

## 자색 옥수수 잎과 줄기를 이용한 직물의 천연염색

김정태<sup>†</sup> · 손범영 · 이진석 · 백성범 · 김선림 · 김미정 · 정건호 · 권영업

농촌진흥청 국립식량과학원

## Natural Dyeing Fabrics with Leaf and Stem of Purple Corn

Jung-Tae Kim<sup>†</sup>, Beom-Young Son, Jin-Seok Lee, Seong-Bum Baek, Sun-Lim Kim, Mi-Jung Kim, Gun-Ho Jung, and Young-Up Kwon

National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-837, Korea

**ABSTRACT** This study was carried out to evaluate the dyeing possibility of purple corn stem and leaf. The UV absorbance of the purple corn stem extract and leaf extract at different pH does not change. It is considered to use to efficiently measure the purple corn pigment content when using UV absorbance at 520~560 nm. By adjusting higher pH values in the extraction dyed fabrics, silk and cotton fabric used by the purple corn leaf extraction decreased lightness and redness. Extent for dyeing the fabric depending on the concentration, lightness and redness showed a tendency to increase color values when silk and cotton concentration increases. Also when the longer the dyeing time, silk and cotton increased lightness but redness decreased.

**Keywords** : purple corn, dyeing, pH, concentration, silk, cotton

**옥수수**(*Zea mays* L.)는 세계 3대 작물로서 매우 중요한 위치를 차지하고 있으며 식량으로 이용할 뿐만 아니라 시럽, 녹말, lactose, sucrose, 각종 조미료, 의약품, 스낵류, 화장품, 도료 등 매우 다양한 용도로 이용이 되어 왔다. 최근에는 바이오에너지로 이용되는 주요 작물로서 옥수수가 바이오 에탄올 생산에 이용된다. 또한 옥수수 전분은 산업용 및 가정용 친환경 소재로 이용성과 활용성이 증가하고 있다.

옥수수의 색은 Coe(1988)에 의하면 주로 안토시아닌 계열의 색소가 집적되어 발현되고 구조유전자 *C2*, *A1*, *A2*, *Bz1*, *Bz2* 등과 조절유전자 *P*, *R*, *Cl*, *B*, *Pl* 등이 관여한다. 자색 옥수수의 경우에는 종실뿐만 아니라 옥수수 이삭을 감싸고 있는 포엽, 줄기, 대 등에도 안토시아닌이 대량으로 집적되기도 한다. 옥수수는 종실 이외의 부분인 줄기, 잎이 이

용도가 매우 낮지만 그 수량은 매우 많아 부산물로서 이용성을 높일 경우 부가가치를 창출할 수 있을 것으로 생각된다. 천연 색소인 anthocyanin 색소를 이용하기 위해 밀, 보리, 쌀, 고구마 등에서 산업화를 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 옥수수의 경우에는 색소 고함유 옥수수의 포엽에서 anthocyanin을 이용한 연구가 보고되었으나(Li *et al.*, 2008), 옥수수 종실 외 포엽 등 옥수수 부산물의 색소연구 및 실용화에 대한 연구는 초기 단계에 있다. 일본의 경우 초지연구소(National Institute of Livestock and Grassland Science)에서 고함유 안토시아닌 품종인 Choko C922를 최근 개발하여 사일리지로 이용하여 사양시험에 대한 연구를 진행하고 있다(Kenji *et al.*, 2009). 멕시코에서는 자색 옥수수 유전자원에 대한 색소 연구가 진행되고 있다(Lopez-Martinez *et al.*, 2009). Yang & Zahi(2010)는 자색 옥수수의 종실과 속대에서 안토시아닌을 분리 및 동정하였으며 상업적으로 이용 가능성을 검토하였다.

