

青花椒化学成分及其在日化领域应用研究进展

李卓航¹，张大存²，章颖¹，单承莺¹，李淑红²，牛雪彬²，陈斌¹，陈国庆²，黄晓德^{1*}

(1. 中华全国供销合作总社南京野生植物综合利用研究所，江苏南京，211111；

2. 山东九鑫生物工程有限公司，山东泰安，271506)



李卓航



张大存

摘 要：青花椒为芸香科花椒属植物，含有丰富的活性成分，目前多作为香辛调味料使用，难以充分体现其在日化领域的应用价值。文章对近年来国内外关于青花椒功能性化学成分、生物活性机理以及相关成分在日化领域应用的现状进行综述，探讨了青花椒活性成分和功能性日化产品的开发利用策略，并展望了青花椒活性成分在日化行业的应用前景，以期青花椒资源的有效利用提供思路。

关键词：青花椒；化学成分；药理活性；研究成果；产品开发

共同一作：李卓航，硕士，助理研究员，主要研究方向：植物资源开发利用。E-mail: 275548742@qq.com。

共同一作：张大存，教授，主要研究方向：生物工程技术应用。E-mail: trewasd@163.com。

花椒是我国最为重要的植物香料资源之一，自古以来一直作为调味剂、食品防腐剂和中药使用^[1]。青花椒 (*Zanthoxylum schinifolium* Siebold&Zucc.)是花椒属植物，通常高1-2米的灌木，茎枝有短刺，刺基部两侧压扁状，嫩枝暗紫红色，在我国有39种14变种^[2,3]。青花椒在五岭以北、辽宁以南大多数省区都有分布，多见于平原至海拔800米山地疏林或灌木丛中或岩石旁，朝鲜、日本、韩国、尼泊尔和俄罗斯也有栽种^[4-6]。国内四川金阳、重庆江津、贵州、云南等地已经把青花椒作为主要经济作物之一^[7]。

长期以来，国内外关于青花椒的研究主要集中在风味物质分析和分离提取工艺等方面，近年来，随着国内日用化学产业的不断发展，青花椒化学成分抑菌杀螨、抗炎抗衰、防紫外等日化活性不断被挖掘出来，其在日化领域的功能性应用和作用机制也成为当前青花椒资源利用的研究的新热点^[8-13]。相关研究成果拓展了青花椒资源的应用领域，实现了资源的高值化利用，同时也延长了青花椒产业链条，有助于青花椒产业的健康发展。本文对青花椒的化学成分、药理活性及其在日化领域中的应用进行综述，为青花椒的进一步研究以及化妆品新原料申报提供理论基础。

1. 化学成分

目前的研究表明，青花椒的活性成分主要有挥发油类化合物、生物碱类化合物、多酚类化合物、香豆素和木质素等，另外还含有一些含量较少的成分如烃类、甾醇、黄酮和脂肪酸等^[14]。

1.1 挥发油类化学成分

王友峰等^[15]以黔产青花椒为原料，采用水蒸气蒸馏法提取精油，运用气相色谱-质谱法(GC-MS)分析化学成分，共鉴定出10个成分，以烯烃类、醇类、酮类为主，占精油总量的99.51%，其中相对含量高于3%的分别为 β -芳樟醇(91.10%)、D-柠檬烯(3.12%)。肖瑞瑶等^[16]为了研究铜仁九叶青花椒挥发油的化学成分，采用水蒸气蒸馏-乙醚萃取法提取铜仁九叶青花椒挥发油，气相色谱-质谱(GC-MS)联用技术进行定性分析，结果表明，从九叶青花椒挥发油中鉴定出33个化合物，主要成分为醇类和烯烃类，化学成分相对质量分数较高的是芳樟醇(82.02%)、桉烯(4.11%)、D-柠檬烯(3.95%)、大根香叶烯D(1.32%)、石竹烯(1.17%)。向章敏等^[17]采用顶空固相微萃取结合全二维气相色谱-四级杆飞行时间质谱联用的方法，建立一种适用于高通量检测青花椒挥发性香气成分的分析方法，共鉴定出75种挥发性香气化学成分，主要挥发性香气物质为芳樟醇，其次是 β -月桂烯、柠檬烯、 β -罗勒烯等萜烯类物质。刘薇等^[18]采用水蒸气蒸馏法提取青花椒精油，利用气相色谱-质谱法(GC-MS)对8个云南不同产地的青花椒(云南迪庆州、昭通市、红河州、丽江市)精油中的挥发性成分，实验结果表明，8个不同产地青花椒精油的平均提取率为8.56%，精油中主要成分为芳樟醇、D-柠檬烯和4-萜烯醇。祝晓云等^[19]检测发现青花椒出油率为1.83%，青花椒挥发油中主要化学成分为 γ -松油烯，芳樟醇，4-萜烯醇，胡椒酮，萜品醇乙酸酯，花椒油素等。

