

## 테트라아자 거대고리화합물(TDM, TPM)을 이용한 마그네슘동위원소의 분리에 관한 연구

전윤석<sup>\*</sup>, 류해일<sup>1</sup>

<sup>1</sup>공주대학교 사범대학 화학교육과

## The Separation of Magnesium Isotopes by Tetraazamacrocycles Tethered to Merrifield Peptide Resin(TDM, TPM)

Youn Seok Jeon<sup>1\*</sup> and Hail Ryu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemistry Education, Kongju National University

**요약** 본 연구에서는 메리필드펩타이드 수지가 치환된 테트라아자거대고리 화합물인 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane bonded Merrifield peptide resin(TDM)과 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane bonded Merrifield peptide resin(TPM)을 합성하였다. 합성된 이온교환수지의 이온교환용량을 측정하였고, 또한 여러 농도의 염화암모늄용액에서 마그네슘이온의 분포계수를 측정하였다. 새롭게 합성한 테트라아자거대고리 화합물(TDM, TPM)을 가지고 컬럼크로마토그래피법을 이용하여 마그네슘 동위원소를 분리하고 그 효용성을 논의하였다.

**Abstract** Tetraazamacrocyclic ion-exchangers, 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane bonded Merrifield peptide resin(TDM), 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane bonded Merrifield peptide resin(TPM) were prepared, and the ion-exchange capacity of these TDM and TPM were characterized. The distribution coefficients in various conc. of NH<sub>4</sub>Cl for magnesium with ion exchangers were determined by using the batch method. We found the isotope separation factors on new prepared tetraazamacrocyclic ion-exchangers bonded Merrifield peptide resin(TDM, TPM). The isotope separation of magnesium was determined by using of breakthrough method of column chromatography.

**Key Words** : Separation, magnesium isotopes, Tetraazamacrocyclic ion-exchangers, Merrifield peptide resin

### 1. 서론

이온교환수지는 탈염에 의한 순수의 제조, 염전환을 이용한 물의 연화, 당액의 연화 탈색 등과 같은 방법으로 식품, 의약품, 공업약품의 정제 및 탈색에 이용된다. 그리고 에스테르화, 가수분해, 당의 전화, 축합 반응의 촉매로도 많이 사용되고 있다. 또한 원자력 산업의 발전에 의해 방사성 동위원소의 분리 및 농축에도 이용되며, 특히 최근에는 공해 방지의 견지에서 배수 처리에 널리 사용되고 있다[1].

우리나라에서도, 이온교환수지를 이용한 전이원소와 알칼리 토금속 원소의 분리, 이온교환수지를 이용한 중금

속 Cd, Hg 및 Pb 이온의 흡착 및 회수에 관한 연구, 음이온 교환수지를 이용한 비소화합물의 분리, 이온 교환수지에 의한 미량 수은의 농축, 그리고 다공성 수지를 이용한 붕소 동위 원소의 분리, 다공성 및 비다공성 음이온 수지를 이용한 붕소 동위원소의 분리 등의 여러 연구 사례가 있다[2, 3].

본 연구에서는 새로운 이온교환수지 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane bonded Merrifield peptide resin(TDM)과 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane bonded Merrifield peptide resin(TPM) 수지의 염화암모늄 용액에서 마그네슘이온의 이온교환 효과와 분포계수 측정 및 분리인자를 구하고, 이를 바탕으로 마그네슘동위원소 분리의 효용성

\*교신저자 : 전윤석(jyss93@chol.com)

접수일 11년 08월 10일

수정일 11년 10월 04일

게재확정일 11년 10월 06일

을 알아보고자 한다. 또한 두 수지의 마그네슘동위원소분리에서의 특성과 차이점 및 그 이유를 밝히고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 시약 및 측정기기

