

永州野生绞股蓝中稀土元素与活性物质的含量及其在沸水中的释出规律

廖 阳,曾凡兴,张 敬,文素珍,闫荣玲*

湖南科技学院化学与生物工程学院,永州 425199

摘 要:本研究测定了永州野生绞股蓝中活性物质与稀土元素的含量,并探究了它们在持续煮沸与沸水冲泡两种方式下的释出规律,为永州野生绞股蓝的开发及人们日常保健提供参考。结果发现,(1)所有元素种类的含量极低,其中 Sc、Pm、Tm、Lu 未被检出,另 13 种元素含量 $Ce > La > Nd > Eu > Y > Sm > Gd > Pr > Dy > Er > Tb > Yb > Ho$,所有稀土元素的总含量为 0.1377 mg/Kg;沸水处理下,各元素在持续煮沸方式释出量均较自然冷却方式高,两种方式下总释放量分别为 0.0223 与 0.0414 mg/Kg。(2)皂苷、黄酮、多糖含量分别为 20.8、28.1、52.5 mg/g。三种活性物质在沸水处理下均有释出,且释出量随时间增加呈逐渐增加趋势,但在自然冷却和持续煮沸两种不同方式下,各活性物质的释出规律差异明显。两种方式下三者释出总量分别为 26.12 与 48.94 mg/g。(3)在沸水处理的两种方式下,三种活性物质的释出量间均表现出显著正相关($P < 0.01$)。结果表明,永州野生绞股蓝活性物质含量较高,且在沸水中释出明显,且稀土元素的含量及其在沸水中的释出量极低,不会对人体健康产生毒害效应,因此具有显著的保健价值。

关键词:稀土元素;活性物质;释出规律;绞股蓝

中图分类号:Q945.1

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2016.2.012

Determination of Rare Earth Elements and Active Substances in Wild *Gynostemma pentaphyllum* of Yongzhou and Their Releasing Law in Boiling Water

LIAO Yang, ZEN Fan-xing, ZHANG Jin, WEN Su-zhen, YAN Rong-Ling*

School of Chemistry and Bioengineering, Hunan University of Science and Engineering, Yongzhou 425199, China

Abstract: In this study, the content of rare earth elements (REE) and active substances in wild *Gynostemma pentaphyllum* of Yongzhou and their releasing law in hot water by two ways of continuous boiling and natural cooling were analyzed to provide references for its comprehensive development and daily health care applications. Results showed that, (1) All REE content were extremely low and Sc, Pm, Tm and Lu even could not be detected. Content order of other 13 elements was $Ce > La > Nd > Eu > Y > Sm > Gd > Pr > Dy > Er > Tb > Yb > Ho$. Total content of all REE was 0.1377 mg/Kg. REE released more in continuous boiling way than in natural cooling way, total release amount in the two ways were 0.0414 and 0.0223 mg/Kg, respectively. (2) The content of saponins, flavonoids and polysaccharide in wild *G. pentaphyllum* of Yongzhou were 20.8, 28.1 and 52.5 mg/g, respectively. All the three kinds of active substances showed a significant releasing in boiling water, and the total releasing content of three kinds of active substances in two ways was 26.12 and 48.94 mg/g, respectively. However, they showed different releasing rule in two treating ways of natural cooling and continuous boiling. (3) There were a significant positive correlation among the releasing content of three active substances ($P < 0.01$). Results indicated that, wild *G. pentaphyllum* of Yongzhou showed a great value for further development and utilization for the high content and remarkable releasing in boiling water of active substances. Meanwhile, the content of REE and its releasing amount in boiling water was extremely few.

