

于卫松,张义志,刘文琳,等. 基于防腐高效溶样罐前处理的植株体内微量元素测定[J]. 江苏农业科学,2019,47(19):215-218.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.19.050

基于防腐高效溶样罐前处理的植株体内微量元素测定

于卫松¹, 张义志¹, 刘文琳², 褚智国³, 邱 军¹

(1. 中国农业科学院烟草研究所, 山东青岛 266101; 2. 青岛嘉泽包装有限公司, 山东青岛 266107;
3. 山东中烟工业有限责任公司, 山东济南 250014)

摘要:采用防腐高效溶样罐对 3 种国内植物标准物质[GBW10016(茶叶)、GBW07602(灌木枝叶)、GBW07603(灌木枝叶)]进行 2 种方法的前处理,并应用电感耦合等离子质谱仪(ICP-MS)分别测试包括稀土元素在内的 35 种微量元素。结果表明,除个别元素外,测试结果均与标准值相符合,且方法 1 处理的生物样品测试结果更稳定、更准确。防腐高效溶样罐法优化了样品处理的消解方法,能有效去除有机基体,使 ICP-MS 充分发挥了优势,具有操作简单、速度快、成本低、试剂用量少、样品不易污染、安全可靠等优点,其生物消解效果与微波消解相当。

关键词:电感耦合等离子质谱仪(ICP-MS);防腐高效溶样罐;标准物质;微量元素;消解;测定;茶叶;枝叶

中图分类号: S132 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)19-0215-03

植物体除需要钾、磷、氮等元素作为养料外,还需要吸收极少量的铁(Fe)、硼(B)、砷(As)、锰(Mn)、铜(Cu)、钴(Co)、钼(Mo)等元素,这些需要量极少,但又是生命活动所必需的元素,通常称作微量元素。这些微量元素在生物体中含量极低,但对生物体的新陈代谢有极其重要的作用。因此,选择正确的植物样品前处理方法是准确测定植物样品中微量元素的重要保证。

近年来,环境科学和生命科学的迅速进步极大地推动了生物样品分析研究的深入开展。快速、准确测定生物样品中的微量元素成为分析化学研究的重点之一。随着分析技术的发展,不同的仪器运用到生物样品检测中来。徐玉宏利用微波消解-分光光度法测定大豆中的硼含量^[1]。王小平等采用原子荧光光谱法测定不同产地茶叶中 As、Se(硒)、Hg(汞)、Bi(铋)4 种元素含量^[2]。Siqueira 等采用火焰原子吸收光谱法(FAAS)对不同城市的蜂花粉样品进行了铁、锰、锌(Zn)含量的测定^[3]。甘志勇等用微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)测定了植物中 9 种必需元素^[4]。随着质谱技术的发展成熟,电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)在食品科学中得到了广泛的应用,与原子吸收(AAS)、电感耦合等离子体发射光谱(ICP-AES)等检测方法相比,ICP-MS 成为微量元素分析的主要仪器,具有低检测限、多元素同时检测、谱图简单、干扰少等优点。电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)等现代先进分析技术应用于生物样品中微量元素的测定报道^[5-11]日渐增多。

生物样品主要组成为碳(C)、氢(H)、氧(O)、N 等挥发性气体元素,测试中产生大量的原子干扰,影响分析结果,因

此选择合适的样品处理过程尤为重要。近年来,微波消解技术迅速发展,成为生物体与有机体样品的标准消解方法,虽然消除了样品污染与元素损失的弊端,但 1 次最多只能消解 48 个样品,限制了分析速度,同时微波消解需要高温高压,并会有一定的泄露,一些挥发元素易丢失,造成测试效果不够好,且仪器购置成本较高。为了充分发挥 ICP-MS 的优势,优化样品处理的消解方法,采用防腐高效溶样罐消解生物样品,能有效去除有机基体、防止样品污染与元素挥发、降低成本、提高效率,符合生物样品中元素的分析要求。

1 材料与方法

1.1 试验仪器与试剂

1.1.1 仪器设备 ICP-MS:美国 Perkin Elmer 公司产品,型号为 Nexion 300D,配带动态反应池(DRC),可在标准模式与 DRC 模式下运行,DRC 模式下采用反应气 NH₃ 来消除 Ar 对一些元素的干扰。本试验中采用 DRC 模式测试了生物样品中的铬(Cr)与 Fe 元素,其他元素都采用标准模式测定。

