

〈연구논문(학술)〉

자초 분말 염료 제조를 위한 전처리 공정 연구

최민 · 류동일¹ · 신윤숙[†]

전남대학교 의류학과/생활과학연구소, ¹전남대학교 고분자·섬유시스템공학과

Pretreatment Process for Production of the Gromwell Colorants Powder

Min Choi, Dong Il Yoo¹ and Younsook Shin[†]

Department of Clothing & Textiles, Chonnam National University

¹Department of Polymer & Fiber System Engineering, Chonnam National University

(Received: February 8, 2012/Revised: March 5, 2012/Accepted: March 13, 2012)

Abstract: In this work, colorants extraction process from gromwell was studied for making powder form of colorants by solving the high viscosity problem of gromwell extracts. In order to do that, sugar extracted together with colorants must be pre-extracted. For sugar decomposition, gromwell roots were pretreated with various enzyme solutions. The total sugar content of pre-extract with enzyme solution was measured. Accordingly, the effects of enzyme type and pretreatment condition on sugar decomposition were investigated to find appropriate enzyme(amylose, hemicellulase, pectinase) and enzyme activity (100~1000unit), pre-extracted time(3~24hr). Color characteristics and dye uptake of dyed fabrics were evaluated. Gromwell colorants were assessed for their potential antimicrobial activities, which possibly expand their end use as functional pigments. The efficiency of removing sugar was increased in the order of hemicellulase, pectinase, amylose, H₂O. Gromwell colorants powder yield was in the range of 4.4% to 9.8% depending on pretreatment enzyme. Gromwell colorants produced RP color on the silk and wool fabrics with good dye uptake. Antimicrobial activity of gromwell colorants will greatly increase its potentiality for applying as functional natural colorants in the future.

Keywords: gromwell, colorants powder, enzyme, yield, antimicrobial activity

1. 서 론

최근 환경과 건강에 대한 관심이 증대되면서 합성염료보다 환경친화적인 천연염료에 대한 연구가 활발하게 행해지고 있다¹⁻⁴⁾. 또한 천연자원을 염색 재료로 사용하면, 화학염료를 사용할 때 기대할 수 없는 인체에 유익한 점이 있다. 약제나 식용으로 사용되고 있는 염색재료를 이용한 천연염색은 화학염료의 잠재적인 인체독성이나 알레르기 유발 가능성을 간단하게 극복할 수 있는 대안 중의 하나이다⁵⁾. 최근 웰빙 트렌드로 향균, 항산화, 소취 등 기능성을 가진 천연염색 섬유제품에 대한 수요가 꾸준히 증가하고 있다⁶⁾.

천연염색이 친환경 산업으로 경쟁력을 확보하기 위해서는 염재의 안정적 공급과 함께 분말염료의 생산이 이루어져 염료의 보관과 유통이 합성염료와 같은 수준으로 이루어져야 할 것으로 판단된다. 또한 천연염색 염료의 분말화는 색상 재현성과 더 나아가

표준화의 문제를 해결하는데도 필요불가결하다.

자초의 학명은 *Lithospermum erythrorhizon*이며, 자초색소는 뿌리의 외피부위에 붉은 색소가 함유되어 있다. 이 붉은 색소는 석유에테르, 리그닌(lignin)을 제외한 알코올류 및 기타 용제에 의해 추출된다.

색소성분은 시코닌(shikonin) 즉 2-(α -hydroxy- δ -methylpentenyl)-5, 8-dihydroxy-1, 4-naphthoquinone이며 대개 모노아세틸(monoacetyl) 유도체로 함유되어 있고, 재배지역에 따라 시코닌 유도체의 종류 및 성분함량의 차이가 있다⁷⁾. 최근 들어 식품 및 생물학 분야에서도 안토시아닌과 함께 자초의 시코닌은 천연 색소로서 활용 가치에 대한 연구가 이루어지고 있으며, 자초에 함유되어 있는 시코닌의 항균성도 보고되고 있다^{8,9)}. 자초는 인체의 토혈, 코피, 소변, 출혈, 홍역에 유효한 효과가 있고, 화상, 동상, 습진, 발진, 피부궤양¹⁰⁾ 등의 치료에 이용되어 왔다. 일본에서는 피부질환연구와 같은 외용약품의 원료로도 사용되어오고 있다.

[†]Corresponding author. Tel.: +82-62-530-1341; Fax.: +82-62-530-1349; e-mail: yshin@jnu.ac.kr

©2012 The Korean Society of Dyers and Finishers 1229-0033/2012-03/18-26

최근의 자초를 이용한 천연염색 관련 선행 연구를 살펴보면, 견직물의 자초 염색 시 오배자를 이용한 색상 및 매염효과에 관한 연구⁸⁾, 자초 추출액을 이용한 염색직물의 항균성 및 소취성에 관한 연구¹⁰⁾, 자초 염색 시 pH와 매염제에 따른 염색성에 관한 연구¹¹⁾ 등이 있으며, 이들 연구에서는 색소 분말을 제조하여 농도 조절을 하지 않고 추출액 자체를 이용한 염색을 하였다. 이는 자초색소 추출 시, 자초 내에 함유되어 있던 폴리사카라이드(polysaccharide, 다당류)가 함께 추출되어 농축시 점성이 생기며, 이는 색소 분말화를 어렵게 하기 때문이다.