Key words: rare earth elements; active substances; release law; *Gynostemma pentaphyllum*

绞股蓝 (*Gynostemma pentaphyllum*) 为葫芦科多年生草质藤本植物。由于其富含皂苷、黄酮、多糖等多种活性成分及人体必需微量元素,表现出降血脂、降血糖、抗肿瘤、抗衰老等多种保健功能,且无明显

收稿日期:2015-09-02 接受日期:2015-12-21

基金项目:湖南省科技厅科研项目(2013NK4112, 2014NK3133);
湖南省创新团队项目(2012-318);湖南科技学院科研课题及校大学生研究性学习课题(2014)

* 通讯作者 E-mail: yanrongling0912@163.com

毒副作用而成为一种新的药、食、饮多用植物资源^[1]。绞股蓝主要产于我国南部,以云南、湖南、广西、广东等省分布较多,已统计近20个品种,从叶瓣数量上看,有三叶、五叶、七叶、九叶之分,其中七叶与九叶绞股蓝的药用价值相对更高^[2]。

茶饮是绞股蓝的主要保健形式,持续煮沸与沸水冲泡是两种主要茶饮处理方式。在此过程中,绞股蓝中的活性成分逐渐从组织中释放出来,人们饮入释出的活性物质从而达到保健功效。当然,除了释出活性物质外,也会释出组织中的各种元素,如人体必需微量元素外以及稀土元素(Rare Earth Elements, REE)等。研究表明,稀土元素在人体的富集会 导致组织损伤和病变,代谢混乱、神经传导受阻等严重毒害效应^[3-5]。可见,了解绞股蓝中稀土元素含量及其在制作茶饮时的释出情况十分必要。基于此,本研究测定了永州野生绞股蓝中皂苷、黄酮、多糖等几种活性物质与稀土元素的含量,并探究了它们在持续煮沸与沸水冲泡两种方式下的释出规律,为永州野生绞股蓝的开发及人们日常保健提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

2014年8月在永州舜黄山采得野生七叶绞股蓝地上部分,洗净、烘干、粉碎,过40目筛后备用。

1.2 稀土元素含量测定

采用密闭高压消解 ICP-MS 法进行金属以及稀土元素含量的测定^[6]。取适量混合标准液,用5%稀硝酸稀释各稀土元素标准液配制成浓度为0、0.1、0.5、1.0、3.0、5.0 $\mu\text{g/L}$ 的标准系列,然后将标准液分别注入电感耦合等离子体质谱仪(Agilent 7700 ICP-MS),测定相应的信号响应值,绘制标准曲线。样本测量时,称取干燥粉碎后的叶片0.5 g(精确至0.0001 g)于消解内罐中,加入5 mL浓硝酸浸泡过夜。盖好内盖,旋紧不锈钢外套,放入恒温干燥箱,160 $^{\circ}\text{C}$ 保持6 h,自然冷却至室温后将消解内罐取出,将消化液转移至10 mL容量瓶中(洗罐3次,合并洗液)定容,混匀后注入 ICP-MS 得到相应信号响应值(测定时,以不加样本的浓硝酸为空白对照溶液),根据标准曲线得到待测液中相应元素的浓度,平行测定3次求平均值。ICP-MS的工作参数包括功率:1250 W;冷却气流速:15 L/min;辅助气流速:1.0 L/min;载气流速:1.10 L/min;采样深度:8.

0 mm;分析模式:全定量。

1.3 皂苷提取与含量测定

参考已有文献精^[7]密称取人参皂苷 Rb₁ 适量为对照品,加甲醇制成2 mg/mL的标准溶液。精密量取标准溶液0.0、30.0、60.0、90.0、120.0、150.0 μL ,分别置10 mL具塞试管中,水浴蒸去甲醇,各精密加入5%的香草醛-冰醋酸溶液0.2 mL与高氯酸0.8 mL,摇匀后密塞置60 $^{\circ}\text{C}$ 水浴中加热15 min,立即用流水冷却至室温,再精密加入冰乙酸5 mL,摇匀后以第1份为空白在550 nm波长处测定吸光度并以吸光度为纵坐标、取样量为横坐标绘制标准曲线。样本提取与测定步骤如下:精密称取0.5 g干燥的绞股蓝置锥形瓶中,加入25 mL甲醇后称重,超声处理20 min(功率300 W,频率50 kHz),放冷后用甲醇补足失重,过滤弃去初滤液,精密吸取滤液100 μL 置具塞试管中,按照标准曲线测定方法操作后续样本测定步骤。