防腐高效溶样罐、JK-60TH 型防腐电热板、JKHF-140L 型防腐烘箱,购自青岛济科实验仪器有限公司;ULTRA IONIC 型超纯水机,购自英国 ELGA 公司。

1.1.2 主要材料与试剂 硝酸:国产电子纯(MOS)硝酸;纯水:采用蒸馏水过 ELGA 纯水机,电导率为 18.2 mS/cm;标准溶液:美国 Perkin Elmer 公司的混标溶液,10 mg/L;稀土溶液:美国 Perkin Elmer 公司的稀土溶液,10 mg/L;标准物质:从国家标准物质中心购置的 GBW10016(茶叶)、GBW07602(灌木枝叶)与 GBW07603(灌木枝叶)。

1.1.3 仪器条件 本试验采用的仪器条件如表 1 所示。

1.2 试验方法

方法 1:准确称取 100 mg 样品于聚四氟内胆中,加入 2 mL 硝酸,密封静置 12 h 后置于防腐溶样罐外套内,然后在 150 ℃防腐烘箱内恒温消解 12 h,冷却;冷却后取出内胆,用纯水准确定质量到 40 g,待上机测试。

方法 2:准确称取 50 mg 样品于聚四氟内胆中,加入 2 mL

收稿日期:2019-04-23

基金项目:中国农业科学院科技创新工程(编号:ASTIP-TRIC06);

国家农产品质量安全风险评估重大专项(编号:GJFP201701003)。

作者简介:于卫松(1981—),男,山东莱阳人,硕士,助理研究员,主要从事烟草化学分析研究。E-mail:yuweisong@caas.cn。

通信作者:邱 军,博士,副研究员,主要从事烟草化学分析研究。

E-mail:qjun1975@126.com。

表 1 ICP-MS 仪器条件

项目	条件	项目	条件
射频(RF)功率	1 250 W	Mg(1 μg/kg)	20 000 cps
模拟电压	-2 300 V	In(1 μg/kg)	50 000 cps
脉冲电压	1 200 V	U(1 μg/kg)	30 000 cps
雾化器流速	0.80 L/min	Ce(1 μg/kg)	50 000 cps
采样锥孔直径	1.1 mm	Ba(10 μg/kg)	400 000 cps
截取锥孔直径	0.9 mm	220(background)	1.0 cps
辅助器	1.20 L/min	8.5(background)	1.03 cps
等离子气流速	15 L/min	CeO/Ce	2.20%
数据采集模式	跳峰模式	Ba ²⁺ /Ba	1.80%
反应气(NH ₃)	0.6 mL/min		

硝酸与 1 mL 双氧水,密封静置 12 h 后置于防腐溶样罐外套内,然后在 150 ℃防腐烘箱内恒温消解 12 h,冷却;冷却后取出内胆,用纯水准确定质量到 40 g,待上机测试。

表 2 方法定量限

									μg/kg		
元素	定量限 1	定量限 2	元素	定量限 1	定量限 2	元素	定量限 1	定量限 2	元素	定量限 1	定量限 2
Li	0.87	2.20	Zn	19.20	48.00	Bi	0.48	1.20	Eu	0.30	0.75
Be	7.20	18.00	As	2.70	6.80	Th	0.39	0.98	Gd	1.08	2.70
B	8.50	21.30	Rb	8.40	21.00	U	0.30	0.75	Tb	0.12	0.30
Cr*	4.10	10.30	Sr	1.35	3.40	Y	0.18	0.45	Dy	0.15	0.38
Mn	8.00	20.00	Mo	2.10	5.30	La	0.30	0.75	Er	1.70	4.30
Fe*	74.00	185.00	Cd	0.75	1.90	Ce	0.36	0.90	Tm	0.90	2.25
Co	8.60	21.50	Cs	0.27	0.70	Pr	0.12	0.30	Yb	0.66	1.65
Ni	8.70	21.80	Ba	7.70	19.3	Nd	0.69	1.70	Lu	0.15	0.38
Cu	7.50	18.80	Pb	1.70	4.25	Sm	0.72	1.80			

注:带有*的元素为采用 DRC 模式测试得到的数据,其他元素均为标准模式。表 3 同。

2.2 对 3 种标准物质的处理

本试验对国内 3 种植株体标准物质 GBW10016(茶叶)、GBW07602(灌木枝叶)与 GBW07603(灌木枝叶)进行了 2 种方法的前处理,每种方法平行称取 2 份样品,采用 2 组数据的平均值与标准值相比较。其中由于 Cr 与 Fe 元素在处理过程中存在着 ArC 与 ArO 的干扰,采用 NH₃ 为反应气,反应池模式测定处理样品中的 Cr 与 Fe 元素。

