

아마란스 식물의 천연염재로서의 유효성 연구: 모직물 염색을 중심으로

Efficacy of Amaranth(*Amaranthus spp. L.*) Plant as a Natural Dye Resource: Focused on Wool Dyeing

*Corresponding author

Younsook Shin
(yshin@jnu.ac.kr)

여영미, 신윤숙*

전남대학교 의류학과

Youngmi Yeo and Younsook Shin*

Department of Clothing and Textiles, Chonnam National University, Gwangju, Korea

Received_June 09, 2020

Revised_June 23, 2020

Accepted_June 24, 2020

Abstract In this study, the efficacy of Amaranth(*Amaranthus spp. L.*) as a natural dye resource was investigated for wool fabrics. It is known that a large amount of flavonoid and anthocyanin colorant are contained in leaves and stems, as well as red flowers. The optimum condition of dyeing was 1.3% of dye concentration(o.w.b.) at 100°C for 60 minutes, resulting the K/S value, 23.43 and R Munsell color on the wool fabrics. Al, Fe, Zinc and Titanium were used as a mordant. The mordant improved the dye uptake, regardless of the mordant type and mordant method. The pre-mordanting method was more effective than the post-mordanting method. Al pre-mordanted fabric showed the highest K/S, 30.02. Light fastness and washing fastness were high in grades 4-5 and 5, and rubbing fastness was good in grades 4 and 4-5 in dry condition, but low in grades 2-3 and 3 in wet condition. The dry cleaning fastness was excellent in all 5 grades. However, the alkaline perspiration fastness ratings were low in grades 2-3 and 3. The results show *Amaranthus spp. L.* colorant can be used as a functional natural dye for wool fabrics.

Keywords *Amaranthus spp. L.*, natural dyeing, wool, fastness, mordant, dye uptake

Textile Coloration and Finishing

TCF 32-2/2020-6/89-95

© 2020 The Korean Society of Dyers and Finishers

1. 서 론

과학 기술발달로 인한 빠른 소득증대로 물질적 풍요와 인간 삶의 질은 향상되었다. 그러나 자원과 에너지의 과도한 소비는 생태계 파괴, 환경호르몬 배출, 과도한 탄소배출 등 많은 문제를 야기하였으며 이러한 현상은 지구 환경에서부터 개인 삶의 환경에 이르기까지 환경에 대한 많은 관심을 불러일으켰다. 이에 섬유염색 산업에서도 원재료의 지속가능성, 생분해성 및 환경 친화적 특성, 수질 오염 감소 등의 장점이 있는 천연염료를 사용한 염색의 중요성이 대두되고 있으며 그에 따라 현재 사용

되고 있는 천연염료 외에도 다양한 염료의 개발이 필요한 상황이다¹⁻³⁾.

아마란스(Amaranth)는 비름과(*Amaranthus spp. L.*)에 속하는 일년생 쌍떡잎식물로 원산지는 중남미이며 페루의 Inca 시대와 멕시코의 Aztec 시대의 주식작물이었다. 씨앗에는 단백질 및 철, 칼슘, 아연, 마그네슘 등 무기질 함량이 높고, 특히 밀에 비해 4배 많은 철 함량과 높은 함량의 라이신이 함유되어 있다고 보고되어 있으며, 잎이나 새싹에도 단백질과 아스코르브산, 퀴서틴, 루틴, 플라보노이드계 색소 및 안토시아닌계 색소가 다량 존재하는 것으로 알려져 있다^{4,5)}. 붉은 계열의 탐스러운 꽃이 아름다워 관상용으로 인기가 있던 아마란스는 최근

염양의 질적인 면과 기능성 면에서 뛰어나 대체작물로 주목받고 있으며 우리나라에서는 2012년도 강원도 평창을 중심으로 점차 재배가 확대되고 있다.

아마란스에 관한 선행 연구는 씨앗이나 잎의 국수, 비스킷, 차 등의 이용에 관한 연구, 수확 후 버려지는 잎으로부터 폴리페놀 추출·어린잎의 영양성분 비교·꽃 추출물의 항산화에 관한 연구 등이 있다⁶⁻¹²⁾. 염색분야에서는 C₂₀H₁₁N₂Na₃O₁₀S₃ 분자식을 갖는 아조계 화합물(CAS No. 915-67-3)인 아마란스 색소를 염료로 이용한 연구들이 있으나¹³⁻¹⁶⁾ 아마란스 천연색소를 사용한 염색 연구는 아직 미비한 상황이다.

