

黄芪的炮制历史沿革及现代研究进展

邵长鑫^{1,2}, 林欢欢^{1,2}, 靳晓杰^{1,2}, 李越峰^{1,2}, 刘永琦^{3,4*}, 姚娟^{1,2*}

1. 甘肃中医药大学药学院, 甘肃 兰州 730000
2. 西北中藏药省部共建协同创新中心, 甘肃 兰州 730000
3. 甘肃中医药大学基础医学院, 甘肃 兰州 730000
4. 敦煌医学与转化教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000

摘要: 黄芪 *Astragali Radix* 具有补气固表、利尿托毒、排脓、敛疮生肌之功效, 为临床常用补气药。其临床应用广泛, 在中医古籍中有多种黄芪炮制品的使用记载, 如米黄芪、酒黄芪、盐黄芪、蜜黄芪等, 而沿用至今的炮制品主要为生黄芪和炙黄芪。现代研究表明黄芪主要化学成分为多糖类、皂苷类、黄酮类成分, 具有抗炎、抗氧化、抗肿瘤、增强免疫等作用。通过对本草专著、中医古籍及炮制规范等文献资料进行查阅分析, 梳理古籍文献中有关黄芪功效主治、炮制沿革等方面的论述, 并对黄芪炮制工艺、化学成分、药理作用等现代科研成果进行综述, 为黄芪的相关研究提供参考。

关键词: 黄芪; 炮制; 历史沿革; 化学成分; 功效; 药理作用

中图分类号: R283 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2023)15-5057-18

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.15.030

Historical evolution and modern research progress of *Astragali Radix* processing

SHAO Chang-xin^{1,2}, LIN Huan-huan^{1,2}, JIN Xiao-jie^{1,2}, LI Yue-feng^{1,2}, LIU Yong-qi^{3,4}, YAO Juan^{1,2}

1. School of Pharmacy, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China
2. Northwest Collaborative Innovation Center for Chinese Tibetan Medicine, Lanzhou 730000, China
3. School of Basic Medicine, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China
4. Dunhuang Key Laboratory of Medicine and Transformation, Ministry of Education, Lanzhou 730000, China

Abstract: Huangqi (*Astragali Radix*) has the effects of tonifying *qi* and solidifying surface, diuresis and toxin supporting, expelling pus, healing up sore and promoting granulation. It is commonly used as a *qi* tonic in clinical practice. Ancient Chinese medical books contain records of various processed products of *Astragali Radix*, such as rice-processed *Astragali Radix*, wine-processed *Astragali Radix*, salt-processed *Astragali Radix*, honey-processed *Astragali Radix*, etc. Today, the most commonly used processed products are raw *Astragali Radix* and honey-processed *Astragali Radix*. Modern research indicates that *Astragali Radix* primarily consists of polysaccharides, saponins and flavonoids, with anti-inflammatory, anti-oxidant, antitumor, immune enhancement properties. This paper aims to review and analyze herbal monographs, ancient Chinese medical books, and processing specifications to explore the efficacy and processing history of *Astragali Radix* documented in ancient texts. Additionally, the modern scientific research achievements on *Astragali Radix*, including processing technology, chemical components, and pharmacological effects, are summarized, with view to providing valuable references for future research on *Astragali Radix*.

Key words: *Astragali Radix*; processing; history evolution; chemical composition; efficacy; pharmacological action

黄芪为豆科植物蒙古黄芪 *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. 的干燥根^[1]。黄芪味甘, 性微温, 汉代《神农本草经》

收稿日期: 2023-01-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(82104370); 国家自然科学基金资助项目(81960713); 国家自然科学基金资助项目(82160750); 甘肃省自然科学基金资助项目(21JR1RA270); 2022年甘肃省中药炮制技术传承基地建设项目

作者简介: 邵长鑫, 硕士研究生, 研究方向为中药炮制与制剂工艺。E-mail: scx129@126.com

*通信作者: 刘永琦, 博士, 教授, 从事中西医结合基础研究。E-mail: liuyongqi73@163.com

姚娟, 博士, 副教授, 从事中药炮制学研究。E-mail: yaojuan05@163.com

将其列为上品，使用历史久远，为补药之长^[2]。追溯本草专著和历代名家医案，黄芪具有补气之功，入脾、肺经，具有固表止汗、托毒生肌、利水消肿、生津养血、行滞通痹、敛疮生肌等功效，常用于治脾肺气虚、自汗、疮疡难溃难腐、血虚萎黄等病证。而黄芪炮制历史可追溯至南北朝时期，宋代黄芪炮制品种类和炮制方式得到了广泛应用和传承，明清时期黄芪炮制品功效及作用理论进一步发展，实现了系统性的总结阐释。近年来，研究者对于黄芪炮制工艺的研究主要集中在生品和蜜制品，对其他制法关注较少。现代研究发现黄芪主要活性成分为多糖类、皂苷类、黄酮类^[3]，而炮制会对其活性成分造成质变或量变，这种改变受到炮制过程中工艺选择、辅料等因素共同影响。药理实验和临床研究表明，黄芪在抗肿瘤、增强免疫、肺系疾病、脾系疾病、肾系疾病、心血管疾病、胃肠疾病等^[4-9]方面疗效显著；在保健品中有广泛应用，对亚健康人群具有抗衰老、抗氧化、降血糖、降血压等^[10-13]作用。本文整理黄芪的相关文献，总结黄芪的功效主治、炮制沿革，并对其现代炮制工艺、化学成分、药理研究等进行综述，为黄芪的炮制研究提供参考。

1 炮制历史沿革

黄芪有近 2000 年炮制历史，最早的炮制记载为《金匱玉函经》^[14]中的“去芦”净制。南北朝

时期炮制专著《雷公炮炙论》^[15]中提到“先须去头上皱皮了，蒸半日出，后用手擘令细，于槐砧上剉用”，是历史上首次出现黄芪水火共制“蒸制”的方法，是黄芪生熟异用的开始。宋代除了炒制方法的记载外，开创性地应用了辅料共制法，包括蜜制、盐制、酒制、酥制。其有关液体辅料炮制方式有记载为浸、煮、润、焙、蒸、涂、刷等。《圣济总录》^[16]在切制工艺部分提到的“薄切”，为现代黄芪饮片的雏形。明代《普济方》提到“蜜酒煮”^[17]，即蜂蜜与黄酒共同炮制黄芪，而后提到米泔制、姜汁制、药汁制等。炒、炙、拌炒等制药方式逐渐取代旧法成为制法主流。清代记载有乳制、醋制、固体辅料米炒等，并有“九制”等特殊炮制方法，其炮制历史沿革见表 1。采用 Cytoscape 3.9.1 构建黄芪古代炮制沿革网络，进行可视化分析。以朝代-制法-古籍为节点进行网络分析，以各节点 degree 值进行拓扑分析并以节点大小、颜色深浅表示在网络中被引用情况。结果显示黄芪在宋代制法存在多样化发展，明清时期制法得到进一步创新，见图 1。对其炮制方法出现的次数进行分析，依次为蜜制（25 次）、盐制（25 次）、酒制（7 次）、米泔制（2 次）、姜汁制（1 次）、乳制（1 次）、九制（1 次），由此可见黄芪蜜制是黄芪的重要炮制方法，盐制在地方炮制规范有收录记载并传承。

表 1 黄芪炮制的历史沿革

Table 1 Historical evolution of *Astragal Radix* processing

古籍	古籍记载	炮制方法	文献
《金匱玉函经》	去芦	净制	14
《本草经集注》	蜜蒸	蜜蒸	18
《雷公炮炙论》	先取头上皱皮，蒸半日出，后用手擘令细，于槐砧木上锉用，或蜜炙生用	净制、蒸制、蜜炙	15
《太平圣惠方》	去须	净制	19
《博济方》	去芦，蒸出擘破，于槐砧上碎锉；杵为细末	净制	20
《圣济总录》	蒸过焙干，生姜汁煮三十沸焙干，洗打破手擘如丝，以盐少许和水揉，猛火焙干，半炙半生锉，去芦头锉炒，涂酥炙锉	蒸制、姜汁煮、酥炙、盐焙	16
《太平惠民和剂局方》	凡使，先需擘开，涂蜜炙微赤色，却薄切，焙干秤，方入药用；洗净，寸截，捶破丝擘，以盐汤润透，用盏盛，盖汤饼上一饮久，焙燥；蜜水浸 1 宿，炙一分；槌扁，蜜刷涂炙	切制、盐润、盐焙、蜜浸炙、蜜刷炙	21
《洪氏集验方》	洗净，寸截，捶破，悬壁以盐汤浸润透，用盏盛出，盖汤瓶上一炊之焙燥	切制、盐浸、盐焙	22
《三因极一病证方论》	擘开，盐汤浸 1 宿	盐浸	23
《传信适用方》	以刀劈开揭薄，用白沙蜜不酸者 1 两，微入水少许调解，则易涂蘸，候搓匀，炙之微紫色，候冷锉碎；洗净，蜜涂炙；细切，用无灰酒浸，夏月 7 日冬月 14 日，如要急用，将慢火量煮	蜜涂炙、酒浸、酒煮	24

