

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240613004

# 我国花椒加工技术研究进展

姚 丽\*

(江苏卫生健康职业学院, 南京 211800)

**摘 要:** 花椒是中国传统的香辛料之一, 具有独特的麻香味, 已有 2600 多年的种植和使用历史, 广泛应用于烹饪、医药、日化等多个领域。花椒不仅具有良好的食用价值, 还含有挥发油、麻味物质、花椒籽蛋白及油脂等多种活性成分, 具有抗炎、免疫调节等多种功效。花椒果皮、花椒籽、花椒叶、花椒枝干及皮刺均具有良好的利用价值, 但是我国花椒的加工利用仍以干制品等初级加工为主, 同时存在花椒加工工艺传统、产品结构单一、产品质量不稳定等问题, 限制了花椒产业的进一步发展。本文在系统总结花椒各部分利用价值的基础上, 综述了干燥技术、杀菌技术、提取技术、花椒相关的标准等, 以期为我国花椒产业的发展提供新的思路。

**关键词:** 花椒; 花椒挥发油; 活性成分; 加工技术

## Research progress in processing technology of *Zanthoxylum bungeanum* in China

YAO Li\*

(Jiangsu Health Vocational College, Nanjing 211800, China)

**ABSTRACT:** *Zanthoxylum bungeanum* is one of the traditional spices in China, with a unique hemp flavor, which has more than 2600 years of planting and utilization history, widely used in cooking, medicine, daily chemical and other fields. At present, the country has developed many large-scale pepper planting bases. *Zanthoxylum bungeanum* not only has good edible value, but also contains a variety of active ingredients such as volatile oil, hemp substances, *Zanthoxylum bungeanum* seed protein and oil, which has various effects such as anti-inflammatory and immunomodulatory. *Zanthoxylum bungeanum* peel, *Zanthoxylum bungeanum* seeds, *Zanthoxylum bungeanum* leaves, *Zanthoxylum bungeanum* branches and skin thorns all have good utilization value, but the processing and utilization of *Zanthoxylum bungeanum* in China is still dominated by primary processing of dry products, and there are problems such as traditional *Zanthoxylum bungeanum* processing technology, single product structure, and unstable product quality, which limit the further development of *Zanthoxylum bungeanum* industry. On the basis of systematically summarizing the utilization value of each part of *Zanthoxylum bungeanum*, this paper reviewed the drying technology, sterilization technology, extraction technology, and related standards of *Zanthoxylum bungeanum*, in order to provide new ideas for the development of *Zanthoxylum bungeanum* industry in China.

**KEY WORDS:** *Zanthoxylum bungeanum*; *Zanthoxylum bungeanum* volatile oil; active ingredient; processing technology

**基金项目:** 江苏卫生健康职业学院校级课题项目(JKB202010)

**Fund:** Supported by the Jiangsu Health Vocational College Project (JKB202010)

**\*通信作者:** 姚丽, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为教育管理、食品卫生。E-mail: 359410508@qq.com

**\*Corresponding author:** YAO Li, Master, Assistant Professor, Jiangsu Health Vocational College, No.69, Huangshanling Road, Pukou District, Nanjing 211800, China. E-mail: 359410508@qq.com

## 0 引言

花椒为芸香科、花椒属落叶小乔木多年生植物,分为红花椒和青花椒两大类<sup>[1]</sup>,在我国已有 2600 多年的种植和使用历史。全世界花椒品种超过 250 种,广泛分布在亚洲、非洲、美洲等地区。我国是花椒的原产国也是花椒生产大国,品种多达 39 种,全国花椒面积近 2000 万亩,主要产地包括陕西、四川、重庆、云南、贵州、甘肃、山西、河南和山东等<sup>[2-4]</sup>。在以上产地的基础上形成了全国知名的花椒种植基地,例如陕西韩城、重庆江津、四川金阳、汉源、茂汶、山东泰安等,形成了重庆市江津区国家现代农业产业园、陕西省韩城市国家花椒产业示范园区 2 个国家级以花椒为主要产业的产业园区,13 个产区获得“全国花椒之乡”称号。我国花椒产量多年来稳定在 30 万 t 以上,2022 年花椒产量达 50 万 t。

花椒作为一种药食同源的植物资源,在我国有着悠久的历史的应用历史。传统上,花椒主要用于调味和驱虫,但其丰富的生物活性成分,如挥发油、生物碱、黄酮类化合物等,赋予了花椒更广阔的应用前景。我国花椒加工利用已经从传统的单一调味品生产,逐步向多元化、精细化方向发展。目前,花椒加工涵盖了从初级的干花椒、花椒粉到花椒油、花椒酱等系列调味品的生产,以及花椒提取物在医药、保健品、日化产品等领域的应用。随着科技的进步,现代加工技术如超临界流体萃取、微波辅助提取、超声波提取等已被应用于花椒有效成分的提取,提高了提取效率和产品质量。同时,仍存在花椒产地较分散、加工工艺传统、产品结构单一、质量不稳定等问题,限制了花椒产业的进一步发展。因此,开展花椒加工利用技术研究已成为当前研究的热点和难点,本文将对花椒的加工技术加以梳理,以期为我国的花椒产业发展提供新的思路。

## 1 花椒各部分的利用现状

花椒的加工利用仍以初级加工为主,主要以干制品、油制品和泡制品为主,花椒在餐饮、家庭和深加工方面消费占比约为 4:3:3。花椒果皮被加工利用较为常见,其他部位容易被忽略,但是其花椒籽、花椒叶等也具有良好的综合利用价值,花椒主要加工利用部位及特性如图 1 所示。

### 1.1 花椒皮的加工利用

花椒皮中主要含有花椒挥发油(香味)、酰胺类物质(麻味)<sup>[5-6]</sup>等。挥发油又俗称精油,是部分植物体内新陈代谢产生的一种有芳香气味的代谢物质,具有挥发性。花椒挥发油是从花椒果皮中提炼的一种可随溶剂溶解、具有特殊气味、极易挥发的油状液体的统称。花椒挥发油的主要成分有醇、酮、醛、酯和烃类等物质<sup>[7]</sup>。花椒中的麻味物质主要来源于山椒素、花椒素、双氢花椒素等不饱和链状大

