

食源性铝污染及其暴露评估

王蕊, 孙彦贞, 李博文, 周才雪, 王文东, 李天骄

德州学院, 山东 德州

收稿日期: 2022年6月9日; 录用日期: 2022年7月5日; 发布日期: 2022年7月12日

摘要

了解德州市市售食品的铝污染现状, 并评估德州市人民的铝暴露情况。本研究以调查问卷的形式获取了德州市居民对常见市售食品平均日摄入量, 并对15种常见的市售食品试样采用微波辅助消解, 以铬天青S为显色剂, 在乙酸-乙酸钠缓冲体系进行显色反应, 结合紫外分光光度准确检测铝的含量。结果显示, 其中12种食品铝残留量低于铝含量国家标准100 mg/Kg的上限, 3种食品铝含量超标, 整体合格率为80%。德州市部分食品的铝残留量存在安全隐患, 相关部门应该加强监管力度。

关键词

食品, 铝污染, 暴露评估

Foodborne Aluminum Contamination and Exposure Assessment

Rui Wang, Yanzhen Sun, Bowen Li, Caixue Zhou, Wendong Wang, Tianjiao Li

Dezhou University, Dezhou Shandong

Received: Jun. 9th, 2022; accepted: Jul. 5th, 2022; published: Jul. 12th, 2022

Abstract

Understand the status of aluminum pollution of food sold and evaluate the aluminum exposure of people in Dezhou. In this study, the average daily intake of common market food was obtained by questionnaire, and the color response of 15 common market food samples was taken by microwave assisted digestion, chrome azurol S was used as chromogenic agent, and the chromogenic reaction was carried out in acetic acid-sodium acetate buffer system, and the content of aluminum was accurately detected by ultraviolet spectrophotometry. The results showed that the residue of 12 kinds of food was lower than the upper limit of 100 mg/kg of the national standard of aluminum content, and the content of three kinds of food was excessive, and the overall qualified rate

was 80%. There are safety risks in the residual aluminum of some food in Dezhou, and relevant departments should strengthen supervision.

Keywords

Food, Aluminum Pollution, Exposure Assessment

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

铝是地壳中的第三微量元素，被广泛应用到人们的生产生活中，但较高的产量和广泛的应用也导致了一系列因铝污染而对生物产生的毒性暴露，其中食源性铝为其主要的毒性暴露形式[1]。此外，摄入过量的铝对人体的生殖系统、骨、中枢神经系统、免疫系统等均有不良影响，会导致胚胎畸形、记忆力衰退、骨软化、不孕不育等[2]。因此，欧洲食品安全局(European Food Safety Authority)建议食源性铝摄入量为每周少于 1 mg/kg 体重[3]，世界卫生组织建议成人(70 kg 体重)每天摄入少于 20 mg 的铝[4]，我国也于 1994 年提出了面制食品中铝的限量卫生标准(≤ 100 mg/kg) [5]。

此次研究旨在了解德州市市售食品的铝污染现状，并评估德州市人民的铝暴露情况。食品中铝污染主要来自于超量使用铝添加剂[6]，近年来，有研究表明，不少小摊小贩为了盈利，在售卖食品中加入铝添加剂，导致部分食品铝含量超标[7] [8] [9]，因此，了解德州市市售食品的铝污染现状，并评估德州市人民的铝暴露情况至关重要。

2. 实验部分

2.1. 实验材料和试剂

2.1.1. 实验材料

德州市市售的部分面制食品、水产品及其制品、动物内脏、水果蔬菜类、糕点类。

2.1.2. 试剂的配置

硝酸，铝标准储备液(100 $\mu\text{g/ml}$)，铝标准使用液(10 $\mu\text{g/ml}$)，pH = 5.5 乙酸 - 乙酸钠溶液(34.0 g 乙酸钠溶于 450 ml 水中，加 2.6 ml 冰乙酸，调 pH 至 5.5，用水稀释至 500 ml)，0.5 g/L 铬天青 S 溶液(称取 50 mg 铬天青 S，用水溶解并稀释至 100 mL，现用现配)，0.2 g/L (十六烷基三甲基溴化铵溶液：称取 20 mg 十六烷基三甲基溴化铵，用水溶解并稀释至 100 mL，现用现配)，10 g/L 抗坏血酸溶液(称取 1.0 g 抗坏血酸用水溶解并稀释至 100 mL，现用现配)。

为保证显色体系稳定，实验用铬天青 S 溶液、十六烷基三甲基溴化铵溶液、抗坏血酸溶液采用“现用现配”的方式，这样就避免由于某种试剂配制时间过长后，使显色反应受到影响，导致标准工作曲线精密度变差，造成实验结果不准确。

