

〈研究論文(學術)〉

벤조페논 유도체의 자외선 차단 효과 및 염색물의 일광견뢰도에 미치는 영향

김종규 · 김태경 · 박태수* · 임용진

경북대학교 공과대학 염색공학과

*섬유기능대학 섬유가공기술학과

(1998년 8월 26일 접수)

The Effect of Benzophenone Derivatives on the Shielding of Ultraviolet Rays and Light-fastness of the Dyed Fabrics

Jong Kyoo Kim, Tae Kyung Kim, Tae Soo Park*, and Yong Jin Lim

Department of Dyeing and Finishing, College of Engineering,

Kyungpook National University, Taegu, Korea

**Textile Finishing Department, Textile Polytechnic College, Taegu, Korea*

(Received August 26, 1998)

Abstract—The absorptions of ultraviolet rays of benzophenone derivatives were investigated in terms of the position of substituent, especially hydroxyl group. When the derivatives were added to the aqueous solution of Rhodamin B, which has very low light-fastness, all of them delayed the photofading of Rhodamin B solution. But on the fabrics, only the derivatives with the hydroxyl group at 2-position showed the good ability of ultraviolet rays absorption.

The benzophenone derivatives absorb ultraviolet rays to form a hydrogen bond between hydroxyl group and carbonyl group, and return to their original structure by releasing heat energy. In solution, the derivatives can form a intermolecular hydrogen bond, and absorb the ultraviolet rays. But on the fabric, the intermolecular hydrogen bond is impossible, only hydroxyl group of 2-position forms a intramolecular hydrogen bond, and that makes the derivatives on the fabric absorb ultraviolet rays.

1. 서 론

1982년 10월 남극의 쇼와 기지에서 성층권의 오존농도가 감소하고 있다는 현상이 관측되었고, 이어 미국의 인공위성에 의해 남극에 거대한 오존구멍이

확인됨에 따라 인류에게 큰 충격을 안겨 주었다.

성층권에 존재하는 오존층은 태양으로부터 방출되는 인체에 해로운 자외선의 대부분을 흡수하는 역할을 한다. 이 오존층의 파괴가 탄화수소의 불소, 염소 유도체인 프레온 때문이라는 연구결과가 나오

면서 에어컨의 냉매, 스프레이의 프로펠런트, 전자 부품의 세정제로 많이 사용되고 있는 프레온의 사용이 규제되고 있다.

자외선은 파장이 50~400nm 범위에 속하는 전자파로서, X선보다는 긴 파장영역이며, 가시광선보다는 짧은 파장영역이다. 파장의 길이에 따라 UV-A, UV-B, UV-C파의 3종으로 나누어진다. 그리고 지구 표면에 도달하는 태양광의 에너지 비는 자외선이 6.1%, 가시광선이 51.8%, 적외선이 42.1%이며, 특히 UV 영역은 A, B파가 각각 0.5%, 5.6% 정도 도달하고, 그 중 인체에 가장 유해한 UV-C파는 성층권 오존층에 의해 흡수되어 지표면에는 거의 도달하지 못한다¹²⁾.

Table 1에는 UV파의 특성과 물리적 효과를 나타낸 것으로 그 특성은 A파인 경우 유리나 구름, 안개 등을 투과하며 피부투과능력도 우수하다. B파의 경우는 A파보다 투과능력면에서는 떨어지지만 인체에 미치는 효과면에서는 1000배 정도 크다고 알려져 있다.

이 자외선이 피부에 미치는 효과는 B파에 의해 피부의 혈관이 확장되고 혈액의 흐름이 증대되어 피부는 빨갱게 된다. 이것이 바로 sun-burn이다. 한편 sun-tan이라고 말하는 색소의 침착은 주로 A파의 작용에 의해 일어난다. UV-A파는 피부 깊숙한 부분까지 침투하여 피부에 존재하는 멜라닌 색소의 전구물질을 산화시켜 멜라닌을 생성, 피부를 검게 만든다. 또한 A파는 피부의 노화를 촉진시키고 거칠게 하며 기미나 주근깨도 생성시킨다고 알려져 있다. 따라서 최근 자외선을 차단하여 인체를 보호하기 위한 여러 가지 상품들이 개발되고 있다³⁾. 자외선 차단 상품이 가장 먼저 개발된 분야는 화장품 분야였으나 최근 양산, 스타킹, 의류 등 섬유제품에 응용되어 건강, 쾌적 섬유소재의 개발이 활발히 이루어지고 있다.

