

보안과제( ), 일반과제( ○ ) 과제번호 810003-03-3-SB110

발간등록번호

11-1543000-000083-01

## **인디고/인디루빈 생산작물 산업화 연구**

(Bio-industrial research group for the commercialization of indigo  
and indirubin producing crops)

**(재)나주시천연염색문화재단**

**농림축산식품부**

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “인디고/인디루빈 생산작물 산업화 연구 사업” 과제의 보고서로 제출합니다.

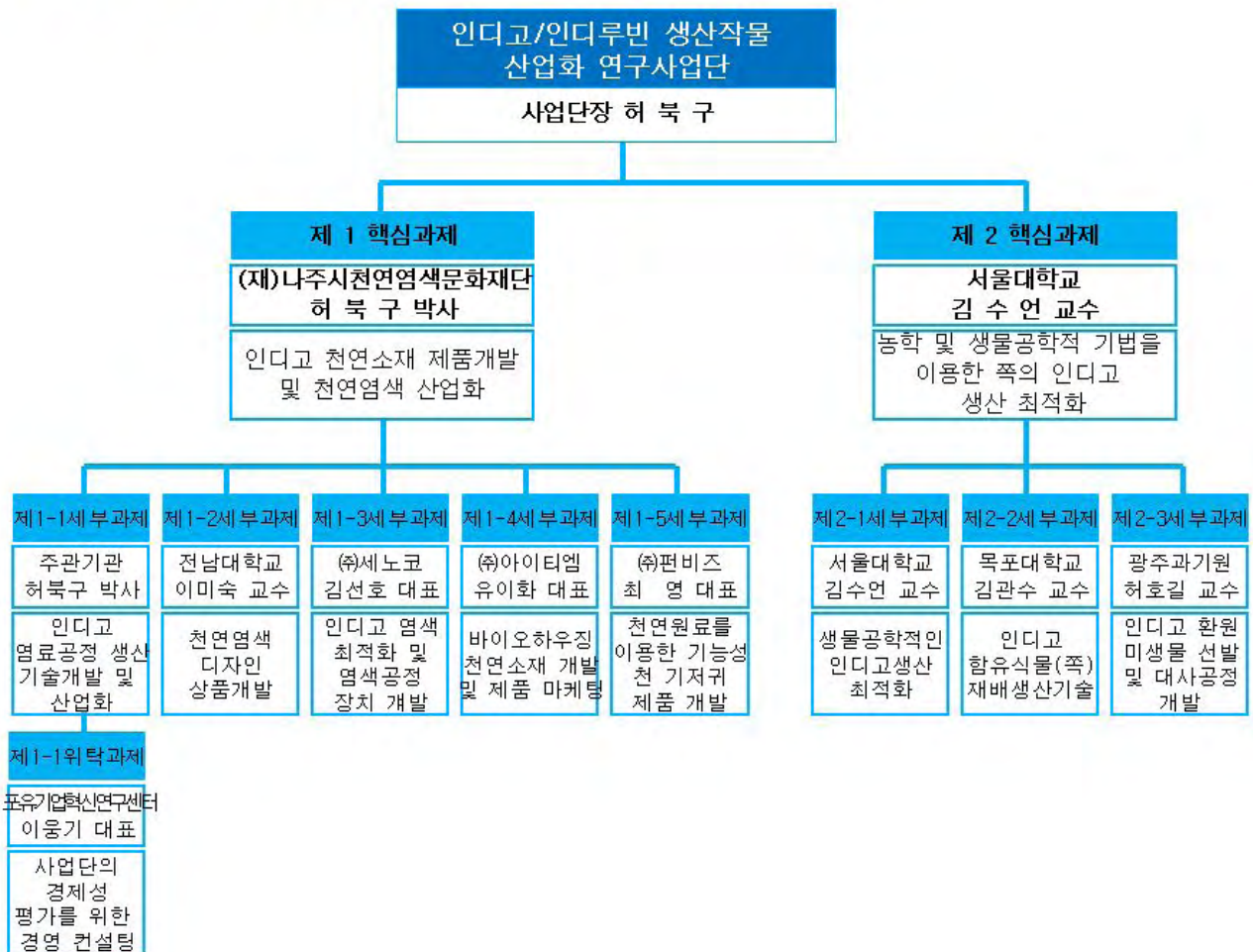
2013년 5월 14일

사 업 단 장 : 허 북 구  
주관연구기관명 : (재)나주시천연염색문화재단  
주관연구책임자 : 허 북 구  
핵심연구기관명 : 서울대학교  
핵심연구책임자 : 김 수 언  
세부연구기관명 : 목포대학교  
세부연구책임자 : 김 관 수  
세부연구기관명 : 광주과학기술원  
세부연구책임자 : 허 호 길  
세부연구기관명 : 전남대학교  
세부연구책임자 : 이 미 숙  
세부연구기관명 : (주)세노코  
세부연구책임자 : 김 선 호  
세부연구기관명 : (주)아이티엠건축연구소  
세부연구책임자 : 유 이 화  
세부연구기관명 : (주)편비즈  
세부연구책임자 : 최 영  
위탁연구기관명 : 포유기업혁신연구센터(3차년도)  
위탁연구책임자 : 이 웅 기, 김 상 철  
위탁연구기관명 : 한국신발·피혁연구소(2차년도)  
위탁연구책임자 : 김 원 주  
위탁연구기관명 : 경희대학교(2차년도)  
위탁연구책임자 : 양 응 모

# 요 약 문

## I. 제목 : 인디고/인디루빈 생산작물 산업화 연구사업

### ■ 연구사업단 구성 추진체계(3차년도)



## II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 인디고 천연소재 제품개발 및 천연염색 산업화와 농학 및 생물공학기술을 이용한 쪽의 인디고 생산 최적화 연구를 통해 인디고의 지속적인 생산, 생명공학기술을 이용한 분자유종, 친환경 염료작물 재배기술개발, 천연염색 및 기능성제품 사업화와 유통 기반구축사업 등을 추진하고자 함.
- 천연염료·염색 산업은 친환경적 산업으로 웰빙산업 시대를 맞아 그 수요가 증대되고 있으나 거의 수입에 의존해 왔다. 그렇기에 꾸준히 연구개발과 품질개선을 통해 천연염료의 단점인 재현성, 생산 고비용, 대량생산 등을 해결하려 하고 있다. 따라서 현재 천연염료염색 제조를 위한 일괄시스템을 갖추고 소비자에게 보다 안정된 품질과 저렴한 가격의 제품을 공급하는 천연염료염색 선두기업으로 자리매김하고자 함.
- 나주의 풍부한 농업기반 및 생물자원에 부가가치가 높은 공학기술을 접목한다면 경쟁력을 가진 천연염료산업체로 변모할 가능성이 높다. 또한 우수성이 입증된 전남의 전통 및 발효식품 제조기술을 첨단기술과 고기능성 소재를 접목시켜 체계적으로 육성할 경우 경쟁력이 있는 고부가가치의 천연염료 및 염색 기능성상품 개발이 가능함.
- 전국에서 유일하게 전통적 가치를 국가로부터 공인받은 천연염색 중요무형문화재 115호(염색장) 2명을 나주시에서 보유하고 있어 천연염색 문화를 지속적으로 보존하고 발전시켜 나갈 수 있는 기반과 더불어 천연염색 산업의 경쟁력을 높이고 실용화하는데 있어서도 상대적으로 유리한 위치에 있음.
- 국내 천연염색산업에서 전남이 국내 천연염색산업에서 차지하는 비중이 42.4%로 타 시도에 비해 압도적임.
- 천연염료를 이용한 천연염색 가공의 기업화로 인하여 천연염색의 대중화를 꾀할 수 있으며, 원료 식물의 농가계약재배를 통한 농가의 소득증대를 기대할 수 있다. 또 생산 활동에 따른 지역경제 활성화와 고용증대 효과도 얻을 수 있다. 특히 염료식물은 소득 증대의 한계에 이른 벼농사를 대체할 수 있는 대체작물로서 쪽의 경우 벼의 소득액과 비교할 때 10a의 면적에서 37배에 달한다.
- 우리나라, 특히 쪽 재배의 적지인 나주지역에서 쪽 재배에 필요한 농학적 기초 연구자료가 전무한 실정이며, 쪽에서 인디고는 선구체로 인독실의 형태로 축적되는데 이 축적을 최적화하기 위한 생물공학기술 연구는 없음.
- 전통적인 인디고 염색에서 주단계인 인디고의 환원은 발효과정으로서 가장 통제하기 어려운 과정이며, 우리나라에서는 관련 균주와 최적 발효 조건이 확립되어있지 않음.

- 핵심과제 책임자인 김수언은 세포 및 근배양을 통한 인디루빈과 유도체를 생산을 특허화 하였으나, 인돌 산화의 효율성을 증대하기 위해서는 생물학적 연구가 절실히 필요함.
- 인돌산화 효소 및 유전자 확인은 쪽 식물체에서 인디고 생산성을 올릴 수 있는 육종방향을 제시해 줄 것임.
- 쪽 재배에서 가장 큰 문제의 하나는 제초의 성력화이다. 이를 제초제 저항성 유전자 도입으로 해결하는 것은 시급한 문제임.
- 원활한 염료 원료공급을 위해서는 쪽의 육종, 재배생산, 염료추출 및 생산에 관한 연구가 필요함.
- 쪽 색소 대량 생산에 필요한 추출 조건 및 인디고 생산 최적화 연구가 필요함. 또한 쪽 수확 후 가공 기술개발을 위한 적정 건조 및 저장조건을 구명하고자 하며, 쪽을 이용한 제품 산업화를 위해 원활한 원료공급을 위한 기초 생산기술을 확보함.
- 인디루빈 및 유도체는 화합적으로 합성할 수 있으나 소위 green technology에 의한 생물공학적인 생산은 본 핵심과제 책임자 김수언의 보고를 제외하고 없음.
- 쪽의 생산성을 높이기 위하여 분자생물학적 기법을 이용하여 분자유종하는 것이 필요하며, 여기에 핵심적인 요소가 아직까지 동정된 바 없는 식물의 인돌 산화효소 유전자임. 이미 지난 20여 년 간에 걸쳐 다양한 형태의 식물 세포 내로의 유전자 도입기법이 개발되었으므로 생명공학을 이용한 성력 및 고생산성 인디고 생산식물의 형질전환체 생산이 필요함.
- Green chemistry에 의한 인디고 염색을 위한 인디고의 환원적 발효는 전통적 염색에서 가장 중요한 단계이며, 유럽에서 대청(*Isatis tinctorius*) 인디고 발효 균주가 보고되었으나 우리나라에서 쪽의 발효균주는 알려진 바 없음.
- 천연염색 산업화를 위해서는 안정적인 원료공급이 필요하며 이를 위해 염료작물 쪽의 농가 생산성 향상을 위한 표준품종 개발, 표준재배법 개발, 염료추출 및 생산에 관한 연구가 필요하다. 본 연구는 쪽 유전자원의 수집 및 평가, 그리고 색소수율증대를 위한 재배 및 가공 기술을 통해 최종적으로 우량 쪽 계통선발 및 색소생산 최적 조건을 확립하고자 한다. 아울러 쪽 이용 제품개발을 위해 작물 생산성과 색소함량이 높은 고품질의 원료를 지속적이며 안정적으로 원료공급하기 위한 기초 생산기술을 확보하고자한다.
- Indigo의 전구물질인 배당체 indican을 indoxyl로 만들기 위하여  $\beta$ -glucosidase 활성이 높은 미생물을 선발하여야 하고 특히 공정 중 적용되는 55°C에서 그 활성을 유지하는 미생물 선발이 중요함. 그리고 insoluble인 indigo를 수용성인 leuco-indigo로 전환하면서 공정 중에 적용되는 온도 50-60°C에서 고 활성을 유지하는 미생물 선발이 또한 중요함. 그러나 인디고 환원 미생물 선발에서  $\beta$ -glucosidase 활성과 온도가 고려된 바가 없으므로 기존의 해외특허를 벗어난 연구개발의 가능성이 높음.

### III. 연구개발 내용 및 범위

- 인디고 천연소재 제품개발 및 천연염색 산업화
  - 염료 생산/염색공정 생산 자동화
  - 인디고 추출 및 최적화 조건 개발
  - 인디고 유래별 최적 염색 공정 확립
  - 천연염색 디자인상품 개발
  - 인디고 바이오 하우징 천연소재 개발
  - 인디고 천연염색 장치 개발 및 제품 산업화
  - 천연원료를 이용한 기능성 천기저귀 제품개발
  - 천연염색 한지섬유 등 천연소재 국내외시장 진입과 홍보 및 마케팅
  - 국내외 전시회 및 박람회를 통한 제품의 홍보와 판매시장 확대
- 농학 및 생물 공학적 기법을 이용한 쪽의 인디고 생산 최적화
  - 인디고 고함유 쪽 재배 및 가공기술 개발
  - 인디고 생산 작물 분자 육종
  - 쪽 식물의 elicitation을 통한 인디고 생산성 극대화 및 인독실 합성효소 규명
  - Indigo 환원 미생물 선발 및 대사공정 개발

### IV. 연구개발 결과

#### 1. 인디고 염료공정 생산 기술개발 및 산업화

- 신선한 쪽 추출물을 이용한 생쪽 염색, 녹색염색, 자색염색, 환원염색 조건 확립, 생쪽의 저장 및 생쪽 분말 염색, 생쪽 염색 직물의 후처리 조건 확립
- 인디고페라 색소 환원액의 유지와 관리 기술, 염액의 pH와 염색성, 인디고페라 색소의 염액과 피염물의 염색성, 염색물의 후처리 기술 확립
- 쪽 색소의 추출, 니람의 제조 방법, 쪽물의 발효 환원과 미생물, 발효를 위한 쪽물의 조제 기술, 발효 촉진을 위한 첨가제 종류와 효과, 쪽물의 발효와 pH, 쪽물의 발효 온도와 산소, 쪽물의 발효 시기와 관리 기술 확립
- 쪽의 산업화를 위해 쪽의 도입과 품종 육성 기술, 쪽 재배와 포장관리, 쪽 염료의 제조와 제형, 쪽 염료의 유통과 소비 확대, 쪽 염액의 환원과 쪽 염색 기술, 제직과 쪽 염색 제품 생산, 전시·체험 및 교육의 활성화 방안, 쪽 문화와 산업에 대한 접근과 대응 방안 제시
- 인디고 문양염 기술 개발로 상품성 향상 및 염색공정 확립

- 인디고 염료와 식물성 색소를 이용한 다컬러 대량 염색 공정 확립
- 천연염색문화상품개발 : 내손으로 하는 쪽 염색 패키지와 고기능성·고부가가치 인디고 염색 패션의류상품을 개발하였다. 쪽염색 패키지는 어린이, 성인 할 것 없이 간편하게 쪽 염색 체험에 활용이 가능하고, 쪽 염색 셔츠 개발로 천연염색 제품의 다양성 및 판매 활성화를 도모하여 지역경제 활성화에 기여
- MTT assay 방법에 의한 쪽 추출물의 인체암 세포에 대한 세포 독성도를 분석한 결과 전반적으로 쪽 추출물은 후두암세포, 위암세포, 유방암세포에서 보다는 자궁경부암세포, 간암세포, 대장암세포에서 상대적으로 더 높은 독성도를 보였다.
- 염색조건별 인디고 염색원단의 항균성을 분석한 결과 알칼리조건에서 니람과 인디고페라 염료에 Glucose를 환원제로 사용하여 염색한 직물의 항균성이 97.0~98.3%로 높게 나타남.
- 니람과 인디고페라의 에탄올 함유량과 염색온도에 따른 직물의 염색성에 대해 실험한 결과 대체적으로 에탄올 20%를 함유한 쪽염료로 50℃에서 염색할 때 직물의 염색성이 좋았음.
- 인디고 염료 종류에 따른 직물의 항균성을 조사한 결과 면직물은 인디고 염료 종류에 상관없이 99.0~99.9%로 항균성이 높았다. 견직물에서는 대청이 67.5~87.8%, 인디고페라는 10.5~81.1%, 니람은 67.0~99.5%, 합성인디고는 0.0~85.4%로 니람으로 염색한 견직물의 항균성이 제일 높았음.

## 2. 천연염색 디자인 상품 개발

- 건강과 환경을 중시하고 삶의 질을 향상 시키려는 웰빙 지향적 소비 트렌드가 세계적으로 확산됨에 따라 의식주 전 분야에서 친환경, 친건강, 맞춤형, 감성을 지닌 제품이 웰빙 지향적 소비를 선도하고 있다. 특히, 천연염색 제품은 환경친화적이면서, 항균·소취, 피부보호 등의 기능성, 고유의 발색으로 인한 심미성 등의 특징으로 소비자들의 선호도가 높다. 다양한 천연염색 염료 중 쪽은 환경친화적이면서 자연의 색 발현 및 기능성을 가지기 때문에 인체에 이로운 점이 많다. 또한, 쪽(natural indigo)은 염색성, 색채, 견뢰도 등의 모든 측면에서 개발가치가 높은 염료이고, 소비자들이 가장 선호하는 색상임에도 불구하고 쪽 염색 제품의 상품화는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 쪽 염색(natural indigo dyeing) 제품의 고부가가치 상품화를 위해서는 쪽 이미지와 브랜드의 감성 이미지를 담은 패키지 디자인 개발이 필요하다.
- 이에 본 연구는 천연염색 제품의 특성을 살린 B.I를 활용한 패키지 디자인 개발을 통해 천연염료식물 재배농가의 수익증대와 지역경제 활성화에 기여하고자 한다. 패키지 디자인 개발은 먼저, 브랜드의 패키지 디자인 수요조사를 통해 개발 아이템과 디자인 방향에 대한 내용을 파악한 다음, 브랜드 및 타겟, 천연염색 시장을 분석하고 패키지 디자인 키워드 및 컨셉 등 개발 방향을 설정한 다음, 패키지 디자인을 개발하였다.

- 패키지 디자인 개발은 세 가지 디자인 컨셉에 대해 각각 3종류씩 총 9세트의 스카프·넥타이 패키지와 쇼핑백을 디자인하였고 포장지와 스티커, 라벨, 설명문 등 패키지 액세서리 4종을 개발하였다. 그리고 각 컨셉별로 우수한 디자인을 선정하여 3세트의 스카프·넥타이 패키지, 쇼핑백과 포장지, 라벨, 설명문 등을 시제품으로 제작하였다. 그리고 시제품으로 제작된 6종의 패키지 디자인들은 특히로 출원하였으며 패키지 액세서리 2종은 출원 중에 있다. 그리고 ‘천연 쪽 염색을 활용한 침구류 디자인 개발’ 논문을 한국디자인문화학회에 투고하여 18권 3호 학술지에 출판되었다.
- 본 연구는 쪽 염색 제품의 명품화를 위한 고감성 패키지 디자인 개발을 시도함으로써 나주 쪽 염색 브랜드 및 제품 이미지 향상에 기여할 수 있으며, 현재 천연염색 사업을 추진하고 있는 지방자치단체 및 천연염색업체가 나아가야할 방향을 제시하고 차별화된 마케팅 전략 수립에 도움을 줄 수 있을 것이라 사료된다.

### 3. 인디고 염색 최적화 및 염색공정장치 개발

- 쪽 천연염색 후가공 기술 확립
- 쪽 대량생산 시스템 확립
- 세탁견뢰도, 일광견뢰도 기술 확립
- 염색물 세척(쇼핑)시 색조변화 잔류 염액 제거기술 확립
- 패드스팀 공정기술 확립
- 항공가공 기술 확립

### 4. 바이오하우징 천연소재 개발 및 제품 마케팅

- 3차년도 연구는 자사만의 특징을 나타낼 수 있는 B.I 디자인이 주요 연구과제였으며 디자인된 B.I를 활용하여 제품라벨, 포장패키지, 쇼핑백을 제작하여 이를 신제품으로 출시하고자함을 목표로 하여 천연 쪽 염색이라는 점, 천연 한지섬유를 이용한 원단이라는 점에 본사만의 디자인 철학인 전통의 현대적인 재해석이라는 점을 중점으로 하여 다양한 대안들이 디자인 되었다.
- 누가 봐도 쪽 염색 제품이라는 것을 알 수 있도록 하면서 자사만의 특징을 표현한 B.I와 패키지디자인을 통해 제품의 유니크한 이미지를 각인시키고 쪽 염색 원단이 보다 많은 대중들에게 알려지는데 기여코자 한다.

### 5. 천연 원료를 이용한 기능성 천기저귀 제품 개발

- 다양한 쪽염색 기저귀 외 제품 개발
- 팬티형 천기저귀 디자인 개선
- 소재별 문제점을 보완하기 위한 신제품 개발
- 다양한 매체를 통한 제품 및 브랜드 홍보 지속 진행 중.



- 전국 임신·출산 박람회를 통한 기저귀 판로개척 및 해외 바이어에 지속 정보제공 및 다양한 제품을 전시회를 통한 시장 반응 확인

## 6. 생물공학적인 인디고 생산 최적화 기술

- 인돌 합성 효소 규명 : 인돌 산화과정에 사용되는 산소의 유래를 규명하였고, 인돌을 생성하는 효소 (IGL)의 cloning을 마치고 기능 확인에 주력 중임.
- 인독실 축적 조건확립 및 포장적용 : 대표적 인디고 생산 식물인 쪽 (*P. tinctorium*), 대청 (*I. tinctoria*) 및 목람 (*Indigofera*)에서 식물 방어증진 물질을 처리하였을 때 30-100%의 인디고류 함량의 증가를 볼 수 있었음.
- 분자육종 방법 개발 및 유전자 도입 : 쪽의 분자 육종을 위하여 우선 식물의 조직배양, 재분화조건을 확립하였고, bar 유전자를 도입이 가능함을 보였음.
- 모상근 이용 대사공학 연구 : 이와 함께 항암물질로 알려진 indirubin을 모상근 배양에서 외부 인돌 투여 없이 식물 호르몬 조절로만 얻기 위한 실험을 성공적으로 수행하였으며 외부 유전자를 도입하는 기술을 확립하였음.

## 7. 인디고 함유식물(쪽) 재배생산기술

- 종자발아는 15-20℃나 25/15℃ 변온조건에 가장 좋았으며, 과피는 영향을 미치지 않았다. 인디고 추출에 적합한 용매는 DMSO였으며, 표준액 제조는 인디고 1mg 당 DMSO 10mL 이상이 가장 적당하였다. 생엽수량은 이식후 75-85일까지 계속 증가하고 이후 유지되는 경향이며 생육후기로 갈수록 분지수가 많아지고 엽면적이 감소하고 줄기비율이 높으며 인디칸과 인디고 함량은 8월 10일 까지 증가하였으며 이후 점차 감소하는 경향을 나타냈다. 생육시기가 경과됨에 따라 인디칸은 상위엽보다 하위엽에 더 많이 함유되는 것으로 나타났다. 쪽 재배에서 이식시기가 늦을수록 생엽수량은 감소하는 경향을 보였으며, 니람이나 색소함량은 유의한 차이를 보이지 않았다. 수확시기가 늦어질수록 생엽수량은 증가하는 경향을 보였지만, 인디고는 8월 5일 수확시 가장 높은 함량을 보였고 이후 감소하는 경향을 보였다. 따라서 쪽 재배에서 높은 생엽수량과 색소함량을 얻기 위해서는 가능한 이르게 이식하는 것이 좋으며 8월 초순경에 수확하는 것이 유리한 것으로 판단되었다. 2회수확이 1회수확보다 생엽수량이 높았으나 색소함량은 차이가 거의 없었고 오히려 적게 나타났는데, 수확횟수에 관계없이 8월 10일이나 8월 20일 경에 색소함량이 높게 나타났다. 2회수확을 할 경우 조기과종 및 조기이식으로 개화전 충분한 생육시기가 주어져야 할 것으로 생각되었다. 최적 재식밀도 구명시험에서는 전반적으로 생엽수량과 인디고 함량이 높이기 위한 재식밀도는 나주재래는 2열 1본식이 좋았으며, 다소 직립형이며 엽면적이 큰 나람블루의 경우는 2열 2본식이 좋은 것으로 생각되었음.

- 자식개체의 후대검정결과 후대변이가 거의 없었으며 자식개체와 방임수분개체의 후대간 생육특성차이가 거의 없어 쪽은 자식성식물로 생각되었다. 우량계통 나주2호는 다소 직립형이며 엽면적이 넓은 둥근형의 잎을 가지며 색소함량도 비교적 높고, 지상부 전체에 대한 엽의 무게 비율이 높은 계통으로 판단되어 ‘나람블루’라는 품종명으로 품종보호출원을 하였으며 농가실증시험에서도 우량품종으로 인정되었다. 또한 흰색의 꽃을 가지며 개화기가 늦은 만숙종인 PTLW-2를 순계분리하여 육성하였고 ‘백화람’이란 품종명으로 품종보호출원하였다. 우량계통육성시험에서 주요 선발형질은 숙기(만숙), 생육력(분지력, 초장 등), 엽형질(잎 두께 및 넓이 등), 화색 등이었으며 모집단 나주재래종에서 PT-1 등 88계통을 선발하였으며 2012년에 선발된 B1 등 32계통에 대한 생산력검정시험을 수행하고 2013년에 25계통을 최종 선발하여 계통육성시험을 계속 진행하고 있다. 특히 만생종이며 엽이 두껍고 주름지고 엽면적이 큰 계통과 화색에서 각 색깔별로 계통의 균일성과 안정성을 평가할 계획임.

## 8. 인디고 환원 미생물 선발 및 대사공정 개발

- *Pseudomonas* sp. 균주 G5의 유전체 서열분석은 Illumina MiSeq 서열분석 시스템을 통해 이루어졌으며, 유전체 서열의 라이브러리는 Illumina TruSeq DNA sample preparation kit v2를 이용하여 수행하였다. 16S rRNA 유전자간의 유사도 검색에서, 균주 G5는 *Pseudomonas umsongensis* Ps 3-10<sup>T</sup>와 100%, *Pseudomonas mohnii* Ips-2<sup>T</sup>와는 98.8%의 유사도를 나타내었다. 또한 ANI 분석을 통하여, 가장 높은 유전체 유사도를 가지는 박테리아는 식물의 뿌리 근처 (rhizosphere) 환경으로부터 분리한 *Pseudomonas* sp. GM78이다. 그러나 분리된 균주 G5와 가장 높은 유사도를 나타내는 종(species)의 유전체 서열 정보가 이용가능하지 않기 때문에, 분리된 균주 G5는 분류학적 종(species) 계급에서의 동정하기 어렵다.
- 균주 G5의 유전체에서 carbohydrate 운송 및 대사작용에 관여하는 FAD-dependent 효소가 발견되었다. 이는 Takara et al. (1962)가 보고한 바와 같이, 인디고 환원은 FAD+를 조효소로 가지는 mediator 효소에 의한 glucose에서 pentose 5-phosphate로의 전환, 즉 전자의 이동의 결과로 이루어진다는 것을 뒷받침한다.
- 이러한 균주 G5의 유전체 서열분석 연구는 이 균주가 실제 인디고 환원 과정에 적응하는데 있어 이와 관련한 mechanism을 이해하는데 도움이 될 뿐 아니라, 환경 친화적인 방법으로 여겨지는 전통 인디고 염료 산업에서 인디고 환원 효율을 증가시킬 수 있는 생물학적 방법으로 여겨진다.

## V. 연구성과 및 성과 활용 계획

### 1. 연구성과

- 나주시천연염색문화재단 : 논문 2편, 특허출원 1건, 특허등록 3건, 시제품 개발 2건, 교육지도 5건, 책자 발간 9건, 전시회 및 박람회 참가 4회, 업무협약 체결 2건
- 전남대학교 : 논문 1편, 디자인 출원 6건, 시제품 개발 3건
- (주)세노코 : 논문 1편 미달성
- (주)아이티엠건축연구소 : B.I 및 패키지 디자인 개발 10건, 시제품 개발 5건, 디자인 출원 2건, 디자인 등록 4건
- (주)편비즈 : 시제품 개발, 디자인 출원 2건
- 서울대학교 : SCI논문 1편 게재, SCI논문 2건, 특허출원 1건 진행 중
- 목포대학교 : 논문 2편, 학술발표 6건, 품종출원 1건
- 광주과학기술원 : SCI논문 1편 투고

### 2. 성과활용 계획

- 나주시친환경염색센터에서 대 면적 재배한 쪽의 추출을 효율적으로 하기 위한 설비라인 도입 예정
- 염료 추출공장에 도입함으로써 2014년부터는 대 면적 재배한 쪽도 추출 설비에 의해 단기간에 대량으로 추출 할 수 있을 것으로 기대됨.
- 본 기술에 의해 쪽을 단기간에 대량 추출할 예정이며, 그에 따라 농민들은 재배만 할 수 있도록 하여 쪽의 재배와 염료 추출의 생산성을 향상 시키고자 함.
- 쪽의 산업화에 가장 큰 장애가 된 대량 추출과 석회 무 첨가에 따른 고 순도 염료의 제조 기술을 확보함으로써 금후 농가소득 증대 및 천연염색 업계의 도약에 크게 기여할 것으로 사료됨.
- 나주시에서 친환경 염색산업센터를 건립하여 천연염색연구, 천연염료 대량생산 및 판매, 천연염색 체험실로 활성화 시키고자 함.
- 천연염색 문양염 기술을 교육·체험프로그램에 도입하여 교육·체험의 다양성을 높일 수 있고, 더 나아가 천연염색 치료와 복지에도 효율적으로 이용될 수 있을 것임.
- 인체암세포 독성 평가 결과 쪽 추출물이 자궁경부암, 간암, 대장암 세포에서 높은 독성도를 보여 쪽 추출물을 항암 치료제 개발에 이용될 수 있을 것으로 사료됨.
- 나주지역에서 재배한 쪽풀로 제조한 쪽 염색 직물에 항균성의 우수함이 한국의류시험연구원을 통해 입증되었다. 쪽 염색직물에 항균성의 우수성을 홍보하여 제품 판매활성화를 도모할 수 있음.
- 쪽 염색 제품의 명품화를 위한 고감성 패키지 디자인 개발을 시도함으로써 나주 쪽 염색 브랜드 및 제품 이미지 향상에 기여할 수 있을 것임.
- 나주의 특화자원인 쪽 염색 제품을 위한 패키지 디자인을 개발한 사례는 현재 천연염색 사업을 추진하고 있는 지방자치단체 및 천연염색업체가 나아가야할 방향을 제시하고 차별화

된 마케팅 전략 수립에 도움을 줄 수 있을 것임.

- 천연염료 산업은 체계적이고 과학적인 연구를 통하여 대량생산 첨단화 기술을 개발하여 고부가가치화를 실현시킬 수 있는 분야라고 판단된다. 전통 천연 염료 제조공정에 생물공학기술을 접목하여 과학적이고 표준화된 천연염료의 대량 생산 및 효율적인 분리·정제공정을 개발하고 전통염료품질관리를 통하여 전통천연염색의 발전에 기여할 수 있음.
- 현재의 천연염료 산업, 천연염료의 생산 및 시장, 염색공정 및 기술, 염색물의 안전성 및 인체 적합성 등에 대한 검토에서 천연염료가 합성염료 전체를 대체할 수는 없지만, 천연염색의 상당부분이 경제적으로도 장점을 가지며, 천연염료의 색상이 충분히 다양하며, 21세기 환경문제까지 고려하면 천연염색이 상당한 경쟁력을 가질 것으로 예상되고 있음.
- 천연염료 제조공정에 생물공학 기술을 접목하여 과학적이고 표준화된 천연염료의 대량생산 및 효율적인 염색가공 공정, 천연염색 제품의 품질, 디자인 개선으로 국내외 틈새시장의 잠재력은 무궁무진하다고 볼 수 있음.
- 여러 쪽 제품들을 하나의 이미지로 통합시킬 수 있는 B.I를 디자인 했고, 천연 패브릭과 선정한 B.I 디자인을 활용하여 5건의 시제품을 완성했고 이는 실제 제품의 실용성과 산업화 가능성이 높음.
- Adobe Photoshop CS6, Illustrator CS6, Auto CAD 등의 다양한 컴퓨터 프로그램을 이용하여 여러 가지 디자인을 시도하여, 쪽의 칼라를 적극적으로 이용하여 소비자들에게 쪽이라는 천연염색 제품을 B.I 디자인을 통해 쉽게 인식되도록 표현하였다. 라벨이나 태그에 인쇄하는 방식은 추후 산업화가 가능하고 제품 판매의 효율성을 높이고 소비자들의 흥미를 유발할 수 있는 요소가 될 것이다. 특히나 쇼핑백(에코백)의 경우 라벨을 부착해 광고효과는 물론 환경보호에도 앞장설 수 있음.
- 팬티형 천기저귀 및 침반이/티반이 등 다양한 안전제품을 개발하여 시장에 선보일 계획이며, 이를 통해 소비자들은 보다 안전한 제품을 사용할 수 있도록 다양한 채널을 통한 홍보를 실시할 계획이다. 지속적으로 진행하고 있는 국내외 전시회를 통해 직간접적인 제품홍보를 하며, 다양한 매체를 통한 뉴스홍보 등 노력을 가할 계획임.
- 팬티형 천기저귀는 국내 시장뿐만 아니라 환경을 선도하는 유럽, 미주 시장에서는 인기상품으로 향후 해외시장까지 진출될 수 있는 전망 있는 사업군으로 성장시키고자 함.
- 최근 들어 각 보건대학에서 천기저귀 사용의 주제로 다양한 체험과 실험을 하고 있는 실정으로 쪽 천연원료를 이용한 제품에 대해서도 충분한 교재용으로 교육할 수 있는 장르라 생각되며, 각계 대학교에 홍보를 통해 친환경 천기저귀 제품의 사용을 널리 알리고자 함.
- 기업과 연구센터의 우수 연구진들이 산·학 연구공동체를 형성하여 다양한 종류의 정보 수집과 교류를 통해 천연물질 생산 분야의 활성화를 기대함.
- 연구과정에서 대사공학 및 화학 관련 대학원 연구 인력 교육으로 고급 인력 양성에 기여하였음.
- 인디고 생산식물에 식물 방어제를 처리하여 획기적으로 인디고이드 축적을 제고하여 우리나라 쪽 식물의 경쟁력을 강화하여 농가 소득으로 직결될 수 있음.
- 대사공학 기술로 향상된 indirubin 생산 성공 시 싼 가격으로 원료를 생산할 수 있으며 이 원료를 바탕으로 제품 제조 시, 국내 시장은 물론 외국 시장에서도 가격경쟁에서 유리한 위치를 차지하여 많은 시장을 점유할 수 있을 것으로 예상 됨.
- Indirubin의 친환경적 생산 기술은 당장은 가격 경쟁력이 낮지만 앞으로 친환경생산에 대한

수요가 제고되면 경쟁력을 가질 것으로 기대함.

- 개발된 기술과 관련된 논문 및 학회지발표를 통하여 개발자의 업적을 쌓고, 나아가 지적 재산권 획득으로 국내 또는 외국 기업에 기술이전 또는 특허 실시권 등을 팔 수 있는 경우 지적재산권의 수출 효과도 기대 됨.
- 식물강화제 처리를 통한 이차대사물의 축적 및 쪽의 형질전환 연구의 결과는 앞으로 후속 연구에 활용되리라 기대 됨.
- 쪽 니람의 인디고 분석법, 선발계통의 생육특성 및 색소함량 차이, 적정 이식시기 및 수확시기 구명 등에 대한 결과는 학회지에 투고되었거나 출판 중에 있어 쪽 재배 및 품질평가를 위한 자료로 활용될 것이다. 쪽 재배법인 이식시기, 수확시기, 재식밀도 등에 대한 결과는 영농활용자료로 이용될 수 있을 것이며, 신품종으로 출원된 광엽종 ‘나람블루’와 백화종 ‘백화람’ 종자는 농가에 보급하여 활용될 것임.
- Indigo 환원 미생물 선발 및 대사공정 개발 : “쪽”의 생산에 이용되는 대청에서 “indigo”의 전구물질인 indican은 indol배당체로 되어있는데 이를 비배당체화 indoxy로 만들기 위하여  $\beta$ -glucosidase 활성이 높은 미생물을 선발하여야 하고 특히 공정 중 적용되는 55°C에서 그 활성을 유지하는 미생물 선발이 중요하다. 그리고 insoluble인 indigo를 수용성인 leuco-indigo로 전환하면서 공정 중에 적용되는 온도 50-60°C에서 고 활성을 유지하는 미생물 선발이 또한 중요함.
- Indigo 환원 미생물 선발 : 실제 한국의 대청을 이용하여 “쪽”을 생산하는 현장 woad vat에서 고온성 혹은 고온 내성 미생물 중  $\beta$ -glucosidase를 갖는 미생물 선발, 청색의 불용성 indigo를 수용성 무색의 leuco-indigo를 만드는 고온성 미생물을 “쪽”을 생산하는 현장 woad vat에서 선발함.
- Indigo 환원 효율성 증대를 위한 생화학적 대사기작 연구 및 Indigo 생성 공정 응용 : 활성이 우수한 미생물을 분리하여 활성에 관계하는 생화학적 대사기작 규명, 분리된 미생물을 이용하여 woad ball에 적용하여 수용성으로 전환하는데 필요한 기타 화학적 환경 요인을 분석하여 미생물 활성을 최적화시키는 생성공정 조건을 제시함.

## SUMMARY

- Line facilities for the Naju eco-friendly dyeing factory in the cultivated area for the efficient extraction of the indigo plant is expected to be introduced.
- Establish the pattern indigo dyeing technology for development and diversification of natural dyeing, the dyeing process. The natural dyeing education, experience and natural dyeing treatment and welfare can be used. Natural dyed products to take advantage of this technology to improve the marketability and sales by diversifying plan activation.
- Natural Dyeing Cultural Product Development : My hand to fashion garment indigo dyeing indigo dyeing package development and product development. The indigo dyeing Package students, without an adult will be easily used in the dyeing experience and can contribute to the local economy, promote diversity and sale of natural dye products enable the development of highly functional, high-value-added indigo dye shirt.
- Overall, the results in the *Polygonum tinctorium* extract of human cancer cells by MTT assay for cytotoxicity of the *Polygonum tinctorium* extract of the larynx cells, in cancer cells, breast cancer cells than in cervical cancer cells, liver cancer cells, colon cancer cells in a relatively higher toxicity was.
- Results of the analysis of the antimicrobial activity of indigo-dyed fabric dyeing conditions, using glucose as a reducing agent to the alkaline conditions niram and indigofera the antimicrobial activity of the dyed fabric was from 97.0 to 98.3%.
- The experimental results for the dyeability of the fabric according to the dyeing temperature and ethanol content of indigofera and Niram, generally containing 20% ethanol at 50°C with the dye to dye dyeability of the fabric was.
- Investigated the antibacterial activity of the fabric of indigo dye from 99.0 to 99.9%, regardless of the type of indigo dye cotton fabrics showed antimicrobial activity. Silk *Isatis tinctoria* showed 67.5% to 87.8% Indigofera showed 10.5% to 81.1%, Niram showed 67.0% to 99.5%, synthetic indigo, 0.0 and 85.4%, respectively. Of silk fabrics dyed with Niram highest antimicrobial.
- As the well-being-oriented trend that regards highly to health and environment and to improving the quality of life has been spreading worldwide, the products that embody eco-friendly environment, health, and personal customization are leading the consumption in all fields of the necessities of life. Natural dyeing materials, especially, are highly preferred by the consumers since they are eco-friendly, have features of antibacterial, deodorizing, and skin protective functions, and carry the esthetic characteristic caused by its distinct color formation. One of the various materials for natural dyeing, natural indigo, is beneficial for humans not only because it is environmentally sustainable but also has functionalities such as expressing the colors of the nature. In addition, natural indigo has high developmental values in all aspects such as stain ability, color, and

fastness property, but commercialization of the product is insufficient despite the fact that it is the most highly consumed dyeing material of all. Therefore, package design strategy that holds the images of the natural indigo and its emotional image of the brand should be developed to merchandise the high value of the indigo product.

- Hence, this study contributes to increase the revenue of farmhouse cultivation and regional economic vitalization through B.I. applied package design development that makes the most of natural dyeing products' characteristics. The first step of the package design development took place by understanding the main content about the developed item and its design direction through survey of demand on the brand's package design. Then the brand and the target, and the natural dyeing market were analyzed. After that, the developmental direction on the package design keyword and concept was set up and, finally, the package design was established.
- The package design development designed three kinds of 9 sets of packages for scarves, ties, and shopping bags for each three design concepts, and developed four kinds of accessories such as wrapping papers, stickers, labels, and explanatory notes as experimental products. Furthermore, the six kinds of package designs that were produced as experimental products are applied for a patent and the two kinds of the accessories from the package design are patent pending. The research paper, "The development of sleeping gears using natural indigo dyeing" was submitted to the Korean Cultural Design Society and published on the journal Vol.18 No.3.
- This research study will be able to improve the image of the dyeing brands and products in the Naju region by attempting the high sensitive package design development. It will also provide the direction to the local government and natural dyeing companies that are promoting the natural dyeing business, and give assistance in establishing a distinguished marketing strategy.
- In recent years, textile dyeing using natural pigment has gained lots of attention in the global market. The reason is natural pigment like indigo has been traditionally and world widely used in the human history. There are many affords and researches in order to develop modern ways to use natural pigments. Therefore, the demand for natural dyeing business is growing steadily, but the mass production of natural dyeing has not occurred yet. Thus, the supply is not smooth.
- This study is targeting revenue growth of natural dyes, plant growers and the local economy. The process is as follows. First, analyze design and consumer status. Second, development of modern living accessories and interior finishes. Final is the development of B.I and package design.
- In the first year of research, the development of dyeing fabrics available for interior finishes based on consumer preference analysis, and natural dye products will be preceded. In addition, the indigo dyeing pattern design development for the production of

differentiated products will be followed. Indigo color dyeing development which has been a difficult reason for mass production will be included.

- In the second year of research, the goal of development is designing patterns to be applied to the fabric dyeing, based on the results of the earlier analysis. From the basic fabric patterns promote the development of products that can be applied to the interior environment.
- In the third year, B.I and the development of the package design can be imprinted with a unique image of the indigo dye products. Thus, the indigo dyed fabrics to inform a lot of people.
- Title : Developing functional cloth diapers made by natural ingredients
- Purpose for research and develop and needs
  - Written from technical aspect and environmental aspect
  - Developing cloth diapers with natural ingredient from indigo, at the same time it is necessary to develop a diversity of products which are highly accessible.
- The contents for R&D and ranges
  - Developing panty type cloth diapers
  - Developing a diversity of products with fabric colored with indigo (the bib/spit pot)
- The result of R&D
  - Promoting with many kinds of media with developed products (Exhibition, online etc.)
  - On the process with two design application products.
- The plan for outcome of R&D and using output
  - Planning to have a possibility to enter the market with developed products.
  - Planning to expand a range of consumer with overseas/domestic exhibition.
- The purpose of this study is to increase productivity of indigoid pigments in indigo-accumulating plants in the field as well as in vitro by biotechnological approaches. In particular, the study aims (1) to find condition maximizing the indigoid-producing metabolism in indigo plant in the field and in vitro conditions and (2) to breed the indigoid-producing plant by introducing useful foreign gene.
- The scope of the present study is (1) to develop practical method to dramatically enhance accumulation of indigoid pigments in the farm condition, (2) to clone indole-producing enzyme, indole-3-glycerol phosphate lyase (IGL), from *Polygonum tinctorium*, (3) to establish in vitro culture of *P. tinctorium* for indirubin production and molecular breeding, and (4) to elucidate molecular origin of oxygen in indole oxidase reaction.
- We successfully cloned two putative IGL clones from *P. tinctorium* and developed *E. coli* mutant that can verify function of IGL by complementation method. Currently, introduction of IGLs into the *E. coli* mutant is on-going. To characterize the indole-oxidizing enzyme in *P. tinctorium*, origin of oxygen atom in indigo was



established as molecular oxygen, thus suggesting involvement of P450 in the process. Most important finding in this research was to establish practical method to increase indigoid production upto 100% by application of so-called plant defense activator. This should contribute to indigo-plant growers' income in Korea. Also we established hairy root culture that accumulated indirubin, and demonstrated introduction of foreign gene to hairy root. Nevertheless, introduction of bacterial indole oxidase did not affect pigment production by hairy root.

- This study was conducted to suggest the standard cultivation practices and develop new varieties for enhancing the fresh leaf yield and colorant level of an indigo crop, *Persicaria tinctoria* H. Gross, containing the blue dye indigo.
- Seed germination rate was high at 15 or 20°C constant, and 25/15°C (day/night) alternative temperatures, with irrespective of seed with pericarp. Proper solvent for indigo standard was dimethyl sulfoxide, and appropriate concentration was 1 mg of indigo in over 10 mL of DMSO. In results of seasonal changes of growth characteristics and colorant level, fresh leaf yield was increased to day 85 after transplanting, and then remained almost constant. As being later stages of plant growth, branch number increased, and leaf area and the ratio of leaf to total shoot of dry weight decreased. Contents of indican and indigo increased till Aug. 10, and then decreased during further plant growth. Indican content with different leaf position was higher in top leaves than low leaves. As transplanting time was delayed, fresh leaf yield were maximum at earliest transplanting (May 30) and then decreased, while Niram (blue dye extract) and indigo content of fresh leaf remained almost constant though showing a slight fluctuation. As harvest time was delayed, fresh leaf yield changed increasingly, while Indigo level increased largely to Aug. 5, and then continuously decreased with more delayed harvest. The results demonstrated that earlier transplanting before May 30 and harvest in early August were appropriate for producing higher fresh leaf yield and colorant level. Leaf yield of twice-harvest was higher than one of once-harvest. Level of colorant was higher on Aug. 10 or Aug. 20, showing no difference between twice-harvest and once-harvest. It could be better for production of larger colorant with twice-harvest to have longer growth period before flowering by earlier transplanting. Two row planting and one planting hills in Naju Local, and two row planting and two planting hills in NaramBlue were optimum planting densities to enhance leaf yield and indigo content.
- In progeny test of selfing individual, there was no great variation of growth characteristics in next generation and was no large difference between self-pollinated and open-pollinated population from single plant, so this plant can be supposed to be an autogamous crop. A mass-selected line, Naju No. 2, had good traits such as relatively erect type, large leaf area with round leaf type, having higher ratio of leaf to total shoot of dry weight and larger amount of colorant level. Naju No. 2 was recognized as

superior variety through regional yield trial and yield performance in farm field, and was applied for new variety named 'NaramBlue'. PTLW-2 line with white flower and late maturity was bred by pure line separation, and this line was applied for new cultivar named 'Baekwharam'. Major selection characters in breeding program was late maturity, plant vigor such as branching and plant height, leaf characteristics such as size and thickness, and flower color. A total of 88 lines including PT-1 were selected, and 32 lines including B1 were tested in performance trial, and then 25 lines would be tested in yield trials. Selection in further breeding program will be specially focused on maturity, leaf characteristics, and flower color, and then uniformity and genetic stability of selected population would be evaluated.

- Cultivation practices such as transplanting time, harvest time, planting density, harvesting system could be used in farm households, and new varieties would be also supplied to farmer for producing the quality blue dye materials with high biomass production.
- The draft genome sequence of *Pseudomonas* sp. G5 was produced by using Illumina MiSeq sequencing system (Illumina, USA). The sequencing library was constructed by Illumina TruSeq DNA sample preparation kit v2 following the manufacturer's instructions. 16S rRNA gene-based similarity search revealed that G5 showed 100% pairwise similarity to *Pseudomonas umsongensis* Ps 3-10T. The second hit was *Pseudomonas mohnii* Ips-2T with 98.8% similarity. However, we could not identify our isolate to the species level, because the genome sequence information of species showing the highest similarity to our strain is not shown. Based on ANI analysis, the closest genome in public database was *Pseudomonas* sp. GM78 isolated from rhizosphere environment.
- FAD-dependent enzymes involved in carbohydrate transport and catabolism are found in genome of strain G5. It is reported that indigo reduction takes place as a result of electron transfers following the transformation of glucose to pentose 5-phosphate by a mediator enzyme containing FAD<sup>+</sup> as the cofactor (Takara et al., 1962).
- The genome sequence of *Pseudomonas* sp. strain G5 will contribute to the understanding of the adaptation of this species to indigo reduction process and may be considered to provide a biological tool to enhance efficiency in the traditional indigo dye industry by an environmental friendly manner.

