

투스 추출액을 이용한 친환경 향균성 모발 염색

Ecofriendly Antimicrobial Hair Coloration Using *Sargassum fusiforme* Extract

*Corresponding author

Jinho Jang

(jh.jang@kumoh.ac.kr)

박성진, 김강인, 고지민, 김아현, 장진호*

금오공과대학교 소재디자인공학과

Seong-Jin Park, Kang-In Kim, Ji-Min Ko, A-Hyun Kim, and Jinho Jang*

Department of Materials Design Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Gumi, Korea

Received_March 03, 2020

Revised_March 17, 2020

Accepted_March 24, 2020

Textile Coloration and Finishing

TCF 32-1/2020-3/38-43

© 2020 The Korean Society of
Dyers and Finishers

Abstract To overcome the harmful effects caused by conventional oxidative hair dyes, natural colorants becomes more popular in the hair dyeing. By extracting *Sargassum fusiforme* powders with aqueous alkaline solution as a solvent at 130°C for 60 minutes, a fucoxanthin concentration of up to 216µg/ml can be obtained. UV/Vis analysis was used to prove the presence of fucoxanthin in the extract powder. A K/S value of 23.8 can be obtained when wool fabrics were dyed with the extract at 120°C for 60 minutes under pH 2. The color fastness properties of the dyed wool fabrics were very good as indicated by rating 4 for laundering(color change), rating 3 or higher for rubbing, and rating 5 for light irradiation. The dyed wool fabric was found to have antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus*. The antioxidant and antimicrobial activity of the *Sargassum fusiforme* extract can be an effective functional hair colorant. Hair dyeing with the extract formulation at 45°C for 40 minutes under pH 5 accomplished a K/S value of 8.9. The color fastness of the dyed hair showed rating 3 against light irradiation, which increased to rating 5 with after-mordanting of tannin acid.

Keywords *Sargassum fusiforme*, fucoxanthin, hair dye, extraction, fastness, antimicrobial activity

1. 서 론

모발 염색에 사용하는 염모제는 영구 염모제, 반영구 염모제, 일시적 염모제 등으로 나뉜다. 일반적으로 염모제는 모발과의 물리화학적 상호작용을 통해 염색성과 견뢰도가 우수한 반면, 일시적 염모제는 상대적으로 착색성과 견뢰도가 낮다. 모발 염색에 많이 사용되는 영구 염모제 중 하나인 산화염모제는 *p*-P henylenediamine, Resorcinol 등 합성 색소가 주성분인 1제와 과산화수소 등 산화제를 포함하는 2제를 혼합하여 적용하고, 색소의 산화중합반응을 통해 고분자량 색소를 형성하여 모발 피질(cortex)내에 염색된다¹⁾.

산화염모제 등 합성 염모제의 주요 성분은 사용자에게 따라 피

부 및 눈 자극, 피부 알레르기 등의 부작용을 유발할 가능성이 있는 것으로 알려져 있다²⁾.

그러므로 최근 염모제에 대한 인체 유해성을 방지하기 위해, 인체 무해 또는 유익한 천연 재료의 기능성 연구 및 모발 염색제 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^{3,4)}. 기존 천연 색소계 염모제인 헤나, 오징어 먹물 등은 이미 제품화되었고, 검정콩 종피, 칩뿌리 추출물 등 새로운 색소를 이용한 연구도 진행되었다^{5,6)}. 또한 갈색을 띠는 천연 염모제로서 거북꼬리 추출물을 이용한 연구도 진행되었다⁷⁾.

본 연구에서는 모발성장인자를 자극하고 혈관신생을 도와 모발 성장에 긍정적으로 작용한다고 알려진 톳(*Sargassum fusiforme*) 추출물⁸⁾을 이용하여 천연 염모제로 적용가능성을 모색하였다.

