

방향족 술폰산들의 역상 이온쌍 크로마토그래피

姜三祐 · 吳海範* · 李承錫

한남대학교 이공학부 화학과

*전주우석대학 이학부 화학과

(1985. 10. 15 접수)

Reversed-Phase Ion-Pair Chromatography of Aromatic Sulfonic Acids

Sam-Woo Kang, Hae-Beom Oh*, and Seung-Seok Lee

Department of Chemistry, Han Nam College, Tae-Jon 300, Korea

*Department of Chemistry, Jeonju Woo Seok College, Wanju 520-75, Korea

(Received October 15, 1985)

요 약. 알킬처리된 실리카(ODS)칼럼을 이용하여 역상 이온쌍 크로마토그래피 방법으로 방향족 술폰산들의 분리 인자를 조사하였으며 또한 분리를 시도하였다. 반대이온으로서 브롬화 도데실 트리메틸암모늄(DTAB)을 사용하였으며, 시료의 분리인자는 반대이온의 농도, 메탄올의 농도, 전해질의 종류 및 농도, 시료 분자에 붙어있는 작용기의 종류 및 위치등에 의하여 영향을 받았다. 최적 조건하에서 몇 가지 혼합시료를 분리할 수 있었다.

ABSTRACT. Dodecyltrimethylammonium bromide (DTAB) was examined as a counter-ion in the separation of aromatic sulfonic acids on alkylmodified silica (ODS) column by reversed-phase ion-pair chromatography. The capacity factor of acids was investigated and separation was attempted. The capacity factor of samples was influenced by the several factors such as a concentration of counter-ion, concentration of methanol, kinds and concentration of electrolyte in mobile phase as well as kinds and position of functional group in samples. Some mixtures of samples were able to be separated under optimum condition.

1. 서 론

크로마토그래피법을 이용하여 양이온 또는 음이온의 혼합물을 분리하는데 있어서 1973년 G. Schill^{1,2}과 공동연구자들에 의해 발표된 이온쌍 크로마토그래피(IPC)법이 새로운 방법으로 연구가 활발히 진행되고 있다. 이온성 물질을 분리하는데 과거 많이 사용되었던 이온교환 크로마토그래피법은 HPLC에 있어서는 칼럼의 효율이 떨어지고 재현성이 떨어지며 칼럼이 불안정하고 또한 시료의 종류에 따라 선택할 수 있는 충전 물질이 한정되어 있다는 단점이 있다³.

IPC 방법은 칼럼에 분리하고자하는 시료와 이

온쌍을 형성할 수 있는 반대이온을 시료에 따라 다양하게 선택함으로써 칼럼의 효율을 증가시킬 수 있을뿐 아니라 이동상의 분리조건을 용이하게 변화시킬 수 있으므로 이온성 시료의 분리에 널리 이용되고 있다. 뿐만아니라 자외선이나 가시광선등을 흡수하지 않는 시료들까지도 자외선이나 가시광선에 대한 물흡광계수가 큰 반대이온을 첨가하여 분광학적인 검출기를 사용해서 간접적으로 시료를 검출할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이러한 장점을 이용한 여러가지 물질의 IPC에 관한 연구 결과가 최근 여러편이 보고되고 있다⁴⁻⁶.

