Journal of the Korean Chemical Society
1998, *Vol. 42, No. 6*
Printed in the Republic of Korea

키토산 분자량에 따른 Rhodamine 6G-Sodium Dodecyl Sulfate계의 응집효과에 관한 연구

金城鉉* · 羅在雲† · 吳靜鮮†† · 宋基東††
광주 · 전남지방 중소기업청
†순천대학교 고분자공학과
††조선대학교 화학과
(1998. 3. 16 접수)

Effect of Molecular Weight of Chitosan on Flocculation of Suspended Solids in Rhodamine 6G-Sodium Dodecyl Sulfate System

Sung-Hyun Kim*, Jae-Woon Nah†, Jeong-Sun Oh††, and Ki-Dong Song††
Regional Office of Kwangju-Chonnam Small and Medium Business, Kwangju 502-200, Korea
†Dept. of Polymer Science and Engineering, Sunchon National University, Chonnam 540-742, Korea
††Dept. of Chemistry, Chosun Univ., Kwangju 501-759, Korea
(Received March 16, 1998)

요 약. 산업폐기물인 꽃게의 껍질로부터 chitin을 탈아세틸화시켜 분자량이 서로 다른 chitosan을 제조하였다. Rhodamine 6G(Rh 6G)-sodium dodecyl sulfate(SDS)계 및 Rh 6G-chitosan계들의 흡수 및 형광 spectra를 조사하였고, chitosan의 분자량 및 pH에 따른 Rh 6G-SDS-chitosan계의 응집효과에 대해 조사하였다. Rh 6G-SDS계의 흡광도나 형광세기는 S/D(SDS 농도/Rh 6G 농도)=32 이하에서 감소하다가 그 이상에서 다시 증가하였다. 부유물질(SS) 제거율이나 투광도로부터 S/D=32에서 chitosan을 첨가한 Rh 6G-SDS-chitosan계의 응집 성능이 Rh 6G-SDS계에 비해 훨씬 우수함을 알 수 있었다. 그리고 chitosan의 농도나 분자량이 크면 클수록, S/D 첨가 범위는 32에서 100까지 확대되는 것을 알 수 있었다. 부유물질의 제거율은 chitosan의 분자량이 클수록 pH 2~9에서 우수한 성능을 가지는 반면, pH 12 이상에서 부유물질의 제거율은 현저히 저하되는 것을 알 수 있었다.

ABSTRACT. Chitin was extracted from crab shell of *Portuns triberculatus* and deacethylated to yield chitosan with various molecular weights. The absorption and the fluorescence spectra of Rhodamine 6G(Rh 6G)-sodium dodecyl sulfate(SDS) and Rh 6G-chitosan systems were obtained. From the spectra, we observed that the absorption and the fluorescence intensity of Rh 6G-SDS system decreased when S/D(the concentration of SDS to that of Rh 6G ratio) was below or at 32, while they increased when S/D was above 32. From the suspended solid(SS) removal rate and the transmittance of Rh 6G-SDS-chitosan system, we found that when S/D ratio was 32 its flocculating behaviour was much stronger than Rh 6G-SDS system. As the concentration and the molecular weight of chitosan increased, we also found that S/D range was extended from 32 to 100. With increasing the molecular weight of chitosan, the SS removal rate increased around pH 2~9 but decreased remarkably at pH > 12.

서 론

환경 오염을 줄일 수 있는 산업 재료중의 하나로서 최근 천연 고분자의 이용에 많은 관심과 연구가 집중되고 있다. 게, 새우, 바닷가재 등 갑각류는 chitin을 함유하여 폐자원을 활용하기 위한 연구가 활발하다. 또한 chitosan 및 chitosan 유도체 등에 관한 연구들이 활발히 진행되면서 환경, 섬유, 식품, 화장품 및 의료 등 여러 공업 분야에서 다양하게 응용