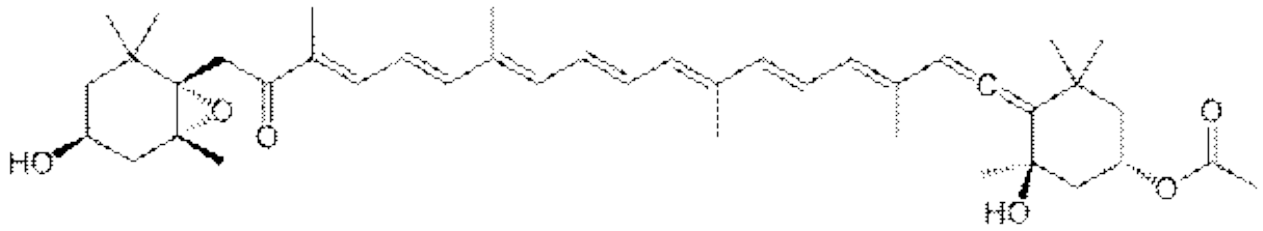


Figure 1. Structure of fucoxanthin.

미역, 다시마 등의 갈조류(brown algae)에 존재하는 갈색 카로티노이드계 색소인 갈조소 또는 푸코잔틴(Fucoxanthin)은 이소프렌(Isoprene)을 반복단위로 하는 크산토펴(Xanthophyll)이다(Figure 1)⁹⁾. 일반적인 카로티노이드계 색소와 마찬가지로 푸코잔틴은 인체에서 생성되는 유해 활성산소를 제거하는 항산화성, 미생물의 성장과 번식을 억제하는 항균성 등 우수한 기능성에 대한 연구가 활발히 진행하고 있다¹⁰⁻¹⁴⁾.

본 연구는 톳 분말을 효율적으로 추출하기 위해 용매, 온도, 시간, pH 등을 변화시켜 갈색 색소인 푸코잔틴을 톳 추출액을 제조한 후, 정제 및 분말화하였다. 또한 양모 섬유 및 인체 모발에 대한 염색 조건 및 후처리 조건을 조절함으로써 염색성, 색상 견뢰도, 항균성 등에 미치는 영향을 평가하였다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

실험에 사용된 톳 분말과 황색 인모 가발은 각각 (주)농업회사 법인 푸른산과 (주)크라운 가발에서 구입하여 사용하였다. 증점제인 Alginate Acid와 pH 11 buffer 수용액 제조에 사용한 KH_2PO_4 와 NaOH는 Sigma Aldrich에서 공급되었다. 제조한 염모제의 색상 및 견뢰도를 비교하기 위해 시중에서 판매되는 허벌 브라운 헤나 파우더, 땀머리 뉴골드 한방 칼라 크림 자연갈색, 러 우아체 멧내기 새치크림 오렌지 브라운 등 3종 염모제를 구입하였다.

2.2 추출·분말화 및 성분 분석

톳 분말과 pH 11 buffer 수용액을 1:20 비율로 하여 고압상태에서 추출 및 염색하기 위해 적외선 염색기(Daelim Engineering, DL-6000plus, Korea)를 이용해 시간, 온도, 추출용매 및 pH를 변화시켜 추출 후 감압여과기로 여과하였다. 이 과정을 통해 얻은 추출액을 pH 1로 낮추어 석출시킨 후, PET 직물로 여과한 후 건조하여 분말을 얻었다.

추출액의 Fucoxanthin 성분을 확인하기 위해 UV/Vis spectrophotometer(Agilent Technologies, USA)을 이용해 흡광도를 측정하였다. 추출액 중 카로틴 함량(Cf)은 아래 식(1)을 이용해 계산하였다¹⁵⁾. 여기서 C_a 는 Chlorophyll a의 함량, C_b 는

Chlorophyll b의 함량이며, A410, A663, A646은 각각 Fucoxanthin과 Chlorophyll a 및 b의 최대 흡수 파장인 410nm, 663nm와 646nm에서의 흡광도이다.

Figure 2는 아세톤으로 추출한 톳 추출액의 UV/Vis 스펙트럼으로, 410nm에서 최대 흡수를 보여 푸코잔틴이 존재함을 보였다. 또한 660nm 부근의 가시광 흡수는 chlorophyll a 등 일부 엽록소를 함유함을 알 수 있다.

$$C_f[\mu\text{g/ml}] = \frac{(1000A_{410} - 3.27C_a - 104C_b)}{198} \quad (1)$$

where,

$$C_a = 12.21 \times A_{663} - 2.81 \times A_{646}$$

$$C_b = 20.13 \times A_{646} - 5.03 \times A_{663}$$

2.3 양모 염색 및 견뢰도 시험

추출액 50mL에 양모 직물 1g을 첨가하여 온도, 시간 및 pH를 변화시켜 염색을 실시하였고, 측색기(Gretagmacbeth, Color-Eye 3100)로 염색직물의 반사율을 측정하여 최대 흡수파장

