

## 중학생들을 위한 얇은막 크로마토그래피 실험 키트의 개발

류재정\* · 박원규<sup>1</sup>

경북대학교 화학교육과

<sup>1</sup>대구 경원고등학교

(2003. 3. 5 접수)

### Development of a Thin Layer Chromatography Experimental Kit for Middle School Students

Jae Jeong Ryoo\* and Won-Kyu Park<sup>1</sup>

Department of Chemistry Education, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Kyung-Won High School, Daegu 704-923, Korea

(Received March 5, 2003)

**요 약.** 제7차 교육과정의 가장 큰 특징은 수준별 교육과정의 시행이라고 할 수 있으며, 이에 따라 학생의 능력과 개인차에 따른 다양한 학습 과제의 개발이 필요하다. 제6차 교육과정의 중학교 과정에서 다루었던 크로마토그래피의 이론과 실험의 오류를 바로잡기 위하여 중학생들이 크로마토그래피의 원리를 보다 정확하게 이해할 수 있는 새로운 실험 키트가 필요하다. 본 연구에서는 시중에 판매되고 있는 TLC판을 정지상으로 이용하고, 이동상으로는 상대적으로 인체에 해가 적은 혼합 유기용매를 사용하며, 시료 및 참고물질로는 시료의 전개 과정을 눈으로 쉽게 확인할 수 있는 산-염기 지시약들을 사용하여 새로운 크로마토그래피 실험 키트를 개발하였다. 또한, 이 실험 키트의 효과를 알아보기 위하여 중학생(일반 중학생 및 영재반 중학생)과 교사(과학 교사 및 비과학 교사)를 상대로 실험을 실시하여, 실험내용과 그 효과에 관한 설문을 조사하였다.

**주제어:** 얇은막 크로마토그래피, 실험 키트, 중학생

**ABSTRACT.** One of the most important characteristics in the seventh educational course is an enforcement of differentiated level curriculum. Therefore, development of various different level educational subjects is needed. A new chromatographic experimental kit which is helpful for middle school students to understand chromatographic principles is needed to correct some mistakes of chromatographic part within the 6th educational course's middle school textbook. In this research, a new thin layer chromatography(TLC) experimental kit for middle school students are developed by using acid-base indicator as samples and ethyl alcohol, ethylacetate, hexane as eluents. The kit is applied to two kinds of middle school student groups(general group & genius group) and two kinds of teacher groups(science teacher & non-science teacher) and an efficacy of the new chromatographic kits are evaluated through making up some questions.

**Keywords:** TLC, Experimental Kit, Middle School Student

### 서 론

제7차 교육과정의 기본입장은 제6차 교육과정의 교육 개혁적인 측면의 기본 철학을 계승하고, 2000년대의 사회적, 문명사적 변화의 의미를 학교 교육과정에 살리

고자 하였다.<sup>1</sup> 제7차 교육과정의 가장 큰 특징은 수준별 교육과정의 시행이라고 할 수 있으며,<sup>2</sup> 이에 따라 학생의 능력과 개인차에 따른 다양한 교육 기회를 제공해주는 것과 단계형, 심화·보충형, 과목선택형 수준별 교육과정 편성·운영이 필요하게 되었다. 이런 점에서

종전과는 다른 교육과정의 개발이 필요하고, 기존의 교육과정과는 다른 차원에서의 심화학습 과제의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 이전 연구에서 지적한<sup>3</sup> 제6차 교육과정의 중학교 1학년 과정 중 “II. 물질의 특성과 분리(혼합물의 분리)”에서 다루었던 크로마토그래피의 이론과 실험의 오류에 대한 대안으로, 중학생들이 크로마토그래피의 원리를 손쉽게 이해할 수 있는 새로운 실험 키트를 개발하여 하나의 학습 과제를 제시하였다. 크로마토그래피는 이것에 대한 직접적인 연구로 두 번의 노벨상이 수여되었으며, 크로마토그래피 실험이 중요한 역할을 하여서 노벨상을 수상한 경우도 13회 이상 되므로 현대 과학 발전에 크게 기여한 분석방법이다.<sup>4</sup> 현재 전세계에서 가장 흔히 사용되는 크로마토그래피 방법은 얇은 막 크로마토그래피(Thin Layer Chromatography, 이하 TLC)와 컬럼 크로마토그래피(Column Chromatography)이며, 가장 널리 사용되고 있는 분리분석 장비는 컬럼 크로마토그래피 범주에 속하는 기체 크로마토그래피(Gas Chromatography, GC)와 고성능 액체 크로마토그래피(high performance liquid chromatography, HPLC)이다.<sup>5</sup> 따라서 현재 거의 이용되지 않는 종이 크로마토그래피 실험을 통해 일반적인 크로마토그래피 원리를 설명하는 것보다 흔히 사용되는 TLC를 이용하여 크로마토그래피의 전반적인 내용을 설명하는 것이 보다 효과적이라 생각된다.

따라서 본 연구에서는 TLC를 사용하여 혼합시료의 정성분석과 정량분석을 실시하였고, 이를 통해 크로마토그래피의 원리를 손쉽게 소개하고자 하였다. 시중에 판매되고 있는 TLC판을 가로 2 cm, 세로 5 cm 크기로 잘라서 정지상으로 이용하였고, 이동상으로는 상대적으로 인체에 해가 적은 혼합 유기용매를 사용하였으며, 시료 및 참고물질로는 산-염기 지시약을 사용하였다. 시료로 산-염기 지시약을 사용한 것은 시료의 전개 과정이 UV-lamp등의 보조장치 없이도 눈에 쉽게 띄게 하기 위함이며, 또한 이들을 전개시킨 후 산성, 염기성 용액에 담그어 색깔 변화를 확인함으로써 실험의 흥미를 높이기 위함이었다. 또한 동일한 시료를 써서 많이 알려져 있는 분필을 이용한 크로마토그래피 실험도 실시하여 TLC와 분필 크로마토그래피를 비교하였다. 그리고 본 연구에서 개발된 실험 키트에 대한 효과를 알아보기 위하여 일반 중학생 및 영재반 중학생들과 과학 교사 및 비과학 교사들을 상대로 실험을 실시하여, 실

험내용과 그 효과에 관한 설문을 조사하였다.

