

<研究論文(學術)>

유기용매염색(II)

—Alkane류를 염색매체로 한 C. I. Disperse Violet 1에 의한 PET 염색—

김태경 · 허재원 · 김병인 · 임용진

경북대학교 공과대학 염색공학과

(1997년 12월 11일 접수)

Organic Solvent Dyeing(II)

—The Dyeing of PET by C. I. Disperse Violet 1 in Alkanes as Dyeing Media—

Tae Kyeong Kim, Jae Won Heo, Byoung In Kim and Yong Jin Lim

Department of dyeing and finishing, College of Engineering,

Kyungpook National University, Taegu, Korea

(Received December 11, 1997)

Abstract—In the prior study, we found that the dye uptakes of C. I. Disperse Violet 1 on PET in hexane and cyclohexane were higher than those in the other solvents. Therefore, in this study, the dye uptakes and the partition coefficients in alkanes having different number of carbon atoms were obtained and their relationship to the solubilities of the dye in alkanes was also investigated.

As the number of carbon atoms of alkanes increases, solubility of the dye increases but the dye uptake decreases. This is due to the fact that the hydrophobicity of alkanes become relatively strong as increasing the number of carbon atoms.

It was also found that the dye uptakes in iso-alkanes were larger than those in normal alkanes. This is because that the branched alkanes(iso-alkanes), judging from the tendency of lowering solubility and increasing dye uptake as decreasing the number of carbon atoms of alkanes, behave like the alkanes with less number of carbon atoms rather than the alkanes with the same number of carbon atoms.

The logarithmic plot of the dye uptakes vs. the solubilities of the dye showed that the dye uptakes are linearly and inversely proportional to the solubilities. This is in good accordance with the results of the prior study.

The heat of dyeing was also calculated from the equilibrium adsorptions at various temperatures. It seemed that the dyeings of PET by C. I. Disperse Violet 1 in nonane, decane, iso-pentane and iso-octane were rather endothermic processes.

Dyeing rates in alkanes were somewhat delayed unlike general appearances in solvent dyeing.

1. 서 론

전보¹⁾에서는 염색매체를 물 대신 유기용매를 이용하는 용매염색의 기초 연구로서 테트라클로로에틸렌을 포함한 24종의 유기용매를 대상으로 이들의 용매염색에의 이용가능성을 알아보기 위해 1,4-diaminoanthraquinone(C. I. Disperse Violet 1)을 사용하여 각 용매내에서의 PET에 대한 염색성을 조사하고, 이를 염료의 용해도와 관련지어 검토하였다. 그 결과 헥산과 시클로헥산에서의 염착량이 다른 유기용매에 비해 훨씬 크며 헥산은 물과 유사한 정도의 염착량을 나타내었다. 이러한 염착량의 차이를 용매 내에서의 염료의 용해도와 관련지어 검토한 결과 용해도와 염착량은 서로 지수함수적으로 반비례하며 따라서 이들의 대수그래프에서는 직선적인 반비례관계를 보였다. 또한 각 용매 내에서의 PET 섬유에의 가소화로 인한 T_g 변화가 130°C의 염착량에 미치는 영향을 살펴보았으나, 뚜렷한 관련성은 얻지 못하였으며 이것은 130°C의 고온에서는 이미 PET의 구조가 상당히 이루어져 있기 때문이며, 또 유기용매를 사용한 PET의 분산염색에 있어서 염착량은 용매에 의한 PET의 가소화보다는 염료의 용해도에 의한 영향이 지배적이라는 결론을 얻었다.

다른 유기용매에 비해 헥산이나 시클로헥산과 같은 알칸류에서의 염착량이 훨씬 크다는 전보의 결과를 기초로 본 연구에서는 펜탄부터 데칸까지 이소 및 시클로알칸을 포함하는 9종의 알칸들을 염색매체로 사용하여 PET를 염색하고 알칸의 탄소수에 따른 염색성의 변화를 검토하였다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

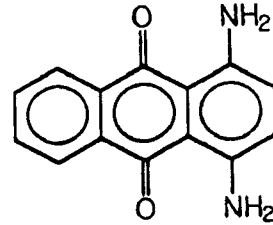
2.1.1 시료

경사 176 fil./inch, 위사 82 fil./inch의 PET 평직 물을 사용하였다.

2.1.2. 염료

Aldrich사의 시약용 분산염료인 1,4-diaminoanthraquinone(C. I. Disperse Violet 1)을 그대로 사용하였으며, 염료의 구조와 분자량 및 최대흡수파장은

다음과 같다.



