

## 硫熏和浸润对山药总灰分的影响及其机制探析

郑玉忠<sup>1,3</sup> 张振霞<sup>1</sup> 谢丽玲<sup>2</sup> 乐智勇<sup>3</sup> 贺震旦<sup>4</sup> 詹华强<sup>5</sup> 曹晖<sup>6</sup> (1. 韩山师范学院生物学系 广东潮州 521041; 2. 汕头大学生物系; 3. 康美药业股份有限公司; 4. 深圳大学医学院; 5. 香港科技大学生命科学部; 6. 国家中药现代化工程技术研究中心)

**摘要 目的:** 探索硫熏或清水浸润对山药总灰分的影响及其机制, 揭示影响山药总灰分的关键因素, 探讨《中国药典》中山药灰分限量的合理性。**方法:** 分别采用硫磺熏蒸和清水浸润的方法对山药进行处理, 依据《中国药典》记载的灰分和 SO<sub>2</sub> 测定方法测定山药总灰分含量变化, 根据无机盐灰分变化来探讨其作用机制。**结果:** 硫熏会轻微减低山药的总灰分含量; 而硫熏会显著减低草酸钙和硫酸钙的总灰分含量, 降幅分别为 7.20% 和 9.90%, 但对磷酸钙和氯化钙的影响很小; 说明硫熏对灰分的影响主要是通过提高草酸钙和硫酸钙等分解率来实现的。清水浸润能使山药总灰分含量下降, 这种现象普遍存在于根茎类药材中, 它对总灰分的影响要大于硫熏。**结论:** 硫熏是通过提高草酸钙和硫酸钙等分解率来降低山药中的总灰分含量, 但是影响有限, 因此硫熏不是影响山药总灰分的主要因素。山药饮片制作过程中浸润会使山药中的水溶性无机盐类 (Cl<sup>-</sup>、C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 等离子) 大量流失, 导致总灰分量降低, 因此浸润是影响山药总灰分的关键因素。

**关键词** 山药; 总灰分; 硫熏; 浸润; 无机盐

中图分类号: R283.1 文献标识码: A 文章编号: 1008-049X(2015)01-0069-05

### Effect and Underlying Mechanism of Sulfur-fumigation and Water-soaking on Total Ash of *Dioscoreae Rhizoma*

Zheng Yuzhong<sup>1,3</sup>, Zhang Zhenxia<sup>1</sup>, Xie Liling<sup>2</sup>, Le Zhiyong<sup>3</sup>, He Zhendan<sup>4</sup>, TSIM Wah-keung<sup>5</sup>, Cao Hui<sup>6</sup> (1. Department of Biology, Hanshan Normal University, Guangdong Chaozhou 521041, China; 2. Department of Biology, Shantou University; 3. Kangmei Pharmaceutical Co., Ltd.; 4. Medical College, Shenzhen University; 5. Department of Life Science, Hongkong University of Science and Technology; 6. National Engineering Research Center for Modernization of Traditional Chinese Medicine)

**ABSTRACT Objective:** To study the effect and underlying mechanism of sulfur-fumigation and water-soaking on total ash of *Dioscoreae Rhizoma*, find the key factor(s) affecting the total ash of *Dioscoreae Rhizoma*, and explore the rationality of ash limits of *Dioscoreae Rhizoma* described in Chinese Pharmacopoeia. **Methods:** *Dioscoreae Rhizoma* was respectively dealt with sulfur-fumigation and water-soaking. The changes in total ash content of *Dioscoreae Rhizoma* was detected by the ash determination methods for total ash and SO<sub>2</sub> described in the pharmacopoeia, and then the ash content change of inorganic salts was used to study the mechanism. **Results:** Sulfur-fumigation could slightly reduce the total ash content of *Dioscoreae Rhizoma*, while significantly reduce the ash content of calcium oxalate and calcium sulfate with the reduction degree of 7.20% and 9.90%, respectively. Calcium phosphate and calcium chloride were slightly affected by sulfur-fumigation, and the results indicated that the effect of sulfur-fumigation on ash content was mainly realized by increasing the decomposition rate of calcium oxalate and calcium sulfate. Water-soaking could decline the ash content of *Dioscoreae Rhizoma*, and the phenomenon was common in the rhizome medicinal materials. The influence of water-soaking on total ash was more significant than that of sulfur fumigation. **Conclusion:** Sulfur-fumigation can reduce the total ash content of *Dioscoreae Rhizoma* by increasing the decomposition rate of calcium oxalate and calcium sulfate, however, the effect is mild and the process isn't the key influencing factor in the total ash content of *Dioscoreae Rhizoma*. During the preparation of *Dioscoreae Rhizoma* medicinal slices, water-soaking can cause the great loss of water-soluble mineral salts, such as Cl<sup>-</sup>, C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, which leads to the reduction of total ash content, therefore, water-soaking is the key influencing factor in the total ash content of *Dioscoreae Rhizoma*.