分子酰胺<sup>[8-9]</sup>。其中含量最多的是山椒素,山椒素能够强烈地刺激人的呼吸道,是花椒中麻味物质的重要组成部分<sup>[10]</sup>。花椒的活性成分主要集中在花椒挥发油和酰胺类物质上,其中花椒挥发油是花椒中含量最多、生理活性最强的成分,一直都受到众多研究者的青睐,是研究的热点和重点,也是花椒利用开发的难点。



图1 花椒主要加工利用部位及特性

Fig.1 Main processing and utilization parts and characteristics of *Zanthoxylum bungeanum*

### 1.2 花椒籽的加工利用

花椒籽中除了花椒籽油脂外,还含有花椒籽蛋白、花椒籽黑色素矿物质等其他物质<sup>[11]</sup>。花椒籽中含油量约为 27%~31%,与豆类、油菜和棉籽相比较,其含油量低于油菜,优于棉籽和豆类。花椒籽油中含有丰富的油酸、棕榈油酸、棕榈酸、亚麻酸等不饱和脂肪酸,是其他油料植物无法比拟的<sup>[12]</sup>。花椒籽中除了丰富的油脂还含有大量的蛋白质,约占总重量 18.7%,通过水解、酶解后获得。花椒籽蛋白富含人类必需的氨基酸类物质,具有良好的保健效果<sup>[13]</sup>,是一种价格低廉的功能性原料。同时,花椒籽蛋白是一种优良的自然植物蛋白资源,可以作为保健食品和功能性饮料的原料,具有较大的综合利用开发价值。此外,花椒籽中的黑色素同样具备较大的利用价值。花椒籽黑色素具有提高人体的免疫能力、清除人体中自由基和保护人体神经等多种功能,是一种天然的抗氧化剂<sup>[14]</sup>。

### 1.3 花椒叶的加工利用

花椒叶是我国的传统蔬菜和香料,在花椒果实成熟后采集花椒叶一般不影响来年的结果和生产。花椒叶嫩芽中蛋白质、脂肪、纤维素、钙、磷、铁含量丰富,氨基酸含量高,是蕨菜的 13.9 倍。花椒叶中的黄酮含量较高,目前从花椒叶中已鉴定出的黄酮有 16 种<sup>[15]</sup>。花椒叶提取液有抗菌作用<sup>[16]</sup>,叶中也含有一定的油性物质<sup>[17]</sup>,对伤口创面有保护作用,可防止干裂、利于止痛、使伤口创面分泌物减少、促进伤口愈合。同时近年也开发有花椒叶类食品,

如花椒叶茶、花椒叶口服液、花椒叶豆酱、花椒叶菜、花椒叶泡菜和花椒叶保健大米等。花椒叶因其丰富的黄酮类化合物,具备良好的抗氧化、抗癌、抗炎、抗肿瘤、免疫调节、抗心脑血管疾病、抑菌抗病毒、降血糖、降血脂等作用<sup>[18]</sup>,可以开发多种功能活性产品。在农业生产领域,花椒叶提取液作为病虫害防治药剂,可以有效减少根际土中真菌、放线菌、细菌及微生物总数<sup>[19]</sup>。

1.4 花椒枝干和皮刺的加工利用

花椒枝干目前主要用于生产生物燃料、有机肥等方面<sup>[20]</sup>。国外对其皮刺进行了很多研究,发现花椒皮刺的化学活性成分与花椒叶的含量相差不大,但是由于皮刺相对于花椒叶不易获得且砍伐皮刺对花椒树的伤害较大,因此国内几乎未对其进行研究。

2 花椒加工利用中的主要技术

花椒加工利用涉及一系列技术,如干燥、杀菌、粉碎、提取等,花椒加工过程主要关注点在于高效提取、保存花椒的风味和活性成分,以及开发多样化的产品。图 2 总结了花椒加工利用的主要现状。本文从花椒干燥技术、杀菌技术、提取技术分别进行论述。

2.1 干燥技术

鲜花椒采摘后如果不及时进行处理,极易发生褐变长霉的情况,影响其经济价值和品质。当花椒的含水量小于 11%时,可以有效地防止花椒生霉,延长花椒的贮藏时间。花椒的干燥技术是花椒产业中重要的组成部分,适当

的干燥技术可以缩短花椒的干燥时间,保证花椒的干燥质量。目前,花椒常用的干燥技术有:自然干燥、热风干燥、微波干燥、真空干燥、冷冻干燥、热泵干燥、联合干燥等,如表 1 所示。

2.1.1 自然干燥

花椒的自然干燥主要指风干和日晒<sup>[21]</sup>。自然干燥的方法简便,易于操作,但受天气的影响较大,干燥时间较长,且干燥过程中容易造成褐变和成分的改变。且自然干燥温度通常低于人工干燥温度,极大地限制了花椒干燥处理效率。

2.1.2 热风干燥

热风干燥效率高、摆脱了天气的影响,间歇式、分段式变温干燥能够提高干燥产品的质量,但是热风干燥能耗高、花椒风味物质和活性成分等损失较多。谢好<sup>[22]</sup>运用涂膜预处理的方式改进热风干燥,确定海藻酸钠为花椒最适宜的涂膜材料,在 1.5%浓度下效果最好,挥发油含量最高,有明显的护色效果且对干燥时间无影响。实验证明对传统干燥工艺的改进有利于提高花椒干燥品质。

2.1.3 微波干燥

微波干燥是指利用电磁波作为加热源,将微波能转换为动能并以热能的形式表现出来,使水分蒸发从而达到干燥的目的<sup>[23]</sup>。雷宏杰等<sup>[24]</sup>比较了热风、真空、中短红外波干燥对花椒叶中黄酮和总酚含量的影响。结果显示在适宜条件下经过 2 h 中短红外波干燥花椒叶中黄酮和总酚含量较高,分别为 14.40 mg/g、13.81 mg/g,且用时较短,能够高效保留花椒叶活性成分。