## 실 험

### 기구 및 시약

#### 기구준비

분석용 저울(Sartorius BP 210 S-Sartorius), 피펫(10 mL), 메스 실린더, 시약병(유리수 병으로 재사용한 것), 작은 시약병(Vial 병), 스페큘라, UV lamp(VL-4LC-Vilber Lourmat), TLC 챔버 및 덮개(유리판), 보세판(제작), 핀셋, 분필, TLC판(Normal Phase TLC, 지지체-Glass, 정지상-실리카 겔, 규격: 가로 20 cm×세로 20 cm, Merck 5715).

※실험시간을 줄이기 위해서 TLC판을 가로 2 cm×세로 5 cm의 크기로 다이아몬드 칼을 사용해서 미리 조별로 5개씩 잘라서 준비해준다.

#### 용매 및 시약

· Ethyl alcohol (EtOH로 표기)-덕산 약품공업 주식회사(시약 1급).

· Ethyl acetate (EA로 표기)-덕산 약품공업 주식회사(시약 1급).

· Hexane, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, HCl-덕산 약품공업주식회사(시약 1급).

#### 참고물질 (산염기 중화적정 지시약)

· Bromocresol Purple(BCP로 표기) - 동경화성공업.

· Bromophenol Blue(BPB로 표기) - 동경화성공업.

· Bromothymol Blue(BTB로 표기) - 동경화성공업.

· Chlorophenol Red(CPR로 표기) - 동경화성공업.

· Thymolphthalein(TP로 표기) - Hayashi Pure Chemical.

### 전개용매 및 시료 준비(본 실험 준비)

#### 전개용매 준비(소요시간: 10 분)

(1) 메스실린더를 사용하여 EtOH와 EA를 각각 1:1과 1:4 비율로 취하여 시약병에 담은 후 라벨을 붙여준다.

(2) 같은 방법으로 EA와 Hexane을 각각 1:1과 1:4 비율로 취하여 시약병에 담고 라벨을 붙여준다.

#### 참고물질 및 시료 준비(소요시간: 20 분)

(1) 산-염기 중화적정 지시약 중에서 BCP, BPB, BTB, CPR, TP 다섯 가지를 준비한다.

(2) 분석용 저울을 사용해서 각 시료를 5.0 mg씩 부게 측정하여 각각 작은 Vial병에 넣고, 라벨을 붙여준다.

(3) 5개의 Vial 병에 피펫을 사용하여서 CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 5 mL

씩 넣어 각 물질이 1000 ppm 용액이 되도록 만든다.  
(정성분석용 참고용액의 제조)

(㉔) BPB와 BTB를 1:1로 혼합해서 농도가 500 ppm, 1000 ppm, 그리고 2000 ppm인 참고물질들을 만들기 위해서 BPB와 BTB를 5.0 mg씩 부게 측정하여 세 개의 Vial 병에 두 물질을 섞어서 각각 따로 넣고, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 20 ml, 10 ml, 그리고 5 ml를 각 Vial 병에 피펫을 사용하여 넣고 잘 흔들어 준다.

(㉕) TLC 정량분석 실험을 위해 BPB와 BTB를 각각 다른 농도로 만들어서 하나의 Vial병에 넣고 흔들어서 미지시료를 준비해 둔다.

**얇은 막 크로마토그래피(본 실험: 정성 및 정량 분석실험)**

**전개용매의 선택 실험(소요시간: 6~8 분)**

(㉖) 4개의 TLC판을 준비한 후, 각각 끝에서 0.7 cm 되는 지점에 연필로 연하게 선을 긋고, 준비한 참고물질들(5종류의 지시약)을 일정한 간격과 크기로 모세관을 사용해서 점을 찍는다[참고물질도입].

(㉗) 준비해 둔 4개의 TLC 챔버에 높이 0.3 cm 정도로 앞에서 준비한 4가지의 전개용매(EtOH:Hexane=1:1, 1:4, EtOH:EA=1:1, 1:4)를 스포이드를 사용해서 넣어둔다.

(㉘) TLC판을 핀셋으로 집어서 TLC 챔버에 넣은 뒤 뚜껑으로 덮어준다[전개].

(㉙) 용매가 4.5 cm 정도 이동했을 때 핀셋으로 꺼내어서 용매 이동지점을 표시하고, 4개의 TLC판을 비교해서 분리가 잘 되는 시료와 용매를 확인한다[위치확인].

**정성분석 실험(소요시간: 4~7 분)**

(㉚) 미지시료(BPB 와 BTB 혼합시료)와 BCP, BPB, BTB, CPR, TP(미리 준비한 다섯가지 참고물질)를 하나의 TLC판 위에 함께 점적(co-spotting)한다.

(㉛) TLC 챔버를 사용하여 전개용매(EtOH:EA=1:4)로 전개시킨 후 TLC판에 나타난 전개 상태를 확인한다.

(㉜) 미지시료와 각 기준용액과의 전개거리의 비교(Rf 값 측정)로부터 미지시료 속의 물질이 무엇인가를 알아낸다.

**정량분석 실험(소요시간: 3~5 분)**

(㉝) 하나의 TLC판 위에 각각의 양을 모르는 BPB와 BTB 혼합시료(미지시료)와 BPB와 BTB가 각각 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm 들어있는 혼합시료를 함께 점적한다.

(㉞) TLC 챔버를 사용하여 전개용매(EtOH:EA=1:4)로 전개시킨 다음 TLC에 나타난 시료의 크기를 비교하여 미지시료내 BPB와 BTB 각각의 대략적인 양을 알아본다.

**TLC에서 전개된 화합물의 위치 확인 실험 및 산성 용액에서 색깔 변화 관찰(소요시간: 3~4 분)**

(㉟) 앞에서 준비한 5종류의 참고물질 중에서 BPB와 BTB를 2개의 TLC판 위에 각각 점적하고, 전개용매로 EtOH:EA=1:4 를 사용하여 전개시킨다. (시간이 촉박하면 본 단계는 생략하고, 이미 앞 실험에서 전개된 TLC판을 그대로 사용해도 무방함)

(㊱) TLC판 중 하나를 산성용액(2N HCl 용액)에 다시 넣었다가 꺼내어서 색깔의 변화를 관찰한다.

**분필 크로마토그래피와 얇은막 크로마토그래피의 비교실험(소요시간: 4~6 분)**

(㊲) 앞의 TLC 실험에서와 마찬가지로 TLC판과 흰색 분필의 끝에서 0.7 cm 되는 지점에 각각 선을 긋고, 준비한 시료(정량분석 실험에서 사용하였던 BPB와 BTB 혼합시료)를 모세관을 사용해서 점을 찍는다.

