

<研究論文(學術)>

C. I. Disperse Blue 79의 알칼리 가수분해 반응속도 및 반응메카니즘

¹박건용 · 박창혁 · 박병기*

청운대학교 패션섬유공학과

* 전북대학교 섬유공학과

(2001년 8월 8일 접수)

Kinetics and Mechanism for Alkaline Hydrolysis of C. I. Disperse Blue 79

¹Geon Yong Park, Chang Hyouck Park, and Pyung Ki Pak*

Dept. of Fashion & Textile Eng., Chungwoon Univ., Hongsung, Korea

**Dept. of Textile Eng., Chunbuk National Univ., Chonju, Korea*

(Received August 8, 2001)

Abstract—Kinetics and mechanism for alkaline hydrolysis of C. I. Disperse Blue 79(B-79) which is 4-*N,N*-diacetoxyethyl-2-acylamino-5-ethoxy-2'-bromo-4',6'-dinitroazobenzene were investigated. The color strength of B-79 in acetone/water solutions of various NaOH concentrations decreased continuously. The hydrolysis rate of B-79 increased with increasing alkali concentration and appeared following first order reaction. The observed rate constants for various concentrations of B-79 showed similar values, and B-79 was hydrolyzed by first order reaction for dye concentration. Therefore, it was confirmed that the overall reaction follow second order kinetics and proceed via S_N2 reaction.

From the study on kinetics and spectrometric analysis, it was proposed that the rate determining step of the hydrolysis reaction of B-79 is the nucleophilic substitution reaction - that is the reaction of the rapid attack of OH^- on the carbon atom, which is in acceptor ring, adjacent to azo group to break the C-N bond. And it was also found that the final hydrolysis products of B-79 include both the acceptor ring in the form of sodium salt and the donor ring possessing 4-*N,N*-dihydroxyethyl group converted from 4-*N,N*-diacetoxyethyl group.

1. 서 론

청색의 아조벤젠계 염료가 폴리에스테르섬유 염색용으로 주목을 받기 시작한 것은 C. I. Disperse Blue 79가 개발된 이후로 이 염료는 염착성이 우

수하고 견뢰도가 양호하므로 짙은 청색과 흑색 염색용 분산염료로 현재까지도 가장 널리 사용되고 있는 중요한 염료이다¹⁾. 또한 1990년대에는 폴리에스테르/면, 폴리에스테르/레이온 또는 폴리에스테르/나일론 등 폴리에스테르 혼방섬유의 수요가 크게 증가하면서 분산염료에 의한 이들 혼방섬유의 염색에 있어서 면, 레이온, 나일론 등에 대한 분산염료의 오염이 문제가 되었다. 따라서 폴리에

¹Corresponding author. Tel.: +82-41-630-3251; Fax.: +82-41-634-8700; e-mail: pgy313@cwunet.ac.kr

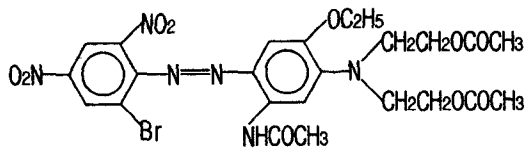
스테르 이외의 섬유에 오염된 분산염료가 환원제와 알칼리에 의한 환원세정시 보다 용이하고 효과적으로 제거될 수 있는 아조벤젠계 분산염료가 요구되었으며 특히 C. I. Disperse Blue 79나 C. I. Disperse Blue 165와 같은 청색계 아조벤젠 염료들의 중요성이 더욱 크게 부각되었다²⁾. 한편으로 알칼리에 대한 안정성이 낮은 이들 청색계열의 아조벤젠계 분산염료는 폴리에스테르섬유의 알칼리감량가공이나 폴리에스테르/면 등 혼방의 정련표백 공정에서 수세가 불충분한 경우 잔존하는 알칼리에 의해 소색 또는 변색에 의한 얼룩 발생의 원인이 될 수 있으므로 각별한 주의를 기울여야 한다³⁾.

본 연구에서는 폴리에스테르섬유의 균청색과 흑색 염색용 분산염료로 많이 사용되고 있는 청색의 아조벤젠계 분산염료 중에서 전자수용체환의 두 오르토 위치에 니트로기와 브롬의 전자흡인성기를 갖고 전자공여체환에 에톡시기와 아실아미노기 등의 전자공여성기를 가지며 디에틸아미노기 말단에 아세톡시기를 갖는 4-N,N-diacetoxyethyl-2'-acylamino-5-ethoxy-2'-bromo-4',6'-dinitroazobenzene 분산염료인 C. I. Disperse Blue 79의 알칼리 가수분해 반응속도를 고찰함으로써 가수분해 반응 메카니즘을 추정하고자 하였고, 아울러 가수분해 생성물들을 분석하여 반응 메카니즘을 확인하고자 하였다.