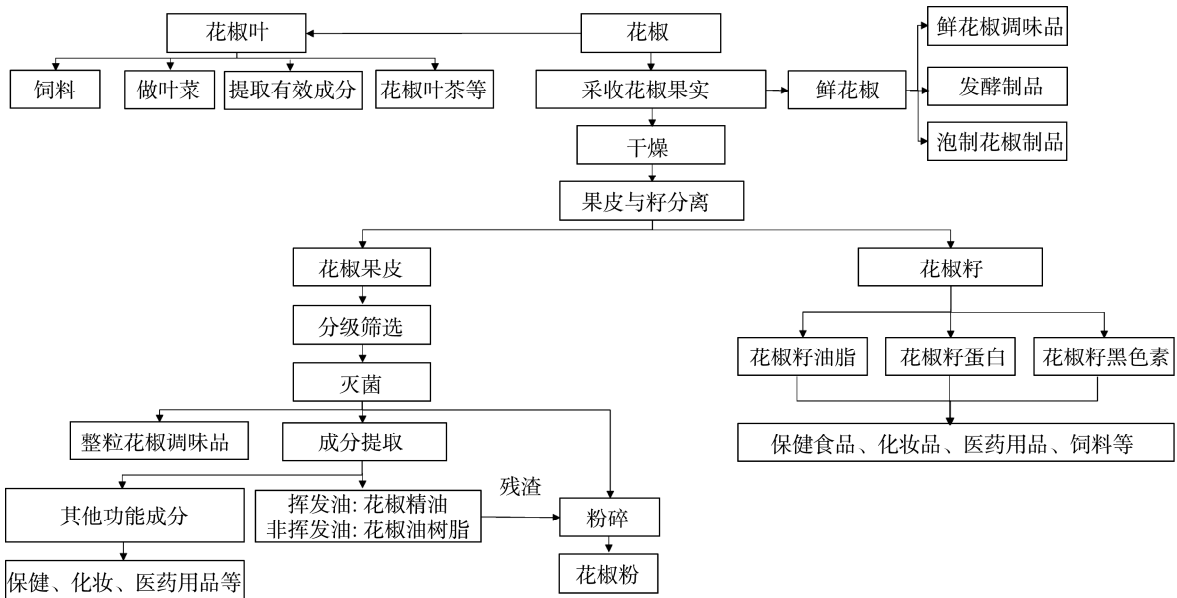


图2 花椒加工利用示意图

Fig.2 Schematic diagram of *Zanthoxylum bungeanum* processing and utilization

2.1.4 真空干燥

真空干燥指将物料放置于 1 个标准大气压以下的密闭环境中,同时对物料不断加热,将物料内部的水分通过压力差和浓度梯度差扩散到物料表面,再通过排出水汽从而达到干燥的目的<sup>[25]</sup>。吴雅璐<sup>[26]</sup>运用气相色谱-质谱联用仪检测干燥后花椒中的活性成分,结果显示,真空干燥后的花椒叶中含有 35 种物质,高于自然干燥和热风干燥。在生物活性方面,经过真空干燥的花椒叶保留了较多的多酚、黄酮和单宁物质,同时表现出良好的自由基清除能力和铁还原能力。由此可见真空干燥可较大程度保留花椒活性成分,但由于成本高没有在生产中广泛应用。

2.1.5 冷冻干燥

冷冻干燥的原理是利用冰升华将食品中的水分干燥,常在低温下进行<sup>[27]</sup>。王安娜等<sup>[28]</sup>比较自然、热风、热泵、真空和冷冻 5 种干燥方式对花椒叶品质的影响。研究发现冷冻干燥可较好地保护叶绿素不被破坏,经冷冻干燥处理的花椒叶中总叶绿素含量可达 12.85 mg/g。但冷冻干燥速率仅略高于自然干燥,远低于其他人工干燥方式,生产效率不高。

2.1.6 热泵干燥

热泵干燥系统主要由热泵系统和干燥系统组成,利用逆卡诺循环的原理,通过介质的气液两相循环过程完成热量的转移,从而干燥物料<sup>[29-30]</sup>。王子轩等<sup>[31]</sup>探究热泵干燥工艺的最佳工艺参数,结果显示温度对水分扩散和色差有显著影响,风速和铺放厚度对色差有显著影响。在最优干燥工艺参数温度 40℃、风速 0.3 m/s、铺放厚度 11.9 mm 下,花椒可保留较高的叶绿素含量。热泵干燥具有能耗低、效率高等特点,但生产设备维护成本较大,仅适用于大规模生产。

2.1.7 联合干燥

花椒干燥不仅要考虑活性成分的保留,还对含水量、叶绿素等色素含量有一定的要求。使用单一干燥技术可能导致花椒有效成分的流失,或耗费大量成本,因此联合干燥技术逐渐成为研究热点。联合干燥是指将两种以上干燥

技术联合应用的创新型干燥技术。万学宁<sup>[32]</sup>将微波干燥与热风干燥联合应用,弥补了热风干燥能耗高的缺点。在热风-微波串联干燥花椒时,热风干燥转微波干燥的最佳含水率为花椒热风干燥的临界点含水率[65% (w·b)]。在热风-微波并联耦合中运用 Fluent 模拟发现微波有利于促进花椒热湿均匀,且微波的加热作用降低了热风的不利影响。王玲等<sup>[33]</sup>以色差为指标确定热风-微波联合干燥的最佳条件为热风温度 64.56℃、转化含水率 41.59%、微波功率 345.20 W。在此条件下花椒干燥色差较小、挥发油含量高、能耗低,为花椒干燥工艺优化提供了基础。另外红外-热风干燥也应用于花椒干燥工艺优化中<sup>[34]</sup>。探究多种方式联合干燥花椒,有利于提高生产效率,减少活性成分损耗,因此具有广阔的应用前景。

2.2 杀菌技术

在低水分食品中,食源性疾病通常由沙门氏菌、蜡样芽胞杆菌、大肠杆菌等致病微生物引起<sup>[35]</sup>。由于水分含量低,高压灭菌等非热灭菌技术可能导致灭菌不彻底,而过分加热可能导致大量营养物质失活。因此选用适宜的杀菌技术对花椒食用安全及营养价值具有重要意义。适宜花椒的杀菌技术有射频加热杀菌、常压等离子射流、蒸汽巴氏杀菌、脉冲强光杀菌等,如表 2 所示。

