

## 運用微胞電動力層析法搭配線上濃縮採用分段填充十二烷基硫酸鈉分析橄欖油中的酚酸化合物

陳宜哲、胡焯淳、邱泰嘉

### 摘要

本研究開發一種簡單且有效的毛細管電泳搭配分段填充十二烷基硫酸鈉 (sodium dodecyl sulfate, SDS) 的濃縮方法，並利用含十二烷基硫酸鈉及聚環氧乙烷的緩衝溶液，進行六種酚酸化合物（芥子酸、阿魏酸、鄰香豆酸、對香豆酸、香草酸、對羥基苯甲酸）的分析。本實驗分別探討前端十二烷基硫酸鈉濃度、前端進樣時間、樣進樣時間、四硼酸鈉緩衝溶液的濃度、十二烷基硫酸鈉濃度及聚環氧乙烷濃度。最佳分離條件為使用內徑 75  $\mu\text{m}$ ，外徑 365  $\mu\text{m}$ ，全長 60 cm，有效長度 50 cm 之毛細管，填充背景電解質為 20 mM 四硼酸鈉緩衝溶液 (pH 9.3)，含 10 mM 十二烷基硫酸鈉與 0.05% (g/mL) 聚環氧乙烷，外加電壓 +15 kV，偵測波長設定在 230 nm，進行毛細管電泳實驗。在最佳分離條件下，偵測極限 (limit of detection, LOD) 介在 0.092~0.130 ppm，線性範圍介在 0.15~2.0 ppm，六支分析物相關係數大於 0.99 且在 10 分鐘內完成分離，此方法可有效測定市售橄欖油所含酚酸化合物。

**關鍵詞：**微胞電動力層析法、線上濃縮、橄欖油、酚酸

---

陳宜哲，國立臺東大學應用科學系學生。E-mail: kenchan199608@gmail.com

胡焯淳，國立臺東大學應用科學系教授。E-mail: cchu@nttu.edu.tw

邱泰嘉(通訊作者)，國立臺東大學應用科學系教授。E-mail: tcchiu@nttu.edu.tw

## **On-line concentration and separation of phenolic compounds in olive oil by micellar electrokinetic chromatography with segmental filling a sodium dodecyl sulfate solution**

Yi-Zhe Chen, Cho-Chun Hu, Tai-Chia Chiu

### **Abstract**

In this study, a simple and effective on-line concentration method for determining six phenolic compounds (sinapic acid, ferulic acid, o-coumaric acid, p-coumaric acid, vanillic acid, and p-hydroxybenzoic acid) using micellar electrokinetic chromatography with segmental filling a sodium dodecyl sulfate (SDS) solution was developed. The experimental conditions such as SDS concentrations of the filling solution and the buffer solution, the injection time of the filling solution, and the concentration of tetraborate buffer and polyethylene oxide (PEO) were investigated. The optimal conditions were performed that using a 60-cm capillary (50-cm in effective length), the background electrolyte containing 20 mM tetraborate (pH 9.3), 10 mM SDS, and 0.05% PEO. Prior to sample injection (90 sec), a SDS solution (120 mM) was injection for 40 sec at 20-cm height. The applied voltage was set at 15 kV and the detection wavelength was set at 230 nm. Under the optimal conditions, the separation was completed within 10 min. The linear range of the analytes was ranging from 0.15 to 2.0 ppm ( $R^2 > 0.99$ ) with LODs ranging from 0.309 to 0.429 ppm. The proposed method has successfully applied to determinate the phenolic compounds in olive oils.

**Keywords:** micellar electrokinetic chromatography, on-line concentration, olive oil, phenolic compounds

---

Yi-Zhe Chen, Student, Department of Applied Science, National Taitung University. E-mail:

kenchan199608@gmail.com

Cho-Chun Hu, Professor, Department of Applied Science, National Taitung University. E-mail:

cchu@nttu.edu.tw

Tai-Chia Chiu (Corresponding Author), Professor, Department of Applied Science, National Taitung

University. E-mail: tcchiu@nttu.edu.tw

## 壹、前言

近年來台灣食品安全與飲食健康的注重成為國人重要的議題，而酚酸化合物具有消炎、抗氧化、降低心血管疾病與癌症發生機率等效用。本研究目的在於開發微胞電動力毛細管電泳搭配線上濃縮分析技術，希望能以高靈敏度、高解析度、分離時間短、樣品用量少等優點來取代傳統分析方法。橄欖油因基質影響嚴重，且非水溶性，在分析上容易出現嚴重干擾與無法偵測，所以希望利用微胞搭配線上濃縮技術及簡單前處理方式，提高酚酸化合物偵測的準確度，達到準確分析的目的。

## 貳、文獻回顧

2012 年，Saad 的團隊通過液-液微萃取搭配毛細管電泳法對橄欖油中的阿魏酸、香草酸、對香豆酸以及十種酚酸化合物的靈敏分析(Bakar, Makahlen, & Saad, 2012)。實驗最佳化條件為波長 200 nm，電壓+ 30 kV，毛細管為 40 cm × 50 μm id；進樣 4 秒 (50 mbar)；緩衝溶液為 25 mM TB (pH 9.15)、5% (v/v) 甲醇。R<sup>2</sup> 皆大於 0.992，回收率在 80.1~119.5% 之間，RSD 皆小於 7.83%。成功在橄欖油中以液-液微萃取及紫外線偵測出酚酸化合物，此方法可簡化複雜前處理與快速分析酚酸化合物。

2012 年，Núñez 團隊藉由毛細管電泳偵測葡萄酒中芥子酸、阿魏酸、對香豆酸、香草酸、對羥基苯甲酸以及 15 種酚酸化合物(Franquet-Griell, Checa, Núñez, Saurina, Hernández-Cassou, & Puignou, 2012)。實驗最佳化條件為波長 280 nm，電壓+25 kV，毛細管為 50 cm × 75 μm id；緩衝溶液為 30 mM 四硼酸鈉溶液(pH 9.2)，含有 5% 異丙醇；進樣 10 秒(3.5 kpa)。同日間 RSD 皆小於 6.5%，異日間 RSD 皆小於 15.7%，R<sup>2</sup> 皆大於 0.99，LOD 介於 0.3~2.6 mg/L，LOQ 介於 1~8.1 mg/L，方法可檢測西班牙市售 49 種葡萄酒中酚酸化合物的含量。

