

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.02.027

孙璐, 王萌, 赵晓燕, 等. 加工过程对生姜主要成分、功效和应用影响的研究进展[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(2): 193-199.

SUN L, WANG M, ZHAO X Y, et al. Research progress on the effects of processing on the main components, efficacy and application of ginger[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(2): 193-199.

加工过程对生姜主要成分、功效和应用影响的研究进展

孙璐¹, 王萌¹, 赵晓燕¹✉, 朱运平², 张晓伟¹, 刘红开¹, 郭婵¹(1. 济南大学 烹饪学院食品科学与营养系, 山东 济南 250022;
2. 北京工商大学 食品与健康学院, 北京 100048)

摘要: 生姜既是日常烹饪的调味品, 又是药用价值较高的植物性农作物, 其药用效果以及各种加工制品在我国的医书典籍中均有记载。通过介绍生姜的主要组成成分以及不同的加工方法, 根据其加工方法的不同, 阐述加工过程对生姜主要成分和细胞结构造成的影响, 讨论生姜主要成分改变的原因, 比较不同生姜制品功效的差异, 总结不同加工方法对功能特性和应用产生的影响。

关键词: 生姜; 加工过程; 主要成分; 细胞结构; 功能性; 应用

中图分类号: TS202 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2021)02-0193-07

Research Progress on the Effects of Processing on the Main Components, Efficacy and Application of Ginger

SUN Lu¹, WANG Meng¹, ZHAO Xiao-yan¹✉, ZHU Yun-ping²,
ZHANG Xiao-wei¹, LIU Hong-kai¹, GUO Shan¹

(1. Department of Food Science and Nutrition, Culinary School, University of Jinan, Jinan, Shandong 250022, China; 2. School of Food and Health, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: Ginger is not only a condiment for daily cooking, but also a plant crop with high medicinal value. Its medicinal effect and various processed products are recorded in Chinese medical books. By introducing the main components of ginger and different processing methods, according to the different processing methods, this paper explained the influence of processing on the main components and cell structure of ginger, discussed the reasons for the change of main components, compared the differences in the efficacy of different ginger products, and summarized the influence of different processing methods on the functional characteristics and application of ginger.

Key words: ginger; processing; main components; cell structure; functional characteristics; application

收稿日期: 2020-05-18

基金项目: 山东省重点研发计划(2019QYTPY058); 国家自然科学基金(21406133)

Supported by: Key Technology Research and Development Program of Shandong (No. 2019QYTPY058); Natural Science Foundation of China (No. 21406133)

作者简介: 孙璐, 女, 1997年出生, 在读研究生, 研究方向为营养与生物资源利用。

通讯作者: 赵晓燕, 女, 1975年出生, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为食品理论与加工应用及生物粉体技术研究。E-mail: zhaoxy_2201@163.com.

生姜在我国栽培历史悠久, 品种较多且有当地特色, 主要有莱芜大姜、昌邑面姜、铜陵白姜、青州竹根姜、山农一号生姜、浙江小姜等。此外, 生姜在古医药典籍中记载, 具有驱寒解毒, 温经止呕等功效, 是药食两用食物。现代研究发现, 生姜由 100 多种化学组分构成, 主要成分有姜辣素、姜精油、生姜蛋白酶、生姜多糖等, 具有抗肿瘤、抗氧化、抗血脂以及抑菌消炎等作用^[1]。生姜在成熟采摘后的加工方式尤为重要, 合理的加工可以使生姜最大限度保留自身特有的功效, 传统的加工方式有切片、干燥和炮制等方法, 现代加工方式是在未加工或简单初加工的基础上进行有效成分的提取, 使有效成分分别发挥自己特有的功能, 应用于不同领域当中。因为加工方法不同, 所以会对生姜的主要成分、药用疗效和食用口感等方面有明显的影响^[2]。目前, 生姜所发挥的药理作用已应用于化妆品、食品和医药领域中, 具有广阔的发展前景。本文将介绍生姜的不同加工方法以及加工过程中会对有效成分、功效和应用所产生的影响进行论述。

