

电感耦合等离子体质谱法检测新食品原料 黑果腺肋花楸果中的 20 种营养元素

于 丽, 吴渺渺, 刘美思, 顾俊杰*

(沈阳海关, 沈阳 110016)

摘 要: 目的 建立电感耦合等离子体质谱法(inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS)测定辽宁地区新食品原料黑果腺肋花楸果中 20 种营养元素(钾、钙、锰、铁、铜、锌、锶、锂、钠、镁、铝、磷、钛、钴、镍、钼、锡、锑、钡、硒)含量的方法。**方法** 准确称取混匀新鲜黑果腺肋花楸果样品 0.500 g 放置于微波消解罐中, 加入硝酸 8 mL, 按照微波消解的操作步骤消解试样, 赶酸后将消化液转移至 50 mL 比色管中, 用少量水洗涤消解罐数次, 合并洗涤液于比色管中, 并用水定容至刻度, 混匀后检测。**结果** 20 种营养元素线性关系良好, 相关系数大于 0.999; 检测限为 0.010 ~ 1.0 mg/kg。加样回收率为 89.7% ~ 101.6%; 相对标准偏差为 0.36% ~ 5.37%。**结论** 本方法准确可靠、灵敏简便, 可用于辽宁地区新食品原料黑果腺肋花楸果中多种营养元素的质量研究, 同时为测定同类新食品原料中此 20 种营养元素的测定提供参考。

关键词: 新食品原料; 黑果腺肋花楸果; 微波消解; 电感耦合等离子体质谱法; 营养元素

Determination of 20 nutrient elements in *Aornial mealnocarpa* fruit of new food source by inductively coupled plasma mass spectrometry

YU Li, WU Miao-Miao, LIU Mei-Si, GU Jun-Jie*

(Shenyang Customs, Shenyang 110016, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the determination of 20 nutrient elements (K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Sr, Li, Na, Mg, Al, P, Ti, Co, Ni, Mo, Sn, Sb, Ba, Se) in *Aornial mealnocarpa* fruit of new food source in Liaoning province by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). **Methods** Totally 0.500 g mixed sample of *Aornial mealnocarpa* fruit of new food source was accurately weighed and placed in a microwave digestion tank, then added 8 mL nitric acid. The sample was digested according to the microwave digestion procedure, then transferred the digestion solution to a 50 mL colorimetric tube after removing the acid. The digestion was washed tank several times with a small amount of water, then the washing solution was combined in the colorimetric tube using water made the volume up to the mark. After blending, the contents was detected. **Results** The 20 nutrient elements had a good linear relationship, the correlation coefficients were greater than 0.999. The limits of detection were 0.010–1.0 mg/kg. The sample recovery rates were 89.7%–101.6%, the relative standard deviations were 0.36%–5.37%. **Conclusion** This method is accurate, reliable, sensitive and simple. It can be used to

基金项目: 海关总署科研项目(2019HK105)

Fund: Supported by Research Project of General Administration of Customs (2019HK105)

*通讯作者: 顾俊杰, 工程师, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: y19862@sina.com

*Corresponding author: GU Jun-jie, Engineer, Shenyang Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Shenyang 110016, China. E-mail: y19862@sina.com

study the quality of multiple nutrient elements in the new food raw materials of *Aronia melanocarpa* in Liaoning area, and provide a reference for the determination of these 20 nutrient elements in similar new food raw materials.

KEY WORDS: new food source; *Aornial mealnocarpa* fruit; microwave digestion; inductively coupled plasma mass spectrometry; nutritional elements

1 引言

黑果腺肋花楸果实近球形,紫黑色,平均直径 1.5 cm 左右,最大单果质量 1.5 g 左右,果味酸甜,略有涩味,在 2018 年 9 月通过国家卫生健康委员会对新食品原料的安全性评估审查,被列为新食品原料^[1-4]。黑果腺肋花楸果实具有极高的营养价值,富含多酚、维生素 C、花青素、花色苷、类黄酮、矿物质和维生素等多种对人体有益的物质^[1-4],对降血糖、降血脂、防治心脑血管疾病和抗衰老有特效^[5-9],在饮料、果酒、食用色素等食品领域用途广泛,在欧美国家已被广泛应用于医药、化妆品等领域^[10-12]。因此,种植黑果腺肋花楸具有很高的经济效益。黑果腺肋花楸果中含有丰富的营养元素,而国内对其果实营养元素的研究报道很少。鉴于此本研究建立微波消解-电感耦合等离子体质谱法(inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS)测定黑果腺肋花楸果中的营养元素^[13-15],为黑果花楸的开发利用提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 试剂、仪器与材料

