

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2023.06.012

卿明义, 叶银凤, 李玉蟾, 等. 螺蛳粉风味物质的研究进展[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(6): 91-97.

QING M Y, YE Y F, LI Y C, et al. Research progress on source of flavoring substances in river snails rice noodle[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(6): 91-97.

# 螺蛳粉风味物质的研究进展

卿明义<sup>1,2,3</sup>, 叶银凤<sup>1</sup>, 李玉蟾<sup>4</sup>, 陈清清<sup>1</sup>, 俞馨垚<sup>1</sup>,  
赖美金<sup>1</sup>, 崔娜<sup>1,2,3</sup>, 熊建文<sup>1,2,3</sup>✉

1. 柳州工学院 食品与化学工程学院, 广西 柳州 545616;
2. 柳州市螺蛳粉植物源性配料研究重点实验室, 广西 柳州 545616;
3. 柳州市特色食品风味与品质控制工程技术研究中心, 广西 柳州 545616;
4. 柳州市中医医院, 广西 柳州 545000)

**摘要:** 柳州螺蛳粉是一种集鲜、辣、酸、“臭”于一身的柳州地方性特色美食。品质不稳定、标准不统一等问题随着预包装螺蛳粉的快速发展开始出现。柳州螺蛳粉的品质及独特风味与其原辅料的风味物质息息相关, 对于螺蛳粉风味物质的检测与分析是衡量螺蛳粉品质的关键因素之一。从柳州螺蛳粉的螺蛳、酸笋、辣椒油等原辅料的风味物质特征出发, 根据螺蛳粉的研究和风味物质检测的有关技术对柳州螺蛳粉风味物质的来源进行综述, 阐述了螺蛳粉原辅料风味物质对螺蛳粉的影响、风味物质常用的检测技术在柳州螺蛳粉风味物质分析中的发展前景、原辅料的关键性风味物质、柳州螺蛳粉风味物质研究方面的不足, 提出了柳州螺蛳粉风味物质未来研究方向, 以期为其工艺改进、标准化制定、新产品开发提供理论支持。

**关键词:** 螺蛳粉; 风味物质; 来源; 原辅料; 检测技术

中图分类号: TS201.4 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2023)06-0091-07

## Research Progress on Source of Flavoring Substances in River Snails Rice Noodle

QING Ming-Yi<sup>1,2,3</sup>, YE Yin-Feng<sup>1</sup>, LI Yu-Can<sup>4</sup>, CHEN Qing-Qing<sup>1</sup>, YU Xin-Yao<sup>1</sup>,  
LAI Mei-Jin<sup>1</sup>, CUI Na<sup>1,2,3</sup>, XIONG Jian-Wen<sup>1,2,3</sup>✉

1. Department of Food and Chemical Engineering, Liuzhou Institute of Technology, Liuzhou, Guangxi 545616, China; 2. Liuzhou Key Laboratory of Plant-derived Ingredients of Liuzhou River Snails Rice Noodle, Liuzhou, Guangxi 545616, China; 3. Liuzhou Special Food Flavor and Quality Control Research Center of Engineering Technology, Liuzhou, Guangxi 545616, China; 4. Liuzhou Rraditional Chinese Medical Hospital, Liuzhou, Guangxi 545000, China)

**Abstract:** Liuzhou river snail rice noodle is a local characteristic food of Liuzhou with fresh, spicy, sour and “smelly”. With the rapid development of pre-packaged river snail rice noodle, the concerns such as unstable

收稿日期: 2023-05-10

基金项目: 广西高校中青年骨干教师科研基础能力提升项目(2023KY1778); 大学生创新创业训练计划项目(S202213639046); 广西高校中青年骨干教师科研能力提升项目(2020KY60020)

Supported by: Project of Improving Scientific Research Basic Ability of Young and Middle-aged Teachers in Guangxi Universities (No.2023KY1778); College Student Innovation and Entrepreneurship Training Program (No.S202213639046); Project of Improving Scientific Research Basic Ability of Young and Middle-aged Teachers in Guangxi Universities (No.2020KY60020)