되고 있다.[1~8] 갑각류의 폐기물은 전세계적으로 볼 때 약 1억 4,400만톤 이상이고, 수산식품 제조과정에서 발생된 폐기물은 매년 12만톤씩 증가하고 있다. 현재 우리 나라에서는 chitin 및 chitosan의 공업적 생산이 연간 400만톤 정도가 생산되는 것으로 추정되고 있다. Cellulose와 유사한 구조를 가진 chitosan은 염기성 아미노 다당류로서 poly[β-(1→4)-2-amino-2-dexoxy-D-glucoamine]의 화학식을 가지며 chitin을 탈아세틸화시켜 제조한다.[9] Chitosan은 금속 이온과 결합할 수 있는 특성을 가지고 있어 금속 이온의 흡착 능력이 뛰어나 심각한 환경오염을 유발하는 중금속류와 킬레이트 화합물을 형성한다.[10] 천연 고분자인 chitosan은 산성 염료인 acid yellow와의 상호작용으로 metachromasy 현상이 일어난다.[11] 이와 같은 현상을 갖는 Rhodamine 6G(Rh 6G)는 원래 고유의 색깔과 다르게 발색되며 수용액내에서 자체 회합(self-aggregation)을 한다.[12] 이때 염료의 농도에 따라 장파장쪽인 단위체의 흡수띠는 감소하는 반면, 단파장쪽인 이합체의 흡수띠는 증가한다. Rh 6G는 sodium dodecyl sulfate(SDS)의 존재하에서 염료-계면활성제계의 착화합물 형성[13]이나 에너지 전이[14] 등 중요한 관심의 대상이 되고 있다. 계면활성제는 친수성기와 소수성기를 동시에 갖는 물리적 성질을 갖고 있으므로 임계미셀농도(critical micelle concentration) 및 회합수 등 여러 가지 구조적 특성에 따라 염료와 상호작용이 다르게 나타난다.[15~18] 양이온성 chitosan은 반대 하전을 가진 염료에 대해 흡착 능력이 뛰어나나, 물에 불용성이기 때문에 수용성 chitosan 유도체를 합성하여 염료의 폐수처리제로 사용하기도 한다.[3] 그러나 양이온성 염료 폐수의 경우 chitosan과의 정전기적인 반발력에 의하여 응집제로 사용하기가 불가능하므로 염료폐수와 반대된 키토산 유도체를 합성하여 사용하거나[3] polyacrylamide계 또는 이들의 유도체로 된 응집제들이 사용되기도 한다.[19] 그러나 이들 키토산 유도체를 합성하여 폐수처리제로 사용하려면 매우 복잡한 합성 공정을 거치거나 비용이 너무 많이 드는 단점이 있다. 따라서 양이온성 chitosan의 단점을 보완하기 위해서 산업현장이나 삼푸, 세제 등 가정에서 많이 사용되는 음이온성 계면활성제 존재하에서 동일한 하전을 가진 Rh 6G-chitosan계의 응집 성능에 대해 조사가 필요하다고 사료된다.

이에 따라 본 연구에서는 Rh 6G-SDS계의 흡수 및 형광 spectra를 조사하였고, chitosan의 분자량에 따라 Rh 6G-SDS-chitosan계의 응집 효과 및 pH 효과에 대해 조사해 보았다.

실 험

시약 및 기구. 양이온성 Rhodamine 6G(Rh 6G) 염료는 Sigma사의 제품을 정제없이 그대로 사용하였고, 계면활성제인 sodium dodecyl sulfate(SDS)는 Sigma사의 제품을 사용하였다. NaCl, urea 및 potassium polyvinylsulfate 등은 Sigma사의 제품을, 그리고 CH_3C OOH 및 NaOH 등은 Junsei사의 제품을 사용하였다. Chitosan의 제조용 원료는 산업 폐기물인 꽃게(*Portuns trituberculatus*)의 잔사를 물로 세척한 후 60 °C에서 4시간 건조 후 분쇄하여 12~25 mesh 체의 크기를 사용하였다.

분자량 결정에 사용된 점도는 Cannon-Fenske형 모세관 점도계(Kimax No 100)를 사용하여 측정하였고, pH meter는 Corning사의 제품을 사용하였다. 흡수 스펙트럼은 Becmann UV/VIS DU-68 spectrophotometer를 사용하였고, 형광 스펙트럼은 Hitachi 300 spectrophotometer를 사용하였다. 그리고 chitosan의 구조를 확인하기 위하여 사용된 적외선 스펙트럼은 Bruker IFS 66 FT-IR spectrophotometer을 사용하였다.

Chitosan의 제조. 환류 냉각기가 장치된 500 mL 삼구 플라스크에 10 g의 chitin을 넣은 후 반응시간과 반응 온도를 각각 2시간과 100 °C로 일정하게 하여 수산화나트륨의 농도를 각각 30, 40 및 50% 수용액으로 변화시킨 조건에 따라 탈아세틸화도가 다른 chitosan을 제조하였다. 이를 120 mesh체에 받아 흐르는 증류수에서 여과액이 중성이 될 때까지 반복하여 세척하였다. 그리고, 무수 에탄올과 에테르로 탈수하고 60 °C에서 4시간 동안 진공 건조하여 25 mesh체를 이용하여 탈아세틸화도가 서로 다른 chitosan 분말을 제조하였다.[20]

Chitosan의 평균 분자량 측정. 4 M urea, 0.2 M CH_3COOH 및 0.1 M NaCl(1:1:1, v/v) 용액에 탈아세틸화도가 다른 chitosan 분말을 각각 0.05, 0.10, 0.15 및 0.20%가 되도록 용해하고 냉암소에 24시간 동안 방치하였다. 25.0±0.05 °C 항온조에서 각각 Cannon-Fenske형 모세관 점도계(Kimax No. 100)를 이용하