IPC에는 정상크로마토그래피법과 역상 크로마토그래피법이 있는데 조작성의 어려움, 칼럼의 안정성등을 고려하여 역상 크로마토그래피법이 많이 이용되고 있다. 역상 크로마토그래피법은 polystyrenedivinybenzene 공중합체나 알킬 처리한 실리카(alkyl-modified silica)를 고정상으로 주로 사용하고 있으며 머무름기구는 반대이온에 따라 ion-pair model과 ion-interaction model이 있는 것으로 알려졌다. IPC에 관계되는 연구 보고들을 간단히 살펴보면 Knox⁷ 등은 cetyltrimethylammonium 이온을 반대이온으로 첨가하여 염료등의 머무름에 미치는 영향을 조사하여 유기 이온성물질들의 분리에 유용하게 이용할 수 있음을 밝혔으며 Kraak⁸ 등도 citrate 이온을 첨가해서 전기전도도 검출기를 이용하여 아미노산을 분리해 냈다. 또한 Riley⁹ 등도 C₁₈ bonded phase 칼럼으로 alkylsulfonates를 반대이온으로 사용하여 생체속에 있는 Tryptophan과 대사물질등을 분리하고 이방법을surfactant ion-pair chromatography라 칭하였으며 비슷한 연구 결과들이 여러가지 명칭으로 보고되었다¹⁰⁻¹². Knox와 Hartwick¹³은 아민류, 알콜류, 산 등을 alkylsulfates 반대이온으로 분리해냈으며 Pietrzyk^{14, 15} 등은 여러가지의 R₄N⁺ 반대이온을 사용하여 무기 및 유기음이온의 머무름에 미치는 영향을 조사하면서 이들의 머무름기구는 알킬기의 탄소수가 작을때는 ion-pair model을 따르며 알킬기의 탄소수가 많은 R₄N⁺ 이온을 사용할 때는 ion-interaction model에 따른다고 보고하였다. Bidlingmeyer¹⁶ 등이 최근에 cetylpyridinium 반대이온을 사용하여 alkylsulfonates의 분리에서 ionic strength가 미치는 영향을 중점적으로 연구하였으며 그 외에 다른 연구보고가 계속 발표되고 있다¹⁷⁻¹⁹.

본 연구는 알킬처리한 실리카 칼럼의 일종인 Partisil ODS를 이용하여 DTAB를 반대이온으로 첨가해서 방향족 술폰산류의 효과적인 분리를 하기 위해 분리인자에 영향을 미치는 여러가지 조건을 조사하였고 이를 토대로 최적조건에서 몇가지 시료 혼합물을 분석한 결과 효과적인 분리를 할 수 있었다.

2. 실험

2.1. 측정기기. 본 실험에서 사용한 고성능 액체크로마토그래피장치는 영국의 Pye-Unicam 회사 제품으로 펌프는 PU 4010, 검출기는 PU 4020 분광광도 검출기, 기록기는 CDP 4 computing 기록기를 사용하였다. 또한 시료 injector는 20 μ l rotary valve injector를 사용하였다.

2.2. 칼럼. 본 실험에서 사용한 칼럼은 실리카에 octadecyl기를 결합시킨 bonded phase 칼럼의 일종으로 직경이 10 μ m인 입자를 길이 25cm 내경이 0.5cm인 스테인레스 관에 고압으로 충전시킨 partisil ODS 칼럼을 사용하였다.

2.3. 시약. DTAB는 Tokyo Kasei 회사 제품으로 G.R 등급을 사용하였으며 기타 시약들도 Tokyo Kasei, Aldrich 및 B.D.H 회사의 G.R 내지 특급 시약을 정제하지 않고 사용하였다. 유기용매로 사용한 메탄올은 크로마토그래피용을 사용하였고 증류수는 이차 증류하여 양이온 및 음이온 교환수지에 통과시킨 탈 이온수를 사용하였다.

2.4. 실험방법.

(1) 용액조제. 이동상은 MeOH, H₂O, DTAB 및 전해질등을 주어진 조건에따라 일정한 농도로 만든 다음, ultrasonic bath에서 용액속에 녹아있는 공기를 제거하고 0.45 μ m millipore 여과지로 여과하여 사용하였다.

(2) 실험절차. 시료를 주입하기전 반대이온, DTAB를 포함한 이동상을 칼럼에 통과시켜 반대이온이 이동상과 칼럼 사이에 평형이 되게 하였다. 완전히 평형을 이루도록 통과전의 이동상과 통과된 후의 이동상이 RI 검출기에 대한 response가 같을때까지 통과시켰다. 완전히 평형이 이루어졌을때 각시료의 머무름 시간이 일정하였고 바탕선이 안정하였다. 이동상의 유속은 1.0 ml/min.으로 고정하였고 모든 시료는 254nm에서 측정하였다. 시료는 몰흡광계수에 따라 1.0 \times 10⁻⁵M에서 1.0 \times 10⁻³M의 농도로하여 20 μ l 양을 주입하였다. 시료의 머무름 정도를 알아보기 위하여 다음식에 의하여 분리인자(K')를 계산하였다.

$$K' = \frac{V_R - V_0}{V_0}$$

V_R : retention volume

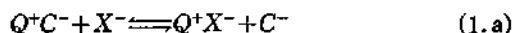
V_0 : void volume

그리고 혼합시료의 분리는 위에서 계산한 K' 값을 토대로 분리에 알맞는 조건을 선택하여 몇 가지 가능한 혼합시료의 분리를 시도하였다.

