

홍화색소의 일반추출과 셀룰라아제추출의 비교연구*

Comparison Studies between Conventional Hot Water and Cellulase Extraction for Safflower Dye stuff*

원광대학교 생활과학대학 의상학과
교수 신인수
강사 홍경옥
생명공학연구원 환경생물소재연구실
박사 오태광

Dept. of Clothing, Wonkwang University
Professor : Shin, In-Soo
Lecturer : Hong, Kyung-Ok
Environmental Bioresources Lab, KRIBB
PH.D. : Oh, Tae-Kwang

◀ 목 차 ▶

- | | |
|---------------|--------|
| I. 서론 | IV. 결론 |
| II. 실험재료 및 방법 | 참고문헌 |
| III. 결과 및 고찰 | |

<Abstract>

Natural red and yellow dyestuff was extracted from safflower (*Carthamus tinctorius* Linnaeus) by a new process of cellulase extraction compared with the conventional hot water extraction. Dyestuffs were extracted from safflower easily and repeatedly by means of cellulase as safflower cell wall destroyer. It means that new dyestuff extraction by cellulase improves not only yields of dyestuff from safflower successfully but also the rate of repetition of extraction. From the above experiments, the conclusions of this study were summarized as follows.

1. The optimum conditions of dyestuff extraction from safflower by general extraction method were that the solvent was the water of pH 6.0 on yellow dyestuff and 3% K_2CO_3 solution on red dyestuff, extraction temperature was 55°C, and extraction time was 30 min.

* 이 논문은 2000년도 교비지원에 의해 수행된 연구임.

2. Among various cellulase, the NOVO cellulase was the best cell wall destroyer of safflower and finally produced the largest amount of dyestuff from safflower by cellulase extraction method.
3. The optimum conditions of dyestuff extraction by cellulase extraction method were conducted on 10 unit of cellulase per gram of safflower at 100ml/ water of pH 5.0 at 50°C for 30 min.

주제어(Key Words): 홍화색소(safflower dyestuff), 섬유소분해효소(cellulase), 색소추출(dyestuff extraction)

I. 서론

세계적인 녹색운동(green campaign)의 일환으로 환경보존형 기술이 확산되어 인간의 건강과 안전 및 환경오염 예방에 대한 사회적 인식이 증가되면서, 의류(衣類)의 염색분야에서도 자연친화적인 천연염료 염색에 대한 관심이 높아지고 이에 따라 천연염색을 산업적으로 활용할 수 있도록 하기 위한 노력이 다방면으로 이루어지고 있다.²⁾³⁾⁴⁾⁶⁾ 더욱이 천연염료는 다양한 색상을 얻을 뿐만 아니라 대부분이 다양한 식물로부터 추출되기 때문에 해당식물 자체가 갖고 있는 방균(防菌) 효과와 피부보호 효과와 같은 기능성이 있으므로 부가적인 가치도 기대할 수 있다.⁵⁾¹⁰⁾⁹⁾ 일본의 경우 천연염료의 정제 및 분말화, 엑기스화 기술이 발달하여 염재와 매염제는 물론, 염색 상품이 활성화되고 있으나¹¹⁾ 국내의 경우 자연상태의 천연재료에서 최종제품을 생산하기까지 매우 긴 시간이 걸리고 색소성분의 추출이 비균질하고 정량화되지 못한 까닭으로 복잡하고 까다로우며 노동집약적 활동이어서 경제성이 결여되고 있다. 따라서 천연염색물을 대량생산하려면 염료제조 공정을 단순화시킨 기계화, 상품화가 필요하다고 본다.

본 연구는 이러한 과제를 해결하기 위하여 인류가 가장 많이 사용했던 적황색계 천연염료 중 홍화(紅花)를 연구대상으로 정하고 홍화로부터 염료추출 방법을 섬유소분해효소인 셀룰라아제(Cellulase)를 사용하여 홍화 속에 존재하는 섬유소를 분해시켜 염료의 용출을 쉽게 함으로서 효율성이 높은 새로운 색소추출 방법을 확립하고자 한다.

홍화는 꽃잎색소의 경우 수용성인 황색소(carthamin)와 불용성인 홍색소(carthamone)의 두

종류가 함유되어 있다. 한방에서는 통경(通經), 어혈(瘀血), 지혈(止血), 부인병(婦人病), 해산촉진(解産促進) 등의 약재로 쓰이고 있으며 근래에는 한약재로서의 효능이 크게 입증되면서 경제적인 작물로 인정되어 수요량이 증가함에 따라 그 경작지가 확대되어 늘어날 전망이다. 이런 이유로 홍화를 염료로 사용 시 원료물질의 공급은 문제가 없을 것으로 보이며 나아가 홍화를 이용한 효율적이고 표준화된 염료추출 개발의 중요성은 한층 더 부각된다고 할 수 있다.¹⁾

