

炮制对药食同源植物功能成分和活性的影响

李春晓, 张 兵, 李红艳*

(南昌大学食品学院, 食品科学与技术国家重点实验室, 南昌 330047)

摘 要: 药食同源植物兼具药用和食用价值, 毒副作用小, 应用前景广阔。目前国内外对药食同源植物的研究从整体疗效的判定深入到了对特定活性成分的定性定量和构效关系研究。经炮制后, 药食同源植物中的化学成分组成、含量和功效活性都会发生改变。目前, 有关炮制对药食同源植物功能成分的含量和功效等影响尚未有系统的总结, 实际应用时常根据经验选择炮制方法, 缺少理论支撑。因此, 本文分析并总结了蒸制、炒制、炙制等多种炮制方法对常见药食同源植物中主要功能成分, 如多糖、黄酮类化合物、皂苷、有机酸等含量的影响, 及其对抗氧化能力、免疫活性和改善肠胃功能等功效活性的影响, 为合理选择炮制方法提供参考依据。

关键词: 药食同源植物; 炮制; 活性成分; 功效活性

Effects of processing on functional components and activities of medicinal and edible homologous plants

LI Chun-Xiao, ZHANG Bing, LI Hong-Yan*

(College of Food Science and Technology, State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University, Nanchang 330047, China)

ABSTRACT: Medicinal and edible homologous plants have broad application prospects because they have both medicinal and edible values, and they have less toxicity and side effects. Nowadays, the research in China and abroad on medicinal and edible homologous plants goes deeply from the judgment of overall efficacy to the qualitative and quantitative study of specific chemical components and structure-activity relationship. After processing, the chemical composition, content, effectiveness and activity of medicinal and edible homologous plants will be changed. At present, there is no systematic summary of the influence of processing on the content and effects of medicinal and edible homologous plant components, so the processing method is often selected according to experience in practical application. Therefore, this paper summarized the effects of various processing methods (including steaming, stir fry and stir fry with mild fire, and so on) on the content of main functional components in common medicinal and edible homologous plants, such as polysaccharides, flavonoids, saponins, organic acids, and their effects on antioxidant capacity, immune activity, and gastrointestinal function improvement. It could provide a basis for a reasonable selection of processing methods of medicinal and edible homologous plants.

KEY WORDS: medicinal and edible homologous plants; processing; active ingredients; efficacy activity

基金项目: 江西省双千计划(青年)项目(jxsq2019201077)

Fund: Supported by the Double Thousand Planning (Youth) Project of Jiangxi Province (jxsq2019201077)

*通信作者: 李红艳, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为天然食物活性成分与功能食品研究。E-mail: lihongyan@ncu.edu.cn

*Corresponding author: LI Hong-Yan, Professor, College of Food Science and Technology, State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University, Tangshan Town, Qingshanhu District, Nanchang 330047, China. E-mail: lihongyan@ncu.edu.cn

0 引言

药食同源植物是指既可食用又能作为中药的植物^[1], 目前我国共有 110 种中华人民共和国国家卫生健康委员会食品安全标准与监测评估司认证的、安全性很高的药食同源类别植物, 其中有人参、山银花、当归等 24 种中药材要在限定使用范围和剂量内作为药食两用。药食同源植物富含多糖、黄酮、皂苷、生物碱、有机酸、凝集素、挥发油等^[2-4]成分, 具有养阴润燥、清热解毒、补脾益气等不同的作用, 能够改善心血管疾病、降血糖、抗菌、抗氧化、抗病毒、抗疲劳、改善胃肠功能、增强机体免疫力等^[4-6], 自古以来就作为食物用于煲汤、煮粥、茶饮等。随着民众养生意识提高, 药食同源植物应用扩展到保健产品领域, 直接对其进行加工或提取其含有的有效成分作为原料进行加工。炮制加工如蒸制、炒制、炙制等会影响药食同源植物中的化学成分组成和比例, 进而影响其功效活性。针对不同的药用或食用需求, 选择适合的炮制加工方法, 可以提高药食同源植物的实际应用效果。目前, 有关炮制影响植物中某种成分和功效等领域研究总结较为缺乏。因此, 本文总结并探讨了不同炮制方法对药食同源植物的化学成分和功效活性的影响, 以期更好地利用药食同源植物, 提高其保

健功效, 降低加工带来的损失。

1 炮制对药食同源植物部分化学成分的影响

一般遵循药典或文献综述中的方法对药食同源植物进行炮制, 常见的炮制方法有蒸制、炒制、炙制等。以中医理论经验为依据, 根据原材料的性质、制剂要求以及配药需求等选择炮制方式。通过炮制可以达到增强治疗效果、改变药物性质、降低药材毒性、去除臭味、延长有效期等效果^[7-8]。

蒸法是将挑选、洗净后的原料和辅料(或不加辅料)装入蒸器内, 用水蒸气(或隔水)升温至一定温度的处理方法。蒸法包括无辅料的单蒸法以及加辅料的酒蒸、醋蒸、蜜蒸、黑豆汁蒸、盐蒸等蒸法, 随蒸制程度的加深可分为蒸软、蒸透、蒸黑等^[9]。炙法是将净制后的原料与液态辅料混合后, 以文火长时炒干样品的方法。炙法比炒制的温度低, 按辅料不同可分为酒炙、盐炙、油炙、蜜炙、姜炙和醋炙等方法。炒法是指将洗净、切片后的原料在不同火力下搅拌炒制的方法, 包括清炒法(有炒黄、炒焦、炒炭等)以及加辅料炒法(有米炒、砂炒、麸炒、土炒等)。炮制会改变植物中化学成分的组成, 进而影响其功效, 下面列举几类常见的炮制方法对药食同源植物中主要化学成分含量的影响, 含量变化详见表 1。

表 1 不同炮制方法对常见成分含量的影响
Table 1 Effects of different processing methods on the content of common components