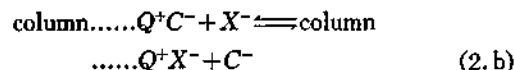
3. 결과 및 고찰

이온쌍을 이용한 역상크로마토그래피법은 고정상으로 소수성 흡착제를 사용하여 분리하고자 하는 시료와 이온쌍을 형성할 수 있는 반대이온을 극성인 이동상에 첨가하여 칼럼에 통과시키면서 시료를 주입하면 이온쌍 내지 정전기적 인력으로 고정상과 이동상 사이에 분배가 일어나는 과정에서 분리가 된다. 그러므로 반대이온의 종류와 농도에 따라 다양하게 선택 분리할 수 있다. 따라서 적절한 분리 크로마토그램을 얻기 위해서는 여러가지 실험조건에서 capacity factor를 구해 비교해야 한다.

한편 최근에 관심의 대상이 되고 있는 머무름 기구는 ion-pair model과 ion-interaction model이 있다. 먼저 ion-pair model은 시료이온과 반대이온이 먼저 이온쌍을 형성하고 전기적 중성이 된 후 칼럼에 흡착된다는 학설로 이것은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있으며 IPC를 이용한 초기의 연구들은 이 모델로 설명하였다⁹⁻¹².



여기서 Q^+ 는 반대이온, C^- 는 co-anion, X^- 는 시료이온이다. 여기에 대응하는 학설로는 반대이온이 칼럼에 먼저 흡착되고 시료이온이 co-anion과 이온교환이 일어나서 전기적 이중층을 형성한다는 ion-interaction model로 (2)식으로 나타낼 수 있다.



이러한 두가지 모델이 서로 경쟁적으로 이루어

지고 있지만 일반적으로 반대이온의 소수성이 강할수록 ion-interaction model 쪽으로 기울고 소수성이 작은 알킬기의 반대이온을 사용할 경우에 ion-pair model 쪽으로 기울는 것으로 알려져 있다^{14,15}.

본 실험에서 사용한 DTA⁺ 이온은 도데실기가 존재하여 소수성이 강하므로 ion-interaction model 쪽으로 기울다고 할 수 있다. 또하나의 증거로 머무름기구가 ion-pair model 쪽으로 우세하게 진행된다면 먼저 시료와 반대이온이 이온쌍을 형성하므로 반대이온을 넣은 이동상을 칼럼에 오랫동안 통과시킬 필요가 없으며 따라서 분리인자도 이동상을 통과시킨 시간에 따라 변하지 않아야 할 것이다. 그러나 실험결과는 이동상의 조건에 따라 약간 차이가 있었지만은 36~45시간동안 통과시킬 때까지는 분리인자가 계속 증가하였고 그 이후에는 거의 일정하였다. 이것은 반대이온과 칼럼사이에 (2.a)식의 반응이 진행하기 위해 많은 시간이 소요되었고 완전히 평형이 이루어질 때까지 분리인자가 증가하였다고 볼 수 있다. 그러므로 본 실험의 머무름기구는 ion-interaction model 쪽이 더 우세하다고 할 수 있다.

(1) 반대이온의 농도. 슬폰산 이온들의 머무름에 미치는 영향을 조사하기 위해서 40% 메탄올용액과 60% 메탄올용액하에서 DTAB를 첨가하지 않았을 때와 DTAB의 농도를 변화시키면서 측정된 분리인자가 Table 1에 나타나 있다.