1 生姜的主要组成成分

生姜的组成成分较多且复杂, 营养价值较高, 含水量可达 85%, 主要的组成成分包括挥发性的姜精油、非挥发性的姜辣素、二苯基庚炔类物质、生姜蛋白酶、生姜多糖等^[3]。姜精油主要是通过水汽蒸馏提取出的具有挥发性的透明淡黄色液体, 组分较多以萜类物质为主^[4]。姜辣素主要是通过有机溶剂提取出的不具有挥发性的黄色粘稠

液体, 都含有 3-甲氧基-4-羟基苯基官能团, 决定了生姜辣味的程度^[5]。二苯基庚炔类物质以姜黄素最为常见, 为橙黄色结晶粉末, 是生姜药用特征性成分之一^[6]。生姜蛋白酶是植物蛋白酶家族的新成员, 与木瓜蛋白酶、菠萝蛋白酶、无花果蛋白酶有相似的结构与性质, 其特有的凝乳性引起国内学者的广泛研究^[3]。生姜多糖是在榨取姜汁时产生的姜汁沉淀物和废弃的姜渣中二次提取得到的糖类物质, 为生姜的综合利用开发带来新的思路。

2 生姜的加工方式

生姜作为中国传统种植的经济作物, 不仅种类多产量高, 而且价格低廉, 是我们日常生活中必不可少的食材之一, 更是在我国传统中药治疗方案中发挥着重要的作用。经过多年的临床实践, 为更好的发挥药效, 生姜的加工方式也在不断的增加(见表 1)。从最开始切片、晒干、晾干的初加工方法再到人们逐步采用了炮制的方法加工生姜, 产生了炮姜和姜炭这两种炮制品, 将生姜的药性加以调整修饰, 从“走而不守”的药性逐步改为“守而不走”的药性, 改善了以往用药的不足之处, 扩大了应用的范围。

现如今生姜进一步的深加工往往是成分的提取分离, 提取出的主要成分包括姜精油、姜辣素、生姜蛋白酶、生姜多糖等。因主要成分化学性质的不同, 所以提取方式方法有很多种, 包括有机溶剂浸提、超声波辅助提取、酶解法、水汽蒸馏、超临界 CO₂ 萃取、分子蒸馏等方法(详见表 2)。

表 1 生姜传统初加工方法

Table 1 Traditional primary processing method of ginger

加工产品	加工方法	最佳加工条件	功效
鲜姜片 ^[7]	清洗去泥, 切片	切成面积约 3 mm×3 mm、厚度为 2 mm	温中驱寒, 解毒, 祛湿消炎
干姜 ^[8]	微波干燥、冷冻干燥、恒温加热干燥	间歇比 PR1=1.7、转换点含水率 30%、PR2=3.0、温度 50 °C	回阳通脉, 温肺化饮, 脾胃虚冷
炮姜 ^[9-10]	鲜切姜片或传统加工干姜片进行炮制	以 3 mm 河砂为辅料, 加热至 195 °C, 炮制 5 min	温中止痛、止泻、作用缓和持久
姜炭 ^[11-12]	炒炭法、砂烫法	以干姜块为原料, 250 °C、加热 15 min	守而不走, 温经止血

表 2 生姜主要成分的提取方法

Table 2 Extraction methods of main components in ginger

加工产品	加工方法	最佳萃取条件	提取率/%
姜精油 ^[13-14]	水汽蒸馏、超临界 CO ₂ 萃取、分子蒸馏等	15 MPa 的萃取压力, 35 °C, CO ₂ 流速为 15 g/min	3.10
姜辣素 ^[14]	有机溶剂浸提、超声波辅助提取、酶解法等	酶解 90 min、50 °C、纤维素酶添加量 0.95%、料液比 1 : 50 (g/m-L)	1.85
生姜蛋白酶 ^[15-16]	有机溶剂沉淀法、超滤浓缩法、盐析法、吸附法、冻干法	生姜放入 -20 °C 下冷冻 24 h, 加入等质量 4 °C 蒸馏水, 在 4 °C、6 000 r/min, 离心 20 min, 取上清液。在此条件下比酶活为 377.5 U/g	2.10
生姜多糖 ^[17-18]	水提醇沉法、超声波辅助提取法、微波辅助法、超临界流体提取法	液固比 50:1 (mL/g), 超声功率 340 W, 48 °C, 21 min	6.87

3 加工过程对生姜结构的影响

3.1 主要成分及含量

生姜在我国有着悠久的历史, 独特的风味和药理作用使生姜成为药食两用的食材。由于生姜的主要成分具有挥发性和化学性质不稳定的特点, 所以在加工过程中会对主要成分造成一定的损失。