**KEY WORDS** *Dioscoreae Rhizoma*; Total ash; Sulfur-fumigation; Water-soaking; Mineral salt

药材中常含有一定量的灰分, 包括植物本身的生理灰分 and 外来泥沙等, 在加工、运输、储藏及炮制等环节也时常有其他无机物的污染或掺杂, 从而影响总灰分含量, 特别是使酸不溶性灰分的量增加。

生长环境、土质、水肥条件、种植习惯等的不同也会影响生理灰分变化。药材中总灰分的最高限量可以保证中药的纯度<sup>[1]</sup>。《中国药典》2010年版对多种药材 (特别是根茎类的药材) 及其饮片都设定了总

**基金项目:** 深港创新圈联合研发项目 (编号: SGLH20120926161415784); 香港创新及科技支持计划及粤港科技合作资助计划 (编号: GHP/059/12SZ-P0096); 康美药业博士后工作站项目; 韩山师范学院博士启动项目 (编号: QD20120626)

**通讯作者:** 曹晖 Tel: (0756)8135675 E-mail: kovhuicao@aliyun.com

灰分的限量检查,但没有酸不溶性灰分指标(表1)。生理灰分主要是来自植物体内的无机盐等物质,如草酸钙等。表1中的药材除了天花粉和党参外,显微鉴别项下均有草酸钙结晶,但草酸钙作为生理灰分对中药总灰分的影响未见文献报道。

表1 《中国药典》2010年版中总灰分、酸不溶性灰分限量规定和草酸钙结晶性状描述<sup>[2]</sup>

药材	总灰分的限量 (%)	酸不溶性灰分的限量	草酸钙的性状描述
山药	药材≤4.0; 饮片≤2.0; 麸炒≤2.0;	无	草酸钙针晶束存于黏液细胞中,长约至240 μm,针晶粗2~5 μm
牛膝	药材≤9.0; 饮片≤9.0	无	薄壁细胞含有草酸钙砂晶
粉葛	药材≤5.0; 饮片≤5.0	无	周围细胞大多含有草酸钙方晶,形成晶纤维,含晶细胞壁木化增厚
天冬	药材≤5.0; 饮片无规定	无	草酸钙针晶束存于椭圆形黏液细胞中,长约至40~99 μm,髓细胞亦含草酸钙针晶束
天麻	药材≤4.5; 饮片≤4.5	无	有的多角形细胞含草酸钙针晶束,薄壁细胞亦含草酸钙针晶束
天花粉	药材≤5.0; 饮片≤4.0	无	无
白及	药材≤5.0; 饮片≤5.0	无	草酸钙针晶束存于大的类圆形黏液细胞中,或随处散在,针晶长18~88 μm
白芍	药材≤4.0; 饮片≤4.0	无	草酸钙针晶直径11~35 μm,存在于薄壁细胞中,常排列成行,或一个细胞中含数个簇晶
白术	药材≤5.0; 饮片≤5.0	无	草酸钙针晶细小,长10~32 μm,存在于薄壁细胞中,少数针晶直径至4 μm
党参	药材≤5.0; 饮片≤5.0	无	无
半夏	药材≤4.0; 饮片无规定	无	草酸钙针晶束存于椭圆形黏液细胞中,或随处散在,针晶长20~144 μm

《中国药典》2010年版规定山药药材的总灰分不得过4.0%,山药饮片不得过2.0%,麸炒山药不得过4.0%。济南市药品检验所的测定数据显示,多数不熏蒸的山药饮片的总灰分达不到药典规定的标准,而硫熏和浸润的山药饮片反而能达到药典的要求<sup>[3]</sup>。硫熏可使山药总灰分下降,这种现象已经影响了无硫熏制的山药在市场上的品质定位。普通工艺制成的无硫山药都很难达到药典的总灰分标准,其限量标准是否偏高?硫熏是否会影响山药的总灰分,其机制是什么?是否还有其他因素影响山药饮片的总灰分?针对上述问题,本研究设计了一系列试验探索硫熏和浸润对山药总灰分的影响及其机制,望能为山药标准的修订提供有益参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

