

# 傅里叶变换红外光谱仪对地沟油进行快速鉴别分析

## FTIR-027

**摘要：**地沟油 (Waste oil) 是一种通过收集泔水或者反复使用之后采用化学手段除色、除味而提炼的非食用油。这种油除不去对人体有害的物质，甚至带着大量细菌，对人体健康有较大危害。一般通过观察色泽，闻气味很难辨别。泔水油或深度油炸油中的油脂在加工过程中会发生高度氧化，酸败反应，产生比普通植物油酯更多的氧化产物，由于氧化物在红外上有特征峰，本文尝试采用红外光谱对食用油进行快速检定，判断其是否可能为地沟油。

**关键词：**傅里叶变换红外光谱仪 地沟油 快速鉴别

食品安全关系民生，国家也越来越重视食品的安全问题。目前，在我国出现的地沟油，就严重影响了国民的健康。地沟油是质量、卫生极差，过氧化值、酸价、水分、羰基价、丙二醛、黄曲霉素 B1 等指标严重超标的非食用油。与食用油相比，地沟油中的重金属、毒素（如丙烯醛、黄曲霉毒素）严重超标，过氧化值远远超过国家标准 0.15%，长期摄入会使细胞功能衰竭，诱发多种疾病，甚至致癌，因此地沟油严禁在食品中使用。

然而，仍有一些不法分子，为了谋利而不顾人们健康，用质量劣质，价格便宜的地沟油用于餐饮中。由于地沟油的成分比较复杂，其检测的特异性理化指标还处于研讨阶段，准确定性定量比较困难。目前，尚未定制检测地沟油的国家标准方法。文献中对地沟油检测的研究报道也不是非常多。

本文尝试用傅里叶变换光谱仪对食用油进行测试，鉴定其是否可能为地沟油。

## 实验部分

### 1.1 原理

泔水油或深度油炸油中的油脂在加工过程中会发生高度氧化，酸败反应，产生比普通植物油酯更多的氧化产物，由于氧化物的羰基在红外上有特征吸收峰，本文尝试采用红外光谱对食用油进行快速检定，判断其是否可能为地沟油。