李玉新等^[19]将鲜姜、干姜、炮姜、姜炭为例进行检测, 结果如表 3 所示 6-姜酚、总酚、多糖的含量由高到低依次排列为干姜>炮姜>姜炭>鲜姜, 这是因为生姜含水量多, 所以主要成分含量较低。加工成干姜时, 随着烘干温度的升高, 其中含有的主要成分因水分的减少而逐渐增高, 但是当烘干温度达到 70 °C 时, 其中所含有的姜酚类物质随加工时间的增加和温度的上升逐渐减少, 其原因可能是姜酚类物质化学性质活泼, 发生了氧化反应^[20-21]。4 个样品中 6-姜烯酚含量的排列顺序为姜炭>炮姜>干姜>鲜姜, 这一现象说明在进一步加工过程中有部分姜酚氧化生成了姜烯酚, 造成了干姜和姜炭所含有的姜酚与姜烯酚含量截然相反的结果。干姜进行炮制制成炮姜和姜炭的过程中, 随着温度的升高, 使部分多糖的结构发生了炭化或者被降解生成了单糖和低聚糖^[23], 因此炮姜和姜炭中的多糖含量明显降低。除此之外, 测定结果表明了加工的时间越长, 所含有的挥发油就越少, 这与挥发油中的单萜类成分因为受热导致分解或者因为加工时间增加而跟随空气挥发有关^[22]。采用气相色谱-质谱联用法 (GC-MS) 分析生姜及其三种制品的挥发油成分, 测定得出生姜挥发油中含有 100 多种成分、

干姜 60 种成分、炮姜 18 种成分、姜炭 3 种成分^[22]。综上所述表明了加工过程中温度和时间对功效的影响较大, 进一步验证了加工过程会对生姜的主要成分产生影响。

表 3 不同生姜制品主要成分的含量

Table 3 Contents of main components in different ginger products

样本	6-姜酚/ (mg/g) ^[19]	6-姜烯酚/ (mg/g) ^[19]	多糖(%) ^[23]	总酚/ (mg GAE/g) ^[19]
鲜姜	2.035±0.023	0.067±0.005	1.30±0.02	8.46
干姜	8.715±0.029	3.680±0.030	14.52±0.11	27.40
炮姜	5.561±0.012	5.843±0.011	9.48±0.17	22.24
姜炭	3.049±0.027	7.658±0.015	3.51±0.09	16.37

3.2 生姜的细胞结构

Azian 等^[24]通过光学显微镜对生姜、干姜横切面进行观察, 从中发现在未经过加工的鲜姜有着完整的薄壁细胞, 实质细胞中包裹着大量的淀粉颗粒, 而经过加工制成干姜后, 完整的细胞壁出现了明显的破损, 细胞之间的界限基本模糊, 这与干燥过程中脱水有关。细胞中所含有的淀粉颗粒、姜精油、姜树脂随着细胞壁的破损扩散在整个组织中。生姜进行深加工往往采用有机溶剂浸提的方法, 以乙醇浸提为例, 将鲜姜与干姜浸泡 3 h 后进行观察, 载玻片显示鲜姜的薄壁细胞壁较为完整但是有压缩的现象, 说明了乙醇浸提仅仅破坏了油细胞, 但是实质细胞壁并未受到影响; 干姜在干燥过程中实质细胞壁已经破损, 经过乙醇的浸泡油细胞破裂, 散布在整个组织中。综上所述, 表明加工过程中其含有的有效成分会因温度的变化、所用时间的长短、加工方法的不同等原因有不同的变化。