基金：国家重点研发计划课题(课题编号：2023YFD1600204)

综合目前研究发现, 青花椒果皮中挥发油含量为 0.7~9.0%, 是香气的主要来源, 其中, 芳樟醇和柠檬烯含量最高, 其次是月桂烯、乙酸芳樟酯、4-萜品烯醇等化合物, 其中不同产地青花椒差别较大。从感官上说, 青花椒香气成分要高于其他花椒品种, 且具有较强的麻味。

1.2 生物碱类化合物

生物碱是一类普遍存在于青花椒中的化合物, 特别是在根和茎皮中^[20]。青花椒中的生物碱具有复杂的氮杂环结构, 根据其母核可分为四种结构类型: 喹啉衍生物(I)、异喹啉衍生物(II)、苯并苯胺衍生物(III)和喹诺酮类衍生物(IV), 主要是异喹啉衍生物^[21,22]。它们可以自由形式存在, 也可以季铵盐形式存在。迄今为止, 已在青花椒中鉴定出 200 多种生物碱。值得注意的是, schinifoline 是该属中发现的第一个 4-喹啉类生物碱^[23]。此外, Wu 等人^[24]首次分离并鉴定了拟茶喹啉, 这是一种由二氢苯并菲并哌啶和 2-喹诺酮之间的碳-碳键形成的二聚体生物碱, 在青花椒中表现出多种独特而显著的生理作用。吴蓉蓉等^[25]从青花椒根部的醋酸乙酯提取物中分离得到 9 个生物碱, 分别鉴定为白藜碱、茵芋碱、青花椒碱、6-甲氧基-咪喹喹诺酮、(+)-(S)-异普拉得斯碱、(+)-(S)-阿瑞罗甫碱、(-)-(S)-日立宁、加锡弥罗果碱、(-)-(S)-丙酮基白屈菜赤碱。

1.3 酚类化合物

研究发现青花椒总酚含量范围为 52.57 ~ 62.07mg/g, 平均总酚含量为 56.04 mg/g^[26]。孟宪华从具有抗氧化活性的 D101 大孔吸附树脂 60%乙醇洗脱部位中分离得到 12 个多酚糖苷类化合物, 分别鉴定为青花椒酚 A、青花椒酚 B、3,4-二羟基苯乙醇、熊果苷、蓖麻酚糖苷、苜蓿糖苷、1-O-β-D-葡萄糖基-4-烯丙基苯、1,2-二羟基苯乙醇-1-O-β-D-吡喃葡萄糖苷、2-甲氧基苯乙醇-1-O-β-D-吡喃葡萄糖苷、2,6-二甲氧基-4-(2-丙烯基)-苯酚-1-O-β-D-吡喃葡萄糖苷、2-甲氧基-4-(2-丙烯基)-苯基-β-D-吡喃葡萄糖苷、紫丁香苷^[27]。

1.4 其他化合物

在青花椒中, 香豆素的主要类型是单质香豆素, 国内外学者目前已经从青花椒中分离出 70 多种不同的香豆素化合物, 其中最主要的是青花椒素 A、7-甲氧基香豆素、异东莨菪内酯和秦皮乙素^[28-30]。

部分青花椒中还有酰胺类化合物, 目前大约有 26 种青花椒被鉴定出含有酰胺, 其中 *Z. bungeanum* 是酰胺含量最丰富的物种^[31]。青花椒中发现的酰胺类化合物大致可

分为脂肪族和芳族酰胺两大类, 其中脂肪族酰胺类化合物占多数, 约占总化合物的 66.7%^[32]。青花椒中的酰胺化合物也被称为花椒麻味素, 这些物质主要集中在青花椒果皮中, 在青花椒的花和叶中发现的含量较低^[33]。

此外, 青花椒中存在的木脂素主要是二氧基木脂素, 特别是二苯基双四氢呋喃衍生物, 大多数属于 I 型(I-异构体)^[34]。

2. 青花椒日化领域应用

青花椒除了作为食品调味品, 也是一种药用植物, 几个世纪以来一直被广泛应用, 其药理学活性也一直在被研究, 近年来针对青花椒在日化领域的应用与研究较多, 主要集中在抑菌、除螨、抗炎舒缓、抗衰等方面。

