

## 知识介绍

# 食品总 $\alpha$ 放射性的监测

诸 洪 达

(中国医学科学院放射医学研究所)

食品是环境放射性物质进入人体的一个重要途径,它是环境放射性监测的主要对象。食品中可能存在的 $\alpha$ 放射性核素有天然及人工两种来源:天然来源主要是三个天然放射系,人工来源主要是原子能设施释入环境的超铀元素污染。

### 一、总 $\alpha$ 放射性监测的意义

食品放射性监测大体有两类:一类是测定食品中某放射性核素(或元素)的含量,以食品中该放射性核素(或元素)的限制浓度来判定其可否食用。另一类是总 $\alpha$ 或总 $\beta$ 放射性的测量,一般要求简便易行、便于快速完成。当高于某特定值(在我国称为控制值)时,表明个别组成的放射性核素(或元素)含量可能超过限制浓度,应该进一步进行个别放射性核素(或元素)分析。 $\alpha$ 放射性核素中,天然放射性主要是 U、Th、Pa、Ra、Po 的同位素,超铀元素主要是 Pu、Am、Np 及 Cm 等的同位素,总计有 20 种左右。对所有待检食品全部进行这些 $\alpha$ 放射性核素含量分析不但非常麻烦,实际也是行不通的。对待检食品首先进行总放射性测量的必要性在放射性监测实践中已得到证实,尤其在港口商品检验这种时间性强的场合下更是必要。

目前,国内外对食品放射性限制浓度通常是按饮用水限制浓度值的 2.2 倍作为日限制摄入量来控制的。如按每天食用食品 1 公斤、每公斤食品相当于 10 克灰分粗略估算,对放射性污染成分未知的待测食品而言,为

了能控制要求最严格的放射性核素,总 $\alpha$ 放射性检验的最小可测出放射性比度不应高于  $1 \times 10^{11}$  居里/克灰。当然,对于可能污染的 $\alpha$ 放射性核素成分清楚的场合(如某种核设施的监测或某些 $\alpha$ 放射性的应用等),对灵敏度的要求可能放宽。

### 二、总 $\alpha$ 放射性监测方法现状

总 $\alpha$ 放射性监测方法分为样品灰不经化学分离直接测量和经化学分离后制样测量两种。前者快速简便,是国内应用最普遍的方法,但灵敏度不如后者高。化学分离可使 $\alpha$ 放射性核素浓集并与大量非放射性成分分离,能提高灵敏度。按测量手段区分,总 $\alpha$ 放射性测量又可分为: $\alpha$ 直接计数法、液体闪烁计数法、核乳胶径迹蚀刻法<sup>[1]</sup>及 $\alpha$ 谱仪测量法<sup>[2]</sup>等。 $\alpha$ 直接计数法尽管灵敏度较差,但由于快速易行,应用较广泛。液体闪烁计数法具有计数效率高的优点,但又有本底计数高、试剂贵、易受 $\beta$ 粒子干扰及食品常量组分‘猝灭’影响的缺点,一般与萃取分离结合较方便。核乳胶及径迹蚀刻法灵敏度高,但由于 $\alpha$ 粒子自吸收较大,也需初步化学分离、制成适当形式后才可提高灵敏度,目前对‘潜影’区分上的困难也限制了它的使用。

食品中可能污染的 $\alpha$ 放射性核素能量范围为 3.9—6.1 MeV。直接计数法、液体闪烁计数法及核乳胶径迹蚀刻法对总 $\alpha$ 放射性的测出值所根据的仪器响应是对所含不同能量 $\alpha$ 放射性的总响应。通常以某种 $\alpha$ 放射性核

素和某种食品灰基质制备的相对测量标准源肯定会引入较大误差。总  $\alpha$  放射性包括了对人毒性不同,因而限制量各不相同的  $\alpha$  放射性核素响应的总和。所以,以要求最严的  $\alpha$  放射性核素来控制是过严而且实际上是行不通的。 $\alpha$  能谱测量可以将不同能量的  $\alpha$  核素分别测出,也被用作总  $\alpha$  放射性测量方法<sup>[2,3]</sup>。这种方法缺点主要是样品制备困难,特别是薄层测量源的制备。

