

## PET 섬유의 캐리어 염색에 관한 연구

송경현, 이문수, 이래연\*

배재대학교 자연과학대학 의류학부 패션산업전공, \*충남대학교 공과대학 섬유공학과

### A Study on the Carrier Dyeing for PET Fiber

Kyoung - Hun Song, Mun - Soo Lee and Rae - Yohon Lee\*

*Dept. of Clothing & Textiles, Pai Chai University*

*\*Dept. of Textile Engineering, Chung Nam University*

효과적인 캐리어로 알려진 벤질알콜, 벤즈알데히드, 아세트 페놀을 사용하여 PET섬유를 분산염료로 염색함에 있어 캐리어 종류에 따른 염색성 특히 혼합용매의 효과를 평가하고 아울러 일광견뢰도, 세탁견뢰도, 인장강도와 같은 염색후의 물성변화에 대해 연구 검토하였다. 실험결과 벤즈알데히드와 아세트페놀의 혼합용매에서 가장 우수한 염색성을 보였으며 효과적인 캐리어 작용은 일광견뢰도 및 인장강도와 같은 물성을 크게 떨어뜨리는 결과를 가져왔다.

In this study, it was investigated about dyeability, light-fastness, wash-fastness and tensile strength in PET fiber using the effective carrier solvent such as benzyl alcohol, benzaldehyde and acetophenone. As a results, dyeability in mixed solvent was better than that of single solvent. And dyeability in mixed solvents of benzyl aldehyde and acetophenone was most of them. But effective carrier action was resulted in decrease of properties such as light-fastness and tensile strength of PET fiber after dyeing

**Key words** : Carriers, Mixed solvent, dyeability, light-fastness, Weather-o-meter, Launder-o-meter.

### 1. 緒 論

최근 섬유의 염색 및 가공공정의 매체로서 유기용매의 사용이 중요해짐에 따라 유기용매와 고분자간의 상호작용에 관한 많은 연구가 진행되어 왔다(Weighmann, 1976; Papuga, 1983; Ingmells, 1978; Roborts, 1979; Ingmells, 1984).

특히 상업적으로 중요한 고분자인 폴리에틸렌

테레프탈레이트(PET)와 유기용매와의 상호작용에 대해서는 평형 팽윤에 관한 것(Haga, 1978; Hashimoto, 1974), 용매의 확산 거동에 관한 것(Haga, 1973, 1976; Jamel, 1981), 용매의 구조 변화와 형태학에 관한 것(Makarewicz, 1978; Wikes, 1978), 염색성에 관한 것(Lemons, 1966; Dumbleton, 1968; Weigmann, 1976; Takagishi, 1978; Kuwabara, 1978) 등 다방면으로 연구되어 왔다. 폴리에스테르(PET) 섬유의 염색에서 유기용제는 carrier로서 또는 용제염색에서의 용제로서 분산염

료로 소수성 섬유를 염색할 때 염색속도를 촉진시켜 주는 것으로 알려져 있다. 폴리에스테르 섬유의 소수성과 치밀한 분자 구조는 염료의 확산을 어렵게 하는 요인으로 작용하는데 이때 팽윤제를 사용하면 팽윤제에 의한 섬유의 팽윤이 염료침투를 돕는다(Derbyshire, 1975; Lim, 1984; Hebeish, 1984). 유기용제들은 polymer구조 내부에서 팽윤이나 섬유분자구조의 이완 및 기타 구조 변화를 일으키는 것으로 알려져 있다. 지금까지 알려진 유기용제의 carrier 작용은 섬유의 가스화와 관계가 있으며 carrier의 섬유내부로의 침투는 섬유의 유리전이온도(Tg)를 저하시키는 것으로 밝혀졌다. 폴리에스테르 섬유는 Tg이상의 온도에서 분자의 segment운동이 활발해지므로 섬유의 가스화에 의한 Tg의 저하는 염색촉진으로 가져온다(Ingamells, 1977; Shan, 1985).