M.W. : 238.25g/mole

λ_{max} : 593.2nm(in DMF)

549.0nm(in pyridine)

2.1.3 시약

펜탄, 2-메틸부탄(이소펜탄), 헥산, 시클로헥산, 헵탄, 옥탄, 2,2,4-트리메틸펜탄(이소옥탄), 노난, 데칸 및 디메틸포름아미드(DMF), 피리딘 등은 각각 시약 1급을 그대로 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 염색

2.2.1.1 염색성

물을 포함한 10종의 용매에 대한 염색정도를 알아보기 위하여 전보와 같은 조건인 0.2g의 PET 직물을 염료농도 0.1g/l의 용액을 사용하여 욕비 250 : 1의 조건으로, 각각 70°C에서 30분간에 걸쳐 130°C까지 승온시킨 후, 이 온도에서 60분간 염색하였다. 염색이 끝난 PET 직물은 아세톤으로 3회 세척한 후 진공 건조시켜 보관하였고, 염색기는 고압 pot형의 Auto Textile Dyeing Machine(고려과학산업, 한국)을 사용하였다.

2.2.1.2 흡착등온선 및 분배계수

0.01g의 PET를 0.004, 0.01, 0.02, 0.03g/l의 염료 농도를 사용하여 욕비 5,000 : 1의 무한염색의 조건으로 90°C, 110°C, 130°C에서 평형에 도달할 때까지 각각 10시간, 5시간, 1시간 동안 염색하여 흡착등온선을 얻고 그 기울기값으로부터 분배계수를 구하였다.

2.2.2 염착량 측정

염색후 진공건조된 섬유를 적당량 칭량하고 이를 100% DMF로 90°C에서 염료를 완전히 추출하고,

분광광도계(UV-2100 Spectrophotometer, Shimadzu)를 사용하여 이의 흡광도를 측정하여 미리 작성된 검량선으로부터 염착량을 계산하였다.

2.2.3 염료의 용해도 측정

각각의 알칸 10ml에 과량의 염료를 첨가하여 15°C에서 충분히 용해시킨후, 3,500 RPM으로 원심분리하여 미용해 염료를 침전시켜 제거하고 그 염료포화용액 1ml를 pyridine으로 희석하여 흡광도를 측정, 미리 작성한 검량선으로부터 용해도를 계산하였다.

2.2.4 염색속도

0.01g의 PET를 0.1g/l의 염료용액을 사용하여 욕비 5,000 : 1의 무한염욕의 조건으로 110°C에서 염색속도를 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 염착량 및 분배계수

전보¹⁾에서는 유기용매염색의 가능성을 알아보기 위한 기초연구로서 테트라클로로에틸렌(perclene, PER)을 포함한 24종의 유기용매 내에서 C. I. Disperse Violet 1 (1,4-diamino-anthraquinone)을 사용하여 130°C에서의 염착량을 구하였다. 그 결과 과거에 많은 연구가 이루어졌던 테트라클로로에틸렌을 포함한 대부분의 유기용매에서의 염착량이 물에 비해 현저히 낮은 반면 알칸류인 헥산의 경우는 물과 거의 동등한 정도의 염착량을 보이며 시클로헥산도 상당한 염착량을 보이는 것을 알았다.

이러한 사실을 기초로 펜탄부터 데칸까지의 알칸을 용매로 염색하고 알칸류의 탄소수에 따른 염착량을 구하였다. 이소펜탄과 이소옥탄 및 시클로헥산에 대해서도 함께 검토하였다. Fig. 1에 의하면 130°C에서의 C. I. Disperse Violet 1의 염착량은 알칸의 탄소수가 감소함에 따라 급격히 증가하는 경향을 보인다. 데칸에서 펜탄으로 감에 따라 염착량이 증가하여 펜탄에서는 오히려 물보다 더 높은 염착량을 나타내고 있음을 알 수 있다. 또 흥미로운 사실은 이소알칸의 경우 노말알칸에 비해 높은 염착량을 가지며, 반대로 시클로헥산은 헥산에서보다 낮은

염착량을 보였다. 탄소수가 감소함에 따라 염착량이 커진다는 사실로 미루어 볼 때, 이소알칸은 가지화(branching)로 인해 분자쇄의 길이가 짧아짐으로써 동일한 탄소수를 가지는 노말알칸보다 더 적은 탄소수의 알칸처럼 행동하기 때문으로 생각된다.

