

佐太及其主要辅料中无机元素分析

热增才旦¹, 热毛先^{2,4}, 周加本^{2,4}, 杨建卓玛^{2,4}, 利毛才让^{2,3*}
(1. 青海民族大学药学院, 青海 西宁 810007; 2. 青海省青藏高原药用动植物资源重点实验室, 青海 西宁 810008; 3. 青海师范大学民师院, 青海 西宁 810008; 4. 青海师范大学生命科学学院, 青海 西宁 810008)

摘要: **目的** 测定佐太及其主要辅料中人体必需元素、有害元素及其他元素的含量。**方法** 采用微波消解-电感耦合等离子体质谱 (ICP-MS) 法测定佐太及其主要辅料中各元素的含量。**结果** 佐太及其主要辅料中测得 K、Na、Ca、Mg 4 种人体必需常量元素和 Fe、Ni、V、Co、Mo、Mn、Se、Cr、Sn、Cu 和 Zn 11 种人体必需微量元素, 以及 As、Al、Pb、Sb、Cd、Tl 6 种对人体有害元素。佐太中人体必需元素和其他元素总量均比主要辅料灰中元素总量要少, 且有害元素的总量 (除汞外) 也明显下降。在佐太炮制过程中基于汞的溶解性和揉擦、洗涤、煎煮等工序, 作为主要原料的汞单质转化为化合态汞, 同时, 其他金属的含量有所降低, 而汞的总量比 Na、K 的各大 10 倍。**结论** 藏药炮制过程中改变了元素存在态, 保证了药物安全性。

关键词: 佐太; 辅料; 无机元素

中图分类号: R284. 1 文献标志码: A 文章编号: 1001-1528(2021)05-1253-06
doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2021.05.027

Analysis of inorganic elements in ZuoTai and its main prepared adjuvant

RE ZENG Cai-dan¹, RE Mao-xian^{2,4}, ZHOU Jia-ben^{2,4}, YANG JIAN Zhuo-ma^{2,4},
LI MAO Cai-rang^{2,3*}

(1. College of Pharmacy, Qinghai Nationalities University, Xining 810007, China; 2. Key Laboratory of Medicinal Plant and Animal Resource, Qinghai-Tibet Plateau, Xining 810008, China; 3. Chemistry Department of Nationality College, Qinghai Normal University, Xining 810008, China; 4. College of Life Sciences, Qinghai Normal University, Xining 810008, China)

KEY WORDS: ZuoTai; adjuvant; inorganic element

藏医药是世界传统医学的重要组成部分, 其具有独特且完整的诊治疾病理论体系和疗效而备受瞩目。佐太是藏医药中的珍宝类药物, 也是诸多名贵藏药复方中的君药。佐太是藏语“仁青欧曲佐珠钦木”的简称, 意为“水银炼制大珍宝”。在炼制水银珍宝的第一步就要将主要辅料八金和八矿煅烧制成灰。故佐太的佐指炼制, 太指灰, 意思是煅烧成灰^[1]。佐太具有良好的解热、抗惊厥、调血、增强免疫力及抗炎作用, 同时也有滋补强壮、抗病健身、生肌健脾等功效, 用药历史悠久、使用范围广泛^[2]。

炮制佐太的主要原料是汞和硫磺, 主要无机辅

料有八矿灰、八金灰, 因此, 水银是含佐太的珍宝类名贵藏药复方中 Hg 元素的主要来源, 而佐太炮制用的主要辅料八矿灰、八金灰是珍宝类名贵藏药复方中除 Hg 外其他重金属元素的重要来源。佐太炮制工艺过程复杂^[2], 原料和主要辅料需要经过多道工序炮制, 历时月余才能炼制而成^[3-4]。目前, 有关佐太的报道除解析炮制工艺外, 主要集中在佐太中汞的含量及存在形态、药理作用 and 安全性评价, 以及佐太中化合物微观结构等方面的研究^[5-6]。但对于佐太炮制过程中的主要辅料鲜有报道。因此本研究测定佐太炮制时所需的主要无机辅料八矿灰、八金灰中宏量、微量、有害以

收稿日期: 2020-08-22
基金项目: 国家自然科学基金 (82060648); 青海省科技厅项目 (2018-ZJ-708)
作者简介: 热增才旦 (1979—), 男, 教授, 从事中藏药研究与开发。E-mail: rezenged@163.com
* 通信作者: 利毛才让 (1973—), 女, 教授, 从事天然药物化学研究。E-mail: 1224863256@qq.com