옥수수 부산물인 옥수수 줄기, 잎, 포엽 등에 포함된 색소를 이용한 부가가치 향상을 위한 방법 중의 하나가 자색을 가진 옥수수 부산물을 이용한 천연염색이다. 천연염색이란 자연에서 얻어진 염료로 염색하는 것으로 정의되며 염료로 사용할 수 있는 천연색소를 함유하고 있는 재료를 염재라고 한다. 천연염료는 크게 광물성, 식물성, 동물성으로 나누어진다. 식물성 염료는 식물의 잎, 꽃, 줄기 등이고, 광물성 염료는 황토, 적토 등이며, 동물성 염료는 조개, 동물의 피 등을 말한다(Hwangbo *et al.*, 2005).

이처럼 모든 천연물에는 색소가 포함되어 있지만 염재 소재로 이용성 및 경제성 등 고려되어야 할 성질이 있다. 자연

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6762 (E-mail) kimjt@korea.kr

<Received 7 December, 2012; Revised 4 March, 2013; Accepted 12 March, 2013>

물을 이용한 천연 염색의 경우 식물성 소재가 염색이 잘되며, 색상이 자연스러운 특성을 나타낸다고 하였다(Nam, 1998; Song *et al.*, 2004). 식물성 염료는 생산지, 생육환경, 품종, 채취시기 등에 따라 염료식물이 갖고 있는 색소성분의 함량에 변화가 많으며 색소의 안정성이 낮아 색소의 장기간 보관이 어려울 뿐만 아니라 적정 시기에 색소를 추출해야 하는 어려움이 있다(Hwangbo *et al.*, 2006).

따라서 본 연구는 자색 옥수수 부산물인 줄기와 잎을 이용하여 염액을 추출하고 여러 가지 염색 조건에서 염색정도를 비교하고 자색옥수수 부산물의 염료 가능성을 타진하여 이용성 증진을 위한 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 시험 재료

시험 재료는 국립식량과학원에서 재배한 자색 옥수수 자식계통의 줄기와 잎을 수확한 후 건조하여 이용하였다. 건조된 줄기와 잎을 Laboratory mill 3303(Perten, Filand)을 이용하여 분쇄한 후 저온에 보관하며 사용하였다. 본 시험에서는 cotton과 silk를 구입하여 수세 한 후 건조하여 사용하였다.

### pH, 추출 온도 따른 색소 추출 조건 구명

자색 옥수수 줄기 및 잎 색소의 최적 추출을 위하여, Hwangbo *et al.*(2006) 방법을 응용하여 pH, 추출온도, 추출 시간에 따라 색소를 추출하였다. 분쇄된 자색 옥수수 줄기와 잎 각각 1g을 3차 증류수 100 ml을 첨가하여 추출하였다. 추출용매의 pH는 sodium carbonate을 이용하여 pH 3, 4, 5, 6이 되도록 조정하였다. pH가 조정된 각각의 추출용매에 자색 옥수수 줄기와 잎을 넣어 60°C에서 2시간 동안 추출하였다.

최적 색소 추출을 위한 추출 온도와 시간에 따른 추출 정도를 알아보기 위하여 자색 옥수수 줄기와 잎을 추출온도 40, 60, 80°C에서 각각 1, 3, 5 시간 동안 shaking water bath에서 추출하였다. 추출된 염액은 상온에서 UV-Vis spectrometer(Hitachi U-2900)의 PDA(Photodiode array detector)을 이용하여 최대 파장을 측정하였다.