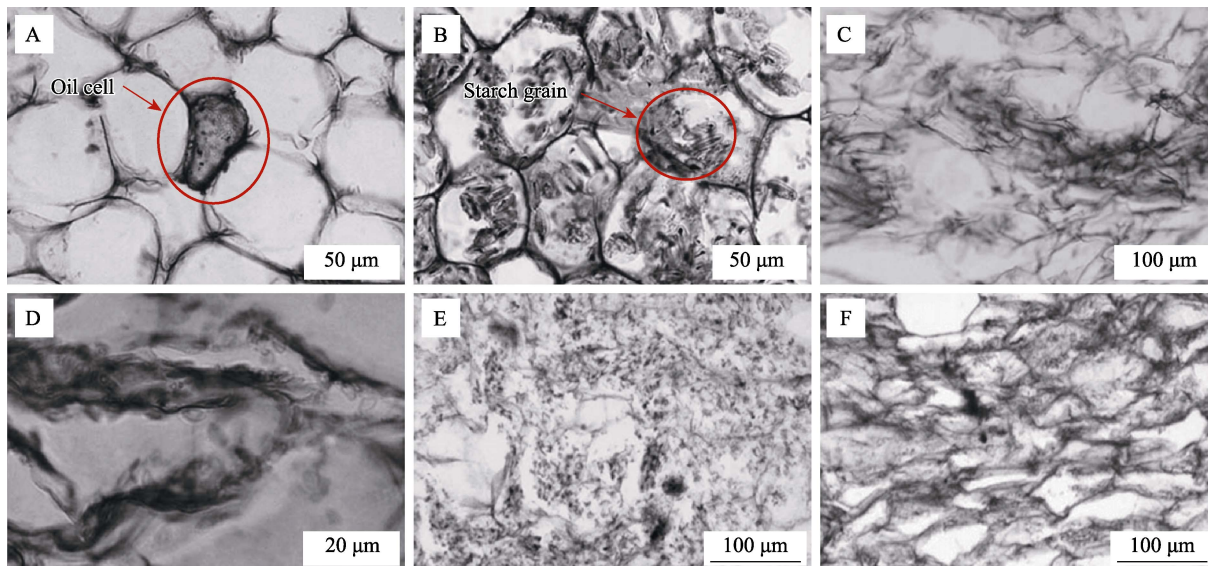


图 1 A、B: 生姜、干姜切片显微照片; C: 鲜姜根茎组织横切面; D: 干姜根茎组织横切面; E: 乙醇浸泡后干姜根茎组织横切面; F: 乙醇浸泡后鲜姜根茎组织横切面

Fig.1 A and B: micrographs of ginger and dried ginger slices; C: cross section of fresh ginger rhizome tissue; D: transverse section of rhizome tissue of dried ginger; E: cross section of rhizome tissue of dried ginger soaked in ethanol; F: cross section of fresh ginger rhizome tissue after ethanol immersion

注: 图片均引用^[24]

Note: all pictures are from reference^[24]

4 加工过程对生姜功能特性的影响

生姜在我国药用历史悠久, 早在《神农本草经》中就提到“干姜, 味辛, 性温, 生者尤良”。由此可见生姜与干姜功效存在差异^[25], 随着农耕的逐步发展, 扩大了生姜的种植面积, 不仅提高了农作经济效益, 而且增加了生姜不同的加工方法。在《金匱要略》《本草求真》《本草崇原》等书中记载了干姜、炮姜、姜炭的加工工艺、药方功效及其应用病症^[26-28]。由此看出, 在古代人们就对生姜加工前后的药效和适用的病症做出了明确的划分。

4.1 抗氧化性

生姜加工制品以干姜、炮姜、姜炭为例, 李玉新等^[19]对生姜加工制品有效成分的检测以及抗氧化性的测定, 得出总酚含量由高到低依次排序为干姜>炮姜>姜炭>鲜姜; 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (DPPH) 清除活性和 2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐 (ABTS) 的自由基清除活性由高到低依次排列为干姜>炮姜>姜炭>鲜姜, 这说明生姜在加工过程中因为烘烤等原因除去了大部分水分, 一些有效成分损失或者发生不同程度的转变, 抗氧化性跟随有效成分的变化而变化,

掌握这一规律可以更好的发挥其功能特性。此外, 鲜姜和干姜均有抗凝血的作用, 这源于其含有的姜酚类物质可抑制二磷酸腺苷 (ADP) 和丙烯酸 (AA) 诱导的血小板聚集, 但是经过进一步加工后的姜炭却具有凝血的功能, 这是因为加工过程中姜酚类物质大量挥发或被破坏, 减少了对 ADP 和 AA 的抑制, 与此同时生姜表面形成了炭素以及鞣质等物质, 炭素具有较强的吸附功能, 促进了凝血因子的活性, 鞣质具有收缩血管的作用, 证实了加工过程会导致有效成分的转变, 从而姜炭与干姜和鲜姜的功能性存在差异^[29]。