이에 본 연구에서는 자초 색소 분말화 공정을 확립하기 위해 당 추출을 목표로 한 전처리 효과를 조사하였다. 당 추출을 위해 전처리제로서 다양한 효소를 이용하였고, 효소의 당 제거 효율성을 조사하기 위해 전처리한 용액의 총 당량을 측정하였다. 적정 전처리 효소 종류(Amylase, Hemicellulase, Pectinase), 활성도(100~1000unit), 침지시간(3~24hr)이 당 추출 및 색소 수율에 미치는 영향을 조사하였다. 효소 전처리를 하여 제조한 자초색소 분말의 염색성을 조사하고, 자초색소 분말의 기능성 여부를 평가하기 위해 항균성을 측정하였다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

자초(중국산)는 시판 한약 건재상에서 구입한 건조된 자초 뿌리를 사용하였다. 실험에 사용한 직물 시료는 KS K 0905에 규정된 견직물과 모직물을 사용하였으며, 그 특성은 Table 1과 같다.

당 추출을 위한 전처리 효소는 Sigma사의 아밀라아제(α -Amylase from *Bacillus licheniformis*), 펙티나아제(Pectinase from *Aspergillus aculeatus*), 헤미셀룰라아제(Hemicellulase from *Aspergillus niger*)를 사용하였다.

시약은 당 함량 측정을 위해 페놀(C_6H_5OH)과 황산(H_2SO_4)을 사용하였고, 염액 추출을 위해 메탄올(Methanol, CH_3OH)을 사용하였으며, pH조절을 위해 아세트산(Acetic acid)과 수산화나트륨(NaOH)을 사용하였으며, 모두 1급을 사용하였다.

Table 1. Characteristics of fabrics

Fabric	Weave	Yarn count (w×f/cm ²)	Weight (g/m ²)	Thickness (mm)
Silk	plain	98×39	42	0.11
Wool	plain	28×27	102	0.25

2.2 자초 분말염료의 제조

2.2.1 당 추출을 위한 전처리

건조한 자초 50g을 증류수 1000ml에 넣고 효소 농도 100~1000unit으로 활성도를 변화시킨 효소액에 40℃에서 3~24시간 침지하였다. 침지한 자초를 건져 내어 40℃에서 24시간 열풍건조기에서 건조시켰다.

2.2.2 색소분말 제조

전처리후 건조한 자초를 액비 1:20으로 하여 메탄올에 침지시켜 40℃에서 3시간 120rpm으로 교반하여 색소를 추출하였다. 이 추출액은 여과하여 rotary evaporator를 사용하여 감압 농축하고 -80℃로 24시간 급냉시킨 후, 동결건조기로 -50℃에서 건조시켜 분말화 하였다.

2.3 당 정량 실험

총 당 함량 분석은 DuBois¹²⁾의 방법에 따라 페놀-황산법으로 실시하였다. 즉, 전처리 후 얻은 당 추출액 1ml에 5%의 페놀 1ml와 황산 5ml를 상온에서 30분 반응시킨 후 glucose를 표준당으로 하여 UV-Vis spectrophotometer(Agilent 845, Agilent Technologies, Waldbronn, Germany)로 490nm에서 흡광도를 측정하였다^{13,14)}.

2.4 UV-Vis 분광분석

시코닌 표준 시약(20 μ g/ml)과 제조한 자초분말염료의 수용액(0.5mg/ml)을 UV-VIS spectrophotometer(Agilent 845, Agilent Technologies, Waldbronn, Germany)로 가시영역 전범위(400~700nm)의 흡광도(absorbance)를 측정하여 비교하였다.

2.5 염색

액비 1:50, 색소 농도는 1.0% o.w.b(Methanol : H₂O =1:1), 온도 80℃, 시간은 60분의 조건에서 적외선 고압염색기(Ahiba Nuance, Data Color International, USA)를 사용하여 염색하였다.

2.6 염착량 및 색 특성 측정

색차계(Color-Eye 3100, Macbeth, Germany)를 사용하여 D65 광원, 10°시야 조건에서 피염물의 표면 반사율을 측정하였고, 최대흡수파장에서의 K/S값으로 염착량을 평가하였다.

색채변화는 CIELAB 표색계에 의한 명도 L*와 색좌표지수 a*, b*를 측정하고, Munsell의 H V/C 값을 측정하였다.

2.7 항균성 실험

항균성 실험의 공시균은 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*, ATCC 6538)을 사용하였다. 자초 색소 추출물의 항균활성은 한천배지확산법(Paper disc diffusion)을 이용하여 측정하였다. 액체 배지에서 배양한 균 현탁액을 UV-VIS spectrophotometer (Agilent 845, Agilent Technologies, Waldbronm, Germany)를 이용하여 600nm에서 Optical density(O.D.)가 1.0이 되도록 희석하고, 균 배양액을 고체 배지에 접종하였다. paper disc(직경 8mm, advantec, Japan)에 각 시료를 disc 당 최종 농도 0.1~0.5mg/disc 씩 흡수시킨 뒤, 고체 배지 표면 위에 올려놓고, 38°C 인큐베이터에서 24시간 균을 배양한 다음 균저지대의 폭을 확인하였다. 저지대의 폭이 1.5~2.0mm를 ‘weakly positive’, 3.0mm를 ‘strong positive’, 4.0mm 이상을 ‘respectable’로 판단한 연구¹⁵⁾ 방법으로 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 효소 전처리

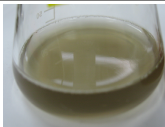
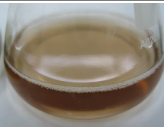
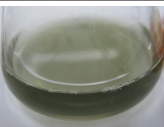
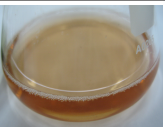




