

해양세균 *Microbulbifer* sp. PPB12 생성 천연색소의 섬유 염색 효과

이가은, 박진숙*
한남대학교 생명시스템학과

Dyeing effects of natural pigment from marine bacterium, *Microbulbifer* sp. PPB12

Ga-Eun Lee, Jin-Sook Park*

Department of Biological Sciences and Biotechnology, Hannam University

요약 의류 산업의 발전과 함께 다양한 염료를 이용한 염색 기술이 개발되어 왔다. 최근 합성색소의 인체에 대한 유해성으로 인하여 천연색소에 대한 관심이 증가하고 있으며, 이에 미생물 색소의 개발과 활용이 요구되고 있다. 본 연구에서는 해양 세균 *Microbulbifer* sp. PPB12 균주가 생산하는 보라색 천연색소를 이용하여 다섬교직포에서 염색 효과와 생리활성을 평가하였다. 보라색 색소는 *Microbulbifer* sp. PPB12 균주를 Marine broth 2216을 이용하여 3일 동안 배양 후 에탄올을 이용하여 추출하였다. 20% 에탄올에 녹인 보라색 색소는 다섬교직포의 면, 아세테이트 특히 나일론에 우수한 염착력을 나타내었고, 최적의 염색조건은 염색온도 80-90°C, 염색시간 1시간 이상, pH 4-6, 욕비 1:25로 나타났다. 매염처리인 Na₂SO₄를 사용하여 염색 10분 후 후매염 처리 하는 것이 색상 발현에 더 적합하였으나 매염제를 처리하지 않은 경우와 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 보라색 색소는 *B. subtilis*에서 항균성을 나타내었다. 이러한 결과, 본 해양 세균 색소는 항균성이 부가된 천연 섬유 염색제로 이용 가능성이 확인되었다.

Abstract As the clothing industry has advanced, dyeing technologies using various dyes have been developed. In recent years, interest in natural pigments has been increasing because of the negative impact of synthetic pigment on human health; therefore, development and application of microbial pigments is demanded. In this study, the dyeing effects on multifiber fabrics and biological activity were assessed using violet natural pigment from the marine bacterium, *Microbulbifer* sp. PPB12. The violet pigment produced by cultivation of *Microbulbifer* sp. PPB12 using Marine broth 2216 for 3 days was extracted using ethanol. Once dissolved in 20% ethanol, the violet pigment could be used to dye bleached cotton, diacetate, and especially polyamide. The optimal temperature, time, pH, and bath ratio under the dyeing conditions were 80°C-90°C, more than 1 hour, pH 4-6, and 1:25, respectively. The mordant treatment was more suitable for color expression when Na₂SO₄ was used after 10 minutes of dyeing, but no significant difference was observed from untreated samples. The violet pigment also showed antibacterial activity against *B. subtilis*. The results of the present study indicate that the marine bacterial pigment could be an alternative for textile dyeing as a natural dye with antibacterial activity.

Keywords : Bacterial pigments, Dyeability, Marine bacteria, Nylon, Textile colourants

1. 서론

천연색소를 이용한 염색은 인류 역사와 함께 사용되어 왔고 천연색소로 사용되는 재료 중에는 쪽[1], 홍화

[2], 자초[3], 녹차[4] 등이 있다. 우리나라에서도 옛날부터 사용한 천연색소 염색은 자연 친화적이고 색이 우아하여 자연스러운 장점이 있지만 염색물의 견뢰도가 떨어지고 염색물에 얼룩이 생기기 쉬운 단점을 갖으며 또한

본 논문은 2016년 한남대학교 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Jin-Sook Park(Hannam Univ.)

Tel: +82-42-629-8771 email: jspark@hnu.kr

Received January 19, 2017

Revised (1st February 14, 2017, 2nd February 27, 2017, 3rd March 9, 2017)