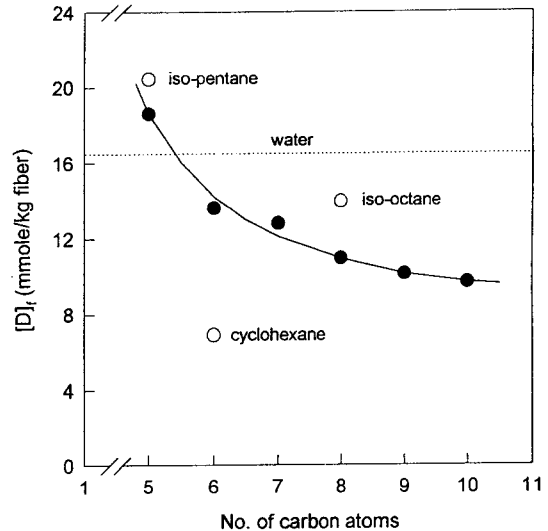


Fig. 1 Relationship between the number of carbon atoms of alkanes and the dye adsorption of C. I. Disperse Violet 2 on PET at 130°C.

알칸-PET계 내에서의 C. I. Disperse Violet 1의 분배계수를 구하기 위해 130°C에서의 흡착등온선을 얻어 노말알칸을 Fig. 2에, 그리고 이소알칸과 시클로헥산을 Fig. 3에 각각 나타내었다. 흡착등온선을 얻기 위해서는 염료가 완전히 용해된 상태이어야 하나 분산염료의 물에 대한 용해도가 아주 낮으므로 130°C에서 충분히 용해될 수 있는 정도의 저농도인 0.126 mmol/l까지의 농도에서 염색하였다. 욕비는 염색전후의 염액의 농도변화를 무시할 수 있을 정도인 5,000 : 1로 하였다.

Fig. 2과 Fig. 3에서 보는 바와 같이 이들 용매에서 C. I. Disperse Violet 1은 사용한 농도 구간내에서 좋은 직선관계를 나타내므로 이들 용매에서 C. I. Disperse Violet 1의 PET에 대한 염착은 물에서와 같이 Henry형 흡착임을 알 수 있다. 그리고 이 직

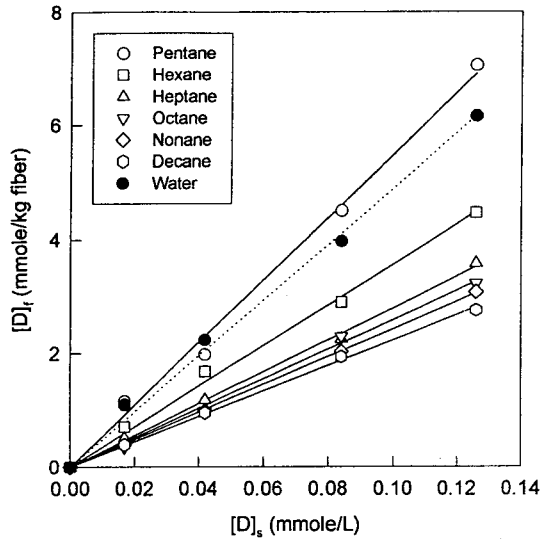


Fig. 2 Adsorption isotherms of C. I. Disperse Violet 1 on PET in normal alkanes at 130°C.

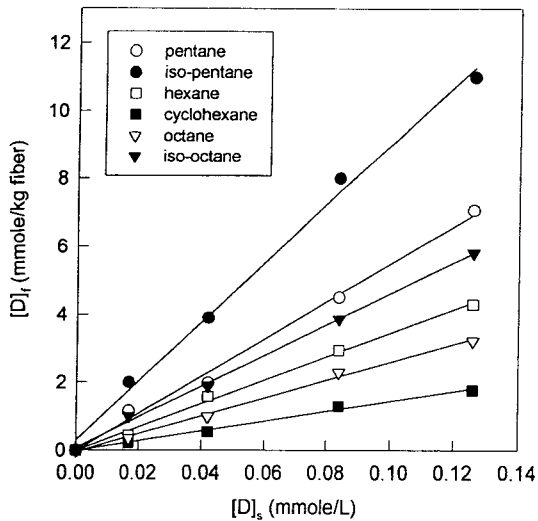


Fig. 3 Adsorption isotherms of C. I. Disperse Violet 1 on PET in iso-alkanes and cyclohexane at 130°C.