由表 3 可知,2 种方法的测试值与标准值对比,GBW10016(茶叶)、GBW07602(灌木枝叶)与 GBW07603(灌木枝叶)中所测元素绝大多数与标准值能较好地吻合,测试值都落在标准值及不确定度范围之内,具体如下:(1)对 GBW07602(灌木枝叶)而言,方法 1 的 Rb、Sr、Y、U、Eu 5 种元素,方法 2 的 Rb、Sr、Y、U、Eu、Cr 6 种元素的测试值或低于或高于标准值,偏差值在 10% 以内。(2)对 GBW07603(灌木枝叶)而言,方法 1 的 U、Ce、Dy、Ho 4 种元素,方法 2 的 U、Ce、Dy、Ho、Gd、Yb 6 种元素的测试值或低于或高于标准值,偏差值在 10% 以内;方法 1 与方法 2 的 Cd 测试值与标准值差异较大,但两者数据一致,具体原因需要进一步分析研究;此外,方法 2 的 Th 和 Lu 与标准值差异也较大,偏差值超过 20%。(3)对 GBW10016(茶叶)而言,2 种方法的 Bi 测试值与标准值差异较大,偏差值为 10%~20%。

3 结论

综合对试验数据结果的分析,采取方法 1 处理生物样品测试的结果更稳定、更准确,此方法具有操作简单、速度快、试

1.3 标准曲线

本试验用浓度为 0、1、5、10 μg/L 的标准溶液制备标准曲线。即先用 PE 标准溶液配制成 100 μg/L 标准溶液,再用 2% HNO₃ 溶液配制浓度分别为 0、1、5、10 μg/L 的标准溶液并绘制成标准曲线。所有元素(Li、Be、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、As、Rb、Sr、Cd、Cs、Ba、Pb、Bi、Th 及 REE)的标准曲线相关系数均在 0.999 以上,可以用来进行样品的测定。另外 B、Mo 元素采用标准物质制备标准曲线。

2 结果与分析

2.1 方法检测限

本试验方法检测限为过程空白连续 10 次测得浓度的 3 倍偏差乘以稀释倍数所得到的数值。表 2 为方法定量限,其中定量限 1 代表方法 1 的方法定量限,定量限 2 代表方法 2 的方法定量限。

剂用量少、样品不易污染、安全可靠等优点,在植物样品消解中可与微波消解相媲美,为植物体中微量元素的测定提供了合理的参考方法。

参考文献:

[1]徐玉宏.微波消解-分光光度法测定大豆中的硼量[J].分析试验室,2008,27(3):112-114.

[2]王小平,马以瑾,徐元春.原子荧光光谱法测定不同产地茶叶中 As、Se、Hg 和 Bi 四种元素含量[J].光谱学与光谱分析,2008,28(7):1653-1657.

[3]Siqueira J S, Pereira J B, Lemos M S, et al. Optimization of a digestion method using diluted acid in bee pollen samples for determination of Fe, Mn and Zn by flame atomic absorption spectrometry[J]. Food Analytical Methods,2017,10(3):759-763.

[4]甘志勇,彭靖茹,李 鸿,等.微波消解样品-电感耦合等离子体原子发射光谱法测定植物中 9 种必需元素[J].理化检验-化学分册,2008,44(8):722-724.

[5]陈海英. ICP-MS 测定银杏茶叶中的多种微量元素的研究[J].化学与黏合,2015,37(4):310-312.

[6]Pino A, Alimonti A, Botrè F. Determination of twenty-five elements in lichens by sector field inductively coupled plasma mass spectrometry and microwave-assisted acid digestion[J]. Rapid Communications in Mass Spectrometry,2007,21(12):1900-1906.

[7]袁利杰,李 云,郑子栋,等.微波消解-电感耦合等离子质谱法测定龟甲胶中 6 种有害元素[J].分析科学学报,2014,30(4):578-580.