이에 본 연구에서는 아마란스 천연색소의 염료로의 사용 가능성을 알아보고자 한다. 모직물에서의 최적 염색 조건을 알아보기 위해 염색온도, 시간, 염액농도, pH를 변화하여 실험하였다. 또한 알루미늄, 철, 티타늄, 아연 매염제과 매염방법에 의한 각각의 염색성 변화를 살펴보고 일광·세탁·마찰·드라이클리닝·땀 견뢰도 평가를 통해 아마란스 염색의 실용성을 살펴 보았다.

2. 실험

2.1 시료, 색소 및 시약

본 연구에 사용한 직물 시료는 정련, 표백된 100% 모직물을 사용하였으며 그 특성은 Table 1과 같다. 실험에 사용한 아마란스 색소는 분말색소를 구입(<http://www.naturaldyeing.kr>) 하여 사용하였으며 매염제는 Aluminium potassium sulfate (AlK(SO₄)₂·12H₂O), Ferrous Sulfate Heptahydrate(FeSO₄·7H₂O), Zinc acetate dihydrate((CH₃COO)₂·Zn·2H₂O), Potassium titanium oxide oxalate(C₄K₂O₉Ti·2H₂O)를 사용하였다. Sodium hydroxide(NaOH)과 Citric acid(C₃H₄(OH)(COOH)₃·H₂O)를 사용하여 pH를 조절하였다.

2.2 염색 및 매염처리

염색은 욕비 1:40에서 염색온도 60~100°C, 시간 40~70분, 농도 0.1~1.6%(o.w.b.), 그리고 염액의 pH를 3.0~11.0으로 변화시키면서 적외선 고압염색기(Infrared Rays Dyeing Machine, Model KSL-24 KOREA SCIENCE CO., LTD, Korea)를 사용하여 행하였다.

매염은 농도 3%(o.w.f.), 60°C, 30분, 욕비 1:40에서 선매염(습윤-매염-수세-건조-염색-수세-건조)과 후매염(습윤-염색-수

세-건조-매염-수세-건조)을 각각 실시하였다.

2.3 염착량 및 색 특성 측정

염색 시료의 표면 염착량은 색차계(Color-Eye 3100, Macbeth, Germany)를 사용하여 최대 흡수 파장인 540nm에서 염색 포의 표면 반사율(R)을 측정 후 Kubelka-Munk 식(1)에 의해 염착량 K/S값을 산출하였다. 또한 표면색은 CIE L*, a*, b*를 측정하고 Munsell의 색상(H), 명도(V), 채도(C)값을 측정하였다.

$$K/S = (1-R)^2 / 2R \tag{1}$$

where,

R : Reflectance

K : Absorption coefficient

S : Scattering coefficient

2.4 염색견뢰도 평가

세탁견뢰도는 세탁시험기(Laundry-O-meter, Type LHD-E F, Atlas Electric Devices Co., USA)를 사용하여 AATCC Test Method 61-1989의 1A법에 준하여 200ml에 중성세제 0.37%를 넣고 40°C에서 45분간 세탁하였다.

드라이클리닝 견뢰도는 AATCC Test Method 132-1989 1A에 준하여 세탁시험기(Laundry-O-meter, Type LHD-EF, Atlas Electric Devices Co., USA)를 사용하였으며 시험편을 Perchloroethylene 용제 200ml에 넣고 30°C에서 30분 동안 처리 후 건조하였다. 땀견뢰도는 AATCC 15에 따라 산성 및 알칼리성 인공 땀액에 각각 30분간 침지한 후 땀견뢰도시험기(HS-255, Hanwon Saway Co., Ltd, Korea)에 장착하여 38±1°C에서 6시간 유지 시켰다. 마찰견뢰도는 마찰견뢰도 측정기(Crockmeter, Model CM-5, Atlas Electric Devices Co., USA)를 사용하여 AATCC Test Method 116-1989에 준하여 건조와 습윤 상태에서 각각 10회 마찰 실험을 하였다. 일광견뢰도는 AATCC Test Method 16-2004 Option 3에 준하여 내광시험기(Xenon Test Chamber, Q-Sun Xe-1-b, USA)를 사용하여 카본아크 전류 15~17A, 아크전압 125~140 V, 기계내 온도는 블랙패널(blank panel) 온도계로 측정하여 AATCC 16에 의거 63°C, 기내습도 30%의 조건에서 20시간 광조사하였다.