# CONTENTS

EXHIBIT .....	1
SUMMARY .....	13
CONTENTS .....	17
<b>I. Outline of the study .....</b>	<b>24</b>
1. Objects of experiment .....	24
2. Range of experiment .....	27
<b>II. Internal and external technology development .....</b>	<b>29</b>
1. Internal technology .....	29
2. External technology .....	35
<b>III. Contents and results in performance for R&amp;D .....</b>	<b>37</b>
<b>1. Containing indigo cultivation production technology .....</b>	<b>37</b>
1) Analysis of genetic diversity within populations <i>Persicaria tinctoria</i> .....	37
2) Indigo seed germination characteristics .....	46
3) Growth Characteristics indigo cultivation time change .....	47
4) Promising lines indigo Selection Test .....	51
5) compare the growth and yield of indigo region .....	52
6) Protection of New Varieties of varieties filed 'naram blue' varieties of characteristics .....	59
7) Indigo cultivation method development test .....	70
<b>2. Indigo production of bio-engineering optimization techniques .....</b>	<b>81</b>
1) Characterization of indole oxidase .....	81
2) Cloning of indole synthase .....	84
3) Chemical plant activator treatment effect due to increased accumulation of Indigo .....	92
4) Hairy Root Culture indirubin production by metabolic engineering studies .....	97
5) Indole oxygenase Indirubin and Indigo production by overexpression of .....	105
<b>3. Selection and development of microbial metabolic processes indigo reduction .....</b>	<b>109</b>
1) Indigo microbial reduction starter .....	109
2) Isolation and characterization of microbial reduction Indigo .....	112

3) Indigo separate reduction reducing ability of microorganisms .....	113
4) Indigo affecting the pH and temperature reduction .....	114
5) Improvement and reducing power are selected using microorganisms isolated microbial genome information acquisition .....	115
<b>4. Indigo plant salt effect physiological activity, and anti-atopic .....</b>	<b>121</b>
1) Atopic dermatitis and skin indigo dye anti-inflammatory efficacy evaluation .....	121
2) Hall antioxidant enzyme activity and antimicrobial effect of the extracts .....	129
3) Antitumor effects of the extract side by parts .....	137
<b>5. Indigo dye process of industrialization production technology .....</b>	<b>142</b>
1) staining of indigo and indigofera leaf extract .....	142
2) Addition of elements in the impact of the reduction of indigo .....	149
3) Indigo dyeing process to reduce turnaround time and technical development .....	161
4) Vegetable indigo dye and pigment (onion skin, Joiner) dyeing process using multi-color large established .....	188
5) Using the side of a blue color leather dyeing process .....	206
<b>6. Indigo dyeing dyeing process optimization and device development .....</b>	<b>238</b>
1) Production base expansion and technology development .....	238
2) Natural dyes and dyeing reproducibility technology .....	256
3) Dyes control technology and the commissioning of the prototype(data base) .....	289
4) Silk indigo dyeing process(data base) .....	293
5) Textile dyeing the indigo dye absorption and fixation reaction .....	296
6) Shopping - washing process technology .....	300
7) Automated facilities and continuous process .....	308
8) 3,000 yd continuous process and prototype development of mass .....	319
<b>7. Natural Hair Design Product Development .....</b>	<b>320</b>
1) Textile design development process .....	320
2) Development of textile design .....	320
3) High sensitivity. Highly functional natural dye product design development .....	335
4) Package design and prototype development of natural dyes .....	356
<b>8. Housing development and product marketing, bio-natural materials .....</b>	<b>374</b>
1) Interior products selected by analyzing the products you want to study .....	374
2) Pattern Design Analysis .....	374

3) Pattern design development .....	375
4) By applying the prototype design pattern .....	378
5) Bio natural material housing development and product marketing development details .....	382
6) Natural Wallpaper Prototype Development .....	382
<b>9. Using natural ingredients product development, functional cloth diapers .....</b>	<b>391</b>
1) Paentihyeong cloth diaper design and prototype development of improved .....	391
2) Research Content .....	403
3) Overview of research and development projects .....	407
4) The purpose of the research and development .....	408
5) Status of technology development at home and abroad .....	409
6) Information and results of research performed .....	412
<b>10. Enable the commercialization and sale of indigo dyeing water .....</b>	<b>417</b>
1) The side of my hand dyed Package Development .....	417
2) Indigo dyed fashion apparel product development .....	419
<b>IV. Achievement of research goals and its contribution .....</b>	<b>425</b>
1) Viewpoint of evaluation and criteria .....	425
2) Indigo dyed fashion apparel product development .....	427
<b>V. Application plan of research results .....</b>	<b>472</b>
1) Research and development .....	472
2) Plan to take advantage of the results .....	479
<b>VI. External technical informations during research .....</b>	<b>484</b>
<b>VII. References .....</b>	<b>490</b>

# 목 차

■ 제출문 .....	1
■ 요약문 .....	2
■ SUMMARY .....	13
■ 영문목차 .....	18
■ 목차 .....	21
제1장 연구개발과제의 개요 .....	24
제1절 연구개발의 목적 및 필요성 .....	24
제2절 연차별 연구개발의 범위 .....	27
제2장 국내외 기술개발 현황 .....	29
제1절 국내 기술현황 .....	29
제2절 국외 기술현황 .....	35
제3장 연구개발수행 내용 및 결과 .....	37
제1절 인디고 함유 (쪽) 재배 생산 기술 .....	37
1. 쪽( <i>Persicaria tinctoria</i> ) 집단내의 유전자 다양성분석 .....	37
2. 쪽 종자발아 특성 .....	46
3. 쪽 재배시기별 생육특성 변화 .....	47
4. 쪽 유망계통 선발시험 .....	51
5. 쪽의 지역별 생육 및 수량을 비교 .....	52
6. 품종보호 출원한 신품종 ‘나람블루’의 품종적 특성 .....	59
7. 쪽 재배방법 개발시험 .....	70
제2절 생물공학적인 인디고 생산 최적화 기술 .....	81
1. 인돌 산화 효소의 특성 규명 .....	81
2. 인돌 합성효소의 cloning .....	84
3. 화학적 식물활성화제 처리에 의한 인디고 축적 증대 효과 .....	92
4. 모상근 배양에 의한 대사공학적 indirubin 생산연구 결과 .....	97

5. Indole oxygenase의 과발현을 통한 Indirubin과 Indigo 생산 .....	105
<b>제3절 인디고 환원 미생물 선발 및 대사 공정 개발 .....</b>	<b>109</b>
1. 인디고환원 미생물선발 .....	109
2. 인디고 환원 미생물의 분리 및 특성 .....	112
3. 분리된 인디고 환원 미생물의 인디고 환원 능력 .....	113
4. 인디고 환원에 영향을 미치는 pH와 온도 .....	114
5. 선발된 미생물을 이용한 환원력 향상과 분리된 미생물의 유전체 정보 획득 .....	115
<b>제4절 인디고 식물의 생리활성 및 항 아토피염 효과 .....</b>	<b>121</b>
1. 인디고 염료 항아토피 및 피부 항염 효능 평가 .....	121
2. 대청 추출물의 항산화 효소 활성 및 항균 효과 .....	129
3. 쪽 부위별 추출물의 항암효과 .....	137
<b>제5절 인디고염료 공정생산 기술 산업화 .....</b>	<b>142</b>
1. 쪽과 인디고페라의 잎 추출물의 염색성 .....	142
2. 요소의 첨가가 인디고의 환원에 미치는 영향 .....	149
3. 인디고 염색공정 축소 및 소요시간 단축에 관한 기술개발 .....	161
4. 인디고 염료와 식물성 색소(양파껍질, 소목)를 이용한 다컬러 대량 염색 공정 확립 .....	188
5. 쪽을 이용한 블루색상을 가지는 가죽 염색공정 .....	206
<b>제6절 인디고염색 최적화 및 염색공정 장치 개발 .....</b>	<b>238</b>
1. 생산 기반 확대와 기술개발 .....	238
2. 천연염색 기술개발 및 염색재현성 .....	256
3. 염료 제어기술 및 시제품의 시운전(data base) .....	289
4. 실크 인디고염색 공정 data base .....	293
5. 섬유에 따른 인디고염료 흡수 및 고착 반응염색 .....	296
6. 쇼핑-수세 공정 기술 개발 .....	300
7. 자동화시설 및 연속공정 .....	308
8. 대량 3,000yd 연속공정 및 시제품 개발 .....	319
<b>제7절 천연염색 디자인상품 개발 .....</b>	<b>320</b>
1. 텍스타일 디자인 개발 과정 .....	320
2. 텍스타일 디자인 개발 .....	320
3. 고감성·고기능성 천연염색제품 디자인 개발 .....	335
4. 천연염색 패키지 디자인 및 시제품 개발 .....	356
<b>제8절 바이오하우징 천연소재 개발 및 제품 마케팅 .....</b>	<b>374</b>

1. 인테리어제품 분석하여 연구하고자하는 제품 선정 .....	374
2. 패턴 디자인 분석 .....	374
3. 패턴 디자인 개발 .....	375
4. 디자인한 패턴을 적용하여 시제품 제작 .....	378
5. 바이오하우징 천연소재 개발 및 제품 마케팅 개발 세부 내용 .....	382
6. 천연벽지 시제품 개발 .....	382
<b>제9절 천연원료를 이용한 기능성 천 기저귀 제품 개발 .....</b>	<b>391</b>
1. 팬티형 천기저귀 디자인 개선 및 시제품 개발 .....	391
2. 연구 내용 .....	403
3. 연구개발과제의 개요 .....	407
4. 연구개발의 목적 .....	408
5. 국내외 기술개발 현황 .....	409
6. 연구개발수행 내용 및 결과 .....	412
<b>제10절 인디고 염색물의 상품화 및 판매 활성화 .....</b>	<b>417</b>
1. 내손으로 하는 쪽 염색 패키지 개발 .....	417
2. 인디고 염색 패션의류상품 개발 .....	419
<b>제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....</b>	<b>425</b>
1. 평가의 착안점 및 기준 .....	425
2. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	427
<b>제5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획 .....</b>	<b>472</b>
1. 연구개발 성과 .....	472
2. 성과활용 계획 .....	479
<b>제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....</b>	<b>484</b>
<b>제7장 참고문헌 .....</b>	<b>490</b>



# 제1장 연구개발과제의 개요

## 제1절 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 연구개발의 목적

인디고 천연소재 제품 개발 및 천연염색 산업화와 농학 및 생물공학기술을 이용한 쪽의 인디고 생산 최적화 연구를 통해 인디고의 지속적인 생산, 생명공학기술을 이용한 분자유종, 친환경 염료작물 재배기술 개발, 천연염색 및 기능성 제품 사업화와 유통 기반구축 사업 등을 추진하고자 한다.

### 2. 연구개발의 필요성

- 나주의 풍부한 농업기반 및 생물자원에 부가가치가 높은 공학기술을 접목한다면 경쟁력을 가진 천연염료산업체로 변모할 가능성이 높다. 또한 우수성이 입증된 전남의 전통 및 발효 식품 제조기술을 첨단기술과 고기능성 소재를 접목시켜 체계적으로 육성할 경우 경쟁력이 있는 고부가가치의 천연염료 및 염색 기능성상품 개발이 가능하다.
- 천연염료·염색산업은 친환경적 산업으로 웰빙산업 시대를 맞아 그 수요가 증대되고 있으나 거의 수입에 의존해 왔다. 이에 당사는 꾸준히 연구개발과 품질개선을 통해 천연염료의 단점인 재현성, 생산 고비용, 대량생산 등을 해결하려 하고 있다. 따라서 현재 천연염료염색 제조를 위한 일괄시스템을 갖추고 소비자에게 보다 안정된 품질과 저렴한 가격의 제품을 공급하는 천연염료염색 선두기업으로 자리매김하고 있음.
- 전라남도에서는 쪽 염료를 미래전략산업으로 집중육성하기 위해 공예체험관, 창업지원센터, 전시판매장, 체험학습장, 황토방 등의 시설물을 짓고 3개년 사업으로 쪽염료 상용화 시설과 내의류 침구류 신발류 등 문화상품 5종 개발, 저온창고와 염료 출시 등 염색공정의 시설을 갖추어 예정이다. 이런 연구와 노력에도 불구하고 대량생산과 염색에 의한 저비용 고품질의 인디고 염색 제품의 생산은 이루어지지 못하고 있다.
- 전국에서 유일하게 전통적 가치를 국가로부터 공인받은 천연염색 중요무형문화재 115호(염색장) 2명을 나주시에서 보유하고 있어 천연염색 문화를 지속적으로 보존하고 발전시켜 나갈 수 있는 기반과 더불어 천연염색 산업의 경쟁력을 높이고 실용화하는데 있어서도 상대적으로 유리한 위치에 있음.
- 전남이 국내 천연염색산업에서 차지하는 비중이 42.4%로 타 시도에 비해 압도적임.

- 천연염료를 이용한 천연염색 가공의 기업화로 인하여 천연염색의 대중화를 꾀할 수 있으며, 원료 식물의 농가계약재배를 통한 농가의 소득증대를 기대할 수 있다. 또 생산 활동에 따른 지역경제 활성화와 고용증대 효과도 얻을 수 있다. 특히 염료식물은 소득 증대의 한계에 이른 벼농사를 대체할 수 있는 대체작물로서 쪽의 경우 벼의 소득액과 비교할 때 10a의 면적에서 37배에 달한다.
- 우리나라, 특히 쪽재배의 적지인 나주지역에서 쪽재배에 필요한 농학적 기초 연구자료가 전무한 실정임.
- 천연 인디고는 합성인디고에 비하여 미적으로 우수한 염색을 할 수 있음이 장점이나 식물에서 많은 노동력을 투하하여 추출되어야 하므로 매우 고가로서 고급사치재로서는 수요가 있으나 대중적으로 상업화되기 매우 어렵다. 그러나 최근 본래 공해산업으로 분류되는 염색 산업에서 친환경적인 염색에 대한 요구가 높아지고 있어 사회적 수요가 증가되는 추세에 있다. 만약 인디고 생산식물에서 인디고의 생산성을 획기적으로 올릴 수 있다면 천연 인디고의 가격을 낮출 수 있고 친환경 제품인 천연 인디고에 대한 더 많은 수요를 유발할 수 있어 합성 인디고에 대한 가격 경쟁력을 개선하고 궁극적으로는 재배 농가의 수익을 제고할 수 있을 것이다.
- 인디고를 생산하는 식물은 여러 종이 있으나, 이들 중에서 우리나라에서는 주로 쪽 (*Polygonum tinctorium*)을 재배하여 이용하였고 일부 대청(*Isatis tinctoria*, 송람)을 염색에 이용하였다. 그러나 이들 식물은 아열대-열대 지역에서 재배되는 *Indigofera tinctoria* (목람)에 비하면 단위중량당 인디고 함량이 매우 낮아 상대적으로 경쟁력이 낮다. 현재 우리나라에서 유통되는 천연 쪽 염료는 대부분 인도에서 수입된 것이고, 우리나라에서 재배된 쪽에서 얻는 염료는 목람과 경쟁할 수 없어 전통산업과 전통기법이라는 면에서 명맥이 보존되고 있다. 전통기법과 전통재료인 쪽으로 염색된 직물은 예술품이나 매우 고가 사치품으로 인식되어 있으나 앞으로는 친환경적 제품이라는 데에 주목할 필요가 있다.
- 우리나라에서 재배되는 쪽의 경쟁력을 높이기 위하여 전통적인 육종과 재배 방법의 개선을 통하여 쪽의 인디고 함량을 증대시킬 수도 있겠으나 획기적인 증대는 어려운 실정이며, 최근 발달된 생물공학적 접근을 통하여 인디고의 생산성을 올릴 수 있는 방법을 적용한 예는 없다. 따라서 인디고의 생산성을 올리기 위한 생물공학적 방법을 선도하기 위하여 이 연구 개발이 수행되었다.
- 천연염색 산업화를 위해서는 안정적인 원료공급이 필요하며 이를 위해 염료작물 쪽의 농가 생산성 향상을 위한 표준품종 개발, 표준재배법 개발, 염료추출 및 생산에 관한 연구가 필요하다. 본 연구는 쪽 유전자원의 수집 및 평가, 그리고 색소수율증대를 위한 재배 및 가공 기술을 통해 최종적으로 우량 쪽 계통선발 및 색소생산 최적 조건을 확립하고자 한다. 아울러 쪽 이용 제품개발을 위해 작물 생산성과 색소함량이 높은 고품질의 원료를 지속적이며 안정적으로 원료공급하기 위한 기초 생산기술을 확보하고자 한다.

- 우리나라에서 ‘쪽’이라 일컫는 인디고 염료는 오랫동안 상업적으로 많이 사용되는 염색염료 중 하나이다. 이 염료의 생산은 주로 화학합성에 의존하고 있으며, 이에 따른 화학 품에 의한 부산물 생산과 같은 자연환경 오염이 대두되고 있다. 반면, 식물 유래의 인디고는 *Indigofera* spp. (*I. tinctoria*, *I. leptostachya*, *I. anil*, etc.), *Polygonum tinctorium*, *Lonchocarpus cyanescens*와 같은 식물에서 추출한다 (Song et al., 2011).
- 불용성의 인디고는 염료로 사용되기 위해 수용성의 루코-인디고로 전환되어야 한다. 전환된 수용성의 루코-인디고는 공기중에 노출되면 불용성의 인디고로 산화되기 쉽다. 이러한 화학적 특성, 불용성의 인디고에서 수용성 루코-인디고로의 환원 반응과 수용성의 루코-인디고에서 다시 불용성의 인디고로의 산화 반응, 을 이용하여 직물을 염색하는 염료로써 인디고를 사용한다. 전통적인 제조 과정에서는 미생물이 관여하여 이루어진다. 미생물에 의한 인디고 환원 방식은 다소 시간이 오래 걸리고 일정한 조건을 유지하기 어려워 (Clark, 1993; Schmidt, 1997), 상업적으로는 강한 환원제( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ )를 사용하여 빠르게 인디고를 루코-인디고로 환원시키는 화학적 환원 방법에 의존하고 있다 (Bozic et al., 2009). 그러나 화학적 환원 방법은 독성의 부산물의 생산 및 폐수 처리 등과 같은 환경오염을 초래한다 (Aino et al., 2010; Bozic and Kokol, 2008). 이에 미생물을 이용한 인디고 환원방식은 환경 친화적인 방식으로 고려되며, 화학적 환원 방식에 의한 인디고 염색보다 더 좋은 색을 가지도록 한다. 이러한 전통방법에 더욱 진보된 생물학적 방법을 추가한다면 환경 친화적인 indigo 염료를 생산 할 수 있을 것으로 기대된다.

## 제2절 연구개발의 범위

### (제1핵심과제)

연구기관	연구범위
<p><b>(제)나주시천연염색문화재단</b></p> <p>인디고 염색공정 축소 및 대량 염색체계 확립</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 상품성 향상을 위한 다양한 컬러의 대량 염색공정 확립과 맞춤형 메뉴얼 완성</li> <li>○ 인디고 염색공정 축소 및 소요시간 단축에 관한 기술개발</li> <li>○ 인디고 염료와 식물성색소를 이용한 다컬러 대량 염색 공정 확립</li> <li>○ 천연염색 전시회 및 박람회 참가</li> <li>○ 지역특산품개발(천연염색문화상품개발)</li> <li>○ 인디고 염색기술 교육 지도</li> <li>○ 인디고 활성구조 및 항균성 효과 분석</li> <li>○ 논문 2편(SCI 1편, 국내1편), 특허출원 1건, 교육지도 5건</li> </ul>
<p><b>포유기업혁신연구센터 (위탁과제)</b></p> <p>사업단의 경제성 평가를 위한 경영 컨설팅</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사업성과의 경제적 활용을 위한 수익모델의 구축과 운영활성화 방안</li> <li>○ 천연염색의 복합6차산업화를 위한 경제적구도화와 실행방안의 제시</li> </ul>
<p><b>전남대학교</b></p> <p>천연염색 패션제품 상품화 및 마케팅</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ B.I를 활용한 패키지 디자인</li> <li>○ 디자인 10건, 시제품 3건, 특허(디자인) 1건, 논문 1편</li> </ul>
<p><b>(주)세노코</b></p> <p>천연염색 대량 생산 체계 및 제품 양산</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 쪽천연염색 후가공 기술 확립</li> <li>○ 대량생산 시스템확립</li> <li>○ 세탁견뢰도, 일광견뢰도 기술확립</li> <li>○ 염색물 세척(쇼핑)시 색조변화 잔류염액 제거기술 확립</li> <li>○ 패드스팀공정 건조-환원제 패딩-수세-산화-쇼핑-스팀-건조 기술 확립</li> <li>○ 세균류, 사상균류, 바이러스 등 항균가공 99.9% 가공기술 확립</li> <li>○ 천연염색 상품화 및 판매 활성화</li> <li>○ 천연염색 기능성 신제품 생산</li> <li>○ 사업확장 매출증대</li> <li>○ 논문 1건</li> </ul>
<p><b>(주)아이티엠건축연구소</b></p> <p>천연염색 패션제품 상품화 및 마케팅</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ B.I 및 패키지 디자인</li> <li>○ 신상품 출시</li> <li>○ 디자인 5건, 시제품 2건, 특허(디자인) 1건</li> </ul>
<p><b>(주)편비즈</b></p> <p>친환경 천연섬유의 팬티형 천기저귀시장 확대, 문제점 개선 및 사업확대</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사업 확대 단계(친환경 천연원료 및 섬유를 활용한 천기저귀 양산)</li> <li>○ 팬티형 천기저귀 시장 확대(일반 기저귀 시장진입)</li> <li>○ 친환경 천연원료 적용기술 기타제품 적용</li> <li>○ 소재별 문제점, 개선사항 확인(천연섬유)</li> <li>○ 각 소재별 제품생산 및 시장반응 확인</li> <li>○ 시제품 개발 및 디자인 등록 2건</li> </ul>

(제2핵심과제)

연구기관	연구범위
<p>서울대학교</p> <p>생물공학적인 인디고 생산 최적화</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 식물활성화제 처리에 따른 인디고 함량 증대 메카니즘</li> <li>○ 인돌합성효소 클로닝 계속</li> <li>○ 형질전환 식물에서 인디고 생산 증대</li> <li>○ 논문2건(SCI 1건, 국내 1건), 특허 1건</li> </ul>
<p>목포대학교</p> <p>신품종 보급</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 쪽 우량품종 선발계통의 평가</li> <li>○ 쪽 색소 대량생산 시험</li> <li>○ 신품종의 재배조건 구명</li> <li>○ 농가 실증시험을 통해 신품종의 생산성 확인 및 쪽 재배농가에 보급</li> <li>○ 논문2건(국내 1건, SCI 1건)</li> </ul>
<p>광주과학기술원</p> <p>향상된 인디고환원공정개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 분리된 인디고 환원 미생물 균주가 최상의 인디고 환원력을 보여주는 성장조건 확보</li> <li>○ 선발된 미생물을 이용한 환원 반응의 시간 단축: 미생물을 이용한 생물학적 인디고 환원 방식은 시간이 오래 걸리는 방식으로 실제 공정에서 적용하기에는 화학품을 사용하는 화학적 환원방식에 비해 속도에 있어 단점을 가지고 있다. 이를 보완</li> <li>○ 앞서 수행된 연구를 통해, 최적의 인디고 환원력을 나타내는 미생물 성장 조건을 이용하여, 선발된 미생물을 실제 인디고 환원 대사공정에 적용할 수 있도록 개발</li> <li>○ 논문1건(SCI 1건)</li> </ul>

## 제2장 국내외 기술개발 현황

### 제1절 국내 기술개발 현황

현재의 천연염료 산업, 천연염료의 생산 및 시장, 염색공정 및 기술, 염색물의 안전성 및 인체 적합성 등에 대한 검토에서 천연염료가 합성염료 전체를 대체할 수는 없지만, 천연염색의 상당 부분이 경제적으로도 장점을 가지며, 천연염료의 색상이 충분히 다양하며, 21세기 환경문제까지 고려하면 천연염색이 상당한 경쟁력을 가질 것으로 예상되고 있다.

<표 1> 천연염료 국내·외 시장규모

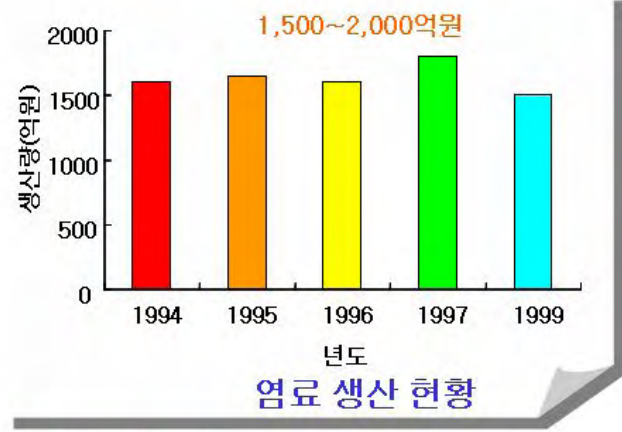
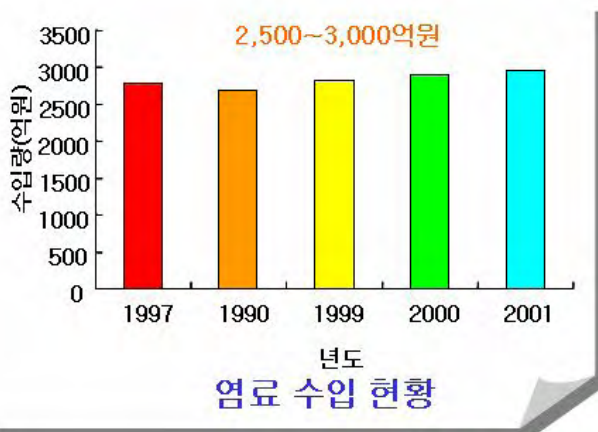
구 분	시장규모 (2001년)	시장규모 (2007년)	시장규모 (2010년)
세계시장규모	50,000억원	85,600억원	98,440억원
한국시장규모	5,000억원	4,554억원	5,232억원

※출처: 한국패션뷰티학회지 (Vol. 4 No. 2, 2010)

<표 2> 국내외 시장규모 및 수입액 규모

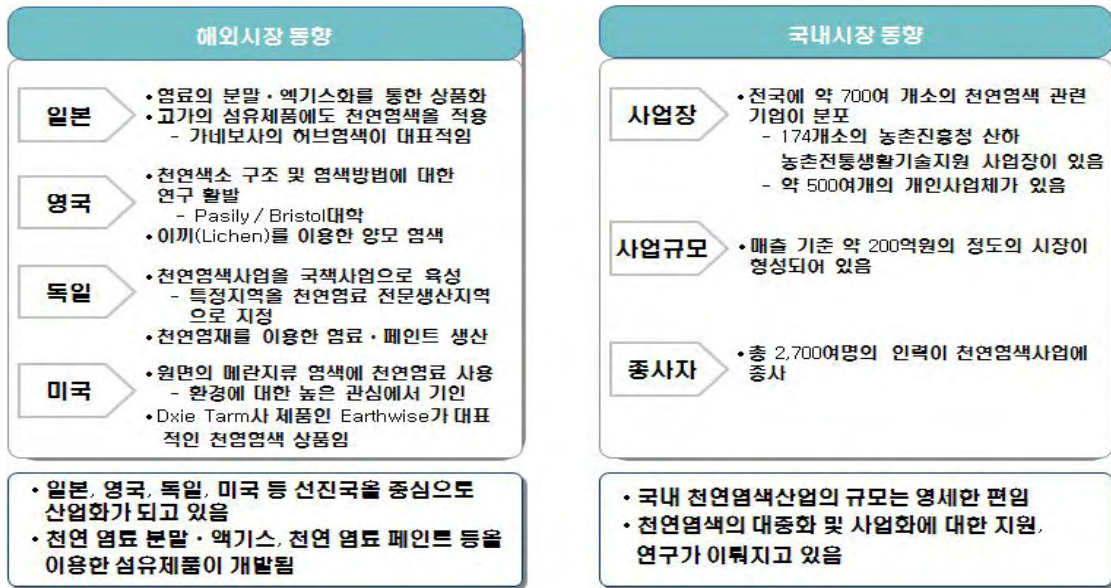
세부기술	세계시장	국내시장	수입금액	국내수급
천연염료	50,000억원	3,000억원	3,000억원	2,000억원

※한국정밀화학총람(2009년)



근거 자료: 한국정밀화학총람(2000, 2001년)

선진국을 중심으로 천연염색분야의 산업화가 진행되고 있으나, 국내 천연염색분야는 아직 영세한 수준에 머무르고 있음.



<그림 1> 국외시장동향 및 국내시장동향

전국 천연염색관련 기업(공예방 등)현황을 살펴보면 농촌진흥청·농촌전통 생활기술지원 사업장 174개소, 개인사업자 500개소 등으로 현재 700여개소가 운영되고 있으며, 사업규모는 200억원 정도이고 종사자수는 2,700여명에 달하는 등 고용 창출 효과를 거두고 있음.



<그림 2> 국내 천연염색산업 동향

천연염료의 국내의 시장 규모는 “첨단 염색가공 섬유소재 기술의 산업 동향” 산자부 연구개발 보고서에서 2001년 세계시장규모가 약 50,000억원, 국내 시장 규모를 5,000억원으로 추정 발표하였으며 현재 거의 수입에 의존하고 있다.

<표 3> 염료 수출입 현황

(단위:백만불, %)

구분		2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
염료	수출	502	561	626	626	504
	수입	961	1030	1058	1086	1,053

※한국정밀화학산업진흥회

우리나라 섬유산업은 최근 성장세가 둔화되고 있지만, 지난 40년간 수출신장에 따라 급속하게 발전하여 왔음.

<표 4> 우리나라 섬유산업 생산 현황

(단위: 10억원, %)

구분		'00년(A)	'01년(A)	'02년(A)	'03년(A)	'04년(A)	연평균(B/A)
제조업	연구직	564,834	583,793	634,199	677,371	794,853	8.9
섬유(비중)	책임연구원	39,813	40,845	42,570	40,898	39,197	△0.4
섬유	섬유소재	26,033	25,138	24,931	22,926	23,044	△3.0
	의류	9,146	10,752	13,070	12,064	11,917	6.8
	화학섬유	4,634	4,956	5,570	5,907	4,276	△2.0

\*자료 : 광업제조업통계조사보고서('05. 12, 통계청)

세계적으로 건강과 환경을 중시하는 추세에 따라 웰빙(well being)이 먹는 것에서부터 입는 것, 자는 것까지 영향을 미치게 됨. 특히 천연염색 섬유로 만든 옷이 아토피 피부염을 비롯한 각종 피부염 등에 탁월한 효과를 보인다는 연구 결과와 사례들이 발표되면서 천연염색 패션제품에 대한 관심이 높아지고 있으며 이러한 천연염색 제품이 계속 개발되어 시장에 출시되고 있다.



주거환경의 유해물질 검출 문제가 사회적 이슈로 등장하면서 친환경 건축자재뿐만 아니라 황토지 등 천연소재 벽지가 부각되고 있다.

글로벌 신소비 계층의 부상 : 미국의 '베이비부머'와 일본의 '단카이 세대'의 은퇴가 본격화되면서 신소비 계층으로 부상하고 있는데 선진국 시니어 계층은 풍부한 개인금융자산을 확보하고 있으며, 저축보다는 자신을 위한 적극적인 소비성향을 보이는 것이 특징이다. 또 한 천연염색제품 구매행동 연구결과 연령, 학력, 소득이 높을수록 천연염색제품 구매율이 높고, 많이 보유하고 있는 것으로 나타나고 있으므로 이들 소비자층의 니즈를 만족시키는 천연염색제품의 디자인 개발 및 마케팅 전략이 필요하다.

지금부터는 바야흐로 스마트 컨슈머의 시대(Smart Consumer) 시대로 소비자는 더 이상 공급자의 말을 그대로 듣지 않음. 소비자 스스로가 제품이 가진 의미를 보고, 듣고, 느끼며 공감할 때 비로소 그 제품을 선택함.

#### ● 인디고 생합성에 대한 연구 현황

- 인디고 생합성은 1960년대에 indican과 isatin이 각각 목람과 대청에서 인디고의 전구체인 indoxyl이 glucoside와 glucuronoside의 형태로 식물에 축적함을 밝혀내었다 (Epstein et al., 1967). 그러나 indoxyl의 전구체라 믿어지는 indole의 유래에 대하여는, Maier et al. (1990) 이 tryptophane이 분해되어 인돌이 되고 이 인돌이 인디고의 전구체가 된다고 발표한 반면 Xia and Zenk (1992)는 인디고가 tryptophan에서 유래되지 않음을 증명하였다. 이는 indole이 tryptophan을 거치지 않고 직접 생성되는 메카니즘이 별도로 존재함을 시사한다.
- 식물에서 인돌의 대사는 최근 식물의 자기방어 기작과 관련되어 연구되었다. 식물은 곤충에 대한 자기 방어를 위하여 인돌을 생산하여 공기중으로 휘산하며 (Frey et al., 2000), 향균성 benzoxazinone의 형태로 인돌이 축적됨이 알려져 있다. 이는 인디고 색소의 indole 단위 유래가 상기 인돌 생성 대사와의 유사할 가능성을 시사한다. 이 인돌 형성 대사의 중심 효소는 BX1 또는 IGL (indole-glycerol phosphate lyase)임이 증명되었는데, 이들 효소는 tryptophan synthase의 alpha subunit (TSA)와 유사한 구조를 지니고 있으나, TSA와는 달리 beta subunit (TSB)의 존재 없이도 독립적으로 작동하여 인돌을 생산한다는 점이 다르다 (Kriechbaumer et al., 2008).
- 유럽에서는 2000년대에 대청을 이용한 전통 인디고 염료에 대한 관심이 부활하여 Spindigo Project가 만들어져 2001년부터 2004년까지 약 350만 유로의 연구비로 연구가 수행되었다 (Gilbert and Cooke, 2001). 이 연구에서는 대청의 재배 (Stoker et al. 1998), 인디고 환원 미생물, 유럽에서의 지역적 적용에 대한 연구가 수행되어 그 결과 전통 woad 염색의 작은 틈새시장을 유럽에서 열 수 있었다. 이 연구에서는 특히 전통적으로 사용되던 인디고 발효 용기에서 인디고 환원활성이 강한 Clostridium 미생물을 동정하였다 (Padden et al. 1999). 최근 우리나라에서도 전통 쪽염색 장인의 인디고 발효 용기에서 Alkalobacterium과 Pseudomonas를 분리해 내었다 (Park et al., 2012).

#### ● 조직 및 세포 배양을 이용한 인디고이드 생산

- 식물에서의 인디고의 생합성 연구는 상기 열거된 연구를 제외하고 거의 이루어지지 않았다. 그러나 *P. tinctorium*의 세포현탁배양에서는 인디고 계열의 색소가 생성되지 않으나, 인돌을 외부에서 투여하면 붉은 색소를 세포내에 축적하며, 이 색소가 indirubin임을 알게 되었다 (Kim et al., 1996). 이 연구는 indirubin의 항암 작용보고 (Meijer et al., 2006)와 함께 인디루빈 유도체의 생물공학적 생산이라는 가능성을 두고 연구되었다 (Shim et al., 1998). 그러나 이들은 모두 외부에서 인돌을 투여하여야 인디루빈 색소를 생산한다. 아직까지 모상근을 비롯하여 조직배양에서 인돌을 투여하지 않고 다량의 indigoid를 생산하게 하는 연구는 없었다.

● 천기저귀 국내시장 현황

- 우리나라 기저귀 시장의 규모는 4157억원 두루마리 휴지(3260억원), 미용티슈(1227억원), 여성생리대(3128억원)와 같은 제지제품 시장중에서도 가장 큰 규모다. 하루에 많게는 열 개까지 소비되는 종이 기저귀의 특성상 제품 소비량과 규모가 커질 수밖에 없다.
- 국내에 출시중인 기저귀 제품 중, 시장 점유율 1위를 차지하고 있는 곳은 단연 유한킴벌리다. 유한킴벌리의 2007년 지속가능보고서에 따르면, “하기스” 로 대표되는 유한킴벌리의 시장 점유율이 73.4%에 달한다. 2위 업체는 대한펄프의 “보숨이”로 9.6%다. 실질적으로 구회사가 국내 기저귀 시장을 장악하고 있는 셈이다.
- 이중, 성인용 기저귀는 약 500억 규모로 알려져 있다. 노인인구의 증가와 요실금 등에 대한 관심이 늘면서 성인용 기저귀 시장은 매년 두자릿수 이상 빠르게 성장하고 있으며, 2010년에는 600억 대에 이르렀다. 이 시장에서 유한킴벌리의 디펜드는 아직 위생팬티를 비롯 깔개매트, 언더웨어 등 사용자의 연령 및 특성에 맞는 다양한 위생제품으로 수입제품을 제치고 국내 시장을 선도하고 있다.[자료출처 프라임 경제 2009년 4월 29일]
- 국내 성인용 기저귀 시장규모는 2004년 2720억원 규모이던 유아용 기저귀 시장이 2006년 2640억원 규모로 감소한 사이 2007년 430억원 수준인 우리나라에 비해 일본은 7,850억원, 미국은 1조 6천억원에 이를 정도로 큰 시장을 형성.우리나라 시장의 성장 가능성도 그만큼 높다.
- 영유아 시장에 있어서도 매년 50만명 이상의 신생아가 출생하고 있으며, 이에 따라 생후 3~4개월 후부터 48개월 까지의 영유아를 대상으로 하는 기저귀 시장의 규모는 지속성장하는 추세이다. 거기에 웰빙바람을 타고 몸에 좋은 제품을 찾는 사람들이 늘어 지난해 국내 유기농 가공식품시장 규모는 2백억원 이상으로 매년 20% 이상의 성장세를 보이고 있다.
- 국내 국민건강보험공단과 통계청의 자료에 따르면 한해 아토피를 앓고 있는 유아(0~4세)는 52만 7천명으로 전체 유아의 18%로 집계되었다. 즉, 유아 6명중 1명이 아토피를 앓고 있는 셈이다.
- 아기 한 명이 유아기 동안 쓰는 기저귀 총량은 생후 25개월까지 하루 평균 5.87개의 1회용기저귀를 사용하는 것으로 나타났다. 이를 근거로 추산하면 한 명의 유아가 쓰는 일회용기저귀는 총 4천402.5 개로 추정 된다.
- 하지만 한국P&G의 아기 기저귀 브랜드 “큐티”가 최근 육아 포털 사이트 0TO7 ([www.0to7.com](http://www.0to7.com))에서 온라인설문조사를 실시한 결과 일회용 기저귀 사용시 가장 우려되는 점은 50%의 응답자가 아기 피부가 짓무르는 문제라고 답했고 하루 평균 기저귀 교환 빈도는 응답자의 49%에서 6회 이하로 나타났다.

● 일회용 기저귀와 천기저귀 사용 현황

- 대한 YWCA연합회와 서울 YWCA의 '1회용 종이기저귀 소비실태 및 환경영향에 관한 인식도 조사'(1994)에 따르면 조사대상자 중 전체 1,266명 응답자 중에서 66.3%가 일회용 1회용 기저귀와 천기저귀를 같이 사용하고 있으며, 1회용 기저귀만 사용하는 주부는 12.9%로 전체 도시주부의 79.2%가 1회용 종이기저귀를 사용하고 있는 것으로 나타났다.

<표 5> 천기저귀 및 일회용 기저귀 사용 현황

사례 수		천기저귀	1회용 기저귀	1회용 & 천기저귀	계	비 고
전체(1266)		20.9	12.9	66.3	100.0	
연령	28세 이하	(316)	14.2	15.5	70.3	100.0
	29-30세 이하	(281)	16.0	15.7	68.3	100.0
	31-33세	(354)	20.9	11.0	68.1	100.0
	34세 이상	(315)	31.7	9.8	58.4	100.0
직업	전업주부	(778)	22.6	12.0	65.4	100.0
	시간제 근무직	(129)	21.7	14.0	64.3	100.0
	종일 근무직	(359)	16.7	14.5	68.8	100.0
학력	중졸 이하	(61)	29.5	11.5	59.0	100.0
	고졸	(559)	24.5	11.3	64.2	100.0
	대졸 이상	(646)	16.9	14.4	68.7	100.0

## 제2절 국외 기술개발 현황

- 전세계 화학섬유 생산은 '04년 기준으로 33,831천톤이며, 중국 등 개도국의 성장에 따라 한국의 비중은 점차 낮아지고 있는 실정임.
- 우리나라의 세계 화학섬유 생산비중은 '99년(9.7%)을 정점으로 점차 감소하고 있으며, '04년 현재 7.6%로 세계 제4위를 차지함.

<표 6> 세계 화학섬유 생산 추이

(단위: 천톤, %)

구분	'00년(A)	'01년(A)	'02년(A)	'03년(A)	'04년(A)	연평균(B/A)
전세계	28,289	28,246	30,074	31,775	33,831	4.6
한국	2,646	2,344	2,302	2,241	1,978	△7.0
비중	9.4	8.3	7.7	7.1	5.8	

\*자료 : Fiber Organon 2005

- 세계 섬유수요의 점진적 증가
  - 세계 섬유수요는 소득수준 향상 및 Life style의 변화 등으로는 아래 표와 같이 2010년 까지 연평균 3.3% 증가를 전망할 수 있다.
  - 국제 분업 및 무역자유화 등으로 세계 섬유교역이 지속적으로 증가하여 세계 섬유교역 (2000년)은 8,945억불로 2010년에는 연평균 4.3% 증가한 13,608억불로 지속 증가되리라는 예측이다.

<표 7> 세계 섬유류 수요전망

(단위: 천톤 %)

구분	2000(A)	2005	2010(B)	연평균(B/A)
천연섬유	21,247	22,991	24,590	1.6%
화학섬유	31,893	39,845	49,202	4.4%
합계	53,140	62,836	73,792	3.3%

\* PCI(Petrochemical Institute), 영국, 2010

<표 8> 세계 섬유류 교역전망

(단위: 억불)

구 분	1990(A)	1995	2000(B)	2005	2010(C)	연평균 증가율	
						(B/A)	(C/B)
교역규모	5,436	6,986	8,945	11,280	13,608	5.11	4.29
수출규모	2,547	3,440	4,426	5,548	6,703	5.68	4.23

\* PCI(Petrochemical Institute), 영국, 2010

● 천기저귀 국외 기술 현황

- 천기저귀 제품에 대한 관심의 급증과 함께, 현재 해외에서는 다양한 형태의 천기저귀 제품이 개발 및 시판 중이다. 그 중 대표적인 제품으로는 팬티형 천기저귀를 꼽을 수 있으며, 그 편리함과 세련된 디자인 등 다양한 장점으로 소비자들의 만족도가 날로 높아가는 추세이다.
- 그 중, 대표적 브랜드인 일본 니시키(NISHIKI)의 경우, 100년 이상 기저귀 제품만을 생산해 온 신뢰의 업체로 일본 현지공장에서 모든 제품을 생산하고 있다. 팬티형 천기저귀를 기본으로 연령대별 다양한 크기와 용도의 천기저귀를 선보이고 있으며, 커버 전체를 좌우 벨트로 고정하는 타입 등 기저귀 갈 때의 편의성을 최대화하여 소비자들의 큰 호응을 얻고 있다. (주)니시키의 팬티형 천기저귀의 경우, 신생아의 민감한 피부에 좋은 100% 면 소재를 활용 하였으며, 3중 구조의 흡수층과 삶지 않아도 대변의 누런 색을 쉽게 빨 수 있다는 장점(세탁시 용이성) 등 다양한 특징점이 부각되고 있다.
- 그러나, 일본 니시키(NISHIKI)는 100% 순면 기저귀만을 생산하고 있어, 쪽원료를 이용한 친환경 기저귀 등 소재의 다양성에 대한 부분이 아쉽다는 소비자들의 지적과 함께, 팬티형 천기저귀 소재에 대한 연구와 개발이 필요한 실정이다.
- 영국의 컨설턴트 Northdoe에 따르면 2007년 세계 Filter 소재의 시장규모는 217억달러 규모인 것으로 나타남.
- 독일에서 개최된 Fitrex(구주부직포업체단체(EDANA) 주최)에서 명확히 밝혀짐. 소재로는 멤브레인에서 세라믹까지 다양한 Filter 소재가 포함되어 있으며, 이 가운데 부직포가 31억불, Filter가 21억불, 직물이 14.5억불을 각각 점하고 있는 것으로 보임.
- 또한 전체의 38%가 機器 등에 이미 장착되어 있으며, 나머지 62%는 교환용소재(After Cell)인 것으로 나타남.
- Global Industry Analysis에 따르면 2012년 세계 일회용 유아기저귀 시장은 266억불 규모에 다할 것으로 보임.
- 세계소비의 60% 이상을 점하고 있는 北美/歐州/日本은 보급률이 이미 95% 정도에 달하고 있는 데다 낮은 출산율로 큰 폭의 성장은 기대할 수 없으나, 거대한 인구를 지니고 있는 중국과 인도의 성장이 급속도로 이루어지고 있어 아시아태평양지역은 2010년까지 연율 9.6%의 성장이 전망되고 있음. 중남미지역도 연율 7.0%의 고성장이 예상되고 있음.

## 제3장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제1절 인디고 함유 (쪽) 재배 생산 기술

#### 1. 쪽(*Persicaria tinctoria*) 집단내의 유전자 다양성분석

##### 가. 분석방법

###### (1) 시료 정보

- 분석일: 2012년 10월 20일
- 시료 종류 : 쪽(*Persicaria tinctoria*) A, B, C 그룹
- 시료육안검사 : 연구소에 제공된 시료는 A, B, C 그룹으로 각 그룹별 11개 시료이며, 총 33개 시료가 일회용 비닐용기에 포장되어 도착했습니다. 시료는 약간 시들기는 하였지만 DNA를 추출하는데 아무런 지장이 없는 상태였으며 교차오염 또한 없는 것으로 파악되었다.

###### (2) DNA의 분석

###### (가) DNA추출 및 정량

제공된 시료의 DNA는 잎 부분 약 0.1g을 멸균된 가위와 핀셋을 이용하여 잘라 시험용 시료로 사용하였다. 이때 각각의 시료마다 가위와 핀셋을 각각 따로 사용하여 시료 간에 교차오염되는 것을 방지 하였다.

시료를 고농도의 CTAB, PVP, EDTA 및 단백질분해효소(Proteinase K)를 넣어 분해하고, PCI(phenol/chloroform/isoamylalchol)분리, silica glass filter 방식으로 total DNA를 정제추출하였고 DNA함량과 질(quality)은 1% agarose gel에서 3 $\mu$ l씩 전기영동한 후 자외선흡광광도계에서 그 정확한 DNA량을 측정하였다(그림 3-1).

###### (나) DNA 분석부위

쪽의 microsatellite DNA 분석은 Matesanz et. al.,(2011)이 제시한 *Polygonum cespitosum*의 microsatellite 분석용 증폭시발체(primer) 15종을 본 실험의 *Persicaria tinctoria* 와 반응시켜 그중 DNA증폭이 가능하고 mIcosatellite 대립유전자의 다양성이 나타나는 microsatellite 좌위 Poce01, Poce03, Poce11을 분석 좌위로 선택하였다.

(다) Poce01, Poce03, Poce11의 분석

선발된 microsatellite 좌위 PCR primer의 forward 방향 5' 말단에 형광물질 5FAM으로 표지하여 touchdown thermal cycling 방식으로 증폭하였다. 증폭산물은 Applied Biosystems 3130xl Genetic Analyzer 에서 LIZ-500 line standard와 함께 모세관전기영동 되었으며 genotyping의 결정은 GeneMapper Software v4.1 (AppliedBiosystems, FosterCity, CA) 에서 실시하였다.

(라) 각 대립유전자의 염기서열 분석

각 좌위별로 다양성이 나타난 시료의 DNA를 형광표지 되지 않은 PCR Primer로 증폭하고 각각의 대립유전자 증폭산물을 6M urea 6% polyacrylamide gel 에서 정제하여 대립유전자의 DNA 염기서열 분석의 주형 DNA로 사용하였다. 염기서열 분석은 ABI 3130xl Genetic Analyzer를 이용하여 dye-terminator(BigDye v3.1, ABI)방식으로 염기서열을 해독하였다. Forward 방향과 reverse 방향의 염기서열을 토대로 하나의 contig 염기서열을 완성하였다.

(마) 자료의 분석

각 좌위로 부터 나타난 대립유전자의 다양성자료는 GENEPOP v4.0 (Rousset, 2008) 과 PowerMarker version 3.25 analysis (Liu and Muse, 2005)를 이용해 각 그룹간의 계통유전학적 다양성 파라미터들과 계통유전학적 수치들을 계산하였다.

