

廖承树, 叶 炜, 周建金. 基于文献信息的黄精最佳采收时间和加工方法分析[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(14): 45–49.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.14.008

基于文献信息的黄精最佳采收时间和加工方法分析

廖承树, 叶 炜, 周建金

(三明市农业科学研究院, 福建三明 365509)

摘要:比较黄精生长过程中和用不同方法加工后成分的变化,旨在确定黄精的最佳采收季节与年限,探索减少黄精加工过程中有效成分的损失、保证黄精产品质量的加工工艺。分析发现,黄精的种植期设为3年、每年11月至翌年1月采收为宜;在加工过程中,宜乘鲜切片然后高压蒸制,再用微波真空干燥,对黄精有效成分的损失最小,且能节约时间。本文引述的方法可为制定全国统一的黄精加工工艺提供借鉴。

关键词:黄精;有效成分变化;加工工艺;炮制方法

中图分类号:R282.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)14-0045-05

黄精(*Polygonatum sibiricum*)为百合科黄精属多年生草本植物,其味甘、性平,可健脾、润肺、益肾。现代医学认为,黄精具有抗衰老、调节免疫、辅治糖尿病、抗菌抗病毒、抗肿瘤等功效。《名医别录》将黄精列于草部之首,为上品,是四大仙草之一,可“补中益气,除风湿,安五脏,久服轻身延年不饥”,《神仙芝草经》称“黄精宽中益气,使五脏调和,肌肉充盛,骨髓坚强,其力倍增,多年不老,颜色鲜明,发白更黑,齿落更生”。

黄精自古以来就是一味药食两用的传统大宗药材^[1],也是生产药品、保健品的重要原料。随着经济的发展,人们对养生越来越重视,黄精的需求量大幅攀升。但是由于《中华人民共和国药典》(以下简称《药典》)仅对黄精加工过程中多糖、醇溶性浸出物、总灰分作了规定^[2],对具体的加工工艺及技术参数未作规定,而各地区关于黄精加工方法的差异较大,容易造成产品质量良莠不齐。因此,有必要通过对黄精生长过程和用不同方法加工后黄精成分的变化进行分析,以确定能够保证原料质量的采挖时间,减少加工过程中有效成分的损失,从而得出保证黄精产品质量的加工方法,为制定全国统一的黄精加工工艺标准作前期性探索,促进黄精产业的发展。

1 黄精最佳采挖时间的确定

1.1 历史及《药典》记载

魏晋至明代的《本草集要》等本草类古籍记载,均为“二月采根,阴干”,唐代孙思邈《千金翼方》中提到“九月末挖取根”(农历二月、九月,分别属于现代的春、秋季)。1963—2015年版《药典》中记载,“春、秋二季采挖……”^[3]

1.2 黄精生长过程中成分的变化

1.2.1 与季节相关的变化 姜武等研究发现,多花黄精在9月收获时期根茎中多糖含量最高,总糖含量以11月的根茎中最高,折干率以11月至翌年1月的根茎中最高^[4]。

张普照研究发现,黄精多糖、醇提物、水提物含量在每年都随着生长时间的延长而呈现逐渐增加的趋势^[5]。多糖含量在11月出现1个急剧增长的峰值,11月以后表现平稳;而醇提物含量在9月达到峰值,之后开始缓慢下降,到12月表现为平稳状态。综合多个指标特征可知,11月到翌年1月,黄精根茎中的黄精多糖含量高且稳定^[5]。

樊艳荣研究发现,黄精多糖、薯蓣皂苷元和黄酮含量均在9月达到最大值,多糖、薯蓣皂苷元含量在3月最低,黄酮含量在6月最低^[6]。春季黄精萌发时会消耗部分有效成分,因此春季并不是黄精的最适采收时间。

1.2.2 与生长年限相关的变化 姜武等研究发现,三年生黄精的多糖、总糖含量最高^[4]。陈恰等研究发现,黄精多糖以1年龄节最高(黄精每年生长1节,新长出的为1年龄节,以此类推),1~3年龄节