续表 1

古籍	古籍记载	炮制方法	文献
《卫生家宝产科备要》	捶扁，蜜涂炙，锉去芦头，锉碎，用蜜汤拌，铤内慢火炒、次微焙	蜜涂炙、蜜拌炒、蜜焙	25
《校正集验背疽方》	去芦并叉附不用，一半生使，细铤焙干，一半炒，做寸长截，捶顺，以蜜水浸润湿，瓦器盛，盖于饭瓶上，蒸3次，取出，焙干，锉碎，拣不用叉附及蛀者，铤做2寸长，截拍顺，以冷盐汤湿润之，瓦器盛，盖瓶，上蒸3次，焙干，铤细用	切制、蜜浸、蜜蒸、蜜焙、盐润、盐蒸、盐焙	26
《妇人良方》	去叉芦，铤令长4~5寸，捶扁，以蜜水或盐水浸透，炙令酥脆	切制、蜜浸炙、盐浸炙	27
《严氏济生方》	去芦，盐水浸焙或蜜水炙或生用；或去芦，洗净，寸截，捶扁，冷盐水润透，然后蒸焙	切制、盐浸、盐蒸、蜜炙	28
《外科精要》	去叉芦，用盐水温润，器乘板上，蒸3次，烘干，铤细	盐润、盐蒸	29
《卫生宝鉴》	去芦皱，碎铤，桶铤，竹筛齐之用	切制	30
《仁术便览》	刮皮，去芦，水洗，切	净制	31
《普济方》	去芦头，细铤，焙干，为细末，入白蜜1匙，好酒1升，煮如糊；净洗，寸截，捶碎，擎如丝状，以盐汤浸透，微火炙酥，铤；打扁2寸许切，以汤泡蜜，浸半日控干焙黄，盐炒酒浸	蜜酒煮、盐浸、盐炒、酒浸、蜜焙	17
《外科理例》	盐水润，磁器饭上蒸3次，焙干	盐润、盐蒸、盐焙	29
《本草纲目》	捶扁，蜜水炙数次以熟为止；或以盐汤润透，盛在器皿中，在汤瓶内蒸熟切片用	切制、蜜炙、盐蒸	32
《仁术便览》	刮皮去芦，水洗切，蜜炙	蜜炙	31
《医宗粹言》	削皮，劈开，蜜水涂炙，慢火炙过	蜜涂炙	26
《寿世保元》	每1两，用桂1钱煎汤，将碗盛，饭蒸熟	药汁制	33
《景岳全书》	去芦，盐水拌炒	盐拌炒	34
《医宗必读》	去芦，蜜炙或蜜水炒	蜜炙、蜜炒	35
《本草乘雅半偈》	修治去头上皱皮，蒸半日，劈作细条，槐砧铤用	蒸制	36
《外科大成》	上部酒拌炒，中部米泔水浸炒，下部盐水炒	酒拌炒、米泔水浸炒、盐炒	37
《本草新编》	0.5 kg，用防风1两，先将防风用水10碗煎数沸，漉去防风之渣，泡黄芪二刻，湿透，以火炒之干，再泡透又炒干，以汁干为度，再用北五味3钱煎汤一大碗再泡，半干半湿复炒之，火焙干得地气然后用之	药汁制	38
《本草汇》	去皮刮皮，蜜水涂炙	蜜炙	39
《嵩崖尊生全书》	凡使恶寒酒炒，胃虚泔炙，外科用盐，嘈杂用乳，无汗煨用，有汗蜜炙，生亦泻火	酒炒、米泔炙、乳炒、煨制、蜜炙、盐炙	29
《本草从新》	槌扁，蜜炙	蜜炙	40
《本草求真》	槌扁，蜜炙，盐汤蒸润，切片	切制、蜜炙、盐蒸	41
《医学从众录》	1两5钱，用川芎1两，酒煎收入，去川芎	药汁制	42
《外科证治全书》	酒浸1宿；盐水炒	酒浸、盐炒	43
《增广验方新编》	1 kg，洗净，切片，烘干，第1次用木通2两煎水泡一夜，晒干；第2次升麻1两，照前；第3次丹皮2两4钱，照前；第4次沙参3两5钱，照前；第5次玉竹4两6钱，照前；第6次制附子1两，照前；第7次五味2两，照前；第8次防风2两，照前；第9次蜜糖3两拌炒，制完蒸过，7日可服；每用2钱，水1杯，饭蒸好，临时兑水少许服，渣再煎服	九制	44

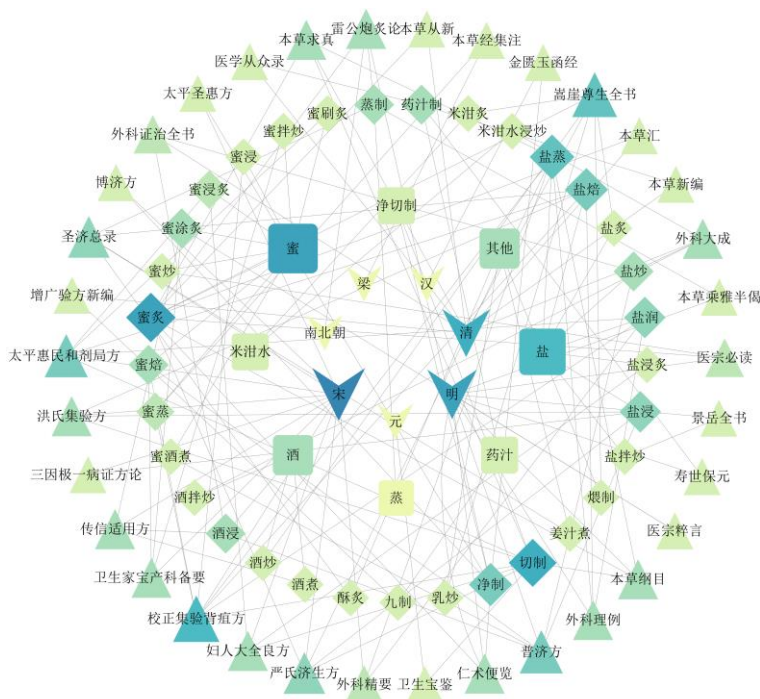


图 1 黄芪炮制沿革的可视化分析

Fig. 1 Visual analysis of *Astragali Radix* processing history

2 现代炮制工艺研究

黄芪炮制工艺的现代研究以“药材产地炮制加工一体化”为主流方向，鲜黄芪一步加工到饮片，不再经历干燥后闷润的繁琐步骤，并结合现代仪器设备对黄芪的蜜制工艺进行优化，使黄芪加工更趋于质量稳定、标准统一。而米炒、盐炙等方法在各省仍有继承并使用的现象，其炮制品标准主要以炮制者经验而论，尚未形成省市统一的地方通用标准规范，而酒制、米泔制、乳制等鲜有对其进行实验研究。现代炮制方法见表 2，各省炮制规范收纳的黄芪特殊炮制方法见表 3。

2.1 浸润干燥工艺

传统药材浸润软化的原则为“少泡多润，药透水尽”，此原则为经验原则，并没有统一标准，为防止有效成分的损失，因此需要确定黄芪浸润干燥的最佳工艺。孙乐等^[63]用高效液相色谱法对黄芪药材的软化温度、浸润时间、润透时吸水量、干燥温度和时间设计单因素实验，以黄芪甲苷、毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量、饮片的外观性状含水量为评价指标，并结合实际生产的需要，确定黄芪浸润与干燥的最佳炮制工艺为浸润时间 3.8~18.0 h、浸润温度 5~35 °C、润透吸水量为 14%~18%、干燥温度 70~80 °C、干燥时间 3.5~4.5 h。吴红伟等^[64]采用响应面法结合熵权法以黄芪含水量、发汗时间、揉搓次

数、干燥温度为因素设计实验，以总黄酮、总多糖、黄芪甲苷、芒柄花苷、毛蕊异黄酮及毛蕊异黄酮葡萄糖苷、水溶性浸出物为考察指标，黄芪产地炮制加工在黄芪含水量 50%、发汗 3 d、揉搓 2 次、51 °C 干燥为最佳工艺。沈秀娟等^[65]采用 Box-Behnken 中心组合设计，对闷润时间、干燥温度、干燥时间 3 个因素进行实验探究，以黄芪甲苷、毛蕊异黄酮苷的含量和外观性状为评价指标，最终优化得到的稳定的炮制工艺参数为药材闷润 3 h、干燥温度 50 °C、干燥时间 4 h。宋崎等^[66]以黄芪甲苷为检测指标，选择浸泡时间、润软时间、干燥温度为考察因素，采用正交实验优选黄芪的最佳炮制工艺，发现在浸泡 0 h、润软 4 h、干燥温度 80 °C 可最大限度地保留药材有效成分。

2.2 黄芪蜜制工艺

黄芪蜜制由来已久，传统制法为蜜炙黄芪，对其炒制温度、时间等均凭炮制工个人经验确定炮制品终点，现今随着炮制技术的现代化发展，蜜制工艺也得到了创新。侯敏娜等^[67]用微波炮制法，在单因素（蜂蜜用量、闷润时间、炮制时间、微波火力）考察的基础上，将蜜黄芪中总黄酮、总皂苷提取率、水溶性浸出物含量和饮片外观性状的总评归一值（OD）作为考察指标，发现炮制 81 s、蜂蜜用量 34%、微波火力 82%、闷润 6.1 h，所得蜜黄芪最

表2 黄芪炮制方法的研究记载

Table 2 Research records of *Astragalii Radix* processing methods

炮制品	炮制方法	文献
生饮片	取黄芪干药材,用40℃左右的温水浸泡5 min,浸润后用温麻布覆盖在黄芪上进行润化,2 h后切成小片,晾干干燥	45
炒黄芪	将黄芪直接置于锅内,用文火翻炒至棕黄色或黄色,取出放凉干燥	46
蜜黄芪	用适量开水稀释炼蜜,将蜜水加入黄芪片并拌匀,焖透,文火炒至深黄色且不黏手时,取出并放凉	46
	取黄芪质量25%的炼蜜,和水以质量比1:1混合后,加入净黄芪片,拌匀,闷润30 min,置锅内,200~240℃炒炙至饮片表面温度为100℃,取出,放凉,筛去碎屑	47
	取黄芪饮片100 kg,蜜水的制备:将35 kg的炼蜜加入18 L沸水(80~100℃)中溶解稀释,然后将蜜水喷淋入黄芪饮片中,拌匀,闷润约2 h,待蜜水完全吸尽后且完全渗入药物组织内部时,置加热的CYJ-700型滚筒式炒药机内,80~120℃炒制,炒制过程中观察饮片的颜色变化,待黄芪表面呈深黄色,不黏手时,取出,晾凉,筛去碎屑	48
	将稀释后的炼蜜与黄芪饮片进行混合闷煮,随后利用文火炒干至深黄色且不黏手,取出放凉干燥	49
酒黄芪	称取中药黄芪饮片300 g加入米酒60 mL进行搅拌,使米酒与药材浸润充分后,静置60 min后炒干,取出放凉干燥	50
	取黄芪,加米酒拌匀,放1 h后炒之;每黄芪100 kg,用米酒12.4 kg	51
	在300 g黄芪中加米酒60 mL并搅拌均匀,放置1 h后炒干,取出放凉干燥	46
盐黄芪	取黄芪饮片用盐水拌匀,润透至盐水尽时,置锅内用文火微炒,取出放凉;每黄芪500 g,用食盐9 g,水适量	51
	取黄芪片100 kg,食盐2 kg、清水8~10 kg拌匀,闷润至盐水被吸尽时,置锅内用文火炒至深黄色,取出放凉	52
	取黄芪饮片300 g,加入5%盐水150 mL,不断搅拌使盐水完全吸入黄芪饮片中,充分润透;把润透后的黄芪饮片置于锅中炒干后,继续炒制10 min至黄芪药材表面为100℃,取出放凉干燥	53
	将黄芪片300 g用盐水(6 g盐)浸泡并搅拌均匀,润透直至盐水耗尽,置于锅内并用文火微微炒制,取出放凉	46
米黄芪	取米置锅内炒黄,倒入净黄芪片拌炒至棕黄色,取出,筛去米,放凉;每黄芪100 kg,用米20 kg	51
	按每100 kg黄芪,用米20 kg,称取米,用文火将米炒至微黄,投入净黄芪片置锅内,用文火拌炒至米转黄色、黄芪深黄色、具米香气时,取出,筛去米,放凉	52
	将黄芪300 g与稻米60 g进行混合翻炒,直到出现棕黄色时起锅并去除稻米	54
	将稻米60 g置于锅内翻炒至淡黄,加入净黄芪300 g并拌炒至棕黄色取出,去米并放凉	46
盐麸制	取麸皮炒热后,加入黄芪片炒热,筛去麸皮,加盐水喷匀,用微火烘干;每黄芪500 g,用食盐186 g,水与麸皮适量	51
	取适量麸皮炒热后,加入生黄芪片300 g炒热,筛去麸皮后,用120 g食盐化水喷匀,用微火烘干	55
	蜜糠炙黄芪的制备,取定量的炼蜜和白开水,置容器内拌和溶化,得蜜水溶液;将干燥黄芪饮片投入溶液中拌匀,麻布遮盖闷润1 d,经常翻动,使药汁透尽,取出稍晾干;取定量的净干糠,入热锅内用文火边炒边淋入一定浓度的蜜水,至蜜糠不黏糊结团时将蜜糠向四周铺开,投入蜜水润过的黄芪饮片,先文火,后微火,不断翻动,慢慢炒炙,至内外转金黄色,微黏手时出锅,筛去糠及灰屑,摊凉至干爽酥脆、不黏手时,入陶器内密闭贮藏;辅料用量为每100 kg净药材,用炼蜜25~30 kg(润药,用炼蜜20~25 kg,掺开水或温黄酒4~5 kg;炼糠,用炼蜜5 kg,掺开水1 kg);每次入锅饮片与净干糠的质量比2:1	56
蜜酒炙	取净选分档后的黄芪片,按每100 kg黄芪,用蜂蜜20 kg、黄酒5 kg比例加入黄酒、蜂蜜拌匀,闷润至蜜液被吸干,置锅内用文火炒至金黄色、不黏手时,取出晾干	52
米蒸的盐浸黄芪	取黄芪饮片300 g,加入150 mL盐水(质量分数为5%),不断搅拌使盐水完全吸入黄芪饮片中,充分润透,自然晾干,取400 g大米平铺于容器中,加入800 mL水浸泡大米30 min,使米泡透,再用水浸透屉布平铺于蒸屉中;把泡透的大米平铺于纱布表面,直径35.5 cm,平均厚度8 mm,用另一块水浸透的屉布平铺于米上,将润透盐水的黄芪片平铺于屉布上至于锅中;电锅中加入水2500 mL,加热至圆气时开始计时,电锅(800 W档位)蒸制40 min	53