### 추출 처리 농도, 온도, 시간에 따른 염색 특성 평가

자색 옥수수 줄기와 잎의 천연색소를 이용하여 직물의 염색 정도를 알아보기 위하여 cotton과 silk를 각각 가로와 세로 5×5 cm로 제작하였다. Hwangbo *et al.*(2006) 방법을 응용하여 추출 농도, 온도, 시간에 따른 염색 특성을 조사하였다. 증류수에 옥수수 줄기와 잎 분말을 각각 1, 2, 3, 4, 5 g/L

을 첨가하여 염액 농도를 1%, 2%, 3%, 4%, 5%로 조정한 후 80°C에서 2시간 추출한 후에 filter paper(Whatmann No. 42)로 여과하였다. 추출한 염액은 농도에 따른 염색 정도를 알아보기 위하여 처리 온도 80°C에서 2시간 동안 가로와 세로 5×5 cm로 제작한 cotton과 silk를 대상으로 shaking water bath에서 염색한 후 수세하여 건조하였다. 건조 후 색차계(Minolta, CM-3500d)를 이용하여 염색포의 색차를 조사하였다.

온도 및 처리 시간에 따른 염색 특성을 알아보기 위하여 자색 옥수수 줄기 및 잎을 10 g/L로 농도를 조절하여 각각 40, 60, 80°C에서 1, 3, 5 시간 추출하여 filter paper(Whatmann No. 42)로 여과하였다. 추출한 농도별 염액은 -4°C에 보관하면 사용하였다.

### 통계 분석

모든 자료는 3반복 측정하였으며 통계프로그램인 SAS 프로그램(Statistical analysis system; Ver. 9.2, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 분석하였다. One-way ANOVA 및 Duncan multiple range test를 실시하였다.

## 결과 및 고찰

자색 옥수수의 줄기 및 잎에서 pH를 3, 4, 5, 6으로 조절하여 색소를 추출하여 200~800 nm에서 흡광도 패턴을 분

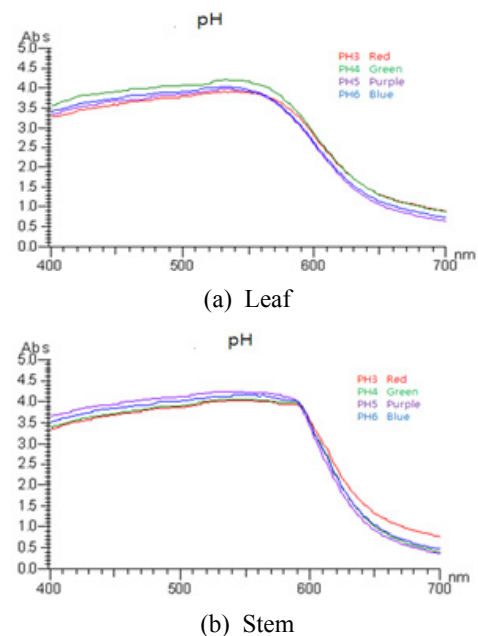


Fig 1. The changes of UV-spectrum of purple corn pigment according to the extraction pH.

석하였다(Fig. 1). 잎과 줄기 모두 pH에 따른 흡광도 변화가 나타나지 않았다. 잎의 경우 500~560 nm에서 흡광도가 최고 피크를 보였으며, 줄기의 경우에는 520~580 nm에서 최고 피크를 나타내고 있었다. 일반적으로 색은 보색과 여색의 관계를 가지게 된다. 이에 따라서 UV 흡광도 파장이 545~575 nm에서 황록색을 흡수하고 보색인 자색계통을 띠게 된다. 또한 자색 옥수수 추출시 pH에 따라서는 흡광도의 변화가 없으므로 자색 옥수수 색소 함량을 측정하기 위하여 UV 흡광도를 이용할 때 520~560 nm에서 이용하는 것이 효율적일 것으로 생각된다.

온도 및 시간에 따른 자색 옥수수 줄기 및 잎의 염색 색소 추출 함량을 Fig. 2에 나타내었다. 자색 옥수수 줄기 및 잎을 3 시간 추출할 때 UV 흡광도 값이 높아서 추출이 가

장 효율적인 것으로 나타났다. 추출온도에 따라서는 온도가 높을수록 UV 흡광도 값이 높아지는 경향이 나타났다. Ahn & Chung(2000)은 추출할 때 온도의 높고 낮음에 따라 화합물이 다르게 추출되며 UV 흡광도 밴드도 달라진다고 보고하였다. 따라서 염액을 추출할 때 추출 시간과 추출 온도가 색소의 농도와 흡수파장에 영향을 줄 것으로 생각되어진다.