(㊳) TLC 챔버를 사용하여 EtOH:EA=1:4 전개용매로 분필과 TLC판을 각각 전개시킨다.

(㊴) 분필의 전개상태와 TLC판의 전개상태를 비교해 본다.

**얇은막 크로마토그래피 후 설문조사**

실험을 끝나고, 실험보고서를 작성완료한 후에 아래의 설문을 만들어 교사 A, B 집단(A집단 : 과학교사, B집단 : 비 과학교사)와 학생 C, D 집단(C집단 : 과학영재반 학생, D집단 : 일반 중학생)을 상대로 설문조사하였다. 네 집단을 택한 이유는 실험의 난이도나 효율성 등을 골고루 살펴보기 위해서 이다.

- A집단 : 방학동안 과학 1급 정교사 연수과정에 참여한 현직 과학교사 58명
- B집단 : 방학중 환경 또는 공물과학 연수과정에 참여한 현직 비과학교사 52명
- C집단 : 경북대학교 과학 영재반 학생, 중학교 2학년 학생 13명
- D집단 : 대구 제일여자중학교 1학년 학생 78명

A, B, C집단의 조사 기간은 2000년 8월 6일~19일 사이에 차례로 실시하였으며, D집단은 2000년 9월 둘째 주에 실시하였다. 조사 시간은 20분으로 하되, 필요시에는 충분한 시간을 주었다. 데이터 처리는 유사한 질문을 발췌하여 각 질문에 대한 의견을 퍼센트(%)로 비교 분석하였다. 아래 설문의 내용은 A, B, C, D 네 집단이 약간씩 다르지만 내용은 비슷하였기에 A집단의

설문서를 대표로 실었으며, 이외에 본 연구논문과 무관한 내용은 생략하였다.

설문서

※ 본 설문은 중학교 과학 실험 개선을 위해 사용됩니다. 성의껏 답해주시길 부탁드립니다.

1. 어떤 종류의 크로마토그래피 실험을 하였습니다?  
(하나 이상도 표시 가능함)

- ① 종이 크로마토그래피 ② 분별 크로마토그래피 ③ 얇은 층 크로마토그래피(TLC) ④ 컬럼 크로마토그래피 ⑤ 기타( )

2. 얇은 층 크로마토그래피(TLC)를 하신 적이 있다면 어느 신분일 때 하였습니다?

- ① 중, 고등학생 ② 대학생 ③ 대학원생 ④ 지도교사 ⑤ 교사연수생

3. 크로마토그래피에 대해서는 어느 정도로 알고 있습니까?

- ① 아주 잘 안다 ② 조금 안다 ③ 보통이다 ④ 모른다 ⑤ 전혀 모름다

4. 지금까지 흔히 사용했던 종이 크로마토그래피 실험 등을 통하여 크로마토그래피의 원리를 명확하게 이해할 수 있었습니까?

- ① 아주 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 아니다 ⑤ 아주 아니다

5. 본 실험의 실험 과정 및 방법이 종이 크로마토그래피보다 알기 쉽고, 체계적입니까?

- ① 아주 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 아니다 ⑤ 아주 아니다

6. 중학교 과학 실험에 크로마토그래피 관련 실험을 도입한다면 어떤 종류의 크로마토그래피 실험을 하는 것이 학생들에게 크로마토그래피의 원리를 효과적으로 설명할 수 있다고 생각하십니까? (하나만 표시할 것)

- ① 종이 크로마토그래피 ② 분별 크로마토그래피 ③ 얇은 층 크로마토그래피(TLC) ④ 컬럼 또는 스포이드 크로마토그래피 ⑤ 기타( )

7. 만약 본 실험 전체 또는 일부를 중학교 과학 실험에 도입한다면 큰 어려움 없이 실험할 수 있다고 생각하십니까?

- ① 아주 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통이다 ④ 아니다 ⑤ 아주 아니다

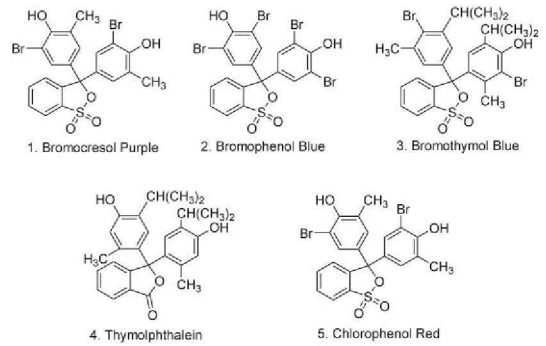


Fig. 1. Structures of five reference materials.

결과 및 고찰

시료와 전개용매의 선택

눈으로 시료가 관찰되고, 전개 후 중학생들에게 시각적 효과를 주기 위해서 산-염기 지시약을 시료로 선택하였다. 그 중에서 분리가 잘 되며 색깔의 차이를 구별하기가 용이한 것을 찾기 위해 다양한 지시약들을 살펴 보았고, 이들 중 BCP, BPB, BTB, CPR, TP 다섯가지를 참고물질로 준비하였다. 또한 실험을 수행하는 학생들에게 해와 위험 요소가 적은 4종류의 ethyl alcohol (EtOH)과 ethyl acetate (EA), 그리고 EtOH와 Hexane의 혼합용매(EtOH:Hexane=1:1, 1:4, EtOH:EA=1:1, 1:4)를 전개용매로 사용하여 TLC 수행 결과를 Fig. 2에 나타내었다.