表 3 标准物质的测试值与标准值

元素	GBW07602				GBW07603				GBW10016						
	方法 1		方法 2		标准值	方法 1		方法 2		标准值	方法 1		方法 2		
	均值	标准差	均值	标准差		均值	标准差	均值	标准差		均值	标准差			
Li(mg/kg)	2.43	0.04	2.55	0.06	2.40±0.40	2.80	0.00	3.00	0.02	2.60±0.40	0.14	0.00	0.14	0.01	0.14±0.02
B(mg/kg)	34.30	0.40	35.70	1.40	34.00±7.00	39.60	1.20	42.70	1.77	38.00±6.00	14.90	0.07	15.70	0.07	14.00±1.00
Cr(mg/kg)*	2.83	0.10	2.47	0.06	2.30±0.30	2.36	0.17	2.42	0.09	2.60±0.60	0.36	0.03	0.43	0.03	0.45±0.10
Mn(mg/kg)	59.10	1.10	42.40	1.10	58.00±6.00	64.00	0.57	47.80	0.92	61.00±5.00	492.00	11.00	485.00	13.00	500.00±20.00
Fe(mg/kg)*	1 120	33	1 101	36	1 020±67	1 028	64	1 044	28	1 070±57	263	11	241	9	242±18
Co(mg/kg)	0.43	0.00	0.49	0.06	0.39±0.05	0.45	0.01	0.50	0.01	0.41±0.05	0.22	0.00	0.24	0.01	0.22±0.02
Ni(mg/kg)	2.11	0.04	2.21	0.02	1.70±0.40	1.72	0.01	2.08	0.34	1.70±0.30	3.35	0.08	3.49	0.11	3.40±0.30
Cu(mg/kg)	4.95	0.15	4.97	0.13	5.20±0.50	6.47	0.06	6.80	0.18	6.60±0.80	18.20	0.60	19.0	0.10	18.60±0.70
Zn(mg/kg)	21.50	0.57	21.30	0.28	20.60±2.20	59.40	1.80	58.90	3.46	55.00±4.00	50.70	0.70	51.40	0.08	51.00±2.00
As(mg/kg)	0.97	0.04	0.97	0.06	0.95±0.12	1.50	0.09	1.44	0.21	1.25±0.15	0.08	0.00	0.06	0.01	0.09±0.01
Rb(mg/kg)	3.93	0.01	2.83	0.06	4.20±0.20	3.90	0.11	2.88	0.01	4.50±0.60	116.00	1.00	150.00	4.00	117.00±5.00
Sr(mg/kg)	319.00	7.80	314.00	6.40	345.00±11.00	228.00	2.80	229.00	12.00	246.00±16.00	9.00	0.19	9.10	0.36	9.10±1.20
Y(mg/kg)	0.75	0.03	0.72	0.01	0.60	0.67	0.01	0.71	0.01	0.68±0.02	0.23	0.00	0.23	0.00	0.23±0.03
Mo(mg/kg)	0.28	0.01	0.29	0.01	0.26±0.40	0.29	0.00	0.30	0.01	0.28±0.05	0.03	0.00	0.03	0.01	0.04±0.012
Cd(mg/kg)	0.20	0.01	0.20	0.00	0.14±0.06	0.75	0.04	0.73	0.04	0.38	0.06	0.00	0.06	0.00	0.062±0.004
Cs(mg/kg)	0.27	0.01	0.27	0.02	0.27±0.03	0.26	0.01	0.26	0.01	0.27±0.02	0.32	0.01	0.33	0.01	0.32±0.06
Ba(mg/kg)	18.40	0.20	18.70	0.28	19.00±3.00	15.60	0.14	16.90	0.57	18.00±2.00	9.60	0.20	9.80	0.60	9.60±0.50
Pb(mg/kg)	7.43	0.06	8.09	0.77	7.10±1.10	47.90	0.07	50.70	0.57	47.00	1.53	0.06	1.52	0.02	1.50±0.20
Bi(μg/kg)	21.80	0.60	23.70	0.60	22.00	22.50	1.60	23.50	1.80	23.00±5.00	24.10	2.10	23.0	0.70	18.00±2.00
Th(μg/kg)	350.00	11.00	424.00	26.00	370.00±20.00	215.00	51.60	409.00	7.80	360.00±40.00	33.90	6.20	33.9	2.80	38.00±12.00
U(μg/kg)	96.00	0.70	98.00	4.00	110.00	103.00	2.80	102.00	6.40	120.00	8.50	0.70	8.30	0.30	10.00±2.00
La(μg/kg)	1 237	13	1 163	16	1 230±100	1 204	2	1 214	42	1 250±60	244	11	254	28	250±20
Ce(μg/kg)	2 256.00	12.00	2 122.00	0.70	2 400.00±300.00	2 015.00	3.50	2 040.00	49.00	2 200.00±100.00	370.00	28.00	378.00	8.00	390.00±50.00
Pr(μg/kg)	270.00	5.00	249.00	0.71	—	242.00	2.80	243.00	4.90	240.00	41.00	2.50	45.00	5.60	42.00±4.00
Nd(μg/kg)	1 094.00	27.00	1 048.00	18.00	1 100.00	999.00	5.70	983.00	0.70	1 000.00±100.00	161.00	6.40	162.00	19.10	150.00±20.00
Sm(μg/kg)	201.00	0.00	194.00	12.00	190.00±10.00	186.00	1.40	183.00	1.40	190.00±20.00	29.50	0.70	29.70	0.07	29.00±3.00
Eu(μg/kg)	42.00	0.07	41.00	1.10	37.00±2.00	39.40	2.00	42.00	0.40	39.00±3.00	5.60	0.30	7.20	1.70	6.70±1.40
Gd(μg/kg)	190.00	2.10	181.00	5.70	—	166.00	1.40	182.00	9.20	190.00	51.30	4.00	49.00	5.70	54.00±7.00
Tb(μg/kg)	27.20	0.28	24.30	6.60	26.00	25.30	2.20	26.10	0.80	25.00±3.00	4.70	0.04	4.10	0.27	4.50±0.70
Dy(μg/kg)	142.00	4.90	134.00	5.70	—	127.00	2.10	136.00	1.41	130.00	24.00	1.40	23.50	0.40	25.00±6.00
Ho(μg/kg)	29.10	1.10	28.00	1.10	—	25.40	0.60	27.60	0.60	33.00	5.40	0.04	5.30	0.50	5.40±1.20
Er(μg/kg)	59.80	0.80	59.50	1.60	—	53.80	1.60	56.40	3.00	—	13.00	1.00	13.00	0.40	14.00±4.00
Tm(μg/kg)	8.80	0.54	8.29	0.37	—	7.70	0.35	8.29	0.77	—	2.40	0.30	2.10	0.10	2.60±1.00
Yb(μg/kg)	61.10	0.78	57.70	1.48	63.00±14.00	52.70	0.60	65.90	4.70	63.00±9.00	19.00	0.10	19.00	0.10	18.00±4.00
Lu(μg/kg)	8.40	0.17	7.91	1.15	—	7.13	0.04	8.47	0.61	11.00	3.00	0.10	3.00	0.50	3.00±0.80