2. 실험

2.1 염료 및 시약

C. I. Disperse Blue 79(B-79)의 화학구조식은 다음과 같다.



염료는 아세톤으로 속슬레 추출 후 아세톤과 메탄올의 1:1 혼합용액으로부터 재결정법에 의해 정제했으며, FT-IR과 NMR 등을 이용해 정제를 확인했다. 물은 증류수를 사용했고, 아세톤, 에탄올, 메탄올, 수산화나트륨 및 기타 시약은 모두 1급 시약을 사용했다.

2.2 가수분해 반응속도

정제된 B-79를 일정 농도 아세톤에 용해시킨 염료액을 냉각기가 부착된 반응조에 넣고 60°C로 유지시킨 후 역시 일정 농도의 NaOH 수용액을 60°C로 조정하여 각각을 1:1의 중량비로 혼합하였으며, 교반과 함께 60°C에서 소정시간 반응시켰다. 반응시간에 따른 투과율 변화를 Color Quality Control System(ICS-TEXICON Ltd.)으로 측정했고, 흡광도(A)는 585nm에서의 투과율(T)로부터 $A = \log_{10}(100/T)$ 의 식에 의해 구했다⁴⁾.

B-79의 알칼리 가수분해 반응을 유사일차 반응으로 간주하여 속도식을 흡광도로 나타내면 다음의 (1)식이 된다.

$$-\ln \{(A_t - A_\infty)/(A_0 - A_\infty)\} = kt \quad (1)$$

(A_0 : 초기흡광도, A_∞ : 반응완료 후의 평형흡광도, A_t : 임의의 시간 t에서의 흡광도, t: 가수분해 반응시간, k: 반응속도상수)

여기서 알칼리는 반응촉매 역할을 하고 아울러 알칼리가 존재하지 않을 때는 가수분해 반응이 일어나지 않으므로 총괄반응속도식은 (2)식과 같이 된다.

$$v = k_{OH} [OH^-]^m [Dye]^n = k_{obs} [Dye]^n \quad (2)$$

(v: 초기속도, k_{OH} : 알칼리에 의한 반응속도상수, $[OH^-]$: 알칼리 농도, $[Dye]$: 염료 농도, m: 알칼리 농도의 반응차수, n: 염료 농도의 반응차수, k_{obs} : 겉보기반응속도상수)

여기서 k_{obs} 는 (1)식의 k에 해당되는 것으로 시간에 대해 $-\ln \{(A_t - A_\infty)/(A_0 - A_\infty)\}$ 를 플롯하여 얻을 수 있으며, $[OH^-]$ 의 반응차수 m과 알칼리에 의한 반응속도상수 k_{OH} 는 (3)과 (4)의 식으로부터 구할 수 있고, $[Dye]$ 의 반응차수 n은 (5)식으로부터 구할 수 있다^{5,6)}.

$$k_{obs} = k_{OH} [OH^-]^m \quad (3)$$

$$\ln k_{obs} = m \ln [OH^-] + \ln k_{OH} \quad (4)$$

$$\ln v = n \ln [Dye] + \ln k_{obs} \quad (5)$$

2.3 가수분해 반응 생성물 분리

반응 생성물을 얻기 위해 정제된 B-79의 아세톤 염액과 NaOH 수용액(0.1N)을 60°C에서 1:1로 혼합하여 투과율 스펙트럼 변화가 없을 때까지 가수분해시킨 반응액을 먼저 증류에 의해 아세톤을

제거함으로써 수불용성의 침전물을 얻었다. 또한 침전물을 걸러낸 수용액을 감압 건조에 의해 수분을 증발시켜 수용성 가수분해 생성물을 얻었다. 수불용성 생성물은 증류수로 수세하고 수용성 생성물은 아세톤으로 속슬레에서 정제했다. 가수분해 생성물들의 확인에 TLC, FT-IR(Nicolet 5DX) 및 $^1\text{H-NMR}$ (Bruker AM 500)을 이용했고, 이 때 TLC 전개액은 물:메탄올:에탄올의 부피비가 1:2:2인 혼합용액을 사용했다⁷⁾.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 아세톤과 물의 1:1 혼합 용액에 용해된 $5 \times 10^{-5}\text{M}$ 의 B-79를 $2.5 \times 10^{-4}\text{M}$ 의 NaOH로 가수분해시켰을 때의 투과율 스펙트럼 변화를 나타낸 것이다. 60°C 로 조정되어 있는 B-79의 아세톤 용액에 역시 60°C 의 NaOH 수용액을 투입하자마자 B-79의 최대흡수파장인 580nm 에서 투과율이 크게 증가했는데 이는 초기의 매우 빠른 가수분해에 의해 큰 소색 반응이 일어났기 때문이며 이후에는 가수분해 시간이 경과함에 따라 서서히 계속적인 소색에 의한 투과율 증가 거동을 보였으나 소색되는 정도가 점차 감소했으며, 가수분해에 의한 심색이나 천색 이동은 보이지 않았다. 이것으로 보아 $2.5 \times 10^{-4}\text{M}$ 의 NaOH에 의한 B-79의 가수분해는 심색이나 천색 이동의 원인이 될 수 있는 아실아미노기나 아세톡시기 등 치환기의 가수분해보다는 소색을 일으키는 발색단의 가수분해가 주된 반응으로 판단된다^{8,9)}.