섬유소분해효소 셀룰라아제(cellulase)는 불용성 고분자 섬유소(cellulose)를 분해하여 글루코스(glucose), 셀로비오스(cellobiose), 셀로올리고당(cello-oligosaccharide) 및 저분자 섬유소로 분해하는 효소인데 섬유소 분해효소는 한 개의 효소가 아닌 복합효소로 구성되어 있고, 구성효소는 1,4-β-D-glucanglucanohydrolase(Endo-glucanase, C_x, EC3.2.1.2), 1,4-β-D-glucanocellobiohydrolase(Exo-glucanase, C₁, EC3.2.1.91), -glucosidase(Cellobiase, EC3.2.1.21)¹³⁾로 이루어져 있다. 이러한 셀룰라아제는 생산하는 미생물의 종류에 따라서 endo-glucanase, exo-glucanase 및 β-glucosidase의 함량이 다르기 때문에 사용목적에 따라 셀룰라아제를 선정해야 된다. 또한 셀룰라아제는 식물성 식품에서 식물 자체의 지지대(持持帶) 역할을 하는 섬유소를 분해하기 때문에 함유하고 있는 유효성분의 추출 효율을 높여 주므로 현재 유효성분 추출공정에 많이 사용되고 있다. 대표적인 예로서 팥앙금 제조 시 팥에 셀룰라아제를 처리하면 앙금의 생산효율을 높일 수 있다는 공업적인 보고¹²⁾가 있다. 이와 같은 원리로 염료추출시 셀룰라아제를 이용하면 천연염료 추출의 어려움을 획기적

으로 해결할 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 홍화염재의 색소를 효율적으로 추출하기 위하여 일반적인 홍화색소 추출법과 셀룰라아제 첨가에 의한 홍화색소 추출법을 비교 분석하고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

1) 염재

홍화염재(중국산)는 색깔이 선명하고 건조 상태가 좋은 꽃잎을 시중 한약방에서 구입하여 사용하였다.

2) 시약

에탄올 (Merck), 메탄올 (Merck), 핵산 (Samchun), 클로로포름 (Junsei), K_2CO_3 (KANTO), NaOH (Junsei), KOH (Duchefa), Na_2CO_3 (Samchun), HCl (Junsei), carboxy methyl-cellulose sodium salt (Sigma) 특급 시약을 그대로 사용하였다.

3) 셀룰라아제

NOVO (Nordisk of North America, Inc. Enzyme Products : pH 5.0), Ap3 (*Aspergillus niger cellulase*), 개발품(생명공학연구소 개발품: 이후부터는 DP라고 함), Newmix (*Cellulase mixture*), *Trichoderma Viride* (SIGMA-ALDRICHCHEMIZ GmbH P.O.1120, 89552 Steinhei m, Germany)를 냉장, 보관하면서 사용하였다.

2. 실험방법

1) 색소추출

(1) 일반적인 방법에 의한 색소추출

① 황색소의 추출

황색소 색소추출을 위한 용매로 물, 에탄올, 메탄올, 핵산, 클로로포름 50 ml에 건조된 홍화염재를 각

각 0.5 g씩을 넣고 37°C의 항온수조 속에서 30분 동안 처리한 다음 체(500 mesh)로 여과하였다. 그런 다음 원심분리기로 5000 rpm에서 10분간 색소를 추출한 후, UV Spectro -photometer로 흡광도 380 nm에서 측정하였다. 그 결과 물이 가장 우수한 용매로 판정되었다. 따라서 추출온도, 시간, pH는 증류수로 실험하였다.

추출온도는 항온수조에 설치한 반응기에 증류수 50 ml와 건조된 홍화염재 0.5 g씩을 넣고 추출온도 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85°C에서 30분씩 교반(회전속도 : 5 rpm)한 후 체로 여과한 다음, 5000 rpm으로 10분간 원심분리하여 색소를 추출하였다.

추출시간은 증류수 50 ml에 건조된 홍화염재 0.5 g씩을 넣고 37°C의 항온수조 속에서 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60분으로 변화를 주었으며 색소를 추출한 후 체로 걸렀다.

추출 pH는 3N HCl과 5N NaOH로 pH 2~11.0 상태로 만들어 놓은 각각의 증류수 50 ml에 건조된 홍화염재 0.5 g씩을 넣고 37°C의 항온수조 속에서 30분 동안 추출하였다

② 홍색소의 추출

홍색소 추출을 위한 용매로, 10% stock solution으로 된 K_2CO_3 , NaOH, KOH, Na_2CO_3 를 0.25, 0.5, 1, 2, 3% 용액으로 만든 다음, 황색소가 거의 제거되어 건조된 홍화염재를 10 g/l의 액비로 넣어 주고 37°C의 항온수조 속에서 30분 동안 처리한 다음, UV Spectrophoto -meter로 흡광도 440 nm에서 측정하였다. 홍색소 추출을 위한 온도, 시간, pH는 황색소의 추출조건과 동일한 조건에서 추출하였다.