收稿日期:2020-10-22

基金项目:福建省星火计划项目(编号:2019S0012)。

作者简介:廖承树(1966—),男,福建沙县人,兽医师,主要从事药用植物应用研究。E-mail:laoliao868@163.com。

通信作者:周建金,硕士,助理研究员,主要从事药用植物资源评价与育种研究。E-mail:55176609@qq.com。

的多糖含量符合《药典》标准,而 4、5 年龄节的多糖含量低于《药典》标准;黄酮含量以 2 年龄节的最高。结合醇溶性浸出物、灰分等主成分分析结果,多花黄精不同龄节的质量排序为 2、1、3、4、5 年^[7]。由此可见,黄精以生长 3 年时采挖为宜。综合“1.2.1”“1.2.2”节,黄精以生长 3 年、每年 11 月至翌年 1 月采收为宜。

2 黄精的加工

2.1 历史沿革

我国黄精的加工历史悠久,主要方法有以下几种:(1)单蒸法。南北朝《雷公炮炙论》中提到“凡采得,以溪水洗净后蒸,从巳至子,刀切薄片暴干用”,即单蒸 12 h,切薄片晒干后备用。(2)重蒸法。唐代孙思邈《千金翼方》中提到“九月末挖取根,拣肥大者去目熟蒸,微曝干以蒸,待再曝干,食之如蜜,即可停”。(3)九蒸九晒法。宋代《食疗本草》中提到,黄精加工方法发展为“九蒸九晒”,之后多沿用此法。(4)加入辅料加工法。宋代有加黄酒熬法,明代有黑豆煮黄精法,清代有酒蒸法、蜜蒸等炮制方法^[8];宋纬文编写的《福建省三明市名老药工炮制经验集》提到,取鲜黄精后,加入熟地水,用文火煮 2 h,取出晒干,再用武火蒸 4 h,取出、切片、晒干^[9]。

2.2 用途不同,炮制方法各异

古今医家根据黄精入药用或作为保健食品使用(单服),采用不同的炮制方法。例如宋《证类本草》中提到,“黄精……单服九蒸九曝,食之驻颜,入药生用”^[10];宋《重修政和经史证类备用本草》中提到,“细挫阴干捣末”;元代《丹溪心法》中用黄精则“生捣汁”^[11]。历代将黄精的应用剂型分为 4 种:丸剂、煎膏剂、汤剂、酒剂,其中丸剂是最主要的剂型。复方中的黄精多要求蒸到烂熟,单独食用要求九蒸九晒。我国临床上含有黄精的中成药有 179 种,其中以生黄精饮片入药的有 125 种,以酒制黄精入药的有 15 种,以蒸黄精入药的有 19 种,以制黄精入药的有 19 种^[8]。

由“2.1”“2.2”节可知,从古至今,黄精入药以生用为主,蒸熟(单蒸、复蒸、九蒸九晒、酒制等)的黄精,既可药用,也可养生;黄精的加工方法主要有洗净阴干、单蒸、重蒸、九蒸九晒、加辅料蒸煮、蒸后切片晒干等。古代中药大多煎汤服用,加工时间较长,可以去除黄精的刺激性;加入辅料加工,《本草

蒙筌》解释为“酒制升提,乌豆汤渍曝并解毒致令平和”,即解毒和改变药性。黄精作为保健品,以九蒸九制法加工居多,兼顾了药效和口感,适合长久服用,发挥延年益寿的功效。

2.3 《药典》及部分省(区)的加工方法与要求

2.3.1 《药典》的加工方法与要求 黄精饮片的加工方法如下:除去杂质,洗净,略润,切厚片,干燥。《药典》中规定,黄精饮片中含有的黄精多糖以无水葡萄糖($C_6H_{12}O_6$)计,其含量不得少于 7.0%,醇溶性浸出物含量不得少于 45.0%,总灰分含量不得超过 4.0%。

