

인디고를 이용한 아스킨 섬유의 염착특성

김수호 · 김영성 · 홍진표¹ · 윤석한¹ · 손영아[†]

충남대학교, 공과대학, BK21 FTIT 유기소재 · 섬유시스템공학
¹한국염색기술연구소

Dyeing Properties of Askin Fabric with Indigo

Su-Ho Kim, Young-Sung Kim, Jin-Pyo Hong¹, Seok-Han Yoon¹ and Young-A Son[†]

BK21 FTIT, Department of Organic Materials and Textile System Engineering,
Chungnam National University, Daejeon, S. Korea
¹Korea Dyeing Research Center, Daegu, S. Korea

(Received: February 20, 2009/Revised: April 9, 2009/Accepted: April 14, 2009)

Abstract— Recently, polyester is widely used in textile fabrics due to its application potentials in various fields. It is known that askin fabric is prepared with mainly polyester and is enjoyed with various end uses such as marine clothing, underwear, shirts, swimming suits and so on. For this purpose, color fastness should be considered with great importance during its wet processing step. In this context, vat dyes were very much attracted due to the advantage of superior fastness property. Thus, we have used indigo dye towards askin fabric dyeings and investigated corresponding properties namely, dyeing temperature, concentration of dye, reducing agent amount and alkali amount. The results showed that higher color strengths of indigo dyeing on askin fabric were obtained at 110°C, 8% o.w.f, 3g/l, 5g/l, respectively. The color fastness to washing was considerable generally.

Keywords: askin, dyeing property, indigo, vat dye, energy potential, functional materials

1. 서 론

최근 의류분야의 세계적인 추세는 고기능과 하이테크를 접목하여, 감성소재 위주의 기능성 소재가 보편화 되고 있으며, 소비자들 또한 그 필요성이 증대하고 있다. 이에 레저 및 스포츠 분야 등에 폴리에스테르와 나일론, 그리고 스판덱스 소재를 이용한 다양한 활용분야가 주를 이루고 있다. 하지만 여러 섬유소재를 이용한 활용에서는 제직의 방법과 혼방섬유의 비에 따른 염착의 특성이 다르기 때문에, 염착특성의 파악 등 제반 공정에서의 적용방법의 변화가 함께 요구된다¹⁻⁴⁾. 또한 여러 가지 방법의 염착시도나 제반 가공의 적용은 다양한 약품 및 약제의 사용을 동반하고, 산업용 폐수로 인한 수질오염의 문제점이 대두되고 있으며, 염색가공 기술 또한 환경적인 측면을 배제할 수 없는 실정이다. 특히 심색화 염색공정의 경우 가장 적은 염

료를 사용하고, 최대한의 효과 즉, 우수한 염착 특성 및 심색화 시료를 얻을 수 있다면, 염료 및 여러 가지 부가적으로 사용되는 시약을 줄일 수 있고, 이는 원가 절감 뿐만 아니라, 환경적으로도 많은 도움이 될 수 있다.

일반적으로 고기능, 하이테크, 기능성소재 등의 효과를 얻기 위해서는 다양한 가공특성 및 방법들이 적용되며, 이러한 가공이 진행되기 위해서는 그 섬유의 안정성과 더불어 염색특성의 안정도 즉 견뢰도는 당연히 뒷받침 되어야 한다. 현재 섬유산업은 폴리에스테르 섬유소재가 가장 널리 사용되어 여러 형태의 활용 목적으로 이용되고 있으며, 또한 여러 가공특성의 시도가 이루어지고 있다. 폴리에스테르는 대부분 분산염료에 의해 염색이 이루어지고 있으며, 분산염료의 경우는 고농도 염색은 얻을 수 있으나 견뢰도 특성에서는 심색화 시료에서 다소 한계를 가지고 있다.

[†]Corresponding author. Tel.: +82-42-821-6620; Fax.: +82-42-823-3736; e-mail: yason@cnu.ac.kr

때문에 이러한 문제점을 보완하고자 염색가공의 공정 개발 및 적용 방법의 다양한 시도가 요구된다.

