

辽宁地区 16 种蔬菜中的 9 种元素含量调查

朱冰雅, 刘思飞, 李延升, 刘彤彤, 伊萍*

(辽宁省疾病预防控制中心, 沈阳 110005)

摘要: 目的 了解辽宁地区蔬菜中 9 种元素(K、Na、Ca、Mg、P、Fe、Mn、Cu、Zn)含量范围。**方法** 采用干灰化法消解蔬菜样品, 用电感耦合等离子光谱法(inductively coupled plasma optical emission spectrometry, ICP-OES)对 16 种蔬菜中 9 种元素进行测定。**结果** 蔬菜中矿物质元素含量非常丰富, 但不同蔬菜中各种元素含量存在一定差异, 同一种属不同种类的蔬菜元素含量也有所不同, 其中磷的含量在 17~98 mg/100 g; 钾的含量在 4~359 mg/100 g; 镁的含量在 2~114 mg/100 g; 钠的含量在 0~90.6 mg/100 g; 铜的含量在 0~0.55 mg/100 g; 锌的含量在 0~1.44 mg/100 g; 钙的含量在 3~412 mg/100 g; 铁的含量在 0.3~3.3 mg/100 g; 锰的含量在 0~2.33 mg/100 g。**结论** 本研究结果不仅对人们日常饮食的选择提供科学依据, 同时也对蔬菜营养成分分析评价提供参考。

关键词: 电感耦合等离子光谱法; 蔬菜; 元素

Investigation on 9 kinds of mineral elements in 16 kinds of vegetables from Liaoning province

ZHU Bing-Ya, LIU Si-Fei, LI Yan-Sheng, LIU Tong-Tong, YI Ping*

(Liaoning Provincial Center for Disease Control and Prevention, Shenyang 110005, China)

ABSTRACT: Objective To study the 9 kinds of mineral elements content of vegetables (K, Na, Ca, Mg, P, Fe, Mn, Cu, Zn) in Liaoning province. **Methods** The vegetable samples were digested by dry ashing method. Nine kinds of elements in 16 kinds of vegetables were determined by inductively coupled plasma optical emission spectrometry(ICP-OES). **Results** There were lots of mineral elements in vegetables. But there were some differences in the content of various elements in different vegetables, and different kinds of vegetables in the same genus also had different content of elements. The content of phosphorus was 17~98 mg/100 g; the content of potassium was 4~359 mg/100 g; the content of magnesium was 2~114 mg/100 g; the content of sodium was 0~90.6 mg/100 g; the content of copper was 0-0.55 mg/100 g; the content of zinc was 0~1.44 mg/100 g; the content of calcium was 3~412 mg/100 g; the content of iron was 0.3~3.3 mg/100 g; the content of manganese was 0~2.33 mg/100 g. **Conclusion** The results of this study not only provide a scientific basis for people's choice of daily diet, but also provide a reference for the analysis and evaluation of the nutritional composition of vegetables.

KEY WORDS: inductively coupled plasma optical emission spectrometry; vegetables; mineral elements

*通讯作者: 伊萍, 主任技师, 主要研究方向为理化检验。E-mail: yiping-1962@163.com

*Corresponding author: YI Ping, Chief Technician, Liaoning Provincial Center for Disease Control and Prevention, Shenyang 110005, China. E-mail: yiping-1962@163.com

1 引言

蔬菜是人们日常饮食中必不可少的食物之一,是人们公认的健康食品。据国际物质粮农组织 1990 年统计,人体中的维生素 C、维生素 A 大多数来源于蔬菜。此外蔬菜也是人体获取矿物质的主要来源之一,关于蔬菜中矿物质含量的分析已有大量报道^[1,2],但样品采集具有局限性,以地区来分类测定蔬菜中矿物质鲜有报道。农产品的品质与其生长的环境密切相关,一个地区的地理环境和自然环境条件决定了这个地区所生产的农产品具备特有的质量与品味^[3]。