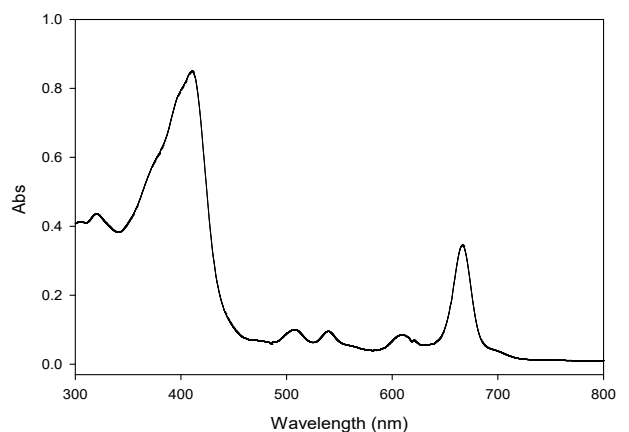


Figure 2. UV/Vis Spectrum of *Sagassum fusiforme* extract in acetone[1.55µg/mL].

인 410nm에서의 반사율을 이용해 Kubelka-Munk식(2)에 따라 K/S를 구하였다.

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

where,

R : Reflectance

K : Absorption coefficient

S : Scattering coefficient

염색된 직물은 KS K ISO 105-C06에 의거하여 60°C에서 30분간 세탁 한 후 분광광도계를 사용하여 CIE LAB표색계에 따라 L*, a*, b*, C* 및 h* 값을 측정하고 색차인 ΔE 값을 구해 견뢰도 등급을 판정하였다¹⁶⁾. 마찰견뢰도는 KS K 0650에 의거하여 크로크미터법으로 측정하였고, 일광견뢰도는 KS K 0700에 의거하여 카본 아크법으로 측정하였다.

2.4 염모제 제조 및 인모 염색

투스 추출액 분말 1g을 pH 11 완충 수용액에 용해시킨 후 알긴산(Alginate acid)을 이용해 점도를 조절하여 염모제를 제조하였다. 가발에서 제거한 일정 중량의 모발에 대해 충분한 양의 염모제를 바른 후 오븐에서 45°C에서 염색하였고 흐르는 물에 수세 후 상온 건조하였다. 염모제의 pH 및 염색 시간을 변화시키면서 모발 염색을 실시하였다.

2.5 인모의 견뢰도 시험 및 탄닌산 매염

염색 모발의 세탁견뢰도 시험은 KS K ISO 105-C01의 세탁견뢰도 시험방법을 변형하여 측정하였다. 염색된 모발 시료를 (주)엘지생활건강에서 제조한 샴푸 1g을 이용하여 10회 쓸어내려 거품을 내고 흐르는 물에 수세하였다¹⁷⁾. 염모제의 견뢰도를 증가시키기 위해 탄닌산 매염을 하였는데^{18,19)}, 염색 전후 모발 시료에 1% 탄닌산 수용액에 실온에서 1분간 담근 후 꺼내어 45°C에서 20분간 매염하였다.

2.6 향미생물성 시험

투스 추출액으로 염색한 양모 직물에 대한 향미생물성 시험은 미염색 직물과 염색 직물의 향미생물성을 비교하기 위해 KS K 0693에 의거 정균감소율을 조사하였다. 이때 사용된 균은 *Staphylococcus aureus* ATCC 65 38(황색포도상구균)으로 KOT ITI에 의뢰하여 시험하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 툯 추출액 제조 및 분말화

투스 분말에서 Fucoxanthin을 최대한으로 추출하기 위해 용매 및

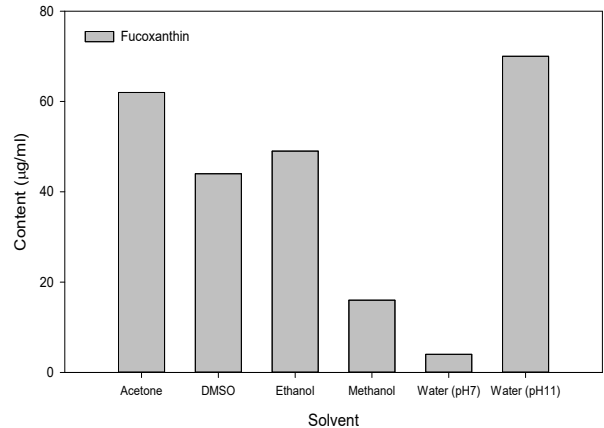


Figure 3. Carotene yields in various extracting solvents.

pH를 변화시켜 그 영향을 분석하였다.