자초 색소의 분말화를 위해 자초색소에 결합되어 있는 당 성분을 먼저 추출하기 위해 효소용액에 자초를 일정시간 침지하였다. 효소는 식물조직 내에 존재하는 복잡한 다당류들을 분해하여 단순한 구조의 수용성 물질로 전환하여 세포벽이 느슨해지며 세포를 연화시킨다. 전처리 후 얻어진 용액에 당성분의 추출 여부를 확인하기 위해 페놀-황산법을 이용하였으며, 반응시킨 용액의 색상과 흡광도를 Table 2에 제시하였다. 효소의 종류에 따라 추출액의 색상이 다르게 나타났으나 페놀과 황산에 반응시키면 모두 갈색으로 변하였다.

추출액을 페놀과 황산에 반응시킨 후 흡광도를 측정하면 490nm에서 최대흡수피크를 나타내고 이로써 당이 추출된 것을 확인할 수 있었다¹²⁻¹⁴⁾. Table 2에 나타난 것처럼 페놀과 황산에 반응하여 갈변한 용액은 함유하고 있는 당 함량에 따라 색상 담농의 정도가 다른 것으로 나타났다. 즉, 490nm에서 흡광도가 더 높을 때 당 추출에 더 효과적임을 판단하였다. 효소의 활성도 및 침지 시간에 변화를 주어 당 추출에 더 효과적인 조건을 알아보았다.

전처리 효소로 아밀라아제의 활성도 500unit(a)과 1000unit(b)을 사용하여 얻은 당추출 결과는 Fig. 1과 같다. 침지시간 경과에 따른 흡광도는 효소 활성도 500unit의 경우 3시간일 때 0.15, 6시간일 때 0.17, 12시간일 때 0.24, 24시간일 때는 0.35였고, 1000unit은 3시간일 때 0.17, 6시간일 때 0.24, 12시간일 때 0.28, 24시간일 때는 0.47로 시간이 증가함에 따라 높아진 것으로 나타났다. 이는 자초와 효소의 반응시간이 길어질수록 더 많은 당이 추출되었다는 것을 나타낸다. 효소 활성도에 따라 추출된 당량은 500unit(a)과 1000unit(b)에서 침지 후 12시간까지는 큰 차이가 없었다. 그러나 침지시간 24시간일 때 효소 활성도 500unit(a)과 1000unit(b)에서 차이가 커지는 경향을 보였다. 침지 시간이 24시간으로 같을 때, 효소 활성도 500unit은 0.35, 1000unit은 0.47로 활성도가 높을 경우 당성분이 더 많이 용액으로 빠져나온 것을 확인할 수 있었다. 그러므로 효소 활성도가 높아지면 추출된 당 함량도 많아지는 것으로 나타났다. 전처리 효소 아밀라아제의 활성도는 1000unit일 때 당 추출 효과가 더 높은 것으로 나타났고, 자초와 효소의 반응시간이 길어질수록 당 추출에 더 효과적이었다.

전처리 효소 펙티나아제의 활성도와 침지시간 변화에 따른 당 추출 효과는 Fig. 2와 같다. 침지시간 경과에 따라 흡광도는 500unit일 때 3시간은 0.11, 6시간은 0.21, 12시간은 0.44, 24시간은 0.51이고,

Table 2. The color of solvent after pretreatment and the color change by phenol-sulfuric acid method

Pretreatment	Control(H ₂ O)	Amylase	Hemicellulase	Pectinase
Extract				
Color change by phenol-sulfuric acid method				
Absorbance (490nm)	0.44	0.47	0.88	0.52

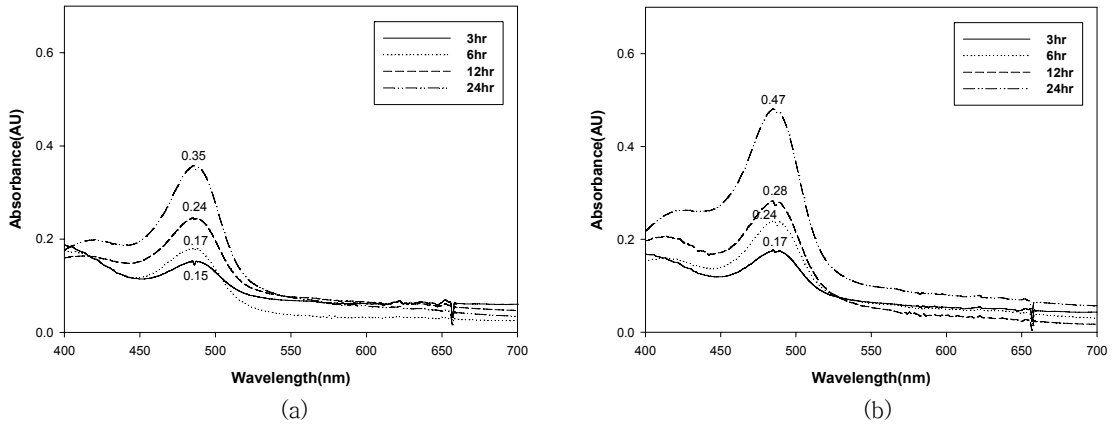


Fig. 1. Visible absorption spectra of phenol-sulfuric acid method experiments according to the time change amylase; (a) Enzyme activity 500unit, (b) Enzyme activity 1000unit.