PE NexION 300X 电感耦合等离子体质谱仪(美国珀金埃尔默公司);CEM Mars 5 微波消解仪(美国 CEM 公司);Milli-Q 超纯水制备器(美国 Millipore 公司)。

硝酸(优级纯,国药试剂);实验用水为一级水。

钾、钙、锰、铁、铜、锌、镉、锂、钠、镁、铝、磷、钛、钴、镍、钼、锡、锑、钡、硒($C=1000\text{ mg/L}$)、 ^{72}Ge 、 ^{103}Rh 、 ^{115}In 、 ^{159}Tb 、 ^{185}Re 、 ^{209}Bi ($C=100\text{ mg/L}$)(国家有色金属及电子材料分析测试中心);调谐液:Li、Mg、Y、Ce、Tl、Co ($C=1\text{ }\mu\text{g/L}$, 美国 PE 公司)。

辽宁地区(海城、丹东、鞍山、朝阳、铁岭、锦州、葫芦岛)种植的黑果腺肋花楸果,每个城市采集 20 批次。

2.2 实验方法

2.2.1 仪器工作参数

利用 $1\text{ }\mu\text{g/L}$ 的 Li、Mg、Y、Ce、Tl、Co($1\text{ }\mu\text{g/L}$)调谐液对仪器工作参数进行调节,采用在线加入内标溶液 ^{72}Ge 、 ^{103}Rh 、 ^{115}In 、 ^{159}Tb 、 ^{185}Re 、 ^{209}Bi ($C=1.0\text{ mg/L}$)调节分析仪器的使用过程中的非谱线干扰和随时间产生的变化,运用氦气碰撞模式消除多原子离子干扰。ICP-MS 工作参数设置为射频发射器功率 1500 W ;等离子体流量 18.0 L/min ;载气流量 0.95 L/min ;辅助气流量 1.0 L/min ;

氦气流量 6.0 mL/min ;扫描方式片扫;分析模式为全定量分析;重复次数为 3 次。测定时选取的同位素为 ^{39}K 、 ^{43}Ca 、 ^{55}Mn 、 ^{57}Fe 、 ^{63}Cu 、 ^{66}Zn 、 ^{88}Sr 、 ^7Li 、 ^{23}Na 、 ^{24}Mg 、 ^{27}Al 、 ^{31}P 、 ^{47}Ti 、 ^{59}Co 、 ^{60}Ni 、 ^{98}Mo 、 ^{118}Sn 、 ^{121}Sb 、 ^{138}Ba 、 ^{82}Se 。

2.2.2 样品前处理

称取混匀新鲜黑果腺肋花楸果样品 0.500 g 于微波消解罐中,加入硝酸 8 mL ,按照微波消解的操作步骤消解试样,消解条件: $110\text{ }^\circ\text{C}$, 升温 5 min , 恒温 5 min , $150\text{ }^\circ\text{C}$, 升温 5 min , 恒温 10 min , $180\text{ }^\circ\text{C}$, 升温 5 min , 恒温 10 min 。冷却后取出消解罐,在电热板上于 $140\sim 160\text{ }^\circ\text{C}$ 赶酸,待棕色烟冒尽,至 1 mL 左右,冷却至室温,将消化液转移至 50 mL 比色管中,用少量水洗涤消解罐数次,合并洗涤液于比色管中,并用水定容至刻度,混匀备用。同时做试剂空白。