表 4 生姜及其制品的抗氧化性

Table 4 Antioxidant activity of ginger and its products

样本	加工温度/°C ^[8,10,12]	DPPH 清除活性/% ^[19]	ABTS 的自由基清除活性/% ^[19]
鲜姜	20	64.84	53.48
干姜	50	90.12	88.44
炮姜	195	77.22	72.11

4.2 抗凝血性和凝乳性

心脑血管疾病是世界上造成人类死亡的第一大疾病, 其中一直部分在中医称之为血瘀症, 主要是血管中局部产生凝结, 包括气虚、气滞、寒

气入侵等原因。生姜具有良好解表散寒的作用，可以有效治疗血瘀症，其机理是所含有的有效成分可抑制血小板凝集，从而防止血栓形成，发挥抗凝的作用。为探究不同加工后的生姜与抗凝血性相关性分析，韩教授等^[30]研究结果表明，鲜姜，干姜和炮姜给药后的大鼠血瘀情况有很大差异，鲜姜和干姜可以不同程度地调节代谢物至正常水平，而炮姜的抗凝血作用不大，由此可见鲜姜对血瘀症最有效，其次是干姜。近年来我国郭星汉等^[31]在炮姜治疗虚寒性出血大鼠模型的影响结果中指出，炮姜可以有效缩短凝血时间，调整凝血四项指标，达到温经止血的作用。

生姜蛋白酶具有良好的凝乳性，因采用不同方法 pH、温度等提取条件的不同，造成酶活力差值较大。范金波等^[32]研究中指出，生姜蛋白酶受 pH 影响，脱脂乳凝胶的强度在 pH6.0 达到高峰，之后随着 pH 的增大逐渐减小，在激光共聚焦扫描显微镜下观察发现 pH 的降低，可增加酪蛋白微粒与酪蛋白分子之间的疏水作用力，减少静电斥力，孔隙增大进而持水力增强。

5 加工过程对生姜应用影响

5.1 初步加工

生姜的加工对其有效成分、功效都有着不同程度上的影响，这也直接导致了生姜在应用方面的不同。初加工的姜片应用于菜肴的制作中，多数以除鱼腥和与其他药材配伍制作药膳为主，少部分腌制后用于开胃小菜中；榨成姜汁与其他果蔬菜汁结合，利用其抑菌性来延长货架期，但是由于姜汁含有淀粉易产生沉淀，可以加澄清剂进行改善。干姜适用于治疗脾胃阳虚、四肢发寒以及咳嗽人群；炮姜因加工时间长于干姜，除去更多的挥发油减少了辛燥的性质，药效更加温和持久，改善了干姜迅猛的热性，适用于虚寒性脾胃不合的腹泻、便血等人群；姜炭加工时间长于炮姜，其挥发油几乎损失，适用于产后血崩，吐血等急症^[25-28]。姚梦雪等^[33]通过对比生姜、干姜、炮姜所熬制的苓甘五味姜辛汤治疗肺哮喘的大鼠，得出以干姜为原料熬制的苓甘五味姜辛汤药效高于其他两组，由此更加验证加工过程对生姜的功效作用发生改变，影响其应用。

5.2 深度加工

现代对于生姜的加工更加精细化，将生姜含有的主要活性物质提取出，利用其不同的功能特性与其他领域相结合，从而扩大了生姜的应用范围，例如姜精油因良好的抑菌性与材料领域相结合，用天然材料改善常规合成材料造成的环境问题，制成基于聚乙烯醇/阿拉伯树胶/壳聚糖（PVA/GA/CS）复合膜，有望成为伤口敷料和食品包装材料提供的替代品^[34]。姜辣素中的姜酚类物质因良好的抗氧化性和抗炎性与医药领域结合，有效抑制癌细胞增长和改善炎症带来的疼痛，可作为辅助治疗的有效成分^[35]。鲜姜片中发现了生姜蛋白酶，为植物性蛋白酶家族添加了新成员，生姜蛋白酶具有较强的水解蛋白活力和凝乳性，可在适当的温度下，将胶原纤维和结缔组织中的蛋白质降解^[36]，起到了嫩化肉类的作用，从而应用于肉类食品加工领域中，姜撞奶是目前热度较高的点心之一，操作简单便捷，这其中就有生姜蛋白酶的凝乳作用。所剩下的姜渣可提取出生姜多糖^[37]，对大鼠脑缺血再灌注损伤具有保护作用，即避免了生物资源的浪费，又增加了生姜副产物。