含量变化	植物	炮制方法	成分	炮制前成分含量	炮制后成分含量	参考文献
降低	黄芪	酒炙	多糖	4.96%	4.47%	[10]
	黄芪	盐炙	多糖	4.96%	4.35%	[10]
	黄芪	蜜炙	多糖	4.96%	4.32%	[10]
	党参	炒黄	多糖	38.59%	33.18%	[11]
	黄芪	酒炙	总黄酮	0.628%	0.625%	[10]
	黄芪	盐炙	总黄酮	0.628%	0.604%	[10]
	黄芪	蜜炙	总黄酮	0.628%	0.583%	[10]
	黄芪	清炒	总黄酮	0.628%	0.561%	[10]
	蒲公英	炒炭	总黄酮	13.14 μg/mL	8.22 μg/mL	[12]
	黄芪	蜜炙	总皂苷	2.241%	2.219%	[10]
	黄芪	酒炙	总皂苷	2.241%	2.178%	[10]
	黄芪	清炒	总皂苷	2.241%	1.902%	[10]
	木瓜	盐炙	总皂苷	0.826%	0.611%	[13]
	黄芪	蜜炙	黄芪甲苷	0.697 mg/g	0.643 mg/g	[10]
	黄芪	酒炙	黄芪甲苷	0.697 mg/g	0.625 mg/g	[10]
	黄芪	盐炙	黄芪甲苷	0.697 mg/g	0.614 mg/g	[10]
	黄芪	清炒	黄芪甲苷	0.697 mg/g	0.546 mg/g	[10]
	山楂	炒黄	有机酸	9.81%	8.40%	[14]
	山楂	炒焦	有机酸	9.81%	7.66%	[14]
	山楂	炒炭	有机酸	9.81%	6.18%	[14]

表 1(续)

含量变化	植物	炮制方法	成分	炮制前成分含量	炮制后成分含量	参考文献
先升后降	茯苓	清蒸	水溶性多糖	0.182%~0.347%~0.276%		[15]
	茯苓皮	清蒸	水溶性多糖	0.133%~0.172%~0.149%		[15]
	党参	小米炒	多糖	19.31%~52.74%~11.69%		[16]
	山楂	炒制	原儿茶酸	0.00018%~0.00061%~0.00043%~0.00036%		[17]
	木瓜	炒制	齐墩果酸	0.1709%~0.1960%~0.1124%		[18]
	木瓜	炒制	熊果酸	0.2404%~0.3020%~0.1147%		[18]
	玉竹	酒蒸	多糖	36.083%	51.910%	[19]
	玉竹	蜜蒸	多糖	36.083%	50.880%	[19]
	党参	酒炙	多糖	38.59%	57.24%	[11]
	黄芪	蜜炙	多糖	23.21%	34.73%	[20]
增加	玉竹	蜜蒸	总黄酮	0.560%	0.837%	[19]
	玉竹	酒蒸	总黄酮	0.560%	0.733%	[19]
	木瓜	炒焦	总皂苷	0.826%	1.019%	[13]
	木瓜	炒黄	总皂苷	0.826%	0.938%	[13]

1.1 炮制对多糖含量的影响

1.1.1 蒸法对多糖含量的影响

研究表明, 清蒸后多糖含量有增有减, 但通常会减少, 并且会随着蒸制的次数、时间、温度的增加进一步降低。推测在蒸制初期, 大分子多糖转化为其他较小分子多糖, 以及皂苷水解脱糖等, 使总多糖含量略有增加。另外, 加入酒、蜜、醋等辅料, 促进蒸制初期多糖的溶出, 但一方面, 经过长时间的高温加热, 糖类成分易发生水解以及美拉德反应, 变成易于煎出的寡糖、单糖以及糠醛类的衍生物如 5-羟甲基糠醛(5-hydroxymethylfurfural, 5-HMF)^[21], 同时也会使部分糖类成分碳化损伤, 最终导致含量下降; 另一方面, 在与水蒸气接触时, 水溶性糖类成分会溶解其中并随水分不断流失, 导致含量下降^[22]。部分实验结果表明在经过酒制、蜜制等处理后多糖含量降低, 可能是因为高温对糖类成分的破坏, 以及随水分流失的多糖超过加入辅料后使多糖溶出增加的量, 炮制后总多糖的含量取决于多种作用的共同影响。延长蒸制时间、增加蒸制次数会导致黄精中的多糖含量降低^[23-26]。也有实验发现, 多糖含量在蒸制时先上升后下降。如德江天麻、茯苓与茯苓皮在蒸制过程中, 多糖的含量均先升后降^[15,27]。蒸制也可以使多糖含量增加。王冬梅等^[19]发现酒蒸、蜜蒸后玉竹多糖的含量增加。醋蒸、酒蒸、蜜蒸、盐蒸以及清蒸可以使山茱萸中提取的多糖含量增加^[28]。三七经蒸制后多糖含量上升, 在 2 h 达到最高, 为 148.78 mg/g^[29]。

1.1.2 炙法对多糖含量的影响

炙制时常加入辅料, 多糖含量常会随辅料不同产生变化。如酒本身就含有一些糖类成分, 且酒能改变原料的组织状态, 是良好的溶剂, 能更好地溶解糖类等, 提高多糖的溶出率^[30]。醋中的醋酸为多糖分解提供了酸性条件,

使多糖含量降低。蜜作为辅料可增加药食同源植物炮制时多糖溶出量, 且蜜中含有一定的糖类成分, 可使多糖含量增加。同蒸制一样, 加热的时间、温度的增加会使多糖含量先升高后降低, 最终表现为多种因素的共同作用。如酒炙、盐炙、蜜炙均会使蒙古黄芪的多糖含量降低^[10]。更多的研究表明, 炙制后多糖含量会增加。如蜜炙党参(42.58%)>生品党参(38.59%), 酒炙党参(57.24%)>生品党参(38.59%)^[11]; 酒炙木瓜(10.00%)>盐炙木瓜(8.38%)>生品木瓜(8.04%)^[31]; 甘草蜜炙后总多糖含量增加了 41.57%^[32], 说明蜜炙、酒炙这种文火长时的炮制方法与其他炮制方法相比多糖的损失更少。