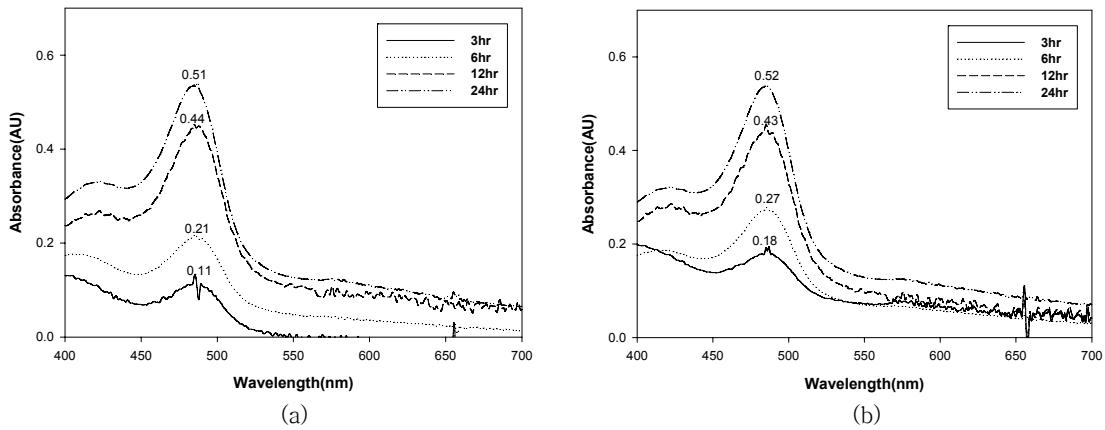


Fig. 2. Visible absorption spectra of phenol-sulfuric acid method experiments according to the time change pectinase; (a) Enzyme activity 500unit, (b) Enzyme activity 1000unit.

1000unit일 때 3시간은 0.18, 6시간은 0.27, 12시간은 0.43, 24시간은 0.52로, 비슷한 경향으로 당이 추출되었다. 침지시간이 12시간까지는 빠르게 당 추출이 진행되다가 이후 24시간 조건하에서는 당 추출이 둔화되는 것으로 나타났다. 이는 전처리 효소로 사용된 펙티나아제는 12시간 이상 침지 시 당 추출 효과에 큰 영향을 주지 못하는 것을 알 수 있었다. 같은 침지 시간에서 활성도 차이에 따라 당 추출 효과를 비교해 본 결과, 흡광도는 모든 조건에서 비슷한 결과가 나타난 것으로 보아 펙티나아제는 활성도 500unit을 사용하는 것이 적당한 것으로 사료된다.

전처리 효소로 헤미셀룰라아제를 활성도 100unit(a)과 300unit(b), 500unit(c), 1000unit(d)을 사용하여 얻은 당 추출 효과는 Fig. 3과 같다. 침지시간 경과에 따라 흡광도는 100unit일 때 3시간은 0.14, 6시간은 0.19, 12시간은 0.37, 24시간은 0.44이고, 300unit일 때 3시간은 0.21, 6시간은 0.35, 12시간은 0.47, 24시간은 0.61, 500unit일 때 3시간은 0.24, 6시간은 0.36,

12시간은 0.51, 24시간은 0.8이고, 1000unit일 때 3시간은 0.5, 6시간과 12시간은 같은 값인 0.58, 24시간은 0.88로 모든 조건에서 침지시간이 길어질수록 당 추출 효과가 증가한 것을 알 수 있다.

침지시간이 같을 때 활성도 차이에 따른 당 추출 효과에 대해 살펴보면, 12시간일 때 활성도 100 unit은 0.37, 300unit은 0.47, 500unit은 0.51, 1000unit은 0.58이고, 24시간일 때 활성도 100unit은 0.44, 300unit은 0.61, 500unit은 0.80, 1000unit은 0.88로 효소 활성도가 증가할수록 당 추출 효과가 높아진다는 것을 알 수 있었다. 결과적으로 헤미셀룰라아제를 전처리 효소로 사용할 경우 침지시간이 길고(24시간), 효소의 활성도를 높게(1000unit) 설정하여 사용하면 당 추출에 효과적인 것을 알 수 있었다.

Fig. 4는 전처리 시 효소를 사용하지 않고 증류수에 자초를 침지하여 시간 경과에 따라 당추출 효과를 나타낸 결과이다. 침지시간에 따른 흡광도 측정 결과는 3시간은 0.17, 6시간은 0.26, 12시간은 0.45, 24시간은 0.44로, 시간이 증가함에 따라 흡광도가