康专苗,范建新,何凤平,等. 澳洲坚果露酒香气成分 GC-MS 分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(19):218-223.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.19.051

澳洲坚果露酒香气成分 GC-MS 分析

康专苗, 雷朝云, 范建新, 何凤平, 李向勇, 刘小翠, 刘凡值

(贵州省农业科学院亚热带作物研究所, 贵州兴义 562400)

摘要: 为了解澳洲坚果露酒及浸泡基酒的香气成分, 采用顶空固相微萃取 (HS-SPME) 与气相色谱质谱 (GC-MS) 相结合的方法定性分析这 2 种样品的香气成分。结果表明, 2 个样品依次检测出 67、79 种香气成分, 香气成分本质的差异决定了其特有的风味和口感。其中, 浸泡基酒当中的主要香气成分棕榈酸乙酯, 为 17.21%; 癸酸乙酯, 为 7.38%; 十二酸乙酯, 为 4.40%; 辛酸乙酯, 为 4.16%; 丁酸乙酯, 为 2.59%; 己酸乙酯, 为 1.75%; 十四酸乙酯, 为 1.47%; 苯乙醇, 为 6.61%; 乙酸异戊酯, 为 3.27%; 丁二酸二乙酯, 为 2.42%; 澳洲坚果露酒当中的主要香气成分棕榈酸乙酯, 为 16.72%; 癸酸乙酯, 为 7.58%; 十二酸乙酯, 为 3.57%; 辛酸乙酯, 为 4.01%; 丁酸乙酯, 为 3.09%; 己酸乙酯, 为 1.58%; 十四酸乙酯, 为 1.01%; 苯乙醇, 为 10.18%; 异戊醇, 为 9.10%; 油酸乙酯, 为 3.60%; 琥珀酸二乙酯, 为 2.34%; 香草醛, 为 2.20%。研究结果可为澳洲坚果露酒的进一步开发利用提供科学依据和数据参考。