Tetraazacycloes 이온교환수지를 만들기 위해 Merrifield peptide 수지는 sigma chemical co. USA에서 구입하였으며, 마그네슘동위원소 분리를 위한 시약으로 사용된 염화 마그네슘은 Aldrich 사에서 구입하였다. 그리고 실험에 사용한 대부분의 화학물질들은 분석용 시약으로 사용하였다. 또한 0.001, 0.01, 0.1, 1, 2 M 염화암모늄 표준용액과 0.1, 1M 염산 표준용액을 사용하였다. 용액 속의 마그네슘이온 농도를 측정하기 위해 유도결합플라즈마 분광분석기(ICP-OES)를 이용하였다. 모델명은 OPTIMA 2000DV 이며, 제작사는 Perkin Elmer Asia 로서 싱가포르 회사이다. ICP의 토오치는 3중으로 된 석영관이 이용되며 제일 안쪽으로 시료가 운반가스(아르곤, 0.4~2 l/min)와 함께 흐르며, 가운데 관으로는 보조가스(아르곤, 플라즈마 가스, 0.5~2 l/min), 제일 바깥쪽 관에는 냉각가스(아르곤, 10~20 l/min)가 도입되는데 토오치의 상당부분에는 물을 순환시켜 냉각시키는 유도코일이 잠겨 있다.

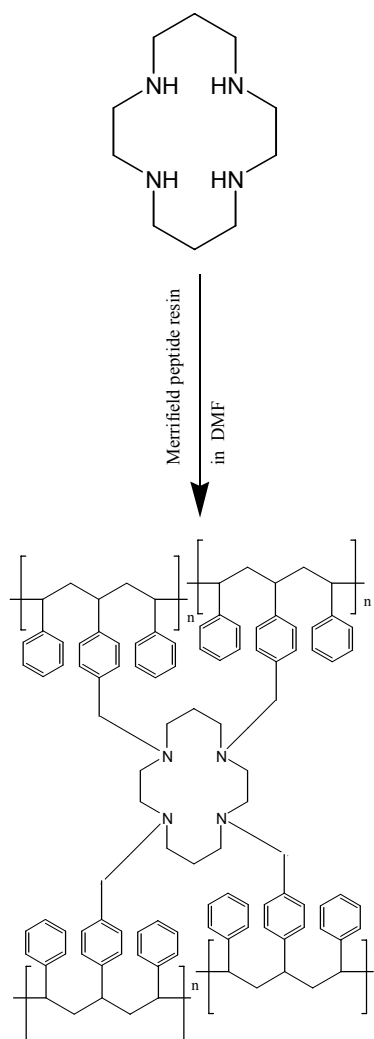
열분석에 사용한 기기의 모델명은 TA 4100(Universal TA Instruments),이고 IR 분석에 사용한 기기는 Vector 22(Bruker) 이다.

### 2.2 TDM과 TPM의 합성

TDM합성은 500 mL의 등근바닥플라스크에 100 mL 건조된 DMF(dimethylformamide)에 1 mmol(0.2 g) 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane([14]aneN<sub>4</sub>, TD)를 용해시킨 다음, 여기에 TD의 질소에 결합된 수소를 제거하기 위하여 촉매로서 1 mL의 triethylamine와 25 mL DMF 혼합용액을 가하여 저어준 후, 이 용액에 2% merrifield peptide resin 2.94 g(4 mmol)을 가하였다. 이 혼합물은 72 시간동안 88 ~ 90 °C에서 저어준다. 반응이 끝난 후 침전물을 물로 씻고, 진공 건조시킨다. 이때 수득물로 얻은 화합물이 TDM이다. TPM도 TDM과 유사한 합성방법으로 합성하였다. 즉, 먼저 1 mmol(0.214 g) 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane([15]aneN<sub>4</sub>,TP)에 1 mL의 triethylamine, 25 mL의 DMF, 2% merrifield peptide resin 2.94 g(4 mmol)를 천천히 첨가하면서 80 °C에서 혼합물을 저어준다. 그리고 침전물을 물로 씻고 진공 건조시킨다[2-13].

