

梁淼, 张祉敏, 吴雅健, 等. 辛香料草果的研究及精油应用进展 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(2): 427–435. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022020103

LIANG Miao, ZHANG Zhimin, WU Yajian, et al. Progress on Research of Spice *Amomum tsaoko* and Application of Its Essential Oil[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(2): 427–435. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022020103

· 专题综述 ·

辛香料草果的研究及精油应用进展

梁 淼¹, 张祉敏¹, 吴雅健¹, 刘玉平^{1,2,*}

(1. 北京工商大学轻工科学技术学院, 北京 100048;

2. 北京市食品风味化学重点实验室, 北京 100048)

摘 要: 草果是一种药食同源的天然香料, 被广泛应用于食品与医药行业。本文通过了解国内外关于草果中化学成分的研究, 对草果中香气成分的提取方法、定性定量分析方法、已鉴定出的香气成分进行了归纳, 阐明了目前草果香气成分研究中存在的问题, 同时也总结了草果中难挥发性成分的研究现状以及草果在食品调味、抑菌防霉、抗氧化、抗肿瘤、防疫等领域的应用, 旨在为草果的品种筛选、产地识别、深加工和综合利用提供参考。

关键词: 草果, 香气成分, 提取方法, 难挥发性成分, 精油, 应用

中图分类号: TS201.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)02-0427-09

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022020103

本文网刊:



Progress on Research of Spice *Amomum tsaoko* and Application of Its Essential Oil

LIANG Miao¹, ZHANG Zhimin¹, WU Yajian¹, LIU Yuping^{1,2,*}

(1. School of Light Industry, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China;

2. Beijing Key Laboratory of Flavor Chemistry, Beijing 100048, China)

Abstract: As a natural flavor material, *Amomum tsaoko* (AT) is widely used in food and pharmaceutical industry. Based on the reports of the chemical compositions in AT published at home and abroad, the extraction methods, qualitative and quantitative analysis methods of volatile compounds and identified aroma components in AT are summarized. The problems existing in the research of aroma components are clarified. Meanwhile, the research status of non-volatile components in AT and the application in food seasoning, bacteriostasis and mildew prevention, oxidation resistance, anti-tumor and epidemic prevention are summed up briefly. The purpose of this paper is to provide references for variety screening, origin identification, deep processing and comprehensive utilization of AT.

Key words: *Amomum tsaoko* (AT); aroma components; extraction method; difficult volatile components; essential oil; application

草果(*Amomum tsaoko*)是一种天然香料, 具有浓郁的辛香、药草香, 并带有脂肪和柠檬样香韵, 能够去除肉类食材的腥味, 可增进人的食欲, 因此被人们誉为食品调味中的“五香之一”, 在韩国、日本等国家也是一种重要的调味品; 草果在临床上还是一种常用的芳香化湿类中草药, 药理研究证明其具有预防癌症、降脂降糖、调节胃肠道等功能^[1-4]。据中国植物志记载, 草果为姜科豆蔻属多年生草本植物, 主产于

中国和越南, 中国的主产地有云南、广西、贵州等省区, 产地海拔约 1100~1800 m, 其中云南省为我国草果的主要产区, 产量占国内的 90% 以上^[5]; 而在云南省以怒江州的种植面积和产量最大, 据当地政府提供的资料显示 2017 年怒江州草果种植面积约为 103 万亩, 鲜果产量为 2.96 万吨。作为药食同源的经济作物^[6], 草果在我国的种植范围较狭窄, 但市场需求量较大, 近年来其香气成分及药用价值已引起越

收稿日期: 2022-02-15

基金项目: 国家自然科学基金“基于分子感官科学方法研究怒江草果干燥过程中关键香气成分的变化规律及其呈香机理”(32072342)。

作者简介: 梁淼(1996-), 女, 博士研究生, 研究方向: 食品风味化学, E-mail: liang_miao923@163.com。

* 通信作者: 刘玉平(1969-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品风味化学, E-mail: liuyup@th.btbu.edu.cn。

来越多研究人员的关注。

以“草果”为主题进行文献检索,检索结果经可视化分析发现关于草果的研究主要集中于其挥发油、化学成分、抗菌活性等方面(图1)。因此,本文从草果挥发性成分的提取方法、香气成分、难挥发性成分及其精油的应用等方面对草果的研究进展进行了归纳总结,期望对草果的深加工综合利用等提供参考。

1 草果中香气成分的研究现状

作为天然香料,草果的香气是评价其质量的重要指标,早在1971年日本人就对草果精油的化学成分进行了研究,从中只鉴定出来了1,8-桉叶素和壬酸两个成分;1975年我国的李世诚等采用气相色谱仪来研究草果精油中的化学成分,从中鉴定出来15种成分,其中含量较高的有1,8-桉叶素、反-2-十一烯醛、 α -柠檬醛等^[7]。随着科技的发展和现代分析仪器的普及,越来越多的提取、分离、分析技术已用于研究草果的香气成分。

1.1 草果中香气成分的提取方法

选择有效、合适的提取方法是研究草果香气成分的关键^[8]。目前提取草果中香气成分的方法有水蒸气蒸馏、溶剂萃取、超临界CO₂萃取、顶空固相微萃取、溶剂萃取结合溶剂辅助风味成分蒸发等。

1.1.1 水蒸气蒸馏法 水蒸气蒸馏法是一种最传统的提取方法,由于其所需设备简单、操作安全、成本低,适用于提取沸点高且与水不相溶或微溶的挥发性成分,是提取草果香气成分时采用最多的方法,目前检索到的对草果香气成分的研究80%以上采用了水蒸气蒸馏法来提取草果中的香气成分。但是此法的提取效率较低,常需采用有机溶剂对馏出物中的目标

成分进行浓缩,另外,由于在水蒸气蒸馏过程中草果与水蒸气长时间接触,最终得到的精油中可能含有一些水解产物和分解产物。采用该方法所得精油中鉴定出的成分一般为50种左右,从文献报道结果可知,虽然分析的草果产地不同,但是从所得精油中鉴定出的主要香气成分接近,包括1,8-桉叶素、香叶醛、橙花醛、2-癸烯醛、香叶醇等^[9-13]。草果的茎、叶、果仁、果壳等不同部位精油的香气成分有所不同,但1,8-桉叶素、 α -蒎烯、 β -蒎烯是它们的共有成分^[14-15]。迟玉广等^[16]经水蒸气蒸馏法提取经不同方法炮制后的草果精油发现挥发油提取率与生品相比有所下降,姜炙品的变化最为明显,其1,8-桉油素含量降低,香叶醇含量增加;由此推测姜炙后草果的辛燥之性有所缓和。