그림에서 볼 수 있듯이 4가지 혼합용매 중에서 EtOH와 EA 혼합용매에서 분리가 이뤄졌고, 이들의 비가 1:1

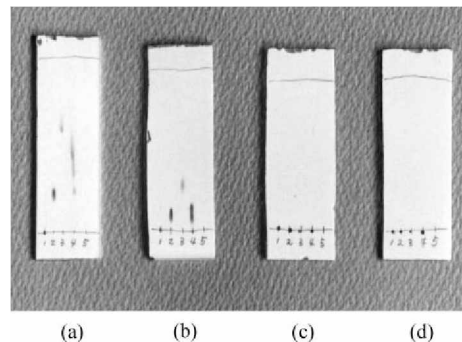


Fig. 2. TLC results of the five reference samples(1: BCP, 2: BPB, 3: BTB, 4: CPR, 5: TP) for eluent selection. (a) EtOH:EA=1:1, (b) EtOH:EA=1:4, (c) EtOH:Hexane=1:1, (d) EtOH:Hexane=1:4

인 경우 약간 많이 그리고 1:4인 경우는 약간 작게 전개되어 1:2 정도가 적당함을 알 수 있었다. 5가지의 참고물질 중에서는 참고물질 ②-BPB와 참고물질 ③-BTB가 보라색과 노란색을 띠면서 분리가 많이 일어남을 알 수 있었다. 전개된 TLC판의 위에서부터 참고물질 ③-BTB, 참고물질 ④-CPR, 참고물질 ①-BPB, 참고물질 ⑤-BCP, 참고물질 ②-BPB의 순서로 분리가 이루어진 것은 혼합시료 중의 각 물질과 정지상과의 상호작용이 참고물질 ②가 가장 많고, 참고물질 ③이 가장 적다는 것을 의미한다. 또한 EtOH:EA=1:2인 혼합용매에서 분리가 가장 잘 된 이유는 이 혼합용매의 극성이 실리카 겔과 시료들을 분리시키기에 가장 적당하였기 때문이다.

이처럼 혼합시료의 분리는 혼합시료 중의 각 성분들이 이동상을 따라서 움직이는 가운데 정지상과의 상호작용의 차이가 나기 때문에 이뤄지는 것이다.<sup>6</sup> 즉, 이동상의 역할은 시료를 적당한 속도로 움직이게 하는 것이고, 정지상의 역할은 주로 시료와의 상호작용에 의해 시료의 이동속도의 차이를 두게하는 것이다. 시료가 정지상에 비해 상대적으로 이동상과 상호작용을 많이 하게되면 전개속도가 빨라질 것이고, 반대로 정지상과 상호작용을 많이 하게되면 전개속도가 느려질 것이다. 이동상은 시료를 적당한 속도로 움직이게 해야 하므로 정지상과 상호작용이 적은 것을 하는 것이 좋다. 이동상이 정지상과 상호작용을 많이 하게 되면 전체적인 움직임도 느려지고, 시료와 정지상 간의 상대적인 상호작용도 줄어들므로 효과적인 분리를 기대할 수 없다. 따라서 혼합시료 중의 각 성분들이 이동상을 따라서 움직이는 가운데 정지상과의 상호작용 차이로 인하여 분리가 이뤄지는 것. 이것이 곧 크로마토그래피의 원리이며, 간단한 TLC 실험을 통하여 이러한 크로마토그래피의 원리를 설명할 수 있다.

본 연구를 통해 EtOH:EA=1:2인 혼합용매가 이동상으로 적당함을 알았고, 5개의 시료 가운데 참고물질 ②-BPB와 참고물질 ③-BTB이 적당한 분리와 더불어 각각 뚜렷한 색을 띠므로, 중학교 크로마토그래피 부분의 실험에서 사용될 시료로 적당함을 확인하였다. 본 실험

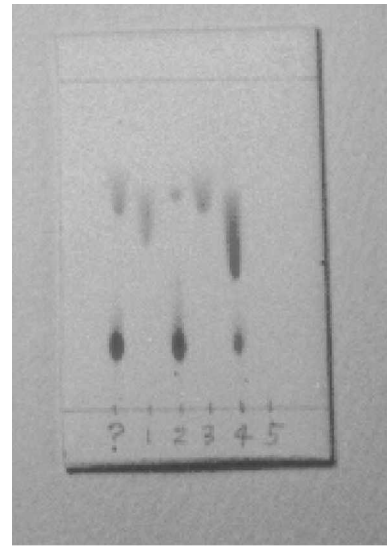


Fig. 3. TLC results of the unknown and reference samples for qualitative analysis. (?): unknown. 1: BCP. 2: BPB. 3: BTB. 4: CPR. 5: TP).

은 시간이 부족하면 생략할 수 있는 부분으로 교사가 미리 이러한 크로마토그래피 실험 키트(순상 TLC판, BPB 등의 참고물질과 시료, EtOH:EA=1:2인 혼합용매-전개용매)를 준비하길 될 것이다.

**정성분석 실험**

크로마토그래피에 의한 미지시료의 성분이 무엇인지를 확인(정성분석)하기 위해, 미지시료와 5개의 참고물질들을 한 장의 TLC판 위에 각각 점적하고, 동일한 조건 하에서 동일한 용매로 전개시켜, 그 결과를 Fig. 3에 나타내었고, 이를 Table 1에 정리하였다.

실험 시간은 대부분 약 5분 정도 소요되었으며, (보통 중학생들에게 적용시 5-7분 소요됨) Fig. 3에서 볼 수 있듯이 참고물질 ②-BPB(Bromophenol Blue)와 참고물질 ③-BTB(Bromothymol Blue)이 미지시료 속에 포함된 두 성분과 TLC 전개거리가 동일하였다. 또한 미지시료 속의 두 성분과 5종류의 참고물질들에 대한 R<sub>f</sub>값을 비교해 본 결과, 미지시료 내 두 성분(위, 아래)의

Table 1. TLC results of the unknown samples and references for qualitative analysis

	unknown 1	unknown 2	reference 1 (BCP)	reference 2 (BPB)	reference 3 (BTB)	reference 4 (CPR)	reference 5 (TP)
Moving distance of solute (A)	2.3 cm	0.8 cm	2.0 cm	0.8 cm	2.3 cm	1.6 cm	0.0 cm
Moving distance of solvent (B)				3.8 cm			
R <sub>f</sub> (A/B)	0.61	0.21	0.53	0.21	0.61	0.42	0.00

$R_f$  값과 똑같은  $R_f$  값을 가진 참고물질은 참고물질 ①(1-BPB)(Bromophenol Blue)와 참고물질 ②(1-BTB)(Bromothymol Blue)임을 알 수 있었다. Fig. 3에서 참고물질 2와 4의 경우 깨끗한 시료를 사용하여도 각각 물순분이 하나씩 더 나타났는데 이것의 이유는 알 수 없지만 가장 크게 나타난 것을 2와 4의 주된 피이크로 간주하고 실험을 수행하였다. 여기서  $R_f$ (Ratio to front)는 용질의 이동거리를 용매의 이동거리로 나눈 값으로 TLC에서 매우 중요한 값이다.