2.1 抗炎舒缓活性

炎症是血管化的活组织对各种有害刺激的一种防御反应, 可以在身体的任何部位或组织中表现出来, 具体在皮肤上表现为红、肿、热、痛、痒^[35]。Zhang 等人^[36]发现了青花椒提取物具有强大的抗炎活性, 应该为在小鼠单核巨噬细胞(RWA264.7)和单核巨噬细胞(THP-1)细胞中, 这种活性明显减少了脂多糖(LPS)诱导的 NO、TNF-α 和 IL-1β 的产生。Santhanam 等^[37]研究了青花椒生物碱类提取物对 UVB 诱导(290-320 nm)人真皮成纤维细胞(HDP)的抗炎作用, 结果显示青花椒提取物能下调 NF-κB、基质金属蛋白酶-1(MMP-1)、MMP3、MMP9 的表达。此外, 青花椒生物碱类提取物可有效减轻 12-氧-十四醇-13-乙酸酯(TPA)诱导的小鼠耳部水肿, 减轻水肿的厚度和重量, 呈剂量依赖性下调诱导型一氧化氮合酶(iNOS)和环氧合酶-2(COX-2)mRNA 表达以及 COX-2 蛋白表达, 抑制 ROS 和次黄嘌呤腺嘌呤磷酸核糖基转移酶 1(HPRT1)的产生, 同时增加核糖体蛋白 L8(RPL8)的产生^[38]。青花椒精油显著抑制 2,4-二硝基苯牛血清白蛋白(DNP-BSA)和 PMA/A23187 诱导的大鼠嗜碱性粒细胞(RBL-2H3)细胞 IL-4 的释放。它还减少 LPS 刺激的 RAW 264.7 巨噬细胞 TNF-α 的释放、IL-6 的分泌和 NO 的产生, 同时降低 iNOS 和 COX-2 蛋白的表达, 降低 NF-κB 转录和 NF-κB p65 蛋白的表达, 抑制 JNK、ERK 和 p38 蛋白的磷酸化, 升高 IκB-α 水平。体内研究表明, 青花椒精油可以减轻 DNCB 引起的耳部水肿在小鼠中, 改善皮肤损伤, 显著减少表皮和真皮厚度, 同时减少炎症细胞浸

润^[39]。此外, Pham等^[40]发现青花椒提取物可以抑制 PKC 依赖性 AP-1 和 NF- κ B 信号通路, 从而在 (THP-1) 细胞中显示抗炎特性。已有文献表明, Fargesin 可通过促进 RCT、CEBP α S21/LXR α 和 TLR4/NF- κ B 相关通路减轻炎症^[41]。

综合目前国内外研究发现, 从青花椒中提取的提取物和单个化合物, 包括挥发油、生物碱、酰胺和黄酮类化合物均具有抗炎舒缓特性, 青花椒可以通过多种机制减轻体内和体外的炎症及过敏反应。这些机制包括抑制丝裂原活化蛋白激酶 (MAPKs) 和核因子- κ B (NF- κ B) 信号通路的激活, 减少促炎细胞因子如白细胞介素 (IL)-1 β 、IL-2、IL-6、肿瘤坏死因子 (TNF)- α 、前列腺素 E2 (PGE2)、LTC4S、一氧化氮 (NO) 和活性氧 (ROS) 的释放, 以及下调粘附分子如细胞间细胞粘附分子-1 (ICAM-1) 的蛋白表达。此外, 它们减少超氧阴离子的产生和弹性蛋白酶的释放, 同时增加抗炎细胞因子 IL-10 的释放。这些发现为青花椒在皮肤舒缓领域治疗提供了新的思路。

2.2 抗衰老活性

自由基是导致皮肤老化的重要因素之一, 最近的研究表明, 青花椒的各种成分, 包括粗提物、挥发油、类黄酮、多糖和酰胺, 都具有抗氧化性能^[42-45]。Li等^[43]通过 Fe³⁺还原、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼自由基清除、Fe²⁺螯合能力、羟基自由基清除等实验, 评估了青花椒提取物的抗氧化能力。结果表明, 四种提取方法的抗氧化活性 IC₅₀ 分别为 0.011、0.021、0.056 和 0.008 mg/mL。在另一项研究中, Yamazaki 等人^[46]从青花椒果皮中分离出一种抗氧化活性因子, 确定甲醇提取部位为主要活性成分, 其抗氧化活性与维生素 E (Ve) 相当, 并在热条件下保持稳定。Zhao等^[47]和 Meng等^[48]从青花椒中分离出 12 种多酚类化合物, 利用 ABTS + 自由基清除法对其抗氧化活性进行评价, 鉴定出其中四种 4 种具有较强抗氧化性能。此外, 青花椒提取物可增强 Hep G2 细胞 SOD 酶活性, 降低 MDA 水平, 显示出强大的自由基清除能力。You 等人^[49]强调了青花椒酰胺类化合物具有抗氧化能力, 可以通过线粒体途径诱导 Hep G2 细胞凋亡。