6 结论与展望

生姜自古以来就有较高的食用价值和医药疗效，前期我们对生姜进行加工是为了利用其特有的辛辣风味，去除菜肴的一些奇特味道，后期逐步增加了加工方式以及方法，将主要成分进行分离提取，使含有的主要成分可以分别发挥自身的功能特性，应用于不同病症的治疗。在食品、药品、化妆品等各个领域备受青睐。加工过程会对生姜所含有的主要组成成分产生影响，使其药效发生改变，调节了生姜的辛燥，从而适用于不同病症以及人群。在生姜的加工中还存在提取后废弃物造成环境污染的问题，研究废弃物再次利用或有效处理将有利于节约生物资源，而现代加工生姜往往是提取出一种有效成分，其他成分有着不同程度上的破坏，改善提取方法，使多种有效成分可以被充分利用，从而扩大生姜的应用价值，带来更好的经济效益。

参考文献：

[1] 熊华. 不同提取方法生姜提取物中成分的比较研究[D]. 西华

- 大学, 2006.
- XIONG H. Comparative study on the components of ginger extracts by different extraction methods[D]. Xihua University, 2006.
- [2] 陈艳, 杜红霞. 生姜营养价值及加工应用研究进展[J]. 中国果菜, 2018, 38(12): 36-38.
- CHEN Y, DU H X. Research progress on nutritional value and processing application of ginger[J]. *Fruits and vegetables in China*, 2018, 38(12): 36-38.
- [3] 朱照武. 生姜活性成分提取与特性研究[D]. 湖北民族学院, 2016.
- ZHU Z W. Extraction and characterization of active ingredients from ginger[D]. Hubei University for nationalities, 2016.
- [4] 秦艳, 康林芝, 王娜, 等. 姜精油的香气成分及其生物活性研究[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(18): 104-106+128.
- QIN Z, KANG L Z, WANG N, et al. Studies on aroma components and biological activities of ginger essential oil[J]. *Anhui Agricultural Science*, 2017, 45(18): 104-106+128.
- [5] 王强伟. 姜有效成分的联合提取工艺及其饮料的开发[D]. 江南大学, 2015.
- WANG Q W. Joint extraction technology of active ingredients from ginger and development of beverage[D]. Jiangnan University, 2015.
- [6] 冯甜华. 姜黄素的提纯、稳定性及抗氧化性研究[D]. 重庆大学, 2016.
- FENG T H. Purification, stability and antioxidant activity of curcumin[D]. Chongqing University, 2016.
- [7] 须斐, 顾玉玲, 孙洪. 耳神门穴贴压鲜姜片缓解混合痔术后换药疼痛的应用研究[J]. 护士进修杂志, 2014, 29(11): 971-972.
- XU F, GU Y L, SUN H. Application research of fresh ginger tablet sticking on ershenmen point to relieve pain of dressing change after mixed hemorrhoids operation[J]. *Journal of nursing education*, 2014, 29(11): 971-972.
- [8] 魏来, 安可婧, 唐道邦, 等. 生姜间歇真空微波干燥工艺优化[J]. 食品科技, 2019, 44(2): 116-122.
- WEI L, AN K Q, TANG D B, et al. Optimization of batch vacuum microwave drying technology for ginger[J]. *Food science and technology*, 2019, 44(2): 116-122.
- [9] 龙全江, 李文涛, 张颖, 等. 不同加工法制得的干姜片及炮制品高效液相色谱指纹图谱比较研究[J]. 甘肃中医药大学学报, 2019, 36(2): 23-27.
- LONG Q J, LI W T, ZHANG Y, et al. Comparative study on HPLC fingerprint of dried ginger tablets and processed products prepared by different processing methods[J]. *Journal of Gansu University of traditional Chinese medicine*, 2019, 36(2): 23-27.
- [10] 黎代余, 冯图, 汪青筑, 等. 基于炮姜有效成分筛选炮姜炮制辅料河砂粒径及其炮制工艺研究[J]. 亚太传统医药, 2019, 15(6): 61-64.