Figure 3는 25°C에서 용매를 달리하여 1시간동안 추출한 그래프이다. 용매로서 아세톤과 DMSO, 에탄올, 메탄올 및 증류수를 이용해 추출한 경우는 추출액의 푸코잔틴 함량이 각각 62, 44, 50, 16과 4µg/ml로 아세톤이 가장 우수하였다. 하지만 알칼리 조건하에 색소가 잘 녹기 때문에 증류수의 pH를 변화시켜 pH 11 완충수용액으로 만들었을 경우, 푸코잔틴 추출량이 4µg/ml에서 70µg/ml까지 증가하였다.

Table 1은 pH 11 완충 수용액을 용매로 사용하여 온도와 pH를 변화시켜 1시간동안 추출한 경우 푸코잔틴 함량의 변화이다. 동일한 pH 11의 경우 추출 온도가 130°C까지 증가하면 추출량도 비례하여 증가하였다. 그리고 pH 9이상 증가함에 따라 푸코잔틴 추출량이 증가하는 경향을 보이다가 pH 11에서 214 µg/ml로 최대치로 추출되었고 이후 pH 13까지 증가하면서 추출량이 약간 감소하는 경향을 보였다.

따라서 툯 분말로부터 푸코잔틴을 추출하기에 적절한 조건은

Table 1. Effect of extraction temperature and pH on extraction yield

Temperature (°C)	pH	Carotene content (µg/ml)
70		109
90	11	151
110		199
	9	133
	10	160
130	11	214
	12	189
	13	182

pH 11 완충 수용액을 이용하여 130°C에서 1시간 이상이 적절한 것으로 판단되었다.

3.2 뚫 추출액을 이용한 양모 직물 염색

염모제를 개발하기 위해 인모와 비슷한 양모 섬유에 대해 염색 실험을 실시하여 염색 온도 및 pH가 염색성에 미치는 영향을 알아보았다. 염색온도를 80°C에서 120°C까지 증가시키면서 그 영향을 알아보았고, 염색 pH를 산성 영역에서 변화시켰다. 염색은 욕비 1:50에서 60분 동안 IR염색기에서 실시하였다 (Figure 4). 염색온도 80°C에서는 pH가 증가함에 따라 K/S가 계속 감소하지만, 100°C이상 고온염색에서는 pH가 5까지 증가함에 따라 K/S가 감소하다가 pH 7에서는 다시 증가하는 경향을 가져 pH 5에서 최소값을 보였다. 이는 pH 5이하에서는 양모 섬유에 형성되는 표면 양전하가 증가함으로 pH가 감소할수록 음이온성 염료에 대한 염색성이 증가하지만, pH 7에서는 염료의 용해성이 대폭 증가하므로 의해 다시 염색성이 향상하는 것으로 사료된다.

그러나 120°C 염색의 경우 pH 7에서 염색한 경우 최대 K/S 값을 보이지만 염색된 직물이 녹색으로 변색하고, pH 1에서 염색한 경우 양모 섬유의 축융이 관찰되었다. 따라서 양모 섬유에 대한 적절한 염색 조건은 온도 120°C와 pH 2이었고 염색 후 K/S값은 23.8이었다. 다음은 pH 2의 조절된 염욕으로 120°C에서 60분 동안 염색한 직물의 염색견뢰도 평가 결과이다 (Table 2).