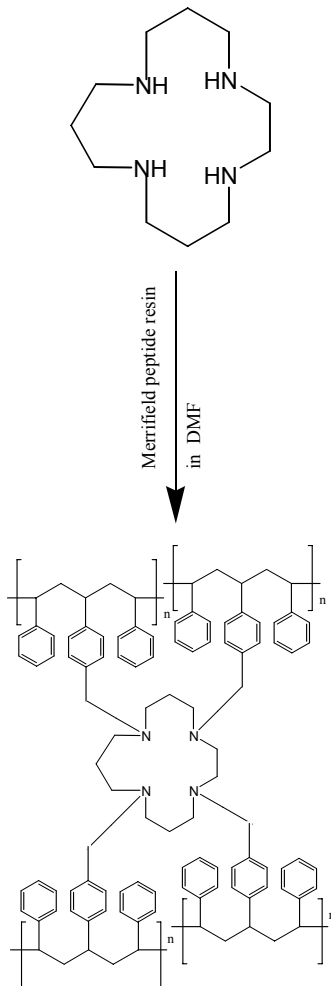
이때 수득물로 얻은 화합물이 TPM이다. 그림 1과 그림 2에 TDM과 TPM의 합성방법을 나타내었다.

메리필드수지로부터 TDM과 TPM의 이온교환수지를 성공적으로 합성하였다. TDM의 구조는 대칭적이지만 TPM의 구조는 비대칭적인 구조이다. 대칭적인 구조의 리간드는 비대칭적인 구조보다 안정하다.



[그림 1] 메리필드가 결합한 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane (TDM) 수지의 합성법

[Fig. 1] Synthetic routes of 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane bonded Merrifield peptide resin(TDM)



[그림 2] 메리필드가 결합한 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane (TPM) 수지의 합성법

[Fig. 2] Synthetic routes of 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane bonded Merrifield peptide resin(TPM)

### 2.3 이온교환용량 측정과 분포계수의 결정

#### 2.3.1 이온교환용량 측정

이온교환용량을 측정하기 위해 합성한 수지 TDM 과 TPM을 H-form 시켜야 한다. TDM 과 TPM을 0.2 g을 각각 비커에 넣고 1 M HCl 용액을 과량 취하여 약 30분간 Stirring 시킨 후 합성한 이온 교환수지만 건져서 다시 1 M HCl 용액을 과량 취하여 Stirring시킨다. 이와 같은 과정을 7 ~ 8회 정도 반복하고 질산은 용액을 가해서 거른 액에 흰색 침전이 생기지 않을 때까지 수지를 증류수로 씻은 후 65°C의 오븐 속에서 건조시켰다.

이온교환용량의 측정과정은 다음과 같은 방법으로 이뤄졌다. 건조된 TDM 과 TPM의 H-form을 0.2 g 평량하

여 5% NaCl을 포함한 0.1 N NaOH 용액 50 ml를 가한 후 24시간동안 흔들어 준 다음 여과 후 거른 액 20 ml 정도 취하여, 페놀프탈레인을 사용하여 0.1 N HCl 표준용액으로 역적정하였다[14].

TDM 수지와 TPM 수지의 이온교환용량을 결정하기 위하여 역적정법을 사용하였다. 이온교환용량은 다음 식에 따라 계산하였다[15].

$$\text{이온교환용량}(meq/g) = \frac{V_{NaOH} N_{NaOH} - V_{HCl} N_{HCl}}{\text{수지의 무게} \times \% \text{ 건조물질}/100}$$

여기서  $V_{NaOH}$  는 정량하기위해 취한 NaOH 의 양이며,  $V_{HCl}$ 는 정량시 들어간 HCl 의 부피를 ml 로 나타낸 것이다.  $N_{NaOH}$  와  $N_{HCl}$ 는 NaOH 와 HCl의 노르말 농도이다. 이온교환수지의 이온교환용량은 건조된 수지의 g당 당량 부피로 표현할 수 있다. 본 연구에서는 이온교환수지 0.2 g을 110°C에서 하루 동안 건조시킨 수지의 무게를 달아서 구하였다[3].

#### 2.3.2 분포계수

염화암모늄 용리액의 최적 농도를 알아보기 위해 분포계수를 측정하였다. H-form 수지, TDM 과 TPM을 건조시켜 0.25 g 씩 평량하여 100 ml 삼각 플라스크에 넣고, 0.001, 0.01, 0.1, 1, 2 M 의  $NH_4Cl$ 용액을 49 ml씩 가한 다음 마지막으로 Mg 금속염 0.01 M  $MgCl_2$  용액을 1 ml 씩 넣어 마개를 막은 후 24시간 계속하여 Shaking 한다. 이렇게 하여 평형에 도달한 시료용액의 상등액을 ICP로 분석한다[16].