作者简介: 卿明义, 男, 1992年出生, 硕士, 工程师, 研究方向为食品加工及食品风味。E-mail: 825965235@qq.com

通讯作者: 熊建文, 男, 1981年出生, 博士, 教授, 研究方向食品微生物与食品风味。E-mail: sxjw@163.com

quality and inconsistent standards have begun to emerge. The quality and unique flavor of Liuzhou river snail rice noodle are closely related to the flavor substances of its raw materials. The detection and analysis of its flavor substances is one of the key factors to measure the quality of river snail rice noodle. In this paper, based on the features of flavor substances of raw materials such as snails, sour bamboo shoots and chili oil in Liuzhou snail powder, the sources of its flavor substances were reviewed mainly according to the current research on river snail rice noodle and the related techniques of flavor substances detection. The effects of flavor substances of raw materials and excipients were systematically expounded. The development prospect of common detection techniques of flavor substances in the analysis of flavor substances and the key flavor substances of raw materials and excipients were further reviewed. The disadvantages of the research on the flavor substances of were pointed out, and the future research direction of its flavor substances was put forward, aiming to provide theoretical support for the improvement, standardization and development of new products of Liuzhou river snail rice noodle.

**Key words:** river snails rice noodle; flavor substance; source; raw and auxiliary materials; detection technology

螺蛳粉是在米粉中加入螺蛳汤，佐以酸笋、花生、腐竹等配料制作的美食，具有“辣、爽、鲜、酸”的独特风味。其最早出现是在 20 世纪 70 年代至 80 年代过渡时期，是柳州市最具地方特色的一种小吃。目前，消费者对螺蛳粉的评价呈现严重的两极分化，喜欢的消费者爱不释手，不喜欢的消费者则是避而远之。自 2014 年预包装螺蛳粉上市以来，就逐渐呈现出迅速发展的势头，柳州螺蛳粉产业规模迅猛增长的同时带动了螺蛳粉相关产业链的全要素农产品的发展，其产业链的生产总值不断创下新高<sup>[1]</sup>。2021 年 4 月，习近平总书记来到柳州市螺蛳粉生产聚集区进行考察，对“小米粉”做成百亿大规模的“大产业”表示了肯定，进一步推动了柳州螺蛳粉产业的发展，2021 年全年，柳州螺蛳粉全产业链销售总额达到 500 多亿。同年，柳州市申报的柳州螺蛳粉制作技艺经国务院批准列入了第 5 批国家非物质文化遗产代表性项目名录。柳州螺蛳粉已发展成为柳州市经济支柱产业和城市名片，成为了广西地区不可替代的美食标签。

柳州螺蛳粉作为一种地方性的特色产业，对促进当地经济的发展有着非常重要的作用，然而在柳州螺蛳粉产业井喷式发展的过程中，有关螺蛳粉的一些问题开始涌现出来，比如：（1）螺蛳粉的独特风味来源于什么物质，这些物质与螺蛳粉的口感存在什么联系，如何进行检测；（2）产品质量不稳定；（3）产品的标准不统一；（4）口味比较单

一等。本研究从螺蛳粉的独特风味出发，根据目前有关螺蛳粉的研究对柳州螺蛳粉风味物质的来源进行了介绍和分析，并阐述食品风味物质常用的检测技术在柳州螺蛳粉风味物质分析中的应用及发展前景，以期为柳州螺蛳粉工艺的改进、标准化制定、新产品的开发提供科学依据。

## 1 食品风味物质及其检测方法

食品的风味是指当人将食物摄入口腔前后，食物在经过咀嚼、吞咽等过程时，会刺激人的各个感觉器官，从而在大脑中产生的一种比较综合的感觉，主要包括生理和心理的感觉，是食品的品质特征之一<sup>[2]</sup>。食品风味的产生来源于风味物质，风味物质分为挥发性风味物质和非挥发性风味物质两类。目前，关于食品风味物质的检测已比较成熟，检测技术多种多样，主要涉及到了波谱学、化学、色谱学等多个领域<sup>[3]</sup>。

这些技术的发展，使得风味物质的检测变得更加容易快捷，一般风味物质的检测分为风味物质前处理、风味物质的分析检测两大步骤。随着科技的发展，对于风味物质的前处理方法也不断发展，目前主要有蒸馏萃取、固相微萃取等<sup>[4]</sup>。郭荣灿等<sup>[5]</sup>研究发现，对广西酸笋风味物质的提取采用顶空固相微萃取比液液萃取及蒸馏萃取效果更好。风味物质的检测方法主要有电子鼻、电子舌、气相色谱法、气相色谱-质谱法、气相色谱-离子迁移谱法、高效液相色谱法等<sup>[6-7]</sup>。

