

· 论 著 ·

不同来源宁夏枸杞中二氧化硫含量分析及健康风险评估*

赵思源^{1,2}, 曹德艳^{1,2}, 王珺冀^{1,2}, 林视在^{1,2}, 张 茜³, 朱美霖^{1,3,△}

(1. 宁夏医科大学公共卫生学院, 宁夏 银川 750004; 2. 宁夏医科大学环境因素与慢性病控制重点实验室, 宁夏 银川 750004; 3. 宁夏医科大学基础医学院, 宁夏 银川 750004)

[摘要] 目的 明确农田及超市宁夏枸杞中二氧化硫含量及其对消费者产生的风险差异。方法 以亚硫酸根、铵盐与邻苯二甲醛在中性或弱酸性条件下生成具有荧光的物质为原理, 采用原子荧光分光光度计测定二氧化硫含量; 采用危害商值法计算枸杞中二氧化硫可能产生的健康风险。结果 农田及超市枸杞中分别有 43.75%、80.00% 的样品检出二氧化硫, 但所有样品含量均低于《中国药典》2020 年版的标准。2 种来源枸杞中二氧化硫含量比较, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。农田及超市枸杞中二氧化硫产生的平均健康风险分别为 1.86×10^{-4} 、 1.06×10^{-3} , 对消费者无明显的健康风险。结论 测定的农田及超市枸杞中二氧化硫含量存在明显差异, 产生的健康风险也有所区别, 但二氧化硫含量及风险值总体上均可接受。

[关键词] 枸杞; 中药材; 二氧化硫; 含量分析; 健康风险评估; 宁夏

DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2024.04.003 中图法分类号: R282.6

文章编号: 1009-5519(2024)04-0554-05 文献标识码: A

Analysis and health risk assessment of sulfur dioxide content in different sources of lycium barbarum in Ningxia*

ZHAO Siyuan^{1,2}, CAO Deyan^{1,2}, WANG Junji^{1,2}, LIN Jianzai^{1,2}, ZHANG Xi³, ZHU Meilin^{1,3,△}

(1. School of Public Health, Ningxia Medical University, Yinchuan, Ningxia 750004, China; 2. Key Laboratory of Environmental Factors and Chronic Disease Control, Ningxia Medical University, Yinchuan, Ningxia 750004, China; 3. School of Basic Medical Sciences, Ningxia Medical University, Yinchuan, Ningxia 750004, China)

[Abstract] **Objective** To determine the content of sulfur dioxide(SO₂) in lycium barbarum in farmland and supermarkets and its risk difference to consumers. **Methods** The sulfur dioxide content was determined by atomic fluorescence spectrophotometer based on the principle that sulfite, ammonium salt and phthalaldehyde formed fluorescent substances under neutral or weakly acidic conditions. Hazard quotient method was used to calculate the possible health risks of SO₂ in lycium barbarum. **Results** Sulfur dioxide was detected in 43.75% and 80.00% of the samples from farmland and supermarkets, respectively, but the content of all samples were lower than the standard of the 2020 edition of the Chinese Pharmacopoeia. The content of sulfur dioxide in lycium barbarum from two sources was significantly different($P < 0.05$). The average health risk of SO₂ from lycium barbarum in farmland and supermarket were 1.86×10^{-4} and 1.06×10^{-3} , respectively, with no significant health risk to consumers. **Conclusion** There are significant differences in the content of sulfur dioxide between farmland and supermarket, and the health risks caused by SO₂ are also different, but the content and risk value of SO₂ are acceptable in general.