青花椒活性成分的抗氧化特性能够保护皮肤细胞免受自由基的损伤, 维持皮肤的弹性和光泽, 在抗衰、抗氧化的护肤品具有良好应用潜力。

2.3 抑菌活性

青花椒提取物和单体成分具有广谱抗菌活性。高逢敬

等^[50]研究发现, 青花椒会成分对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、黑曲霉菌等微生物有抑制作用。Diao等^[51]通过扫描电镜和透射电镜观察结果表明, 青花椒精油处理后细菌出现细胞萎缩、细胞壁表面不规则、加厚和细胞溶解的现象, 推测青花椒精油可能是通过增加细菌细胞膜通透性而导致细胞内成分泄露, 达到抑菌效果。Li 等^[52]发现一个青花椒变种——毛大叶臭花椒, 其精油构成中柠檬烯含量高达 67.06%, 对 5 种食源性细菌具有抗性, 显著抑制由脂多糖 (lipopolysaccharide, LPS) 诱导的一氧化氮 (nitric oxide, NO) 的产量, 具有抗菌、消炎、抗肿瘤的功效。除了挥发油, 青花椒中的生物碱、酰胺、香豆素等也有不同的抑菌效果。Zuo 等^[53]研究发现, 从青花椒甲醇提取物中提取的 4 种香豆素可以增强抗菌药物的有效性, 逆转耐药性, 这些香豆素对 MSSA 和 MRSA 均有明显的抑菌活性, 其中万古霉素为阳性对照, 其最低抑菌浓度 (MIC) 在 8-64 mg/L 之间。Zhao 等^[54]从花椒根中分离到 (\pm)-zananthonitidine A。在对粪肠球菌和金黄色葡萄球菌的抑制实验中, 表现出中等的抑制活性, MIC 值分别为 21.97、21.97 和 12.54、25.09 mg/L。此外, Costa 等^[55]从花椒根皮中分离出一种名为 N-甲基小檗碱的化合物, 发现其对金黄色葡萄球菌的抑制作用比氯霉素更强。

青花椒有效成分如柠檬烯、芳樟醇等, 对多种常见菌具有良好杀菌抑菌活性, 这些成分能够有效抑制皮肤表面的细菌、真菌生长, 对于痤疮、粉刺等皮肤问题有改善作用, 在祛痘、抗敏类的化妆品中有较大的应用潜力。

2.4 除螨抑螨活性

研究发现青花椒活性成分对螨虫具有驱避和杀灭作用。青花椒精油对粉螨、翼螨和弓形螨均有明显的杀螨作用, LD₅₀ 值分别为 14.63、15.36 和 15.67 μ g/cm³, 是避蚊胺 (36.74、34.25 和 30.43 μ g/cm²) 的 2.51、2.23 和 1.94 倍^[56]。蒋丽艳等^[57]按 1:2~1:32 梯度倍比稀释青花椒经验, 并镜下观察对两种人体蠕形螨的抑杀作用, 结果发现青花椒精油对两种蠕形螨均有明显的抑杀作用, 且对皮质蠕形螨的抑杀效果优于毛囊蠕形螨, 但随稀释倍数的增加抑杀效果明显降低。因此, 青花椒经验可以加入除螨类的化妆品中, 如除螨洗面奶、除螨喷雾等, 帮助清洁皮肤, 减少螨虫对皮肤的侵害。

2.5 增强牙周细胞再分化及抑制致龋菌活性

Kim 等^[58]研究发现, 青花椒可以显著增强牙周膜干细胞向成骨细胞分化的功效, 人牙周膜干细胞有望成为牙周及

种植体周围骨缺损修复再生的理想的种子细胞。程志敏^[59]等研究了青花椒精油对口腔致龋菌变形链球菌、血链球菌和远缘链球菌的体外抑菌活性,发现青花椒精油对3种致龋菌的MIC和MBC范围分别为0.5~1.0 mg/mL和1~2 mg/mL。在致龋菌生长的延迟期和对数生长期加入青花椒精油会导致细菌停止增殖,故推测青花椒精油的抑菌活性与细菌链状结构的破坏和细菌细胞膜的损伤有关。这些研究为青花椒活性成分在口腔领域的应用也提供了思路。

2.6 抗紫外损伤活性

D.Hao等研究发现青花椒中的山椒醇在10~40 μ M浓度下对UVB照射的裸鼠给药,可以显著下调MMP-1, MMP-3, JAK2/STAT3相关基因表达,通过靶向JAK2/STAT3依赖性自噬,改善uvb诱导的紫外光损伤^[60]。