随着现代仪器高速发展,分析要求不断提高,传统的仪器如紫外检测(*ultraviolet*, UV)和火焰原子吸收光谱法(*fire atomic absorption spectroscopy*, FAAS)检测灵敏度较低,无法同时测定多种元素。电感耦合等离子发射光谱法(*inductively coupled plasma optical emission spectrometry*, ICP-OES),是以电感耦合等离子炬为激发光源的光谱分析方法,具有准确度高和精密度高、检出限低、测定快速、线性范围宽、可同时测定多种元素等优点,国外已广泛用于环境样品及岩石、矿物、金属等样品中数十种元素的测定^[4]。电感耦合等离子发射光谱法(ICP-OES)及质谱法(*inductively coupled plasma mass spectrometry*, ICP-MS)广泛应用在环境、生命科学相关样品分析,尤其与液相色谱仪的联用对元素的形态分析更是成为当今的热点^[5-7]。

本研究采用 ICP-OES 法检测了辽宁地区 16 种不同种类蔬菜的 9 种矿物质元素含量,了解本地区不同品种蔬菜的矿质元素的差异,为消费者在选择蔬菜时提供科学的依据与参考。

2 材料与方 法

2.1 样品来源

选择辽宁地区最常见的 16 种蔬菜作为研究对象(叶类蔬菜 3 种: 苏子叶、油麦菜、生菜; 根茎菜 6 种: 土豆、白萝卜、水萝卜、胡萝卜、莴笋、桔梗; 果蔬类 7 种: 豆角(白)、豆角(架豆王)、西红柿、秋葵、绿茄子、紫茄子、荷兰豆),购于大型农贸市场。其中分别选取 3 种萝卜: 白萝卜、水萝卜、胡萝卜; 2 种豆角: 豆角(白)、豆角(架豆王); 2 种茄子: 绿茄子、紫茄子。比较同属蔬菜不同品种的矿物质含量差异。

2.2 仪器与试剂

Optima 2100DV 电感耦合等离子发射光谱仪(美国铂金埃尔默公司); 马弗炉(美国 Thermo 公司); BS110 电子天平(0~120 g, 北京塞多利斯天平有限公司)。

钾(100 $\mu\text{g/mL}$, 不确定度 2%, 中国计量科学研究院); 钠、镁(1000 $\mu\text{g/mL}$, 不确定度 0.5%, 中国计量科学研究院); 钙、铁、锰、锌(1000 mg/L , 不确定度 1%, 北京坛墨质检科技有限公司); 磷(1000 $\mu\text{g/mL}$, 不确定度 0.5%, 深圳柏林达科技有限公司); 铜(1000 $\mu\text{g/mL}$, 不确定度 1%, 中国计量科学研究院); 硝酸(优级纯, 北京化工厂); 实验室用水为 Milli-Q 超纯水。

2.3 实验方法

2.3.1 样品前处理

将实验样品洗净,匀浆粉碎,准确称取 2.0 g 于坩埚中,先置于电热板上 200 $^{\circ}\text{C}$ 直至干燥,再将样品转移到电炉子上炭化,最后将坩埚转移到马弗炉中 550 $^{\circ}\text{C}$,高温灰化 4 h。将 5%硝酸分多次加入到坩埚中,洗净坩埚中的灰化样品,并小心将样品转移到 25 mL 比色管中,用纯净水定容至刻度,供 ICP-OES 上机测定。空白试验,与样品处理方法相同。

2.3.2 ICP-OES 仪器条件

等离子流量 15 L/min, 氮气流速 0.8 L/min, 空气流速 0.2 L/min, 射频功率 1.3 kW, 观测距离 15 mm。

元素谱线(nm): 钠 589.592; 钾 766.490; 钙 317.933; 镁 285.213; 磷 213.617; 铁 238.204; 锰 257.610; 铜 327.393; 锌 206.200。

3 结果与分析

16 种不同蔬菜中的 K、Na、Ca、Mg、P、Fe、Mn、Cu、Zn 的含量如表 1 所示。本实验采用国家一级标准物质黄豆作为参考物质,与蔬菜样品在相同实验条件下进行测定,重复测定 3 次取平均值作为实验结果。从表 2 中可以看出其元素测定值与标准物质参考值接近,各元素回收率在 95.7%~105.3%之间,说明本实验方法准确度高。