[Key words] Lycium barbarum; Chinese medicinal materials; Sulfur dioxide; Content analysis; Health risk assessment; Ningxia

枸杞是茄科植物枸杞 *Lycium barbarum* L. 的干燥成熟果实, 主要分布于我国宁夏、陕西、甘肃、河北、山西, 以及西南、华中、华南、华东各省区^[1]。在我国

具有悠久的药用历史, 在东亚地区使用已超过 2 300 年, 近年来, 枸杞作为一种健康食品和抗衰老药物在西方国家被广泛使用^[2]。枸杞被《中国药典》所收录,

* 基金项目: 国家自然科学基金项目(21966025; 21667023)。

作者简介: 赵思源(1998—), 硕士研究生在读, 主要从事营养与食品卫生学的研究。△ 通信作者, E-mail: jay70281@163.com。

并载有滋补肝肾、益精明目等功效^[3]；现代研究也表明，枸杞具有抗氧化、抗肿瘤、神经保护^[4]等作用。枸杞具有的多种功效离不开其所含有的各种活性成分，如枸杞多糖、甜菜碱、类胡萝卜素、多种维生素等，其中最主要的是枸杞多糖^[5]。已有研究表明，枸杞多糖具有多种生物活性，包括抗肿瘤、免疫调节、降血脂、降血糖、保护视网膜、保肝等功能^[6]。同时，由于枸杞含糖量较高，容易吸潮、发霉和虫蛀。为便于保存，保护枸杞的颜色，防止枸杞霉黑、腐烂^[7]，很多商家会采用硫磺熏蒸的方法对枸杞进行处理^[8]。

硫磺熏蒸是一种简单、快速、低成本的中药材加工干燥方式，已有百余年的加工历史^[9]，可起到防霉变、防虫蛀、抑制细菌生长、对植物组织有软化作用等，使细胞膜透水性增加，缩短干燥时间，还能改善中药材的外观颜色，增加成品的色泽美感，在中药材的贮藏运输和提高商品价值等方面具有较大优势^[10-11]。有研究表明，关于产地初加工环节中采用硫磺熏蒸的中药材有 29 个品种，贮藏环节中有 65 个品种^[12]。实际情况中用硫磺熏蒸的中药材远不止以上品种^[13]，硫磺在中药材中的不规范使用不仅会改变其品质药性，而且会给人体健康带来严重危害^[14-15]，在此过程中会引入大量二氧化硫，刺激口腔黏膜及消化道黏膜，引起咽喉疼痛、胃部不适等，甚至对人体肝、肾等脏器功能产生一定的不良反应^[16-19]。近年来，为确保枸杞质量安全，2004—2015 年国家出台了相应的政策，在《中国药典》中明确规定了二氧化硫的限量值及检测方法，并建议枸杞加工过程中不再使用硫磺熏蒸的方法^[20]，《中国药典》2020 年版规定了枸杞子中二氧化硫残留量不得超过 150 mg/kg^[3]。

目前，大多数研究集中于枸杞中二氧化硫的测定方法^[21-22]及其含量是否超标等方面^[23]，并且之前对枸杞中二氧化硫的含量测定缺少农田样品与超市样品的对比。因此，本研究通过测定农田和超市枸杞中二氧化硫含量并进行健康风险评估，分析二者是否有差别，进而明确在枸杞的加工过程中是否有二氧化硫引入，旨在为后续的研究奠定一定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品来源 16 个农田样品在宁夏中卫市中宁县自采获得，10 个超市样品在宁夏银川市 10 家超市购得。26 份枸杞样品由宁夏医科大学张立明教授鉴定为茄科植物宁夏枸杞 *Lycium barbarum* L. 的干燥成熟果实。

1.1.2 仪器与试剂 DHG-9030A 型电热恒温鼓风干燥箱购自上海一恒科技有限公司，FW100 高速万能粉碎机购自天津市泰斯特仪器有限公司，AL204 电子