1.1.2 溶剂萃取法 溶剂萃取是采用合适的溶剂与粉碎后的草果混合,将草果中的香气成分提取出来;文献报道的采用的溶剂有95%乙醇、石油醚、丙酮、异丙醇、乙酸乙酯^[17-18]、正己烷^[19]或多种溶剂的混合物^[20];为了提高提取效率,提取过程中也会使用超声波^[18]或微波^[19]。采用该方法进行萃取香气成分时,也会将草果中的非挥发性和难挥发性成分(如色素、蜡、氨基酸等)提取出来;难挥发性成分的存在不仅会使分析结果有较大的误差,也容易损伤仪器。由于不同提取溶剂的极性不同,提取出来的成分也有所差别,根据相似相溶原理,极性较强的溶剂对极性挥发性成分的提取效果较好,而非极性的溶剂则对非极性的化合物提取效率较高;如采用乙酸乙酯和正丁醇进行萃取时,仇厚援等^[18]从提取物中鉴定出来了88种成分,其中含量比较高的有2,5-二甲基-1,6-庚二烯、2-乙酰环戊酮、1,2-苯二酚、2-(丁烯基)-4-羟基-3-甲基-2-环戊烯-1-酮和9-十八烯酰胺;采用正己

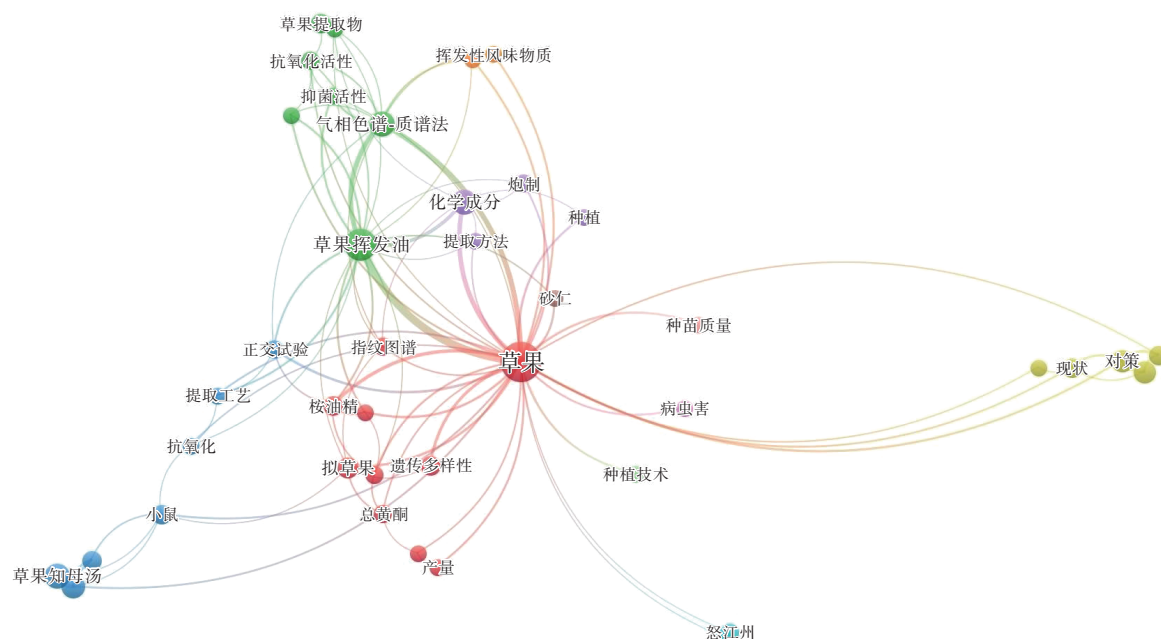


图1 草果研究现状的可视化分析

Fig.1 Visualizationon research status of *Amomum tsaoko*

烷进行萃取时,从提取物中鉴定出来了 36 种成分,1,8-桉叶素、香叶醇、(E)-2-癸烯醛、反-十二烯醛和 4-丙基苯甲醛的含量较高^[19]。

1.1.3 超临界二氧化碳萃取法 超临界二氧化碳萃取法与溶剂萃取法相比具有绿色、环保的特点,所得提取物的香气与样品的香气相同。该方法是利用的二氧化碳与样品接触,通过改变萃取条件可以有选择地把香气成分按照极性大小、沸点高低和分子量大小萃取出来,从而达到提取与分离香气成分的目的。随着该技术的成熟,1997 年开始有文献报道采用该方法提取草果中的香气成分^[21],从鉴定出的挥发性成分看,与采用溶剂萃取法所得结果相似,较佳的提取工艺条件为萃取温度 55~60 °C,萃取压力 25~30 MPa,萃取时间 60~120 min^[22-23]。赵怡等^[24]采用该方法提取了广西和云南草果中的香气成分,经分析后发现云南草果中 1,8-桉叶素 (39.08%) 和 β -柠檬醛 (13.60%) 含量较高,而广西草果中含量较高的组分是香茅醇 (12.85%) 和乙酸香叶酯 (9.50%)。同样该方法也具有溶剂萃取法所具有的缺点,即所得提取物中含有难挥发和不挥发性成分。

1.1.4 顶空固相微萃取法 顶空固相微萃取是加拿大滑铁卢大学 Pawlinszyn 教授团队于 1989 年发明的,由于该方法具有操作简单、样品用量少、不用溶剂、使用成本低等优点^[25]。2010 年以后开始用于提取草果中的挥发性成分,2010~2021 年,有 4 篇文献^[26-29]采用了该方法提取草果中的香气成分。由于起到萃取作用的纤维对草果中香气成分的萃取具有一定的选择性,采用不同纤维进行萃取时鉴定出的主要成分基本相同,包括 1,8-桉叶素、 α -水芹烯、 α -蒎烯、 β -蒎烯等,但定量结果相差较大,如同一样品采用 DVB/CAR/PDMS 进行萃取时 1,8-桉叶素的含量为 38.60%,而采用 CAR/PDMS 萃取时含量为 49.89%^[26]。由于该方法使用样品量少,且萃取条件对结果影响大,导致重现性差,因此该方法只适合在实验室使用。

1.1.5 溶剂萃取结合溶剂辅助风味成分蒸发法 该方法一般是采用二氯甲烷作为溶剂对样品进行萃取,而后在极低的压力(小于 10^{-5} mPa)下将溶剂萃取法所得萃取液中的挥发性成分与非挥发性成分进行分离,首次由德国 Peter Schieberle 团队在 1999 年报道^[8],目前被认为是提取香气成分最好的方法。本课题组使用该方法提取了怒江新鲜草果与干草果中的香气成分,提取物经气相色谱-质谱-嗅闻联用仪(GC-MS-O)分析后分别从新鲜草果和干草果中鉴定出香气活性成分 30 和 22 种;无论新鲜草果还是干草果,种仁中的香气成分含量均高于果壳中的含量,其中 1,8-桉叶素和烯醛类物质对草果的香气贡献大^[30-31]。除此以外,尚未见采用该方法提取草果香气成分的其他文献报道。