각각의 견뢰도 등급은 변퇴색 판정용 그레이 스케일(gray

Table 1. Characteristics of wool fabrics

| Fabric | Weave | Fabric density (w×f/5cm ²) | Weight (g/m ²) | Thickness (mm) |
|--------|-------|---|-------------------------------|-------------------|
| Wool | Plain | 142×136 | 102 | 0.25 |

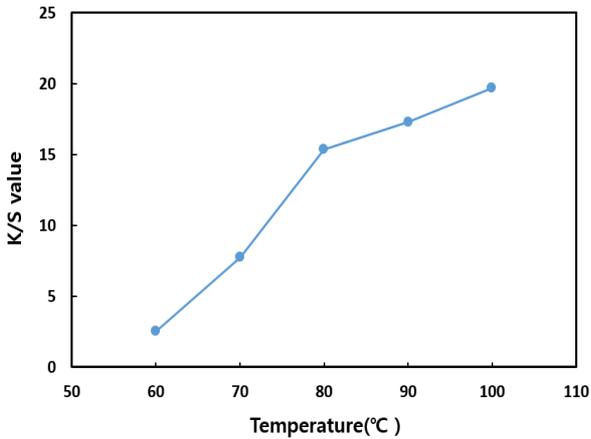


Figure 1. Effect of dyeing temperature on the dye uptake of wool fabrics(1.0% o.w.b., 40min.).

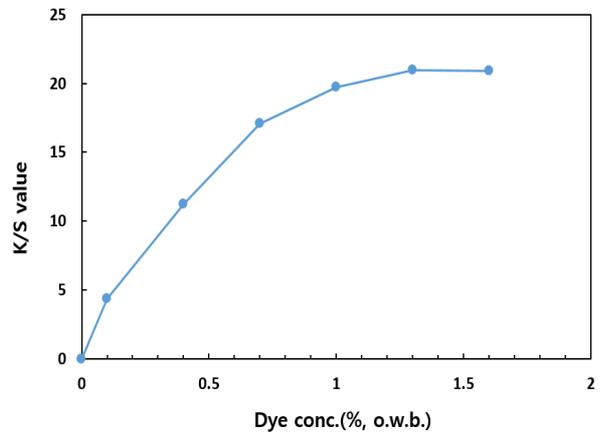


Figure 2. Effect of dye concentration on the dye uptake of wool fabrics(100°C, 40min.).

scale)과 오염 판정용 스케일(chromatic transference scale)로 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 염색조건이 염색성에 미치는 영향

아마란스 색소를 이용한 모직물 염색에서의 염색성을 알아보기 위해 염색온도, 색소농도, 염색시간, 그리고 염액의 pH를 변화하여 실험하였다. 먼저 염색온도에 따른 염착량(K/S)의 변화를 알아보기 위하여 액비 1:40, 염액농도 1%(o.w.b.), 염색시간은 40분에서 염색온도를 60~100°C 범위에서 10°C씩 증가하여 염색한 후 측정된 염착량 결과는 Figure 1과 같다.

염색온도가 높아질수록 염착량이 비례하여 증가하였으며 100°C에서 19.70으로 최대 염착량이 측정되었다. 이는 염색온도

가 높아짐에 따라 섬유의 분자구조 내에 존재하는 비결정영역이 더욱 느슨해져 색소의 분자 활동이 활발해지고 섬유는 팽윤하여 염착량이 증가한 것으로 생각된다^{3,17)}. 이후 실험에서는 염착량이 가장 높은 100°C에서 염색하였다.

염액의 농도 변화에 따른 염착량을 알아보기 위하여 액비 1:40, 염색온도 100°C에서 염액의 농도를 0.1~1.6%(o.w.b.) 범위에서 0.3%씩 증가시키면서 실험한 결과는 Figure 2와 같다. 단백질섬유 염색에서 나타나는 랭뮤어(Langmuir)형 등온흡착 곡선을 보이며 색소농도가 증가함에 따라 K/S값이 증가하였으며 1.3%이후에서는 변화가 거의 없어 시료에 염착좌석이 한정되어 있음을 알 수 있다^{18,19)}. 이에 염색농도는 염착평형상태를 보인 1.3%(o.w.b.)가 적당하다고 판단하였다.