表3 省级黄芪炮制规范收入的特殊炮制方法

Table 3 Characteristic processing of *Astragalus Radix* contained in processing standards of each province

炮制品	炮制方法	省级炮制规范	文献
蜜麸制黄芪	将锅烧至微红,撒入蜜炙麸皮,待冒烟时,将黄芪放入,迅速翻动拌炒,至表面微黄色,取出,筛去麸皮;商品性状切面淡黄色至黄色,略具焦香气	《上海市中药炮制规范》	57
米黄芪	先将米炒至微黄,然后投入净黄芪,用文火炒至米转黄色时,黄芪片颜色转深,有香气时,取出,筛去米,摊凉;每黄芪 100 kg,用米 20~30 kg;商品性状米炒表面深黄色,气甘香,味甜	《广东省中药炮制规范》	58
	取大米置锅内,炒至黄色,加入黄芪饮片,用文火炒至表面棕黄色至黄棕色,取出,晾凉,筛去大米及碎屑,即得;每 1 kg 黄芪饮片,用大米 200 g;商品性状本品为厚片,表面棕黄色至黄棕色,切面皮部黄白色至棕黄色,木部有放射状纹理及裂隙,体泡软绵,气清香,味微甜,嚼之微有豆腥气	《云南省中药饮片标准》2005年版	59
盐黄芪	将黄芪片与盐水拌匀,闷润至盐水尽时,至锅内用文火微炒,取出,放凉;每 500 g 黄芪片,用食盐 9 g,加水适量化开澄清;商品规格形如黄芪片,表面色泽加深,略有咸味	《河南省中药炮制规范》(修订本)	60
	取黄芪片,照盐水炙法炒干;商品性状形如黄芪,色略深,味微咸	《福建省中药炮制规范》	61
黄芪粉	取净黄芪,研细粉,过筛,即得;商品性状本品为黄白色粉末,气微,味微甜,嚼之有豆腥味	《内蒙古蒙药材炮制规范》	62
	取药材,净选,洗净,破碎,干燥,粉碎成中粉,即得,商品性状本品为黄白色至黄色粉末,气微,味微甜,尝之微有豆腥味	《云南省中药饮片标准》2005年版	59
黄芪皮	将药材除去杂质,洗净,润透,切丝(宽 2~3 mm),干燥,筛去灰屑;或直接取黄芪药材,除去杂质,洗净,润透,剥去中间木部,切丝,干燥,筛去灰屑	《上海市中药炮制规范》	57

佳。任天航等^[68]采用层次分析法结合设计-响应面法对炮制温度、时间、蜂蜜与水的比例进行单因素考察,以黄芪蜜制后中毛蕊异黄酮葡萄糖苷、芒柄花苷、黄芪皂苷 I、水溶性浸出物的含量及外观性状评分为评价指标,得到炮制温度 139.41 °C、时间 6.04 min、蜜水比为 1:0.680 2 为炙黄芪最佳炮制工艺参数。陈靖等^[69]采用均匀设计实验,以辅料比例、浸润时间、炒制时间、炒制温度为因素进行考察,以黄芪甲苷含量及水溶性浸出物含量为评价指标,发现加 7 倍蜜水、浸润 0.5 h、炒制 13 min、温度 70 °C 为蜜炙黄芪最优工艺。杨志城等^[70]基于 Box-Behnken 响应面分析法对蜜水稀释比例、炒制时间、炒制温度等多因素进行分析,以炙黄芪中毛蕊异黄酮苷、黄芪甲苷、总皂苷、总多糖、总黄酮、药材含水量等为考察指标进行加权计算,得到炙黄芪最佳工艺是蜜水稀释比 1:0.603 4、炒制温度 147.74 °C、炒制时间 4.887 min。周倩等^[47]应用正交实验设计对传统黄芪蜜制工艺标准确立,主要对

蜜水比、闷润时间、炒制温度与成品出锅温度进行正交实验,以炙黄芪外观性状和指纹图谱特征峰峰面积为指标进行评价,其稳定的制备工艺参数为蜜水质量比 1:1、闷润 0.5 h、炒制温度为 200~240 °C、成品出锅温度 100 °C。

蜜麸炒黄芪,为蜂蜜与麦麸共同炮制黄芪。张金莲等^[56]采用星点设计-效应面法对炼蜜用量、炒制时间和温度为变量进行分析,将黄芪甲苷、毛蕊异黄酮葡萄糖苷、总黄酮及水溶性浸出物含量的 OD 值作为考察指标,发现黄芪样品 40 g 时,加炼蜜 9.6 g,炒制时间 4 min,炒制温度 210 °C 时,蜜糠炙黄芪的工艺最优。

2.3 其他炮制工艺

黄芪古代的炮制方法大都失传,现代研究也较少,但有学者对黄芪的盐制、醋制进行研究。陈靖等^[69]发现盐炙黄芪最优工艺为 1 倍盐水、浸润 0.5 h、炒制 5 min、温度 240 °C;醋制黄芪最优工艺为 1 倍醋、浸润 0.5 h、炒制 5 min、温度 70 °C。

通过对黄芪现代的炮制工艺进行整理分析，发现不同研究者所用的分析方式不同，建立的考察因素不同，导致所呈现的工艺也不相同，除常见的时间、温度、辅料比等因素还出现了“揉搓”等特殊的地方炮制方式，并发现“最优”的炮制工艺仅出现在研究者所规定的指标下，因此并不具备统一性，对此提示炮制界应当对饮片现代化加工方面应当探索统一的参评指标，逐步优化分析方法，吸收传统炮制手段，力求达到全国公认的饮片炮制工艺。

3 化学成分

目前，黄芪中检测到的化学成分已超过 200 种，其主要活性成分为多糖类、三萜皂苷类、黄酮类化合物，此外还包括蒽醌、生物碱、氨基酸和金属元

素等成分^[71]。现对其主要活性成分进行整理。

3.1 多糖类成分

黄芪多糖是黄芪中生物活性较强的一类大分子化合物，包括黄芪多糖 I~III，杂多糖 AH-1、AH-2、酸性多糖 Amon-S^[72]，其由单糖所构成，其水解、乙酰化所得到的单糖有 L-鼠李糖、L-阿拉伯糖、D-葡萄糖、D-甘露糖等^[73]。

3.2 皂苷类成分

黄芪中皂苷类成分主要为三萜皂苷，由皂苷元与糖基通过糖苷键连接形成。目前黄芪中提取分离的三萜皂苷类成分包括黄芪皂苷、异黄芪皂苷、环黄芪苷、乙酰黄芪皂苷、大豆皂苷等^[74]，见表 4 和图 2。

表 4 黄芪中的皂苷类化合物
Table 4 Saponins in Astragali Radix

编号	化合物	文献	编号	化合物	文献	编号	化合物	文献
1	黄芪皂苷 I	75	6	黄芪皂苷 VI	75	11	乙酰黄芪皂苷 I	78
2	黄芪皂苷 II	75	7	黄芪皂苷 VII	75	12	大豆皂苷 I	75
3	黄芪皂苷 III	75	8	黄芪皂苷 VIII	75	13	三萜环黄芪醇	75
4	黄芪皂苷 IV	75	9	异黄芪皂苷 I	76			
5	黄芪皂苷 V	75	10	异黄芪皂苷 II	77			

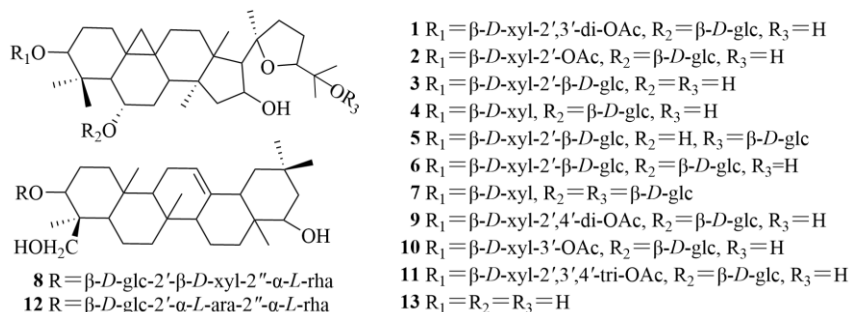


图 2 黄芪中的皂苷类化合物结构
Fig. 2 Structures of saponins in Astragali Radix

3.3 黄酮类成分

黄芪中的黄酮类成分以黄酮类、异黄酮类、异黄烷类和紫檀素型黄酮类等为主，包括黄酮苷元和糖苷等成分^[79]，见表 5 和图 3。

3.4 氨基酸类成分

黄芪富含多种氨基酸，以天冬氨酸、谷氨酸和脯氨酸为代表，另外还有必需氨基酸亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸等和非必需氨基酸丝氨酸、谷氨酸、天冬氨酸、精氨酸等^[58]。

4 不同炮制方法对黄芪化学成分的影响

黄芪中含有多种活性成分，黄芪多糖是黄芪中

含量最高、免疫活性最强的成分^[81]，此外还有皂苷类、黄酮类等化合物，大量研究发现黄芪活性成分在抗炎、抗病毒、抗肿瘤、抗糖尿病、抗氧化、保护神经等方面都具有良好的治疗作用，因此大量炮制学者热衷于研究黄芪炮制前后主要活性成分变化，并以此推断黄芪中化学成分的性质，并希望寻找较为合适方法对黄芪进行炮制，增加黄芪中有效成分的溶出率，避免造成资源的浪费，提高黄芪的利用率。