본 연구에서 이용된 아스킨 소재는 폴리에스테르 섬유를 가공한 섬유 소재로서 빛을 산란시켜 투과를 줄여주고 원사 내에 빛을 차단하는 물질을 함유시켜 비침 방지효과를 낸 원사로 알려져 있다. 은은한 광택과 부드러운 느낌을 주는 동시에 자외선 차단효과도 탁월하여 현재 수영복, 셔츠, 속옷 등에 활용 되어, 의류 소재로서 호평 받고 있다.

이와 같은 소재는 염색 후 다양한 습식 및 특수가공이 이루어지기 때문에 높은 염색 견뢰도가 요구된다. 또한 8% 정도의 폴리우레탄 소재가 함유되어 있어, 염색후의 심색화 시료에 대한 염색 내구성의 문제도 중요한 부분으로 고려되어 염료 및 염색방법의 적용도 함께 판단해야 한다. 이러한 대안으로 분산염료가 아닌 배트염료를 이용하여 아스킨 소재의 섬유에 염색과정을 파악해 보고자 한다. 배트염료⁵⁻⁹⁾는 물에 불용성인 염료로 환원제로 환원시켜 류코 화합물로 변화시켜 수용성으로 되며, 산화제 또는 공기 중의 자연산화를 통해 본래의 불용성 염료로 돌아가 염색되는 방식으로, 그 견뢰도의 우수성은 매우 잘 알려져 있다.

이와 같이 환원제로 인해 류코 화합물이 되기 때문에 환원제의 안정성은 매우 중요하며, 그 안정성은 온도와 환원제의 양 등에 따라 달라지기도 하며, 환원제로 인한 환경오염 또한 배제시킬 수 없기 때문에, 이에 따른 체계적인 염착공정상의 확립이 중요하다.

이번 연구에서는 인디고 염료에 의한 아스킨 소재의 섬유를 적용하여 염착특성에 영향을 미치는 염색 온도, 환원제양, 알칼리양에 따른 염착특성 및 최적조건을 알아보하고자 한다. 그리고 본 실험에 사용된 인디고 염료를 구조, 과정, 특성 등 물리학 기본적인 방법에 기초를 두고 계산하는 분자 모델

링 예측, 즉 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 인디고 안료 상태와 류코 상태와의 HOMO와 LUMO 에너지 준위 및 전자배치 상태를 함께 알아보하고자 한다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

본 실험에는 Target 제품의 아스킨 (폴리에스테르 92%, PU 8%)소재의 시료를 사용하였다.

배트염료로는 인디고 (C.I. Vat Blue 1)를 사용하였으며, 환원제는 Formamidinesulfonic acid를 사용하였다. 알칼리로는 Sodium carbonate를 사용하였고, 환원제정 시 사용되는 비이온 계면활성제로서는 Sandopur MCL Liq. (Clariant Ltd.)를 사용하였다.

2.2 환원 및 염색

염색은 ACE-6000T 고온고압 IR 염색기를 이용하여 염색하였으며, 시료 3g에 욕비 1:40으로 사용하였고, 농도 조건으로는 2~10% o.w.f의 다양한 범위에 Na₂CO₃ 2g/l, 환원제 5g/l의 기준으로 염색을 진행하였다. 환원제양과 알칼리양의 조건에서는 각각 1~9g/l의 적용범위에서 염색을 진행하였다.

우선 70°C에서 30분간 vatting과정을 거쳐 환원시킨 후, 아스킨 소재 3g을 환원욕에 침지시킨 후 분당 2°C의 승온 속도로 90~120°C의 온도로 승온 후, 각각의 온도에 도달하면 60분간 염색하였다. 그 후 washing 과정을 거쳐 자연 산화로 발색하였다. 전체적인 염색과정은 Fig. 1에 나타내었다.