염색시간에 따른 염착량을 알아보기 위해 액비 1:40, 염색온도 100°C, 염액농도 1.3%(o.w.b.)에서 염색시간을 30~70분 범위에서 10분 간격으로 변화를 주어 염색한 결과는 Figure 3과 같다. 염색시간에 따른 염착량의 변화는 크지 않았으며 60분에

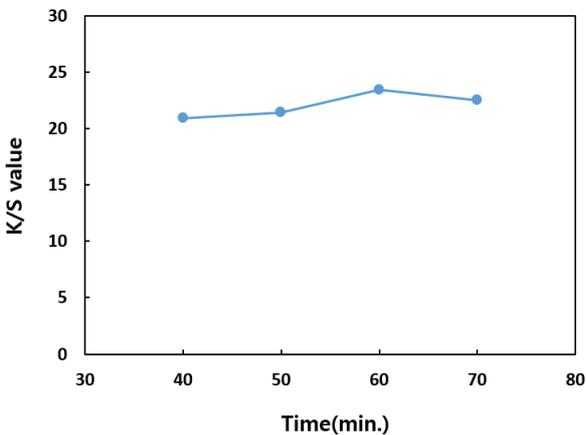


Figure 3. Effect of dyeing time on the dye uptake of wool fabrics(100°C, 1.3% o.w.b.).

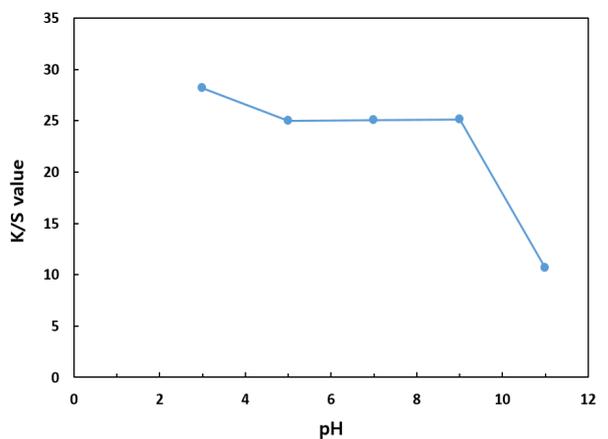


Figure 4. Effect of pH on the dye uptake of wool fabrics.

Table 2. Effect of pH on H V/C and L*, a*, b* value of wool fabrics

| pH | H V/C | L* | a* | b* |
|------|--------------|-------|-------|-------|
| 3.0 | 6.2R 2.1/7.5 | 20.77 | 30.20 | 10.76 |
| 5.0 | 3.0R 2.8/9.7 | 27.50 | 41.92 | 9.77 |
| 7.0 | 2.7R 2.8/9.8 | 27.93 | 42.56 | 9.42 |
| 9.0 | 2.7R 2.8/9.6 | 27.74 | 41.96 | 8.94 |
| 11.0 | 3.0R 3.6/7.8 | 36.15 | 33.64 | 10.33 |

서 염착량이 25.16으로 가장 크게 나타내어 염색시간은 60분으로 정하였다.

염액의 pH 변화에 따른 염착량과 색상의 변화를 알아보기 위해 액비 1:40, 염색온도 100°C, 염액농도 1.3%(o.w.b.), 염색 시간 60분에서 염색하였다. 이때 염액의 pH는 9.01이었고 염액을 pH 3~11 범위에서 변화시키며 실험하였을 때 염착량의 변화는 Figure 4와 같다. 염착량은 pH 3에서 28.19로 가장 높게 나타났으며 pH 5, pH 7, pH 9에서는 비슷하다가 알칼리 상태인 pH 11에서 10.68로 급격하게 염착량이 낮아져 pH 변화에 따라 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 모섬유는 등전점(pH 5)보다 pH가 낮은 산성용액에서는 양전하를 더 많이 띠고 알칼리 용액에서는 음전하가 더 발현된다. 즉, 산성 염액에서 모섬유는 양이온성으로 되고 아마란스 색소는 가수분해에 의해 음이온성으로 되어 이온결합이 형성되면서 높은 염착량을 보이며 pH가 증가한 알칼리 염액에서는 섬유와 음이온성 색소와의 전기적 반발로 염착량이 저하되는 것으로 판단된다^{21,22}.