1.4 黄酮提取与含量测定

参考已有文献^[8]准确称取绞股蓝5.0 g,装入滤纸筒放入索氏提取器中,在圆底烧瓶中加入石油醚100 mL,接在索氏提取器下端,接好冷凝管及水管,打开水笼头,把圆底烧瓶放入水浴锅里进行定温加热提取24 h,待提取液变成无色后,结束提取。取出绞股蓝纸包,解开,放入干净烧杯中,待石油醚自然挥发完全后,将绞股蓝倒入干净的圆底烧瓶中,按一定的料液比1:20加入浓度70%的乙醇液,接在回流管上,并接好水管,在水浴锅里控温70 $^{\circ}\text{C}$ 进行回流提取2 h。提取结束后,趁热过滤,即用布氏漏斗接在真空泵上,进行双层滤纸抽滤,用热的蒸馏水定容。取定容后的溶液2 mL,精密称取标准分别置于25 mL的干净容量瓶中,加60%乙醇液至12.5 mL,摇匀。每个瓶中均加入5%的亚硝酸钠0.75 mL,放置6 min,加10%硝酸铝0.75 mL,加4% NaOH 1.0 mL,最后加超纯水至刻度,摇匀,这时溶液由淡黄色变为血红色。放置10 min后510 nm处测定吸光度按标准曲线的方法测定吸光度。

标准曲线制作:精密称取芦丁标准品20 mg于小烧杯中,加入60%乙醇30 mL,用玻棒搅拌,待其完全溶解后转入100 mL容量瓶中,用60%乙醇把小烧杯及玻棒洗3次,将洗液均倒入容量瓶中,再用60%的乙醇定容至刻度即配成0.2 mg/mL的标准液。精密称取标准液0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mL分别置于25 mL容量瓶中,如前所述加入亚硝酸钠、

硝酸铝、NaOH 显色和测定吸光度值绘制标准曲线。

1.5 多糖提取与含量测定

参照已有文献^[9]准确称取绞股蓝 250 g,加入一定体积 95% 乙醇,在 50 °C 水浴中回流提取 6 h,间隙搅拌。提取完毕,过滤,离心得提取液,残渣再用相同体积和浓度的乙醇提取一次,合并提取液,离心分离,上清液回收乙醇,残渣烘干后用于多糖提取。称取 3 g 采用恒温水浴浸提法进行多糖提取,提取过程中温度为 80 °C,料液比 1:16,提取持续 1 h,提取结束后离心去杂,采用蒽酮-硫酸比色法测定提取液中总糖含量。

标准曲线制作:精密称取干燥至恒重葡萄糖 50 mg,置于 250 mL 容量瓶中加水适量使溶解,稀释至刻度,摇匀即得对照品溶液。再分别去取 1、2、3、4、5、6 mL 置于 10 mL 容量瓶中,加蒸馏水定容后分别取 1 mL,采用蒽酮-硫酸比色法 625 nm 处测定测吸光度。以吸光度为纵坐标,葡萄糖的浓度为横坐标,绘制标准曲线。

1.6 稀土元素及各活性物质在沸水中的释出规律

取两份干燥后的绞股蓝叶 3.0 g,分别放入 500

mL 沸水中。一份持续煮沸,即温度恒定在 100 °C,另一份用沸水浸泡,模拟泡茶(随时间的变化温度逐渐降低)。在 3、6、9、12、15、30 min 时分别取 10 mL 茶水,根据上述各方法分别进行稀土元素与皂苷、多糖、黄酮的含量检测。