2.2.1 射频加热杀菌

射频加热技术是指利用高频交流变化的电磁波使分子高速运动,从而达到干燥的目的的技术,具有穿透力强,绿色环保,无化学物残留等特点<sup>[36-37]</sup>。李芮<sup>[38]</sup>在选定无纺布材料为花椒最佳预包装材料后,探究了射频加热技术的最佳工艺。结果显示在极板间距为 110 mm、物料厚度为 50 mm、加热时间为 300 s 的条件下,花椒粉经射频加热后的平均温度为 69.20℃,且对沙门氏菌具有良好的杀菌效果。射频加热处理对花椒的水分活度与水分含量几乎没有影响,是非常适宜花椒的杀菌技术,但是容易引起颜色变化,并且存在局部加热不均匀的问题<sup>[39]</sup>。

表 1 花椒干燥主要技术  
Table 1 Main drying techniques for *Zanthoxylum bungeanum*

| 干燥技术 | 优点           | 缺点              | 参考文献    |
|------|--------------|-----------------|---------|
| 自然干燥 | 简单、方便        | 受天气影响大、容易褐变     | [21]    |
| 热风干燥 | 时间短          | 能耗高             | [22]    |
| 微波干燥 | 速率快、香气成分保留高  | 容易造成干燥不均匀甚至局部焦糊 | [23-24] |
| 真空干燥 | 活性成分保留率高、速度快 | 设备成本高           | [25-26] |
| 冷冻干燥 | 叶绿素保留效果好     | 耗时长             | [27-28] |
| 热泵干燥 | 能耗低、效率高      | 设备维护成本高         | [29-31] |
| 联合干燥 | 产品质量更优       | 设备成本高、成分损失多     | [32-34] |

表 2  花椒等香辛料杀菌主要技术

Table 2  Main sterilization techniques for *Zanthoxylum bungeanum* and other spices

| 杀菌技术      | 最优工艺                                                             | 优点              | 缺点              | 参考文献    |
|-----------|------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|---------|
| 射频加热杀菌    | 极板间距为 110 mm、物料厚度为 50 mm、加热时间为 300 s                             | 环保, 无化学残留物      | 对花椒色泽有显著影响      | [36–39] |
| 常压等离子射流杀菌 | 功率 800 W、气体流速 50 L/min、选用空气为载体, 等离子体电极与样品之间的距离为 10 cm            | 高效环保            | 对设备要求高          | [40–41] |
| 蒸汽巴氏杀菌    | 温度 75~85℃, 时间 1 min                                              | 温度低, 对营养成分损耗小   | 杀菌可能不彻底         | [42]    |
| 脉冲强光杀菌    | 温度 70℃、距离红外处理 9.5 cm、3 min 后, 继续在 1 Hz、500 J/s、9 cm 条件下强光处理 50 s | 杀菌效果好, 减少营养物质损失 | 处理流程较复杂, 对设备要求高 | [43–44] |

2.2.2 常压等离子射流杀菌

常压等离子射流是在大气压条件下通过放电产生等离子体, 利用等离子体进行杀菌的新型技术。常压等离子射流杀菌对蜡样芽孢杆菌具有良好的杀灭效果, 主要通过破坏孢子结构和细胞内基质渗漏达到灭活的效果。LIU 等<sup>[40]</sup>探究了常压等离子射流对蜡样芽孢杆菌的灭菌效果及在黑胡椒粉杀菌中的应用效果。结果显示在功率 800 W、气体流速 50 L/min、选用空气为等离子体载体, 等离子体电极与样品之间的距离为 10 cm 的条件下, 黑胡椒粉中的蜡样芽孢杆菌清除率达到 1.37 logCFU/g。常压等离子射流杀菌目前已广泛应用于芝麻、黑胡椒粉等<sup>[41]</sup>香辛料产品, 具有较好的应用前景。

2.2.3 蒸汽巴氏杀菌

真空蒸汽巴氏杀菌法在真空中使用蒸汽进行灭菌, 可以在 100℃以下完成灭菌, 对营养成分的损耗较小。有研究者<sup>[42]</sup>以亚麻籽、黑胡椒等低水分活度为材料探究该技术的杀菌效果。结果表明在 75~85℃条件下, 沙门氏菌、大肠杆菌、肠球菌的活菌数量都得到显著降低, 可为花椒杀菌处理提供有效参考。

2.2.4 脉冲强光杀菌

脉冲强光杀菌是一种新兴的非热杀菌处理技术, 主要通过脉冲强光中的光化学效应、光热效应降低微生物负载量<sup>[43]</sup>。脉冲强光对食品的营养成分无明显破坏, 与传统热力杀菌结合具有良好的互补作用。夏国华<sup>[44]</sup>探究了脉冲强光对青花椒杀菌的机制, 结果显示脉冲强光对干青花椒表面具有良好的杀菌效果。

2.3 提取技术

花椒挥发油具有广泛的功能活性, 如抗氧化、抗肿瘤、杀虫抗菌等, 其的提取研究是目前研究最充分的<sup>[45]</sup>。花椒挥发油提取方法主要有超临界 CO<sub>2</sub> 萃取、石油醚等化学试剂提取、超声辅助水蒸气提取、微波辅助-水蒸气蒸馏法等。不同提取方法的得率不同, 操作的难易程度也不同, 因此选择适宜的提取方法才能使花椒挥发油更好地被研究和应用。花椒主要活性成分的提取方法如表 3 所示。

超临界 CO<sub>2</sub> 萃取以 CO<sub>2</sub> 作为溶剂, 通过改变压力和温度来调节溶剂从而进行物质提取, 是一种新型环保提取技术, 价格低廉。其临界温度在 30℃左右, 临界压力在 73 bar 左右, 非常适宜油脂等热敏化合物提取<sup>[46]</sup>。LEI 等<sup>[47]</sup>利用超临界 CO<sub>2</sub> 萃取结合响应面法优化花椒挥发油提取条件, 结果表明在萃取时间 2.53 h、萃取温度 50.5℃、萃取压力 26.3 MPa 的条件下挥发油提取率为 11.15%, 证明了超临界 CO<sub>2</sub> 萃取的高效性。