浓集方法多用共沉淀法和吸附载体法。国外报道,用硫酸钡共沉淀对几乎所有  $\alpha$  放射性核素可回收 99%<sup>[4,5]</sup>。国内曾报道,在 pH 约为 5 时,硫酸钡共沉淀结合偶氮胂 III 络合、活性炭吸附载体,对六种  $\alpha$  放射性元素回收率可达 95% 以上<sup>[6]</sup>。

总  $\alpha$  放射性直接测量原来多用 ZnS 闪烁计数器、正比计数管或电离室。近年来,固体探测器的应用大大降低了测量本底,从而提高了总  $\alpha$  放射性测定的灵敏度。采用  $\phi 30$  金硅面垒型探测器测量食品灰总  $\alpha$  放射性时本底计数率降为每小时 0.3 个计数,其最小可测量量约为  $4 \times 10^{-11}$  居里/公斤。国内曾有人用 Ag 活化的 ZnS 粉末与食品灰混合制样测量和采用  $\phi 50$  金硅面垒型探测器测量食品灰总  $\alpha$  放射性,其最小可测量量可分别下降到  $1.5 \times 10^{-11}$  居里/公斤和  $1.7 \times 10^{-13}$  居里/公斤左右。

### 三、对食品总 $\alpha$ 监测方法研究的展望

食品灰厚层相对测量总  $\alpha$  放射性的方法未包括化学浓集和分离,具有快速简便的优点。它对于排放  $\alpha$  放射性成分明确的核企业周围食品的监测仍不失为可取的初步监测指标。在选择测量标准源时应考虑可能存在的  $\alpha$  放射性核素,在卫生学评价时应依据可能污染的核素种类及历来监测资料。为了提高方法的灵敏度,有时需要采用初步浓集步骤。应选择对可能存在  $\alpha$  放射性核素都能完全或相近化学回收率进行浓集的处理方法,以便

进行化学回收率的校正。

不同种食品或产地不同的同种食品的总  $\alpha$  放射性中各种天然  $\alpha$  放射性核素的相对贡献是明显不同的,即总  $\alpha$  放射性与各别  $\alpha$  放射性核素含量间无相关关系。这可能与各种食品生物学特性、环境因素不同有关。而各种  $\alpha$  放射性核素的毒性及食品限制浓度也各不相同。食品检验中通常遇到的成分不明的  $\alpha$  放射性污染的初步监测,若仅测量食品中总  $\alpha$  计数率,而未分别测量  $\alpha$  核素的组成和含量,则很难对食品的放射性污染水平作出定量评价。这种情况势必使人们重视应用能区分能量的  $\alpha$  谱仪技术。看来,尽量以某些简便的浓集步骤将所有  $\alpha$  放射性核素定量浓集,以适当体系制备电镀源或利用喷涂于屏栅电离室的方法制备大面积薄层源,利用  $\alpha$  谱仪对各个  $\alpha$  能峰或各能量区间内的积分面积进行测量并制定相应的控制量标准或许是解决  $\alpha$  放射性污染初步监测的有前途的方向。

在浓集分离中关键在于对各种可能存在的  $\alpha$  放射性核素要有一定的回收率,才能对测量结果进行回收率校正。在通过电镀制样、 $\alpha$  谱仪测量的方法中,对于可能存在的  $\alpha$  放射性核素应寻求能定量沉积的电镀体系及条件,以便对各能量相应的能谱测定结果进行沉积校率校正。有关总  $\alpha$  放射性核素的电沉积已有系统论述<sup>[3]</sup>,但迄今尚未见将总  $\alpha$  放射性核素同时有效沉积的理想体系。即使化学性质相似的镉系元素电极电位也有明显差异。但有人认为,从有关体系转化、沉积率及沉积条件考虑,最有希望的体系是 HCl-NH<sub>4</sub>Cl,已用于水和尿中总  $\alpha$  放射性核素的测定。喷涂薄层源的厚度总是厚于电镀源,用  $\alpha$  谱仪测量时要注意能量的软化是否会对  $\alpha$  能谱测量结果产生影响。

