of delicious peptide and its application in seasonings[J]. *The Food Industry*, 2021, 42(5): 204–207.]
- [18] 马杰. 琥珀酸二钠呈鲜特性初探[D]. 上海: 上海交通大学, 2020. [MA J. Preliminary study on the umami characteristics of disodium succinate[D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2020.]
- [19] ZHANG J A, SUN D X, SU G W, et al. New insight into umami receptor, umami/umami-enhancing peptides and their derivatives: a review[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2019, 88: 429–438.
- [20] ERIC F, TING C. Identification and quantitation of new glutamic acid derivatives in soy sauce by UPLC/MS/MS[J]. *Chemistry & Biodiversity*, 2013, 10(10): 1842–1850.
- [21] 于海燕, 刘新广, 李永, 等. 调味品减盐增鲜的研究进展[J]. *食品科学*, 2023, 44(5): 375–382. [YU H Y, LIU X G, LI Y, et al. Research progress of condiment reducing salt and increasing umami[J]. *Food Science*, 2023, 44(5): 375–382.]
- [22] 李学鹏, 谢晓霞, 朱文慧, 等. 食品中鲜味物质及鲜味肽的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(22): 319–327. [LI X P, XIE X X, ZHU W H, et al. Research progress of umami substances and umami peptides in food[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(22): 319–327.]
- [23] 顾艳君, 朱惠丽, 温娟. 关于鲜味定量及其在复合调味料中的应用[J]. *食品工业*, 2012, 33(11): 141–143. [GU Y J, ZHU H L, WEN J. The Quantification of “umami” agent and application in compound condiment[J]. *The Food Industry*, 2012, 33(11): 141–143.]
- [24] LIANG L, ZHOU C C, ZHANG J C, et al. Characteristics of umami peptides identified from porcine bone soup and molecular docking to the taste receptor T1R1/T1R3[J]. *Food Chemistry*, 2022, 387: 132870.
- [25] MAEHASHI K, MATSUZAKI M, YAMAMOTO Y, et al. Isolation of peptides from an enzymatic hydrolysate of food proteins and characterization of their taste properties[J]. *Bioscience Biotechnology & Biochemistry*, 1999, 63(3): 555–559.
- [26] MA J, CHEN YP, ZHU Y W, et al. Quantitative analyses of the umami characteristics of disodium succinate in aqueous solution[J]. *Food Chemistry*, 2020, 316: 126336.
- [27] YANG F, LÜ S, LIU Y, et al. Determination of umami compounds in edible fungi and evaluation of salty enhancement effect of antler fungus enzymatic hydrolysate[J]. *Food Chemistry*, 2022, 387: 132890.
- [28] KIM M J, SON H J, KIN Y, et al. Umami–bitter interactions: The suppression of bitterness by umami peptides via human bitter taste receptor[J]. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2015, 456: 586–590.
- [29] 王会党. 香菇超微粉制作菇精调味品的工艺及其应用研究[D]. 无锡: 江南大学, 2012. [WANG H D. Processing of edible mushroom essence seasoning with *Lentinus edodes* ultrafine powder and its application[D]. Wuxi: Jiangnan University.]
- [30] NUPUR N, REKHA S. Simultaneous extraction of flaxseed spice blend using supercritical carbon dioxide: process optimization, bioactivity profile, and application as a functional seasoning[J]. *Separation and Purification Technology*, 2020, 248: 117030.
- [31] 郭嘉璐, 冯明会, 马慧, 等. 食品减盐研究进展[J]. *食品与发酵工业*, 2022, 48(15): 341–350. [GUO J H, FENG M H, MA H, et al. Advances on salt reduction in foods[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2022, 48(15): 341–350.]
- [32] 郝竞霄. 茶树菇超微粉加工特性研究及方便汤料开发[D]. 南昌: 江西农业大学, 2021. [HAO J X. Research on processing characteristics and development of convenient soup for *Agrocybe cylindracea* ultrafine powder[D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2021.]
- [33] 鲁云凤, 田龙, 张英君, 等. 五香牛肉超微速溶复合粉及其制备方法: 中国, CN104643115B[P]. 2018-05-01. [LU Y F, TIAN L, ZHANG Y J, et al. Ultrafine instant composite powder of spiced beef and its preparation method: China, CN104643115B[P]. 2018-05-01.]