Accepted March 10, 2017

Published March 31, 2017

합성색소의 이용으로 점차 쇠퇴되었다[5]. 19세기 화학 공업의 발달로 인해 합성색소가 개발되어 광범위하게 사용되어 왔으나 염색관련 산업의 경우 염색폐수와 합성염료의 독성 등으로 인한 환경오염과 인체에 대한 유해성이 제기되면서 합성색소에 대한 규제가 점차 증가하고 있는 추세이다. 이와 동시에 현대 소비자들의 건강에 대한 욕구가 증가하면서 천연색소의 사용과 개발이 요구되고 있다[6, 7]. 대부분의 천연색소는 동물이나 식물에서 직접 추출하여 사용되고 있으나 가격이 비싸고 생육 조건 및 환경에 따라 품질의 변화가 심하다는 단점을 갖는다. 최근 대량생산이 가능하고 안정된 품질의 색소를 생산할 수 있는 천연 미생물 색소에 대한 관심이 증가하고 있다[7]. 현재까지 곰팡이[8]와 효모[9], 세균[10, 11, 12] 등을 이용한 미생물 색소에 관한 연구가 수행되었으며, *Monascus* 유래의 홍국색소를 비롯한 몇몇 색소는 실질적으로 생산되어 이용되고 있다. 미생물 중 효모나 곰팡이를 이용할 경우 세포벽의 파쇄 등이 어렵고 균주 개발시, 유전자 조작이 복잡하다는 단점이 있다. 그러나 세균을 이용할 경우 발효조를 이용한 대량배양이 쉽고 배양 조건의 조절에 의해 색소 품질의 조절 및 유지가 용이하며 색소생산 비용을 절감할 수 있다. 특히 해양세균을 이용할 경우 높은 염 농도에서 생장하므로 오염의 가능성이 적고, 낮은 염 농도에서 세포 용해가 쉽게 일어나 색소의 추출이 쉽다는 장점을 더불어 갖는다[13]. 또한 해양세균은 서식하는 환경이 육상과는 다르기 때문에 전혀 다른 새로운 생리활성물질을 생산할 것으로 기대되며 [14] 해양세균이 생산한 천연색소는 기능성을 가질 것으로 예상된다. 최근 해양에서 분리한 *Vibrio* sp.로부터 생산된 적색 색소[15], *Bacillus cereus*의 돌연변이 균주에서 생산된 녹색 색소[11]와 *Chromobacterium violaceum* 으로부터 생산된 violacein 색소를[16] 추출하여 섬유를 염색한 연구들에서 미생물 색소가 섬유염색에 활용될 수 있는 가능성을 보여준다. 실제로 미생물로부터 생산된 청색의 인디고를 섬유 염색에 적용하여 청바지 업계에 혁신을 일으킨 것으로 보고된 바 있다[17]. 따라서 본 연구에서는 해양으로부터 보라색 색소를 생성하는 해양세균을 분리하고 색소를 추출하여 섬유 염색을 위한 기능성 천연색소로서의 개발가능성을 탐색하기 위하여 다섬교직포를 이용하여 온도, 시간, 육비, pH, 매염제 처리에 따른 염색 효과와 색소의 항균활성을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 사용균주

본 실험에 사용한 균주는 2012년 7월 서해 청포대 해수로부터 분리하였다. 해수를 MA 배지(Marine agar 2216, Difco, USA)에 100 μ l씩 도말하여 28°C에서 4 일간 배양 후 이 중 보라색 색소를 생성하는 *Microbulbifer* sp. PPB12 균주를 선별하여 실험에 사용하였다.

2.2 배양조건

Microbulbifer sp. PPB12로부터 색소를 추출하기 위하여 MA 배지를 이용하여 28°C, 160 rpm으로 3 일간 진탕 배양하였다. 배양액을 8,500 rpm에서 20 분간 원심 분리하여 균체와 상등액을 분리하고, 얻은 균체를 인공해수(A.S.W)로 세척한 후, 추출 효율이 우수한 것으로 보고된[18] 에탄올을 사용하여 세균 색소를 추출하였다. 색소추출물 시료는 에탄올을 첨가하여 3회 반복하여 진탕 추출한 후 원심 분리하여 상등액을 회전진공증발농축기(EYELA, Japan)를 사용하여 건조하였다.

2.3 색소용매의 농도

색소의 염색 효과를 평가하기 위하여 우선 색소 용매의 농도를 결정하였다. 최종 농도 200 μ g/ml의 색소용액이 되도록 각각 20%, 30%, 40%, 50% 에탄올에 색소분말을 녹여 제조하고 1M KOH와 1N HCl을 이용하여 색소용액의 pH를 8로 조절한 후, 매염처리가 되지 않은 면 섬유 $2 \times 2 \text{ cm}^2$ (0.2 g)에 색소용액 6 ml를 가하여 60°C에서 2 시간동안 염색 후 자연 건조하여 최적 용매 농도를 결정하였다.