Table 1은 자색 옥수수 부산물인 잎과 줄기를 이용한 직물 염색 가능성을 살펴보기 위하여 pH를 조절하여 추출한 염액을 silk와 cotton에 염색한 결과이다. 자색 옥수수 잎 추출물로 염색한 직물인 silk와 cotton은 pH가 높아질수록 직물의 밝기와 적색도가 낮아졌다. 특히, cotton에 비해 silk에서 pH가 높아짐에 따라 밝기가 낮아졌으며 붉은색도 없어지는 경향을 보였다. 줄기의 경우에는 뚜렷한 경향을 나타

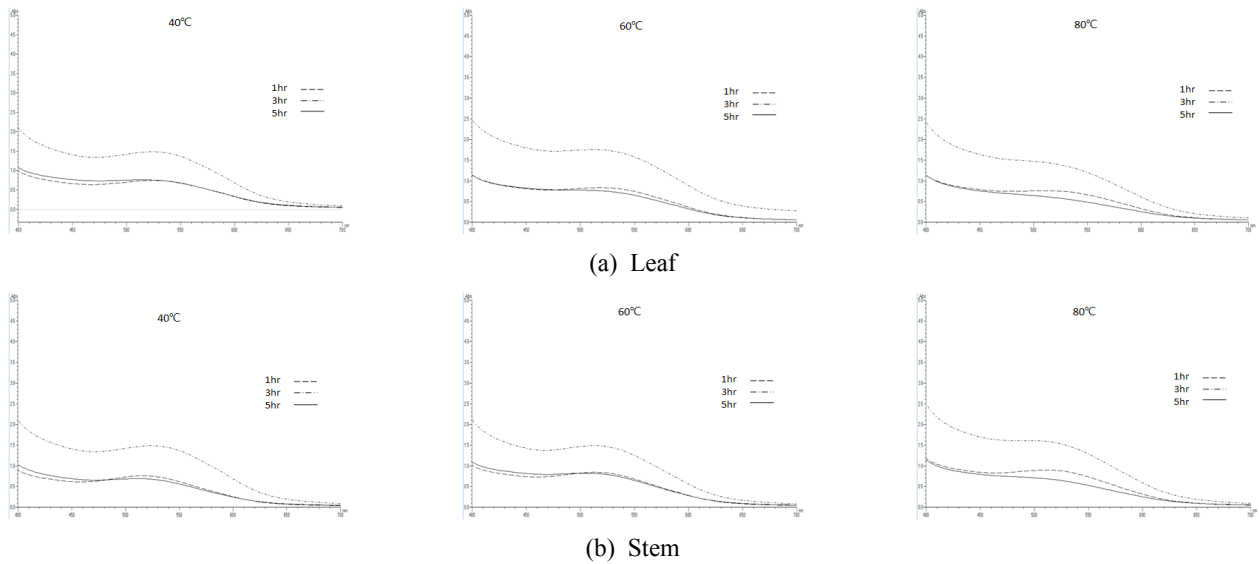


Fig. 2. The UV absorption spectrum of purple corn pigment according to the extraction temperature and time.

Table 1. The color changes of silk and cotten fabrics depending on dyeing pH of purple corn pigment.