天平购自瑞士梅特勒-托利多仪器有限公司，SHA-B 型水浴恒温振荡器购自常州国华电器有限公司，DK-S14 电热恒温水浴锅购自上海精宏实验设备有限公司，TDL-50B 低速台式离心机购自上海安亭科学仪器厂，F-4600 荧光分光光度计购自日立高新技术公司，以及实验室其他常用仪器。硫酸钠 (Na_2SO_3 ，纯度 $\geq 97\%$)、邻苯二甲醛 (OPA，化学纯) 均购自国药集团化学试剂北京有限公司，氯化铵 (NH_4Cl ，分析纯)、磷酸氢二钠 (分析纯)、磷酸二氢钾 (分析纯)、氢氧化钠 (NaOH ，分析纯)、无水乙醇 (分析纯) 均购自天津市科密欧化学试剂有限公司，实验用水为纯净水。

1.2 方法

1.2.1 溶液配制 (1) Na_2SO_3 标准溶液：首先用纯净水将 Na_2SO_3 配制成 1 mmol/L 的标准品储备液，再将标准品储备液配制成质量浓度依次为 0.001、0.003、0.005、0.007、0.010、0.015、0.020 mmol/L 的标准溶液，临用新配。(2) NaOH 溶液：取一定量的 NaOH 固体，用纯净水配制成 0.7% 的溶液。(3) NH_4Cl 溶液：取一定量的 NH_4Cl 固体，用纯净水配制成质量浓度为 5 mmol/L 的溶液。(4) OPA 溶液：取一定量的 OPA 固体，用无水乙醇配制成质量浓度为 1 mmol/L 的溶液，临用新配。(5) 缓冲溶液：分别用纯净水配制质量浓度为 0.3 mol/L 的磷酸氢二钠和磷酸二氢钾溶液，再按 6 : 1 (V : V) 配制成缓冲溶液。

1.2.2 样品处理及测定 实验用枸杞样品经干燥粉碎后过 60 目筛，准确称取 0.5 g 枸杞粉末置于 50 mL 具塞锥形瓶中，加入 25 mL NaOH 溶液，摇匀，于水浴恒温振荡器中在 200 r/min 提取 30 min，取提取液 10 mL 于 3 500 r/min 离心 5 min，准确移取上清液 1 mL 于 25 mL 容量瓶中， NaOH 溶液定容后摇匀，分别准确移取 2 mL 缓冲溶液、1 mL 样品溶液、2.5 mL OPA 溶液、1.5 mL NH_4Cl 溶液于 10 mL 容量瓶中，纯净水定容后摇匀，即得样品衍生物，于 50 °C 水浴加热 5 min 后取出放置于冰水浴中，静置 40 min 后在 1 cm 石英比色皿中于激发波长为 321 nm 和发射波长为 384 nm 处测定样品的相对荧光强度，同时，做样品空白和标准空白。

1.2.3 线性及范围考察 分别准确移取 1 mL 上述不同质量浓度的 Na_2SO_3 标准溶液于 10 mL 容量瓶中，按样品处理方法制备衍生物，静置后进行荧光测定。以 Na_2SO_3 标准品加入量为横坐标 (X)、衍生物的相对荧光强度为纵坐标 (Y) 得到标准曲线， $Y = 147.16X - 345.45$ ， $r = 0.9989$ ，表明 Na_2SO_3 加入量在 1~20 nmol 范围内线性良好。

1.2.4 仪器精密度考察 取同一枸杞样品制备衍生物后平行测定 11 次，记录荧光强度，计算得到相对标

准偏差(RSD)为 0.96%,说明仪器精密度良好。

1.2.5 准确度测定 取已知二氧化硫含量的同一个枸杞样品 6 份,准确称取 0.5 g,精密加入适量 Na₂SO₃ 对照品溶液(加入量均为 7.88 μg),按样品处理方法制备衍生物后测定荧光强度,计算二氧化硫的含量与回收率,得到平均回收率为 96.51%,RSD 为 3.19%。见表 1。

表 1 二氧化硫加标回收率(n=6)