이와 같이 기준이 되는 여러 시료들의  $R_f$  값과 미지시료의  $R_f$  값을 비교 측정하여 미지시료 내에 어떠한 성분이 들어있는지를 간단한 얇은막 크로마토그래피 실험을 통해 알 수 있었다. 이 실험은 크로마토그래피의 가장 중요한 기능인 혼합시료 내에 어떤 성분이 들어있는가를 알아내는 정성분석 방법을 중학생들 스스로 터득하게 하고, 이를 통해 소변 속에 있는 마약 성분이나 운동력을 향상시키는 약물 등을 정성분석하는 원리도 이해시킬 수 있다. 이 실험은 미숙련자도 5-7분의 짧은 시간에 별 어려움이나 안전상의 위험 없이 쉽게 수행할 수 있으므로 비록 7차 교육과정에서 중학교 정규교육 과정에는 빠져있지만 크로마토그래피와 관련된 탐구학습이나 심화학습 과제로서 효과적으로 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 정량분석 실험

크로마토그래피에 의한 미지시료의 양(농도)을 측정(정량분석)하기 위한 실험으로 한 개의 TLC 위에 미지시료와 이미 농도를 알고 있는 3가지 표준시료를 함께 점적하고, 동일한 조건과 동일한 용매로 이를 전개시켜서 각 시료와 3가지 표준시료의 점 크기를 육안으로 관찰하여 Fig. 4와 Table 2에 결과를 정리하였다.

미지시료 중에서  $R_f$  값이 큰 것(노란색, 1BTB)은 점의 크기가 참고시료 ②(1000 ppm BTB) 보다는 크고, 참고시료 ③(2000 ppm BTB) 보다는 약간 작으므로, 약 1500-2000 ppm 정도로 추정하였다. 또한  $R_f$  값이 작은 것(보라색, 1BPB)은 점의 크기가 참고시료 ①(500 ppm 1BPB) 보다는 크고, 참고시료 ②(1000 ppm 1BPB) 보나

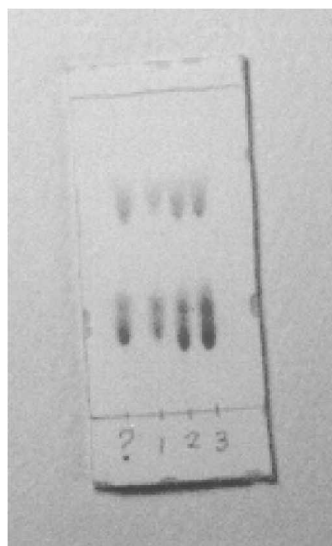


Fig. 4. TLC results of the unknown and reference samples for quantitative analysis. (?): unknown, 1: 500 ppm, 2: 1000 ppm, 3: 2000 ppm).

는 약간 작으면서 흐릿하므로, 시료 중 1BPB의 농도는 대략 700-800 ppm으로 예측하였다.

어떤 미지의 시료를 표준이 되는 시료와 함께 동일한 조건에서 전개시키는 아주 간단한 실험으로 혼합시료 속에 포함된 특정물질의 양을 3-5분 내에 대략 알 수 있는 정량분석실험을 얇은 막 크로마토그래피를 통해 수행하였다. 88올림픽에서 벤츠슨의 금메달을 박탈한 것도 크로마토그래피에 의한 정성분석과 정량분석 기술의 합작으로 이뤄진 것이다. 이같은 미지물질의 정량분석은 크로마토그래피를 통해 알 수 있는 가장 중요한 정보인데, 지금까지의 중, 고등학교 과학 교과서 어느 한 곳에서도 이같은 내용은 언급되지 않았다. 특히 크로마토그래피 부분이 배제된 7차 교육과정에서는 이와 같은 혼합물질 내에서 특정성분의 분리(분리분석)와 확인(정성분석) 및 해당 물질의 양을 측정(정량분석)하는 분석화학 분야에서 가장 중요한 원리들이 모두 배제되어 있다. 따라서 TLC에 의한 정량분석 실험 역시 앞서 행한 정성분석 실험과 더불어 중학교 교육과정 이외

Table 2. TLC results of the unknown and reference samples for quantitative analysis

(unit: ppm)	unknown	reference ①	reference ②	reference ③
BTB	1500-2000	500	1000	2000
BPB	700-800	500	1000	2000

의 탐구학습이나 심화학습 과제로서 효과적으로 적용되기를 기대한다.

**TLC 에서 전개된 화합물의 위치 확인 실험 및 산염기 용액에서의 색깔 변화 관찰**

중학생들에게 실험의 흥미를 더해 주기 위해서 실험을 했던 TLC판을 산성용액에 잠시 담근 후 그 색깔 변화를 보여준 결과 BPB는 violet에서 노랑으로 그리고, BTB는 노랑에서 변화가 없었다.

본 실험에서 사용한 산-염기 지시약의 변색범위를 문헌에서 알아본 결과,<sup>8</sup> BPB(Bromophenol Blue)는 pH 3.0(노랑)~ 4.6(자주색), 그리고 BTB(Bromothymol Blue)는 pH 6.0(노랑)~ 7.6(파랑)이었다. 본 실험에서 확인한 바로는 앞의 결과처럼 중성일 때 BPB는 보라색, BTB는 노란색이었으며, 산성에서는 둘다 분헌에서와 같이 노란색으로 나타났다. 본 실험에서 시료로 산-염기 지시약을 사용한 것은 일반적으로 TLC에서 많이 사용하는 UV-lamp를 사용하지 않고, 육안으로도 시료의 이동 거리를 확인하고자 하였기 때문이며, 또한 이 과정에서 실험의 흥미를 북돋우기 위해 전개된 TLC판을 산성 용액에 넣어 색깔 변화를 직접 확인도록 하기 위함이다. 본 실험에서는 별도로 시료를 준비하지 않고 이미 전개시킨 TLC판(질성분석과 지방분석에 이용한 TLC판)을 단지 산성 용액에 담그기만 하면 되므로 실험 시간이 따로 필요하지 않고, 추가적인 장치도 필요 없으므로 경제적이면서도 시각적인 효과가 크다.