综上所述,总  $\alpha$  放射性监测方法对于污染  $\alpha$  放射性核素明确的场合可采用灰样相对测量法监测,而对于污染成分不明的场合尚

(下转第 34 页)

表 1 北京市某地区地下水苯并 (c) 吡啶和苯并 (a) 吡啶的检测结果

编 号	样 品	苯并 (c) 吡啶 (μg/l)*			苯并 (a) 吡啶**		
		1	2	3	1	2	3
S <sub>1</sub>	机井水,深 46 米(对照点)	0.059	0.023	0.083	检 出	检 出	检 出
S <sub>2</sub>	机井自来水,深 70 米	0.360	0.049	0.090	检 出	检 出	检 出
S <sub>3</sub>	机井自来水,深 60--70 米	0.130	0.045	未检出	检 出	检 出	检 出
S <sub>4</sub>	手动压井水,深 12 米	0.039	0.010	未检出	检 出	检 出	检 出
S <sub>5</sub>	机井水,深 60--70 米	失误	0.015	0.102	失 误	检 出	检 出
S <sub>6</sub>	被污染的河水	0.069	0.056	0.133	检 出	检 出	检 出

\* 回收率为 65±3%.

\*\* 无苯并 (a) 吡啶标样,仅作定性检定.

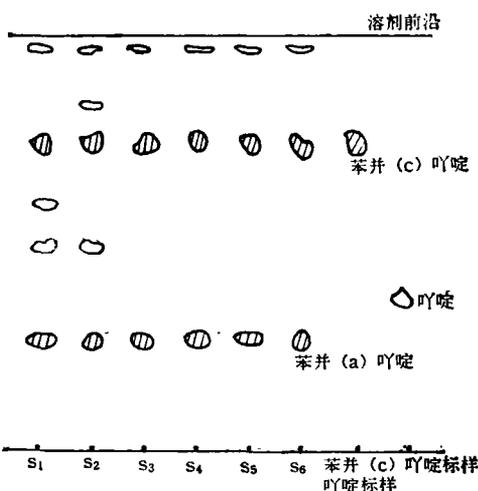


图 1 样品的薄层层析图

光谱一致。这就从三个方面确定了层析板中,上排斑点是苯并 (c) 吡啶,下排是苯并 (a) 吡啶。苯并 (c) 吡啶的发射、激发光谱图略。

### 2. 定量分析

将定溶的苯并 (c) 吡啶标样及样品测定

(上接第 69 页)

无完善的监测方法,只能对今后可能解决的途径进行一些讨论。

### 参 考 文 献

[1] 上海工业卫生研究所个人剂量组,核防护,2,30 (1978).

其荧光强度,并以 384nm 处的荧光强度,用常规法计算含量,实验结果见表 1。

表 1 为 6 个不同采样点 3 次的测定结果(每次采样间隔 15 天)。苯并 (a) 吡啶均被检出,苯并 (c) 吡啶的含量为 0.01—0.40 微克/升。

本文仅对水中含氮杂多环芳烃的测定作了初步探索,至于地下水为什么存在苯并 (c) 吡啶,苯并 (a) 吡啶以及方法的完善和改进,有待进一步研究。

### 参 考 文 献

[1] Van Duuren, B. L., *J. Natl. Cancer Inst.*, 25 (1), 53(1960).  
 [2] Sawicki, E. et al., *Anal. Chim. Acta*, 31(4), 359(1964).  
 [3] Sawicki, E. et al., *Int. J. Air Water Pollut.*, 9(9), 515(1965).  
 [4] Cantree, W. et al., *Atoms. Environ.*, 10(6), 447(1976).  
 [5] Dong, M. W. et al., *Environ. Sci. Technol.*, 11(6), 612—618(1977).

[2] Sill, C. M., *Health Phys.*, 17, 89(1969).  
 [3] Sill, C. M. et al., *Anal. Chem.*, 46(2), 1725 (1974).  
 [4] Keane, J. R. et al., *Health Phys.*, 9(5), 485 (1963).  
 [5] 王功鹏,国外医学参考资料放射医学分册,4,250 (1979).  
 [6] 刘书田,核技术,4,1(1980).