2.4 미생물 색소의 최적 염색조건

온도, 시간, pH, 육비, 매염제 처리에 따른 염색 효과를 알아보기 위하여 울(wool), 아크릴(acrylic), 폴리에스터(polyester), 나일론(polyamide), 락(bleached cotton), 아세테이트(diacetate)로 이루어진 다섬교직포(Comlies with ISO 105-F10, James Heal, England)를 시험포로 사용하였고, 각각의 효과는 염색 후 수세하여 120°C에서 15 분간 건조하여 육안으로 평가하였으며 모든 실험은 2 회 반복 수행하여 재현성을 확인하였다. 온도, 시간, pH, 매염제 처리에 따른 염색 효과의 평가를 위한 육비는 모두 1:25로 하였다.

2.4.1 온도

온도에 따른 염색 효과는 다섬교직포에 색소용액을 처리하여 30°C, 60°C, 80°C, 90°C에서 각각 1 시간 염색하여 평가하였다.

2.4.2 시간

시간에 따른 최적 염색 효과는 다섬교직포를 80°C에서 각각 30 분, 1 시간, 1 시간 30 분, 2 시간 동안 염색하여 평가하였다.

2.4.3 pH

염색의 pH조건은 색소용액에 1M KOH와 1N HCl를 이용하여 pH를 2, 4, 6, 8, 10, 12가 되도록 조절하고 pH가 조절된 색소용액을 다섬교직포에 80°C에서 1 시간 동안 처리 후 평가하였다.

2.4.4 욱비

욕비는 섬유 무게에 대한 염액의 무게 비로, 다섬교직포 7 × 10 cm² (2 g)에 대하여 색소용액을 욱비 1:25, 1:35, 1:45, 1:55가 되도록 조정한 후 80°C에서 1 시간 동안 염색하여 최적 욱비 조건을 검토하였다.

2.4.5 매염제

매염제는 NaCl과 Na₂SO₄를 사용하였으며 매염제 (2%, w/v) 처리는 염색 전 NaCl과 Na₂SO₄를 넣어 다섬교직포를 염색하는 선 매염처리와 염색 10 분 경과 후 NaCl과 Na₂SO₄를 넣어 매염처리를 하는 후 매염처리로 나누어 시험하였다.

2.5 미생물 색소의 항균활성 평가

본 색소의 기능성을 평가하기 위하여 미생물에 대한 항균활성을 디스크 확산법(disk agar method)을 이용하여 확인하였다[19]. 보라색 색소 분말을 20µg/µl이 되도록 에탄올에 녹인 색소 용액을 각각의 8 mm paper disc에 분주하여 색소 분말이 각각 50, 100, 200, 400 µg과 0.5, 1, 2, 4 mg로 함유되도록 하여 대상 균주가 도말된 평판배지에 올려놓고 30°C에서 24 시간 배양 후 투명대의 지름을 측정하였다. 균주는 그람 음성균인 *Pseudomonas aeruginosa* KCTC 1750과 그람 양성균인 *Bacillus subtilis* ATCC 130170, *Staphylococcus aureus* ATCC 1928를 사용하였다. 대조군으로 색소용액과 동

량의 에탄올을 떨어뜨리고 같은 시간동안 건조시킨 paper disc와 10U Penicillin(BD, USA)을 사용하였다.

3. 결론

3.1 색소용매의 농도

각각 20%, 30%, 40%, 50% 에탄올을 이용한 색소용액(최종 농도 200 µg/ml)의 염색 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 시험 결과 20% 에탄올을 이용한 색소용액의 염색 효과가 가장 우수하였다. 이러한 결과에 따라 이후의 실험에서는 색소 용매로 20% 에탄올을 이용하였다.

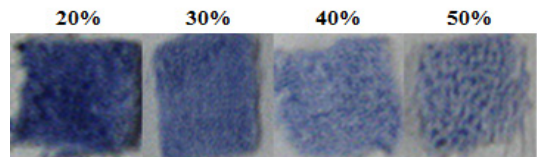


Fig. 1. Effect of ethanol concentration on cotton fabric.