及其他元素的含量，并与佐太中各元素分布相比较，以期为更好解读佐太和应用名贵藏药奠定基础。

1 材料

混合对照品溶液（美国 Agilent 公司）；内标溶液为 1 000 μg/mL 铈对照品贮备液（国家钢铁材料测试中心钢铁研究总院），使用前逐级稀释为 1 μg/mL；调谐溶液为 10 ng/mL Li、Co、Y、Ce、Tl 混合对照品溶液（美国 Agilent 公司）（2% HNO₃ 介质）；BV-Ⅲ级硝酸（北京化学试剂研究所）；MOS 级双氧水（北京化学试剂研究所）；实验用水均为由 Milli-Q 超纯水系统所制。CEM MARSS 微波消解仪（美国 CEM 公司）；Agilent7500c 电感耦合等离子体质谱仪（美国

Agilent 公司）；离心机（美国 Beckman 公司）。

2 方法

2.1 炮制流程 佐太的炮制流程主要包括 4 大步。先将红铜、黄铜、青铜、金、铁、银、铅、锡或锌八种金属（简称八金），以及自然铜、赤云母、金矿石、银矿石、雌黄、雄黄、磁石、矾石八种天然矿物（简称八矿）分别煅烧成灰（八金八矿灰）后存储。然后用碱花、芒硝、硼砂、三酸水、青盐粉、各类盐类、酥油、大蒜水、沙棘水等对主要原料水银（汞）进行祛污。再用寒水石、八金灰、八矿灰、乌头粉等对水银进行祛毒，最后是用祛毒后的水银和另一主要原料硫磺制得佐太^[7]。具体流程见图 1。佐太炮制所用金属、矿物辅料的主要成分和主治功能见表 1。

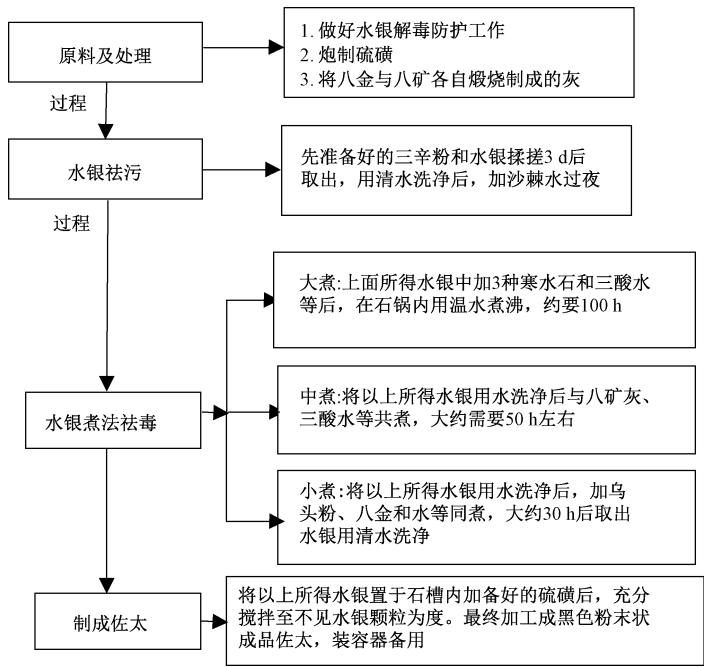


图 1 佐太炮制流程图
Fig.1 Processing flow chart of Zuo Tai

2.2 样品处理 将佐太，红铜灰、黄铜灰、青铜灰、金灰、铁灰、银灰、铅灰、锌灰，七性灰和云母灰 11 种样品各混合均匀，分别准确称取 0.050 0 g 在酸煮洗净的中压消解罐中，倒入 1 mL H₂O₂ 和 5 mL 浓硝酸，按优化的消解程序加热消解。消解完毕后冷却，将样品消解液转移至 50 mL 洁净的 PET 瓶中，并用蒸馏水洗涤消解罐 3~4 次，合并洗液加入 PET 塑料瓶中，定量 50.00 mL，混匀。测定前根据不同元素的含量再稀释适当的倍数，空白按相同方法处理，利用 ICP-MS 分析^[8]。

3 结果

3.1 元素分析 按“2.2”项下方法处理好各样品，采用电感耦合等离子体质谱（ICP-MS）法测定其中各元素含量，并分析其元素分布特征及主要功能。结果见表 2~6。

人体必需 4 种宏量元素在八金灰中的总含量分布为 Na>K>Ca>Mg。在青铜灰中 Na 的含量较多，K 在铜灰中较多，Ca、Mg 在铅灰中较多。八矿灰中 K 含量最高，分布模式为 K>Ca>Mg>Na。七性灰中 Na、K、Ca 较多，而云母灰中 Mg 含量较多。