섬유에 이용되는 자외선 차단제는 자외선 산란제와 흡수제로 대별된다. 자외선 산란제는 광학적으로 자외선을 산란시켜 투과자외선량을 감소시키는 물

Table 1. Physiological effects of ultraviolet rays¹⁾.

Wavelength (nm)	Characteristics	Physiological Effects
UV-A 400~320	Passes through windows, clouds and fog	Brown suntanning, light allergy
	Relatively moderate effects	Promotes production of melanin pigment
	Penetrates well into skin, arriving at dermis	Suntanning effect due to increased pigment
	Mainly acts on dermis structure deep in skin	Pigment depositing → spots, freckles, wrinkles
	Enhances effects of UV-B	Promotes aging of skin, and makes skin less taut and supple
UV-B 320~290	Severe effects	Degeneration of fibers in dermis
	Effects are about 1000 times more powerful than UV-A	Red burning and acute inflammation(sun burn)
	Do not penetrate skin as well as UV-A	Causes blisters, red spots and darkening
	Mainly acts on epidermis structure of skin	Keratosis of epidermis cells, and reduction of moisture in stratum corneum
		Degeneration of fibers in dermis
UV-C 290~100	Almost never reach earth's surface (absorbed by ozone)	Promotes scleriosis and aging of skin, and can cause cancer
	Extremely harmful	Carcinogenic
		Harmful to the point of threatening all life with extinction

질로 주로 초미립자 형태의 무기안료로서 이산화티타늄 등이 대표적이다. 자외선 흡수제는 그 자체가 자외선 에너지를 흡수해서, 열 또는 장파장 형태의 저에너지로 전환시켜 자외선의 작용을 소멸시키는 것으로⁴⁾ 섬유제품에 이용할 때에는 그 효과와 함께 피부에 대한 안정성이 충분히 고려되어야 한다. 현재 사용되고 있는 자외선 흡수제로는 금속착화합물, 살리실산계, 벤조페논계, 벤조트리아졸계, 시아노아크릴레이트계 등이 알려져 있다²⁻⁹⁾. Table 2에 그 예를 나타내었다.

금속착화합물은 금속이온이 색을 가지고 있기 때문에 섬유제품에의 이용은 상당한 제약을 받고 있으며 자동차 내장제에만 일부 사용되고 있다. 살리실산계는 융점이 낮고 승화성이 강하며 흡수영역이 저파장이라는 점 때문에 섬유제품에의 이용이 극히 낮으며, 벤조페논계는 가격은 비싸지만 화합물이 안정하고 흡수대가 A, B 영역에 있으므로 섬유에 이용가능성이 크다고 할 수 있다.

한편 염료의 광퇴색 기구는 자외선 및 일중항 산소의 기여가 큰 것으로 알려져 있다¹⁰⁻¹³⁾. 따라서 이들 벤조페논계 자외선 흡수제가 염료의 광퇴색에 미치는 영향을 조사함으로써 벤조페논 유도체들이 섬유의 자외선 차단뿐만 아니라 염색물의 일광견뢰도 향상에도 중요한 역할을 할 것으로 생각된다¹⁴⁻¹⁶⁾.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

2.1.1 시 료

시험용 폴리에스터와 나일론 백포를 각각 사용하였다.

2.1.2 자외선 흡수제

10종의 벤조페논계 유도체 1급 시약들로서 Fig. 1에 나타난 것과 같이 본 실험에서는 주로 2위치와 4위치에 히드록시기가 치환된 것들을 사용하였다.

Table 2. Physical properties of UV-absorbers⁹⁾.