石油醚是一种可以高效提取油脂的有机溶剂, 且操作较简便。罗爱国等<sup>[48]</sup>经过实验得出石油醚提取花椒叶挥发油的最佳工艺为提取温度 65℃、提取时间 3 h、料液比 1:25 (g/mL), 在此条件下花椒挥发油的得率为 5.97%。

超声和微波辅助对于水蒸气蒸馏法有巨大的提升, 单纯的水蒸气蒸馏法提取挥发油得率仅为 1%左右<sup>[49]</sup>。哈立洋等<sup>[50]</sup>采用超声辅助水蒸气蒸馏法优化提取工艺, 挥发油提取率为 4.21%。史芳芳等<sup>[51]</sup>采用微波辅助水蒸气蒸馏法, 得到最佳工艺条件下挥发油平均提取率为 2.65%。

表 3  花椒物质提取主要技术

Table 3  Main techniques for extracting *Zanthoxylum bungeanum* substances

| 提取技术                   | 提取成分  | 优点           | 缺点             | 参考文献    |
|------------------------|-------|--------------|----------------|---------|
| 超临界 CO <sub>2</sub> 萃取 | 花椒挥发油 | 安全环保, 提取效率高  | 成本较高           | [46–47] |
| 石油醚提取                  | 花椒挥发油 | 极性小, 适宜挥发油提取 | 石油醚易挥发, 具有一定毒性 | [48]    |
| 超声辅助水蒸气                | 花椒挥发油 | 安全环保         | 效率较低           | [49–50] |
| 微波辅助-水蒸气蒸馏法            | 花椒挥发油 | 安全环保         | 设备成本高          | [51]    |

以上提取方法均能对花椒挥发油有较高的得率。但是每种提取方法各有优缺点,例如超临界 CO<sub>2</sub> 萃取的设备成本较高,石油醚试剂对环境有破坏,还需要继续研发绿色高效的花椒挥发成分制备方法。另外,花椒籽蛋白、总生物碱和花椒黑色素的提取也有报道<sup>[52-53]</sup>,但目前研究利用较少。

3 花椒相关的国家标准和行业标准

标准是指导生产加工的“规矩”,标准决定质量,高质量发展需要相应的高标准作为支撑。标准中的质量参数可以作为加工过程中的参考,帮助加工企业控制原料质量,从而影响最终产品的性能和效果。某一领域标准的制定情况能够反映此领域的技术发展水平。我国已经制定了一系列花椒相关标准,如表 4 所示。GB/T 30391—2013 自 2014 年 6 月 22 日起实施,适用于花椒作为食品调味料的质量评定和贸易,覆盖了花椒(*Zanthoxylum bungeanum* Maxim.)、竹叶椒(*Zanthoxylum armatum* DC.)和青椒(*Zanthoxylum schinifolium* Sieb.et Zucc.)等。针对特定地理标志产品的国家标准也在推进中,如“汉源花椒”,已启动了《地理标志产品质量要求 汉源花椒》的国家标准制定项目,这表明对具有地域特色产品的质量控制和品牌保护加强。感官分析方面有 GB/T 38495—2020,用于花椒麻度的标准化评价,提高了评价的客观性和一致性。我国部分花椒主产地区也积极推进花椒标准的建立,如达州市制定了青花椒的地方标准,旨在指导科学生产、助椒农增收。

我国花椒相关标准的制定工作涵盖了从原料质量、感官评价到安全检测等多个维度,从种植、加工、流通到应用端都在逐步探索和制定相应的行业标准。我国花椒产业正经历快速发展期,消费量持续增长,特别是在餐饮市场和调味品行业中扮演着重要角色,产品不断丰富,需要更完善的标准体系来支撑产业的良好发展。

4 花椒加工利用的研究展望

花椒当前主要作为香辛料、调味料使用,精深加工和综合利用不足,主要原因是基础理论和适宜的加工技术滞后,标准体系不完善。应加强研究花椒风味(包括麻味、香气和异味、苦味及风味变化)品质的形成机制,花椒功能性成分及功能机制,加工过程中的转化机制(如贮藏、分离、提取过程化学成分的变化规律)等基础理论研究,奠定花椒精深加工的理论基础。同时,充分利用现代分离技术,提高花椒物质成分的分离效率,探索多种活性成分同步提取的可能性,提高花椒资源利用率,为精深加工奠定技术基础。花椒加工产品方面,要突破花椒作为食品调味品的单一利用思路,拓展食品、日化、药品、生物制剂等领域的利用途径。此外,还应关注规模化提取花椒及其花椒副产物(枝叶、椒目、饼渣)的风味成分和功能成分,为花椒精深加工提供物质基础。在标准制定方面,目前对花椒产品的规范准则大多停留在栽培及初级加工产品阶段,随着花椒衍生产品的进一步发展,需进一步制定更为详细的质量标准,以促进花椒产业高质量发展。

表 4 花椒相关主要国家及行业标准  
Table 4 Main national and industry standards related to *Zanthoxylum bungeanum*

| 序号 | 标准号             | 标准名称                         | 颁布部门                             |
|----|-----------------|------------------------------|----------------------------------|
| 1  | GB/T 22479—2022 | 花椒籽油                         | 国家市场监督管理总局<br>国家标准化管理委员会         |
| 2  | GB/T 38495—2020 | 感官分析 花椒麻度评价 斯科维尔指数法          | 国家市场监督管理总局<br>国家标准化管理委员会         |
| 3  | GB/T 30391—2013 | 花椒                           | 国家市场监督管理总局<br>国家标准化管理委员会         |
| 4  | GH/T 1346—2021  | 日化用青花椒精油                     | 中华全国供销合作总社                       |
| 5  | GH/T 1284—2020  | 青花椒                          | 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 |
| 6  | GH/T 1289—2020  | 干花椒流通规范                      | 中华全国供销合作总社                       |
| 7  | GH/T 1290—2020  | 花椒及花椒加工产品 花椒酰胺总含量的测定 紫外分光光度法 | 中华全国供销合作总社                       |
| 8  | GH/T 1291—2020  | 花椒及花椒加工产品 花椒酰胺总含量的测定 高效液相色谱法 | 中华全国供销合作总社                       |
| 9  | GH/T 1294—2020  | 花椒挥发性成分的测定 气象色谱—质谱法          | 中华全国供销合作总社                       |
| 10 | LS/T 3313—2017  | 花椒籽饼(粕)                      | 国家粮食局                            |
| 11 | LY/T 2914—2017  | 花椒栽培技术规程                     |                                  |
| 12 | LY/T 2042—2012  | 九叶青花椒丰产栽培技术规程                | 国家林业局                            |
| 13 | LY/T 1652—2005  | 花椒质量等级                       | 国家林业局                            |
| 14 | LY/T 1942—2011  | 顶坛花椒培育技术规程                   | 国家林业局                            |