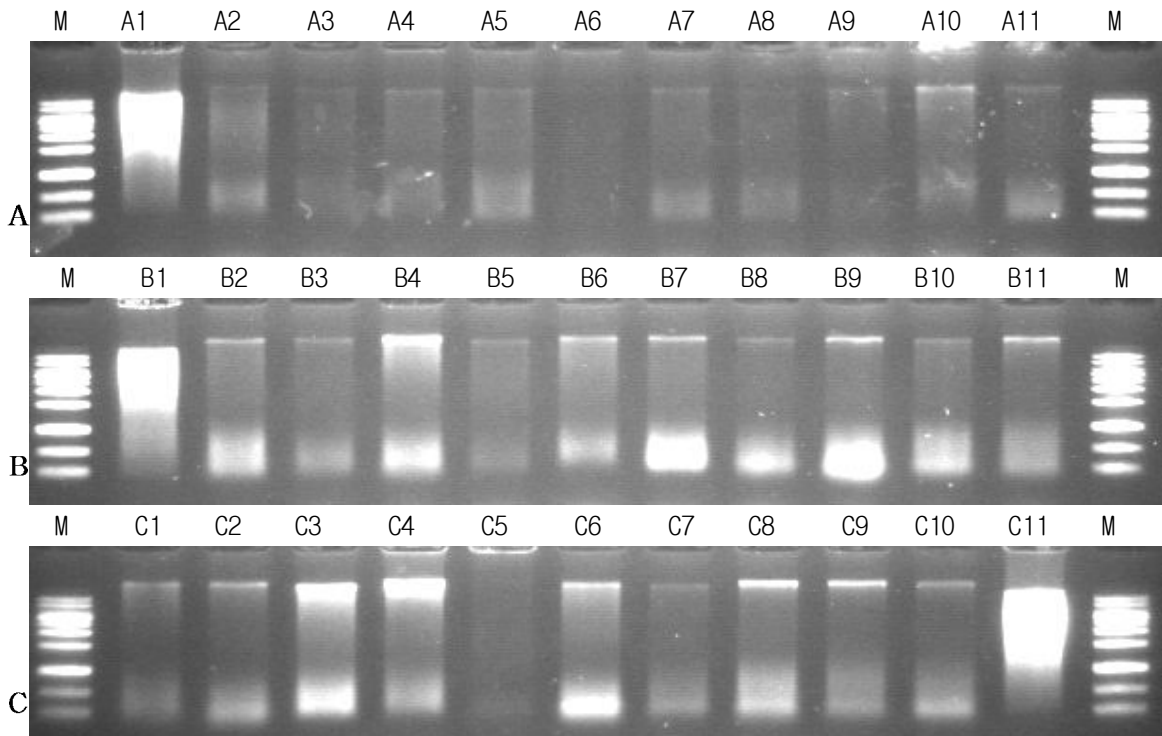


그림 3-1. 쪽(*Persicaria tinctoria*)으로 추출된 total DNA의 agarose gel 전기영동 결과  
※ M: 1Kb DNA marker(Bionner, Korea), A: A 그룹의 쪽으로 부터 추출된 genome DNA, B: B 그룹의 쪽으로 부터 추출된 genome DNA, C: C 그룹의 쪽으로 부터 추출된 genome DNA

## 나. 결과

### (1) 대립유전자의 염기서열분석 결과

#### (가) Poce01 좌위

쪽 A, B, C 그룹 총 33개의 시료에서 Poce01 좌위의 대립유전자는 GeneMapper4.0에서의 typing 결과 159bp와 171bp에서 나타났다. 각 대립유전자의 sequencing 결과 Poce01 좌위의 반복염기서열은 “TAGA” 반복의 tetra-nucleotide repeat로 확인되었으며, 측정된 159bp의 대립유전자가 가지고 있는 실제 염기서열의 길이는 162bp 이었으며 TAGA반복 횟수는 2회 반복이었다. GeneMapper4.0에서의 typing 결과 171bp로 측정된 대립유전자의 실제 염기서열 길이는 171bp 이었으며 TAGA의 반복횟수는 5회 반복으로 확인 되었다(그림 3-2).

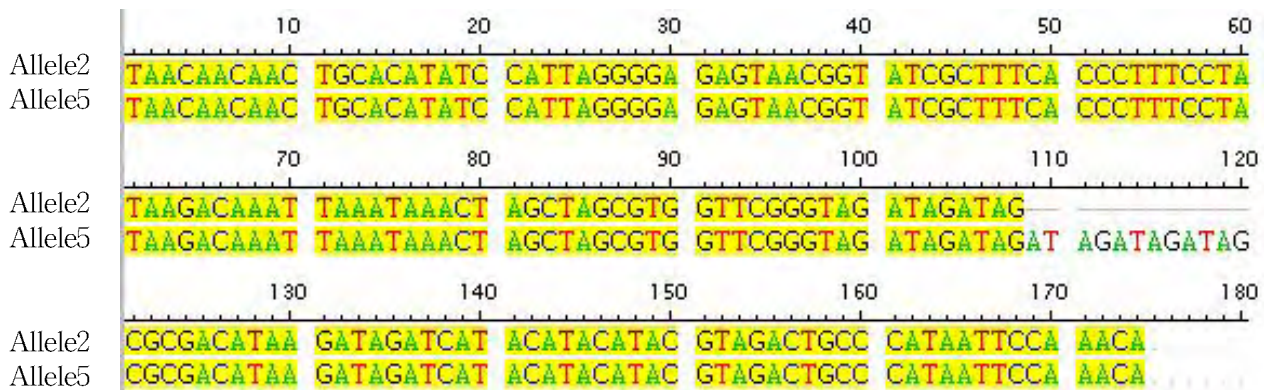


그림 3-2. Poce01 좌위의 2번과 5번 대립유전자의 염기서열 배열

※ Poce01 좌위는 TAGA 염기서열의 반복으로 구성되어 있고 대립유전자 2번과 5번이 발견되었다.

#### (나) Poce03 좌위

쪽 A, B, C 그룹 총 33개의 시료에서 Poce03 좌위의 대립유전자는 GeneMapper4.0에서의 typing 결과 148bp, 160bp 그리고 162bp로 측정되었다. 각 대립유전자의 sequencing 결과 Poce03 좌위의 반복염기서열은 “GA”반복의 di-nucleotide repeat로 확인되었으며 148bp로 측정되었던 대립유전자의 실제 염기서열의 길이는 150bp 이었으며 GA 반복횟수는 4회 반복이었다. GeneMapper4.0에서의 typing 결과 160bp의 대립유전자의 실제 염기서열의 길이는 162bp이 있었으며 GA반복 횟수는 10회 반복 이었고, 162bp로 측정되었던 대립유전자의 실제 염기서열의 길이는 164bp 이었으며 GA반복 횟수는 11회 반복 구조를 가지고 있는 것으로 나타났다(그림 3-3).



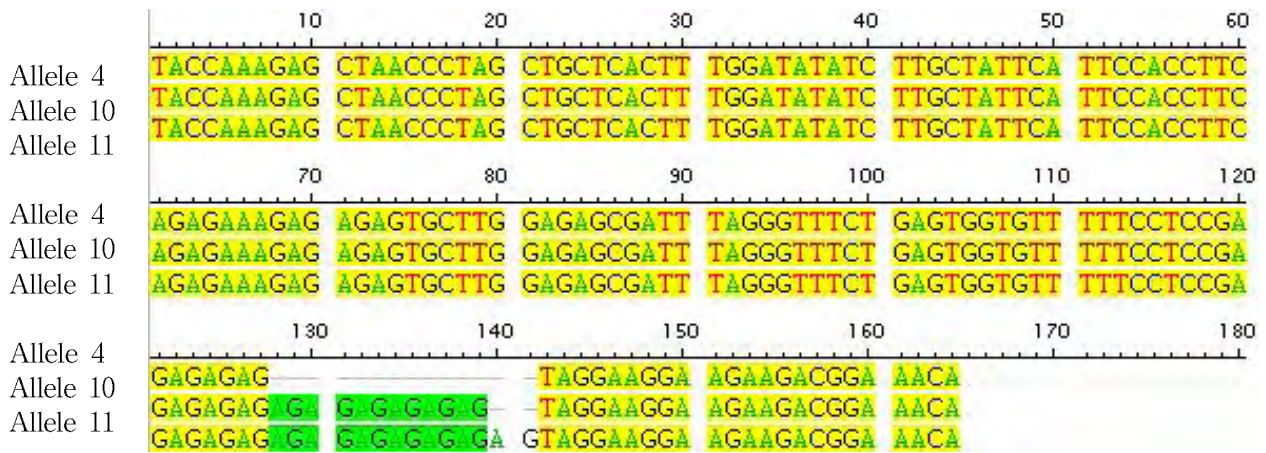


그림 3-3. Poce03 좌위의 4, 10, 11번 대립유전자의 염기서열 구조

※ Poce03 좌위는 GA 염기서열의 반복으로 구성되어 있고 대립유전자 4,10,11번이 발견되었다.

(다) Poce11 좌위

쪽 A, B, C 그룹 총 33개의 시료에서 Poce11 좌위의 대립유전자는 GeneMapper4.0에서의 typing 결과 214bp, 216bp, 218bp 그리고 220bp에서 나타났다. 각 대립유전자의 sequencing 결과 Poce11 좌위의 반복염기서열은 “AT”의 di-nucleotide repeat로 확인되었다. 각 대립유전자의 sequencing 결과 214bp로 측정되었던 대립유전자의 실제 염기서열의 길이는 216bp 이었으며 AT반복횟수는 7회 반복으로 나타났다. 216bp로 측정되었던 대립유전자의 실제 염기서열의 길이는 218bp이었으며 AT반복 횟수는 8회 반복 이었고, 218bp로 측정되었던 대립유전자의 실제 염기서열의 길이는 220bp 이었으며 AT반복 횟수는 9회 반복 구조를 가지고 있었다. 220bp로 측정되었던 대립유전자의 실제 염기서열의 길이는 222bp 이었으며 AT반복 횟수는 10회 반복 구조를 가지고 있음을 확인하였다(그림 3-4).

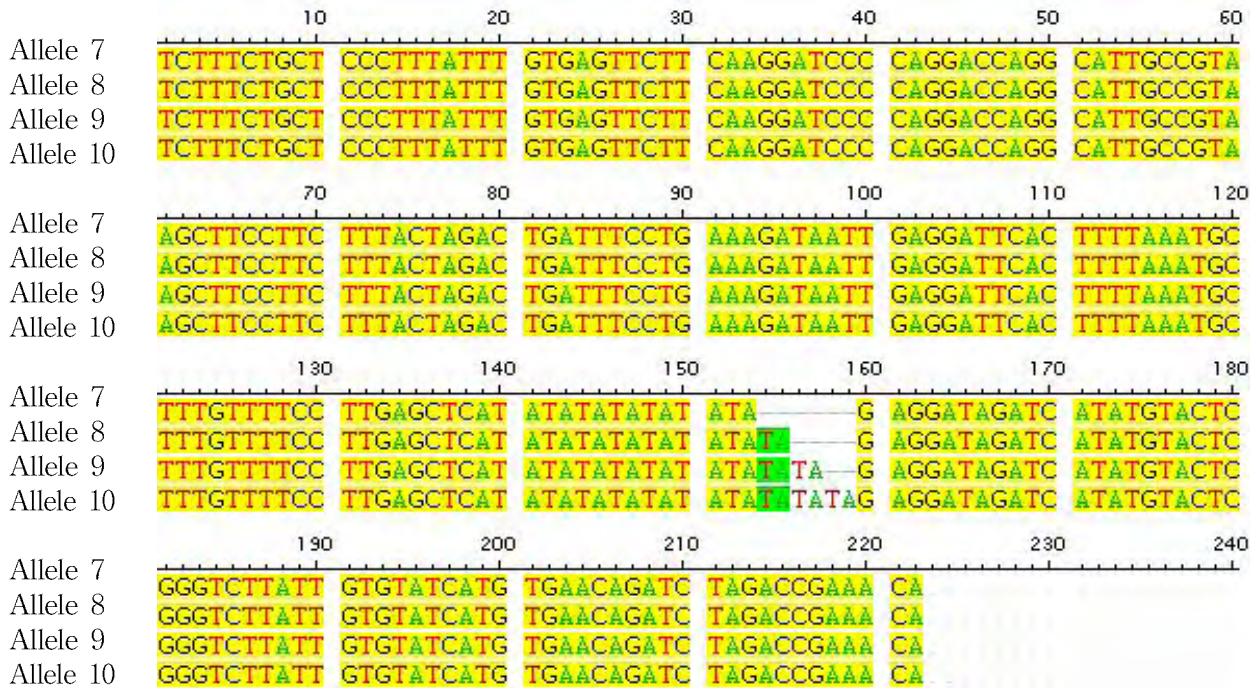


그림 3-4. Pce11 좌위의 7, 8, 9, 10번 대립유전자의 염기서열 구조

※ Pce11 좌위는 AT 염기서열의 반복으로 구성되어 있고 대립유전자 7,8,9,10번이 발견되었다.

## (2) 각 그룹별 대립유전자의 빈도분석

쪽 33개의 시료에서 Pce01, Pce03, Pce11 microsatellite 각 좌위의 대립유전자출현 비도는 표 3-1과 같다. Pce01 좌위에서 대립유전자가 2개 발견되었고 Pce03좌위는 3개, Pce11 좌위는 4개의 대립유전자가 발견되었다. Pce01 좌위에서는 2번 대립유전자가 14%로 나타났고 5번 대립유전자가 86%로 나타났다. Pce03좌위의 경우 4, 10, 11의 대립유전자가 나타났으며 4번 대립유전자가 11%, 10번 대립유전자가 55% 그리고 11번 대립유전자가 35%의 분포양상을 나타냈다. Pce11좌위에서는 7,8,9,10의 대립유전자가 나타났으며 7번 대립유전자가 2%, 8번 대립유전자가 5%, 9번 대립유전자가 14% 그리고 11번 대립유전자가 80%의 분포양상을 나타냈다. 특히 A그룹의 Pce03 좌위에선 11개 시료 모두 11번 대립유전자만 보유하고 있는 것으로 나타났으며 B 와 C 그룹에서는 4, 10, 11의 대립유전자가 혼재 되어 있는 것으로 분석되었다.

A, B, C 그룹별 그리고 Pce01, Pce03, Pce11 좌위별 대립유전자의 genotype별 빈도는 표 2~10 과 같이 나타났으며 여측치 와 측정치 간의 차이가 미미한 것으로 나타나 신뢰성 있는 DNA분석 결과임을 확인 하였다.

표 3-1. 각 좌위의 대립유전자의 빈도

Allele	Poce01	Poce03	Poce11
2	0.14		
4		0.11	
5	0.86		
7			0.02
8			0.05
9			0.14
10		0.55	0.80
11		0.35	

표 3-2. A 그룹 Poce01 좌위의 대립유전자 빈도분석

Genotypes	Observed number	Expected
2 , 2	0	0.0476
5 , 2	2	1.9048
5 , 5	9	9.0476
Expected number of homozygotes : 9.0952		
Observed number of homozygotes : 9		
Expected number of heterozygotes : 1.9048		
Observed number of heterozygotes : 2		

표 3-3. B 그룹 Poce01 좌위의 대립유전자 빈도분석

Genotypes	Observed number	Expected
2 , 2	0	0.2857
5 , 2	4	3.4286
5 , 5	7	7.2857
Expected number of homozygotes : 7.5714		
Observed number of homozygotes : 7		
Expected number of heterozygotes : 3.4286		
Observed number of heterozygotes : 4		

표 3-4. C 그룹 P0ce01 좌위의 대립유전자 빈도분석

Genotypes	Observed number	Expected
2 , 2	0	0.1429
5 , 2	3	2.7143
5 , 5	8	8.1429
Expected number of homozygotes : 8.2857		
Observed number of homozygotes : 8		
Expected number of heterozygotes : 2.7143		
Observed number of heterozygotes : 3		

표 3-5. A 그룹 P0ce03 좌위의 대립유전자 빈도분석

Genotypes	Observed number	Expected
11 , 11	11	11.0000
Expected number of homozygotes : 11.0000		
Observed number of homozygotes : 11		
Expected number of heterozygotes : 0.0000		
Observed number of heterozygotes : 0		

표 3-6. B 그룹 P0ce03 좌위의 대립유전자 빈도분석

Genotypes	Observed number	Expected
4 , 4	0	0.0476
10 , 4	2	1.9048
10 , 10	9	9.0476
Expected number of homozygotes : 9.0952		
Observed number of homozygotes : 9		
Expected number of heterozygotes : 1.9048		
Observed number of heterozygotes : 2		

표 3-7. C 그룹 P0ce03 좌위의 대립유전자 빈도분석

Genotypes	Observed number	Expected
4 , 4	0	0.4762
10 , 4	5	3.8095
10 , 10	5	9.0476
11 , 4	0	0.2381
11 , 10	1	0.7619
11 , 11	0	0.0000
Expected number of homozygotes : 6.1905		
Observed number of homozygotes : 5		
Expected number of heterozygotes : 4.8095		
Observed number of heterozygotes : 6		

표 3-8. A그룹 Poce11 좌위의 대립유전자 빈도분석

Genotypes	Observed number	Expected
7 , 7	0	0.0000
8 , 7	0	0.0476
8 , 8	0	0.0000
10 , 7	1	0.9524
10 , 8	1	0.9524
10 , 10	9	9.0476
Expected number of homozygotes : 9.0476		
Observed number of homozygotes : 9		
Expected number of heterozygotes : 1.9524		
Observed number of heterozygotes : 2		

표 3-9. B그룹 Poce11 좌위의 대립유전자 빈도분석5

Genotypes	Observed number	Expected
8 , 8	0	0.0476
10 , 8	2	1.9048
10 , 10	9	9.0476
Expected number of homozygotes : 9.0952		
Observed number of homozygotes : 9		
Expected number of heterozygotes : 1.9048		
Observed number of heterozygotes : 2		

표 3-10. C그룹 Poce11 좌위의 대립유전자 빈도분석

Genotypes	Observed number	Expected
9 , 9	0	1.7143
10 , 9	9	5.5714
10 , 10	2	3.7143
Expected number of homozygotes : 5.4286		
Observed number of homozygotes : 2		
Expected number of heterozygotes : 5.5714		
Observed number of heterozygotes : 9		

### (3) 각 좌위별 계통유전학적 파라미터의 산출 결과

Poce01 좌위에서는 2개의 대립유전자가 발견되었고 이형접합율이 27.3% 이고 식별력(PD)는 0.3967 이었다. Poce03 좌위는 3개의 대립유전자가 발견되었고 이형접합율은 24.2% 이고 식별력이 0.6630으로 비교적 높은 식별력을 가진 것으로 나타났다. Poce11 좌위의 대립유전자는 4개가 발견되었고 이형접합율이 39.4%로 제일 높은 수치를 나타내었고 식별력은 0.5491로 나타났다.

표 3-11. 각 좌위별 계통유전학적 파라미터의 산출 결과

	Poce01	Poce03	Poce11
An	2	3	4
Ho	72.7%	75.8%	60.6%
He	27.3%	24.2%	39.4%
PM	0.6033	0.3370	0.4509
PD	0.3967	0.6630	0.5491
PIC	0.2078	0.4881	0.3072

An: Alleles number  
 Ho: Homozygotes  
 He: Heterozygotes  
 PM: Probability of Matching  
 PD: Power of Discrimination  
 PIC: Polymorphic Information Content

(4) 개체군 그룹별 계통분석

쪽에 대해 Poce01, Poce03, Poce11 microsatellite 좌위에서 나타난 대립유전자들에 대해 A, B, C 그룹간의 유전적 거리(genetic distance)를 산출하였고(표 3-8), 이를 토대로 phylogenetic tree를 작성하였다(그림 3-5). B 와 C그룹 간에는 0.052의 유전적 거리를 가지고 있어 유전적으로 매우 가까운 집단으로 확인 되었고 A 그룹과 B, C 간에는 유전적 거리가 0.1223으로 비교적 멀리 떨어져 있음이 확인 되었다.

표 3-12. 각 그룹간의 유전적 거리

	A그룹	B그룹	C그룹
A그룹	0.0000	0.3452	0.3522
B그룹	0.3452	0.0000	0.1041
C그룹	0.3522	0.1041	0.0000

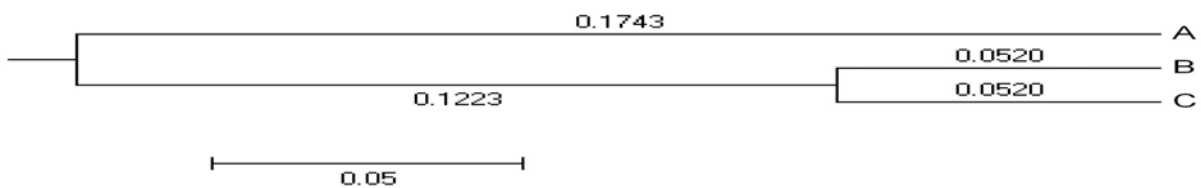


그림 3-12. 쪽(*Persicaria tinctoria*)의 microsatellite DNA의 대립유전자분포에 근거한 phylogenetic tree

## 2. 쪽 종자발아 특성

### 가. 나주지역 재래종

- 과피 제거종자 및 미제거종자의 발아율을 비교한 결과 과피를 제거한 것이 발아속도가 약간 더 빨랐으나 발아율은 비슷하였음.(표 3-13) 따라서 쪽 종자의 발아에는 과피가 크게 영향을 끼치지 않았으며 과피를 제거하지 않고 파종하여도 문제가 없는 것이 확인되었음.
- 발아온도 15-20℃에서 가장 높은 발아율을 나타냈음). 이 결과에 따라 파종기는 4-5월이 가장 적당할 것으로 보였음.
- 실내온도와 같은 변온조건 중 25/15℃(주/야)에서 가장 높은 발아율을 나타냈음. 따라서 실제 노지파종 조건에서처럼 변온조건에서 발아율을 높일 수 있을 것으로 생각됨.
- 전체적으로 상온이나 15-20℃의 항온 및 변온조건에서 발아하는 것은 전혀 문제가 없으나 25℃ 이상에서는 발아율이 낮아 너무 늦게 파종하면 입모율이 낮아질 것으로 생각됨(표 3-13.).

표 3-13. 온도조건별 쪽 종자 발아율 비교

처리	상온	15℃	20℃	25℃	30℃	변온 (20/15℃)	변온 (25/15℃)
발아율 (%)	92.0±1.5	96.7±2.9	98.0±0.0	62.7±4.9	35.3±3.1	96.7±0.6	100.0±0.0

※ 시험기간 중 상온은 외기온도가 14-22.5℃로 이보다 3-5℃ 높은 조건으로 추정됨.

### 나. 보성지역 재래종

- 보성지역 재래종 종자의 경우는 상온이나 20℃에서 거의 발아가 되지 않아 휴면종자로 생각되어 휴면타파를 위해 저온습층처리 (4℃)와 호르몬(지베렐린)을 처리한 결과, 호르몬 처리는 효과가 거의 없었으나 저온처리 30일 이상에서 50-60%의 발아율을 높일 수 있었음.

## 다. 요약

- 나주지역 재래종 종자는 발아에 문제가 없이 잘 되었으며 15-20℃나 25/15℃ 변온조건에 가장 높은 발아율을 보이고 과피를 제거하지 않아도 발아에는 큰 영향을 미치지 않았음.
- 보성지역 재래종의 경우 종자휴면을 가지고 있어 4℃ 저온습층처리 30일 이상으로 50-60% 정도의 발아율을 높일 수 있었음.

## 3. 쪽 재배시기별 생육특성 변화

### 가. 시험방법

- 쪽 재배는 무안군 운남면 농가포장에서 수행하였으며 4월 29일 파종하고 6월 2일에 이식한 후 7월 10일 (이식후 35일 경) 부터 10일 간격으로 생육조사하고 시료를 채취하였음. 생육조사는 11월 초까지 수행하였음.

### 나. 생육시기별 생육특성 변화

- 재배시기별 분지수는 계속 증가하였으며, 초장은 계속 증가하다가 생육말기(9월 중순이후)에 약간 감소하는 경향을 보였음(그림 3-13).

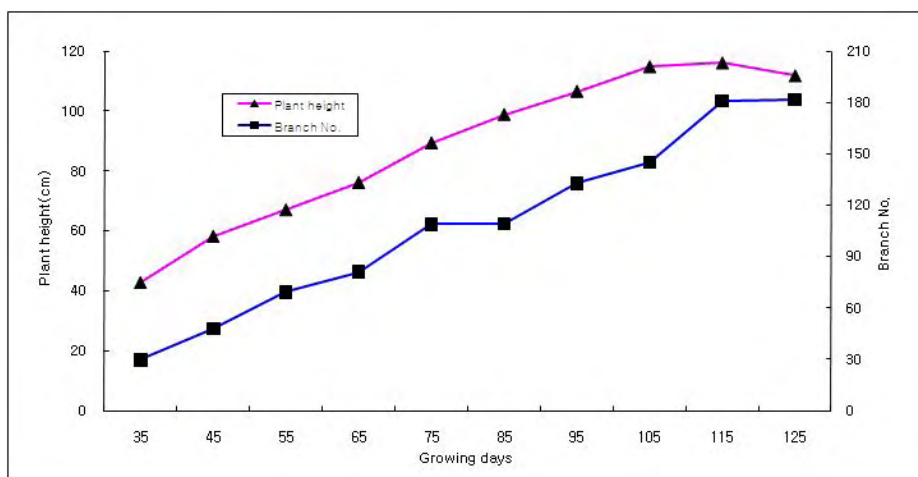


그림 3-13. 생육시기별 초장 및 분지수 변화



- 재배시기별 생체중과 건물중은 9월 중순까지 증가하다가 이후 낙엽이나 탈수가 진행되면서 무게가 감소하는 경향을 보였음(그림 3-14).

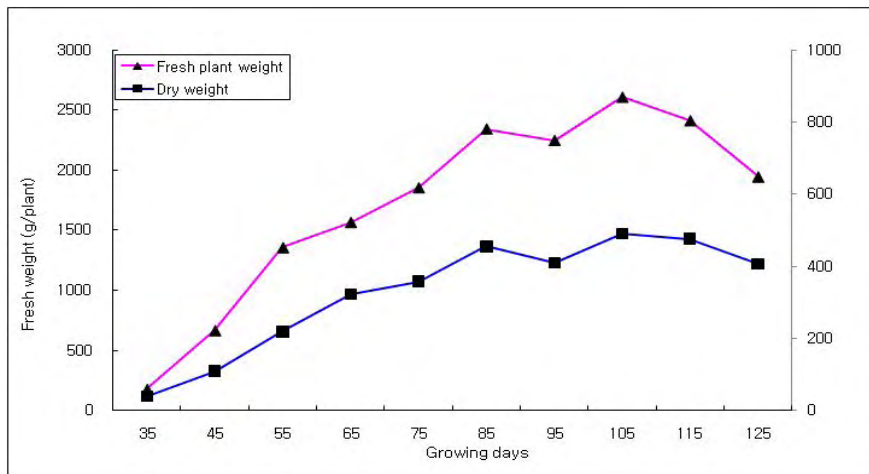


그림 3-14. 생육시기별 생체중 및 건물중 변화

- 건물중에 대한 성장율(현생장량/직전생장량)을 보면 처음에 급격히 감소하고 생육중반에 유지하다가 후반기에 감소하는 경향을 보였음(그림 3-15).

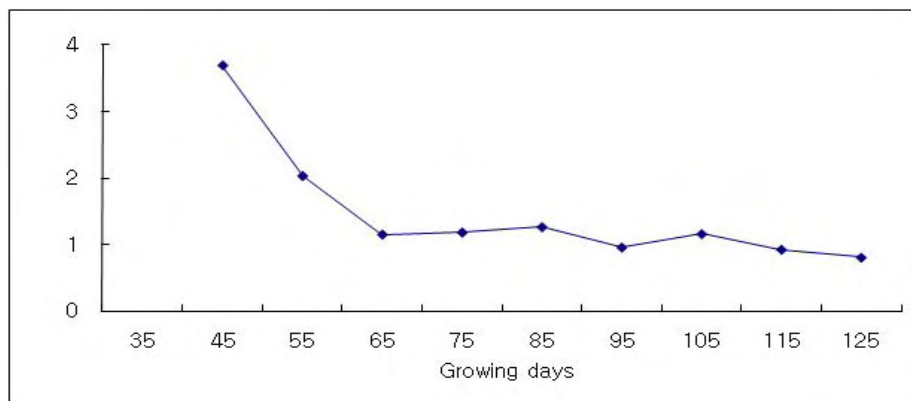


그림 3-15. 생육시기별 성장율 변화

- 경태는 계속 증가를 하였으나 엽면적은 감소하는 경향을 보였음(그림 3-16). 엽면적 측정은 상위엽을 측정하였으므로 생육시기가 지남에 따라 동일 잎의 엽면적은 증가할 것이나 상위엽 즉 신생엽을 측정하였으므로 점점 작아진 것으로 판단됨. 전체적으로 식물체의 전체 엽수는 증가할 것이나 생육이 됨에 따라 잎 평균 엽면적은 작아지는 것으로 생각됨.

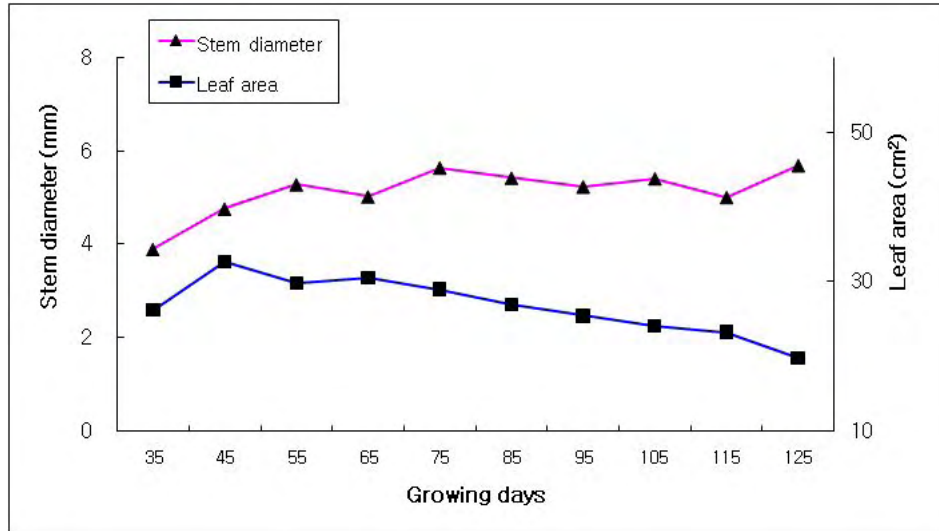


그림 3-16. 생육시기별 경태 및 엽면적 변화

- 엽의 장폭비(너비에 대한 길이의 비)는 증가하는 경향으로 전체적으로 잎 모양이 길어지는 경향이었음(그림 3-17).

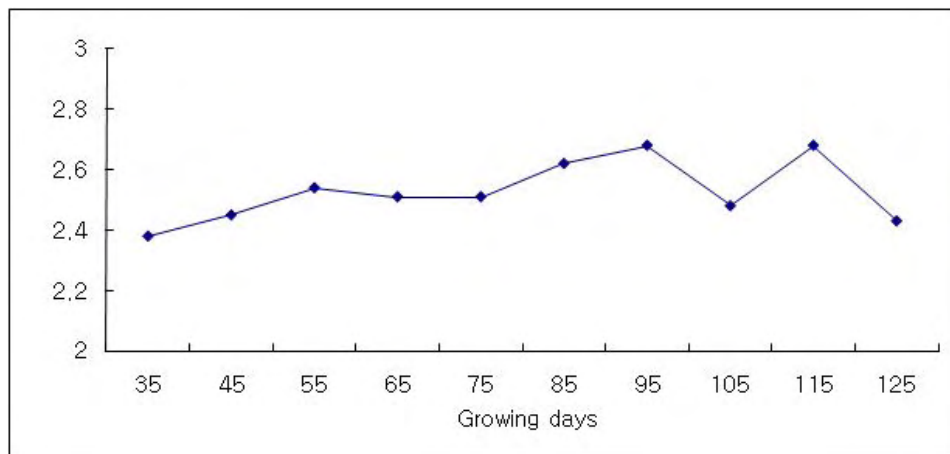


그림 3-17. 생육시기별 엽장폭비 변화

- 재배시기별 부위별 건물중 변화를 보면 줄기부분이 가장 많은 부분을 차지하였으며 뿌리는 생육후기에 감소하는 경향을 보였고 경엽은 9월 초까지 증가하고 이후 유지하는 경향이었음(그림 3-18).

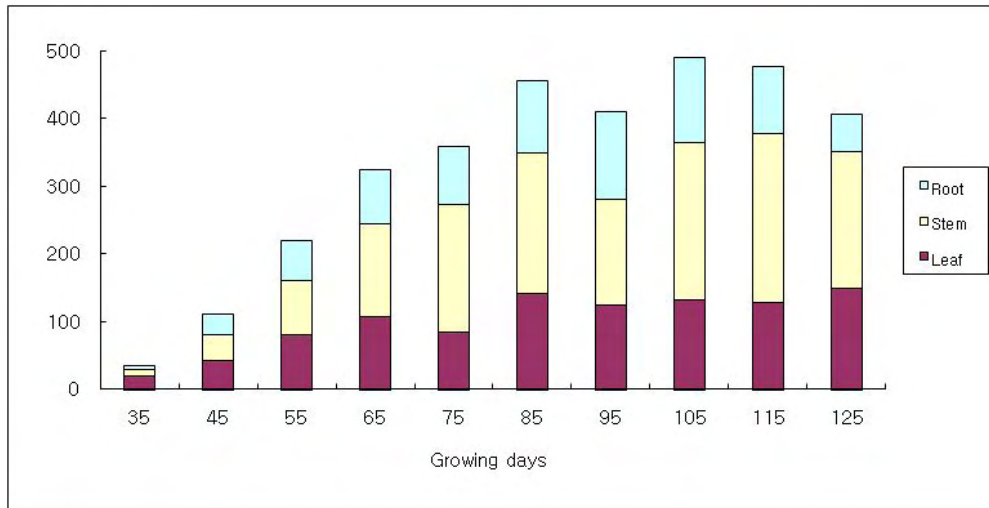


그림 3-18. 생육시기별 식물체 부위별 건물중 변화

#### 다. 각 생육형질간 상관분석

- 엽면적은 초장, 분지수와 부의 상관을 나타냈으며, 초장, 분지수, 경태들간은 정의 상관을 나타냈음(표 3-13). 엽면과 건물중은 상관을 보이지 않았음.

표 3-13. 쪽 생육형질간 상관관계

	Plant height	Branch No.	Stem diameter	Dry weight	Leaf area
Plant Height	-	0.947**	0.706*	0.96**	-0.722*
Branch No.	-	-	0.618*	0.861**	-0.831**
Stem diameter	-	-	-	0.752**	-0.277
Dry weight	-	-	-	-	0.595

#### 라. 요약

- 개화기는 이식후 95일 경 (9월 10일-9월 20일)이었음.
- 쪽의 수확은 일반적으로 7-8월에 2-3회 시행하는데, 본 시험결과 이식 75-85일 이후 생육속도는 감소되고 생육량은 거의 최대로 되고 이후 유지하는 경향을 보여 7-8월 사이에 수확하는 것이 좋을 것으로 생각되었음. 특히 분지수가 많아지고 줄기비율이 높아지고 엽면적은 감소하는 경향을 보여 7-8월 이후에는 색소수율이 낮아 질 것으로 추정되나 색소분석 이후 종합적으로 평가될 것임.

#### 4. 쪽 유망계통 선발시험

- 쪽 수정양식을 조사한 결과 꽃 1개 또는 2개, 이삭 1개 전체, 분지 전체, 식물체 전체를 봉지씌우거나 망을 씌웠을 때, 그리고 실내 (벌 등 충매가 불가능한 상태) 양성식물체에 서도 상당량의 자식된 종자를 채종할 수 있어 쪽은 자가수정 및 타가수정을 동시에 하는 식물로 판단되었음. 즉 부분 타식성식물로 판단되어 자식종자를 얻는데 문제가 없는 것으로 보였음.
- 개체, 분지 또는 이삭을 봉지나 망사로 씌워서 자식종자 채종
- 화색에 의한 선발은 변화가 심하여 유전요인 보다는 환경요인에 더 강하게 영향을 주는 것으로 생각됨.
- 쪽 화색의 변화 : 흰색을 띠다가 적색으로 변하는 개체들을 쉽게 발견할 수 있어 화색별 계통분리는 어려운 것으로 판단하나 차년도 파종하고 생육후 최종 확인될 것임.
- 전반적으로 개체변이는 크지 않은 편이었음.
- 우수 개체 24개체를 선발하여 온실에 이식 후 자식 및 방임으로 구분하여 채종하였음. 주요 특성은 엽형, 분지수 등 생육형질을 기준으로 하여 선발하였음. 이 개체들은 잎을 채취하여 색소분석 준비 중에 있음.
- 조숙 개체 2개체를 피봉 자식하여 채종하여 2계통 선발하였음.
- 10월에 포장에서 만숙개체나 생육력이 강한 개체들을 18계통 개체 또는 집단선발하여 개별 및 혼합 채종 하였음.
- 선발계통 PT01-PT24, 조숙 2계통, 개체 및 집단선발 18계통 등 44계통 선발 및 채종완료.
- 나주지역 재래종과 보성지역 재래종의 식물체 형태를 비교하면 잎 모양이 나주산은 피침형이고 보성산은 둥근형이며 보성산의 엽육이 좀더 굵은 반면 나주산의 생육력이 좀더 좋은 것으로 보임.
- 선발된 계통들은 채종이 완료되고 종자정선도 완료됨에 따라 차년도 4월 중에 파종할 계획임.

- 아울러 (재)나주시천연염색문화재단에서 집단선발하여 육성해 오던 계통은 나주를 포함한 3개지역에서 지역적응시험을 실시하여 품종출원을 위한 자료로 사용할 계획임.



그림 3-19. 집단선발 한 품종(3개 지역적응시험후 품종출원)

## 5. 쪽의 지역별 생육 및 수량을 비교

### 가. 시험재료

나주재래종과 나주2호(PT02)을 4월 25일에 포트에 직접 종자를 파종 후 발아된 쪽을 6월 4일에 전북 전주, 전남 보성, 나주, 무안에 이식 후 8월 10일과 9월 1일에 생육 및 수량 조사를 시행하였다. 실험에 이용한 나주재래종과 나주2호(PT02)의 특징을 보면 나주재래종은 일본쪽이라고도 하며 잎이 뾰족하게 생겼으며 현재 나주지역을 중심으로 재배하고 있는 지역종이며, 나주2호(PT02)은 조선쪽이라고도 하며 나주재래종에 비하여 둥근모양의 잎을 가지고 있으며 2001년부터 나주재래종 중 둥근형태의 개체들을 선발하여 유지하면서 재배하고 있는 지역종이나 현재는 거의 재배하고 있지 않고 있다. 나주2호(PT02)는 잎이 둥근 형태의 조선쪽으로 전남 보성지역에서 재배되는 보성재래종과 유사하나 유전적 근연관계나 개화기 등은 나주재래종과 유사하다.

년도	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
지역 수집종	나주 지역 수집종	PT02	→	→	→	→	→	→	→	PT02	→	나주2호
주요경과	수집	특성검정 및 집단선발								생산력검정 및 증식	지역적응시험	

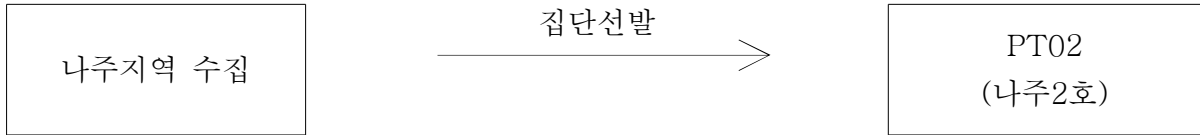


그림 3-20. 육성계보도

나주2호 육성계통도를 보면 그림 3-20.과 같다. 쪽 다수확 고품질 품종육성을 위하여 2001년부터 나주지역 재래종 집단으로부터 둥근모양이 잎 형태와 분지가 다소 작고 직립형의 개체들을 수집선발하고 집단채종한 계통 PT02을 육성하였다. 계통 PT02집단은 잎모양과 분지형을 기준으로 이형주를 2010년까지 계속 제거하여 유전적 순도를 높이는 순계분리(집단선발)을 수행하여 2011년에 선발계통 PT02를 나주 2호로 명명하고 무안, 나주, 전주, 보성 등 4개 지역에서 지역적응시험을 하여 형태적 특성 및 수량성을 비교하였다.

수집선발된 계통 PT02는 나주지역에서 재배되고 있는 나주재래종 집단을 모집단으로하여 이 집단에서 둥근모양의 잎을 가지며 엽육이 두껍고 녹색이 진하여 분지가 적고 다소 직립형의 특성을 갖는 개체들을 집단채종하여 엽형을 중심으로 집단선발 및 특성을 유지해온 것으로 나주재래종과 유전적으로 매우 유사하였다 (RAPD 분석). 한편 둥근 모양의 잎 형태를 가지는 보성재래종 집단과는 형태적으로는 비슷하나 개화기, 종자발아율, 인디고 함량 등의 특성에서 차이가 있으며 특히 유전분석(RAPD)에서 차이를 보였다.

## 나. 시험방법

나주재래종과 나주2호 종자를 준비하고 4월 25일에 파종을 하고, 6월 4일에 전북 전주, 전남 보성, 나주, 무안에 이식을 한 후 8월 10일과 9월 1일에 생육 및 수량조사를 하고 수확 후 색소 함량, 엽색성 등의 특성 분석과 t-검정을 이용한 통계분석을 시행하였다.

생육조사 항목은 종자 발아율과 초장, 엽면적, 장폭비(엽폭/엽장), 지상부의 생중 및 건중, 1차 분지수, 엽중비율(엽중/지상부중) 등이었다.

발아율은 페트리디쉬에 쪽 종자를 50립씩 넣은 후 소독 후 20/25℃에서 매일 발아수를 조사하였다. 파종은 105구 육묘포트를 사용하였으며 구당 1식물체를 양성하고 이식하며 반복수는 3반복으로 하였다. 시료 채취는 개체를 전정가위나 낫으로 지상부를 수확한 후 흙을 털고 마대

자루에 넣어 무게를 측정하였다. 초장(길이)은 토양으로부터 총 지상부 길이를 자를 이용하여 한반복당 5개체를 측정하였다. 분지수는 개체 당 총 분지수를 1차 분지까지 손으로 직접 하나씩 세어가면서 반복 당 5개체를 측정 하였다. 장폭비(엽장/엽폭)는 지상부 정단부위로부터 3 - 4번째 마디의 경엽을 자를 이용하여 반복 당 5개체를 측정하였다. 생중은 지상부를 반복 당 5개체를 수확하여 마대자루에 넣은 후 체중계에 무게를 측정하였다. 건조중은 생중을 측정한 후 건조기에 넣어 55℃로 건조를 한 후 무게를 측정하였다. 엽중의 비율은 잎을 줄기와 분리한 후 지상부 건조중 전체에 대한 분리된 잎의 무게 비율로 하였다. 생엽 염색시험을 하여 색차 비교를 하여 어떤 종의 쪽이 더 염색성이 더 좋은지를 측정 하였다. 성분분석은 생잎 또는 추출니람에서 인디고를 추출하여 인디고 표준 물질과 UV분광기를 이용하여 분석하였으며 indican은 HPLC를 이용하였다. 한편 계통별 RAPD분석을 통해 유전적 차이를 살펴보고 질소시비량에 따른 생체수량의 차이를 조사하였다.

#### 다. 선발계통의 생육특성조사 및 지역적응시험 결과

##### (1) 재래종 쪽 종자 발아율 비교

쪽의 발아율은 나주재래종과 나주2호(PT02)간의 비교를 하였다. 비교를 한 결과 나주재래종이 나주2호(PT02)보다 발아율이 높았지만 두 계통 모두 80%이상의 발아율이 나타내므로 재배에서 문제는 없는 것으로 생각되었다 (표 3-14). 종피(화피)를 제거한 종자와 종피(화피)를 제거하지 않은 종자의 발아율은 서로 차이가 없는 것으로 나타났다. 신품종 종자의 천립중은 2.69g 정도로 나타났다.

표 3-14. 계통별 발아율 비교

계통 (20/25℃, 8/16 hrs)	나주재래	나주2호 (PT02)
발아율 (%)	84.0 ± 9.2	82.7 ± 4.2

##### (2) 재래종 쪽의 지상부 생육특성

나주재래종과 나주2호의 지상부 생육특성을 비교한 결과는 표 2와 같다. 나주재래종 보다 나주2호(PT02)의 초장이 더 큰 것으로 나타났다. 쪽은 잎에 청색색소인 인디고성분이 함유되어 있으므로 엽면적이 클수록 재배 수확 후 염색에 이용하기가 용이하다. 나주2호(PT02)가 나주재래종보다 약간 더 큰 경향이였다. 장폭비가 엽폭/엽장인데 장폭비가 클수록 엽폭이 큰 것으로 나주재래종과 나주2호의 형태적 중요한 구별설이다. 나주2호(PT02)가 나주재래종에 비하여 확연하게 크다는 것을 확인하였다. 재래종 쪽의 1차 분지수의 차이를 비교한 결과, 나주재래종이 나주2호(PT02)에 비해 더욱 많은 분지수를 가지고 있어 포복성이 강한 반면, 나주2호는 직립성에 가까운 것으로 보였다.

표 3-15. 계통별 지상부 생육특성

계통	초장(cm)	엽면적(cm <sup>2</sup> )	장폭비 (엽폭/엽장)	1차분지수
나주재래	83.0 ± 5.7	28.2 ± 4.5	0.40 ± 0.02	34.8** ± 7.2
나주2호(PT02)	87.9 ± 2.9	30.7 ± 3.7	0.55** ± 0.03	23.6 ± 4.6

※ \*\* P<0.01

### (3) 재래종 쪽의 수량특성

나주재래종과 나주2호의 생중, 건중, 엽중비율 등 수량성을 비교한 결과는 표 3-16과 같다. 두 계통의 생중을 비교한 결과 나주재래종과 나주2호(PT02)의 생체수량은 비슷하였으나 건중에서는 나주2호가 나주재래종보다 다소 높은 것으로 조사되었다.

엽중비율은 지상부 전체에 대한 잎의 무게 비율을 나타낸 것으로 엽중비율이 클수록 인디고 성분이 많이 들어 있는 쪽 잎의 무게가 더 무겁다는 것을 알 수 있는 특성으로 동일한 생육을 하였어도 생체중 대비 색소함량이 달라지는 중요한 특성이다. 나주2호(PT02)가 나주재래종보다 엽중비율이 더 큰 것으로 나타나 인디고 함량이 높을 것으로 생각되었다.

표 3-16. 계통별 수량특성 비교

계통	지상부 생중 (g/plant)	건중 (g/plant)	엽중비율 (엽중/지상부중)
나주재래	735.0 ± 246.7	138.5 ± 48.2	40.8 ± 0.76
나주2호 (PT02)	737.7 ± 163.1	142.1 ± 29.7	45.6** ± 0.82

※ \*\* P<0.01

### (4) 계통의 지역적응시험 결과

#### (가) 초장

두 계통의 지역별 초장을 비교해 보았다 (그림 3-21). 전북 전주, 전남 보성, 나주, 무안 4개 지역에서 모두 나주2호(PT02)가 나주재래종 보다 높았다. 초장의 생육특성은 두 계통을 구분할 수 있는 형질로 판단되었다.



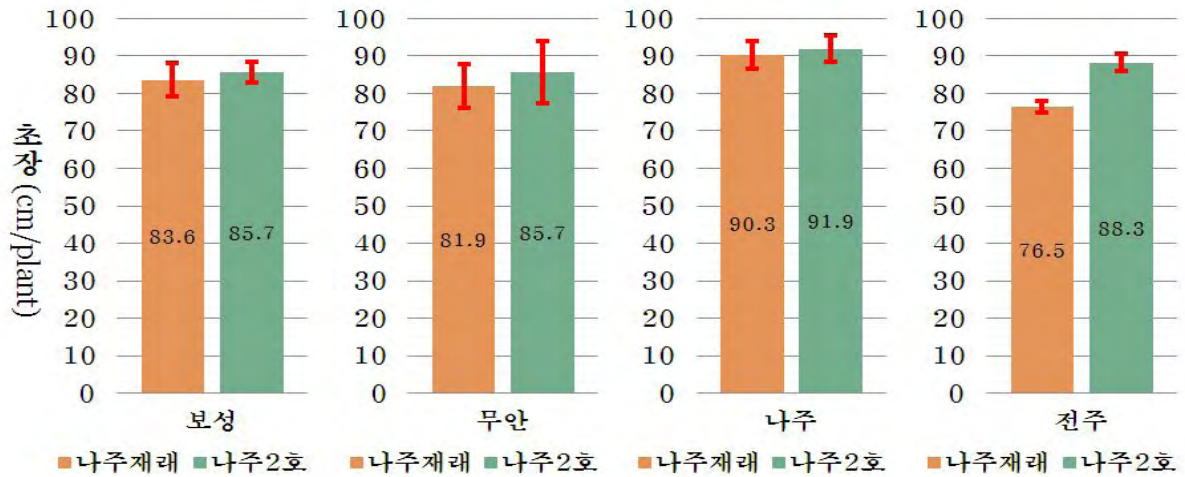


그림 3-21. 지역별 초장 비교

(나) 장폭비(엽폭/엽장)

두 계통의 지역별 장폭비를 비교한 결과는 그림 3-22와 같다. 장폭비는 엽폭/엽장으로 장폭비가 클수록 옆으로 커진다는 것을 의미하고, 1에 가까워질수록 둥근형에 가깝다는 것을 의미한다. 장폭비를 측정 비교해 본 결과 보성, 무안, 나주, 보성 등 모든 지역에서 나주재래종보다 나주2호(PT02)에서 더 높아 타원형의 특성을 나타내었다. 따라서 잎의 형태는 지역별 차이를 보이지 않는 형질임을 확인할 수 있었다.