Classification	Compounds	Mol. Wt. (g/mole)	Melting Point(°C)	Absorbing Range(nm)
Salicylic acid	Phenyl salicylate	214	42~43	290~330
	p-tert-Butyl phenyl salicylate	270	62~64	290~330
	p-Octyl phenyl salicylate	326	72~74	290~330
Benzophenone	2,4-Dihydroxy benzophenone	214	142~143	280~340
	2-Hydroxy-4-methoxy benzophenone	228	63~64	280~340
	2-Hydroxy-4-octoxy benzophenone	326	48~49	280~340
	2-Hydroxy-4-dodecyl oxybenzophenone	382	37	280~340
	2,2'-Dihydroxy-4-methoxy benzophenone	224	68~70	270~380
	2,2'-Dihydroxy-4,4'-dimethoxy benzophenone	274	134	270~380
	2-Hydroxy-4-methoxy-5-sulfobenzophenone	308	145	
Benzotriazole	2-(2'-Hydroxy-5'-tert-methyl phenyl)-benzotriazole	225	129~130	270~370
	2-(2'-Hydroxy-5'-tert-butyl phenyl)-benzotriazole	250		
	2-(2'-Hydroxy-3'-tert-butyl-5'-methyl phenyl)-5-benzotriazole	306	152~154	270~380
	2-(2'-Hydroxy-3'-tert-butyl-5'-methyl phenyl)-5-chloro-benzotriazole	315	140	270~380
	2-(2'-Hydroxy-3',5'-ditert-butyl phenyl)-5-chloro-benzotriazole	361	151	270~380
Cyanoacrylate	2-Ethylhexyl-2-cyano-3,3'-diphenyl acrylate	361	270~350	
	Ethyl-2-cyano-3,3'-diphenyl acrylate	277	270~350	

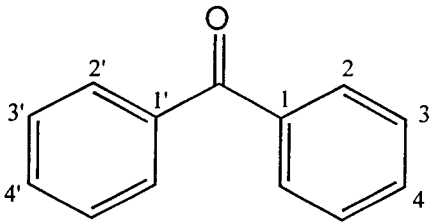


Fig. 1 Benzophenone derivatives

- 2-Hydroxy-5-methyl benzophenone
- 2-Hydroxy-4-methoxy benzophenone
- 2,4-Dihydroxy benzophenone
- 2,2'-Dihydroxy-4-methoxy benzophenone
- 4-Hydroxy benzophenone
- 2,2'-Dihydroxy benzophenone
- 4,4'-Dihydroxy benzophenone
- 3-Hydroxy benzophenone
- 2,2',4,4'-Tetrahydroxy benzophenone
- 2,2'-Dihydroxy-4,4q-dimethoxy benzophenone

그리고 각각의 성질들은 Table 3에서 보는 바와 같이 분자량이 198~275g/mole 정도이며, 녹는점은 60~215°C까지 그 차이가 크며, 최대흡수파장은 250nm~300nm 사이에 존재한다.

2.1.3 염 료

Rhodamin B 1급 시약을 정제하지 않고 그대로 사용하였으며 그 구조는 Fig. 2와 같다.

2.2 실험방법

2.2.1 자외선 흡수제의 흡광도 측정

벤조페논 유도체를 각각 6×10^{-5} mole/L의 수용

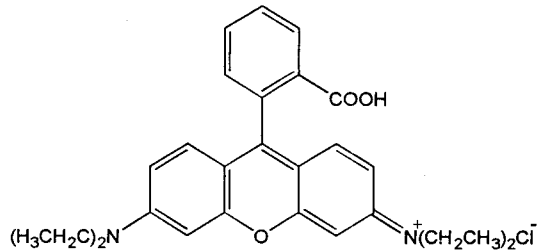


Fig. 2 Rhodamin B

액으로 하여 Shimadzu UV-2100 spectrophotometer를 사용하여 흡광도를 측정하였다.