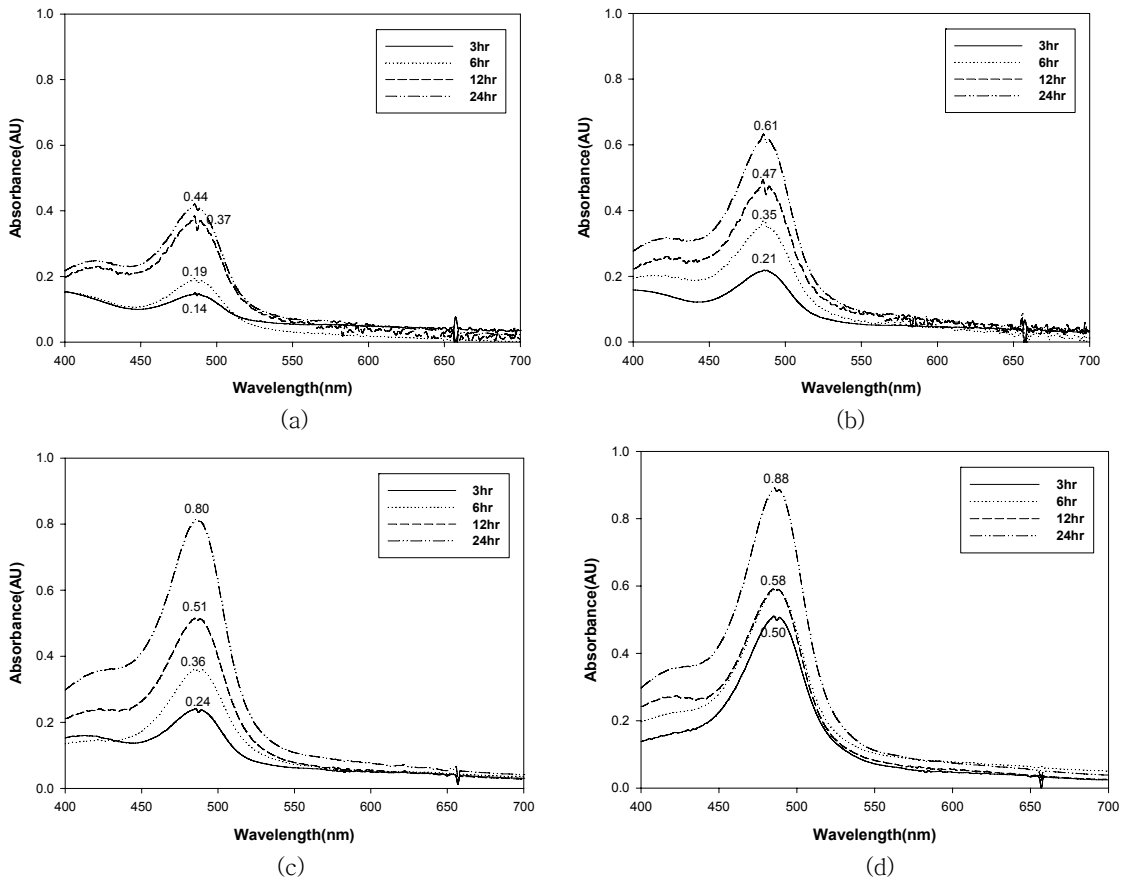


Fig. 3. Visible absorption spectra of phenol-sulfuric acid method experiments according to the time change hemicellulase; Enzyme activity; 100unit(a), 300unit(b), 500unit(c), 1000unit(d).

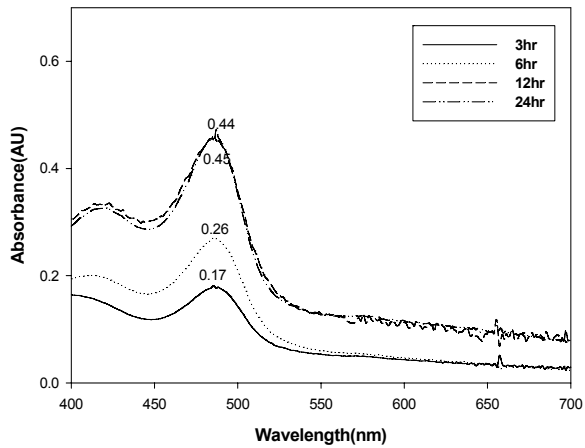


Fig. 4. Visible absorption spectra of phenol-sulfuric acid method experiments according to the time change H₂O.

증가하였다. 그러나 12시간 이후부터는 침지시간이 증가하여도 흡광도가 증가하지 않는 것으로 보아 당 추출이 더 이상 진행되지 않은 것으로 나타났다. 실험 결과, 효소를 사용하지 않고 증류수에 자초를 침지시켜 전처리를 하여도 당이 추출되는 것을 알 수 있었다.

3.2 전처리 공정에서 추출된 당 함량

Table 3은 전처리제 종류, 활성도, 침지시간에 따른 총 당 함량을 나타낸 것이다. 전처리제로 사용된 효소의 종류(효소활성도 1000unit, 24시간)에 따라 총 당 함량은 아밀라아제 9.4%, 펙티나아제 10.4%, 헤미셀룰라아제 17.6%로 나타났다. 또한 전처리 시간이 길어질수록 전처리 공정 후 얻어진 당 추출액의 총 당 함량이 증가하였고, 효소의 활성도가 높아질수록 총 당 함량이 증가한 것을 확인하였다. 그리고 증류수만을 사용하여 전처리한 공정에서도 당 성분이 추출되고, 24시간동안 전처리 시 총 당 함량은 8.9%로 나타났다.

본 연구의 실험 범위에서 얻은 결과를 종합하면, 같은 조건(1000unit, 24시간)하에서 헤미셀룰라아제, 펙티나아제, 아밀라아제, 증류수 순으로 당 추출에 효과적이었다. 효율적인 전처리 조건은 전처리 효소 종류에 따라 차이가 있었다. 전처리액의 온도 40℃, 액비 1:20의 조건에서 아밀라아제와 헤미셀룰라아제는 활성도 1000unit, 펙티나아제는 활성도 500unit으로 24시간 처리하는 것이 가장 효과적인 것으로 나타났다.