분포계수,  $K_d$  는 다음의 식으로 계산하였다[17].

$$K_d = \frac{(C_{st} - C_{eq})V_{soln}}{C_{eq} \times M_p}$$

여기서  $M_p$ 는 건조된 수지의 무게이고,  $V_{soln}$ 는 용액의 부피,  $C_{st}$ 는 표준용액의 마그네슘이온 농도이며,  $C_{eq}$ 는 평형에 도달했을 때의 농도이다.

### 2.4 분리인자

용리크로마토그래피에서는 분리인자를 다음과 같이 나타낸다.

$$\alpha = \frac{K_{d2}}{K_{d1}} = \frac{V_{max2}}{V_{max1}} = 1 + \epsilon$$

그러므로 분리인자는 크로마토그램에서 물질의

elution maxima의 비 또는 분포계수의 비이다.

### 2.5 국부농축인자(R)

Local enrichment factor(R)은 다음의 식으로 주어진다.

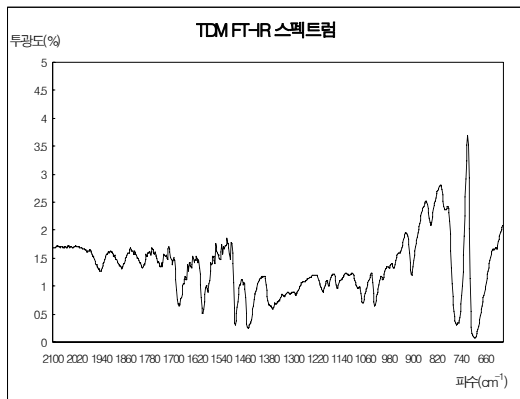
$$R = \frac{C_1 C_0^2}{C_2 C_0^1} = (1 + \epsilon) \left( \frac{N}{2} \left( \frac{(V_{max2} - V)^2}{V_{max2} V} - \frac{(V_{max1} - V)^2}{V_{max1} V} \right) \right)$$

이론단수 N는 특정한 소량의 동위원소 1과 2의 비 C<sub>1</sub>/C<sub>2</sub>를 나타낸다.

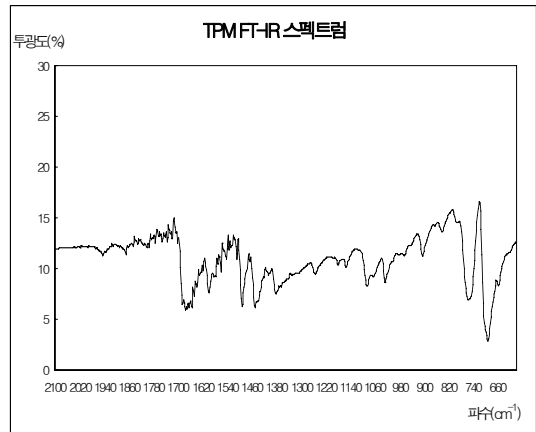
## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 TDM과 TPM의 특성

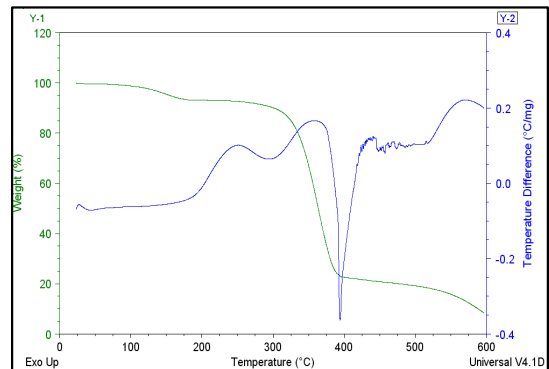
TDM과 TPM의 합성여부를 알기위해 IR 스펙트럼과 TGA를 사용하였다. merrifield peptide resin의 IR 스펙트럼에서 C-Cl 결합은 690 cm<sup>-1</sup>에서 나타났지만, 그러나 새롭게 합성된 TDM과 TPM에서는 C-Cl 피크는 나타나지 않았다. 또한 TGA 열분석에서 TDM과 TPM의 합성은 반응물질 결합비 즉, TD : merrifield peptide resin의 비율은 1 : 4로 거의 이론적 값과 일치하였으며, 반응후 얻은 생성물은 TDM 과 TPM 모두 약 3 g 정도 였다. 이결과 TD, TP가 결합된 메리필드수지의 T<sub>max</sub> 값은 변화였다[그림 3~6].