여 모세관을 통과한 시간을 측정, 고유점도[η]를 계산하고 식 (1)로부터 chitosan의 평균 분자량을 계산하였다.[21]

$$[\eta] = 8.93 \times 10^{-4} Mw^{0.71} (dL/g) \quad (1)$$

Chitosan의 탈아세틸화도 측정. 탈아세틸화도가 다른 chitosan 1.0 g을 채취하여 0.1% 초산 용액을 가한 다음 정확히 200 mL chitosan 용액을 제조하였다. Chitosan 용액 1.0 g을 정확히 적정 용기에 넣고 증류수 30 mL와 toluidine blue 지시약 0.2 mL를 가하여 충분히 혼합한 후 2.5 mN potassium polyvinylsulfate 용액으로 적정하였다. 이때 용액의 색깔이 푸른색에서 보라색으로 변하는 점을 종말점으로 하여 탈아세틸화도(Degree of deacetylation, D_{AC})를 식 (2)에 의해 구하였다.[22]

$$DA_c = \frac{100}{(\frac{50}{4.30}V - 1)\ 0.793 + 1} \quad (2)$$

여기서 V는 적정액의 부피 (mL)이다.

부유물질 측정. 부유물질(suspended solid, SS) 제거율의 측정은 chitosan이 첨가된 Rh 6G-SDS-chitosan계의 용액내에 정치된 미세한 침전을 감압거름장치의 GF/C 필터로 여과하여 50 °C에서 4시간 동안 건조시킨 다음, 데시케이터 안에서 방치한 후 무게를 측정하여 식 (3)에 의해 부유물질의 제거율을 구하였다.

$$\text{부유물질 } (SS) \text{ 제거율 } (\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_2} \times 100 \quad (3)$$

여기서 W_1은 Rh 6G-SDS계의 무게 (mg)이고, W_2는 chitosan이 첨가된 Rh 6G-SDS-chitosan계의 무게 (mg)이다.

용액 제조. Rh 6G 및 SDS의 저장용액은 각각 1.0×10^{-3}M과 2.5×10^{-5}M로 조제하였고, Rh 6G는 장시간 보관할 경우 흡광도가 떨어지므로 제조 후 3일 이내에 사용하였다.

Chitosan의 저장용액은 무수 초산에 0.7%(v/v)로 용해하여 chitosan의 분자량에 따라 조제하였다. 한편, Rh 6G-SDS계의 용액은 Rh 6G의 농도가 일정한 조건(2.0×10^{-5}M)하에서 원하는 S/D에 따라 순차적으로 micropipet으로 취하여 25 mL 용량 플라스크에 증류수를 채워서 용액을 조제하였다. 그리고 chitosan이 첨가된 Rh 6G-SDS-chitosan계의 용액은 Rh 6G 및 SDS의 저장용액을 각각 일정량씩 micropipet으로 취하여 용량 플라스크에 넣고, 여기에 원하는 chitosan의 분자량에 따라 용액을 제조하였다.

결과 및 고찰

Chitosan의 구조 확인. Chitin을 탈아세틸화시켜 제조한 chitosan의 FT-IR spectra은 *Fig.* 1에 나타내었다. *Fig.* 1에서 chitosan 특성 peak인 CH stretching는 2878 cm^{-1}에서 그리고 amide I, II 및 III vibration의 강한 peak는 각각 1655, 1550 및 1310 cm^{-1}에서 나타난 것으로 보아 chitosan이 제조되었음을 확인할 수 있었다. *Table* 1은 고유 점도, 평균분자량 및 탈아세틸화도의 분석 결과들을 제시한 것으로 반응시간과 반응 온도를 각각 2시간과 100 °C로 일정하게 한 후 수산화나트륨 용액의 농도를 30, 40 및 50%로 증가시켰을 때 탈아세틸화도가 증가함에 따라 분자량이 감소되는 현상을 나타내었다. 이것은 탈아세틸화 반응이 진행됨과 동시에 강알칼리로 처리하는 시간이나 온도에 따라 chitosan 사슬이 분해되기 때문인 것으로 사료된다.

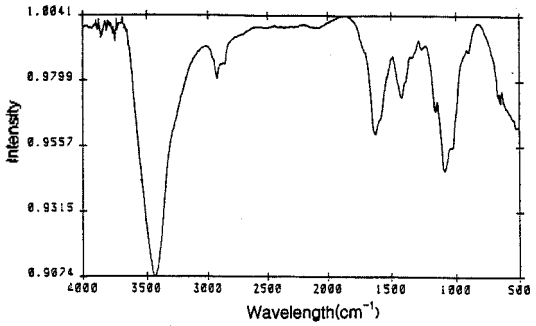

Fig. 1. FT-IR spectra of chitosan.

