

# 表面增强拉曼光谱在食品中苯并芘检测的应用

## Application of Surface Enhanced Raman Spectroscopy in the Detection of Food Chemicals

◎丁亦男, 李蔚敏

(厦门出入境检验检疫局, 福建 厦门 361006)

Ding Yinan, Li Weimin

(Xiamen Entry-exit Inspection and Quarantine Bureau, Xiamen 361006, China)

**摘要:** 目前, 许多食品中都含有苯并芘, 而苯并芘对人体健康有巨大危害。传统的苯并芘检测方法无法快速检测出食品中的微量苯并芘。普通的拉曼光谱散射则信号较低、效应较弱且检测灵敏度较低, 而表面增强拉曼光谱可以从根本上解决以上不足。基于此, 对表面增强拉曼光谱在食品中苯并芘检测中的应用进行分析和研究。

**关键词:** 苯并芘; 拉曼光谱; 表面增强拉曼光谱; 食品检测

**Abstract:** At present, many foods contain benzo(a)pyrene, and has great harm to human health. The traditional detection methods of benzo(a)pyrene cannot detect trace benzo(a)pyrene in food. Ordinary Raman spectra has low signal, weak effect and low detection sensitivity, and the surface enhanced Raman spectroscopy can solve the above problems. Based on this, the application of surface enhanced Raman spectroscopy in the detection of benzo(a)pyrene in food was analyzed and researched.

**Key words:** Benzo(a)pyrene; Raman spectroscopy; Surface enhanced Raman spectroscopy; Food testing

中图分类号: TS207.3

苯并芘是一种很强的高活性间接致癌物, 可诱发皮肤病、心血管病、肺癌和消化道癌症等, 对人体健康危害极大。食物中的苯并芘主要来自有机物的燃烧, 高温烧烤、熏制食品, 包装材料用的石蜡, 以及食品加工机械用的润滑油中。苯并芘具有致癌、致畸和致突变等三大显著危害性。

传统的检测苯并芘的方法主要有荧光分析法、液相色谱-荧光检测法、气相色谱-质谱(GC-MS)法、酶联免疫分析方法(ELISA)等。现行的苯并芘的检测方法中, 必须经过样品预处理, 分离浓缩后才能检测出来, 无法满足快速检测食品中微量苯并芘。普通的拉曼光谱散射信号较低、效应较弱、检测灵敏度较低。为了解决以上不足, 该文提出将表面增强拉曼光谱应用于食品中苯并芘的检测。

## 1 拉曼光谱

### 1.1 拉曼光谱的基本原理

拉曼散射是分子对光子的一种非弹性散射效应, 光的频率在散射后会发生变化, 频率的变化决定于散射物质的特性。当用一定频率的激发光照射分子时, 一部分散射光的频率和入射光的频率相等, 该散射称为瑞利散射。还有一部分散射光的频率和激发光的频率不等, 这种散射成为拉曼散射。

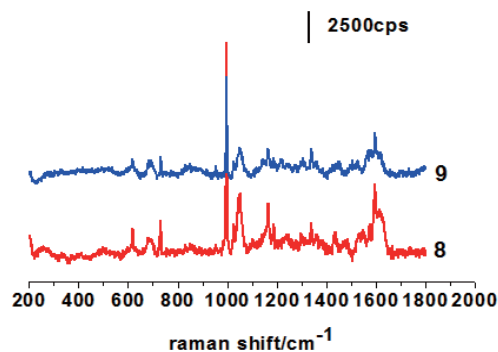
### 1.2 表面增强拉曼光谱的分析

在一些特殊制备的金属良导体表面或溶胶表面作用下, 材料的拉曼横截面可能增大  $10^7$  倍, 增大只发

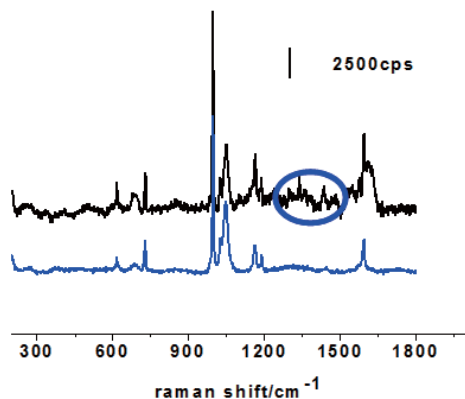
生在直接吸附在金属表面的物质, 吸附分析的拉曼散射信号比普通拉曼散射信号强度会增加  $10^4 \sim 10^7$  倍。这种具有表面选择性增强的效应称为表面增强拉曼散射。表面增强拉曼散射的机制尚未明了, 根据目前的研究可推断大致可分为两类: 电磁效应和化学效应。