3. 讨论与展望

青花椒是我国特有的香辛料资源,因其生长适应性强,产品独有的麻香风味,近年来市场规模不断扩大,四川、重庆、云南、贵州等栽培面积增长迅速,开展精深加工和应用技术研究,延长产业链条,拓宽市场领域,已成为当前青花椒产业发展的迫切需求。近年来对青花椒化学组分、精油提取方法、功效和作用机理进行了很多基础研究,取得了一定的成果。从以上综述可以看出,青花椒在日化领域有广泛的开发利用前途,可以开发包括舒缓、抗衰、抑菌、除螨、防晒、防龋等多种功效的产品,尤其在除螨领域,青花椒表现出的独特优势是许多其他植物提取物难以企及的,目前市面上销量较好的多款除螨产品,大都添加了青花椒提取物,证明青花椒在除螨领域已经获得消费者的广泛认可。

3.1 青花椒的有效部位及其质量控制指标

青花椒作为一种极具开发潜力的天然原料,其内部化学成分呈现出丰富多样的特性。通过前文综述发现,在众多化学成分之中,挥发油类化合物的含量尤为突出,这些高含量的挥发油类化合物主要集中分布于青花椒果的果皮组织当中。进一步对挥发油类化合物进行细分可知,芳樟醇在其中所占比例极高,达到了82.0%~91.1%区间范围。与此同时,结合已发表的药理活性实验数据能够清晰地发现挥发油类物质在抗炎、抑菌以及抗衰等关键功效领域发挥着不可或缺的重要作用。基于以上结论综合考量,可以明确在日化产品的研发应用进程中,青花椒最为理想

的使用部位即为果皮。并且,鉴于芳樟醇在青花椒中的含量及其与药理活性功效之间的紧密关联性,可以将芳樟醇选定为青花椒应用于日化产品时的标志性成分与质量控制成分,这不仅有助于精准把控青花椒原料的品质,保障日化产品功效的稳定性与可靠性,更为后续青花椒在日化产业的深度开发与标准化应用筑牢了坚实根基。

3.2 青花椒在日化领域的应用困境

在当前化妆品原料的规范使用领域,青花椒面临着颇为棘手的局面,即青花椒提取物并未被列入《已使用化妆品原料名称目录(2021版)》之中,这一现状直接导致在化妆品研发与生产环节,企业仅能借用花椒果(ZANTHOXYLUM BUNGEANUM)提取物的INCI名来进行使用。这种无奈之举存在诸多局限性,一方面,从法规遵循角度而言,借用名称容易在原料成分标注、审核等流程中引发混淆与潜在风险,稍有不慎就可能面临合规问题;另一方面,在市场推广层面,消费者在查看化妆品成分表时,难以精准识别出青花椒提取物的存在,使得青花椒提取物自身独特的护肤功效、天然特性等优势无法得到有效凸显。长此以往,无疑对青花椒在化妆品行业的推广应用形成了重重阻碍,极大地限制了其产业价值的充分挖掘与释放。所以当下青花椒提取物完成化妆品新原料备案显得极为紧迫,刻不容缓。

综上所述,随着青花椒成分与活性等研究的进一步加深,以及化妆品新原料申报的完成,其在日化领域的经济价值等也进一步开发,必将推动我国天然日化行业中的应用的持续、快速发展。在新兴技术高度发展发达的今天,青花椒提取物的开发应用也将走向工业化、大众化,以充分开发利用我国丰富的青花椒资源。

参考文献

- [1]Tan C, Wu C, Huang Y, et al. Identification of different species of Zanthoxylum P ericarpium based on convolution neural network[J]. PLoS one, 2020, 15(4):e0230287.
- [2]Diao W R, Hu Q P, Feng S S, et al. Chemical composition and anti-bacterial activity of the essential oil from Green Hua jiao(Zanthoxylum schinifolium) against selected food-borne pathogens[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(25):6044-6049.
- [3]Liu C, Luo F, Zhu T, et al. Leaf spot disease caused by Pestalotiopsis kenyana on Zanthoxylum schinifolium in sichuan province, China[J]. Plant disease, 2021, 105(11):3747.
- [4]Li R, Yang J J, Shi Y X, et al. Chemical composition, anti-microbial and anti-inflammatory activities of the essential oil from Magian(Zanthoxylum myriacanthum var. pubescens) in Xishuangbanna,