Table 1. Physical propertes([η], Mw, and DAc) of chitosan

Sample	[η] (dL/g)	M_w	DA_c
Chitosan (40K)	1.653	4.0×10^4	0.87
Chitosan (80K)	2.704	8.0×10^4	0.79
Chitosan (160K)	4.424	16.0×10^4	0.66

[η], M_w, and DA_c are the intrinsic viscosity, weight average molecular weight, and degree of deacetylation, respectively.

Rh 6G-SDS계의 흡수 및 형광 spectra. Rh 6G의 농도를 일정하게 유지하고 측정한 S/D에 따른 Rh 6G-SDS계의 흡수 spectra의 결과를 *Fig.* 2에 나타내었다. 여기서 S/D를 32까지 증가시키면, 최대 흡수 파장을 나타내는 526 nm에서 α-band의 흡수대인 단위체는 감소하고, 498 nm에서 나타나는 β-band의 흡수대인 이합체는 S/D=32에서부터 증가한다. 또한, S/D=32 이상에서, 즉 SDS를 0.32 mM 이상으로 첨가할 경우 α-band의 흡수는 다시 증가하기 시작하여 S/D=240 이상에서는 원래의 순수한 흡수 spectra와 거의 동일해 짐을 볼 수 있다. 이러한 흡수 spectra의 변화양상은 α-band의 흡광도로 도시한 *Fig.* 2A에서 잘 볼 수 있다. Thionine(Th) 염료에 SDS를 첨가한 Th-SDS계의 흡수 spectra는 Metachromasy 현상을 나타내며 α, β 및 γ-band들의 흡수대가 나타난다.[23] 그러나 본 연구에서 γ-band의 흡수대는 나타나지 않았다. 오히려 α-band보다 더 장파장쪽인 J-band의 흡수대는 550 nm 부근에서 넓은 범위에 걸쳐서 나타난다. 이것은 Rhodamine B 염료의 수평 또는 수직 쌓임(Stacking)을 하는 β나 γ-band의 흡수대[24]와는 달리, 기울어진 쌓임을 하는 J-band의 흡수대는 염료분자의 이합체의 회합과 동시에 염료와 계면활성제사이의 소수성 상호작용이 작용한 것으로 생각된다. 그리고 *Fig.* 2A에서 α-band의 흡광도가 S/D=32 부근에서 감소하는 것은 Rh 6G와 SDS 사이에 상호작용으로 Rh 6G-SDS계의 착화합물[13]을 형성하여 물에 불용성인 미세한 침전을 형성하기 때문으로 생각된다.

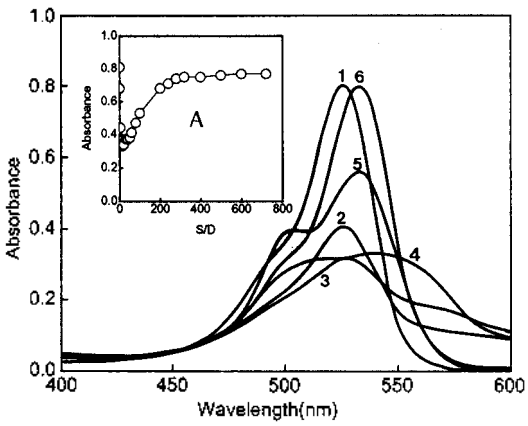

Fig. 2. Absorption spectra of Rh 6G-SDS system at various S/D. S/D is the ratio of concentration of SDS to that of Rh 6G. Insert A shows absorbance of α-band, 526 nm at various S/D. [Rh 6G]=1.0×10^{-5}M. S/D: 1.0(pure Rh 6G); 2. 4; 3. 8; 4. 32; 5. 100; 6. 240.

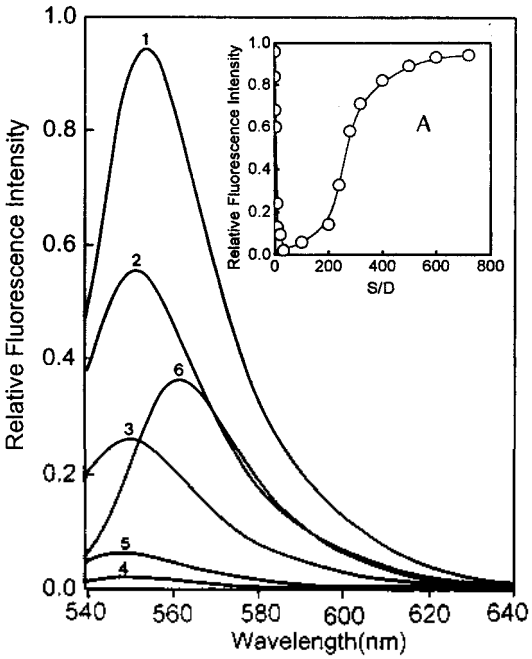

Fig. 3. Fluorescence spectra of Rh 6G-SDS system at various S/D. [Rh 6G]=1.0×10^{-5}M. The excitation wavelength is 526 nm. S/D is the same as *Fig.* 2. Insert A shows fluorescence of α-band, 526 nm at various S/D.

