

中国居民每日摄铝量及面制食品中铝限量卫生标准研究

王 林¹ 苏德昭¹ 王永芳¹ 徐晋康¹
沈 文² 向良迪³ 梁春穗⁴ 鲁长豪⁵ 范春月⁶

摘要 从广东、湖南、上海、北京等地共采集 64 个食物品种 406 个样品, 19 种含铝复合食品添加剂, 测定其含铝量。模拟测定了铝制炊具的铝溶出量。调查结果显示, 我国居民从日常食物中摄入的铝量为 9~12mg/人·日。从铝制炊具溶入到食物中而摄入人体的铝约为 4mg/人·日。一些面制食品, 如馒头、油条

关键词 铝 食品分析 食品添加剂 粮食 食品标准

饮食中的铝对人体健康的影响, 不仅受到有关学者的重视, 而且引起了各界人士的普遍关注。目前, 多项研究的结果表明: 过量的铝可干扰人脑的意识与记忆功能, 可出现视觉运动协调失灵, 长期记忆减退, 严重者成为痴呆;^[1] 而且, 过量的铝还可沉积在类骨质中并置换出钙, 导致骨生成抑制, 发生骨软化症^[1,2] 等等。世界卫生组织和粮农组织曾多次对饮食中的铝进行过评价,^[3~7] 并于 1989 年, 正式将铝确定为食品污染物加以管理, 提出铝的暂定每周容许摄入量(PTWI)为 7mg/kgB. W. ,

即相当于 1mg/kg B. W. · d。^[8,9] 这一规定, 为各国政府制订本国食品中铝允许量卫生标准提供了依据。我们对我国居民每日摄铝量及制订相应食品中的铝限量卫生标准进行了研究。参加单位有上海市、广东省、湖南省食品卫生监督检验所, 华西医科大学, 成都市卫生防疫站等单位。现将结果报告如下。

1 材料与方法

1.1 仪器

石墨炉原子吸收分光光度计 (PE1100B) 美国 PE 公司产品。

热解平台石墨管及高纯度氩气。

1.2 试剂

硝酸 k 高氯酸混合液(5:1)

铝标准贮存液(1mg/mL) 称取 1.000g 光谱纯铝箔, 用 100mL 1+1 盐酸加

1 卫生部食品卫生监督检验所 (100021)

2 上海市卫生防疫站 (200335)

3 湖南省卫生防疫站 (410005)

4 广东省食品卫生监督检验所 (510300)

5 华西医科大学 (610044)

6 成都市卫生防疫站 (610021)

热溶解,冷却后转入 **1000mL** 容量瓶中,用水稀释至刻度,移入塑料瓶中保存。基体改进剂 取 **10%**硝酸镁 **25mL** 和硝酸 **1.5mL** 用水稀释至 **500mL**。

1.3 样品处理

干性植物样品 用粉碎机打成粉末状备用。面制食品湿润时用粉碎机粉碎,再用烘箱(**80℃**)干燥 **2h**,放冷后备用。

蔬菜水果样品 将可食部分用水冲去泥沙晾干后,用匀浆机打成匀浆备用。动物性样品 用匀浆机打成匀浆后备用。

备用样品的处理 准确称取均匀备用样品约 **1g** 置于 **100mL** 三角烧瓶中,加几粒玻璃珠,加硝酸高氯酸混合液(**5:1**)**10~15mL**,放置片刻或过夜,置电热板上缓慢加热至消化液呈无色透明并出现大量高氯酸烟雾,升高温度继续加热直至高氯酸烟雾全部赶走,取下三角瓶放冷,加两滴硝酸湿润残渣,加 **5mL** 水,加热溶解残渣,冷却后,用水稀释定容至 **50mL**,待测定。

茶叶中铝溶出样品的制备 取茶叶 **2g** 于烧杯中,加沸水 **150mL** 浸泡 **10min**,将茶水(一泡茶)全部取出待测定;再加沸水 **150mL** 浸泡 **5min**,将茶水(二泡茶)取出待测定。铝制炊具铝溶出样品的制备 用肥皂水洗刷新铝锅表面,用自来水冲洗干净,加水 **600mL**,煮沸 **5min**,将水全部取出待测定,重复数次,将各次水样各存待测定。

