

基质固相分散萃取-气相色谱法检测茶叶中有机氯农药残留

莫礼峰¹, 刘素福²

(1. 深圳市龙岗区横岗预防保健所, 广东 深圳 518115; 2. 深圳市龙岗区坂田预防保健所, 广东 深圳 5181152)

【摘要】目的:探讨基质固相分散萃取技术,改进茶叶中有机氯农药残留的测定方法,研究使之更便捷、高效和经济的具体操作模式。**方法:**将样品与基质填料按一定比例充分研磨,然后装柱、洗脱、浓缩、定容,供气相色谱检测茶叶中有机氯农药的残留。**结果:**各填料对农药吸附损失后的回收率达到要求,利用0.8g活性炭除去色素,利用0.5g中性氧化铝和0.5g弗罗里硅土净化,选择样品与弗罗里硅土的比例为1:2,利用乙酸乙酯+石油醚(1:1, V:V)以1.0 ml/min的流速洗脱,最后该方法相对标准偏差均在0.95%~22.43%,回收率均在67.7%~106.6%。**结论:**根据基质相关实验结果,选择一定比例的几种混和物作为填料,通过适合的有机溶剂以及淋洗速率,将洗脱液浓缩后供气相色谱测定,可以得出本方法适用于茶叶中有机氯农药残留的检测。

【关键词】基质固相分散; 有机氯农药; 茶叶; 气相色谱法

文章编号:1009-5519(2009)24-3702-04

中图分类号:R446

文献标识码:A

Determination of organochlorine pesticide in teas by matrix solid-phase dispersion extraction and gas chromatography

MO Li-feng¹, LIU Su-fu²

(1. Henggang Institute of Prevention and Health Protection, Shenzhen, Guangdong 518115, China; 2. Bantian Institute of Prevention and Health Protection, Longgang District, Shenzhen, Guangdong 518115, China)

【Abstract】Objective: To study the application of the matrix solid-phase dispersion extraction technology, to improve the determination method of pesticide residues in teas and to make more convenient, efficient and economical specific mode of operation. **Methods:** The sample and matrix filler were fully grinded with certain proportion, and then packing column, elution, concentrating, constant volume for detection of organochlorine pesticide residue in teas by gas chromatography. **Results:** The recovery of various fillers after pesticide absorption losses met the requirement. Using 0.8 g activated carbon and 0.5g florisil to purification, and the ratio of samples and mandrax Florida silicon soil was 1:2, using ethyl acetate+petroleum ether(1:1, V:V) with flow rate of 1.0 mL/min for elution. The relative standard deviation was 0.95%~22.43%, and the recovery rate was 67.7%~106.6%. **Conclusion:** According to matrix related experimental results, selecting several mixtures with certain proportion as filler, through the appropriate organic solvents and leaching rate, concentrating eluate for gas chromatography determination, this method can be applied to the detection of organochlorine pesticide residues in teas.

【Key words】 Matrix solid-phase disperse; Organochlorine pesticide; Tea; Gas chromatography

有机氯农药已在大多数国家被禁止使用,但是通过食物链依然对人类形成危害^[1]。因此,为有效控制农药在茶叶生产中的合理使用和对其残留量进行监控,有必要大力开展研究农药残留量检测技术。本实验采用基质固相分散萃取-气相色谱法(ECD)进行检测。基质固相分散(matrix solid-phase disperse, MSPD)是Barker于1989年在固相萃取(SPE)的基础上提出并给予理论解释的样品预处理方法。其基本原理是将样品直接与固相萃取填料一起混合研磨,使键合相接触、吸附溶解细胞壁,使样品细胞破碎程度加大,最终样品均匀分散于填料键合相,形成一个独特的色谱固定相,装柱、洗脱。洗脱液浓缩后可以直接进行色谱分析。由于基质固相分散集提取、过滤、净化于一步完成,避免了样品均化、转溶、乳化带来的损失,大大提高了方法的准确度和精密性。