**분필 크로마토그래피와 얇은막 크로마토그래피의 비교실험**

본 연구에서 도입한 TLC 실험을 종이 크로마토그래피 보다 손쉬우며 중학생들에게 많이 알려져 있는 분필 크로마토그래피 실험과 비교하였다. 분필과 TLC를 같은 높이로 자른 후에 동일한 높이의 지점에 시료를 점적하고 나서, BPB와 BTB를 섞은 시약을 EtOH:EA=1:4인 혼합용매를 사용하여 약 5분 동안 전개시켰다. Fig. 5에 분필과 TLC의 전개사진을 나타내었다.

분필 크로마토그래피를 TLC와 비교해 보았을 때 분필에서 시료 분리는 이뤄졌지만 분필의 경우 분리가 매우 나뉘고, 아래와 같은 몇 가지의 단점이 있었다.

※ TLC와 비교한 분필 크로마토그래피의 단점

① 분필이 많은 용매를 흡수하여 용매가 TLC 실험보다 3~4배정도 많이 소모되기 때문에 계속해서 용매

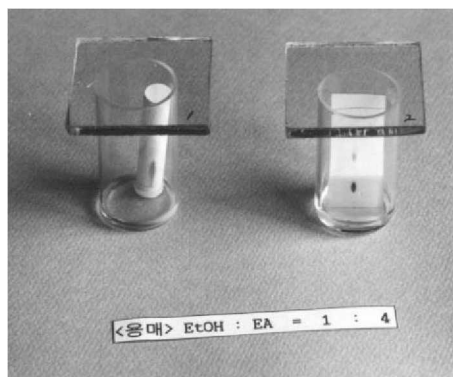


Fig. 5. Comparison between chalk chromatography and TLC.

를 공급해 주어야 했고, 전개시간도 TLC보다 많이 걸렸다.

② 분필에서는 용매의 이동표시가 잘 나타나지 않았기 때문에 R<sub>f</sub>값을 구하기가 어려웠다.

③ 분필에서는 시료 반점이 계속해서 꼬리를 끌면서 나타났기(tailing현상) 때문에 질성분석과 지방분석을 하기가 곤란했다.

**설문조사 결과 및 고찰**

본 연구에서 개발된 실험 키트에 대한 효과를 살펴보기 위하여, 교사 A, B 집단(A집단: 과학교사, B집단: 비과학 교사)과 학생 C, D 집단(C집단: 영재반 학생, D집단: 일반 중학생)을 상대로 앞서 내용의 실험을 실시하고, 설문조사를 실시하였다. 설문조사 결과를 내용별로 넷으로 나누었고, 각각의 질문 내용과 함께 결과를 퍼센트(%)로 나타내었으며, 각 결과마다 간단한 고찰을 하였다. 앞서 실험부분에서 이미 언급하였지만, 네 집단의 성격이 서로 다르므로 각 설문내용을 아래와 같이 크게 넷으로 분류하였고, 따라서 각 설문마다 각 집단이 답한 것은 아니므로 해당 질문을 실시한 집단의 결과만을 표에 실었다.

(1) 크로마토그래피 실험 경험

1) 이때까지 어떤 종류의 크로마토그래피 실험을 하였습니까? (하나 이상도 표시 가능함.)

	① 종이	② 분필	③ 얇은막	④ 컬럼	⑤ 기타
A집단	38.8%	36.2%	13.8%	10.3%	0.9%
C집단	53.8%	30.8%	0%	0%	15.4%

A집단과 C집단은 이전에 크로마토그래피 실험을 해본 경험이 있는 집단으로써 주로 종이와 분필을 이용한

실험이 많았음을 알 수 있었다. 특히 과학교사들은 앞은 막과 컬럼 크로마토그래피의 경험이 있는 경우가 각각 10% 이상이었다.

문 2) 크로마토그래피에 관련된 실험을 하신 적이 있다면 어느 신분일 때 하였습니까?

	① 중학생, 고등학생	② 대학생, 대학원생	③ 교사, 연수생	④ 시도교사	⑤ 없다
B집단	5.8%	3.8%	9.6%	3.8%	77.0%

B집단은 환경 또는 공통과학 연수 과정에 참여하신 교사들인데 크로마토그래피에 관련된 실험은 이번 실험이 처음인 분이 많음을 알 수 있었다.

문 3) 크로마토그래피에 대해서 들은 적이 있습니까?

	① 초등학교	② 평소에 읽은 책	③ 대중매체	④ 중학교 수업시간	⑤ 없다
D집단	7.7%	2.6%	2.6%	76.9%	10.2%

D집단은 일반 중학교 학생들의 집단으로써 크로마토그래피에 대한 경험으로는 중학교 과학 수업시간에 경험한 학생이 가장 많음을 알 수 있었다. D집단의 대다수는 본 실험을 적용하기 불과 수주 전에 종이 크로마토그래피 실험을 실시하였지만 약 10%의 학생들이 기익을 하지 못하였다.

## 2. 크로마토그래피의 원리 이해

문 1) 지금까지 흔히 사용했던 종이 크로마토그래피 실험 등을 통하여 크로마토그래피의 원리를 명확하게 이해할 수 있었습니까?

	① 아주 그렇다	② 그렇다	③ 보통이다	④ 아니다	⑤ 아주 아니다
A집단	5.2%	48.3%	34.5%	10.3%	1.7%
C집단	7.7%	7.7%	53.8%	15.4%	15.4%

1번 문항에서와 같이 주로 이용했던 종이 크로마토그래피 실험을 통하여서 A집단은 어느 정도 크로마토그래피의 원리를 이해할 수 있는 것 같았다. 하지만 C집단은 이해하지 못한 학생이 조금더 많음을 알 수 있었다. 그러나 원리를 이해한다고 답한 과학교사나 학생들에게 본인이 알고있는 크로마토그래피의 원리를 묻은 결과, 대다수가 원리를 제대로 이해하지 못하고 있었고, 오히려 크로마토그래피의 원리를 크로마토그래피의 일반 원리로 잘못이해하고 있었다.

문 2) 크로마토그래피에 대해서는 어느 정도로 알고 있었습니까?

	① 아주 잘 안다	② 조금 안다	③ 보통이다	④ 모른다	⑤ 전혀 모른다
B집단	0%	21.2%	25.0%	26.9%	26.9%

B집단의 경우 크로마토그래피 자체에 대해서 모르고 있는 경우가 많음을 알 수 있었다.