염색에 사용된 용매는 확산에 의해 고분자 내부에 흡수되어 분자쇄간의 응집력을 파괴하고 고분자사슬의 유동성을 증진시킨다. 만일 고분자의 용매사이의 상호작용이 충분히 크다면 고분자쇄는 열역학적으로 더 낮은 에너지 상태, 즉 결정상태로 재배열하게 되어 고분자의 결정화도가 증가하게 된다는 연구결과 보고도 있다. Knox 등(1975)은 PET와 유기용매와의 상호작용을 용해도 파라미터의 함수로 표시할 때 특정한 유기용매는 PET의 방향족 및 지방족 에스테르 잔기에 각각 선택적으로 작용함으로써 2중 특성기동을 나타낸다고 밝혔다.

PET와 유기용매와의 상호작용에 대한 연구는 대부분 단일용매에 국한된 경우가 많았으나 최근에는 2 성분 혼합용매에 대한 관심도 높아지고 있다. 강석주와 하완식의 연구(1984)에 의하면 2 성분 혼합 용매와 PET의 상호작용을 3차원 용해도 파라미터를 이용하여 검토한 결과, 혼합용매의 용해도 파라미터가 PET의 방향족 또는 지방족 잔기의 용해도 파라미터에 가까워질 때 최대의 상호작용이 일어난다고 보고한 바 있다.

적합한 혼합용매를 사용하여 carrier 염색을 할 경우 단일 용매의 경우 보다 더 좋은 효과를 얻을 수 있다고 기대된다.

따라서 본 연구에서는 PET섬유의 염색에 있어 carrier로서 효과적인 몇 가지의 용매를 선택하여 이를 단독 사용하였을 경우와 혼합하여 사용하였을 경우의 염색성을 비교, 검토함과 아울러 이들 용매처리가 염색후의 섬유의 물성 즉 세탁견뢰도

와 일광견뢰도 및 인장강도에 미치는 영향을 연구 고찰하였다.

## 2. 實 驗

### 2-1. 시료 및 시약

1) 시료 : 100% polyester(KS K 0905 PET 백포)섬유를 사용하였다.

규격 : 경사 75 d, 위사 75 d, 밀도 210 × 19l, 중량 70 ± 5 g/mg 사용

2) 염료 : 분산 염료(Rifalon Blue E-FBL 이화염료製) 사용

3) 캐리어 : 벤즈알데히드, 벤질알콜, 아세트페논의 일급 시약을 그대로 사용 하였다. 사용한 캐리어의 특성은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. 캐리어의 특성

구 분 캐리어 종류	molecule weight	solubility parameter ( $\delta, (\text{cal}/\text{cm}^3)^{1/2}$ )	물 부피 ( $\text{cm}^3/\text{ml}$ )
Benzylalcohol (벤질알콜) ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$ )	108.14	12.1	103.0
Benzaldehyde (벤즈 알데히드) ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$ )	106.12	9.9	101.0
Acetophenone (아세트 페논) ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_3$ )	120.15	9.7	117.1

### 2-2 실험 방법

#### 2-2-1. 염욕의 제조

각 캐리어에 대하여 염료 0.09 g, 캐리어 1.2 g 을 증류수에 분산시켜 300 ml로 만들고 욕비를 1 : 300 으로하여 정련된 섬유를 3 g씩 평량하여 사용하였다.

#### 2-2-2. 염색

캐리어를 혼합한 60℃의 염욕을 40분 동안 10 분 간격으로 100℃까지 향온 시킨 후 100℃에서 60분간 염색하였다. 70℃까지 자연냉각한후 10분 동안 100℃에서 수세처리하고 hydrosulfite 0.09 g, NaOH 0.18 g의 90 ml의 bath에서 90℃에서 10분

간 환원 처리 한후 50~60°C에서 건조하였다.  
(Fig. 1)