1 材料与方法

1.1 材料: 岛津SHMADZUGC-14B, 配有电子捕获检测器(ECD); 氮气浓缩仪(Caliper), 高速组织捣碎机; 常规玻璃器皿; 20×300层析柱; 千分之一电子天平(PL303, 美国)。普通茶叶, 高速组织捣碎机中研碎成粉末; 弗罗里硅土(SCRC国药集团化学试剂有限公司); 使用前经650℃灼烧4h, 冷却至130℃过夜, 再冷却至室温后加水5%, 过夜, 保存于干燥器中; 中性氧化铝(分析纯, 汕头市光华化学厂); 使用前在150℃条件下活化12h, 保存于干燥器中; C₁₈粉、无水硫酸钠(分析纯, 天津红岩化学试剂厂)、活性炭(分析纯, 广东粤桥试剂塑料有限公司)、乙

酸乙酯(分析纯, 天津市大茂化学试剂厂)、石油醚(分析纯, 广州化学试剂厂)、环己烷(分析纯, 天津市福晨化学试剂厂)、氮气(纯度99.999%)。农药标准溶液: 100μg/ml的α-六六六、β-六六六、γ-六六六、δ-六六六、p,p'-DDE、o,p'-DDT、p,p'-DDD、p,p'-DDT标准溶液(均购置农业部环境保护科研检测所)。

1.2 方法

1.2.1 气相色谱仪器条件部分: 岛津SHMADZUGC-14B, 配有电子捕获检测器(ECD), 色谱柱1.5%OV-17+2.0%QF-1柱, 色谱条件COL 200℃, INJ 260℃, ECD 260℃, 氮气流速80 ml/min, CURRENT: 1.0×0.1 nA, RANGE=10。

1.2.2 混合标准溶液配制: 将8种标准溶液100 μg/ml用环己烷稀释100倍, 浓度为1.0 μg/ml, 然后从1.0 μg/ml中的α-六六六、β-六六六、γ-六六六、δ-六六六、p,p'-DDE、o,p'-DDT、p,p'-DDD、p,p'-DDT各取1.0 ml、3.0 ml、1.0 ml、1.0 ml、3.0 ml、5.0 ml、3.0 ml、8.0 ml, 最后将其混合, 用石油醚定容至100 ml, 配成混合标准溶液的浓度分别为: α-六六六为0.01 μg/ml、β-六六六为0.03 μg/ml、γ-六六六为0.01 μg/ml、δ-六六六为0.01 μg/ml、p,p'-DDE为0.03 μg/ml、o,p'-DDT为0.05 μg/ml、p,p'-DDD为0.03 μg/ml、p,p'-DDT为0.08 μg/ml。

2 实验部分

2.1 固相基质填料的选择: 分别比较活性炭、C₁₈粉、弗罗里硅土、中性氧化铝对666、DDT有机氯农药的吸附残留特性: 取12只25ml的比色管, 其中每3只各加入活性炭、C₁₈粉、弗罗里硅土、

中性氧化铝约为0.5 g,1.0 g,2.0 g, 依此各加混合标准溶液0.5 ml,1.0 ml,1.5 ml,然后过滤、浓缩、定容1.0 ml,供气相检测其有机氯的回收率。

2.2 固相萃取填料的用量或比例的选择

2.2.1 活性炭量的选择:分别约取1.0 g、0.8 g、0.6 g活性炭装入层析柱中,然后各装入1.0 g干茶叶粉,分别用10 ml乙酸乙酯洗脱,观察有没有色素生成。

2.2.2 弗罗里硅土、C₁₈粉与中性氧化铝量的净化效果与用量选择:各取1.0 g茶叶样品分别与1.0 g弗罗里硅土、C₁₈粉、中性氧化铝研磨,然后加入混合标准溶液1.0 ml,层析柱下层分别依次填入2.0 g无水Na₂SO₄、0.8 g活性炭、0.5 g C₁₈粉(0.5 g弗罗里硅土、0.5 g中性氧化铝、同时加入0.5 g弗罗里硅土和0.5 g中性氧化铝),再把上述混合样品装入柱中,轻轻敲实、压紧,再加入1.0 g无水Na₂SO₄,用20 ml乙酸乙酯+石油醚(1:1,V:V)洗脱,将洗脱液浓缩、定容1.0 ml,供气相色谱测定,根据色谱峰判断净化效果以及检测有机氯的回收率。