关键词: 澳洲坚果露酒; 浸泡基酒; 挥发成分; 香气成分; GC-MS

中图分类号: TS262.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)19-0218-06

澳洲坚果 (*Macadamia* spp.) 又被称作昆士兰栗、澳洲胡桃、夏威夷果、昆士兰果, 属山龙眼科 (Proteaceae) 多年生常绿果树^[1], 原产于澳大利亚昆士兰东南部和新南威尔士东北部的热带、亚热带雨林, 目前, 主要生产国有中国、澳大利亚、美国、南非、巴西、哥斯达黎加、肯尼亚、危地马拉等^[2]。由于澳洲坚果具有很高的营养价值、良好的保健功能以及特有的香气、质地和极佳的口感, 在国际市场备受青睐^[3]。澳洲坚果含油量达 70%~79%, 尤其富含不饱和脂肪酸, 同时还含有丰富的钙、磷、铁、维生素 B₁、维生素 B₂、 ω -3、 ω -7 及人体必需的 8 种氨基酸, 享有“世界坚果之王”“干果皇后”的美誉^[4-5]。

目前, 全世界澳洲坚果种植面积达 26 万 hm² 以上, 而中国种植面积达 18 万 hm², 且还在逐步扩大。澳洲坚果食用部分为果仁, 深加工后针对果壳的利用研究一直处于探索阶段。澳洲坚果的果壳约占总质量 50% 以上, 每年产生的澳洲坚果果壳达数万吨, 目前对澳洲坚果壳的利用主要是加工成肥料、

活性炭、滤料等产品。大量研究表明, 坚果果壳包含烯烃、酸类、醛类、酮类、内酯类等物质, 且澳洲坚果果壳乙醇提取物具有令人愉悦的香味, 其香气风格与原样迥异, 具有成为香精香料来源的潜质^[6]。通常澳洲坚果果壳色素色泽呈棕褐色, 是食用色素的良好来源之一, 并且使用性能较为稳定, 具有较好的抗氧化以及抑菌性能。但是针对澳洲坚果露酒的研究尚未见报道, 因此, 笔者通过利用澳洲坚果及其果壳的香味和色素特性进行澳洲坚果露酒的制作, 并对其香味成分进行 GC-MS 分析, 旨在了解澳洲坚果露酒香气特征, 为其进一步开发利用等提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 供试原材料 澳洲坚果露酒, 由笔者所在的实验室制备保存。浸泡基酒为贵州兴义产的包谷酒 (可用于药酒、果酒浸泡), 浓香型白酒, 度数为 52%。

1.1.2 主要仪器 岛津 GCMS-QP2010 Plus 气质联用仪; 顶空固相微萃取 (HS-SPME) 装置 SPME 手动进样手柄及 PDMS 萃取头 (50/30 μ m), 美国 SUPELCO 公司生产。

1.2 澳洲坚果露酒制备方法

选取含水量 $\leq 3\%$ 开口好的优质果澳洲坚果 0.5 kg 和烘干好的坚果壳 2 kg 分别用纱袋装好, 加入到盛有 10 kg 的 52 度浓香型白酒的酒坛当中, 然后将酒坛密封后放于温度为 15~17 $^{\circ}$ C 的地窖当中; 浸泡 1 个月后将装有开口的坚果纱袋

收稿日期: 2019-05-06

基金项目: 黔农科合院产业扶贫 (编号: [2019]50 号); 贵州省科研机构服务企业行动计划 (编号: 黔科合企企 [2015]4002 号); 黔农业科学院种质资源项目 (编号: [2018]02 号)。

作者简介: 康专苗 (1989—), 男, 湖南娄底人, 硕士, 助理研究员, 从事热带果树栽培管理及深加工研究。E-mail: 354921716@qq.com。
通信作者: 范建新, 博士, 副研究员, 从事热带果树研究。E-mail: 2658304@qq.com。

[8] 刘 慧, 钱 强. 微波消解-电感耦合等离子质谱 (ICP-MS) 法测定食品中汞的研究[J]. 农产品加工 (下半月), 2016(6): 55-56, 60.

[9] 冯永明, 邢应香, 刘洪青, 等. 微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定生物样品中微量硒的方法研究[J]. 岩矿测试, 2014, 33(1): 34-39.

[10] Pinheiro F C, Amaral C D B, Schiavo D A. Determination of arsenic in fruit juices using inductively coupled plasma tandem mass spectrometry (ICP-MS/MS) [J]. Food Analytical Methods, 2017, 10(4): 992-998.

[11] 李 刚, 曹小燕. 电感耦合等离子体质谱法测定地质样品中锆和镉的干扰及校正[J]. 岩矿测试, 2008, 27(3): 197-200.