新鲜山药购买于河南温县农科所。10种对照样品购买于普宁药材市场,包括牛膝(批号:

301003483)、粉葛(批号:110401)、天麻(批号:130405871)、天冬(批号:130205C309)、天花粉(批号:301002663)、白及(批号:130218)、白芍(批号:201009436)、白术(批号:130101)、党参(批号:130405E520)、半夏(批号:301123457),均由国家中药现代化工程技术研究中心的曹晖研究员鉴定为合格药材。草酸钙、硫酸钙、磷酸钙、氯化钙、盐酸、碘、淀粉、氯化钡、硝酸银、硫酸亚铁、浓硫酸,均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

马弗炉、分析天平、干燥器(内装有效干燥剂)、瓷坩埚、电热板、水浴锅、无灰滤纸、表面皿、烧杯、氮气瓶。

### 1.3 方法

山药对照组样品制备方法:为去皮山药直接切片干燥。

山药硫熏组样品制备方法:将新鲜山药去皮后进行直接硫熏,切片烘干。为了揭示硫熏山药中二氧化硫残留量与总灰分含量的对应关系,通过控制硫熏参数(包括硫熏时间和硫磺用量等)制备13份硫熏样品(表2)。

表2 山药中二氧化硫残留量和总灰分的测定结果

编号	硫熏状态	SO <sub>2</sub> 残留量 (mg·kg <sup>-1</sup> )	总灰分 (%)	与对照组相比 变化幅度 (%)
0	无熏(对照)	-	3.01	-
1	熏	230.4	2.65	↓ 11.96
2	熏	1331.2	2.74	↓ 8.97
3	熏	972.8	2.81	↓ 6.64
4	熏	3046.4	2.97	↓ 1.33
5	熏	2668.8	2.68	↓ 10.96
6	熏	2182.4	2.68	↓ 10.96
7	熏	1036.8	2.72	↓ 9.63
8	熏	1952.0	2.73	↓ 9.30
9	熏	992.0	2.65	↓ 11.96
10	熏	1798.4	2.78	↓ 7.64
11	熏	1971.2	2.65	↓ 11.96
12	熏	2022.4	2.58	↓ 14.29
13	熏	2790.4	2.49	↓ 11.96

熏蒸方法<sup>[4]</sup>:采用自制玻璃熏箱(容积约0.013 m<sup>3</sup>),内设有网状隔板,熏箱顶部安装一小型排风扇。试验时,取约30 g新鲜的去皮山药均匀摆放于网状隔板上,称取规定量的硫磺置于坩锅中,并放入熏箱底部,加少许乙醇点燃硫磺,待硫磺形成明显蓝色火焰时,关闭熏箱门及排风扇,用胶带将熏箱门封闭。熏至规定时间后,打开排风扇抽气1 h,撕去胶带,开启熏箱门,取出山药于60℃烘箱中烘干。

二氧化硫残留测定法<sup>[2]</sup>:称取5.0 g山药于双颈圆底烧瓶中,加入400 ml的双蒸水,并加入10 ml的

6 mol · L<sup>-1</sup>的盐酸,加入转子,至于磁力搅拌器中搅拌1~2 min,再装到冷凝管上。圆底烧瓶的另一颈冲入氮气,加热回流。被氮气冲出的二氧化硫进入装有100 ml双蒸水以及1 ml淀粉指示剂(5 g · L<sup>-1</sup>)的锥形瓶中。锥形瓶至于磁力搅拌器上,有助于淀粉指示剂充分与水混匀。圆底烧瓶中的液体加热,并往锥形瓶中加入0.01 mol · L<sup>-1</sup>的碘液,当锥形瓶中溶液的蓝色褪去,表明二氧化硫与碘液反应。若加热煮沸圆底烧瓶中的液体,锥形瓶中的蓝色在1 min内不褪色便可以停止加热。