加入辅料的黄精加工方法中,《药典》仅保留酒黄精的加工方法。酒黄精制法:取净黄精,用照酒炖法或酒蒸法炖透或蒸透,稍晾,切厚片、干燥。成品要求表面棕褐色至黑色,有光泽,中心棕色至浅褐色,质软味甜,制黄精多糖以无水葡萄糖($C_6H_{12}O_6$)计,其含量不得少于 4.0%,醇溶物、总灰分含量不得超过 4.0%^[2]。

2.3.2 部分省(区)的加工方法 《浙江省炮制规范》(2005 版)中提到的加工方法如下:将原药材蒸 8 h,焖过夜,再反复蒸焖至内外均为滋润的黑褐色或切片再蒸至内外均为滋润的黑褐色^[12]。

《安徽省炮制规范》(2005 年版)中提到的清蒸法如下:将原药材蒸至棕黑色、滋润时,取出,切厚片、干燥^[13]。《上海市炮制规范》(2008 年版)中提到的加工方法如下:将原材料蒸至内外滋润,晒或晾至外干内润,切厚片,再将蒸时所得汁水拌入,均匀吸尽、干燥^[14]。各地区的加工方法,其标准多以“反复蒸至滋润黑色为经验指标”^[11],缺乏具体的技术参数。那么这些加工方法究竟孰优孰劣?笔者试着通过加工后黄精的成分变化入手,在下文进行分析。

3 黄精加工后化学成分的变化规律

黄精的主要成分有多糖、皂苷、黄酮、生物碱、蒽醌、木脂素等,加工后还会产生 5-羟甲基糠醛(使加工产品颜色变黑)、还原糖、氨基酸等。

3.1 加工后糖类的变化

瞿昊宇等研究发现,黄精经二蒸二晒、四蒸四晒、五蒸五晒、七蒸七晒炮制后,多糖含量递减,即蒸晒次数越多,黄精的多糖含量越少^[15]。陈瑞瑞等研究黄精从生粉到九蒸九晒过程的多糖变化,发现从黄精生粉到三蒸三晒后,多糖含量下降得最剧

烈,之后直到九蒸九晒阶段,多糖含量变化的起伏不如之前明显^[16]。曾林燕等研究黄精炮制前后小分子糖含量的变化发现,黄精生品中检测到的小分子糖为蔗糖、果糖,清蒸 8 h 或酒蒸 16 h 后又检测到葡萄糖,3 种糖含量随炮制时间的延长而增加,然后在不同时间点又呈降低的趋势^[17]。郑晓倩等研究黄精九蒸九晒炮制过程中糖类成分的动态变化发现,随着蒸晒次数的增加,多糖含量先减少后趋于稳定。双糖、单糖含量在炮制过程中呈现先增加后递减的趋势,五蒸五晒黄精中的果糖含量最高,七蒸七晒黄精中的葡萄糖含量达到最大值,蔗糖在经过 6 次蒸晒后无法检出^[18]。以上研究结果表明,随着蒸晒次数的增加,部分多糖转化为双糖和单糖,双糖又进一步转化为单糖。

3.2 5-羟甲基糠醛(5-HMF)的变化

马佳丽等研究多花黄精九蒸九制过程中成分的变化发现,随着多花黄精蒸制次数的增多,其外观颜色由浅转深,气味转为香甜醇厚;多糖含量呈先上升后下降的趋势;5-HMF 含量呈上升趋势^[19]。冯云霞研究发现,黄精在清蒸 20 h、酒炖 25 h 时的还原糖含量分别达到最大值;在蒸制 30 h 后,黄精中的 5-HMF 含量急剧上升^[20]。

3.3 水浸出物、醇浸出物、游离氨基酸、皂苷等的变化

张莹等发现,黄精炮制后水浸出物、醇浸出物增多,游离氨基酸由生品中的 4 个增加到 10 个;蒸烘到一定次数后,浸出物、总糖及还原糖含量均呈递减趋势;加工后黄精中的皂苷含量下降^[21]。