염액의 pH 변화에 따른 색상변화는 Table 2이고 이를 Figure 5에 나타내었다. pH 3에서 채도와 명도가 낮아지고 a* 값도 30.20으로 가장 낮아 짙은 빨강색에서 어두운 빨강 계열로 색상이 변화하였다. 염착량의 변화가 거의 없었던 pH 5,

pH 7, pH 9에서는 색상의 변화도 거의 없는 짙은 R계열이었으며 pH 11의 알칼리 염액에서는 빨강 기운이 적어지고 b*값이 증가하여 칙칙한 빨강이었다. 또한 색소의 이탈로 얼룩이 부분적으로 보여 알칼리 염액에서는 불안정한 상태임을 알 수 있었다. pH 3의 염욕에서 가장 높은 염착량을 보였으나 대량염색 시의 환경문제를 고려하여 본 실험에서는 아마란스 색소용액의 pH인 9.01 그대로 추후 실험을 진행하였다.

3.2 매염제에 의한 염색성 비교

매염 방법과 매염제 종류에 따른 염색성을 알아보기 위해 Al, Fe, Ti, Zn 매염제를 농도 3%(o.w.f.), 액비 1:40, 60°C에서 30분 선매염과 후매염을 각각 실시하였으며 염색은 최적조건인 액비 1:40, 100°C, 염액농도 1.3%(o.w.b.), 60분 조건에서 하였다. 이에 따른 염착량의 변화는 Figure 6와 같다. 무매염포의 염착량은 23.43이었으며 사용한 모든 매염제의 의해 염착량이 증가하였으며 특히 Al 매염의 증가량이 컸고 매염방법은 선매염 방법이 후매염보다 효과적이었다. Al 선매염의 염착량이 30.20으로 가장 크게 증가하였다.

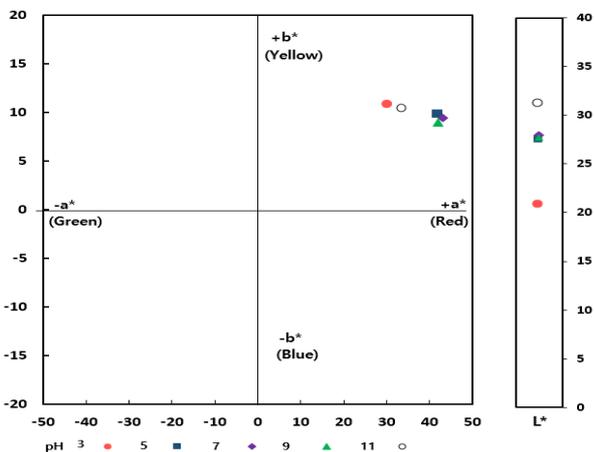


Figure 5. Effect of pH on L*, a*, b* value of wool fabrics.

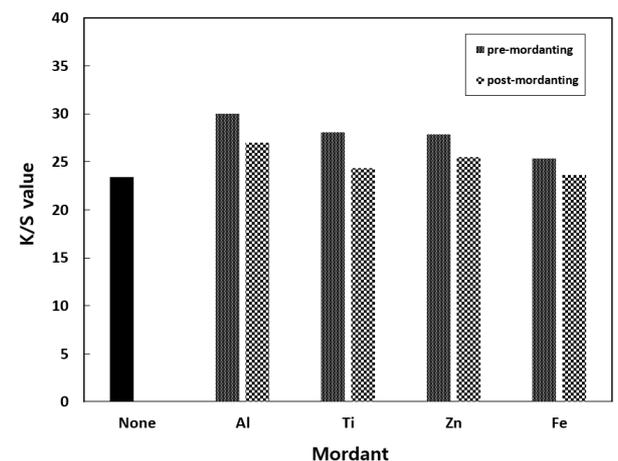


Figure 6. Effect of pre- and post-mordanting on the dye uptake of wool fabrics(dyeing: 100°C, 1.3% o.w.b., 60min, mordanting: 60°C, 3% o.w.f., 30min.).

Table 3. Color properties of dyed wool fabrics depending on mordant type and mordanting method

| Mordant | K/S | H | V/C | L* | a* | b* | Sample | |
|---------|-------|-------|----------|----------|-------|-------|--------|--|
| None | 23.43 | 2.4R | 2.9/10.0 | 29.25 | 43.90 | 9.68 | | |
| Pre- | Al | 30.02 | 6.4R | 2.0/7.4 | 20.25 | 29.71 | 10.60 | |
| | Fe | 25.38 | 5.3R | 2.3/7.6 | 22.53 | 31.34 | 9.93 | |
| | Ti | 28.05 | 6.1R | 2.2/8.1 | 21.96 | 33.11 | 12.18 | |
| | Zn | 27.84 | 4.2R | 2.6/9.3 | 25.52 | 39.62 | 11.13 | |
| Post- | Al | 27.10 | 3.3R | 2.9/10.5 | 28.47 | 45.49 | 12.13 | |
| | Fe | 23.64 | 3.5R | 2.8/9.0 | 27.54 | 38.99 | 10.76 | |
| | Ti | 24.36 | 3.4R | 2.9/10.2 | 28.80 | 43.99 | 12.61 | |
| | Zn | 25.53 | 2.7R | 2.8/10.0 | 28.09 | 43.28 | 9.60 | |