±2°C)로 1분간 처리한 다음 수세·탈수·건조하여 시험편의 변퇴색 및 침부 백포의 오염 정도를

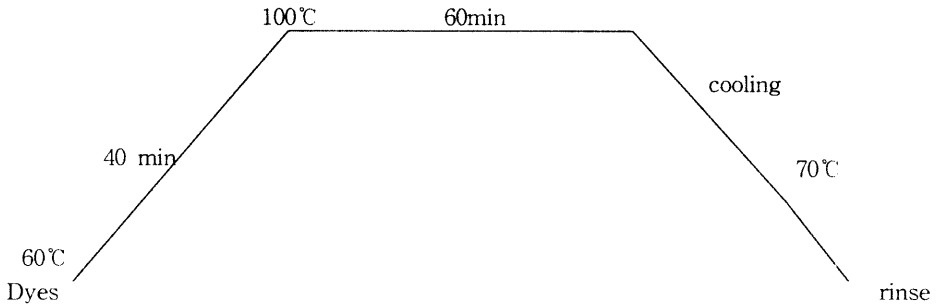


Fig. 1. PET 섬유의 캐리어 염색법

### 2-2-3. 염색성 측정

염색 된 섬유를 3cm × 3cm의 크기로 하여 클로로벤젠 30ml에 넣고 150°C에서 5분 동안 추출하였으며 그 추출액을 UV/vis spectrophotometer(Jasco v 550)를 사용하여 흡광도를 측정하여 흡광도의 크기로 염색성을 비교·검토하였다.

### 2-2-4. 염색 후 일광견뢰도

캐리어 염색후 KS K 0700(fade-o-meter 法)에 의거 fade-o-meter(Model 18-F)를 사용하여 시험을 행하였다. 6.4 cm × 7.6 cm의 크기로 절단한 염색시료를 표준 청색염포와 함께 시험편 파지구에 각각 걸고 20시간 조광시킨뒤 2시간 이상 냉암소에 방치한 후 시험편과 표준청색염포를 육안으로 비교·판정 하였으며 또한 조광 前·後의 시료의 색차를 색차계(Color and Color Difference Meter(Model TC-8600))를 사용하여 측정하였다.

### 2-2-5. 염색 후 세탁견뢰도

캐리어 염색 후 KS K 0430 에 의거 Launder-o-Meter(Model HT-700)를 사용하여 세탁 견뢰도를 측정하였다. 시료 10 cm × 5 cm 의 염색표면에 5cm × 5cm 크기의 침부 백포 2장을 인접 배열하여 침부하고 백색면사로 봉합 후 Launder-o-meter를 사용하여 다음과 같이 실험하였다. 70 ±2°C의 온도, 5 g/l 비누, 2 g/l 인산 나트륨을 첨가하여 100 ml로 만든 후 시험편을 넣고 시험병에 각각 10개씩 스테인리스 강철 구슬을 넣어 45분 동안 회전시킨 후 시험편을 꺼내어 증류수(26

색차계를 이용하여 측정하였다.

### 2-2-6. 인장강도

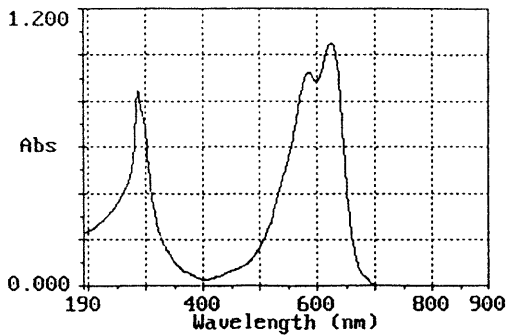
캐리어 염색 후 KS K 0520 인장강도시험법에 의거 Testometric 220d-Electronic Tensile Tester를 사용하여 인장강도를 측정하였다. 인장 강도 사용법 중 레블 스트립 법을 이용하여 시험편을 3.8 cm × 15 cm 크기의 직사각형으로부터 가로 2.5 cm가 되도록 양끝에서 동수의 실을 풀어내어 시험편의 긴 쪽은 하중을 가하는 방향에 대하여 평행이 되도록 하고 짧은 쪽은 직각이 되도록 하여 좌·우 대칭으로 물린 후 클립프는 시험편을 20±3초 내에 절단할 수 있게 맞추어 시험편이 절단되었을 때의 절단하중을 읽었다.