- SW China[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2014, 158:43-48.
- [5]Wu G, Wu H. Analgesia Synergism of essential oil from pericarp of *Zanthoxylum schinifolium* and verapamil[J]. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2014:505876.
- [6]Kim K K, Kim T W, Kang Y H, et al. Lipid-lowering effects of *Zanthoxylum schinifolium* Siebold & Zucc. seed oil (ZSO) in hyperlipidemic rats and lipolytic effects in 3T3-L1 adipocytes[J]. *Faseb Journal*, 2016, 25(5):1427-1436.
- [7]张华, 叶萌. 青花椒的分类地位及成分研究现状[J]. *北方园艺*, 2010, (14):199-203.
- [8]Wang C F, Fan L, Tian M, et al. Radiosensitizing effect of schinifoline from *Zanthoxylum schinifolium* Sieb. et Zucc. on human non-small cell lung cancer A549 Cells: A Preliminary in vitro investigation[J]. *Molecules*, 2014, 19(12):20128-20138.
- [9]Wang Y, Li J, Xu Z, et al. The formation process of green substances in *Chrysanthemum morifolium* tea[J]. *Food Chemistry*, 2020, 326:127028.
- [10]Liu P F, Wang L, Du Q X, et al. Chemotype classification and biomarker screening of male *Eucommia ulmoides* Oliv. flower core collections using UPLC-MS/MS-based non-targeted metabolomics[J]. *Peer J*, 2020, 8:e9786.
- [11]Tan J, Dai W, Lu M, et al. Study of the dynamic changes in the non-volatile chemical constituents of black tea during fermentation processing by a non-targeted metabolomics approach[J]. *Food Research International*, 2016, 79:106-113.
- [12]Naz S, Vallejo M, Garcia A, et al. Method validation strategies involved in non-targeted metabolomics[J]. *Journal of Chromatography A*, 2014, 1353:99-105.
- [13]Qin D, Wang Q, Li H, et al. Identification of key metabolites based on non-targeted metabolomics and chemometrics analyses provides insights into bitternes s in *Kucha* [*Camellia kucha* (Chang et Wang) Chang][J]. *Food Research International*, 2020, 138(Pt B):109789.
- [14]祝晓云, 蒋永梅, 余家奇, 等. 非靶向代谢组学分析不同品种青花椒的化学成分差异[J]. *种子*, 2023, 42(09):49-61.
- [15]王友峰, 罗忠圣, 黎浪, 等. 黔产青花椒精油成分分析及抑菌、抗氧化活性研究[J]. *中国食品添加剂*, 2023, 34(04):285-292.
- [16]肖瑞瑶, 滕攀攀, 钱玺丞, 等. 九叶青花椒挥发油 GC-MS 成分分析[J]. *云南化工*, 2023, 50(06):78-81.
- [17]向章敏, 刘恩刚. 基于全二维气相色谱-四级杆飞行时间质谱高通量检测青花椒挥发性香气成分[J]. *中国调味品*, 2022, 47(11):158-163.
- [18]刘薇, 赵孔发, 张锋伦, 等. 不同产地青花椒精油的化学成分分析及体外抑制幽门螺杆菌研究[J]. *中国野生植物资源*, 2023, 42(10):68-74+89.
- [19]祝晓云, 张开艳, 余家奇, 等. GC-MS 法分析两种花椒挥发油的成分[J]. *亚太传统医药*, 2022, 18(09):68-73.
- [20]W. Wei, X. Chen, T. Guo, et al. A review on classification and biological activities of alkaloids from the genus *Zanthoxylum* species, Mini-Review[J]. *Med. Chem.*, 21(2021):336-361.
- [21]L. Han, Y. Gao, W. Gong, et al. Extraction and determination of alkaloids in Chinese prickly ash[J]. *Chemical Engineering & Equipment*, 12(2019):9-11.