总灰分测定法<sup>[2]</sup>:称取3~5 g山药(粉碎后过二号筛)置炽灼至恒重的坩埚中,称定重量(准确至0.001 g),缓缓炽热,注意避免燃烧,至完全炭化时,逐渐升高温度至500~600℃,灰化6 h,使完全灰化并至恒重。根据残渣重量计算供试品中总灰分的含量(%)。

氯离子、硝酸根离子和硫酸根离子等指示法:将去皮山药浸泡在去离子水中6 h,然后将其过滤得到透明的浸泡水,分别用0.01 mol · L<sup>-1</sup>硝酸银溶液检测氯离子,用新配制的1 mol · L<sup>-1</sup>的硫酸亚铁溶液和浓硫酸(体积比为3:1)检测硝酸根离子,1 mol · L<sup>-1</sup>的氯化钡溶液检测硫酸根离子,观察并记录其颜色变化和沉淀情况。

## 2 结果与分析

### 2.1 硫熏山药中二氧化硫残留量与总灰分的关系

13批不同硫熏程度的山药,二氧化硫残留量为230.4~3 046.4 mg · kg<sup>-1</sup>(表2)。检测其总灰分含量,结果对照组中山药的总灰分为3.01%,硫熏山药的总灰分为2.49~2.97%,参照《中国药典》2010年版标准,上述山药样品(不论熏蒸与否)的总灰分都不能达到药典限定标准。与对照组相比,硫熏山药的总灰分含量均有小幅降低,降幅为1.33%~14.29%;但降幅与二氧化硫残留量无关。可见硫熏确实会使山药的总灰分下降,但是下降幅度有限。

### 2.2 硫熏对无机盐总灰分的影响

在硫熏过程中,只有SO<sub>2</sub>与药材发生了接触,推测可能是SO<sub>2</sub>与药材中的无机盐发生了反应,导致无机盐分解率提高。草酸钙为普遍存在根茎类药材中的无机盐(表1),植物类药材中也含有其他钙盐(硫酸钙、磷酸钙、盐酸钙)等。选择草酸钙、硫酸钙、磷酸钙、氯化钙等粉末,与去离子水同比例混合、润湿,分别用硫磺熏蒸24 h,然后检测它们的总灰分。结果草酸钙和硫酸钙的总灰分含量下降明显,分别达到7.20%和9.90%,但磷酸钙和氯化钙的总灰分含量变化不明显(表3)。

表3 硫熏对无机盐总灰分的影响

无机盐	硫熏状态	总灰分(%)	变化幅度(%)
草酸钙	无熏	63.78	↓ 7.20
	熏	59.19	
硫酸钙	无熏	77.47	↓ 9.90
	熏	69.80	
磷酸钙	无熏	89.69	↓ 1.93
	熏	87.96	
氯化钙	无熏	57.67	↑ 1.04
	熏	58.27	

由此推测,硫熏时,SO<sub>2</sub>与草酸钙和硫酸钙发生置换反应(CaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub> + SO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O = CaSO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; CaSO<sub>4</sub> + SO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O = CaSO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>),生成亚硫酸钙,而亚硫酸钙更易分解,提高了草酸钙和硫酸钙的分解率,使得草酸钙和硫酸钙的残留量下降。因此,硫熏使山药总灰分下降的原因极可能由于无机盐,尤其是草酸钙和硫酸钙的变化。

### 2.3 毛山药和光山药中二氧化硫残留量与总灰分的关系

《中国药典》2010年版山药产地加工工艺:冬季茎叶枯萎后采挖,切去根头,洗净,除去外皮及须根,干燥,此为“毛山药”;也有选择肥大顺直的干燥山药,置清水中,浸至无干心,闷透,切齐两端,用木板搓成圆柱状,晒干,打光,习称“光山药”。本试验采用的山药饮片属于“毛山药”加工(即新鲜山药不经过浸润)制成的饮片。本试验按药典方法继续制备“光山药”,即“毛山药”用去离子水浸润12 h;并分别制成无熏和硫熏两种(表4),检测其总灰分。结果毛山药(不论熏蒸与否)的总灰分均超标,光山药(不论熏蒸与否)总灰分均达标,仅为0.72%和0.45%,降幅达到了76.08%和85.05%。虽然硫熏都能使毛山药和光山药的总灰分下降,但降幅很小。