반대이온인 DTAB가 없을때의 분리인자가 모두 0으로 나타났는데 슬폰산류의 pK_a 값이 1 정도의 강산이기 때문에²⁰ 용액속에서 모두 전리하므로 소수성인 ODS column에 전혀 흡착이 일어나지 않는다고 볼 수 있다.

반대이온의 농도가 증가하면 분리인자가 증가함을 볼 수 있는데 이것은 DTA⁺ 이온과 시료이온사이에 ion-interaction이 활발히 진행되어 칼럼에 머무름이 증가하기 때문이라고 설명할 수 있다. Naphthalenedisulfonic acid의 경우는 반대이온의 농도가 아주 묽을때는 분리인자가 작다가 농도가 진해지면 급격히 커지는 것을 볼 수 있는데 이것은 농도가 묽을때는 반대이온과

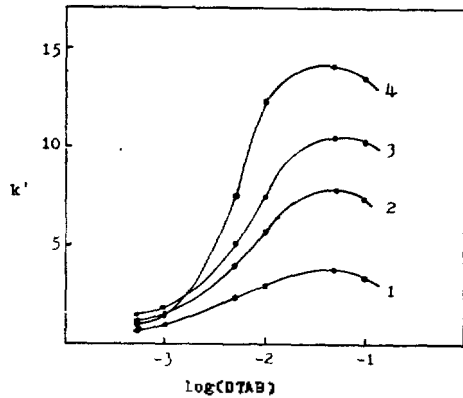


Fig. 1. Effect of DTAB concentration on the retention of aromatic acids. 1; BSA. 2; 1-Naphthalene SA. 3; 1-Naphthol-8-SA. 4; Naphthalene-1,5-diSA. Mobile phase: 60% MeOH and added DTAB.

시료이온 사이에 평형을 이루지 못해서 머무름 시간이 짧지만, 농도가 커져서 완전한 평형이 이루어지면 시료들의 정전기적인력이 작용할 수 있는 자리가 2개이므로 반대이온과 강한 인력이 작용하여 머무름시간이 급격히 증가한다고 할 수 있다.

그러나 60% 메탄올 용액하에서 반대 이온의 농도가 $5.0 \times 10^{-2}M$ 이상으로 진해지면 분리인자

가 오히려 감소하는 것을 Fig. 1에서 볼 수 있는데, 이것은 반대이온을 첨가할 때 필연적으로 들어가는 co-anion의 농도가 증가되므로 $5.0 \times 10^{-2}M$ 농도이상에서는 DTA^+ 이온의 농도보다 co-anion(Br^-) 농도의 영향을 더 많이 받기 때문이다. 40% 메탄올 이동상하에서는 분리인자가 계속 증가하고 극대값이 나타나지 않았으나 DTAB의 농도를 더 진하게 하면 극대값이 나타날 것으로 생각된다.

(2) 메탄올의 농도. $1.0 \times 10^{-3}M$ DTAB 용액하에서 MeOH의 농도가 40% 일때와 60% 일때의 분리인자를 비교해보면 40% 메탄올 용액하에서 현저히 큰 값을 알 수 있다. 이것은 메탄올의 농도가 감소할수록 이동상의 solvent strength가 감소되어 유기시료가 이동상에 대하여 배향하려는 힘이 작아지기 때문이다. 이와같은 이유로해서 메탄올의 농도를 20%로 만들어 실험해 보았으나 시료의 분리인자 가너무커서 측정하기 어려웠다.

(3) 시료에 붙어있는 작용기의 종류. 작용기가 머무름에 미치는 영향을 Table 1에서 알아보면, $1.0 \times 10^{-3}M$ 의 DTAB, 40% MeOH 이동상하에서 Benzenesulfonic acid < $P-CH_3$ Benz-

Table 1. Capacity factor of aromatic sulfonates on the Partisil ODS column as a function of the concentration of DTAB