Fig. 2는 알칼리의 농도를 2배 증가시킨 $5 \times 10^{-4}\text{M}$ 의 NaOH로 가수분해시켰을 때의 투과율 스펙트럼 변화를 나타낸 것으로 $2.5 \times 10^{-4}\text{M}$ 의 NaOH에 비해 가수분해 속도가 크게 빨라졌고, 약 30분 이후부터는 불균일한 투과율 거동을 보이기 시작하였으며, 약 70분 반응에서는 거의 소색이 완료되었으나 흡수피크가 여러 곳에서 나타났다. 이러한 결과로 보아 발색단의 가수분해 외에도 치환기들의 가수분해에 의해 생성된 다양한 색상의 가수분해 생성물이 혼재함을 예측할 수 있다. 이 경우 TLC에 의해 가수분해물들을 확인해 보면 원시료인 청색이 미량 나타나고 보라색, 적색, 주황색 및 황색 등의 가수분해 생성물들이 나타났다.

Fig. 3은 알칼리 농도를 6배 증가시킨 $15 \times 10^{-4}\text{M}$ 의 NaOH로 가수분해시켰을 때의 투과율 스펙트럼 변화를 나타낸 것으로 5분 정도의 짧은 시간으로도 급격한 가수분해에 의한 소색이 일어나 용액이 거의 무색으로 변화했으며 약 20분 반응으

로 가수분해 반응이 종료됨을 알 수 있다. 이 때 최종 반응물을 TLC로 분석해 보면 400nm 부근에서 넓은 흡수대를 보이는 황색 성분이 거의 대부분을 차지하고 있는데 이 같은 결과는 발색단의 가수분해는 물론이고 각종 치환기들의 가수분해 역시 매우 빠른 속도로 완료되었기 때문으로 판단된다.

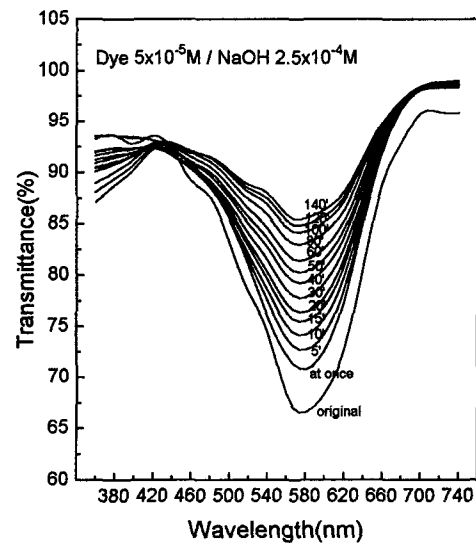


Fig. 1. Visible spectra of B-79($5 \times 10^{-5}\text{M}$) hydrolyzed in acetone/water solution of NaOH($2.5 \times 10^{-4}\text{M}$) for various times (minute) at 60°C .

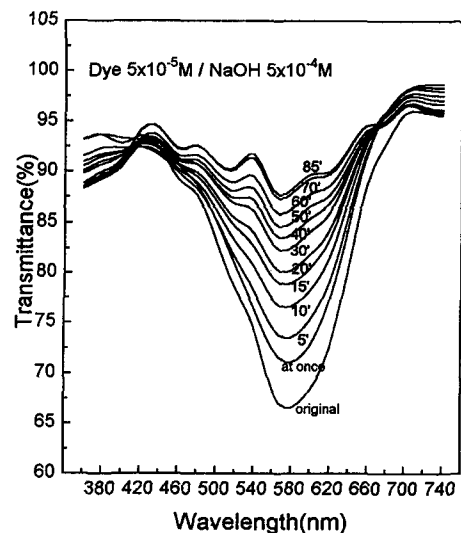


Fig. 2. Visible spectra of B-79($5 \times 10^{-5}\text{M}$) hydrolyzed in acetone/water solution of NaOH($5 \times 10^{-4}\text{M}$) for various times (minute) at 60°C .