表 1 辅料主成分及功能

Tab. 1 Main components and functions of prepared adjuvants

原料	主要金属和矿物	主要成分	功能
八金	金	Au	解毒、绝育功能
	银	Ag	耐酸、耐碱、抗腐蚀等功能
	红铜	Cu	抗氧化、解毒等功能
	青铜	Cu、Sn	—
	黄铜	Cu、Zn	—
八矿	铁	Fe ₂ O ₃ ·nH ₂ O	平肝潜阳、重镇降逆、凉血止血等功能
	铅	PbS	解毒、杀虫、镇逆坠痰之功效
	锡或锌	SnO ₂ 或 Zn	愈疮生肌功能或解毒等功能
	自然铜	FeS	促进骨骼愈合、抑制肺癌骨的转移、抗真菌等作用
	金矿石	Cu ₅ FeS ₄	—
	银矿石	Ag	耐酸、耐碱、抗腐蚀等功能
	磁石	Fe ₃ O ₄	抗炎、镇痛、止凝血、潜阳纳气、镇惊安神等作用
	矾石	Ca、O、C	接骨、解银毒作用
	雌黄	As ₂ S ₃	燥湿杀虫、解毒消肿等作用
	雄黄	As ₄ S ₄	抗炎镇痛、抗肿瘤、解毒杀虫、燥湿祛痰等功效
	赤云母 o	K(Mg,Fe) ₃ [AlSi ₃ O ₁₀][OH,F] ₂	胃肠黏膜保护,慢性萎缩性胃炎发挥疗效、抗肿瘤等作用

注:把自然铜、磁石、矾石、银矿石、金矿石、雌黄和雄黄等七种灰的混合物称为七性灰。“—”表示无。

表 2 辅料中人体必需常量元素含量测定结果 (ng/g)

Tab. 2 Results of content of essential elements for human body in prepared adjuvants (ng/g)

原料	Na	Mg	K	Ca
云母灰	2.30×10 ⁶	4.84×10 ⁷	7.08×10 ⁷	1.71×10 ⁷
黄铜灰	5.71×10 ⁷	1.02×10 ⁵	3.61×10 ⁶	3.51×10 ⁵
铅灰	1.05×10 ⁷	1.23×10 ⁷	4.52×10 ⁶	2.61×10 ⁷
金灰	4.94×10 ⁶	1.80×10 ⁵	2.62×10 ⁶	8.37×10 ⁵
锌灰	5.64×10 ⁶	5.06×10 ⁶	6.65×10 ⁶	1.05×10 ⁷
铁灰	7.63×10 ⁶	1.03×10 ⁵	5.45×10 ⁶	7.53×10 ⁴
七性灰	9.00×10 ⁶	4.09×10 ⁶	8.82×10 ⁸	4.07×10 ⁷
铜灰	5.17×10 ⁷	1.47×10 ⁵	2.14×10 ⁷	8.13×10 ⁵
银灰	8.15×10 ⁷	2.13×10 ⁵	1.88×10 ⁷	1.04×10 ⁶
青铜灰	1.58×10 ⁸	7.79×10 ⁴	1.56×10 ⁷	4.26×10 ⁵
总量	3.88×10 ⁸	7.07×10 ⁷	1.04×10 ⁹	9.79×10 ⁷

注:七性灰由自然铜、磁石、矾石、银矿石、金矿石、雌黄和雄黄组成。

表 3 各对照品中草药有害金属限量表 (mg/kg)

Tab. 3 Herbal heavy metal limit standards for various criterion (mg/kg)

对照品	使用范围	Pb	As	Al	Hg	Sb	Cd	Tl
《中医药-中药材重金属限量》ISO 国际对照品	中药材	10.0	4.0	—	3.0	—	2.0	—
中国绿色行业对照品	草药	5.0	2.0	—	0.5	—	0.3	—
2015 年版《中国药典》	中药材	5.0	2.0	—	0.5	—	0.3	—
世界卫生组织	草药	10.0	—	—	—	—	0.3	—
《食品安全国家对对照品 食品中污染物限量》GB 2762—2017	蔬菜制品	1.0	0.5	—	0.01	—	0.2	—

注:“—”表示对照品中未进行限量。

表 4 辅料中有害元素含量测定结果 (ng/g)

Tab. 4 Results of content of harmful elements in prepared adjuvants (ng/g)