2.3 弗罗里硅土与样品的用量比例:样品与填料的对比分析结果影响很大,选择样品与弗罗里硅土的用量比例分别为1:1,1:2,1:3等进行对比试验(试验中样品量都取1.0 g),并且分别用10 ml、20 ml、30 ml乙酸乙酯+石油醚(1:1,V:V)进行洗脱,然后浓缩定容1.0 ml,供气相色谱测定,根据其回收率,确定最佳的比例参数。

2.4 洗脱溶剂的选择以及用量:分别用乙酸乙酯、乙酸乙酯+石油醚(1:1,V:V)、石油醚各10 ml、20 ml、30 ml作为洗脱液,测定其标准溶液的回收率,确定其洗脱液和用量。

2.5 淋洗速率对回收率的影响:分别以0.5、1.0、1.5、2.0 ml/min流速进行回收率实验,比较不同速率条件下对六六六、DDT有机率农药的回收率情况,从而选择最佳的淋洗速率。

2.6 回收率与精密度的实验:取混合标准溶液1.0 ml、1.5 ml、2.0 ml(可以计算出相对应的六六六、DDT的含量),对3个体积水平进行添加回收试验,每一个体积水平做一个基质加标,并且每一个样品做一个空白,平行分析6次。利用保留时间定性,采用峰面积外标法定量,以基质加标进行单点校正,消除基质影响,计算回收率与精密度。

3 结果与讨论

3.1 有机氯农药样品色谱图:图1是六六六、DDT有机氯农药的标准色谱图,即取以上混合标准溶液1.0 μl进样检测的色谱图。图2是空白样品的色谱图,直接进行前处理,然后进样分析,此图用于说明前处理可以除去干扰物质。图3是加标样品的色谱图,即在样品中加入标准品后进行样品处理,此图用于检测欲测定的农药在前处理过程中有无损失。

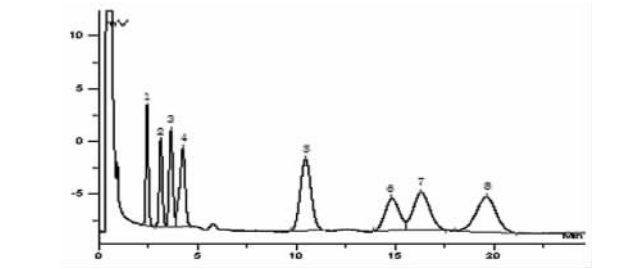


图1 六六六、DDT混合标准色谱图

1.α-六六六;2.γ-六六六;3.β-六六六;4.δ-六六六;5.p,p'-DDE;6.o,p'-DDT;7.p,p'-DDD;8.p,p'-DDT

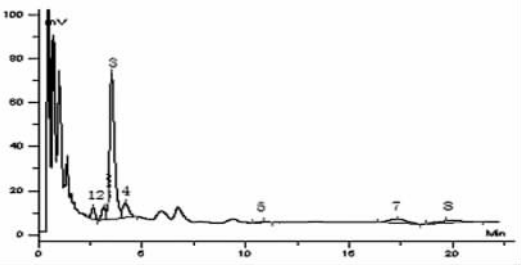


图2 空白样品色谱图

1.α-六六六;2.γ-六六六;3.β-六六六;4.δ-六六六;5.p,p'-DDE;7.p,p'-DDD;8.p,p'-DDT

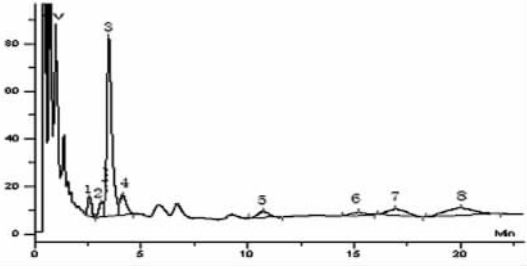


图3 加标样品色谱图

1.α-六六六;2.γ-六六六;3.β-六六六;4.δ-六六六;5.p,p'-DDE;6.o,p'-DDT;7.p,p'-DDD;8.p,p'-DDT

3.2 固相基质分散的优化:固相萃取填料的选择、样品与填料的量的比例、淋洗液的性质和用量是基质固相分散处理的4个最主要影响效果的因素,必须优化其才能同时得到理想的净化效果和回收率^[2]。