如表 1 所示,不同种类蔬菜的矿物质含量有很大差别,在所检测的 16 种蔬菜中,苏子叶的矿物元素含量明显高于其他蔬菜,钾、磷、镁、铜、钙、铁均为最高;钠含量最高的为油麦菜;锌含量最高的为豆角(白芸豆);锰含量最高的为荷兰豆。总体来说蔬菜中钾、钠、钙镁、磷含量较高,微量元素铁、锰、铜、锌含量较低。根据微量元素双侧阈浓度的特点和科学安全适宜的摄入范围^[8-10],蔬菜中 9 种微量元素根据微量元素在人体的最适浓度范围刚好呈一种递推关系,对于人体需求量很大的微量元素钙(Ca)、钾(K)在蔬菜中含量很大且其含量在人体安全摄入范围内,含量特别少的铜(Cu)、锰(Mn),人体的本身摄入量本就不能太大,如果过大会造成毒副作用的出现,蔬菜中这 2 种元素的含量也是很合理的。

表 1 16 种蔬菜中 9 种元素的含量(mg/100 g)(n=3)
Table 1 Determination of 9 kinds of elements in 16 kinds of vegetables(mg/100 g) (n=3)

样品名称	磷	钾	镁	钠	铜	锌	钙	铁	锰
豆角(白芸豆)	54	126	26	15.6	0.22	1.44	45	0.8	0.76
西红柿	17	13	2.0	27.5	0.3	< 0.2	25	0.7	< 0.2
苏子叶	98	359	114	1.6	0.55	0.95	412	3.3	1.64
秋葵	60	216	49	32.1	0.21	0.64	85	0.5	0.6
绿茄子	30	4.0	3.0	40	0.24	0.22	9.0	0.6	< 0.2
胡萝卜	24	81	4.0	29	< 0.2	0.23	29	0.3	< 0.2
紫茄子	32	126	12	26.8	0.26	< 0.2	15	1.2	< 0.2
荷兰豆	59	133	22	< 1.0	< 0.2	0.91	49	0.9	2.33
水萝卜	22	89	4.0	39.4	0.3	0.49	28	0.7	< 0.2
生菜	38	128	33	77.4	< 0.2	0.4	72	2.2	0.42
白萝卜	44	116	7.0	42.5	< 0.2	< 0.2	25	0.7	< 0.2
土豆	56	311	15	17.4	0.29	0.57	3.0	0.9	0.26
油麦菜	80	192	32	90.6	< 0.2	0.53	54	0.9	0.2
豆角(架豆王)	70	216	31	4.2	0.29	0.2	50	1.6	0.39
莴笋	98	290	13	22.9	0.28	0.29	28	0.6	0.23
桔梗	78	221	35	31.3	0.35	0.75	48	0.9	0.31
平均值	53.8	163.8	25.1	33.2	0.30	0.59	61.1	1.0	0.71
标准差	26.0	101.1	27.6	23.9	0.092	0.36	96.1	0.76	0.71

表 2 元素回收率(n=3)
Table 2 Element recovery(n=3)

元素名称	重复测定 1 (mg/100 g)	重复测定 2 (mg/100 g)	重复测定 3 (mg/100 g)	平均值 (mg/100 g)	标示值和不确定度 (mg/100 g)	回收率 /%	标准差 /%
钙	146.25	145.56	146.46	146.09	153±8	95.4	0.47
镁	240.87	241.41	240.79	241.02	230±14	104.8	0.34
铁	14.05	14.09	14.23	14.12	13.9±0.4	101.6	0.09
钾	1836	1835	1832	1834	1860±90	98.6	2.08
钠	1.54	1.57	1.59	1.57	1.5	104.6	0.03
铜	1.06	1.04	1.05	1.05	1.02±0.05	102.9	0.01
锌	3.69	3.64	3.68	3.67	3.8±0.2	96.6	0.03
磷	632.9	632.5	632.8	632.7	660±30	95.9	0.21
锰	0.276	0.269	0.273	0.27	0.28±0.1	96.4	0.00

4 结论与讨论

矿物质元素为8大营养素之一, 对人体的新陈代谢起着重要作用。结果表明, 蔬菜中矿物质元素含量非常丰富。钠和钾是人体重要的常量元素, 当体内钾元素缺乏时, 将出现运动障碍, 心肌衰弱和组织肿胀等症状。因此, 食品中钠、钾含量的测定对于保证人体健康有重要意义^[11], 本研究表明蔬菜中钠和钾含量丰富, 苏子叶中钾含量高达3590 μg/g, 油麦菜中钠含量高达906 μg/g。