1.1.3 炒法对多糖含量的影响

同样, 炒法对多糖含量的影响也不一致, 麸炒、清炒、米炒通常会减少药食同源植物中的多糖含量, 推测是温度过高使多糖发生美拉德等反应, 导致部分糖类成分碳化损伤。同蒸制一样, 炒制初期总多糖由于成分变化含量略有升高, 随着炒制次数、时间、温度的增加, 药食同源植物从炒黄到炒焦到成炭, 多糖的含量也会越来越低。如炒制会降低药食同源植物如黄芪、党参中的多糖含量^[10-11,20]; 小米炒、米炒党参的多糖含量均随炒制时间的延长呈先增加后降低的趋势^[16]; 木瓜炒制后多糖含量增加^[31]。

1.2 炮制对黄酮类化合物含量的影响

炮制对总黄酮含量的影响十分复杂, 没有明显规律, 且同一炮制方法在不同炮制条件(如加样量、炮制时间、炮制温度)下, 对同种或不同药食同源植物的总黄酮含量、构成的影响不同。

1.2.1 蒸法对黄酮类化合物含量的影响

蒸制有利于黄酮类化合物的含量增加, 推测是由于高温首先破坏细胞壁, 利于其从细胞壁中溶出, 且黄酮中

的组成发生变化,使总量增加。但也有少量实验表明蒸制后黄酮类化合物的含量降低,推测是加热时间过长或温度过高使黄酮类物质被破坏。如清蒸会使黄精中总黄酮的含量整体呈逐渐增加趋势,且蒸制 49 h 时的总黄酮含量与其他蒸制时间的总黄酮含量相比差异极显著^[23]。蜜蒸、酒蒸后玉竹中总黄酮含量也显著增加^[19]。但黄芪盐蒸前后总黄酮含量会降低^[33],具体为生黄芪(114.5 mg/g)>饭蒸盐浸黄芪(113.6 mg/g)。

1.2.2 炒法对黄酮类化合物含量的影响

炒制会降低总黄酮含量,增加其中某些种类黄酮的含量。这可能是因为高温会破坏植物细胞壁,利于黄酮成分溶出,但继续加热会使总黄酮分解生成鞣质类成分,最终导致含量下降,即大多数研究者的实验结果显示炒制后总黄酮含量降低实为未检测总黄酮含量升高时的样品,只检测了黄酮已开始分解的样品,如炒制槐米的过程中,随加热温度、时间和投样量的增加,总黄酮含量均呈现先增多后减少的趋势,总体来看,生槐米比炒槐米中的总黄酮含量低^[34]。蒙古黄芪炒制后总黄酮含量降低^[10],周学东等和巨红叶等^[12,35]均对蒲公英进行炮制,得出炭药液中总黄酮含量比蒲公英原药液分别降低了 38%和 25.98%的结论。此外,山楂炒制程度越高,金丝桃苷和总黄酮含量越低^[36-37]。炒制会使少部分黄酮类化合物的含量增加。黄芪中只有清炒使毛蕊异黄酮含量增加,其余黄酮类物质经过炒制后含量均有所降低^[38]。李慧芬等^[39]发现 5 个不同产地荷叶的 4 种黄酮类成分在炒炭后只有槲皮素含量显著升高,其余均表现为降低。

1.3 炮制对皂苷含量的影响

高温如蒸制、炒制会使总皂苷含量降低。但也有研究显示在整个炮制过程中,总皂苷含量先升高后降低,不同实验结果可能是由炮制程度不同造成的。此外,酒可以溶解皂苷等多种物质,使皂苷含量增加,蜜也有使炮制后的药食同源植物中皂苷增加的作用。

1.3.1 蒸法对皂苷含量的影响

蒸制对皂苷含量的影响也不是固定的。加热会使皂苷降解成一部分稀有皂苷,且随蒸制时间的增加,稀有皂苷含量增加。同时会转化成其他物质,如水解脱糖生成其他化合物,使含量降低。张美琦等^[33]测定蒸制使黄芪总皂苷含量降低。与自然干燥相比,蒸制时间越长黄精中皂苷元含量越低;随蒸制温度的增加,皂苷元含量先降低后增加,但总体比未经蒸制的黄精略有降低^[40]。在传统的九蒸九制过程中,前四蒸黄精的皂苷含量增加了近 7 倍,随后趋于稳定,维持在 14%左右^[41]。

1.3.2 炙法对皂苷含量的影响

炙制通常会降低皂苷含量,少数文献结论为增加。酒炙、盐炙与蜜炙会使黄芪中的黄芪甲苷和总皂苷含量降低^[33,42]。盐炙会降低木瓜中总皂苷的含量^[13]。酒黄精中黄

芪甲苷含量增加了 9.14%^[42],木瓜酒炙后的总皂苷含量也有增加^[13]。

1.4 炮制对有机酸含量的影响

富含有机酸的药食同源植物常选用炒法进行炮制,一般来说,炒法会使总有机酸含量降低,绿原酸、草酸、酒石酸、苹果酸、乳酸、柠檬酸、没食子酸、香草酸、咖啡酸、枸橼酸等含量降低,齐墩果酸、熊果酸先升高后降低,琥珀酸、原儿茶酸含量升高^[14,17-18,43-45]。推测炒制可能使山楂中的其他成分在加热等条件下转化成琥珀酸和原儿茶酸。山楂中含有较多糖类和氨基酸成分,在炮制过程中会发生美拉德反应产生 5-HMF,其含量与热加工程度呈正相关^[37]。琥珀酸是 5-HMF 的下游产物之一^[37],因此推测在炮制过程中或在炮制品提取过程中,部分 5-HMF 转化成琥珀酸,从而增加了琥珀酸的含量,但总有机酸含量仍呈下降趋势。

2 炮制对药食同源植物功效的影响

2.1 炮制对抗氧化能力的影响

药食同源植物的抗氧化能力一般来源于黄酮^[46-48]、多酚^[49]、多糖^[50-51]、萜醌^[52]等成分,炮制后抗氧化成分会发生不同程度的增加或减少,使抗氧化能力发生相应的变化。与生品黄精相比,九蒸九晒黄精对雌小鼠的抗疲劳抗氧化效果更强,但是对雄性小鼠的效果降低^[53-54]。蜜炙黄芪多糖的抗氧化活性优于生品^[55]。裴河欢等^[56]证实余甘子经盐炙后,清除 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 [1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical 2,2-diphenyl-1-(2,4,6-trinitrophenyl) hydrazyl, DPPH] 自由基作用增强。黑芝麻中芝麻素的含量随蒸制次数的增加而降低,同时自由基清除能力减弱,即黑芝麻的抗氧化活性与芝麻素的含量有关^[57]。决明子的抗氧化能力与总萜醌含量呈正相关,随炒制时间增加,总萜醌含量降低,抗氧化能力下降^[58]。