## 参考文献

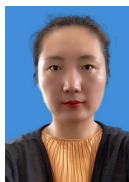
- [1] YANG XG. Aroma constituents and alkylamides of red and green Huajiao (*Zanthoxylum bungeanum* and *Zanthoxylum schinifolium*) [J]. J Agric Food Chem, 2008, 56(5): 1689–1696.
- [2] 高露, 赵镭, 史波林, 等. 川渝地区青花花椒的麻感特性分析[J/OL]. 食品科学: 1-11 [2024-03-13]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20231215.1747.038.html>
- GAO L, ZHAO L, SHI BL, *et al.* Study on the numbness characteristics of green pepper in Sichuan and Chongqing regions [J/OL]. Food Sci: 1-11 [2024-03-13]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20231215.1747.038.html>
- [3] 李亚南. 不同省份花椒的化学成分差异分析及其产地判别[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2023.
- LI YN. Analysis of chemical composition difference and origin discrimination of *Zanthoxylum bungeanum* from different provinces [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2023.
- [4] 冯西娅. 八种地理标志青红干花椒的风味特性及其物质基础研究[D]. 重庆: 西南大学, 2023.
- FENG XY. Study on flavor characteristics and material basis of eight kinds of dried green and red *Zanthoxylum bungeanum* with geographical indication [D]. Chongqing: Southwest University, 2023.
- [5] GUO J, HE CX, ZHANG Q, *et al.* The pericarp of *Zanthoxylum bungeanum* Maxim.: An excellent source for the development of alternative drugs for improving glucose and lipid metabolism disorder related diseases [J]. Arab J Chem, 2023, 17(3): 1–14.
- [6] 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(6): 1305–1309.
- WU RR, TIAN SY, CHEN Y, *et al.* Studies on chemical constituents and bioactivities of alkaloids from *Zanthoxylum schinifolium* [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2019, 50(6): 1305–1309.
- [7] LEE HS. Insecticidal toxicities and essential oil compositions of *Zanthoxylum piperitum* and *Zanthoxylum schinifolium* fruits in Korea [J]. J Essent Oil Bear, 2016, 19(8): 2065–2071.
- [8] 程玉波, 魏浩华, 曾钦朦, 等. 贵州不同品种花椒麻味物质的测试分析[J]. 食品工业, 2022, 43(1): 219–223.
- CHENG YB, WEI HH, ZENG QM, *et al.* Test and analysis of hemp substance from different varieties of *Zanthoxylum schinifolium* in Guizhou [J]. Food Ind, 2022, 43(1): 219–223.
- [9] 梁琪, 祝磊, 张婷, 等. 红花椒风味品质的影响因素研究[J]. 中国调味品, 2024, 49(1): 48–52, 66.
- LIANG Q, ZHU L, ZHANG T, *et al.* Research on factors influencing flavor and quality of *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. [J]. China Cond, 2024, 49(1): 48–52, 66.
- [10] LUO JJ, KE JX, HOU XY, *et al.* Composition, structure and flavor mechanism of numbing substances in Chinese prickly ash in the genus *Zanthoxylum*: A review [J]. Food Chem, 2021, 373: 131454.
- [11] 古雪艳, 徐国伟, 张康, 等. 花椒籽资源利用研究进展[J]. 中兽医医药杂志, 2024, 43(1): 43–47.
- GU XY, XU GW, ZHANG K, *et al.* Review on resource utilization of *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. seeds [J]. J Tradit Chin Vet Med, 2024, 43(1): 43–47.
- [12] PANG WW, LIU S, HE FT, *et al.* Anticancer activities of *Zanthoxylum bungeanum* seed oil on malignant melanoma [J]. J Ethnopharmacol, 2018, 229: 180–189.
- [13] DONG SY, LI YQ, SUN X, *et al.* Structure, physicochemical properties, and biological activities of protein hydrolysates from *Zanthoxylum* seed [J]. J Sci Food Agric, 2024, 104: 3329–3340.
- [14] 董小华, 课敬璇, 申光辉, 等. 花椒籽黑色素体外抗氧化能力研究[J]. 中国油脂, 2016, 41(8): 66–69.
- DONG XH, KE JX, SHEN GH, *et al.* *In vitro* antioxidant activity of melanin from *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. seed [J]. China Oils Fats, 2016, 41(8): 66–69.
- [15] ZHONG K, LI XJ, GOU AN, *et al.* Antioxidant and cytoprotective activities of flavonoid glycosides-rich extract from the leaves of *Zanthoxylum bungeanum* [J]. J Food Nutr Res, 2014, 2(7): 349–356.
- [16] 龚晋文, 胡变芳, 闫林林, 等. 花椒叶提取物抑菌效果的初步研究[J]. 广东农业科学, 2011, 38(24): 57–58.
- GONG JW, HU BF, YAN LL, *et al.* Comparative study on bacteriostasis of extracts from *Zanthoxylum bungeanum* [J]. Guangdong Agric Sci, 2011, 38(24): 57–58.
- [17] 吕可, 潘开文, 王进闯, 等. 花椒叶浸提液对土壤微生物数量和土壤酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2006, (9): 1649–1654.
- LV K, PAN KW, WANG JC, *et al.* Effects of *Zanthoxylum bungeanum* leaf extract on soil microbe quantity and enzyme activities [J]. Chin J Appl Ecol, 2006, (9): 1649–1654.
- [18] CHEN XQ, WANG W, WANG C, *et al.* Quality evaluation and chemometric discrimination of *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. leaves based on flavonoids profiles, bioactivity and HPLC-fingerprint in a common garden experiment [J]. Ind Crop Prod, 2019, 134(8): 225–233.
- [19] 孙晨倩, 王正齐, 姚美, 等. 花椒叶的化学组成、叶提取物体外抗氧化活性及其对黑腹果蝇抗氧化酶活性的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2015, 24(4): 38–44.
- SUN CQ, WANG ZQ, YAO M, *et al.* Chemical composition of *Zanthoxylum bungeanum* leaf, and *in vitro* antioxidant activity of leaf extracts and its effect on antioxidant enzyme activity in *Drosophila melanogaster* [J]. J Plant Res Environ, 2015, 24(4): 38–44.
- [20] XIE L, MENG Y, WANG QR, *et al.* *Zanthoxylum bungeanum* branches activated carbons with rich micropore structure prepared by low temperature H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> hydrothermal pretreatment method for toluene adsorption [J]. Diam Relat Mater, 2022, 130(4): 109474.
- [21] 李琳, 王桢. 果蔬干燥技术研究进展[J]. 中国果菜, 2020, 40(3): 9–17.
- LI L, WANG Z. Research progress in fruit and vegetable drying technology [J]. China Fruit Veget, 2020, 40(3): 9–17.
- [22] 谢好. 涂膜预处理对花椒热风干燥的品质影响及其机理研究[D]. 南昌: 江西中医药大学, 2023.
- XIE H. Effect of coating pretreatment on the quality of hot air drying of *Zanthoxylum bungeanum* and its mechanism [D]. Nanchang: Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, 2023.
- [23] ZAHOR I, MIR TA, AYOUB AS, *et al.* Recent applications of microwave technology as novel drying of food—Review [J]. Food Human, 2023, 1(12): 92–103.