编号	称样量(g)	样品含有量(μg)	测得量(μg)	回收率(%)
1	0.500 3	8.00	15.56	95.94
2	0.499 8	8.01	15.43	94.16
3	0.499 6	8.01	15.91	100.25
4	0.500 2	8.00	15.31	92.77
5	0.499 7	8.01	15.56	95.81
6	0.500 3	8.00	15.89	100.13
N	0.500 0	8.00	15.61	96.51

注:N为算术平均值。

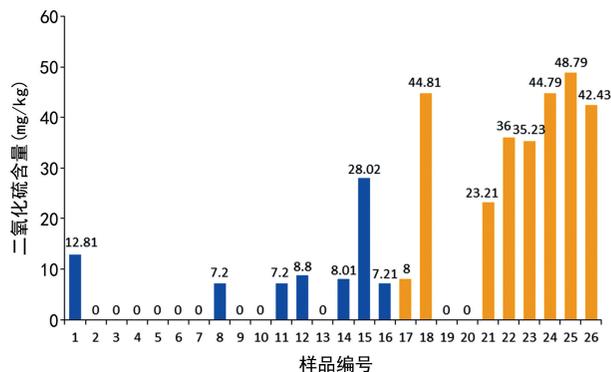
1.2.6 健康风险评估 (1)化学物质的健康风险分为非致癌风险和致癌风险,二氧化硫产生的健康风险为非致癌风险,暴露评估公式^[24]: $EXPO = \frac{C \times DI \times EF \times ED}{BW \times AT}$ 。EXPO 为二氧化硫暴露量[μg/(kg·d)],C 为枸杞中二氧化硫含量(mg/kg),DI 为枸杞日摄入量(g/d),EF 为暴露频率(天/年),ED 为暴露期间(年),BW 为平均体重(一般取 60 kg),AT 为平均暴露时间(ED×365 d)。二氧化硫含量取平均值,DI 取《中国药典》2020 年版规定的枸杞日摄入量,最大值为 12 g/d^[3],中医建议枸杞每周食用 1 次,因此,其暴露频率确定为 48 天/年,ED 通常取 30 年,由此计算农田及超市枸杞中二氧化硫平均暴露量。国际食品法典食品添加剂专家委员会(JECFA)规定二氧化硫日容许摄入量(ADI)上限为 0.7 mg/kg^[25]。(2)非致癌风险的评价一般采用危害商值(HQ)法,当 HQ≥1 时表示风险较大,计算公式^[24]: $HQ = \frac{EXPO}{ADI}$ 。ADI 代表非致癌污染物的每天允许摄入量。

1.3 统计学处理 应用 SPSS26.0 统计软件进行数据分析,计量资料以 \bar{x} 表示,计数资料以率或构成比表示,采用 Mann-Whitney 检验。以 P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 枸杞中二氧化硫的含量及检出率 各样品中二氧化硫含量见图 1。平均含量、检出率见表 2。分别有 7 个农田样品和 8 个超市样品检出二氧化硫,检出率分别为 43.75%、80.00%,总体分别为 0~28.02、

0~48.79 mg/kg,均值分别为 4.95、28.33 mg/kg。农田与超市枸杞中二氧化硫含量比较,差异有统计学意义(P<0.05)。



注:1~16 为农田样品,17~26 为超市样品。

图 1 不同来源枸杞中二氧化硫含量比较

表 2 不同来源枸杞中二氧化硫测定结果比较

样品来源	样本数(个)	总体(\bar{x} , mg/kg)	检出样本数(个)	检出率(%)
农田	16	4.95	7	43.75
超市	10	28.33	8	80.00

2.2 健康风险评估 农田和超市枸杞中二氧化硫的 HQ 分别为 1.86×10^{-4} 、 1.06×10^{-3} ,均远小于 1,表明枸杞中二氧化硫含量对消费者基本无风险,且农田枸杞中二氧化硫对消费者产生的健康风险更小。