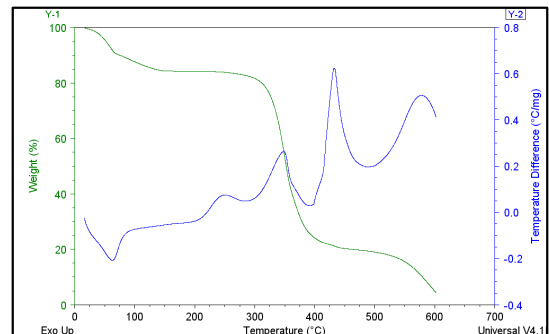
[그림 3] 메리필드가 결합한 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane (TDM) 수지의 IR 스펙트럼  
[Fig. 3] IR spectra of 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane bonded Merrifield peptide resin(TDM)



[그림 4] 메리필드가 결합한 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane (TPM)수지의 IR 스펙트럼  
[Fig. 4] IR spectra of 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane bonded Merrifield peptide resin(TPM)



[그림 5] 메리필드가 결합한 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane (TDM) 수지의 TGA 열분석그래프  
[Fig. 5] TGA thermogram of 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane bonded Merrifield peptide resin(TDM)



[그림 6] 메리필드가 결합한 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane (TPM)수지의 TGA 열분석 그래프  
[Fig. 6] TGA thermogram of 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane bonded Merrifield peptide resin(TPM)

### 3.2 이온교환용량과 분포계수의 결정

이온 교환수지 TDM과 TPM capacity의 측정 결과가 다음 표 1과 같다. TDM과 TPM을 비교해보면 TDM의 이온교환용량이 TPM보다 크다.

[표 1] TDM 과 TPM 의 이온교환용량

[Table 1] Capacity of 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane bonded Merrifield peptide resin(TDM) and 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane bonded Merrifield peptide resin(TPM)

cation exchanger	TDM	TPM
capacity(meq/g)	1.65	0.55

분포계수는 표 2와 표 3과 같다.

[표 2] 메리필드가 결합한 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane (TDM) 수지의 염화암모늄 수용액에서의 마그네슘에 관한 분포계수

[Table 2] Distribution coefficient in various conc. of NH<sub>4</sub>Cl for magnesium with 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane bonded Merrifield peptide resin(TDM)

NH <sub>4</sub> Cl(M)	0.001	0.01	0.1	1	2	ST
Ion(ppm)						
magnesium	5.423	5.723	7.35	6.59	3.39	170
K <sub>d</sub>	6067	5740	4425	4960	9841	-

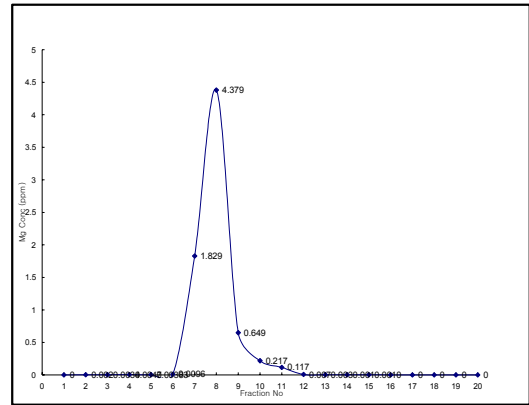
[표 3] 메리필드가 결합한 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane (TPM)수지의 염화암모늄 수용액에서의 마그네슘에 관한 분포계수

[Table 3] Distribution coefficient in various conc. of NH<sub>4</sub>Cl for magnesium with 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane bonded Merrifield peptide resin(TPM)

NH <sub>4</sub> Cl(M)	0.001	0.01	0.1	1	2	ST
Ion(ppm)						
magnesium	5.424	5.55	7.44	6.98	3.42	170
K <sub>d</sub>	6068	5930	4368	4673	9736	-