세탁견뢰도의 변퇴색은 4등급으로 우수하였고 오염의 경우 Acrylic, PET, Acetate와 Nylon의 경우 4등급 이상이고 면과 양모가 3등급이상으로 대체로 우수하였다. 마찰 견뢰도의 경우에도 건식과 습식이 각각 3과 3-4등급이었고, 일광 견뢰도는 5

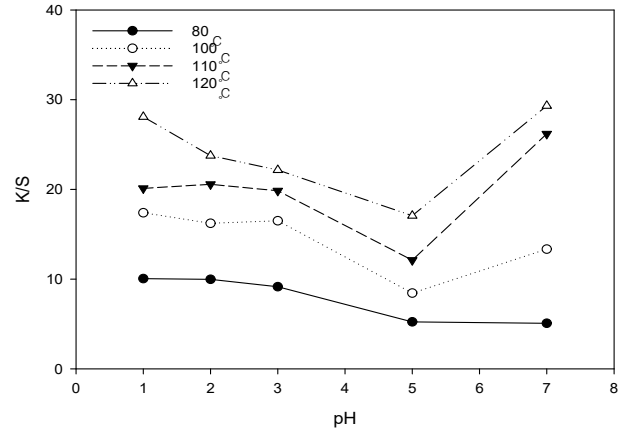


Figure 4. Effect of pH and temperature on K/S.

등급으로 전체로 견뢰도가 매우 우수함을 알 수 있었다.

3.3 염모제 제조 및 인모 염색

염모제의 혼합 성분과 비율은 뚫 추출액 분말 10%(w/w), pH 11 완충 수용액 75%, 매염제 5%와 함께 Alginic acid 10%이고 혼합하여 제조하였다. 제조한 염모제를 이용해 인모에 발라 염색하였는데, 염색 온도는 45°C이고 염색 시간은 60분까지 변화시켰고, pH의 경우 3에서 9까지 변화시켰다. 염색 시간 40분에서 K/S값이 8.9로 가장 높았고 그 이후에는 큰 차이가 없었고, pH의 경우 낮을 수록 K/S값이 증가하였다. 하지만 실제 모발에 사용했을 경우 pH 3에서는 두피나 눈에 유해

Table 2. Color fastness of the wool dyed with *Sagassum fusiforme* extract

K/S	Laundering							Rubbing		Light
	Shade change	Staining						Dry	Wet	
		Wool	Acrylic	PET	Nylon	Cotton	Acetate			
23.8	4	3-4	4-5	4-5	4	3	4-5	3	3-4	5

Table 3. Effect of mordanting on color characteristics of the dyed human hairs

Method	K/S	L*	a*	b*	C*	h*	ΔE
Without mordanting	8.1	41.0	9.0	20.3	24.5	65.8	-
Pre-mordanting	9.1	40.8	9.3	21.5	23.0	66.2	1.2
Meta-mordanting	8.3	42.7	8.9	20.1	21.1	66.0	1.9
Post-mordanting	8.9	41.8	9.6	21.1	24.0	64.0	2.1

Table 4. Color fastness of hair-dyeing with *Sagassum fusiforme* extract

	Mordanting method	K/S	Wash fastness (shade change)	Light fastness
<i>Sagassum fusiforme</i> extract	Without	8.1	2	3
	Pre	9.1	2	3
	Meta	8.3	2	4
	Post	8.9	2	5
Herbal brown*		15.0	2-3	6
Natural brown*	Without mordanting	17.0	1-2	6
Orange brown*		12.4	2	6

하고 자극적일 수 있기 때문에 pH 5를 인모 염색의 최적 조건으로 선택하였다.

3.4 견뢰도 시험 및 탄닌산 매염

투스 추출액 분말을 이용해 제조한 염모제로 염색한 인모에 대해 견뢰도 시험을 진행하였다. 무매염의 경우 세탁 견뢰도는 2등급이고 일광견뢰도가 3등급으로 낮은 견뢰도를 향상시키기 위해 탄닌산 매염을 하였다. 탄닌산을 이용하여 선매염, 동시매염 및 후매염을 실시하면 세 가지 경우 모두 K/S 값이 약간 증가하였다(Table 3). 이는 탄닌산이 갈색을 띠기 때문에 판단되며 선매염이 타 매염법에 비해 색상변화가 상대적으로 적고 K/S 값이 커 매염효과가 우수하였다.