目前,关于专门针对螺蛳粉风味物质检测方法的研究较少,研究者可对螺蛳粉风味物质检测方法进行深入研究,探索提取及检测条件、优化检测方法,为螺蛳粉产品开发及标准制定提供科学有效的依据。

## 2 柳州螺蛳粉风味及风味物质主要来源

柳州螺蛳粉汤主要是经过螺蛳、筒骨、香辛料等混合进行熬制所得,在食用时还会搭配酸笋、辣椒油等,其加工及食用时丰富的原辅料造就了柳州螺蛳粉独特的风味:鲜、酸、辣,同时有着一股特殊的“臭”味<sup>[8]</sup>。其鲜味主要来源于熬汤主原料螺蛳;酸与“臭”来源于食用时加入的发酵蔬菜酸笋;辣味则主要由加入的辣椒油而产生。

### 2.1 螺蛳

鲜味主要来源包括氨基酸类、酸类、鲜味肽类及一些鲜味剂等,食品中的鲜味物质含量大于其相应的阈值时,就会使得该食品呈现出鲜味;相反,如果小于阈值,则不能感受到鲜味,但依然可以让产品的风味有所增加<sup>[9-10]</sup>。

螺蛳是一种贝壳类水产品,其作为柳州螺蛳粉汤料熬制的主原料之一,也是柳州螺蛳粉鲜味物质的重要来源。螺蛳中含有谷氨酸、天冬氨酸、酪氨酸等鲜味物质,其中谷氨酸对鲜味的提升最为明显<sup>[11-12]</sup>。

螺蛳具有很丰富的营养价值,可用于煲汤、炒制等,螺蛳肉含有蛋白质、脂肪及丰富的氨基酸、维生素和矿物质等<sup>[13-14]</sup>。徐超莲等<sup>[15]</sup>对柳州螺蛳粉汤料包进行了研究,确定螺蛳粉汤料的鲜味特异性指标为鲜味氨基酸,包含谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸、丙氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸,在汤料包鲜味氨基酸检测中发现,其谷氨酸含量最高。程果等<sup>[16]</sup>采用顶空固相微萃取结合气相色谱-质谱法对中华园田螺和铜锈环棱螺的主要风味物质进行研究,发现铜锈环棱螺及中华园田螺挥发性物质包括烯炔类、醇类、酮类、胺类、酯类和醛类 6 大类,其中,1-辛烯-3-醇具有蘑菇味和油腻味,是构成螺蛳风味的关键风味物质。中华园田螺的内脏团中风味物质包括烯类、酮类、醛类,其含量分别为 27.786、57.47、60.999  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,比螺

蛳肌肉中及软体部分的含量高,而且在内脏团中发现了不同于肌肉中的风味活性物质正庚醛(具有果子香气味),螺蛳粉汤在熬制过程中,螺蛳的内脏团有可能对螺蛳汤的整体风味产生独特的贡献。张慧慧等<sup>[17]</sup>从新鲜螺蛳中共鉴定出 40 种挥发性风味成分,其中,二甲基三硫醚、1-辛烯-3-醇、异戊醛、反-2-壬烯醛、己醛、苯甲醛是螺蛳的关键风味物质。

目前,关于螺蛳的研究主要在养殖、产品开发等方面,对于螺蛳经过炒制、熬汤后风味物质的研究国内外报道均较少,相关研究者可以针对性的对螺蛳的品种、螺蛳的不同部位、加工工艺等进行研究,探索螺蛳的风味物质溶出情况,以此为契机,一方面可以对螺蛳粉的熬汤工艺进行优化,达到让螺蛳粉鲜味进一步提升的目的。另一方面,可以稳定螺蛳粉品质为抓手,控制螺蛳粉熬汤原料质量、标准化熬汤工艺,为不同口味螺蛳粉的开发奠定基础,拓宽柳州螺蛳粉市场。