2.3 환원세정

염색 되어진 섬유 표면에 부착되어진 염료는 세탁에서의 탈착원인으로 다른 섬유를 오염시켜 견뢰도 저하를 일으키기 때문에, 이와 같은 염료를 제거하기 위해 환원세정을 실시하였다.

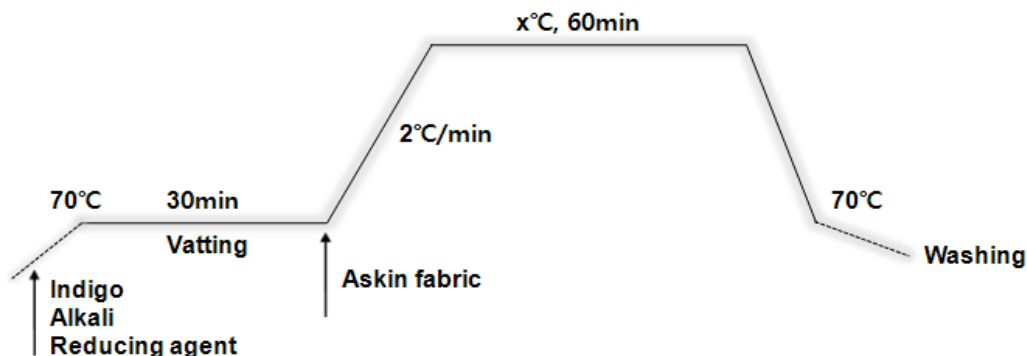


Fig. 1. Dyeing profile.

환원세정은 1g/l의 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, 2g/l의 Na_2CO_3 및 2g/l 계면활성제를 사용하여 60°C에서 20분 동안 진행하였다.

2.4 염색성 평가

모든 시료의 염색성 평가는 염색과 산화과정, 환원세정을 모두 거친 후 완전히 건조된 상태에서 겉보기 색 농도(K/S)를 이용하였다. 측색은 분광측색계를 이용하여 10도 시야로 측정, 400~700nm의 전파장 영역에서 10nm간격으로 측정된 f_k 색상강도와 최대흡수파장의 표면 반사율을 통해 K/S값을 산출하였다.

$$K/S = (1 - R)^2 / 2R$$

여기서, K: 흡수계수
S: 산란계수
R: 분광반사율

2.5 견뢰도 시험

세탁견뢰도 시험은 KS K 0430 : 2001 A-1 법에 의거하여 실시하였다.

2.6 에너지 준위 비교

본 실험에 사용된 시뮬레이션 프로그램으로는 *Materials studio 4.2* 프로그램을 이용하여, pigment 상태와 leuco상태를 각각 HOMO와 LUMO를 측정하여 전자의 분포 및 에너지 준위차이를 살펴보았다.

3. 결과 및 고찰

3.1 온도 및 농도에 따른 염색거동

염색 온도는 섬유소재의 염색특성을 결정짓는 매우 중요한 요소로서, 각 섬유소재와 염료에 따라 그 적용온도가 좌우된다. 이번 실험에서 사용된 폴리에스테르와 폴리우레탄으로 구성된 아스킨 소재에 대한 염착 온도특성을 알아보기 위하여, 90~120°C의 온도 범위에서 염색과정을 진행하였다. 염료의 적용 농도 또한 적정 이상의 농도에서는 포화치에 도달하여 염착량의 변화가 크지 않기 때문에, 가격이나 환경적인 면에서 적정량의 농도 산출 또한 중요한 요소로 판단할 수 있다. 농도 조건으로 2~10% o.w.f 범위로 설정하여 각각의 조건에서 염색을 진행하였다. 염색과정은 앞서서 설명하였듯이 70°C에서 30분간 먼저 환원 시킨 후, 아스킨 소재