4.1 对糖类成分的影响

赵霞^[55]采用硫酸-苯酚法测定黄芪的生品、炒

表5 黄芪中的黄酮类成分

Table 5 Flavonoids in *Astragali Radix*

编号	化合物	文献	编号	化合物	文献
14	山柰酚	75	24	刺芒柄花素-7-O-β-D-葡萄糖苷-6"-O-丙二酸酯	80
15	槲皮素	75	25	毛蕊异黄酮-7-O-β-D-葡萄糖苷-6"-O-丙二酸酯	80
16	异鼠李素	75	26	2'-羟基-3',4'-二甲氧基异黄烷-7-O-β-D-葡萄糖苷	80
17	鼠李柠檬素	75	27	黄芪异黄酮-7-O-β-D-葡萄糖苷-6"-O-丙二酸酯	80
18	熊竹素	75	28	异微凸剑叶莎醇	80
19	刺芒柄花素	80	29	8,2'-二羟基-7,4'-二甲氧基异黄烷	75
20	毛蕊异黄酮	80	30	3-羟基-9-甲氧基紫檀烷	75
21	刺芒柄花素-7-O-β-D-葡萄糖苷	80	31	3-羟基-9,10-二甲氧基紫檀烷	80
22	毛蕊异黄酮-7-O-β-D-葡萄糖苷	80	32	9,10-二甲氧基紫檀烷-3-O-β-D-葡萄糖苷	80
23	毛蕊异黄酮-3-O-β-D-葡萄糖苷	80			

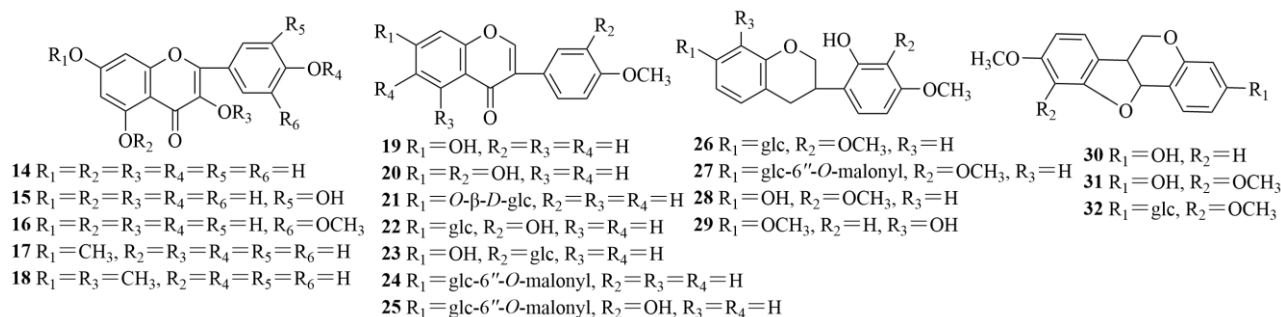


图3 黄芪中黄酮类化合物结构

Fig. 3 Flavonoid structures in *Astragali Radix*

品、蜜制品、盐麸炒品 4 种不同炮制方法对总多糖成分含量的影响，多糖成分含量由高到低为蜜黄芪 > 盐麸炒黄芪 > 生黄芪 > 炒黄芪。李利明^[46]对黄芪酒制品、盐制品、炒品、生品、米炒品 5 种炮制品的糖类成分进行分析，发现酒黄芪最高，盐黄芪次之，接着依次为炒品、米制品、生品。余文强^[54]对酒炙、米炒、蜜炙、盐炙、清炒 5 种炮制所得的黄芪炮制品的糖类成分含量进行统计分析，多糖类和还原糖成分以炒黄芪最高，生品最低，水溶性糖以米黄芪最高，生品最低。李曼曼等^[45]比较炒品、酒炙品、生品 3 种黄芪炮制品的糖类成分差异，炒黄芪略高于酒炙黄芪并高于生品。江国荣等^[49]用高效液相色谱法测定生黄芪、炒黄芪、酒黄芪、盐黄芪 4 种炮制品的糖类成分含量，多糖成分酒制品最高，盐制品次之，炒品和生品含量较低，水溶性糖则以生品最高。田源红等^[82]采用硫酸-苯酚法测定黄芪生品、酒制品、盐制品、米制品、盐制品及炒制品中还原性糖、水溶性糖和多糖的含量，结果表明酒炙黄芪中多糖含量最高。黄芪炮制后糖类成分

的含量变化见表 6。

蜜制黄芪其多糖类成分含量会增加，因为蜂蜜含有果糖和葡萄糖，蜜制时会增加蜂蜜中的多糖的转化；而酒制则是酒作为极性溶剂可增加多糖成分的溶出；盐制是盐类成分渗透到组织后会增大黄芪纤维的溶解性，使多糖成分溶出；炒制则是通过高温使多糖类成分变性、碳化，溶出率降低。但也有实验与此结果有差异，笔者推测可能是炮制的工艺参数差异所导致。

4.2 对皂苷类成分的影响

王建舫等^[86]对用炒制、盐制、酒制所得的黄芪制品与生品对比分析炮制后黄芪甲苷含量。与生品相比，酒黄芪中黄芪甲苷含量则增加 9.14%，炒黄芪和盐黄芪中黄芪甲苷含量分别降低 18.27% 和 15.05%，表明酒制可提高皂苷成分的溶出度。赵霞^[87]采用香草醛-冰乙酸、高氯酸显色法测定黄芪生品、炒品、蜜制品和盐麸炒品 4 种不同炮制方法对总皂苷成分含量的影响，总皂苷成分含量由高到低为蜜黄芪 > 盐麸炒黄芪 > 生黄芪 > 炒黄芪。刘德旺等^[50]

表 6 黄芪炮制后糖类成分的含量变化

Table 6 Changes in content of sugars after *Astragali Radix* processing

化合物	不同炮制方法对应的含量变化							文献	
	酒制	蜜制	盐制	米制	炒制	盐麸制	麸炒		醋制
多糖	↑		↑	↑	↑				46,54
		↑			↓	↑			55
	↑				↑				45
	↑		↑		↑				49
	↑		↑	↑	↑	↑			82
	↓	↓	↓		↓				50
		↓			↓				83
	↑	↑	↑	↓	↓		↓		84
还原性糖	↑	↑	↓					↓	85
	↓		↓	↓	↓				46
	—		↓	—	↑				54
	↓		↓		↑				45
水溶性糖	↓		↓	↓	↓	↓			82
	↓		↓	↓	↓				46
	↑		↑	↑	↑				54
	↑				↑				45
	↓		↓		↓				49
	↓		↓	↓	↓	↓			82

“↑”-上升 “↓”-下降 “—”-无显著差异, 下表同

“↑”-rise “↓”-decline “—”-no significant difference, same as below tables

分别检测了黄芪原药材、生饮片、炒品、蜜制品、酒制品、盐制品中总皂苷及黄芪甲苷的含量, 单从含量上判断, 原药材皂苷类成分含量较高。黄芪炮制后皂苷类成分的含量变化见表 7。

蜜制可增加黄芪中皂苷的含量, 盐制也会有所增

加, 笔者推测盐类成分渗透到组织后会增大黄芪纤维质的溶胀, 增加溶出度; 炒制是高温使皂苷类成分变性、碳化, 增加皂苷的水解程度; 多数情况下黄芪生品皂苷含量最高, 可能是黄芪炮制品均需经过高温加热, 导致黄芪总皂苷和黄芪甲苷的结构破坏。

表 7 黄芪炮制后皂苷类成分的含量变化

Table 7 Changes in content of saponins after *Astragali Radix* processing

化合物	不同炮制方法对应的含量变化						文献
	酒制	蜜制	盐制	炒制	盐麸	醋制	
总皂苷	↓	↑	↓	↓			50
		↑		↓	↑		87
黄芪皂苷 II		↑					83
		↓					88
黄芪甲苷	↓	↓	↓	↓			50
	↑		↓	↓			86
黄芪皂苷 I	↓	↑	↓			↓	88
		↓	↓				85
大豆皂苷 I		↓					88

4.3 对黄酮类成分的影响

李利明^[46]对黄芪酒制品、盐制品、炒品、生品、米炒品 5 种炮制品中毛蕊异黄酮、芒柄花素、芒柄花素-7-O- β -D-葡萄糖苷及毛蕊异黄酮-7-O- β -D-葡萄糖苷 4 种黄酮类成分进行对比分析,发现酒黄芪中黄酮类成分较生品显著增加,蜜制品黄酮类成分会下降,盐、米等辅料炮制方法对黄芪黄酮成分影响较小。王思路等^[89]用高效液相色谱法检测生黄芪、炒黄芪、酒黄芪、盐黄芪、蜜黄芪中黄酮类成分芒柄花素含量的差异,发现生品中含量最高,炒制、酒制、盐制对芒柄花素含量均差异不大,蜜制则降低了黄酮成分的含量。宋肖炜等^[90]用高效液相色谱法分析黄芪经蜜、盐、米、酒等辅料炮制后黄芪中黄酮类成分的含量变化,以毛蕊异黄酮-7-O- β -D-葡萄糖苷、芒柄花素-7-O- β -D-葡萄糖苷、毛蕊异黄酮、芒柄花素 4 种黄酮类成分为指标性成分进行分析,结果发现酒制可增加黄芪黄酮类成分的溶出,蜜制则会降低黄酮含量,米制和盐制对黄酮成分影响不显著。余文强^[54]对酒炙、米炒、蜜炙、盐炙、清炒 5 种炮制方式所得的黄芪炮制品的黄酮类成分含量进行统计分析,以芒柄花素、芒柄花素-7-O- β -D-葡萄糖苷、毛蕊异黄酮、毛蕊异黄酮-7-O- β -D-葡萄糖苷 4 种标志性成分具体分析,得到一致性结论为酒炙黄芪可以最大限度地保留黄芪的黄酮类成分。李曼曼等^[45]比较了炒品、酒制品、生品 3 种黄芪炮制品中黄酮类成分差异,发现酒制品含量最高。黄芪炮制后黄酮类成分的含量变化见表 8。

酒制可增大黄芪中黄酮类成分的溶出,原因为黄酮类成分为醇溶性成分,酒制中乙醇会有助溶的作用,笔者推测传统沿用的蜜制法会降低黄酮成分的溶出,可能是因为蜜制品黏性较大,浸润药材表面,不易粉碎,溶出率受限制;米作为固体辅料混合炒制会吸附黄芪炮制时流出的活性成分,并推测炒制温度对黄酮类成分影响较小。