2.2 炮制对免疫活性的影响

炮制常常会提高药食同源植物的免疫功能,起免疫功能的成分主要为多糖^[59]、皂苷、鞣质等。黄芪的主要免疫活性成分为多糖,蜜炙后黄芪的免疫功能明显增强^[60]。黄精多糖增强免疫调节作用主要通过抑制炎症反应,抑制效果与多糖的相对分子质量相关,酒制后黄精多糖抑制炎症反应的作用增强^[61]。钟凌云等^[62]发现黄精酒蒸后 5-HMF 含量显著增加,同时小鼠的非特异性免疫能力显著提高。张恒斌等^[63]经实验发现,甘草、蜜炙甘草饮片和炙甘草汤的多糖组以及水提物组均能显著增强小鼠脾淋巴细胞的增殖能力($P < 0.01$),且蜜炙后的样品水提物组免疫活性明显提高($P < 0.05$)。

2.3 炮制对促进肠胃功能的影响

炮制后药食同源植物的健胃肠功能大多有所增强,

这可能是由于炮制后植物中的有效化学成分发生改变, 更易被胃肠道吸收。煨葛根的抗腹泻能力强于醋葛根强于生葛根^[64]。与高良姜生品相比, 酒炙品对正常小鼠胃排空和肠推进的作用明显增强($P<0.05$)^[65]。面煨肉豆蔻与麸煨肉豆蔻的止泻能力均强于生品^[66]。聂春霞等^[67]发现在促消化方面, 炒焦山楂的作用最强, 炒黄山楂次之, 生品山楂最弱。随着麦芽炮制温度的提高和时间的增长, 麦芽中的活性物质被破坏, 生麦芽干粉组、生麦芽煎液组和焦麦芽煎液组促进胃液分泌的作用依次减弱^[68]。炙甘草恢复肠道菌群丰富度的能力强于生甘草, 且能够使有益菌含量增加, 有害菌含量降低^[32]。

3 总结与展望

总体来说, 炮制过程中, 药食同源植物中的热不稳定成分会发生不同的改变, 包括降解与化学转化, 可能会生成挥发性成分或水溶性成分而损失, 也可能转变成其他小分子物质使含量增加, 最终对成分总量的影响取决于多种因素的共同作用。如蒸制和炒制等热加工方式通常会使得多糖含量降低, 加入酒、蜜和盐等辅料会在一定程度上增加多糖含量(增加程度酒>蜜>盐), 加麦麸、大米等辅料通常会降低多糖含量, 最终多糖含量的升降取决于两者的综合作用。蒸制通常会增加药食同源植物中的黄酮含量, 炒制通常会降低黄酮含量。加入蜜、酒等通常会增加总皂苷含量, 蒸制、炒制通常会降低总皂苷的含量, 但也有研究显示在整个炮制过程中总皂苷含量先升高后降低。经炒制后, 总有机酸含量降低, 琥珀酸、原儿茶酸含量升高。炮制后药食同源植物中的成分含量降低, 主要是在加热过程中植物发生了美拉德反应等使成分减少。而含量升高主要是因为炮制使成分更容易从植物中溶出, 或者是在炮制时, 辅料与化学成分协同增效, 促进溶出。炮制改变了药食同源植物的化学成分组成, 从而增强、减弱或改变药材的某些药理作用, 如抗氧化、提高免疫功能、促消化等。药食同源植物的功效会随某些化学成分含量的变化而变化, 一般情况下, 含量降低, 功效作用也会随之减弱, 而功能与成分的对对应关系还需进一步探究。

通过上述总结分析, 发现目前的研究主要集中在炮制对多糖、黄酮等活性成分的影响, 而对皂苷、生物碱、挥发油、有机酸等的研究相对较少。并且在进行实验处理时, 除原材料的品种、采收时间难以控制外, 各研究采用的炮制方法也略有差别。即使采用同一种炮制方法, 但具体细节如处理时间、加料量、温度等仍略有不同, 没有标准化的炮制规范, 这对成分的含量变化与规律的推断也会造成一定的影响。随着现代分析、化学计量学及药理等多学科方法的融合, 应采用多种分析技术开展炮制前后化学成分变化研究。同时, 结合数据分析方法对成分与药效进行谱-效关系分析, 寻找炮制达到最佳状态的标志性成分,