2012 年，Boyce 團隊藉由通過大體積進樣進行在線濃縮搭配毛細管電泳偵測甘藍中黃酮類化合物(山奈酚、槲皮素)及酚酸類化合物(咖啡酸、阿魏酸、對香豆酸、芥子酸) (Lee, Boyce, & Breadmore, 2012)。實驗最佳條件為波長 320 nm 與 360 nm，電壓 +30 kV，毛細管為 77 cm × 50 μm id；緩衝溶液為含 10 mM 硼酸 (pH 8.4)；進樣 5 分鐘(50 mbar)。同日間波峰高度、波峰面積和遷移時間的 RSD 值分別介於 3.91~6.20%、2.15~2.81% 和 0.84~1.84%；異日間波峰高度、波峰面積和遷移時間的 RSD 值分別介於 9.02~14.36%、2.72~4.81% 和 2.86~4.04%。回收率介於 93~109%， $R^2$  皆大於 0.99，LOD 介於 0.6~0.9 mg/kg，LOQ 介於 2.1~3.1 mg/kg，此方法可減少有機溶劑消耗及快速偵測甘藍中黃酮類化合物及酚酸類化合物，可望成為替代 HPLC 的分析方法。

2013 年，Culzoni 團隊利用非水性毛細管電泳偵測橄欖油中的酚酸(對香豆酸、咖啡酸、阿魏酸、3,4-二羥基苯甲酸、香草酸、對羥基苯甲酸) (Godoy-Caballero, Culzoni, Galeano-Díaz, & Acedo-Valenzuela, 2013)。最佳實驗條件:偵測波長為 200~400 nm、電壓+20 kV、毛細管為 49 cm × 75 μm id、緩衝溶液為 25 mM 硼酸(pH 11.2) 含 18 mM 氫氧化鉀皆溶解在 74:26 (v:v)丙醇-甲醇中，進樣 6 秒(30 mbar)。其 LOD 介於 0.4~0.9 mg/L，LOQ 介在 1~3 mg/L， $R^2$  介在 0.986~0.998 之間，回收率介在 88.5~106.5%。本實驗利用非水性毛細管電泳搭配 MCR-ALS 演算法與一般化學計量學的電泳法相比有更短的計算總時間來增強電泳分辨率。

2015 年，Gatea 團隊利用微胞電動力層析法偵測蜂膠與牛至所含芥子酸、阿魏酸、對香豆酸及 17 種酚酸化合物(Gatea, Teodor, Matei, Badea, & Radu, 2015)。最佳實驗條件:偵測波長 280 nm、電壓+30 kV、毛細管為 72 cm × 50 μm id、緩衝溶液為 45 mM 四硼酸鈉溶液含有 0.9 mM 十二烷基硫酸鈉。同日內 RSD 皆低於 4.68%，異日間 RSD 皆低於 5.07%，LOD 介於 0.02~1.75 μg/mL，LOQ 介於 0.07~5.77 μg/mL，蜂膠回收率介於 85~111%，牛至回收率介於 87.4~114.2%，此方法分析快速、多功能、簡便、樣品消耗低是一良好替代 HPLC 偵測蜂膠及牛至所含酚酸化合物的分析方法。

## 參、材料與方法

### (一) 藥品與溶劑

實驗中所使用的標準品芥子酸 (sinapic acid, 1)、四硼酸鈉 (sodium tetraborate)購自 ACROS。鄰香豆酸 (o-coumaric acid, 3)、對香豆酸 (p-coumaric, 4)、香草酸 (vanillic acid, 5)、對羥基苯甲酸 (p-hydroxybenzoic, 6)皆購自 TCI。阿魏酸 (ferulic acid, 2)、十二烷基硫酸鈉 (sodium dodecyl sulfate, SDS)、poly(ethylene oxide) (PEO) 購自 Sigma-Aldrich。乙醇 (ethanol) 購自島久試藥，超純水是由美國Barnstead公司出產之超純水系統 (Barnstead Nanopure Ultrafiltration unit) 所製造，電阻值皆大於18.2 MΩ/cm。

### (二) 標準品與緩衝溶液配製

緩衝溶液使用四硼酸鈉調配而成，首先將四硼酸鈉配置成 50 mM 不須調整 pH 值，十二烷基硫酸鈉溶於超純水中 200 mM 作為母液，再依所需濃度與緩衝溶液混合，聚環氧乙烷依體積比加入緩衝溶液中，以磁石攪拌至少八小時。芥子酸、阿魏酸、鄰香豆酸、對香豆酸皆溶於超純水中，母液的濃度皆為 10 mg/mL，並配製於褐色離心管中，保存於溫度為 4°C 的冰箱內。實驗時以超純水稀釋至 1 µg/mL，即可上機偵測。

### (三) 真實樣品之前處理與配製

橄欖油中的基質干擾會使分析物不容易被偵測到，為了減少基質的干擾，參考 Rivas 所使用的萃取方法並改良(Rivas, Sanchez-Ortiz, Jimenez, García-Moyano, & Lorenzo, 2013)，方法如下：

取市售橄欖油 5 g 與 5 mL 80% (v/v)酒精混合，超聲波震盪 15 分鐘，再以 5000 rpm 離心 25 分鐘後，取上清液進行過膜(0.22 µm)去除雜質，過膜後樣品保存於-20°C 冰箱中，實驗時取 80 µL 樣品與 20 µL 超純水混合稀釋即可上機偵測。