原料	Al	As	Cd	Sb	Hg	Tl	Pb
云母灰	4.70×10 ⁷	1.02×10 ⁶	519.1	3.26×10 ³	5.64×10 ⁵	351.9	5.93×10 ⁵
黄铜灰	7.37×10 ⁵	1.20×10 ⁷	5.16×10 ³	1.02×10 ⁵	3.12×10 ⁵	937	3.82×10 ⁷
铅灰	4.25×10 ⁶	2.27×10 ⁷	1.57×10 ³	6.55×10 ⁵	2.45×10 ⁵	6.87×10 ³	4.74×10 ⁸
金灰	2.76×10 ⁵	1.02×10 ⁷	1.93×10 ³	7.62×10 ⁵	1.88×10 ⁵	3.10×10 ³	2.12×10 ⁸
锌灰	2.08×10 ⁶	5.92×10 ⁷	4.07×10 ³	1.98×10 ⁵	1.42×10 ⁵	418.2	2.54×10 ⁶
铁灰	8.68×10 ⁴	3.51×10 ⁵	3.20×10 ³	1.60×10 ⁴	1.09×10 ⁵	未检出	1.88×10 ⁶
七性灰	5.99×10 ⁶	2.55×10 ⁷	1.72×10 ⁴	1.59×10 ⁴	1.28×10 ⁵	1.01×10 ³	2.10×10 ⁷
铜灰	8.72×10 ⁴	8.14×10 ⁷	5.67×10 ³	未检出	7.64×10 ⁴	205.7	6.82×10 ⁶
银灰	5.40×10 ⁵	2.60×10 ⁶	未检出	未检出	2.16×10 ⁵	677.4	3.18×10 ⁷
青铜灰	9.60×10 ⁵	1.15×10 ⁶	6.94×10 ³	1.10×10 ⁵	6.29×10 ⁴	277.6	1.36×10 ⁷
总量	6.20×10 ⁷	2.16×10 ⁸	4.63×10 ⁴	1.86×10 ⁶	2.04×10 ⁶	1.38×10 ⁴	8.02×10 ⁸

表 5 辅料中人体必需微量元素含量测定结果 (ng/g)

Tab. 5 Results of content of trace elements necessary for human body in prepared adjuvants (ng/g)

原料	铅灰	金灰	锌灰	铁灰	铜灰	黄铜灰	银灰	青铜灰	七性灰	云母灰	总量
V	8.32×10 ³	未检出	3.71×10 ³	2.58×10 ⁴	43.28	1.96×10 ³	5.77×10 ³	1.61×10 ³	3.52×10 ⁴	1.04×10 ⁵	1.86×10 ⁵
Cr	4.07×10 ⁴	1.23×10 ⁴	1.57×10 ⁴	1.93×10 ⁵	1.55×10 ⁴	4.61×10 ³	9.07×10 ³	1.38×10 ⁴	1.26×10 ⁴	5.83×10 ⁴	3.06×10 ⁶
Mn	9.76×10 ⁴	6.19×10 ⁴	1.14×10 ⁵	8.84×10 ⁵	8.96×10 ³	4.19×10 ⁴	3.14×10 ⁵	1.81×10 ⁵	5.80×10 ⁵	7.79×10 ⁵	3.14×10 ⁷
Fe	1.34×10 ⁷	1.22×10 ⁷	2.00×10 ⁷	2.13×10 ⁸	1.34×10 ⁶	6.02×10 ⁶	3.36×10 ⁷	3.04×10 ⁷	1.25×10 ⁸	8.90×10 ⁷	5.44×10 ⁸
Co	1.14×10 ³	541.3	2.52×10 ³	9.65×10 ³	未检出	7.92×10 ³	未检出	未检出	未检出	2.93×10 ⁴	5.11×10 ⁴
Ni	2.48×10 ⁴	1.01×10 ⁴	1.38×10 ⁴	4.87×10 ⁴	7.25×10 ³	1.32×10 ⁴	1.87×10 ³	1.15×10 ⁵	2.30×10 ⁴	3.38×10 ⁴	2.92×10 ⁵
Cu	1.25×10 ⁶	1.29×10 ⁵	1.59×10 ⁶	6.19×10 ⁴	7.33×10 ⁸	3.31×10 ⁸	9.52×10 ⁵	5.40×10 ⁸	4.47×10 ⁵	6.17×10 ⁴	1.61×10 ⁹
Zn	1.83×10 ⁶	5.13×10 ⁶	5.36×10 ⁸	1.82×10 ⁵	5.96×10 ⁵	2.41×10 ⁸	5.03×10 ⁵	3.14×10 ⁷	9.49×10 ⁵	4.38×10 ⁵	8.13×10 ⁸
Se	7.33×10 ⁴	2.77×10 ⁴	6.31×10 ⁵	1.35×10 ⁴	2.99×10 ⁵	2.57×10 ⁵	5.18×10 ⁴	2.51×10 ⁵	4.61×10 ⁴	5.24×10 ³	1.66×10 ⁶
Mo	4.08×10 ³	未检出	2.23×10 ³	2.91×10 ⁴	818.2	649.4	473	1.29×10 ³	3.13×10 ³	412.7	4.21×10 ⁴
Sn	7.86×10 ⁸	4.04×10 ⁸	6.14×10 ⁸	2.80×10 ⁸	5.17×10 ⁶	3.63×10 ⁸	1.65×10 ⁵	1.56×10 ⁷	1.46×10 ⁵	2.89×10 ⁸	2.76×10 ⁹