探究各化学成分在提取时的最佳原料来源与合适的原料炮制工艺, 有利于炮制工艺的标准化建立。

参考文献

- [1] 唐雪阳, 谢果珍, 周融融, 等. 药食同源的发展与应用概况[J]. 中国现代中药, 2020, 22(9): 1428-1433.
TANG XY, XIE GZ, ZHOU RR, *et al.* Development and application of one root of medicine and food [J]. Mod Chin Med, 2020, 22(9): 1428-1433.
- [2] 赵鹏威, 简敬一, 任孟月. 药食同源中药治疗肥胖症的有效成分和机制研究进展[J]. 广东药科大学学报, 2021, 37(3): 141-149.
ZHAO PW, JIAN JY, REN MY. Progress on effective components and mechanism of medicinal and edible traditional Chinese herbs in treating obesity [J]. J Guangdong Pharm Univ, 2021, 37(3): 141-149.
- [3] 胡康隼, 李昌林, 李昌素, 等. 黄精功能成分的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(12): 16-18.
HU KD, LI CL, LI CS, *et al.* Research progress of *Polygonatum* functional components [J]. J Anhui Agric Sci, 2021, 49(12): 16-18.
- [4] 刘焯. 长白山玉竹超微粉碎技术及其保健食品开发[J]. 农村科学实验, 2017, (12): 46-47.
LIU Y. Superfine grinding technology of *Polygonatum odoratum* in Changbai Mountain and its development of health food [J]. Rural Sci Exp, 2017, (12): 46-47.
- [5] 侯瑞阳, 龚光杰, 黄雨, 等. 药食同源戚风蛋糕的工艺研究[J]. 现代食品, 2021, (10): 79-83.
HOU RY, GONG GG, HUANG Y, *et al.* Process research of medicinal and edible chiffon cake [J]. Mod Food, 2021, (10): 79-83.
- [6] 欧阳立力, 华萍. 药食同源花类植物活性成分与药理作用研究进展[J]. 江西化工, 2020, 36(6): 58-60.
OUYANG LL, HUA P. Research progress in active components and functions of the flower plants homology of medicine and food [J]. Jiangxi Chem Ind, 2020, 36(6): 58-60.
- [7] 钟凌云, 崔美娜, 杨明, 等. 炮制影响中药药性的现代研究[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(23): 5109-5113.
ZHONG LY, CUI MN, YANG M, *et al.* Modern researches on effect of processing of Chinese herb medicine on Chinese medical properties [J]. Chin J Chin Mater Med, 2019, 44(23): 5109-5113.
- [8] 秦永欣, 田绘玲. 浅谈中药的炮制方法及其对药效的影响[J]. 光明中医, 2014, 29(11): 2440-2441.
QIN YX, TIAN HL. Effects of processing methods of Chinese medicine and its effect [J]. Guangming J Chin Med, 2014, 29(11): 2440-2441.
- [9] 李佳阳, 刘峰, 林玉梅, 等. 蒸制对中药化学成分的影响研究进展[J]. 中华中医药学刊, 2022, 40(2): 128-131.
LI JY, LIU F, LIN YM, *et al.* Effect of "steaming" on the chemical components of traditional Chinese medicine [J]. Chin Archive Trad Chin Med, 2022, 40(2): 128-131.
- [10] 刘德旺, 龚苏晓, 朱雪瑜, 等. 蒙古黄芪药材、生饮片及其炮制品质量差异性研究[J]. 中草药, 2016, 47(6): 905-910.
LIU DW, GONG SX, ZHU XY, *et al.* Quality differences of medical material, raw decoction pieces, and processed products of *Astragalus membranaceus* var. *mongholicus* [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2016, 47(6): 905-910.
- [11] 陈皓, 王瑞, 董敬远, 等. 不同炮制方法对党参化学成分及产品质量的