선의 기울기가 용매와 PET에 대한 염료의 분배계수이므로 그 값을 산출하여 Table 1에 나타내었다. Table 1에서 알 수 있는 바와 같이 알칸의 탄소수가 감소함에 따라 분배계수가 증가하고 또 노말알칸에 비해 이소알칸이 분배계수가 크다는 것을 알 수 있다.

또한 펜탄의 경우 물보다 12%, 이소펜탄의 경우 84%나 큰 분배계수를 나타내었다.

Table 1. Partition coefficients(K) of C. I. Disperse Violet 1 at 130°C.

Solvents	K	Ratio(%)
Water	49.00	100.0
n-Pentane	54.90	112.0
Iso-pentane	90.36	184.4
n-Hexane	35.66	72.8
Cyclohexane	14.40	29.4
n-Heptane	28.00	57.1
n-Octane	25.95	53.0
Iso-octane	46.25	94.4
n-Nonane	24.34	49.7
n-Decane	22.34	45.6

3.2 염료의 용해도

전보에서도 언급한 바와 같이 분산염료에 의한 PET 섬유 염색은 소수성 결합(hydrophobic interaction)²⁾과 고용체 이론 등으로 설명될 수 있다. 따라서 용매 내에서의 염료의 용해도는 용매-PET 간의 분배계수에 직접적인 영향을 미칠 것으로 생각되므로 본 연구에서도 전보와 마찬가지로 알칸류들에 대한 C. I. Disperse Violet 1의 용해도를 측정하여 이들이 알칸류 내에서의 PET에 대한 염착량에 어느 정도의 관련성을 가지는지를 조사하였다.

15°C에서 알칸류의 용매에 대한 C. I. Disperse Violet 1의 용해도를 측정하여 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에 의하면 알칸의 탄소수가 증가할수록 C. I. Disperse Violet 1의 용해도도 증가함을 알 수 있다. 이것은 탄소수가 증가함에 따라 알칸의 소수성이 상대적으로 더욱 증가하므로 소수성의 분산염료인 C. I. Disperse Violet 1의 용해도도 커지는 것으로 생각된다. 한편 이소알칸은 노말알칸보다 낮은 용해도를 보이는데, 이는 적은 탄소수의 알칸일수록 C. I. Disperse Violet 1의 용해도가 낮다는 사실로 보아, 이소알칸은 가지화로 인해 분자쇄의 길이가 짧아짐으로써 동일한 탄소수를 가지는 노말알칸보다 더 적은 탄소수의 알칸처럼 행동하기 때문으로 생

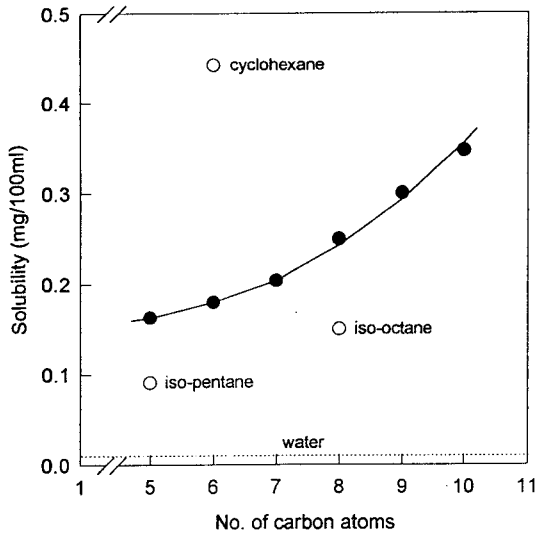


Fig. 4 Relationship between the number of carbon atoms of alkanes and the solubilities of C. I. Disperse Violet 1 in alkanes at 15°C.

각된다. 또한 시클로헥산의 경우 노말헥산보다 높은 용해도를 보이고 있다.