2.2. 实验仪器

实验所需的主要仪器见表 1。

2.3. 实验方法

2.3.1. 样品的消解

精确称取 0.5 g 样品于消解罐中，加入 5 ml 硝酸，置于微波消解仪中消解，同时做试剂空白，消解完毕后，将样品冷却、赶酸，将处理好的样品溶液用 5% 硝酸定容到 25 ml 标号、备用，消解程序见表 2。

Table 1. Experimental apparatus

表 1. 实验仪器

仪器名称	型号及生产厂家
紫外可见分光光度计	UV-5500 型上海元析仪器有限公司
数显鼓风干燥箱	GZX-9070 MBE 上海博讯实业有限公司
电子天平	PL203 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司
微波消解仪	XT-9916 型密闭式上海新拓仪器有限公司

Table 2. Digestion procedure

表 2. 消解程序

程序	温度	最高压力	持续时间
1	80	45 atm	5 min
2	100	45 atm	3 min
3	120	45 atm	3 min
4	140	45 atm	3 min
5	160	45 atm	3 min

该方法采用硝酸消解体系，避免了国标法中高氯酸残留对显色结果产生的负干扰。

2.3.2. 标准曲线绘制

吸取 0.0、0.1、0.2、0.4、0.6、0.8 ml 铝标准使用液分别置于 25 ml 量瓶中；吸取 1.0 ml 处理好的样液置于 25 ml 量瓶中；向标准瓶、样品瓶、试剂空白瓶依次加入 8.0 ml 乙酸 - 乙酸钠溶液，1.0 ml 抗坏血酸溶液，2.0 ml 十六烷基三甲基溴化铵溶液，2.0 ml 铬天青 S 溶液，混匀后用纯水稀释至刻度，20℃ 下静置 20 min。

打开可见分光光度计，预热 15 min，待机器运行稳定，采用标准直线法依次将标准溶液、样品空白，样品导入比色管，于 640 nm 波长处测量，绘制铝的标准曲线。

3. 结果与分析

3.1. 标准曲线的建立

按照 2.3 中的方法绘制铝标准曲线，见图 1。

以零管为空白，在 640 nm 处测定铝含量为 0、0.04、0.08、0.16、0.24、0.32 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时溶液的吸光度，经过回归分析后得到铝的标准曲线公式：

$$y = 2.1294x - 0.0165 \quad (1)$$

$$R^2 = 0.9959$$

3.2. 市售食品铝含量检测结果

针对常见市售食品种类(面制食品、水产品及其制品、动物内脏、水果蔬菜类、糕点类)的代表样品得出铝残留量检测结果,见表3。

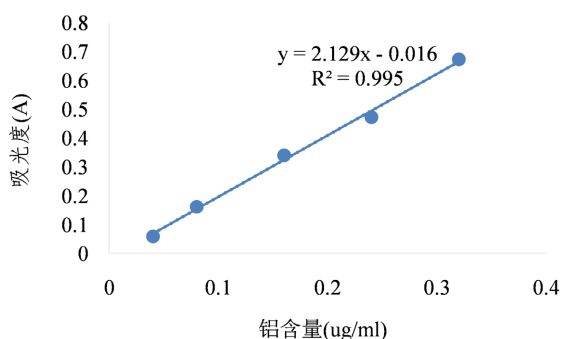


Figure 1. Standard curve

图 1. 标准曲线

Table 3. Testing result

表 3. 检测结果

市售食品种类	检测样品	铝含量(mg/kg)
面制食品	油条	161.25 ± 0.76
	馍片	118.94 ± 0.31
	面条	39.16 ± 0.95
水产品及其制品	鱼	35.53 ± 0.44
	虾	42.79 ± 0.67
	海蜇	132.24 ± 1.93
动物内脏	肝	59.71 ± 0.38
	肺	54.88 ± 0.33
	肠	68.17 ± 0.42
水果蔬菜类	土豆	58.50 ± 0.25
	西红柿	56.09 ± 0.36
	苹果	41.58 ± 0.30
糕点类	枣糕	71.80 ± 0.65
	面包	81.47 ± 0.22
	曲奇	66.96 ± 0.38

3.3. 膳食的安全限值

根据本次检测的 15 种常见市售食品中铝含量和铝每周耐受摄入量 2 mg/(kg·BW), 假定铝的摄入量全部贡献给一种食品, 推算出该市居民 15 种食品的每公斤体重每周最大消费量, 结果见表 4。