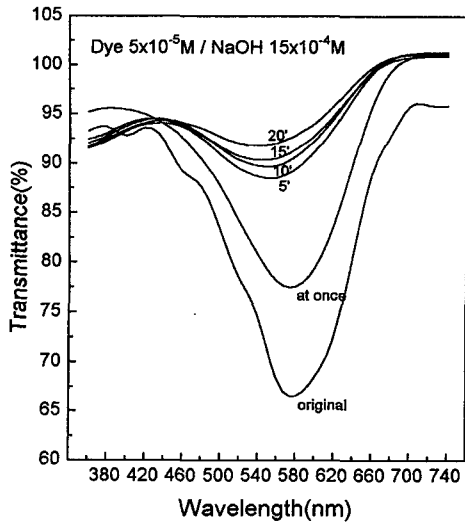


Fig. 3. Visible spectra of B-79($5 \times 10^{-5}M$) hydrolyzed in acetone/water solution of NaOH($15 \times 10^{-4}M$) for various times (minute) at $60^\circ C$.

알칼리 농도가 반응속도에 미치는 영향을 살펴 보고 각 알칼리 농도에서의 겔보기반응속도상수 (k_{obs})를 구하고자 일정 염료 농도에 있어 가수분해 시간에 따른 $-\ln\{(A_t - A_\infty)/(A_0 - A_\infty)\}$ 를 Fig. 4에 도시했다. 겔보기반응속도상수를 나타내는 직선의 기울기가 알칼리 농도의 증가와 함께 현저히 커지는 것으로 보아 B-79의 가수분해 반응속도는 알칼리 농도의 증가에 의해 크게 빨라짐을 알 수 있다.

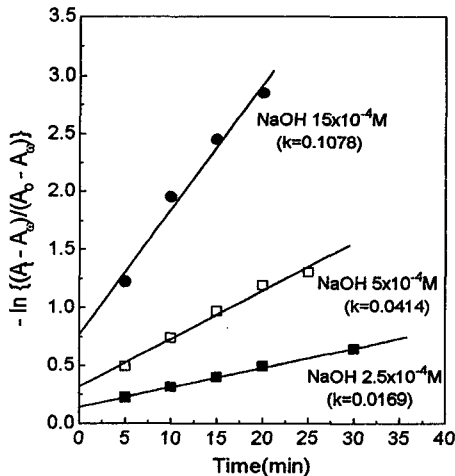


Fig. 4. Plots of $-\ln\{(A_t - A_\infty)/(A_0 - A_\infty)\}$ vs. time for hydrolysis of B-79($5 \times 10^{-5}M$) in acetone/water solutions of various NaOH amounts at $60^\circ C$.

각 알칼리 농도에서의 겔보기반응속도상수와 그들의 대수값들을 Table 1에 나타냈으며, Fig. 5는 알칼리 농도의 대수값에 대한 겔보기반응속도상수의 대수값을 그래프로 나타낸 것이다.

Table 1. Observed rate constants for alkaline hydrolysis of B-79 in various concentrations of NaOH at $60^\circ C$

[Dye] (M)	[OH ⁻] (M)	$-\ln[OH^-]$	k_{obs} (min ⁻¹)	$-\ln k_{obs}$
5×10^{-5}	2.5×10^{-4}	8.29	0.0169	4.08
	5×10^{-4}	7.60	0.0414	3.18
	10×10^{-4}	6.91	0.0728	2.62
	15×10^{-4}	6.50	0.1078	2.23

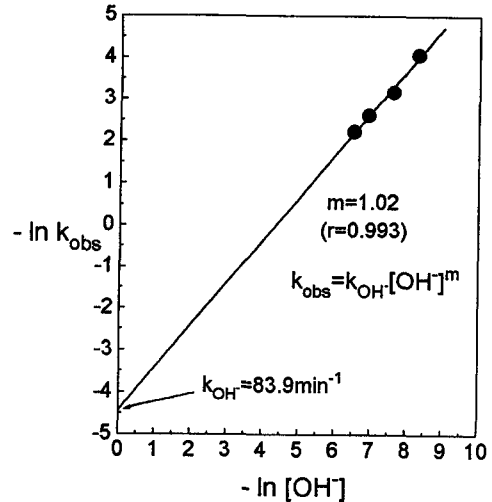


Fig. 5. Plot of $-\ln K_{obs}$ vs. $-\ln[OH^-]$ for alkaline hydrolysis of B-79 at $60^\circ C$ (Dye : $5 \times 10^{-5}M$).