### 2.2 酸笋

柳州螺蛳粉中的酸笋被众多食客称为螺蛳粉的灵魂。螺蛳粉的酸味及独特“臭味”的重要来源就是酸笋。酸笋一般是由新鲜竹笋为原料,经过自然发酵而制得,是一种发酵类蔬菜。鲜竹笋经过一定周期的自然发酵,一方面,可以产生酸味物质如乳酸、草酸、乙酸、苹果酸等,其中草酸含量最高<sup>[18]</sup>,酸度随着发酵程度的加深而增加。另一方面,酸笋产生丰富的挥发性风味物质,这是形成酸笋独特风味本质所在,也是构成柳州螺蛳粉特殊的鲜、酸味的来源。

酸笋风味物质的形成主要由原料、微生物、酶催化等反应产生。目前,对甲酚被认为是酸笋臭味的最主要呈味物质<sup>[19]</sup>,对甲酚是一种具有一定刺激性气味的挥发性风味物质,是竹笋中游离氨基酸——酪氨酸的主要发酵副产物,具有焦皮臭、动物臭味,发酵后的酸笋因含有对甲酚,主要呈现出刺激性气味和药味。朱照华<sup>[18]</sup>研究发现,在广西酸笋发酵前原材料中含有大量的酪氨酸,随着发酵的进行,酪氨酸大量降解,可能转化为对甲酚,成为影响酸笋风味的重要挥发性物质。郑文迪等<sup>[20]</sup>通过气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass

spectrometry, GC-MS)对广西酸笋的风味物质研究发现:酸笋中含量最高的是对甲酚,含量占 62%以上,对酸臭味贡献最大。

周杏荣等<sup>[21]</sup>采用顶空固相微萃取结合 GC-MS 检测竹笋在各个发酵阶段的挥发性风味物质,总共检出 63 种挥发性风味物质,主要有酸类、酚类、醇类、酯类等,且在发酵中期发现有强烈臭味的吡嗪产生,其对酸笋的风味有重要影响;蔡玥等<sup>[22]</sup>通过同样的方法研究了 3 种柳州螺蛳粉常用的酸笋包的挥发性风味物质,主要挥发性风味物质有萜烯类、醇类、醛类、酯类、酸类等物质,其中醛类物质的嗅觉阈值都比较低,其对酸笋风味的形成有比较重要的作用。郑炯等<sup>[23]</sup>通过 GC-MS 研究麻竹笋腌制过程中的挥发性风味物质变化,麻竹笋在发酵过程中共检测出 74 种挥发性风味物质,包括酚类、酮类、醛类等,与周杏荣等<sup>[21]</sup>的研究结果基本一致。新鲜竹笋在发酵后的营养也会有比较完整的保留,发酵过程中微生物菌群会增加蛋白质、膳食纤维、矿物质等含量<sup>[24-26]</sup>。

综上,酸笋风味物质检测主要是通过顶空固相微萃取结合 GC-MS,酸笋的特征性风味物质主要是酚类、酸类、酯类等,其中,酚类是酸笋关键性呈味物质,竹笋中游离氨基酸——酪氨酸发酵副产物对甲酚是酸笋臭味的最主要呈味物质。未来可以针对柳州螺蛳粉中酸笋的风味及风味物质的形成机理进行深入研究,优化酸笋的发酵工艺及发酵方法,从而为酸笋的高效率加工及酸笋最佳风味、酸味的保持提供参考。

### 2.3 辣椒油

柳州螺蛳粉在食用时一般还会加入辣椒油,从而极大的刺激人的味觉和视觉,辣椒油是螺蛳粉辛辣风味的最主要来源。辣椒油又被称为红油、红油辣椒等<sup>[27]</sup>,是一种烹饪常用的复合调味品,主要是通过植物油、辣椒及香辛料在一定的温度下熬制而成。辣椒含有非常丰富的维生素和矿物质等营养物质,还含有丰富的生物碱及抗氧化活性物质,辣椒风味物质组成的丰富性造就了其特殊的感官品质<sup>[28-29]</sup>。