- LI D Y, FENG T, WANFG Q ZH, et al. Study on the particle size and processing technology of river sand for the processing of ginger based on the active components of the ginger[J]. *Asia Pacific traditional medicine*, 2019, 15(6): 61-64.
- [11] 杜晶. 姜炭化学成分初步研究[D]. 广东药学院, 2014.
- DU J. Preliminary study on chemical constituents of Zingiber officinale[D]. Guangdong Pharmaceutical University, 2014.
- [12] 刘光明. 正交实验优选姜炭炮制工艺的研究[J]. 中国民族民间医药, 2012, 21(5): 39-40.
- LIU G M. Optimization of processing technology of ginger charcoal by orthogonal experiment[J]. *Chinese folk medicine*, 2012, 21(5): 39-40.
- [13] SALEA R, VERIANSYAH B, TJIANDRAWINATA R R. Optimization and scale-up process for supercritical fluids extraction of ginger oil from Zingiber officinale var. Amarum[J]. *The Journal of Supercritical Fluids*, 2017, 120: 285-294.
- [14] 孙昕. 生姜提取物抗氧化及清除亚硝酸盐的活性研究[D]. 浙江大学, 2018.
- SUN X. Study on antioxidant and nitrite scavenging activities of ginger extract[D]. Zhejiang University, 2018.
- [15] 刘瑶. 生姜蛋白酶的提取纯化及在大豆干酪加工中的应用[D]. 东北农业大学, 2014.
- LIU Y. Extraction and purification of ginger protease and its application in soybean cheese processing[D]. Northeast Agricultural University, 2014.
- [16] 王加祥, 崔婷婷, 贾爱荣, 等. 食品加工: 不同提取方法对生姜汁中蛋白酶的活性影响[J]. 区域治理, 2019, (40): 190-192.
- WANG J X, CUI T T, JIA A R, et al. Food processing: effects of different extraction methods on protease activity in ginger juice [J]. *Regional governance*, 2019, (40): 190-192.
- [17] 赵文竹, 李思慧, 宋宝雯, 等. 生姜多糖类物质的提取及抗氧化活性研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(4): 1357-1362.
- ZHAO W ZH, LI S H, SONG B W, et al. Study on extraction and antioxidant activity of Polysaccharides from ginger[J]. *Journal of food safety and quality inspection*, 2017, 8(4): 1357-1362.
- [18] LI Y X, HONG Y, HAN Y Q, et al. Chemical characterization and antioxidant activities comparison in fresh, dried, stir-frying and carbonized ginger[J]. *Journal of Chromatography B*, 2016, 1011: 223-232.
- [19] 韩燕全, 左冬, 夏伦祝, 等. 不同干燥方法和温度对干姜中 6、8、10-姜酚含量的影响[J]. 中药材, 2011, 34(10): 1512-1514.
- HAN Y Q, ZUO D, XIA L Z, et al. Effects of different drying methods and temperatures on the contents of 6,8,10-gingerol in dried ginger[J]. *Chinese Materia Medica*, 2011, 34(10): 1512-1514.
- [20] 蒋苏贞, 宓穗卿, 王宁生. 姜辣素的化学成分研究概述[J]. 中药新药与临床药理, 2006, (5): 386-389.
- JIANG S Z, MI H Q, WANG N S. Review on the chemical constituents of gingerol[J]. *New Chinese medicine and clinical pharmacology*, 2006, (5): 386-389.
- [21] 石宇华. 干姜质量标准及干姜、炮姜和姜炭的化学成分比较研究[D]. 成都中医药大学, 2008.
- SHING Y H. Quality standard of dried ginger and comparative