(2) 셀룰라아제에 의한 색소추출

홍화 세포벽의 섬유소 분해에 적합한 셀룰라아제를 결정하기 위하여 여러 가지 종류의 셀룰라아제 (NOVO, Ap3, 개발품(DP), Newmix, *Trichoderma viride*)를 이용하였다. 셀룰라아제처리에 의한 색소 추출은 일반색소추출과 동일한 조건하에서 셀룰라아제만을 첨가하였다. 셀룰라아제에 의한 색소 추출시 세포벽의 파괴정도는 홍화의 세포벽에서 파괴된 글루코스 량 (μ mM)으로 환산하여 표시하였다.

2) 셀룰라아제의 역가 (Unit)

셀룰라아제의 역가 (unit)는 Mandels¹⁴⁾의 방법에 의해서 측정했는데 무정형 섬유소의 분해력은 carboxymethyl cellulose sodium salt를 기질로 하는 Endo-Glucanase의 역가로 측정했고 결정형 섬유소의 분해력은 여지 (Whatman No.1)를 기질로 하는 Exo-Glucanase의 역가로 측정하였다. 셀룰라아제의 역가 1 unit (U)는 1분 동안 1 μ mol의 글루코스를 생산하는 효소의 양으로 하였다.

3) 글루코스 (glucose)량 정량

글루코스 (glucose)의 정량은 DNS 방법¹⁵⁾에 의해서 측정하였다. 시료 1 ml에 3 ml의 DNS시약을 넣고 끓는물에서 5분간 가열하여 발색시킨 후 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이를 글루코스 표준시료로 사용하여 동일한 조건하에서 발색시킨 다음, 측정된 흡광도와 비교하므로써 글루코스의 량을 정량하였다.

III. 결과 및 고찰

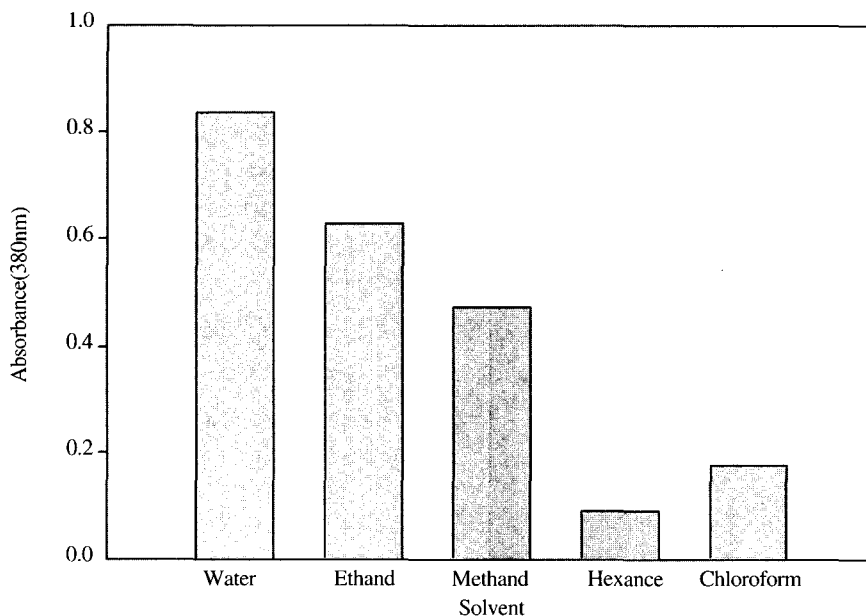
1. 홍화의 일반 추출조건

1) 홍화의 황색소 추출용매

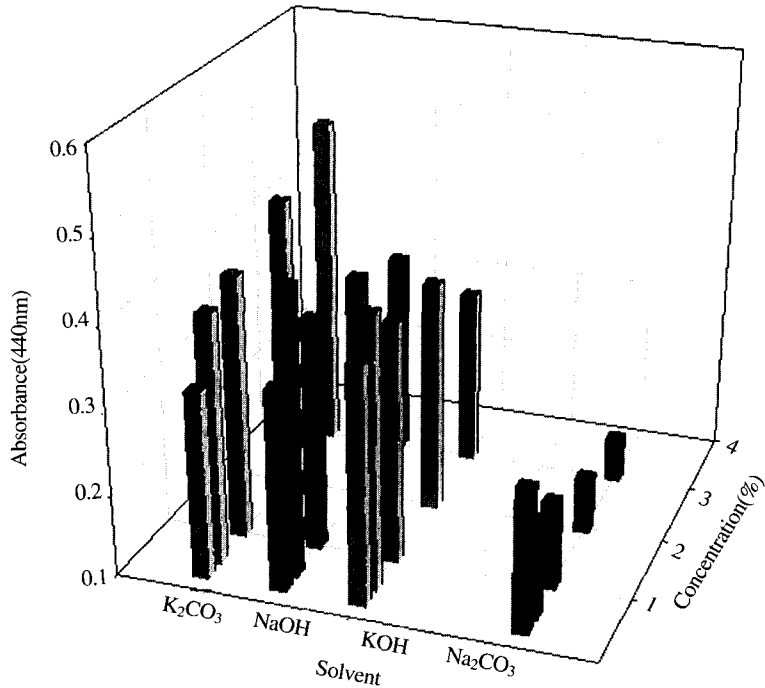
홍화의 황색소를 용제별로 추출하여 본 결과를 <Fig. 1>에 나타내었다. 추출용액을 380 nm에서 흡광도를 측정한 결과 <Fig. 1>에서 보는 바와 같이 물이 0.838의 흡광도를 나타내어 색소가 가장 많이 추출되었고 에탄올, 메탄올, 클로로포름, 헥산 등의 친수성이 높은 용매순으로 많이 추출되었다. 따라서 홍화로부터 황색소를 추출하는 경우는 물과 친화력이 높은 친수성 용매를 사용하는 것이 좋을 수 있었다. 따라서 이 후 실험에서는 물을 용매로 하였다.