1.1.6 其他提取方式 除了以上提取方法外,还有一

些提取方式也被应用于提取草果中的香气成分,如顶空取样,该方法是采用注射器直接抽取样品顶空气进行直接分析,一般顶空气中香气成分含量较低,因此鉴定出的成分也少,如严敏等^[32]采用该方法提取了贵州草果中的香气成分,经气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)分析后只鉴定出了 17 种成分,其中相对含量最高的是 1,8-桉叶素 (50.13%)。为了提高水蒸气蒸馏效果,在水蒸气蒸馏前采用共晶溶剂对草果进行预处理,溶解纤维素使香气成分更容易挥发出来,Yu 等^[33]采用该方法提取了草果中的香气成分,经 GC-MS 分析后共鉴定出了 47 种成分,与不采用共晶溶剂对草果进行预处理相比鉴定出的成分多了 7 种,且该方法在提高精油得率方面具有明显优势。

1.2 草果中香气成分的分析方法

将草果中的香气成分提取出来后需要对其中的香气成分进行分析,早期使用化学分析或气相色谱^[34],现在常采用 GC-MS 进行分析。草果的香气提取物是一种非常复杂的混合物,而每种色谱柱的极性不同,对混合物的分离效果也有一定的差别。因此,在进行 GC-MS 分析时为了将各个组分分离应该采用至少两种极性不同的色谱柱,而从目前检索到的文献(1975~2021 年)看,90% 以上都只用了一种色谱柱,且以非极性的色谱柱为主。草果的香气成分中并不是每种成分都对草果的香气有贡献,为了从众多的香气成分中筛选出对草果香气有贡献的成分,需要使用气相色谱-嗅闻联用仪(GC-O)或 GC-MS-O 对草果提取物进行分析,目前只有本课题组使用 GC-MS-O 对草果的香气成分进行了研究^[30-31]。

按照国际惯例,在对香气成分进行分析时至少采用两种定性方法^[35],目前常用的定性方法有质谱、保留指数(两种不同极性色谱柱)、香气特征、标准品,且只有采用了标准品进行的定性才能称为肯定性定性。从检索到的文献看,80% 左右的文献都只用了质谱一种方法进行定性,鉴定出的香气成分有待进一步验证。

在对香气成分进行定量分析时可采用的方法有归一化法、内标法、外标法、稳定同位素稀释分析法,由于草果香气成分的复杂性,归一化法所得定量结果是最不准确的,而从目前检索到的文献看,95% 以上的文献都采用了归一化法对草果的香气成分进行了定量分析。

1.3 草果中鉴定出的香气成分

综合国内外关于草果香气成分的文献(1975~2021 年)发现目前报道的草果香气成分将近 800 种,其中烃类 242 种、醇类 195 种、酚类 33 种、醛类 85 种、酮类 53 种、酸类 40 种、酯类 98 种、醚类 10 种、其他类 17 种。

在对草果的香气成分进行 GC-O 或 GC-MS-O 分析时,能够被人的嗅觉所感知到的成分被称为香气活性成分。香气活性成分的浓度高于其自身阈值时,

则该成分被称为关键香气成分。只有关键香气成分对草果的整体香气有贡献^[36]。1,8-桉叶素(也称桉叶油精、桉树脑、桉叶醇等)是草果中最主要的香气成分,含量在30%~50%之间^[37],除此之外, α -松油醇、香叶醇、乙酸香叶酯、反-2-癸烯醛等也是已被鉴定出的草果中含量较高的香气化合物。本课题组通过GC-MS-O分析确定了新鲜草果和干草果的果壳与种仁中关键香气成分,新鲜草果果壳和种仁中的关键香气成分有1,8-桉叶素、(+)- α -蒎烯、反-2-辛烯醛等21种,其中而香叶醛、 α -水芹烯、橙花醛、蒎品油烯、反-2-十二烯醛、 β -月桂烯、正己醛、d-柠檬烯和 β -石竹烯是导致二者香气有所不同的主要成分;干草果果壳和种仁中的中的关键香气成分包括反-2-癸烯醛、1,8-桉叶素、芳樟醇等19种,(E,E)-2,4-癸二烯醛、壬醛、橙花醇、香叶醇、香叶醛、乙酸香叶酯、反式橙花叔醇、4-松油醇是导致二者香气有所不同的主要成分^[30-31],该研究首次利用分子感官科学手段阐明了导致鲜/干草果中果壳和果仁中香气差异的主要成分。

2 草果中难挥发性成分研究现状

草果中除含有挥发性香气成分外,还含有一些难挥发或不挥发的成分,包括糖类、蛋白质、氨基酸、鞣质、有机酸、皂苷、黄酮、蒽醌、香豆素、内酯、强心苷、甾体、油脂、花青素等^[38]。王暉等^[39]从草果果实的甲醇提取物中分离出了9个酚类化合物,其中有6种化合物是首次从草果中分离得到的。He等^[40]首次揭示了干草果具有 α -葡萄糖苷酶抑制活性,并从中分离出13种新的2,6-环氧二芳基庚烷类化合物和4种已知化合物;酶动力学研究结果表明有2个化合物是 α -葡萄糖苷酶的非竞争性型抑制剂,这一发现为草果和2,6-环氧二芳基庚烷类化合物在抗糖尿病药物开发方面提供了新的思路;另外,该课题组还从干草果中分离鉴定出了19种新的由黄烷醇和脂肪醇衍生的化合物,并研究了这些化合物与 α -葡萄糖苷酶和PTP1B双重抑制作用,结果表明它们有降血糖作用^[41]。李志君等^[42]用乙醇作为溶剂,通过响应面法优化了提油后草果粉末中多酚的提取工艺,并初步鉴定出10种多酚类化合物,其中有4种化合物未见文献报道。柳航等^[43]将草果95%乙醇提取物经硅胶、聚酰胺柱、中压液相、高压制备液相等进行分离纯化,从中共鉴定出10个化合物,其中有6个化合物为首次从草果中鉴定出。Kim等^[1,44]从草果的甲醇提取物中分离出8种新的香叶基化和法尼基化吡喃黄烷酮和2种新的法尼基化吡喃查尔酮,并探究了这些化合物对脂多糖诱导的RAW264.7巨噬细胞中一氧化氮产生的抑制作用。通常糖苷类化合物被认为是香气成分的前体物质,目前从草果中鉴定出的糖苷类的化合物如表1所示。