多糖含量的减少和游离氨基酸品种的增加,可能与黏液质(多糖与蛋白质的复合体)的分解有关。加工时,黏液质分解,多糖先增加然后又逐渐分解成低聚糖和还原糖,而蛋白质分解成氨基酸,因此出现多糖含量下降、低聚糖和还原糖含量上升(甜度增加)、氨基酸种类增加。

随着加工的进行,还原糖与氨基酸发生美拉德反应,生成 5-HMF^[22],或由葡萄糖、蔗糖、果糖等己糖在酸性环境中受高温条件影响,分解产生 5-HMF^[23]。5-HMF 是一个有争议的成分,兼有毒性和药理作用。周福富等认为,5-HMF 摄入过多不仅对眼睛、上呼吸道、皮肤有刺激性,还可损伤人体横纹肌组织和内脏器官,产生不良反应^[24];关贵彬等认为,当 5-HMF 达到一定浓度时才会产生毒性^[25];潘卓等认为,5-HMF 在低浓度时具有药理

活性,具有抗心肌缺血、抗氧化、降血糖等作用^[26];李凤等认为,5-HMF 可以合成治疗神经系统疾病的药物,如防治帕金森病的药物^[27]。

以上研究结果表明,黄精加工到一定时间和次数后,其有效成分开始下降、争议成分如 5-HMF 增加或急剧增加。也就是说,黄精加工时间过长、次数过多,有可能影响其产品质量。目前,黄精品质的判断依据主要以黄精多糖、醇溶性浸出物、水溶性浸出物、总灰分含量等为指标^[2],这些指标似乎比较笼统,因为加工后的多糖含量是下降的,但是药理作用并没有减少,反而减毒增效,说明多糖分解产物低聚糖和还原糖应该也具有药理活性,或者加工后生成新的具有药理活性的产物。

由此可见,如果能在确定黄精加工前后的成分变化以及各成分药理作用的前提下,选取黄精多糖、黄精中总皂苷^[28]、5-HMF 等几个更具有代表性的标志物作为指标,评价加工后多花黄精产品品质,可能更为准确。

4 黄精加工的研究进展

4.1 刺激性成分的研究

生黄精含有黏液质、正己醛、炭烯^[29]等刺激性成分,使得服用时口舌麻木,刺激咽喉、眼睛,接触皮肤可引起皮肤瘙痒等。黄精加工通过蒸、煮、干燥等,使刺激性成分黏液质分解成低聚糖、还原糖^[3]、正己醛、炭烯等成分挥发,从而达到减毒的目的。

有学者认为,皂苷^[30]、5-HMF^[24]也具有刺激性,前者含量随加工而减少,药理作用也减少,后者相反,加工到一定时间后急剧增加。例如,冯云霞研究发现,黄精蒸制 30 h 后,5-HMF 含量急剧上升^[20]。

4.2 现代加工工艺的研究

传统加工方法基本上凭经验(熟品以蒸煮到滋润黑色为经验指标),缺乏具体的加工工艺和参数,难免会带来黄精加工产品质量的良莠不齐。目前,我国科研人员对多花黄精规格、切片顺序及厚薄、蒸煮及压力、干燥等方法进行研究,通过分析加工后黄精产品成分的变化,找出一些效果更好的方法,主要有以下几种。

4.2.1 干燥方法

4.2.1.1 微波干燥法 朱新焰等研究不同等级(一、二、三级)、不同形态(个状、片状)的黄精经过

不同加工后多糖、醇溶性浸出物和水溶性浸出物、总灰分含量的变化发现,蒸制法优于煮制法,切片后蒸制优于个状黄精蒸制,微波干燥法远远优于烘箱干燥法^[31]。

综上,微波干燥方法如下:洗净,黄精切片(厚度 $<1\text{ cm}$),蒸 14 min ,微波中火(功率为 550 W)干燥 6 min (在烘箱干燥法中,各指标最优的烘箱法需于 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 干燥 56 h)^[31]。