4.4 对氨基酸类的含量影响

吴云高等^[92]将生黄芪、炒黄芪、米黄芪、蜜黄芪、盐黄芪、酒黄芪、麸炒黄芪 7 种炮制品用 piCo-tag 氨基酸分析系统检测黄芪炮制品中氨基酸的含量,得到结果由高到低依次是生黄芪、炒黄芪、酒黄芪、盐黄芪、米黄芪、蜜黄芪、麸炒黄芪。江国荣^[49]用高效液相色谱法测定生黄芪、炒黄芪、酒黄芪、盐黄芪 4 种炮制品氨基酸成分含量,炮制不会影响氨基酸的种类,但是含量会有差异,由高到低依次为

生品、炒品、酒制品、盐制品。

上述结果表明黄芪中氨基酸含量均以生品最高,黄芪中的氨基酸成分容易受到高温或其他辅料的影响,破坏其结构,使其成分含量降低。

5 功效主治历史沿革

关于黄芪炮制作用的系统理论形成于明清时期,清朝李中梓提出:“古人制黄芪多用蜜炙,愚易以酒炙,既助其达表,又行滞性,若补肾及崩带淋浊药中,须盐水炒之”,认为黄芪酒炙,可助黄芪行气达表,增加其行气之功,同时增加黄芪行气活血的力量,要优于蜜炙法;若用于补肾,则用盐水炒。黄芪生品益气卫表、托毒生肌、利水消肿,常用于气虚所致卫气不固、体虚自汗、水道不利、痈疽不溃或疮久不敛;炙黄芪甘缓温润,发挥增益作用,增强补气升阳,益气补中、温肺润燥的功效,多用于上中下三焦,适用于肺脾气虚、虚劳久咳、气短乏力、中气下陷、食少便溏、气虚便秘、脱肛下坠及气虚不摄血所致的出血症如崩漏、便血等;米制黄芪具有焦香之气,具有补益脾胃、健脾止泻的功效,治疗脾胃虚弱、脾虚泄泻,同时可矫正黄芪豆腥之气;酒制黄芪,凭借酒的升提之性,引药入上焦,结合酒本身活血祛瘀散寒的功效,主治肺气虚所致寒凝之证;盐制黄芪,盐制走肾脏,引药入肾经,主补肾,有滋阴降火、利水消肿的功效,治疗肾虚气薄等病证;米泔水制黄芪,去燥性和中,长期服用黄芪等补益之药会产生燥性,尤其是阻碍胃肠正常运化;乳制黄芪,可用于治疗嘈杂病,此病证表现为胃中空虚、似饥非饥、似辣非辣、似痛非痛、莫可名状、时作时止的一种病证。黄芪功效主治的历史沿革见表 9。

6 药理作用

黄芪的功效和临床应用由千年来大量医药学家在临床应用实践中验证总结得来。《主治秘要》云:气温味甘,气薄味厚,可升可降,阴中阳也;补诸虚不足一也;益元气二也;去肌热三也;疮疡排脓止痛四也;壮脾胃五也。又云:甘,纯阳,益胃气,去诸经之痛。去芦并皱,锉用。传统医学解释黄芪性温味微甘,具有补气升阳、固表止汗、利水消肿、生津养血、行滞通痹、托毒排脓、敛疮生肌等功效,用于气虚乏力、食少便溏、中气下陷、久泻脱肛、便血崩漏、表虚自汗、气虚水肿等^[108]。现代药理对黄芪活性成分进行实验研究,发现黄芪及炙黄芪有抗炎、抗肿瘤、降血糖、提高免疫力、保护心脑血管

表 8 黄芪炮制后黄酮类成分的含量变化
Table 8 Changes in content of flavonoids after *Astragali Radix* processing

化合物	不同炮制方法对应的含量变化						文献	
	酒制	蜜制	盐制	米制	炒制	醋制		
总黄酮	↑	↓	↓		↓		50	
	↑	↓	↓	↓			90	
毛蕊异黄酮-7-O-β-D-葡萄糖苷		↑					88	
	↑	↑	↑			↓	85	
		↑					83	
	—	↓	—	—			46	
	↑	↓	↓	—	↓		54	
毛蕊异黄酮	↑				↓		45	
	↑	↓	↓	↓			90	
	↑	↓	—	—			46	
	↑	↓	↑	—	↑		54	
	↑				↑		45	
	↓	↓	↓		↓		50	
	↑	↓	↑	↓			90	
		↓					88,91	
	↑	↑	↑			↓	85	
	—	↓	—	—			46	
芒柄花素-7-O-β-D-葡萄糖苷	—	—	↓	—	↓		54	
	↑				↓		45	
	↓	↓	↓	↓			90	
		↑					83	
		↓					88	
	↓	↓	↓			↓	85	
	—	↓	—	—			46	
	—	↓	—	—	↓		54	
芒柄花素	↑				↓		45	
	↓	↓	↓		↓		50,89	
	↑	↓	↑	↓			90	
		↑					88	
		↓					91	
	↓	↓	↑			↓	85	
	山柰酚		↑					88
	毛蕊异黄酮苷-6'-O-乙酸盐		↑					88
毛蕊异黄酮苷-6'-O-丙二酸酯		↓					88	
芒柄花苷-6'-O-乙酸盐		↑					88	
芒柄花苷-6'-O-丙二酸酯		↓					88	
槲皮素		↑					88	
汉黄芪素		↓					91	
3,9-二-O-甲基尼森香豌豆紫檀酚		↑					91	

表9 黄芪功效主治的历史沿革

Table 9 Historical development of *Astragalus Radix* performance function

炮制	古籍	应用记载	文献
生品	《名医别录》	主治妇人子宫风邪气，逐五脏间恶血，补丈夫虚损、五劳羸瘦，止渴、腹痛、泄利、益气、利阴气，首次明确其通利血脉的功效	93
生品	《药性论》	治发背，内补，主虚喘、肾衰、耳聋、疗寒热	94
生品、蜜制	《医学启源》	生用：益卫固表、痈疽不溃或溃久不敛；炙用：崩带，及一切气衰血虚之证，利水消肿、托毒生肌	95
蒸制、姜汁制	《圣济总录》	蒸过焙干，生姜汁煮三十沸焙干	16
生品	《汤液本草》	上中下内外三焦之药及其治疗虚汗、自汗、肤痛、咯血、伤寒尺脉不至	96
生品、蜜制	《药鉴》	温分肉而实腠理，益元气而补三焦，内托阴症之疮痍，外固表虚之盗汗；如痈疽已溃者多用，从里托毒而出；又能生肌收口，补表故也；蜜炙用之，大能止汗，生用又能发汗，用之于痘家	97
生品、盐制	《药品化义》	性温能升阳，味甘淡，用蜜炒又能温中，主健脾、主补肺，故表疏卫虚，诸毒溃后，收口生肌，及痘疮贯脓，痈疽久不愈者，从骨托毒而出，必须盐炒；痘科虚不发者，在表助气为先，又宜生用	98
蜜制	《本草通玄》	黄芪蜜炙可增强其补中益气功效，常用于脾肺气虚、中气下陷证	99
生品、蜜制	《景岳全书》	生者微凉，可治痈疽；蜜炙性温，能补虚损	34
生品、蜜制、盐制	《医学入门》	治痈疽生用，治肺气虚蜜炙用，治下虚盐水或蒸或炒用	100
盐制	《炮制大法》	疮疡药中，盐水炒用	101
生品、蜜制	《本草蒙筌》	生用治痈疽，蜜炙补虚损	102
生品、蜜制	《长沙药解》	凡一切疮疡，总忌内陷，悉宜黄芪蜜炙用，生用微凉，清表敛汗宜之	103
生品、蜜制、盐制、酒制	《本草求真》	血虚肺燥捶扁蜜炙，发表生用，气虚肺寒酒炒，肾虚气薄盐汤蒸润切片用	41
蜜制	《本经逢原》	治伤寒尺脉不至，补肾脏元气不足	104
生品、蜜制	《本草便读》	生者虽补中而善行卫分，能益气固表；炙用则大补中气，有阳生阴长之理	105
生品、蜜制	《本草备要》	生用固表，无汗能发，有汗能止，温分肉，实腠理，泻阴火，解肌热；炙用补中，益元气，温三焦，壮脾胃，生血生肌，排脓内托，疮疡圣药	106
生品、盐制、乳制、米泔制	《得配本草》	嘈杂病乳炒，解毒盐水炒，胃虚米泔炒，煖胃，除泻心火、退虚热、托疮疡，生用	107
盐制	《本草从新》	如欲其稍降盐水炒，用盐水炒，以制其升性	40
九制	《增广验方新编》	九制黄芪，与人参同功，气虚者服之最佳	44
药汁制	《本草新编》	黄芪 0.5 kg，用防风 1 两，先将防风用水十碗煎数沸，漉去防风之渣，泡黄芪 2 刻，湿透，以火炒之干，再泡透又炒干、以汁干为度，再用北五味 3 钱煎汤一大碗又泡，半于半湿复炒之，火焙干得地气然后用之	38

管、保护脑细胞等免受氧化应激；临床上黄芪广泛用于免疫、心脑血管、循环、呼吸、消化、神经系统等系统性疾病^[109]。

6.1 增强免疫作用

黄芪具有补中益气的功效，其中黄芪的多糖类成分可促进人体细胞的代谢功能，尤其是免疫细胞的活性，提高机体的免疫功能。石永芳^[110]通过研究黄芪多糖溶液对氢化可的松造模诱导的免疫功能低下小鼠模型的影响，发现黄芪多糖溶液可加快模型

小鼠血液中溶血素的生成，增加胸腺和脾脏质量，提高淋巴细胞的转化率，表明黄芪多糖类成分可以促进提高免疫力。刘俊秋^[111]使用免疫学和血浆代谢组学验证黄芪多糖可改善小鼠脾淋巴细胞增殖转化率和活力，增加脏器质量，从而增强机体正气，抵御外邪。

增效是中药炮制目的之一，现代药理研究表明黄芪蜜制后具有增强免疫的作用。杨中林等^[112]采用碳粒廓清实验，比较生品与蜜制品在补气增强免疫

方面的作用,发现蜜制品可以提高巨噬细胞的吞噬能力,并提高非特异性免疫。葛秀允等^[113]发现炙黄芪可显著增强免疫活性,与生品相比蜜制品可显著增强经刀豆蛋白 A 诱导的小鼠脾淋巴细胞增殖能力,并且证明多糖为黄芪主要免疫活性成分,这与蜜制可使多糖类成分增加相关。

6.2 抗肿瘤作用

杨冰等^[114]发现黄芪黄酮组分抑制肿瘤生长及调节免疫的机制可能与调控 X-box 结合蛋白 1 (X-box binding protein 1, XBP1) 介导的内质网应激 (endoplasmic reticulum stress, ERS) 相关,黄芪中黄酮类成分可促进 ERS 凋亡,介导肿瘤细胞的凋亡,从而抑制 C57BL/6 荷瘤小鼠肿瘤生长,实现抗肺癌的目的。黄芪黄酮组分高剂量可显著降低 XBP1、肌醇需要酶 1、葡萄糖调节蛋白 78 的表达,升高 C/EBP 同源蛋白的表达^[114]。