Table 3은 매염 방법에 따른 색상변화를 살펴보기 위하여 Munsell의 색상(H), 명도(V), 채도(C)와 Hunter의 L*, a*, b*를 나타낸 것이다. 그 결과 모두 짙은, 혹은 어두운 R계열이었다. 무매염 시료는 L* 29.25, a* 43.90, b* 9.68을 나타냈다. 천연 염색에서 붉은 색을 얻을 수 있는 대표적인 염재인 소목의 견직물 무매염(L* 46.0, a* 24.0, b* 46.4)염색과 비교했을 때 훨씬 진한 붉은 색을 얻을 수 있었다²⁰⁾. 또한 선매염이 후매염보다 명도와 채도가 낮았으며 빨강색을 나타내는 a*도 모든 매염제에서 낮아졌으며 특히 Al 선매염은 a*값이 20.25로 낮아져 검붉은 계열이었다. 선매염에서는 Zn 매염제가 무매염에 비해

염착량이 증가하면서 색상은 비슷하였다. 후매염에서는 무매염 색상과 변화가 크지 않았다.

3.3 염색견뢰도 평가

아마란스 색소의 염색 견뢰도를 평가하기 위해서 염색은 최적조건인 액비 1:40, 100°C, 염액농도 1.3%(o.w.b.), 60분에서 실시하였으며 매염은 Al, Fe, Ti, Zn 매염제를 농도 3% (o.w.f.), 액비 1:40, 60°C에서 30분 선매염과 후매염을 각각 행하였다.

Table 4는 선매염과 후매염에 따른 일광·세탁·마찰 견뢰도

Table 4. Light colorfastness, washing colorfastness and rubbing colorfastness of dyed wool fabrics

| Mordant | Fastness | Light | Washing | | Rubbing | | |
|---------|----------|-------|--------------|-------|---------|-------|-----|
| | | | Color change | Stain | | Stain | |
| | | | | Wool | Cotton | Dry | Wet |
| None | | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4 | 4-5 | 2-3 |
| Pre- | Al | 5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4 | 2-3 |
| | Fe | 5 | 4-5 | 5 | 4 | 4 | 2-3 |
| | Ti | 5 | 4-5 | 4-5 | 4 | 4-5 | 3 |
| | Zn | 5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 | 3 |
| Post- | Al | 4-5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| | Fe | 4-5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| | Ti | 4-5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4-5 |
| | Zn | 4-5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4-5 |

Table 5. Dry-cleaning colorfastness and perspiration colorfastness of dyed wool fabrics

| Mordant | Fastness | Dry-cleaning | | | Perspiration (acidic) | | | Perspiration (alkaline) | | |
|---------|----------|--------------|-------|--------|-----------------------|-------|--------|-------------------------|-------|--------|
| | | Color change | Stain | | Color change | Stain | | Color change | Stain | |
| | | | Wool | Cotton | | Wool | Cotton | | Wool | Cotton |
| None | | 5 | 5 | 5 | 4-5 | 4-5 | 3-4 | 4-5 | 3-4 | 3 |
| Pre- | Al | 5 | 5 | 5 | 3-4 | 4-5 | 3-4 | 2-3 | 3 | 2-3 |
| | Fe | 5 | 5 | 5 | 4 | 4-5 | 3-4 | 3 | 3 | 2-3 |
| | Ti | 5 | 5 | 5 | 3 | 4-5 | 3-4 | 2-3 | 3 | 2-3 |
| | Zn | 5 | 5 | 5 | 3-4 | 4-5 | 3-4 | 3 | 3-4 | 2-3 |
| Post- | Al | 5 | 5 | 5 | 3 | 4-5 | 3-4 | 2-3 | 3 | 2-3 |
| | Fe | 5 | 5 | 5 | 4 | 4-5 | 3-4 | 3 | 3-4 | 2-3 |
| | Ti | 5 | 5 | 5 | 3-4 | 4-5 | 3-4 | 2-3 | 3 | 2-3 |
| | Zn | 5 | 5 | 5 | 3-4 | 4-5 | 3-4 | 3 | 3-4 | 3 |