#### (四) 毛細管電泳實驗流程

新毛細管進行實驗之前，先以 0.5 M NaOH 注射 10 秒，再以 +1.4 kV 電流進行 2 小時活化，即可進行實驗。實驗前注射緩衝溶液 10 秒，以虹吸的方式進樣，進樣高度差皆為 20 公分，先進樣前端溶液 40 秒再進樣樣品 90 秒，最後將毛細管快速放入緩衝溶液中，以 +15 kV 電壓進行分離。最後使用 0.5 M NaOH 清洗 20 分鐘，再注射緩衝溶液 10 秒，即可進行下次的實驗。每日實驗結束後，先使用 0.5 M NaOH 清洗 20 分鐘，再注射 10 秒超純水，並將毛細管兩端浸泡在超純水中保存。

#### (五) 線上濃縮機制

本篇分離機制如圖一，首先注射含有 SDS 的背景電解質，接下來以虹吸現象的方式進樣前端溶液 40 秒，再進樣樣品 90 秒(圖 1 a)。進樣完畢後，將注射端迅速放入含有 SDS 及 PEO(結構如圖 2)的背景電解質中，開啟高電壓(+15 kV)，因前端溶液主要為負電會受正極吸引分析物會與 SDS 形成微胞且遷移方 EOF 相反以及含有 PEO 的背景電解質具高分子孔洞，利用速度快的介質進入速度慢的介質使分析物滯留時間延長，進而達到濃縮效果(圖 1 b)，之後會根據分析物的分配係數決定遷移順序，且電滲流受負極吸引效果大於 SDS 微胞，所以最後分析物還是會被帶往偵測端進行偵測(圖 1 c)。

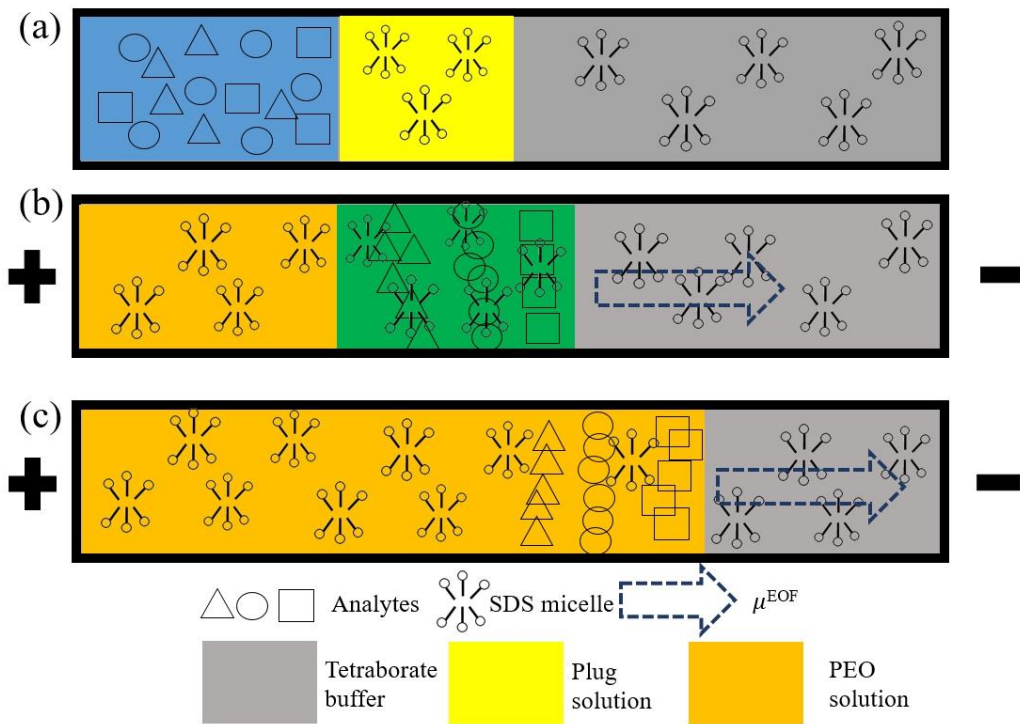


圖 1 線上濃縮機制。(a)毛細管內填充含有 SDS 的四硼酸鈉緩衝溶液，接著進樣含有高濃度 SDS 水溶液，最後進樣目標分析物，(b)通電後目標分析物由 EOF 推動後會與高濃度 SDS 水溶液混合進行第一次分離與濃縮，(c)最後後方含有 PEO 及 SDS 的緩衝溶液會與目標分析物混合進行第二次濃縮及分離，最後前往偵測端偵測。

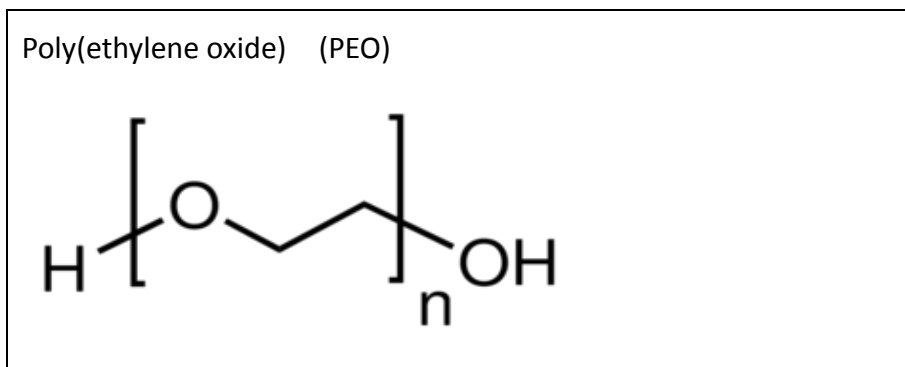


圖 2 PEO 化學結構圖

## 肆、結果與討論

### (一) 前端 SDS 濃度於對分離效果之影響

在本實驗中，固定四硼酸鈉緩衝溶液的濃度為 20 mM，內含 10 mM 的 SDS，電壓設定為+15 kV、波長 230 nm，進行實驗。在分析過程中，利用前端與緩衝溶液中所含不同濃度 SDS 造成濃度差進而影響分析物遷移速度達到分離與濃縮效果。本實驗探討注射不同濃度 SDS 觀察其濃縮效果，選擇 0 mM 到 200 mM；在 0 mM 可以發現因分析物遷移速度過快造成分離及濃縮效果不佳，隨濃度上升分離效果及濃縮效果也有所提升，在 160 mM 以上會因溶液中 SDS 濃度太高，易產生氣泡(圖 3)和焦耳熱，進而影響分析物的分離，最後選擇 120 mM SDS 為最佳化濃度。