한편, 흡수 spectra의 단위체의 변화를 알아보기 위하여 *Fig.* 2의 흡수 spectra를 526 nm에서 들뜨게 하였을 때 나타난 α-band의 형광 spectra를 *Fig.* 3에 나타내었다. *Fig.* 3A의 형광세기의 감소는 Rh 6G-SDS계의 회합에 의한 소광효과[25]라고 보여진다. 그러나 과량의 SDS가 첨가될 경우 단위체의 α-band의 형광세기가 증가하였으며, 이는 metachromasy을 나타내는 Pyronine G 염료에 SDS를 첨가한 경우[26]와 유사한 경향임을 알 수 있다. 이것은 과량의 SDS 첨가로 말미암아 Rh 6G와 결합할 수 있는 SDS 친수성기의 음이온 자리가 과잉으로 증가하기 때문에 일어나는 해리현상이라 보여진다. *Fig.* 2의 흡수 spectra에서 순수한 Rh 6G(S/D=0)의 최대 흡수 spectra의 파장과 S/D=240 이상에서 Rh 6G-SDS계의 최대 흡수 spectra의 파장이동이 526 nm에서 534 nm까지 8 nm 정도 장파쪽으로 약간 이동된 것은 정성적으로 소위 dye-riched induced micelle(drim) 형성[14]의 결과라고 보여지며, *Fig.* 3에서도 최대 형광 spectra의 파

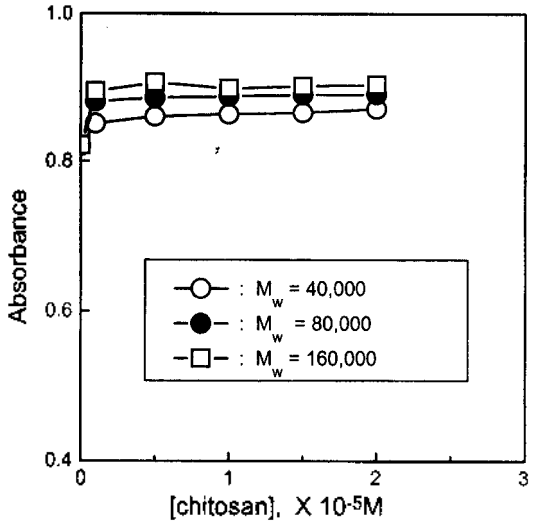

Fig. 4. Absorbance of Rh 6G-chitosan system at 526 nm with various concentrations of chitosan. [Rh 6G]= 1.0×10^{-5}M.

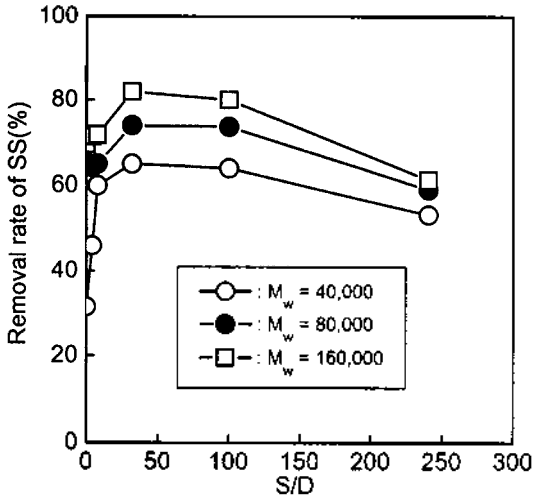

Fig. 5. Removal rate of suspended solid(SS) in Rh 6G-SDS-chitosan system at various S/D. [Rh 6G]=1.0×10^{-5}M, [chitosan]=4.0×10^{-7}M.

장이 이동되는 것을 알 수 있다. 이러한 drim의 형성으로 나타난 미셀환경의 변화는 다른 염료-SDS계의 경우[23,26,27]에서와 좋은 일치를 보여준다.

Chitosan 첨가효과. Rh 6G와 chitosan과의 상호작용을 알아보기 위하여 chitosan의 분자량에 따른 흡광도 변화를 *Fig.* 4에 나타내었다. *Fig.* 4에서 chitosan의 농도가 증가함에 따라 순수한 Rh 6G의 흡광도보다 약간 증가하거나 혹은 거의 일정한 경향만 나타났을 뿐, 흡수 spectra의 파장 이동은 관찰할 수 없었다.