2.2.2 광퇴색 측정

1.5×10^{-5} mole/L의 Rhodamin B 수용액을 광퇴색 장치내에서 교반시키면서 저압수은램프(USHIO UM-102, 253nm, 60Hz)로 조사하고 시간에 따른 흡광도를 측정하였다. 또한 동일한 농도의 Rhodamin B 수용액에 자외선 흡수제를 6.53×10^{-5} mole/L의 농도로 첨가하고 동일한 방법으로 흡광도를 측정하였다.

2.2.3 투과율 측정

각각의 자외선 흡수제 6×10^{-5} mole/L 수용액을 용비 1 : 200으로 하여 90°C에서 1시간 동안 폴리에스테리에 흡착시킨 후 수세 건조한 뒤 적분구법을 이용하여 투과율 스펙트럼을 얻었다. 흡광도 측정 시와 동일한 기기를 사용하였다. 일반적으로 용액이나 필름 등의 투명시료인 경우에는 분광광도계로서 간단하게 투과율을 측정할 수 있으나 섬유와 같은

Table 3. The physical properties of benzophenone derivatives

UV-Absorbents	Acronym	Mol. Wt. (g/mole)	Melting Point(°C)	λ_{max} (nm)
2,2'-Dihydroxy-4,4'-dimethoxy benzophenone	2,2'-DH-4,4'-DM BP	274.27	133~136	285
2,2',4,4'-Tetrahydroxy benzophenone	2,2',4,4'-TH BP	246.22	200~203	284
2,2'-Dihydroxy-4-methoxy benzophenone	2,2'-DH-4-M BP	244.25	73~75	287
2-Hydroxy-4-methoxy benzophenone	2-H-4-M BP	228.25	63~65	290
4,4'-Dihydroxy benzophenone	4,4'-DH BP	214.22	213~215	298
2,2'-Dihydroxy benzophenone	2,2'-DH BP	214.22	61~62.5	261
2,4-Dihydroxy benzophenone	2,4-DH BP	214.22	144~147	289
2-Hydroxy-5-methyl benzophenone	2-H-5-Mt BP	212.25	83~85	262
4-Hydroxy benzophenone	4-H BP	198.22	132~135	292
3-Hydroxy benzophenone	3-H BP	198.22	113~115	258

반투명 시료의 경우는 투과광이 확산되기 때문에 그대로는 측정이 불가능하므로 전투과광을 적분구로서 포획하는 적분구법을 사용하였다.

2.2.4 일광견뢰도 측정

Rhodamin B로 염색된 나일론 직물을 각각의 자외선 차단제 6×10^{-5} mole/L의 수용액으로 용비 1 : 200의 조건에서 90°C, 1시간 처리한 후 Shimadzu Fade-O-Meter CF-20N(Arc : 125~145V, 15~17 A)으로 일광견뢰도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

본 실험에 사용한 자외선 흡수제인 벤조페논계 유도체들의 흡수스펙트럼 몇 종류를 Fig. 3에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 가시영역인 400 nm~700nm에는 거의 흡수가 없다가 자외선 영역인 200nm~400nm 범위에서는 여러 형태의 흡수피크를 갖는다. 즉 자외선 흡수제로 선택한 벤조페논계 유도체들이 자외선 A와 B 영역에서 흡수능력이 있음을 알 수 있다. 그러나 치환기의 위치에 따라 흡수피크의 모양과 흡광도는 다르다. Fig. 4는 Fig. 3에서의 여러 가지 자외선 흡수제중 가장 흡광도가 큰 4,4'-dihydroxy benzophenone의 흡수 스펙트럼으로서 약

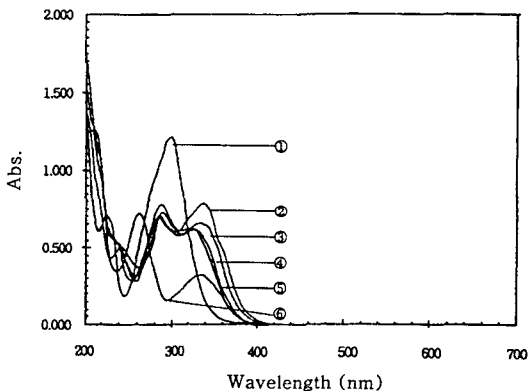


Fig. 3 The absorption spectra of various UV-absorbents in water (6×10^{-5} mole/L).