3.3 固相萃取填料对六六六、DDT有机氯农药的吸附残留特性:取12只25 ml的比色管,其中每3只各加入活性炭、C₁₈粉、弗罗里硅土、中性氧化铝各0.5 g、1.0 g、2.0 g,依次各加标准农药0.5 ml、1.0 ml、1.5 ml,然后过滤、浓缩、定容、上机检测其有机氯的回收率,见表1。

表1 各填料对农药吸附损失后的回收率(%)

填料 (g)	标准农药 量(ml)	填 料			
		活性炭	C ₁₈ 粉	弗罗里硅土	中性氧化铝
0.5	0.5	68~98.4	78~102	82~108	72~99.8
1.0	1.0	68~114	87~96.2	91.4~106	84~108
2.0	1.5	54~96.1	55~95.5	54.7~108	64~106

从表1可见,4种填料与标准农药在0.5 g,0.5 ml与2.0 g,1.5 ml时的回收率较低,而1.0 g,1.0 ml的回收率最好。

3.4 固相萃取填料的净化效果以及用量的选择

3.4.1 活性炭用量的选择:分别取1.0 g、0.8 g、0.6 g活性炭装入层析柱中,然后各装入1.0 g干茶叶粉,用10 ml乙酸乙酯+石油醚(1:1,V:V)洗脱,从洗脱液的现象可以发现,1.0 g活性炭与0.8 g活性炭都没有色素生成、而0.6 g活性炭有色素生成,故取0.8 g活性炭来净化除去色素。

3.4.2 弗罗里硅土、C₁₈粉与中性氧化铝的净化效果与用量选择:各取1.0 g茶叶样品分别与1.0 g弗罗里硅土、C₁₈粉、中性氧化铝研磨,然后加入标准农药1.0 ml,层析柱下层分别依次填入2.0 g无水Na₂SO₄、0.8 g活性炭、0.5 g弗罗里硅土(0.5 g C₁₈粉、0.5 g中性氧化铝、同时加入0.5 g弗罗里硅土和0.5 g中性氧化铝),再把上述混合样品装入柱中,轻轻敲实、压紧,再加入1.0 g无水Na₂SO₄,用20 ml乙酸乙酯+石油醚(1:1,V:V)洗脱,洗脱液经浓缩定容1.0 ml,然后上机。测出的回收率可以知道,0.5 g弗罗里

硅土的回收率为66.2%~114%,C₁₈粉的回收率为57%~98.4%,中性氧化铝的回收率为63%~111.2%,而同时使用0.5 g中性氧化铝与0.5 g弗罗里硅土一起净化,其回收率为73%~96%,并且其净化效果也比用单一的填料要好,故可以选择0.5 g中性氧化铝和0.5 g弗罗里硅土混合作为层析填料,增强净化效果。

3.5 固相萃取填料的选择:固相萃取填料的选择在固相基质分散中同时起着支持剂、吸附剂、净化剂的作用,待测农药在填料、洗脱液与样品基质之间进行吸附与分配,最终达到提取与净化双重效果^[3]。由于茶叶中含有糖类、蛋白质等物质,并且根据2.4.1和2.4.2的结果可知道,选择用弗罗里硅土可以减少这些极性杂质的共洗脱,在层析柱下层加入中性氧化铝、弗罗里硅土、活性炭,除去色素等杂质,加强净化效果。

3.6 弗罗里硅土和样品的用量比例:样品与填料的对比分析结果影响很大,选择样品与弗罗里硅土的用量比例分别为1:1,1:2,1:3进行对比试验(试验中样品量都取1.0g),见表2。

表2 不同样品填料比例时的回收率(%)

样品:填料 (茶叶:弗罗里硅土)	乙酸乙酯:石油醚(1:1,V:V)		
	10 ml	20 ml	30ml
1:1	32~54	63~111	46~83
1:2	58~82	65~106	63~107
1:3	32~57	55~95	72~104