4.2.1.2 微波真空干燥法 衡银雪等以黄精多糖、总酚、总皂苷、5-HMF 含量及多糖抗氧化活性为指标,比较自然晒干法、热风干燥法(烘干)、微波干燥法、真空干燥法和微波真空干燥法 5 种不同干燥方法发现,微波真空干燥法用时短且黄精多糖、总酚、总皂苷含量损失最少,5-HMF 生成量较小,多糖溶液对超氧阴离子自由基的抑制率最高^[32]。

微波真空干燥法的具体参数如下: $1\ 000\text{ g}$ 鲜黄精切片,厚度为 0.5 cm ,在微波真空干燥机物料箱中的平铺厚度为 1 cm ,温度为 $(47\pm3)\text{ }^{\circ}\text{C}$,真空度为 0.08 MPa ,功率为 1.5 kW ,干燥至含水量 $\leq 10\%$ ^[32]。

“4.2.1.1”“4.2.1.2”节的方法中,煮制法由于药材直接与沸水接触,水溶性成分也随之流失,且时间越长,流失得越多,因此蒸制法优于煮制法(在传统加工方法中,将蒸后余汁拌入干燥后的黄精,应该也是出于减少水溶性成分损失的考量);切片后蒸制可增大药材的加工面积,加工更均匀,因此加工效果优于个状黄精;烘干是由表及里干燥,先干燥的外层会影响内层水分的蒸发,用时漫长,提高温度虽可缩短用时,但会使成分损失加大(不宜 $>70\text{ }^{\circ}\text{C}$),而微波干燥是内、外同时进行,干燥均匀、用时短,可以减少黄精有效成分的损失;真空可以促进水分蒸发,提高干燥效率。

4.2.2 常压与高压蒸制法 王永禄等比较常压与高压蒸制酒黄精发现,清蒸 1 h ,干燥后加黄精量为 20% 的黄酒,闷润至酒吸尽,然后分别置蒸锅中蒸制 25 h 或高压(0.5 MPa)蒸 6 h 后取出,于 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘箱内干燥、放凉、切厚片。上述方法制得的 2 种黄精产品从里到外乌黑发亮,质地柔软,无刺激性,糖性浓烈,口感好,各指标符合《药典》中对酒蒸黄精的要求^[33],说明高压蒸制可显著节省加工时间、提高生产效率,如果结合切片法、微波真空干燥法,生产效率和产品质量应该还有提升。

4.2.3 发酵加工 杨婧娟等研究发现,发酵法相比

于传统加工法,可提高黄精抗氧化活性及降低刺激性。发酵黄精活性提高主要与多糖变化有关,发酵后总多糖含量减少,多糖中的甘露糖、半乳糖等含量减少,但鼠李糖含量显著增加,岩藻糖等组分含量在发酵后成倍增加,各单糖间的比例发生变化,可以提高黄精生物活性、降低其刺激性^[30],具有重要的实际应用价值。

4.2.4 仿生提取 金剑等通过调控酶、pH 值和温度等环境因素来模拟口腔、胃肠道吸收和转运过程进行仿生提取,所得的仿生提取液抗氧化活力更强,最高是化学提取的 2.97 倍。他们还发现,黄精蒸制次数适当增加,仿生提取液的抗氧化活力增强,这是对黄精炮制增效的一个很好解释^[34]。

4.3 质量控制

刘玲的研究建立了高效液相色谱(HPLC)多花黄精的特征图谱、黄精药材及炮制品中薯蓣皂苷元的薄层色谱鉴别、水溶性浸出物及总皂苷含量测定,可为黄精药材的质量控制、黄精产品的生产和产品质量控制提供参考依据^[35]。左雅敏等通过建立黄精及其饮片中薯蓣皂苷元、5-HMF、香草酸、芸香苷、槲皮素及山柰酚 6 种成分的一测多评法(QAMS),将其成功应用于黄精药材及饮片的质量评价中,实现了中药药材、饮片统一的多指标质量控制^[36]。