## 2 表面增强拉曼光谱检测苯并芘

根据表面增强拉曼光谱的特点, 人们已把表面增强拉曼光谱应用于苯并芘等多环芳烃的检测中。在表面增强拉曼光谱检测苯并芘的试验中, 通过将 ZrPP 作为基底, 让苯并芘与基底的吸附能力得到加强, 得到苯并芘的 SERS 光谱, 如图 1 所示:



(a) SERS  $10^{-4}$  时的拉曼谱图样品与标准光谱的对比



(b)  $10^{-6}$  时的拉曼谱图

图 1 苯并芘的 SERS 光谱图

由图 1 可以看出, 图 1b 是 ZrPP 的标准峰, 图 1a 则是苯并芘 + ZrPP 的特征峰, 通过与空白基底 ZrPP 的拉曼谱进行对照, 在苯并芘的浓度为  $10^{-4}$ 、 $10^{-6}$  mol/L 下发现在  $1200 \sim 1600 \text{ cm}^{-1}$  区域内出现了新的特征峰, 也是由于苯并芘 + ZrPP 间的相互作用而产生的新峰, 从而证明了在苯并芘的存在, 并通过制备金纳米粒子滴加在 ZrPP 表面上大大提高了苯并芘的检测限为  $10^{-6}$  mol/L。

## 3 表面增强拉曼光谱在果皮中苯并芘检测的应用

在表面增强拉曼光谱在果皮中苯并芘检测的应用试验中, 通过在果皮表面先喷洒微量苯并芘, 然后用表面增强拉曼光谱进行检测。然后, 将果皮上擦拭下来的样品的 SERS 检测, 将其与苯并芘的标准拉曼光谱进行比较, 结果见图 2。

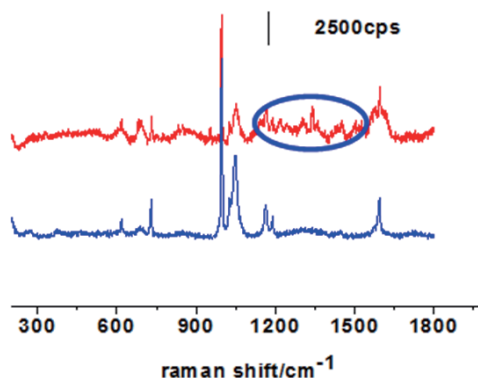


图 2 表面增强拉曼光谱与标准的对比图

通过图 2 可看出, 与空白作对比, 样品的光谱在  $1592 \text{ cm}^{-1}$  处出现, 但发生了偏移, 证实在该果皮样品中检测出苯并芘。

## 4 结语

该文采用表面增强拉曼光谱检测食品中的苯并芘, 能进行无损伤检测, 具有操作简便、快捷、信号较强、散射效应较强、检测灵敏度较高以及对专业知识要求不高等优点。但该种方法还有待继续研究, 比如基底对不同材料的吸附性能不同, 定量分析不够精确; 基底的稳定性和重现性控制较难等问题。但随着研究的深入和技术设备的不断进步, 食品中苯并芘的表面增强拉曼检测将会不断取得新突破。

### 参考文献:

- [1] 吴丹. 食品中苯并芘污染的危害性及其预防措施[J]. 食品工业科技, 2008, 29(5): 307-311.
- [2] 杨序纲, 吴琪琳. 拉曼光谱的分析与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008: 1-53.

作者简介: 丁亦男 (1988-), 陕西西安人, 本科, 助理工程师; 主要研究方向为进出口食品检验检疫。  
李蔚敏 (1989-), 福建华安人, 本科, 助理工程师; 主要研究方向为进出口食品检验检疫。