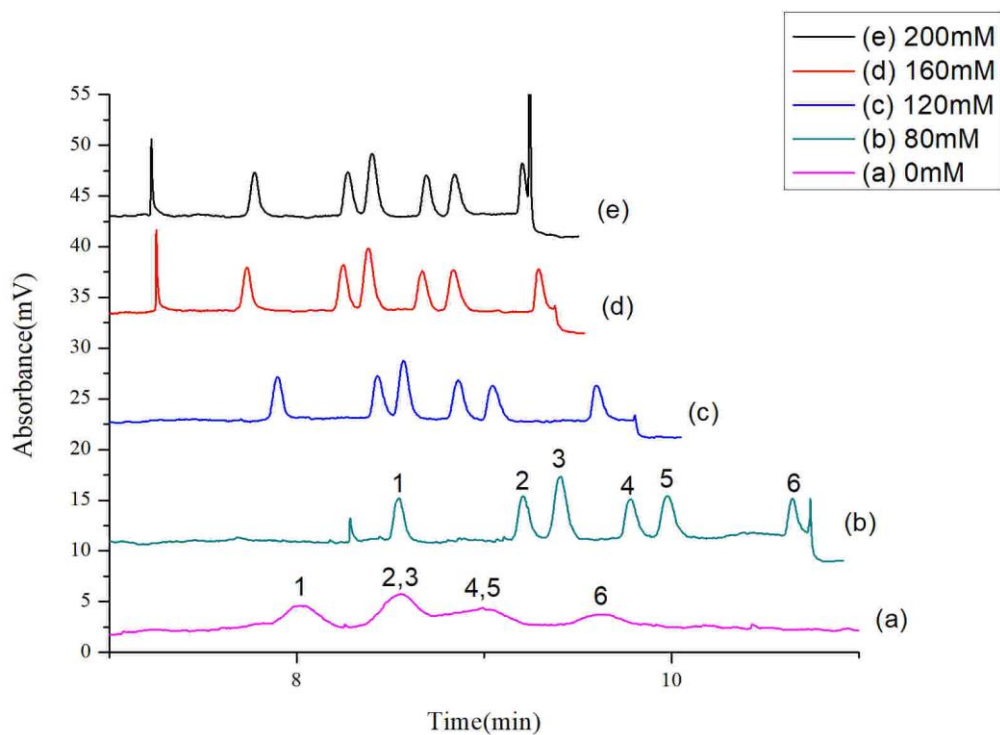


圖 3 前端進樣不同濃度的 SDS 於對分離效果之影響。前端溶液中 SDS 濃度分別為：(a) 0 mM；(b) 80 mM；(c) 120 mM；(d) 160 mM；(e) 200 mM。分析物訊號，1：芥子酸；2：阿魏酸；3：鄰香豆酸；4：對香豆酸；5：香草酸；6：對羥基苯甲酸。實驗條件：20 mM 四硼酸鈉緩衝溶液(pH 9.2)含有 0.05% PEO 與 10 mM SDS，分離電壓



+15 kV。

## (二) 前端 SDS 溶液進樣時間長短對分離效果之影響

分析物會與 SDS 形成的微胞作用，SDS 為陰離子界面活性劑，在毛細管中遷移方向與電滲流相反，而當分析物觸碰到高濃度 SDS 時會減慢遷移速率藉此達到濃縮的效果；本實驗探討進樣不同時間前端溶液濃縮效果，在 20 公分高度差以流體動力學注入毛細管，探討注射 0 秒至 80 秒，在 0 秒時發現無濃縮效果無法有效偵測，隨進樣時間上升進樣 SDS 體積增加濃縮效果也增強，80 秒時第六樣分析物開始與基線合併影響分析(圖 4)，40 秒與 60 秒濃縮效果及偵測效率相近，考量進樣時間與分析時間最終選擇 40 秒為前端進樣時間。

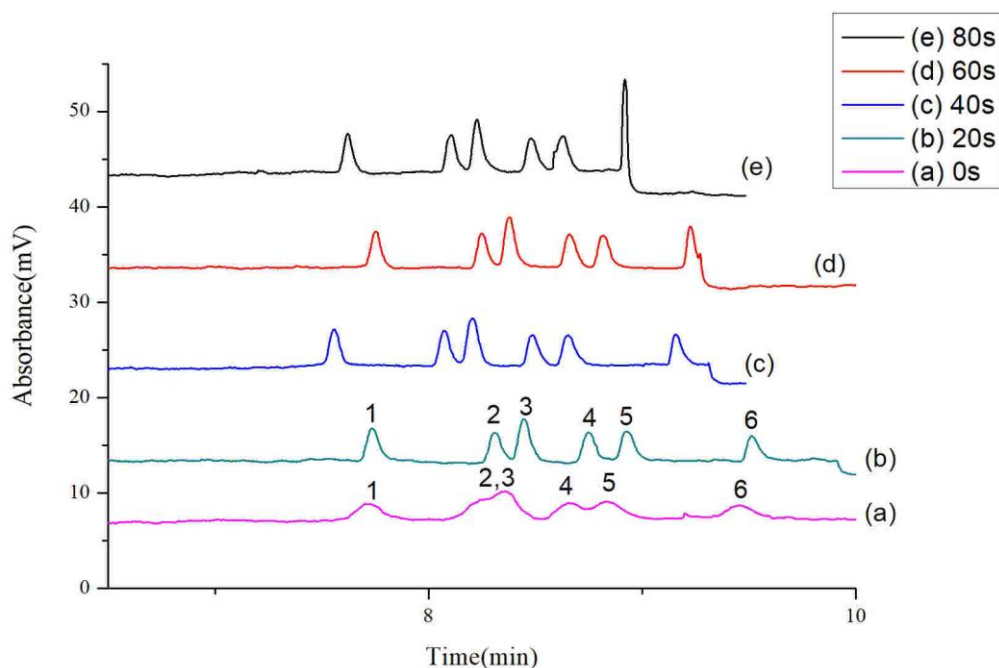


圖 4 前端不同進樣時間對分離效果之影響。前端進樣時間分別為：(a) 0 s；(b) 20 s；(c) 40 s；(d) 60 s；(e) 80 s 的分析情形。其他實驗條件請參考圖 3。