3.2 미생물 색소의 최적 염색조건

3.2.1 온도

온도에 따른 염색 효과를 조사한 결과, 다섬교직포의 6종의 섬유 중 나일론, 면, 아세테이트의 경우, 30-60°C보다 80-90°C에서의 염색성이 우수한 것으로 나타났다(Fig. 2).

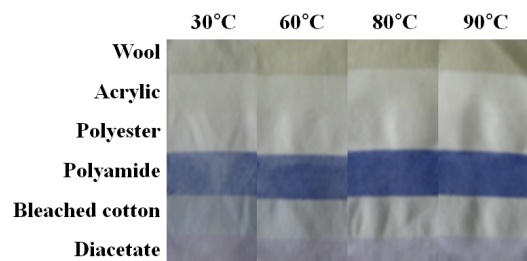


Fig. 2. Effect of dyeing temperature on multifiber fabrics.

3.2.2 시간

80°C에서 세균 색소의 염색시간에 따른 효과를 조사한 결과, 염색 처리 30 분 보다 1 시간 이상 처리한 경우에 염색 효과가 보다 우수하였으며 염색 1 시간 후부터는 다섬교직포에 염착할 수 있는 색소의 양이 포화상태에 도달하여 동일한 정도의 염착력을 나타내었다(Fig. 3).

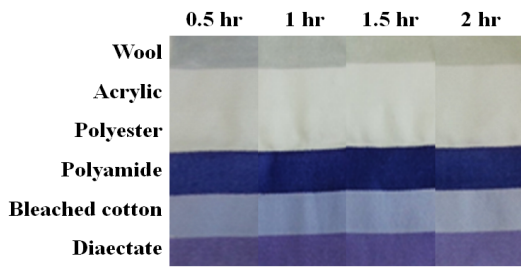


Fig. 3. Effect of dyeing time on multifiber fabrics.

3.2.3 pH

1M KOH와 1N HCl로 용액의 pH를 조절하여 염색한 결과(Fig. 4), pH 12를 제외한 모든 pH 조건에서 다섬교직포의 나일론, 면, 아세테이트의 염색이 이루어졌으며 특히 pH 4-6에서 우수하였다. 특히 염색된 다섬교직포에서 나일론의 경우, pH 12에서 현저하게 염착성이 감소하였다.

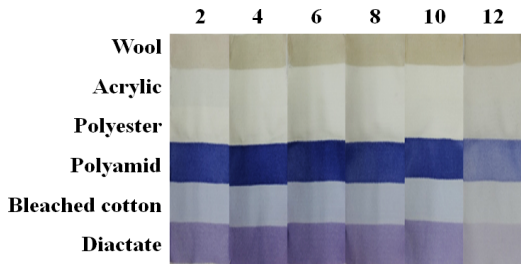


Fig. 4. Effect of different pH treatment on multifiber fabrics.

3.2.4 욱비

다섬교직포 7 × 10 cm² (2 g)를 대상으로 하여 욱비에 따른 염색 효과를 시험한 결과, 욱비에 따라 유의한 염착량의 차이가 있었으며 욱비 1:25에서 염착력이 가장 우수하였다(Fig. 5).

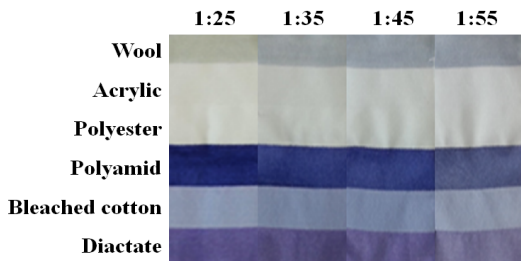


Fig. 5. Effect of bath ratio on multifiber fabrics.

3.2.5 매염제

세균 색소를 이용한 염색에 있어 매염처리 효과를 조사하기 위하여, NaCl과 Na₂SO₄를 매염제로 사용하여 선매염법과 후매염법을 적용하였으며 결과는 Fig. 6에 나타내었다. 실험에 사용한 세균 색소는 선매염처리보다 후매염처리가 색상발현에 다소 우수하였다. 염색 10분 후 Na₂SO₄를 매염제로 사용한 후 매염처리의 경우가 색상 발현에 우수하였다.