- [24] 雷宏杰, 纪珍珍, 杨沫, 等. 不同干燥方式对花椒叶品质特性的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(13): 158–162.  
LEI HJ, JI ZZ, YANG M, *et al.* Effect of different drying methods on the quality characteristic of dried pepper leaves [J]. Sci Technol Food Ind, 2017, 38(13): 158–162.
- [25] 王政文, 张万尧, 崔建航. 真空干燥技术研究进展与展望[J]. 化工机械, 2021, 48(3): 321–325.  
WANG ZW, ZHANG WY, CUI JH. Research progress and outlook of vacuum drying technology [J]. Chem Eng Mach, 2021, 48(3): 321–325.
- [26] 吴雅璐. 不同干燥方法对花椒叶色泽、挥发性物质及抗氧化性的影响[D]. 太原: 山西师范大学, 2020.  
WU YL. The effects of different drying methods on the color, volatile matter and antioxidant activity of *Zanthoxylum bungeanum* leaves [D]. Taiyuan: Shanxi Normal University, 2020.
- [27] 李兢思, 李俊欣, 付佳佳. 冷冻干燥技术及其在食品加工行业的应用[J]. 食品安全导刊, 2022, (34): 151–153, 158.  
LI JS, LI JX, FU JJ. Freeze drying technology and its application in food processing industry [J]. China Food Saf Magaz, 2022, (34): 151–153, 158.
- [28] 王安娜, 王赞, 彭小伟, 等. 不同干燥方式对竹叶花椒叶品质的影响[J]. 中国农业科学, 2023, 56(18): 3655–3669.  
WANG ANN, WANG Y, PENG XW, *et al.* Effects of different drying methods on the quality characteristics of dried *Zanthoxylum armatum* leaves [J]. Sci Agric Sin, 2023, 56(18): 3655–3669.
- [29] 赵宗彬, 朱斌祥, 李金荣, 等. 空气源热泵干燥技术的研究现状与发展展望[J]. 流体机械, 2015, 43(6): 76–81.  
ZHAO ZB, ZHU BX, LI JR, *et al.* Research status and prospect of air source heat pump drying technology [J]. Fluid Mach, 2015, 43(6): 76–81.
- [30] 茅逸凡, 李永存. 热泵干燥技术研究进展[J]. 化学工程与装备, 2023, (12): 184–185, 193.  
MAO YF, LI YC. Research progress in heat pump drying technology [J]. Chem Eng Equip, 2023, (12): 184–185, 193.
- [31] 王子轩, 蒲应俊, 杨明金, 等. 青花椒热泵干燥特性及工艺参数优化[J]. 食品工业科技, 2023, 44(4): 261–270.  
WANG ZX, PU YJ, YANG MJ, *et al.* Drying characteristics and process optimization by heat pump drying of green Sichuan pepper [J]. Sci Technol Food Ind, 2023, 44(4): 261–270.
- [32] 万学宁. 热风-微波联合干燥花椒传热传质机理研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2022.  
WAN XN. Study on heat and mass transfer mechanism of hot air and microwave combined drying for *Zanthoxylum bungeanum* [D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2022.
- [33] 王玲, 田冰, 彭林, 等. 热风-微波联合干燥青花椒工艺优化[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(18): 176–182.  
WANG L, TIAN B, PENG L, *et al.* Optimization of hot air-microwave combined drying of *Zanthoxylum schinifolium* [J]. Food Ferment Ind, 2019, 45(18): 176–182.
- [34] 薛韩玲, 闫钰亭. 花椒红外-热风联合干燥动力学及传质特性[J]. 农机化研究, 2023, 45(9): 209–216, 225.  
XUE HL, YAN YT. Kinetics and mass transfer characteristics of combined infrared-hot air drying of *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. [J]. J Agric Mech Res, 2023, 45(9): 209–216, 225.
- [35] WASON S, VERMA T, SUBBIAH J. Validation of process technologies for enhancing the safety of low-moisture foods: A review [J]. Compr Rev Food Sci, 2021, 20: 4950–4992.
- [36] 李洪岳, 李青鸾, 郑建军, 等. 射频加热技术在粮食储藏与加工中应用研究进展[J]. 智慧农业, 2021, 3(4): 1–13.  
LI HY, LI QL, ZHENG JJ, *et al.* Recent advances on application of radio frequency heating in the research of post-harvest grain storage and processing [J]. Smart Agric, 2021, 3(4): 1–13.
- [37] 刘曼, 南敬昌, 丛密芳, 等. 射频加热技术在农产品和食品加工中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(8): 289–296.  
LIU M, NAN JC, CONG MF, *et al.* Application of radio-frequency heating technology in agriproduct and food industry [J]. Food Ferment Ind, 2023, 49(8): 289–296.
- [38] 李芮. 射频加热技术在预包装花椒粉和辣椒粉杀菌工艺中的研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2021.  
LI R. Study on pasteurization technology of prepackaged *Zanthoxylum* powder and chili powder by radio frequency heating technology [D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2021.
- [39] JENNS K, SASSI HP, ZHOU RW, *et al.* Inactivation of foodborne viruses: Opportunities for cold atmospheric plasma [J]. Trends Food Sci Technol, 2022, 124(7): 323–333.
- [40] LIU YN, SUN YY, WANG YH, *et al.* Inactivation mechanisms of atmospheric pressure plasma jet on *Bacillus cereus* spores and its application on low-water activity foods [J]. Food Res Int, 2023, 169(7): 112867.
- [41] LEE SY, IN JW, CHUNG MS, *et al.* Microbial decontamination of particulate food using a pilot-scale atmospheric plasma jet treatment system [J]. J Food Eng, 2021, 294: 110436.
- [42] SHAH MK, ASA G, SHERWOOD J, *et al.* Efficacy of vacuum steam pasteurization for inactivation of *Salmonella* PT 30, *Escherichia coli* O157:H7 and *Enterococcus faecium* on low moisture foods [J]. Int J Food Microbiol, 2017, 244: 111.
- [43] 符传涵, 杨海花, 李瑜, 等. 脉冲强光技术对食品加工品质的影响及安全控制技术研究进展[J/OL]. 现代食品科技: 1–15. [2024-03-14]. <https://doi.org/10.13982/j.mfst.1673-9078.2024.5.0797>  
FU CH, YANG HH, LI Y, *et al.* Research progress on the influence of pulsed intense light technology on food processing quality and safety control technology [J/OL]. Mod Food Sci Technol: 1–15. [2024-03-14]. <https://doi.org/10.13982/j.mfst.1673-9078.2024.5.0797>.
- [44] 夏国华. 催化红外和脉冲强光对于青花椒杀菌作用及联合增效机制研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2023.  
XIA GH. Antimicrobial effect of catalytic infrared and intense pulsed light on dry green Sichuan pepper and its synergistic mechanism [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2023.
- [45] BAO YC, YANG L, FU QW, *et al.* The current situation of *Zanthoxylum bungeanum* industry and the research and application prospect. A review [J]. Fitoterapia, 2022, 164: 105380.
- [46] GETACHEW AT, JACOBSEN C, SØRENS ADM. Supercritical CO<sub>2</sub> for efficient extraction of high-quality starfish (*Asterias rubens*) oil [J]. J Supercrit Fluid, 2023, 206: 106161.
- [47] LEI H, WU J, ZHOU RJ, *et al.* Extraction and analysis of *Zanthoxylum*