### (三) 樣品進樣時間

進樣時間影響分析物的解析度與靈敏度。本實驗在 20 公分高度差以流體力學注入毛細管，探討進樣 30 秒到 150 秒的效果。發現進樣時間越長濃縮效果越好，大於 90 秒雖然可以繼續提高靈敏度與濃縮效果，但沒有太大影響，因此最最後選擇 90 秒作為最佳條件。

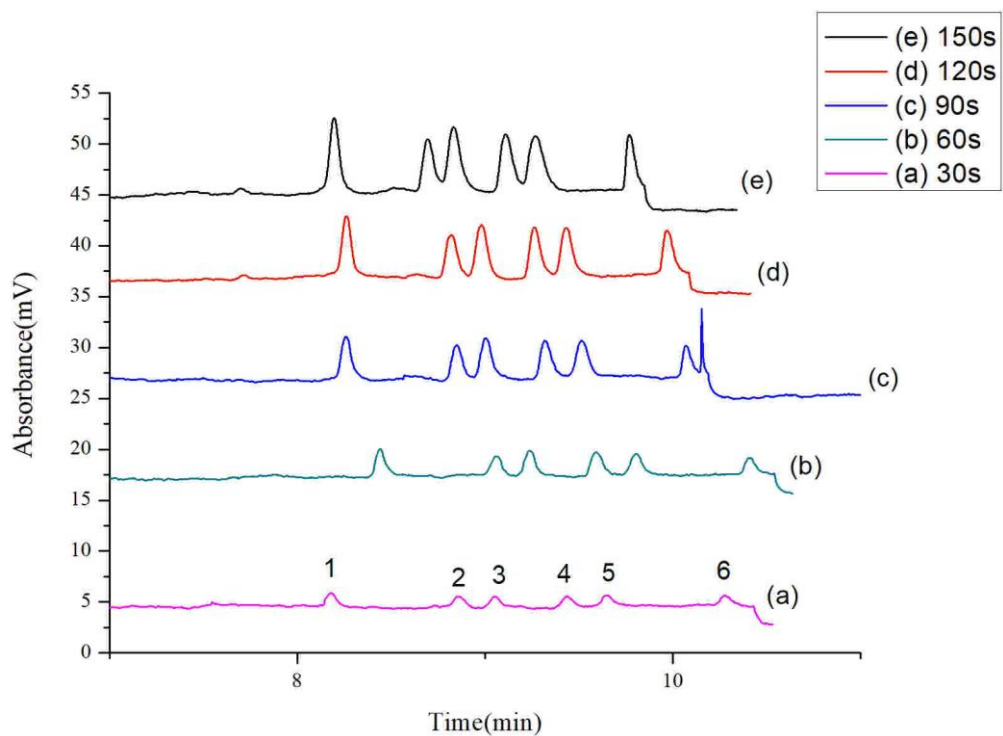


圖 5 樣品進樣時間分離的影響。樣品進樣時間分別為：(a) 30 s ；(b) 60 s ；(c) 90 s ；(d) 120 s ；(e) 150 s 的分析情形。其他實驗條件請參考圖 3。

#### (四) 四硼酸鈉緩衝溶液濃度對分離之影響

本實驗探討四硼酸鈉緩衝溶液濃度的變化範圍為 5 mM 到 25 mM，實驗結果如圖 6 所示，隨著四硼酸鈉緩衝溶液濃度上升，離子強度也隨之增強；由圖中可以看出 20 mM 以下分離效果隨濃度上升而變佳，超過 20 mM 後因堆積效果不佳產生訊號峰變形；由表 1 中可以發現 10 mM 至 15 mM 間分離效果較佳，但因第六號分析物對基苯甲酸在此濃度易與基線合併，且在表 1 中發現第二樣分析物及第三樣分析物在 20 mM 解析度較好，最終選擇 20 mM 為最佳化濃度。