3 讨 论

3.1 二氧化硫含量 本研究样本按《中国药典》2020 年版规定的枸杞中二氧化硫限量标准(150 mg/kg),农田和超市样本均符合要求。农田样品是在宁夏中宁市中宁县自行采摘的,并未经过硫磺熏蒸,但也有二氧化硫检出,关于这一点,经查阅文献发现,其他研究也曾出现这种情况,如在覃仕扬等^[8]的研究中自己采摘的枸杞有二氧化硫检出。这是因为在中药材中存在二氧化硫的生理残留量,即由于土壤、灌溉水源等因素使中药材本身在生长过程中所具有的二氧化硫含量,一般为 0~10 mg/kg^[26]。由图 1 可知,本研究农田枸杞中检出二氧化硫的 7 个样品中有 5 个含量均低于 10 mg/kg,符合其生理残留量的要求,其他 2 个含量分别为 12.81、28.02 mg/kg,可能是其生长环境与其他样品不同。此外,由表 2 可知,尽管超市样品数量少于农田样品,但检出二氧化硫的样品数量却较多,并且超市样品的二氧化硫平均含量及最大值均高于农田样品。在超市样品中除 1 个样品二氧化硫含量(8.00 mg/kg)符合生理残留量要求外,其余样品中二氧化硫含量均在其生理残留量的 2 倍以上,说明大部分枸杞在采摘后的加工过程中均极有可能进行了硫磺熏蒸从而引入了二氧化硫。王欣美等^[27]分

析测定了包括枸杞子在内的 10 种中药材中二氧化硫含量,结果表明,枸杞子中二氧化硫含量未超出相关标准。严安定等^[28]测定了 40 批中药饮片二氧化硫的含量,按规定的相关中药材中二氧化硫限量标准,只有枸杞子中二氧化硫含量是超标的。刘海燕等^[29]分别测定了 10 份市售散装枸杞和袋装枸杞中二氧化硫含量发现,袋装枸杞中二氧化硫检出率及含量均较低。覃仕扬等^[8]考察了目前市场上枸杞子中二氧化硫残留的情况发现,在正规药店和大型超市购买的枸杞中二氧化硫含量全部在安全范围内,而在网络和当地市场获取的枸杞中二氧化硫含量均有不同程度超标,本研究测定的超市枸杞中二氧化硫含量也与之符合。

3.2 风险评估 本研究将文献中来源于宁夏的枸杞中二氧化硫进行了健康风险评估,但大部分研究并未体现枸杞产地信息,数据量还是较小。见表 3。在计算样品含量时如同一途径有多个样品则取平均值。从覃仕扬等^[8]的研究数据来看,产地自己采摘和产地采购的枸杞中二氧化硫风险值基本无差别,超市购买枸杞的风险值略高,但整体均远小于 1,对消费者基本不产生健康风险,与本研究的结果一致。严安定等^[28]的研究显示,从药材公司购买的枸杞中二氧化硫风险值也远小于 1,与本研究超市购买的枸杞中二氧化硫风险值较为接近。总之,与产地自采或产地采购的枸杞比较,从超市及药材公司获取的枸杞所含二氧化硫对消费者产生的健康风险较高,但均处于可接受水平。许玮仪等^[30]统计了 2013—2017 年全国范围内 10 种药材及饮片的二氧化硫残留量并进行健康风险评估发现,按各品种二氧化硫残留量平均值、中位值及限量值计算,人群服用这 10 种药材及饮片,二氧化硫风险系数均小于 1,但部分品种二氧化硫残留量最大值计算的风险系数大于 1,说明目前市场上仍有部分二氧化硫残留量超标的中药材流通,反映出一些中药材加工时硫磺熏蒸现象极为严重,应当引起相关部门的重视,并加大对中药材加工过程的监督检查力度。