表 6 辅料中其他元素含量测定结果 (ng/g)

Tab. 6 Results content of other elements in prepared adjuvants (ng/g)

原料	云母灰	黄铜灰	铅灰	金灰	锌灰	铁灰	七性灰	铜灰	银灰	青铜灰	总量
Be	1.66×10 ³	38.14	183.7	40.96	161.2	96.17	1.11×10 ³	65.23	未检出	177	3.53×10 ³
Ru	未检出	83.2	140.8	95.56	未检出	未检出	261.9	210.9	73.38	未检出	865.74
Rh	未检出	2.11×10 ³	1.18×10 ⁴	4.81×10 ³	未检出	未检出	未检出	5.20×10 ³	未检出	3.35×10 ³	2.72×10 ⁴
Pd	605.1	5.14×10 ³	7.54×10 ³	1.91×10 ⁴	2.08×10 ⁴	2.54×10 ⁴	2.32×10 ⁴	3.63×10 ⁴	1.86×10 ⁴	2.76×10 ⁴	1.85×10 ⁵
Ag	9.02×10 ³	1.88×10 ⁴	1.20×10 ⁴	5.07×10 ⁴	2.21×10 ⁴	2.46×10 ³	1.37×10 ⁴	1.30×10 ⁴	2.61×10 ⁸	1.16×10 ⁵	2.61×10 ⁸
Pd	未检出	385.6	未检出	1.75×10 ³	1.29×10 ³	616.9	未检出	未检出	2.04×10 ⁴	未检出	2.44×10 ⁴
Te	未检出	441.8	未检出	1.57×10 ³	未检出	726.5	1.32×10 ³	未检出	9.73×10 ⁴	484.2	1.02×10 ⁵
Ba	5.83×10 ⁵	1.24×10 ⁴	3.00×10 ⁴	9.08×10 ³	2.48×10 ⁴	5.02×10 ³	5.80×10 ⁴	1.98×10 ⁴	5.87×10 ³	3.73×10 ⁴	7.84×10 ⁵
La	5.57×10 ⁴	200	3.13×10 ³	375.7	1.78×10 ³	4.58×10 ³	5.81×10 ³	444.7	231.4	871.6	1.80×10 ⁴
Ce	2.61×10 ⁴	323.9	5.28×10 ³	381	3.15×10 ³	9.81×10 ³	1.19×10 ⁴	154.4	246.1	237.4	2.00×10 ⁴
Pr	6.64×10 ³	119.2	567	160.4	440.3	93.93	1.56×10 ³	339.9	141.1	596	1.06×10 ⁴
Nd	2.09×10 ⁴	154.8	2.16×10 ³	132.4	1.54×10 ³	未检出	5.01×10 ³	44.86	382	459.9	1.01×10 ⁴
Sm	2.69×10 ³	30.27	364.8	91.14	264.8	未检出	1.17×10 ³	未检出	7.26×10 ³	565.6	1.01×10 ⁴
Eu	611.8	未检出	103.1	未检出	51.86	22.51	314.8	未检出	29.06	26.2	1.16×10 ³
Gd	2.43×10 ³	1.12×10 ⁻⁴	611.8	1.19×10 ⁻⁴	532.1	55.27	1.37×10 ³	1.31×10 ⁻⁴	1.39×10 ⁻⁴	77.98	5.00×10 ³
Dy	1.43×10 ³	44.39	257.3	28.45	248.3	114.5	998.7	197.6	104.2	46.05	3.47×10 ³
Ho	259.9	16.69	51.5	7.115	34.69	10.21	159.9	24.96	39.69	11.51	616.17
Er	704.4	未检出	77.84	22.64	42.78	未检出	751.4	未检出	未检出	未检出	1.60×10 ³
Tm	112	5.739	6.11	2.25×10 ⁻²	6.98	2.39×10 ⁻²	125.6	2.46×10 ⁻²	2.62×10 ⁻²	12.58	269.11
Lu	275.2	218.8	262.3	502	545.1	1.25×10 ³	1.01×10 ³	1.20×10 ³	466	744.2	6.48×10 ³
Au	462.2	548.7	8.05×10 ⁴	5.98×10 ⁷	3.38×10 ⁵	1.58×10 ⁵	8.04×10 ⁴	5.27×10 ⁴	1.95×10 ⁴	4.16×10 ⁴	6.06×10 ⁷
Ti	8.61×10 ⁶	5.78×10 ⁶	3.07×10 ⁵	8.63×10 ³	1.28×10 ⁵	5.54×10 ⁴	3.72×10 ⁵	5.43×10 ⁴	5.24×10 ⁴	4.36×10 ⁴	1.54×10 ⁷