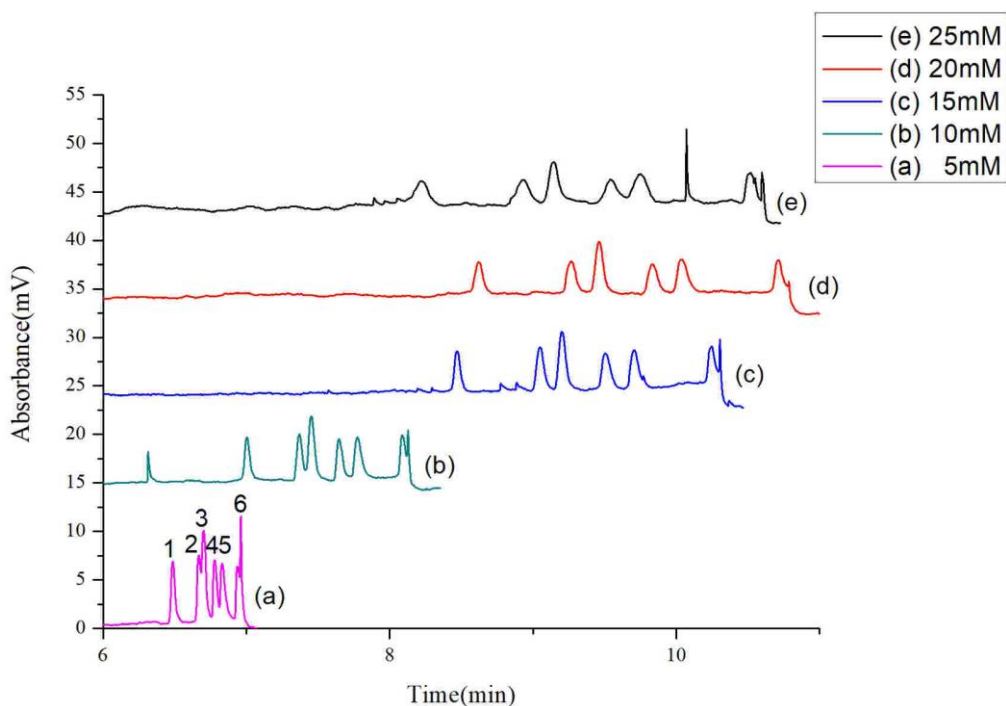


圖 6 四硼酸鈉緩衝溶液不同濃度對分離之影響。四硼酸鈉緩衝溶液的濃度：(a) 5 mM ；(b) 10 mM ；(c) 15 mM ；(d) 20 mM ；(e) 25 mM 的分析情形。其他實驗條件請參考圖 3。

表 1 四硼酸鈉緩衝溶液濃度對分離之影響

TB (mM)	Resolution				
	5	10	15	20	25
芥子酸/阿魏酸	3.32	5.11	6.11	5.62	3.96
阿魏酸/鄰香豆酸	0.63	1.08	1.55	1.62	1.39
鄰香豆酸/對香豆酸	1.25	2.36	2.93	2.99	2.66
對香豆酸/香草酸	0.90	1.45	1.79	1.48	1.16
香草酸/對羥基苯甲酸	2.12	3.59	5.49	5.87	4.72

### (五) 緩衝溶液中十二烷基硫酸鈉的濃度對分離效果之影響

本實驗探討 5 mM 至 25 mM 的 SDS 濃度對分析物之影響，在 5 mM 中可以發現低濃度 SDS 搭配 PEO 線上濃縮就有良好的分離效果，在超過 15 mM 後第六號分析物開始與基線合併影響分析效果，在超過 20 mM 後因高濃度 SDS 造成基線不穩定導致分析效果不佳(圖 7)；在表 2 顯示 10 mM 中第二樣與第三樣分析物分離效果較 5 mM 好，最終選擇 10 mM 為最佳化條件。

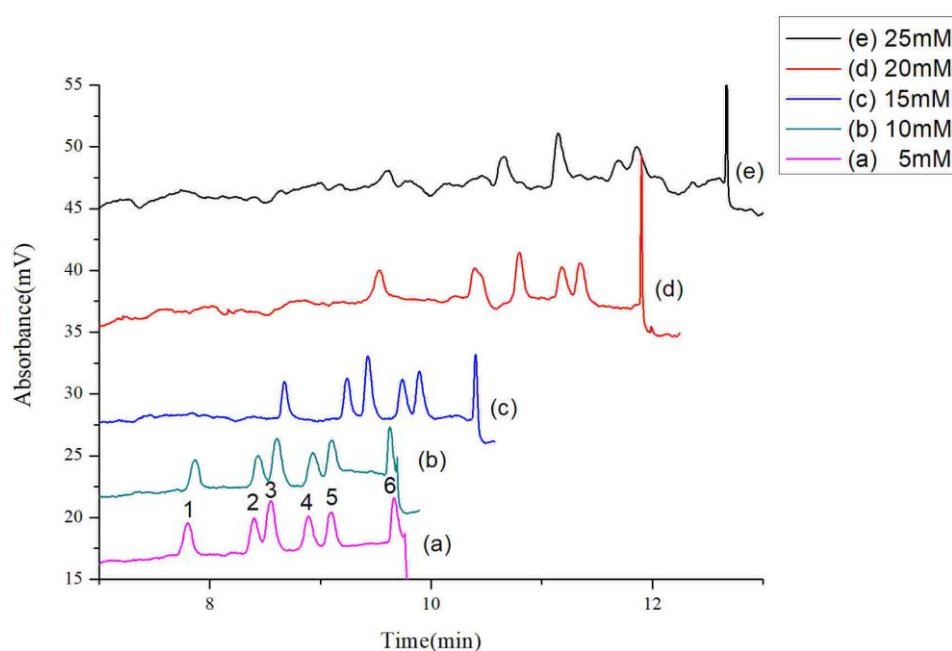


圖 7 緩衝溶液中不同濃度的 SDS 對分離效果之影響。SDS 濃度分別為：(a) 5 mM；(b) 10 mM；(c) 15 mM；(d) 20 mM；(e) 25 mM。其他實驗條件請參考圖 3。

表 2 緩衝溶液中不同濃度的 SDS 對分離效果之影響

SDS (mM)	Resolution				
	5	10	15	20	25
芥子酸/阿魏酸	3.91	3.64	5.24	4.51	2.82
阿魏酸/鄰香豆酸	0.95	1.06	1.58	2.27	-
鄰香豆酸/對香豆酸	2.25	1.95	2.36	2.70	2.86
對香豆酸/香草酸	1.43	1.08	1.15	1.07	0.74
香草酸/對羥基苯甲酸	4.38	4.38	-	-	-

### (六) 聚環氧乙烷濃度對分離的影響

聚環氧乙烷(PEO)為高分子聚合物，在水溶液中具高黏度特性，所以可以增加分析物的堆積效果。本實驗探討 PEO 的條件範圍在 0% 至 0.1% (g/mL)間，在沒有添加 PEO 時可以發現第二樣及第三樣分析物無法分離完全，隨著濃度上升分離效果及濃縮效果開始提升，但因為 PEO 濃度提高造成溶液濃稠，最終導致分析時間隨濃度提高而延長；在 0.1% 時第六樣分析物會開始與基線合併影響分析，而在 0.05% 及 0.075% 兩者分離效果和濃縮效果差異不大(圖 8)，在考量分析時間長短最後選擇 0.05% 作為最佳化條件。