### 1.2 仪器及测定条件

仪器：Shimadzu IRAffinity-1

附件：衰减全反射附件（ATR，ZnSe 晶体）

波长范围：4000 ~ 700  $\text{cm}^{-1}$

分辨率：4  $\text{cm}^{-1}$

扫描次数：20

切趾函数：Happ-Genz

### 1.3 测定应用实例

本文测试对 10 种油进行了红外测试。

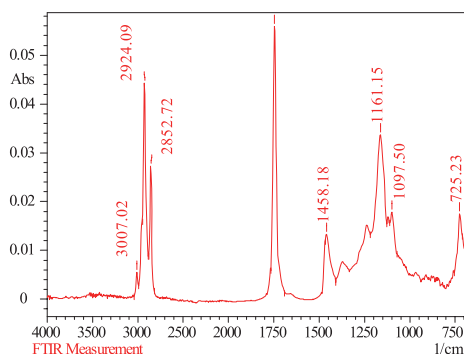


图 1 油 1 的红外光谱图

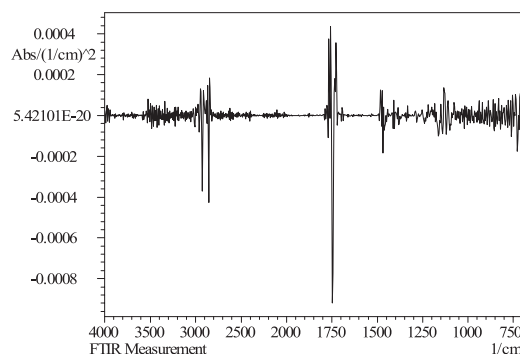


图 2 油 1 的红外二阶导数光谱图

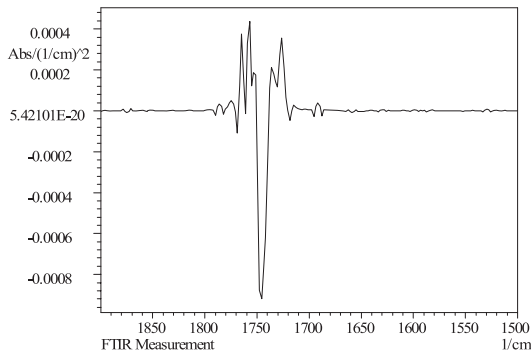


图 3 油 1 红外谱图二阶导数部分放大图

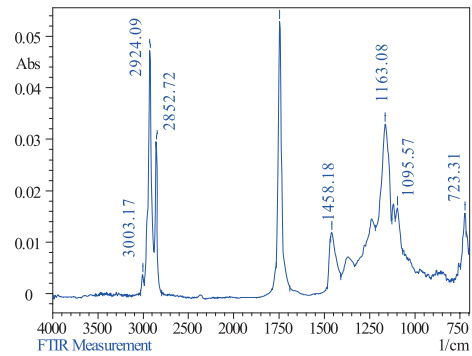


图 4 油 2 的红外光谱图

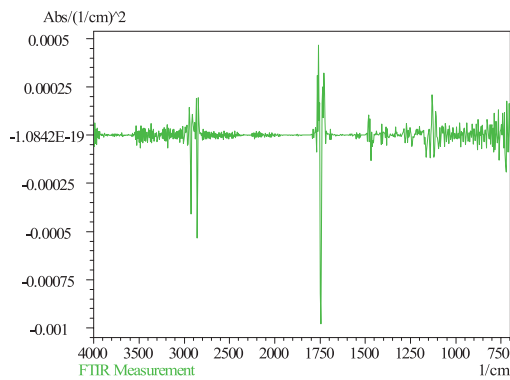


图 5 油 2 的红外二阶导数光谱图

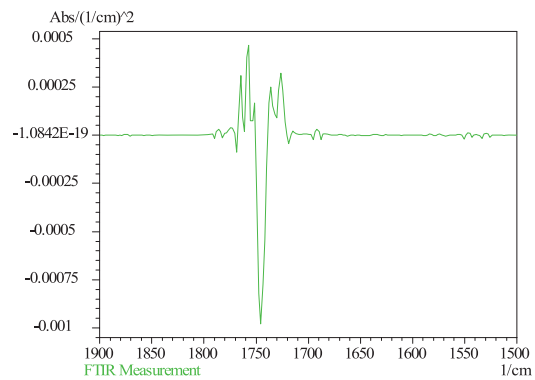


图 6 油 2 红外谱图二阶导数部分放大图

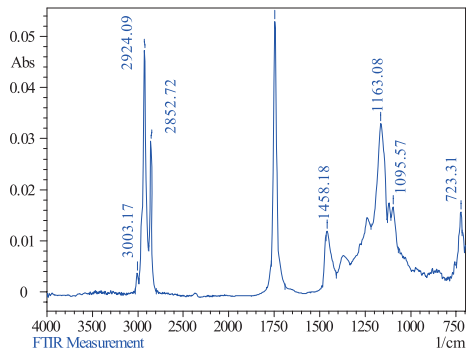


图 7 油 3 的红外光谱图

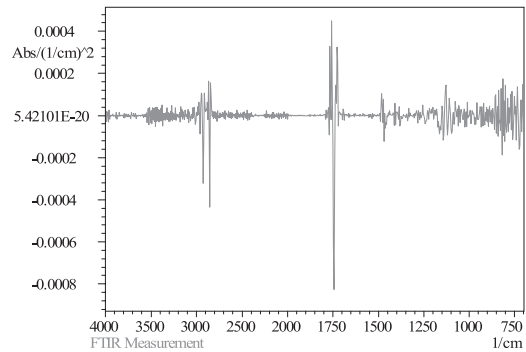


图 8 油 3 的红外二阶导数光谱图