를 평가한 결과이다. 일반적으로 천연염색은 일광견뢰도에 취약한 편이나 아마란스 색소는 무매염에서 일광견뢰도가 4-5등급으로 높았으며 선매염은 매염제의 종류에 관계없이 일광견뢰도가 5등급으로 매우 우수하였다. 세탁견뢰도는 4등급, 4-5등급으로 좋은 결과를 보였으며 선매염보다는 후매염이 모두 5등급으로 효과적이었다. 마찰견뢰도는 건조 상태에서는 4등급, 4-5등급으로 우수하였으나 젖은 상태에서는 2-3등급, 3등급으로 이염이 심해짐을 알 수 있었다.

Table 5는 선매염과 후매염에 따른 드라이클리닝과 땀 견뢰도를 평가한 결과이다. 드라이클리닝 견뢰도는 색상의 변화나 이염의 정도에서 모두 5등급으로 매우 우수하였다. 그러나 땀 견뢰도는 낮게 평가되었다. 산성 땀 견뢰도는 매염의 유무, 매염제의 종류 및 매염의 순서에 상관없이 이염에 있어 모는 4-5등급, 면은 3-4등급이었다. 땀 견뢰도는 무매염 시료가 4-5등급, 3-4등급으로 매염한 시료와 비교하여 색상의 변화가 적음을 알 수 있었다. 매염제를 사용한 시료에서는 알칼리 땀 견뢰도 등급은 산성 땀 견뢰도에 비해 낮아 2-3등급, 3등급으로 평가되었다.

열이었다. 염색은 100°C, 색소농도는 1.3%(o.w.b.), 60분에서 최고의 염착량(K/S 23.43)을 나타내어 최적의 염색 조건임을 알 수 있었다. Al, Fe, Ti, Zn 매염제의 의해 염착량이 모두 증가하였으며 매염방법은 선매염 방법이 후매염보다 효과적이었다. 특히 Al 선매염의 염착량이 30.20으로 가장 크게 증가하였다. 일광견뢰도와 세탁견뢰도는 4-5등급, 5등급으로 매우 높았으며 마찰견뢰도는 건조 상태에서는 4등급, 4-5등급으로 우수하였으나 젖은 상태에서는 2-3등급, 3등급으로 이염이 심하였다. 드라이클리닝 견뢰도는 모두 5등급으로 매우 우수하였다. 그러나 땀 견뢰도는 높지 않았으며 특히 알칼리 땀 견뢰도 등급은 산성 땀 견뢰도에 비해 낮아 2-3등급, 3등급으로 평가되었다.

이상의 결과로부터 아마란스 천연색소를 이용한 모직물의 염색은 적절한 염색 조건과 다양한 매염제의 종류와 방법에 따라 염착량이 우수한 R계열의 색상을 얻을 수 있었고 일광·세탁·드라이클리닝 견뢰도가 우수하여 천연염재로서 유용성을 확인하였다.

4. 결 론

아마란스 천연색소의 모직물에서의 염색성을 알아보기 위해 염색온도, 염액의 농도, 염색시간, 염액의 pH 및 매염제의 종류와 매염 방법에 따른 염착성과 색상의 변화를 조사하였다. 또한 색소의 실용성을 알아보기 위해 일광·세탁·마찰·드라이클리닝·땀 견뢰도를 평가하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

아마란스 색소는 모직물에 높은 염착량을 보이며 색상은 R계

Acknowledgements

This research was supported in 2020 by the MOE(The Ministry of Education), Republic of Korea, under the BK21 plus project(S20AR43D0801) supervised by the NRF(National Research Foundation of Korea).