Table 3. Comparison of total sugar components(%) determined by phenol-sulfuric acid method depending on enzyme type pretreatment solvent

Time (hour)	Amylase (unit)		Pectinase (unit)		Hemicellulase (unit)				H ₂ O
	500	1000	500	1000	100	300	500	1000	
3	3.18	3.48	2.19	3.53	2.87	4.26	7.15	10.07	3.5
6	3.50	4.72	4.19	5.45	3.72	6.96	8.23	11.65	5.3
12	4.84	5.55	8.85	8.67	7.35	9.42	10.17	11.66	9.0
24	7.03	9.40	10.29	10.36	8.09	12.23	16.00	17.59	8.9

Table 4. Yield of gromwell colorants powder of pretreatment process by different enzyme

Enzyme	H ₂ O	Amylase	Hemicellulase	Pectinase
Yield(%)	5.0	5.9	4.4	9.8

3.3 전처리 공정을 거쳐 제조한 자초 색소 분말의 수율

Table 4는 전처리 효소별 자초 분말의 수율을 비교한 결과이다. 전처리 공정 후 자초 분말을 제조하였을 때, 약 4.4~9.8%로 색소를 얻을 수 있었다. 당 분해에 가장 효과적이었던 효소 헤미셀룰라아제를 사용하면 가장 낮은 수율을 얻었다. 이는 헤미셀룰라아제가 전처리 공정 중 당 성분을 추출하는 것 이외에, 색소 성분도 함께 분리하여 결과적으로 색소의 수율을 저하시키는 것이 원인이라 사료된다. 자초색소 분말의 수율은 펙티나아제, 아밀라아제, 증류수, 헤미셀룰라아제 순으로 높게 나타났다.

3.4 제조한 자초 색소 분말의 UV-Vis 흡수 스펙트럼

Fig. 5는 시코닌 표준품과 본 연구에서 다양한 효소로 전처리하여 제조한 자초 색소 분말의 흡광도를 측정된 결과이다.

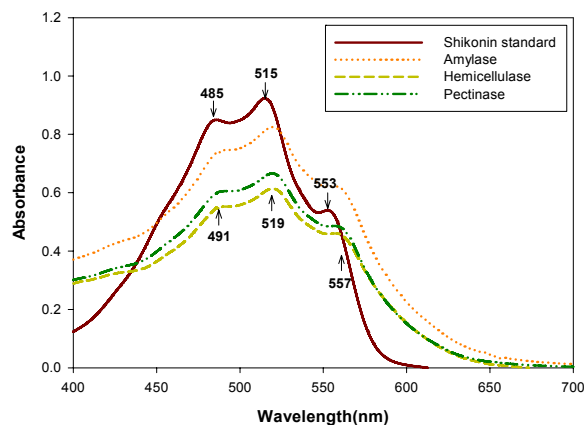


Fig. 5. Visible absorption spectra of gromwell colorants powder with enzyme pretreatment.

가시부(400~700nm)에서 시코닌 표준품은 485nm, 515nm, 553nm이며, 제조된 자초 색소 분말의 피크는 491nm, 519nm, 557nm에서 모두 동일하게 나타났다. 전처리 공정을 거쳐 제조된 자초 분말의 흡광도는 시코닌 표준품과 유사한 형태로 나타나 주 성분이 시코닌으로 판단된다. 또 전처리 효소 종류에 따라 같은 농도에서 자초 색소의 함량은 아밀라아제, 펙티나아제, 헤미셀룰라아제 순으로 높게 나타나 전처리 효소에 따라 색소의 함량의 차이를 확인하였다. 가장 수율이 높은 펙티나아제의 색소함량이 높아 전처리제로 가장 좋은 결과를 보였다.

3.5 자초 색소 분말 염료의 염색성 비교

전처리 효소에 따른 염색직물의 염착량과 색상 차이를 Table 5에 비교하였다. 견직물의 염착량은 7.29~8.41, 모직물은 견직물과 같은 조건에서 염색했을 때 18.47~23.16으로 더 높은 염착량을 나타냈다. 효소의 종류에 관계없이 효소를 이용하여 전처리한 자초 색소는 비슷한 수준의 염착량을 나타낸 것으로 볼 수 있다. 그러나 아밀라아제 전처리 후 제조한 염료는 액상에서 흡광도는 가장 높았으나 실제 염액에서의 염착량은 흡광도가 낮았던 펙티나아제 전처리 후 제조한 염료보다 약간 낮은 결과를 보였다. 이는 염료 내에 시코닌 색소 외에 다른 성분이 포함되어 염색에 영향을 준 것으로 사료된다. 효소를 사용하지 않고 증류수에 침지하여 전처리 공정을 거쳐 제조한 자초색소 분말의 염색성은 상대적으로 낮은 염착량을 나타냈다. 염색한 견직물과 모직물의 색상은 모두 RP계열이었고, 모직물은 대체적으로 L*와 a*와 b* 값이 감소하여 홍색과 청색의 증가에 의해 진한 RP계열의 색상을 나타낸

것으로 보인다. 모든 조건에서 전처리 효소의 종류에 따라 색상은 큰 차이 없이 염색되었다.

3.6 자초색소의 항균성

Fig. 6은 다양한 효소로 전처리하여 제조한 자초색소의 항균성을 한천확산법(Paper disc method)에 의해 측정한 결과이다.