(3)식의 알칼리 농도에 대한 반응차수 m 과 알칼리에 의한 반응속도 상수 k_{OH^-} 는 (4)식을 나타낸 Fig. 5의 직선으로부터 기울기와 y 축 절편을 구하면 얻을 수 있다. 이 직선으로부터 얻은 알칼리 농도의 반응차수 m 은 1.02(상관계수 0.993)로 B-79의 가수분해는 알칼리 농도에 대해 1차반응임을 알 수 있고, 또한 알칼리에 의한 반응속도 상수 k_{OH^-} 는 83.9min^{-1} 로 가수분해 속도에 미치는 알칼리 농도의 영향이 매우 큼을 알 수 있다.

Fig. 6과 Fig. 7은 여러가지 염료 농도에 대해 $5 \times 10^{-4}M$ 의 NaOH로 가수분해시켰을 때의 스펙트럼 변화를 예시한 것이다. 염료 농도가 $3 \times 10^{-4}M$ 로 매우 적은 경우나 $7 \times 10^{-4}M$ 로 증가한 경우 모

두 90분까지의 소색을 일으키는 가수분해에 의한 투과율 변화 거동이 비슷하게 나타났다.

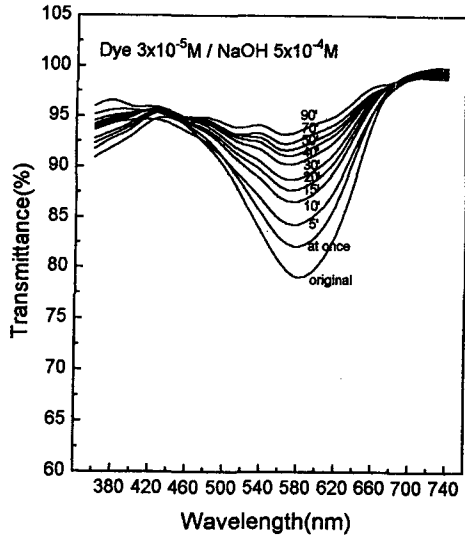


Fig. 6. Visible spectra of B-79($3 \times 10^{-5} M$) hydrolyzed in acetone/water solution of NaOH($15 \times 10^{-4} M$) for various times (minute) at $60^\circ C$.

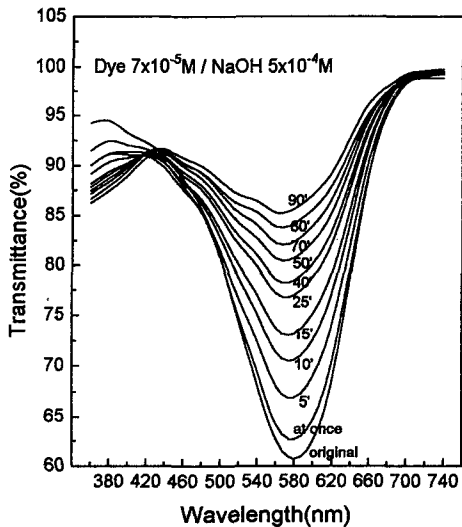


Fig. 7. Visible spectra of B-79($7 \times 10^{-5} M$) hydrolyzed in acetone/water solution of NaOH($5 \times 10^{-4} M$) for various times (minute) at $60^\circ C$.

염료 농도를 달리한 경우 $5 \times 10^{-4} M$ 의 NaOH로 가수분해시켰을 때의 겔보기반응속도상수와 초기 반응속도를 구하여 Table 2에 나타냈다. 각 염료 농도에 있어 실제 투과율로부터 구한 겔보기반응

속도상수는 약 0.04 min^{-1} 로 대략 비슷한 값을 보였는데 이 수치는 (2)식으로부터 계산에 의해 구한 염료 농도에 대한 겔보기반응속도상수인 0.036 min^{-1} 보다는 컸으나 그 차이가 그다지 크지 않으므로 이론 속도식이 실험적 속도 결과에 어느 정도 타당한 것으로 판단된다.