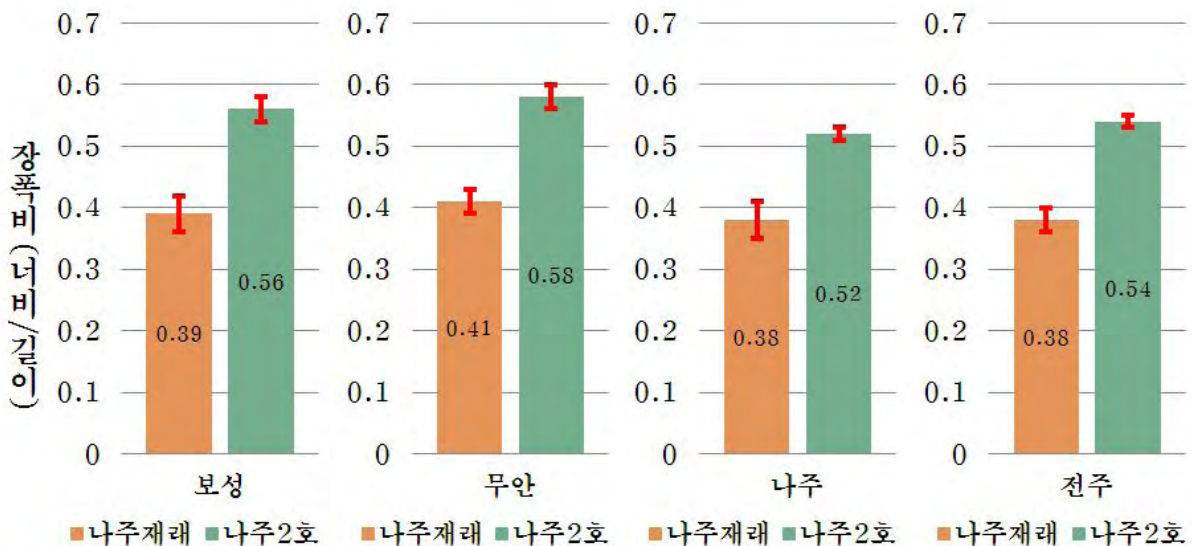


그림 3-22. 지역별 장폭비 비교

(다) 개체별 지상부 생체중

두 계통의 지역별 지상부 생체중을 비교한 결과는 그림 3-23과 같다. 전남 보성지역에서만 나주재래종이 높았으며 나머지 모든 지역에서는 나주2호(PT02)가 더 높게 나타났다. 나주지역이 다른 세지역보다 생중이 낮은 것은 보성, 무안, 전주에서는 피복재배를 하였고 나주지역은 피복재배를 하지 않았던 이유도 있으며, 전남 보성지역은 한 두둑에 한 줄로 재배를 하였고, 전남 무안과 전북 전주지역은 한 두둑에 두 줄로 심었으며, 전남 나주지역은 한 두둑에 다섯줄로 쪽을 재배하여 밀식 정도의 차이가 수량성의 차이를 가져온 것으로 생각되었다.

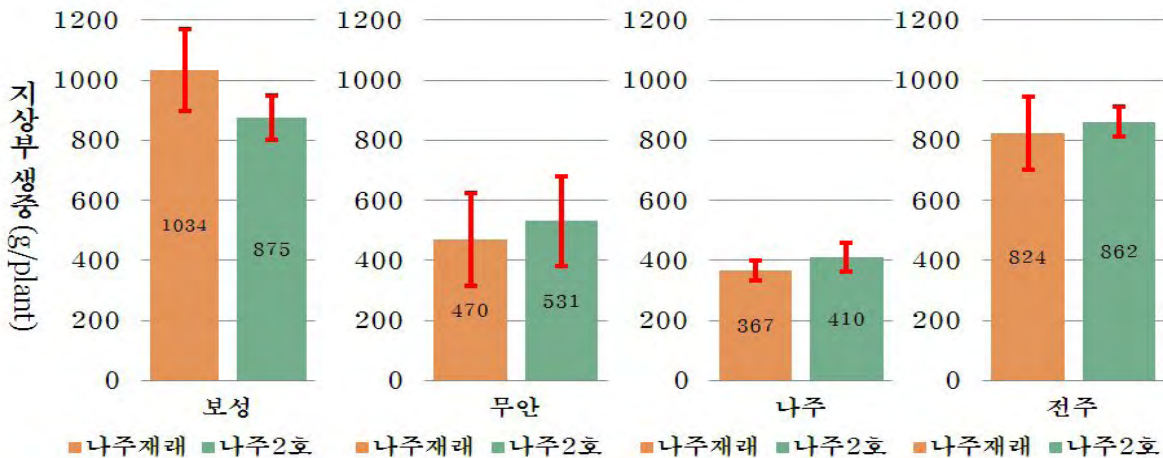


그림 3-23. 지역별 개체당 지상부 생중 비교

(라) 개체별 지상부 건물중

두 계통의 지역별 개체당 지상부 건물중을 비교한 결과는 그림 8과 같다. 전남 보성지역은 나주재래종이 나주2호(PT02)보다 높았고, 나머지 지역 무안, 나주, 전주지역에서는 나주2호(PT02)가 더 높은 수량성을 보였다.

무안과 전주의 경우 두둑 1.2m에 두줄로 조간 40cm 주간 20cm로 재식하였으며 나주의 경우 2.0m 두둑에 5줄로 조간 40cm 주간 20cm로 재식한 반면, 보성의 경우 두둑 85cm에 한줄로 조간 15cm로 재식하여 보성에서 가장 소식을 하였고 나주에서 가장 밀식을 하였다. 나주지역은 무피복재배를 하였으며 나머지 지역은 피복재배를 하였는데, 보성의 경우 생육중기(분얼이 왕성할 때로 7월정도)에 비닐을 벗기지 않았다. 이러한 재식밀도의 차이나 피복여부가 지역간 수량차이를 가져왔으나 단위면적당 수량은 차이가 크지 않을 것으로 추정되어 차년도에 재식 밀도 또는 피복재배여부에 따른 수량차이를 알아볼 필요가 있었다.

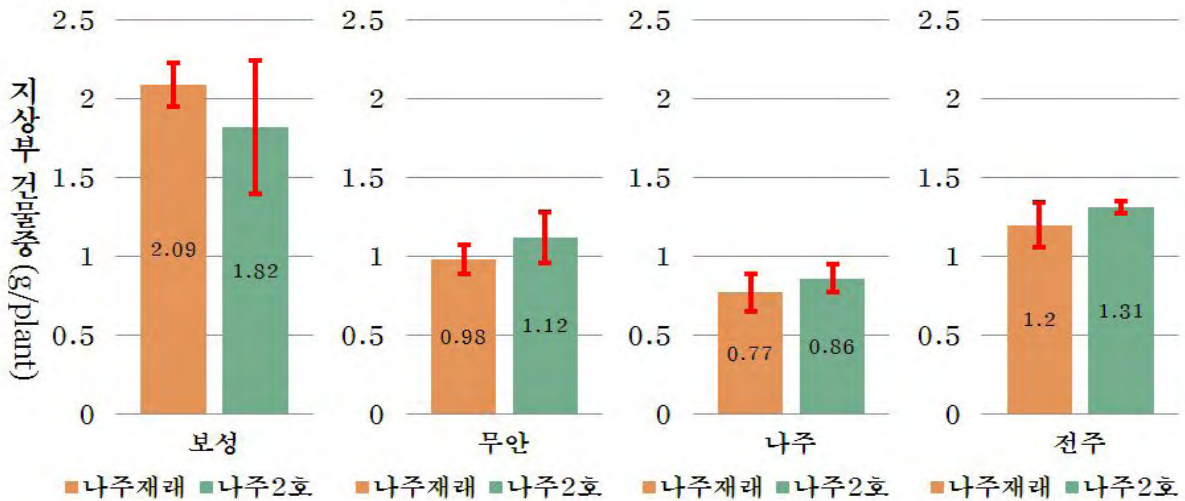


그림 3-24. 지역별 두 계통의 개체당 지상부 건물중 비교

### (5) 계통별 품질특성 비교

#### (가) 니람과 인디고 함량

쪽을 수확한 후 니람(泥藍)을 추출하여 니람추출량을 비교하고 추출니람의 인디고 성분함량을 비교한 결과는 그림 3-25와 같다. 생잎 100g에 대한 니람의 함량은 나주재래종은 1.92g이며, 나주2호(PT02)은 2.02g이 추출되었다. 쪽의 니람 함량은 나주2호(PT02)가 나주재래종에 비하여 많은 양을 추출할 수가 있다는 것을 알 수가 있었다.

추출된 니람에 함유된 인디고 함량을 측정된 결과 생잎 100g에 대한 인디고(indigo)의 함량은 나주재래종은 15.89g이며, 나주2호(PT02)은 22.43g이 추출되었다. 쪽의 니람과 인디고 함량은 나주2호(PT02)가 나주재래종에 비하여 더 높게 나타났다.

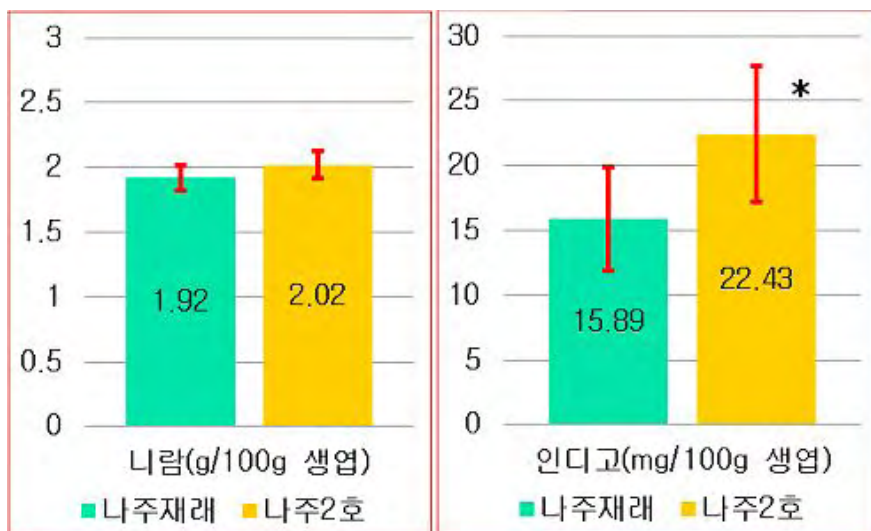


그림 3-25. 계통별 니람 및 인디고 함량 비교 (\* p<0.05)

(나) 염색특성(실크)

두 계통을 각각 실크로 생쪽 염색을 하여 색 차이를 비교한 결과는 표 4와 그림 10과 같다. 색 차에서 L의 차이는 거의 없었으나 나주2호(PT02)가 약간 더 높아서 명도가 약간 더 높으며, a 값은 적색과 녹색을 나타내는데 나주재래종이 더 녹색에 가까우며, b값은 황색과 청색을 나타내며 - 값이 클수록 청색에 가까운데 나주2호(PT02)가 더욱 크기 때문에 나주2호(PT02)가 더욱 청색에 가깝다는 것을 알 수 있었다.

표 3-16. 계통별 염색성 비교

계통	L	a	b
나주재래	47.9 ± 1.9	-6.83 ± 0.81	-17.2 ± 0.46
나주2호(PT02)	48.1 ± 1.9	-5.17 ± 0.76	-19.2** ± 0.44

## 6. 품종보호 출원한 신품종 ‘나람블루’의 품종적 특성

### 가. 균일성 시험 결과

시험장소로 전남 무안군 목포대학교 부속농장 시험포장에서 수행하였으며 3반복 시험으로 반복당 1.2m 너비 20m 길이의 두둑에 주간 40cm, 조간 20cm로 재식하여 잎 형태 및 분지수 정도를 달관 조사하였음. 조사개체수는 반복당 200개체 정도이었고 조사된 이형개체수는 0 개체(3반복)로 나타났음. 또한 20개의 프라이머를 사용하여 RAPD 분석결과 나주재래종(A)과 출원 품종(B)과는 다형성이 나타나지 않았음(그림 3-26).

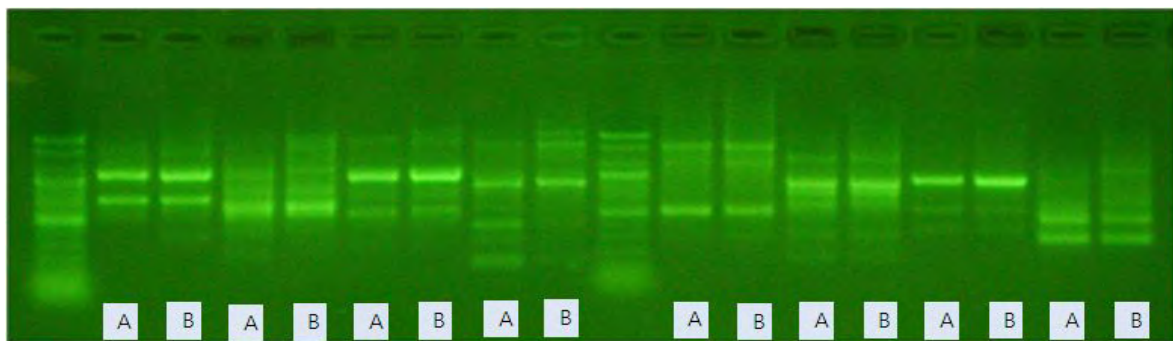


그림 3-26 계통별 RAPD 분석결과

나주재래종은 보통 뽕족한 엽형을 가지나 집단내에는 9.6% 정도의 개체가 출원품종과 유사한 둥근모양의 엽형을 나타냄 (표 3-16).

표 3-16. 나주재래종 집단의 엽형 특성별 개체수(빈도) (조사개체수 반복당 300개체)

엽형	1	2	3	평균
등근형	25	34	27	28.7
뽕족한형	275	266	273	271.3
등근형의 비율	8.3	11.3	9.0	<b>9.6±1.6</b>

## 나. 안정성 시험결과

출원품종 ‘나람블루’는 대조품종 ‘나주재래종’과 같이 전남지역을 중심으로 재배해오던 재래종 집단으로 2001년에 나주재래종 집단과 잎의 형태가 다른 집단을 수집선발하여 계속 이형주를 제거하여 등근모양의 엽형과 소분지의 특성을 나타내는 집단의 균일성을 높여온 순계분리집단임. 2010년과 2011년 전남 무안군 소재 목포대학교 부속농장 시험포장에서 특성조사 결과 이형주가 거의 관찰되지 않아 안정성이 인정되었으며, 또한 2011년 무안, 나주, 전주, 보성 등 4개 지역에서 지역적응시험을 수행한 결과 출원품종 특성의 안정성을 재확인하였음.

## 7. 쪽 재배방법 개발시험

### 가. 최적 이식시기 및 수확시기 구명연구

#### (1) 재배방법 및 생육특성 조사방법

실험에 사용된 쪽 품종은 나주지역에서 주로 재배되는 나주재래종(Naju Local)과 순계분리 육종하여 개발된 신품종 나람블루(NaramBlue, 품종보호 출원번호 2012-3)이며, 2012년 4월 19일에 전라남도 무안소재 목포대학교 부속농장에서 파종 후 비닐하우스 조건에서 육묘를 하고 비닐피복 후 정식하여 재배하였다. 육성된 묘는 적정 이식시기 구명시험에서는 5월 30일부터 7월 10일까지 10일 간격으로 5회에 걸쳐 이식하였으며 재배 후 모두 8월 23일에 수확하였다. 적정 수확시기 구명시험에서 모든 처리는 5월 23일에 이식하여 재배하였으며 7월 20일부터 9월 20일까지 15일 간격으로 5회에 걸쳐 수확하였다.

파종은 105구 육묘포트를 사용하였으며 구당 3-5립 파종 후 1개체씩 남겨두고 솟아주었다. 육묘 후 주간 50cm 조간 30cm로 이식하여 재배하였으며, 모든 시험구는 3반복으로 수행하였다. 생육 및 수량 조사형질은 초장, 1차분지수, 지상부 생엽중 등이며 적정 이식시기 구명시험에서는 수확시 8월 23일에 조사하였으며, 적정 수확시기 구명시험에서는 7월 20일부터 9월 20일까지 15일 간격으로 매회 수확시에 생육조사를 하였다. 초장은 지표면으로부터 지상부 길이를 반복당 10개체를 측정하였으며, 1차 분지수는 주가지에서 뻗어 나온 가지들의 수를 반복당 5개체

조사하였다. 지상부 생엽중은 반복당 10개체를 전정가위로 수확한 후 마대자루에 넣어 무게를 측정하였다.

쪽 염료추출물인 니람(Niram)과 인디고 함량 측정을 위해서 지상부 정단부위로부터 3-4번째 마디의 잎을 반복당 5개 채취하였다. 채취된 쪽의 생엽에서 추출된 니람의 건조무게를 측정하였으며, 추출된 니람은 인디고 함량분석 시료로 사용되었다.

## (2) 색소함량 분석

니람 추출은 지상부 정단부위로부터 3-4번째 잎을 채취하여 50 ml 코니칼튜브에 증류수 40 ml를 넣고 침지시킨 후 48시간 추출하고 추출액에 석회 약 0.2 g을 첨가하여 니람을 침전시켰다. 침지 48시간 후 추출되지 않은 경우 2회 추출을 하였으며, 추출된 니람은 상층액을 제거한 후 건조한 무게를 측정하였다. 인디고 함량분석을 위해서 추출된 니람을 DMSO (dimethyl sulfoxide) 용매로 녹인 분석시료액을 색소분석기 (Epoch Microplate Reader, BioTek Instruments, Inc., USA)를 이용하여 UV 620nm에서 측정하고 인디고 표준액의 검량선을 이용하여 인디고를 정량하였다.

## (3) 최적 이식시기 구명 시험 결과

### (가) 이식시기에 따른 생육특성 및 생엽수량 변화

이식시기에 따른 나주재래종과 나람블루 두 품종의 생육특성을 조사한 결과는 Fig. 1과 Fig. 2와 같다. 나람블루의 초장이 나주재래종 보다 대체적으로 높게 나타났으나, 두 품종 모두 이식시기가 늦어질수록 초장이 계속 감소하는 경향을 보였지만 나람블루에서만 유의성을 나타냈다. 1차분지수의 경우 다소 차이는 있으나 두 품종 모두 이식시기에 따라 유의적인 차이는 보이지 않았다.

지상부 생엽중을 비교한 결과는 Fig. 2과 같다. 두 품종 모두 5월 30일 이식한 시험구에서 가장 높은 생엽수량을 보였는데, 나주재래종은  $4.7 \text{ kg/m}^2$ , 나람블루는  $4.2 \text{ kg/m}^2$ 의 생엽수량을 나타냈다. 5월 30일 이후 이식시기가 늦을수록 두 품종 모두 계속 감소하는 경향을 보였다. 첫 이식시기에서는 나람블루는 나주재래종 보다 수량이 낮았으나 이후 이식시기에서는 나람블루가 대체적으로 수량이 높았다. 따라서 쪽 재배에서 생엽수량을 높이기 위해서는 가능한 이식시기를 빨리 하는 것이 유리한 것으로 판단되었다.

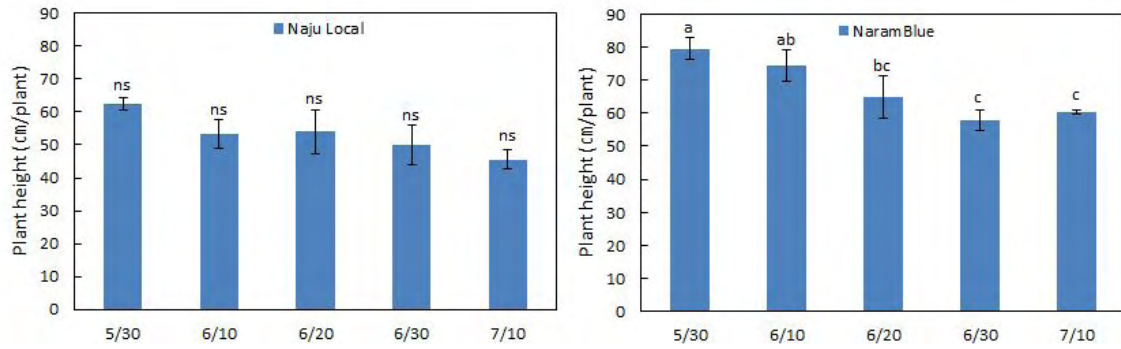


Fig. 1. Changes of plant height with different transplanting times in two cultivars, Naju local and NaramBlue of *Persicaria tinctoria* H. Gross.

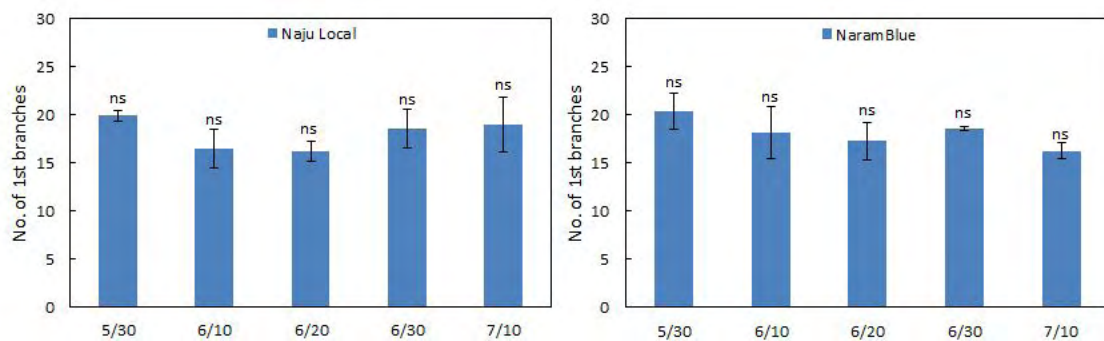


Fig. 2. Changes of number of 1<sup>st</sup> branches with different transplanting times in two cultivars, Naju local and NaramBlue of *Persicaria tinctoria* H. Gross.

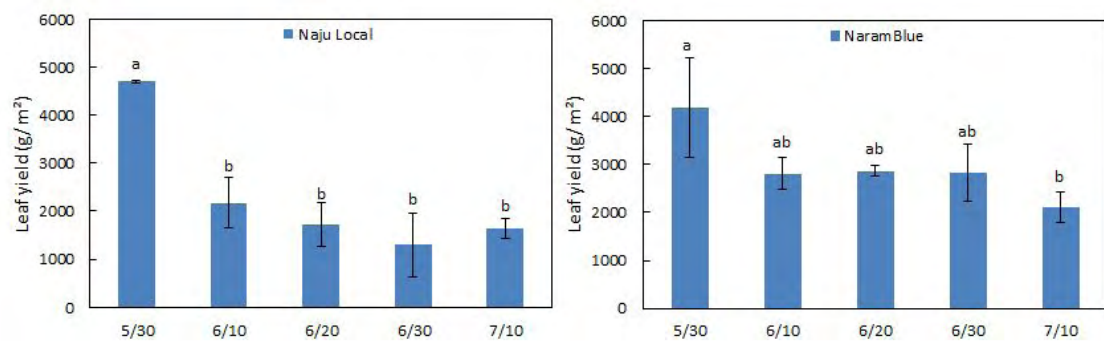


Fig. 3. Changes of fresh leaf yield with different transplanting times in two cultivars, Naju local and NaramBlue of *Persicaria tinctoria* H. Gross.

(나) 이식시기에 따른 색소함량 변화

두 품종의 이식시기에 따른 니람함량 변화는 Fig. 4와 같다. 나주재래종이 나람블루보다 대체로 높은 편이지만 두 품종 모두 이식시기별 유의적 함량차이를 보이지 않았으며 생엽 100 g당 6-8 g의 니람함량 분포를 나타냈다. 인디고 함량 변화는 Fig. 5와 같은데, 이식시기별 차이가 다소 있었지만 통계적 유의성을 보이지 않았다. 나주재래종의 경우 5월 30일에 생엽 100 g당

42.5 mg의 인디고함량을 보였고 나람블루는 7월 10일에 47.6 mg으로 가장 높은 함량을 보였다. 따라서 나람이나 인디고함량은 이식시기 차이에 따른 차이는 크지 않은 것으로 생각되었으며, 높은 생엽수량을 얻기 위해서는 이식시기가 중요하게 영향을 미치지만 색소함량을 높이는 면에서는 기상조건이나 수확시기와 같은 재배방법이 중요할 것으로 생각되었다.

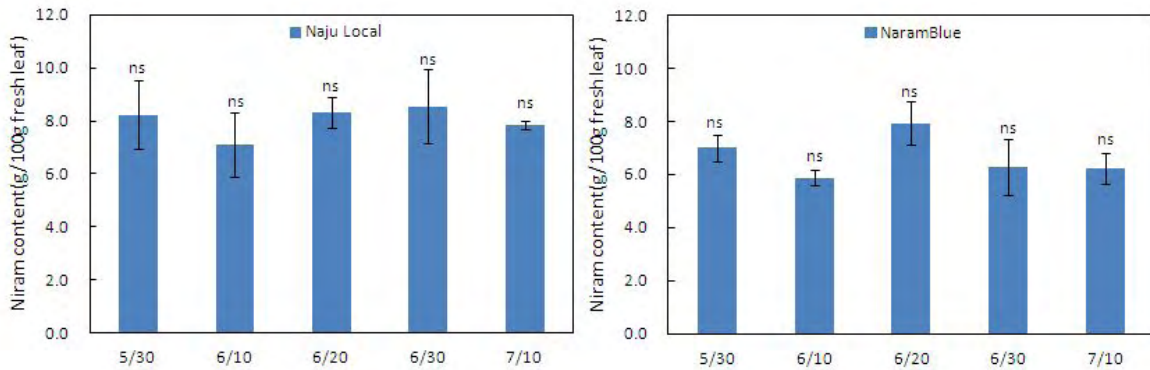


Fig. 4. Changes of Niram content with different transplanting times in two cultivars, Naju local and NaramBlue of *Persicaria tinctoria* H. Gross.

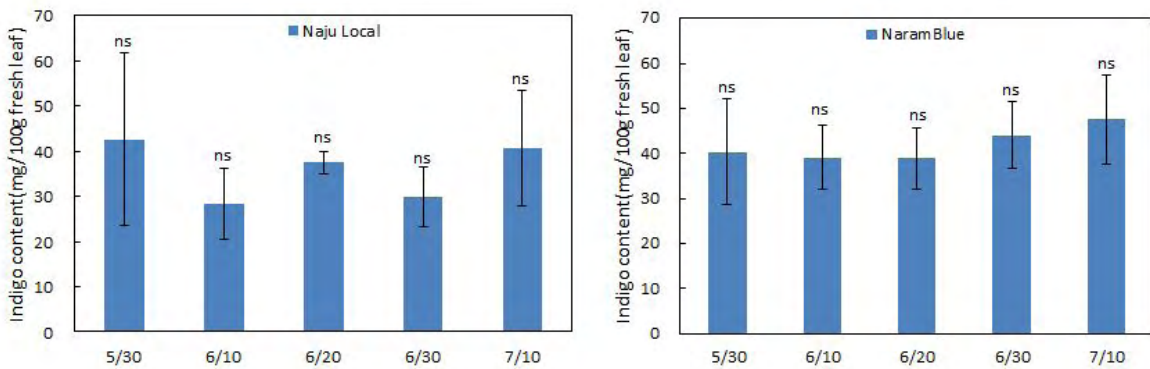


Fig. 5. Changes of Indigo content with different transplanting times in two cultivars, Naju local and NaramBlue of *Persicaria tinctoria* H. Gross.

#### (4) 최적 수확시기 구명 시험 결과

##### (가) 수확시기에 따른 생육특성 및 생엽수량 변화

수확시기에 따른 두 품종, 나주재래종과 나람블루의 생육특성을 조사한 결과는 Fig. 6과 Fig. 7과 같다. 두 품종 모두 수확시기가 늦어질수록 초장은 계속 증가하는 경향을 보였다 (Fig. 6). 1차분지수의 경우에서도 수확시기가 늦어질수록 많아지는 경향을 두 품종 모두에서 보였다 (Fig. 7). 수확시기 중 8월 20일까지 보다 9월 5일 이후 처리구에서 급증한 경향인데 8월 하순 경인 개화기와 관련된 것으로 추정된다. 지상부 생엽중을 비교한 결과는 Fig. 8과 같은데, 두



품종 모두 수확시기가 늦을수록 생엽수량이 높아지는 경향을 보였다. 가장 높은 수량을 보였던 9월 20일에 나주재래종은 5.8 kg/m<sup>2</sup>, 나람블루는 5.6 kg/m<sup>2</sup>의 수량을 보였다. 이와 같이 늦은 수확시기가 수확량은 높지만, 8월 중순이후 수확기는 개화기에 들어가므로 색소함량이 떨어지며 지상부 전체에 대한 색소함유 부위인 잎의 비율이 낮아지는 것을 고려해야 할 것으로 생각된다.

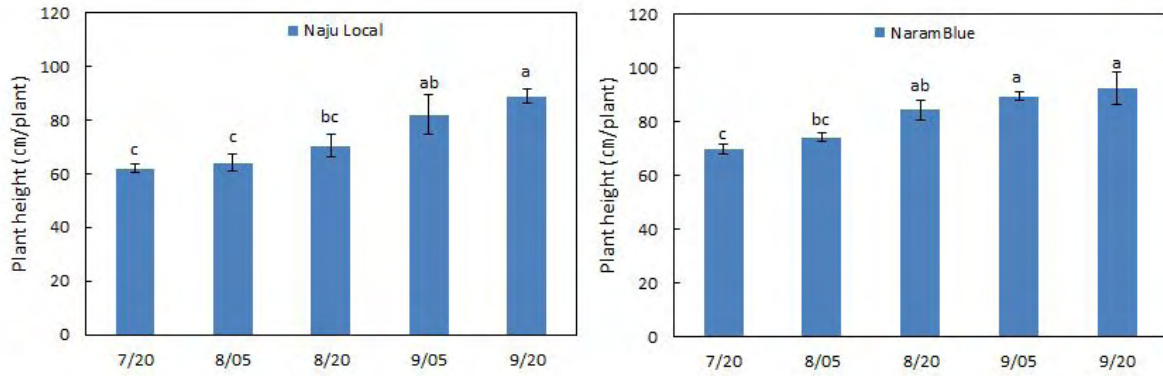


Fig. 6. Changes of plant height with different harvest times in two cultivars, Naju local and NaramBlue of *Persicaria tinctoria* H. Gross.

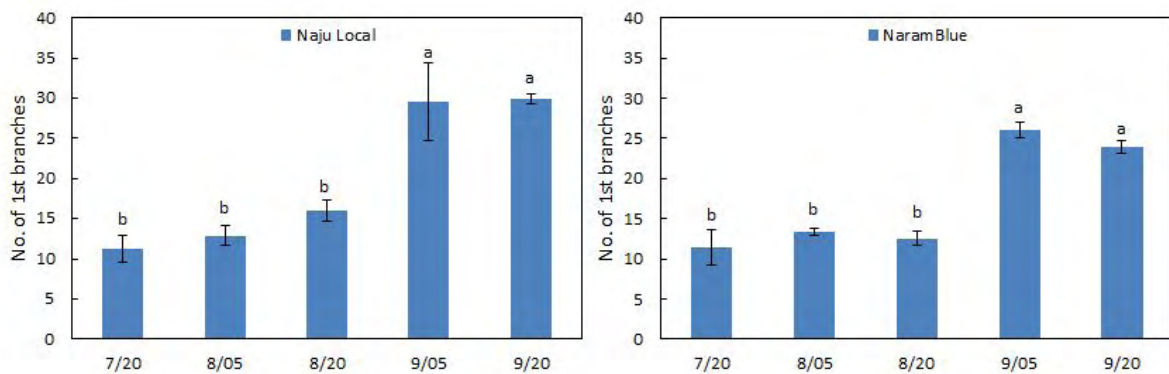


Fig. 7. Changes of number of 1<sup>st</sup> branches with different harvest times in two cultivars, Naju local and NaramBlue of *Persicaria tinctoria* H. Gross.

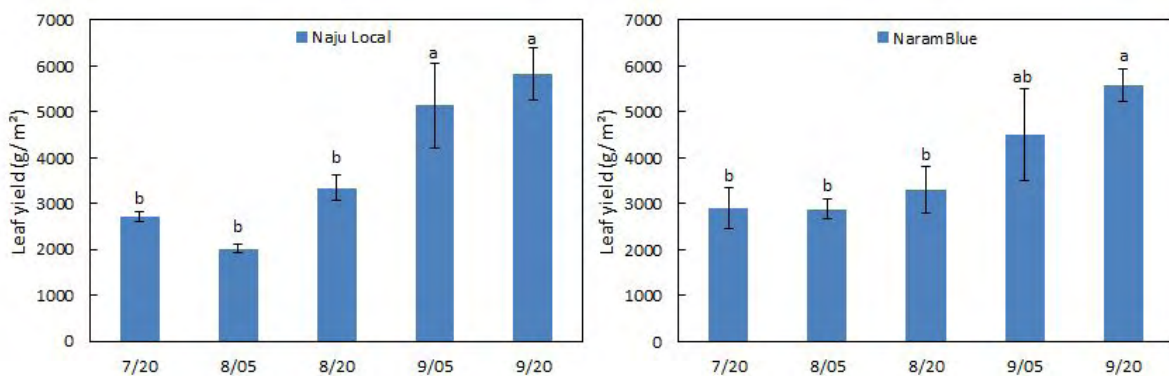


Fig. 8. Changes of leaf yield with different harvest times in two cultivars, Naju local and NaramBlue of *Persicaria tinctoria* H. Gross.

(나) 수확시기에 따른 색소함량 변화

두 품종의 수확시기에 따른 니람함량 변화는 Fig. 9와 같다. 두 품종 모두 수확시기에 따른 니람함량 변화는 비슷한 경향을 보였는데, 8월 20일 까지 증가하다가 이후 다소 감소하거나 거의 변화가 없었다. 이는 8월 하순이나 9월 상순에 개화하므로 개화기가 니람함량에 영향을 준 것으로 생각되었다. 가장 높은 니람함량을 보인 8월 20일에 나주재래종은 생엽 100 g당 7.25 g, 나람블루는 생엽 100 g당 6.35 g의 니람함량을 보였다. 수확시기에 따른 인디고 함량 변화에 대한 결과는 Fig. 10과 같은데, 두 품종 모두 비슷한 경향을 나타냈다. 8월 5일 수확시기에 가장 높은 인디고 함량을 보였으며 이후 비교적 많이 감소하는 경향을 나타냈다. 가장 높은 인디고 함량을 보인 8월 5일에 나주재래종은 생엽 100 g당 68.6 mg의 인디고 함량을 보였고, 나람블루의 경우 생엽 100 g당 52.4 mg을 보였다.

따라서 생엽수량과 색소함량 모두 높이기 위해서는 쪽 개화전인 8월 초순경에 수확하는 것이 가장 좋을 것으로 생각되었다.

따라서 쪽의 생엽수량과 색소함량을 높이기 위해서는 가능한 이르게 파종 및 정식하는 것이 유리하며, 재배방법에 따라 다소 달라지겠지만 단작재배시 8월 초순경에 수확하는 것이 좋을 것으로 판단되었다. 추후 재식밀도, 시비량, 수확횟수 등의 재배방법과 쪽 생육 중 기온이나 강수량 같은 기상조건에 따른 생엽수량 및 색소함량 변화에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

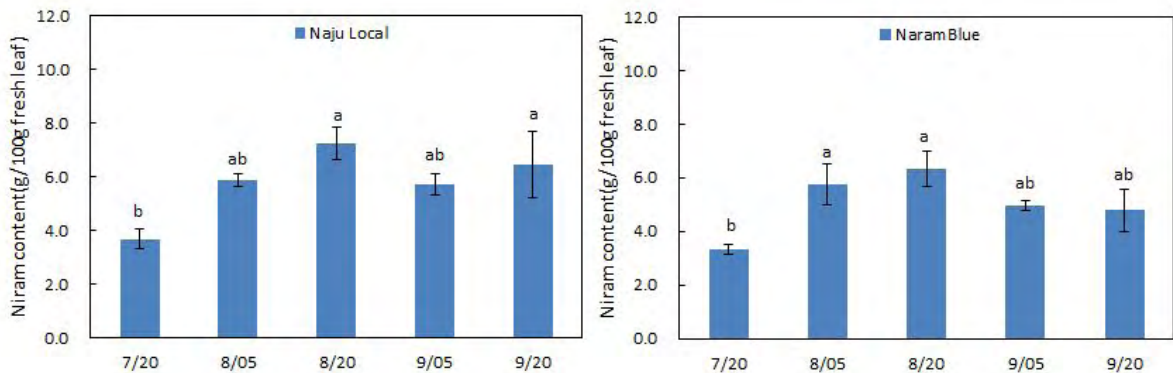


Fig. 9. Changes of Niram content with different harvest times in two cultivars, Naju local and NaramBlue of *Persicaria tinctoria* H. Gross.

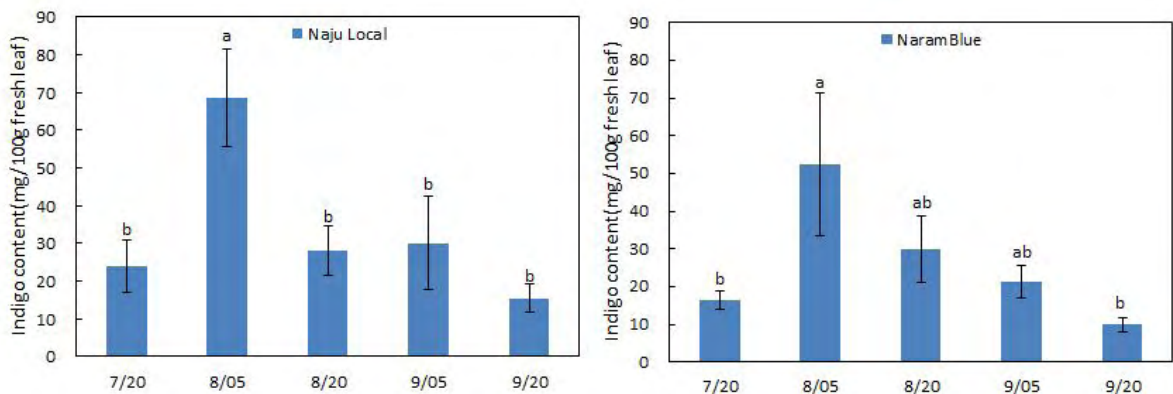


Fig. 10. Changes of Indigo content with different harvest times in two cultivars, Naju local and NaramBlue of *Persicaria tinctoria* H. Gross.

## 나. 최적 수확횟수 구명 연구

### (1) 시험방법

공시재료로 나주재래(Naju Local)과 신품종 나람블루를 이용하였으며, 2회수확은 7월 20일과 9월 5일, 7월 30일과 9월 10일, 8월 10일과 9월 10일, 1회수확은 8월 5일에 실시하였다. 파종은 105구 육묘포트를 사용하였으며 구당 3-5립 파종 후 1개체씩 남겨두고 솟아주었다. 육묘 후 주간 50cm 조간 30cm로 이식하여 재배하였으며, 모든 시험구는 3반복으로 수행하였다. 생육 및 수량 조사형질은 초장, 1차분지수, 지상부 생엽중 등이었다. 초장은 지표면으로부터 지상부 길이를 반복당 10개체를 측정하였으며, 1차 분지수는 주가지에서 뻗어 나온 가지들의 수를 반복당 5개체 조사하였다. 지상부 생엽중은 반복당 10개체를 전정가위로 수확한 후 마대자루에 넣어 무게를 측정하였다. 쪽 염료추출물인 니람(Niram)과 인디고 함량 측정을 위해서 지상부 정단부위로부터 3-4번째 마디의 잎을 반복당 5개 채취하였다. 채취된 쪽의 생엽에서 추출된 니람의 건조무게를 측정하였으며, 추출된 니람은 인디고 함량분석 시료로 사용되었다.

### (2) 수확횟수에 따른 생엽수량 및 색소함량 차이

#### (가) 단위면적당 생엽수량 (g/m<sup>2</sup>)

나주재래의 경우 7월 20일과 9월 5일의 2회 수확이 가장 수량이 높았으나 다른 2회 수확과는 유의적인 차이를 보이지 않았고, 나람블루의 경우는 유사한 경향을 보였고 7월 30일과 9월 10일의 2회 수확이 가장 높은 수량을 나타냈다. 전반적으로 2회 수확이 1회 수확보다 수량이 높았다 (그림 3-26). 1회 수확기는 수확시기 구명시험에서 가장 생엽수량이 높았던 8월 20일을 기준하였다.

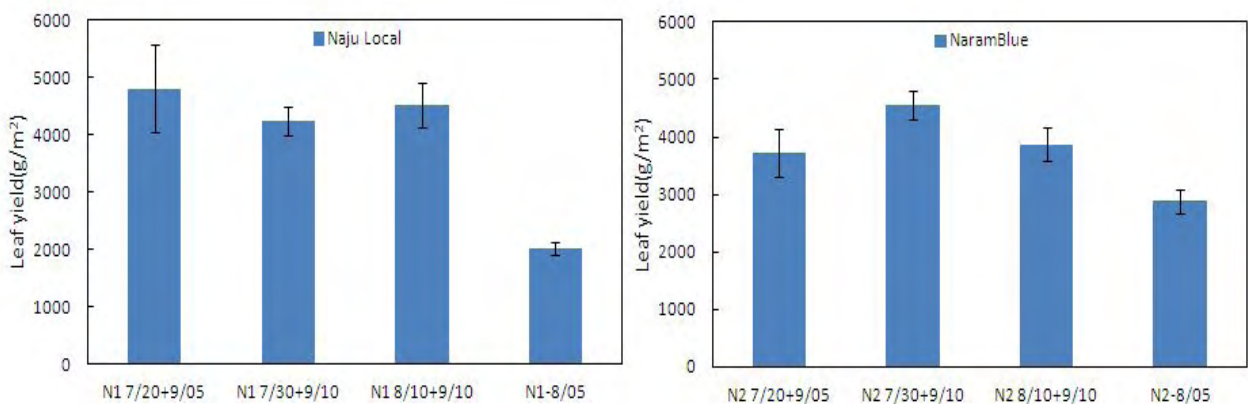


그림 3-26. 나주재래종과 나람블루의 수확횟수에 따른 생엽수량 차이.

(나) 니람 및 인디고 함량

그림 3-27.은 수확횟수별 평균니람함량을 나타낸 것으로 1회 수확시 니람함량이 2회수확의 평균 니람함량보다는 높은 경향이였다. 그러나 1회 및 2회 수확시의 총 니람함량을 보면 2회 수확시 니람함량이 높았고, 나람블루의 경우 8월 10일과 9월 10일의 2회 수확에서 가장 높은 니람함량을 나타냈다. 1회 수확기는 수확시기 구명시험에서 가장 인디고 함량이 높았던 8월 5일을 기준하였다.

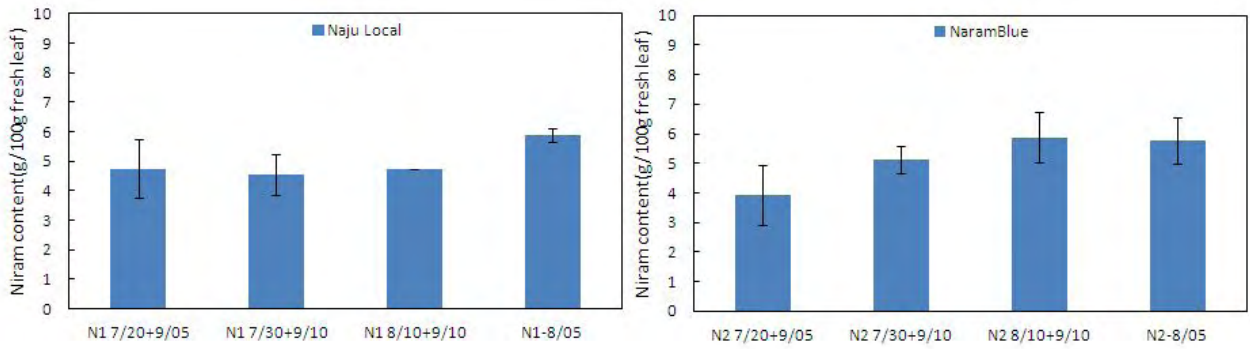


그림 3-27. 수확횟수별 니람함량 차이.

그림 3-28은 수확시기별 단위면적당 인디고수율 ( $\text{mg}/\text{m}^2$ )은 나주재래의 경우 8월 10일과 9월 10일의 2회수확에서 가장 높게 나타났고, 나람블루의 경우 8월 5일 1회 수확에서 높게 나타났다. 2회 수확시 첫 번째 및 두 번째 수확시의 인디고 함량이 다소 낮게 나타나 전체적으로 1회수확과 2회수확간에 인디고 총 수율차이가 크지 않았다. 그림 24와 그림 25와 같이 8월 10일 전 후에 가장 높은 니람 함량과 인디고 함량을 보여 7월 20일이나 7월 30일, 그리고 9월 5일이나 9월 10일에는 상대적으로 인디고 함량이 낮았기 때문으로 생각된다. 그리고 이식시기를 5월 30일 보다 더 이른 시기에 실시하면 좀 더 인디고 수율을 높일 수 있을 것으로 추정되는데 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

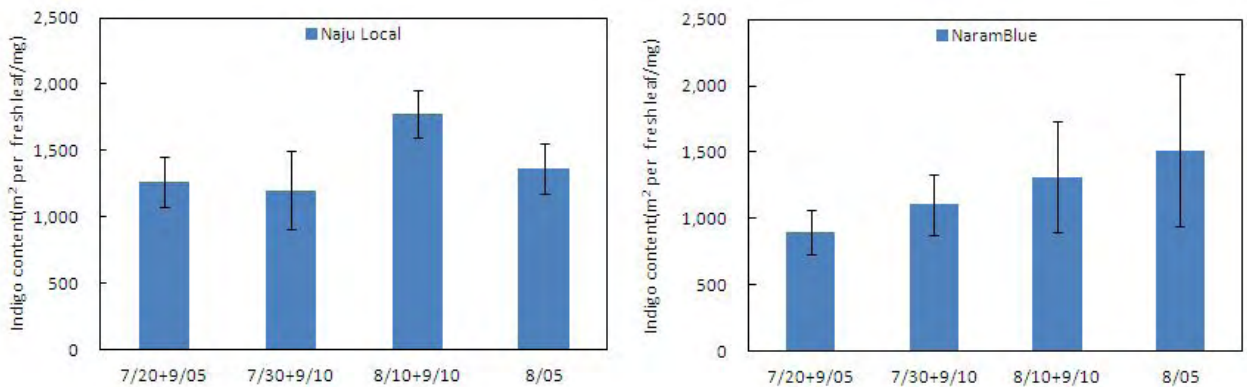


그림 3-28. 수확시기별 인디고 수율 ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ) 차이.

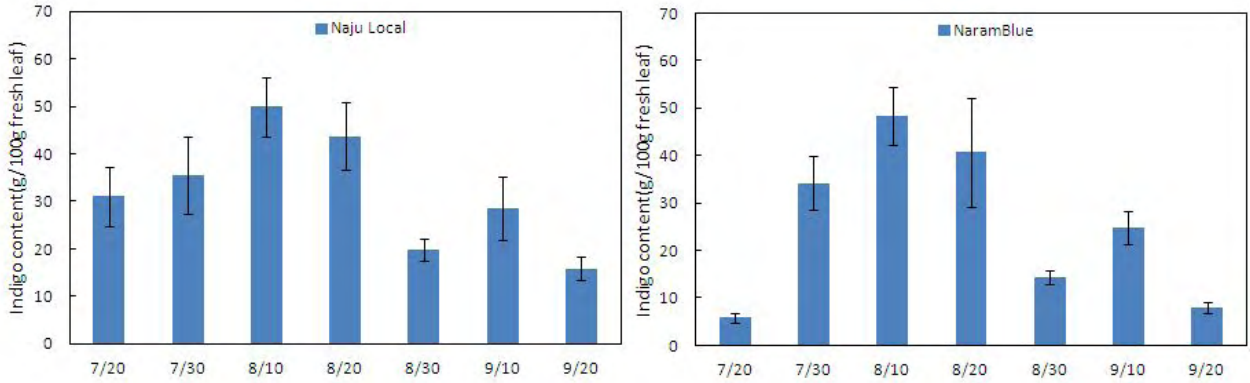


그림 3-29. 수확시기별 인디고 함량 (mg/생엽 100g).

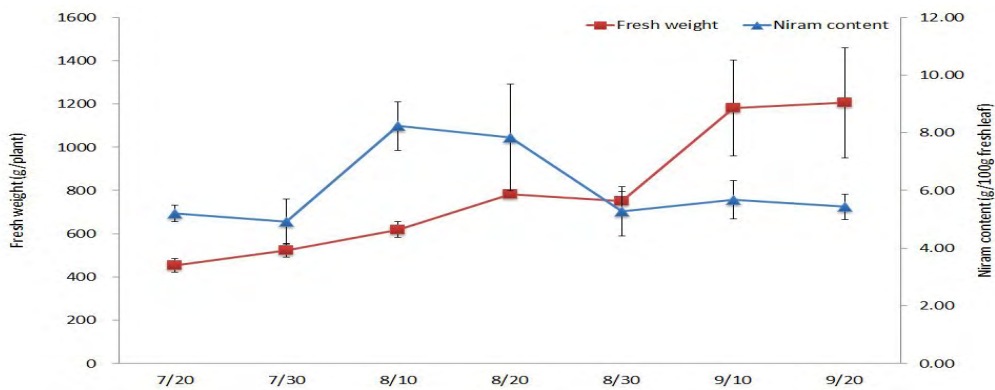


그림 3-30. 나주재래종의 수확시기별 생체중 및 니람함량 변화.

### (3) 요약

수확횟수별 생엽수량과 색소함량의 차이를 알아본 결과 2회수확이 1회수확보다 생엽수량이 높았으나 색소함량은 차이가 크지 않았고 오히려 적게 나타나 수확횟수에 관계없이 8월 10일이나 8월 20일 경에 색소함량이 높게 나타나는 것으로 생각되었다.