2) 홍화의 홍색소 추출용매

홍화색소의 홍색소를 용제별로 추출하여 본 결과는 <Fig. 2>에서와 같이 나타냈다. 홍색소 추출시 침



<Fig. 1> Effects of solvent on extraction of dyestuff from Safflower (10 g/l, 37°C, 30 min).



<Fig. 2> Effects of various chemical reagents on extraction of red dyestuff from Safflower(10g/l, 37°C, 30min).

가하는 알칼리로는 3% K₂CO₃ 용액이 <Fig. 2>에 나타난 바와 같이 440 nm에서 가장 높은 흡광도를 나타내어서 가장 잘 추출되었고 NaOH, KOH, Na₂CO₃ 순서로 흡광도 차를 보여주었다. 이런 결과에서 홍색소의 추출은 3% K₂CO₃ 수용액을 사용할 때 가장 홍색소가 많이 추출되었다. 그러므로 홍화의 홍색소를 추출할 때는 3% K₂CO₃를 사용하여 실험하였다.

3) 추출 온도

홍화 1 g을 100 ml의 증류수에 넣고서 온도를 달리하며 먼저 홍화의 황색소를 추출하고 난 다음, 홍색소는 3% K₂CO₃ 용액으로 온도를 달리하며 1시간 추출한 결과 <Table 1>과 같았다. 즉 황색소 및 홍색소 모두 55°C에서 최대색소추출을 보여서 일반추출의 추출온도를 55°C로 결정하였다

<Table 1> Effects of temperature for dyestuffs extraction from safflower (10 g/l, pH 6.0, 30 min).

Temperature (°C)	Relative dyestuff content(%)	
	Yellow dyestuff	Red dyestuff
25	54.2	58.1
35	73.9	67.5
45	92.4	87.1
55	100.0	100.0
65	90.4	84.5
75	86.4	84.1
85	74.3	64.1

4) 추출 pH

결정된 추출온도에서 100 ml의 증류수에 pH를 달리하여 동일한 조건으로 먼저 황색소를 추출하고 용매를 3% K₂CO₃ 용액으로 홍색소를 각기 추출한

<Table 2> Effects of pH for dyestuffs extraction from safflower (10 g/l, 37°C, 30 min).

pH	Relative dyestuff content(%)	
	Yellow dyestuff	Red dyestuff
2.0	88.8	71.3
3.0	95.1	71.9
4.0	100.0	84.0
5.0	100.0	96.0
6.0	98.8	100.0
7.0	97.7	98.8
8.0	94.9	78.0

결과 <Table 2>와 같이 pH 6.0에서 최대색소추출량을 나타내었다.

5) 추출시간

홍화 1 g을 pH 6.0으로 조정된 100 ml의 수용액에 넣고서 55°C로 맞춘 다음 시간을 달리하여 황색소와 홍색소를 각기의 방법에 따라 추출한 <Table 3>의 결과와 같이 30분 이상 추출시 더이상의 색소가 추출되지 않아서 일반추출시간을 30분으로 하였다. 이상의 결과에서 홍화색소의 일반추출시 황색소는

<Table 3> Effects of extraction time for dyestuff extraction from safflower (10 g/l, 55°C, pH 6.0).

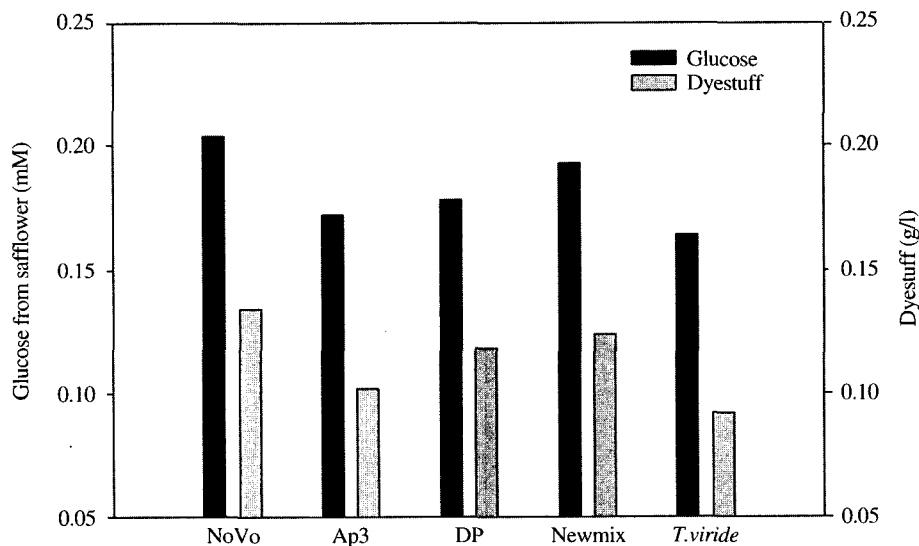
Extraction times (min)	Relative dyestuff content(%)	
	Yellow dyestuff	Red dyestuff
5	64.5	61.3
10	82.1	69.2
20	82.8	81.0
30	86.5	95.6
40	88.6	100.0
50	96.3	95.6
60	100.0	76.8