1.1 测定

将铝标准贮存液准确稀释成每毫升含 **100, 200, 300, 400ng** 铝的标准系列溶液。

分别将试剂空白液、铝标准系列溶液、样品空白液和样品待测定液 **10μL** 注入石

墨炉原子化器中,再注入 **10μL** 基体改进剂,按照表 **1** 和表 **2** 参数进行测定,计算出结果。

表 1 仪器参数

分析波长	237.5nm	狭缝宽度	1.0nm
灯电流	10mA	氩气流速	0.3L/min
背景校正	氘灯	测量方式	面积积分

表 2 石墨炉温度参数

步骤	作用	温度 C	升温时间 s	保持时间 s
1	干燥	300	25	5
2	灰化	1000	15	5
3	原子化	2500	0	3
4	除渣	2650	2	1

注:采用最大功率升温,原子化阶段停气。

1.5 方法的准确度与精密度

标准物质的测定 对由美国标准局(NBS)提供的松叶、菠菜两种标准物质进行含铝量测定,结果均落在指定标准值范围以内,见表 **3**。

加标回收实验 对 **16** 种食物分别做了铝加标回收实验,回收率在 **90.8%~110.0%**。

表 3 标准物质中铝含量测定结果 $\mu\text{g/g}$

标准品	标准值	测定次数	测定值	变异系数
松 叶	545±30	3	563	2.1
菠 菜	870±50	3	854	2.1

2 结果与讨论

2.1 中国日常食物中的含铝量

测定了北京、成都、上海等地区部分食物中的含铝量,从得到的结果看,中国日常食物中的含铝量是较低的(人为加入含铝食品添加剂的食物除外)。大部分食

表 4 中国日常食物中的含铝量 mg/kg

类 品名	样品数	平均 含铝量	品名	样品数	平均 含铝量
蔬柿子椒	1	3.3	菜花	1	3.2
山药	1	0.3	菜心	1	3.2
菜蒜黄	2	13.6±14.4	油菜	2	23.7±9.5
青豆	1	1.2	土豆	1	1.0
水蚕豆	1	1.0	生菜	1	5.6
芹菜	1	3.8	它菜	1	10.9
果韭菜	1	5.6	胡萝卜	1	5.2
莴笋	1	0.2	小萝卜	1	6.6
西葫芦	1	2.2	白萝卜	2	0.5±0.3
洋葱	1	0.3	青萝卜	1	0.8
圆白菜	1	0.1	西红柿	2	0.3±0.1
茄子	1	2.8	黄瓜	2	0.7±0.3
西瓜	1	0.1	苹果	2	0.5±0.1
豆黄豆	2	20.7±2.4	黄豆粉	1	51.5
类豆制品	8	8.0±4.2			
肉猪肉	4	2.5±2.1	牛肉	1	0.3
鱼鸡肉	1	1.7	鲤鱼	1	1.5
蛋鸡蛋	1	1.9	牛奶	1	0.3
乳奶粉	1	3.2			
酒白酒	1	3.2	啤酒	1	0.9
及葡萄酒	1	1.0	桔汁水	1	0.4
饮刺梨汁	1	0.3	可口可乐	1	0.1
糯枝饮料 (易拉罐)	1	0.4	天府可乐 (易拉罐)	1	0.8
调酱油	1	2.2	食盐	1	0.9
味白糖	1	0.1	味精	1	1.2
品醋	1	2.2			

物的含铝量都在 10mg/kg 以下,仅有少数食物的含铝量高于 20mg/kg(见表 4)。此结果与文献^[10]报道结果相近。粗略推算各类食物中的含铝量为:粮食类 12.6mg/kg,蔬菜、水果类 4.9mg/kg,豆类 27.3mg/kg,鱼、肉、蛋、乳类 1.7mg/kg,酒及饮料类 1.1mg/kg,调味品 1.2mg/kg。