- study on chemical constituents of dried ginger, processed ginger and ginger charcoal[D]. Chengdu University of traditional Chinese medicine, 2008
- [22] 赵素霞, 毛靖. 生姜及其炮制品多糖含量的测定[J]. 中医学报, 2011, 26(12): 1475-1476.
ZHAO S X, MAO J. Determination of polysaccharide content in ginger and its processed products[J]. Acta Sinica Sinica, 2011, 26(12): 1475-1476.
- [23] AZAIAN M N, KAMAL A A M, AZLINA M N. Changes of cell structure in ginger during processing. Journal of Food Engineering [J]. 2004, 62(4): 359-364.
- [24] 顾观光, 杨鹏举. 校注. 神农本草经[M]. 北京: 学苑出版社, 2007: 139.
GU G Y, YANG P J. Shennong herbal classic[M]. Beijing: Xueyuan publishing house, 2007: 139.
- [25] 张仲景. 金匱要略[M]. 何任, 何若莘整理. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 26.
ZHANG Z J. Synopsis of the golden chamber[M]. He Ren, he ruoping. Beijing: People's Health Publishing House, 2005: 26.
- [26] 黄官绣. 本草求真[M]. 刘理想, 潘秋平校注. 北京: 学苑出版社, 2011: 127.
HUANG G X. Seeking truth from the grass[M]. LIU L X, PAN Q P annotation. Beijing: Xueyuan publishing house, 2011: 127.
- [27] 林金瑞, 陈党培. 炮姜与姜炭应区别药用[J]. 时珍国医国药, 2003, (3): 155.
LIN J R, CHEN D P. Rhizoma zingiberensis and ginger charcoal should be used differently[J]. Shi Zhen Guo Yi Guo Yao, 2003, (3): 155.
- [28] 杜晶. 姜炭化学成分初步研究[D]. 广东药学院, 2014.
DU J. Preliminary study on chemical constituents of Zingiber officinale[D]. Guangdong Pharmaceutical University, 2014.
- [29] HAN Y Q, Li Y X, WANG Y Z, et al. Comparison of fresh, dried and stir-frying gingers in decoction with blood stasis syndrome in rats based on a GC-TOF/MS metabolomics approach[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2016, 129: 339-349.
- [30] 郭星汉, 温澡, 马开, 等. 炮姜对虚寒性出血大鼠模型的影响[J]. 中医学报, 2019, 34(7): 1421-1428.
GUO X H, WEN B, MA K, et al. Effect of rhizoma zingiberensis on rat model of asthenia cold hemorrhage[J]. Acta Sinica Sinica, 2019, 34(7): 1421-1428.
- [31] 范金波, 侯宇, 黄训文, 等. 加工条件对生姜蛋白酶凝乳物化性质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(4): 59-63.
FAN J B, HOU Y, HUANG X W, et al. Effect of processing conditions on physicochemical properties of ginger protease curd [J]. Food and fermentation industry, 2014, 40(4): 59-63.
- [32] 姚梦雪, 冉姗, 孙方方, 等. 基于 GC-MS 代谢组学姜炮制-配伍治疗寒饮伏肺哮喘大鼠的作用机制研究[J/OL]. 中草药, 2020, 1-13.
YAO M X, RAN S, SUN F F, et al. Based on GC-MS metabonomics, the mechanism of ginger processing and compatibility in the treatment of cold Yin Fu Lung asthma rats [J/OL]. Chinese herbal medicine, 2020, 1-13.
- [33] AMALRA A, HAPONIUK J T, THOMAS S, et al. Preparation, characterization and antimicrobial activity of polyvinyl alcohol/gum arabic/chitosan composite films incorporated with black pepper essential oil and ginger essential oil[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 151(15): 366-375.
- [34] BERNARD M J R, HOSKIN D W. [10]-Gingerol, a major phenolic constituent of ginger root, induces cell cycle arrest and apoptosis in triple-negative breast cancer cells[J]. Experimental and Molecular Pathology, 2017, 102(2): 370-376.
- [35] CRUZ P L, PANNO P H C, GIANNOTTI J D G, et al. Effect of proteases from ginger rhizome on the fragmentation of myofibrils and tenderness of chicken breast[J]. LWT-Science and Technology, 2020, 120: 108921.
- [36] 夏宇. 生姜皮多糖的分离纯化、结构分析及其抗氧化活性研究[D]. 南京农业大学, 2016.
XIA Y. Isolation, purification, structure analysis and antioxidant activity of Polysaccharides from ginger peel[D]. Nanjing Agricultural University, 2016.
- [37] 宋琳琳, 沙靖全, 张磊, 等. 生姜粗多糖的提取及对脑缺血再灌注损伤大鼠的保护作用[J]. 辽宁中医杂志, 2015, 42(12): 2433-2435.
SONG L L, SHA J Q, ZHANG L, et al. Extraction of crude polysaccharide from ginger and its protective effect on cerebral ischemia-reperfusion injury in rats[J]. Liaoning Journal of traditional Chinese medicine, 2015, 42(12): 2433-2435. 完