表 3 二氧化硫的健康风险评估

数据来源	枸杞产地	获取途径	含量 (\bar{x} , mg/kg)	EXPO [$\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{d})$]	HQ
本研究	宁夏	自行采摘	4.95	0.130 2	1.86×10^{-4}
	宁夏	超市购买	28.33	0.745 1	1.06×10^{-3}
文献 ^[8]	宁夏	自行采摘	3.89	0.102 3	1.46×10^{-4}
	宁夏	产地采购	5.16	0.135 7	1.94×10^{-4}
文献 ^[28]	宁夏	超市购买	0.72	0.153 1	2.19×10^{-4}
	宁夏	药材公司	198.30	5.215 6	7.45×10^{-3}

综上所述,本研究测定了不同来源枸杞样品中二氧化硫含量并进行了健康风险评估,结果表明,分别有 43.75% 的农田枸杞和 80.00% 的超市枸杞样品中检出二氧化硫,且超市样品中二氧化硫含量明显高于农田样品,虽然二者检出的二氧化硫含量均低于《中国药典》2020 年版规定的标准,但说明在枸杞加工过程中确实存在硫磺熏蒸现象。此外,本研究风险评估结果表明,超市购买的枸杞中二氧化硫产生的健康风险值虽然高于农田样品,但均远小于 1,表明不同来源枸杞中二氧化硫对人体几乎不产生健康风险,安全性良好。但由于超市样品和农田样品中二氧化硫含量有明显差异,建议有关部门加强对枸杞加工过程的管控。

参考文献

- [1] 曹丽萍,马秀花,肖明,等. 青海地区枸杞子的综合开发与利用研究进展[J]. 食品工业科技, 2019,40(23):349-352.
- [2] JIN M L, HUANG Q S, ZHAO K, et al. Biological activities and potential health benefit effects of polysaccharides isolated from *Lycium barbarum* L[J]. Int J Biol Macromol, 2013, 54: 16-23.
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(2020 年版)[M]. 北京:中国医药科技出版社, 2020.
- [4] 魏雪松,王海洋,孙智轩,等. 宁夏枸杞化学成分及其药理活性研究进展[J]. 中成药, 2018, 40(11):2513-2520.
- [5] 蒋金花. 硫磺熏蒸对枸杞的影响研究[D]. 石河子:石河子大学, 2019.
- [6] 王莹,高丽,金红宇,等. 枸杞多糖调节肠道菌群及免疫功能研究进展[J]. 现代医药卫生, 2021, 37(4):584-587.
- [7] 林雅敏,饶建平,胡银凤,等. 枸杞中二氧化硫残留量测定的不确定度分析[J]. 饮料工业, 2021, 24(5):23-28.
- [8] 覃仕扬,何春年,韩荣,等. 目前市场上枸杞子中二氧化硫残留测定[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(7):843-845.
- [9] 胡佳伟,沈明勤,李松林. 硫磺熏蒸对中药材品质影响及其替代技术研究进展[J]. 国际药学研究杂志, 2016, 43(6):1054-1058.
- [10] 毛春芹,季琳,陆兔林,等. 中药材硫磺熏蒸后有害物质及其危害研究进展[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(15):2801-2806.
- [11] 丁爱华,朱仁愿,邱国玉,等. 兰州市种植中药材