镁可以保护骨骼健康, 蔬菜中镁含量也非常丰富, 苏子叶中镁含量高达1140 μg/g。

钙和磷均是机体内硬组织的重要构成成分, 特别对于孕妇和儿童缺钙和磷会造成营养不良、生长缓慢等症状。对于有经前症候群的妇女, 钙还有缓解紧张暴躁或焦虑的作用^[12]。实验结果表明蔬菜中钙和磷含量也相对丰富。其中苏子叶中含有大量的钙磷, 其他蔬菜相对含量少一些, 其中钙含量最少的为土豆30 μg/g, 磷含量最少的为西红柿170 μg/g。

铁、铜、锌、锰在体内属于微量元素。体内缺铁会患缺铁性贫血症^[13]。铜是铜锌超氧化物歧化酶的重要组成成分, 但铜又是一种重金属, 吸收过量铜后会抑制许多酶的活性, 使细胞膜受到严重损伤^[14]。

锌对蛋白质的合成有着重要意义, 缺锌能导致许多疾病如侏儒症、糖尿病、高血压、生殖器及第二性征发育不全、男性不育等疾病^[15], 同时锌元素具有加速生长发育、增加创伤组织的修复、协调免疫反应等作用^[16]。锰元素缺乏会导致营养不良、生长缓慢、骨及软骨生成异常等。本实验结果表明蔬菜中的铁、锰、铜、锌含量也较少, 蔬菜中所测9种微量元素根据微量元素在人体的所需微量元素浓度范围刚好呈递推关系, 对于人体需求量很大的元素如钾、钠、钙、镁在蔬菜中含量大并且含量在人体安全摄入范围内; 人体需求少的元素如铁、锰、铜、锌在蔬菜中含量也较少。

由此可见, 蔬菜是适合人体吸收, 补充矿物质元素的优质食品, 但是不同种类蔬菜矿物质元素含量存在差异, 人们在选择蔬菜时应选择多种蔬菜食用, 切忌饮食单一类蔬菜, 以免造成营养缺失。

参考文献

- [1] 邓梦雅, 朱丽, 吴东慧, 等. 蔬菜中矿物质含量测定、营养评价及风险评估[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(9): 97-102.
- [2] 刘宇婧, 付为国, 蔡哲平, 等. 大野苣营养成分分析与重金属检测[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(29): 119-122.
- [3] 赵立艳, 曹月婵, 陈贵堂, 等. ICP-AES法测定两个等级三种绿茶中九种矿物质含量[J]. 光谱学与光谱分析, 2011, 31(4): 1119-1121.
- [4] 奚且立, 孙裕生, 刘秀英. 环境检测[M]. 北京: 北京高等教育出版社, 2004.
- [5] 郭丽丽, 李俊, 贺博, 等. 食品中硒元素形态分析及研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(13): 4376-4381.
- [6] 陈晓敏, 蔡展帆, 章锦涵, 等. 食品安全标准中电感耦合等离子体质谱技术在食品检验中的应用进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(12): 2887-2893.
- [7] 王中瓊, 张宏康, 陈思敏, 等. 电感耦合等离子体质谱法分析元素形态的研究[J]. 理化检验, 2016, 1(11): 1359-1364.
- [8] 黄相国, 沈裕虎. 麦绿素及麦绿素产品的开发前景[J]. 麦类作物学报, 2003, 23(1): 79-80.
- [9] 张秋英, 陈剑峰, 张绍南. 大麦苗营养机器对白鼠健康的影响[J]. 麦类作物学报, 2004, 24(2): 65-67.
- [10] 张秋英, 张绍南, 叶定生, 等. 麦草营养-21世纪的保健营养[J]. 福建稻麦科技, 2000, 18(1): 64-65.
- [11] 覃毅磊. 火焰原子吸收光谱法测定食品中钠、钾的含量[J]. 东莞理工学院学报(自然科学版), 2005, 12(1): 96-98.
- [12] 范志红. 美丽女性需要钙撑腰[J]. 健康大视野, 2017, 1(24): 98-99.
- [13] 聂凤琴, 于文辉, 廖丹, 等. 海巴戟中7种矿物质元素的测定[J]. 热带生物学报, 2015, 6(2): 158-162.
- [14] 王明, 霍小婷, 任广志. 猪肉矿物质元素的测量[J]. 肉类研究, 2008, 18(1): 119-122.
- [15] Liu YJ, Fu WG, Cai ZP, et al. Analysis of nutritive components and heavy metals in colocasia gigantea [J]. Food Res Dev, 2016, 37(29): 119-122.
- [16] Zhao LY, Cao YC, Chen GT, et al. Determine of minerals elements in two grades of three green tea varieties by ICP-AES [J]. Spectrosc Spect Anal, 2011, 31(4): 1119-1121.
- [17] Xi QL, Sun YS, Liu XY. Environmental testing [M]. Beijing: Peking Higher Education Press, 2004.
- [18] Guo LL, Li J, He B, et al. Research advance on the speciation of selenium in foods [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(13): 4376-4381.
- [19] Chen XM, Cai ZF, Zhang JH, et al. Application of inductively coupled plasma mass spectrometry in food inspection in food safety standards [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(12): 2887-2893.
- [20] Wang ZZ, Zhang HK, Chen SM, et al. Recent progress of ICP-MS in speciation analysis of elements [J]. Phy Chem Exam, 2016, 1(11): 1359-1364.
- [21] Huang XG, Shen YH. Advances on the development of barley green and its products [J]. Acta Tritical Crops, 2003, 23(1): 79-80.
- [22] Zhang QY, Chen JF, Zhang SN. Nutrition of barley plants and its effect on the health of white mouse [J]. Acta Tritical Crops, 2004, 24(2): 65-67.
- [23] Zhang QY, Zhang SN, Ye DS, et al. Wheat grass nutrition-health nutrition in the 21st century [J]. Fujian Rice Wheat Technol, 2000, 18(1): 64-65.
- [24] Qin YL. Determination of the potassium and sodium content in foodstuff by flame absorption spectrophotometry [J]. J Dongguan Univ Technol(Nat Sci Ed), 2005, 12(1): 96-98.
- [25] Fan ZH. Beautiful women need calcium support [J]. China Health Vision, 2017, 1(24): 98-99.
- [26] Nie FQ, Yu WH, Liao D, et al. Determination of mineral elements in morindacitrifolia L [J]. J Tropical Biology, 2015, 6(2): 158-162.
- [27] Wang M, Huo XT, Ren GZ. Pork mineral element measurement [J]. Meat Research, 2008, 18(1): 119-122.