홍화 1 g을 pH 6.0으로 조정된 100ml의 증류수에 넣고 55°C Waterbath에서 30분간 추출하였고, 홍색소는 황색소를 추출하고 난 후 다시 3% K₂CO₃ 용액을 넣고서 55°C에서 30분간 추출하였다.

2. 셀룰라아제에 의한 홍화색소 추출

1) 홍화색소 추출시의 셀룰라아제

여러 가지 종류의 섬유소분해효소인 셀룰라아제를 이용하여 홍화의 색소추출 정도와 세포벽 파괴



<Fig. 3> Effects of various cellulases on dyestuff yield from Safflower (6 unit / ml).

정도를 분해된 환원당인 글루코스의 양으로 표시한 것은 <Fig. 3>에 나타난 바와 같다. NOVO 셀룰라아제가 <Fig. 3>에서 보는 바와 같이 가장 많은 환원당인 글루코스가 생성되었는데 이는 홍화의 세포벽이 많이 파괴되므로서 세포벽내의 색소가 쉽게 용출됨에 따라 색소 추출량도 가장 많았다. 다음으로 Newmix, Ap3, 개발품(DP), *Trichoderma viride* 셀룰라아제 순으로 세포벽 파괴와 색소추출량이 많았다. 이상과 같은 결과로 세포벽이 파괴되는 정도인 글루코스의 생성량과 색소의 추출정도가 비례하는 것으로 보아 홍화의 세포벽파괴는 색소추출에 높은 상관관계를 가짐을 알 수 있다.

이와 같은 결과를 토대로 하여 이후의 실험에서는 셀룰라아제로 Novo제품을 사용하였다.

2) 홍화색소 추출시 셀룰라아제의 처리조건

(1) 셀룰라아제의 처리농도

셀룰라아제에 의한 홍화의 세포벽 파괴의 지표로 글루코스가 생성되는데, 글루코스의 생성량에 비례적으로 색소가 많이 추출된다는 <Fig. 3>의 결과에 따라 홍화 10 g/l에 각기 다른 농도(unit)의 셀룰라

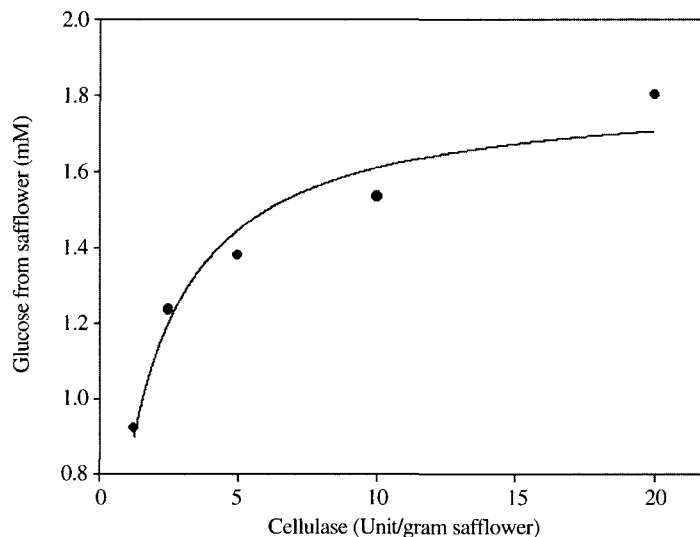
아제를 처리하여 세포벽 파괴정도를 글루코스 생성량으로 조사한 결과는 <Fig. 4>에 나타난 바와 같다. 홍화의 세포벽 분해정도는 셀룰라아제 양이 10 unit까지는 글루코스 양이 급격하게 증가하다가 그 이후에는 완만하게 증가하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과로 홍화 10 g/l에서의 효율적인 색소추출을 위한 셀룰라아제의 처리농도는 홍화 1 g당 10 unit의 셀룰라아제 처리로서도 충분한 것임을 알 수 있었다. 이에 따라서 홍화의 색소 추출시 셀룰라아제는 홍화 1 g당 10 unit의 셀룰라아제를 사용하였다.