## 다. 최적 재식밀도 구명 연구

### (1) 시험방법

공시재료로 나주재래(Naju Local)과 신품종 나람블루를 이용하였으며, 1m 두둑에 1열 또는 2열 재식하였으며 조건거리는 30, 40, 50cm로 하였다. 재식본수는 1본식과 2본식으로 구분하여 생엽수량과 색소함량 차이를 조사하였다. 4월 20일 파종하고 5월 50일에 이식하였으며 수확은 8월 23일에 하고 인디고 분석시료는 8월 20일에 채취하였다. 생육 및 수량 조사형질은 초장, 1차분지수, 지상부 생엽중 등이었다. 초장은 지표면으로부터 지상부 길이를 반복당 10개체를 측

정하였으며, 1차 분지수는 주가지에서 뺀 나온 가지들의 수를 반복당 5개체 조사하였다. 지상부 생엽중은 반복당 10개체를 전정가위로 수확한 후 마대자루에 넣어 무게를 측정하였다. 쪽 염료추출물인 니람(Niram)과 인디고 함량 측정을 위해서 지상부 정단부위로부터 3-4번째 마디의 잎을 반복당 5개 채취하였다. 채취된 쪽의 생엽에서 추출된 니람의 건조무게를 측정하였으며, 추출된 니람은 인디고 함량분석 시료로 사용되었다.

## (2) 재식밀도에 따른 생엽수량 및 색소함량 차이

재식밀도별 생엽수량 시험결과는 그림 28과 같은데 전반적으로 밀식할수록 수량이 높았으며 1열식 보다는 2열식에서 수량이 높게 나타났다. 나주재래의 경우 2열재배에서 조간거리 30 cm 또는 40 cm에서 높은 수량을 보였고 다소 직립형인 나람블루의 경우 2열 2분식에서 대체적으로 높게 나타났다. 전반적으로 재식밀도에 대한 수량변화는 일정한 경향을 보이지 않았으나 나주재래의 경우 2열 1분식으로 밀식을 하며, 나람블루의 경우 2열 2분식으로 밀식을 하는 것이 좋을 것으로 생각되었다.

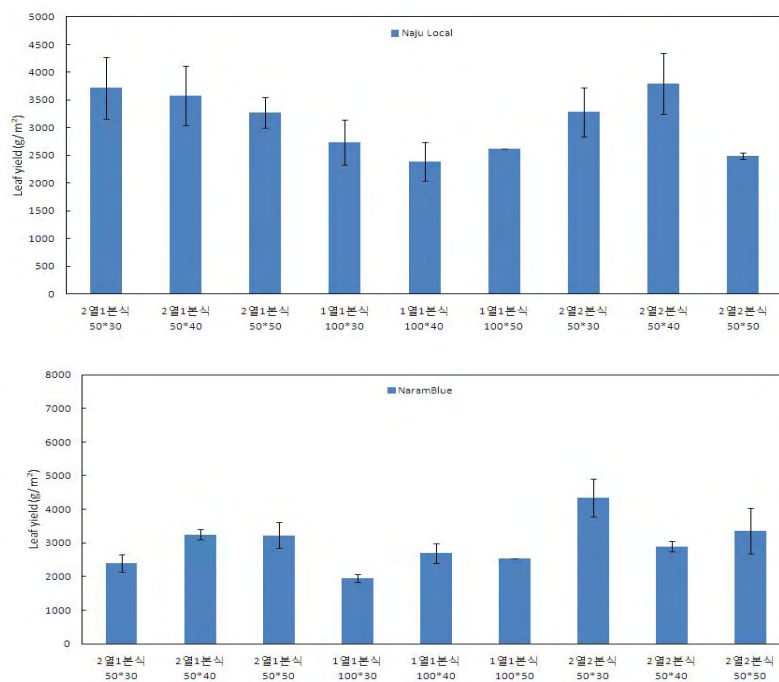


그림 3-31. 재식밀도에 따른 생엽수량의 차이.

재식밀도에 따른 개체당 생엽중을 나타낸 것은 그림 3-32와 같은데, 수량이 낮았던 1열식에서 높았고 재식거리에서도 좁은 것보다는 넓은 처리에서 높게 나타났다. 특히 2열 2분식으로 밀식한 처리구에서 가장 낮은 개체당 생엽중을 보였다.

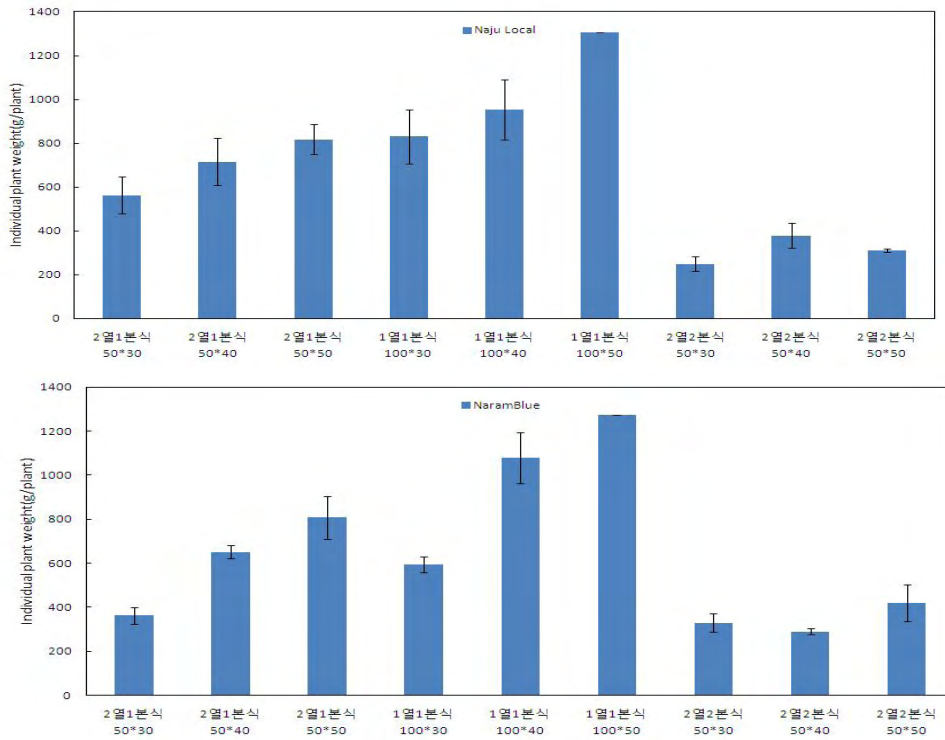


그림 3-32. 재식밀도에 따른 개체당 생체중 차이.

재식밀도에 따른 니람함량 차이는 그림 3-33와 같은데, 재식거리별 차이는 크지 않았지만 2열식에서 대체적으로 니람함량이 높았다.

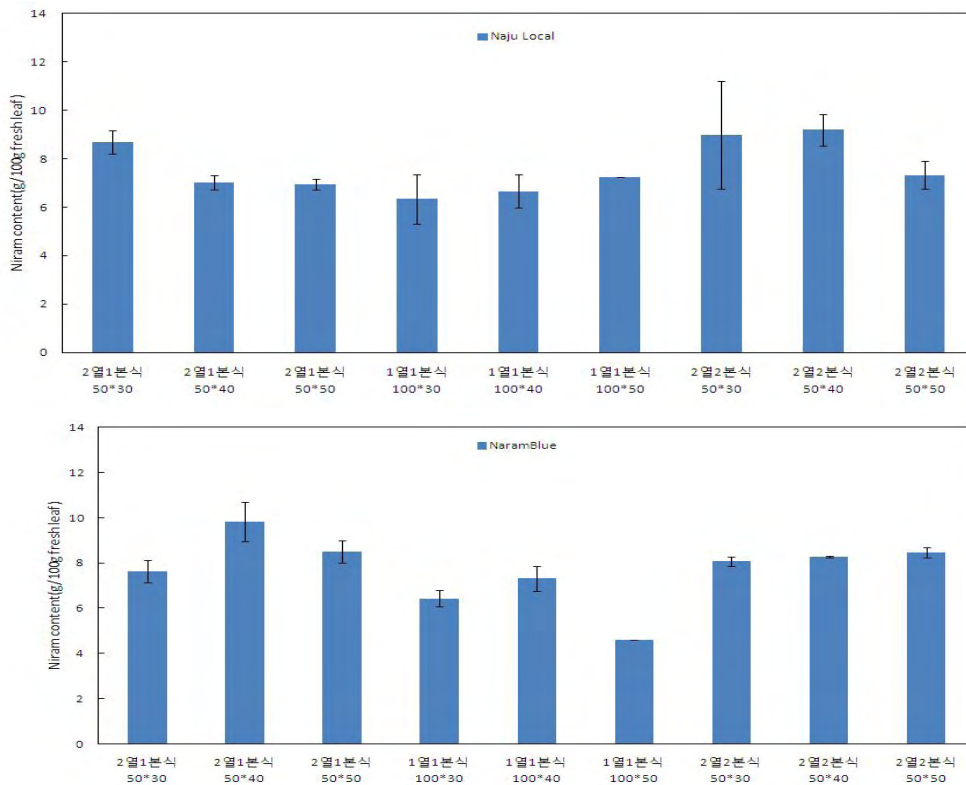


그림 3-33. 재식밀도에 따른 니람함량 차이.

재식밀도를 달리 했을 때 인디고 함량을 나타낸 것은 그림 3-34와 같다. 나주재래의 경우 전체적으로 2열식에서 다소 높게 나타났으나 조간거리 차이에 대한 변화는 일정한 경향을 보이지 않았다. 나람블루의 경우는 생엽수량이 높았던 2열식에서 비교적 높게 나타났다.

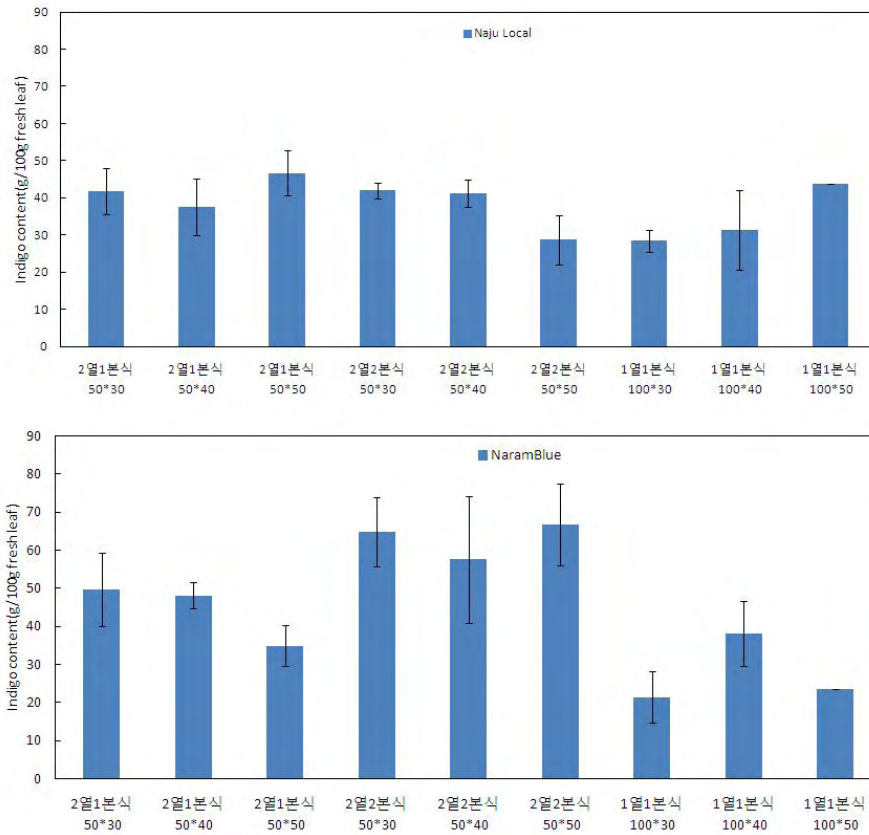


그림 3-34. 재식밀도에 따른 인디고함량 차이.

### (3) 요약

전반적으로 생엽수량과 인디고 함량이 높이기 위한 재식밀도는 나주재래는 2열 1분식이 좋았으며, 다소 직립형이며 엽면적이 큰 나람블루의 경우는 2열 2분식이 좋은 것으로 생각되었다.

## 라. 생육시기별 색소성분 (indigo, indican) 함량 변화

### (1) 시험방법

쪽을 2회 수확할 때 첫 번째 수확후 재생잎의 인디고 함량변화를 알아보하고자 7월 30일 수확 후 10일 간격으로 인디고함량을 분석하였다. 쪽은 나주재래와 나람블루를 사용하였으며 4월 20일 파종하여 육묘한 후 5월 30일에 이식하였다. 생육시기별 인디고 전구물질인 인디칸 (Indican)과 인디고의 함량변화를 알아보기 위하여 7월 20일부터 10일 간격으로 9월 20일 까지 시료를 채취하여 조사하였다.



## (2) 1차 수확 후 재생잎의 인디고함량 변화

첫 번째 7월 20일 수확후 10일 간격으로 잎을 채취해 인디고 함량을 조사한 결과는 그림 32과 같다. 나주재래와 나람블루 모두 8월 10일에 가장 높은 인디고 함량을 보였고 이후 점차 감소하는 경향을 나타냈다. 따라서 1차 수확후 재생잎과 시기별 수확된 잎의 인디고 함량의 시기별 변화경향은 비슷한 것으로 생각되며 잎의 나이보다는 수확시기의 온도 등 환경이 더 많은 영향을 미치는 것으로 생각되었다.

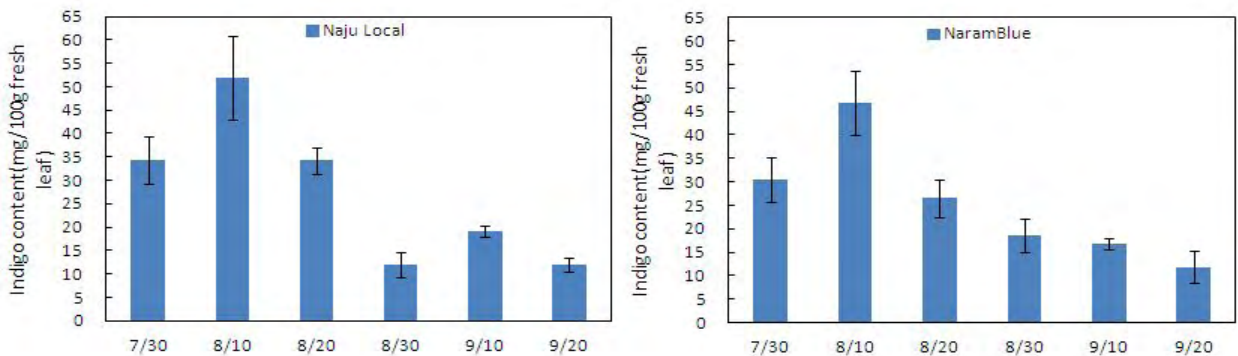


그림 3-35. 쪽 1차 수확후 재생잎의 시기별 인디고 함량 차이.

그림 35은 첫 번째 (7월 30일) 수확후 재생잎(8월 10일 이후)의 잎 무게 변화를 나타낸 것으로 1차 수확후 재생잎은 비교적 작은 잎들로 잎의 나이가 어렸으나 수확후 20일 부터는 7월 30일 수확시의 잎 크기에 비해 비교적 작지만 일정하게 유지하였다.

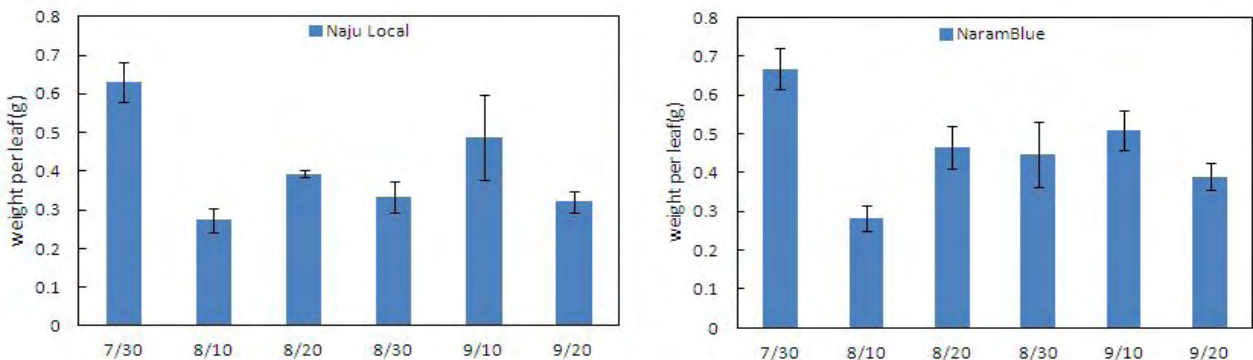


그림 3-36. 쪽 1차 수확후 재생잎의 시기별 1개엽 무게 변화.

## (3) 생육시기별 색소함량 변화

생육시기별 니람함량 차이를 알아본 것으로 8월 10일이나 8월 20일에 비교적 높게 나타났으나 유의적 차이를 보이지 않았다. 생육시기별 인디고와 인디칸 성분의 함량변화를 나타낸 것은

그림 3-37, 그림 3-37과 같다. 인디고의 경우 8월 10일 까지 증가하였으며 이후 점차 감소하는 경향을 나타냈다. 인디칸의 경우도 인디고 함량과 비슷한 경향을 나타냈으나 나주재래의 경우 좀 더 이르게 인디칸 함량이 높게 나타났다. 이론적으로 두 개의 인디칸 분자가 한 개의 인디고를 만들어 인디칸에 0.44를 곱하여 인디고 함량을 추정하기도 한다. 그러나 본 시험결과에서 인디칸이 인디고에 비해 5배 이상 높은 것으로 나타나 인디칸의 인디고로의 전환율이나 생엽으로 부팅 니람추출 효율에서 차이가 났을 것으로 생각되지만 추가적인 검토가 필요할 것이다.

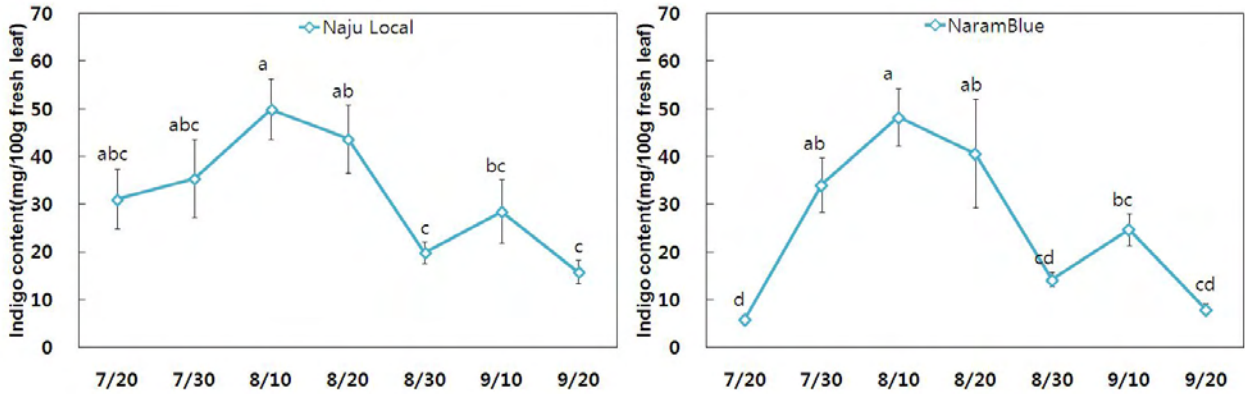


그림 3-37. 생육시기별 인디고 함량 변화.

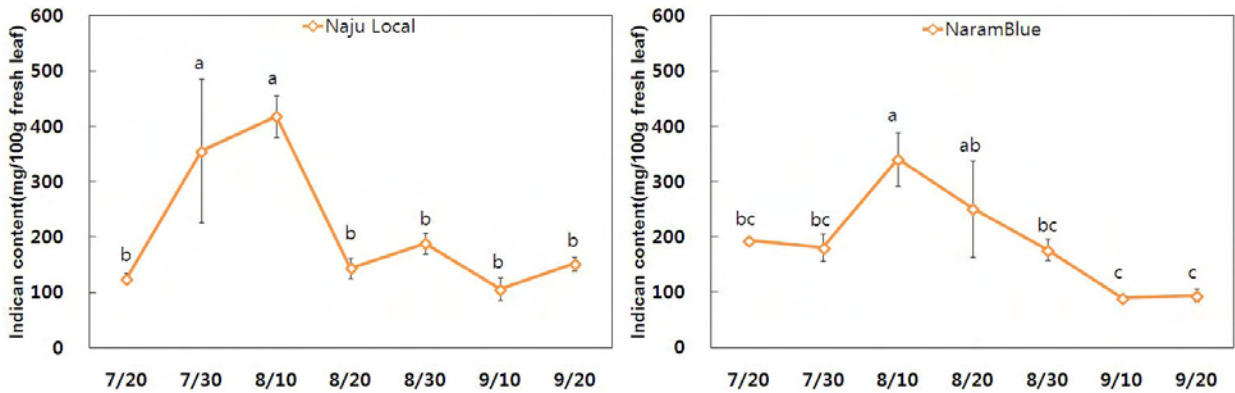


그림 3-38. 생육시기별 인디칸 함량 변화.

#### (4) 생육시기별 쪽 메탄올 추출물의 chemical profiling 분석

쪽 메탄올 추출물에 함유된 인디칸과 기타 이차대사물질의 생육시기별 변화를 알아보기 위해 생엽을 2주간격으로 채취하여 메탄올 추출하였다. 메탄올 추출물은 HPLC/UV로 분석하였으며 chemical profile은 LC-ESI-MS로 분석하였고 성분동정은 MS-MS 분석하였다. 쪽의 신초, 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup>, 5<sup>th</sup>, 7<sup>th</sup>, 9<sup>th</sup> fresh leaves이 채취되고 메탄올로 24시간 추출하였으며, 분석조건은 다음과 같다.

(가) HPLC for quantification : Waters 717 plus autosampler, Waters 1525 binary pump, Waters 2487 dual absorbance detector, Phenomenex Gemini C-18 column (2.0 x 150 mm, 3 mm), Flow rate : 0.2 ml/min, UV-Abs : 260 nm, Solvents: H<sub>2</sub>O (1% acetic acid)/acetonitrile (1% acetic acid) gradient

(나) HPLC for LC-MS : Agilent 1100 series HPLC, Phenomenex Gemini C-18 column (3.0 x 150 mm, 5 mm), Flow rate : 0.4 ml/min, UV-Abs : 260 nm, Solvents: H<sub>2</sub>O (1% acetic acid)/acetonitrile (1% acetic acid) gradient

(다) MS : Bruker HCT 3000plus Ion Trap MS, Electrospray ionization (ESI) source, Negative ion mode

그림 3-39.는 인디칸 분석을 위한 HPLC 크로마토그램(UV 260 nm)을 나타낸 것으로 피크 1 번이 인디칸이며 기타 성분은 주로 플라보노이드 성분으로 생각되며 추후 정성분석이 필요하다.

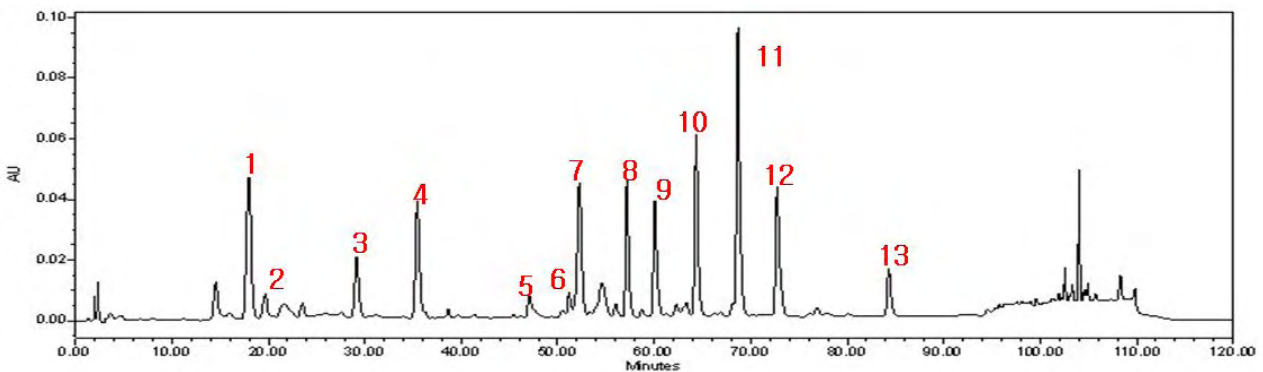


그림 3-39. 쪽 메탄올 추출물의 인디칸 분석 크로마토그램.

각 피크의 성분동정이 이루어지지 않았지만 시기별로 변화가 있으며 각 엽위치별로 변화양상이 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다. 인디칸의 경우 상위엽에서는 생육시기가 경과됨에 따라 함량이 낮아지며 하위엽일수록 함량이 증가됨을 알 수 있었고, 생육초기에서 상위엽에 많이 함유되고 생육후기로 갈수록 하위엽에 더 많이 함유된 것으로 나타났다. 쪽 메탄올 추출물에 함유된 플라보노이드 배당체와 같은 이차대사물질을 컬럼크로마토그래피를 이용하여 분리하고 NMR을 이용하여 구조동정이 필요하며 진행중에 있다.

## 마. 쪽 생육 및 수량조사 요령

### (1) 공동사항

(가) 모든 조사는 수확기에 조사구별로 수행하며 3-5반복 표본조사하여 쪽 수량예측에 이용함.

(나) 조사구 선정방법

- 대각선, 사각형, 중심을 포함한 사각형으로 무작위 선정
- 이식재배인 경우와 전체적으로 생육이 양호하거나 일정한 경우 3반복, 직파재배인 경우와 전체적으로 생육이 불량하거나 불균일한 경우는 4-5반복 시행
- 조사항목은 포장조건이나 시급성에 따라 축소하여 조사할 수 있음. 조사항목으로 초장, 단위면적당 경엽수량, 인디고함량, 기타 특성 등만 선택할 수 있을 것임.

## (2) 생육 및 병충해 조사

### (가) 생육특성

#### ① 생육조사

- 초장 (10주 실측조사)
- 1차분지수 (5주 실측조사, 주경에서 나온 분지로 3개 이상의 마디를 갖는 분지수)

#### ② 엽 특성

- 엽형 (타원형, 장타원형; 잎끝모양의 뾰족한 정도를 육안조사)
- 엽색 (담녹, 진녹; 육안조사)
- 엽면적 (엽장×엽폭, 10개엽 (여러개체로부터 채취) 실측조사, 정단부위에서 3-5번째 마디의 잎 조사) (필요시 조사)
- 기타 특성 (초형, 화색 등) 조사 (필요시 조사)
- 엽중비율 (지상부 전체중 줄기를 제외한 잎만의 무게, 분지 5개의 착엽 측정) (필요시 조사)

#### ③ 개화 특성 (필요시 조사)

- 추대율 (화퇴발생율) 및 개화율
- 조사구내 개체수에 대한 추대 및 개화주수를 육안조사하여 계산
- 수확기의 개화는 생엽수량과 인디고함량 저하와 관련이 있음.

### (나) 병충해 등 장애조사

#### ① 병충해조사

- 발병주율, 병반면적율, 피해엽율, 피해주율 등 조사
- 조사기준 : 0 (무발병 및 무피해), 1 (1% 미만), 2 (5% 미만), 3 (10% 미만), 4 (20% 미만), 5 (21% 이상)
- 육안조사; 10주, 10개엽 이상
- 달관조사로 평가할 수 있으며 조사기준은 병충해 종류에 따라 변경할 수 있음.

#### ② 기타장애조사

- 도복, 한발 등 영양생리장애 조사
- 달관조사

### (3) 수량조사

#### (가) 단위면적당 경엽수량

- 조사면적: 2×2 m<sup>2</sup> (또는 1.8×1.8 m<sup>2</sup>)
- 해당 조사되는 재배지의 면적이 적은 경우 조사면적을 1×1 m<sup>2</sup>로 줄일 수 있음.
- 지체부로 20-30cm 이상의 지상부 예취하여 수확 및 생체중 측정
- kg/10a로 환산

#### (나) 개체당 경엽중 (필요시 조사)

- 조사구내 총 경엽무게를 조사면적내에 재식되어 있는 개체수로 나누어서 산출

### (4) 품질조사

#### (가) 니람 함량 (중량법)

- 생잎 20개 채취하여 48시간 30℃(또는 이와 비슷한 조건)에서 추출후 석회 첨가하여 니람채취
- 석회무게를 제외한 건조된 니람무게 측정 및 생잎무게당 니람함량(니람 g/ 생엽 100g) 산출

#### (나) 인디고함량 (UV법)

- 건조된 니람을 UV 620 nm에서 정량하여 인디고 함량 (인디고 mg/ 생엽 100g) 산출.

## 8. 쪽 우량계통 육성연구

### 가. 신품종 백화람 육성

#### (1) 품종 육성과정

- 육성목적: 다수확 및 고품질 염료 및 경관용 품종 개발
- 육성방법: 집단선발 (분리육종)
- 육성장소: 전남 무안
- 특성조사 장소: 전남 무안
- 지역종 수집선발: 나주지역 수집종
- 수집년도: 2009년
- 특성조사 및 집단선발: 2010-2011년
- 생산력검정시험 및 증식: 2012년

(가) 육성계통도

년도	2009	2010	2011	2012	2013
지역 수집종	나주지역 수집종 (PTLW-02)	→	→	→	PTLW-02
주요경과	수집 및 특성검정	특성검정 및 집단선발 (순계분리)		생산력검정 및 증식	품종출원

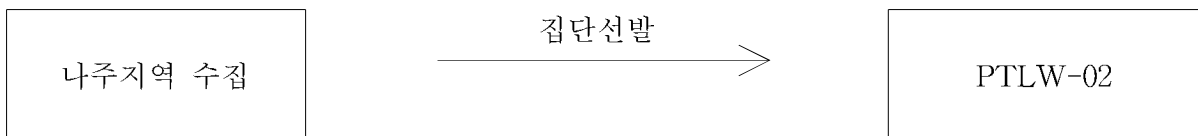
(나) 육성계통도 설명

다수확 및 고품질 염료 및 경관용 품종육성을 위하여 2009년부터 나주지역 재래종 집단으로부터 꽃색이 희고 개화가 늦은 개체들을 수집선발하고 집단채종한 계통 PTLW-02 (약어로 W2로 함)을 육성함. 계통 W2 집단은 꽃색과 숙기, 잎 형태를 기준으로 이형주를 2011년까지 계속 제거하여 유전적 순도를 높이는 순계분리(집단선발)을 수행하여 2012년에 선발계통 W2의 형질의 안정성과 균일성을 최종확인하고 품종출원함. 나주지역에서 재배되고 있는 나주재래종 집단은 화색이 다양한데, 적색이 20.5%, 진분홍색이 29.9%, 연분홍색이 43.5%, 그리고 백색이 8%로 분포한다. 나주재래종을 모집단으로하여 화색이 흰색이며 숙기가 늦고 약간 둥근형의 특성을 갖는 개체들을 집단채종하여 화색을 중심으로 집단선발 및 특성을 유지해온 것으로 나주재래종과 유전적으로 매우 유사함. 출원품종의 특성조사 결과를 종합하여 화색, 숙기, 엽형 등의 특성에 대해 안정성과 균일성을 확인하고, 화색이 흰색이고 만숙종 (쪽은 잎을 사용하며 숙기가 늦을수록 엽수량과 인디고 색소함량이 높음)인 계통 W2를 출원품종으로 선발하고 ‘백화람’이라고 명명하였음.

○ 참고자료

- 쪽 수정양식을 조사한 결과, 꽃 1개 또는 2개, 이삭 1개 전체, 분지 전체, 식물체 전체를 봉지를 씌우거나 망을 씌웠을 때, 그리고 실내 (벌 등 충매가 불가능한 상태) 양성 식물체에서도 상당량의 자식된 종자를 채종할 수 있었음.
- 개체선발 후 후대검정 결과 모식물과 같은 형태적 특성을 나타내 쪽 식물은 자가수정 식물로 판단되었음.

(다) 육성 계보도



(2) 품종의 특성

(가) 특성

- 화색(화피색깔)이 백색이다.
- 잎의 너비가 크며 엽선이 예두이며 큰 둥근모양(장타원형)의 잎 형태를 가진다.
- 엽면적이 다소 넓은 광엽형에 속한하며 생엽수량이 상대적으로 높다.
- 개화기가 9월 초순이후로 늦은 극만숙종이다.
- 화서길이가 약간 길다.
- 키가 70.5cm로 보통이고 1차 분지수가 31개 정도로 비교적 많으며 다소 직립형에 속한다.
- 지상부 경엽수량은 개체당 525g 정도로 중간정도이다.
- 생엽으로부터 추출한 니람(泥藍) 함량은 4.4%로 중간정도이다.
- 니람에 함유된 청색염료성분인 인디고(indigo)는 생엽 100g당 49.76mg으로 함량이 비교적 높다.
- 종자발아율이 80% 이상이며 2-3일 발아가 빠르다.
- 종피색은 검정색 또는 갈색이며 천립중이 약 2.6g으로 중간정도이다.

(나) 균일성

- 시험장소: 전남 무안군 목포대학교 부속농장 시험포장
- 조사방법 : 3반복으로 반복당 1m 너비 15m 길이의 두둑에 주간 40cm, 조간 20cm로 재식하여 잎 색깔과 잎 모양을 달관 조사함.
- 조사개체수 : 반복당 200개체 정도
- 이형개체수 : 0 개체 (3반복)
- 나주재래종 집단내의 엽형 특성별 개체수 (조사개체수 반복당 300개체)

엽형	반복			평균
	1	2	3	
둥근형	25	34	27	28.7
뾰족한형	275	266	273	271.3
둥근형의 비율	8.3	11.3	9.0	<b>9.6</b>

- ※ 나주재래종은 보통 뾰족한 엽형을 가지나 집단내에는 9.6 ± 1.6% 정도의 개체가 출원품종과 유사한 둥근모양의 엽형을 나타냄.
- ※ 출원품종의 엽장폭비 (잎 길이에 대한 잎 너비의 비율)가 0.47로서 나주재래종 0.39 보다 커서 보다 장타원형의 잎 형태를 가지며 엽면적이 넓음.
- ※ 출원품종의 엽형은 장타원형의 모양이외의 뾰족한 피침형의 개체는 전혀 없음.

○ 나주재래종 집단의 화색별 개체수 (조사개체수 반복당 약132개체)

화색	반복			평균
	1	2	3	
적색	24	31	26	27.0
진분홍색	48	29	41	39.3
연분홍색	61	42	69	57.3
흰색	8	10	6	8.0
조사개체수	142	114	145	132
흰색의 비율	5.7	8.9	4.2	<b>6.1</b>

※ 나주재래종은 보통 분홍색이나 적색의 꽃을 가지나 집단내에는 6.1 ± 2.4% 정도의 개체가 출원품종과 같은 화색을 나타냄.

※ 출원품종의 화색은 모두 백색으로 집단내 백색이외의 개체는 전혀 발견되지 않음.

(다) 안정성



출원품종 ‘백화람’은 대조품종 ‘나주재래종’과 같이 전남지역을 중심으로 재배해오던 재래종 집단으로 2009년에 나주재래종 집단과 꽃의 색깔과 잎의 형태가 다른 집단을 수집선발하여 계속 이형주를 제거하여 흰색의 꽃색과 장타원형의 엽형의 특성을 나타내는 집단의 균일성을 높여온 순계분리집단임. 2010년과 2011년 전남 무안군 소재 목포대학교 부속농장 시험포장에서 특성조사 결과 이형주가 거의 관찰되지 않아 안정성이 인정되었으며, 최종적으로 2012년 시험포장에서 재배시험을 수행한 결과 연차간 변이를 보이지 않아 출원품종 특성의 안정성을 재확인하였음.

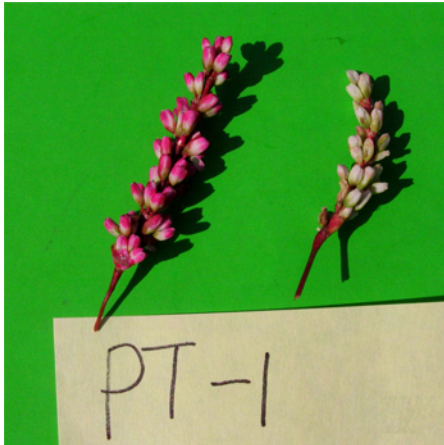
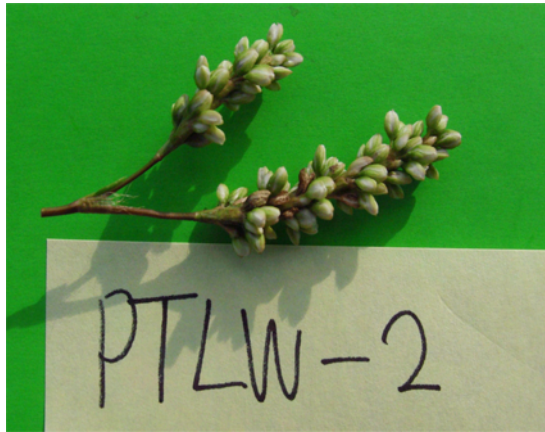
(다) 출원 및 대조품종의 성적

품 종 명	조사 연도	꽃색	잎 모양	줄기색	직립성	화서길이	엽폭	엽장	초장
백화람 (출원품종)	‘11년	흰색	장타원형	녹색계	약함	길다	넓다 5.2mm	보통이다 9.6mm	보통이다 81.0cm
	‘12년	흰색	장타원형	녹색계	약함	길다 17.4mm	넓다 4.3mm	보통이다 9.0mm	보통이다 70.5cm
	평균	흰색	장타원형	녹색계	약함	길다	넓다 4.7mm	보통이다 9.3mm	보통이다 75.2cm
나주재래 (대조품종)	‘11년	분홍색	피침형	녹색계	강함	보통이다	좁다 4.4mm	보통이다 9.8mm	보통이다 83.0cm
	‘12년	분홍색	피침형	녹색계	강함	보통이다 15.4mm	좁다 3.5mm	보통이다 9.0mm	보통이다 70.0cm
	평균	분홍색	피침형	녹색계	강함	보통이다	좁다 3.9mm	보통이다 9.4mm	보통이다 76.5cm



(마) 품종 사진

품종명칭, 촬영부위, 촬영일시 기록 출원품종(나주재래종)		품종명칭, 촬영부위, 촬영일시 기록 대조품종(백화람)	
지 상 부 및 엽 모 양			
	<나주재래종(왼쪽)과 백화람(출원품종), 8월 20일경, 시험포장>		

품종명칭, 촬영부위, 촬영일시 기록 출원품종(나주재래종)		품종명칭, 촬영부위, 촬영일시 기록 대조품종(백화람)	
지 상 부 및 엽 모 양			
	<나주재래종(왼쪽)과 백화람(출원품종), 10월 10일경, 시험포장>		

## 제2절 생물공학적인 인디고 생산 최적화 기술

이 연구는 대사조절과 유전자 도입을 통하여 쪽에서 인디고 색소의 생산성을 향상시키는 데에 목적이 있다. 구체적으로는 (1) 포장조건에서 재배되는 쪽에서 그리고 기내배양 쪽에서 색소의 생산을 극대화하기 위하여 쪽생산 식물에서 인디고 합성 대사를 극대화하는 조건을 찾고, (2) 식물의 분자 육종을 통하여 더 우수한 식물체를 획득하는 데에 목적이 있다.

이 연구에서는 (1) 쪽을 비롯한 인디고 생산 식물에서 재배 농가에서 쉽게 인디고의 생합성과 축적을 획기적으로 제고할 수 있는 방법을 개발하고 (2) 인디고 합성에 관여한다고 생각되는 indole-3-glycerol phosphate lyase (IGL)의 유전자를 확인하고 (3) 쪽의 기내배양, 쪽의 형질 전환 기법과 조건을 확립하여 상기 IGL과 같은 유용유전자를 도입할 수 있는 기반을 확립하며 (4) 이 연구의 직접적인 목표는 아니지만 인디고 생합성 중 인돌산화 반응의 기작을 연구하고자 한다. 특히 마지막 항목은 앞으로 인디고 생합성 경로를 밝히는데 기여하여 궁극적으로 인디고 축적을 올리는 방안을 마련하는데 기여할 것이라 생각된다.

### 1. 인돌 산화 효소의 특성 규명

#### 가. 서론

쪽(*Polygonum tinctorium*)에서 생성된 인돌은 산화를 거쳐 indoxyl로 전환되며, 배당체 indican의 형태로 식물에 저장된다. 이 때 인돌이 산화되는 메카니즘을 밝혀야 인돌 산화효소로서 어떠한 효소를 연구할 것인가가 결정된다. 인돌을 산화하는 경로는 공기중의 분자형태의 산소를 기질로 이용하는 P450나 alpha-glutarate-의존 산화효소에 의한 경로(Pathway A), 또는 두 단계 반응으로 수화(hydration)-탈수소(dehydrogenation)에 의한 경로 (Pathway B), 이 두 가지를 상정할 수 있다 (Figure 1-1). 이 두 경로를 구별하는 가장 손쉬운 방법은  $^{18}\text{O}$ 을 추적자로 이용하는 방법이다.

#### 나. 방법 및 결과

shoot culture와 root culture에 배양 플라스크를 20%  $^{18}\text{O}_2$ 로 채운 후 2주간 배양하고 식물에서 인디고와 인디칸을 분리하여 질량분석기로 조사하였다. 그 결과는 Figure 12-13와 Table 1-1과 같다. 우선 indican에서는 비표지 indican ( $m/z$  133,  $\text{M}^+$ )에 비하여  $^{18}\text{O}$  한 원자가 존재하는  $m/z$  135 peak를 볼 수 있었다.  $^{18}\text{O}$ 는 뿌리에서는 약 2/3의 분자가 표지되었으나 shoot에서는 불과 1/3에 불과하였다. 이는 shoot에서는 광합성에 의하여 물로부터  $^{16}\text{O}$ 가 내재적으로 생성되는 것에 기인한다고 볼 수 있다. Indirubin의 경우 근배양에서 특히 비표지 ( $m/z$  262,

M<sup>+</sup>) 색소와 함께 <sup>18</sup>O-<sup>16</sup>O 화합물 (*m/z* 264)과 <sup>18</sup>O-<sup>18</sup>O 화합물 (*m/z* 266)을 볼 수 있었다. Indirubin은 한 분자의 indoxyl과 이 indoxyl이 공기중 산소에 의하여 산화된 isatin에 의하여 형성되므로 (Fig. 11.) <sup>18</sup>O<sub>2</sub> 대기중에서 형성된 indirubin은 이중 표지가 상당량 존재하리라고 예상된 것과 같다. 그러나 shoot culture의 경우는 아마도 광합성에서 발생한 <sup>16</sup>O에 의하여 투여한 <sup>18</sup>O이 희석되어 단일 표지된 물질만이 존재하였다.

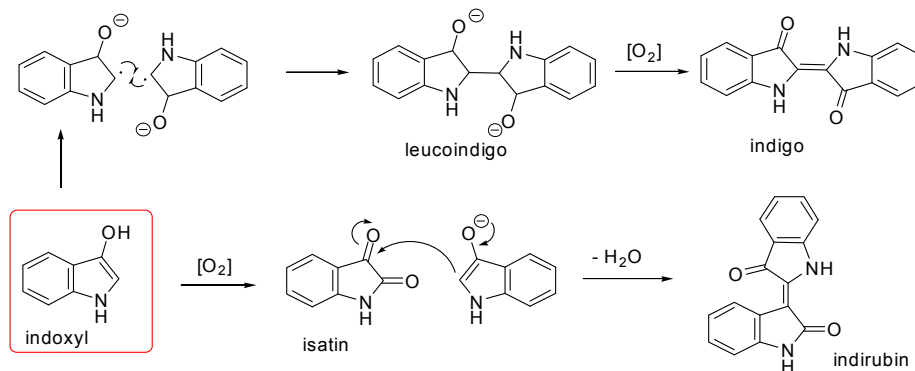


Fig. 11. Mechanism of indigo and indirubin formation from indoxyl (Russel and Kaupp, 1969. JACS 91, 3851)

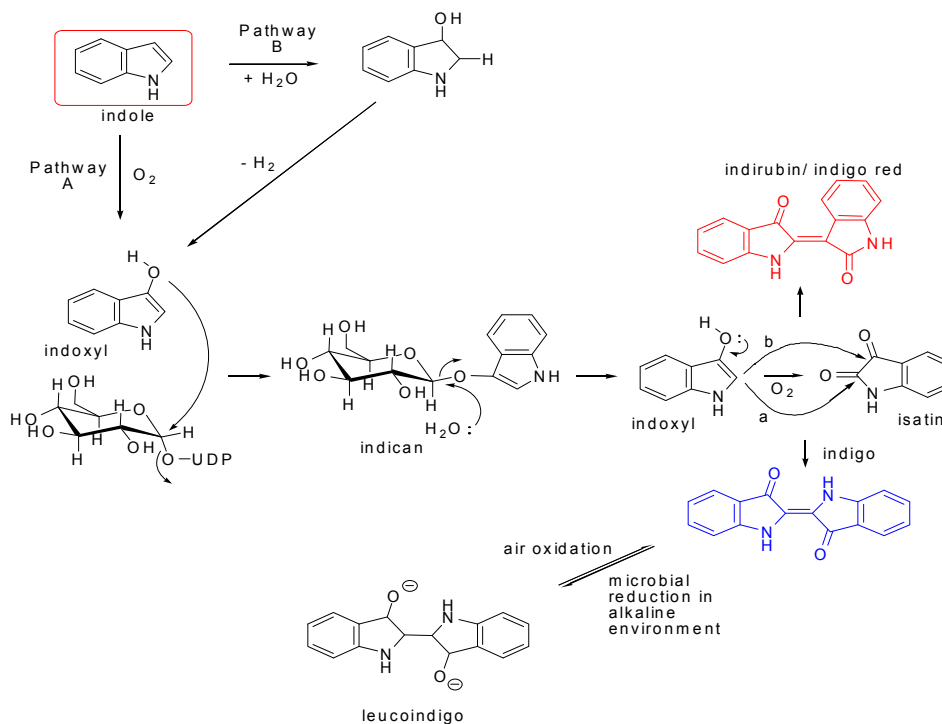


Fig. 12. Putative biosynthetic pathways of indigo and indirubin in *Polygonum tinctorium*.

한편 비교실험으로 수행한  $^2\text{H}$ -표지 indole을 투여한 실험에서, shoot culture의 경우는 indigo에서 상당한 내생 indole이 외부에서 투여한 indole을 희석하여 중수소 하나로 표지된  $m/z$  263를 상당량 관찰할 수 있었으나, 뿌리에서 indirubin의 경우는 상대적으로 내생 indole이 소량밖에 존재하지 않음을 알 수 있었다.

이상의 결과에서 indigo와 indirubin의 경우 모두, 인들을 산화하는 효소는 분자 산소를 기질로 이용함을 알 수 있었고, pathway A를 확인할 수 있었다. 그렇다면 indole의 산화를 담당하는 효소는 무엇일까? 최근 단자엽식물과 일부의 쌍자엽식물의 자기 방어에 관여하는 DBOA 및 DIMBOA등의 bezoxazinoid는 indole에서 만들어 지는데, indole의 2번과 3번 위치의 산화에 P450이 관여한다고 알려져 있다 (Schullehner et al., 2008). 따라서 쪽에서의 인들 산화도 P450이 담당할 가능성이 매우 높다고 할 수 있다.

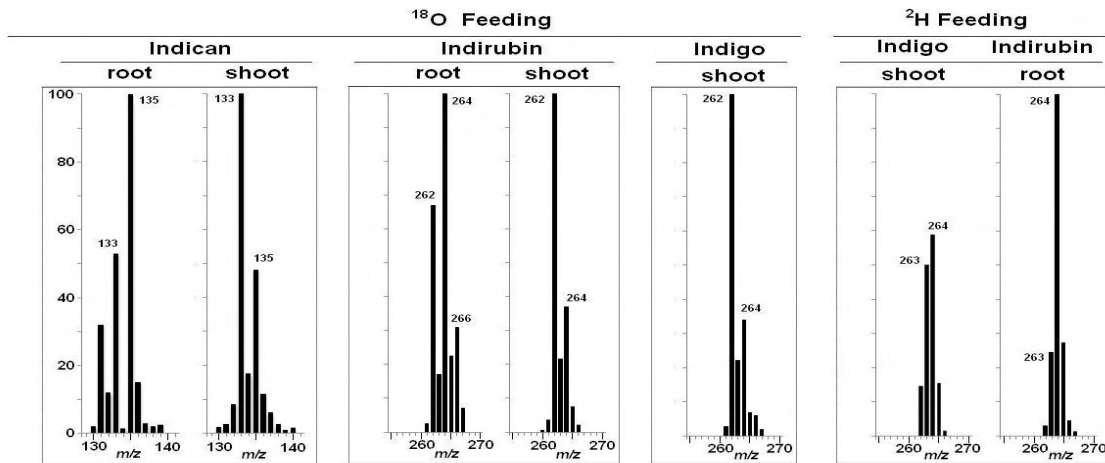


Fig. 13. Labeling of indigoids by  $^{18}\text{O}$  and  $^2\text{H}$  in *Polygonum tinctorium*.

Table 1. Approximate relative distribution of labels in percent among indigoids.