전처리 공정을 거쳐 제조한 자초 색소는 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*)에 대한 항균력이 우수한 것으로 나타났다. Fig. 7은 자초 색소 농도 변화에 따른 항균성 실험 결과, 균저지대의 폭을 정리하여 나타내었다. 대조군으로 사용된 테트라사이클린(tetracyclin)은 여드름 치료에 사용되는 항생제로 알려져 있다¹⁷⁾. 테트라사이클린 10 μ g은 12mm의 균저지대가 형성되어 항균성이 매우 우수하였다. 아밀라아제로 전처리한 자초색소의 항균성은 0.1mg일 때 2mm, 0.3mg일 때 2mm, 0.5mg일 때 3mm의 균저지대가 형성되었고, 헤미셀룰라아제로 전처리한 자초색소의 항균성은 0.1mg일 때 2mm, 0.3mg일 때 2mm, 0.5mg일 때 3mm의 균저지대가 형성되었고, 펙티나아제로 전처리한 자초색소의 항균성은 0.1mg일 때 2mm, 0.3mg일 때 2mm, 0.5mg일 때 3mm

의 균저지대가 형성되었고, 증류수로 전처리한 자초색소의 항균성은 0.1mg일 때 2mm, 0.3mg일 때 2mm, 0.5mg일 때 3mm의 균저지대가 형성되었다. 이는 저지대의 폭이 1.5~2.0mm를 weakly positive, 3.0를 strong positive, 4.0mm 이상을 respectable로 판정한 선행연구에 따라 판단¹²⁾하면, 자초색소는 전처리 공정 후 제조한 자초색소 모두 0.1mg일 때 2mm의 균저지대가 형성되어 'weakly positive'급이고, 0.3mg의 자초색소에서는

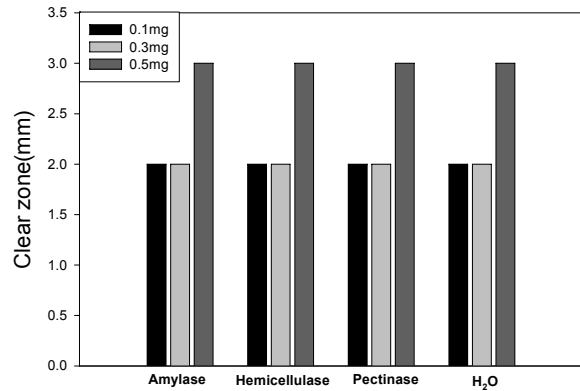


Fig. 7. Effect of antibacterial activity depending on gromwell colorants concentration.

Table 5. Effect of pretreatment enzyme on dyed color

Enzyme	Fabric	K/S	H V /C	L*	a*	b*	ΔE
Amylase		7.58	3.9RP 3.1/2.9	32.04	12.29	-3.64	62.21
Hemicellulase	Silk	7.63	3.5RP 3.1/2.8	31.50	11.73	-3.92	62.65
Pectinase	(540nm)	8.41	4.1RP 3.0/2.9	30.62	12.27	-3.56	63.58
H ₂ O		7.29	5.1RP 3.2/3.0	32.75	12.80	-2.47	62.02
Amylase		22.6	4.5RP 1.7/1.2	17.88	5.07	-2.14	68.26
Hemicellulase	Wool	23.16	4.9RP 1.7/1.2	17.38	5.11	-2.06	68.75
Pectinase	(560nm)	23.05	5.2RP 1.7/1.2	17.47	5.24	-2.01	68.66
H ₂ O		18.47	3.6RP 1.9/1.4	20.01	5.66	-2.52	65.41

(0.5% o.w.b, 80 $^{\circ}$ C, 60min, 1:50, pH 7)

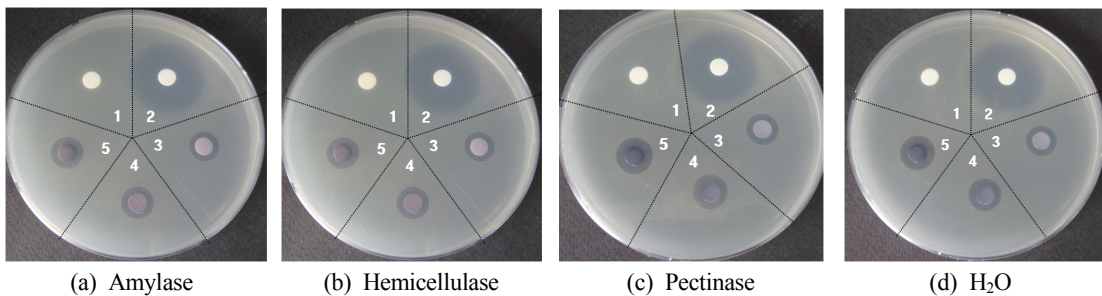


Fig. 6. Antibacterial activity depending on Gromwell colorants concentration.
1. Control(H₂O) 2. Tetracyclin- 10 μ g 3. 0.1mg 4. 0.3mg 5. 0.5mg

3mm의 균저지대가 형성되어 ‘strong positive’급으로 항균력이 매우 우수하였다.