- ① 4,4'-DH BP ② 2,2',4,4'-TH BP
- ③ 2,2'-DH-4,4'-DM BP ④ 2,4-DH BP
- ⑤ 2,2'-DH-4-M BP ⑥ 2,2'-DH BP

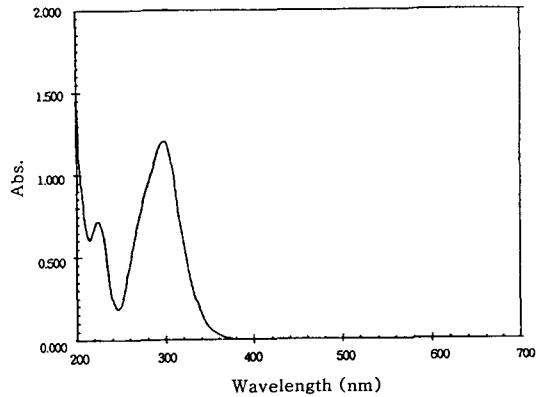


Fig. 4 The absorption spectrum of 4,4'-DH BP in water (6×10^{-5} mole/L).

300nm에서 최대흡수파장을 나타내고 있다. 그리고 다른 흡수제들과는 달리 가장 선명한 피크를 나타내며 흡광도도 가장 크다.

Fig. 5는 1.5×10^{-5} mole/L의 Rhodamin B 수용액의 흡수 스펙트럼으로 정확히 550nm에서 최대 흡수피크를 보이며, 자외선 영역인 290~400nm 사이의 흡수능력은 아주 작다. 그리고 특히 이 Rhodamin B는 일광견뢰도가 매우 낮은 것으로 알려져 있으므로 이를 저압수은램프를 사용하여 광퇴색 시켰다. Fig. 6은 Rhodamin B 수용액의 시간에 따른 광퇴색 스펙트럼으로 그림에서 보는 바와 같이 처음에는 550nm 부근에 있는 흡광도 1.6의 흡수피

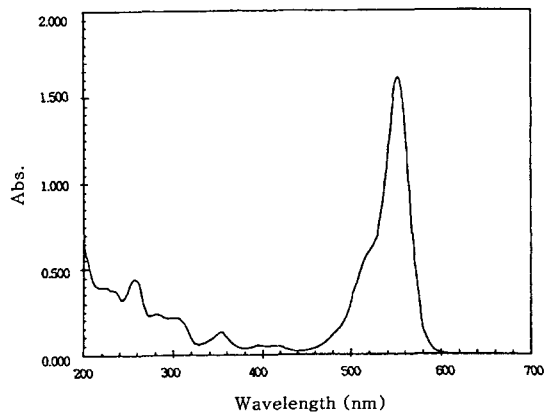


Fig. 5 The absorption spectrum of Rhodamin B in water (1.5×10^{-5} mole/L).

제들을 사용한 경우의 중간 정도에 해당하는 값을 보이고 있다. 이들 벤조페논 유도체들은 정도의 차이는 있으나 모두가 Rhodamin B의 광퇴색을 상당히 지연시키는 것을 알 수 있으며 광퇴색 억제효과는 2,2'-dihydroxy-4-methoxy benzophenone, 3-hydroxy benzophenone, 2,2'-dihydroxy benzophenone, 4,4'-dihydroxy benzophenone, 4-hydroxy benzophenone, 2-hydroxy-4-methoxy benzophenone, 2-hydroxy-5-methyl benzophenone, 2,4-dihydroxy benzophenone, 2,2',4,4'-tetrahydroxy benzophenone의 순으로 나타났다.