辣椒油的辣味物质主要就是辣椒素,当辣椒素含量仅仅只有辣椒干重的十万分之一时,人的

味觉就可以感受到明显的辣味<sup>[30]</sup>。辣椒素含量越高,辣度的级别越高。最初评价辣味的方式为斯科维感官评定,随着科技的发展,近年来已经逐步利用仪器来对辣味进行评价,高效液相色谱法、气相色谱-质谱法及气相色谱-离子迁移谱是目前测定辣味物质常用的方法<sup>[31-32]</sup>。朱晓兰等<sup>[33]</sup>通过气相色谱-质谱法对辣椒油的化学成分进行了研究,发现辣椒油的主要成分就是辣椒素、二氢辣椒素等,同时,通过与辣椒油树脂对比发现,两者的主要成分基本保持一致。何小龙等<sup>[34]</sup>通过液相色谱法对不同辣椒制成的辣椒油的辣椒素含量进行了分析比较,发现不同品种的辣椒油辣椒素和二氢辣椒素的含量差异最显著,其辣味也会有所差别。

辣椒油的特殊香味是在特定加工条件下,辣椒自身含有的成分发生美拉德等反应,从而产生一些香味物质而形成特殊的复合香辣气味<sup>[31]</sup>。螺蛳粉辣椒油在制作过程中加入的香辛料成分对增加辣椒油的香气起着很重要的作用。张洪新等<sup>[35]</sup>通过气相色谱-质谱法对不同品种的辣椒油的挥发性成分进行了研究,发现辣椒油的挥发性成分有酯类、烷烃类、醛类、酮类等。杨慧等<sup>[36]</sup>通过感官评价及气相色谱-离子迁移谱法对辣椒油的挥发性物质进行了研究,发现辣椒油的香味物质主要有醛类、酮类及萜烯类;叶梦宇等<sup>[37]</sup>通过气相色谱-质谱法对不同油温下的辣椒油的挥发性物质进行了研究,发现关键挥发性成分以低香气阈值的醛类、醇类为主。该研究的发现与国外已有报道一致<sup>[38-39]</sup>。尹敏等<sup>[40]</sup>通过在辣椒油制作过程中加入不同的香辛料,研究发现:在辣椒油制作过程中,可以有效提高辣椒油的香味。

辣椒油是在植物油中加入辣椒、香辛料在一定温度下熬制所得,风味是油和辣椒的风味物质混合组成,常用的检测方法有:高效液相色谱法、气相色谱-质谱联用、气相色谱-离子迁移谱,主要呈味物质是:烯炔类、醛类、酯类、醇类等,其关键性呈味物质是醛类、醇类。辣椒油在颜色、香味以及辣度上都充满特色,在螺蛳粉中加入辣椒油,这就进一步增加了螺蛳粉其独特的风味。辣椒油的添加使螺蛳粉的风味更加丰富,目前关

于针对螺蛳粉的辣椒油方面研究十分缺乏。另外,辣椒油的食用广泛,但对于不同地区的辣椒油的对比也缺乏相应的研究,螺蛳粉采用富有地方特色的辣椒油是否依然能保持其独特风味,这都需要进行相关的研究。后期可以以辣椒油风味为切入点,针对不同地域,研究出不同辣味以及风味的辣椒油,以期拓宽螺蛳粉的发展市场。

### 3 结论

经阐述与分析柳州螺蛳粉的原辅料对风味的影响,发现国内外对于柳州螺蛳粉风味物质的针对性研究比较少,且关于螺蛳粉风味物质的研究主要是在国内,国外目前尚未发现有关的研究报道。对于螺蛳粉的风味物质缺乏深入研究,比如螺蛳粉风味物质与感官评价的相关性,螺蛳粉特征性风味物质鉴定等,都缺乏相应的深入研究,这是造成螺蛳粉品质及标准不统一的原因之一,阻碍了柳州螺蛳粉进一步发展。

对于螺蛳粉风味物质的研究应借助有效的提取和检测手段,风味物质的提取可以采用顶空固相萃取法、液液萃取法等,而风味物质的检测主要有气相色谱-质谱法、气相色谱-嗅闻法、高效液相色谱法、气相色谱-离子迁移谱法等,这些方法有着较高的灵敏度、而且有较为广泛的适用范围,应有针对性的采用适宜的方法对柳州螺蛳粉风味物质进行进一步分析和鉴定。