表4 毛山药和光山药中二氧化硫残留量和总灰分的测定结果

山药	处理步骤	硫熏状态	SO <sub>2</sub> 残留(mg · kg <sup>-1</sup> )	总灰分(%)	变化幅度(%)
毛山药	去皮,清洗,切片,干燥	无	-	3.01	-
	去皮,清洗,硫熏,切片,干燥	熏	1786.2	2.69	↓ 10.63
光山药	去皮,清洗,干燥,清水浸润12 h,切片,干燥	无	-	0.72	↓ 76.08
	去皮,清洗,干燥,清水浸润12 h,硫熏,切片,干燥	熏	742.4	0.45	↓ 85.05

结果证明硫熏都能使毛山药和光山药的总灰分小幅下降,但硫熏不是使总灰分下降的主要因素;而清水浸润12 h对山药总灰分的影响特别明显,它极可能是使山药总灰分下降的关键因素。结果表明

《中国药典》关于山药饮片总灰分的限量标准可能是参照光山药制定的。

#### 2.4 浸润时间对山药总灰分含量的影响

将山药浸润不同的时间(0~6 h),然后检测其总灰分。表5和图1的结果显示山药总灰分含量随浸润时间的增加而逐渐下降,在一定范围内,总灰分与浸润时间呈依赖关系。浸润2 h以上时,山药的总灰分含量就低于2%,能达到药典规定的标准。

表5 浸润时间对山药总灰分含量的影响

样品		浸润时间(h)						
		0	0.25	0.5	1	2	4	6
干燥后浸润的光山药	总灰分(%)	3.01	2.52	2.15	2.05	1.98	1.84	1.29
	变化幅度(%)	-	↓ 16.28	↓ 28.57	↓ 31.89	↓ 34.22	↓ 38.87	↓ 57.14
新鲜去皮后浸润的光山药	总灰分(%)	3.01	2.81	2.56	2.41	2.28	2.17	1.91
	变化幅度(%)	-	↓ 6.64	↓ 14.95	↓ 19.93	↓ 24.25	↓ 27.91	↓ 36.54

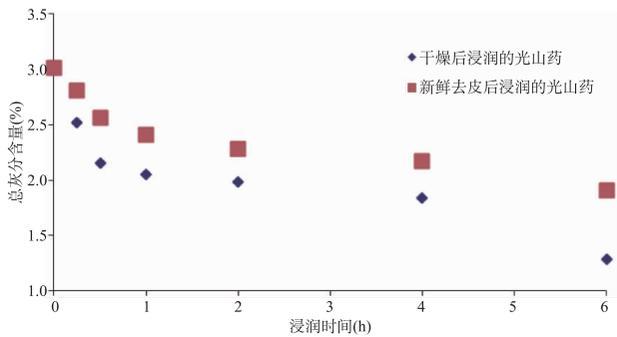


图1 浸润时间对山药总灰分含量的影响

#### 2.5 清水浸润对根茎类药材总灰分含量的影响规律

将10种对照药材浸润6 h,然后比较浸润前后的总灰分含量(表6)。结果显示除了天冬和半夏外,其他药材在清水浸润下的总灰分均会有不同程度的下降,其中,白芍、天麻、葛根、天花粉和党参的降幅都超过了50%。可见,清水浸润能使其总灰分下降在根茎类药材中是普遍现象,它对总灰分的影响要大于硫熏。

表6 清水浸润对根茎类药材总灰分含量的影响

药材名	浸润前总灰分(%)	浸润后总灰分(%)	变化幅度(%)
白芍	3.19	1.48	↓ 53.61
天麻	2.56	0.82	↓ 67.97
葛根	2.73	0.56	↓ 79.49
白及	5.63	5.08	↓ 9.77
怀牛膝	5.53	4.76	↓ 13.92
天花粉	2.33	0.47	↓ 79.83
党参	3.36	1.17	↓ 65.18
白术	3.72	2.33	↓ 37.37
天冬	2.45	2.54	↑ 3.67
半夏	2.14	2.84	↑ 32.71

#### 2.6 清水浸润对山药中无机盐的影响

前述结果显示,清水浸润能使山药的总灰分大

当浸润6 h时,山药的总灰分含量下降了57.14%。进一步证明清水浸润是山药总灰分下降的关键因素。

比较先干燥后浸润的山药和新鲜去皮后直接浸润的山药,结果显示先干燥后浸润,山药总灰分下降得较快,2 h时总灰分下降31.89%;新鲜去皮后直接浸润的山药总灰分2 h时仅下降24.25%。说明干燥过的山药再被浸润无机盐流失的更多更快。