Table 4. Maximum weekly consumption of a variety of foods
表 4. 每周各种食品的最大消费量

市售食品种类	检测样品	铝含量(mg/kg)	每周最大消费量 g/(kg·BW)
面制食品	油条	161.25	12.40
	馍片	118.94	16.82
	面条	39.16	51.07
水产品及其制品	鱼	35.53	56.29
	虾	42.79	46.74
	海蜇	132.24	15.12
动物内脏	肝	59.71	33.50
	肺	54.88	36.44
	肠	68.17	29.34
水果蔬菜类	土豆	58.50	34.19
	西红柿	56.09	35.66
	苹果	41.58	48.10
糕点类	枣糕	71.80	27.86
	面包	81.47	24.55
	曲奇	66.96	29.87

注：每周最大消费量[g/(kg·BW)] = 铝的每周耐受摄入量 mg/(kg·BW) × 1000 ÷ 铝含量(mg/kg)。

3.4. 暴露评估结果

该市居民 5 类膳食的铝每周摄入量为 3.07 (mg/kg·BW)；其中面制品的铝暴露量最高，水产品及其制品次之，水果蔬菜类最低，分别为 2.44、0.45 和 0.01 (mg/kg·BW)。市民 5 类膳食中铝的每周摄入量是 PTW I 的 1.52 倍，其中面制食品为 1.23 倍，其余 4 类膳食铝平均每周摄入量未超标。见表 5。

Table 5. Exposure assessment results
表 5. 暴露评估结果

	食品类别平均消费量每周平均暴露量贡献率(%)/(g/标准人日)/(mg/kg·BW)		
面制食品	273.184	2.44	80.92
水产品及其制品	22.306	0.45	13.16
动物内脏	2.80	0.01	0.33
水果蔬菜类	19.40	0.01	0.33
糕点	6.694	0.16	5.26
合计	324.384	3.07	100.00

4. 总结与展望

本实验利用微波消解法处理样品，用分光光度法检测样品中的铝含量，进而通过调查问卷数据，评估德州市居民的铝暴露情况。通过常见市售食品的铝含量测定得出，蔬菜水果中的铝残留量较低，不超

过 60 mg/kg。此外,油条的平均铝含量为 161.25 mg/kg,馍片的平均铝含量为 118.94 mg/kg,海蜇的平均铝含量为 132.24 mg/kg,这些食品的铝残留量超过了《食品安全国家标准食品添加剂使用标准》规定的 100 mg/kg,铝含量超标,其原因可能是加工过程中为了让食品呈现良好的状态和口感,使用了含明矾的泡打粉等食品添加剂。同时,根据各类食品的贡献率可得,面制食品的贡献率达到了 80.92%。

此次德州市常见市售食品的铝残留量检测中,有 3 种食品铝残留量超标,合格率达 80%,建议有关部门扩大对食品安全的宣传,倡导人们重视饮食安全;加强含有添加剂食品的监督管理力度,让食品中的铝含量符合标准;对小型的食品加工作坊及摊位进行整改,规范从事食品行业人员的行为,保证食品质量达标,同时,建议消费者在健康饮食时,应多摄入蔬菜水果类食品,减少油炸食品、外卖食品的摄入,并且提倡使用传统加工方法制作面制食品[10]。让我们共同努力,使人们吃的放心、吃的健康。

基金项目

大学生创新创业训练计划项目 X202110448024。

参考文献

- [1] 程代,李想,刘敬民,等.食源性铝污染及其毒性研究进展[J].食品安全质量检测学报,2019,10(2):291-296.
- [2] 盛明纯.铝对人体健康影响的研究进展综述[J].安徽预防医学杂志,2006,12(1):46-48.
- [3] Aglar, F., Autrup, H., Barlow, S., *et al.* (2008) Safety of Aluminium from Dietary Intake Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials (AFC). *The EFSA Journal*, **754**, 1-34.
- [4] Listed, N.A. (1997) Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants: Forty-Ninth Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. *World Health Organ Technical Report*, **868**, 1-15.
- [5] 李泽国,延岩.面制食品中铝的测定及监测与污染状况分析[J].中国卫生检验杂志,2008,18(10):2064-2065.
- [6] 蒋琦,黄琼,梁旭霞,等.广东省居民面制食品中铝的暴露评估研究[J].中国食物与营养,2012,18(4):14-17.
- [7] 江虹,吴雯婧.南平市食品中铝污染情况调查[J].海峡预防医学杂志,2017,23(1):73-74.
- [8] 黄常刚,梁高道,谭慧.武汉市面制食品中铝污染现状及膳食暴露评估[J].食品安全质量检测学报,2018,9(24):6582-6585.
- [9] 孙健,张新东,余家麟,等.深圳市中小学校周边面制品铝污染状况[J].中国学校卫生,2017,38(12):1909-1910.
- [10] 周章轩,周珊,吴洪利.食品中铝的监测结果分析与控制措施[J].中国卫生检验杂志,2013,23(5):1286-1288.