3 草果及其精油的应用研究现状

3.1 在食品行业中的应用研究

3.1.1 调味作用 草果在食品行业主要用作香辛料,

具有去腥除膻的效果,尤其是在肉制品的加工过程中,添加草果不仅可以驱避羊肉的膻味,也可使烹制的鱼类和肉类香气更好、味道更佳。在食品行业使用的草果产品主要有干草果、草果粉、草果提取物、以草果为配料的调味料(包括复合香辛料调味包以及炖鱼、卤鸡、牛羊肉调料等),这些产品在国内外都有一定的消费群体。在怒江,草果可用来烹饪草果鸡,酿制草果酒,调制草果酱等。目前,已有草果正气茶、草果猪肉酥、草果酱、草果香薰、草果香水等多种延伸产品被开发;另外,嫩草果经腌泡后可作凉果食用,清脆可口,目前已在市售;草果新抽的嫩芽为上好蔬菜,美味可口;草果精油可应用于肉制品、方便食品、调味品和膨化食品中,也是调配咸味香精的重要原料^[45]。

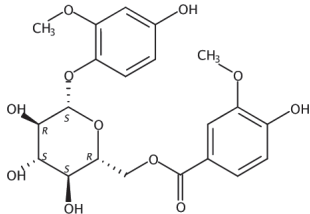
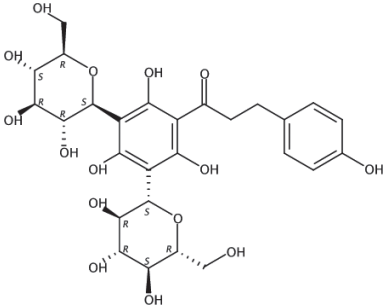
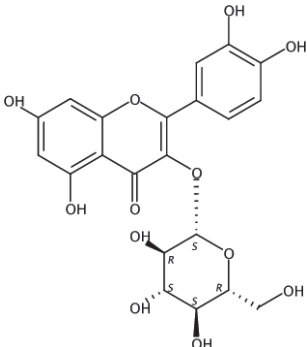
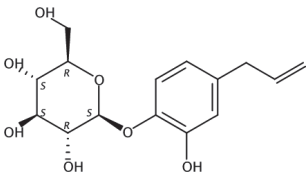
3.1.2 抑菌防霉作用 草果挥发油对常见物品致霉菌有明显抑制或杀灭作用,其中桉叶素和柠檬烯被证明是草果中主要的抗菌成分^[11,46]。Cui等^[46]发现草果精油中高浓度的含氧单萜(55.8%)使其抗菌和抗氧化活性更显著,根据DPPH自由基清除活性和 β -胡萝卜素/亚油酸漂白试验得出草果精油的半抑制浓度值分别为5.27和0.63 mg/mL;同时,最低抑菌浓度值为2.94~5.86 mg/mL,表明草果精油对所有检测菌株均具有广谱抗菌活性。孟大威等^[47]研究了草果精油对细菌和霉菌的抑制效果,实验结果表明在所选的细菌中草果精油的抗菌活性由大到小依次是枯草芽孢杆菌、白葡萄球菌、大肠杆菌,对霉菌的抑菌活性由大到小依次是米曲霉菌、根霉、青霉;由此结果可以看出,草果精油对不同微生物的抑制效果具有明显的差异。刘小玲^[48]经过研究发现草果提取物对11种微生物具有抑制效果,且草果提取物对盐、温度、紫外光和pH有较强的稳定性,但对糖不稳定;应用实验结果表明0.3%的草果提取物水溶液对猪肉和鲫鱼的保鲜效果与山梨酸钾相当;彭美芳^[49]研究了草果提取物对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌机理,发现草果抑菌活性物质主要分布在中低极性段,并主要通过破坏供试菌细胞壁及细胞膜完整性,抑制细胞呼吸等方式达到抑菌目的。草果挥发油在低浓度下可有效地对抗食源性细菌,其作用机制是改变细胞膜的通透性^[50]。综上所述,草果精油具有较高的研究价值和开发前景,在食品防腐和延长保质期方面具有一定的实际应用性。另外,草果的乙醇提取物和乙酸乙酯提取物对肺炎克雷伯菌都具有良好的抑制活性^[51]。利用草果的抑菌防霉作用,可开发出安全、高效和广谱的天然食品防腐保鲜剂,既能有效利用草果资源,又能增加草果附加值。

3.2 在医药行业的应用研究

现代药理研究证明草果精油具有广泛的生物活性,如抗菌、防霉、杀虫、抗氧化、镇静、镇痛、调节肠胃功能和抗肿瘤等作用^[46,52]。

3.2.1 抗氧化活性 草果中的化学成分多数都具有

表 1 草果中鉴定出的糖苷类化合物
Table 1 Glycoside compounds identified in *Amomum tsaoko*

序号	CAS号	化合物结构式	中英文名称	表征手段	文献
1	1005452-03-8		2-甲氧基-1,4-二苯酚-1-O-[6-O-(3-甲氧基-4-羟基苯甲酰基)]-β-D-吡喃葡萄糖苷 2-Methoxy-1,4-biphenol-1-O-[6-O-(3-methoxy-4-hydroxybenzoyl)] -β-D-glucopyranoside	IR/UV/MS/NMR	[39]
2	357401-40-2		3',5'-二-C-β-D-吡喃葡萄糖基根皮素 3', 5'-Di-C-β-D-glucopyranosylphloretin	MS/NMR	[39,42]
3	482-35-9		槲皮素-3-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 3-O-β-D-Glucopyranosylquercetin	MS/NMR	[39,42]
4	146087-04-9		1-O-2-羟基-4-烯丙基苯基-β-D-吡喃葡萄糖 1-O-2-hydroxy-4-allylphenyl-β-D-glucopyranose	MS/NMR	[39,43]

一定的抗氧化活性, Martin 等^[53] 从用乙酸乙酯所得草果提取物中分离、鉴定出了 11 个化合物, 其中儿茶素和儿茶酚的衍生物对 DPPH 自由基具有较强的清除活性, 也表现出了较强的抗氧化活性。草果精油的浓度在 2~10 mg/mL 范围时, 随着草果精油浓度增加, 对 DPPH 自由基和 ABTS⁺ 自由基的清除率及 Fe²⁺ 络合率都呈现增大的趋势, 且 2 mg/mL 的草果精油清除 ABTS⁺ 自由基的效果好于同浓度的 BHT^[54]。陈石梅等^[55] 首先用 95% 乙醇处理草果后得到草果浸膏, 然后再分别用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇和水提取草果浸膏中的活性成分, 经体外抗氧化活性试验后发现草果的不同极性提取物均具有一定的体外抗氧化能力, 其中用乙酸乙酯所得提取物对 DPPH 自由基的清除能力较强, 用正丁醇所得提取物对超氧阴离子自由基的清除能力和 Fe³⁺ 的还原能力较强。杨海艳等^[56] 发现草果不同部位精油也均具有一定的抗氧化能力, 其中草果根精油对 DPPH 自由基的清除能力最高为 11.79 μmol Trolox/g, 草果精油对 ABTS⁺ 自由基的清除能力最高为 112.96 μmol Trolox/g, 草