한편 벤조페논 유도체들의 자외선 차단능력을 알아보기 위해 폴리에스터 직물을 각각의 벤조페논 유도체로 처리한 후 이들 처리포의 자외선 투과율을 살펴보았다. Fig. 9는 자외선 흡수제 6×10^{-5} mole/L의 수용액을 욱비 1 : 200으로 하여 90°C에서 1시간 동안 폴리에스터 직물에 처리한 후 수세 건조하여 적분구법으로 투과율을 측정한 것이다. Fig. 9를 보면 자외선 A와 B의 영역인 약 300nm~400nm에서 2,2'-dihydroxy benzophenone과 2-hydroxy-5-methyl

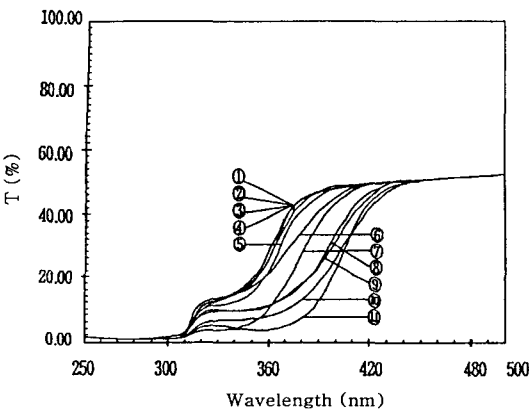


Fig. 9 The transmittance spectra of polyester fabrics treated with UV-absorbents at 90°C for 1 hour.

- | | |
|----------------------|-------------------|
| ① untreated | ② 4,4'-DH BP |
| ③ 3-H BP | ④ 4-H BP |
| ⑤ 2,4-DH BP | ⑥ 2,2',4,4'-TH BP |
| ⑦ 2-H-4-M BP | ⑧ 2,2'-DH BP |
| ⑨ 2-H-5-Mt BP | ⑩ 2,2'-DH-4-M BP |
| ⑪ 2,2'-DH-4,4'-DM BP | |

benzophenone, 2,2'-dihydroxy-4-methoxy benzophenone 그리고 2,2'-dihydroxy-4,4'-dimethoxy benzophenone 등으로 처리한 폴리에스터 직물의 투과율이 낮음을 알 수 있는데 이는 그만큼 자외선을 많이 흡수했다는 것을 의미한다. 4,4'-dihydroxy benzophenone과 3-hydroxy benzophenone, 4-hydroxy benzophenone 등의 경우는 미처리포의 투과율과 유사한 값을 가지고 있어 그 처리효과가 거의 없음을 알 수 있었다. 이것을 치환기에 따라서 분류해 보면, 치환기 특히 히드록시기가 3 또는 4위치에만 있는 흡수제들은 직물에 처리시 효과가 거의 없었고, 2위치에 있는 흡수제들은 투과도 값이 미처리포보다 훨씬 적은 값을 가져 아주 좋은 효과를 나타냄을 알 수 있다. 그리고 380nm에서의 투과율을 비교하면 미처리포의 경우는 약 48%인데 비해, 2,2'-dihydroxy-4,4'-dimethoxy benzophenone의 경우는 약 6%로 8배 정도의 자외선 차단효과가 있음을 알 수 있다.

한편 염료의 광퇴색기구는 자외선 및 일중항 산소의 기여가 크다는 것이 밝혀져 있다^{10~13}). 따라서 자외선 흡수제로 염색물을 처리함으로써 자외선 차단 효과는 물론 염색포의 일광견뢰도 향상에도 크게 도움이 되리라 생각된다. 그래서 Rhodamin B로 염색한 나일론 직물을 벤조페논 유도체로 처리한 후 일광견뢰도를 측정하였다.

Table 4는 Rhodamin B로 염색된 나일론 직물을 6×10^{-5} mole/L의 자외선 흡수제 수용액을 사용하여 욱비 1 : 200으로 90°C에서 1시간 동안 처리한 후 일광견뢰도를 측정한 것이다. 자외선 흡수제를 처리하지 않고 Rhodamin B만을 염색한 직물은 1급 정도의 일광견뢰도를 보인다. 또한 히드록시기가 3 또는 4위치에 있는 4,4'-dihydroxy benzophenone 이나 3-hydroxy benzophenone 그리고 4-hydroxy benzophenone의 경우는 염료 단독으로 사용한 경우와 동일한 1급 정도의 값을 가졌으며, 2위치에 존재하는 흡수제들은 2급 내지 3급 정도의 값을 나타내고 있다. 이는 벤조페논에 치환된 히드록시기의 위치에 따라 염색물의 내광성에 미치는 영향이 있음을 의미한다. 이 결과는 Fig. 9에서의 벤조페논 유도체 처리 폴리에스터 직물의 자외선 차단능력과 같은 결과로 2위치에 히드록시기가 치환된 벤조페

Table 4. The effect of UV-Absorbents on light fastness.