- 影响[J]. 中成药, 2019, 41(7): 1631–1634.
- CHEN H, WANG R, DONG JY, *et al.* Effects of different processing methods on chemical constituents and product quality of *Codonopsis pilosula* [J]. *Chin Trad Pat Med*, 2019, 41(7): 1631–1634.
- [12] 周学东, 陈艳, 林瑞. 蒲公英炮制中总黄酮含量变化及对胃炎治疗分析[J]. 世界中医药, 2020, 15(23): 3612–3616.
- ZHOU XD, CHEN Y, LIN R. Changes of flavonoid content in *Herba taraxaci* and the analysis of it on the treatment of gastritis [J]. *World J Trad Chin Med*, 2020, 15(23): 3612–3616.
- [13] 陈秋兰, 廖华卫, 苏晓纯, 等. 不同炮制方法对木瓜中总皂苷溶出的影响[J]. 中药与临床, 2012, 3(6): 29–31.
- CHEN QL, LIAO HW, SU XC, *et al.* The influence of different processing methods on dissolution of total saponin in *Chaenomelis fructus* [J]. *Pharm Clin Chin Mater Med*, 2012, 3(6): 29–31.
- [14] 姜涛, 施枝江, 陈林明, 等. 山楂及其不同炮制品的质量评价研究[J]. 中医药导报, 2018, 24(21): 78–80, 83.
- JIANG T, SHI ZJ, CHEN LM, *et al.* Study on quality assessment of Shanzha (Hawthorn) and its processed products [J]. *Guiding J Tradit Chin Med Pharm*, 2018, 24(21): 78–80, 83.
- [15] 邱小燕, 田玉桥, 肖深根, 等. 不同蒸制时间对茯苓和茯苓皮品质的影响[J]. 中国中医药科技, 2019, 26(6): 858–862.
- QIU XY, TIAN YQ, XIAO SG, *et al.* Effects of different steaming time on the quality of *Poria cocos* and *Poria cocos* skin [J]. *Chin Sci Technol Tradit Chin Med*, 2019, 26(6): 858–862.
- [16] 王梅, 王越欣, 武英茹, 等. 米炒党参炮制过程中党参炔苷、5-HMF 和党参多糖含量动态变化研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(7): 2765–2772.
- WANG M, WANG YX, WU YR, *et al.* Study on dynamic changes of lobetyolin, 5-HMF and *Codonopsis pilosula* polysaccharides content in rice fried *Codonopsis pilosula* during processing [J]. *J Food Saf Qual*, 2021, 12(7): 2765–2772.
- [17] 蒋昊. HPLC 法测定山楂炮制前后 10 种有机酸成分的含量[J]. 天津中医药, 2021, 38(7): 935–940.
- JIANG H. Content determination of ten organic acids in *Crataegus pinnatifida* before and after processing by HPLC [J]. *Tianjin J Tradit Chin Med*, 2021, 38(7): 935–940.
- [18] 王光宁, 崔升森, 梁炳健. 炮制方法对木瓜中齐墩果酸和熊果酸含量的影响[J]. 齐鲁药事, 2012, 31(12): 695–697.
- WANG GN, CUI SM, JIANG BJ. Effect of processing methods on the contents of oleanolic acid and ursolic acid in *Fructus chaenomelis* [J]. *Qilu Pharm Affairs*, 2012, 31(12): 695–697.
- [19] 王冬梅, 吕振江, 王永红, 等. 不同炮制方法对玉竹提取物得率及体外抗氧化作用的影响[J]. 植物研究, 2012, 32(5): 621–626.
- WANG DM, LV ZJ, WANG YH, *et al.* Effect of different processing methods on the yield of extracts and antioxidant activities of *Polygonatum odoratum* [J]. *Bul Botanical Res*, 2012, 32(5): 621–626.
- [20] 杨建土. 不同处理方法对当归、黄芪多糖含量的影响[J]. 海峡药学, 2016, 28(12): 35–37.
- YANG JT. Effects of different treatment methods on polysaccharide content of *Angelica sinensis* and *Astragalus membranaceus* [J]. *Strait Pharm J*, 2016, 28(12): 35–37.
- [21] LIU ZL, CHAO ZM, LIU YY, *et al.* Maillard reaction involved in the steaming process of the root of *Polygonum multiflorum* [J]. *Planta Med*, 2008, 75(1): 84–88.
- [22] 曹延杰, 李飞, 谭鹏. 蒸制对中药多糖和 5-羟甲基糠醛含量影响的研究概况[C]. 中华中医药学会中药炮制分会 2008 年学术研讨会, 2008.
- CAO YJ, LI F, TAN P. Research overview on the effect of steaming on the content of traditional Chinese medicine polysaccharide and 5-hydroxymethylfurfural [C]. 2008 Academic Seminar of Traditional Chinese Medicine Processing Branch of Chinese Society of Traditional Chinese Medicine, 2008.
- [23] 潘克琴, 王华磊, 李丹丹, 等. 连续蒸制对不同龄节多花黄精品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2022, 22(2): 42–48.
- PAN KQ, WANG HL, LI DD, *et al.* Effect of continuous processing on the quality of *Polygonatum cyrtoneuma* Hua at different ages [J]. *Storage Process*, 2022, 22(2): 42–48.
- [24] 田先娇, 罗雪维, 杨新周, 等. 不同炮制方式对黄精有效成分含量的影响[J]. 化学试剂, 2021, 43(6): 790–794.
- TIAN XJ, LUO XW, YANG XZ, *et al.* The effects of different processing methods on components in *Polygonatum kingianum* Coll. et hemsl [J]. *Chem Reagent*, 2021, 43(6): 790–794.
- [25] 冯婧, 胡娟娟, 何先元, 等. 不同炮制方法对渝产黄精体外抗氧化作用的影响[J]. 中国药业, 2020, 29(19): 25–30.
- FENG J, HU JJ, HE XY, *et al.* Effect of different processing methods on the antioxidant activities *in vitro* of *Polygonatum cyrtoneuma* Hua in Chongqing [J]. *China Pharm*, 2020, 29(19): 25–30.
- [26] 高天宇, 胡静, 唐子惟, 等. 黄精四蒸炮制过程中多糖含量及可溶性成分的变化研究[J]. 成都中医药大学学报, 2022, 45(2): 64–68, 74.
- GAO TY, HU J, TANG ZW, *et al.* Changes of polysaccharide content and soluble components during four steaming and processing of *Polygonatum* [J]. *Chongqing Med J*, 2022, 45(2): 64–68, 74.
- [27] 李刚凤, 黎光富, 康明, 等. 不同加工方法对德江天麻多糖含量的影响[J]. 食品工业, 2017, 38(9): 21–24.
- LI GF, LI GF, KANG M, *et al.* Research on polysaccharide content from *Gastrodia elat* of Dejiang in different processing method [J]. *Food Ind*, 2017, 38(9): 21–24.
- [28] 鲍洁, 吕雨晴, 许海丹. 不同工艺炮制山茱萸多糖含量比较[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(17): 105–106, 133.
- BAO J, LV YQ, XU HD. Comparison of polysaccharides content in *Corni Fructus* by different processing technologies [J]. *J Anhui Agric*, 2016, 44(17): 105–106, 133.
- [29] 马敏敏, 朱婉萍, 万晓青. 不同蒸制时间对三七总黄酮和多糖含量的影响[J]. 浙江中医杂志, 2022, 57(6): 463–464.
- MA MM, ZHU WP, WAN XQ. Effect of different steaming time on the content of total flavonoids and polysaccharides in *Panax notoginseng* [J]. *Zhejiang J Tradit Chin Med*, 2022, 57(6): 463–464.
- [30] 叶定江, 张世臣, 吴皓. 中药炮制学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2011.
- YE DJ, ZHANG SC, WU H. Traditional Chinese medicine processing [M]. Beijing: People's Health Publishing House, 2011.
- [31] 邝洁容, 陈伯丛, 梁晓燕. DNS 法测定木瓜中多糖的含量及不同炮制品的比较[J]. 北方药学, 2019, 16(7): 1–3.
- KUANG JR, CHEN BC, LIANG XY. Determination of polysaccharide content in *Chaenomelis fructus* with DNS method and content comparison of different processed products [J]. *J North Pharm*, 2019, 16(7): 1–3.
- [32] 段伟萍. 蜜炙对甘草化学成分及其调节肠道菌群和免疫活性的影响