3 结果与分析

3.1 碰撞气流量的优化

仪器首先在标准模式下进行参数优化:利用 $10\text{ }\mu\text{g/L}$ 的 Li、Co、In、U、Ce 调谐液对仪器工作参数进行调节,使仪器灵敏度,同时氧化物及双电荷产率 CeO/Ce 需控制在 $<0.3\%$,否则会严重影响部分元素的准确度。当采用默认的 CeO/Ce= 0.5% ,部分标准物质测定结果对于认定值的回收率在 $150\%\sim 400\%$ 不等,无法满足检测要求。当 CeO/Ce= 0.2% 时,所有标准物质回收率有明显改善,在具体调谐过程中,在满足灵敏度最低的 $0.1\text{ }\mu\text{g/kg}$, Pb 有稳定检测器脉冲计数(100 CPS 以上,空白 $<10\text{ CPS}$)的基础上,尽量减小雾化器流量。经过优化,最终选择的雾化气流量为 0.95 L/min ;再开启 He/ H_2 碰撞反应气,逐步增大 He/ H_2 流量,测试超纯水、 $4\%\text{HNO}_3$ 及 $10\text{ }\mu\text{g/L}$ Pb($4\%\text{HNO}_3$ 介质)在 75 amu 处的响应信号,计算其背景等效浓度;并利用 Pb 标液进一步优化 He/ H_2 流量,得到仪器工作参数如图 1 所示(图中 BEC 为乘以 30 倍后的数据,以示直观)。

3.2 线性关系与检出限

采用在线加入内标溶液,运用氦气碰撞模式,取混合标准贮备液,经过 $1\text{ }\mu\text{g/L}$ 的混合调谐液优化后的仪器进行测定,加 $5\%\text{HNO}_3$ 稀释制成系列标准工作溶液,以待测元素的质量浓度为横坐标(X),信号强度为纵坐标(Y),绘制各元素的标准曲线见表 1。重复测定空白溶液 11 组,以 3 倍响应值对应的浓度为检出限。

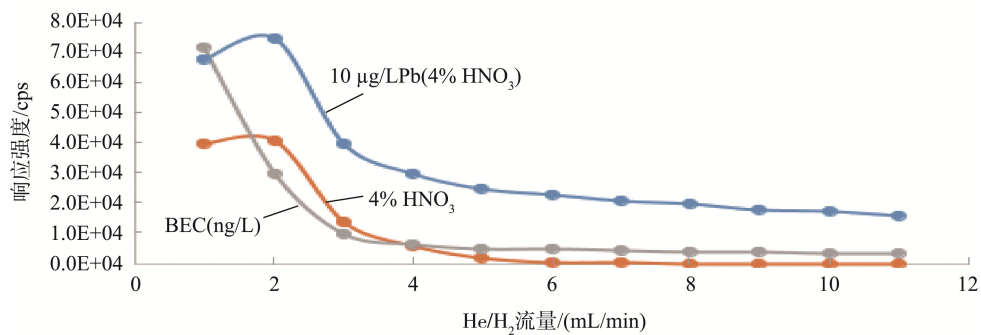


图 1 He/H₂ 碰撞反应模式下背景相当浓度
Fig.1 Concentration of background in He/H₂ collision reaction mode

表 1 标准系列的线性范围和检出限
Table 1 Linear ranges and detection limits for standard series

元素	回归方程	相关系数	线性范围/(µg/L)	检出限/(mg/kg)
钾	$Y=0.792X+1.25\times10^{-3}$	0.9991	5.0 ~ 2000	1.0
钙	$Y=0.346X+9.17\times10^{-4}$	0.9994	5.0 ~ 2000	1.0
锰	$Y=0.084X+3.03\times10^{-3}$	0.9986	5.0 ~ 2000	0.10
铁	$Y=0.176X+1.64\times10^{-3}$	0.9990	5.0 ~ 2000	1.0
铜	$Y=0.137X+7.81\times10^{-5}$	0.9992	5.0 ~ 2000	0.050
锌	$Y=0.224X+4.68\times10^{-4}$	0.9997	5.0 ~ 2000	0.050
锶	$Y=0.178X+1.06\times10^{-2}$	0.9995	5.0 ~ 2000	0.20
锂	$Y=0.462X+1.42\times10^{-2}$	0.9983	5.0 ~ 2000	0.010
钠	$Y=0.696X+3.25\times10^{-3}$	0.9995	5.0 ~ 2000	1.0
镁	$Y=0.359X+2.04\times10^{-3}$	0.9990	5.0 ~ 2000	1.0
铝	$Y=0.126X+5.36\times10^{-3}$	0.9988	5.0 ~ 2000	0.50
磷	$Y=0.096X+8.02\times10^{-3}$	0.9979	5.0 ~ 2000	1.0
钛	$Y=0.0105X+1.23\times10^{-4}$	0.9982	0.5 ~ 200	0.020
钴	$Y=0.0072X+6.46\times10^{-5}$	0.9989	0.5 ~ 200	0.010
镍	$Y=0.0174X+1.87\times10^{-4}$	0.9994	0.5 ~ 200	0.010
钼	$Y=0.0063X+3.61\times10^{-5}$	0.9987	0.5 ~ 200	0.010
锡	$Y=0.0131X+2.15\times10^{-4}$	0.9998	0.5 ~ 200	0.010
锑	$Y=0.0056X+3.89\times10^{-5}$	0.9992	0.5 ~ 200	0.010
钡	$Y=0.0094X+5.73\times10^{-5}$	0.9984	0.5 ~ 200	0.020
硒	$Y=0.0227X+1.52\times10^{-4}$	0.9991	0.5 ~ 200	0.010