2 结果与分析

2.1 稀土元素含量及其在沸水中的释出规律

测定永州野生绞股蓝中稀土元素含量发现,所有元素含量极低,除 La、Ce、Nd 3 种元素外,其他元素的含量均低于 0.01 mg/Kg,且有 4 种元素(Sc、Pm、Tm、Lu)未被检出。检测到存在的 13 种元素含量顺序为 Ce > La > Nd > Eu > Y > Sm > Gd > Pr > Dy > Er > Tb > Yb > Ho,所有稀土元素的总含量为 0.1377 mg/Kg。

在自然冷却和持续煮沸两种沸水处理方式下,Sc、Pm、Tm、Lu、Ho、Yb 等 6 种元素未检测到有释出,其余 11 种元素均有不同程度释出。两种方式下释出量顺序不同,自然冷却下为 Ce > La > Y > Gd > Eu > Nd > Sm = Tb = Dy > Pr = Er,持续煮沸下为 Ce

表 1 永州绞股蓝中稀土元素含量及在沸水中的析出量

Table 1 Content of REE in wild *G. pentaphyllum* of Yongzhou and its precipitation in boiling water (mg/Kg)

元素种类 Elements species	元素含量 Elements content	自然冷却方式释出量 Precipitation content by natural cooling	持续煮沸方式释出量 Precipitation content by continuous boiling
钇 Y	0.0089	0.0020	0.0031
钪 Sc	0.0000	0.0000	0.0000
镧 La	0.0235	0.0033	0.0060
铈 Ce	0.0613	0.0103	0.0212
镨 Pr	0.0050	0.0007	0.0011
钷 Pm	0.0000	0.0000	0.0000
铈 Nd	0.0110	0.0009	0.0019
钐 Sm	0.0069	0.0007	0.0015
铕 Eu	0.0094	0.0010	0.0017
钆 Gd	0.0052	0.0014	0.0020
铽 Tb	0.0014	0.0007	0.0009
镱 Dy	0.0021	0.0007	0.0010
铥 Ho	0.0006	0.0000	0.0000
铒 Er	0.0017	0.0006	0.0010
铥 Tm	0.0000	0.0000	0.0000
镱 Yb	0.0007	0.0000	0.0000
镱 Lu	0.0000	0.0000	0.0000
总计 Total	0.1377	0.0223	0.0414

> La > Y > Nd > Gd > Eu > Sm > Pr > Er = Dy > Tb。同一种元素在持续煮沸下释出量均较自然冷却下高,总释放量分别为 0.0223 与 0.0414 mg/Kg。具体见表 1 所示。

2.2 皂苷、黄酮、多糖含量及其释出规律

永州野生绞股蓝中皂苷、黄酮、多糖的含量分别为 20.8、28.1、52.5 mg/g(表 2)。三种活性物质在沸水处理下均有释出,释出总量在自然冷却下与持续煮沸下分别为 26.12、48.94 mg/g。图 1 示三种活性物质在两种沸水处理方式下的释出规律比较,由

表 2 永州绞股蓝中皂苷黄酮、多糖含量与沸水中释出量

Table 2 The content of saponins, flavonoids and polysaccharide in wild *G. pentaphyllum* of Yongzhou and their precipitation in boiling water (mg/Kg)

活性物质 Active substance	含量 Content	自然冷却释出量 Precipitation content by natural cooling	持续煮沸释出量 Precipitation content by continuous boiling
皂苷 Saponins	20.8	3.07	7.70
黄酮 Flavonoids	28.1	10.90	18.20
多糖 Polysaccharide	52.5	12.15	23.04
总计 Total	101.4	26.12	48.94

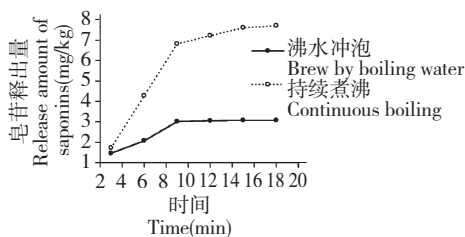


图 1 永州野生绞股蓝中皂苷在自然冷却及持续煮沸两种方式下的释出规律

Fig. 1 The precipitation law of saponins in wild *G. pentaphyllum* of Yongzhou by two ways of natural cooling and continuous boiling (mg/Kg)