3. 실험후 크로마토그래피를 이용한 혼합물 분리의 원리 이해

문 1) 종이나 분필 크로마토그래피에 비해서 TLC나 스포이드 크로마토그래피를 사용하는 것이 효과적으로 크로마토그래피의 원리를 설명할 수 있다고 생각하십니까?(본 연구에서는 실험시간이 3시간 정도로 비교적 여유가 있었기에 TLC 이외에 스포이드 크로마토그래피도 함께 실험을 실시하였다. 하지만 스포이드 크로마토그래피는 크로마토그래피에 의한 정성분석이나 정량 분석이 목적이 아니라 혼합시료를 순수한 각 성분으로 분리하는 것이 주된 목적이며, 실제 실험시간이 제한적인 중학교에서 TLC 이외에 스포이드 크로마토그래피 까지 동시에 실시·적용하기에는 힘든 것이다. 이러한 이유와 본 연구논문에서 스포이드 크로마토그래피 내용을 동시에 기술하기에는 분량이 너무 많아지므로 스포이드 크로마토그래피 부분은 차후 결과를 정리해서 논문으로 발표할 예정이며, 참고를 위하여 본 연구에서는 스포이드 크로마토그래피를 포함한 내용을 실문에 실었다.)

	① 아주 그렇다	② 그렇다	③ 보통이다	④ 아니다	⑤ 아주 아니다
A집단	20.7%	51.7%	19.0%	8.6%	0%
C집단	23.1%	38.4%	30.8%	7.7%	0%

A집단과 C집단은 이전에 종이와 분필 크로마토그래피의 실험경험이 있는 집단으로 여러 크로마토그래피 실험을 해본 결과 앞은막 크로마토그래피와 스포이드 크로마토그래피(본 실험과 함께 실시하였음)가 이전에 많이 사용했던 종이나 분필을 이용한 크로마토그래피 보다 효과적으로 원리를 설명할 수 있다고 생각함을 알 수 있었다.

문 2) 종이 크로마토그래피, 스포이드 크로마토그래피, TLC 중 크로마토그래피를 이용한 혼합물 분리 원



리를 이해하기에 가장 적합한 것은 무엇이었습니까?

	1 종이	2 스포이드	3 TLC	4 모두 쉬웠다	5 모두 어려웠다
D집단	25.6%	25.6%	32.2%	3.8%	12.8%

본 연구를 적용하기 직전에 정규 수업시간에 종이 크로마토그래피 실험을 실시한 바 있는 D집단의 경우도 크로마토그래피를 이용한 혼합물 분리 원리를 이해하기에 가장 적합하다고 생각되는 것으로 얇은막 크로마토그래피가 가장 많았으며 종이와 스포이드를 이용한 크로마토그래피 실험도 상당수 있음을 알 수 있다.

문 3) 본 실험의 실험과정 및 방법이 종이 크로마토그래피보다 알기 쉽고, 체계적입니까?

	1 아주 그렇다	2 그렇다	3 보통이다	4 아니다	5 아주 아니다
A집단	1.7%	63.8%	29.3%	3.5%	1.7%

종이 크로마토그래피에 많은 경험이 있는 과학교사 집단인 A집단은 본 실험의 실험과정 및 방법이 종이 크로마토그래피보다 알기 쉽고, 체계적이라고 생각함을 알 수 있었다.

문 4) 본 실험을 통하여 크로마토그래피의 원리를 어느 정도 명확하게 알 수 있었습니까?

	1 아주 잘 이해했다	2 잘 이해했다	3 보통이다	4 이해 못했나	5 전혀 이해 못했나
B집단	13.5%	42.3%	40.4%	3.8%	0%

크로마토그래피 실험을 처음 경험하는 사람들이 대부분인 B집단의 경우 본 실험을 통하여 크로마토그래피의 원리를 어느 정도 명확하게 이해했음을 알 수 있었다.

문 5) TLC 실험을 통해 어느 정도 TLC에 대해 알게 되었습니까?

	1 예를 들어 설명 가능	2 설명만 가능	3 알지만 설명은 못함	4 설명 들으면 알	5 전혀 모름
D집단	2.6%	35.9%	23.0%	32.2%	6.3%

D집단은 일반 중학생으로 본 실험을 통하여 TLC에 대해 설명할 수 있는 학생이 많았고, 2/3 정도의 학생이 TLC 실험을 어느 정도는 이해하고 있음을 알 수 있었다.

4. 실험 후 본 실험의 교과 또는 심화과정에서의 도입 여부  
 문 1) 만약 본 실험 전체 또는 일부를 중학교 과학 실

험에 도입한다면 어려움 없이 실험할 수 있다고 생각하십니까?

	1 아주 그렇다	2 그렇다	3 보통이다	4 아니다	5 아주 아니다
A집단	3.5%	56.9%	22.4%	15.5%	1.7%
B집단	1.9%	46.2%	25.0%	23.1%	3.8%
C집단	0%	23.1%	69.2%	7.7%	0%

본 실험 전체 또는 일부를 중학교 과학 실험에 도입한다고 했을 때 교사집단인 A와 B집단의 절반 정도가 어려움 없이 실험할 수 있다고 대답했다. 하지만 경북대학교 과학영재반 학생인 C집단은 긍정적인 답변도 많았지만 보통이라는 의견이 대다수였다.

문 2) 만약 본 실험 전체 또는 일부를 중학교 학생들이 실험을 한다면 위험이 없고, 안전하다고 판단하십니까?

	1 아주 그렇다	2 그렇다	3 보통이다	4 아니다	5 아주 아니다
A집단	5.2%	46.6%	37.9%	10.3%	0%
B집단	7.7%	51.9%	23.1%	13.5%	3.8%
C집단	15.4%	23.1%	53.8%	7.7%	0%

안전성에 있어서도 중학교 학생들이 실험을 할 때 위험이 없고, 안전하게 실험을 행할 수 있을 것이라는 대답이 많음을 알 수 있었다.

문 3) 중학교 과학 실험에 크로마토그래피 관련 실험을 도입한다면 어떤 종류의 크로마토그래피 실험을 하는 것이 학생들에게 크로마토그래피의 원리를 효과적으로 설명할 수 있다고 생각하십니까? (하나만 표시해주세요.)