References

1. S. Y. Ha, The Dyeability of Natural Fabrics Dyeing with Natural Dyes in Ethanol-Water Mixture, Ph.D. Thesis, Pusan National University, 2020.
2. Y. J. Lee, S. K. Kwak, and J. H. Jang, Improvement in the Color Fastness of Cotton Fabrics Dyed with Kale-Extracted Colorants, *Textile Coloration and Finishing*, **31**(4), 225(2019).
3. Y. M. Yeo and Y. S. Shin, The Dyeing Properties and Functionality of Water Lily(*Nymphaea tetragona*) Leaves Extract as a New Natural Dye Resource(2): Dyeing of Silk and Wool Fibers, *Textile Coloration and Finishing*, **29**(3), 171(2017).
4. J. H. Lee, H. B. Lee, S. I. Choi, T. D. Jung, B. Y. Cho, S. H. Choi, W. S. Sim, X. G. Han, and O. H. Lee, Stability and Antioxidant Activities of Anthocyanin from Amaranth(*Amaranthus spp. L.*) Baby Leaf Extract, *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **46**(12), 1550(2017).
5. S. Y. Hong, K. S. Cho, Y. I. Jin, Y. H. Yeon, S. J. Kim, J. H. Nam, J. C. Jeong, O. K. Kwon, and H. B. Sohn, Comparison of Growth Characteristics, Antioxidant Activity and Total Phenolic Contents of Amaranthus Species according to the Different Cultivation Regions and Varieties in South Korea, *Korean Journal of Crop Science*, **59**(1), 16(2014).
6. H. S. Choi, Effect of Adding Amaranth Powder on Noodle Quality, *The Korean Journal of Food and Nutrition*, **24**(4), 664(2011).
7. J. S. Kim and H. J. Ryoo, Application to the Biscuits Manufacture of Processed Amaranth Seeds, *The Korean Journal of Food and Nutrition*, **15**(4), 321(2002).
8. S. H. Lee, Composition Analysis and Antioxidant Effects of Panfry Tea and Steaming Tea with Amaranth Leaf, M.S. Thesis, Sejong University, 2015.
9. J. H. Lee, S. R. Kim, J. Y. Song, and M. S. Shin, Comparison on Physicochemical Properties of Amaranth Starch with Other Waxy Cereal Starches, *Korean Journal of Food Science and Technology*, **31**(3), 612(1999).
10. J. M. Jo, K. H. Choi, S. G. Shin, J. H. Lee, and W. J. Kim, Optimization of Extraction Conditions of Polyphenolic Compounds from Amaranth Leaf using Statistically-based Optimization, *Korean Chemical Engineering Research*, **54**(3), 315(2016).
11. H. L. Jang, M. Yoo, and J. S. Nam, Comparison of Nutritional Compositions between Amaranth Baby-Leaves Cultivated in Korea, *The Korean Journal of Food Science and Nutrition*, **45**(7), 980(2016).
12. H. J. Jo, J. W. Kim, J. A. Yoon, K. I. Kim, K. H. Chung, B. C. Song, and J. H. An, Antioxidant Activities of Amaranth(*Amaranthus spp. L.*) Flower Extracts, *The Korean Journal of Food and Nutrition*, **27**(2), 175(2014).
13. J. Kumar and A. Bansal, Photocatalytic Degradation of Amaranth Dye in Aqueous Solution Using Sol-gel Coated Cotton Fabric, Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, San Francisco, p.788, 2010.
14. H. Sudrajat and S. Babel, An Innovative Solar Photoactive System N-WO₃@ Polyester Fabric for Degradation of Amaranth in a Thin-film Fixed-bed Reactor, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, **149**, 294(2016).
15. J. J. Lee, Study on Adsorption Kinetic of Amaranth Dye on Activated Carbon, *Clean Technology*, **17**(2), 97(2011).
16. R. Ahmad and R. Kumar, Adsorption of Amaranth Dye onto Alumina Reinforced Polystyrene, *Clean-Soil, Air, Water*, **39**(1), 74(2011).
17. G. An, "The Science of Dyeing", Gyeongchunsa, Seoul, pp.192-193, 2000.
18. E. R. Trotman, "Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibres", Charles Griffin and Company Ltd, London, pp.344-436, 1975.
19. Y. M. Yeo and Y. S. Shin, Eco-friendly Leather Dyeing using Biomass Wastes(1): Natural Dyeing of Eel Skin using Onion Peels, *Textile Coloration and Finishing*, **30**(2), 141(2018).
20. H. S. Seo, A Study on the Mordanting Properties of Ash Solution used of *Caesalpinia sappan* Natural Dyeing, M.S. Thesis, Ewha Womans University, 2005.
21. J. S. Rhie, Dyeing of Wool Fabric using Rhubarb Extract, *Korean Journal of Human Ecology*, **8**(4), 5(2005).
22. K. H. Son, Eco-friendly Dyeing using *Houttuynia cordata* Extract: Dyeability and Functionality of Wool Fabrics, *Textile Coloration and Finishing*, **32**(1), 1(2020).

Authors

여영미 전남대학교 의류학과 박사과정 수료
 신윤숙 전남대학교 의류학과 교수