이러한 사실은 알칸류의 밀도에 의해서도 설명할 수 있다. 알칸은 그 분자를 구성하는 기들은 서로 유사하나 탄소수에 따라 또는 가지화가 되거나 고리형으로 됨에 따라 밀도가 달라진다. 밀도가 증가하면 동일한 부피내에 더 많은 용매의 구성원자가 존재하게 되므로 염료분자와의 상호인력이 더욱 커져서 결국 염료의 용해도가 커지는 것으로 생각된다. Table 2에 알칸류의 밀도를 나타내었다. 알칸의 탄소수가 증가함에 따라 밀도가 커지므로 염료의 용해도가 증가하는 경향과 잘 일치하며, 또한 이소알칸이 노말알칸에 비해 염료의 용해도가 낮음으로 인해 염착량이 높은 것도 이소알칸의 밀도가 노말알칸의 밀도보다 작다는 결과와 일치한다. 시클로헥산의 경우 노말헥산에 비해 훨씬 큰 용해도를 나타내는데 이 역시 시클로헥산이 고리화로 인해 밀도가 다른 알칸류에 비해 현저히 커지는데 기인한 것으로 생각된다.

C. I. Disperse Violet 1의 용해도와 알칸 내에서의 130°C에서 PET에 대한 염착량과의 관계를 Fig. 5에 나타내었다. 이들은 서로 반비례관계를 가지므로

Table 2. Density of alkanes.

Solvents	Density(g/ml, 20°C)
n-Pentane	0.626
Iso-pentane	0.619
n-Hexane	0.655
Cyclohexane	0.779
n-Heptane	0.684
n-Octane	0.699
Iso-octane	0.688
n-Nonane	0.718
n-Decane	0.730

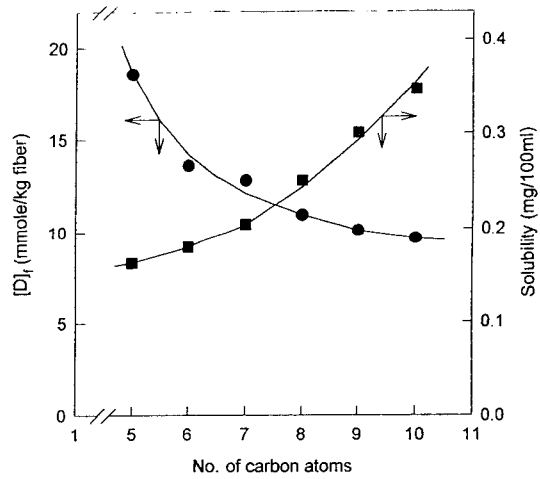


Fig. 5 Dye adsorptions on PET at 130°C and the solubilities of C. I. Disperse Violet 1 at 15°C in alkanes.

탄소수가 감소함에 따라 염료의 용해도 감소로 인해 염착량이 급격히 증가함을 알 수 있다. 전보에 의하면 염료의 용해도와 염착량은 단순 반비례가 아닌 지수함수적인 반비례관계이며, 따라서 용해도와 염착량 각각에 대해 대수를 취하면 아주 좋은 직선관계를 보인다는 것을 알 수 있었다. 이러한 관계가 알칸류에도 적용 되는지를 알아보기 위해 전보에서 살펴본 24종의 유기용매와 함께 Fig. 6에 나타내었다. 그 결과 다른 24종의 유기용매에 대한 직선관계와 알칸류에서의 직선관계가 완벽하게 일치함을 알 수 있다.

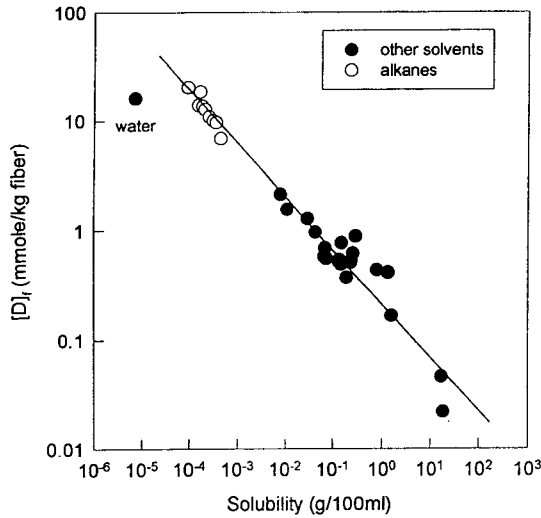


Fig. 6 Logarithmic plot of the solubilities (15°C) and the dye adsorptions(130°C) of C. I. Disperse Violet 1 in various organic solvents.

3.3 염색열

알칸류 용매 내에서 C. I. Disperse Violet 1의 PET 염색에 있어서 여러 온도에서의 분배계수와 염색열을 구하기 위해, 앞의 130°C 이외에 110°C와 90°C에서의 흡착등온선을 얻어 각각에 대하여 분배계수를 구하였다. 이를 종합적으로 나타낸 것이 Fig. 7이다.