2.2 面粉含铝量

含铝食品添加剂的添加对象主要是面制食品。随机抽取我国 4 省市 30 份面粉样品,测定其本底含铝量,平均结果为 10.0

表 5 中国 4 省市面粉中含铝量 mg/kg

地点	样品份数	平均含铝量
广东省	6	4.8±2.6
湖南省	9	11.2±4.6
上海市	5	13.7±5.6
北京市	10	10.0±4.7
均值		10.0±5.1

2.3 我国自来水的含铝量及茶叶的铝溶出量

共抽样调查了我国 7 个城市 10 处自来水的含铝量,平均铝含量为 0.052 ± 0.028mg/kg。若以每人每天饮水 2000mL 计算,则每日通过自来水摄入的铝量约为 0.10mg。

表 6 我国部分茶叶的铝含量及浸出率

品名	含铝量	mg/kg		
		一泡茶 浸出铝量	二泡茶 浸出铝量	浸出率 %
15.5	北京花茶	849.1	114.4	17.2
	浙江珠茶	623.2	151.9	27.3
	广西桂圆茶	1254.8	166.9	15.2
	湖南毛尖	1391.2	43.1	3.5
	福建铁观音	479.9	236.3	61.1
	云南红茶	1044.5	150.0	16.2
	均值	940.5		23.2

抽样调查了我国 6 个地区 6 种茶叶的含铝量及浸出率,结果见表 6。茶叶的含铝量较高,平均含铝量为 $940.5 \pm 356.1 \text{ mg/}$

中摄入的铝量约为 $0.2 \sim 1.1 \text{ mg}$ 。

2.4 铝制炊具向食物中转移的铝量

新购的铝锅,加水煮沸 5min,每升水中增加 0.1 mg 的铝,重复水煮 5 次后,可降到 0.01 mg ,此后仅有极微量的铝溶出。详见表 7。此结果与文献^[11]报道的沸水中铝的溶出量很低相一致。

表 7 铝制炊具向沸水中转移的铝量 mg/kg

次数	1	2	3	4	5	6	7
A 锅	0.125	0.065	0.050	0.020	0.012	0.001	0.005
B 锅	0.177	0.035	0.027	0.012	0.012	0.005	0.005

铝制炊具在接触酸或碱性食物时,铝的溶出量增加,如煮西红柿 ($\text{pH} = 4.2$) 5min,可使西红柿中的铝增加 1.32 mg/kg ;煮 20min,增加 3.72 mg/kg ;煮面条 ($\text{pH} = 7.8$) 15min,可增加铝量 6。其它食物增加的铝量较少,如煮米饭,几乎没有铝增加;煮沸牛奶 5min,仅增加铝量 0.05 mg/kg 。若人日摄入用铝锅加工的蕃茄 $100 \sim 500 \text{ g}$,即增加摄入铝量约 $0.37 \sim 1.86 \text{ mg}$;若摄入用铝锅加工的面条 $100 \sim 200 \text{ g}$,即增加摄入铝量 $0.62 \sim 1.24 \text{ mg}$;若摄入用铝锅炖的猪肉 $50 \sim 100 \text{ g}$,即增加摄入铝量 $0.16 \sim 0.33 \text{ mg}$ 。由此可粗略推算出若食物用铝制炊具加工,则每日转移到食物中的铝量约 4 mg 。

2.5 通过食品添加剂进入食品中的铝量

我国生产和使用的含铝食品添加剂主要是钾明矾和铵明矾。复合含铝添加剂以发酵粉(泡打粉)为代表,配方中的含铝量

面制食品中的含铝量是相当高的,详见表 8。

表 8 根据发酵粉使用说明书计算面制食品中增加的铝量

	蒸制食品 ⁽¹⁾	油炸食品 ⁽²⁾	面包	糕点	饼干
发酵粉使用量(g/kg)	21	14	28	26	27
增加的铝量(mg/kg)	987	658	1316	1222	1269

注:(1) 蒸制食品包括:馒头、花卷、发糕、包子、烙饼等。

(2) 油炸食品包括:油条、油饼、麻花等。

采自广东、湖南、上海、北京四省市 284 份市售面制食品样品,实际测定含铝量结果见表 9。馒头 39%,油条 73%铝含量在 100 mg/kg 以上,馒头 7%,油条 21% 超出 1000 mg/kg ,有的甚至高达 1800 mg/kg 以上。每人每日仅食入这样的食物 50 g (1市两),即超出世界卫生组织限定的 ADI 值(1 mg/kg B. W.)。