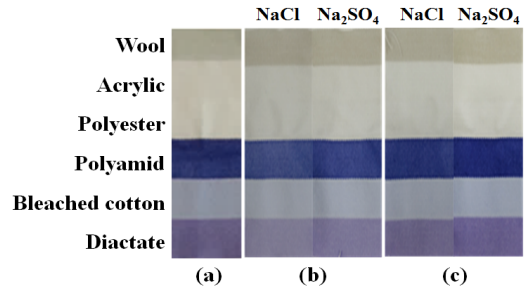


Fig. 6. Effect of mordants on bacterial pigment dyed multifiber fabrics.

(a) Control (b) Pre-mordanting treatment
(c) Post-mordanting treatment

3.3 미생물 색소의 항균활성 평가

색소 추출물의 항균활성을 LB배지에서의 *B. subtilis*, *P. aeruginosa*, *S. aureus*에 대하여 투명대의 지름으로 측정하여 검토하였으며 실험에 사용한 미생물 색소는 *B. subtilis*에 대하여 2 mg, 4 mg일 때 유의한 항균력을 나타내었다.

Table 1. Anti-microbial activity of the bacterial pigment from *Microbulbifer* sp. PPB12

Strain	Diameter of clear zone (mm)			
	0.5 mg	1 mg	2 mg	4 mg
Gram(-) <i>P. aeruginosa</i>	0	0	0	0
Gram(+) <i>B. subtilis</i>	0	0	10	12
Gram(+) <i>S. aureus</i>	0	0	0	0

4. 고찰 및 결론

해양에서 분리한 *Microbulbifer* sp. PPB12가 생산하는 보라색 색소를 섬유 염색에 이용하기 위하여 필요한 최적 염색조건을 검토하고 아울러 색소에 존재하는

항균활성을 확인하여 미생물 색소의 기능성 염료로써 이용가능성을 평가하였다.

섬유의 염색을 위한 보라색 색소의 최적 염색온도와 시간은 80-90°C에서 1 시간 동안 염색 한 경우 우수하였다. 저온에 비해 고온에서 색상 발현이 우수한 이유는 염액의 온도가 높아질수록 색소 입자의 운동성의 증대와 동시에 섬유 표면의 공극을 확장시켜 염착성이 증가하게 되었기 때문으로 생각된다[20]. 또한 염색시간이 길어질수록 섬유 손상과 실용성 감소가 우려되므로 염색시간은 1 시간이 적당한 것으로 판단된다. 고온에서 약 1 시간의 조건에서 우수한 염색 효과를 나타낸 것은 호도외피와 오동나무 수피 추출액을 이용한 섬유 염색성 실험결과와 일치하는 것으로, 이 조건에서의 반복염색은 색소의 염착량을 증가시킬 수 있을 것으로 사료된다[20, 21]. 염료의 pH는 염착력과 색상 발현에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[22]. 보라색 색소의 최적 염색 pH는 4-6으로 나타났으며 *Zooshikella* sp.로부터 유래된 prodiginine 색소의 경우 산성과 중성에서[23], 코치닐 색소의 경우 산성의 pH에서 최적의 염착력을 나타낸 것과 유사하였다[24]. 그러나 *Chromobacterium violaceum* 으로부터 유래된 보라색 계열의 violacein 색소가 산성 pH인 2-6까지는 염색이 잘 되지 않은 반면 pH 9-11에서 염색이 잘 된 것과는 차이를 나타내었다[16]. 실험에 사용된 *Microbulbifer* 속의 보라색 색소는 다섬교직포의 나일론에서 알칼리성 조건보다는 산성 조건에서 염착력이 우수하였으며 특히 pH 12에서 염착력이 현저히 감소하였다. 이 현상은 나일론이 등전점 이상에서는 음이온의 특성이 증가하기 하여 본 실험에 사용한 미생물 색소의 음이온과 나일론의 음이온간의 정전기적 반발력이 커졌기 때문이라 사료된다[24]. 보라색 색소의 최적 염색 욱비는 1:25로 나타났다. 욱비를 줄이는 기술인 저욕비 염색기술은 물의 소비량을 직접적으로 줄일 수 있고 염액이나 수세액의 승온에 소모되는 에너지의 사용을 줄이고 또한 폐수의 배출량과 폐수처리비용까지도 감소시킬 수 있는 에너지자원 절약기술로 알려져 있다[25, 26]. 실험에 사용한 보라색 세균 색소는 실험 조건 중 제일 낮은 욱비에서 우수한 염착성을 나타내었다. 천연염료의 매염처리는 견뢰도의 증진과 색상의 다양화를 위하여 수행되며, 많은 천연염료는 금속수산화물 또는 산화물의 형태인 매염제와 배위결합하여 불용성 레이크(lake)를 형성할 수 있는 배위자를 함유하고 있다. 천연염료는 일