Chitosan은 반대 하전을 가진 아조 염료와의 상호작용으로 metachromasy 현상[11]이 일어나며, 염료[26]와 잘 결합하기도 한다. 그러나 본 연구의 동일한 하전을 가진 Rh 6G-chitosan계는 양이온성 Rh 6G와 chitosan 아민기의 정전기적 반발력에 의하여 Rh 6G 분자들이 단위체 상태로 존재함에 따라 metachromasy 현상은 일어나지 않는다고 볼 수 있다. 이러한 Rh 6G-chitosan계에서 나타난 흡광도의 변화양상은 Rh 6G-SDS계의 drim 형성의 농도에서 일어나는 경우(*Fig.* 2)와 유사하다고 볼 수 있다.

응집효과. 염료에 소량의 SDS를 첨가하거나 Rh 6G-SDS계에 chitosan을 첨가하면 물에 불용인 미세한 침전이나 상층액 즉, 부유물질을 관찰할 수 있다. 이러한 Rh 6G-SDS-chitosan계의 부유물질에 대한 응집효과를 알아보기 위하여 S/D에 따른 부유물질의 제거율을 *Fig.* 5 및 6에 각각 나타내었다. 그 결과 Rh 6G-SDS계에 chitosan을 첨가함으로써 Rh 6G-SDS-chitosan계의 착화합물이 형성한 농도인 S/D=32 부근에서 부유물질의 제거율이 가장 좋음을 알 수 있다. 그러나 S/D>100에서 부유물질의 제거율은 점차 감소하는 경향을 볼 수 있다. 이것은 물에 안전한 부유물질이 SDS의 임계미셀농도[26]부근에서

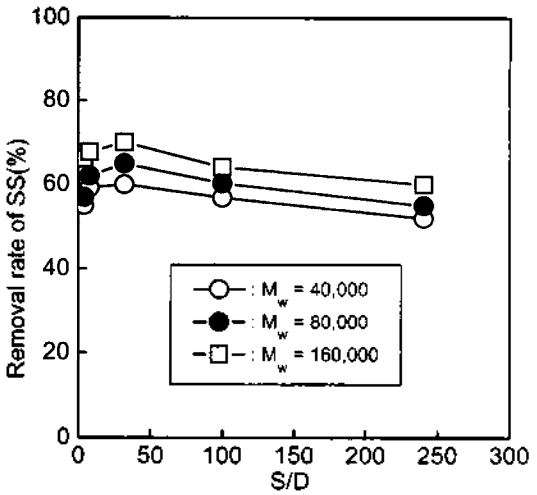

Fig. 6. Removal rate of suspended solid(SS) in Rh 6G-SDS-chitosan system at various S/D. [Rh 6G]=1.0×10^{-5}M, [chitosan]=2.0×10^{-7}M.

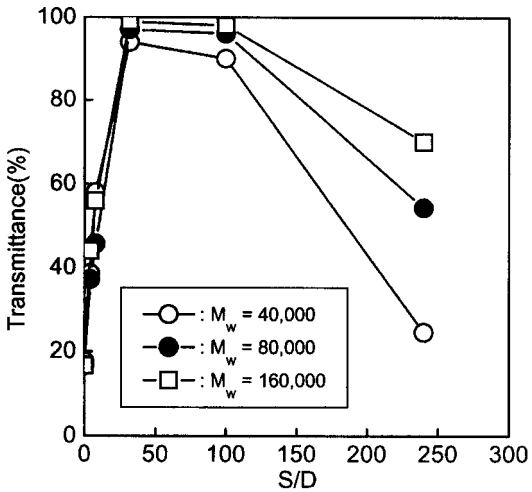

Fig. 7. Transmittance of Rh 6G-SDS-chitosan system at 526 nm with various S/D. [Rh 6G]=1.0×10^{-5}M, [chitosan]=4.0×10^{-7}M.

drim을 형성함으로서 SDS의 소수성기에 의해 부유물질이 녹기 때문이라고 생각된다.

Fig. 7 및 8은 Rh 6G-SDS-chitosan계의 526 nm에서의 투광도 변화를 나타낸 것이다. *Fig.* 7의 chitosan의 농도가 큰 4.0×10^{-7}M에서 투광도는 *Fig.* 8에 비해 훨씬 우수하며, chitosan의 분자량이 클수록 S/D 첨가 범위는 32에서 100까지 확대됨을 알 수 있다. 이와 같이 SDS 첨가로 말미암아 Rh 6G-SDS-chitosan계의 응집 성능이 우수한 것은 chitosan 사슬내의 아민기와 SDS와의 정전기적 상호작용에 의한 chitosan-SDS계의 소수성기와 Rh 6G 분자들 사이의 상호작용한 소수성이 복합적으로 작용하여 회합을 더욱 촉진시켜 주기 때문이라고 생각된다. 이러한 사실로 견주어 볼 때, 양이온성 chitosan은 분자량에 관계없이 양이온성 염료의 응집성능을 전혀 발휘할 수 없음을 알 수 있으나(*Fig.* 4), 소량의 SDS 존재하에서 chitosan의 농도나 분자량에 따라 염료의 응집 성능은 크게 좌우될 것으로 판단된다.