扶正培本是中医药防治肿瘤的基本法则,中医认为现代医学中肿瘤等病证是由于正气不足引起的,而通过补益人体正气,可以增强机体免疫,提高抵御和祛除病邪的能力,达到防治疾病的目的。由上述理论推断蜜制黄芪在肿瘤防治方面具有较好的疗效,Sha 等^[115]发现黄芪蜜制后多糖成分可以抑制肿瘤细胞的增殖,诱导肿瘤细胞的凋亡,阻止细胞在细胞周期中从 G₁ 转化为 S 期,通过流式细胞术测定蜜制黄芪可以增加免疫原性细胞死亡相关分子的表达,并增加肿瘤组织中免疫细胞的浸润而抑制肿瘤生长。

6.3 改善肺脏疾病

黄芪可以降低血液黏度,降低血小板聚集,改善肺部血液微循环,减低肺动脉压,增强心肌收缩能力和保护缺氧受损的心肌,增强人体抗感染的能力,对肺部疾病有较好的治疗作用,对受损的心肺功能也有较好的辅助治疗作用,现代临床中黄芪被用于治疗肺癌等相关疾病^[116]。Xu 等^[117]研究表明黄芪甲苷 IV 可抑制了肿瘤生长并减少了 Lewis 肺癌的转移数量,并直接作用于巨噬细胞,以抑制巨噬细胞向 M₂ 表型的极化,还可通过调节腺苷酸活化蛋白激酶信号通路抑制肺癌细胞的侵袭、迁移和血管生成。

黄芪入肺经,具有补气益肺之效,常用于肺炎、肺纤维化、肺部感染、急慢性支气管炎、肺气肿及胸膜炎等呼吸系统疾病。晁恩祥在前人的治病经验的基础上并结合自己多年的临床观察,确定了现代

医学的肺纤维化按照中医肺痿论治的学术思想,并提出肺痿属于本虚标实之证,因此根据肺纤维化的病因病机,确定的治法为益气润肺、化痰解毒,疾病用方为肺痿方,方中君药为炙黄芪,味甘微温,归肺脾经,取其补中益气之功效,炙而增强此功效,治疗内劳伤倦^[118]。

6.4 防治心血管疾病

现代研究表明生黄芪能改善血流动力学,增加血流量,防治心脑血管疾病^[119]。韩镕徽等^[120]发现黄芪多糖可改善血管炎症和氧化应激状态,保护血管内皮,黄芪具有抗血栓、降压、提高血浆组织内环磷酸腺苷的含量的作用,可以改变血液黏稠度,流变性,增加纤溶酶的活力,有抗凝血作用,由此防止血栓的形成。其次黄芪具有辅助降压作用^[13],可以松弛血管平滑肌,保护血管内皮细胞,舒张血管,降低血液循环阻力,增加血液的流动性,改善血液循环,可用于预防心肌梗塞、心绞痛、脑梗死等老年性疾病。

历史上曾记载黄芪常用于中风等心血管疾病的治。王清任在总结前人防治中风病的基础上,并结合自己的临床经验提出:中风病所致的半身不遂的病证是因为“气虚血瘀”,而黄芪具有通调血脉、流行经络、活血祛瘀的作用,与本病气虚血瘀病机相合,故用之。

6.5 治疗胃肠疾病

黄芪中的多糖成分可减轻肠道炎症反应、加快胃肠道黏膜修复、改善胃肠黏膜屏障功能。吕琴等^[121]发现生黄芪具有调节水电解质平衡、调控水通道蛋白表达、调节肠道菌群等作用。郑俊等^[122]发现黄芪多糖在肠道菌群的作用下会降解成小分子和产生代谢产物,达到健脾效果,改善脾虚水湿不化大鼠胃肠消化吸收障碍。Zhang 等^[123]发现黄芪甲苷 IV 可以通过双重介导的 p53/miRNA-34a/乳酸脱氢酶 A 和 p53/TP53 诱导糖酵解调节磷酸酶途径抑制糖酵解,并且还可以通过恢复单羧酸转运蛋白 1/4、CD147 和缺氧诱导因子-1 α 的异常抑制糖酵解过程,糖酵解是癌症疾病能量提供的主要途径,胃癌发生前会伴有糖酵解的异常,由此可以推测黄芪甲苷 IV 可通过糖酵解途径对胃癌起到治疗效果。

黄芪炮制品在某些胃肠疾病防治方面疗效显著,沈秀娟等^[124]对 ig 蜜、米、麸炒和生黄芪的脾虚小鼠的胃排空率及小肠推进率进行比较,发现蜜制效果最佳,推测为黄芪的补中益气作用可推动小

肠蠕动。Wu 等^[125]采用蜂蜜制黄芪研究葡聚糖硫酸钠诱导的结肠炎小鼠的影响,发现炙黄芪通过保护肠黏膜、调节细胞因子的表达和影响肠道菌群多样性发挥抗炎活性,且效果优于生品。

6.6 改善肾脏疾病

黄芪具有扩张肾血管,增加肾脏血流量,减压并改善肾脏微循环、降低蛋白尿、逆转高脂血症、调节自身免疫和保护肾功能的作用,对血清型肾炎、糖尿病肾病等疾病有较好疗效。Ji 等^[126]研究发现黄芪注射液在体外可上调 *Cosmic* 基因表达,提高免疫球蛋白 A (immunoglobulin A, IgA) 肾病外周血 B 淋巴细胞 IgA1 O-糖基化水平,可作为黄芪治疗 IgA 肾病的潜在机制。

6.7 保肝作用

研究表明黄芪具有保肝活性,具有减轻肝脏炎症反应、抑制肝星状细胞活化、促进肝星状细胞凋亡、抑制肌成纤维细胞合成、减少细胞外基质合成、抗氧化应激等作用^[127]。在慢性肝疾病发展过程中,肝纤维化病证较为复杂,是肝硬化和肝癌疾病发生的前置环节,Wen 等^[128]针对肝病发生的中间环节进行机制研究,发现黄芪可显著降低血清丙氨酸氨基转移酶、天冬氨酸氨基转移酶、IV 型胶原、透明质酸、层黏连蛋白和 III 型前胶原水平,并抑制胶原沉积和肝星状细胞的活化减轻肝纤维化,并且黄芪可以降低糖基化终末产物受体晚期糖基化终末产物受体、磷酸化丝裂原活化的细胞外信号调节激酶 1/2、磷酸化细胞外调节蛋白激酶 1/2 等炎症信号通路关键蛋白的表达,实验数据表明黄芪通过干预高迁移率族蛋白 B1 介导的炎症信号通路和分泌信号通路,显著抑制肝纤维化,发挥保肝的功效。

7 结语与展望

7.1 黄芪炮制技术的传承

黄芪炮制历史悠久,自南北朝时期就存在擘、剉、去芦等净制方法,而后于宋代出现的蒸、炒、焙、煮、炙等制法,后世伴随蜜、酒、醋、盐、米、乳、药汁等辅料的广泛应用,黄芪也出现各种规格的炮制品,在黄芪炮制传承方面,《中国药典》2020 年版与地方炮制规范主要以生、炙黄芪为主,个别地方炮制规范收录米制、盐制、蜜麸制等炮制品,而酒制、米泔制、乳制等炮制品在现行药典及地方规范中均未收录,在古籍文献中对其炮制过程的记载较为宽泛,面临失传的困境。

中药炮制理论源于实践,用于指导中医临床,其中蕴藏着深厚的思想内涵,虽然并非所有炮制技术均可服务于临床,但这些炮制品在中医药防治疾病的历史长河中具有重要作用,在后期的炮制研究中,有必要在中药炮制理论的指导下,基于临床的安全有效性,通过现代研究技术去探索面临失传炮制品的炮制技术及功效,继承黄芪的炮制技术及文化。

7.2 黄芪加工炮制的工艺及标准研究

目前黄芪加工围绕产地加工与炮制生产一体化为主流研究方向,黄芪在药材产地由鲜药材直接切制而后干燥成饮片,避免多次浸润干燥,并减少有效成分的损失。关于辅料制法研究多集中于蜜制,蜜制法的炮制工艺也伴随红外、微波等加热技术的发展,由烘烤的方式逐渐取代传统的炒制,而盐制、酒制、米炒等其他炮制品因临床应用较少,又非药典规定的药材饮片,市场流通量较小,从而少有研究者对其炮制工艺进行探究。在炮制工艺研究中,研究者结合正交实验、响应面优化、统计学等方法,逐步确定最佳的炮制工艺参数,但优化参数结果却各不相同,产生此差异的可能原因是:(1)炮制所选择的方法、评价指标和考察因素等不同;(2)药材饮片来源、批次、产地等不同;(3)炮制过程中的火候、时间、温度、终点等要求不一,多依靠炮制工的个人经验判断。现代炮制工艺的优化多以一种或多种成分为指标进行加权优选,但人为规定成分并不能代替药物的整体质量,其优化的工艺参考指标为化学成分而非药效,因此在炮制工艺质量研究时,既要注重化学成分的变化同时又要结合临床疗效。

近年来,多数研究者研究黄芪经炮制后其化学成分的变化,常见于多糖类、皂苷类、黄酮类等成分,且此类研究的检测指标多为黄芪的某些单体成分进行检测,其活性成分多集中于“量”的变化,对于炮制后“质”的变化未有报道。通过对文献的梳理,黄芪中同类成分经同一种方法炮制后,含量变化大体趋于一致,但有个别研究者研究结果与多数人的结果相去甚远,可能是由于黄芪炮制并没有规定的炮制工艺参数,炮制品也缺少统一的合格标准,很多时候均以炮制工的经验为主,缺乏可视化的工艺参数、规范化的流程标准。因此对黄芪炮制需建立规范的、统一的炮制流程,炮制参数精准可控的炮制工艺,对炙黄芪应该完善炮制标准,对其他炮制品应建立统一的合格标准。

7.3 黄芪炮制功效及机制的研究

目前,国内外研究者研究中药炮制机制的主要是研究炮制成分的变化及炮制对药效的影响,但尚未有研究者将化学成分的变化和药效变化进行有关联的深入研究,且缺乏对药效作用进行必要的生物学验证,因此不能充分说明成分、药效、机制三者间的关系,导致炮制的物质基础不明,作用机制不清,难以深入阐释黄芪的炮制内涵。中药具有多成分、多靶点、以整体发挥作用等特点,因此在进行黄芪的炮制研究时应符合中医整体观,根据黄芪生品、炮制品的性味归经、功能主治等基本属性,引入超高效液相色谱-四极杆飞行时间质谱法,聚合酶链式反应扩增等技术,运用指纹图谱、基因组学、蛋白组学、代谢组学等方法,深入开展黄芪炮制后成分与药效间的确切关系,构建标准的质量研究体系,为探明黄芪炮制的科学内涵奠定基础。