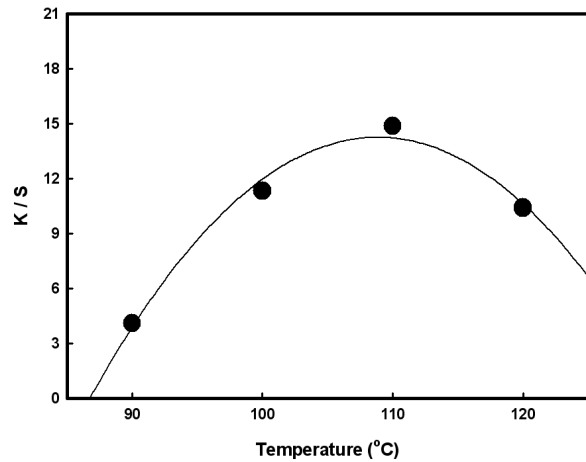


Fig. 2. Effect of dyeing temperatures on K/S values of askin fabrics.

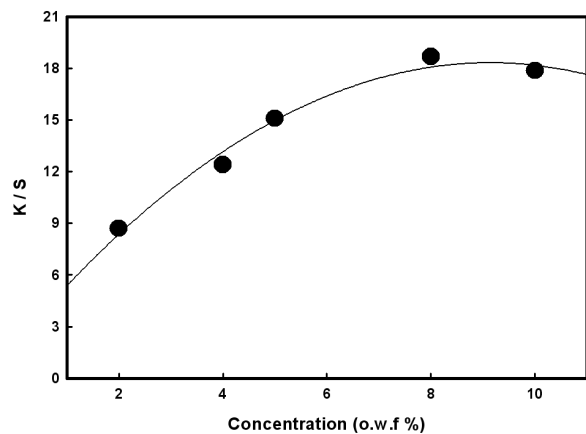


Fig. 3. Effect of dye concentrations on K/S values of askin fabrics.

섬유를 침지시켜 60분간 염색하였다. 온도와 염료 농도 조건에 대한 이들 염색시료에 대한 염착결과를 색상강도(K/S) 값으로 측정하여 Figs. 2~3에 나타내었다.

Fig. 2에서는 온도조건의 범위 (90~120°C)에 따른 염착량의 변화를 확인 할 수가 있었다. 염색의 온도가 고온으로 갈수록 섬유의 염착량은 증가하며, 특히 110°C에서 가장 높은 색상 강도를 나타내었다. 이는 아스킨 소재가 대부분 폴리에스테르와 유사한 염착거동을 보이는 것으로 판단되며, 소량의 폴리우레탄 소재를 함유하기 때문에 110°C를 지나 염착이 다소 감소하는 것으로 사료되며, 대부분의 특성은 분산염료가 나타내는 거동과 적용온도가 비슷한 경향을 나타낸다고 할 수 있다.

염료 농도에 따른 (2, 4, 5, 8, 10% o.w.f)의 변화는 Fig. 3에서 보듯이 농도가 증가함에 따라 그 염착량도 함께 지속적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 특히 8%의 경우가 가장 높은 색상강도를 나

타내었으나 10%와 비교했을 때 그 색상강도의 차이는 많은 차이를 나타내지는 않았다. 따라서 8% 이후에서 포화치에 도달한 것으로 사료되며, 환경적 및 경제적인 측면을 고려해 볼 때 염색농도는 8% 전후가 가장 효율적인 농도라 할 수 있다. 이와 같은 두 가지 요소를 고려해 볼 때, 치밀한 섬유 고분자 내에 인디고의 침투는 쉽지 않은 일이기 때문에, 염착에 필요한 온도에너지와 적용되는 염료량이 증가함에 따라 염착되는 염료양도 증가하지만 최적의 조건은 항상 비교조건을 행하여야 할 필요가 있음을 알 수 있다.

3.2 환원제, 알칼리양에 따른 염색거동

환원제와 알칼리양은 류코 상태에 있어 환원제가 안정성을 가지기에 중요한 요소가 된다. 환원제가 안정성을 가져야 그만큼의 안정한 인디고 류코 상태를 제공해 줄 수 있으며, 그에 따라 염색의 심색화와 균염성에 큰 영향을 미치게 된다. 하지만 일정 이상의 환원제와 알칼리양은 오히려 염색을 저하할 뿐만 아니라, 과량을 사용함에 따라 환경적 측면에서도 좋지 않은 영향을 미치기 때문에, 적정량 또한 염색공정에 있어 중요한 요소가 아닐 수 없다. 그에 따라 염료는 8% o.w.f, 온도는 110°C를 기준으로 환원제와 알칼리양(1, 3, 5, 7, 9g/l)을 달리하여 그 염착특성을 살펴보았다.