pH 효과. 부유물질이 가장 많이 생성된 농도 즉, S/D=32에서 pH 변화에 따른 부유물질의 제거율을 알아보기 위하여 chitosan 농도가 일정한 4.0×10^{-7}M에서 Rh 6G-SDS-chitosan계의 pH 효과를 *Fig.* 9에 나타내었다. 여기서 부유물질의 제거율은 chitosan의 분자량이 클수록 pH 2~9에서 우수한 성능을 가지나, pH 12 이상에서는 현저히 저하되는 것을 알 수 있었다. 이와 같이 pH 9 이하에서 부유물질의 제거율이 좋은 것은 Rh 6G-SDS-chitosan계의 착화합물이 강산성에서나 약염기성에서 안정하기 때문으로 볼 수 있다. 그러나 pH 12에서 부유물질의 제거율이 현저히 떨어지고 있는 것은 강염기인 수산화나트륨의 첨가로 Rh 6G-SDS-chitosan계의 착화합물이 분해되어 Rh 6G의 단위체 상태로 존재하기 때문이라고 생각된다. 따라서 본 연구의 결과는 일부 연구자들이 밝힌 염료의

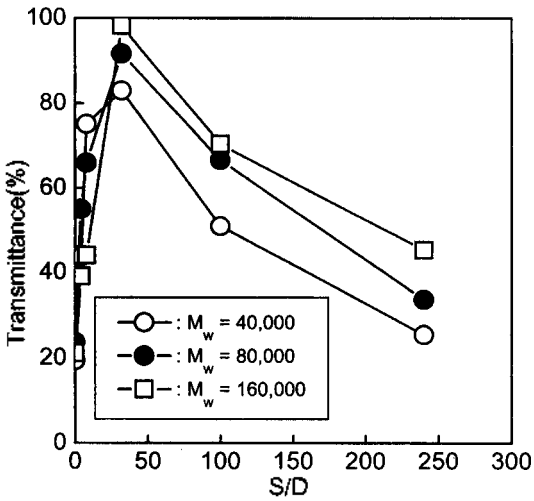

Fig. 8. Transmittance of Rh 6G-SDS-chitosan system at 526 nm with various S/D. [Rh 6G]=1.0×10^{-5}M, [chitosan]=2.0×10^{-7}M.

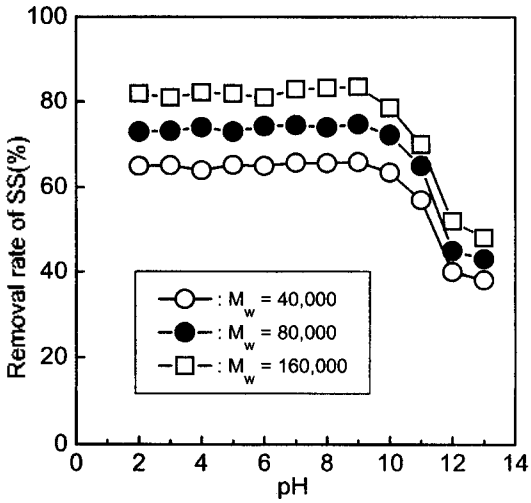

Fig. 9. pH effect on the removal rate of suspended solid(SS) in Rh 6G-SDS-chitosan system. [Rh 6G]=1.0×10^{-5}M, [SDS]=1 mM, and [chitosan]=4.0×10^{-7}M.

폐수처리에서 chitosan이 pH 9에서 우수한 응집 성능을 나타낸 것[3]과 좋은 일치를 보여준다.

결 론

Rhodamine 6G(Rh 6G) 염료를 택하여 sodium dodecyl sulfate(SDS) 존재하에서 Rh 6G-SDS 및 Rh 6G-chitosan계들의 흡수 및 형광 spectra를 조사하였고, 이들 계내에서 chitosan의 분자량 및 pH에 따른 응집 효과에 대해 다음과 같은 결론을 얻었다. Rh 6G-SDS계는 S/D=32 이하에서 흡광도 및 형광세기의 감소로 물에 불용성인 미세한 침전을 관찰할 수 있었으나, 동일한 하전을 가진 Rh 6G-chitosan계는 이와 상반된 결과를 가져왔다. Rh 6G-SDS계에 chitosan을 첨가하므로써 Rh 6G-SDS-chitosan계의 부유물질 제거율이나 투광도는 증가하였으며, S/D=32에서 Rh 6G-SDS계에 비해 응집 성능이 훨씬 우수함을 입증할 수 있었다. 그리고, chitosan의 농도나 분자량이 크면 클수록 S/D의 첨가 범위는 32에서 100까지 크게 확대되는 것을 알 수 있었다. 부유물질의 제거율은 chitosan의 분자량이 클수록 pH 2~9에서 우수한 성능을 가지는 반면에 pH 12 이상에서 부유물질의 제거율은 현저히 저하되는 것을 알 수 있었다. 이와 같이 양이온성 chitosan은 농도나 분자량에 관계없이 양이온성 염료에 응집 성능을 발휘할 수 없었으나, 소량의 계면활성제의 존재하에서 양이온성 염료는 chitosan의 농도 및 분자량에 따라 응집 성능이 크게 좌우될 것으로 사료된다.