투스 추출액 분말 염모제로 모발을 염색을 한 후 일광 및 세탁견뢰도(변색)를 시험한 결과(Table 4)로서, 일광견뢰도의 경우 선매염이 3등급이고, 동시매염이 4등급이며, 후매염의 경우 5등급이 나와 후매염이 견뢰도 향상에 가장 유리한 것을 알 수 있다. 이는 선매염과 동시매염의 경우 탄닌산 처리가 오히려 색소 염착을 방해할 수 있지만 후매염의 경우 고착된 탄닌산이 염료 탈착을 억제하기 때문이라고 사료된다.

시판 염모제인 Herbal brown, Natural brown 및 Orange brown로 염색한 모발의 경우 염색성이 상대적으로 더 우수하였지만, 세탁견뢰도는 각각 2-3등급, 1-2등급 및 2등급이었다. 툭 추출액 염모제로 염색한 시료의 경우에는 매염 여부와 관계없이 모두 2등급을 보여 유사한 견뢰도를 가짐을 알 수 있다.

3.5 항미생물성 시험

투스 추출물로 염색된 양모직물의 항미생물성 시험 결과(Table 5)를 보면, 미염색 직물의 경우 정균감소율이 16%이지만, 툭 추출액으로 염색하고 탄닌산 처리한 직물의 경우 정균감소율이 99.9%로 증가하여 염색에 의해 포도상 구균에 대한 항균성이 부여된다고 할 수 있다.

Table 5. Antimicrobial test of wool fabrics dyed with *Sagassum fusiforme* extract

	Wool fabric	Dyed wool
M _a		1.4x10 ⁵
M _b		8.1x10 ⁶
M _c	6.8x10 ⁶	<20
Percentage of microbial decline(%)	16.0	99.9

M_a: no. of bacteria living immediately after inoculation of a comparator

M_b: no. of bacteria on the comparator after 18 hours of incubation

M_c: no. of bacteria after incubation for 18 hours

4. 결 론

pH 11 완충 수용액을 추출 용매로 사용하여 툭 분말을 녹이고 130°C에서 1시간 추출하여 216 µg/mL의 푸코잔틴 성분을 추출하여 툭 추출액 분말을 제조하였고, UV/Vis 및 ¹H-NMR 분석을 통해 푸코잔틴이 함유되어 있음을 확인하였다.

투스 추출액으로 pH 2에서 120°C에서 60분간 양모 직물을 염색했을 때 축융 없이 높은 염색성(K/S 23.8)을 보였는데, 강한 산성 조건에서 양모가 양전하를 띠어 상대적으로 음전하인 염료와 용이하게 결합하는 것으로 보인다. 툭 추출액으로 염색한 양모 직물의 견뢰도는 세탁이 4등급이고 마찰이 3-4등급이며 일광이 5등급으로 매우 우수하였다. 그리고 푸코잔틴을 함유한 염모제로 인모를 pH 5에서 45°C에서 40분간 염색하면 인모 손상이 적으면서 높은 K/S값인 8.9를 얻을 수 있었고, 인모 염색 후 탄닌산 매염을 통해 일광견뢰도를 3등급에서 5등급으로 향상할 수 있었는데, 이는 모발 표면에 고착된 탄닌산이

염료 탈착을 저하시키기 때문으로 추정된다.

톳 추출액으로 염색한 양모 직물은 황색 포도상 구균에 대한 99.9%의 정균 감소율을 보여 항미생물성을 가진다는 것을 알 수 있었다.

따라서 톳에서 추출한 푸코잔틴을 이용한 천연 염모제는 우수한 일광견뢰도를 보이며 항미생물성을 지니고 있어 인체유해성에 대한 염려가 있는 합성 염모제를 대체하는 천연 염모제로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 연구는 금오공과대학교 학술연구비로 지원되었음(2019-104-027).