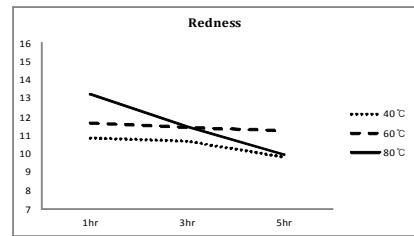
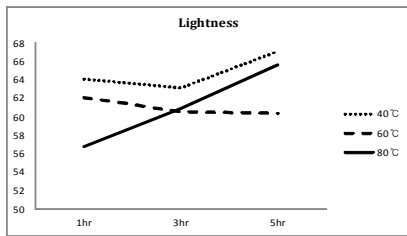
Fabrics	pH	Leaf extract		Stem extract	
		L <sup>†</sup>	a <sup>‡</sup>	L	a
Silk	3	44.73	8.23	38.07	14.02
	4	43.01	8.04	36.84	17.04
	5	40.03	7.10	44.06	16.58
	6	38.20	7.11	39.74	17.25
Cotton	3	45.85	7.40	45.04	10.89
	4	41.58	7.51	36.70	13.32
	5	44.05	7.44	41.62	13.62
	6	44.67	7.16	45.97	12.27

<sup>†</sup>L: Lightness, <sup>‡</sup>a: Redness

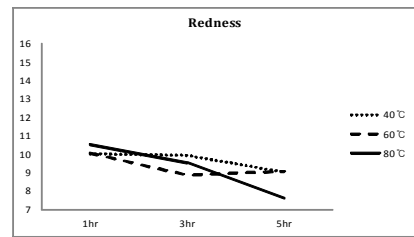
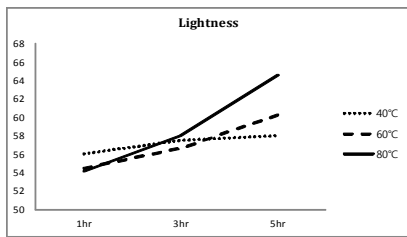
**Table 2.** The changes in color value of fabrics according to dyeing rate of purple corn leaf and stem extract.

Fabrics	Concentration (g/L)	Leaf extract		Stem extract	
		L <sup>†</sup>	a <sup>‡</sup>	L	a
Silk	1	81.59	5.86	89.69	1.81
	2	71.02	10.63	83.72	4.51
	3	64.52	12.46	78.60	7.34
	4	58.65	13.79	77.84	7.71
	5	59.01	14.27	76.10	8.57
Cotton	1	71.67	6.02	81.09	3.74
	2	65.38	8.29	75.70	5.36
	3	60.76	9.15	71.97	7.81
	4	55.92	9.81	72.50	7.38
	5	53.21	10.32	67.52	9.16

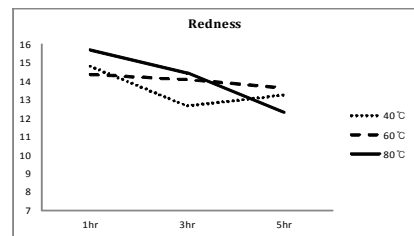
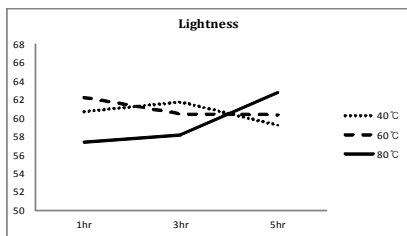
<sup>†</sup>L: Lightness, <sup>‡</sup>a: Redness



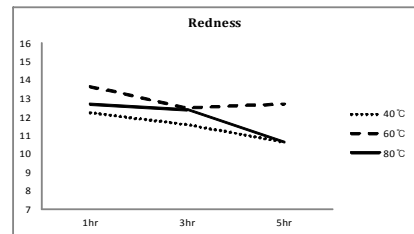
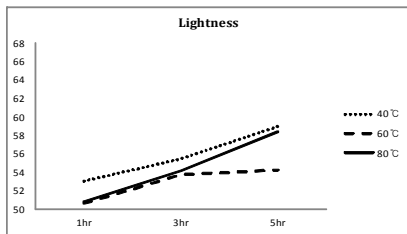
(a) Silk dyeing leaf extract