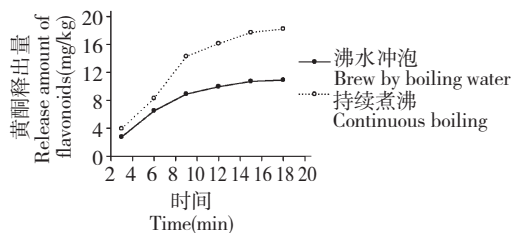


图 2 永州野生绞股蓝中黄酮在自然冷却及持续煮沸两种方式下的释出规律

Fig. 2 The precipitation law of flavonoids in wild *G. pentaphyllum* of Yongzhou by two ways of natural cooling and continuous boiling (mg/Kg)

图可知,随处理时间增加,三种活性物质的释出量逐渐增加。自然冷却方式下,各活性物质的释出皂苷主要集中在 0~9 min,之后几乎不在增加;黄酮释出集中于 0~9 min,之后增加趋缓,12 min 后释出甚微;多糖释出则集中于 6~12 min,0~6 min 释出量较少,12 min 后释出甚微。持续煮沸方式下,皂苷与多糖释出量在整个过程中呈持续增加趋势,但黄酮释出主要集中在 0~9 min,之后增加趋缓,15 min 后增加甚微。

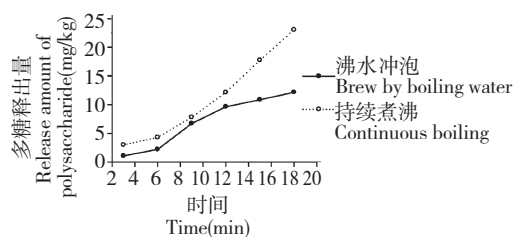


图 3 永州野生绞股蓝中多糖在自然冷却及持续煮沸两种方式下的释出规律

Fig. 3 The precipitation law of polysaccharide in wild *G. pentaphyllum* of Yongzhou by two ways of natural cooling and continuous boiling (mg/Kg)

2.3 三种活性物质释出的相关性

分析三种活性物质的相关性发现,在沸水处理的两种方式下,三者的释出量间均表现出显著正相关($P < 0.01$),具体见表 3 所示。在自然冷却条件下,皂苷与黄酮表现出相关性最强($R^2 = 0.99$);而在持续煮沸条件下,皂苷与多糖的相关性最强($R^2 = 0.99$)。

3 讨论

稀土元素如同其他元素一样,可通过根系吸收入植物体内,并通过维管束运输到地上部分的茎、

表3 自然冷却条件下三种活性物质在沸水中随时间释出量的相关性

Table 3 Correlation between the precipitation content of saponins, flavonoids and polysaccharide with dealing time by nature cooling way (mg/Kg)

X \ Y	皂苷 Saponins	黄酮 Flavonoids	多糖 Polysaccharide
皂苷 Saponins	-	$y = 0.9705x - 0.9172, R^2 = 0.99$	$y = 1.3352x - 5.5665, R^2 = 0.87$
黄酮 Flavonoids	-	-	$y = 0.6403x + 3.7424, R^2 = 0.89$
多糖 Polysaccharide	-	-	-

表4 持续煮沸条件下,三种活性物质在沸水中释出量的相关性

Table 4 Correlation between the precipitation content of saponins, flavonoids and polysaccharide with dealing time by continuous boiling way (mg/Kg)

X \ Y	皂苷 Saponins	黄酮 Flavonoids	多糖 Polysaccharide
皂苷 Saponins	-	$y = 0.5729x + 3.9902, R^2 = 0.83$	$y = 0.8566x - 2.2738, R^2 = 0.99$
黄酮 Flavonoids	-	-	$y = 0.6367x + 5.874, R^2 = 0.77$
多糖 Polysaccharide	-	-	-