果茎叶精油对 Fe³⁺ 的还原能力最高为 77.91 μmol Trolox/g。草果中化学成分抗氧化活性的研究将有助于充分开发和利用药食两用植物草果的药用和保健功效, 提高其药用价值。

3.2.2 抗肿瘤作用 肿瘤是危害人类健康的常见病之一, 其中肝癌在我国发病率居恶性肿瘤第 3 位, 病死率居第 2 位, 有研究人员将草果的乙醇(95%)提取物和提取后的残渣经乙酸乙酯、石油醚和水进行分离浓缩得到不同馏分, 并从乙酸乙酯馏分中分离出 4 种化合物, 其中 2,3-二氢-2-(4'-羟基苯乙基)-6-[(3",4"-二羟基-5"-甲氧基)苯基]-4-吡喃酮和 4-二氢-2-(4'-羟基苯甲基)-6-[(3",4"-二羟基-5"-甲氧基苯基)亚甲基]-吡喃-3,5-二酮被鉴定为新的化合物, 且具有较高的 DPPH 自由基清除活性, 是有效抗氧化和抗肿瘤特性的活性成分, 其抑制肿瘤细胞的分子机制和途径有待进一步研究^[57]。另有文献报道草果精油对多种癌症细胞(如 HepG2、Hela、Bel-7402、SGC-7901、PC-3)具有细胞毒性^[58]。张琪^[59] 通过观察不同剂量的草果挥发油对肝癌 H22 荷瘤小鼠肿瘤生长

的抑制作用,发现中剂量组(150 mg/kg)的作用最为明显;草果挥发油可以加快 H22 肝癌细胞的死亡,以抑制肿瘤细胞的增殖,其作用机制可能通过上调凋亡基因 *Bax* 同时下调凋亡基因 *Bcl-2* 的表达,从而促进肿瘤细胞凋亡来抑制肿瘤细胞生长。时海荣等^[60]探讨了草果挥发油联合环磷酰胺对人肝癌 HepG2 细胞增殖的影响,所得结果表明二者联合使用比单独使用环磷酰胺对 HepG2 细胞生长的抑制作用更加明显,且两者在低浓度下便可达到理想的抗肿瘤效果。Moon 等^[61]采用磺胺比色法(SRB)评价了草果中的 5 种化合物对人癌细胞系的细胞毒性,其中草果酮在浓度为 4.9 和 11.4 $\mu\text{g/mL}$ 时对肺癌 A549 和黑色素瘤 SK-Mel-2 细胞系表现出中等的细胞毒性。以上研究为草果挥发油在抗肿瘤方面的应用提供了更多的实验依据和途径,但其抑制肿瘤细胞的分子机制和途径有待进一步研究。

3.2.3 其他药理作用 有文献记载草果用药配伍灵活,可燥热散寒,祛痰化浊,2003 年的非典型肺炎与 2019 年的新型冠状病毒肺炎,湿毒均是其重要的致病因素,而草果具有化湿的功效,中医诊疗部分用药组方中就使用了草果^[62]。黄金娥等^[63]研究发现草果挥发油可使颅痛定的体外透皮速率在数值上有一定增加,近年来有研究人员从草果干果中分离出的两种新型具有显著的神经保护作用的二苯丙胺类化合物^[64]。Yu 等^[65]发现用含 1.0% 或 0.1% 的草果粉、大蒜和姜黄的饲料喂养成年雄性小鼠 90 d,与姜黄饮食组相比,草果饮食组小鼠的血浆和肝脏三酰甘油浓度显著降低;0.1% 草果组的血糖值和体内氧化产物浓度值(TBRS)明显低于同等剂量的大蒜组和姜黄组;结果表明草果的降脂减肥作用优于大蒜和姜黄。

4 结语与展望

草果的栽培和应用在我国已有 1000 多年的历史,但对草果中化学成分的研究还处于初级阶段。作为天然香料,香气质量是衡量草果品质的重要指标,然而目前研究草果的香气成分的分析不够全面,不同产区草果的关键香气成分还没有被确定;采用不同的加工方法,可以把草果加工成精油、浸膏、净油、酊剂天然香料制品,但目前除了草果精油外,尚无其它草果天然香料制品的相关文献报道。作为中草药,草果具有祛湿、调节肠胃功能和抗肿瘤等功效,已被用在多种中成药中,但具体是哪些成分起关键作用尚未完全阐明。因此,对草果化学成分进行深入系统研究显得尤为必要。

在对草果的香气成分进行研究时,应同时使用多种香气成分提取方法,采用分子感官科学的方法对所得提取物进行分析,确定出不同生长阶段、不同产区、不同干燥方法所得草果中的关键香气成分,为草果识别产地、确定较佳采摘期、制定相关标准提供理论依据。系统研究草果深加工方法,丰富以草果为原料的天然香料品种,拓展草果在香料香精行业的应用

范围。以生物活性为导向,利用现代分离技术分离出草果中的生物活性成分,深入研究其作用机理,提高草果的综合利用价值。对草果进行深加工和综合利用不仅可以带来可观的经济效益,还有很大的社会效益。