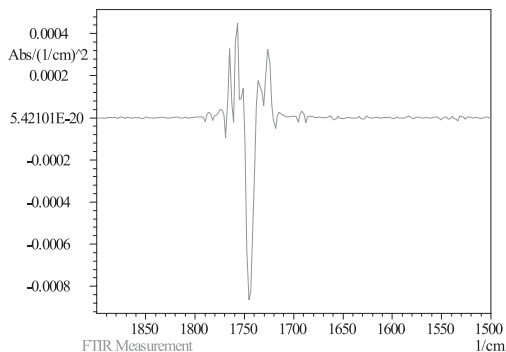


图 9 油 3 红外谱图二阶导数部分放大图

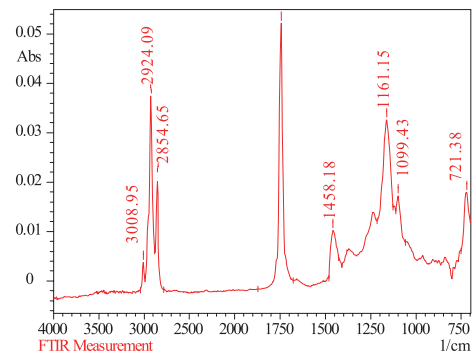


图 10 油 4 的红外光谱图

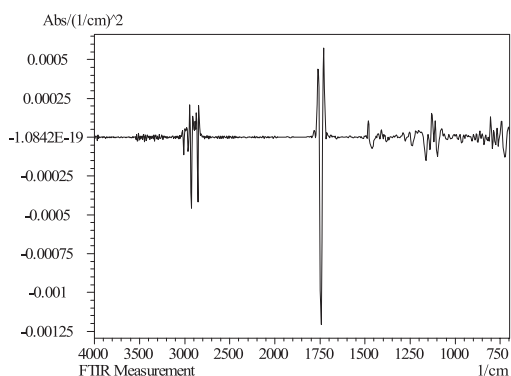


图 11 油 4 的红外二阶导数光谱图

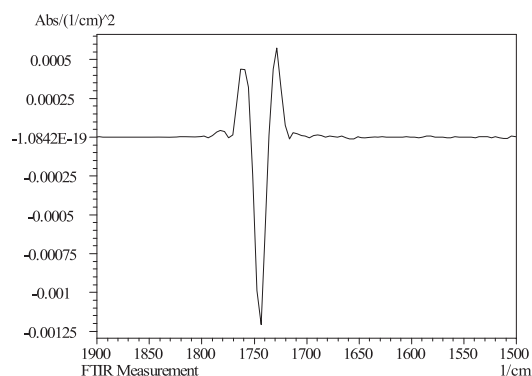


图 12 油 4 红外谱图二阶导数部分放大图

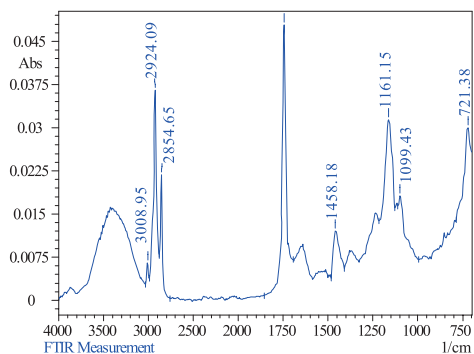


图 13 油 5 的红外光谱图

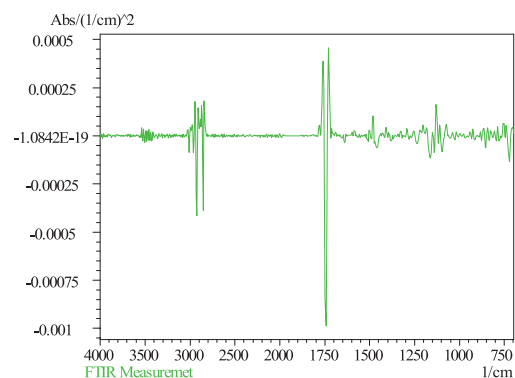


图 14 油 5 的红外二阶导数光谱图

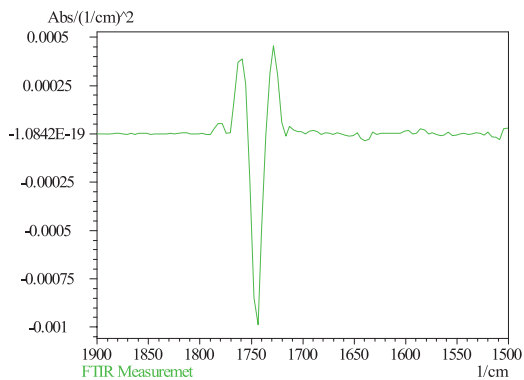


图 15 油 5 红外谱图二阶导数部分放大图

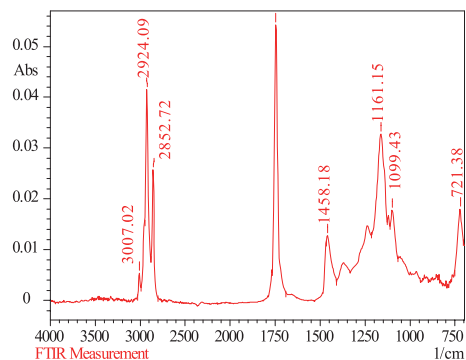


图 16 油 6 的红外光谱图

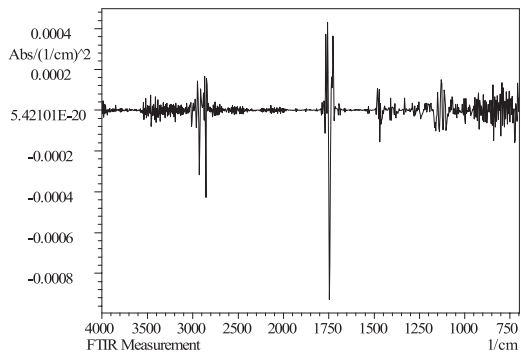


图 17 油 6 的红外二阶导数光谱图

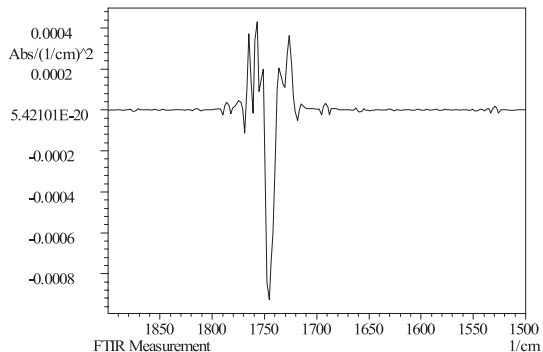


图 18 油 6 红外谱图二阶导数部分放大

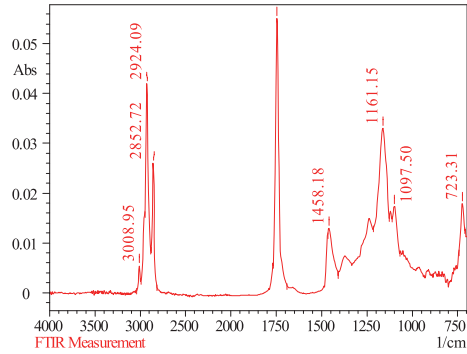