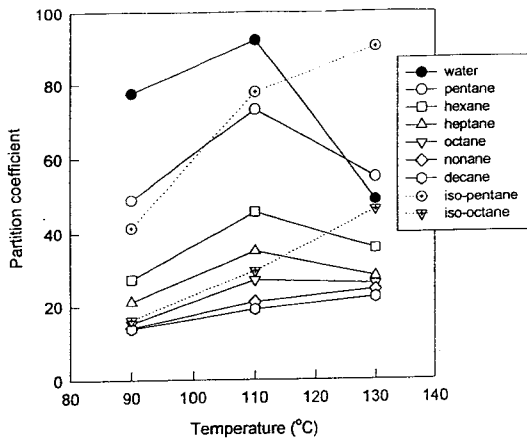


Fig. 7 Temperature dependence of the partition coefficients of C. I. Disperse Violet 1 in PET-alkanes systems.

90°C와 110°C의 경우, 사용한 알칸에서의 염착량이 물에 비해 낮은 반면 130°C에서는 펜탄이 오히려 물보다 높은 값을 가지는 것을 알 수 있다. 또, 이소알칸의 경우 130°C에서는 노말알칸보다 월등히 높은 값을 가지지만 염색온도가 낮아짐에 따라 점차 노말알칸에 근접하며 90°C에서는 이소펜탄의 경우 오히려 노말펜탄보다도 더 낮은 값을 가지는 경향을 보인다.

전체적으로 90°C에서 110°C로 온도가 증가함에 따라 C. I. Disperse Violet 1의 분배계수는 증가하는데 이는 온도의 증가에 의해 치밀한 PET 섬유 구조가 이완되어 염료의 침투가 용이해진 결과이다. 110°C를 지나 130°C로 온도가 더욱 상승되면, 물을 포함하여 노말펜탄에서 노말옥탄까지는 반대로 분배계수가 감소한다.

일반적으로 섬유에의 염료의 염착은 발열과정으로서 열역학적으로는 온도가 높을수록 평형염착량이 감소한다. 그러나 90°C에서 보다 110°C에서 염착량이 높고 분배계수가 큰 것은 이러한 열역학적인 영향보다는 PET의 구조이완에 의한 영향이 크기 때문이다. 130°C 정도의 고온에서는 PET의 결정구조는 이미 충분히 이완되어 있으므로 이때는 오히려 열역학적인 영향이 더 큰 인자로 작용하여 염착량은 감소하고 분배계수는 낮아지게 된다. 그러나 노란과테칸 그리고 이소펜탄과 이소옥탄의 경우는 온도가 110°C에서 130°C로 증가함에 따라 분배계수도 계속 증가하고 있다. 물의 경우는 알칸류에 비해 온도의 증가에 따른 분배계수의 저하가 더 급격하다.

이를 열역학적인 면에서 살펴보기 위해 다음의 식에 의해 염색열(ΔH°)을 계산하였다³⁾.

$$-\Delta\mu^\circ = RT \ln \frac{[D]_f}{[D]_s} = RT \ln K$$

$\Delta\mu^\circ$: 표준친화도 K : 분배계수
 $[D]_f$: 섬유내 염료농도(mole/kg)
 $[D]_s$: 염욕내 염료농도(mole/L)

$$\frac{\Delta H^\circ}{T} = \frac{\Delta\mu^\circ}{T} + C$$

$$\Delta H^\circ \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) = \frac{\Delta\mu_1^\circ}{T_1} - \frac{\Delta\mu_2^\circ}{T_2}$$

$$\Delta H^\circ = \frac{T_2\Delta\mu_1^\circ - T_1\Delta\mu_2^\circ}{T_2 - T_1}$$

(T_1 : 110°C, T_2 : 130°C)

염료의 염착에 의한 엔탈피의 변화(ΔH°)가 흡수(-)이면 발열과정이며 양수(+)이면 흡열과정이다. Fig. 8에 의하면 물을 포함하여 노말펜탄에서 노말옥탄까지는 일반적인 발열과정이다. 그러나 노난과 데칸 그리고 이소펜탄과 이소옥탄의 경우는 오히려 흡열과정인 것으로 나타나는데 이것은 Fig. 7에서 살펴본 바와 같이 110°C에서 130°C로의 온도 상승에 따른 분배계수의 지속적인 증가를 열역학적으로 뒷받침하는 것이며, 또한 130°C의 물에서의 분배계수가 다른 알칸들에 비해 급격하게 감소하는 것은, 물에서의 엔탈피 변화가 알칸류 보다 더 큰 흡수값을 가지므로 염착과정에서의 발열량이 많기 때문인 것으로 생각된다. 용해도와 염착량의 대수 그래프(Fig. 6)에서 물이 유기용매들의 직선관계에서 다소 벗어나는 것은, 수소결합에 의한 염착과 같은 물 특유의 성질과 함께 엔탈피 변화에서의와 같이 물에서의 염착 발열량이 매우 큰 것에도 기인하는 것으로 생각된다.