参考文献

- [1] KIM J G, JANG H, LE T, et al. Pyranoflavanones and pyranochalcones from the fruits of *Amomum tsao-ko*[J]. *Journal of Natural Products*, 2019, 82(7): 1886–1892.
- [2] YANG Y W, LIU X L, PU C X, et al. The influence of altitude and latitude on breeding of *Amomum tsaoko* (Zingiberaceae)[J]. *Journal of Biosciences & Medicines*, 2014, 2(1): 9–17.
- [3] CHEN C, YOU F, WU F H, et al. Antiangiogenesis efficacy of ethanol extract from *Amomum tsaoko* in ovarian cancer through inducing ER stress to suppress p-STAT3/NF- κ B/IL-6 and VEGF Loop[J]. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2020, 2020: 1–11.
- [4] LEE S, LEE J C, SUBEDI L, et al. Bioactive compounds from the seeds of *Amomum tsaoko* Crevost et Lemaire, a Chinese spice as inhibitors of sphingosine kinases, SPHK1/2[J]. *RSC Advances*, 2019, 9(58): 33957–33968.
- [5] 张薇, 杨生超, 魏翔, 等. 云南草果种植发展现状及对策[J]. 世界科学技术(中医药现代化), 2011, 13(5): 899–903. [ZHANG W, YANG S C, WEI X, et al. Developing status and strategies of *Amomum tsao-ko* plantation in Yunnan[J]. *Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica-World Science and Technology*, 2011, 13(5): 899–903.]
- [6] 药典委员会. 中华人民共和国药典一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 165. [Pharmacopoeia Committee. *Pharmacopoeia of the People's Republic of China*[M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2010: 165.]
- [7] 李世诚, 丁靖凯, 易元芬. 草果精油化学成分的研究[J]. 云南植物研究, 1975, 1(2): 27–32. [LI S C, DING J K, YI Y F. Study on chemical constituents of essential oil from *Amomum tsao-ko*[J]. *Plant Diversity*, 1975, 1(2): 27–32.]
- [8] ENGEL W, BAHR W, SCHIEBERLE P. Solvent assisted flavour evaporation—a new and versatile technique for the careful and direct isolation of aroma compounds from complex food matrices[J]. *European Food Research and Technology*, 1999, 209(3–4): 237–241.
- [9] 黄云峰, 覃兰芳, 胡琦敏, 等. 广西红草果与白草果挥发油的 GC-MS 分析[J]. *现代中药研究与实践*, 2014, 28(2): 22–24. [HUANG Y F, QIN L F, HU Q M, et al. Gas chromatography-mass spectrometry analysis of essential oil from *Amomum tsao-ko* Crevost et Lemaire and *Amomum paratsao-ko* S. Q. Tong et Y. M. Xia grow in Guangxi[J]. *Research and Practice on Chinese Medicines*, 2014, 28(2): 22–24.]
- [10] 孟大威, 李伟, 王鹏君. 草果精油萃取方法及清除 DPPH 自由基能力研究[J]. *香料香精化妆品*, 2013(6): 17–22. [MENG D W, LI W, WANG P J. Extraction method and DPPH scavenging capacity of essential oil from *Amomum tsao-ko*[J]. *Flavour Fragrance Cosmetics*, 2013(6): 17–22.]
- [11] WANG Y, YOU C X, WANG C F, et al. Chemical con-

- stituents and insecticidal activities of the essential oil from *Amomum tsaoko* against two stored-product insects[J]. *Journal of Oleo Science*, 2014, 63(10): 1019–1026.
- [12] 谷凤林, 张林辉, 房一明, 等. 云南不同地区草果物理性状、精油含量及组成分析[J]. *热带作物学报*, 2018, 39(7): 1440–1446.
- [GU F L, ZHANG L H, FANG Y M, et al. Analysis of physical properties, essential oil content and composition of *Amomum tsaoko* from different origins of Yunnan[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2018, 39(7): 1440–1446.]
- [13] 张世洋, 王晶, 李生茂, 等. 四种常见姜科化湿中药挥发油化学成分及体外抗菌活性比较研究[J]. *辽宁中医杂志*, 2018, 45(11): 2378–2385.
- [ZHANG S Y, WANG J, LI S M, et al. Comparative study on constituents and anti-microbial activities *in vitro* of essential oil of four commonly used expelling-dampness herbs belonging to *Zingiberaceae* family[J]. *Liaoning Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2018, 45(11): 2378–2385.]
- [14] 杜玫, 谢家敏. 草果杆精油化学成份的研究[J]. 云南化工, 1994(3): 17–18, 5.
- [DU M, XIE J M. Study on the chemical constituents of the essential oil from the stems of *Amomum tasoko* Crevost et Lemaire[J]. *Yunnan Chemical Technology*, 1994(3): 17–18, 5.]
- [15] 杨志清, 徐绍忠, 张薇, 等. 云南草果茎叶挥发油含量及主要化学成分分析[J]. *中药材*, 2019, 42(2): 339–343.
- [YANG Z Q, XU S Z, ZHANG W, et al. Analysis on the content and main chemical components of volatile oils from *Amomum tsaoko* stems and leaves in Yunnan province[J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2019, 42(2): 339–343.]
- [16] 迟玉广, 李中阳, 黄爱华, 等. 不同炮制方法对草果中挥发性成分的影响[J]. *安徽农业科学*, 2021, 49(6): 4.
- [CHI Y G, LI Z Y, HUANG A H, et al. Effects of different processing methods on volatile components in *Amomum tsaoko*[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2021, 49(6): 4.]
- [17] CHRISTIAN S, FABIENNE M, ROBERT B, et al. Structure elucidation of a pungent compound in black cardamom: *Amomum tsaoko* Crevost et Lemaire (*Zingiberaceae*)[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 55(26): 10902–10907.
- [18] 仇厚援, 刘小玲, 陈文学, 等. 草果抑菌物质提取分离及 GC-MS 分析[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(11): 104–108.
- [QIU H Y, LIU X L, CHEN W X, et al. Extraction and separation and GC-MS analysis of *Amomum tsaoko* antibacterial substances[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2012, 33(11): 104–108.]
- [19] 丁艳霞, 谢欣梅, 崔秀明. 不同方法提取草果挥发油的化学成分[J]. *河南大学学报(医学版)*, 2009, 28(4): 284–287.
- [DING Y X, XIE X M, CUI X M. Study on the chemical components of essential oils from *Amomum tsaoko* with different methods[J]. *Journal of Henan University (Medical Science)*, 2009, 28(4): 284–287.]
- [20] 吴惠勤, 黄晓兰, 黄芳, 等. 草果挥发油的气相色谱-质谱指纹图谱[J]. *质谱学报*, 2004, 25(2): 4–95.
- [WU H L, HUANG X L, HUANG F, et al. Gas chromatography-mass spectrometry fingerprint analysis of essential oil from *Amomum tsaoko* Crevost et Lemaire[J]. *Journal of Chinese Mass Spectrometry Society*, 2004, 25(2): 4–95.]
- [21] 吴燕飞, 葛发欢, 史庆龙, 等. 超临界 CO₂ 萃取草果挥发油成分研究[J]. *中药材*, 1997, 20(5): 240–241.
- [WU Y F, GE F H, SHI Q L, et al. Study of supercritical-CO₂ fluid extraction in extracting essential oils of *Amomum tsaoko*[J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 1997, 20(5): 240–241.]
- [22] 熊将, 花儿. 正交试验优化超临界 CO₂ 提取草果挥发油工艺[J]. *食品科学*, 2012, 33(24): 48–51.
- [XIONG J, HUA E. Orthogonal array design for the optimization of supercritical CO₂ extraction of volatile oil from *Amomum tsaoko* fruits[J]. *Food Science*, 2012, 33(24): 48–51.]
- [23] 万红焱, 顾丽莉, 刘文婷, 等. 超临界流体萃取草果挥发油的工艺研究及成分分析[J]. *现代化工*, 2015, 35(12): 96–100.
- [WAN H Y, GU L L, LIU W T, et al. Extraction of volatile oil from *Amomum tsaoko* by supercritical fluid CO₂ extraction and its component analysis[J]. *Modern Chemical Industry*, 2015, 35(12): 96–100.]
- [24] 赵怡, 张国英, 肖中华, 等. 超临界 CO₂ 流体萃取法提取草果挥发油化学成分的研究[J]. *中国药理学杂志*, 2004, 39(9): 705–705.
- [ZHAO Y, ZHANG G Y, XIAO Z H, et al. Study of chemical constituents of the essential oil from *Amomum tsaoko* Crevost et Lemaire by supercritical CO₂ fluid extraction[J]. *Chinese Pharmaceutical Journal*, 2004, 39(9): 705–705.]
- [25] VAS G, VÉKEY K. Solid-phase microextraction: A powerful sample preparation tool prior to mass spectrometric analysis[J]. *Journal of Mass Spectrometry*, 2004, 39(3): 233–254.
- [26] 陆占国, 王鹏君, 重松正巳, 等. 顶空固相微萃取-气质分析草果果实香气成分研究[J]. *香料香精化妆品*, 2010, 2010(4): 17–21.
- [LU Z G, WANG P J, CHONGSONG Z S, et al. Study on aroma components of *Amomum tsaoko* by HS-SPME and GC-MS[J]. *Flavour Fragrance Cosmetics*, 2010, 2010(4): 17–21.]
- [27] 孟大威, 李伟, 王鹏君, 等. 草果香气成分研究[J]. *哈尔滨商业大学学报(自然科学版)*, 2012, 28(6): 703–707.
- [MENG D W, LI W, WANG P J, et al. Comparison of aromatic components and essential oil from *Amomum tsaoko*[J]. *Journal of Harbin University of Commerce (Natural Sciences Edition)*, 2012, 28(6): 703–707.]
- [28] 胡彦, 张志信, 张铁, 等. 草果不同栽培品种挥发性成分的 GC-MS 分析[J]. *文山学院学报*, 2018, 31(6): 15–31.
- [HU Y, ZHANG Z X, ZHANG T, et al. Analysis of volatile oil ingredients from different cultivars of the *Amomum tsaoko* by GC-MS[J]. *Journal of Wenshan University*, 2018, 31(6): 15–31.]
- [29] 吴桂苹, 段君宇, 朱科学, 等. HS-SPME-GC-TOF-MS 分析云南怒江草果不同部位的挥发性风味物质[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(18): 169–176, 218.
- [WU G P, DUAN J Y, ZHU K X, et al. Analysis of volatile flavor compounds in different parts of *Amomum tsaoko* from Nujiang of Yunnan province by HS-SPME-GC-TOF-MS[J]. *Food Research and Development*, 2020, 41(18): 169–176, 218.]
- [30] 胡智慧, 白佳伟, 杨文熙, 等. 新鲜草果中关键香气成分的分析[J]. *食品科学*, 2020, 41(16): 6.
- [HU Z H, BAI J W, YANG W X, et al. Identification of the key odorants in fresh *Amomum tsaoko* fruit[J]. *Food Science*, 2020, 41(16): 6.]
- [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.
- [XU S Q, BAI J