	1 종이	2 부분	3 얇은막	4 스포이드	5 기타
A집단	6.9%	5.2%	63.8%	24.1%	0%
B집단	25.0%	3.8%	61.6%	9.6%	0%
C집단	15.4%	15.4%	30.8%	38.4%	0%

중학교 과학 실험에 크로마토그래피 관련 실험을 도입한다면 가장 좋은 실험으로 간단하면서도 정성분석과 정량분석을 동시에 행할 수 있는 얇은막 크로마토그래피 실험이 가장 많음을 알 수 있었다. 특히 과학교사들의 경우 대부분이 얇은막 크로마토그래피 실험을 선호하는 것을 확인할 수 있었다.

### 얇은 막 크로마토그래피 실험에 대한 전반적인 고찰

본 연구에서 행한 TLC실험은 중학교 실험실에서 행하기에는 용매냄새, TLC판의 비용 등의 문제점이 있어 보이지만 실제로는 이전에 주로 이용하였던 종이 크로마토그래피나 분필 크로마토그래피에 비해 별 어려움이 없다. 먼저 전개용매로 사용된 ethyl alcohol과 ethyl acetate는 그다지 해로운 유기용매가 아니고, 물에 비해 실험시간을 단축시켜 준다. 따라서 실험 시간도 짧고, 실험을 할 때 뚜껑을 덮은 채로 용매를 전개시키므로 용매냄새는 별 문제가 되지 않을 것이다. 다만 전개시킨 TLC판을 산(HCl, 2N)과 염기(NaOH, 2N)에 넣어서 색깔 변화를 관찰하는 실험에서 학생들의 피부나 옷에 묽은 산 또는 염기용액이 닿지 않도록 주의해야 한다. 하지만 이 과정에서 산, 염기를 더 묽게도 좋으며, 또한 당당산 생님의 지도 하에 실험이 이루어진다면 별 어려움이 없을 것이다. 그리고 TLC판의 가격도 가로 20 cm, 세로 20 cm 크기의 원판 25장이 10만원 정도이므로 1년에 10개 학급을 실험하여도 원판을 질라서 사용하면, 2-3장이면 되므로 특별 주문한 거류종이 가격보다 비싸지 않다.

실험 전에 미리 TLC판을 질라두고, 시료와 용매가 준비되어 있으면, 실험 시간도 현재의 종이 크로마토그래피 실험과 별로 차이가 없다. (TLC 실험 5가지에 소모된 시간: 20~30분)

반약 TLC에 전개된 각 물질의 이동상상을 보편적인 화합물의 확인 방법으로 사용하는 UV-lamp를 이용하여 확인한다면, 보다 효과적인 실험 교육이 될 것이다. 이때 개당 약 20만원 정도하는 UV-lamp(기의 영구적으로 사용 가능함)를 1-2개만 준비하여 각 조마다 돌아가며 TLC의 이동거리를 확인하도록 하면(확인 시간은 10-20초 이내임) 학생들이 보다 큰 흥미를 갖게 되는 효과도 있게 된다.

본 실험을 하고 난 뒤에 실시한 설문조사를 종합해 본 결과 이전에 행했던 종이나 분필을 이용한 크로마토그래피 실험보다 본 실험을 통해 크로마토그래피의 원리를 더욱 효과적으로 이해할 수 있음을 확인하였다. 또한 많은 중학생들이 본 실험을 재미있어 하였으며, 실험에 참여한 제1단 모두 크로마토그래피와 관련된 중학교 과학 실험에 얇은막 크로마토그래피의 도입을 원하였다.

## 결 론

연구실에서 많이 사용되는 얇은막 크로마토그래피

(TLC)를 이용하여 중학교 과학 실험에 효과적으로 도입할 수 있는 시료와 용매 등으로 구성된 얇은막 크로마토그래피실험 키트를 개발하였다. 시료로는 UV 램프 도움없이도 확연히 색을 띠며, 산과 염기 용액에 담그었을 때 색 변화를 일으키는 산-염기 지시약들을 사용하였고, 전개용매는 전개속도가 빠르면서 인체에 해가 적은 EtOH와 EA의 1:4 혼합용액을 사용하였다. 이들 TLC 키트를 이용하여 크로마토그래피의 원리를 보다 효과적으로 설명할 수 있었고, 크로마토그래피를 통한 정성분석과 정량분석 요령을 숙지시킬 수 있었다.

본 실험 키트를 사용하여 여러 대상으로 실험을 해보고 난 뒤에 설문을 조사한 결과 이전에 행하였던 종이나 분필 크로마토그래피에 비해서 얇은막 크로마토그래피를 사용해서 실험을 하는 것이 크로마토그래피의 원리를 보다 효과적으로 설명할 수 있고, 더욱 체계적이었음을 확인할 수 있었다. 또한 중학교 과학 실험에 본 실험이 도입되기를 많은 사람들이 희망하였고, 위험이나 안전문제도 별 문제가 없음을 확인하였다. 중학교 과학실험에 가장 적절할 크로마토그래피 실험으로는 얇은막 크로마토그래피라는 의견이 가장 많았다.

바뀌어진 7차 교육과정 중 중학교 교과서에서 크로마토그래피 내용이 없어졌지만 심화 학습과정으로 본 실험이 도입되어 우리나라 중학생들이 크로마토그래피에 대한 정확한 원리 등을 보다 쉽게 숙지할 수 있게 될 기대한다.

본 논문 내용 중 일반 중학생들의 실험적용과 설문조사에 도움을 주신 대구 제일여자중학교 박주영 선생님께 감사드립니다. 이 논문은 2000년도 경북대학교의 연구비에 의하여 연구되었음.

## 인 용 문 헌

- 이돈희 외, 교육과정 2000연구 개발 - 초·중등학교 교육과정 체제 구조안, 한국교육개발원, 1996.
- 유준희 외, 제7차 교육과정 개정에 따른 과학과 수준별 교육과정 적용방안과 교수-학습 자료 개발 연구, 한국교육과정평가원, 1998.
- 류재정, 화학교육 1998, 25, 196-206.
- 이대운, 크로마토그래피, 대우학술총서 72, 민음사, 서울, 1991, p. 16.
- 김경래, 기체크로마토그래피, 자유아카데미, 서울, 2000, p 7.
- Robard, K; Haddad, P.R.; Jackson, P.E. Principles and

- Practice of Modern Chromatographic Methods; Academic Press; San Diego, USA, 1994, p 9.
7. Braithwaite, A. Chromatographic Methods, 5th ed., Blackie Academic & Professional, 1996, p 40.
8. The Merck Index; Susan Budavari, MERCK & CO., Inc., NJ, USA, 1996, p 1468.
-