반적으로 섬유에 대한 친화력이 적어 연하게 염색되는 경우가 많으므로 침염을 위하여 매염처리를 하는 것이 일반적이다[27]. 실험에 사용한 미생물 색소는 Na₂SO₄를 매염제로 사용하여 염색 10 분 후 처리하는 것이 색상 발현에 우수하였지만 매염제는 색소의 염착에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 본 실험에서 매염제는 Na 염만 이용하였으나 매염제의 종류에 따라 염착량의 증가로 색상에 변화가 발생하는 것으로 알려져있다[28].

기능성 섬유로서 활용 가능성을 알아보기 위하여 디스크 확산법에 의해 보라색 색소의 항균활성을 검토한 결과, 그람양성균인 *B. subtilis*에 대하여 2 mg부터 항균활성이 나타났다. 화학약제로 위생 가공 처리된 섬유제품들은 대체적으로 항균효과가 우수하지만 피부에 안전하지 않은 것이 많다. 고삼 추출물의 염색성과 항균성 평가 연구에서 그람음성균인 2차 감염성 세균에 대해서는 억제효과가 미약하여 이미 진행된 염증성 질환에는 효과가 없었으나 그람 양성균의 1차 감염성 세균에 대한 성장을 억제하여 피부 질환을 예방할 수 있다고 평가하였다[29]. 본 연구에 사용된 보라색 색소의 경우도 그람양성균에 항균활성을 나타내어 이와 같은 효과를 기대할 수 있을 것이다.

본 연구에 사용한 세균 색소는 다섬교직포의 나일론, 면, 아세테이트에 염착되었고 특히 나일론에서 색상의 발현이 우수하였다. 나일론 섬유는 다른 합성섬유에 비해 섬유 고유의 경량성과 높은 수분율로 인하여 촉감 및 착용감이 매우 우수하여 기능성 아웃도어 및 스포츠웨어에 많이 활용되고 있으나 가격이 비싼 염료의 사용과 복잡한 염색공정을 거치기 때문에 단가가 높아지는 문제가 있다[30]. 이러한 경우 본 연구에서 사용된 세균 색소와 같은 나일론에 우수한 염색 효과를 갖는 천연 색소를 활용하는 것이 대안이 될 수 있을 것이다. 본 해양세균 색소는 천연염료로써 이용 가능할 뿐만 아니라[31] 섬유에 항균성을 부여하여 미생물의 서식이나 증식을 억제하여 악취예방, 섬유의 오염, 변색 등을 방지할 수 있는[32] 기능성 의류 제작에 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 세균 색소의 의류 염색 효과를 검토한 것으로 산업적 이용을 위하여는 색차계를 이용한 염착률(%)의 측정, 견뢰도 평가, 색상분석, 표면색 측정, 다양한 매염제에 따른 매염 처리 효과와 항균활성에 대한 교차 검증 등 보다 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