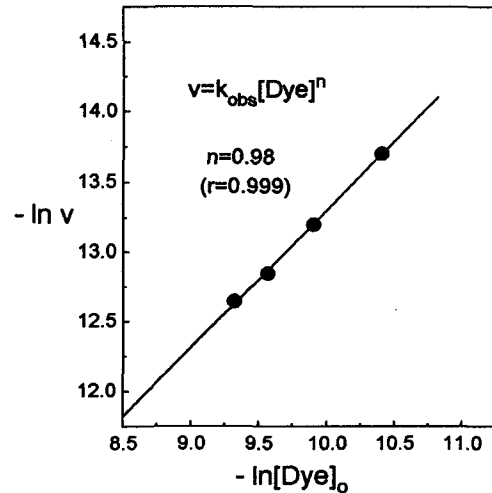


Fig. 8. Plot of $-\ln v$ vs. $-\ln[Dye]_0$ for alkaline hydrolysis of B-79 at $60^\circ C$ (NaOH : $5 \times 10^{-5} M$).

염료 농도의 반응차수 n 을 구하기 위해 염료 농도의 대수값과 초기반응속도의 대수값을 역시 Table 2에 나타냈다. 이 때 초기반응속도 v 는 최초 염료 농도 $[Dye]_0$ 와 5분 반응 후의 잔류 염료 농도 $[Dye]_5$ 의 차로부터 구했고, v 의 대수값을 최초 염료 농도 $[Dye]_0$ 의 대수값에 대해 플롯하여 Fig. 8에 나타냈으며, 기울기가 0.98(상관계수 0.999)인 약 1에 가까운 직선을 얻었다. 이것으로부터 염료 농도의 반응차수가 1에 가깝다는 것을 확인했고, 알칼리 농도의 반응차수 역시 1인 것을 고려하면 B-79의 알칼리 가수분해 총괄반응은 2차 반응임을 확인할 수 있었으며, 총괄반응속도식은 다음의 (6)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$v = k_{OH} [OH^-]^{1.02} [Dye]^{0.98} \quad (6)$$

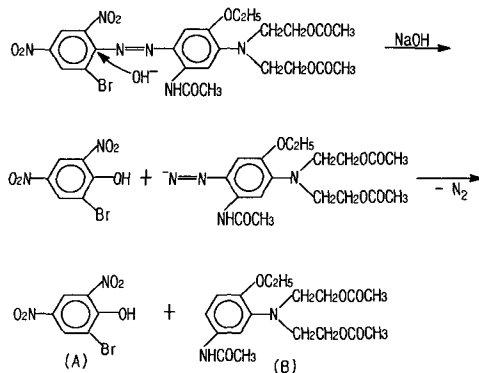
따라서 B-79의 알칼리 가수분해 반응메카니즘은 알칼리에 의한 친핵치환반응 중에서도 S_N2 반응이므로 다음의 Scheme 1과 같은 반응 메카니즘을 제안할 수 있다. 즉 전자흡인성기가 존재하는 전자수용체의 벤젠환 중에서 아조기에 인접한 탄소의 전자밀도가 낮아 강한 친핵체인 히드록시 음

Table 2. Observed rate constants and values of initial rates for alkaline hydrolysis of B-79 in various concentrations of dye at 60°C

[OH ⁻] (M)	[Dye] ₀ (M)	-ln[Dye] ₀	k _{obs} (min ⁻¹)	[Dye] ₅ ¹⁾ (M)	v ²⁾ (M/min)	-ln v
5 × 10 ⁻⁴	3 × 10 ⁻⁵	10.4	0.0409	2.44 × 10 ⁻⁵	1.122 × 10 ⁻⁶	13.70
	5 × 10 ⁻⁵	9.90	0.0414	4.08 × 10 ⁻⁵	1.851 × 10 ⁻⁶	13.20
	7 × 10 ⁻⁵	9.57	0.0392	5.68 × 10 ⁻⁵	2.626 × 10 ⁻⁶	12.85
	9 × 10 ⁻⁵	9.32	0.0389	7.40 × 10 ⁻⁵	3.208 × 10 ⁻⁶	12.65

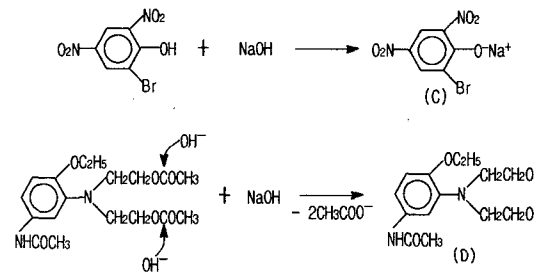
1) [Dye]₅: dye concentration after 5 min
 2) v = ([Dye]₀ - [Dye]₅) / t (t : 5 min)

온에 의해 쉽게 친핵공격을 받게 됨으로써 치환반응에 의한 분자 절단이 일어나고 결과적으로 (A)의 전자수용체환 성분과 (B)의 전자공여체환 성분이 생성되는 것으로 추정된다. 또한 매우 빠른 속도로 진행되는 이 친핵치환반응이 B-79의 알칼리 가수분해 반응속도를 결정하는 주된 반응이며, 디에틸아미노기 말단의 아세트산기와 같은 치환기의 가수분해는 반응속도 결정에 거의 영향을 미치지 못하는 것으로 판단되었다.^{3,4,10)}



Scheme 1. Proposed alkaline hydrolysis mechanism of chromogen of C. I. Disperse Blue 79.