- [34] SMITA S, DEEPAK K V, MAMTA T, et al. Supercritical fluid extraction (SCFE) as green extraction technology for high-value metabolites of algae, its potential trends in food and human health[J]. *Food Research International*, 2021, 150: 110746.
- [35] 史家怡. 一种超临界 CO₂ 流体萃取鸡精系统: 中国, CN214158603U[P]. 2021-09-10. [SHI J Y. A supercritical CO₂ fluid extraction system for chicken essence: China, CN214158603U[P]. 2021-09-10.]
- [36] EISENREICH A, MONIEN B H, GÖTZ M E, et al. 3-MCPD as contaminant in processed foods: state of knowledge and remaining challenges[J]. *Food Chemistry*, 2023.
- [37] 王远西. 一种高浓度低盐低氯丙醇的酸水解植物蛋白的制备方法: 中国, CN112616992A[P]. 2021-04-09. [WANG Y X. A preparation method of acid hydrolysis of plant protein with high concentration, low salt and low chloride propanol: China, CN112616992A[P]. 2021-04-09.]
- [38] 郭青雅, 宋焕禄, 柴丹等. 低氯丙醇小麦面筋蛋白水解液的酸解工艺优化[J]. *食品与机械*, 2017, 33(2): 162–168. [GUO Q Y, SONG H L, CHAI D, et al. Optimization of low 3-MCPD wheat gluten protein hydrolylysate by response surface methodology[J]. *Food & Machinery*, 2017, 33(2): 162–168.]
- [39] 崔燕玲. 花生粕深度降解及其降解产物的美拉德反应研究[D]. 广州: 广州大学, 2018. [CUI Y L. Study on deep degradation of peanut meal and Maillard reaction of its degradation products[D]. Guangzhou: Guangzhou University, 2018.]
- [40] 肖朝歌, 唐宏刚, 陈黎洪. 美拉德反应制备天然鸡肉风味调料的研究[J]. *浙江农业学报*, 2012, 24(3): 499–502. [XIAO C G, TANG H G, CHEN L H. Study on preparation of natural chicken flavor seasoning by Maillard reaction[J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2012, 24(3): 499–502.]
- [41] ZHAO Y G, ZHANG M, SAKAMON D, et al. Progresses on processing methods of umami substances: a review[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2019, 93: 125–135.
- [42] 李延年. 香菇复配草菇酶解呈味物质的研究与产品开发[D]. 泰安: 山东农业大学, 2021. [LI Y N. Study on flavor substances of the enzymatic hydrolysate of *Lentinus edodes* mixed with *Volvaria volvacea* and product development[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2021.]
- [43] 赵敏, 杨保卫. 酶解法制备低值鱼调味料基质的工艺研究[J]. *中国调味品*, 2022, 47(6): 145–150. [ZHAO M, YANG B W. Study on preparation of low-value fish seasoning substrate by enzy-

- matic hydrolysis method[J]. *China Condiment*, 2022, 47(6): 145–150.]
- [44] YANG D Q, LI C S, LI L H, et al. Novel insight into the formation mechanism of umami peptides based on microbial metabolism in Chouguiyu, a traditional Chinese fermented fish[J]. *Food Research International*, 2011, 157: 111211.]
- [45] ZHOU B X, MA B S, XU C C, et al. Impact of enzymatic fermentation on taste, chemical compositions and *in vitro* antioxidant activities in Chinese teas using E-tongue, HPLC and amino acid analyzer[J]. *LWT*, 2022, 163: 113549.]
- [46] REBOLEIRA J, SILVA S, CHATZIFRAGKOU A, et al. Seaweed fermentation within the fields of food and natural products[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2021, 116: 1056–1073.]
- [47] JEMIL I, ABDELHEDI O, MORA L, et al. Peptidomic analysis of bioactive peptides in zebra blenny (*Salaria basilisca*) muscle protein hydrolysate exhibiting antimicrobial activity obtained by fermentation with *Bacillus mojavensis* A21[J]. *Process Biochemistry*, 2016, 12(51): 2186–2197.]
- [48] 于学娟, 李银塔, 刘荣, 等. 金枪鱼下脚料发酵法制备防腐功能海鲜调料[J]. *食品工业*, 2021, 42(4): 62–66. [YU X J, LI Y T, LIU R, et al. The preparation of antiseptic seafood seasoning by fermentation of tuna scraps[J]. *The Food Industry*, 2021, 42(4): 62–66.]