(2) 셀룰라아제의 처리시간

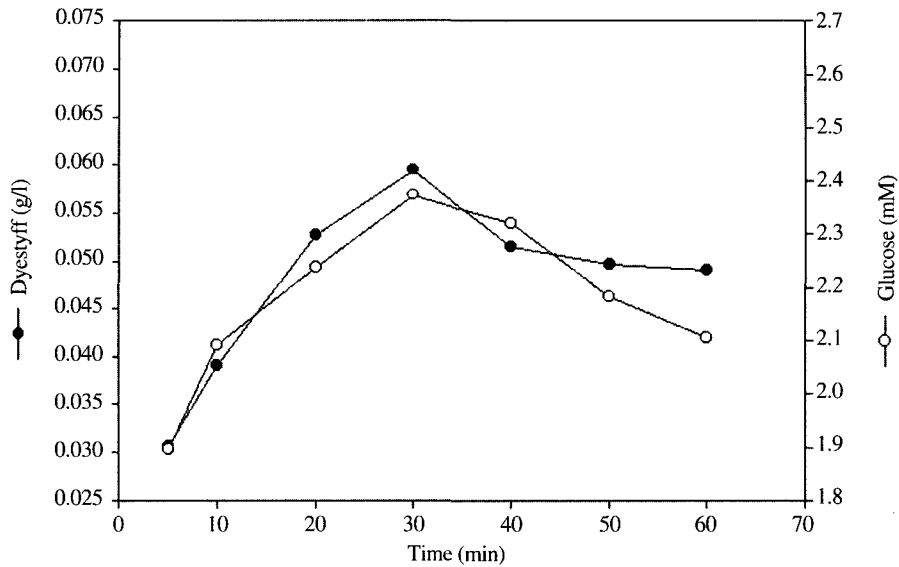
홍화에 셀룰라아제를 처리한 후 처리시간에 따라 색소추출량과 세포벽 파괴정도를 조사한 결과는 <Fig. 5>에 나타난 바와 같다. 셀룰라아제를 처리한 후 30분까지는 색소 추출량과 세포벽 파괴정도가 크게 상승되지만 그 이후부터는 약간 감소되는 것으로 보아 셀룰라아제를 이용한 홍화에서의 색소 추출시간으로는 30분 정도가 적절하였다.

(3) 셀룰라아제의 최적온도

홍화에서 색소를 추출하기 위한 셀룰라아제의 최



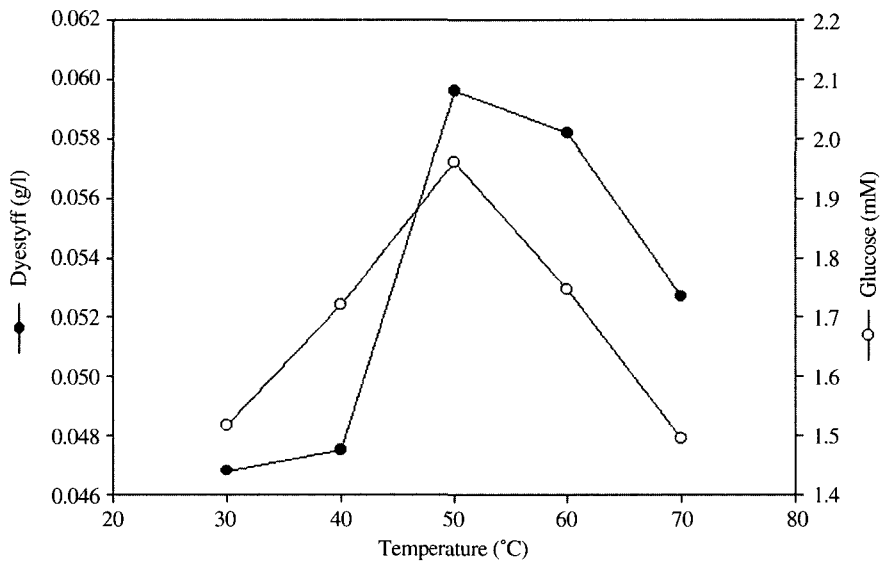
<Fig. 4> Effects of cellulase concentration on degradation of Safflower cellulose (as indicator of glucose production).



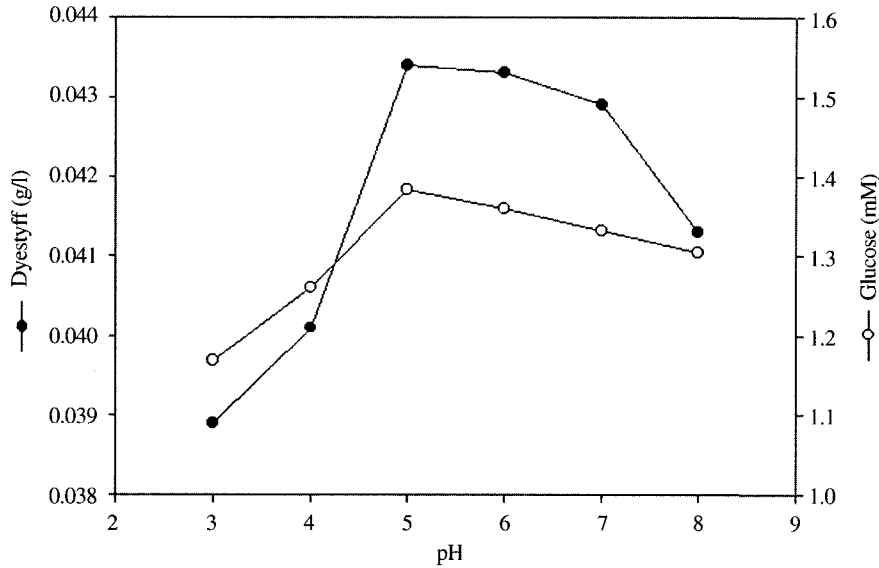
<Fig. 5> Effects of extraction time on dyestuff production from Safflower by cellulase extracted method.