전처리 공정 시 당 추출을 위한 다양한 효소 처리는 항균성 결과에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 자초 색소 농도가 높아질수록 항균성 측정 결과 균저지대의 폭이 넓어졌다. Shigeo 등은 자초 추출물의 지용성 분획으로부터 항균작용을 나타내는 물질을 분리하는 과정에서 단리된 시코닌 및 그의 유도체의 항균성 실험을 한 결과 모두 항균성을 나타내었다고 보고 하였는데¹⁶⁾, 본 연구에서 자초 색소의 농도 증가로 인해 균 저지대 폭이 증가된 것으로 사료된다. 또한 미량의 색소에도 항균력을 나타내는 것으로 보아 본 연구 결과 제조한 자초 색소의 항균성은 매우 우수한 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 자초색소 분말의 제조 공정을 확립하기 위해 3종의 효소와 증류수를 전처리제로 사용하여 당 추출 효과를 조사하였으며, 제조한 자초 분말의 흡광도와 염색성, 항균성을 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전처리 효소의 활성도, 침지시간에 따른 당 추출 효과는 헤미셀룰라아제, 펙티나아제, 아밀라아제, 증류수 순으로 우수하였다.
2. 전처리는 색소 추출 시 함께 추출되는 당 성분으로 인한 고점성의 문제를 해결하여 분말색소를 제조하는 효과적인 방법이다.
3. 전처리 공정을 거친 후 자초색소 분말의 수율은 약 4.4~9.8%로 나타났으며, 펙티나아제 전처리 후 수율이 가장 높았다.
4. 전처리 공정을 거친 자초색소 분말은 491nm, 519nm, 557nm에서 최대 흡수 피크를 나타내어 시코닌 표준품의 흡수피크와 큰 차이가 없었다.
5. 자초 색소 분말로 염색한 직물의 색상은 모두 RP계열이고, 색소 분말의 염착량은 효소로 전처리 한 직물의 염착량이 증류수로 전처리한 색소보다 더 높았으며, 견보다 모직물의 염착량이 매우 높게 나타났다.
6. 증류수로 전처리하여 제조한 자초 분말 색소의 항균성은 미량에도 강한 항균력을 나타내어 매우 우수한 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 20100021015).

참고문헌

1. S. W. Nam and K. T. Kim, Preparation and Screen Printing of Natural Dye Powders, *Textile Coloration and Finishing(J. of Korean Soc. Dyers & Finishers)*, **22**(4), 314-324(2010).
2. C. Y. Kim and Y. S. Shin, Eco-printing Using Chitosan and Natural Colorants(1), *Textile Coloration and Finishing(J. of Korean Soc. Dyers & Finishers)*, **23**(2), 90-99(2011).
3. Y. S. Shin, A. R. Cho, and D. I. Yoo, Natural Indigo Dyeing of Cotton Fabric - One-step Reduction/Dyeing Process -, *Textile Coloration and Finishing(J. of Korean Soc. Dyers & Finishers)*, **22**(2), 101-109(2010).
4. Y. S. Shin, A. R. Cho, and D. I. Yoo, Hair-dyeing by using Pomegranate Hull Extract, *Textile Coloration and Finishing(J. of Korean Soc. Dyers & Finishers)*, **20**(6), 42-50(2008).
5. K. W. Lee, J. H. Lee, S. J. Eum, E. M. Bae, T. Y. Kim and S. H. Yoon, Natural Dyeing of Sangju Silk with Mulberry Extract Solution, *Textile Coloration and Finishing(J. of Korean Soc. Dyers & Finishers)*, **22**(3), 207-213(2010).
6. S. W. Nam, Dyeing with Natural Dyes, *Fiber Technology and Industry*, **2**(2), 238-257(1998).
7. H. Choi and Y. S. Shin, Analysis of Characteristics and Dyeing Properties of Gromwell Colorants (Part 1) - Components and Characteristics of Gromwell Colorants, *J. Korean Society of Clothing and Textiles*, **24**(7), 1081-1087(2000).
8. A. Y. Park, Color and Mordant Effect of Gallnut on Gromwell - Dyed Silk Fabrics, M.S. Thesis, Sookmyung Women's University, 2008.
9. Y. H. Park and Y. J. Nam, The Antibacterial Activity and Deodorization of Fabrics Dyed with *Lithospermi Radix* Extract, *J. Korean Society of Clothing and Textiles*, **27**(1), 60-66(2003).
10. J. H. Ju, H. H. Cho and Y. S. Lee, Progress on Phytochemical and Atopic Dermatitis-related Study of the Root of *Lithospermum Erythrorhizon*, *J. Pharmacognosy*, **41**(2), 73-88(2010).
11. Y. L. Jang, A Study on Dyeing according to pH and Mordant in Dyeing of Gromwell, M.S. Thesis, Ehwa Women's University, 2010.
12. M. D. Bois, K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers and F. Smith, Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances, *Anal. Chem.*, **28**(3), 350-356(1956).

13. A. K. Saha and C. F. Brewer, Determination of the Concentrations of Oligosaccharides, Complex Type Carbohydrates and Glycoproteins Using the Phenol-Sulfuric acid Method, *Carbohydrate Research*, **254**(17), 157-167(1994).
14. T. Masuko, A. Minami, N. Iwasaki, T. Majima, S. I. Nishimura and Y. C. Lee, Carbohydrate Analysis by a Phenol-Sulfuric acid Method in Microplate Format, *Analytical Biochemistry*, **339**(1), 69-72(2005).
15. S. C. Choi and J. S. Jung, Studies of Antimicrobial from Extracts of *Impatiens Balsamina* (I), *Textile Science and Engineering(J. Korean Fiber Society)*, **34**(6), 393-399(1997).
16. S. Tanaka, M. Tajima, M. Tsukada and M. Tabata, A Comparative Study on Anti-Inflammatory Activities of the Enantiomers, Shikonin and Alkannin, *J. Nat. Prod.*, **49**(3), 466-469(1986).
17. <http://en.wikipedia.org/wiki/Tetracycline>