叶、花、果实等器官中^[10]。适宜浓度稀土对促进植物光合作用、提高次生代谢物与风味物质的合成、增强植物的抗性,提高作物的产量与品质等方面作用明显^[11,12]。人们已经对多种植物(农作物)体内稀土元素含量与分布特征进行了研究^[13,14],但未见对绞股蓝稀土元素含量的研究报道。本研究发现,永州野生绞股蓝中17种稀土元素含量极低,有四种元素检测不到其存在,这与正常条件下稀土元素在植物体内的含量十分稀少相符。虽然含量都极为稀少,但不同元素的含量各不相同,其中Ce、La、Nd三种元素的含量较高,这与人们在中药牛漆中发现的结果一致^[15]。导致不同稀土元素在植物体内含量不同的原因可能与土壤中稀土元素本身含量及其所处形态、根系的选择吸收等因素有关^[16,17]。不同产地、不同品种的绞股蓝所含活性物质含量差异明显。本研究测得永州野生绞股蓝中含有较高水平的皂苷、黄酮、多糖等活性物质,因此具有较高药用价值,人们认为土壤、气候、遗传等因素是导致不同地域以及不同品种之间含量差异的主要原因^[18]。

绞股蓝具有多种保健功效,已经成为一种重要的日常保健品,我们的研究也再次证明了其富含皂苷、黄酮、多糖多种活性成分这一特征。目前,人们食用绞股蓝的主要方式为茶饮。在制作茶饮时,必然会利用到沸水处理。本研究对绞股蓝进行自然冷却(模拟日常生活中的泡茶)和持续煮沸(模拟日常生活中煮茶)两种不同形式的沸水处理。结果发

现,三种活性物质在沸水处理下均有释出,且释出量随时间增加呈逐渐增加趋势,这提示沸水处理有效破坏了绞股蓝的细胞结构,释放出细胞内的活性物质。释放过程中三者的正相关性为人们同步利用三种活性物质提供了便利。自然冷却与持续煮沸两种方式下,不同活性物质随时间的释出规律以及最终释出量间差异明显。自然冷却方式下,各活性物质的释出在12 min后几乎不再增加;而持续煮沸方式下,除黄酮释出主要集中在前9 min之外,另两种物质则在实验设置时间范围内呈持续增加趋势。可见,前一种方式简单、快捷,而后者则可令活性物质释放更完全。因此,在时间和条件允许情况下,持续煮沸的方式更可取。当然,不管采取哪种方式,在释出活性物质的同时也释出了稀土元素。本研究结果表明,永州野生绞股蓝中稀土元素含量远远低于国家对茶叶中稀土元素2.0 mg/Kg的控制标准^[19],其在沸水条件下的释出量则更少,因此利用绞股蓝制作茶饮保健是安全无毒的。综上,永州野生绞股蓝具有高含量的皂苷、黄酮、多糖等活性物质,且在沸水处理下能有较大比例释出,而所含稀土元素含量极其低微,且在沸水处理下释出更少,因此,其作为保健品表现出高效、安全、无毒等特征。

参考文献

- Zhang Z(张钊), Li PJ(李鹏婧), Yang Y(杨洋). The summarize of *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb) Makino. *Food*