目前我国各地区关于黄精的加工工艺不同,且缺乏具体参数和更加科学的质量控制标准,可能造成产品质量良莠不齐。为了改变这一现状,可结合“4.1”“4.2”“4.3”节的优点,即黄精加工以切片高压蒸制,然后用微波真空干燥法进行干燥,可以去除刺激性成分,且对多花黄精有效成分的影响最小,用时最短,效率最高,应该也是比较理想的加工方法。酒黄精也可参照这一工艺,黄精作为保健食品,还需结合外观与口感。具体的工艺参数和质量控制标准,还需进一步的试验和研究才可得出,以期制定全国统一的黄精加工工艺提供借鉴。

5 讨论

黄精多糖被认为是黄精的主要药效成分,加工后多糖含量下降,但加工后的黄精药理作用并没有显著差异,有研究认为,多糖水解成易于煎出的低聚糖、单糖,才更利于药效的发挥^[37];黄精水提液增强了治疗糖尿病的效果^[38]。究竟是多糖、低聚糖、还原糖起作用,还是有其他成分共同起作用,目前

无定论,而 5-HMF 是增强黄精加工后的药理作用还是增加毒性作用,也存在争议。

因此,有必要对黄精加工后不同的产物进一步分析研究,确定其组成成分、每个成分的精确药理作用以及成分之间的协同作用机制,才可以选取更加适当的标志物作为加工过程中质量控制的指标,确定更加科学的全国统一的黄精加工工艺和质量控制标准,以提高黄精产品品质、保证临床用药的安全高效和药食同源黄精养生产品的效果,满足人民群众对健康的需求。

参考文献:

- [1] 张伟娜,李金生,陈井太,等. 黄精功效与炮制的古代文献分析[J]. 中医药信息,2019,36(4):45-48.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 2015 版. 北京:中国医药科技出版社,2015:306-307.
- [3] 曲寿河,程喜乐,潘英妮,等. 黄精产地加工及炮制方法的历史沿革[J]. 沈阳药科大学学报,2020,37(4):379-384.
- [4] 姜武,王声森,叶传盛,等. 浙产多花黄精最适采收期及初加工试验[J]. 浙江农业科学,2020,61(4):697-701.
- [5] 张普照. 黄精采收加工技术及其化学成分研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2006:1-60.
- [6] 樊艳荣. 毛竹林下多花黄精种群生长特征及影响因子研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2013:1-74.
- [7] 陈怡,姚云生,陈松树,等. 多花黄精不同龄节药材质量研究[J]. 福建农业学报,2020,35(1):38-43.
- [8] 刘天翔. 制黄精与熟地黄炮制工艺改进优胜研究[J]. 现代养生,2014,2(3):246-247.
- [9] 华碧春,马丽娜,李颖超,等. 福建黄精道地性概述[C]//第九届海峡两岸中医药学术交流大会. 福州:中华中医药学会,2010:245-248.
- [10] 张伟娜,李金生,陈井太,等. 黄精功效与炮制的古代文献分析[J]. 中医药信息,2019,36(4):45-48.
- [11] 吴建华,张涓,崔於. 黄精炮制工艺的研究进展[J]. 川北医学院学报,2013,28(1):27-30.
- [12] 浙江省食品药品监督管理局. 浙江省炮制规范[S]. 杭州:浙江科学技术出版社,2006:128.
- [13] 安徽省食品药品监督管理局. 安徽省炮制规范[S]. 合肥:安徽科学技术出版社,2006:214.
- [14] 上海市食品药品监督管理局. 上海市炮制规范[S]. 上海:上海科学技术出版社,2008:170.
- [15] 瞿昊宇,冯楚雄,谢梦洲,等. 不同炮制方法对黄精多糖含量的影响[J]. 湖南中医药大学学报,2015,35(12):53-55.
- [16] 陈瑞端,祖艳红,石丁夫,等. 多花黄精从生粉到九蒸九晒过程中多糖的变化[J]. 安徽农业科学,2019,47(18):181-182.
- [17] 曾林燕,魏征,曹玉娜,等. 3 个品种黄精炮制前后小分子糖含量变化[J]. 中国实验方剂学杂志,2012,18(11):69-72.
- [18] 郑晓倩,金传山,张亚中,等. 黄精九蒸九晒炮制过程中糖类成