由表2可见,比例1:1时,其六六六、DDT的回收率较低,增加其洗脱液用量回收率改变也不大,并且其色谱峰的干扰峰明显增多,说明未能使样品基质完全分散,从而不利于待测农药从基质中分离、洗脱。比例1:3时,其六六六、DDT的回收率也不是很理想,由于弗罗里硅土的用量太多,对极性农药的吸附较强,需要大量洗脱液才能洗脱,因此用30 ml有机溶剂洗脱的回收率较好一点,但是需要消耗太多的溶剂。比例1:2时,其六六六、DDT的回收率比较理想,并且3种比例用不同量的有机溶剂洗脱的回收率也比较好,并且色谱峰中的干扰峰也比较少,综合考虑,选择样品与弗罗里硅土的比例1:2较为合适。

3.7 洗脱溶剂的选择与用量:洗脱溶剂的需要根据有机氯农药的性质选择,极性太强,干扰组分会增加,达不到净化的目的;极性太弱,某些强极性的组分会因为被保留在柱上而损失。洗脱溶剂的体积也是影响回收率的一个重要因素^[4],确定洗脱溶液体积不仅可以保证较高的回收率,还可以避免有机溶剂的浪费。分别对乙酸乙酯、乙酸乙酯+石油醚(1:1,V:V)、石油醚做回收率实验。见表3。

表3 不同洗脱液洗脱六六六与DDT农药的回收率(%)

有机氯 农药	添加水平 (μg/g)	洗脱液		
		乙酸乙酯	乙酸乙酯+石油醚 (1:1,V:V)	石油醚
α-六六六	0.01	86.0	103.0	11.0
β-六六六	0.03	112.0	82.0	65.3
γ-六六六	0.01	123.0	103.0	7.0
δ-六六六	0.01	82.0	112.0	107.0
p,p'-DDE	0.03	103.3	104.3	4.3
o,p'-DDT	0.05	100.2	102.2	3.2
p,p'-DDD	0.03	87.3	93.3	3.7
p,p'-DDT	0.08	99.1	94.6	16.1

由表3可见,石油醚的洗脱强度不够,对六六六、DDT的回收率不是很理想。乙酸乙酯对六六六、DDT的回收率比石油醚

的回收率理想,但是由于其色谱峰的显示共洗脱的杂质比较多,干扰峰较为明显。而乙酸乙酯+石油醚(1:1,V:V)为洗脱液由较好的回收率,况且净化效果也较好一点。因此,选择乙酸乙酯+石油醚(1:1,V:V)为洗脱液,且用量为20 ml。

3.8 淋洗速率对回收率的影响:淋洗速率也是决定净化效果与回收率的重要参数^[4],分别约以0.5、1.0、1.5、2.0 ml/min流速进行回收率实验,见表4。

表4 洗脱速率对六六六与DDT有机氯农药回收率的影响

淋洗速率 (ml/min)	乙酸乙酯+石油醚(1:1,V:V)(20 ml) 回收率(%)
0.5	33~65
1.0	62~105
1.5	42~86
2.0	36~67

由表4可见,在不同速率条件下666、DDT有机氯农药的回收率是不同的。速率太慢,其洗脱出来的效果不好,主要是由于其洗脱出来的杂质比较多,测得的干扰峰比较明显,并且茶叶中的色素也洗脱出来,影响了回收率的检测。速率太快,其洗脱的时间不够,不能有效的将目标成分充分的洗脱出来,造成回收率比较低。结果表明淋洗液速率约为1.0 ml/min时,回收率较好。

3.9 回收率与精密度:取有机氯(六六六、DDT)农药混合标准溶液1.0 ml、1.5 ml、2.0 ml,则可以计算出六六六、DDT相应含量,然后对这3个体积的水平进行添加回收试验,每一个体积水平做一个基质加标,并且每一个样品做一个空白,平行分析6次。利用保留时间定性,采用峰面积外标法定量,以基质加标进行单点校正,消除基质影响,计算回收率和相对标准偏差,见表5。