한편 Scheme 1에서의 (A)와 (B)는 지속적인 알칼리 가수분해에 의해 Scheme 2와 같은 반응이 예상된다. 즉, (A)의 경우 히드록시기가 NaOH와 반응하여 나트륨염의 형태로 전환되기 쉬우므로 (C)와 같은 생성물이 얻어질 것으로 예상되고¹¹⁾, (B)의 경우 아세트산기가 히드록시기로 가수분해됨으로써 (D)와 같은 생성물이 얻어질 것으로 예상된다.⁹⁾



Scheme 2. Proposed final products for alkaline hydrolysis of C. I. Disperse Blue 79.

B-79의 알칼리 가수분해 반응 생성물들을 조사하기 위해 반응액을 TLC로 분석한 결과 반응 초기에는 R_f 0.78인 균청색의 원염료보다 높은 위치인 R_f 0.83에서 청색 성분이 많이 검출되었으나 반응 시간이 경과함에 따라 점차 사라졌고, 20분 이상 반응시킨 경우에는 적색(R_f 0.83), 청녹색(R_f 0.87) 및 주황색(R_f 0.89)의 세 성분이 검출되었으며, 100분 이상 가수분해시킨 경우에는 R_f 0.87의 황색 성분이 다량 검출되었다. 2시간 가수분해 반응시킨 용액에서 아세톤을 증발시키면 소량의 청색 수불용성 침전물이 얻어지며 가수분해물의 거의 대부분은 황색의 수용성분이다.

Fig. 9는 B-79의 가수분해물을 분리하여 얻은 수불용성분과 수용성분의 FT-IR 스펙트럼을 나타낸 것이다. 매우 적은 양으로 존재하는 수불용성분의 경우 히드록시기 특성 피크로 보이는 3300cm⁻¹ 부근의 피크 외에는 원염료와 스펙트럼이 거의 일치하였다. 그러나 수용성분의 경우에는 1600cm⁻¹ 부근의 아조기 특성 피크가 사라졌는데 이것으로 보아 Scheme 1의 발색단 분해 반응이 일어난 것을 확인할 수 있다. 반면에 에스테르와

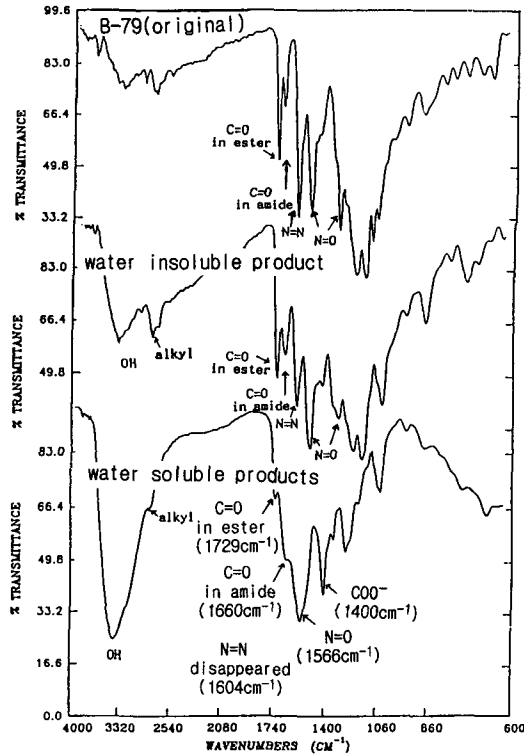


Fig. 9. FT-IR spectra of water insoluble and water soluble products in hydrolyzed B-79.

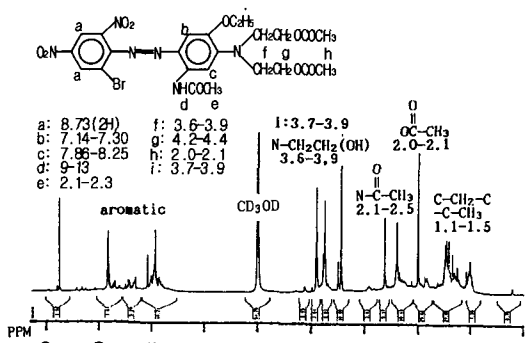


Fig. 10. ¹H-NMR spectrum of water soluble products in hydrolyzed B-79.