- W, YANG W X, et al. Analysis of the key odorants in dried *Amomum tsao-ko* Crevost et Lemaire[J]. *Fine Chemicals*, 2019, 36(9): 1857-1862, 1873.]
- [32] 严敏, 吕昱, 陈琪亮. 苹果挥发油成分的顶空气相色谱-质谱联用分析[J]. *化工管理*, 2014, 27(27): 103. [YAN M, LÜ Y, CHEN Q L. Headspace gas chromatography-mass spectrometry analysis of volatile oil from *Amomum tsaoko*[J]. *Chemical Enterprise Management*, 2014, 27(27): 103.]
- [33] YU G W, CHENG Q, NIE J, et al. Microwave hydrodistillation based on deep eutectic solvent for extraction and analysis of essential oil from three *Amomum* species using gas chromatography-mass spectrometry[J]. *Chromatographia*, 2018, 4(81): 657-667.
- [34] 唐元军. 中药苹果中桉油精的含量测定[J]. *海峡药学*, 2002, 14(2): 42-43. [TANG Y J. Determination of eucalyptol in traditional Chinese medicine *Amomum tsao-ko*[J]. *Strait Pharmaceutical Journal*, 2002, 14(2): 42-43.]
- [35] BORSI H. Statement on the identification in nature of flavouring substances, made by the working group on methods of analysis of the international organization of the flavour industry (IOFI)[J]. *Flavour and Fragrance Journal*, 2010, 20(1): 185.
- [36] SONG H L, LIU J B. GC-O-MS technique and its applications in food flavor analysis[J]. *Food Research International*, 2018, 114: 187-198.
- [37] LI W, WANG P J, SHIGEMATSU M, et al. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil from *Amomum tsao-ko* cultivated in Yunnan area[J]. *Advanced Materials Research*, 2011, 183-185: 910-914.
- [38] 刘小玲, 仇厚援, 王强, 等. 香辛料苹果中化学成分定性研究[J]. *中国调味品*, 2011, 36(1): 104-106. [LIU X L, QIU H Y, WANG Q, et al. Qualitative study on chemical constituents of *Amomum tsao-ko*[J]. *China Condiment*, 2011, 36(1): 104-106.]
- [39] 王晔, 杨崇仁, 张颖君. 苹果果实中的酚性成分[J]. *植物分类与资源学报*, 2009, 31(3): 284-288. [WANG W, YANG C R, ZHANG Y J. Phenolic constituents from the fruits of *Amomum tsao-ko* (Zingiberaceae)[J]. *Plant Diversity*, 2009, 31(3): 284-288.]
- [40] HE X F, ZHANG X K, GENG C A, et al. Tsaokopyranols A-M, 2, 6-epoxydiarylheptanoids from *Amomum tsao-ko* and their α -glucosidase inhibitory activity[J]. *Bioorganic Chemistry*, 2020, 96: 103638.
- [41] HE X F, CHEN J J, LI T Z, et al. Nineteen new flavanol-fatty alcohol hybrids with α -glucosidase and PTP1B dual inhibition: One unusual type of antidiabetic constituent from *Amomum tsao-ko*[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2020, 68(41): 11434-11448.
- [42] 李志君, 万红焱, 顾丽莉, 等. 苹果多酚物质提取及 LC-MS/MS 分析[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(8): 294-299, 334. [LI Z J, WAN H Y, GU L L, et al. Extraction and LC-MS/MS analysis of the polyphenols from *Amomum tsaoko*[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38(8): 294-299, 334.]
- [43] 柳航, 王敏, 许耶, 等. 苹果化学成分的研究[J]. *中成药*, 2020, 42(10): 2648-2651. [LIU H, WANG M, XU Y, et al. Chemical constituents from *Amomum tsao-ko*[J]. *Chinese Traditional Patent Medicine*, 2020, 42(10): 2648-2651.]
- [44] KIM J G, LE T P L, HONG H R, et al. Nitric oxide inhibitory constituents from the fruits of *Amomum tsao-ko*[J]. *Natural Product Sciences*, 2019, 25(1): 76.
- [45] 姜太玲, 刘光华, 沈绍斌, 等. 苹果加工产业研究现状与展望[J]. *农产品加工(上)*, 2016(10): 48-51. [JIANG T L, LIU G H, SHEN S B, et al. Present states and prospect of *Amomum tsao-ko* Crevost et Lemaire processing industry[J]. *Farm Products Processing*, 2016(10): 48-51.]
- [46] CUI Q, WANG L T, LIU J Z, et al. Rapid extraction of *Amomum tsaoko* essential oil and determination of its chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities[J]. *Journal of Chromatography B*, 2017, 1061-1602: 364-371.
- [47] 孟大威, 李伟, 王鹏君, 等. 苹果精油成分鉴定及其抗菌活性研究[J]. *食品科学技术学报*, 2013, 31(5): 24-30. [MENG D W, LI W, WANG P J, et al. Identification of compositions of *Amomum tsao-ko* essential oil using GC-MS and its antibacterial activity[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2013, 31(5): 24-30.]
- [48] 刘小玲. 苹果抑菌物质提取、防腐应用及安全性评价研究[D]. 海口: 海南大学, 2011. [LIU X L. Studies on extraction, application and safety evaluation of antibacterial substances from *Amomum tsao-ko*[D]. Haikou: Hainan University, 2011.]
- [49] 彭美芳. 苹果抑菌活性物质作用机制及分离纯化的研究[D]. 海口: 海南大学, 2014. [PENG M F. Studies on extraction, mechanism and purification of antibacterial substances from *Amomum tsao-ko*[D]. Haikou: Hainan University, 2014.]
- [50] GUO N, ZANG Y P, CUI Q, et al. The preservative potential of *Amomum tsaoko* essential oil against *E. coli*, its antibacterial property and mode of action[J]. *Food Control*, 2017, 75: 236-245.
- [51] LIU H, YAN Q, ZOU D, et al. Identification and bioactivity evaluation of ingredients from the fruits of *Amomum tsaoko* Crevost et Lemaire[J]. *Phytochemistry Letters*, 2018, 28: 111-115.
- [52] 吴永斌. 抗霉菌中药研究概况[J]. *河南中医*, 2014, 34(8): 1622-1623. [WU Y B. Research overview of antifungal traditional Chinese medicine[J]. *Henan Traditional Chinese Medicine*, 2014, 34(8): 1622-1623.]
- [53] MARTIN T S, KIKUZAKI H, HISAMOTO M, et al. Constituents of *Amomum tsao-ko* and their radical scavenging and antioxidant activities[J]. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2000, 77(6): 667-673.
- [54] 郭森, 宋江峰, 豆海港. 超声波辅助提取苹果精油及其抗氧化活性研究[J]. *食品研究与开发*, 2017, 38(16): 58-61. [GUO M, SONG J F, DOU H G. Study on essential oils of *Amomum tsao-ko* ultrasonic assisted extraction and its antioxidant activity[J]. *Food Research and Development*, 2017, 38(16): 58-61.]
- [55] 陈石梅, 黄比翼, 黄锁义. 苹果醇提物不同极性部位的体外抗氧化活性研究[J]. *中国药房*, 2020, 31(8): 953-956. [CHEN S M, HUANG B Y, HUANG S Y. Study on *in vitro* antioxidant activities of different polar parts of ethanol extract from *Amomum tsao-ko*[J]. *China Pharmacy*, 2020, 31(8): 953-956.]
- [56] 杨海艳, 赵天明, 张显权, 等. 黔产苹果不同部位精油化学成分分析及体外抗氧化活性评价[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(14): 52-57, 64. [YANG H Y, ZHAO T M, ZHANG X Q, et al. Chemical component analysis and *in vitro* antioxidant activity evaluation of