		$^{18}\text{O}$ (Indican)		$^{18}\text{O}$ Feeding			$^2\text{H}$ -Indole Feeding		
		$^{16}\text{O}$	$^{18}\text{O}$	$^{16}\text{O}$ - $^{16}\text{O}$	$^{16}\text{O}$ - $^{18}\text{O}$	$^{18}\text{O}$ - $^{18}\text{O}$	$^1\text{H}$ - $^1\text{H}$	$^1\text{H}$ - $^2\text{H}$	$^2\text{H}$ - $^2\text{H}$
Root	indigo	33	67	na	na	na	na	na	na
	indirubin			33	47	20	0	15	85
Shoot	indigo	67	33	74	26	0	10	45	45
	indirubin			74	26	0	na	na	na

※ na = not available

## 2. 인돌 합성효소의 cloning

### 가. 서론

인디고를 생성하는 식물에서 선구체인 indole의 유래는 최소한 tryptophan은 아니라는 것이 동위원소 추적 연구에 의하여 밝혀졌다 (Xia and Zenk, 1992). 최근 단자엽식물과 일부 쌍자엽 식물에 나타나는 방어물질 benzoxazinoid는 인돌에서 생합성되는데, tryptophan synthase의 alpha subunit (TSA)와 매우 상동성이 높은 단백질 BX1에 의하여 indole-3-glycerol phosphate에서 인돌이 생합성 된다는 것이 밝혀졌다 (Schullehner et al. 2008) (Fig. 14.). 또한 식물이 만드는 volatile indole도 역시 TSA와 매우 상동성이 높은 indole glycerol phosphate lyase (IGL)이 생성한다. 그러므로 쪽에서 indigoid의 전구체가 되는 indole 역시 이와 유사하게 TSA와 매우 상동성이 높은 단백질이 담당할 가능성이 있다.

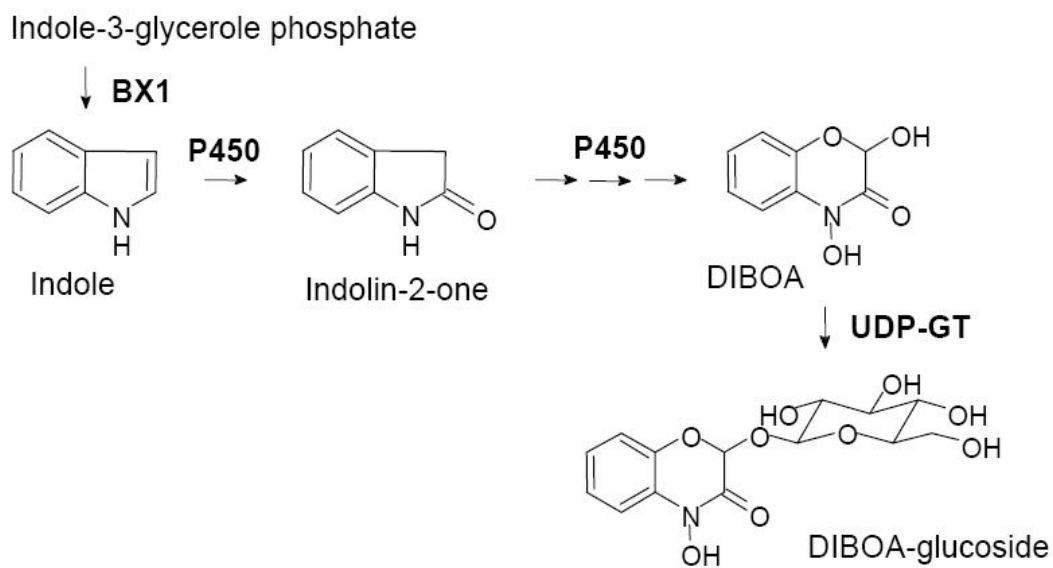


Fig. 14. Biosynthesis of DIBOA in monocot.

### 나. 방법 및 결과

쪽에서 indole 생성에 관여하는 유전자 분리. Indigo 주요 생합성 경로인 indole-3-glycerol phosphate 에서 indole을 합성하는데 관여되는 효소인 IGL, BX1, TSA의 DNA서열과 아미노산 서열을 분석하여 (Fig. 15.), Table 2-1에 보인 degenerate primer를 설계하고 homology-based PCR을 수행하였다.

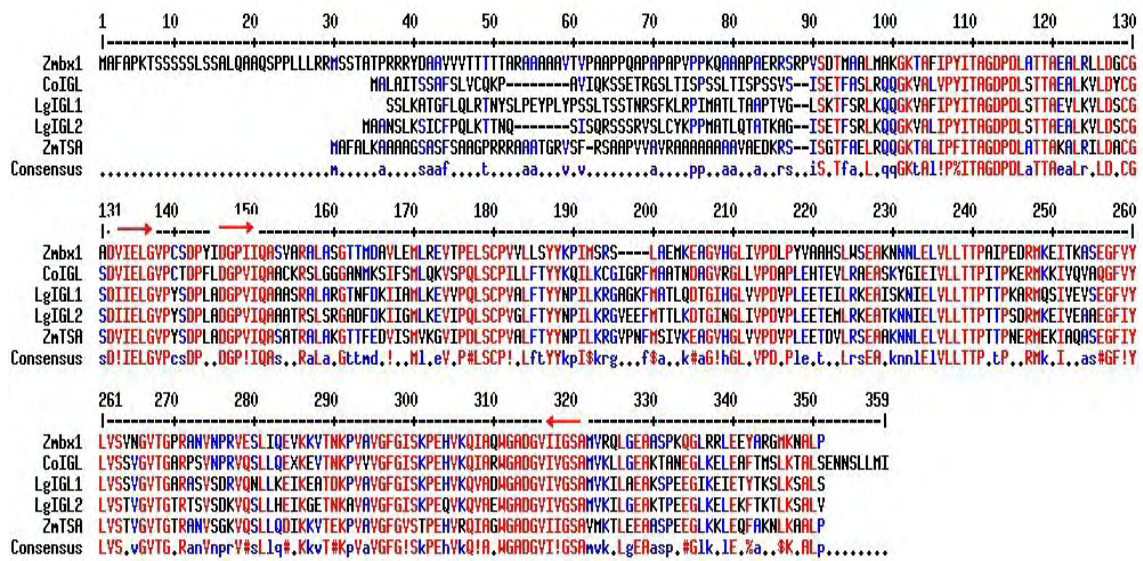


Fig. 15. Alignment of amino acid sequences of Zmbx1, ZmTSA, CoIGL, LgIGL1, LgIGL2. Arrows indicate the regions corresponding to primer sequences.

Table 2. Primer sequence of *Polygonum tinctorium* partial IGL gene.

Polygonum F 1							
5'- ATC(T) GAG(A) C(T)TG(A) GGC(T,A,G) GTG(A) CCC(T,A)-3'							
ATY	GAR	YTR	GGN	GTR	CCH		
Polygonum F 2							
5'- GAT(C) GGG(TC) CCC(T,A) GTT(C) ATC(T) CAG GCG(C,A,T)-3'							
GAY	GGB	CCH	GTY	ATY	CAG	GCN	
Polygonum R 1							
5'- G(A)AT C(T)AC C(AG)CC G(A)TC A(T,C)GC G(T)CC CCA -3'							
RAT	YAC	VCC	RTC	HGC	KCC	CCA	
** Y (C,T) R (A,G) N (G,A,T,C) H (A,T,C) B (G,T,C) V (G,A,C)							

Homology-based PCR에서 얻은 band를 TAV2 vector에 ligation후 DH10B에 transformation하여 colony를 얻었다. 이를 sequencing 한 결과, 42개의 colony 중 20개가 indole 생합성에 관여된 유전자를 포함하고 있는 것으로 BLAST를 통하여 확인하였다. 20개의 서열은 네 종류로 분류하고 편의상 PtIGL1-4로 명명하였으며, 이들은 각각 8, 8, 1, 1의 빈도로 나타났다 (Fig. 16.).

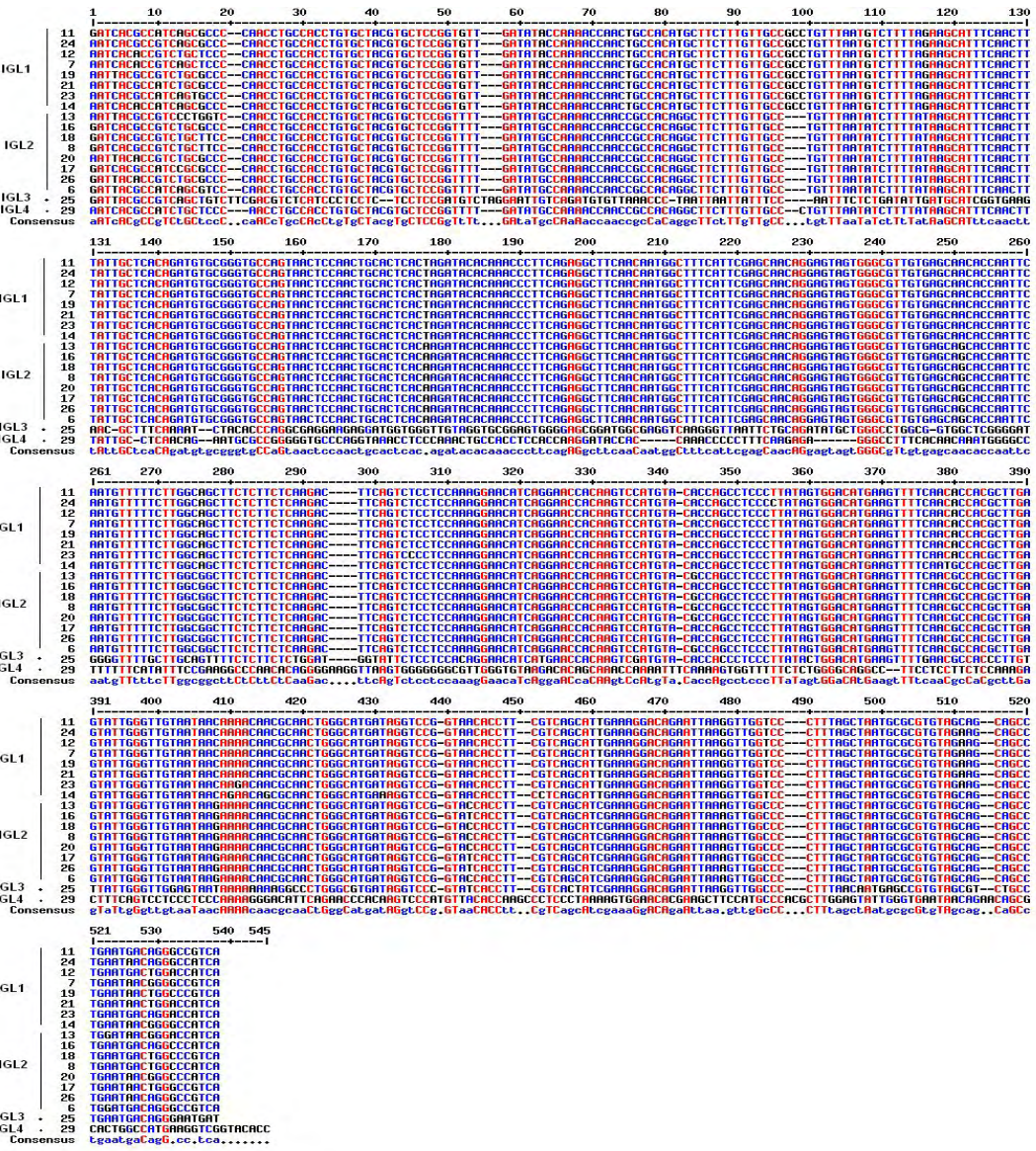


Fig. 16. Alignment of DNA sequences of putative indole-producing proteins from *Polygonum tinctorium*. PtIGL1 (11-14), PtIGL2 (13-6), PtIGL3 (25), PtIGL4 (29). IGL3, IGL4 and clone 4 were not in frame to be translated.

PtIGL clone의 확보. 상기 Figure 2-3의 정보에서 전체 cDNA 염기 서열을 유추할 수 있어 야하나, UTR을 제외한 ORF 염기 서열이 거의 동일하여 cDNA를 얻기에 어려움이 많았다. 이에 UTR 영역의 염기서열의 유사성을 고려하여 5'UTR을 두 개의 군으로, 3'UTR을 1개의 군으로 분류하고 이들을 짝을 지워 3 조합으로 PCR을 수행하였다. 이때 다른 clone을 얻도록 UTR을 포함한 nested-PCR을 병행하였다. 이렇게 얻은 band를 TAV2 vector에 ligation 후 DH10B에 transformation하여 colony를 얻었다. 각각의 조합에서 총 54개의 colony로부터 29개의 염기서열을 얻었다 (Table 3.에서 붉은 표시).

Table 3. Results of cDNA cloning.

Forward reverse primer / Forward primer	PtIGL5-2(7)F	PtIGL5-1(2)F	PtIGL5-1(2)F nested
PtIGL3-10(2) Reverse	No correct band	2 / 7	No correct band
PtIGL3-10(2) Reverse Nested	13 / 19	No correct band	13 / 15
GeneRacer™ 3' reverse Nested	No correct band	No correct band	1 / 13

5-1(2)F nested/3-10(2) nested로 얻은 5'UTR sequence 13개는 다음 그림과 같았다. 이중 1-30 bp까지의 서열이 있는 것은 nested PCR의 template라고 생각된다. 이들을 분석하여 중간에 deletion되지 않은 것, 106-166 bp까지 deletion된 것, 106-243 bp 까지가 deletion 된 것의 세군으로 나누고 각각을 PtIGL2, 3, 4로 명명하였다 (Fig. 17.)

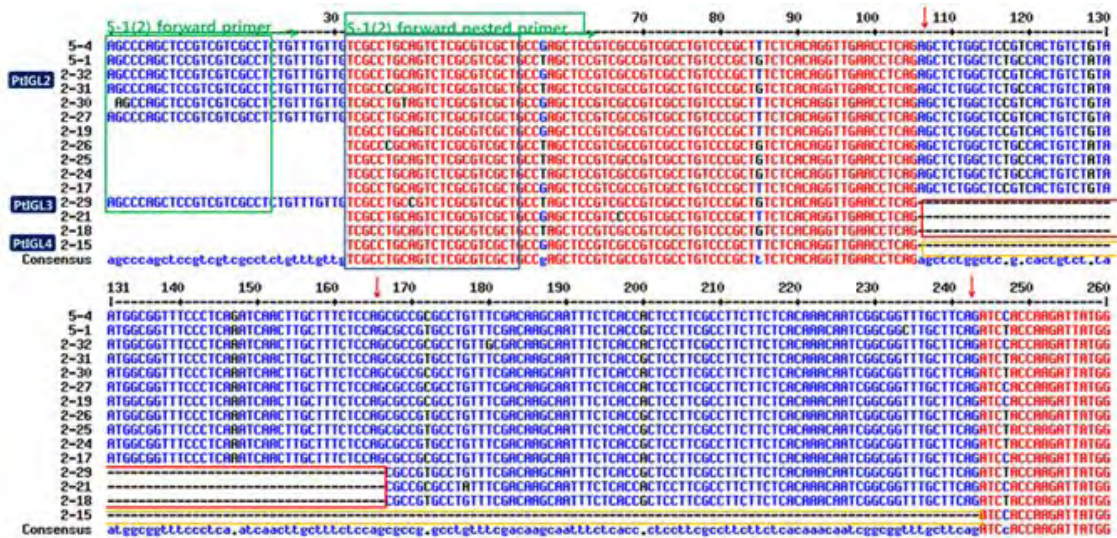


Fig. 17. 5'-Upstream region of 13 cDNAs obtained from 5-1(2)F nested/3-10(2) nested PCR.

특이한 점은, ORF가 시작되기 전의 5' UTR부분에서 이러한 deletion 양상이 발견이 되었으며, translation starting point ATG는 131 bp와 257 bp의 두 군데서 발견되었다. 이들 clone 모두 두번째 translation starting point인 257 bp 이후의 cDNA sequence는 거의 동일하였다.

5-2(7)F/3-10(2)R nested primer로 얻은 5'-UTR 염기서열은 13개를 얻었는데, 모두 PtIGL1이라 명명하였다 (Fig. 18.)



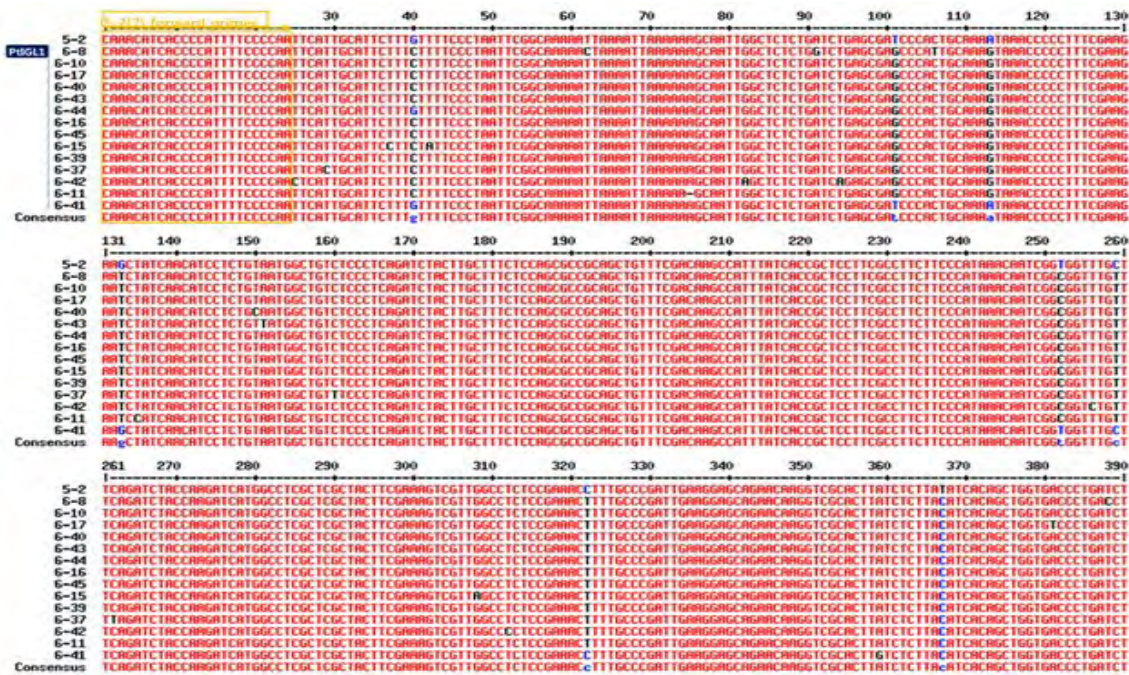


Fig. 18. 5'-Upstream region of 13 cDNAs obtained from 5-1(7)F/3-10(2)R nested PCR.

위 Table 4.에서 다른 조합, 즉 5-1(2)F/3-10R 그리고 5-1(2)F nested/3' RACE nested 를 통해 얻은 sequence는 위의 PtIGL2과 결과가 동일하였으므로 PtIGL2에 포함시켰다. PtIGL1,2,3,4와 다른 식물의 IGL의 아미노산 서열을 비교하여 ORF의 시작과 끝부분을 유추하고자 하였다. 다른 식물의 IGL을 분석한 결과, termination codon의 위치는 거의 동일하였으며 start codon의 위치는 종마다 다른 양상을 나타내었다. 따라서 PtIGL의 경우 5'UTR에 처음 나타나는 methionine을 (131, 257 bp) start codon으로 간주하였다. 이 4가지 PtIGL의 ORF PCR을 통하여 (Table 4) 예상한 크기와 일치하는 4개의 clone을 얻었다 (Fig. 19).

Table 4. Primers used to clone full ORF sequence of putative PtIGL.

ptIGL	1F: 5'-ATGGCTGTCTCCCTCAGATCTA-3'
ptIGL	1R: 5'-AATAAGGGCAGATTTTCAGGGATT-3'
ptIGL	2F: 5'-ATGGCGGTTTCCCTCAAATCA-3'
ptIGL	2R: 5'-AACAAAGGGCAGATTTTCAGGGATT-3'
ptIGL	3F: 5'-ATGGCCTCTCTCGCGACTTCGA-3'
ptIGL	3R: 5'-AACAAAGGGCAGATTTTCAGGGATT-3'
ptIGL	4F: 5'-ATGGCCTCTCTCGCGACTTCGA-3'
ptIGL	4R: 5'-AACAAAGGGCAGATTTTCAGGGATT-3'

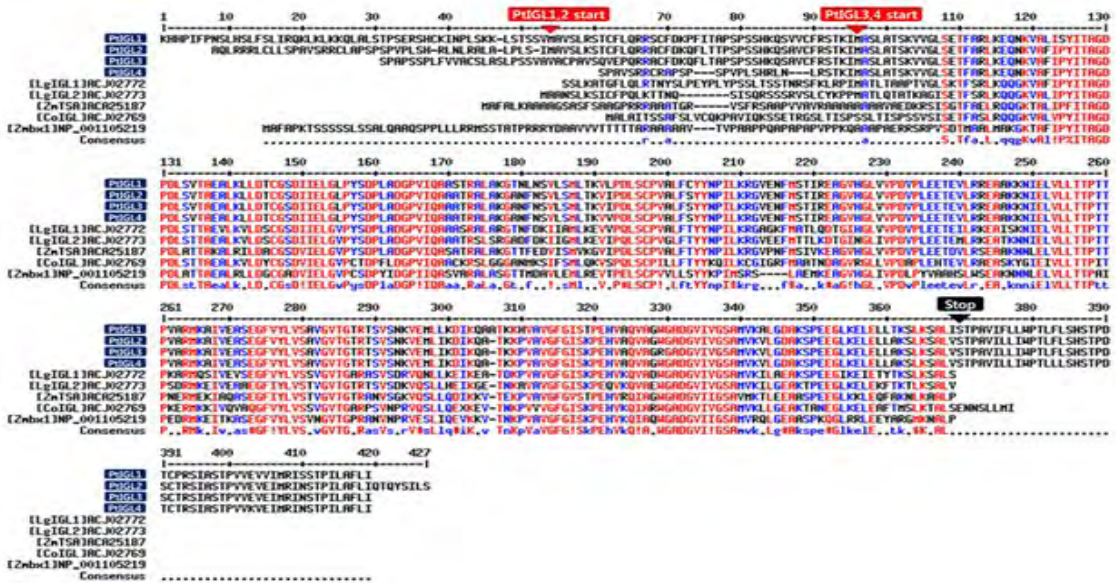


Fig. 19. Full amino acid sequences of putative PtIGL cDNA. LgIGL, ZmIGL, CoTSA.

이들은 TAV2 vector에 cloning 하였다. 이 vector에 clone 된 PtIGL은 sequencing 결과, ExpASY Translate tool을 이용하여 translation 해본 결과 원래 의도하던 clone임을 확인하였다.

**확보한 PtIGL clone의 기능 확인.** *E. coli* JW1252 에서 tryptophanase (*tnaA*) 유전자를 knock out하고 쪽 IGL을 삽입하면 이 균은 tryptophan에서 인돌을 생성하지 못하므로 IGL이 생산한 인돌만을 생성할 것이므로 IGL의 기능을 확인할 수 있을 것으로 기대하였다. 그러나 이 strain의 대장균은 유전자 변형을 repair하는 기능이 있어 repair기능이 없는 대장균 FS1576 을 선택하였고 *tnaA* 유전자를 knock out 하였다.

**FS1576 strain *tnaA* gene knock out.** 먼저 대장균의 gDNA에서 *tnaA* 유전자를 *tnaA* fusion 5F와 *tnaA* fusion 3R primer을 이용해 PCR을 수행하여 유전자를 얻고 pUC19 vector 에 cloning하였다 (Table 4). 그리고 제한효소 *NruI*으로 digestion후 pCR4 vector에서 PCR을 통해 얻은 kanamycin저항성 유전자(*aphII*)를 ligation하여 대장균에서 스크리닝하였다. 그리고 *tnaA*유전자 사이에 *aphII*-kanamycin저항성 유전자가 삽입된 부분을 PCR해서 대장균 FS1576 에 형질전환하여 *tnaA* 유전자가 insertion-knock out된 대장균-FS1576  $\Delta$ *tnaA*을 얻었다 (Fig. 20.).

Table 5. *E. coli* FS1576 strain *tnaA* gene knock out PCR primer pair.

Primer	(5'→3')
<i>tnaA</i> fusion 5F:	cggtaccgaggatcTCTGGCGAATTAATCGGTATAGCAG
<i>tnaA</i> fusion 3R:	cgactctagaggatcATGATGCCACCTTTAGAGGAAGGC
kan F:	CACGTAGAAAGCCAGTCCGCAG
kan R:	ATAGGGGTTCGCGCACATT

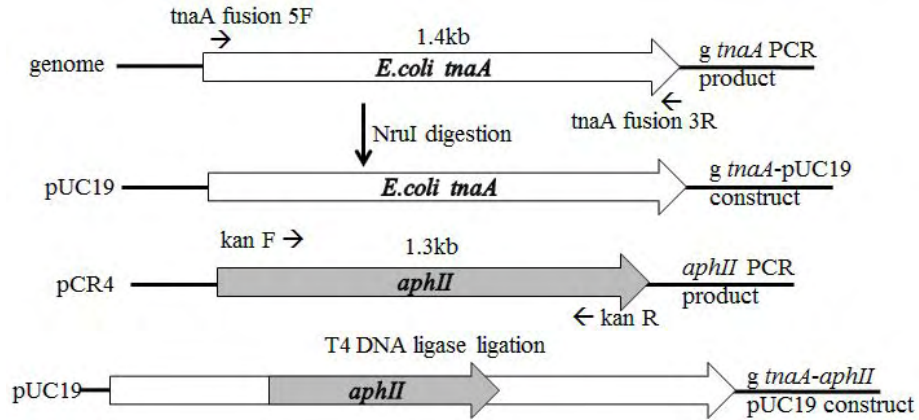


Fig. 20. *E. coli* FS1576 *tnaA* knock out method

그리고 유전자 변형된 대장균의 genomic DNA를 추출하여 PCR을 수행한 결과 *tnaA* 유전자가 knock out되었다는 것을 확인하였고 indole이 생성이 안된다는 것을 인돌 검출시약으로 확인하였다 (Fig. 21.).

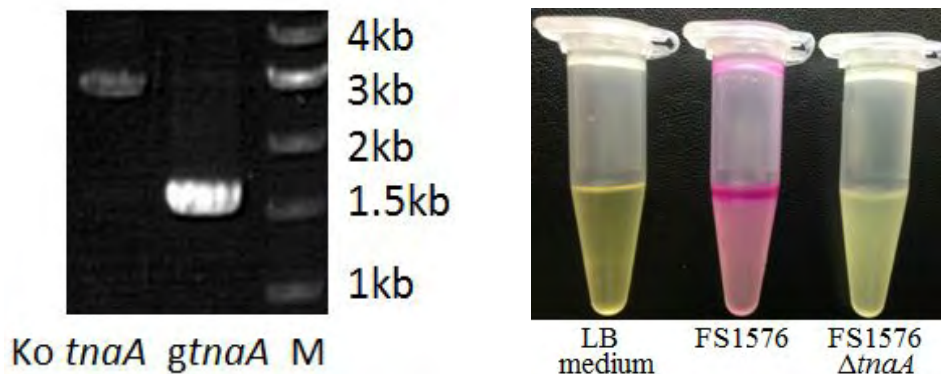


Fig. 21. PCR of *tnaA* gene knock out *E. coli* and wild type *E. coli* to detect *tnaA*. Shown together is indole test with Ehrlich indole-detecting reagent.

대장균 *tnaA* 유전자 knock out을 수행한 후 *trpA* 유전자를 위와 같은 방법으로 spectinomycin저항성 유전자를 *trpA* 유전자에 insertion하여 knock out하였다.

쪽 IGL을 발현 vector pMW118에 cloning. 현재 확보한 PtIGL의 기능을 확인하기 위해서 cloning한 IGL1-4를 아미노산 서열의 유사성에 따라 2개로 분류하였다. PtIGL1과 PtIGL 2를 하나로 묶고 PtIGL 3과 PtIGL 4를 동일하다고 보았다 (Table 6; Figure 22). 이와 같이 2가지로 분류된 IGL을 pMW118 vector 의 *Bam*HI enzyme 위치에 cloning하여 recombinant plasmid를 만들었다. 그리고 positive control로 사용되는 AtIGL도 같은 방법으로 pMW118에 cloning하였다 (Fig. 23.). 현재 이들을 이용하여 complementation 실험을 수행중이다.

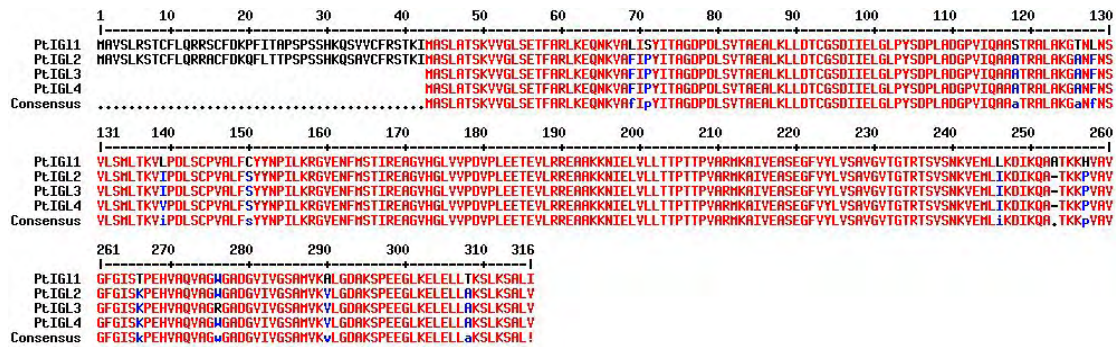


Fig. 22. Putative PtIGLs from *Polygonum tinctorium* and their amino acid sequence multalin.

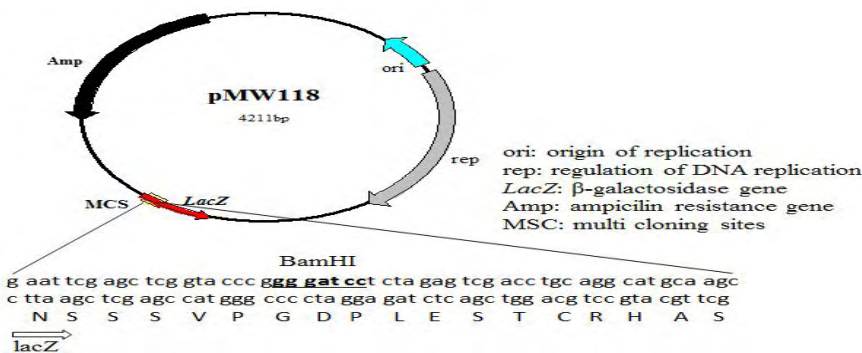


Fig. 23. pMW118 for expression of IGLs.

Table 6. Primers for cloning of IGL into pMW118.

Primer	(5'→3')
AtIGL F	GGTACCCGGGGATCCGATGGATCTTCTCAAGACTC
AtIGL R	GACTCTAGAGGATCCTCAAGAGACAAGAGCAGA
PtIGL 1,2 F	GGTACCCGGGGATCCGATGGCCTCTCTCGCGACTT
PtIGL 1,2 R	CGACTCTAGAGGATCCTCAAACAAGGGCAGATTTC
PtIGL 3,4 F	GGTACCCGGGGATCCGATGGCTGTCTCCCTCAGAT
PtIGL 3,4 R	CGACTCTAGAGGATCCTCAAACAAGGGCAGATTTC

### 3. 화학적 식물활성화제 처리에 의한 인디고 축적 증대 효과

#### 가. 서론

식물, 특히 작물을 미생물로부터 보호하기 위하여 화학적으로 systemic acquired resistance (SAR) 및 pathogenicity related (PR) 유전자를 활성화하는 (소위 “SAR-on”) 방법이 1990년대 중반에 개발되었다. 다양한 화합물이 이 목적으로 개발되거나 발견되었으며, 이중 BTH [benzo(1,2,3)thiadiazole-7-carbothionic acid S-methyl ester], INA (2,6-dichloroisonicotinic acid), SA (salicylic acid)가 잘 알려져 있다. 이중 BTH는 ha당 0.2-2 kg의 처리로 식물에서 pathogenicity related (PR) 유전자를 활성화하며 (미국 특허 5523311), 0.01 mM 농도에서도 식물의 면역에 관계하는 SAR 관련 유전자를 활성화 한다 (미국 특허 6031153). 이들 물질은 통상적으로 식물(저항성)활성화제 (plant defense activator)라고 불린다.

식물의 병저항성은 식물 체내에 축적되는 다양한 소위 이차대사 산물에 의하여도 유발되는데 병원균에 감염이전에 존재하는 소위 phytoanticipin과 감염 후 합성되는 phytoalexin이 대표적이다. 위에서 언급한 SAR 활성화를 유발하는 화학적 물질은 식물에 적용되었을 때 유전자와 단백질 수준의 반응뿐만 아니라 분자량이 작은 물질, 즉 이차대사물의 축적에도 영향을 미칠 것으로 생각된다. 일례로, BTH를 포도에 처리하였을 때 향균물질인 reseratrol과 anthocyanin의 생합성이 증대됨이 보고되었다 (Iriti et al., 2004). 그러나 bluberry에서는 anthocyanin을 비롯한 polyphenol 함량 변화가 인정되지 않았다.

인디고의 전구체인 indican이 *P. tinctorium*과 같은 인디고 생산식물에 어떠한 이유로 축적이 되는지는 알려진 바 없다. Indican은 식물의 vacuole에 축적이 되었다가 상해나 미생물의 침입에 의하여 vacuole로부터 유출되고, 세포질에 존재하는 glucosidase의 작용에 의하여 indoxyl로 가수분해되면 자발적반응으로 향균성을 가진 indigo와 indirubin으로 변환된다. 이는 indican이 phytoanticipin으로 식물에 축적됨을 시사한다. 따라서 화학적 SAR 유발제인 BTH와 같은 물질의 처리를 통하여 식물에서 phytoanticipin의 축적을 향상시킬 수 있다는 가설을 제시할 수 있다.

본 연구에서는 예비실험 통하여 온실조건에서 상기 약제 이외에 BABA (3-aminobutyric acid), ASM (acibenzolar-S methyl), thiamine, MeJA (methyl jasmonate)를 *P. tinctorium* 유묘에 처리하여 처리 후 3일째 식물체내 indican의 축적을 조사한 바 있다. 그 결과 ASM은 indican의 함량이 감소한 반면, MeJA, BABA, INA, BHT, thiamine에 의하여 함량이 증가하는 경향을 얻을 수 있었다. 그러나 이들 실험은 재현성이 매우 떨어 졌기에 더욱 체계적인 접근으로 연구를 진행하였다.

## 나. 실험 방법.

**식물.** 쪽(*P. tinctorium*)은 목포대학교 김관수 교수가 개발한 원엽종(Ovate, Ov)과 첨엽종(Acute, Ac) 두 가지를 사용하였다. 식물은 목포대학교 실험 포장에서 재배하였으며 2011년 8월 16일에 약제를 처리하고 7일 후 수확하였다. 식물은 5식물을 한 실험구로하여 한 처리당 5구역을 난괴법으로 배치하였다. 5식물을 한 시료로 하였다. 처리후 7일째에 잎을 수확하여 dry ice와 함께 운반하였다가 -20℃에서 실험 때까지 저장하였다. 잎은 갓 퍼진 어린잎에서 3-4매 (Young leaves, YL), 줄기의 중간 부분에서 식물체마다 성숙된 3-4매의 잎(old leaves, OL)을 채취하여 따로 분석하였다. 대청(*Isatis tinctoria*)은 2011년 9월에 파종하여 2013년 4월 초에 약제를 쪽과 같은 방법으로 처리하였다. 시약처리 후 8일째에 cauline leaves와 rosette leaves를 분리하여 시료를 상기와 같이 채취하였다. *Indigofera tinctoria*는 2012년 온실 조건에서 파종하여 키가 약 10 cm에 도달하였을 때 약제 처리를 하고 7일후 잎을 수확하였다. Indigo함량 분석은 쪽과 같은 방법이었다.

**약제 처리.** 실험에 사용한 약제는 ASM는 Syngenta Korea에서 분양받았고, INA과 BTH는 Sigma 제품이었다, 약제는 해당량의 약제를 25 mL의 ethanol에 녹이고, 0.05% (v/v)의 Tween 20을 함유한 1 L의 물에 섞어 주었다. 원예용 분무기를 사용하여 식물체가 충분히 젖을 때까지 분무하여 처리하였다.

**Indigo 정량.** 얼리거나 신선한 식물 10 g을 0.05 M NaOAc 완충액 30 mL과 blender에서 완전히 마쇄하였다. 마쇄한 시료는 10,000 rpm 에서 15 분간 원심분리하고 상정액 10 mL에  $\beta$ -glucosidase 10 U를 처리하여 12시간 상온에서 가끔 흔들어 주며 가수분해하였다. 대청의 경우는  $\beta$ -glucuronidase 10 U를 추가로 첨가하였다. 이후 5 U의 효소를 더 가하고 추가로 12시간 반응하였다. 가수분해된 시료 0.5 mL는 같은 부피의 pyridine과 혼합하고 12000 rpm에서 1분간 원심분리하여 인디고 indole 610과 chlorophyll a 670 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 값에서 다음 값을 이용하여 chlorophyll b를 무시하고 indigo의 함량을 계산하였다 (Table 7.).

Table 7. Molar absorptivity values to determine indigo.

	$e_{670}$	$e_{610}$	MW
Chlorophyll a (chla)	$7.69 \times 10^4$	$1.17 \times 10^4$	893.49
Indigo (I)	400	$1.78 \times 10^4$	262.27

인디고 함량은 다음 식을 이용하였다.

$$[I] = \frac{\begin{bmatrix} AI610 & \varepsilon chl610 \\ AI670 & \varepsilon chl670 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} \varepsilon I610 & \varepsilon chl610 \\ \varepsilon I670 & \varepsilon chl670 \end{bmatrix}} \quad [chl] = \frac{\begin{bmatrix} \varepsilon I610 & Achl610 \\ \varepsilon I670 & Achl670 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} \varepsilon I610 & \varepsilon chl610 \\ \varepsilon I670 & \varepsilon chl670 \end{bmatrix}}$$

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} = a \times d - c \times b$$

## 다. 결과

쪽에서 약제 처리의 효과. 우선 최적 수확일자를 정하기 위하여 약제 처리 후 7일까지 5-leaf stage의 식물에서 매일 시료를 채취하여 indigoid의 함량을 측정하였다. 처리 후 2일까지는 함량이 감소하는 추세이었으나, 이후 급격히 회복되어 7일 째에 약 200% 증가를 보였으며, 이 후 더욱 증가를 기대할 수 있었다. 그러나 실험의 편의를 위하여 7일 째에 함량을 측정하였다. 약제의 종류와 처리 농도에 무관하게 모든 처리구에서 약제의 효과가 109~40%로 통계적 유의성 높게 나타났다 ( $p > 0.05 \sim 0.001$ ). 일반적으로 성숙 잎에서 처리효과가 100~56%로 109~40%를 보인 어린잎보다 높은 경향이었으며 침엽종 어린잎에서의 효과는 0.3 mM에서 가장 떨어졌거나 고농도인 3 mM에서는 극복되는 것으로 평가되었다 (Table 8 and Fig. 24.).

Table 8. Percent increase of indigoid content in plant activator treated *P. tinctorium*.

	BTH 0.3mM	BTH 3mM	INA 0.3mM	INA 3 mM	ASM 0.3mM	ASM 3mM
Ov-OL	75.93*	91.16*	86.59**	98.60**	63.04*	65.20*
Ov-YL	67.09*	78.25*	83.29**	78.20**	100.64*	79.05**
Ac-OL	102.22*	78.20**	108.53***	54.71*	57.85	99.60*
Ac-YL	75.16*	66.19**	109.72*	40.73*	40.45*	89.22**

\* , \*\* and \*\*\* indicates statistical significance at  $p < 0.05$ , 0.01, and 0.001 respectively.

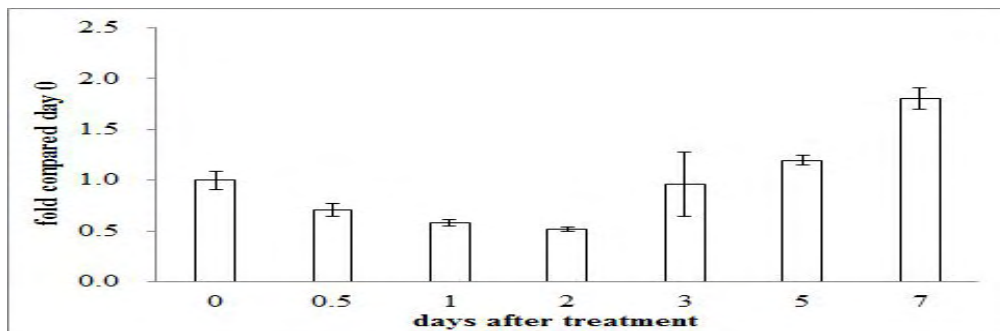


Fig. 24. Changes in indigoid content after BTH treatment to young *P. tinctorium*. BTH at 0.3 mM was treated to the plant.

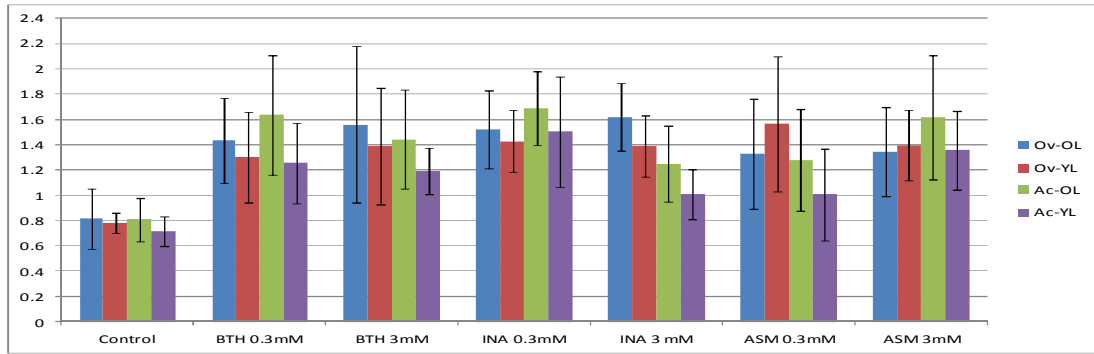


Fig. 25. Effect of plant activator treatment on *P. tinctorium*. Ov, ovate leaf cultivar; Ac, acute leaf cultivar; YL, young leaves; OL, mature leaves. Y axis indicates content of indigoid converted into indigo (mg/g leaves).

대조군에서 인디고의 함량의 차이는 침엽종과 원종엽 품종간에 유의성 있는 차이가 발견되지 않았다 (Fig. 25.). 약제를 처리한 경우, 0.3 mM INA 처리가 가장 높은 차이를 보여 주었으나, 이를 기준으로 본 다른 약제 처리간의 차이는 INA 3 mM과 ASM 0.3 mM을 제외하고 (각  $p < 0.05$ ), 통계적으로 유의성을 인정할 수 없었다. 따라서 비처리시 품종간 indigoid 함량차이는 없으며, 처리시에도 별다른 차이는 없다고 할 수 있었다.

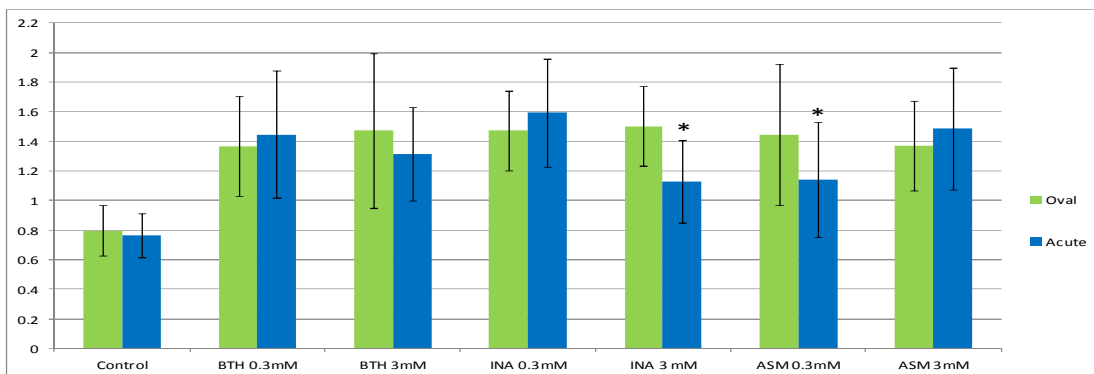


Fig. 26. Effect of plant activator treatment on different cultivars of *Polygonum tinctorium*. Each value represents average of young and mature leaves. Y axis, mg indigo/g leaves.

원엽종에서는 약제간의 차이는 발견되지 않았다 (Fig. 26). 그러나 침엽종의 경우는 INA와 ASM에서 처리 농도에 따른 차이를 보여 주었다. 잎의 성숙정도에 따른 약제 처리에 따른 인디고 함량의 차이는 거의 없었다. 어린잎에서 함량이 조금 낮은 경향이 있었다. 아래에는 원엽종의 값을 보였으며, 침엽종에서도 비슷한 경향이 있었다 (Fig. 27.).



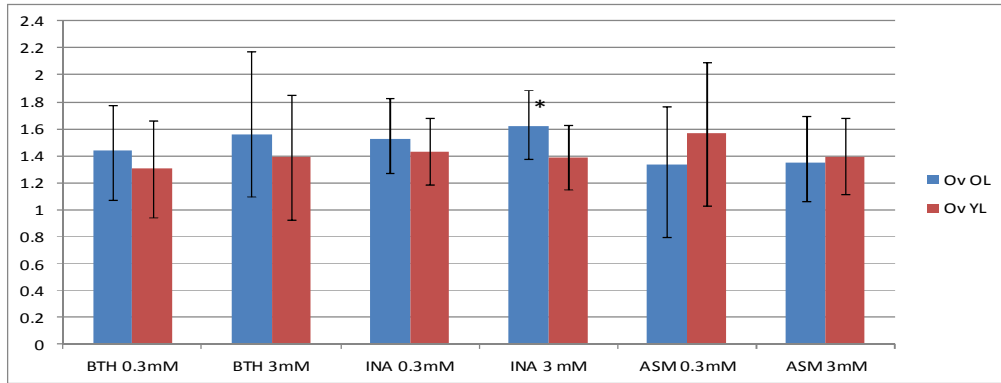


Fig. 27. Effect of plant activator treatment on indigoid contents in young leaves and mature leaves of ovate leaf cultivar of *Polygonum tinctorium*.

첨엽종 어린잎에서 처리 효과가 가장 낮은 편이었으나 식물체 전체를 고려할 때에 어린잎의 비중은 전체 잎에 비하여 높지 않으므로, 어떠한 처리에서도 충분한 처리 효과를 볼 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 낮은 농도처리가 높은 농도처리보다 유리하다는 조건을 고려하면 원엽종과 첨엽종을 불문하고 INA 0.3 mM 처리가 최적 조건으로 약 86~108%의 수율 증대를 얻을 수 있었다. 그 다음은 BTH로서 0.3 mM에서 67~102%의 수율 증대를 보여 주었다. 품종과 잎의 성숙도에 미치는 영향과 처리 억제량을 고려할 때 ASM 처리는 바람직하지 않았다.

**대청에서 약제 처리의 효과.** 쪽에서의 결과를 고려하여 대청의 경우는 BHT와 INA 두 종류의 약제만을 처리하였으며, 농도는 0.3 mM 하나만을 사용하였다. 식물체의 대부분을 차지하는 rosette 엽과 꽃대에 나오는 작은 cauline 엽을 별도로 취급하였으며, 그 결과 control과 elicitor처리 후 5반복 실험 통계분석 결과는 아래와 같이 rosette엽에서는 200%, cauline엽에서는 35% 함량이 증가하였고, 전체 식물로서는 110% 증가를 보였다 (Fig. 28.).

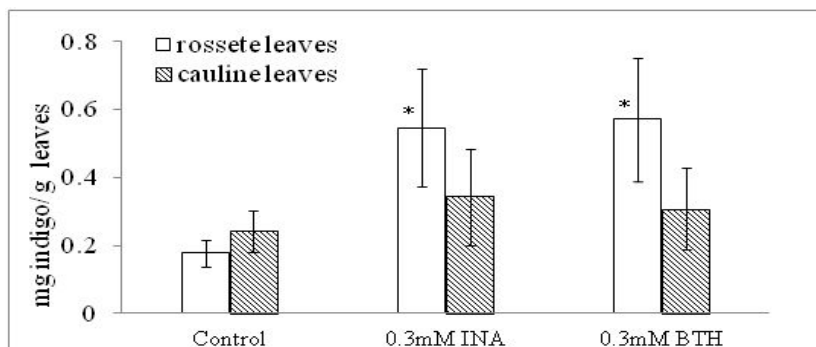


Fig. 28. Effect of INA and BTH treatment on indigoid content in *Isatis tinctoria*.

**Indigofera tinctoria에서 약제 처리의 효과.** 이 실험에서는 식물체의 개수가 3주로 매우 제한되어 있었으므로 별도로 대조군을 두지 않고, 약제처리 직전에 잎의 일부를 개체별로 수확

하였다. 약제는 BTH, 농도는 0.3 mM 만을 고려하였다. 그 결과는 다음 Fig. 29.와 같이 평균 32%의 증가를 보였다.

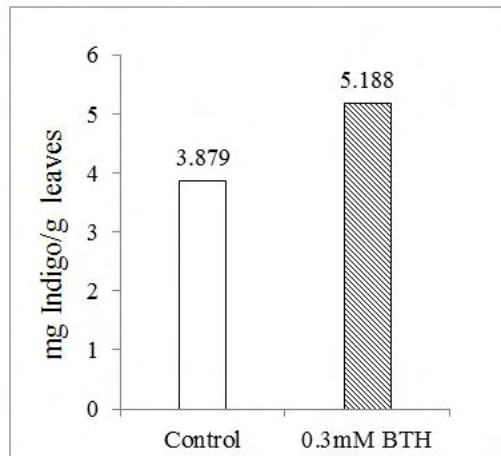


Fig. 29. Effect of BTH treatment on indigoid content in *Indigofera tinctoria*.