- 分动态变化[J]. 中成药,2020,42(7):1837-1841.
- [19] 马佳丽,蒋殷盈,蒋福升,等. 九蒸九制多花黄精炮制过程变化研究[J]. 浙江中医药大学学报,2020,44(5):480-485.
 - [20] 冯云霞. 炮制加工对黄精化学成分的影响及其饮片质量研究[D]. 郑州:河南中医学院,2008:1-78.
 - [21] 张莹,钟凌云. 炮制对黄精化学成分和药理作用影响研究[J]. 江西中医学院学报,2010,22(4):77-79.
 - [22] 宋艺君,郭涛,马存德,等. 响应面法优化制黄精高压蒸制工艺研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化,2018,20(7):1261-1267.
 - [23] Fallico B, Arena E, Zappala M. Degradation of 5-hydroxymethylfurfural in honey[J]. Journal of Food Science,2008,73(9):625-631.
 - [24] 周富福,廖爱国,刘风景,等. 不同因素对 5-羟甲基糠醛含量的影响[J]. 中国药业,2008,17(19):44-45.
 - [25] 关贵彬,张瑜,刘迪,等. 中药与食品中共性成分 5-羟甲基-2-糠醛的生物活性及其安全性研究进展[J]. 中国药师,2018,21(8):1456-1459.
 - [26] 潘卓,邵禾欣,刘婷,等. 中药注射剂中安全性相关物质 5-羟甲基糠醛的研究进展[J]. 中国中药杂志,2017,42(10):1842-1846.
 - [27] 李凤,荣先国,黄玉玲. 5-羟甲基糠醛的制备及应用研究[J]. 甘肃科学学报,2010,22(4):69-72.
 - [28] 祝凌丽,徐维平. 黄精总皂苷和多糖的药理作用及其提取方法的研究进展[J]. 安徽医药,2009,13(7):719-722.
 - [29] 吴其国,胡叶青,范珍,等. 炮制对黄精化学成分的影响研究进展[J]. 包头医学院学报,2018,34(1):128-129.
 - [30] 杨婧娟,张希,马雅鸽,等. 发酵对黄精主要活性成分及其抗氧化活性和刺激性的影响[J]. 食品工业科技,2020,41(2):52-57.
 - [31] 朱新焰,丛琨,石亚娜,等. 不同初加工方法对黄精品质的影响研究[J]. 中国药房,2019,30(18):2537-2541.
 - [32] 衡银雪,郑旭照,殷钟意,等. 不同干燥方法对黄精干燥特性和品质的影响[J]. 食品工业科技,2018,39(7):158-161,167.
 - [33] 王永禄,王丽瑶,朱欣伏,等. 常压蒸制和高压蒸制对酒黄精化学成分的影响研究[J]. 中国生化药物杂志,2014,34(8):173-175.
 - [34] 金剑,劳嘉,钟灿,等. 基于仿生提取法研究黄精蒸制过程抗氧化活力动态变化[J]. 湖南中医药大学学报,2019,39(7):837-840.
 - [35] 刘玲. 黄精质量标准与炮制工艺的研究[D]. 贵阳:贵阳医学院,2015:1-79.
 - [36] 左雅敏,李琛,彭兴,等. HPLC-一测多评法测定黄精及其饮片中 6 种成分的含量[J]. 中国药房,2019,30(13):1748-1754.
 - [37] 钟凌云,龚千锋,张的风,等. 黄精炮制研究现状分析[J]. 中药材,2007,30(12):1618-1621.
 - [38] 董琦,董凯,张春军. 黄精对 2 型糖尿病胰岛素抵抗大鼠葡萄糖转运蛋白-4 基因表达的影响[J]. 新乡医学院学报,2012,29(7):493-495.