Fig. 4는 환원제 양(1, 3, 5, 7, 9g/l)의 변화에 따른 염착량의 변화를 나타낸 것이다. 환원제 양은 Fig. 4에서 보이는 것과 같이 3g/l이상이 되면 9g/l에 이르기까지 색상강도의 값에는 큰 변화를 일으키지 않는 것으로 보아 3g/l 전후의 양이 경제적, 환경적인 측면에서 효과적인 양이라 할 수 있다.

Fig. 5는 알칼리 양(1, 3, 5, 7, 9g/l)의 변화에 따른 염착량의 변화를 나타낸 것이다. 알칼리는 알칼리 용액을 만들어주어 환원제가 인디고의 알칼리 류코 상태가 되도록 하여 수용성 특성을 유지하도록

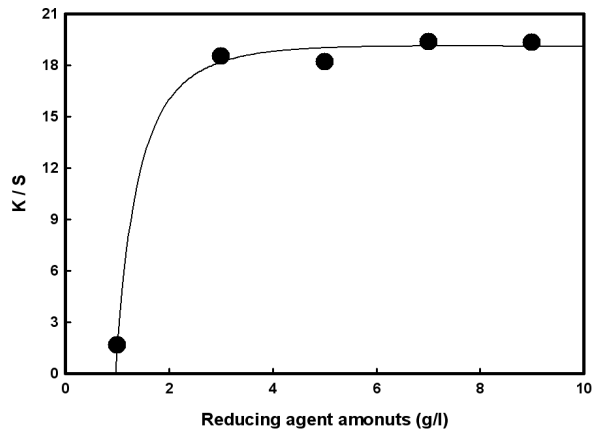


Fig. 4. Effect of reducing agent amounts on K/S values of askin fabrics.

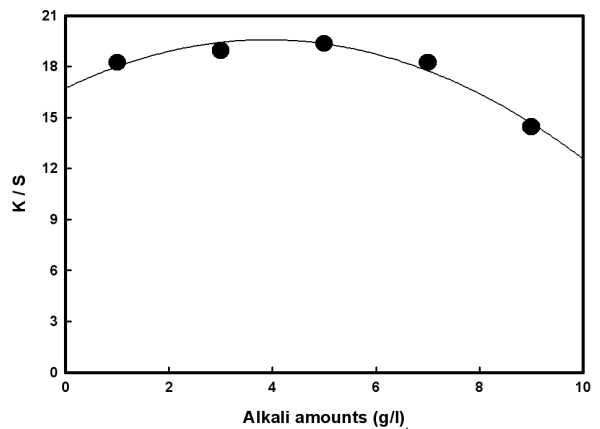


Fig. 5. Effect of alkali amounts on K/S values of askin fabrics.

만들어 주는 역할을 한다. 알칼리양은 5g/l을 투입한 후에는 염착량이 감소하는 것을 볼 수 있는데, 이는 과환원으로 인한 영향으로 생각할 수 있다.

3.3 세탁견뢰도

배트염료는 물에 불용성인 화학적 특성으로 견뢰도가 우수한 것은 많이 알려졌다. 이러한 염료특성을 아스킨 소재에 적용하여 심색화 및 우수한 세탁 견뢰도 특성을 부여할 수 있도록 적용하였다.