5(111): 70–73.

Wang M, Huo XT, Ren GZ. Detection of pork mineral elements [J]. Meat Res, 2008, 5(111): 70–73.

[15] 夏敏. 必需微量元素的生理功能[J]. 微量元素与健康研究, 2003, 20(3): 41–44.

Xia M. The biochemical and physiological action of trace elements [J]. Studies Trace Element Health, 2003, 20(3): 41–44.

[16] 陈文强. 微量元素锌与人体健康[J]. 微量元素与健康研究, 2006, 23(4): 62–65.

Chen WQ. The trace element zinc and human body's health [J]. Studies Trace Element Health, 2006, 23(4): 62–65.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



朱冰雅, 硕士研究生, 主管技师, 主要研究方向为理化检验。

E-mail: 852389471@qq.com



伊萍, 主任技师, 主要研究方向为理化检验。

E-mail: yiping-1962@163.com

“食品安全快速检测技术”专题征稿函

食品安全快速检测技术是食品安全保障的重要支撑。要从根本上解决食品安全问题, 就必须对食品的生产、加工、流通和销售等各环节实施全程管理和监控, 而实验室检测方法和仪器是很难及时、快速而全面地从各环节监控食品安全状况, 这就需要大量能够满足这一要求的快速、方便、准确、灵敏的食品安全分析检测技术。

本刊特别策划了“食品安全快速检测技术”专题, 由军事医学科学院高志贤研究员和暨南大学丁郁教授担任专题主编, 主要围绕比色分析技术、光谱分析技术、免疫分析技术、层析检测技术、无损检测技术、生物检测技术、快速前处理技术、电化学传感器、纳米技术”等方面或您认为有意义的相关领域展开论述和研究, 综述及研究论文均可, 本专题计划在 2020 年 6 月出版。

鉴于您在该领域丰富的研究经历和突出的学术造诣, 本刊主编吴永宁研究员、专题主编高志贤研究员和暨南大学丁郁教授及编辑部全体成员特别邀请您为本专题撰写稿件, 综述、研究论文、研究简报均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。

请在 2020 年 4 月 15 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, 再次感谢您的关怀与支持!

谢谢您的参与和支持!

投稿方式:

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: 食品安全快速检测技术**”)

邮箱投稿: E-mail: jfoodsqa@126.com(备注**食品安全快速检测技术**专题投稿)

《食品安全质量检测学报》