## 3. 結果 및 考察

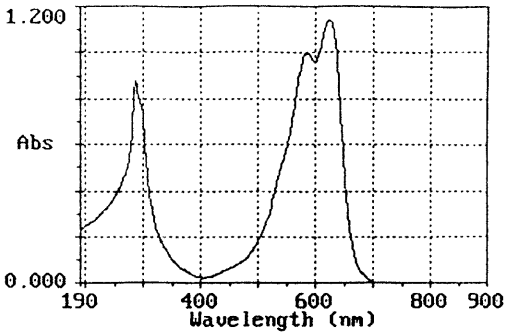
### 3-1. 캐리어 종류에 따른 염색성

본 연구에서는 지금까지 PET섬유의 캐리어 염색에 관한 연구 결과 중 가장 효과가 큰 것으로 알려진 벤질알콜, 벤즈알데히드, 아세토페논을 캐리어로 선정하였으며 이들 캐리어의 특성은 Table 1과 같다.

분산 염료에 각 캐리어를 첨가하여 염색한 PET섬유를 클로로벤젠으로 추출하여 UV spectrophotometer로 측정한 결과 Fig. 2에서와 같이 캐리어에 관계없이 모두 624 nm에서 최대 흡수 peak를 나타내었다.



a) 캐리어를 단독 사용하였을 때



b) 캐리어를 혼합 사용하였을 때

Fig. 2 분산염료로 염색한 PET섬유의 UV-Spectrophotometer의 흡수 peak

캐리어 종류에 따른 염색성 실험결과를 Table 2에 나타내었다. Table 2에서 보는 바와 같이 각 캐리어에 따른 염색성은 벤즈알데히드 + 아세토페논 > 아세토페논 > 벤질알콜 + 아세토페논 > 벤질알콜 > 벤즈알데히드 > 벤질알콜 + 벤즈알데히드의 순으로 나타나 PET섬유의 캐리어 염색은 단독 용매를 사용하는 것보다 혼합 용매를 사용한 것이 더 효과적임을 알 수 있다.

일반적으로 두 물질간의 용해도 파라미터( $\delta$ ,  $(\text{cal}/\text{cm}^3)^{1/2}$ )의 차이가 적다는 것은 물질간의 상호

작용이 크다는 것을 말한다. PET의  $\delta$ 는 10.7이나 실제 PET의 용해성은 방향족 잔기의  $\delta$  값 9.7  $(\text{cal}/\text{cm}^3)^{1/2}$ 과 지방족 에스테르 잔기의  $\delta$  값 12.0  $(\text{cal}/\text{cm}^3)^{1/2}$ 에서 극대치를 갖는 것으로 알려져 있다(임용진, 1987).

본 염색실험 결과 PET의 방향족 잔기의  $\delta$  값 9.8과 유사한  $\delta$  값을 가진 벤즈알데히드와 아세토페논의 혼합용매가 보다 효과적인 캐리어로서 작용하고 있음을 보였다. 지방족 에스테르 잔기의  $\delta$  값인 12.0에 가까운 벤질알콜의 경우  $\delta$  값의 유사성에도 불구하고 낮은 염색성을 보였는데 이는 PET의 성분용해도 파라미터와 벤질알콜의 성분용해도 파라미터의 차이( $\Delta \delta c(\text{cal}/\text{cm}^3)^{1/2}$ )가 큰 때문인 것으로 사료된다.

각 캐리어의  $\Delta \delta c$ 는 벤즈알데히드 1.9 아세토페논 2.4 벤질알콜 4.7로 밝혀져 있다(임용진, 1987). 즉 캐리어의 염색성은 캐리어의  $\delta$  값 뿐만 아니라 성분용해도 파라미터에 의해서도 영향을 받는 것으로 추정된다. 또한 PET의 용해성이 지방족에스테르 잔기 보다는 방향족 잔기의  $\delta$  값에 더 큰 영향을 받고 있음을 생각해 볼 수 있다.