八金灰和八矿灰中 K、Na、Ca、Mg 总量分布模式为 K>Na>Ca>Mg。八金灰和八矿灰中 K、Ca、Na、Mg 作为人体必需常量元素对健康有很重要的作用。八金属灰中各有害元素的总含量排序为 Pb>As>Al>Hg>Sb>Cd>Tl，八矿物灰中各元素的总含量排序为 As>Pb>Al>Hg>Sb>Cd>Tl 依次减少，辅料中各元素的总含量 Pb、As、Al、Hg、Sb、Cd、Tl 依次减少。在药材和食品的对照品中对含量相对较多的有害金属的含量有限制，见表 3。本实验中 Pb、As、Al 占总有害元素的 73.99%、19.93%、5.72%。铅的毒性可以通过皮肤、消化道、呼吸道

等进入人体，从而引起消化系统损伤、导致贫血、肾损伤和神经系统功能损伤，尤其对儿童会造成严重的大脑损伤，但通常情况下，铅中毒经治疗后，易恢复，很少有后遗症^[9]。而且，铅化合物密陀僧、铅丹（黄丹）、铅粉（官粉）和铅霜等在中药中广泛使用。密陀僧具有燥湿、解毒、杀虫等功效，主治疮疡溃烂久不收敛、疥癣、狐臭等^[10]。铅粉有消积、杀虫和生肌等的功效，主治痞积、湿疹、丹毒等。砷很容易被细胞吸收导致中毒，砷剂是一种有毒化学物质，但其药用历史悠久。如中药砷剂砒霜在治疗血液系统肿瘤方面效果显著，能通

过促进细胞凋亡、诱导细胞分化、激活自噬等多种方式发挥疗效^[11]。铝中毒可导致多种疾病发生,影响细胞免疫、神经内分泌等^[12]。

八金灰中人体必需元素的总含量 Sn、Cu、Na、Fe、Zn、K、Ca、Mg、Mn、Se、Cr、Ni、V、Co、Mo 依次减少;八矿灰中各元素的总含量 Sn、K、Fe、Ca、Mg、Na、Zn、Mn、Cu、V、Cr、Ni、Se、Co、Mo 依次减少。炮制佐太的金属与矿物辅料中各人体必需元素的总含量为 Sn ($2.76\times10^9\text{ ng/g}$)、Cu ($1.61\times10^9\text{ ng/g}$)、K ($1.04\times10^9\text{ ng/g}$)、Zn ($8.13\times10^8\text{ ng/g}$)、Fe ($5.44\times10^8\text{ ng/g}$)、Na ($3.88\times10^8\text{ ng/g}$)、Ca ($9.79\times10^7\text{ ng/g}$)、Mg ($7.07\times10^7\text{ ng/g}$)、Mn ($3.14\times10^6\text{ ng/g}$)、Se ($1.66\times10^6\text{ ng/g}$)、Cr ($3.06\times10^5\text{ ng/g}$)、Ni ($2.92\times10^5\text{ ng/g}$)、V ($1.86\times10^5\text{ ng/g}$)、Co ($5.11\times10^4\text{ ng/g}$)、Mo ($4.21\times10^4\text{ ng/g}$)。Sn 具有高度促进生长效应,也能促进核酸及蛋白质合成。Cu 主要以 Cu-蛋白质复合物的形式贮存于肝脏,Cu-蛋白质可避免过氧化损伤;Cu 可以构成铜蓝蛋白。Zn 主要存在肌肉、骨骼、皮肤等组织器官,作为

