

## 离子色谱

# 筛查食品接触材料中的全氟和多氟烷基物质（PFAS）： 使用一种新的燃烧离子色谱系统进行总有机氟（TOF）分析

## 作者

Jingli Hu and Neil Rumachik

Thermo Fisher Scientific,  
Sunnyvale, CA, USA

## 关键词

Cindion, 燃烧离子色谱, Dionex  
Inuvion 离子色谱, Dionex IonPac  
AS24 色谱柱, 热裂解

## 前言

几十年来, 全氟和多氟烷基物质 (PFAS) 一直被有意添加到食品接触材料 (FCM) 中, 用于防油和防水。PFAS 具有高度的持久性、生物累积性和毒性。因此, PFAS 在 FCM 中的使用在其生命周期结束时引起了与人类直接接触和环境污染相关的重大问题。针对这些担忧, 尽管联邦政府尚未采取行动, 但是美国有 12 个州已经或将要立法禁止在食品包装中使用 PFAS。例如, 从 2023 年 1 月 1 日起, 加州禁止所有含有 PFAS 的植物纤维食品包装, 这些 PFAS 要么是有意添加, 要么是自身存在, 其总有机氟 (TOF) 含量超过百万分之一, 即 100 ppm。在 Thermo Scientific Application Note AN003644 中, 我们开发了一种使用燃烧离子色谱 (C-IC) 测量 FCM 中 TOF 的方法 1。本应用展示了使用增强型 C-IC 系统进行 FCM 中的 TOF 测定过程和结果。Thermo Scientific™ Cindion™ C-IC 系统结合了 Thermo Scientific™ Dionex™ Inuvion™ IC 系统, 带有免试剂离子色谱 (RFIC™) 和 Thermo Scientific™ Cindion™ 燃烧 / 吸收系统。该系统通过采用 Z 形折叠燃烧管在多点通入氧气来提高燃烧效率。因此, 燃烧管和燃烧炉更短, 燃烧次数更少。这也减少了空间占用, 节省了宝贵的工作台空间。此外, C-IC 系统由单一软件 Thermo Scientific™ Chromeleon™ 色谱数据系统 (CDS) 控制, 提高了数据处理和系统管理效率。

仪器方法

IC 条件

IC 系统：	Dionex Inuvion IC system ， Thermo Scientific™ Dionex™ AS-AP Autosampler
色谱柱：	Thermo Scientific™ Dionex™ IonPac™ AS24 Analytical Column （ 2 x 250 mm ） （ P/N 064153 ） Thermo Scientific™ Dionex™ IonPac™ AG24 Guard Column （ 2 x 50 mm ） （ P/N 064151 ）
淋洗液：	0-6 min, 8 mM KOH； 6-9 min, 8-75 mM KOH ； 9-12 min, 75 mM KOH； 12-20 min, 8 mM KOH
淋洗液来源：	Thermo Scientific™ Dionex™ EGC 500 KOH （ P/N 075778 ） Thermo Scientific™ Dionex™ CR-ATC 600 （ P/N 088662 ）
流速：	0.3 mL/min
进样体积：	25 µL
柱温：	30 °C
检测器：	Thermo Scientific™ Dionex™ ADRS 600 阴离子抑制器， 2 mm （ P/N 088667 ），自循环模式，抑制电流 56 mA
运行时间：	20 min

燃烧和吸收条件

燃烧系统：	Cindion 燃烧 / 吸收系统		
燃烧炉温度：	加热 1: 1050℃； 加热 2: 1050℃		
气体：	氧气（主）： 300 mL/min 氧气（涡轮）： 100 mL/min 氩气： 100 mL/min		
吸收溶液：	7 mL 去离子水		
样品舟运行程序：	位置 (mm)	等待时间 (s)	样品舟速度 (mm/s)
	75	60	3
	150	300	3

样品分析

本研究采用总氟（TF）减去总无机氟（TIF）的方法测定了 AN003644 中样品 S1-S3 的 TOF。TF 采用燃烧法测定，TIF 采用 Dionex AS-AP 自动进样器直接将水提样品注入离子色谱仪（IC）测定。技术文献 TN003853<sup>2</sup> 提供了 2 合 1 系统的详细设置说明，表 1 总结了三个样品的结果，图 1 给出了样品 #1 中 TF 和 TIF 的 IC 色谱图之一。

表 1. 食品接触材料中 TOF 的含量，ppm (µg/g) (n=3, RSD <8%)