- Res Dev* (食品研究与开发), 2011, 32:193-195.
- 2 Piao XL (朴香兰), Wu Q (吴倩). Progressive studies on *Gynostemma pentaphyllum*. *Lishizhen Med Mat Med Res* (时珍国医国药), 2010, 21:1758-1760.
 - 3 Song Y (宋雁), Liu ZP (刘兆平), Jia XD (贾旭东). Progress in the research on the toxicological safety of rare earth elements. *J Hyg Res* (卫生研究), 2013, 42:885-892.
 - 4 Yu QH (于秋红), Liu YT (刘裕婷), Han Y (韩莹), et al. Accumulation of lanthanum, cerium and neodymium in nucleus and mitochondria in mouse liver. *J Toxicol* (毒理学杂志), 2011, 25:203-205.
 - 5 Zhu WF, Xu SQ, Shao PP, et al. Investigation on liver function among population in high background of rare earth area in South China. *Biol Trace Elem Res*, 2005, 104(1):1-8.
 - 6 Lin L (林立), Chen G (陈光), Chen H Y (陈红玉). Determination of 16 rare earth elements in tea leaves by ICP-MS. *Environ Chem* (环境化学), 2007, 26:555-557.
 - 7 Huang MZ (黄敏珠), Wang D (王栋), Yin ZC (尹忠臣), et al. Determination of total saponins content in *Gynostemma pentaphyllum* tablets by ultraviolet spectrophotometric method. *China J Chin Mat Med* (中国中药杂志), 2010, 35:2410-2411.
 - 8 Su DC (苏定昌), Zheng XJ (郑小江), Liu JL (刘金龙). Research on the accurate determination of flavonoid in three *pentaphyllum* varieties with different taste. *J Anhui Agric Sci* (安徽农业科学), 2009, 37:8986-8988.
 - 9 Luo DH (罗巅辉), Wang ZJ (王昭晶). Study on the extraction of Polysaccharide from *Gynostemma pentaphyllum*. *Sci Tech Food Ind* (食品工业科技), 2005, 26:129-130.
 - 10 Sun JX, Zhao H, Wang YQ. Study on the contents of trace rare earth elements and their distribution in wheat and rice samples by RNAA. *J Radioanal Nucl Chem*, 1994, 179:377-383.
 - 11 He YJ (何跃君), Xue L (薛立). Biological effects of rare earth elements and their action mechanisms. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 2005, 16:1983-1989.
 - 12 Wahid PA, Valiathan MS, Kamalam NV, et al. Effect of rare earth elements on growth and nutrition of coconut palm and root competition for these elements between the palm and *Calotropis gigan tea*. *J Plant Nutr*, 2000, 23:329-338.
 - 13 Jin SL (金姝兰), Huang YZ (黄益宗), Hu Y (胡莹), et al. Rare earth elements content and health risk assessment of soil and crops in typical rare earth mine area in Jiangxi Province. *Acta Sci Circum* (环境科学学报), 2014, 34:3084-3093.
 - 14 Jiang ZW (姜照伟), Weng BQ (翁伯琦), Huang YF (黄元仿), et al. Concentration and distribution characteristics of rare earth elements lanthanum in forages under different dressing methods. *J Zhejiang Univ, Agric Life Sci* (浙江大学学报, 农业与生命科学版), 2008, 34:281-288.
 - 15 Xu F (徐芳), Rui YK (芮玉奎), Lin Q (林强). Analysis of the content of rare earth elements in Chinese medicine *Achyntantes*. *J Anhui Agric Sci* (安徽农业科学), 2008, 36:8640-8643.
 - 16 Hu B (胡斌), Liang DL (梁东丽), Zhao WL (赵文龙), et al. Transformation and influences of copper and selenium fractions on heavy metals bioavailability in co-contaminated soil. *Environ Sci* (环境科学), 2012, 33:2817-2823.
 - 17 Li XF (李小飞), Chen ZB (陈志彪), Zhang YH (张永贺), et al. Concentrations and health risk assessment of rare earth elements in soil and vegetables from a mining area in Fujian Province. *Acta Sci Circum* (环境科学学报), 2013, 33:835-843.
 - 18 Yang BH (杨宝慧). Determination of polysaccharides content of *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb) Makino from different producing areas. *J Pharm Res* (药学研究), 2013, 2:387-388.
 - 19 Ministry of Health, PRC (中华人民共和国卫生部). GB2762-2012 Pollutant Limits in Food (食品中污染物限量). Beijing: Standard Press of China (中国标准出版社), 2012.