3-2. 혼합 비율에 따른 염색성

실험 결과 염색성이 가장 우수한 캐리어인 벤즈알데히드와 아세토페논의 비율을 1 : 1에서 8 : 2, 2 : 8, 7 : 3, 3 : 7 으로 변화시켜 염색성을 비교하여 보았다. 측정 결과 최대흡수 peak는 혼합 비율에 관계없이 624nm에서 나타났으며 Table 3에서 보는 바와 같이 흡광도의 크기는 벤즈알데히드 + 아세토페논의 비율이 1 : 1에서 가장 크게 나타났고 그 다음으로 7 : 3, 8 : 2의 순으로 나타나 아세토페논의 양이 벤즈알데히드의 양보다 적거나 같을 때 효과적임을 알 수 있다. 이것은 아세토페논의 분자량과 물 부피가 커서 팽윤효과와 장애효과를 가져왔기 때문이라고 생각된다. 혼합 비율 2 : 8의 경우 앞의 염색실험에서 가장 낮은 캐리어 효과를 보인 벤질알콜 + 벤즈알데히드보다 더 낮은 염색성을 보여 혼합비율의 중요성을 알 수 있다.

Table 2 캐리어 종류에 따른 PET섬유의 흡광도

carrier	벤질알콜	벤즈알데히드	아세토페논	벤질알콜 + 벤즈알데히드	벤질알콜 + 아세토페논	벤즈알데히드 + 아세토페논
흡광도 (Absorbance)	1.031	1.005	1.067	0.971	1.042	1.139

Table 3 벤즈알데히드와 아세토페논의 혼합비율에 따른 흡광도

벤즈알데히드: 아세토페논의 혼합비율	624 nm에서의 흡광도				
8 : 2	7 : 3	1 : 1	3 : 7	2 : 8	
흡광도(A)	1.026	1.028	1.139	1.021	0.091

3-3. 염색 후의 일광견뢰도

캐리어 염색 후 KS K 0700 fade-o-meter 法에 의거 20시간 조광 후 표준 청색 염포에 의한 방법에 의해 비교 판정한 결과 캐리어에 관계없이 모두 일광견뢰도가 4등급으로 우수하게 나타났다. 여기서 나타난 4등급은 조광시간 20시간일 경우에 평가 가능한 가장 좋은 등급이다. Table 4에 각종 캐리어로 염색후 조광전후의 시료의 색차(ΔE)를 색차계로 측정하여 얻은 평균값을 나타내었다. 그 결과 벤즈알데히드의 ΔE가 가장 크게 나타나 일광견뢰도가 가장 나쁜 것을 알 수 있으며 이것을 제외하고는 단독 캐리어를 사용하여 염색한 것이 혼합 사용한 것보다 일반적으로 견뢰도가 좋은 것으로 나타났다.

이와같이 염색에 있어 우수한 캐리어 효과를 나타낸 벤즈알데히드가 가장 낮은 일광견뢰도를 보이는 것은 섬유 구조적 측면에서 고찰해 볼 때 확산에 의해 섬유내에 들어간 용매의 작용으로 분

자쇄간의 응집력이 약해지고 사슬의 유동성이 증가함에 따라 섬유고분자의 분자구조가 느슨해져 그 결과 염색면에 있어서는 염색속도를 촉진시키는 좋은 결과를 가져온 데 반해 일광견뢰도에 있어서는 그의 영향으로 자외선에 의한 취화를 크게 유도시킨 때문이라 사료된다.

3-4 염색 후의 세탁견뢰도

Table 6은 첨부백포에의 오염정도(ΔE)를 나타낸 결과이다.

각 캐리어에 따른 염색물의 세탁견뢰도에서 백색포에의 오염도를 ΔE로 비교해 본 결과 단독 캐리어를 사용하였을 경우와 혼합 캐리어를 사용하였을 경우 큰 차이는 보이지 않았으나 단독 캐리어를 사용한 것이 혼합 캐리어를 사용했을 때보다 세탁견뢰도가 약간 우수한 것으로 나타났다. 특히 벤질알콜 + 벤즈알데히드의 경우는 gray scale 판정에서도 3등급을 받았으며 ΔE값도 noticable의 매우 큰 수치를 나타내 세탁견뢰도가 가장 낮은 것으로 밝혀졌는데 이는 캐리어에 의해 섬유간 공극에 들어간 분산염료가 팽윤효과가 적은 캐리어의 경우 염료가 섬유간 공극에 충분히 자리잡지 못해 세탁에 의해 쉽게 빠져나오기 때문인 것으로 생각된다.