表5 有机氯农药的回收率与RSD(%)

有机氯农药 (六六六、DDT)	标样添加1.0 ml		标样添加1.5 ml		标样添加2.0 ml	
	回收率(%)	RSD(%)	回收率(%)	RSD(%)	回收率(%)	RSD(%)
α-六六六	97.0	5.15	82.0	6.89	92.8	6.84
β-六六六	86.7	17.43	102.5	4.00	90.0	7.22
γ-六六六	99.4	18.59	98.6	3.86	93.0	8.25
δ-六六六	92.3	10.01	93.8	1.95	92.5	18.70
p,p'-DDE	76.0	22.43	73.2	1.74	80.4	1.29
o,p'-DDT	96.7	8.10	103.4	1.74	106.6	1.27
p,p'-DDD	97.7	5.05	84.7	7.76	67.7	9.05
p,p'-DDT	95.6	1.67	85.8	6.79	90.1	0.95

从表5可见,在3个体积水平上,8种有机氯的平均回收率都在67.7%~106.6%之间,相对标准偏差(RSD)为0.95%~22.43%,基本上符合农药残留检测的要求。

4 结论

根据基质相关实验结果,结论是选择活性炭、中性氧化铝、弗罗里硅土,按照一定比例的几种混和物作为填料,样品与基质弗罗里硅土以1:2的比例充分研磨,通过乙酸乙酯+石油醚(1:1,V:V)以1.0 ml/min的流速洗脱,洗脱液供气相色谱测定,所测的回收率为67.7%~106.6%和精密度为0.95%~22.43%。基本符合检测有机氯农药残留的要求,且无需特殊设备,成本低,有机试剂用量少,是一种简单、快速又环保的方法。但是此法的净化效果还不是很理想,需要进一步的研究与实验。

参考文献:

2 200例儿童末梢血微量元素检测结果分析

吕高峰

(达州市妇幼保健院,四川 达州 635000)

【摘要】目的:探讨儿童体内铜、锌、钙、镁、铁微量元素的含量及其与年龄、性别的关系。方法:测定2 200例达州地区0~7岁儿童末梢全血中5种微量元素铜(Cu)、锌(Zn)、钙(Ca)、镁(Mg)、铁(Fe)的含量,对其结果进行统计分析。结果:所有被检测儿童中缺铁居第一位(41.82%),缺锌居第二位(39.36%),微量元素钙、铜、镁无明显失衡。不同年龄组儿童锌、铁和钙的含量具有显著性差异,锌和铁的含量低年龄组低于高年龄组,钙的含量高年龄组低于低年龄组,不同性别组5种微量元素的含量无显著性差异。结论:儿童时期生长发育迅速,易缺乏锌和铁元素,且年龄越小,越易缺乏。提示在达州地区的儿童保健中,应加强锌与铁的合理补充,提倡从婴幼儿开始补锌、补铁,对大龄儿童合理补钙。应加大宣传力度,加强儿保门诊营养喂养知识的宣教,在婴幼儿食谱中适量添加动物性食物,纠正小儿不良的卫生习惯。

【关键词】微量元素;儿童;早期干预;合理膳食

文章编号:1009-5519(2009)24-3705-02 中图分类号:R226 文献标识码:A

Analysis on trace elements levels of peripheral blood of 2200 children

LU Gao-feng

(Maternal and Child Health Hospital of Dazhou City, Dazhou, Sichuan 635000, China)

【Abstract】Objective: To investigate the current status of five trace elements in blood of children and the relationship between the value of Cu, Zn, Ca, Mg, Fe and age and sex. Methods: The contents of five trace elements of 2200 children aged 0 to 7 years old in Dazhou city were determined with atomic absorption spectrum and were analyzed by SPSS11.5. Results: The proportion of lacking on Fe was the first place (41.82%) in all children detected, the proportion of lacking on Zn ranked second (39.36%), the trace elements Ca, Cu, Mg had no significant imbalance. And there were significant differences in the levels of Zn, Fe and Ca in the different age groups. The levels of Zn and Fe in the younger age group were lower than those of the old age group, the levels of Ca in the old age group were lower than those of the younger age group. The levels of trace elements in the blood showed no significant difference between the boys and girls. Conclusion: Childhood growth and development are rapid, easy to lack Zn and Fe, and the younger, the more easily to lack. Considering child health in Dazhou, we should strengthen supplement the rational Zn and Fe, promote to supplement the rational Zn and Fe from infant and young child, Ca for older children. We should increase publicity efforts, enhance publicity and education in child health care, add animal food in the amount of infant diet, to correct bad health habits in children.