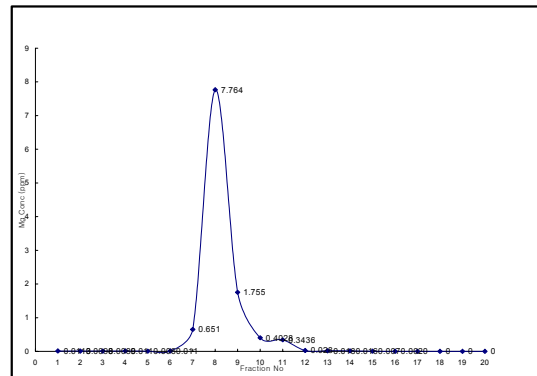
### 3.3 컬럼크로마토그래피에 의해 마그네슘동위원소의 분리

마그네슘동위원소의 분리인자는 Glueckauf의 이론으로 계산할 수 있다. 그림 7과 그림 8은 2.0 M NH<sub>4</sub>Cl 용리액으로 메리필드와 결합한 TDM과 TPM 이온 교환수지의 마그네슘동위원소 분리 곡선을 나타내고 있다.



[그림 7] 메리필드가 결합한 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane (TDM) 수지의 2.0M 염화암모늄수용액에서의 마그네슘이온에 관한 용리곡선

[Fig. 7] Elution curve for magnesium isotope separation with 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane bonded Merrifield peptide resin(TDM) in 2.0 M NH<sub>4</sub>Cl

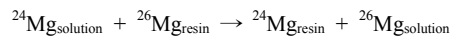
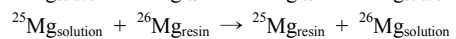
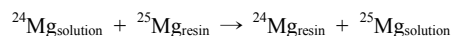


[그림 8] 메리필드가 결합한 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane (TPM)수지의 2.0M 염화암모늄수용액에서의 마그네슘이온에 관한 용리곡선

[Fig. 8] Elution curve for magnesium isotope separation with 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane bonded Merrifield peptide resin(TPM) in 2.0 M NH<sub>4</sub>Cl

### 3.4 TDM과 TPM 이온교환수지의 분리인자

이들 실험에서 화학적 동위원소 교환 반응은 다음과 같이 표현된다.



아래 첨자들은 용액과 수지상을 의미한다.

이 실험에서 TDM의 분리인자는 20℃에서  $^{24}\text{Mg}^{2+}$ - $^{25}\text{Mg}^{2+}$ ,  $^{24}\text{Mg}^{2+}$ - $^{26}\text{Mg}^{2+}$ ,  $^{25}\text{Mg}^{2+}$ - $^{26}\text{Mg}^{2+}$  1.003295, 1.000813, 1.0000475이었고 TPM의 분리인자는  $^{24}\text{Mg}^{2+}$ - $^{25}\text{Mg}^{2+}$ ,  $^{24}\text{Mg}^{2+}$ - $^{26}\text{Mg}^{2+}$ ,  $^{25}\text{Mg}^{2+}$ - $^{26}\text{Mg}^{2+}$  10000343, 1.000178, 1.000144이었다.

$$R_1 = \left(\frac{^{24}\text{Mg}}{^{25}\text{Mg}}\right) \times \left(\frac{^{25}\text{Mg}}{^{24}\text{Mg}}\right)_o$$

$$R_2 = \left(\frac{^{24}\text{Mg}}{^{26}\text{Mg}}\right) \times \left(\frac{^{26}\text{Mg}}{^{24}\text{Mg}}\right)_o$$

$$R_3 = \left(\frac{^{25}\text{Mg}}{^{26}\text{Mg}}\right) \times \left(\frac{^{26}\text{Mg}}{^{25}\text{Mg}}\right)_o$$

$R_1, R_2, R_3$  값은 농축인자이고,  $\left(\frac{^{25}\text{Mg}}{^{24}\text{Mg}}\right)_o, \left(\frac{^{26}\text{Mg}}{^{24}\text{Mg}}\right)_o, \left(\frac{^{26}\text{Mg}}{^{25}\text{Mg}}\right)_o$ 은 마그네슘의 자연 존재 비율을 나타낸다.

이 실험에서 국부농축인자와 분리인자는 다음 표 4, 5, 6과 같다.