- essential oils from different parts of *Amomum tsaoko* in Guizhou province[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2020, 41(14): 52–57,64.]
- [57] ZHANG T T, LU C L, JIANG J G. Antioxidant and anti-tumour evaluation of compounds identified from fruit of *Amomum tsaoko* Crevost et Lemaire[J]. *Journal of Functional Foods*, 2015, 18: 423–431.
- [58] YANG Y, YANG Y, YAN R W, et al. Cytotoxic, apoptotic and antioxidant activity of the essential oil of *Amomum tsao-ko*[J]. *Bioresource Technology*, 2010, 101(11): 4205–4211.
- [59] 张琪. 草果挥发油抗肝癌作用及其机制初探[D]. 桂林: 桂林医学院, 2015. [ZHANG Q. Anti-hepatoma effect and mechanism of the essentialoil from *Amomum tsao-ko*[D]. Guilin: Guilin Medical University, 2015.]
- [60] 时海荣, 杨扬. 草果挥发油联合环磷酰胺对肝癌细胞增殖的影响[J]. *山东医药*, 2017, 57(41): 31–33. [SHI H R, YANG Y. Effect of volatile oil of *Amomum tsao-ko* fruit combined with cyclophosphamide on proliferation of hepatoma cells[J]. *Shandong Medical Journal*, 2017, 57(41): 31–33.]
- [61] MOON S S, CHO S C, LEE J Y. Tsaokoarylone, a cytotoxic diarylheptanoid from *Amomum tsao-ko* fruits[J]. *Cheminform*, 2005, 36(31): 447–450.
- [62] 邱模炎, 熊莉莉, 王怡菲, 等. 草果古今应用考略及其防治疫病作用[J]. *天津中医药*, 2020, 37(9): 984–989. [QIU M Y, XIONG L L, WANG Y F, et al. Study on the ancient and modern application of *Amomum tsaoko* and its role in preventing and treating epidemic diseases[J]. *Tianjin Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2020, 37(9): 984–989.]
- [63] 黄金城, 马云淑, 张贵华, 等. 草果挥发油对罗通定贴剂的经皮促渗作用[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2012, 18(13): 7–10. [HUANG J E, MA Y S, ZHANG G H, et al. Enhancing effect of volatile oil from *Amomum tsaoko* on percutaneous penetration of ro-tundine patch[J]. *Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae*, 2012, 18(13): 7–10.]
- [64] ZHANG T T, LU C L, JIANG J G. Neuroprotective and anti-inflammatory effects of diphenylheptanes from the fruits of *Amomum tsaoko*, a Chinese Spice[J]. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2016, 71(4): 450–453.
- [65] YU L Q, HIRA S. Effects of tsao-ko, turmeric and garlic on body fat content and plasma lipid glucose and liver lipid levels in mice (a comparative study of spices)[J]. *Food Science and Technology Research*, 2007, 13(3): 241–246.