许多酶的活性中心起结构、催化或调节等作用,还能增强细胞膜的稳定性,并通过促进生长发育而可维持正常的生殖功能。Fe 是制造血红蛋白的重要原料,运、存氧以及构成人体必需酶而发挥多种生理作用。Mn 是某些酶的激活剂,并参与多方面的物质代谢而具有重要的生理作用。Se 既与重金属能形成难解离化合物而可解重金属的毒性,又有抗氧化、抗衰老、调节机体免疫等药理活性。

表 6 显示,佐太辅料中其他元素的总含量 Ag、Au ($6.06\times10^7\text{ ng/g}$)、Ti、Ba、Pd、Te、Rh、Pd、Ce、La、Pr、Nd = Sm、Lu、Gd、Be、Dy、Er、Yb、Eu、Ru、Ho、Tm、Ir 依次减少。

3.2 佐太及其主要辅料中各元素总量比较 佐太中人体必需常量元素 Na、K、Ca、Mg 的总量少于主要辅料中的总量,除 Na 外,K、Ca、Mg 的总量少百倍。佐太中人体必需微量元素 Sn、Cu、Fe、Zn、Mn、Se、Cr、Ni、V、Co、Mo 的总量也明显少于主要辅料中的总量,Cr、Co、Ni 和 Se 4 种元素在佐太中未检测到。除 Hg 外,佐太中人体有害元素总量明显减少。见表 7。

表 7 佐太及其主要辅料中各元素总量比较 (ng/g)

Tab. 7 Comparison of the total amount of each element in the Zuotai and its prepared djuvants (ng/g)										
元素	Na	Mg	K	Ca	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
灰化后	3.88×10^8	7.07×10^7	1.04×10^9	9.79×10^7	1.86×10^5	3.06×10^6	3.14×10^7	5.44×10^8	5.11×10^4	2.92×10^5
佐太	3.67×10^7	4.64×10^5	3.15×10^7	4.44×10^5	1.82×10^3	未检出	2.15×10^4	3.37×10^7	未检出	未检出
元素	Cu	Zn	As	Se	Mo	Sn	Al	Cd	Sb	Hg
灰化后	1.61×10^9	8.13×10^8	2.16×10^8	1.66×10^6	4.21×10^4	2.76×10^9	6.20×10^7	4.63×10^4	1.86×10^6	2.04×10^6
佐太	3.83×10^6	2.00×10^6	6.21×10^5	未检出	120.4	1.13×10^6	5.81×10^5	5.56×10^3	未检出	4.25×10^8
元素	Tl	Pb	Be	Ru	Rh	Pd	Ag	Pd	Te	Ba
灰化后	1.38×10^4	8.02×10^8	3.53×10^3	865.74	2.72×10^4	1.85×10^5	2.61×10^8	2.44×10^4	1.02×10^5	7.84×10^5
佐太	168.2	1.85×10^6	未检出	65.88	未检出	1.21×10^4	1.91×10^5	未检出	488.3	1.13×10^4
元素	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Ho	Er
灰化后	1.80×10^4	2.00×10^4	1.06×10^4	1.01×10^4	1.01×10^4	1.16×10^3	5.00×10^3	3.47×10^3	616.17	1.60×10^3
佐太	310.6	44.89	80.05	265.4	187.7	4.372	74.22	91.82	未检出	63.72
元素	Tm	Yb	Lu	Ir	Pt	Au	Ti			
灰化后	269.11	1.50×10^3	6.48×10^3	170.11	未检出	6.06×10^7	1.54×10^7			
佐太	22.24	35.63	1.02×10^3	3.69×10^{-3}	未检出	3.81×10^4	1.67×10^5			

4 讨论

佐太的炮制过程中的主要原料是汞和硫,主要辅料是 8 种金属灰和 8 种矿物灰。可见,在佐太炮制过程中,通过使用多种辅料丰富了佐太的无机成分。K、Na、Ca、Mg 在 8 种金属灰中的含量和 8 种矿物灰中含量各有不同,Na 在青铜灰中的含量较多,K 在铜灰中较多,Ca、Mg 在铅灰中较多;七性灰中 Na、K、Ca 较多,而云母灰中 Mg 含量较多。用不同的金属灰和矿物灰,不仅给佐太提供了丰富的宏量元素 K、Na、Ca、Mg;同样,通过这 8

种金属灰和 8 种矿物灰还给佐太提供了具有高度促进生长效应和能促进核酸及蛋白质合成的 Sn,作为许多酶的活性中心起催化或调节等作用,还能增强细胞膜的稳定性等功能。同时也带入了 As、Pb、Al、Sb、Cd、Tl 这些超过一定量后给人体带来不良反应的 6 种有害金属和 Ag、Au、Ti、Ba 等 22 种其他元素。