2.6 我国人均日摄入铝量的估计

根据我国国民的一般食物结构,^[12]估算每人每日食入的铝量为 $9 \sim 12 \text{ mg}$,详见表 10(此结果与文献^[10]报道的天津市居民从自然食物中日摄入铝量 $3 \sim 10 \text{ mg}$ 的上量相近),加上家庭使用铝制炊具溶入食物中的铝约 4 mg ,共为 $13 \sim 16 \text{ mg}$,但若再食入含铝量平均 500 mg/kg 的面制食品 100 g ,则每人每日摄铝量将增加 50 mg ,即超出世界卫生组织限定的日摄入铝量。

表 9 面制食品含铝量分布监测情况 mg/kg

品名	样品数	平均值	范围	不同含铝量样品所占百分数			
				<100	100~500	>500	>1000
馒头类	56	217.4	4.2~180060	39	12		
油条类	62	559.7	3.7~1451.0	27	73	60	21
面包类	46	28.3	4.3~116.5	96	4	0	0
糕点类	71	43.1	1.5~405.1	83	17	0	0

粮食	12.6	400~500	5.04~6.30
蔬菜水果	4.9	500~600	2.45~2.94
豆及豆制品	27.3	20~50	0.55~1.37
肉、鱼、蛋、奶	1.7	60~150	0.10~0.26
茶	23.2(浸出率%)	1~5	0.23~1.16
酒及冷饮	1.1	100~150	0.11~0.17
调味品	1.2	50~60	0.06~0.07
饮用水	0.05	1000~2000(mL)	0.05~0.10
人均日摄铝量			8.59~12.37

2.7 面制食品中铝允许量的制订

世界卫生组织提出人体每周允许摄入铝量(PTWI)7mg/kg B. W, 相当于每日容许摄铝量(ADI)1mg/kg B. W, 按中国成年人人体重约 60kg 计算, 每人每日容许摄铝量约为 60mg。减去本次研究所估计的我国人均每日摄铝量约 16mg(从空气吸入的微量铝不计), 每人每日可允许食入其它来源的铝量不得超过 44mg。按我国成年人每日食入 250g 面制食品计算, 则面制食品中添加的铝量不得超过 176mg/kg, 考虑到我国部分地区有长期吃面食、每日可达 500g 以上的情况, 则面制食品中添加的铝量不得超过 88mg/kg, 加上面粉本底含铝量近于 12mg/kg, 因此面制食品中铝残留

量应 ≤ 100mg/kg。

按照这一指标计算: 调查中 39% 的馒头、73% 的油条、4% 的面包、17% 的糕点、2% 的饼干不符合标准。面制食品是我国居民的主要膳食, 为了保障人体健康, 及时制订出面制食品中铝允许量卫生标准是必要的, 而且要修改我国现行食品添加剂使用

对此项研究工作提出过指导性意见, 在此表示感谢。)

3 参考文献

- 1 吴柏龄. 铝的代谢、毒性和食品卫生问题. 生理科学进展, 1989, 20(3): 238
- 2 贾冬英. 铝的吸收及对骨和神经的毒作用. 微量元素, 1990, 4: 4
- 3 FAO/WHO Toxicological evaluation of some food-colours, emulsifiers, stabilizers, anticakingagents and certain other substances. FAONutrition Meetings Report Series. NO. 46A. 1970; WHO/food Add/70. 36
- 4 FAO/WHO. Evaluation of certain food additives and contaminants (Twenty - first Report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). WHO Technical Report series. No. 617. 1979
- 5 FAO/WHO. Evaluation of certain food additives and contaminants (Twenty - sixth Report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). WHO Technical Report series. No. 683. 1982
- 6 FAO/WHO. Evaluation of certain food additives and contaminants (Twenty - ninth Report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). WHO Technical Report series, No. 733 and corrigendum. 1986

(下接第 12 页)