## 라. 결론

식물강화제를 쪽과 대청에 처리하였을 때, 0.3 mM 약제 처리에서도 품종에 따라 100%를 상회하는 놀라운 인디고 함량 증대를 가져왔다. 따라서 식물강화제 처리는 실제 포장에서 적용되어 고수율의 색소 생산에 기여할 수 있다고 기대된다. *Indigofera*의 경우는 평균 30% 정도의 증대를 보였으나 개체별로는 최대 100%의 증가를 보였으므로 온실 조건이 아닌 정상 생육 조건에서는 100%에 가까운 증대 효과를 기대할 수 있을 것으로 기대된다. 여기에 기초하여 앞으로 다음과 같은 문제가 해결되어야 할 것이다. 식물의 SAR는 0.01 mM에서도 유도된다는 보고가 있으므로 더욱 낮은 농도에서 색소 축적효과를 보여줄 것인지 연구가 필요하다. 그리고 수확전 몇일이 최적 처리일자인지를 결정하는 것도 필요하다. 마지막으로 이 결과가 다른 인디고 생성 식물에도 적용이 될 수 있는지 알아 보아야하고, 이론적 근거를 마련하기 위하여 어떠한 생합성 관련 유전자가 약제 처리에 의하여 up-regulation되는지 확인할 필요가 있다.

## 4. 모상근 배양에 의한 대사공학적 indirubin 생산

### 가. 서론

쪽(*Polygonum tinctorium* Lour.)은 마디풀과(여귀과)에 속하는 1년생 초본으로 원산지는 아시아의 온대지방, 중국과 인도차이나로서 중요 염료작물 중 하나이다. 최근 천연 염색에 대한 관심의 증가와 제품의 수요증대로 국내에서는 전남과 경남 지역에서 그 재배가 늘어가고 있다. 식물 전체를 염료 추출에 이용하지만 특히 잎에서 indican(indoxyl-3-β-glucoside)이 산화반응

으로 indigo와 indirubin을 생산하며 indigo는 오래전부터 천연 염료로 이용되어 왔으며 최근 indirubin은 항암효과가 있다고 보고되었다(Fox & Pierce, 1990; Kohda et al., 1990; Xia and Zenk, 1992; Hoessel et al, 1999).

토양미생물 중 *Agrobacterium rhizogenes*가 식물체에 침입하여 그 토양미생물이 가지고 있는 Ri(Root induction)-플라스미드(plasmid) 내에 식물호르몬 옥신(auxin) 생산 관련 유전자가 들어있는 T-DNA가 식물체 염색체에 들어가 발현하면 자발적으로 병증상의 하나로 잔뿌리가 발생하는데 착안을 하여 기내에서 모상근을 이용하여 식물 유용물질을 생산하고자 하는 연구는 1980년대부터 활발히 진행되어 왔다. 모상근 배양은 본 식물체 보다 더 많은 양의 약리물질을 생산할 수 있으며 빠른 시간 내 물질 생산할 수 있다는 장점이 있다. 그리고 물질 생산 및 뿌리 생육의 극대화를 위해 배지 조성 및 물질생산을 촉진 할 수 있는 물질 첨가 등 배양 환경의 최적 조건을 확립하면 기내에서도 효과적으로 유용물질을 연중 생산 할 수 있다 (Petit et al., 1983; Hamill et al., 1987; Parr and Hamill, 1987; Guillon et al., 2006).

모상근 (hairy root) 배양은 모식물체에서 생산되는 동일한 약효성분이 안정적으로 생산되는 특성뿐만 아니라 모상근에 특정 유전자를 도입하여 유용물질 생산을 증대시키는 대사공학 연구도 시도되고 있다. 아직까지 국내외에서 생명공학 기술을 이용하여 기능성물질 생산이 시도된 바가 흔하지 않으며, 생명공학을 이용하여 기능성물질 생산 체계가 확립되면 그것을 원료로 다양한 치료제 개발에 기여하고, 생산된 의약품은 수출등도 고려할 것으로 기대된다. 따라서 쪽의 항암물질인 인디루빈 생합성 관련유전자 발굴과 분자생물학적인 특성 조사, 그리고 관련 유전자를 모상근에 도입하여 항암물질 생산을 도모하는 대사공학 (metabolic engineering) 연구를 시도하고자 한다.

## 나. 재료 및 방법

**종자소독과 발아.** 쪽(*Polygonum tinctorium*) 종자를 70% (v/v) 에탄올 용액에 30초간 침지한 뒤 1% (v/v) sodium hypochlorite 용액에 tween 20을 0.1 ml 첨가 후 10 분간 표면살균 하였다. 이후 멸균수에서 3회 세척한 다음 30 ml의 MS (Murashige and Skoog, 1962) 고형 배지가 든 배양용기 (magenta box; Sigma-Aldrich)에 7개의 쪽 종자를 치상하였다. 배양은 내부 온도 25 °C, 광도 5000 lux 로 16 시간 조사되는 배양기내에서 이루어졌다.

**Agrobacterium 배양.** 모상근 유도를 위해 *Agrobacterium rhizogenes* R1000을 이용하였으며 배양은 Luria-Bertani 액체배지 (1% [w v<sup>-1</sup>] tryptone, 0.5% [w v<sup>-1</sup>] yeast extract, and 1% [w v<sup>-1</sup>] NaCl, pH 7.0)에서 16시간 동안 암상태로 28°C의 진탕배양기에서 180 rpm으로 배양을 하였다. 배양된 박테리아는 원심분리기를 이용하여 1,500 rpm에서 10분간 회전 후 모아진 박테리아를 MS 액체배지로 밀도를  $A_{600} = 1.0$  이 되게 조절하였다.

모상근 유도과 배양. 쪽(*Polygonum tinctorium*) 종자로 부터 발아하여 30일 정도 자란 유 식물체의 줄기를 잘라서 토양미생물인 *Agrobacterium rhizogenes*을 희석한 MS 액체배지에서 약 15분간 공동 배양을 한 후 멸균된 거름종이에서 박테리아를 어느 정도 제거 후 호르몬이 처리되지 않은 MS 고체배지에서 옮긴 후 이틀간 암 상태에서 공동 배양을 하였다. 이틀간 공동 배양 후 멸균수를 이용하여 3회 세척을 하여 박테리아를 제거 후 호르몬이 처리되지 않고 항생제 timentin 200mg/l이 처리된 MS 고체배지(MS salts and vitamins, 3% (w v<sup>-1</sup>) sucrose, 200 mg L<sup>-1</sup> timentin and 8 g L<sup>-1</sup> Phytagar)에서 배양을 하였다. 배양 일주일 후 앞에서 모상근이 유도되기 시작하였으며 유도된 모상근은 Timentin(항생제)이 처리된 MS 고체배지에서 2주에 한번씩 계대배양을 약 2달간 지속하였다.

## 다. 결 과

*Agrobacterium rhizogenes* strains이 쪽 모상근 유도에 미치는 영향. *Agrobacterium rhizogenes* strains이 쪽 모상근 유도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 서로 다른 5종의 strain (R13333, R15834, R1000, R1200, R1601)을 이용하였다. 5 종의 *A. rhizogenes*와 쪽의 hypocotyl 절편을 2일 간 공동배양 후 *A. rhizogenes*를 제거하기 위하여 항생제 cefotaxime이 처리된 MS 고체배지에서 hypocotyl 절편을 배양한 결과 10일 후 모든 처리구에서 줄기절편의 감염 부위로부터 모상근이 유도되기 시작하였다.

배양 21일 후 *A. rhizogenes* strain에 따른 모상근 유도율과 발생 양상이 다르게 나타났으며, 모상근 유도율에 미치는 영향을 조사한 결과, Fig. 30.에서 처럼 *A. rhizogenes* R1000이 가장 높은 100%의 모상근 유도율을 보였으며 *A. rhizogenes* R1601은 88%로 가장 저조한 모상근 유도율을 보였다. 다른 strain들도 90% 이상의 유도율을 보이며 전반적으로 쉽게 모상근이 유도되는 것으로 나타났다.

5종의 *A. rhizogenes* strains이 모상근 유도시 모상근 발생 수와 길이 신장에 미치는 영향을 조사한 결과, *A. rhizogenes* R1000과 R1200으로 감염시킨 hypocotyl 절편에서 평균 3.4와 3.1 개의 모상근이 발생하였으며, R1601과 R13333 으로 감염된 hypocotyl 조직에서는 평균 2.1개의 가장 낮은 수의 모상근이 유도되는 것을 관찰하였다(Fig. 31.).

모상근의 길이 신장은 *A. rhizogenes* R1000, R1601, R15834으로 감염시킨 hypocotyl 절편에서 각각 평균 2.8, 2.6, 2.6 cm의 길이 신장으로 양호한 결과를 나타냈으며, R13333으로 감염된 hypocotyl 조직에서는 평균 2.2 cm 의 길이신장을 보여 가장 저조한 결과를 나타내었다 (Fig. 32.).

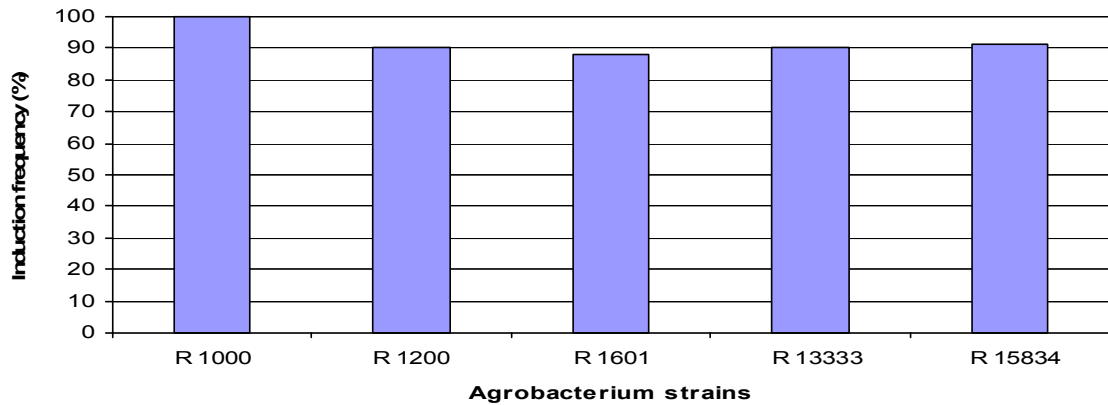


Fig. 30. Effect of different *Agrobacterium rhizogenes* on hairy root induction from hypocotyl of *Polygonum tinctorium* (10 days after inoculation).

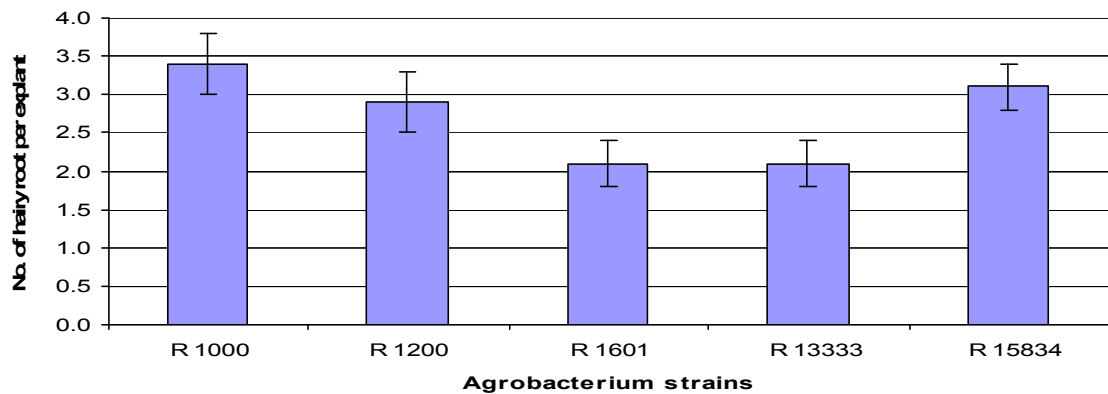


Fig. 31. Effect of different *Agrobacterium rhizogenes* on number of hairy root from hypocotyl of *Polygonum tinctorium* (10days after inoculation).

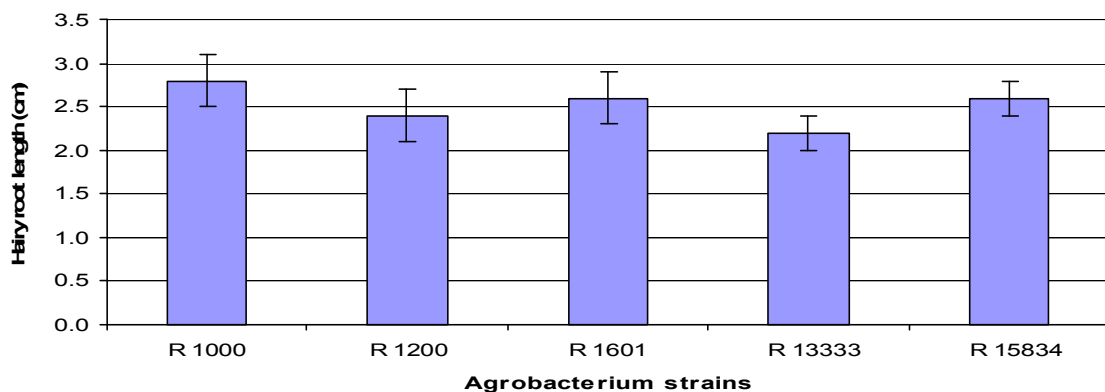


Fig. 32. Effect of different *Agrobacterium rhizogenes* on hairy root length from hypocotyl of *Polygonum tinctorium* (10 days after inoculation).

*Agrobacterium rhizogenes* strains이 쪽 cotyledon 절편에서 모상근 유도율과 발생 양상을 조사하였다. 모상근 유도율에 미치는 영향을 조사한 결과, Fig. 33.에서 처럼 *A. rhizogenes* R1000이 가장 높은 100%의 모상근 유도율을 보였으며 *A. rhizogenes* R1601은 40%로 가장 저조한 모상근 유도율을 보였다.

5종의 *A. rhizogenes* strains이 모상근 유도시 모상근 발생 수와 길이 신장에 미치는 영향을 조사한 결과, *A. rhizogenes* R1000과 R15834으로 감염시킨 cotyledon 절편에서 평균 3.25와 3.05개의 모상근이 발생하였으며, R13333 으로 감염된 cotyledon 조직에서는 평균 2.33개의 가장 낮은 수의 모상근이 유도되는 것을 관찰하였다(Fig. 34.).

모상근의 길이 신장은 *A. rhizogenes* R1000으로 감염시킨 cotyledon 절편에서 각각 평균 5.54 cm의 길이 신장으로 가장 좋은 결과를 나타냈으며, R13333으로 감염된 cotyledon 조직에서는 평균 4.6 cm 의 길이신장을 보여 가장 저조한 결과를 나타내었다 (Fig. 35.).

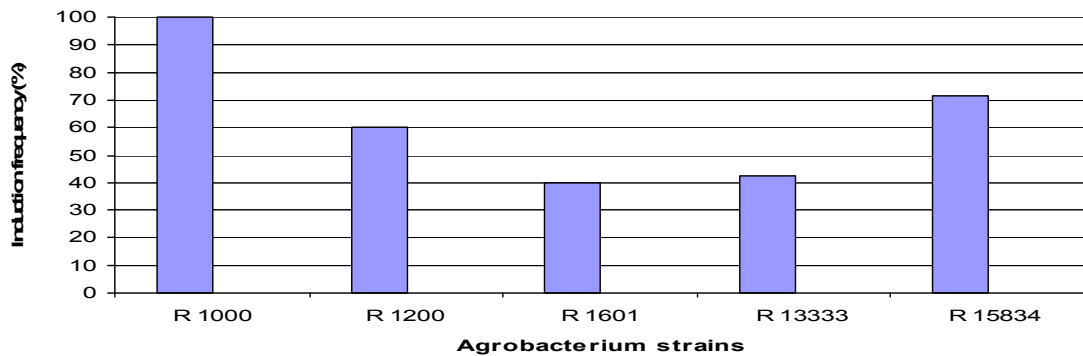


Fig. 33. Effect of different *Agrobacterium rhizogenes* on hairy root induction from cotyledon of *Polygonum tinctorium* (21 days after inoculation).

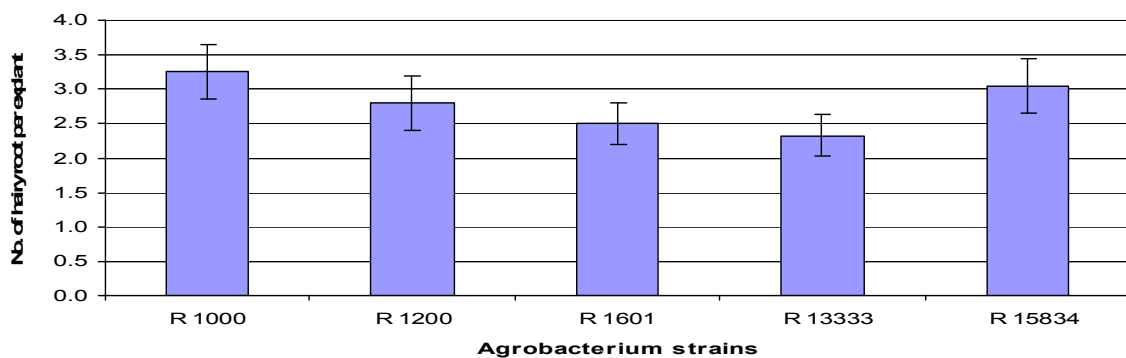


Fig. 34. Effect of different *Agrobacterium rhizogenes* on number of hairy root from cotyledon of *Polygonum tinctorium* (21 days after inoculation).

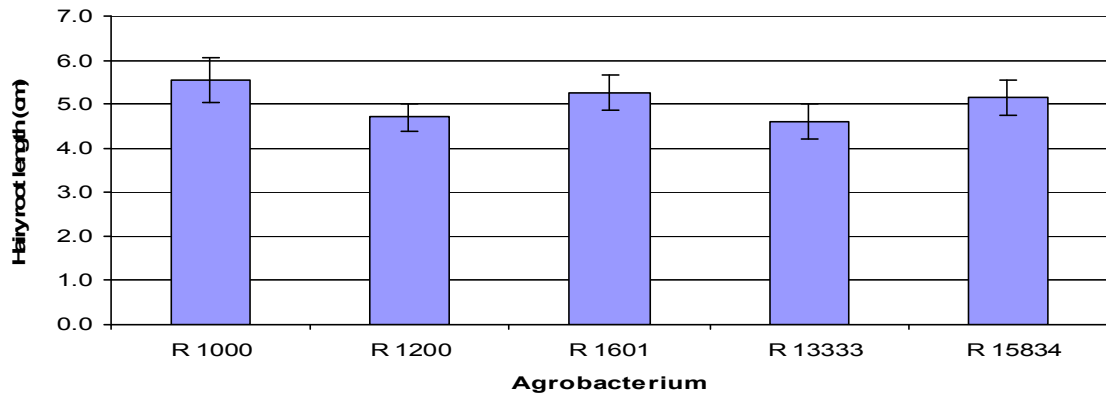


Fig. 35. Effect of different *Agrobacterium rhizogenes* on hairy root length from cotyledon of *Polygonum tinctorium* (21 days after inoculation).

*Agrobacterium rhizogenes* strains이 쪽 모상근 유도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 서로 다른 5종의 strain (R13333, R15834, R1000, R1200, R1601)을 이용하여 hypocotyl과 cotyledon 절편에 감염시킨 결과, 모상근 유도율은 전반적으로 hypocotyl이 cotyledon 절편에 비하여 높게 나타났으며, 유도된 모상근의 수와 길이 신장은 전반적으로 cotyledon이 hypocotyl에 비하여 높게 나타났다. *Agrobacterium rhizogenes* strain은 R1000이 cotyledon과 hypocotyl 절편에서 모상근 유도율, 유도된 모상근의 수와 길이 신장이 가장 높게 나타났다. 그래서 모상근 형질전환에는 *Agrobacterium rhizogenes* R1000을 이용하고, 절편은 cotyledon을 이용하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

**Glufosinate가 쪽 모상근 유도에 미치는 영향.** Bayer CropScience는 인체 및 환경에 대한 안전성이 뛰어난 글루포시네이트 암모늄(glufosinate-ammonium)제제의 제초제를 개발하여 보급하였다. ‘바스타’라는 상품명을 지닌 이 제초제는 비선택성 제초제로 식물내에 암모니아를 축적시킴으로써 생리대사를 저해, 말라죽게 만드는 특성을 지니고 있으며 토양속의 미생물에 의해 인산염, 탄산가스, 물 등으로 분해됨으로써 토양내에 축적되지 않아 환경오염의 위험이 거의 없는 장점을 지니고 있다.

이 제초제가 형질전환에 선발지표로 활용되고 있으므로, glufosinate 농도가 쪽 모상근 유도에 미치는 영향을 조사한 결과, 모상근 유도율은 hypocotyl과 cotyledon 절편모두에서 대조구에 비하여 모든 처리구에서 감소하였으며 3 mg/L 첨가된 배지에서는 모상근이 유도되지 않았다(Fig. 36.). 또한 모상근 발생 수도 hypocotyl과 cotyledon 절편 모두에서 대조구에 비하여 모든 처리구에서 감소하였으며 3 mg/L 첨가된 배지에서는 모상근이 유도되지 않았으므로 0개로 모두 치사하는 것으로 나타났다(Fig. 37.). 결과로 보아 형질전환시 glufosinate 적정 처리 농도는 3mg/L 로 판단된다.

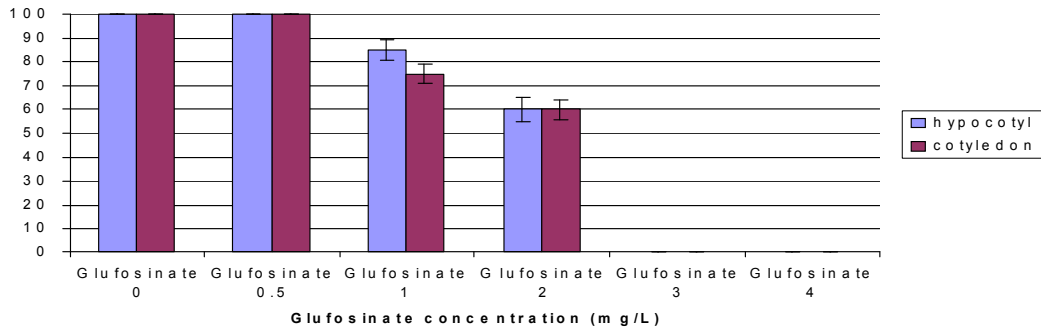


Fig. 36. Effect of different PPT concentration on hairy root induction from hypocotyl and cotyledon of *Polygonum tinctorium* (30 days after inoculation).

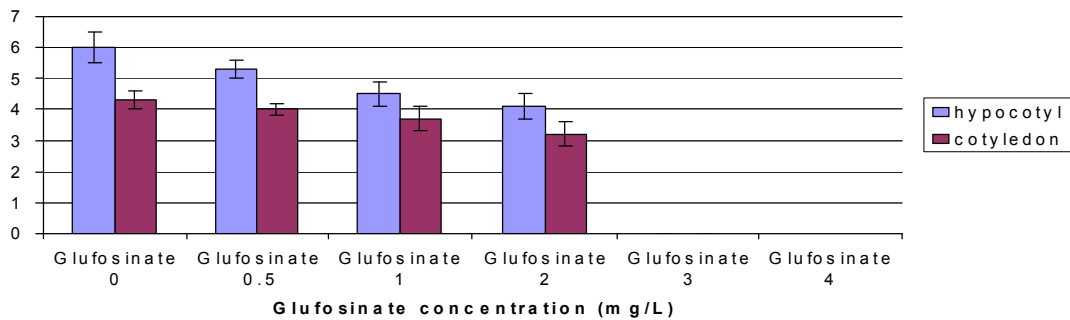


Fig. 37. Effect of different PPT concentration on number of hairy root from hypocotyl and cotyledon of *Polygonum tinctorium* (30 days after inoculation).

**세포배양을 통한 인디루빈 생산.** 최근 식물세포를 미생물과 같은 방법으로 배양하여 식물세포의 이차대사 작용으로 생성되는 유용물질을 경제적으로 중요시하는 경향이 점차 커지고 있다. 식물의 세포 및 조직배양기술이 개발 되어 모든 식물에 적용될 수 만 있다면 식물의 생산성 향상에 크게 기여할 뿐만 아니라 식물체내에 함유되어 있는 특수성분을 기내배양을 통하여 이차대사산물로 손쉽게 얻을 수 가 있을 것이며 이들 산물은 식품으로서 뿐만 아니라 생약이나 혹은 기타 원료로서 대단히 유용하게 사용될 것이다.

쪽 세포배양을 통하여 인디루빈 대량생산 시스템을 개발하기 위하여 다양한 식물생장조절제를 처리하여 세포배양을 한 결과 (Table 8.) 옥신의 일종인 2,4-D 단독처리 보다는 cytokinin 혼합처리에서 인디루빈 추정물질이 축적된 붉은 색 계통 세포가 유도되었다 (Fig. 39).



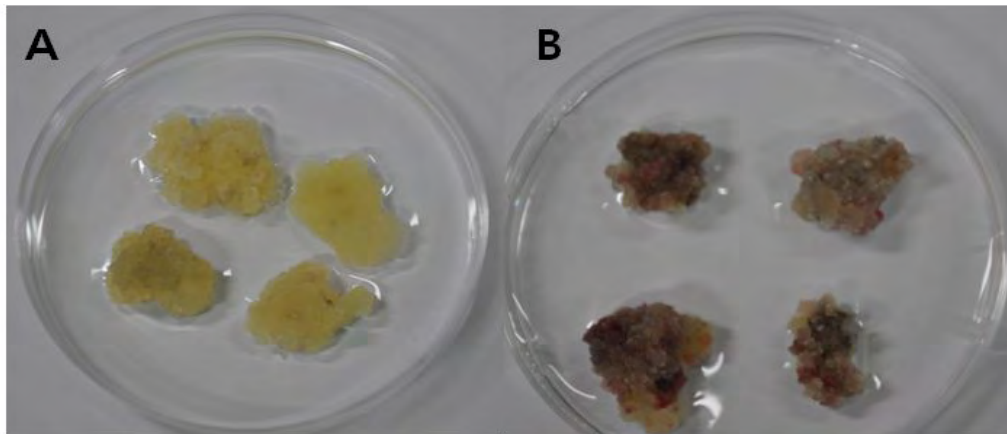


Fig. 39. Effect of plant growth regulators on callus growth and indirubin production in *Polygonum tinctorium*. A: 2 mg/l 2,4-D; B: 2 mg/l 2,4-D and 0.5mg/l TDZ treatment.

Table 8. Visual observation of *P. tinctorium* callus upon varied hormone treatment.

Medium	Conc: (mg/l)	Light condition			Dark condition		
		size	growth	colour	size	growth	colour
D2+0 (control)	0	a+	b+	c-	a++	b++	c-
D2+Kin	0.1	a+	b+	c-	a+	b+	c-
	0.5	a	b	c+	a	b	c-
	1.0	a-	b-	c+	a+	b+	c-
D2+Zeatin	0.1	a+	b+	c+	a+	b+	c-
	0.5	a+	b+	c++	a	b	c-
	1.0	a+	b+	c+++	a	b	c-
D2+TDZ	0.1	a+	b+	c+	a	b	c-
	0.5	a-	b-	c+	a	b	c-
	1.0	a-	b-	c+	a	b	c-
D2+BAP	0.1	a-	b-	c-	a+	b	c-
	0.5	a-	b-	c-	a-	b-	c-
	1.0	a-	b-	c-	a-	b-	c-

a = no change in size

a- = decrease in size

a+ = a little increase in size

a++ = medium increase in size

a+++ = pronounced increase in size

b = normal growth

b- = decreased growth

b+ = increased growth

c- = no pigmentation

c+ = light pink pigmentation

c++ = medium pigmentation

c+++ = intense pigmentation

## 5. Indole oxygenase의 과발현을 통한 Indirubin과 Indigo 생산

### 가. 서론

미생물에 의한 생산물의 발견은 주로 좋은 활용을 위해서 배양된 미생물종의 스크린에 의존해왔다. 하지만 전통적인 방법으로부터 유도된 알려진 미생물에 의한 생산물의 재발견 비율은 증가하고 있고, 반면에 새로운 자원들을 얻고 있는 확률은 감소하고 있다 (Handelsman et al., 1998). 최근 새로운 미생물 자원을 발견하기 위해서 *Escherichia coli*와 같은 배양 가능한 박테리아를 직접 분리할 수 있도록 개발 것이 메타게놈 (metagenome- 환경시료로부터 추출한 유전체 또는 유전자를 포함하고 있는 클론을 총칭함)이다(Handelsman et al., 1998). 이 메타게놈을 이용하여 임 등 (2005)은 진동계곡의 산림토양으로부터 *Escherichia coli*에서 indigo와 indirubin을 생산하는 미생물을 발견하였고 그 클론은 주로 산림토양에서 배양되지 않는 phylum, 즉 Acidobacteria와 관련이 있다고 보고하였다. 이 클론은 Fig. 40.에서 보는 바와 같이 붉은색을 띠는 indirubin과 푸른색을 띠는 indigo를 생산했다. 또한 여러 클론 중에 특히 pJEC5는 Fig. 41.에서 보듯이 3일째에 indirubin과 indigo를 가장 많이 생산하였다. 본 연구진은 이 미생물 클론을 처음으로 발견한 동아대학교 이선우 교수로부터 클론을 분양 받아 indirubin과 indigo 생산에 관여하고 있는 미생물의 indole oxygenase를 쪽 식물체에 과발현시켜 모상근을 유도하고 그 모상근에서 indirubin과 indigo를 생산하기 위해서 본 연구가 진행되었다.

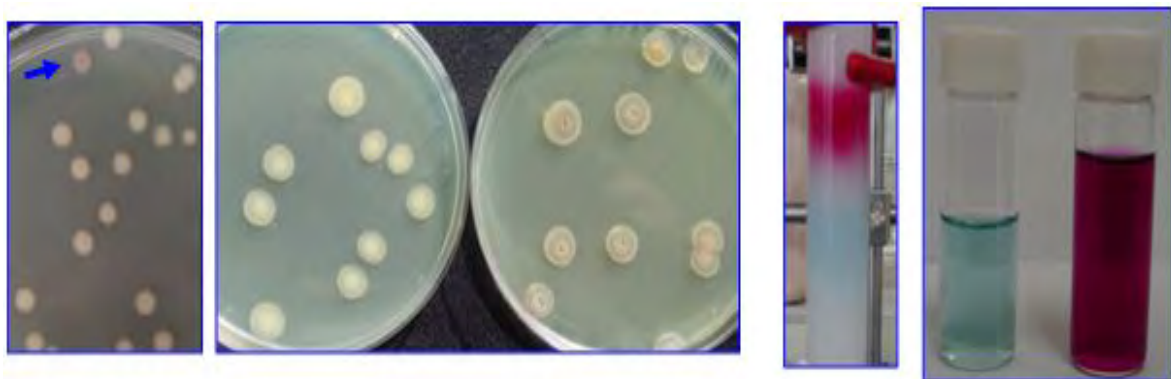


Fig. 40. pJEC5, a metagenome clone producing indirubin and indigo from forest soil.

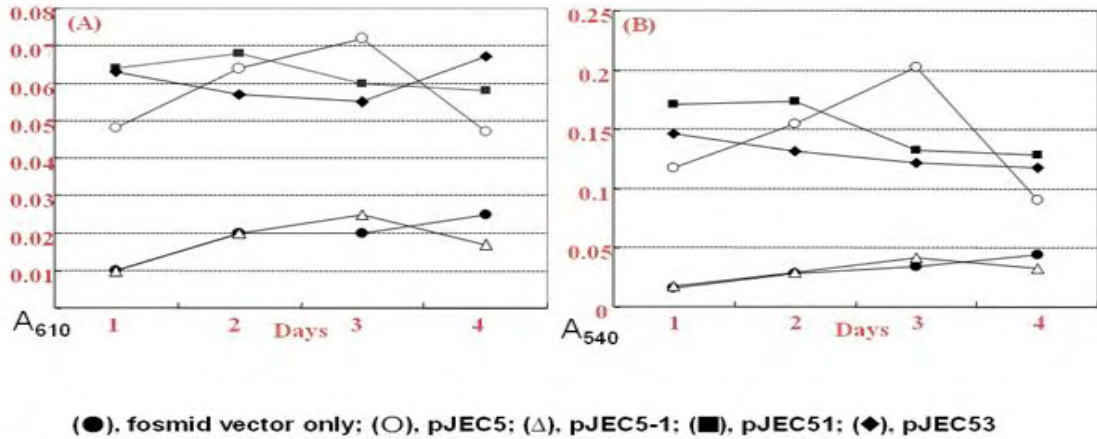


Fig. 41. Comparison of (A) indigo and (B) indirubin production by different clones.

## 나. 재료 및 방법

백터 제작. 동아대학교 이선우교수로부터 클론 pJEC5을 분양 받아 Indole oxygenase (GenBank Accession No. AAY54299) 유전자를 이용하여 백터를 제작하였다. Entry clone을 만들기 위한 primer design은 다음과 같다.

○ 1<sup>st</sup> PCR:

- Inox-attB1(F)AAAAAAGCAGGCTTC ATGGGAAACA TTATCGATA 68c
- Inox-attB2(R)CAAGAAAGCTGGGT CTATACGAGTGGCGTAAC 68c

○ 2<sup>nd</sup> PCR:

- Inox-Pdonrr221 (F)GGGGACAAGTTTGTACAAAAAAGCAGGCTTC 67c
- Inox-Pdonrr221 (R)GGGGCAGCTTTCTTGTACAAAGTGGGA 62c

2nd PCR을 한 후 pDONOR221 백터와 BP Reaction을 하였다. BP Reaction 조성은 아래와 같다.

○ BP reaction mixture

1. 1 x TE buffer : 6ul
  2. pDONR 221 : 1ul
  3. PCR product : 2ul
- Total vol : 9 ul (pipette up and down)
4. Add BP clonase : 1ul
- Incubate at 25C hot water bath for 1 hr
5. Add proteinase K : 1ul

6. Incubate at 37C water bath for 10 min
7. Transformation into DH5α competent cell

Colony PCR 후 밴드가 보이는 클론 중 4개를 배양한 후 plasmid prep 후 sequence를 확인하였고 4개 모두 sequence가 일치함을 알 수 있었다 (Fig. 42.). 이 중 1개의 클론을 선택하여 Fig. 43.와 같이 LR Reaction을 진행하였다. LR Reaction은 BP Reaction과 동일한 방법으로 하였다 (BP clonase 대신 LR clonase를 사용하였다). LR Reaction도 BP Reaction과 마찬가지로 colony PCR을 하였고 sequence 확인 후 *A. rhizogenes* R1000에 transformation 시켰다.

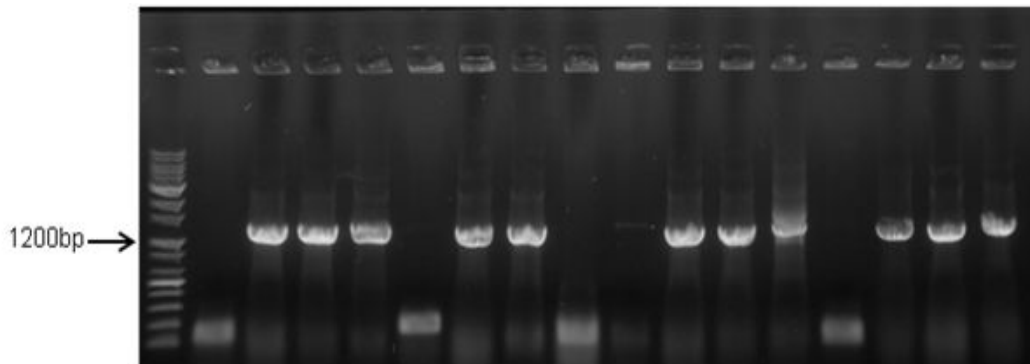


Fig. 42. Colony PCR after BP reaction.

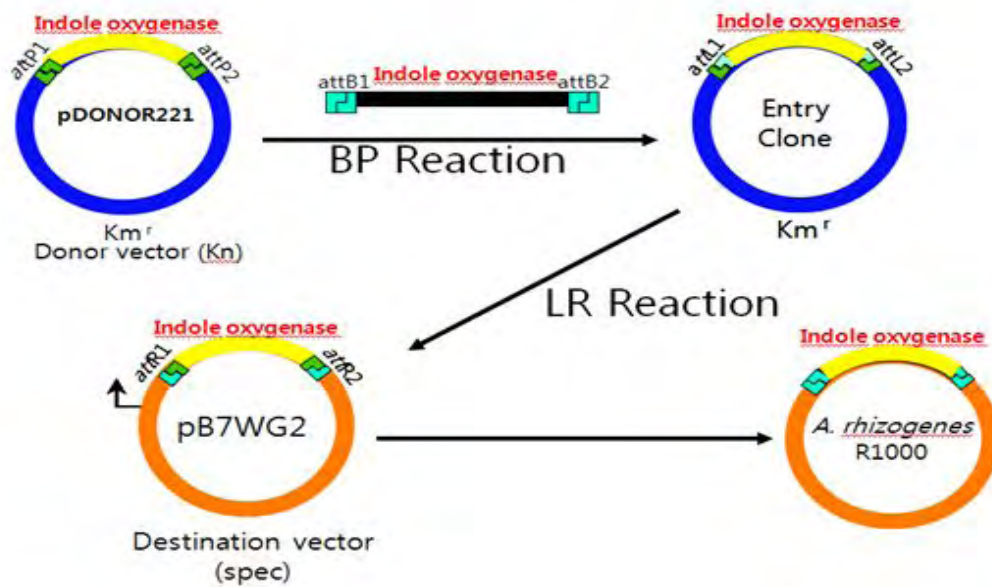


Fig. 43. Construction of indole oxygenase over-expression vector.

**Agrobacterium 배양.** 제작된 벡터는 모상근 유도를 위해 *Agrobacterium rhizogenes* R1000에 도입되었고, 배양은 Luria-Bertani 액체배지 (1% [w v-1] tryptone, 0.5% [w v-1] yeast extract, and 1% [w v-1] NaCl, pH 7.0)에서 16시간 동안 암상태로 28°의 진탕배양기에서 200 rpm으로 배양을 하였다. 배양된 박테리아는 원심분리기를 이용하여 2,500 rpm에서 10분간 회전 후 모아진 박테리아를 MS 액체배지로 밀도를 OD600 = 1.0 이 되게 조절하였다.

**모상근 유도과 배양.** 쪽(*Polygonum tinctorium*) 종자로 부터 발아하여 30일 정도 자란 유식 물체의 줄기를 잘라서 토양미생물인 *Agrobacterium rhizogenes*을 희석한 MS 액체배지에서 약 15분간 공동 배양을 한 후 멸균된 거름종이에서 박테리아를 어느 정도 제거 후 호르몬이 처리되지 않은 MS 고체배지에서 옹근 후 이틀간 암 상태에서 공동 배양을 하였다. 이틀간 공동 배양 후 멸균수를 이용하여 3회 세척을 하여 박테리아를 제거 후 호르몬이 처리되지 않고 항생제 timentin 200 mg/l이 처리된 MS 고체배지(MS salts and vitamins, 3% (w v-1) sucrose, 200 mg L<sup>-1</sup> timentin and 8 g L<sup>-1</sup> Phytagar)에서 배양을 하였다. 배양 일주일 후 잎에서 모상근이 유도되기 시작하였으며 유도된 모상근은 selection 하기 위해서 3 mg/L PPT가 처리된 MS 고체배지에서 4주 동안 치상되었고, PPT가 처리된 배지에서 죽지 않고 살아있는 모상근만 한번씩 계대배양을 약 2달간 지속하였다.

## 다. 결과

미생물의 Indole oxygenase 과발현을 통한 쪽 모상근 유도. Indole oxygenase를 과발현한 벡터를 *Agrobacterium rhizogenes* R1000 strains에 유도하여 쪽 모상근을 유도하였고 이를 통하여 indirubin과 indigo 생산하기 위해 시도하였으나, Fig. 44.에서 보는 것과 같이 미생물의 indole oxygenase 과발현을 시켜서 유도된 모상근에서는 예상했던 indirubin과 indigo가 생산되지 않았다. 현재 이 모상근을 다양한 환경 조건에서 색소생산을 검정하고 있다.

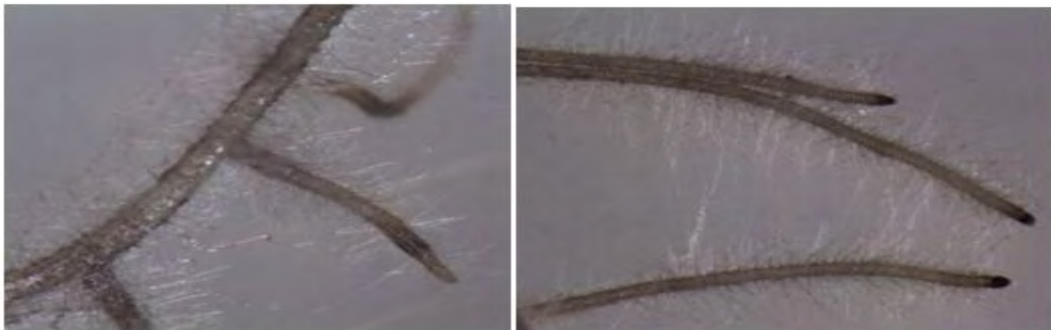


Fig. 44. Indole oxygenase-overexpressing hairy root of *P. tinctorium*.

## 제3절 인디고 환원 미생물 선발 및 대사 공정 개발

### 1. 인디고환원 미생물선발

#### 가. 연구의 필요성

- “쪽”이라 말하는 염색제 indigo는 서양에서는 “Blue Jeans”이라고 하는 청바지의 주 원료로 상업적으로 가장 많이 사용되고 있는 염색원료 중 하나이다. 미국인들 평균 7벌의 청바지를 소유하고 있을 정도로 애용되고 있는 denim은 현재 그 생산을 주로 화학합성에 의존 (2002년 17,000 톤 합성)을 하게 되어 부산물 생산에 따른 자연환경 오염이 문제가 되고 있다.
- 이러한 문제점을 극복하기 위하여 미국의 Genencor Internation 사는 분자생물학적인 방법으로 대사과정을 재설계하여 glucose에서 indigo까지 합성하는 대장균을 만들어 400,00입방 yard의 denim을 염색할 수 있는 system을 개발하였으나, 대량 생산에 따른 미생물 조절기능이 용이하지 않아 indigo의 순수색상을 유지하기가 힘든 것으로 알려져 있다.
- 본래 “쪽”은 식물 유래로써 전통적인 제조과정을 통하여 불용성인 indigo를 만들고 이를 다시 수용성인 leuco-indigo로 환원하여 착색제로 활용하는데, 이러한 전통방법에 약간의 진보된 생물학적 방법을 추가한다면 환경 친화적인 indigo 염료를 생산할 수 있을 것으로 기대된다.
- 그리고 고부가성인 “쪽”을 생산하는 대청을 농가에 대체 소득 작물로 공급한다면 농가 소득 증진에 기여할 것으로 예상된다.

#### 나. 연구목표

- “쪽”의 생산에서 불용성인 indigo를 수용성인 leuco-indigo로 환원하는데 관여하는 미생물을 선발하고 “쪽” 생산 공정 중 최적화된 활용에 적용될 대사공정 개발

##### (1) 최종 목표

- 인디고를 효율적으로 환원시키는 미생물의 선발
- 선발된 미생물의 생화학적 대사과정 규명
- 미생물을 이용한 효율적인 인디고 환원 대사공정 개발

##### (2) 1차년도 목표

- Indigo 환원 미생물 선발
- 고온 (50°C 이상)에서 활성을 유지할 수 있는 미생물 선발
- 선발 미생물의 생화학적 특성 규명

## 다. 연구 내용

### (1) Indigo 환원 미생물 선발

indigo 환원 미생물을 선발하기 위하여 화순군 능주면 내리 216번지 “쪽” 염료 생산 vat에서 시료를 채취한후, 실제 염색시의 조건을 고려하여 다음과 같은 배양조건에서 미생물의 indigo 환원 능력을 확인하였다.

#### <배양조건>

- 0.01% indigo
- 온도: 30°C
- pH : 11
- Carbon source : 1mM glucose / 1mM lactate

표 3-16. 배지 조성

Solution A(10X)_NaHCO3	Solution B(100X)_ CaCl3
Solution C(100X)_ NH4Cl	Solution D(100X)_ MgCl2(H2O)
Solution E(100X)_ KCl	mineral solution (100X)
NaCl (10g/L)	HEPES (7.2g/L)
Yeast extract (0.1g/L)	glycerol phosphate (0.1g/L)

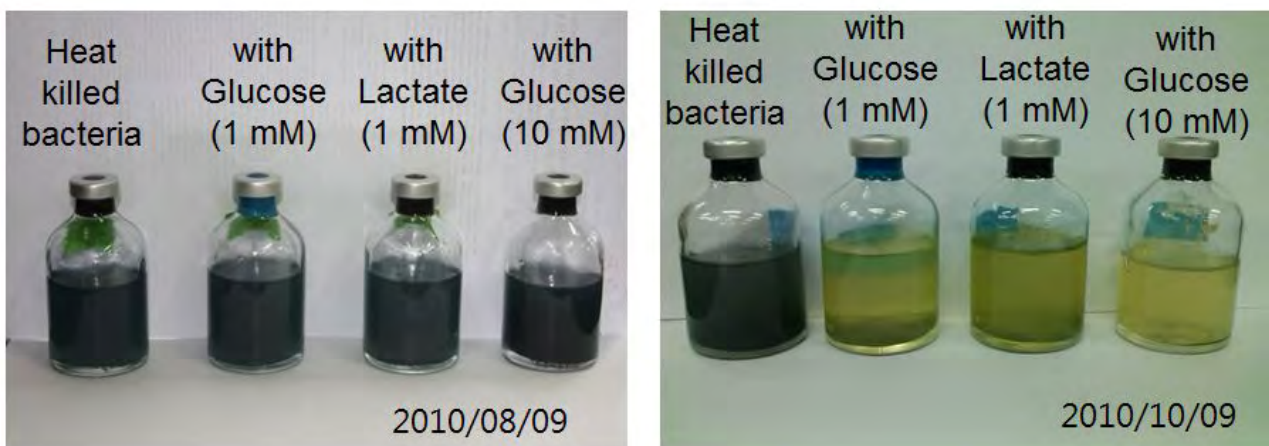


그림 3-39. 0.01%의 indigo 함유한 배지에서의 60일 배양

위의 그림과 같이 60일 배양한 환원된 상태의 mixture에서 indigo-carmin 이 함유된 agar plate에 도말하여 환원 능력에 대해 확인하고, indigo-carmin을 환원시키는 plate상의 colony를 0.01%의 indigo를 함유한 액체 배지에 접종한다. Indigo를 환원시키는 박테리아를 분리하여 DNA를 추출하여 16S rRNA sequence를 분석한다.

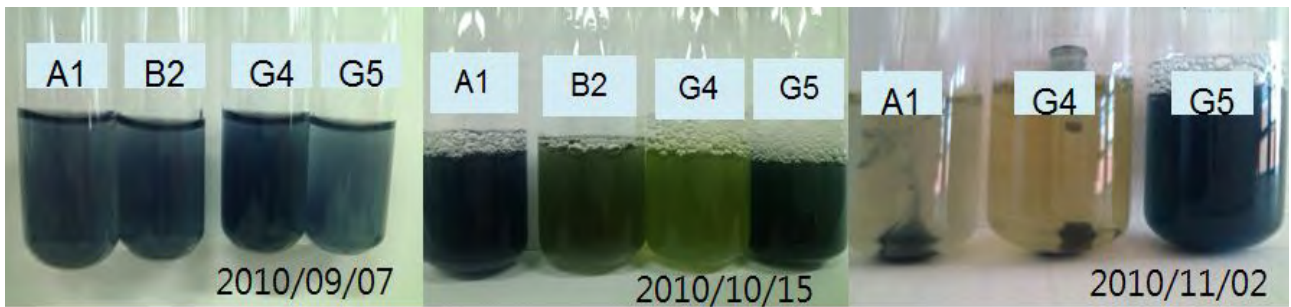


그림 3-40. indigo 환원 미생물 선발 (0.01% indigo 함유배지\_1mM glucose / pH11)

16S rRNA서열 분석 결과, indigo 환원 미생물 A1, G4, G5는 아래의 표와 같이 *Alkalibacterium* sp., *Pseudomonas alcaliphila*, *Alkalibacterium indicireducens* 와 유사도가 높은 것으로 나타난다.