根据中药炮制理论并结合古代医家对黄芪炮制品应用而言,蜜制黄芪甘缓益脾,补三焦元气,蜂蜜与黄芪协同增强黄芪补气升阳的作用;“酒制升提”可引药入上焦,增强药物发散之性,因肺主皮毛,可通过补气固表,治疗肺系表证;“入盐走肾脏”,盐制黄芪引药入肾脏,主治肾气虚并增强利尿消肿的功效,对肾病疗效显著,而肾主骨,古今医家均有用黄芪治疗中风疾病的记载,而盐制黄芪能否增强行滞通痹的作用仍需进一步探索:“米制润燥而泽”,米制固护脾胃,而脾主运化,可控制水谷精微和津液生成与输送,并且脾能统摄于血,二者结合米制可增强黄芪生津养血之功;“米泔制去燥性和中”,或可去除长期服用黄芪过程中可能产生的“燥性”,即人们认知中的“上火”病证。结合以上中药炮制理论及黄芪的功效,为黄芪炮制的药效研究提供新的思路。如黄芪“燥性”物质作用基础为多糖类成分,在肠道吸收过程中影响肠道菌群代谢,进而影响水和蛋白的代谢,从而引发大便干结、唾液分泌减少等上火症状^[129]。黄芪经不同辅料炮制后功效及成分相对生品存在差异,药效物质基础发生转变,会影响药效成分在体内吸收与转化,因此研究黄芪不同炮制品的功效及炮制机制,可为扩大黄芪不同饮片的临床应用提供依据。

综上,本文对黄芪炮制历史沿革及现代炮制工艺的发展演变进行整理归纳,结合现代仪器和化学分析技术,研究炮制前后黄芪主要活性成分如多糖类、皂苷类、黄酮类等的变化,对古代黄芪应用和

现代药理作用进行分析整理,进一步考察和推测黄芪炮制品的功效主治,通过深入探索古人对病证的认知和用药的特点,深度挖掘现代医药所忽视的传统炮制方法和经验理论,通过炮制增强黄芪对某些脏腑疾病的选择性,除了研究黄芪炮制前后化学成分的变化,还可以通过现代药理学研究黄芪治疗疾病的机制,进而通过药效研究对其结果进行验证,将成分-药效进行关联,阐明炮制机制,提升炮制标准,为扩大黄芪适应证提供了新思路,并实现黄芪炮制品在现代临床中的更广泛应用。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 315.
- [2] 吴普. 神农本草经 [M]. 孙星衍, 孙冯翼, 曹瑛辑校. 南宁: 广西科学技术出版社, 2016: 1.
- [3] 全欣. 黄芪主要活性成分的药理作用 [J]. 时珍国医国药, 2011, 22(5): 1246-1249.
- [4] 徐世一, 刘秀波, 陆佳欣, 等. 黄芪活性成分抗肿瘤作用机制的研究进展 [J]. 中草药, 2022, 53(23): 7613-7623.
- [5] Wang X M, Wang Y L, Huang D M, et al. Astragaloside IV regulates the ferroptosis signaling pathway via the Nrf2/SLC7A11/GPX4 axis to inhibit PM2.5-mediated lung injury in mice [J]. *Int Immunopharmacol*, 2022, 112: 109186.
- [6] Huang L, Ye M Z, Wu J C, et al. A metabonomics and lipidomics based network pharmacology study of qi-tonifying effects of honey-processed *Astragalus* on spleen qi deficiency rats [J]. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*, 2020, 1146: 122102.
- [7] Yoshino T, Horiba Y, Mimura M, et al. Oral *Astragalus* root supplementation for mild to moderate chronic kidney disease: A self-controlled case-series [J]. *Front Pharmacol*, 2022, 13: 775798.
- [8] Su H F, Shaker S, Kuang Y, et al. Phytochemistry and cardiovascular protective effects of Huang-qi (*Astragali Radix*) [J]. *Med Res Rev*, 2021, 41(4): 1999-2038.
- [9] 哈小琴, 杨志华, 白燕清, 等. 黄芪多糖联合 TPHPK 对低氧水浸复合应激致大鼠胃肠道损伤的防护作用 [J]. 西北国防医学杂志, 2021, 42(6): 423-430.
- [10] Gong P, Wang D N, Cui D D, et al. Anti-aging function and molecular mechanism of *Radix Astragali* and *Radix Astragali Preparata* via network pharmacology and PI3K/Akt signaling pathway [J]. *Phytomedicine*, 2021, 84: 153509.
- [11] 吴红伟, 李东辉, 宋沁洁, 等. 黄芪趁鲜切制饮片与传统饮片化学成分及体外抗氧化活性比较研究 [J]. 中草药, 2022, 53(22): 7039-7047.
- [12] Chen X, Wang H, Jiang M Q, et al. Huangqi (*Astragalus*)

- decoction ameliorates diabetic nephropathy via IRS1-PI3K-GLUT signaling pathway [J]. *Am J Transl Res*, 2018, 10(8): 2491-2501.
- [13] Zheng W, Huang T, Tang Q Z, et al. Astragalus polysaccharide reduces blood pressure, renal damage, and dysfunction through the TGF- β 1-ILK pathway [J]. *Front Pharmacol*, 2021, 12: 706617.
- [14] 张仲景. 金匱要略 [M]. 于志贤, 张智基点校. 北京: 中医古籍出版社, 1997: 6.
- [15] 雷教. 雷公炮炙论 [M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1991: 37.
- [16] 赵佶. 圣济总录 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1982: 356.
- [17] 朱橚. 普济方 (卷 5) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1958: 9.
- [18] 陶弘景. 本草经集注 [M]. 尚志钧, 尚元胜辑校. 北京: 人民卫生出版社, 1994: 5.
- [19] 王怀隐. 太平圣惠方 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1958: 9.
- [20] 王袞. 博济方 (卷 2) [M]. 北京: 商务印书馆, 1959: 31.
- [21] 太平惠民和剂局. 太平惠民和剂局方 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1962: 153.
- [22] 洪遵. 洪氏集验方 [M]. 宋咏梅, 张云杰点校. 上海: 上海科学技术出版社, 2003: 13.
- [23] 陈言. 三因极一病证方论 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1957: 198.
- [24] 吴彦夔. 传信适用方 [M]. 臧守虎校注. 上海: 上海科学技术出版社, 2003: 75.
- [25] 朱端章. 卫生家宝产科备要: 8 卷 [M]. 影印本. 北京: 人民卫生出版社, 1956: 42.
- [26] 叶定江, 原思通. 中药炮制学辞典 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005: 303.
- [27] 陈自明. 校注妇人良方 [M]. 上海: 科技卫生出版社, 1959: 548.
- [28] 严用和. 重订严氏济生方 [M]. 浙江省中医研究所文献组, 湖州中医院整理. 北京: 人民卫生出版社, 1980: 135.
- [29] 中医研究院中药研究所主编. 历代中药炮制资料辑要 (内部资料) [M]. 长春: 吉林人民出版社, 1973: 173.
- [30] 罗天益. 卫生宝鉴 [M]. 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 1987: 346.
- [31] 张洁. 仁术便览 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1985: 303.
- [32] 李时珍. 本草纲目 [M]. 北京: 北京科学技术出版社, 2006: 68.
- [33] 龚廷贤. 寿世保元 [M]. 新 1 版. 上海: 上海科学技术出版社, 1959: 513.
- [34] 张介宾. 景岳全书 [M]. 郭洪耀, 等校注. 北京: 中国中医药出版社, 1997: 179.
- [35] 李中梓. 医宗必读 [M]. 王卫, 张艳军, 徐立点校. 天津: 天津科学技术出版社, 1999: 346.
- [36] 卢之颐. 本草乘雅半偈 [M]. 张永鹏校注. 北京: 中国医药科技出版社, 2014: 55.
- [37] 祁坤. 外科大成: 4 卷 [M]. 新 1 版. 上海: 上海科学技术出版社, 1958: 366.
- [38] 陈士铎. 本草新编 [M]. 柳璇, 宋白杨校注. 北京: 中国医药科技出版社, 2011: 28-29.
- [39] 郭佩兰. 本草汇 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2015: 343.
- [40] 吴仪洛. 本草从新 [M]. 朱建平, 吴文清点校. 北京: 中医古籍出版社, 2001: 8.
- [41] 黄宫绣. 本草求真 [M]. 新 1 版. 上海: 上海科学技术出版社, 1959: 6.
- [42] 陈修园. 医学从众录 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1958: 86.
- [43] 许克昌, 毕法. 外科证治全书 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1983: 173.
- [44] 鲍相璈. 增广验方新编 (下) [M]. 上海: 广益书局, 1951: 62.
- [45] 李曼曼, 刘永. 基于响应面及加权评分的黄芪蜜炙工艺优化 [J]. 中西医结合研究, 2020, 12(1): 17-19.
- [46] 李利明. 不同炮制方法对黄芪化学成分的影响 [J]. 中国医药科学, 2014, 4(17): 85-87.
- [47] 周倩, 孙立立. 多指标综合评价法优选黄芪最佳蜜炙工艺 [J]. 中成药, 2013, 35(7): 1512-1515.
- [48] 高宾, 赵丹. 黄芪的炮制加工 [J]. 首都医药, 2012, 19(7): 52.
- [49] 江国荣, 禩雪梅, 刘肖林, 等. 不同炮制方法对中药黄芪中糖类和氨基酸类成分含量的影响 [J]. 医学理论与实践, 2019, 32(18): 2992-2994.
- [50] 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.
- [51] 赵芳. 三种定西道地药材的炮制方法初探 [J]. 甘肃科技, 2015, 31(11): 135-136.
- [52] 廖仰平, 黄丽飞, 陶敏婕. 师承几种中药的传统炮制方法 [J]. 广东职业技术教育与研究, 2020(4): 200-203.
- [53] 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.
- [54] 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.
- [55] 赵霞. 黄芪炮制品中多糖成分含量的比较研究 [J]. 中医临床研究, 2014, 6(36): 45-46.
- [56] 张金莲, 谢日健, 刘艳菊, 等. 星点设计-效应面法优选蜜糖炙黄芪的炮制工艺 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(19): 14-18.
- [57] 上海市药品监督管理局. 上海市中药饮片炮制规范: 2018 年版 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2019: 150.
- [58] 广东省食品药品监督管理局. 广东省中药炮制规范 1984 年版 [M]. 广州: 广东科学技术出版社, 1984: 90.
- [59] 云南省食品药品监督管理局. 云南省中药饮片标准-第 1 册: 2005 年版 [M]. 昆明: 云南美术出版社, 2005: 150.
- [60] 河南省食品药品监督管理局. 河南省中药饮片炮制规