3.3 准确度实验

取黑果腺肋花楸果, 按分析步骤处理后, 经 6 次分析确定各元素的平均背景值。然后取同量的样品加入标准溶液, 按 2.2 的前处理方法, 制备加标的黑果腺肋花楸果溶

液, 来评价方法的准确度与精密度。从表 2 列出的结果可以看出, 20 种营养元素的加标回收在 89.7%~101.6%之间, 说明本方法的准确度良好; 相对标准偏差为 0.36%~5.37%, 表明其精密度达到实验要求。此方法可以满足黑果腺肋花

楸果样品的测定,方法准确可靠。

3.4 样品测定结果

采集辽宁地区 7 个城市种植的黑果腺肋花楸果,每个城市采集 20 批次,共计 140 批次新鲜黑果腺肋花楸果样品,进行 20 种营养元素的测定,样本中钾、钙、锰、铁、铜、锌、镉、锂、钠、镁、铝、磷、钛、钴、镍、钼、锡、锑、钡和硒营养元素的含量均较高,具体结果见表 3。

4 结 论

本研究建立了电感耦合等离子体质谱法同时测定黑果腺肋花楸果中钾、钙、锰、铁、铜、锌、镉、锂、钠、镁、铝、磷、钛、钴、镍、钼、锡、锑、钡和硒营养元素的分析方法。通过标准曲线、检出限、加标回收率、精密度对该方法进行研究。结果表明该方法可用于黑果腺肋花楸果中 20 种营养元素的检测,且操作简单、快速、可同时测定多种元素含量。

表 2 黑果腺肋花楸果添加 20 种营养元素的回收率、相对标准偏差(n=6)
Table 2 Recoveries and relative standard deviations of 20 nutrient elements added into *Aornial mealnocarpa* fruit(n=6)

元素	平均背景值/(mg/kg)	标准加入值/(mg/kg)	加标测定值/(mg/kg) ¹	平均回收率/%	相对标准偏差/%
钾	2.67×10 ⁴	1.0×10 ⁴	3.52×10 ⁴	95.9	0.65
钙	104	100	194	95.1	0.36
锰	1.32	1.0	2.11	90.9	2.92
铁	43.0	100	129	90.2	0.81
铜	1.67	1.0	2.48	92.9	0.46
锌	12.0	100	106	94.6	1.09
镉	2.05	1.0	2.87	94.1	2.54
锂	0.021	1.0	0.982	96.2	4.23
钠	1.24×10 ³	1.0×10 ³	2.06×10 ³	92.0	0.55
镁	1.33×10 ³	1.0×10 ³	2.09×10 ³	89.7	0.89
铝	11.0	100	102	91.9	0.67
磷	220	100	325	101.6	0.39
钛	2.03	1.0	2.89	95.4	0.85
钴	0.024	1.0	1.03	100.6	5.37
镍	0.246	1.0	1.14	91.5	3.05
钼	0.235	1.0	1.19	96.4	2.96
锡	1.52	1.0	2.50	99.2	0.92
锑	0.068	1.0	1.03	96.4	4.38
钡	6.49	1.0	7.21	96.3	1.28
硒	0.073	1.0	1.02	95.1	4.71

表 3 辽宁地区不同产地黑果腺肋花楸果中营养元素测定结果(mg/kg)
Table 3 Determination of nutrient elements in *Aornial mealnocarpa* fruit from different areas in Liaoning province(mg/kg)