적반응 온도를 조사하기 위해 추출온도를 달리하여
홍화 1 g에 10 unit의 셀룰라아제를 첨가하고 30분간
처리한 후 세포벽 파괴정도와 색소 추출량을 조사

한 결과는 <Fig. 6>에 나타난 바와 같다. 추출온도
50°C에서 세포벽 파괴정도를 나타내는 글루코스 생
산량과 색소추출량이 가장 많았다. 50°C 이상의 온



<Fig. 6> Effects of temperature on dyestuff productivities from Safflower by cellulase extracted method.



<Fig. 7> Effects of pH on dyestuff productivities from Safflower by cellulase extracted method.

도에서는 세포파괴 정도와 색소추출량이 동시에 감소하는 경향을 보여주고 있는데, 이는 셀룰라아제가 50°C 이상에서는 열변성화⁷⁾ 되면서 홍화의 섬유소를 더 이상 분해하지 않기 때문에 나타나는 현상이다. 따라서 색소 추출량과 세포의 파괴 정도를 나타내는 글루코스 양은 50°C에서 제일 많음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 곰팡이계 셀룰라아제의 최적 온도가 50°C인 오 등⁸⁾의 결과와 일치한다.

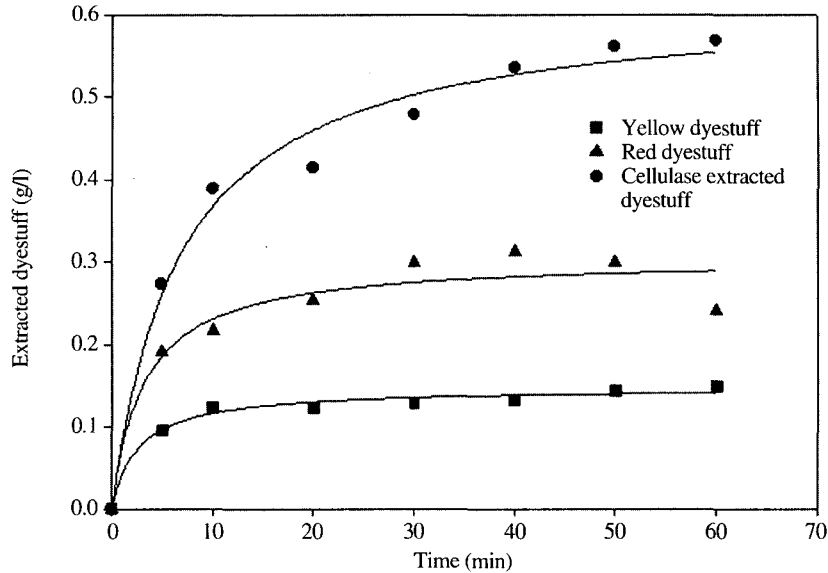
(4) 셀룰라아제의 최적 pH

홍화 1 g을 100 ml의 증류수에 넣고 10 unit의 셀룰라아제를 첨가한 다음 50°C에서 30분간 추출하였는데 이 때 사용한 증류수는 pH를 달리하였다. 그 결과 세포벽 분해량(글루코스 생성량)과 색소추출량은 <Fig. 7>과 같이 나타났는데 pH 3~5 영역에서는 약산성 쪽으로 갈수록 셀룰라아제의 역가가 증가하였고, 알칼리성일 경우에는 서서히 감소됨을 보였다. 따라서 pH 5.0 정도가 최적반응 조건임을 알 수 있었으며 동일한 결과로 색소의 추출도 셀룰라아제의 최적 pH인 5.0에서 가장 잘 추출되었다. 이는 셀룰라아제의 최적 pH가 5.0인 결과⁸⁾와도 잘 일

치한다. 이상과 같은 결과에서 셀룰라아제에 의한 홍화색소 추출은 홍화 1 g에 10 unit의 셀룰라아제를 pH 5.0으로 맞춘 10 ml의 증류수를 사용하여 50°C에서 30분간 추출하면 색소추출량이 가장 많음을 알 수 있다.