图 19 油 7 的红外光谱图

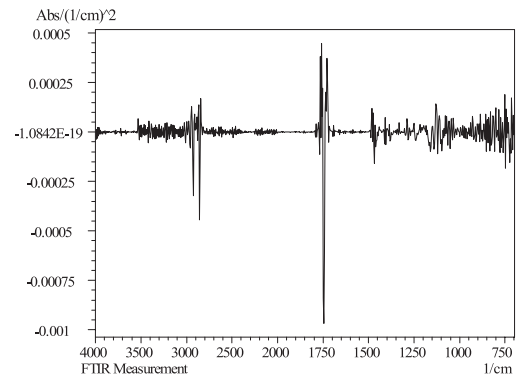


图 20 油 7 的红外二阶导数光谱图

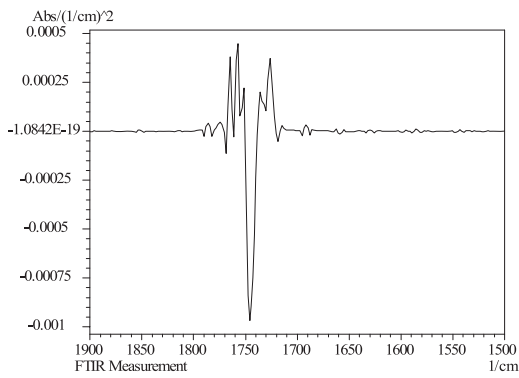


图 21 油 7 红外谱图二阶导数部分放大图

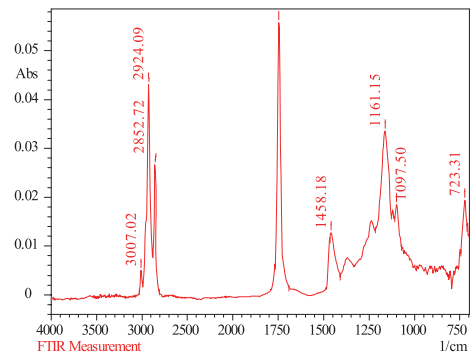


图 22 油 8 的红外光谱图

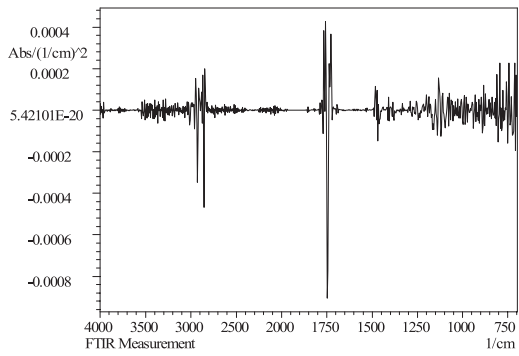


图 23 油 8 的红外二阶导数光谱图

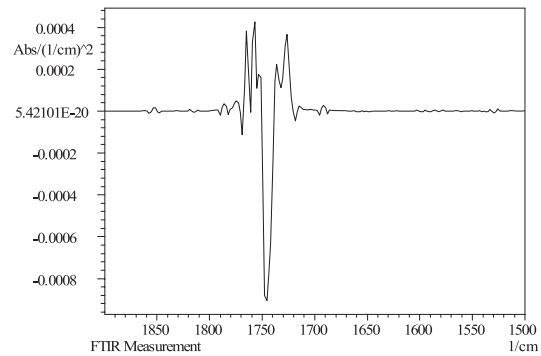


图 24 油 8 红外谱图二阶导数部分放大图

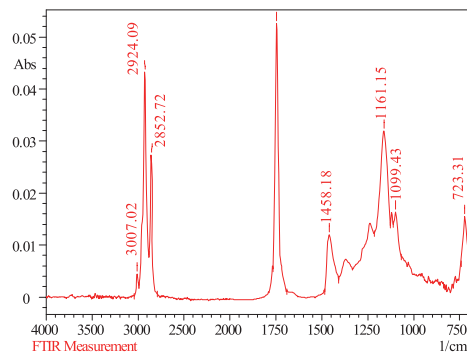


图 24 油 9 的红外光谱图

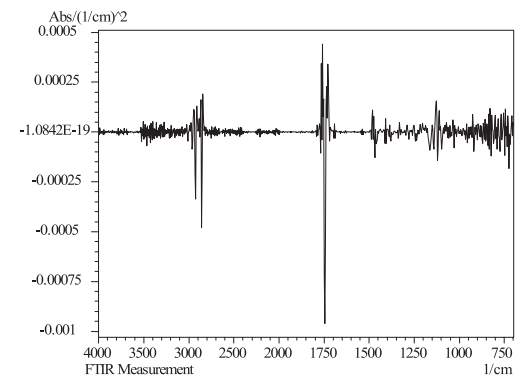


图 26 油 9 的红外二阶导数光谱

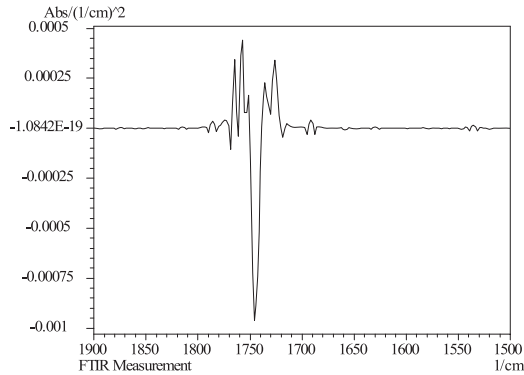


图 27 油 9 红外谱图二阶导数部分放大图

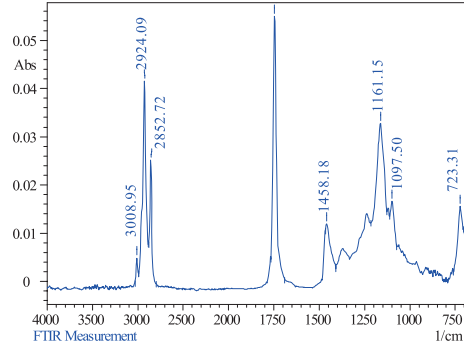


图 28 油 10 的红外光谱图

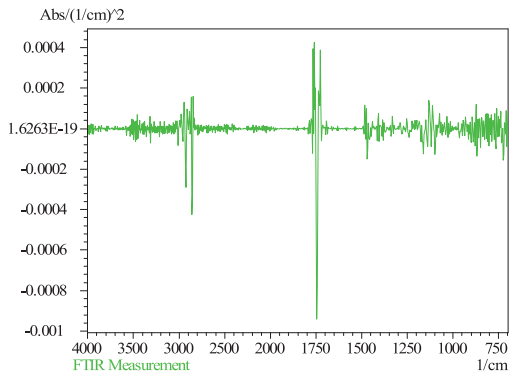


图 29 油 10 的红外二阶导数光谱图

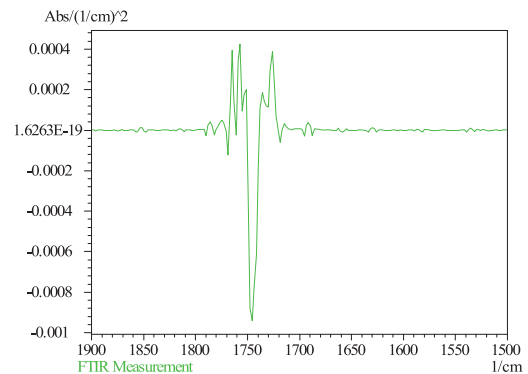