UV-Absorbents	Light Fastness
None	1
4,4'-Dihydroxy benzophenone	1
3-Hydroxy benzophenone	1
4-Hydroxy benzophenone	1
2,2',4,4'-Tetrahydroxy benzophenone	2
2-Hydroxy-4-methoxy benzophenone	2
2-Hydroxy-5-methyl benzophenone	2
2,4-Dihydroxy benzophenone	3
2,2'-Dihydroxy benzophenone	3
2,2'-Dihydroxy-4-methoxy benzophenone	3
2,2'-Dihydroxy-4,4'-dimethoxy benzophenone	3

논의 경우 자외선 차단능력이나 염색물의 일광견뢰도 향상에 큰 효과가 있는 반면 3이나 4위치에 있는 경우는 큰 효과가 없다. 그러나 Rhodamin B 수용액의 광퇴색의 경우(Fig. 8)에서는 히드록시기의 위치와는 무관하게 그 효과가 나타났다.

일반적으로 벤조페논 유도체가 자외선 흡수능을 나타내는 것은 2위치에 히드록시기가 존재할 때, Fig. 10에서와 같이 tautomerism에 의하여 keto form과 enol form으로 존재하며 이들이 Fig. 11에서 나타내는 것과 같이 자외선을 흡수하여 분자내 수소결합을 형성하고 이것이 원상태로 되돌아갈 때 흡수한 자외선을 열에너지의 형태로 방출함으로써 자외선 흡수능력을 나타낸다고 알려져 있다⁴⁾.



Fig. 10 Tautomerization mechanism for UV absorbers¹⁷⁾.

본 실험의 결과 벤조페논 유도체로 처리한 섬유는 자외선 흡수능 및 Rhodamin B로 염색한 나일론

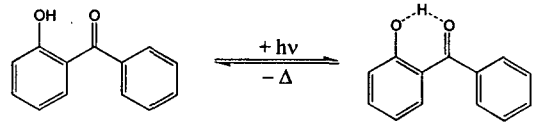


Fig. 11 UV-absorption mechanism of 2-hydroxy benzophenone by intramolecular hydrogen bond^{18~22)}.

직물의 일광견뢰도는 2위치에 히드록시기를 가진 벤조페논류가 가장 효과적이었으나, Rhodamin B 수용액의 광퇴색은 히드록시기의 위치에는 무관함이 밝혀졌다. 이는 hydroxy benzophenone이 수용액상에 존재할 경우 Fig. 12에서와 같이 자유롭게 인접한 분자와 분자간 수소결합이 가능하므로 히드록시기의 위치에 관계없이 Rhodamin B 수용액의 광퇴색에 효과를 나타내는 것으로 생각되며, 섬유에 처리했을 경우는 hydroxy benzophenone이 섬유상에 고정되어 있어 분자간 수소결합은 어려우며 히드록시기가 2위치에 존재할 경우에만 분자내 수소결합이 가능하게 되어 효과를 나타낸 것으로 생각된다.

이상의 결과로 보아 벤조페논 유도체를 자외선 흡수제로 사용할 경우 2위치에 히드록시기를 가진 것이 가장 바람직하며 이는 자외선 흡수능력 뿐만 아니라 염색물의 일광견뢰도 또한 크게 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

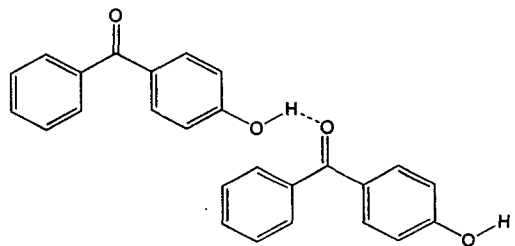


Fig. 12 Intermolecular hydrogen bond of 4-hydroxy benzophenone.