Table 1. Wash fastness assessments

No. of Washes	Change in color	Acetate	Cotton	Nylon	Polyester	Acrylic	Wool
1	4-5	4	4-5	4	4-5	4-5	4-5
2	4-5	4	4-5	3-4	4-5	4-5	4-5
3	4-5	4	4-5	3-4	4-5	4-5	4-5
4	4-5	4	4-5	3-4	4-5	4-5	4-5
5	4-5	4	4-5	3-4	4-5	4-5	4-5

세탁견뢰도 시험 방법은 KS K 0430 : 2001 A-1시험 방법을 이용하였으며, 세탁시험에서도 중요한 요소인 계속적인 내구성시험으로, 본 시험평가에서는 5회의 연속적인 세탁시험으로 염착성의 내구성을 시험 평가하였다. Table 1에 견뢰도 특성을 나타내었다.

Table 1에서 나타난 바와 같이, 5회의 연속적인 세탁시험 평가에 있어서도 4급 이상의 우수한 견뢰도 특성을 나타내고 있으며, 특히 나일론 성분에 대해서는 3-4급의 다소 낮은 결과를 보이고 있다. 이는 소량 함유되어 있는 폴리우레탄 성분에서 탈착된 염료들에 의한 오염으로 판단할 수 있다.

3.4 에너지 준위 측정

컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 인디고 염료가 산화상태 및 환원된 류코상태에서 구조적으로 보여지는 염료분자 구조내의 전자배치 및 HOMO/LUMO 에너지 준위를 살펴보았다. Fig. 6에 각각의 전자분포상태 및 에너지 준위를 나타내고 있다. Fig. 6에서 보는 것과 같이 산화된 안정한 인디고 입자는 매우 낮은 에너지 준위 값을 보이며, 안정한 상태를 유지하고 있으나, 반대로 알칼리 및 환원제의 영향으로 류코상태로 변화된 염료구조의 준위는 산화된 상태에 비해서 매우 높은 값을 보이고 있다. 이는 산화/환원적 특성에서의 분자 구조적 불안정성뿐만 아니라 에너지 준위적으로도 이러한 상태를 유지하기 어려운 상태임을 알 수 있다. 그리고 산화상태의 인디고 분자 내에서는 전자의 배치 또한 H형 발색계의 전자 흡인성기상으로 연결되는 켄주

게이션 본드의 결합상에 분포되어 있으나, 류코형태로 되면서 분자전체내에 고루 전자가 분포되어 있는 형태를 보여주고 있다. 이때의 각각 HOMO/LUMO 상태의 에너지 준위를 계산한 결과 인디고 안료일 때의 경우 밴드갭이 $\Delta E=1.238$ eV와 류코상태일 때의 경우는 $\Delta E=1.179$ eV를 각각 나타내었다.

위의 전자분포의 설명과 관련하여 이와 같은 밴드갭에 있어서도 류코상태의 경우는 전자의 흐름이 전체적으로 원활하며 전자가 분자내에 고루 분포되어 지속적인 움직임을 나타낼 수 있어, 이로 인하여 여기할 수 있는 전자의 상태도 원활하여 밴드갭 또한 안료상태 일 때보다 더 작다고 생각할 수 있다.

4. 결 론

본 실험에서는 인디고를 이용하여 아스킨 소재에 대한 염착 특성을 확인해 보았다. 최근 소재의 다양한 활용목적으로 많은 관심을 받고 있는 아스킨 소재와 그에 대한 염색가공의 적용에 있어서 심색성과 더불어 우수한 세탁 견뢰도를 얻기 위한 목적으로 본 실험을 진행하였다. 배트염료의 가장 대표적인 인디고를 아스킨 소재의 적용하여 이에 따른 온도, 농도, 환원제 및 알칼리양에 변화를 주어 그에 따른 우수한 염색과 적정량을 알아보았다. 온도의 영향에서는 진행된 110°C 부근에서 가장 높은 색상강도 값을 얻었으며, 염료의 농도조건에서는 8% o.w.f 전후에서 높은 색상강도를 나타내었다.

환원제와 알칼리양에 따른 염착성을 알아보기 위해 환원제의 경우, 1~9g/l 까지 양을 변화시켜 적용한 결과 3g/l 이상에서는 염착결과의 변화가 나타나지 않았으며 알칼리 양은 5g/l 이상에서 비슷한 염착성을 나타내었다. 세탁견뢰도는 대체적으로 4~5급 수준의 우수한 견뢰도 특성을 얻을 수 있었다.