未来,螺蛳粉生产的标准化发展是相关企业竞争的着力点,以螺蛳粉独特的风味为出发点,对品质进行控制是大力推动螺蛳粉发展强有力的保障。对于柳州螺蛳粉风味物质的研究可以从以下几个方面进行:(1)对柳州螺蛳粉风味物质进行深入的研究,确定其关键性特征性风味物质;(2)确定螺蛳粉的特征风味物质与加工工艺的关系,为优化螺蛳粉工艺和新产品的研发提供理论基础;(3)确定螺蛳粉的特征风味物质的阈值,建立螺蛳粉特征性风味物质与人体感官的相关性数据库,为螺蛳粉的标准化高质量发展奠定基础。

### 参考文献:

- [1] 刘璽. 螺蛳粉“火出圈”[J]. 中国对外贸易, 2021, (6): 52-53.  
LIU Z. River snails noodle is very popular[J]. China's Foreign

Trade, 2021, (6): 52-53.

- [2] 谢明勇. 食品化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2021.  
XIE M Y. Food Chemistry[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2021.
- [3] 周易枚, 刘尧刚, 丁红梅. 浓香菜籽油中挥发性风味物质的检测技术研究进展[J]. 粮食与食品工业, 2020, 4(24): 66-68.  
ZHOU Y M, LIU Y G, DING H M. Research progress on detection technology of volatile flavor compounds in strong coriander seed oil[J]. Cere Food Ind, 2020, 4(24): 66-68.
- [4] WANG L, LEE J, CHUNG J, et al. Discrimination of teas with different degrees of fermentation by SPME-GC analysis of the characteristic volatile flavor compounds[J]. Food Chem, 2008, 109(1): 196-206.
- [5] 郭荣灿, 王成华, 江虹锐, 等. 广西发酵酸笋气味物质提取方法优化及比较分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(13): 202-210.  
GUO R C, WANG C H, JIANG H R, et al. Optimization and comparison analysis of extraction methods of odorant from guangxi fermented bamboo shoots[J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(13): 202-210.
- [6] HAN F K, HUANG C Y, AHETO J H. Detection of beef adulterated with pork using a low-cost electronic nose based on colorimetric sensors[J]. Foods, 2020, 9(2): 193.
- [7] WANG S, CHEN H, SUN B. Recent progress in food flavor analysis using gas chromatography-ion mobility spectrometry[J]. Food Chem, 2020, 315: 126, 158.
- [8] 邱思, 刘中科, 黄姝洁. 柳州螺蛳粉汤料制备工艺特点及方法研究[J]. 中国调味品, 2012, 37(3): 115-117.  
QIU S, LIU Z K, HUANG S J. Study on the characteristics and methods of preparation technology of Liuzhou river snails noodle soup[J]. China Cond, 2012, 37(3): 115-117.
- [9] 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, 2021, 1(1): 1-14.  
YU Z, GE X T, ZHANG J H, et al. The source of umami in food and its evaluation method[J]. Food Sci, 2021, 1(1): 1-14.
- [10] 郇思琪, 刘登勇, 王笑丹, 等. 食品中呈鲜味物质研究进展[J]. 食品工业科技, 2020, 41(21): 333-339.  
HUAN S Q, LIU D Y, WANG X D, et al. Research progress on umami substances in food[J]. Sci Technol Food Ind, 2020, 41(21): 333-339.
- [11] KESSLER F, GIACLAONE D, NIELSEN M, et al. Consumer perception of snack sausages enriched with umami-tasting meat protein hydrolysates[J]. Meat Sci, 2019, 150(4): 65-76.
- [12] 龚骏, 陶宁萍, 顾赛麒. 食品中鲜味物质及其检测研究方法概述[J]. 中国调味品, 2014, 39(1): 129-135.  
GONG J, TAO Y P, GU S Q. Overview of umami substances in food and their detection methods[J]. China Cond, 2014, 39(1): 129-135.
- [13] 解婧媛, 孙涛, 廖芳, 等. 柳州地区中华圆田螺和方形环棱螺的含肉率及营养分析[J]. 现代食品, 2021, (17): 203-205.