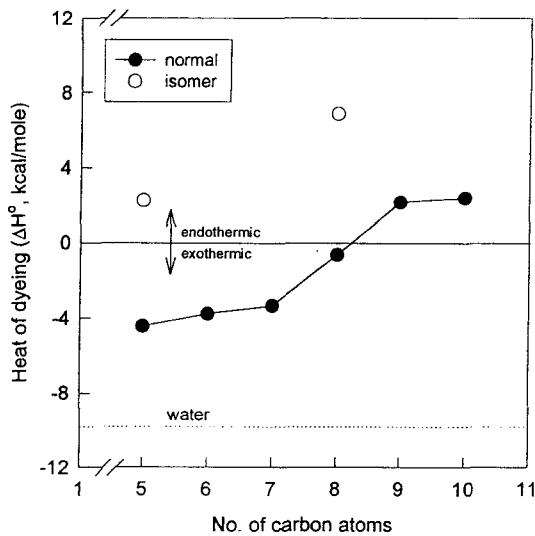


Fig. 8 Enthalpy change of dyeing PET with C. I. Disperse Violet 1 in alkanes according to the number of carbon atoms.

3.4 염색속도

일반적인 용매염색의 장점중의 하나는 물에 비해 염착속도가 빠르다는 것이다^{4,5)}. 따라서 본 연구에

서는 110°C에서 알칸류 용매 내에서의 C. I. Disperse Violet 1의 염착속도를 조사하였다(Fig. 9, Fig. 10). 보통의 경우와는 달리 이들의 염착속도는 오히려 물에 비해 다소 느리다는 것을 알 수 있다. 110°C에서 물의 경우 3시간 정도에서 이미 평형에 도달하였으나 알칸의 경우는 노말알칸과 이소알칸 모두 다소의 지속적인 증가를 보이고 있다. 알칸류의 탄소수에 따른 염착속도의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.

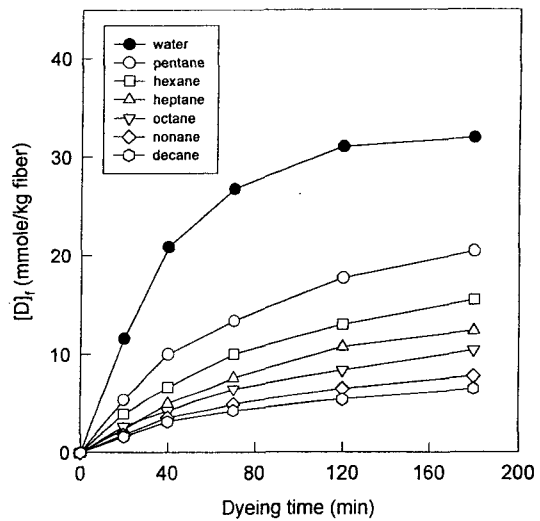


Fig. 9 Dyeing rate of C. I. Disperse Violet 1 on PET in normal alkanes at 110°C.

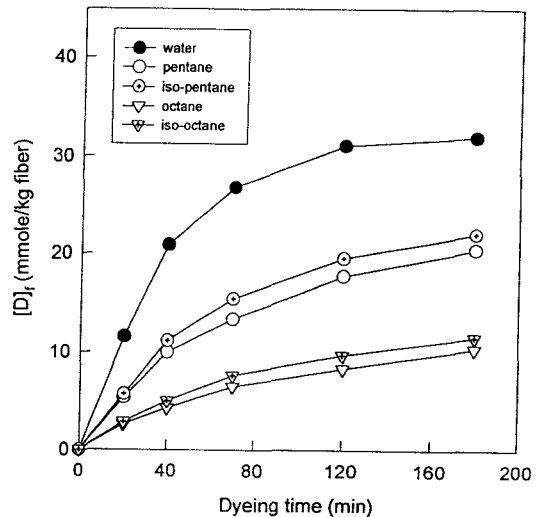


Fig. 10 Dyeing rate of C. I. Disperse Violet 1 on PET in iso-alkanes at 110°C.