- [49] HE B X, ZHENG Z B, XIE X J, et al. Overexpression of adenosine 5'-monophosphate deaminase increased umami substance—Inosine 5'-mononucleotide and promoted *Neopyropia yezoensis* quality[J]. *Algal Research*, 2011, 65: 102737.]
- [50] 王常高, 杜馨, 林建国, 等. 酿造虾头壳功能性调味料用高产菌株选育研究[J]. *中国调味品*, 2021, 46(8): 17–19. [WANG C G, DU X, LIN J G, et al. Study on breeding of high-yield strain used for functional seasoning of brewed shrimp head and shell[J]. *China Condiment*, 2021, 46(8): 17–19.]
- [51] 李永青. 利用产脲假丝酵母生产发酵型海带调味料的技术研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2020. [LI Y Q. Study on the technology of producing fermented kelp seasoning by *Candida ruanensis*[D]. Ji'nan: Qilu University of Technology, 2020.]
- [52] ZHENG Z L, ZHANG M, LIU W C, et al. Effect of beef tallow, phospholipid and microwave combined ultrasonic pretreatment on Maillard reaction of bovine bone enzymatic hydrolysate[J]. *Food Chemistry*, 2022, 377: 131902.]
- [53] 付晓燕, 邱文兴, 周俊萍, 等. 混菌发酵鸡骨泥酶解基料的工艺优化[J]. *食品科技*, 2019, 44(11): 313–320. [FU X Y, QIU W X, ZHOU J P. Process optimization of enzymatic hydrolysis of chicken bone mud by mixed strain fermentation[J]. *Food Science and Technology*, 2019, 44(11): 313–320.]
- [54] 任利平. 发酵酶解法制备干腌火腿风味基料的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2015. [REN L P. Study on preparation of dry-cured ham base by fermentation combined with enzymatic hydrolysis technology[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2015.]
- [55] 赵茜, 张维, 李学鹏, 等. 复合虾油粉调味料加工工艺研究[J]. *中国渔业质量与标准*, 2020, 10(2): 13–22. [ZHAO X, ZHANG W, LI X P, et al. Study on the processing technology of compound seasoning of shrimp oil powder[J]. *Chinese Fishery Quality and Standards*, 2020, 10(2): 13–22.]
- [56] 徐刘贝, 马佳雯, 蔡金秀, 等. 酶解-发酵法制备鱼鲜汁的工艺优化[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(22): 185–192. [XU L B, MA J W, CAI J X, et al. Optimization of enzymatic hydrolysis-fermentation process for preparing fish juice[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(22): 185–192.]
- [57] 章雪琴. 南极磷虾微生物混合发酵制备呈味基料的研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2018. [ZHANG X Q. Study on preparation of antarctic krill flavor base materials by mixed fermentation[D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2018.]
- [58] 李倩. 发酵酶解法制备酱香味基料的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2015. [LI Q. Study on preparation of soybean paste flavor base by enzymolysis technology and traditional fermentation[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2015.]
- [59] 吴晨燕, 马俪珍, 周伟, 等. 发酵时间和发酵剂种类对牛肉调味料风味的影响[J]. *肉类研究*, 2019, 33(9): 42–47. [WU C Y, MA L J, ZHOU W, et al. Effects of fermentation time and starter cultures on flavor of beef flavorings[J]. *Meat Research*, 2019, 33(9): 42–47.]
- [60] 于江红. 紫贻贝高鲜调味料的制备技术研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015. [YU J H. Study on preparation of high umami seasoning from *Mytilus edulis*[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2015.]
- [61] 方旭波, 宋诗军, 沈钉, 等. 海鲜风味调味料的制备及其氨基酸组成分析[J]. *食品科技*, 2021, 46(11): 269–273. [FANG X B, SONG S J, SHEN D, et al. Preparation and amino acid analysis of seafood flavor seasoning[J]. *Food Science and Technology*, 2021, 46(11): 269–273.]
- [62] 郑捷, 王平, 尹诗, 等. 酶解虾下脚料制备海鲜味复合调味料[J]. *中国调味品*, 2011, 36(11): 48–50, 54. [ZHENG J, WANG P, YIN S, et al. Preparation of compound seafood condiment by hydrolysis of shrimp offal[J]. *China Condiment*, 2011, 36(11): 48–50, 54.]