(b) Cotton dyeing leaf extract



(c) Silk dyeing stem extract



(d) Cotton dyeing stem extract

**Fig. 3.** The color changes of silk and cotten depending on dyeing time and temperature.

내지는 않았지만 pH 값이 높아질수록 밝기와 적색도가 높아지는 경향을 나타내었다. 줄기를 이용한 염색에서 silk는 pH 5에서 밝기가 가장 밝았으며(44.06), 적색도는 pH 6에서 17.25로 가장 붉은 빛을 띠었다. Cotton은 pH 6에서 45.97로 가장 밝았고 pH 4에서 가장 어두운 것으로 나타났으며, 적색도는 pH 5에서 가장 높았다. Hwang *et al.*(2005) 등은 pH에 따라 염색의 정도가 차이가 난다고 하였으며, 특히 염색시 직물의 적색도는 pH 값이 낮을수록 높다고 보고한 결과와 자색 옥수수 잎 추출을 이용한 염색에서는 일치하였다.

농도에 따른 염색 정도에서는(Table 2), silk와 cotton 모두 농도가 높아질수록 밝기와 황색도는 낮아지고 적색도는 증가하는 경향을 나타내었다. 자색 옥수수 잎과 줄기를 비교해 보았을 때 줄기 보다는 잎에서 높았으며, 같은 농도에서는 밝은 정도가 낮으며 적색은 높은 경향을 보였다. 이것은 줄기 추출물보다는 잎 추출물에서 염색이 붉게 잘되는 것을 의미하였다. 직물에 따른 염색 정도에서는 농도에 상관없이 밝기 및 적색도를 비교해 보았을 때 cotton이 silk 보다 직물 염색이 잘되는 경향을 나타내었다.

염색온도와 염색시간에 따른 염색 후 silk와 cotton에 대한 직물의 염색정도를 나타낸 것이 Table 2와 Fig. 3이다.

일반적으로 silk의 경우 염색시 온도가 높아짐에 따라 평균적으로 염색이 잘되는 것으로 알려져 있지만 80°C 이상이 되면 염색이 잘되지 않는 경향을 나타낸다(Song *et al.*, 2004). Cotton의 경우에는 60°C 근처에서 염색이 잘되며 그 이상 온도가 높아지면 cotton 속의 염료가 다시 염액으로 용출되어 오히려 염색이 퇴색되고 열어지는 경향을 나타내는 것으로 알려져 있다(Lee, 1982). 본 실험에서는 silk와 cotton이 일반적으로 염색시간이 길어질수록 명도는 증가하고, 적색도는 감소하는 경향을 나타내었다. 자색 옥수수 잎 추출물을 이용한 silk의 염색 정도는 염색 후 색도 조사에서 40°C에서 염색한 것이 염색온도와 상관없이 가장 높았다.

Silk는 자색 옥수수 추출부위와 상관없이 적색도는 80°C에서 1시간 염색한 것이 가장 높았으며 cotton은 자색옥수수 잎 추출물의 염색에서는 3시간을 기점으로 80°C에서 염색한 것이 명도가 가장 높았으며 적색도는 증가하였다. 적색도는 3시간을 기점으로 40°C에서 다른 추출온도에 비해 적색도가 가장 높았다. 자색 옥수수 줄기 추출물을 이용한 염색 특성은 적색도는 같은 경향을 보였지만 명도는 cotton의 경우 염색시간이 지날수록 증가하였으나 silk는 감소하는 경향을 보였다.

따라서 자색 옥수수 부산물인 잎과 줄기를 이용한 염색은

Temp.	Fabrics	Leaf extract			Stem extract		
		1 hr	3 hr	5 hr	1 hr	3 hr	5 hr
40°C	Silk						
	Cotton						
60°C	Silk						
	Cotton						
80°C	Silk						
	Cotton						

Photo 1. The color of fabrics dyed at different extract times and temperature.

pH와 추출 시간 및 추출 온도를 잘 고려하여야 하며, 더 나아가 자색 옥수수 부산물을 염료 재료로 이용하기 위해서는 물리적, 화학적, 생물학적으로 견디는 성질인 견뢰성(fatness)에 대한 실험이 필요할 것으로 생각되어진다.