4. 결 론

전보에 이어 알칸류의 탄소수의 변화에 따른 C. I. Disperse Violet 1의 염착량과 PET-용매간의 분배계수를 구하고 이들 분배계수와 용매 내에서의 염료의 용해도와와의 상호관련성을 조사하였다.

알칸의 탄소수가 증가함에 따라 PET에 대한 C. I. Disperse Violet 1의 염착량은 감소하고 반대로 탄소수가 감소할수록 염착량은 현저히 증가하는 경향을 보인다. 130°C의 경우, 펜탄에서는 물보다도 높은 염착량을 나타내며, 이소알칸이 노말알칸보다 높은 값을 가진다.

또한 이들의 분배계수를 구하기 위해 흡착등온선을 얻었으며 그 결과 사용한 농도구간에서 Henry 형의 좋은 직선관계를 나타내는 것으로 보아 PET와 분산염료의 염착기구 자체에는 변화가 없는 것을 알 수 있다.

130°C에서 알칸류에 대한 C. I. Disperse Violet 1의 용해도는 탄소수가 증가할수록 증가하고 탄소수가 감소하면 용해도도 감소한다. 또한 이소알칸의 경우가 노말알칸에 비해 용해도가 떨어지는 것으로 보아 이소알칸에서의 염착량이 큰 것에도 용해도와 염착량의 반비례관계가 잘 적용됨을 보여준다. 알칸의 탄소수가 증가함에 따라 C. I. Disperse Violet 1의 용해도가 커지는 것은, 탄소수의 증가에 의해 알칸의 소수성이 더욱 더 커지기 때문이며, 이소알칸의 경우가 노말알칸에 비해 낮은 용해도를 가지는 것은, 탄소수가 적을수록 낮은 용해도를 가진다는 사실로 미루어 볼 때, 이소알칸이 동일한 탄소수의 노말알칸에 비해 보다 짧은 탄소수의 알칸처럼 행동하기 때문으로 생각된다. 이러한 용해도의 차이는 알칸류들간의 밀도의 차이로 인해 용매분자와 염료와의 상호인력의 크기가 서로 달라지는데도 기인함을 알 수 있었다.

본 연구에서 얻은 알칸류 내에서의 C. I. Dis-

perse Violet 1의 염착량과 용해도를 대수그래프에 적용시켜 본 결과 그 직선관계가 아주 잘 일치하는 것을 알 수 있었다.

알칸류 용매 내에서의 C. I. Disperse Violet 1의 PET 염색에 있어서 온도에 의한 효과를 알아보기 위해 90°C, 110°C, 130°C에서의 흡착등온선을 얻어 각각에 대한 분배계수를 구하였다. 물을 포함하여 펜탄에서 옥탄까지는 90°C에서 110°C로 온도가 증가함에 따라 분배계수가 증가하다가 130°C로 갈수록 열역학적인 과정에 의해 다시 감소한다. 그러나 노난과 데칸, 이소펜탄과 이소옥탄의 경우는 감소하지 않고 계속 증가한다. 또 물의 경우는 110°C에서 130°C로의 분배계수의 감소가 알칸류에 비해 급격하다. 이를 염색에 의한 엔탈피 변화를 통해 살펴본 결과, 노난과 데칸, 이소펜탄과 이소옥탄에 있어서 염료의 염착이, 일반적인 발열과정이 아니라 오히려 흡열 과정인 것으로 보이며, 물의 경우는 알칸류 보다 발열량이 크므로 고온에서의 평형염착량의 저하가 심하기 때문인 것으로 생각된다.

일반적인 용매염색에서 알려진 것과는 반대로 본 실험에서의 염착속도는 물에 비해 다소 느려짐을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 김태경, 허재원, 김병인, 임용진, *본지*, 9, 232 (1997).
2. E. R. Trotman, "Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibres(6th Ed.)", P.277(1984).
3. A. Johnson, "The theory of coloration of textiles(2nd Ed.)", Society of Dyers and Colourists, P. 272(1989).
4. G. M. Gantz, *AATCC*, 1, 70(1969).
5. W. Kothe, "AATCC Symposium Textile Solvent Technology Update '73", 127(1973).