【Key words】Trace elements; Children; Early intervention; Reasonable diet

微量元素在婴幼儿和学龄前儿童阶段起着重要的作用,当人体内某些微量元素不足或过量,都将对人的健康和生命质量产生不良影响或危害。为了解达州市儿童微量元素的水平,评价其营养状况,我们分析了2008年8月~2009年7月我院儿保科健康体检的儿童5种微量元素的水平,同时探讨不同年龄、性别与5种微量元素之间的关系,现将结果报道如下。

1 对象和方法

1.1 对象:2 200例0~7岁儿童均来自我院儿保科健康体检儿童,其中0岁组1 130例,1~3岁组716例,4~7岁组354例;男童676例,女童612例,经体检健康且近期无急性感染性疾病的儿童。

1.2 方法:采用北京博晖创新光电技术股份有限公司生产的BH2100系列原子吸收光谱仪及专用配套试剂,采取左手无名指末梢血,由检验科专人操作。测试元素包括铜、锌、钙、镁、铁。

1.3 诊断标准:铜11.8~39.3 $\mu\text{mol/L}$ 、锌58.0~170 $\mu\text{mol/L}$ 、钙1.55~2.10 mmol/L、镁1.12~2.06 mmol/L、铁7.52~11.82 $\mu\text{mol/L}$ 。

1.4 统计学方法:采用SPSS11.5统计软件包进行统计分析。组间比较采用方差分析(F检验),组间两两比较采用 q 检验,不同

性别组间比较采用 t 检验。

2 结果

2.1 检测结果:2 200例0~7岁受检儿童中缺铁(Fe)和缺锌(Zn)的比例较高,分别达到41.82%(920例)和39.36%(866例),同时也发现,受检儿童中仅有1.64%(36例)血钙偏低,1.91%(42例)血铜偏低,0.09%(2例)血镁偏低,表明达州市0~7岁儿童的钙、铜、镁营养水平良好,这与许多文献报道基本一致。

2.2 学龄前儿童微量元素均值与年龄的关系见表1、表2。

表1 不同年龄组儿童末梢全血中微量元素含量($\bar{x}\pm s$)						
年龄(岁)	例数	铜($\mu\text{mol/L}$)	锌($\mu\text{mol/L}$)	钙(mmol/L)	镁(mmol/L)	铁($\mu\text{mol/L}$)
0~岁组	1 130	18.39 \pm 5.53	54.66 \pm 12.63	1.93 \pm 0.24	1.60 \pm 0.15	7.57 \pm 2.04
1~3岁组	716	18.84 \pm 4.86	69.34 \pm 13.74	1.84 \pm 0.15	1.62 \pm 0.15	7.81 \pm 0.76
4~7岁组	354	18.31 \pm 4.99	83.07 \pm 14.61	1.77 \pm 0.14	1.62 \pm 0.33	8.00 \pm 0.83
F		1.998	696.82	95.27	2.78	11.901
P 值		>0.05	<0.01	<0.01	>0.05	<0.01

[1] 吴永宁.现代食品安全科学[M].北京:化学工业出版社,2003:59.

[2] 侯圣军,郝向洪,申 丽,等.基质固相萃取-气相色谱捕获检测器同时测定大米中12种有机氯农药残留量[J].分析试验室,2007,26(5):115.

[3] 奉夏平,陈卫国,王志元,等.基质固相-气相色谱法同时测定蔬菜水果中多种农药残留[J].食品科学,2005,26(7):194.

[4] 沈燕华,周 琳,陈大舟,等.固相萃取净化分析牡蛎中有机氯农药[J].北京化工大学学报,2005,32(6):103.

收稿日期:2009-06-18