Compound	Concentration of DTAB(mM) in 40% MeOH						Concentration, of DTAB(mM) in 60% MeOH						
	0	0.2	0.5	1.0	5.0	10	0	0.5	1.0	5.0	10	50	100
BSA	0	1.27	2.64	5.36	10.82	15.18	0	0.73	1.00	2.36	3.00	4.00	3.36
P-Cl BSA	0	2.82	5.09	11.27	24.73	L	0	1.09	1.27	3.45	4.45	5.91	5.55
m-NO ₂ BSA	0	1.55	3.45	6.73	14.45	21.09	0	0.91	1.09	2.64	3.55	4.29	3.73
P-CH ₃ BSA	0	2.18	3.91	7.09	15.55	23.00	0	1.00	1.09	2.91	3.73	4.55	4.45
P-C ₂ H ₅ BSA	0	3.00	6.27	12.09	29.64	L	0	1.23	1.55	3.64	5.00	7.36	6.82
1-Naphthol-4-SA	0	2.18	4.64	8.27	21.55	L	0	1.00	1.14	2.77	3.91	1.45	4.27
1-Naphthol-5-SA	0	1.55	3.64	6.64	17.36	29.73	0	0.82	1.00	2.45	3.09	3.64	3.45
1-Naphthol-8-SA	0	5.64	9.27	26.27	L	L	0	1.45	1.86	5.09	7.45	10.45	10.09
Tobias acid	0	2.73	7.18	12.09	35.36	L	0	1.18	1.45	3.73	5.36	7.27	7.09
Sulfosalicylic acid	0	2.91	16.36	37.27	L	L	0	1.45	2.00	10.55			
1-Naphthalene SA	0	3.36	7.91	14.91	39.00	L	0	1.18	1.64	3.91	5.82	7.73	7.27
Naphthalene-1,5-diSA	0	1.64	14.55	34.64	L	L	0	1.00	1.45	7.41	12.36	14.00	13.36
Naphthalene-2,7-diSA	0	2.00	13.82	31.00	L	L	0	1.09	1.45	7.18	11.55	12.91	12.73

BSA: Benzenesulfonic acid SA: Sulfonic acid L: very large value.

enesulfonic acid < P-Cl benzenesulfonic acid < P-C₂H₅ benzenesulfonic acid의 순으로 분리인자가 증가함을 볼 수 있다. 이것은 작용기가 소수성이 증가할 수록 칼럼과 시료간의 상호 인력이 증가하여 칼럼에 배향하려는 성질이 커지기 때문이라고 생각된다. 이와 반대로 친수성이 증가하면 시료와 이동상간의 상호 인력으로 오히려 분리인자가 작아질 것으로 생각된다. 그 예로 1-Naphthylsulfonic acid 보다 1-Naphthol-4-sulfonic acid의 분리인자가 작은 것을 알 수 있는데, 그 원인은 DTA⁺ 반대이온은 이온화된 슬폰산기와 정전기적 인력이 작용하나 반대쪽의 수산기는 이동상의 MeOH, H₂O와 수소결합을 형성하여 극성을 띤 이동상에 배향하려는 힘으로 작용하기 때문이다. 이온화가 잘되는 슬폰산기가 두개씩 존재하는 Naphthalenedisulfonic acid의 경우 DTA⁺ 이온과 정전기적 인력으로 결합할 수 있는 위치가 2개나 되므로 그만큼 ion-interaction이 강하게 작용하여 머무름 정도가 아주 큼을 알 수 있다.

(4) 시료에 붙어있는 작용기의 위치, 세가지 이성질체의 Naphtholsulfonic acid들의 분리인자를 같은 조건하에서 비교해보면 1-Naphthol-5-sulfonic acid < 1-Naphthol-4-sulfonic acid < 1-Naphthol-8-sulfonic acid의 순으로 증가함을 알 수 있다. 그 이유는 1-Naphthol-8-sulfonic acid의 경우와 같이 수산기가 슬폰산기와 가까이 있으면 슬폰산이온이 DTA⁺ 이온과 ion-interaction을 일으킬때 수산기도 극성을 띠므로 DTA⁺ ion과 정전기적 인력을 강하게 하고 또한 분자내의 소수성인 부분이 아주 크기 때문에 칼럼에 배향하려는 성질이 커지므로 분리인자가 크다. 이와반대로 슬폰산기와 수산기가 멀리 떨어져질수록 슬폰산 이온의 DTA⁺ 이온에 대한 정전기적 인력에 대하여 반대편에 위치한 수산기는 극성인 이동상과의 상호작용에 의해 분리인자가 작아진다고 할 수 있다.