- bungeanum* essential oil by supercritical CO<sub>2</sub> method optimized by response surface methodology and GC-MS [J]. *Curr Top Nutr*, 2017, 88(5): 23–32.
- [48] 罗爱国, 杨奇秦, 李智博, 等. 花椒叶挥发油的提取工艺优化及抗氧化活性[J]. *食品工业*, 2021, 42(6): 57–60.
- LUO AIG, YANG QQ, LI ZB, *et al.* Optimization of extraction process and antioxidant activity of volatile oil from *Zanthoxylum* leaves [J]. *Food Ind*, 2021, 42(6): 57–60.
- [49] 薛月芹, 袁珂, 朱美晓, 等. 不同方法提取-GC/MS 法分析淡竹叶中的挥发油化学成分[J]. *药物分析杂志*, 2009, 29(6): 954–960.
- XUE YQ, YUAN K, ZHU MX, *et al.* GC-MS analysis of chemical constituents of the essential oil from *Lophatherum gracile* Brongn. by different extraction methods [J]. *Chin J Pharm Anal*, 2009, 29(6): 954–960.
- [50] 哈立洋, 杨斌, 尹可欢, 等. 竹叶花椒挥发油提取工艺优化及镇痛抗炎活性研究[J]. *中药药理与临床*, 2021, 37(3): 127–132.
- HA LY, YANG B, YIN KH, *et al.* Extraction process optimization of volatile oil from *Zanthoxylum armatum* DC. and study of analgesic and anti-inflammatory activity [J]. *Pharm Clin Chin Mater Med*, 2021, 37(3): 127–132.
- [51] 史芳芳, 周孟焦, 梁晓峰, 等. 竹叶花椒叶挥发油提取及其化学成分的 GC-MS 分析[J]. *中药材*, 2020, 43(5): 1191–1195.
- SHI FF, ZHOU MJ, LIANG XF, *et al.* Extraction of volatile oil from bamboo leaf Sichuan pepper leaves and GC-MS analysis of its chemical components [J]. *J Chin Med Mater*, 2020, 43(5): 1191–1195.
- [52] 易秋菊, 邢冉冉, 王琳, 等. 基于简单加权分析的花椒果皮 DNA 快速提取方法比较研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2024, 15(6): 101–108.
- YI QJ, XING RR, WANG L, *et al.* Comparative study on the rapid extraction methods of *Zanthoxylum* pericarp DNA based on simple additive weighting analysis [J]. *J Food Saf Qual*, 2024, 15(6): 101–108.
- [53] 黄裕兵, 陈菊, 潘雄, 等. 余庆花椒精油挥发性成分分析及其对红白血病 HEL 细胞分化和凋亡的影响[J]. *食品安全质量检测学报*, 2024, 15(2): 317–326.
- HUANG YB, CHEN J, PAN X, *et al.* Volatile component analysis of Yuqing *Zanthoxylum bungeanum* essential oil and its effect on differentiation and apoptosis of red leukemia HEL cells [J]. *J Food Saf Qual*, 2024, 15(2): 317–326.

(责任编辑: 于梦娇 蔡世佳)

## 作者简介



姚 丽, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为教育管理、食品卫生。  
E-mail: 359410508@qq.com