- [D]. 南京: 南京中医药大学, 2021.
- DUAN WP. Effects of processing with honey on chemical constituents and its regulation of intestinal flora and immunocompetence of licorice [D]. Nanjing: Nanjing University of Chinese Medicine, 2021.
- [33] 张美琦, 任伟超, 刘美琦, 等. 不同炮制方法对黄芪主要化学成分质量分数的影响[J]. 东北林业大学学报, 2021, 49(4): 62-65.
- ZHANG MQ, REN WC, LIU MQ, *et al.* Effect of salt treatment on the content of main chemical components in *Astragalus membranaceus* [J]. J Northeast Forest Univ, 2021, 49(4): 62-65.
- [34] 肖梦媛, 胡珊, 文艳霞. 不同炮制条件对槐米总黄酮含量影响的研究[J]. 广州化工, 2019, 47(21): 91-94.
- XIAO MY, HU S, WEN YX. Study on influences of different processing conditions on content of total flavonoids in *Sophora japonica* [J]. Guangzhou Chem Ind, 2019, 47(21): 91-94.
- [35] 巨红叶, 葛心怡, 焦莹, 等. 蒲公英炮制前后总黄酮含量差异研究[J]. 吉林中医药, 2018, 38(10): 1209-1212.
- JU HY, GE XY, JIAO Y, *et al.* Study on the difference of total flavonoids content before and after processing of *Taraxacum* [J]. Jilin J Tradit Chin Med, 2018, 38(10): 1209-1212.
- [36] 张洪坤, 郭长达, 黄玉瑶, 等. 山楂炮制过程中药效物质成分的变化规律研究[J]. 中药材, 2017, 40(4): 811-815.
- ZHANG HK, GUO CD, HUANG YY, *et al.* Study on variation rules of effective substance composition of *Crataegi fructus* in preparing [J]. Chin Med Mat, 2017, 40(4): 811-815.
- [37] 刘畅, 宫瑞泽, 张磊, 等. 山楂不同炮制方法对 5-羟甲基糠醛含量及抗氧化活性的影响[J]. 特产研究, 2019, 41(4): 29-35.
- LIU C, GONG RZ, ZHANG L, *et al.* Study on production of 5-hydroxymethylfurfural in processing *Crataegus pinnatifida* Bge and antioxidant activity of extracts [J]. Spec Wild Economic Anim Plant Res, 2019, 41(4): 29-35.
- [38] 余文强. 不同炮制方法对黄芪中糖类及黄酮类成分的影响[J]. 临床医学研究与实践, 2017, 2(31): 114-115.
- YU WQ. Effects of different processing methods on the contents of saccharides and flavonoids in *Astragalus membranaceus* [J]. Clin Res Prac, 2017, 2(31): 114-115.
- [39] 李慧芬, 崔伟亮, 张学兰. 荷叶炮制前后 4 种黄酮类成分含量变化[J]. 时珍国医国药, 2014, 25(1): 89-91.
- LI HF, CUI WL, ZHANG XL. Comparison of the content of four flavonoids in *Folium Nelumbinis* after processing [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2014, 25(1): 89-91.
- [40] 刘品华, 刘明研, 董建伟, 等. 蒸制温度、时间对滇黄精皂苷元及 5-HMF 含量的影响[J]. 食品工业, 2020, 41(12): 172-177.
- LIU PH, LIU MY, DONG JW, *et al.* Effects of steaming temperature and time on the contents of saponins and 5-HMF in *Polygonatum kingianum* [J]. Food Ind, 2020, 41(12): 172-177.
- [41] 杨圣贤, 杨正明, 陈奕军, 等. 黄精“九蒸九制”炮制过程中多糖及皂苷的含量变化[J]. 湖南师范大学学报(医学版), 2015, 12(5): 141-144.
- YANG SX, YANG ZM, CHEN YJ, *et al.* Study on the polysaccharides and saponins constituents of *Polygonatum sibiricum* Red. in “nine-steam-nine-bask” processing [J]. J Hunan Normal Univ (Med Sci), 2015, 12(5): 141-144.
- [42] 王建舫, 茹颖楠, 崔德凤, 等. 不同炮制方法对黄芪中黄芪甲苷含量的影响[J]. 中兽医医药杂志, 2015, 34(2): 31-32.
- WANG JF, RU YN, CUI DF, *et al.* Effects of different processing methods on *Astragaloside* content in *Radix astragali* [J]. J Tradit Chin Vet Med, 2015, 34(2): 31-32.
- [43] 刘瑞连, 李鑫, 欧少福, 等. 栀子炒制前后有效成分含量测定及其质量评价研究[J]. 时珍国医国药, 2020, 31(12): 2915-2917.
- LIU RL, LI X, OU SF, *et al.* Study on content determination and quality evaluation of effective components of *Gardenia* before and after frying [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2020, 31(12): 2915-2917.
- [44] 钟梅芳. 炮制对山楂中有机酸含量的影响分析[J]. 中医临床研究, 2012, 4(14): 27-28.
- ZHONG MF. Impact analysis of the processing against organic acid content in Hawthorn [J]. Clin J Chin Med, 2012, 4(14): 27-28.
- [45] 蔡琳, 沈美玲. 不同炮制方法对山楂 pH 值及有机酸含量变化的研究[J]. 山东化工, 2017, 46(16): 34-35.
- CAI L, SHEN ML. Different processing methods on the Hawthorn, pH value and the change of organic acids content in research [J]. Shandong Chem Ind, 2017, 46(16): 34-35.
- [46] HU L, WANG C, GUO X, *et al.* Flavonoid levels and antioxidant capacity of mulberry leaves: Effects of growth period and drying methods [J]. Front Plant Sci, 2021, 11(12): 684974.
- [47] NORHASNIDA Z, JUIN CP, NADHIRAH MTN, *et al.* Establishing relationship between vitamins, total phenolic and total flavonoid content and antioxidant activities in various honey types [J]. Molecules, 2021, 26(15): 4399.
- [48] MASTURI, ALIGHIRI D, EDIE SS, *et al.* Determination of total phenol and flavonoid contents and antioxidant activity from extract fraction of sappan wood (*Caesalpinia sappan* L.) by liquid-liquid extraction and vacuum liquid chromatography [J]. Asian J Chem, 2021, (8): 33.
- [49] EOM T, KIM E, KIM J-S. *In vitro* antioxidant, antiinflammation, and anticancer activities and anthraquinone content from rumex crispus root extract and fractions [J]. Antioxidants, 2020, 9(8): 726.
- [50] ZHOU LJ, LUO SY, LI JJ, *et al.* Optimization of the extraction of polysaccharides from the shells of *Camellia oleifera* and evaluation on the antioxidant potential *in vitro* and *in vivo* [J]. J Funct Foods, 2021, 86: 104678.
- [51] KELTOUM AK, LILIA B, SELMA N, *et al.* Anti-inflammatory and antioxidant activity of the hot water-soluble polysaccharides from *Anacyclus pyrethrum* (L.) Lag. Roots [J]. J Ethnopharmacol, 2021, 281, 114491.
- [52] LAKSHMAN S, MURTHY YLN, RAO KRM. Studies on synthesis and antioxidant property of *Anthraquinone analogues* [J]. Mater Today Proc, 2020. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.03.719
- [53] 王景媛. 黄精炮制前后抗氧化活性对比研究[J]. 家庭医药. 就医选药, 2018, (7): 180.
- WANG JY. Comparative study on antioxidant activity of *Polygonatum* before and after processing [J]. Fam Med Med Treat Drug Select, 2018, (7): 180.
- [54] 陈杨杨, 胡慧玲, 奉关妹, 等. 多花黄精炮制前后对游泳力竭小鼠抗疲劳抗氧化的影响[J]. 中药药理与临床, 2021, 37(2): 92-96.
- CHEN YY, HU HL, FENG GM, *et al.* Anti-fatigue and anti-oxidant effects of crude and processed *Polygonatum cyrtonea* on exhaustive swimming mice [J]. Pharm Clin Chin Mater Med, 2021, 37(2): 92-96.
- [55] 叶明珠, 吴嘉彩, 游思远, 等. 蜜炙对黄芪分级醇沉多糖及其抗氧化活