- XIE J Y, SUN T, LIAO F, et al. Meat content and nutritional analysis of Chinese round snail and square ring snail in Liuzhou[J]. *Mod Food*, 2021, (17): 203-205.
- [14] 薛飞, 黄凯, 宿志健, 等. 中华圆田螺氨基酸、脂肪酸营养价值与重金属安全性评价[J]. *渔业科学进展*, 2022, 43(1): 180-187.
- XUE F, HUANG K, SU Z J, et al. Evaluation of amino acid, fatty acid nutritional value and heavy metal safety of Chinese snail[J]. *Prog Fish Sci*, 2022, 43(1): 180-187.
- [15] 徐超莲, 李丽, 王裕雅, 等. 柳州螺蛳粉特异性指标的分析与研究[J]. *企业科技与发展*, 2021, (10): 79-81.
- XU C L, LI L, WANG Y Y, et al. Analysis and research on specific indexes of Liuzhou river snails noodle[J]. *Sci Technol Dev Enterp*, 2021, (10): 79-81.
- [16] 程果, 但小琴, 王卫民, 等. 中华圆田螺和铜锈环棱螺的主要风味物质差异性分析[J]. *食品科技*, 2021, 46(5): 238-245.
- CHEN G, DANG X Q, WANG W M, et al. Difference analysis of main flavor substances between Chinese Mystery Snail and *Pseudomonas sinensis*[J]. *Food Technol*, 2021, 46(5): 238-245.
- [17] 张慧慧, 卢建媚. 螺蛳挥发性风味成分的分析与研究[J]. *中国食品添加剂*, 2019, 30(8): 115-119.
- ZHANG H H, LU J M. Volatile components in *Margarya melanioides*[J]. *China Food Additives*, 2019, 30(8): 115-119.
- [18] 朱照华. 酸笋的营养成分检测及其主要风味物质的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2014.
- ZHU Z H. Detection of nutrient components of sour bamboo shoots and research on main flavor substances[D]. Nanning: Guangxi University, 2014.
- [19] FU S, YOON Y, BAZEMORE A R. Aroma-active components in fermented bamboo shoots[J]. *J Agric Food Chem*, 2002, 50(3): 549-554.
- [20] 郑文迪, 关倩倩, 刘长根, 等. 基于 GC-MS 法对比广西地区酸菜和酸笋风味的差异[J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46(4): 253-257.
- ZHENG W D, GUAN Q Q, LIU C G, et al. Comparison of flavors of Suancai and Suansun in Guangxi based on GC-MS[J]. *Food Ferment Ind*, 2020, 46(4): 253-257.
- [21] 周杏荣, 陈晓艺, 蒋立文, 等. 竹笋自然发酵过程中风味物质变化规律[J]. *中国酿造*, 2019, 38(8): 20-24.
- ZHOU X R, CHEN X Z, JIANG L W, et al. Changes of flavor substances in natural fermentation of bamboo shoots[J]. *China Brew*, 2019, 38(8): 20-24.
- [22] 蔡玥, 贾利蓉, 杜玫, 等. 广西酸笋挥发性风味物质分析[J]. *中国调味品*, 2021, 46(11): 142-145.
- CAI Y, JIA L R, DU M, et al. Analysis of volatile flavor components of Guangxi sour bamboo shoots[J]. *China Cond*, 2021, 46(11): 142-145.
- [23] 郑炯, 李薇, 陈光静, 等. 麻竹笋腌制加工过程中风味物质的变化[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(18): 93-100.
- ZHENG J, LI W, CHEN G J, et al. Changes of flavor substances during pickling and processing of hemp bamboo shoots[J]. *Food Ferment Ind*, 2019, 45(18): 93-100.
- [24] FONSECA S C, RIVAS I, ROMAGUERA D. Association between consumption of fermented vegetables and COVID-19 mortality at a country level in Europe[J]. *Medical Lett Drugs Ther*, 2020, 6(8): 297.
- [25] YE J, SU Z, LIN L, et al. Determination of inorganic elements content and distribution in bamboo shoots by microwave digestion and ICP-MS[J]. *J Agric Chem Environ*, 2016, 5(3): 152-157.
- [26] JINSONG W, JIONG Z, XUEJUAN X, et al. purification and structural identification of polysaccharides from bamboo shoots[J]. *Int J Mol Sci*, 2015, 16(7): 15560-15577.
- [27] 薛森, 何新益, 闫西纯. 调味辣椒鸡油制备工艺的研究[J]. *食品研究与开发*, 2019, 2(40): 120-124.
- XUE M, HE X Y, YAN X C. Study on the preparation technology of seasoned chili chicken oil[J]. *Food Res Dev*, 2019, 2(40): 120-124.
- [28] NACCARATO A, EMILIA F, SINDONA G, et al. Multivariate class modeling techniques applied to multi-element analysis for the verification of the geographical origin of chili pepper[J]. *Food Chem*, 2016, 1(206): 217-222.
- [29] 陈吉江, 孟祥永, 孙承国, 等. 混合原料制取辣椒油工艺研究及挥发性成分分析[J]. *农产品加工*, 2021, 42(14): 45-52.
- CHEN J J, MENG X Y, SUN C G, et al. Study on the technology of chili oil from mixed raw materials and analysis of volatile components[J]. *Farm Prod Process*, 2021, 42(14): 45-52.
- [30] 吕小兰, 赖小平. 辣椒素的应用与提取[J]. *江西化工*, 2005, (4): 6-7.
- LV X L, LAI X P. Application and extraction of capsaicin[J]. *Jiangxi Chem Ind*, 2005 (4): 6-7.
- [31] 石自彬, 周世中. 辣椒品种对辣椒油品质影响研究[J]. *粮食与油脂*, 2022, 35(2): 69-73.
- SHI Z B, ZHOU S Z. Study on the effect of chili varieties on the quality of chili oil[J]. *Cere Oils*, 2022, 35(2): 69-73.
- [32] AH-YOUNG K, RAHMAN M M, EL-ATY A M A, et al. Identification of volatile organic compounds generated from healthy and infected powdered chili using solvent-free solid injection coupled with GC/MS: Application to adulteration[J]. *Food Chem*, 2014, 156(23): 326-332.
- [33] 朱晓兰, 刘百战, 宗若雯. 辣椒油化学成分的气相色谱-质谱分析[J]. *分析测试学报*, 2003, 1(22): 67-70.
- ZHU X L, LIU B Z, ZONG R W. Analysis of chemical constituents of chili oil by GC-MS[J]. *J Inst Anal*, 2003, 1(22): 67-70.
- [34] 何小龙, 唐建华, 车君艳, 等. 不同辣椒品种对辣椒油品质的影响研究[J]. *中国调味品*, 2014, 11(39): 10-12.
- HE X L, TANG J H, CHE J Y, et al. Effect of different pepper varieties on quality of chili oil[J]. *China Cond*, 2014, 11(39): 10-12.