[표 4] 메리필드가 결합한 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane (TDM) 수지의 마그네슘동위원소에 관한 국부농축인자

[Table 4] The local enrichment factor for magnesium isotopes in each fraction of 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane bonded Merrifield peptide resin(TDM)

fraction	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
1st	1.0181	1.0015	0.9837
2st	1.0192	1.0297	1.0102
3st	1.0292	0.9999	0.9715
4st	1.1929	1.0544	0.9738
5st	1.5232	1.1101	0.9991

fraction	$\Delta m/m \times 100$	log R <sub>1</sub>	log R <sub>2</sub>	log R <sub>3</sub>
1st	25.43	0.0078	0.0007	-0.0070
2st	86.33	0.0083	0.0127	0.0044
3st	95.36	0.0125	-0.000021	-0.0125
4st	98.37	0.0766	0.0230	-0.0115
5st	99.99	0.1827	0.0454	-0.0004

[표 5] 메리필드가 결합한 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane (TPM)수지의 마그네슘동위원소에 관한 국부농축인자

[Table 5] The local enrichment factor for magnesium isotopes in each fraction of 1,4,8,12-tetraazacyclopentadecane bonded Merrifield peptide resin(TPM)

fraction	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
1st	1.0086	0.9941	0.9857
2st	1.0020	1.0038	1.0018
3st	1.0183	1.0009	0.9828
4st	1.0046	1.0134	1.0087
5st	1.0145	1.0284	1.0136

fraction	$\Delta m/m \times 100$	log R <sub>1</sub>	log R <sub>2</sub>	log R <sub>3</sub>
1st	5.963	0.0037	-0.0026	-0.0063
2st	77.09	0.0008	0.0017	0.0007
3st	93.16	0.0079	0.0004	-0.0075
4st	96.85	0.0020	0.0058	0.0038
5st	99.99	0.0063	0.0121	0.0059

[표 6] TDM 과 TPM 이온교환수지의 분리인자

[Table 6] The separation factor of magnesium isotope for ion-exchangers

Resin	Separation factor( $\alpha$ )	
	2.0 M NH <sub>4</sub> Cl	
TDM	R <sub>1</sub>	1.003295
	R <sub>2</sub>	1.000813
	R <sub>3</sub>	1.0000475
TPM	R <sub>1</sub>	1.0000343
	R <sub>2</sub>	1.000178
	R <sub>3</sub>	1.000144

#### 4. 결론

메리필드수지를 이용하여 TDM과 TPM을 직접 제조하였으며, TGA분석에서 이 수지들은 열적 안정도를 유지하였고, TDM과 TPM 이온교환수지의 이온교환능은 건조된 수지에서 1.65 meq/g과 0.55 meq/g 이었다. 마그

네슘동위원소 중  $^{26}\text{Mg}$ 은 TDM과 TPM 이온교환수지를 사용하는 크로마토그래피의 용액상에 우선적으로 농축이 된다. 동위원소의 흡착 메커니즘은 용리액의 종류와 그 농도에 의존하는데, 가벼운 동위원소  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{25}\text{Mg}$ 이 수지상에 농축되고, 무거운 동위원소  $^{26}\text{Mg}$ 은 용액상에 농축되었다. 마그네슘동위원소의 이온교환수지에 대한 흡착 친화력은 금속이온의 수화된 이온의 크기가 작을수록 증가한다. 무거운 동위원소의 이온 반경은 가벼운 동위원소의 이온반경보다 작다. 그러므로 같은 전하를 띤 마그네슘이온의 수화수는 질량수가 작을수록 작아지게 된다. 따라서  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{25}\text{Mg}$ 은  $^{26}\text{Mg}$ 보다 대부분의 시간을 수지상에서 보내게 되기 때문에 수지상에 농축된다. 분리인자는 TDM은  $^{24}\text{Mg}^{2+}$ - $^{25}\text{Mg}^{2+}$ ,  $^{24}\text{Mg}^{2+}$ - $^{26}\text{Mg}^{2+}$ ,  $^{25}\text{Mg}^{2+}$ - $^{26}\text{Mg}^{2+}$  1.003295, 1.000813, 1.0000475이고, TPM은  $^{24}\text{Mg}^{2+}$ - $^{25}\text{Mg}^{2+}$ ,  $^{24}\text{Mg}^{2+}$ - $^{26}\text{Mg}^{2+}$ ,  $^{25}\text{Mg}^{2+}$ - $^{26}\text{Mg}^{2+}$  10000343, 1.000178, 1.000144 으로 TDM이 TPM보다 마그네슘동위원소 분리에서 효과적이다.