- [22]X. Sun, D. Zhang, L. Zhao, et al. Antagonistic interaction of phenols and alkaloids in Sichuan pepper (*Zanthoxylum bungeanum*) pericarp[J]. *Ind. Crops Prod.* 152(2020):112551.
- [23]S. L. Liu, L. X. Wei, D. Wang, et al. Studies on chemical constituents of green pepper corium[J]. *Acta Pharm. Sin.* 26(1991):836-840.
- [24]Shwujen Wu, Chen Lsheng, Alkaloids from *Zanthoxylum simulans*, *Phytochemistry*, 34(1993):1659-1661.
- [25]吴蓉蓉, 田书璿, 陈勇, 等. 青花椒生物碱类化学成分及生物活性研究[J]. *中草药*, 2019, 50(06):1305-1309.
- [26]熊汝琴, 李平, 王锐. Folin-Ciocalteu 比色法测定昭通青花椒总酚含量[J]. *中国调味品*, 2019, 44(10):140-143.
- [27]孟宪华, 尚贤毅, 杨军丽. 青花椒中酚类化学成分及其抗氧化活性[J]. *中草药*, 2020, 51(08):2095-2101.
- [28]张东博, 王征, 梁艳妮, 等. 青花椒根皮中 1 个新的香豆素类化合物[J]. *中草药*, 2019, 50(12):2798-2801.
- [29]J. Ke, J. Cheng, Q. Luo, et al. Identification of two bitter components in *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. and exploration of their bitter taste mechanism through receptor hTAS2R14[J]. *Food Chem.* 338(2021):127816.
- [30]Q. Yang, X. Mei, Z. Wang, et al. Comprehensive identification of non-volatile bitter-tasting compounds in *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. by untargeted metabolomics combined with sensory-guided fractionation technique[J]. *Food Chem.* 347(2021):129085.
- [31]Q. Ye, X. Shi, J. Yang. Research advance on structure and function of amides in *Zanthoxylum* plants[J]. *China J. Chin. Mater. Med.* 48(2023):2406-2418.
- [32]H. Dong, M. Hou. Recent advances in the synthesis of amides[J]. *Chin. J. Org. Chem.* 37(2017)267-283.
- [33]Li F F, Li M L. Conventional determination of the contents of numbing components (acylamides) in prickly ash[J]. *Sci. Silvae Sin.* 50(2014):121-126.
- [34]J. Ombito, G. Chi, J. Wansi, Ethnomedicinal uses, phytochemistry, and pharmacology of the genus *Vepris* (Rutaceae): a review[J]. *J. Ethnopharmacol.* 267(2021):113622.
- [35]M. Fioranelli, A. G. Bottaccioli, F. Bottaccioli, et al. Stress and inflammation in coronary artery disease: a review[J]. *Front. Immunol.* 9(2018)52160039.
- [36]H. Zhang, X. Gan, Q. Fan, et al. Chemical constituents and anti-inflammatory activities of Maqian (*Zanthoxylum myriacanthum* var. *pubescens*) bark extracts[J]. *Sci. Rep.* 7(2017):45805.
- [37]R. Santhanam, S. Fakurazi, S. Ahmad, et al. Inhibition of UVB-induced pro-inflammatory cytokines and MMP expression by *Zanthoxylum rhetsa* bark extract and its active constituent hesperidin[J]. *Phytother. Res.* 32(2018):1608-1616.
- [38]K. Hwang, J. Kwon, Y. Noh, et al. Effects of *Zanthoxylum piperitum* ethanol extract on osteoarthritis inflammation and pain[J]. *Biomed. Pharmacother.* 105(2018):481-490.
- [39]R. Guo, J. Park, S. Jo, et al. Anti-allergic inflammatory effects of