## 적 요

본 연구는 자색 옥수수 부산물인 옥수수 줄기와 잎을 이용하여 염액을 추출하여 여러 가지 염색 조건에서 염색정도를 관찰하고 자색옥수수 부산물의 염료로서의 가능성을 타진하여 이용성 증진을 위한 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

1. 자색 옥수수 추출시 pH에 따른 흡광도의 변화가 없으므로 자색 옥수수 색소 함량을 측정하기 위하여 UV 흡광도를 측정할 때 520~560 nm를 이용하는 것이 효율적일 것으로 생각된다.
2. 자색 옥수수 잎 추출물로 염색한 silk와 cotton은 pH가 높아질수록 직물의 밝기와 적색도가 낮아졌다. 줄기 추출물의 경우에는 뚜렷한 경향을 나타내지는 않았지만 pH 값이 높아질수록 밝기와 적색도가 높아지는 경향을 나타내었다.
3. 농도에 따른 직물의 염색 정도는 silk와 cotton 모두 농도가 높아질수록 밝기는 낮아지고 적색도는 증가하는 경향을 나타내었다.
4. Silk와 cotton은 일반적으로 염색시간이 길어질수록 명도가 증가하고, 적색도는 감소하는 경향을 나타내었다.

## 인용문헌

- Ahn, J. K. and I. M. Chung. 2000. Allelopathic Potential of Rice Hulls on Germination and Seedling Growth of Barnyardgrass. *Agron. J.* 92 : 1162-1167.
- Coe, Jr. E. H., M. G. Neuffer, and D. A. Hoisington. 1988. The genetics of corn. In: Spague GF and Dudley JW (eds). *Corn and corn improvement* (3<sup>rd</sup> ed). pp. 83-258.
- Hwangbo, S. J., Y. S. Jung, and D. G. Bae. 2005. Natural dyeing fabrics with *Hypericum ascyron* L. *Korean J. Seric. Sci.* 47(2) : 78-87.
- Hwangbo, S. J., Y. S. Jung, and D. G. Bae. 2006. Natural dyeing fabrics with *Serratula coronata* var. *insularis* Kitamura. *Korean J. Seric. Sci.* 48(2) : 46-55.
- Kenji, H., E. Bayaru, M. Hiroki, and S. Shigeru. 2009. Silage Fermentative Quality and Characteristics of Anthocyanin Stability in Anthocyanin-rich Corn (*Zea mays* L.). *Aisan-Aust. J. Anim. Sci.* 22(4) : 528-533.
- Lee, Y. 1982. An experimental study on the traditional natural dyestuffs. MS Thesis. Hongik Univ. Korea.
- Li, C. Y., H. W. Kim, S. R. Won, H. K. Min, K. J. Park, J. Y. Park, M. S. Ahn, and H. I. Rhee. 2008. Corn Husk as a Potential Source of Anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.* 56(23) : 11413-11416
- Lopez-Martinez, L. X., R. M. Oliart-Ros, G. Valerio-Alfaro, C. H. Lee, K. L. Parkin, and H. S. Garcia. 2009. Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT-Food Science and Technology.* 42 : 1187-1192.
- Nam, S. W. 1998. Dyeing with natural dyes. *Fiber Technology and Industry* 2:238-257
- Song, C. E., K. S. Kom, H. G. Jang, Y. K. Yoo, B. G. Heo, and Y. J. Park. 2004. Natural dye on dry flower, the *Laqurus ovatus* using the extract inolated from marigold. *kor. J. Hort. Sci. Technolo.* 22(1) : 119-124.
- Yang, Z. and W. Zhai. 2010. Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays* L.). *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* 11 : 169-176.