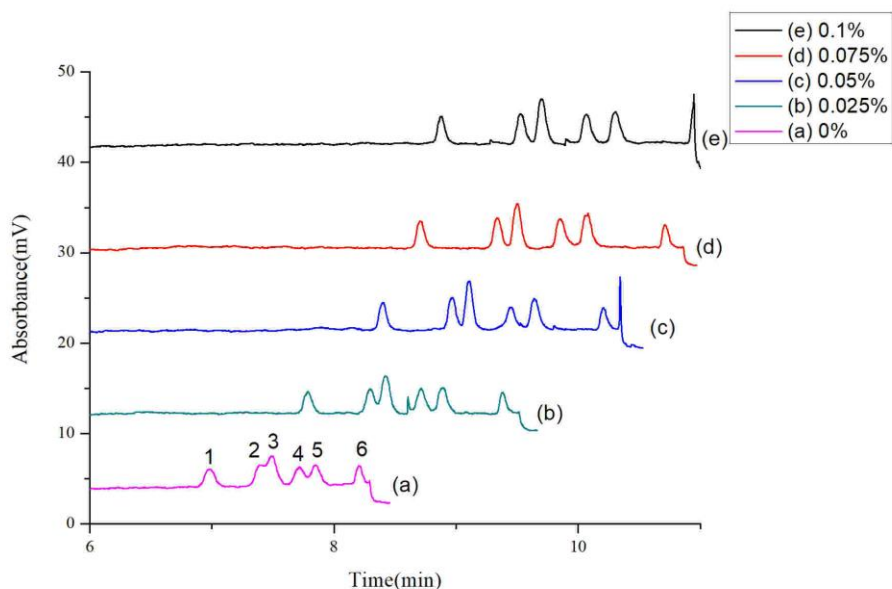


圖 8 不同濃度的聚環氧乙烷於緩衝溶液對分離效果之影響。聚環氧乙烷的濃度分別為：(a) 0%；(b) 0.025%；(c) 0.050%；(d) 0.075%；(e) 0.100%。其他實驗條件請參考圖 3。

### (七) 最佳化條件

表 3 列出最佳化的分離條件，在此條件下，可將 6 個酚酸化合物在 10 分鐘內達到基線分離(圖 9)。表 4 列出此方法的各個分析物的線性範圍、線性相關係數、定量極限和偵測極限。

表 3 最佳化條件

背景電解質	
SDS 濃度	10 mM
TB 濃度	20 mM
pH 值	9.3
PEO 添加量	0.05 % (g/mL)
Plug 前端	
SDS 濃度	120 mM
進樣時間	40 s
CE 系統	
偵測波長	230 nm
樣品進樣時間	90 s
電壓	+15 kV
毛細管長度	60 cm (effect 50 cm)



陳宜哲、胡焯淳、邱泰嘉 運用微胞電動力層析法搭配線上濃縮採用分段填充十二烷基硫酸鈉分析橄欖油中的酚酸化合物

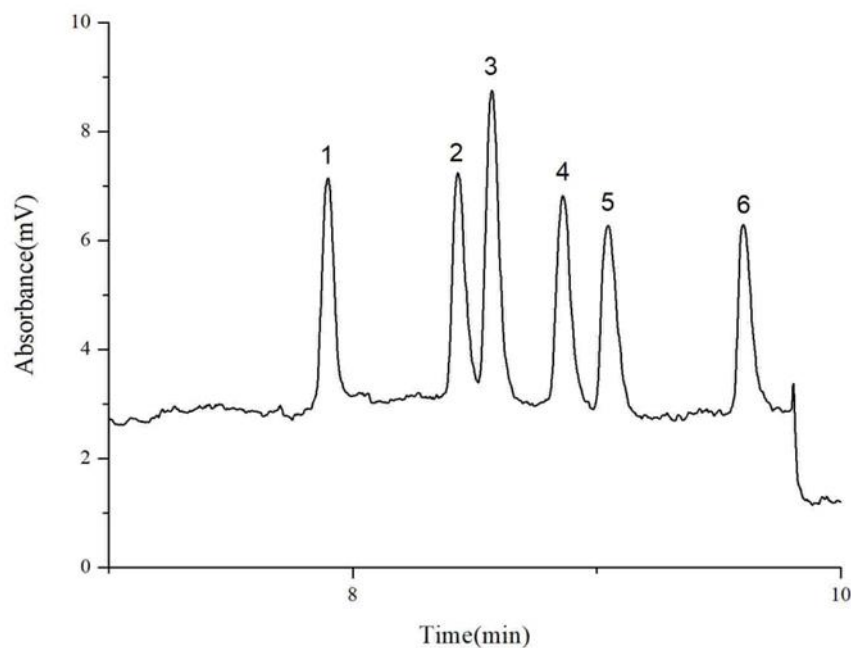


圖 9 最佳化條件電泳圖。分析物訊號，1：芥子酸；2：阿魏酸；3：鄰香豆酸；4：對香豆酸；5：香草酸；6：對羥基苯甲酸。

表 4 本方法之線性範圍、相關係數、偵測極限及定量極限

目標分析物	線性範圍 (ppm)	$R^2$ <sup>a</sup>	偵測極限 (ppm) <sup>b</sup>	定量極限 (ppm) <sup>c</sup>
芥子酸	0.15-2	0.997	0.092	0.309
阿魏酸	0.15-2	0.998	0.130	0.429
臨香豆酸	0.15-2	0.996	0.097	0.323
對香豆酸	0.15-2	0.997	0.120	0.401
香草酸	0.15-2	0.999	0.108	0.360
對羥基苯甲酸	0.15-2	0.995	0.113	0.378

註；<sup>a</sup>相關係數；<sup>b</sup>雜訊比 = 3；<sup>c</sup>雜訊比 = 10

### (八) 檢測橄欖油中的酚酸

真實樣品購自市售三種橄欖油(廠牌 O, 代號 O、廠牌 G, 代號 G、廠牌 V, 代號 V), 取 5 g 的市售橄欖油與 5 mL 的 80%(v/v)乙醇混合, 超聲波震盪 15 分鐘, 再以 5000 rpm 離心 25 分鐘後, 取上清液進行過膜(0.22  $\mu$ m)去除雜質; 實驗時取樣品 80  $\mu$ L 與 20  $\mu$ L 超純水稀釋即可上機偵測。結果如圖 10。