- the essential oil from fruits of *Zanthoxylum coreanum* nakai[J]. *Front. Pharmacol.* 9(2018), 30618741.
- [40] T. Pham, M. Kim, M. Le, et al. Fargesin exerts anti-inflammatory effects in THP-1 monocytes by suppressing PKC-dependent AP-1 and NF- κ B signaling [J]. *Phytomedicine.* 24(2017):96–103.
- [41] G. Wang, J. Gao, L. He, et al. Fargesin alleviates atherosclerosis by promoting reverse cholesterol transport and reducing inflammatory response[J]. *Biochim. Biophys. Acta Mol. Cell Biol. Lipids.* 1865(2020):158633.
- [42] T. Wu, L. Zhong, Z. Hong, et al. The effects of *Zanthoxylum bungeanum* extract on lipid metabolism induced by sterols[J]. *J. Pharmacol. Sci.* 127(2015):251–259.
- [43] P. Li, L. Zhou, Y. Mou, et al. Extraction optimization of polysaccharide from *Zanthoxylum bungeanum* using RSM and its antioxidant activity[J]. *Int. J. Biol. Macromol.* 72(2015):19–27.
- [44] J. Li, T. Hui, F. Wang, et al. Chinese red pepper (*Zanthoxylum bungeanum* Maxim.) leaf extract as natural antioxidants in salted silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) in dorsal and ventral muscles during processing[J]. *Food Control*, 56(2015):9–17.
- [45] M. Zhou. Research on Physiological Functions and Mechanism of Sanshool from *Zanthoxylum* HepG2 Cell, Southwest University, 2014.
- [46] E. Yamazaki, M. Inagaki, O. Kurita, et al. Antioxidant activity of Japanese pepper (*Zanthoxylum piperitum* DC.) fruit[J]. *Food Chem.* 100(2007):171–177.
- [47] J. Zhao, Y. Wang, Y. Yang, et al. Antioxidants and α -glucosidase inhibitors from “Liucha” (young leaves and shoots of *Sibiraea laevigata*) [J]. *Food Chem.* 230(2017):117–124.
- [48] X. Meng, X. Shang, J. Yang. Phenolic chemical constituents of *Zanthoxylum schinifolium* pericarps and their anti-oxidative effects[J]. *Chin Tradit Herb Drugs*, 51(2020):2095–2101.
- [49] Y. You, M. Zhou, H. Lu, G. Shirima, Y. Cheng, X. Liu. Sanshool from *Zanthoxylum* L. induces apoptosis in human hepatocarcinoma HepG2 cells[J]. *Food Sci. Biotechnol.* 24(2015):2169–2175.
- [50] 高逢敬, 蒲彪. 青花椒香气成分的抑菌性研究 [J]. *四川食品与发酵*, 2007(03):28–30.
- [51] DIAO W R, HU Q P, FENG S S, et al. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil from green huajiao (*Zanthoxylum schinifolium*) against selected foodborne pathogens[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013, 61(25):6044–6049.
- [52] LI R, YANG J J, SHI Y X, et al. Chemical composition, antimicrobial and anti-inflammatory activities of the essential oil from Maqian (*Zanthoxylum myriacanthum* var. *pubescens*) in Xishuangbanna, SW China[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2014, 2(158):43–48.
- [53] G. Zuo, C. Wang, J. Han, et al. Synergism of coumarins from the Chinese drug *Zanthoxylum nitidum* with antibacterial agents against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) [J]. *Phytomedicine*, 23(2016):1814–1820.
- [54] L. Zhao, X. Guo, S. Liu, et al. (\pm)-Zanthonitidine A, a pair of enantiomeric furoquinoline alkaloids from *Zanthoxylum nitidum* with antibacterial activity[J]. *Prod Bioprospect.* 8(2018):361–367.
- [55] R.S. Costa, M.O. Lins, M. Le Hyaric, et al. In vitro antibacterial effects of *Zanthoxylum tingoassuiba* root bark extracts and two of its alkaloids against multi-resistant *Staphylococcus aureus*, *Revista Brasileira de Farmacognosia.* 27(2017):195–198.
- [56] Hoi-Seon Lee. Insecticidal Toxicities and Essential Oil Compositions of *Zanthoxylum piperitum* and *Zanthoxylum schinifolium* Fruits in Korea[J]. *TEOP*, 19(8), 2016:2065–2071.
- [57] 蒋丽艳, 刘继鑫, 张浩, 等. 花椒挥发油对两种人体蠕形螨的体外抑杀作用 [J]. *医学研究杂志*, 2009, 38(02):78–79.
- [58] KIM S Y, AN S Y, LEE J S, et al. *Zanthoxylum schinifolium* enhances the osteogenic potential of periodontal ligament stem cells[J]. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Animal*, 2015, 51(2):165–173.
- [59] 程志敏, 陈彦荣, 王建辉, 等. 青花椒精油对致龋菌的体外抑菌活性 [J]. *食品科学*, 2022, 43(21):70–77.
- [60] D.Hao, X.Wen, L.Liu, et al. Sanshool improves UVB-induced skin photodamage by targeting JAK2/STAT3-dependent autophagy[J]. *Cell Death Dis.* 10(2019)19.

Research Progress on the Chemical Composition and the Application in the Cosmetic Field of *Zanthoxylum Schinifolium*

Li Zhuo-hang¹, Zhang Da-cun², Zhang Ying¹, Shan Cheng-ying¹, Li Shu-hong², Niu Xue-bin², Chen Bin¹, Chen Guo-qing^{2*}, Huang Xiao-de^{1*}

(1. Nanjing Institute for Comprehensive Utilization of Wild Plants, Nanjing, Jiangsu, 211100;

2. Shandong Jiuxin Bioengineering Co., Ltd., Taian, Shandong, 271506)

Abstract : *Zanthoxylum schinifolium* is a plant of the Rutaceae family and contains rich active ingredients. It is currently mainly used as a food seasoning and other products, and its full potential in the cosmetics industry has not been fully realized. This paper provides a review of the recent research on the functional components and active ingredients of *Zanthoxylum schinifolium* and their potential applications in the cosmetics industry. It also analyzes the development strategy of peanut shell products and provides an outlook on the development of peanut shell active ingredients in the cosmetics industry, with the aim of providing a framework for the rational and effective utilization of peanut shell resources.

Keywords : *Zanthoxylum schinifolium*; chemical composition; pharmacological activity; research findings; product development