10-12.

- [35] 张洪新, 刘辉, 陈光静, 等. 不同品种辣椒油制品的品质研究[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(5): 190-198.  
ZHANG H X, LIU H, CHEN G J, et al. Study on the quality of different varieties of chili oil products[J]. Food Ferment Ind, 2019, 45(5): 190-198.
- [36] 杨慧, 黄绿红, 张帆, 等. 基于感官和气相色谱-离子迁移谱分析油温对辣椒油风味的影响[J]. 中国食品学报, 2021, 9(21): 328-335.  
YANG H, HUANG L H, ZHANG F, et al. Effect of oil temperature on flavor of chili oil based on sensory and gas chromatography-ion mobility spectrometry[J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2021, 9(21): 328-335.
- [37] 叶梦宇, 王嘉昊, 徐怀德, 等. 油温对辣椒油品质的影响[J]. 中国调味品, 2022, 1(47): 124-127.  
YE M Y, WANG J H, XU H D, et al. Effect of oil temperature on the quality of chili oil[J]. China Cond, 2022, 1(47): 124-127.
- [38] MAZIDA M M, SALLEH M M, OSMANA H. Analysis of volatile aroma compounds of fresh chilli (*Capsicum annum*) during stages of maturity using solid phase microextraction (SPME)[J]. J Food Compos Anal, 2005, 18(5): 427-437.
- [39] ZHANG H P, XIE Y X, LIU C H, et al. Comprehensive comparative analysis of volatile compounds in citrus fruits of different species[J]. Food Chem, 2017, 230: 312-326.
- [40] 尹敏. 影响辣椒油品质的因素[J]. 中国调味品, 2009, 34(9): 93-95.  
YIN M. Factors affecting the quality of chili oil[J]. China Cond, 2009, 34(9): 93-95. ☞