- 二氧化硫残留量检验情况及分析[J]. 甘肃科技, 2019, 35(24): 89-91.
- [12] 赵铮. 硫磺熏蒸中药材问题历史文献考察[J]. 辽宁中医药大学学报, 2012, 14(10): 154-156.
- [13] 蒋智林, 周圆, 徐雨生, 等. 不同地区中药材黄精中二氧化硫含量测定及其安全性评价[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(9): 123-126.
- [14] 郑征伟, 毛北萍, 苗水, 等. 顶空气相色谱法测定硫磺熏蒸中药材中二氧化硫的残留[J]. 药学学报, 2014, 49(2): 277-281.
- [15] 金同庆, 朱华荣. 二氧化硫速测仪测定中药材中二氧化硫残留量实验研究[J]. 亚太传统医药, 2015, 11(24): 42-43.
- [16] 单秀明, 吴爱英, 郭楠. 100 批中药材中二氧化硫残留量的考察[J]. 中国药师, 2014, 17(1): 163-164.
- [17] JIANG J, XIAO S C, YAN S, et al. The effects of Sulfur fumigation processing on Panacis Quinquefolii Radix in chemical profile, immunoregulation and liver and kidney injury[J]. J Ethnopharmacol, 2020, 249: 112377.
- [18] 邓爱平, 康传志, 张悦, 等. 熏硫对中药化学成分及药理作用的影响[J]. 药物分析杂志, 2019, 39(9): 1542-1559.
- [19] 石振萍, 蒋朝辉, 梁卿, 等. 基于荧光衍生法的不同硫熏时间枸杞子二氧化硫残留量研究[J]. 甘肃中医药大学学报, 2021, 38(3): 34-39.
- [20] 杨春霞, 张艳, 赵子丹, 等. 简述枸杞中二氧化硫残留现状及检测分析方法[J]. 宁夏农林科技, 2018, 59(12): 108-109.
- [21] 王晓静, 杨春霞, 张艳, 等. 酸蒸馏-离子色谱法测定枸杞中二氧化硫的残留量[J]. 理化检验: 化学分册, 2019, 55(8): 956-959.
- [22] 王翊如, 董静, 赵子铭, 等. 顶空薄膜微萃取-表面增强拉曼光谱法快速检测枸杞子中的二氧化硫残留量[J]. 药物分析杂志, 2019, 39(5): 904-910.
- [23] 郭一帆. 枸杞中二氧化硫残留的检测及其安全性探究[J]. 化工管理, 2016(23): 275-276.
- [24] JARABEK A M, FARLAND W H. The U. S. Environmental Protection Agency's risk assessment guidelines[J]. Toxicol Ind Health, 1990, 6(5): 199-216.
- [25] Evaluation of certain food additives. Fifty-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives[J]. World Health Organ Tech Rep Ser, 2000, 891: i-viii.
- [26] 金辉, 吴平安, 刘峰林. 硫磺熏蒸加工中药研究综述[C/OL]//中国自然资源学会天然药物资源专业委员会. 海峡两岸暨 CSNR 全国第十届中药及天然药物资源学术研讨会论文集. 兰州, 2012[2023-05-21]. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=PN9vNVFTqfcPBxWmVM6Tqa-3cNjbStesliTXw_rX21n44I7MI7P-GPiQIDivrG5ws4aDQFnPfc44zbWyhKblLqJFdFX4fchD3JQJiWhZFQ6CGWO5nSDV1HbOVulYMPfION3Xiv6eQsBxR1OsIYTcw=&uniplatform=NZKPT&language=CHS.
- [27] 王欣美, 夏晶, 王柯, 等. 碱性溶液提取-离子色谱法测定中药中二氧化硫残留量[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(19): 2656-2659.
- [28] 严安定, 唐斯琦, 程钢. 40 批中药饮片二氧化硫残留量的测定[J]. 中医药临床杂志, 2019, 31(7): 1394-1397.
- [29] 刘海燕, 白冰, 时文兴, 等. 枸杞中二氧化硫含量的测定[J]. 现代农业科技, 2019(3): 221.
- [30] 许玮仪, 于江泳, 王莹, 等. 全国 10 种中药材品种中亚硫酸盐残留量的初步风险评估[J]. 中国药事, 2019, 33(5): 513-518.

(收稿日期: 2023-06-12 修回日期: 2023-10-22)

(上接第 553 页)

- 临床, 2008, 35(24): 1399-1402.
- [21] SUBRAMANIAM D, NATARAJAN G, RAMALINGAM S, et al. Translation inhibition during cell cycle arrest and apoptosis: Mcl-1 is a novel target for RNA binding protein CUGBP2[J]. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol, 2008, 294(4): G1025-G1032.

(收稿日期: 2023-07-13 修回日期: 2023-10-24)