References

1. H. I. Kim and S. M. Park, "Hair Dyeing Fundamentals and Application", The Korea Society of Dyers and Finishers, Daegu, pp.31-35, 2006.
2. J. J. Kim, S. W. Lee, and K. C. Yong, A Study on the Skin and Eye Testing of Para-phenylenediamine and Commercial Hairdyes Containing Paraphenylenediamine in Animals, *Yak hak Hoeji*, **38**(5), 562(1994).
3. D. K. Seo, The Study of Hair Coloring Using Suaeda japonica, *Korean Journal of Aesthetic Society*, **7**(2), 23(2009).
4. S. Y. Kim, W. J. Jung, and M. S. Na, Analysis of Human Hair Dyeing and Colorfastness Using Hot Water Extract from Caesalpinia sappan L., *J. Kor. Soc. Cosmetol.*, **19**(4), 607(2013).
5. J. R. Lee and C. H. Park, Natural Hair Dyeing Using Black Soybean Seed Coat, *Journal of Investigative Cosmetology*, **8**(2), 127(2012).
6. O. K. Lee, Y. M. Yoon, H. J. Lee, and S. K. An, The Natural Hair Dyeing using Extracts of the Pueraria thunbergiana Root, *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea*, **36**(1), 33(2010).
7. Y. J. Park, H. J. Kim, and G. B. Heo, Development of Brown Hair-Dye using The Extracts of Boehmeria tricuspidata Wild in Korea, *Korean J. Plant Res.*, **19**(2), 243(2006).
8. S. K. Jang and S. S. Joo, Promotional Effects of Sargassum fusiforme Fractions on Hair Growth via in vitro and in vivo Models, *J. Biomed Res.*, **15**(2), 72(2014).
9. M. W. Ahn, A Study on the Extraction and Refining of Fucoxanthin from Seaweeds, M.S. Thesis, Sunchon National University, 2014.
10. L. Premvardhan, B. Robert, A. Beer, and C. Büchel, Pigment Organization in Fucoxanthin Chlorophyll a/c2 Proteins Resonance Raman Spectroscopy and Sequence Analysis, *Biochimica et Biophysica Acta*, **1797**, 1647(2010).

11. N. Gildenhoff, J. Herz, K. Gundermann, C. Büchel, and J. Wachtveitl, The Excitation Energy Transfer in the Trimeric Fucoxanthin-Chlorophyll Protein from Cyclotella Meneghiniana Analyzed by Polarized Transient Absorption Spectroscopy, *J. Chem. Phys.*, **373**(1), 104(2010).
12. M. Choi, D. I. Yoo, and Y. S. Shin, Preparation of Lip Balm Utilizing Functionalities of Colorants Extracted from Marine Algae, *Textile Coloration and Finishing*, **26**(2), 124(2014).
13. S. J. Kim, H. J. Kim, J. S. Moon, J. M. Kim, S. G. Kang, and S. T. Jun, Characteristic and Extraction of Fucoxanthin Pigment in Undaria pinnatifida, *J. Korean. Soc. Food. Sci. Nutr.*, **33**(5), 847(2004).
14. S. C. Shin, M. W. Ahn, J. S. Lee, Y. S. Kim, and K. P. Park, Extraction of Fucoxanthin from Undaria pinnatifida and Stability of Fucoxanthin, *Korean Chem. Eng. Res.*, **51**(1), 72(2013).
15. A. R. Wellburn, The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution, *J. Plant Physiol.*, **144**(3), 307(1994).
16. M. G. Hong, J. Y. Park, Y. M. Park, K. Kang, M. W. Huh, and S. S. Kim, A Study on the Measurement of Colour Fastness by CCM and New Fastness Formula, *Textile Coloration and Finishing*, **18**(2), 15(2006).
17. S. M. Kim and M. S. Na, A Study of Changes in Physical Features of Hair and its Coloring Fastness in Hair dyed with Yellow Acidic Hair Dye, *J. Kor. Soc. Cosmetol.*, **22**(5), 939(2016).
18. Y. S. Lee and J. D. Jang, Dyeing and Functional Property of Cotton Fabrics Dyed with Glycyrrhizae Radix Extract (I), *J. Kor. Soc. Cloth. Ind.*, **12**(4), 523(2010).
19. Y. Lee, S. Kwak, and J. Jang, Improvement in the Color Fastness of Cotton Fabrics Dyed with Kale-Extracted Colorants, *Textile Coloration and Finishing*, **31**(4), 225(2019).

Authors

- 박성진** 금오공과대학교 소재디자인공학과 학부과정 학생
김강민 금오공과대학교 소재디자인공학과 학부과정 학생
고지민 금오공과대학교 소재디자인공학과 학부과정 학생
김아현 금오공과대학교 소재디자인공학과 학부과정 학생
장진호 금오공과대학교 소재디자인공학과 교수