3-5 인장강도

Table 4. 캐리어 염색후 20시간 조광에 의한 색차(ΔE)

캐리어의 종류	벤질알콜	벤즈알데히드	아세토페논	벤질알콜 + 벤즈알데히드	벤질알콜 + 아세토페논	벤즈알데히드 + 아세토페논
ΔE	2.01	6.45	3.59	5.02	4.54	4.80

Table 5. ΔE 값에 따른 평어

N.B.S UNIT(ΔE)	Expression of ΔE Value
0 - 0.5	Trace
0.5 - 1.5	Slight
1.5 - 3.0	Noticable
3.0 - 6.0	Appreciable
6.0 - 12.0	Much
12.0 -	Very much

Table 7은 캐리어사용에 따른 인장강도와 신도를 나타내었는데, 인장강도는 벤질알콜 > 벤질알콜 + 벤즈알데히드 > 벤질알콜 + 아세토페논의 순으로 나타나 벤질알콜이 첨가된 캐리어가 인장강도와 신도에 있어 (+)로 작용하고 있음을 알 수 있다.

이와같이 염색에 있어 캐리어 효과가 적었던 벤질알콜이 기계적 강도인 인장강도와 신도에서는

Table 6. 첨부백포에의 오염정도(ΔE)

캐리어	벤질알콜	벤즈알데히드	아세토페논	벤질알콜 + 벤즈알데히드	벤질알콜 + 아세토페논	벤즈알데히드 + 아세토페논
ΔE	1.00	1.46	1.07	2.51	1.61	1.75

Table 7. 캐리어염색후 PET직물의 인장강도와 신도

캐 리 어	인장강도 (N)	신 도 (% of 500mm)
벤질알콜	301.5	5.42
벤질알콜 + 벤즈알데히드	293.9	5.16
벤질알콜 + 아세트페논	289.7	5.01
벤즈알데히드	289.5	5.10
아세트페논	281.1	4.73
아세트페논 + 벤즈알데히드	274.9	4.47

(+)로 작용한 것은 일광견뢰도에서와 같이 섬유구조적면에서 고찰해 볼 수 있다. 즉, PET의 치밀한 분자구조를 캐리어가 얼마큼 효과적으로 공극을 만들어 주는가에 염색효과가 달려 있다고 본다. 결국 염색효과가 적었던 벤질알콜이 인장강도에 있어서는 (+)로 작용한 것이라고 추정 할 수 있다.

#### 4. 結 論

효과적인 캐리어로 알려진 벤질알콜, 벤즈알데히드, 아세트페논을 사용하여 PET섬유를 분산염료로 염색함에 있어 캐리어 종류에 따른 염색성 특히 혼합용매의 효과와 염색후의 물성변화에 대해 연구 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. polyester섬유의 캐리어 염색은 단독 캐리어를 사용하는 것보다 혼합 캐리어를 사용하는 것이 더 효과적이었다. 벤즈알데히드와 아세트페논의 혼합용매의 경우 염색성이 가장 좋았으며 이는 PET섬유와 용매간의 용해도 파라미터 뿐만 아니라 캐리어의 성분용해도 파라미터의 차이가 적어 상호작용이 커서 섬유의 팽윤이 효과적으로 일어났기 때문이다.

2. 벤즈알데히드와 아세트페논의 혼합캐리어에 있어 혼합비율에 따른 염색성은 1 : 1에서 가장 높았다.