- [1] I. M. Jeong, S. U. Nam, "A Study on the Silk Dyeing with Natural Indigo Extracted from Polygoum tinctorium -On the fermentation dyeing-," *Kor. J. Seric. Sci.* vol. 40, no. 1, pp. 78-85, 1998.
- [2] Y. S. Kim, J. M. Choi, "Effect of Ultrasonic Treatment on Colorants Extraction and Dyeability of Safflower," *Journal of the Korean Home Economics Association* vol. 45, no. 10, pp. 13-20, 2007.
- [3] M. H. Han, "The Dyeability and Antibacterial Deodorization Activity of Silk Fabrics by Gromwell Extracts," *Textile Coloration and Finishing* vol. 12, no. 5, pp. 29-35, 2000.
- [4] M. K. Song, E. Y. Song, "The UV Blocking Effect of Fabrics & Banji Dyed With Green Tea," *J. Kor. Soc. Cloth. Text.* vol. 29, no. 6, pp. 745-752, 2005.
- [5] S. W. Nam, "Dyeing with Natural Dyes," *Fiber Technology and Industry* vol. 2, no. 2, pp. 238-257, 1998.
- [6] E. Y. Kim, M. R. Rhyu, "Antimicrobial Activities of *Monascus koji* extracts," *Kor. J. Sci. Technol.* vol. 40, no. 1, pp. 76-81, 2008.
- [7] A. Kumar, H. S. Vishwakarma, J. Singh, S. Dwivedi, M. Kumar, "Microbial Pigments: Production and Their Applications in Various Industries," *IJPCBS.* vol. 5, no. 1, pp. 203-12, 2015.
- [8] F. Vendruscolo, R. M. Buhler, J. C. de Carvalho, D. de Oliveira, D. E. Moritz, W. Schmidell, J. L. Ninow, "Monascus: a Reality on the Production and Application of Microbial Pigments," *Appl. Biochem. Biotechnol.* vol. 178, no. 2, pp. 211-223, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12010-015-1880-z>
- [9] A. Y. Yoo, M. Alnaeeli, J. K. Park, "Production control and characterization of antibacterial carotenoids from the yeast *Rhodotorula mucilaginosa* AY-01," *Process Biochem.* vol. 51, no. 4, pp. 463-473, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2016.01.008>
- [10] F. Meddeb-Mouelhi, J. K. Bergeron, B. Daoust, M. Beauregard, "Structural Characterization of a Novel Antioxidant Pigment Produced by a Photochromogenic Microbacterium oxydans Strain," *Appl. Biochem. Biotechnol.* vol. 180, no. 7, pp. 1286-1300, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12010-016-2167-8>
- [11] D. Banerjee, A. Mondal, M. Gupta, A. K. Guha, L. Ray, "Optimization of Fermentation Conditions for Green Pigment Production from *Bacillus cereus* M116 (MTCC 5521) and Its Pharmacological Application," *Lett. Appl. Microbiol.* vol. 58, no. 1, pp. 25-30, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1111/lam.12151>
- [12] S. Patil, J. Paradeshi, B. Chaudhari, "Anti-melanoma and UV-B Protective Effect of Microbial Pigment Produced by Marine *Pseudomonas aeruginosa* GS-33," *Nat. Prod. Res.* vol. 30, no. 24, pp. 2835-2839, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1154057>
- [13] Y. G. Jeong, B. D. Choi, S. J. Kang, S. H. Jeong, Y. K. Lee, H. Y. Kim, M. J. Jung, "Characteristic of Carotenoid Component from Halophilic Bacteria, *Haloarcula* sp. EH-1," *Kor. Soc. Biotechnol. Bioeng. J.* vol. 15, no. 6, pp. 673-676, 2000.
- [14] Watanabe I. *Current topics in marine biotechnology.* p. 11, Fungi, Tech Press, Tokyo, Japan, 1989.
- [15] S. K. Pabba, G. Krishna, R. S. Prakasham, M. S. Charya, "Antibacterial Activity of Textile Fabrics Treated with Red Pigments from Marine Bacteria," *J. Mar. Biosci.* vol. 1, no. 1, pp. 11-19, 2015.
- [16] J. M. Choi, Y. S. Kim, "Dyeing Properties of Microbial Violacein on Multifiber Fabrics," *Fashion & Text. Res. J.* vol. 11, no. 5, pp. 818-826, 2009.
- [17] A. Wilson, "Biotechnology Could Revolutionize Blue Jeans Production," *International Dyer* vol. 183, no. 9, pp. 35-36, 1998.
- [18] D. W. Jeong, J. S. Park, "Characterization of Pigment-Producing *Pseudoalteromonas* spp. from Marine Habitats and Their Optimal Conditions for Pigment Production," *J. Life Sci.* vol. 18, no. 12, pp. 1752-1757, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.5352/JLS.2008.18.12.1752>
- [19] M. Yolmeh, H. Hamed, M. Khomeiri, "Antimicrobial Activity of Pigments Extracted from *Rhodotorula glutinis* against Some Bacteria and Fungi," *Zahedan J. Res. Med. Sci.* vol. 18, no. 12, pp. e4954, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.17795/zjrms-4954>
- [20] Y. S. Cho, S. H. Choi, "Dyeing of Fibers Using Extract of *Catalpa ovata* Bark," *J. Kor. Soc. Dyers* vol. 14, no. 3, pp. 44-52, 2002.
- [21] K. H. Song, C. E. Baik, "A Study on Natural Dyeing with Walnut Hull Extracts," *Kor. J. Hum. Ecol.* vol. 11, no. 4, pp. 391-400, 2002.
- [22] Y. Ren, J. Gong, F. Wang, Z. Li, J. Zhang, R. Fu, J. Lou, "Effect of Dye Bath pH on Dyeing and Functional Properties of Wool Fabric Dyed with Tea Extract," *Dyes and Pigments* 134, pp. 334-341, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2016.07.032>
- [23] Y. S. Kim, J. M. Choi, "Physicochemical and Dyeing Properties of Microbial Prodigiosin from *Zooshikella* sp.," *J. Kor. Soc. Cloth. Text.* vol. 35, no. 4, pp. 431-441, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.5850/JKSCT.2011.35.4.431>
- [24] J. S. Bae, M. W. Huh, "Natural Dyeing Properties and Antibacterial Activity of Nylon Fabric Dyed with Cochineal," *Fashion & Text. Res. J.* vol. 8, no. 6, pp. 702-708, 2006.
- [25] G. J. Kim, Y. U. Kang, K. R. Ahn, "A Study on the Low Liquor Ratio Dyeing of Poly(ethylene terephthalate) Fiber (I)," *J. Kor. Soc. Textile Engineers & Chemists* vol. 24, no. 3, pp. 242-252, 1987.
- [26] G. J. Kim, Y. U. Kang, J. J. Kim, "A Study on the Low Liquor Ratio Dyeing of Poly(ethylene terephthalate) Fiber (II)," *J. Kor. Soc. Textile Engineers & Chemists* vol. 25, no. 6, pp. 473-481, 1988.
- [27] H. Choi, Y. S. Shin, "Analysis of Characteristics and Dyeing Properties of Gromwell Colorants (Part II)," *J. Kor. Soc. Cloth. Text.* vol. 26, no. 1, pp. 124-132, 2002.
- [28] S. H. Kim, M. S. Choi, Y. S. Shin, "Dyeing and Functional Properties of Cotton-Modal-Chitosan Blended Towel Fabric Dyed with Mugwort Colorants," *Textile Coloration and Finishing* vol. 28, no. 1, pp. 14-22, 2016.