元素	海城	丹东	鞍山	朝阳	铁岭	锦州	葫芦岛
钾	3.21×10 ⁴	2.67×10 ⁴	2.09×10 ⁴	3.28×10 ⁴	1.53×10 ⁴	2.47×10 ⁴	1.86×10 ⁴
钙	132	104	93	85	115	96	127
锰	1.17	1.32	1.04	0.97	1.28	0.89	0.92
铁	53.6	43.0	36.5	47.3	31.5	47.4	36.8
铜	1.48	1.67	1.32	0.98	1.40	1.31	1.09

续表 3

元素	海城	丹东	鞍山	朝阳	铁岭	锦州	葫芦岛
锌	17.4	12.0	10.4	11.5	15.8	9.35	13.3
镉	1.63	2.05	2.32	1.87	1.42	1.69	2.26
锂	0.032	0.021	—	0.024	0.045	—	0.029
钠	1.71×10 ³	1.24×10 ³	9.63×10 ⁴	1.62×10 ³	1.53×10 ³	8.27×10 ⁴	1.08×10 ³
镁	1.62×10 ³	1.33×10 ³	1.07×10 ³	1.54×10 ³	1.26×10 ³	1.39×10 ³	1.74×10 ³
铝	9.32	11.0	13.5	8.52	7.97	14.1	12.6
磷	248	220	196	183	219	247	153
钛	2.16	2.03	1.84	2.45	1.93	2.09	1.88
钴	0.022	0.024	—	—	—	0.017	—
镍	0.272	0.246	0.197	0.231	0.209	0.224	0.218
钼	0.196	0.235	0.209	0.268	0.214	0.271	0.183
锡	1.79	1.52	1.34	1.29	1.41	1.63	1.30
锑	0.082	0.068	—	0.047	0.052	—	0.071
钡	7.73	6.49	6.02	5.14	6.83	5.13	4.98
硒	0.106	0.073	0.058	0.068	0.052	0.084	0.067

参考文献

[1] Handeland M, Grude N, Torp T, *et al.* Black chokeberry juice (*Aronia melanocarpa*) reduces incidences of urinary tract infection among nursing home residents in the long term—A pilot study [J]. *Nutr Res*, 2014, 34(6): 518–525.

[2] Badescu M, Badulescu O, Badescu L, *et al.* Effects of *Sambucus nigra* and *Aronia melanocarpa* extracts on immune system disorders within diabetes mellitus [J]. *Pharm Biol*, 2015, 53(4): 533–539.

[3] 朱月, 李奋梅, 王艳丽, 等. 黑果腺肋花楸原花青素的提取及抑菌性研究[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(2): 302–306.

Zhu Y, Li FM, Wang YL, *et al.* Study on extraction and antibacterial activity of proanthocyanidins from *Sorbus melanocarpa* L. [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2017, 38(2): 302–306.

[4] 孙智谋, 张佳霖, 周旭. 黑果腺肋花楸多酚类物质抗氧化功效的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(9): 396–400.

Sun ZM, Zhang JL, Zhou X. Advances in antioxidant activity of polyphenols from *Sorbus melanocarpa* L. [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2017, 38(9): 396–400.

[5] 玄永浩, 金英善. 黑果腺肋花楸化学成分及药理活性研究进展[J]. *现代农业科技*, 2009, (20): 102–104.

Xuan YH, Jin YS. Advances in studies on chemical constituents and pharmacological activities of *Sorbus melanocarpa* L. [J]. *Mod Agric Sci Technol*, 2009, (20): 102–104.

[6] 于雪, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 黑果腺肋花楸营养物质与功效的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(10): 396–400.

Yu X, Hu WZ, Jiang AL, *et al.* Research progress on nutrients and efficacy of *Sorbus melanocarpa* L. [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2016, 37(10): 396–400.

[7] 张衡锋, 韦庆翠, 汤庚国, 等. 不同基质配比对黑果腺肋花楸容器苗生长及叶片生理特性的影响[J]. *北方园艺*, 2017, (20): 104–109.

Zhang HF, Wei QC, Tang GG, *et al.* Effects of different media ratio on growth and physiological characteristics of leaves of *Sorbus melanocarpa* L. [J]. *Northern Horticul*, 2017, (20): 104–109.