본 연구의 일부는 1996년도 조선대학교 학술연구비 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

인 용 문 헌

1. 矢吹稔 外 多, 最後の バ"イオヌス-キチン · キトサン; 日本技報堂出版: 日本 1988; p. 21.
2. 平野茂博 外 多, キチン · キトサンの 開發と 應用; 日本工業技術會: 日本, 1987; p. 3.
3. Kim, C. H.; Jung, B. O.; Choi, K. S.; Kim, J. J. *J. of Kor. Ind. & Eng. Chem.* **1996**, *7*, 118.
4. Choi, S. K.; Kim, S. J.; Jung, B. O.; Kim, J. J.; Choi, K. S.; Lee, Y. M. *J. of Kor. Ind. & Eng. Chem.* **1994**, *5*, 899.
5. Skjak-Braek, G.; Anthonsen, T.; Sandford, P. *Chitin and Chitosan*; Elsevier: New York, 1989; p. 37.
6. Kim, C. H.; Chang, B. K.; Choi, K. S. *J. of Kor. Ind. & Eng. Chem.* **1993**, *4*, 204.
7. Shin, Y. S.; Min, K. H. *J. of Korean Fiber Soc.* **1996**, *33*, 487.
8. Tokura, T. *Chitin and Chitosan*; 4th Int'l Conf.; Trondheim: Norway, 1984; p. 45.
9. Muzzarelli, R. A. A.; *Chitin*; Pergamon: Oxford, 1977; p. 46.
10. Kim, Y. B.; Ahn, B. J. *J. of Kor. Soci. of Environ. Eng.* **1994**, *16*, 299.
11. Gummow, B. D.; Roberts, G. A. F. *Markromol. Chem. Rapid Commun*, **1985**, *6*, 381.
12. Selwyn, J. E.; Steinfeld, J. I. *J. Phys. Chem.* **1972**, *76*, 762.
13. Sato, H.; Kawasaki, M.; Kasatani, K. *J. Phys. Chem.* **1983**, *87*, 3759.
14. Sato, H.; Kusumoto, Y.; Nakashima, N.; Yoshihara, K. *Chem. Phys. Letters*, **1980**, *71*, 326.
15. Evans, E. *J. Phys. Chem*, **1987**, *91*, 4219.
16. Rosen, M. J. *Surfactants and Interfacial Phenomena*; 2nd Ed.; Wiley-Interscience: New York, 1988; p. 108.
17. Myers, D. *Surface, Interface, and Colloids*; VCH Publishers Inc: New York, 1991; p. 299.
18. Abe. M.; Kasuya, T.; Ogino, K. *Colloid & Polymer Science* **1988**, *266*, 156.
19. Kim, K. H.; Kim, K. S.; Kim, Y. B. *Polymer (Korea)* **1987**, *11*, 261.
20. Wolfrom, M. L.; Shen, T. M. *J. Am. Chem. Soci.* **1958**, *81*, 1764.
21. Rutherford III, F. A.; Austin, P. R. *Chitin/Chitosan*; Proc. 1st; Int'l Conf.: Held in Bostone, 1978; p. 182.
22. Maeda, M.; Murakami, H.; Ohta, H.; Tajima, M. *Biotech. Biochem.* **1992**, *56*, 427.
23. Kim, S. H; Song, K. D. *J. of Korean Ind. & Eng. Chem.* **1994**, *5*, 779.
24. Muto, J. *J. Phys. Chem.* **1976**, *80*, 1342.
25. Sato, H.; Kawasaki, M.; Kasatani, K.; Nakashima, N.; Yoshihara, K. *Bull. Chem. Soci. Jpn.*, **1983**, *56*, 3588.
26. Song, K. D.; Kim, S. H.; Choi, C. H.; Lee, B. G.; Choi, H. K. *J. of Korean Ind. & Eng.* **1997**, *8*, 154.
27. Katsumata, M.; Kasatani, K.; Kawasaki, M.; Sato, H. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **1982**, *55*, 717.
28. Knorr, D. *J. of Food Sci.* **1983**, *48*, 40.