아마이드의 C=O 특성 피크가 약하게나마 나타났고, 1500~1600cm⁻¹ 부근에서 나타나는 니트로기의 특성 피크가 1566cm⁻¹에 나타났으며, 히드록시기 피크가 매우 강하게 나타난 것 등으로 보아 (A)와 (B) 생성물 외에도 Scheme 2의 (C)와 (D) 생성물이 혼재할 것으로 추정되었다. Fig. 10의 수용성분에 대한 NMR 결과를 보면 8.8ppm의 특성

피크로부터 전자수용체의 방향환이 존재함을 확인할 수 있고, 원염료의 아세톡시에틸기에 있어 아세톡시기에 인접한 메틸렌 양성자에 의해 나타나는 4.2~4.4ppm에서의 피크들이 사라지고 대신에 3.5~4.0ppm에 히드록시에틸기의 양성자 피크가 나타난 것으로 보아 전자공여체 방향환도 존재하는 것으로 추정되었다. 앞의 두 분석 결과로 보아 수용성분은 발색단의 가수분해에 의해 아조기가 사라지면서 전자공여체의 방향환 성분과 전자수용체의 방향환 성분으로 분리되고 아세톡시에틸기가 히드록시에틸기로 가수분해된 전자공여체 성분도 포함되어 있는 것으로 판단된다.

4. 결 론

C. I. Disperse Blue 79의 알칼리 가수분해 거동을 살펴보기 위해 아세톤과 물의 1:1 혼합 용액에 용해된 염료를 NaOH로 가수분해시켜 투과율 스펙트럼 변화를 살펴본 결과 매우 빠른 가수분해에 의해 큰 소색 반응이 일어났고, 알칼리 농도가 증가함에 따라 반응속도가 현저히 빨라졌으며, 알칼리 농도에 대해 1차 반응임을 확인했다. 염료 농도를 달리한 경우 겔보기반응속도상수는 대략 비슷한 값을 보였고, 염료 농도에 대해서도 1차 반응임을 확인했다. 따라서 총괄반응은 2차 반응으로 S_N2 친핵치환반응임을 확인했으며, 알칼리에 의한 반응속도 상수 k_{OH⁻}는 83.9min⁻¹로 가수분해 속도에 미치는 알칼리 농도의 영향이 매우 큼을 알 수 있었다.

반응속도의 결과와 분광분석 등을 통해 C. I. Disperse Blue 79의 알칼리 가수분해 반응속도를 결정하는 주된 반응은 전자밀도가 낮은 아조기에 인접한 전자수용체환의 탄소를 강한 친핵체인 히드록시 음이온이 친핵공격하여 분자가 절단되는 반응인 것으로 확인되었다. 또한 최종 가수분해 반응 생성물에는 나트륨염 형태의 전자수용체환 성분과 디에틸아미노기 말단의 아세톡시기가 히드록시기로 가수분해된 전자공여체환 성분이 혼재할 것으로 예상되었다.

감사의 글

이 연구는 청운대학교 학술연구조성비(2000년)로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. D. R. Waring and G. Hallas, "The Chemistry

- and Application of Dyes*", Plenum, New York, p.155(1990).
2. P. W. Leadbetter and A. T. Leaver, *Rev. Prog. Coloration*, **19**, 33(1989).
 3. G. Y. Park, Y. C. Park, B. S. Lee, and J. W. Kim, *J. Korean Fiber Soc.*, **30**, 587(1993).
 4. G. Y. Park and C. H. Park, *J. Korean Fiber Soc.*, **30**, 882(1996).
 5. B. K. Park, J. W. Lee, and J. S. Lim, *J. Korea Chem. Soc.*, **30**, 282(1986).
 6. B. K. Park, J. S. Lim, N. J. Sung, I. B. Lee, K. J. Kim, and S. G. Kang, *J. Korea Chem. Soc.*, **32**, 342(1988).
 7. G. Y. Park, C. H. Lee, and J. W. Kim, *J. Korean Fiber Soc.*, **30**, 459(1993).
 8. G. Y. Park and J. W. Kim, *J. Korean Fiber Soc.*, **28**, 873(1991).
 9. G. Y. Park and J. W. Kim, *J. Korean Fiber Soc.*, **28**, 951(1991).
 10. G. Y. Park, J. A. Yu, H. E. Oh, and J. W. Kim, *J. Korean Fiber Soc.*, **30**, 513(1993).
 11. R. J. Fessenden and J. S. Fessenden, "Organic Chemistry", 2nd Ed., Willard Grant Press, Boston, p.280(1982).