幅降低,猜测流失的部分应是可溶于水的离子,如 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 和 $\text{SO}_4^{2+}$ 等。因此运用一些化学反应来检测浸泡山药后的水中是否含有这些离子。

利用硝酸银( $\text{AgNO}_3$ )溶液检测氯离子,其反应式为 $\text{AgNO}_3 + \text{Cl}^- = \text{NO}_3^- + \text{AgCl} \downarrow$ (黑色沉淀),结果显示浸泡过山药6 h后的水有黑色沉淀,而对对照组溶液一直澄清透明,无反应,这说明浸泡水中含有氯离子。利用新配制的 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的硫酸亚铁溶液和浓硫酸(体积比为3:1)检测硝酸根离子,其反应为含硝酸根离子的溶液在酸性条件下将亚铁离子氧化为铁离子,而本身还原为一氧化氮,与硫酸亚铁形成硫酸亚硝基铁化合物,呈现棕色,结果显示浸泡过山药6 h后的呈现棕色,而对照无反应,这说明浸泡水中含有硝酸根离子。利用 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氯化钡( $\text{BaCl}_2$ )溶液检测硫酸根离子,其反应式为 $\text{BaCl}_2 + \text{SO}_4^{2-} = 2\text{Cl}^- + \text{BaSO}_4 \downarrow$ (白色沉淀)。结果显示浸泡过山药6 h后的水变浑浊了,而对照无反应,这说明浸泡水中含有硫酸根离子。

结果证实浸润山药时,药材中大量无机盐会溶解在水中,这些无机盐是药材生理灰分的主要成分,由此间接造成了山药总灰分的下降。

### 3 讨论

3.1 硫磺熏蒸会降低山药中的总灰分含量,但幅度变化不大;二氧化硫残留量与总灰分含量也没有内在相关性。硫磺使药材总灰分下降的原因极可能是硫磺提高了包括草酸钙和硫酸钙等无机盐的降解率。

3.2 毛山药和光山药总灰分差异非常显著:毛山药(不论熏蒸与否)的总灰分均超标;光山药(不论熏蒸与否)的总灰分均达标。可见硫磺不是影响总灰

分的主要因素,而光山药制备方法的“清水浸润”的步骤才是关键因素。

3.3 山药的浸润时间和总灰分含量成正相关性,在一定范围内,浸润越久,总灰分含量就越低。当浸润6 h时,山药的总灰分含量下降了一半以上。浸润主要是将山药中一些水溶性的无机盐(如  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$  和  $\text{SO}_4^{2+}$  等离子)洗脱掉了,导致山药总灰分下降。

3.4 结果显示先干燥后浸润的山药比新鲜去皮后直接浸润的山药总灰分下降多,这可能与山药中的黏多糖有关。新鲜山药中黏多糖处于胶质状态,去皮后的新鲜山药布满了这种胶质,从而阻止了山药中可溶性成分的流失。当山药干燥以后,粘多糖的胶质状态被改变,山药失去了保护层,造成了大量可溶性成分的流失。

3.5 根据对各地所产山药的总灰分考察,证实了山

药的生理灰分在3%~6%之间。《中国药典》山药饮片总灰分标准( $\leq 2.0\%$ )过于苛求。为达到药典的规定标准,市售山药饮片采用硫熏和浸泡来降低灰分含量,导致山药中成分流失而影响药效。因此为提高山药的安全性和有效性,一方面要合理限制硫熏,另一方面建议修订山药总灰分的限量标准,应不低于山药平均生理灰分为界。

### 参 考 文 献

- 1 孙稚颖,周凤琴,石秀娟. 山东产虎掌南星与市售天南星水分灰分的含量测定[J]. 中华中医药学刊, 2009, 27(1):42-44
- 2 中国药典[S]. 2010年版.一部. 53, 61
- 3 齐红,王云,宋希贵,等. 2010年版《中国药典》山药总灰分和渍出物的探讨[J]. 药学研究, 2014, 33(2):82-84
- 4 赵海霞,刘伟. 硫磺熏蒸对山药中尿囊素的影响[J]. 中草药, 2009, 40(6):903-904
- 5 王常青. 长山药中粘液质及流变特性的研究[J]. 食品与发酵工业, 1995, (3):52-55

(2014-09-25 收稿 2014-11-15 修回)