## References

- [1] Kwang Mo Sung, A Study on ion exchange resins, p. 1, Kongju National University Graduate School of Education, 1993.
- [2] Jeon Youn Seok, Preparation of tetraazamacrocycloes substituted merrifield peptide resin and their lithium isotopic separation, p 1, Kongju National University Graduate School of Education, 2004.
- [3] Youn Seok Jeon, Nak Han Jang, Byung Moo Kang, Young-Shin Jeon, Chang Suk Kim, Ki-Young Choi, Haiil Ryu, Bull. Korean Chem. Soc., vol 28, No [3] pp. 451-456, 2007.
- [4] Kang, S.; Kweon, J. K.; Jung, S., Bull. Korean. Chem. Soc., 12, pp. 483-487, 1991.
- [5] Byung moo kang, Preparation of amino crown ether derivatives substituted merrifield peptides resins and their physicochemical properties, pp. 33-37, Chungbuk National Uni. doctoral thesis, 2002.
- [6] Kusama, T. Hayatsu, H., Chem. Pharm. Bull., 18, p. 319, 1970.
- [7] Kim, D. W.; Jung, Y. S.; Kim, C .S.; Choi, K .Y; Lee, Y. I.; Hong, C. P., J. Korean Chem. Soc., 39, pp. 371-378, 1995.
- [8] Kim, D. W.; Kim, C .S.; Choi, K .Y; Lee, Y. I.; Hong, C. P., Bull. Korean. Chem. Soc., 16, pp. 716-720, 1995.
- [9] Kim, D. W., Bull. Korean. Chem. Soc., 22, pp. 570-574, 2001.
- [10] Kim, D. W.; Jeon, B. K.; Kang, B .M.; Choi, K .Y.; Ryu H., Main Group Metal Chem., 24, pp. 751-755, 2001.
- [11] Kim, D. W.; Lee, N. S.; Kim, C. S.; Ryu, H.; Kim, J. S.; Kang, B. M.; Jeon, Y. S., European Poly. J., 38, pp. 2101-2108, 2002.
- [12] Kim, D. W.; Kang, B. M.; Lee, N. S.; Kim, J. S.; Ryu, H.; Jeon, B. K., Main Group Metal Chem., 25, pp. 505-510, 2002.
- [13] Kim, D. W.; Kang, B. M.; Jeon, B. K.; Ryu, H., J. Coll. Interf. Sci., 254, pp. 190-194, 2002.
- [14] Jong-Ha Choi, In-Gyung Oh, Sharp-Line Electronic Spectroscopy and Ligand Field Analysis of [Cr(trans-diammac)](ClO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, Bull. Korean Chem. Soc., Vol. 18, No. 1, p. 23, 1997.
- [15] Hwa Sang Ryu, study on the synthesis of various coal species cation exchanger and it's ion exchange capacity, p. 7, Kyunghee Uni. Graduate School of Education, 1995.
- [16] Byung moo kang, Preparation of amino crown ether derivatives substituted merrifield peptides resins and their physicochemical properties, p. 40, Chungbuk National Uni. doctoral thesis, 2002.
- [17] Kim, Myong Soon, Isotopes Separation of Lithium and Magnesium by NTOE Bonded Merrifield Peptide Resin, pp. 6-7, Chungbuk National University Graduate School, 2000.

## 류 해 일(Haiil Ryu)

[종신회원]



- 1979년 2월 : 공주대학교 화학교육과(이학사)
- 1992년 7월 : 독일 튀빙엔대학교 유기화학과(이학박사)
- 1994년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 화학교육과 교수

<관심분야>  
공업유기화학, 고분자화학

전 윤 석(Youn-Seok Jeon)

[정회원]



- 2004년 2월 : 공주대학교 대학원 화학교육과(교육학석사)
- 2010년 2월 : 공주대학교 대학원 화학교육과(교육학박사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 계광중학교 교사

<관심분야>

화학교육, 유기화학