이와같은 결과로 보아서 작용기가 소수성이면 위의 현상과 정반대로 슬폰산기와 멀리 떨어져 있을수록 분리인자가 증가할 것으로 생각된다.

(5) 이동상에 첨가한 co-anion 종류와 농도,

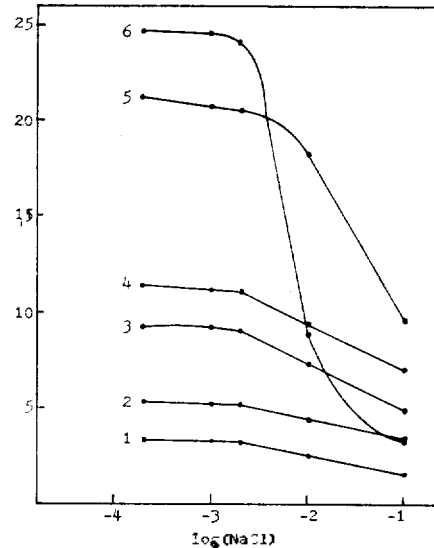


Fig. 2. Effect of ionic strength in mobile phase on the retention of aromatic sulfonic acids. 1; BSA. 2; 1-Naphthol-5-SA. 3; *p*-EthylBSA. 4; 1-Naphthalene SA. 5; 1-Naphthol-8-SA. 6; Naphthalene-2,7-diSA. Mobile phase: 40% MeOH(v/v), 1.0×10^{-3} M DTAB and added NaCl.

Table 2. Retention of aromatic sulfonic acids on the Partisil ODS column as a function of kinds of electrolyte in mobile phase

Compound	Capacity factor at various electrolytes, 0.1M		
	NaCl	NaBr	Na ₂ SO ₄
BSA	1.82	1.73	1.55
<i>m</i> -NO ₂ BSA	2.64	2.36	2.09
P-CH ₃ BSA	2.73	2.73	2.36
P-C ₂ H ₅ BSA	4.91	4.64	3.91
1-Naphthalene SA	7.00	6.27	5.45
1-Naphthol-4-SA	4.27	3.91	3.55
1-Naphthol-8-SA	9.64	9.18	7.83
1-Naphthalene-1,5-diSA	3.18	3.09	2.00

Mobile Phase: 40% MeOH-H₂O (v/v) solvent mixture containing 1.0×10^{-3} M. DTAB.

이동상에 시료이온과 같은 전기를 띤 co-anion을 첨가하면 반대이온과 정전기적 인력이 생기므로 분리인자에 영향을 미칠것으로 기대할 수 있다. 그래서 이동상에 Cl⁻ 이온을 첨가하여 그 영향을 조사하였다. 이동상에 첨가한 Cl⁻ 이온의 농도에 따른 분리인자 값이 Fig. 2로 도시되

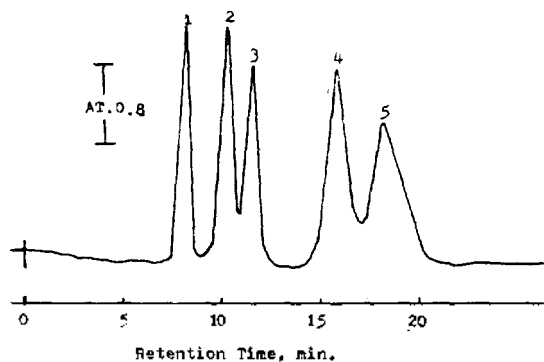


Fig. 3. Separation of BSA and its derivatives. 1; BSA. (0.7 μ g), 2; *m*-NitroBSA. (0.04 μ g). 3; *p*-MethylBSA. (0.8 μ g). 4; *p*-ChloroBSA. (1.9 μ g). 5; *p*-EthylBSA. (1.5 μ g). Mobile phase: 40% MeOH-H₂O(v/v) containing 1.0 $\times 10^{-3}$ M DTAB and 0.01M NaCl.