佐太炮制过程中,将主要原料水银与 8 种金属灰、8 种矿物灰和三酸等辅料通过揉擦、洗涤、煎煮等工序进行水银祛毒炼制后,佐太中 4 种人体必

需常量元素、11 种人体必需微量元素、人体有害元素和其他元素各总量分别与主要辅料中该元素总量相比，都有不同程度的下降。但佐太中测得的 Hg 总量比其 Na、K 各总量大一个数量级，据文献报道汞的毒性降低^[13]，这也说明炮制前后 Hg 质量守恒，但 Hg 不再以单质态存在。

汞蒸气有剧毒，甲基汞易被人体吸收，排出慢，是高神经毒剂，多在脑部积累^[14]。但是，水银作为中药具有消毒、泻下、利尿、灭虱等功效，用于治疗皮肤疥疮、顽癣等。汞的化合物作为药物在临床也广泛应用^[15-16]。

无机元素分析结果表明，佐太的无机成分是丰富的，各无机元素存在形态是非单质态。通过此研究，进一步诠释了根据藏药用药的整体性、平衡性和综合性特点，在炮制过程中使用多种金属和矿物辅料使佐太这种矿物药含有丰富的无机成分，从而达到多靶点综合治病和健身作用。佐太中汞总量和文献对其疗效的报道，进一步明确了佐太的炮制过程是改变汞存在形态的过程，而不是除去汞的过程，以期为进一步应用现代技术和手段研究佐太成分奠定基础。

参考文献：

[1] 杨 梦,周雪姣,李向阳. 藏药佐太的研究现状与进展[J]. 药学研究, 2016, 35(11): 663-667.

[2] 多杰才让,牛秀得. 国医大师尼玛与藏药“佐太”的炮制[J]. 中国民族医药杂志, 2018, 24(11): 31-32.

[3] 多杰才让,马应凤,王丽娟,等. 藏药“佐太”与蒙药“孟根乌苏”祛垢炮制法异同及溯源考证[J]. 中医药导报, 2019, 25(13): 34-35.

[4] 多杰才让,王丽娟,娘加先. 藏药“佐太”及规范辅料工

艺的必要性[J]. 中医药导报, 2019, 25(18): 56-57; 70.

[5] 张 炜,刘海青,骆桂法,等. 佐太及珍宝类藏成药中汞在大鼠体内的蓄积研究[J]. 中国药事, 2020, 34(2): 195-201.

[6] Chen C, Zhang B B, Hu A L, *et al.* Protective role of cinnabar and realgar in Hua-Feng-Dan against LPS plus rotenone-induced neurotoxicity and disturbance of gut microbiota in rats[J]. *J Ethnopharmacol*, 2019, 247: 112299.

[7] 多 杰,初 诚. 浅谈藏药“佐太”的作用机理与炮制流程[J]. 中国民族医药杂志, 2013, 19(7): 11-12.

[8] 热增才旦,冯 敏,张 兰,等. 微波消解 ICP-MS 测定藏族药仁青芒觉中的无机元素[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(6): 48-51.

[9] 阮 涌,嵇辛勤,文 明,等. 食品中铅污染检测技术研究进展[J]. 贵州畜牧兽医, 2012, 36(5): 12-15.

[10] 胡欣燕,李璐瑒,郭桂明. 含铅中药制剂止痒药粉外用的安全性[J]. 中国医院用药评价与分析, 2020, 20(9): 1146-1149.

[11] 王 欣,谭详敏,王梅竹,等. 中药砷剂治疗 BCR-ABL 阳性慢性髓系白血病研究进展[J]. 中国中医药信息杂志, 2020, 27(6): 136-140.

[12] Chéramy M, Hampe C S, udvigsson J, *et al.* Characteristics of *in vitro* phenotypes of glutamic acid decarboxylase 65 autoantibodies in high-titre individuals[J]. *Clin Exp Immunol*, 2013, 171(3): 247-254.

[13] 班玛才仁. 用化学思路浅谈藏药“佐太”炮制工艺[J]. 中国民族医药杂志, 2013, 19(7): 62-64.

[14] 李思远,黄光智,丁晓雯. 食品中汞与甲基汞污染状况与检测技术研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(12): 295-301.

[15] 兰济乐,丁舒飞,邱璐琦,等. 中药治疗癫痫的成方规律分析[J]. 中成药, 2020, 42(8): 2156-2160.

[16] 王启铭,肖 坤,翟 菲,等. 朱砂安神丸肝肾解毒物质基础与作用机制研究[J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(11): 5103-5111.