样品	TF	TIF	TOF (TF-TIF)
1	1089	0.42	1088.6
2	1346	0.29	1345.7
3	2151	0.20	2150.8

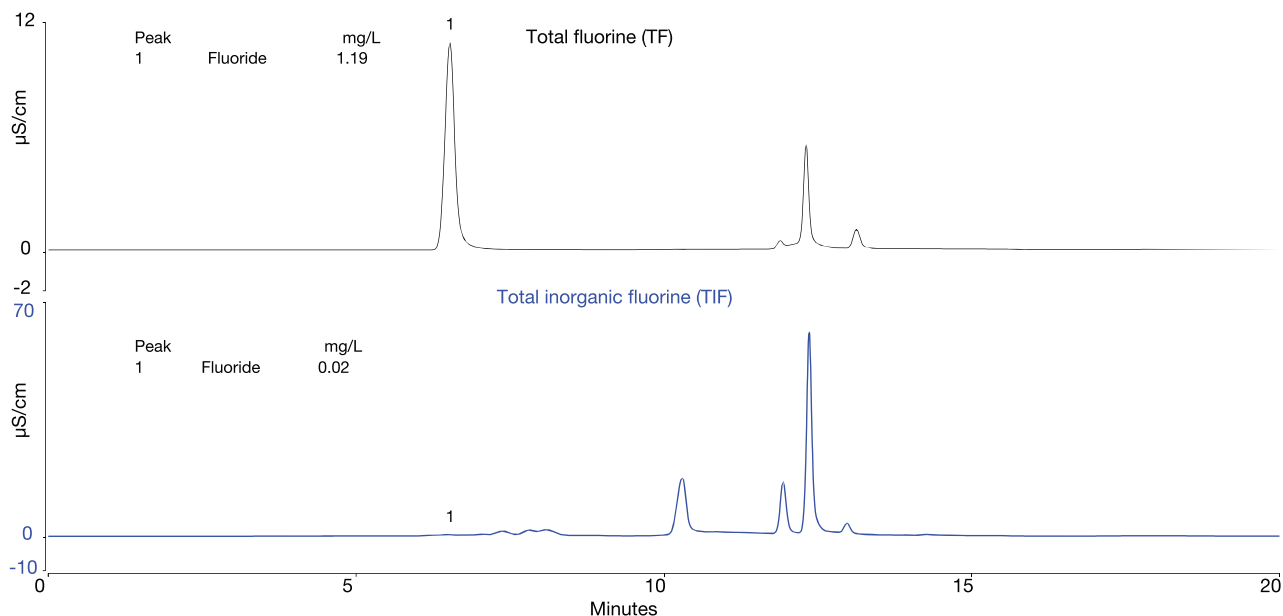


图 1. 样品 1 中的 TF 和 TIF（一次性纸盘）

## 结论

上述实验结果与 AN003644 中三个样品（S1-S3）的 TOF 检测值一致，为 AN003644 中 TOF 值的 98% 至 101%。在 AN003644 中，TIF 是通过 4 个外部进样通道直接进样，每 4 次分析后需要人工更换样品，且样本消耗量大。相比之下，新的 C-IC 系统提供了多功能的 2 合 1 配置，允许使用 Dionex AS-AP 自动进样器在 C-IC 和独立 IC 之间无缝切换。这种配置大大提高了效率和便利性。TOF 方法提供了一种有价值的工具，使制造商可遵守现行国家对食品接触材料中 PFAS 的规定。

## 参考文献

1. Jingli Hu, Richard Cochran, Cynthia Grim, Neil Rumachik (2025) AN003644: 全面筛查食品接触材料中的全氟烷基和多氟烷基物质 (PFAS)；使用燃烧离子色谱法进行总有机氟 (TOF) 分析, Thermo Fisher Scientific, Sunnyvale, CA, USA.
2. Jingli Hu, Neil Rumachik (2025) Technical Note TN003853: 配置 Thermo Scientific Cindion 燃烧离子色谱系统，实现二合一操作：在燃烧离子色谱和带有 AS-AP 自动进样器的独立离子色谱之间无缝切换；Thermo Fisher Scientific, Sunnyvale, CA, USA.



赛默飞  
官方微信



赛默飞色谱  
与质谱中国

热线 800 810 5118  
电话 400 650 5118  
[www.thermofisher.cn](http://www.thermofisher.cn)

**ThermoFisher**  
SCIENTIFIC