- 性的影响[J]. 军事医学, 2019, 43(8): 602–607.
- YE MZ, WU JC, YOU SY, *et al.* Effects of honey processing on polysaccharides from the *Astragalus* and their antioxidant activity [J]. Milit Med Sci, 2019, 43(8): 602–607.
- [56] 裴河欢, 吴超权, 余芳, 等. 盐炙对广西余甘子中黄酮类成分清除 DPPH 自由基谱效关系的影响[J]. 中国医院药学杂志, 2021, 41(15): 1507–1513, 1550.
- PEI HH, WU CQ, YU F, *et al.* Effect of stir-frying with salt-water upon spectrum-effect relationship of scavenging DPPH free radical of flavonoids of *Phyllanthus emblica* from Guangxi [J]. Chin J Hosp Pharm, 2021, 41(15): 1507–1513, 1550
- [57] 李淑军, 刘鹏, 付智慧, 等. 黑芝麻炮制前后芝麻素含量变化与抗氧化活性研究[J]. 特产研究, 2016, 38(4): 24–27, 43.
- LI SJ, LIU P, FU ZH, *et al.* Content changes of sesamin of *Sesamum indicum* L. before and after processing and its antioxidant activities [J]. Spec Wild Economic Anim Plant Res, 2016, 38(4): 24–27, 43.
- [58] 林水花, 黄幼霞, 黄小艺, 等. 不同决明子炮制品蒽醌类化合物含量及抗氧化活性比较[J]. 福建中医药, 2019, 50(2): 41–42, 50.
- LIN SH, HUANG YX, HUANG XY, *et al.* Comparison of anthraquinones content and antioxidant activity in different processed cassia seeds [J]. Fujian J Tradit Chin Med, 2019, 50(2): 41–42, 50.
- [59] ZHANG SL, PANG GB, Chen C, *et al.* Effective cancer immunotherapy by *Ganoderma lucidum* polysaccharide-gold nanocomposites through dendritic cell activation and memory T cell response [J]. Carbohydr Polym, 2018, 205(1): 192–202.
- [60] 葛秀允, 孙立立. 蜜炙对黄芪饮片免疫活性的影响[J]. 西部中医药, 2019, 32(4): 5–7.
- GE XY, SUN LL. Experimental study of the influence of frying with honey on immunological competence of Huangqi decoction pieces [J]. Western J Tradit Chin Med, 2019, 32(4): 5–7.
- [61] 万晓莹, 刘振丽, 宋志前, 等. 黄精炮制前后多糖的相对分子质量分布和免疫活性比较[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(15): 83–90.
- WAN XY, LIU ZL, SONG ZQ, *et al.* Comparison of relative molecular weight distribution and immune activity of polysaccharides in *Polygonati rhizoma* before and after processing [J]. Chin J Exp Trad Med Formulae, 2021, 27(15): 83–90.
- [62] 钟凌云, 张莹, 霍慧君, 等. 黄精炮制前后成分及药效变化初步研究[J]. 中药材, 2011, 34(10): 1508–1511.
- ZHONG LY, ZHANG Y, HUO HJ, *et al.* Study on the composition and pharmacological function change of *Rhizoma polygonati* before and after processing [J]. J Chin Med Mater, 2011, 34(10): 1508–1511.
- [63] 张恒斌, 贾亦兵. 蜜炙对甘草饮片免疫活性影响的实验研究[J]. 药学研究, 2018, 37(8): 446–448, 459.
- ZHANG HB, JIA YB. Effects on immunological activities of *Glycyrrhizae radix et rhizome* pieces before and after processed with honey [J]. J Pharm Res, 2018, 37(8): 446–448, 459.
- [64] 邓小燕, 葛根, 粉葛炮制前后成分、药效差异及炮制机理研究[D]. 南昌: 江西中医药大学, 2020.
- DENG XY. Study on the differences of components, efficacy and processing mechanism of *Pueraria lobata* and *Pueraria lobata* before and after processing [D]. Nanchang: Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, 2020.
- [65] 卢君蓉, 李文兵, 李海涛, 等. 高良姜的酒炙工艺及炮制前后药效对比研究[J]. 时珍国医国药, 2019, 30(5): 1111–1113.
- LU JR, LI WB, LI HT, *et al.* Comparative study on wine roasting technology and efficacy of galangal before and after processing [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2019, 30(5): 1111–1113.
- [66] 袁子民, 刘欢, 王静. 肉豆蔻及炮制品醇提取物的止泻及抗炎作用研究[J]. 时珍国医国药, 2015, 26(12): 2910–2911.
- YUAN ZM, LIU H, WANG J. Study on the antidiarrheal activities and anti-inflammatory effect of alcohol extract of nutmeg and the processed products [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2015, 26(12): 2910–2911.
- [67] 聂春霞, 郝艳艳, 何盼, 等. 基于 1H-NMR 代谢组学分析山楂不同炮制品对食积症的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(13): 111–118.
- NIE CX, HAO YY, HE P, *et al.* Effect of different processed products of *Crataegi fructus* on dyspepsia by 1H-NMR metabolomics [J]. Chin J Exp Trad Med Formul, 2019, 25(13): 111–118.
- [68] 叶建华. 麦芽炮制前后对胃液分泌的影响[J]. 湖北中医杂志, 2011, 33(7): 78.
- YE JH. Effect of malt processing on gastric juice secretion [J]. Hubei J Tradit Chin Med, 2011, 33(7): 78.

(责任编辑: 于梦娇 黄周梅)

作者简介



李春晓, 硕士研究生, 主要研究方向为功能性食品活性。
E-mail: 1685797445@qq.com



李红艳, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为天然食物活性成分与功能食品研究。
E-mail: lihongyan@ncu.edu.cn