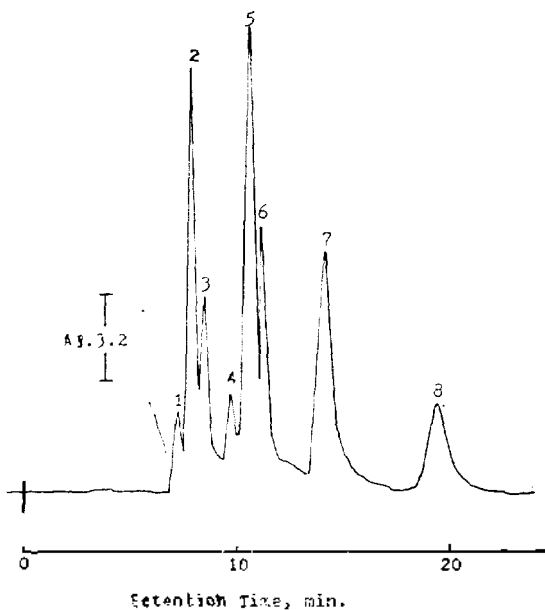


Fig. 5. Separation of aromatic sulfonic acids. 1; BSA. (1.4 μ g). 2; *m*-Nitro BSA. (0.2 μ g). 3; *p*-Methyl BSA. (3.0 μ g). 4; *p*-Chloro BSA. (3.4 μ g) 5; Tobias acid. (0.05 μ g). 6; 1-Naphthyl SA. (0.5 μ g). 7; 1-Naphthol-8-SA. (0.4 μ g). 8; Naphthalene-1.5-diSA (0.3 μ g). Mobile phase: 60%MeOH containing 5.0 $\times 10^{-3}$ M DTAB.

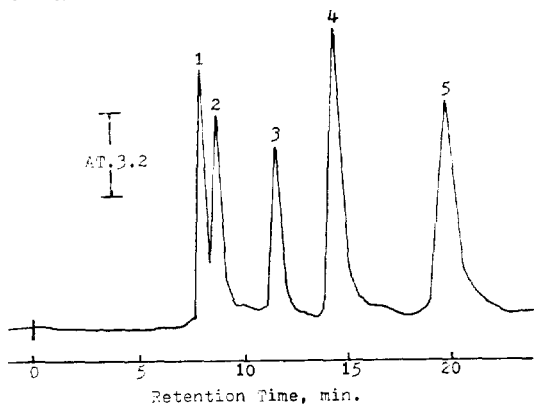


Fig. 4. Separation of NaphthaleneSA and its derivatives, 1; 1-Naphthol-5-SA (0.5 μ g). 2; 1-Naphthol-4SA. (2.0 μ g). 3; 1-NaphthylSA. (0.4 μ g). 4; 1-Naphthol-8-SA. (0.5 μ g) 5; Naphthalene-2.7-SA. (0.7 μ g). Mobil phase: 60% MeOH containing 5.0 $\times 10^{-3}$ M DTAB.

어 있다.

Cl⁻ 이온의 농도가 증가함에 따라 약간씩 감소하다가 2 $\times 10^{-3}$ M 이상으로 Cl⁻ 이온의 농도가 커지면 분리인자의 감소비율이 커짐을 볼 수 있다. 이것은 술폰산 이온과 반대이온사이에 정전기적 인력이 작용하여 칼럼에 흡착되는데 시료이온과 Cl⁻ 이온이 반대이온과 ion-interaction을 일으키려고 하는 경쟁효과(competing effect) 때문에 분리인자가 작아진다고 볼 수 있다. 그리고 Naphthalene-2.7-disulfonic acid는 2개의

산이므로 Cl⁻ 이온에 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 그리고 어떤 종류의 co-anion을 이온상에 첨가하느냐에 따라서 정전기적 인력이 달라지므로 capacity factor가 달라질 것으로 생각된다. Cl⁻, Br⁻ 및 SO₄²⁻ 이온등 3종의 co-anion을 첨가했을 때의 분리인자가 Table 2에 나타나 있다. Br⁻ 이온이 Cl⁻ 이온보다 시료와의 경쟁효과가 커서 Br⁻ 이온을 넣었을때 시료이온이 빨리 용출되었다. SO₄²⁻ 이온은 전하량이 Cl⁻ 이온이나 Br⁻ 이온보다 크기 때문에 시료이온에 대한 경쟁효과가 커서 분리인자가 더 작아졌음을 볼 수 있다.