[8] 李根柱, 张自川. 黑果腺肋花楸苗木扦插繁殖研究[J]. *北方园艺*, 2016, (17): 37–39.

Lee GZ, Zhang ZC. Studies on the lyric propagation of *Sorbus nigricollis* seedlings [J]. *Northern Horticul*, 2016, (17): 37–39.

[9] 魏登, 王柳, 许一鸣, 等. 黑果花楸多糖抗衰老口服液提取工艺研究[J]. *中国食品添加剂*, 2018, (8): 174–179.

Wei D, Wang L, Xu YM, *et al.* Study on the extraction technology of polysaccharide anti-aging oral liquid from *Sorbus nigra* [J]. *China Food Addit*, 2018, (8): 174–179.

[10] 陈妍竹, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 黑果腺肋花楸功能作用及食品加工研究进展[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(9): 397–400.

Chen YZ, Hu WZ, Jiang AL, *et al.* Research progress on function and food processing of *Sorbus melanocarpa* L. [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2016, 37(9): 397–400.

[11] 李斌, 高凝轩, 刘辉, 等. 大孔树脂纯化黑果腺肋花楸多酚的工艺优化[J]. *食品科学*, 2016, 37(16): 69–74.

Li B, Gao NX, Liu H, *et al.* Purification of polyphenol from *Sorbus melanocarpa* with macroporous resin [J]. *Food Sci*, 2016, 37(16): 69–74.

[12] 刘青, 刘颖, 李冬杰, 等. 黑果腺肋花楸组织培养和快繁体系的优化研究[J]. *北方园艺*, 2015, (5): 96–99.

Liu Q, Liu Y, Li DJ, *et al.* Optimization of tissue culture and rapid propagation of *Sorbus melanocarpa* L. [J]. *Northern Horticul*, 2015, (5): 96–99.

[13] 汪琼, 徐增莱, 吕晔. 微波消解 ICP-MS 法测定冬虫夏草中 30 种无机

元素的含量[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(2): 269-270.

Wang Q, Xu ZL, Lv Y. Determination of 30 inorganic elements in *Ophiocordyceps sinensis* by microwave digestion-ICP-MS [J]. Jiangsu Agric Sci, 2013, 41(2): 269-270.

- [14] 黄建权, 胡欣, 张君仁, 等. ICP-MS技术在药物分析中的应用[J]. 中国药房, 2006, 17(8): 624-626.

Huang JQ, Hu X, Zhang JR, et al. Application of inductively coupled plasma mass spectrometry in pharmaceutical analysis [J]. Chin pharm, 2006, 17(8): 624-626.

- [15] Hansen MN, Clogston JD. Elemental analysis in biological matrices using ICP-MS [J]. Methods Mol Biol, 2018, 1682: 37-47.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



于 丽, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全检测。

E-mail: y19862@sina.com

顾俊杰, 工程师, 主要研究方向为食品安全检测。

E-mail: y19862@sina.com

“生物毒素研究”专题征稿函

随着社会经济的发展, 人民越来越关注食品的安全问题。在日常生活中, 食物中毒事件时有发生。在食品安全事件中, 生物毒素中毒事件占一定比例。生物毒素是生物体内所产生的有毒代谢产物, 包括微生物毒素、植物毒素、动物毒素和海洋毒素。生物毒素不仅对消费者的健康造成危害, 还会对养殖业、种植业、畜牧水产业等行业造成巨大的经济损失。因此, 关注食品中生物毒素的安全, 是一项具有重大经济意义和科学意义的事情。

鉴于此, 本刊特别策划“生物毒素研究”专题。专题将围绕生物毒素的产生与调控机制、生物毒素的快速检测与筛查技术、生物毒素的脱毒方法与机制、生物毒素的毒理研究与风险评估、生物毒素的标准物质研发、生物毒素型药物的开发研究等问题展开讨论, 计划在 2021 年 1~2 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 学报主编国家食品安全风险评估中心吴永宁研究员及编辑部全体成员特别邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述及研究论文均可, 请在 2020 年 12 月 30 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题生物毒素研究):

网站: www.chinafoodj.com(备注投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者登录-注册投稿-投稿选择“专题: 生物毒素研究”)

邮箱投稿: E-mail: jfoodsq@126.com(备注: 生物毒素研究专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部