图 30 油 10 红外谱图二阶导数部分放大

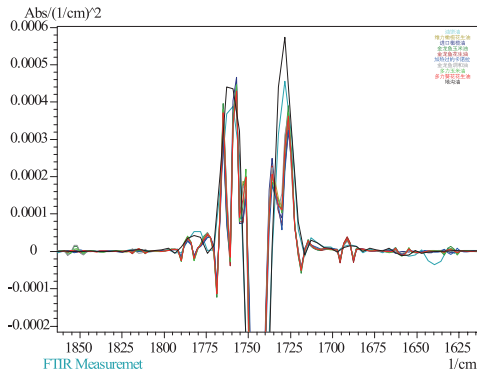


图 31 10 种油红外谱图二阶导数部分放大图重叠图

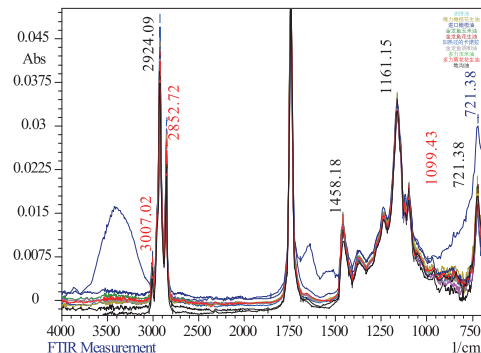


图 32 10 种油红外谱图重叠图

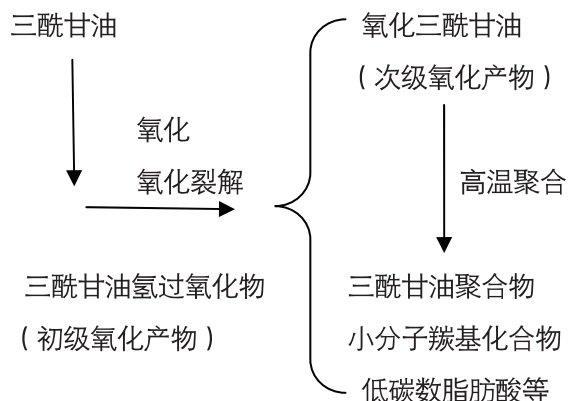
## 分析结果

采用红外光谱测定的不同品牌食用油的红外光谱图比较相似,在  $3008\text{ cm}^{-1}$  ( 不饱和脂肪酸的  $=\text{C}-\text{H}$  ),  $2922\text{ cm}^{-1}$  ( 亚甲基 ),  $2853\text{ cm}^{-1}$  ( 亚甲基 ),  $1744\text{ cm}^{-1}$  ( 酯的  $\text{C}=\text{O}$  ),  $1460\text{ cm}^{-1}$  ( 亚甲基 ),  $1377\text{ cm}^{-1}$  (  $-\text{CH}_3$  ),  $1159\text{ cm}^{-1}$  ( 酯的  $=\text{C}-\text{O}-\text{C}$  ),  $1097\text{ cm}^{-1}$  ( 酯的  $=\text{C}-\text{O}-\text{C}$  ),  $721\text{ cm}^{-1}$  ( 亚甲基 ) 附近都具有相似的红外吸收峰。