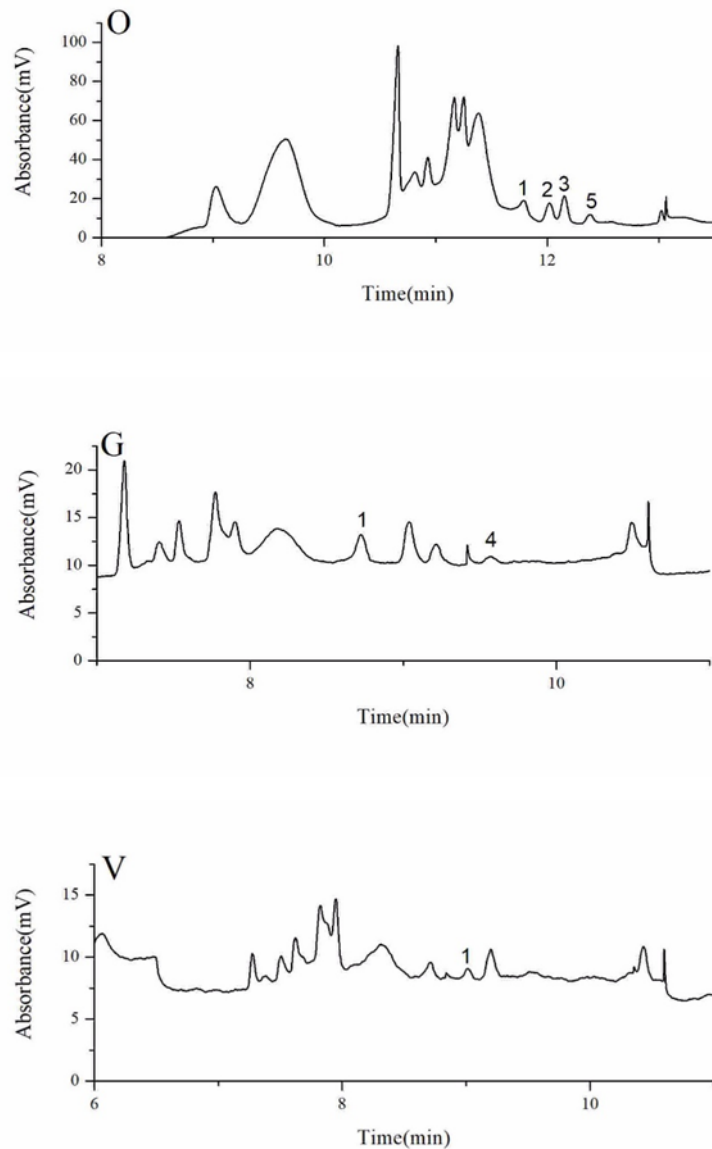


圖 10 真實樣品圖譜。分析物訊號:1: 芥子酸; 2: 阿魏酸; 3: 鄰香豆酸; 4: 對香豆酸; 5: 香草酸

## 伍、結論

本研究利用運用，可在 10 分鐘內偵測 6 種酚酸化合物（芥子酸, SA、阿魏酸, FA、鄰香豆酸, o-CA、對香豆酸, p-CA、香草酸, VA、對羥基苯甲酸, PHBA）。

最佳分離條件為 20 mM 四硼酸鈉溶液(pH 9.3)，添加 10 mM SDS 與 0.05% PEO。使用內徑 75  $\mu\text{m}$ 、總長為 60 cm (有效長度 50 cm)的毛細管，前端進樣 40 秒，樣品進樣 90 秒，偵測波長為 230 nm，以+15 kV 進行電泳在 11 分鐘內完成偵測六種分析物。其線性範圍皆在 0.15~2 ppm，偵測極限(LOD)介於 0.092~0.130 ppm，檢量極限(LOQ)介於 0.309~0.429 ppm，且  $R^2$  值皆在 0.99 以上。

本實驗建立一種簡單、快速與消耗少的方法，沒有複雜的樣品前處理及取樣容易，只需 10 分鐘即可偵測完畢，可以應用在偵測市售橄欖油，未來可望應用在偵測其他油類所含有之酚酸化合物。

## 誌謝

本研究承蒙科技部研究計畫補助(計畫編號: MOST 106-2113-M-143-002)，僅此誌謝。

## 參考文獻

- Bakar, N.B.A., Makahleh, A., & Saad, B. (2012). In-vial liquid-liquid microextraction-capillary electrophoresis method for the determination of phenolic acids in vegetable oils. *Analytica Chimica Acta*, 742, 59– 66.
- Franquet-Griell, H., Checa, A., Núñez, O., Saurina, J., Hernández-Cassou, S., & Puignou, L. (2012). Determination of polyphenols in Spanish wines by capillary zone electrophoresis. Application to wine characterization by using chemometrics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(34), 8340–8349.
- Gatea, F., Teodor, E.D., Matei A.O., Badea G.I., & Radu, G.L. (2015). Capillary electrophoresis method for 20 polyphenols separation in propolis and plant extracts, *Food Analytical Methods*, 8(5), 1197–1206.

- Godoy-Caballero, M.P., Culzoni, M.J., Galeano-Díaza, T., & Acedo-Valenzuela, M.I. (2013). Novel combination of non-aqueous capillary electrophoresis and multivariate curve resolution-alternating least squares to determine phenolic acids in virgin olive oil. *Analytica Chimica Acta*, 763, 11–19.
- Lee, I.S.L., Boyce, M.C., Breadmore, M.C. (2012). Extraction and on-line concentration of flavonoids in *Brassica oleracea* by capillary electrophoresis using large volume sample stacking. *Food Chemistry*, 133(1), 205–211.
- Rivas, A., Sanchez-Ortiz, A., Jimenez, B., García-Moyano, J., & Lorenzo, M.L. (2013). Phenolic acid content and sensory properties of two Spanish monovarietal virgin olive oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 115(6), 621–630.