4. 결 론

최근 성충권의 오존층 파괴는 자외선 차단 가공에 대한 관심을 한층 높이고 있다. 본 실험은 자외선 차단가공에 사용되는 자외선 흡수제들 중 벤조페논

계 유도체들을 사용하여 자외선 흡수 메커니즘을 규명하고 이로부터 염색물의 일광견뢰도 향상에 응용하고자 한 것이다.

Rhodamin B 수용액의 광퇴색 속도는 hydroxy benzophenone류들에 의해 크게 지연시킬 수 있었으며, 히드록시기의 위치에는 무관함을 알았다. 한편 폴리에스터 직물에 벤조페논류를 처리했을 경우의 자외선 흡수능이나 Rhodamin B로 염색된 나일론 직물의 일광견뢰도는 벤조페논의 2위치에 히드록시기를 가지는 흡수제만이 효과적이었다. 이는 수용액상에서는 hydroxy benzophenone의 분자간 수소결합이 가능하므로 히드록시기의 위치에 관계없이 그 효과를 나타낼 수 있으나 섬유에 처리한 경우는 hydroxy benzophenone 분자들이 자유롭게 움직일 수 없으므로 분자간 수소결합은 불가능하게 되고, 2위치에 히드록시기를 가진 벤조페논 유도체만이 자체의 카르보닐기와 분자내 수소결합을 통해 자외선을 흡수할 수 있기 때문이다.

참고문헌

1. "Functional Fibers", Toray Research Center, INC., P.136(1993).
2. S. Yoshiaki, 染色工業, 40, No. 3, 128(1992).
3. "염색가공의 신기술현황과 개발과제", 韓國纖維技術振興院, P.156(1994).
4. P. J. Waters and N. A. Evans, *Text. Res. J.*, 51, 432(1981).
5. J. Cegarra and P. Miro, *J.S.D.C.*, 88, 293(1972).
6. I. H. Leaver, P. J. Waters, and N. A. Evans, *J. Polym. Sci. Polym. Chem. Ed.* 17, 1532(1979).
7. B. Milligan and L. A. Holt, *Polym. Degrad. Stab.*, 5, 339(1983).
8. P. J. Waters, N. A. Evans, L. A. Holt, and B. Milligan, "Proc. 6th Inter. Wool Textile. Res. Conf., Pretoria", Vol. V, 195(1980).
9. W. G. Rose, M. K. Walden, and J. E. Moore, *Text. Res. J.*, 31, 495(1961).
10. N. Kuramoto and T. Kitao, *J.S.D.C.*, 98, 334(1982).
11. O. Hirronori, K. Nobuhiro, and K. Teijiro, *J.S.D.C.*, 97, 462(1981).
12. K. Nobuhiro, *J.S.D.C.*, 106, 181(1990).
13. 김성훈, 임용진, "機能性 色素", 慶北大學校出版部, p.42~43(1994).
14. G. L. David, W. H. Paul, B. Karime, and L. J. Robert, *J.S.D.C.*, 104, 36(1988).
15. K. Takahide, 染色工業, 39, No. 10, 536(1991).
16. B. Peter, F. M. John, and O. P. Glyn, *Rev. Prog. Col., J.S.D.C.*, 5, 33(1974).
17. E. H. Lois, M. G. Barbara, and M. A. S. Peter, *AATCC*, 26, No. 12, 43(1994).
18. P. J. Waters, N. A. Evans, and J. F. K. Wilshire, *Text. Res. J.*, 56, 203(1986).
19. M. Shinji, 染色工業, 40, No. 3, 120(1992).
20. "염색가공의 신기술현황과 개발과제", 韓國纖維技術振興院, P.157(1994).
21. "Functional Fibers", Toray Research Center, INC., P.138(1993).
22. M. Shinji, *Sen'i Kagaku(Fiber Science)*, 34(2), 61(1992).