인디고의 에너지 수준 및 분자배치 상태를 예측한 결과 안료상태의 인디고는 전자의 배치가 국소적으로 켄주게이션 본드의 결합상에 분포되어 있으며, 에너지준위도 상당히 안정된 값을 보이고 있다. 류코경우에 있어서는 전자의 분포가 분자구조내에 전체적으로 고루 분포되어 있는 상태로 바뀌었으며, 에너지 준위도 높은 값을 나타내어 상대적인 안정성이 낮은 구조적 특성을 보이고 있다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지역산업기술개발사업의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

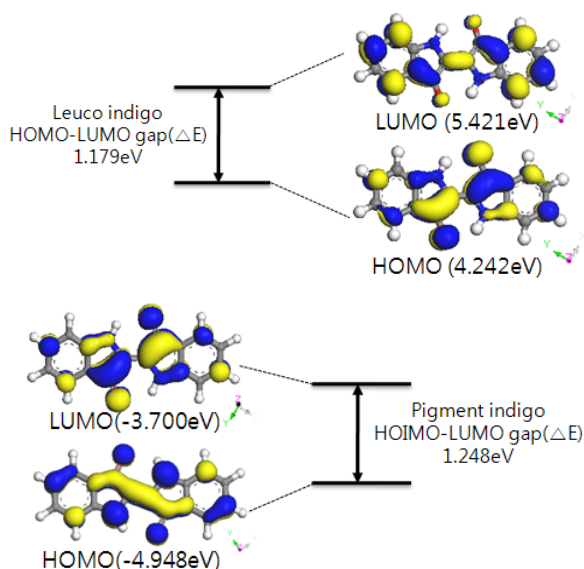


Fig. 6. Electron distribution and HOMO/LUMO energy potential.

참고문헌

1. Young Sik Chung, Keun Wan Lee and Pyong Ki Pak, Compatibility analysis of disperse dyes in dyeing of PET/Spandex blends, *J. of Korea Society of Dyers and Finishers*, **14**(4), 12-17(2002).
2. Gajanan Bhat, Subhash Chand and Simon Yakopson, Thermal properties of elastic fibers, *Thermochimica Acta*, **367-368**(8), 161-164(2001).
3. Ervat S. Ibrahim, Kariman M.El Salmawi, Sayeda M. Ibrahim, Electron-beam modification of textile fabrics for hydrophilic finishing, *Applied Surface Science*, **241**(3-4), 309-320(2005).
4. S. Hongyo, K. Kunito and S. Maeda, Dyeing of Synthetic Fibers with Vat Dyes, *Dyeing Ind. Jpn*, **48**, 589-594(2000).
5. F. Govaert, E. Temmerman and P. Kiekens, Development of voltammetric sensor for the determination of sodium dithionite and indanthrene/indigo dyes in alkaline solutions, *Analytica Chimica Acta*, **385**(1-3), 307-314(1999).
6. Young-A Son, Jin Pyo Hong and Tae Kyung Kim, An approach to the dyeing of polyester fiber using indigo and its extended wash fastness properties, *Dyes and Pigments*, **61**(3), 263-272(2004).
7. Doralice S. L. Balan, Regina T. R. Monteiro, Decolorization of textile indigo dye by ligninolytic fungi, *Journal of Biotechnology*, **89**(2-3), 141-145(2001).
8. Robin J. H. Clark, Christopher J. Cooksey, Marcus A. M. Daniels, Robert Withnall, Indigo, woad, and Tyrian Purple: important vat dyes from antiquity to the present, *Endeavour*, **17**(4), 191-199(1993).
9. Young-A Son, Hyeong-Tae Lim, Jin-Pyo Hong and Tae-Kyung Kim, Indigo adsorption properties to polyester fibers of different levels of fineness, *Dyes and Pigments*, **65**(2), 137-143(2005).