5# 油的红外谱图上在  $3400\text{ cm}^{-1}$  和  $1639\text{ cm}^{-1}$  处有两个明显的吸收峰,判断  $3400\text{ cm}^{-1}$  是水的羟基峰,  $1639\text{ cm}^{-1}$  是羰基峰,可能是反复使用带入的水分,以及反复高温油炸引入的羰基。

使用分辨率更高的二阶导数谱图分析市售食用油样品，对部分区域进行放大，由导数光谱可见，在 $1850\sim 700\text{ cm}^{-1}$ 内，各种油脂都含有 $1744\text{ cm}^{-1}$ 和 $721\text{ cm}^{-1}$ 的特征峰，同时在 $1300\sim 1000\text{ cm}^{-1}$ 附件呈现明显的多重峰，是酯基中C-O单键伸缩振动峰，有相当的特征，一般碳氧单键伸缩振动比羰基峰宽大，强度相似。在红外光谱二阶导数中，有8种油（超市购买食用油）在 $1718\text{ cm}^{-1}$ 处有个小峰，有2种油（油4和油5，分别是地沟油和反复油炸使用的油）在 $1716\text{ cm}^{-1}$ 处有个小峰，属于羰基的振动。油4和油5这2种油的二阶红外谱图与其余8种明显不同。

因为地沟油是二次油，经过高温、或空气接触、或者光照、或与食物中水分作用，食用油脂遭受到较高级别的氧化、水解、缩合等复杂反应。食用植物油脂主要成分是三酰甘油，尤其是不饱和的三酰甘油，极易氧化成氧化三酰甘油。氧化三酰甘油性质比较活泼，在特定

条件下（如高温、有氧等），氧化三酰甘油之间会进一步发生聚合反应，形成三酰甘油聚合物。氧化过程可能如下：