- 范 [M]. 郑州: 河南人民出版社, 2005: 154.
- [61] 福建省食品药品监督管理局. 福建省中药饮片炮制规范 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1998, 418.
- [62] 内蒙古自治区食品药品监督管理局. 内蒙古蒙药材炮制规范: 2017年增补版 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2018: 382.
- [63] 孙乐, 吴鹏, 王春艳, 等. 黄芪饮片炮制工艺优选 [J]. 时珍国医国药, 2020, 31(7): 1616-1619.
- [64] 吴红伟, 李东辉, 边甜甜, 等. 基于响应面法结合熵权法多指标优选黄芪药材产地加工炮制一体化工艺 [J]. 中草药, 2021, 52(19): 5854-5861.
- [65] 沈秀娟, 周倩, 孙立立, 等. Box-Behnken 设计效应面法优选黄芪切制工艺 [J]. 中国中药杂志, 2014, 39(13): 2498-2503.
- [66] 宋崎, 宋英, 周小初, 等. 正交设计优选黄芪与炙黄芪的炮制工艺 [J]. 时珍国医国药, 2009, 20(2): 474-476.
- [67] 侯敏娜, 侯少平, 梁润丰, 等. 基于响应面法结合总评归一法多指标优选蜜黄芪微波炮制工艺 [J]. 天然产物研究与开发, 2023, 35(3): 467-476.
- [68] 任天航, 聂紫璇, 廉婧, 等. 层次分析法结合 Box-Behnken 响应面法优化炙黄芪炒制工艺 [J]. 中华中医药学刊, 2023, 41(7): 208-213.
- [69] 陈靖, 刘建鑫, 何其睿, 等. 黄芪炮制工艺优化及不同炮制品成分比较 [J]. 中国药房, 2012, 23(39): 3679-3681.
- [70] 杨志城, 孙彩虹, 鄂秀辉, 等. 基于响应面及加权评分的黄芪蜜炙工艺优化 [J]. 中草药, 2021, 52(8): 2247-2256.
- [71] Li X X, Qu L, Dong Y Z, et al. A review of recent research progress on the *Astragalus* genus [J]. *Molecules*, 2014, 19(11): 18850-18880.
- [72] 李峰. 中药鉴定学 [M]. 第3版. 北京: 中国医药科技出版社, 2019: 141.
- [73] 张淑娟, 张育贵, 牛江涛, 等. 黄芪的研究进展及其质量标志物预测分析 [J]. 中华中医药学刊, 2022, 40(2): 151-155.
- [74] 赵灵改, 吕学泽, 刘毅, 等. 黄芪中皂苷类成分的研究进展 [J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(12): 4937-4946.
- [75] 周家驹, 谢桂荣, 严新建. 中药原植物化学成分手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 81.
- [76] Xu A M, Wang H B, Hoo R L, et al. Selective elevation of adiponectin production by the natural compounds derived from a medicinal herb alleviates insulin resistance and glucose intolerance in obese mice [J]. *Endocrinology*, 2009, 150(2): 625-633.
- [77] Lee D Y, Noh H J, Choi J, et al. Anti-inflammatory cycloartane-type saponins of *Astragalus membranaceus* [J]. *Molecules*, 2013, 18(4): 3725-3732.
- [78] Peng J Y, Dong F Q, Qi Y, et al. Preparative separation of four triterpene saponins from *Radix Astragali* by high-speed counter-current chromatography coupled with evaporative light scattering detection [J]. *Phytochem Anal*, 2008, 19(3): 212-217.
- [79] 苏优拉, 陈贵林. 黄芪中黄酮类成分的研究进展 [J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(3): 849-857.
- [80] 刘小花, 秦飞. 黄芪的现代质量研究 [M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2018: 119-120.
- [81] 范信晖, 李科, 杨一丹, 等. 黄芪多糖的结构表征研究进展 [J]. 山西中医药大学学报, 2022, 23(3): 260-267.
- [82] 田源红, 靳风云, 雷红. 炮制对黄芪中糖含量的影响 [J]. 中国中药杂志, 2003, 28(2): 128-129.
- [83] 蔡金坊, 代云桃, 肖永庆, 等. 系统评价蜜炙对黄芪药效物质基础的改变 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(8): 47-52.
- [84] 罗燕, 彭鹏, 谷新利, 等. 不同炮制方法对黄芪、当归、党参中多糖含量的影响 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2009(5): 105-106.
- [85] 王日明. 不同炮制方法对黄芪化学成分变化及黄芪主要成分对黑色素瘤细胞影响研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2020.
- [86] 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.
- [87] 赵霞. 黄芪炮制品中皂苷成分含量的比较研究 [J]. 光明中医, 2011, 26(7): 1349-1350.
- [88] 王丹妮. 基于网络药理学和液质联用技术研究黄芪和炙黄芪抗衰老作用及其机制 [D]. 西安: 陕西科技大学, 2020.
- [89] 王思路, 龚苏晓, 张铁军, 等. HPLC 法测定黄芪不同炮制品中芒柄花素 [J]. 现代药物与临床, 2013, 28(4): 550-552.
- [90] 宋肖炜, 李清, 叶静, 等. 黄芪不同炮制品中黄酮类成分的含量比较 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(9): 85-88.
- [91] 芮雯, 冯毅凡, 石忠峰, 等. 黄芪及其蜜炙品的 UPLC/Q-TOF-MS 分析 [J]. 广东药学院学报, 2012, 28(1): 47-50.
- [92] 吴云高, 杨建国, 王健生, 等. 不同炮制方法对黄芪中氨基酸成分含量的影响 [J]. 中药材, 1992, 15(9): 31-32.
- [93] 陶弘景. 名医别录 [M]. 尚志钧辑校. 北京: 中国中医药出版社, 2013: 94.
- [94] 甄权. 药性论 [M]. 尚志钧辑释. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2006: 32.
- [95] 张元素. 医学启源 [M]. 任应秋校注. 北京: 中国中医药出版社, 2006: 32.
- [96] 王好古. 汤液本草 [M]. 竹剑平校点. 北京: 中国中医药出版社, 2013: 51.
- [97] 杜文燮. 药鉴 [M]. 陈仁寿, 王明强, 苏文文校注. 北京: 中国中医药出版社, 1993: 121.
- [98] 贾所学. 药品化义 [M]. 张瑞贤校注. 北京: 学苑出版社, 2011: 49.
- [99] 李中梓. 本草通玄 [M]. 付先军校注. 北京: 中国中医

- 药出版社, 2015: 3-4.
- [100] 李挺. 医学入门 [M]. 田代华点校. 天津: 天津科学技术出版社, 1999: 772.
- [101] 缪希雍. 炮炙大法 [M]. 北京: 北京市中国书店, 1992: 23.
- [102] 陈嘉谟. 本草蒙筌 [M]. 王淑民点校. 北京: 人民卫生出版社, 1988: 29.
- [103] 黄元御. 长沙药解 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1990: 412.
- [104] 张璐. 本经逢原 [M]. 赵小青, 裴晓峰, 杜亚伟校注. 北京: 中国中医药出版社, 2007: 28-29.
- [105] 张秉成. 本草便读 [M]. 张效霞校注. 北京: 学苑出版社, 2010: 81.
- [106] 汪昂. 本草备要 [M]. 鲁兆麟点校. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1997: 41.
- [107] 严洁, 施雯, 洪炜. 得配本草 [M]. 第2版. 姜典华校注. 北京: 中国中医药出版社, 2008: 29.
- [108] 龚千锋. 全国中医药行业高等教育“十三五”规划教材 中药炮制学 新版 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2019: 244.
- [109] 王祯, 张俊令, 焦宏基, 等. 黄芪有效成分的药理作用与质量控制研究进展 [J]. 药物评价研究, 2023, 46(4): 917-924.
- [110] 石永芳. 黄芪多糖对小鼠免疫功能影响的研究 [J]. 山东化工, 2017, 46(3): 17-18.
- [111] 刘俊秋. 补气药黄芪、人参及其配伍免疫调节和代谢组学研究 [D]. 北京: 中国中医科学院, 2018.
- [112] 杨中林, 王立新, 李晓毛. 炮制黄芪对免疫功能的影响 [J]. 中药材, 1990, 13(7): 26-27.
- [113] 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.
- [114] 杨冰, 于桂红, 李明雨, 等. 基于“补气固表”探究黄芪黄酮组分抑制 C57BL/6 荷瘤小鼠肿瘤生长及免疫调节机制研究 [J]. 中国中药杂志, 2019, 44(23): 5184-5190.
- [115] Sha X R, Xu X, Liao S Y, *et al.* Evidence of immunogenic cancer cell death induced by honey-processed *Astragalus* polysaccharides *in vitro* and *in vivo* [J]. *Exp Cell Res*, 2022, 410(1): 112948.
- [116] 朱燕丽, 李池川, 陈洁, 等. 基于网络药理学探究黄芪辅助治疗肺结核的作用机制 [J]. 现代药物与临床, 2022, 37(1): 42-49.
- [117] Xu F, Cui W Q, Wei Y, *et al.* Astragaloside IV inhibits lung cancer progression and metastasis by modulating macrophage polarization through AMPK signaling [J]. *J Exp Clin Cancer Res*, 2018, 37(1): 207.
- [118] 张纾难, 李兰群, 张洪春, 等. 益气润肺化痰解毒法治疗特发性肺纤维化临床研究 [J]. 北京中医药大学学报, 1999(3): 58-61.
- [119] 王巧云. 黄芪注射液对血瘀证兔血液流变学的影响 [J]. 中药药理与临床, 2004, 20(2): 19-20.
- [120] 韩镕徽, 鲁美丽, 胡进, 等. 黄芪多糖对过氧化氢诱导的内皮细胞损伤的保护作用 [J]. 中药药理与临床, 2015, 31(5): 75-78.
- [121] 吕琴, 赵文晓, 孔祥琳, 等. 黄芪利水功效药理机制研究进展 [J]. 中成药, 2021, 43(3): 729-732.
- [122] 郑俊, 段晨晨, 邢燕青, 等. 黄芪多糖通过肠道菌群对脾虚水湿不化大鼠胃肠功能的影响 [J]. 时珍国医国药, 2022, 33(5): 1029-1032.
- [123] Zhang C Z, Cai T T, Zeng X H, *et al.* Astragaloside IV reverses MNNG-induced precancerous lesions of gastric carcinoma in rats: Regulation on glycolysis through miRNA-34a/LDHA pathway [J]. *Phytother Res*, 2018, 32(7): 1364-1372.
- [124] 沈秀娟, 周倩, 孙立立, 等. 黄芪蜜炙及配伍对小鼠抗疲劳和耐缺氧作用影响的比较 [J]. 山东中医杂志, 2014, 33(6): 475-477.
- [125] Wu J C, Li C Y, Bai L S, *et al.* Structural differences of polysaccharides from *Astragalus* before and after honey processing and their effects on colitis mice [J]. *Int J Biol Macromol*, 2021, 182: 815-824.
- [126] Ji L, Chen X L, Zhong X, *et al.* *Astragalus membranaceus* up-regulate Cosmc expression and reverse IgA dys-glycosylation in IgA nephropathy [J]. *BMC Complement Altern Med*, 2014, 14: 195.
- [127] 李淑娣, 王振, 刘江凯, 等. 基于细胞信号通路探讨黄芪活性成分抗肝纤维化的研究进展 [J]. 中国药理学通报, 2023, 39(1): 18-23.
- [128] Wen J X, Wang D, Wang J, *et al.* *Astragali Radix* contributes to the inhibition of liver fibrosis via high-mobility group box 1-mediated inflammatory signaling pathway [J]. *Evid Based Comple Alter Med*, 2021, 2021: 5574010.
- [129] 曹丽珑, 裴科, 刘瑞, 等. 基于“部位扣除”的黄芪温热效应导致“上火”反应的物质基础及机制研究 [J]. 中草药, 2022, 53(14): 4350-4364.

[责任编辑 赵慧亮]