- [63] 伊小丽. 超声波—微波辅助酶解河蚌肉制备调味料工艺研究[D]. 长春: 吉林大学, 2018. [YI X L. Study on the technology of preparing seasoning with mussel meat by ultrasound-microwave assisted hydrolysis[D]. Changchun: Jilin University, 2018.]
- [64] 周雪. 减盐增鲜豌豆肽美拉德中间体制备及加工风味受控形成[D]. 无锡: 江南大学, 2021. [ZHOU X. Preparation of pea peptide Maillard reaction inter-mediate with salt reduction and umami enhancement and their controlled formation of process flavors[J]. Wuxi: Jiangnan University, 2021.]
- [65] 王丽君. 香菇制取天然调味基料及系列食品开发[D]. 洛阳: 河南科技大学, 2013. [WANG L J. Study on the preparation of natural flavor condiment using *Lentinus edodes* and the development on series of food[D]. Luoyang: Henan University of Science and Technology, 2013.]
- [66] 蒋迪, 张晓羽, 奚倩, 等. 海带酶解物美拉德反应制备调味料[J]. *食品工业*, 2019, 40(12): 60–64. [JIANG D, ZHANG X Y, XI Q, et al. Preparation of seasoning based on Maillard reaction of kelp enzymatic hydrolysis products[J]. *The Food Industry*, 2019, 40(12): 60–64.]
- [67] ZHU Y W, CHEN Y P, AYED C, et al. An on-line study about consumers' perception and purchasing behavior toward umami seasonings in China[J]. *Food Control*, 2020, 110: 107037.]
- [68] BARYIKO-PIKIENNA N, KOSTYRA E. Sensory interaction of umami substances with model food matrices and its hedonic effect[J]. *Food Quality and Preference*, 2007, 18(5): 751–758.]
- [69] LY L, JOANNA M, SOO-YEUN L, Sharon R, et al. Role of seasoning vegetables on consumer behavior: Purchase, intake, liking, and intention to pay for larger servings[J]. *Food Quality and Preference*, 2020, 82: 103890.]

- [70] MAYA V, HANNIA C, JOSIEMER M. Seasoning ingredient variety, but not quality, is associated with greater intake of beans and rice among urban costa rican adults[J]. *Nutrition Research*, 2016, 36(8): 780-788.
- [71] 牛琛. 沙拉酱对青椒风味的影响[D]. 上海: 上海海洋大学, 2019. [NIU C. Effect of mayonnaise on flavor of green peppers [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2019.]
- [72] LEILA A, LARISSA C, BRUNA M, et al. Effect of the addition of *Spirulina* sp. biomass on the development and characterization of functional food[J]. *Algal Research*, 2021, 58: 102387.
- [73] DING T, SONG G, LIU X R, et al. Nucleotides as optimal candidates for essential nutrients in living organisms: A review[J]. *Journal of Functional Foods*, 2021, 82: 104498.
- [74] 赵婧. 谷氨酸处理对鲜切胡萝卜品质和活性成分积累的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2020. [ZHAO Q. The effects of glutamate treatment on quality and accumulation of bioactive components in fresh-cut carrot[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2020.]
- [75] MASAKI H, HAKUTOK, TAKASHI H, et al. Impact of global traditional seasonings on thermal Z-isomerization of (all-E)-lycopene in tomato puree[J]. *LWT*, 2019, 116: 108565.
- [76] 孟刚. 复合调味品: 健康和美味一个都不能少[J]. *农产品市场*, 2021(21): 58-59. [MENG G. Compound seasoning: both healthy and delicious are essential[J]. *Agricultural Products Market*, 2021(21): 58-59.]
- [77] 李冬梅, 张雪迪, 毕景然, 等. 中式预制菜肴产业的传承与创新[J/OL]. *中国食品学报*: 1-8[2022-10-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4528.TS.20221011.0833.002.html>. [LIDM, ZHANG X D, BI J R, et al. Inheritance and innovation of chinese prepared dishes industry[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*: 1-8[2022-10-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4528.TS.20221011.0833.002.html>.]
- [78] SCHMIDT C V, MOURITSEN O G. The solution to sustainable eating is not a one-way street[J]. *Frontiers in Psychology*, 2020, 11.
- [79] SCHMIDT C V, MOURITSEN O G. Cephalopods as challenging and promising blue foods: structure, taste, and culinary highlights and applications[J]. *Foods*, 2022, 11(17): 2559.