这些小分子的羰基化合物可能是不饱和的醛、酮等物质。这些醛、酮物质由于不受氧原子吸电子的诱导效应影响，羰基峰向低波数方向位移。

## 结论

本文利用红外光谱和二阶导数光谱分析超市购买食用油、所谓地沟油以及反复油炸使用的油的红外谱图，通过对比各类油谱图特征，发现油5（反复油炸使用的油）的红外谱图上在 $3400\text{ cm}^{-1}$ 和 $1639\text{ cm}^{-1}$ 处有两个明显的峰，油5的红外谱图上在 $3400\text{ cm}^{-1}$ 和 $1639\text{ cm}^{-1}$ 处有两个明显的吸收峰，判断 $3400\text{ cm}^{-1}$ 是水的羟基峰， $1639\text{ cm}^{-1}$ 是羰基峰，可能是地沟油。因为地沟油经过回收或者反复使用后会引入水分，地沟油氧化酸败还会产生一系列的醛、酮等物质，使得 $\nu(\text{C}=\text{O})$ 不受氧原子吸电子诱导效应的影响，向低波数方向移动的结果。油4的二阶导数光谱和油5相似，与其余8种不同，此外，油4在 $1716\text{ cm}^{-1}$ 有个小峰不同于其余8种超市购买的油，判断可能也是地沟油，但是因为判断依据不明确，所以需要辅助其它辅助手段一起来确定。

通过红外光谱技术可以为鉴定食用油是否为地沟油提供一定的依据。但是由于地沟油成分的复杂性，需要通过其他检测技术共同分析来确定其是否确实为地沟油。

本文感谢北京林业大学生物科学与技术学院食品科学与工程系提供技术参考。