3. weather - o - meter 법에 의해 20시간 노광시킨 후의 일광견뢰도는 모두 4등 급으로 우수하게 나타났으며 단독캐리어를 사용하여 염색한 것이 혼합 사용한 것보다 일광견뢰도가 우수한 것으로 나타났다. 염색에 있어 우수한 효과를 보인

벤즈알데히드의 경우 일광견뢰도가 가장 낮게 나타났다.

4. lauder - o - meter 법에 의거 세탁견뢰도 실험결과 단독 사용할 때와 혼합 사용할 때의 큰 차이는 없었으나 염색효과가 낮은 벤질알콜+벤즈알데히드의 경우 세탁견뢰도가 가장 낮게 나타났다. 이는 낮은 팽윤효과로 인해 섬유간 공극에 충분히 자리잡지 못한 염료가 세탁에 의해 쉽게 빠져나오기 때문이다.

5. 인장강도와 신도는 벤질알콜이 첨가된 캐리어에서 일반적으로 가장 높게 나타났다.

#### 감사의글

본 연구의 실험을 도와준 의류학과 박정렬, 서경식, 박상찬, 손광우에게 감사드립니다.

본 논문은 96학년도 배재대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 수행된 것이다.

#### 5. 參 考 文 獻

- 강석주, 하완식. 1984. 한국섬유공학회지. 21(1) : 40.  
 임용진, 윤남식, 장진규. 1987. 한국섬유공학회지. 24(5): 8.  
 Derbyshire, A.N., Harvery, E.D. and Parr, J.S. 1975. *Dyers Color.*, 91: 106.  
 Dumbleton, J.H., Bell, J.P. and Murayama, T. 1968. *J. Appl. Polym. Sci.* 12: 2491.  
 Haga, T. 1976. *Sen- I Gakkaishi(Japan)*. 32: 210.  
 Haga, T. 1978. *Sen- I Gakkaishi(Japan)*. 34: 282.  
 Haga, T. and Ishibashi, H. 1973. *Sen- I Gakkaishi(Japan)*. 29: 489.  
 Hashimoto, I. 1974. *Text. Machinery Soc. Japan*. 27: 158.  
 Hebeish, A., Hanna, H.L. and Shakara, S. 1984. *Am. Dyest. Res.*, 71: 24.  
 Ingmells, W. and Yabani, A.M. 1978. *J. Appl. Polym. Sci.*, 22: 1583.  
 Ingmells, W. and Yabani, A. 1977. *J. Soc. Dyers Color.*, 93 : 417.  
 Ingmells, W. and Thomas, M.N. 1984. *Text. Chem. Color.* 16: 55.  
 Jamel, H., Waldman, J. and Rebenfeld, L. 1981.

- J. Appl. Polym. Sci.*, 26: 1795.
- Kuwabara, S. 1978. *Sen-I Gakkaishi(Japan)*. 34: 412.
- Knox, B.H., Weigmann, H.D. and Scott, M.G. 1975. *Text. Res. J.*, 45: 203.
- Lemons, J.H., Kakar, S.K. and Cates, D.M. 1966. *Amer. Dyestuff Rep.*, 55: 76.
- Lim, Y.J., Tahara, M. and Takagishi, T. 1984. *Sen-I Gakkaishi(Japan)*. 40: 216.
- Makarewicz, P.J. and Wikes, G.L. 1978. *Text. Res. J.*, 48: 136.
- Makarewicz, P.J., Wikes, G.L. and Budnitsky, J.Y. 1978. *Polym. Sci.:Polym. Phys. Ed.*, 16: 1545.
- Papuga, R. J. & Livengod, C. D. and Mock, G. N. 1983. *Text. Chem. Color.*, 15 : 91.
- Roberts, C.A.F. and Solanki, R.K. 1979. *J Soc. Dyer. Dolor*, 95: 427.
- Shan, C.D. and Jain, D.K. 1985. *Text. Res. J.*, 55: 23.
- Takagishi, T., Wakida, T. and Kuroki, N. 1978. *Sen-I Gakkaishi (Japan)*. 34: 536.
- Weighmann, H.D., Scott, M.G., Ribnick, A.S. and Rebenfeld, L. 1976. *Text. Res. J.*, 46: 574.
-