DOI: <https://doi.org/10.5764/TCF.2016.28.1.14>

- [29] S. Y. Park, Y. J. Nam, D. H. Kim, "The Dyeability and Antimicrobial Activity of Sophora radix Ethanol Extracts - Characteristics of dyed Silk," *Textile Coloration and Finishing* vol. 14, no. 1, pp. 1-10, 2002.
- [30] M. H. Chung, H. H. Cho, "Dyeing Properties of Sulfur Dye Using Nylon High Density Knitting Fabrics," *Journal of the Korea Fashion and Costume Design Association* vol. 16, no. 1, pp. 117-123, 2014.
- [31] J. Balraj, K. Pannerselvam, A. Jayaraman, "Isolation of Pigmented Marine Bacteria *Exiguobacterium* sp. from Peninsular Region of India and a Study on Biological Activity of Purified Pigment," *Int. J. Sci. Technol. Res.* vol. 3, no. 3, pp. 375-384, 2014.
- [32] K. J. Yong, I. H. Kim, S. W. Nam, "Antibacterial and Deodorization Activities of Cotton Fabrics Dyed with Amur Cork Tree Extracts," *Textile Coloration and Finishing* vol. 11, no. 1, pp. 9-15, 1999.

박진숙(Jin-Sook Park)

[정회원]



- 1989년 3월 : The University of Tokyo, 농예화학과 (농학박사)
- 1990년 3월 ~ 현재 : 한남대학교 생명시스템과학과 교수
- 1995년 1월 ~ 현재 : 한국미생물학회 편집위원
- 2008년 6월 ~ 2011년 12월 : 기획재정부 국가연구개발 예산협력 위원

<관심분야>

미생물 분류 및 생태학

이가은(Ga-Eun Lee)

[준회원]



- 2015년 8월 : 한남대학교 생명공학과(이학사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 한남대학교 생명시스템과학과 석사과정

<관심분야>

미생물 분류 및 생태학