2. 일반적인 색소추출과 셀룰라아제 색소추출의 비교

홍화에서 색소를 추출하기 위한 일반적인 추출방법으로는 황색소의 경우 55°C에서 물을 용매로, 홍색소의 경우는 황색소를 추출한 후의 홍화 잔사에 3% K₂CO₃ 용액을 용매로 사용하여 추출하였고, 셀룰라아제에 의한 색소추출은 실험결과에 의해서 선정된 최적 조건으로 추출한 결과 <Fig. 8>과 같이 나타났다. 시간이 증가함에 따라 일반추출과 셀룰라아제 추출방법 모두 색소 추출량은 계속 증가하는 경향을 보였다. 추출시간을 30분으로 했을 때의 일반추출의 경우는 황색소가 0.1 g/l, 홍색소가 0.25 g/l, 셀룰라아제 추출의 경우가 0.5 g/l의 색소를 추출할 수 있었다. 즉 셀룰라아제 추출시 일반추출에 비해



<Fig. 8> Effects of time on dyestuff productivities by general extracted method and cellulase extracted method (10 g/l, 55°C, pH 6.0).

서 약 1.5배(셀룰라아제추출 (0.5 g)/일반추출 황색소 (0.1 g)+홍색소 (0.25 g)) 정도의 높은 색소 추출량을 나타내어서 추출효율이 훨씬 뛰어남을 알 수 있었다. 아울러 일반추출의 경우는 황색소를 먼저 추출하고 난 후, 3% K_2CO_3 용액을 사용하여 홍색소를 추출하는데 비해서 셀룰라아제추출의 경우는 셀룰라아제를 처리함으로써 황색소와 홍색소를 동시에 처리할 수 있었다.

IV. 결 론

본 연구는 홍화 염색을 효율적으로 추출하기 위하여 기존에 사용되어 왔던 일반적인 색소추출 방법에 셀룰라아제의 첨가를 시도하여 보았다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 일반적인 홍화색소 추출방법은 1 g의 홍화에 pH 6.0으로 조정된 증류수를 넣고서 55°C에서 30분간 추출하여 황색소를 얻는 것이었으며, 이 후 3% K_2CO_3 용액을 100 ml 넣고서 55°C에서 30분간 추

출하여 홍색소를 얻는 것이었다.

2. 셀룰라아제에 의한 홍화색소 추출방법의 최적조건은 pH 5.0으로 조정된 100 ml의 증류수에 1 g의 홍화를 넣고서 셀룰라아제를 10 unit 첨가하여 30분간 처리하였을 때였다.

이러한 결과는 홍화로부터 색소추출시, 시도된 셀룰라아제 색소 추출법이 일반적인 홍화색소 추출법에 비하여 다량의 색소가 미세하고도 쉽게 용출되어짐을 알 수 있었다. 따라서 이들 결과를 바탕으로 한 향후 셀룰라아제를 통한 효과적인 색소추출법은 염료의 고농도와 고순도의 천연염료액을 제조할 수 있을 뿐 아니라 환경친화적인 천연염료로서의 대중화와 실용화 및 고부가가치 천연염료의 효율적인 제조를 증대시킬 수 있으리라 본다.

■ 참고문헌

- 1) 김태정(1996). 한국의 자원식물 IV. 서울: 서울대학교 출판부, 298.
- 2) 남성우 외(1995). 전통 천연염료 염색방법의 현

- 대화. 과학기술 제1차년도 연차보고서.
- 3) 남성우 외(1996). 전통 천연염료 염색방법의 현 대화. 과학기술 제2차년도 최종보고서.
 - 4) 남성우, 정인모, 김인희(1995). 천연염료에 의한 면섬유의 염색(I) -홍화-. 한국염색가공학회지, 7(2), 47-54.
 - 5) 배순이(1999). 양파외피 천연색소의 염색특성에 관한 연구. 원광대 박사학위논문.
 - 6) 소황옥(1995). 식물성 천연염료의 색소추출과 염색조건의 표준화를 위한 실험연구. 과학기술처 제1차년도 연구보고서.
 - 7) 오태광, 박관화(1989). 면역학적 방법에 의한 cellobiohydrolase의 열역학적 특성. 한국산업미생물학회지, 17(4), 365-368.
 - 8) 오태광, 박관화(1988). *Trichoderma viride*가 생산하는 cellobiohydrolase의 분리 및 특성. 한국산업미생물학회지, 16(3), 219-223.
 - 9) 용광중, 김인희, 남성우(1999). 황벽추출액에 의한 면 염색물의 항균 소취성. 한국염색가공학회지, 11(1), 9-15.
 - 10) 이상락, 이영희, 김인희, 남성우(1995). 천연염료를 이용한 염색물의 항균, 소취성에 관한 연구(I) -소목-. 한국염색가공학회지, 7(4), 74-86.
 - 11) M. Kimura and Y. Shimizu (1994). Dyeing of Silk with Natural Dyes by the Disperse Dyeing Method. *日本家政學會誌*, 45(3), 245-248.
 - 12) Bolaski, W., and Sternberg, M. Z., (1972). *J. Food. SC*: 37, 619.
 - 13) Laewenberg, J. R. and Chapman, C. M. (1977). *Arch. Microbiol.*, 113, 61.
 - 14) Mandels, M., Medeiros, E., Andreotti, R. E. and Bisset, F. H. (1981). *Biotechnol. Bioeng.*, 23, 2009.
 - 15) Miller, D. L. (1975). In *Cellulose as a Chemical and Energy Resource Biotechnol. Bioeng Symp.*, 5.