3.1. 혼합시료의 분리

이상의 실험결과를 토대로 혼합시료를 분리할 수 있는 최적 조건을 조사해 본 결과 Benzene-sulfonic acid와 그 유도체들은 이동상의 조건이 1.0 $\times 10^{-3}$ M의 DTAB, 40% MeOH 및 0.01M NaCl 용액하에서였다. 이조건에서 5가지의 시

료혼합물을 분리한 chromatogram 이 Fig. 3에 나타나 있다. 한편 나프탈렌계 슬폰산류의 분리는 Fig. 4에서 볼 수 있듯이 60% MeOH, $5.0 \times 10^{-3}M$ DTAB 하에서 5가지 시료를 [가장 효과적으로 분리할 수 있었다, 그리고 전체적으로 가장 많은 화학종의 혼합물을 분리할 수 있는 조건은 Fig. 5에 나타난 바와 같이 60% MeOH, $5.0 \times 10^{-3}M$ 의 DTAB 이동상이었으며 이때 8종의 시료혼합물을 분리할 수 있었다.

인 용 문 헌

1. S. Eksborg and G. Schill, *Anal. Chem.*, **45**, 2092 (1973).
2. S. Eksborg, P.O. Lagerström, R. Modin and G. Schill, *J. Chromatogr.*, **83**, 99 (1973).
3. L.R. Snyder and J.J. Kirkland, "Introduction to modern liquid chromatography", 2nd. Ed., P454, Wiley, New York, 1970.
4. J.R. Larson and C.D. Pffelffer, *Anal. Chem.*, **55**, 393 (1983).
5. N. Parris, *J. Liquid Chromatogr.*, **3**, 1743 (1981).
6. S.W. Kang, *J. Korean. Chem. Soc.*, **29**, 365 (1985).
7. J.H. Knox and G.R. Laird, *J. Chromatogr.*, **122**, 17 (1976).
8. J.C. Kraak, K.M. Jonker and J.F.K. Huber, *J. Chromatogr.*, **142**, 671 (1977).
9. C.M. Riley, E. Tomlinson, T.M. Jefferies and P.H. Redfern, *J. Chromatogr.*, **162**, 153 (1979).
10. E. Grushka, E.J. Kitka, Jr and E.W. Naylor, *J. Chromatogr.*, **143**, 51 (1977).
11. A.M. Krstulovic, P.R. Brown, O.M. Rossie and P.B. Champlin, *Clin. Chem.*, **23**, 1984 (1977).
12. J. Jurand, C.M. Gray, C.K. Kim and M.S. Stoll (Editors), "High pressure liquid chromatography in clinical chemistry" p.125, Academic press, London, 1976.
13. J.H. Knox and R.A. Hartwick, *J. Chromatogr.*, **204**, 3 (1981).
14. E. Iskandarani and D.J. Pietrzyk, *Anal. Chem.*, **54**, 1065 (1982).
15. E. Iskandarani and D.J. Pietrzyk, *Anal. Chem.*, **54**, 2427 (1982).
16. B.A. Bidlingmeyer and F.V. Warren, Jr, *Anal. Chem.*, **54**, 2351 (1982).
17. R.M. Cassidy and S. Elchuk, *Anal. Chem.*, **57**, 615 (1985).
18. W.E. Barber and P.E. Carr, *J. Chromatogr.*, **260**, 89 (1983).
19. R.L. Smith and D.J. Pietrzyk, *Anal. Chem.*, **56**, 1572 (1984).
20. T.D. Rotsch and D.J. Pietrzyk, *Anal. Chem.*, **52**, 1323 (1980).