Table 9. Phylogenetic affiliation of sequences from isolated bacteria based on 16S rRNA gene

Isolates	Closest relative	Similarity (%)
A1 (1370bp)	<i>Alkalibacterium indicireducens</i> <i>Alkalibacterium pelagium</i>	100
G4 (1368bp)	<i>Alkalibacterium indicireducens</i> <i>Alkalibacterium thalassium</i> Unidentified Hailaer soda lake bacterium F1	98
G5 (1400bp)	<i>Pseudomonas alcaliphila</i> <i>Pseudomonas</i> sp. 101-5	99

16S rRNA서열 분석 결과를 토대로 유사한 박테리아와의 유사도와 이들이 속한 위치를 Phylogenetic tree를 통해 알 수 있다. 미생물 A1과 G4는 *Alkalibacterium* species 와 높은 유사도(100%, 98%)를 나타내지만, G5는 *Pseudomonas alcaliphila* strain 과 높은 유사도(99%)를 나타낸다.

phylogenetic affiliations 와 tree 결과를 보면, A1과 G4는 *A. indicireducens*, *A. pelagium* and *Alkalibacterium* species와 높은 유사도를 보인다. 그러나 분석된 16S rRNA 유전자 길이를 고려했을 때, A1과 G4는 2 basepairs 의 차이를 보인다. 이는 A1과 G4 모두 같은 *Alkalibacterium* strain이라 고려된다. 또한 G5는 *Pseudomonas alkaliphilia* strains로 고려된다.



## 2. 인디고 환원 미생물의 분리 및 특성

실제 인디고 천연 염색이 이루어지는 현장에서, 불용성의 인디고를 수용성의 루코-인디고로 환원 시키는 미생물이 분리되었고, 선별 단계에 걸쳐 최종 선발된 두 균주의 16S rDNA 유전자 서열을 분석한 결과, 선발된 두 균주는 각각 *Alkalibacterium* sp. 와 *Pseudomonas* sp. 에 99%의 높은 유사도를 보인다. (Fig. 45.)

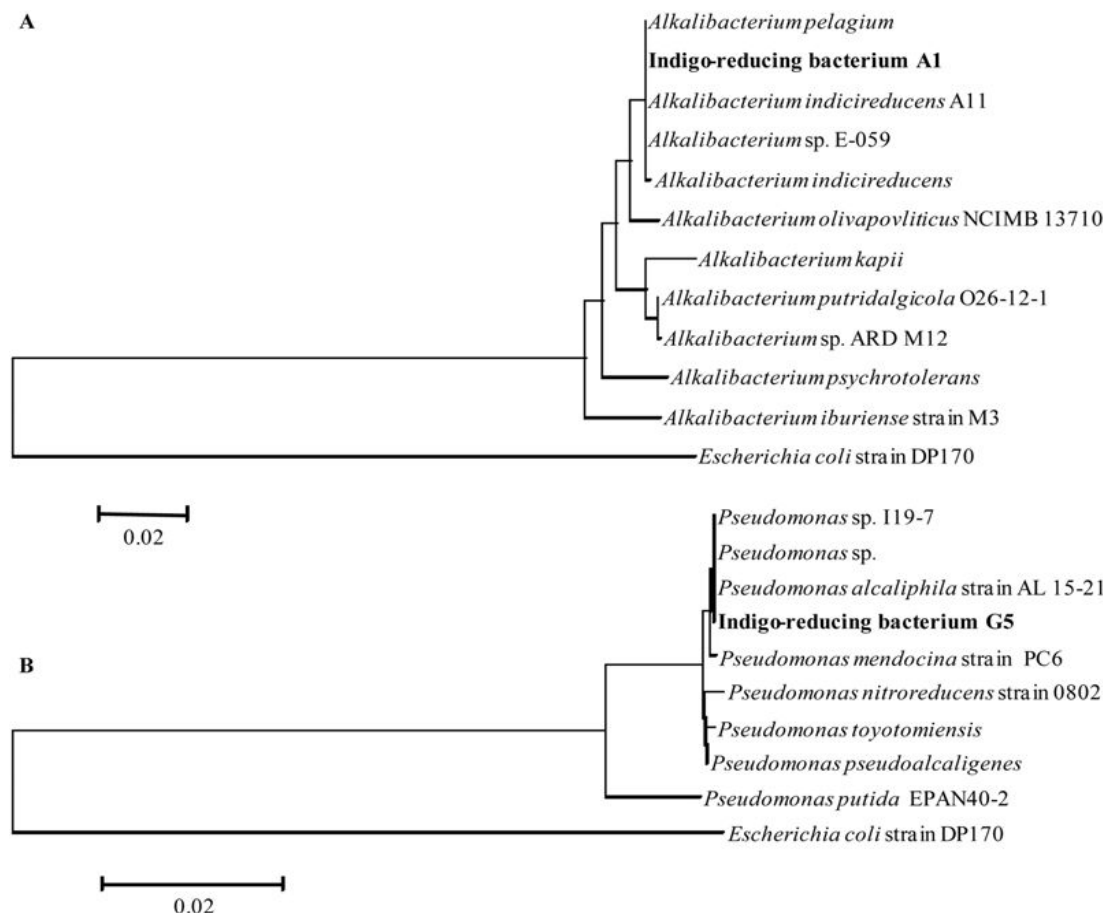


Fig. 45. Phylogenetic tree of *Alkalibacterium* sp. A1 (A) and *Pseudomonas* sp. G5 (B) and other related organisms using neighbor-joining method based on 16S rDNA sequences. The scale bar indicates 0.02 substitutions per nucleotide position.

분리된 두 균주는 실제 인디고 염색이 이루어지는 조건 (높은 pH 와 온도)에서 생장이 일어나는지 확인하기 위해, 실제 염색이 이루어지는 조건인 pH 10과 50°C에서 두 균주의 생장을 관찰 하였다. 각각의 균주에 대하여 시간에 따른 흡광도를 측정 한 결과, Fig. 2와 같은 생장 곡선을 보인다. 두 균주 모두는 일정한 pH 7과 pH 10에서 각기 다른 온도인 30, 50, 70°C에서 흡광도를 측정하였다. 먼저 균주 A1는 pH 10과 30°C에서 최적 생장을 보이며, 균주 G5는 pH 7, pH 10과 30°C에서 최적 생장을 보인다. A1과 G5 두 균주는 pH 10에서 최적 생장 조건을 보이며, 50°C에서도 생장하는 것으로 보아 두 균주 모두 alkaliphilic 하며, thermotolerant임을 확인 하였다.

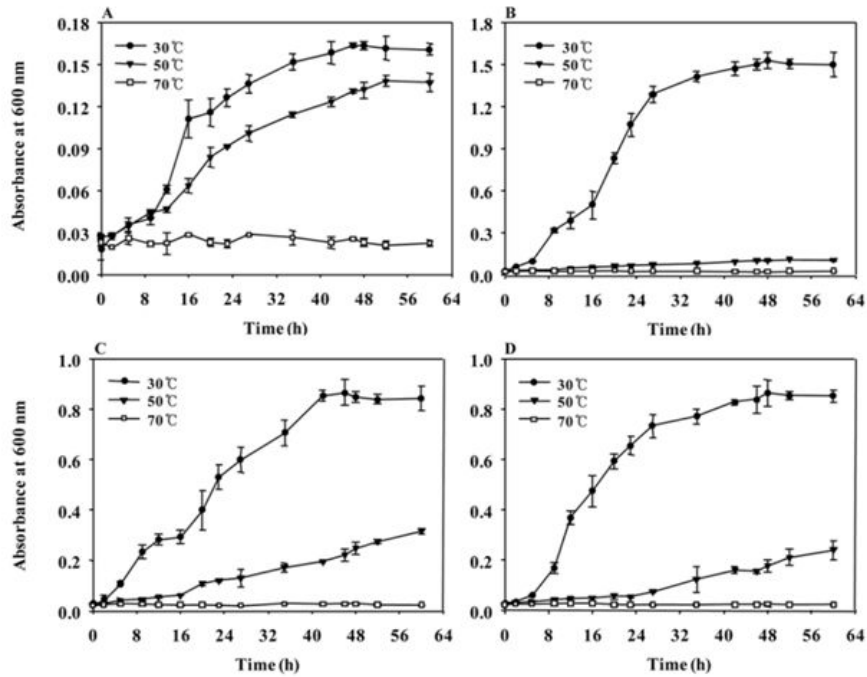


Fig. 46. Growth curves of *Alkalibacterium sp.* A1 at 30 (●), 50 (▼), and 70°C (□) under pH 7.0 (A) and pH 10.0 (B) and *Pseudomonas sp.* G5 at 30 (●), 50 (▼), and 70°C (□) under pH 7.0 (C) and pH 10.0 (D).

### 3. 분리된 인디고 환원 미생물의 인디고 환원 능력

두 균주에 의한 인디고의 환원능력은 인디고로부터 환원된 수용성의 루코-인디고의 농도를 시간에 따라 측정함으로써 확인하였다. 균주 A1에 의해 환원된 루코-인디고의 농도는 균주 G5에 의해 환원되어 생성된 루코-인디고의 농도보다 약 1.3배 많았으며, 두 균주의 동시 배양은 각 각의 단일 균주에 의해 환원된 루코-인디고의 농도보다 각각 약 2배, 3배 더 루코-인디고를 생성하였다. 이 결과는 두 균주의 동시배양이 인디고 환원에 있어서 단일 균주의 인디고 환원보다 더 나은 결과를 창출해내는 것으로 보이며, 이들 두 균주는 서로 시너지 효과를 가지는 것으로 보인다.(Fig. 47.)

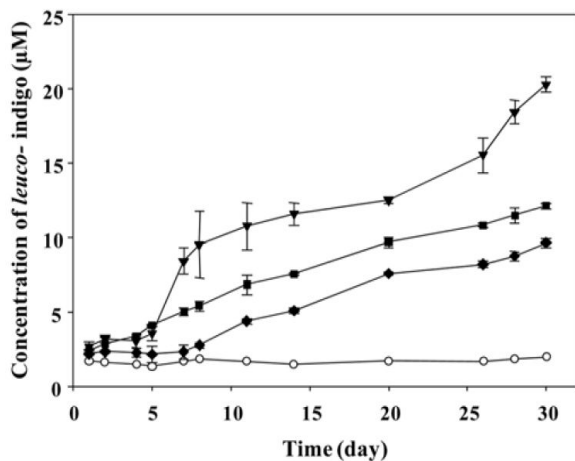


Fig. 47. Concentration ( $\mu\text{M}$ ) of leuco-indigo produced from indigo by isolates under the anoxic conditions at 30°C and pH 8.0. Control (no bacterial inoculation) (○), *Alkalibacterium sp.* A1 (■), *Pseudomonas sp.* G5 (◆), and *Alkalibacterium sp.* A1 and *Pseudomonas sp.* G5 together (▼).

#### 4. 인디고 환원에 영향을 미치는 pH와 온도

두 균주에 의한 인디고 환원인디고로부터 환원된 수용성의 루코-인디고의 농도를 각기 다른 pH (6.0, 8.0, 10.0) 와 온도 조건 (30, 37, 50°C) 에서 측정하여 분리된 균주에 의한 인디고 환원의 최적 조건을 확립하였다. 두 균주에 의한 인디고 환원은 pH 10 이며 온도 50°C에서 가장 많은 양의 루코-인디고를 생산하였다. (Fig. 48.)

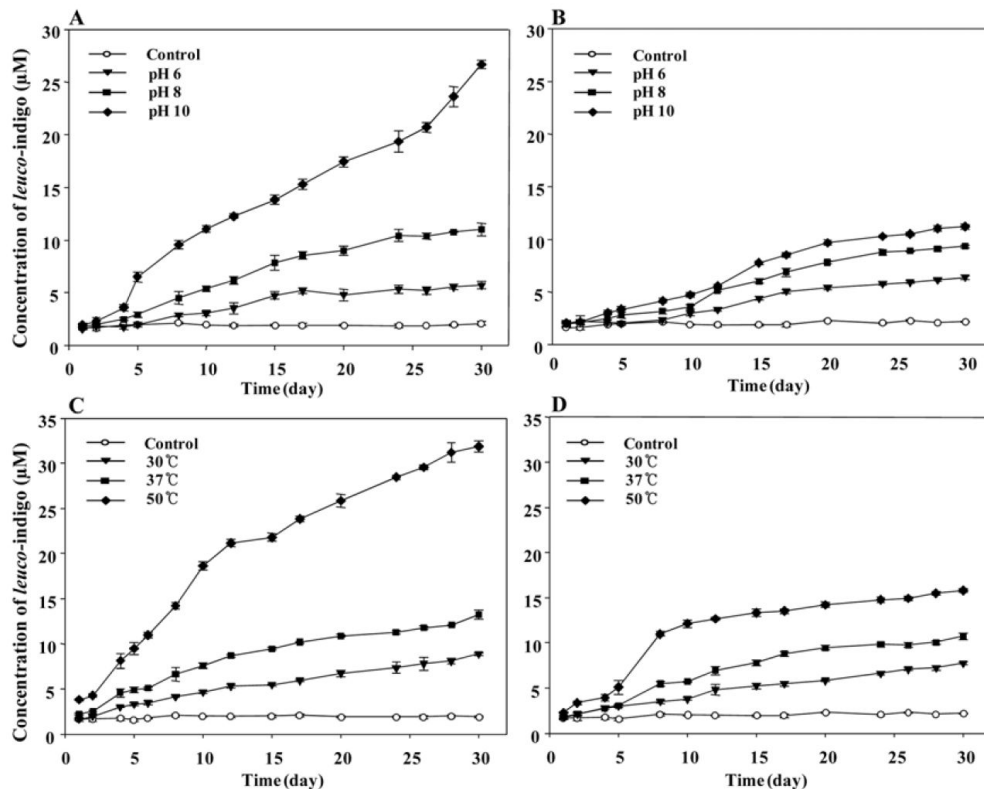


Fig. 48. Concentration ( $\mu\text{M}$ ) of leuco-indigo under the different pH and temperature conditions. Control (no bacterial inoculation) ( $\circ$ ), pH 6.0 ( $\blacktriangledown$ ), 8.0 ( $\blacksquare$ ), and 10.0 ( $\blacklozenge$ ) at 30°C by *Alkalibacterium* sp. A1 (A) and *Pseudomonas* sp. G5 (B); Control (no bacterial inoculation) ( $\circ$ ), 30 ( $\blacktriangledown$ ), 37 ( $\blacksquare$ ), and 50°C ( $\blacklozenge$ ) at pH 10.0 by *Alkalibacterium* sp. A1 (C) and *Pseudomonas* sp. G5 (D).

두 균주에 의한 인디고 환원은 알칼리 조건과 고온, 즉 pH 10과 50°C에서 최적을 보이며, 분리된 균주 *Alkalibacterium* A1이 *Pseudomonas* G5보다 앞에서 말한 조건에서 더 많은 환원된 루코-인디고를 생산하는 것으로 보아 균주 A1이 G5보다 더 나은 인디고 환원력을 보인다. 이 같은 결과는 실제 전통적인 인디고 염색과정(50°C 이상의 찻물의 첨가) 고려하였을 때, 분리된 두 균주는 인디고 환원 과정의 시작 단계에 집중하여 실제 염색과정에 적용할 수 있을 것이라 기대된다.

위와 같은, 미생물에 의한 인디고 환원 방법은 화학 환원제를 사용하지 않는 환경 친화적인 방법이며, 화학적 인디고 환원보다 더 좋은 색을 띄게 하는 방법으로 생각되어진다. 본 연구에

서 분리된 두 균주는 pH 10에 최적의 생장을 나타내며 50°C에서도 생장할 수 있는 알칼리성이며 고온 내성균이다. 이 두 균주에 의한 인디고환원은 pH 10과 50°C에서 최적을 보이며, 이는 인디고 본래의 색을 가장 나타낼 수 있는 조건이다. 그러므로 분리된 두 균주는 실제 인디고 염색 현장에 응용될 수 있는 산업적인 가치있는 미생물 균주로 사료된다.

## 5. 선발된 미생물을 이용한 환원력 향상과 분리된 미생물의 유전체 정보 획득

### 가. 서론

우리나라에서 ‘쪽’이라 일컫는 인디고 염료는 오랫동안 상업적으로 많이 사용되는 염색염료 중 하나이다. 이 염료의 생산은 주로 화학합성에 의존하고 있으며, 이에 따른 화학 품에 의한 부산물 생산과 같은 자연환경 오염이 대두되고 있다. 반면, 식물 유래의 인디고는 *Indigofera* spp. (*I. tinctoria*, *I. leptostachya*, *I. anil*, etc.), *Polygonum tinctorium*, *Lonchocarpus cyanescens* 와 같은 식물에서 추출한다 (Song et al., 2011).

불용성의 인디고는 염료로 사용되기 위해 수용성의 루코-인디고로 전환되어야 한다. 전환된 수용성의 루코-인디고는 공기중에 노출되면 불용성의 인디고로 산화되기 쉽다. 이러한 화학적 특성, 불용성의 인디고에서 수용성 루코-인디고로의 환원 반응과 수용성의 루코-인디고에서 다시 불용성의 인디고로의 산화 반응, 을 이용하여 직물을 염색하는 염료로써 인디고를 사용한다. 전통적인 제조 과정에서는 미생물이 관여하여 이루어진다. 미생물에 의한 인디고 환원 방식은 다소 시간이 오래 거리고 일정한 조건을 유지하기 어려워 (Clark, 1993; Schmidt, 1997), 상업적으로는 강한 환원제( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ )를 사용하여 빠르게 인디고를 루코-인디고로 환원시키는 화학적 환원 방법에 의존하고 있다 (Bozic et al., 2009). 그러나 화학적 환원 방법은 독성의 부산물의 생산 및 폐수 처리 등과 같은 환경오염을 초래한다 (Aino et al., 2010; Bozic and Kokol, 2008). 이에 미생물을 이용한 인디고 환원방식은 환경 친화적인 방식으로 고려되며, 화학적 환원 방식에 의한 인디고 염색보다 더 좋은 색을 가지도록 한다. 이러한 전통 방법에 더욱 진보된 생물학적 방법을 추가한다면 환경 친화적인 indigo 염료를 생산 할 수 있을 것으로 기대된다.

### 나. 재료 및 방법

박테리아 배양 및 인디고 환원력: Luria-Bertani (LB) 배지에서 호기성 조건 (180 rpm, 24시간)으로 30°C에서 배양한 균주 A1과 균주 G5를 원심분리기 (4,620 x g, 15분) 로 수확 후, 멸균한 phosphate buffer (pH 7.0)로 washing 한다. 균주 A1과 G5에 대한 박테리아 흡광도 ( $\text{O.D}_{600\text{nm}}$ )를 각각 1.5로, 최종  $\text{O.D}_{600\text{nm}}=3$ 으로 맞춘다. 이를 0.01% (w/v) 인디고와 각기 다른 탄소원을 포함하는 PYA배지(peptone/ yeast extract/ alkaline)에 접종한다. 각기 다른 탄소원

은 10 mM 농도의 glucose, lactate, acetate, pyruvate에 대해 환원된 인디고의 양을 측정한다. 루코-인디고의 공기 내 불안정성으로 인해, 분리된 균주의 인디고 환원력은 상등액내 존재하는 루코-인디고로의 재산화 반응으로 생성된 인디고의 농도를 측정하는 방식으로 진행되었다. 혐기적 조건아래, 박테리아 배양액으로부터 1 mL을 추출하고, 10분 동안 원심분리 (13,226 X g)를 한다. 수용성의 루코-인디고 상등액을 10분 동안 공기 중에 노출시켜 인디고로 산화시킨다. 산화된 상등액은 다시 한 번 원심분리를 통해 불용성의 인디고로 침전시킨다. 이렇게 생긴 인디고 침전물을 1 mL DMSO에 녹인 후, UV/visble spectrometer (UV-1601PC, Kyoto, Japan)로 610nm에서 흡광도를 측정한다. 앞서 수행된 탄소원과 더불어 천연 영양원인 peptone, yeast extract, soyben powder 대해 선발된 두 균주의 배양 기간 동안의 루코-인디고의 농도를 측정하였다.

유전체 서열 정보 분석: 분리된 균주 *Pseudomonas* 균주 G5는 LB 배지에서 호기성 조건 (200 rpm) 으로 30°C에서 배양한다. 12시간 배양 한 균주 G5를 원심분리기로 (9,000 X g, 10분) 수확 후, 멸균한 HEPES buffer(10mM, pH 7.0)로 3번 washing한다. 균주 G5의 genomic DNA는 GeneAll<sup>R</sup> Exgene<sup>TM</sup> Cell SV kit (GeneAll Biotech, Korea)를 이용하여 추출한다. 균주 G5의 유전체 서열분석은 Illumina MiSeq sequencing system (Illumina, USA) 을 이용하였고, sequencing library는 Illumina TruSeq DNA preparation kit를 이용하여 구축하였다. Library의 nucleotide의 size는 300 bp이며, 3,051,265 reads를 생성하는 150-cycle paired-end로 수행하였다. *De novo* assembly은 CLC Genomics Workbench 5.0 software (CLCbio, Denmark)에 의해 이루어졌고, 500 bp이상의 223 contigs가 만들어졌다. 유전자와 tRNA의 prediction은 Glimmer 3.02 (Delcher et al., 2007)와 tRNAScan-SE (Lowe and Eddy, 1997)에 의해 수행되었고, Functional annotation은 NCBI RefSeq (Pruitt et al., 2009) 와 SEED database (Overbeek et al., 2005)를 이용하여 BLASTP 유사도 분석에 의해 수행되었다. 게다가, cluster of orthologous group (COG)에 대한 homology와 catalytic families (CatFam) (Yu et al., 2009) 분석은 rpsBLAST에 의해 이루어졌다. 16S rRNA 분류학적 동정은 EzTaxon-e Server를 이용하였고, nucleotide 유사도를 이용하여 서로 다른 유전체간의 차이를 반영하는 average nucleotide identity (ANI) 값은 NCBI에서 이용 가능한 유전체들 중에서 ANIb (ANI BLAST) 방법으로 계산되었으며, MEGA5를 이용하여 ANI pairwise 유사도 matrix를 근거로 UPMGA-dendogram을 획득하였다.

## 다. 연구 결과

### (1) 선발된 미생물을 이용한 환원력 향상

이전 연구 에서 분리된 미생물(*Alkalibacterium* sp. A1 과 *Pseudomonas* sp. G5) 의 환원력을 향상시키는 최적의 조건을 찾기 위해, 이전 연구에서 확인된 최적의 온도 (50°C)와 pH

(10.0) 조건에서 각기 다른 탄소원, 미생물의 농도, 그리고 같은 각기 다른 천연 영양원에 대해 환원된 루코-인디고의 농도를 측정하였다.

탄소원: 선발된 두 균주에 의해 각기 다른 탄소원인 glucose, lactate, acetate, pyruvate를 이용하여 불용성의 인디고를 루코-인디고로의 환원되는 루코-인디고의 농도를 측정한 결과, 아래의 Fig. 49.와 같이 루코-인디고의 농도는 Glucose를 탄소원으로 사용 할 때 다른 탄소원에 비해 상대적으로 증가하였다.

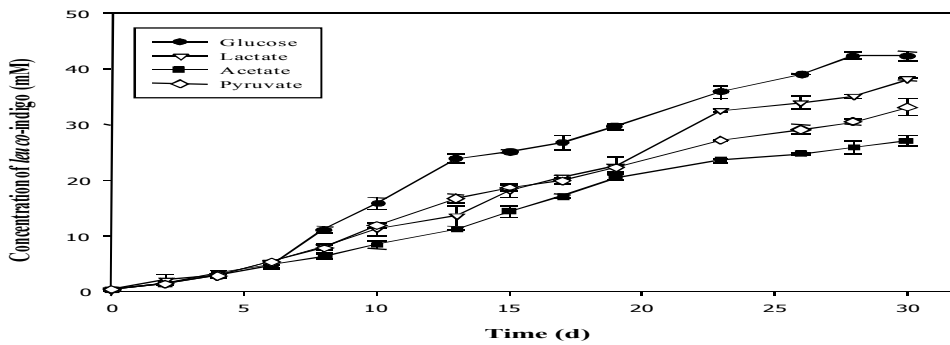


Fig. 49. The concentration of *leuco*-indigo reduced from insoluble indigo by two isolates ( $O.D_{600nm}=3$ ; each isolates=1.5) with the different carbon sources (glucose, lactate, acetate, and pyruvate) at  $50^{\circ}C$  and pH 10.0

천연 영양원 : 앞서 수행한 실험과 같이 상대적으로 많은 양의 환원된 루코-인디고를 생성하는 탄소원인 glucose와 더불어 천연 영양원인 peptone, yeast extract, soyben powder에 대해 선발된 두 균주의 배양 기간 동안의 루코-인디고의 농도를 측정하였다. 아래의 Fig. 50.과 같이, 단일 탄소원인 glucose 만을 첨가하였을 때보다 천연 영양원을 동시에 첨가하였을 때 확연히 증가하였음을 보였다.

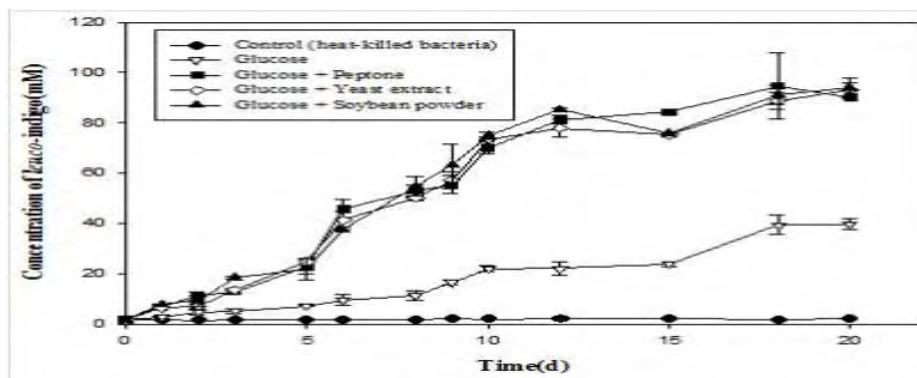


Fig. 50. The concentration of *leuco*-indigo reduced from insoluble indigo by two isolates ( $O.D_{600nm}=3$ ; each isolates=1.5) with the different natural ingredient sources with glucose at  $50^{\circ}C$  and pH 10.0

## (2) 분리된 미생물의 유전체 정보 획득

미생물을 이용한 환원 방식은 환원제를 사용하는 화학적 방식에 비해 다소 시간이 오래 걸리는 것이 단점이다. 인디고 환원시간을 줄이기 위해 인디고 환원에 관련된 유전자를 확보함으로써 인디고 환원 미생물의 인디고 환원력을 향상 시킬 것으로 기대된다. 이를 위해, 앞선 연구에서 분리한 미생물의 유전체 정보를 획득하기 위해 whole genome sequencing이 진행되었다.

분리된 균주, *Pseudomonas* sp. Strain G5의 유전체 정보 획득:

Genome size	7,204,561 bp
GCratio	59.26%
tRNA	57
rRNA	4

인디고 환원 능력과 COG 단백질 카테고리 (Functional categories based on COG): 일반적인 기능과 관련된 유전자 카테고리인 R 그룹과 아미노산 수송 및 대사과정과 관련된 단백질 카테고리 E가 가장 많이 빈번하다. 아래의 Table 10.과 같이 분리된 균주인 *Pseudomonas* sp. Strain G5 유전체의 각 기능별 단백질 카테고리를 나타낸다. 특히, 분리된 이 균주는 carbohydrate 운송 및 대사에 관여하는 카테고리 G가 5.1% (250 genes)을 차지한다. 이는 Anino et al. 이 보고한 대로 인디고 환원 박테리아의 인디고 환원 능력은 박테리아의 불용성 기질 이용과 carbohydrate의 혐기적 대사와 관련되어있다는 것을 뒷받침한다. 게다가 이 균주에서 carbohydrate 운송과 대사에 관여하는 FAD-dependent 효소가 발견되는데, 이는 FAD+를 cofactor로 가지는 효소에 의해 glucose에서 pentose 5-phosphate로의 전환에 따른 전자 전달의 결과로 인디고 환원이 이루어진다는 사실을 뒷받침한다 (Takara *et al.*, 1962).

Table 10. Functional categories based on COG

COG	Description	Number of Genes	%
J	Translation, ribosomal structure and biogenesis	180	3.67%
K	Transcription	424	8.65%
L	Replication, recombination and repair	185	3.77%
D	Cell cycle control, cell division, chromosome partitioning	43	0.88%
O	Posttranslational modification, protein turnover, chaperones	192	3.92%
M	Cell wall/membrane/envelope biogenesis	266	5.42%
N	Cell motility	142	2.90%
P	Inorganic ion transport and metabolism	267	5.44%
T	Signal transduction mechanisms	262	5.34%
C	Energy production and conversion	364	7.42%
G	Carbohydrate transport and metabolism	250	5.10%
E	Amino acid transport and metabolism	535	10.91%
F	Nucleotide transport and metabolism	103	2.10%
H	Coenzyme transport and metabolism	179	3.65%
I	Lipid transport and metabolism	319	6.50%
Q	Secondary metabolites biosynthesis, transport and catabolism	105	2.14%
R	General function prediction only	581	11.85%
S	Function unknown	507	10.34%
Total		4904	100%

### (3) 미생물 공정 개발 및 적용에 따른 안전성 및 폐기물 처리

미생물에 의한 인디고 환원 시스템은 small-scale의 재생 가능하고 값싼 carbohydrate를 이용하기 때문에 환경 친화적이고 지속 가능한 시스템이라 보고된 바 있다.

또한, 본 연구에서 분리한 두 균주는 실제 전통적으로 인디고 환원이 이루어지는 현장에서 분리하였으며, Yomoto (2004, 2008) 보고에 따르면 병원성이 없는 인디고 환원균주라 알려져 있다.

환원 반응 후 폐기물 처리 시, 반응에 이용된 미생물들을 간단히 고압고열 (autoclave) 처리로 사멸시킬 수 있다.

## 라. 기대효과

### (1) Indigo 환원 미생물 선발 및 대사공정 개발

아래의 그림에서 보는 것처럼 “쪽”의 생산에 이용되는 대청에서 “indigo”의 전구물질인 indican은 indo배당체로 되어있는데 이를 비배당체화 indoxyl로 만들기 위하여  $\beta$ -glucosidase 활성이 높은 미생물을 선발하여야 하고 특히 공정 중 적용되는 55°C에서 그 활성을 유지하는



미생물 선발이 중요하다. 그리고 insoluble인 indigo를 수용성인 leuco-indigo로 전환하면서 공정 중에 적용되는 온도 50-60°C에서 고 활성을 유지하는 미생물 선발이 또한 중요하다.

## (2) Indigo 환원 미생물 선발

실제 한국의 대청을 이용하여 "쪽"을 생산하는 현장 woad vat에서 고온성 혹은 고온 내성 미생물 중  $\beta$ -glucosidase를 갖는 미생물 선발.

청색의 불용성 indigo를 수용성 무색의 leuco-indigo를 만드는 고온성 미생물을 "쪽"을 생산하는 현장 woad vat에서 선발.

## (3) Indigo 환원 효율성 증대를 위한 생화학적 대사기작 연구 및 Indigo 생성 공정 응용

활성이 우수한 미생물을 분리하여 활성에 관계하는 생화학적 대사기작 규명.

분리된 미생물을 이용하여 woad ball에 적용하여 수용성으로 전환하는데 필요한 기타 화학적 환경 요인을 분석하여 미생물 활성을 최적화시키는 생성공정 조건 제시.

## 제4절 인디고 식물의 생리활성 및 항 아토피염 효과

### 1. 인디고 염료 항아토피 및 피부 항염 효능 평가

#### 가. 실험 방법

##### (1) 아토피 피부염 유발 모델

30마리의 5주령 암컷 BALB/c (5마리 씩 6 cage) 마우스를 구입하여, 실험을 하기 위해 일정한 온도( $23\pm 3^\circ$ ), 습도( $55\pm 15\%$ )로 하여 일반 동물실험 사육 환경 하에서 10일 동안의 적응기를 통해 실험을 실시하였다. 인위적인 알레르기성 접촉피부염을 유발시키기 위하여 DNCB (1-chloro-2,4-dinitrochlorobenzene, Sigma- Aldrich, USA)를 acetone과 olive oil이 4:1로 혼합된 용액에 1.0%로 희석하여 사용하였다. 10일간 사육환경에 적응시킨 mouse의 체모한 등 부분에 하루에 한 번씩 3일 동안 1% DNCB를 100ul를 도포하여 아토피 병변을 유발하였다. 그 후 1주일 동안 아무것도 처리 하지 않으며, 아토피성 피부염이 유발되었음을 확인하였다. sample 도포 전 피부 장벽을 파괴하기 위해 4% sodium dodecyl sulfate (SDS) 100ul를 도포한 후 준비된 sample indirubin 1ug/ml과 indirubin 100ug/ml 100uL를 도포하였다. 2차 감작은 0.5% DNCB 100μL를 일주일에 5번 도포로 2주간 실시되었다. 실험 목적에 따라 mouse를 희생하여 혈액, 피부를 적출하였다.

Adaptation	DNCB treatment	No Treatment	SDS+Sample+DNCB Treatment	Sacrifice
For 10 day	0-2 Day	3-7 Day	8-16 Day	On 17

↑  
On the following day  
(designated as day 0)

##### (2) 피부 조직 변화 관찰 (Histology를 통한 dermal, epidermal thickness 측정)

등 부분의 피부를 떼어내어 4% paraform-aldehyde에서 24시간 동안 포르말린에 고정하였다. 그 조직을 파라핀으로 포맷하였고, 5μm 두께로 block을 만들었다. 그 조직부분을 hematoxyline&eosin (H&E) 염색하였다. dermal, epidermal thickness를 측정하기 위하여 H&E 염색한 슬라이드를 광학현미경으로 x100, x200배율에서 ACT 프로그램을 이용하여 측정하였다.

### (3) IgE level 측정

Balb/c mouse의 눈에서 capillary 관을 이용하여 약 100 $\mu$ l의 혈액을 채혈한 후 원심분리기 6,500 rpm에서 30분간 원심분리한 뒤 30 $\mu$ l의 혈청을 분리하여 냉동(-70 $^{\circ}$ C)에서 보관하였다. 혈청 내 IgE 농도 측정은 enzyme-linked immuno-sorbent assay (ELISA)로 IgE 수준을 측정하였다. 각 well에 채혈한 혈청 5 $\mu$ l (1/10dilution)와 dilution buffer 45 $\mu$ l를 혼합하여 각 well에 분주하고, 2시간 동안 24 $^{\circ}$ C 실온에서 방치한 후 2회 washing 완충용액으로 세척한 다음 antibody biotin-IgE conjugated를 넣고 2시간 방치하였다. 다시 2회 수세 후 완충용액으로 세척한 다음 antibody Avidin-HRP conjugated 100 $\mu$ l를 처리하고 1시간 실온에서 방치한 후 다시 세척하였다. TMB 기질을 100 $\mu$ l씩 분주하고 암소에서 30분간 방치한 후 100 $\mu$ l stoppy 용액을 처리한 후 ELISA reader 450nm에서 흡광도를 측정하였다.

### (4) 피부 염증 mechanisma 확인 (NF- $\kappa$ B, ERK1/2, JNK, p38)

Mouse 피부 등 조직으로부터 피부 염증 단백질(NF- $\kappa$ B, I $\kappa$ B, ERK1/2, JNK, p38)의 발현을 분석하기 위하여 Western blot을 사용하였다. mouse 피부 등 조직은 150 mM NaCl, 1% NP-40, 50 mM Tris-Cl (pH 7.4), 2 mM Na<sub>3</sub>VO<sub>4</sub>, 2 mM Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, 50 mM NaF, 2 mM EDTA (pH 7.4)와 NP-40 lysis buffer를 이용하여 총 단백질을 추출하였다. 추출한 단백질은 Dc Protein assay kit (Bio-Rad Laboratories, USA)를 이용하여 30 mg씩 같은 양을 정량하여 실험에 사용하였고 SDS 12%-polyacrylamide 겔을 이용 전기영동을 통해 단백질을 분리했다.

분리한 단백질은 nitrocellulose 막으로 이동시킨 후, 5% skim milk in TBS-T를 이용하여 blocking시켰고 TBS-T로 15분간 3번 세척 후, anti-rabbit  $\beta$ -actin, NF- $\kappa$ B, I $\kappa$ B, ERK1/2, JNK, p38 항체(Cell signaling, USA)를 TBS-T에 1:1,000으로 희석하여 넣고 4 $^{\circ}$ C에서 overnight binding시켰다. TBS-T로 15분간 3번 세척하고 HRP (horseradish-peroxidase)가 붙어있는 goat-anti-rabbit 2차 항체 (Santa cruz biotechnology Inc, USA)를 TBS-T에 1:1,000으로 희석하여 넣고 실온에서 1시간 동안 처리한 후 ECL kit를 이용하여 LAS Image Gauge 프로그램을 이용하여 anti-mouse  $\beta$ -actin 항체(Santa cruz biotechnology Inc, USA) 밴드를 대조군으로 하여 각 밴드의 밀도를 측정하여 정량하였다.

## 나. 실험 결과

### (1) Histology

DNCB를 투여하여 아토피가 유발된 마우스 모델에서 indirubin 1 $\mu$ g/ml, 100 $\mu$ g/ml의 dermal, epidermal thickness 측정

○ H&E staining 및 피부 두께 측정

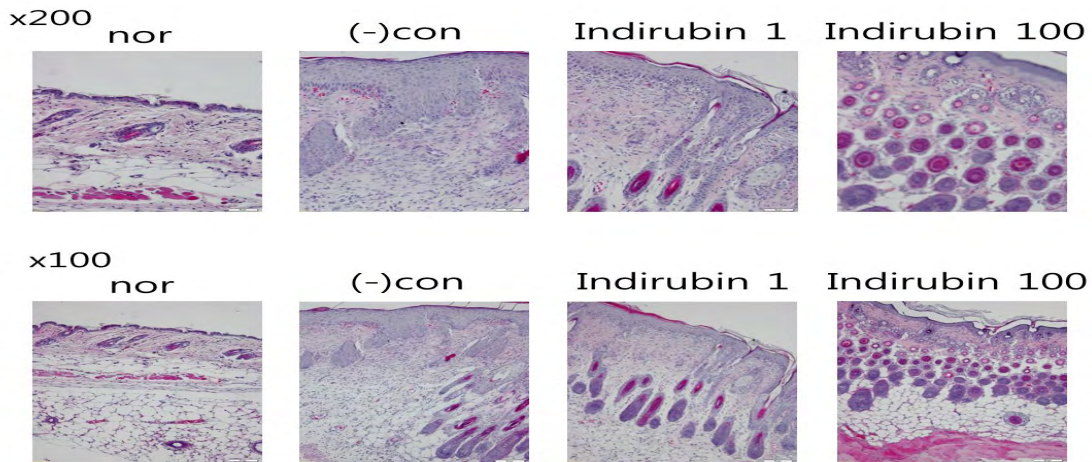


그림 3-39. H&E 염색 사진

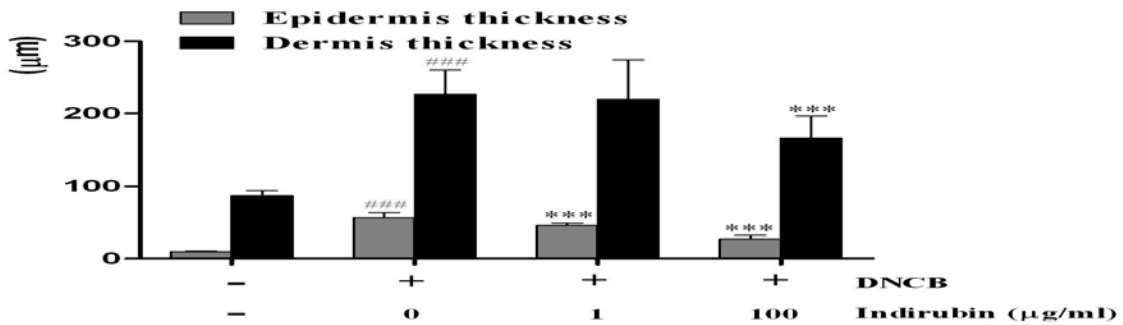


그림 3-40. indirubin의 epidermis, dermis thickness

- DNCB를 투여하여 아토피를 유발시킨 아토피 마우스 모델에서 indirubin을 투여했을 때의 histology (H&E 염색) 사진을 확인하고, epidermis thickness와 dermis thickness를 잰다.
- indirubin 1µg/ml과 100µg/ml을 투여한 군 모두에서 epidermis thickness가 유의성 있게 감소됐다.
- indirubin 1µg/ml에서는 dermis thickness가 크게 변화가 없었으나 100µg/ml을 투여한 군에서는 dermis thickness가 유의성 있게 감소됐다.

(2) IgE level

DNCB를 투여하여 아토피가 유발된 마우스 모델에서 indirubin 1µg/ml, 100µg/ml sample이 serum에서 IgE level에 미치는 항염증 효과 측정

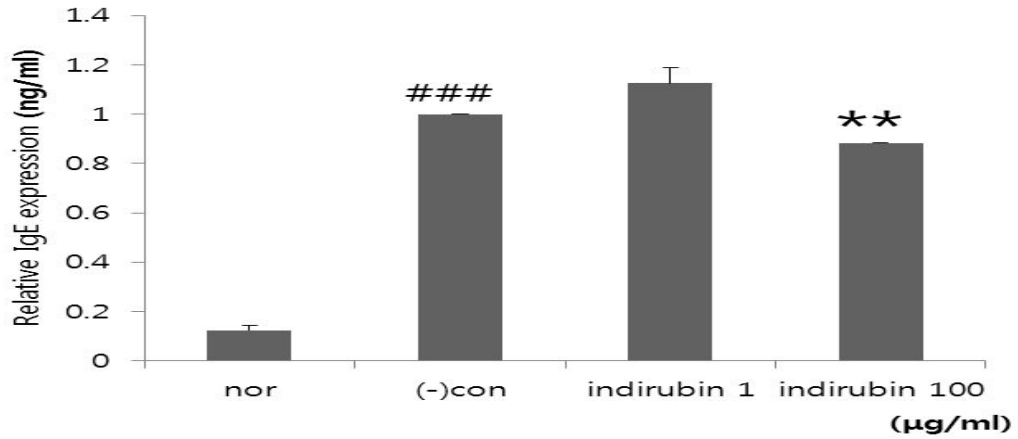


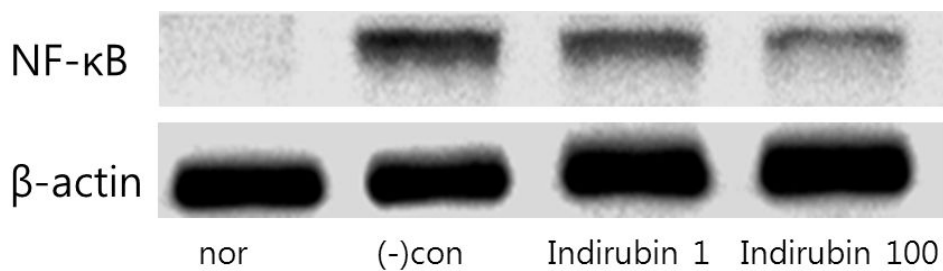
그림 3-41. indirubin의 IgE level

- DNCB를 투여하여 아토피를 유발시킨 아토피 마우스 모델에서 indirubin을 투여했을 때의 mouse IgE level을 확인한다.
- indirubin 1µg/ml에서는 IgE level에 영향을 주지 못했으나, 100µg/ml을 투여한 군에서는 IgE가 유의성 있게 감소했다.

### (3) 피부 염증 mechanism 확인(NF-κB, ERK1/2, JNK, p38)

DNCB를 투여하여 아토피가 유발된 마우스 모델에서 indirubin 1µg/ml, 100µg/ml sample이 protein level에서 피부 염증 mechanism (NF-κB, ERK1/2, JNK, p38) 확인

(가) 피부 염증 단백질 NF-κB의 발현 확인을 통한 indirubin의 항염증 효과



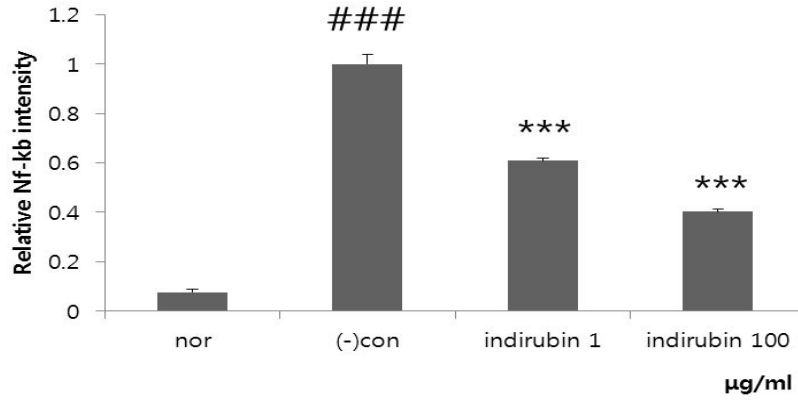
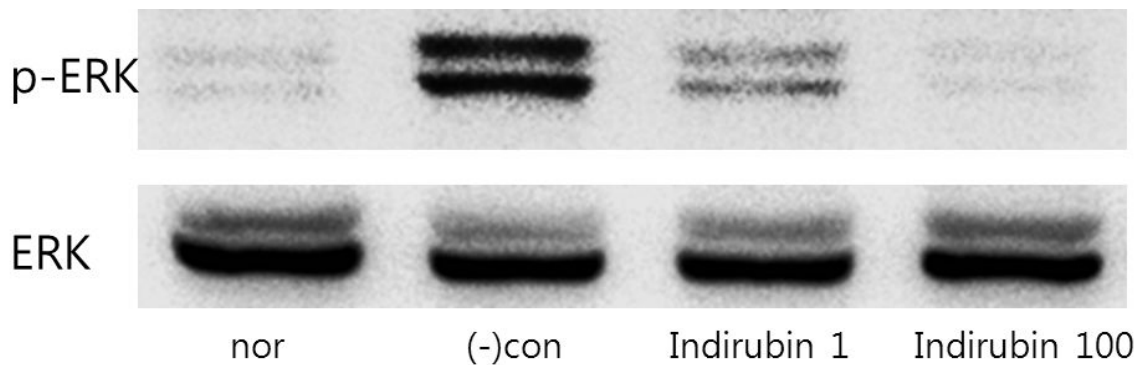


그림 3-42. indirubin의 NF-κB 발현

- DNCB를 투여하여 아토피를 유발시킨 아토피 마우스 모델에서 indirubin을 투여했을 때의 protein level에서 피부 염증 단백질인 NF-κB에 미치는 항염증 효과를 측정한다.
- indirubin 1µg/ml, indirubin 100µg/ml을 처리한 군 모두에서 NF-κB의 발현을 농도 의존적으로 유의성 있게 감소시켰다.

(나) 피부 염증 단백질 ERK1/2의 발현 확인을 통한 indirubin의 항염증 효과



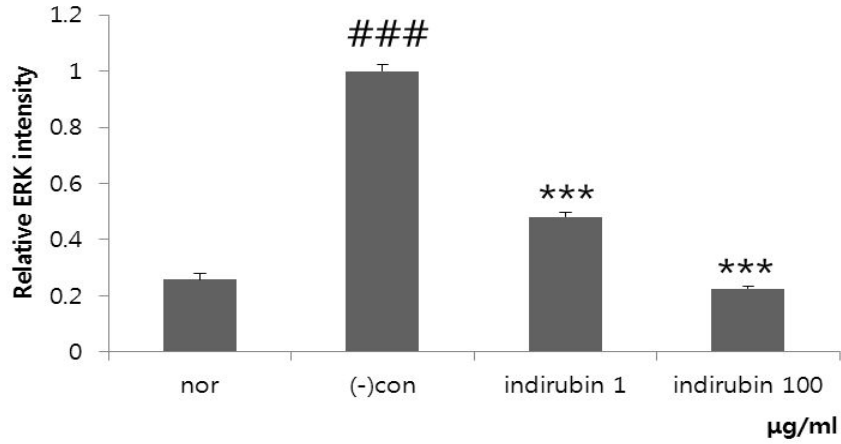


그림 3-43. indirubin의 ERK1/2 발현

- DNCB를 투여하여 아토피를 유발시킨 아토피 마우스 모델에서 indirubin을 투여했을 때의 protein level에서 피부 염증 단백질 ERK1/2에 미치는 항염증 효과를 측정한다.
- indirubin 1µg/ml, indirubin 100µg/ml을 처리한 군 모두에서 ERK1/2의 발현을 농도 의존적으로 유의성 있게 감소시켰다.

(다) 피부 염증 단백질 JNK의 발현 확인을 통한 indirubin의 항염증 효과

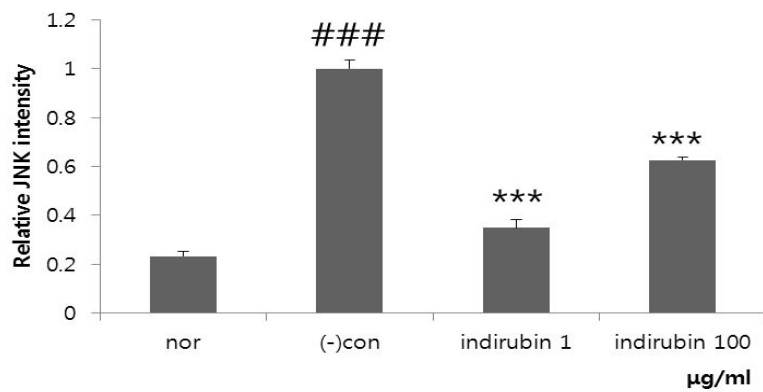
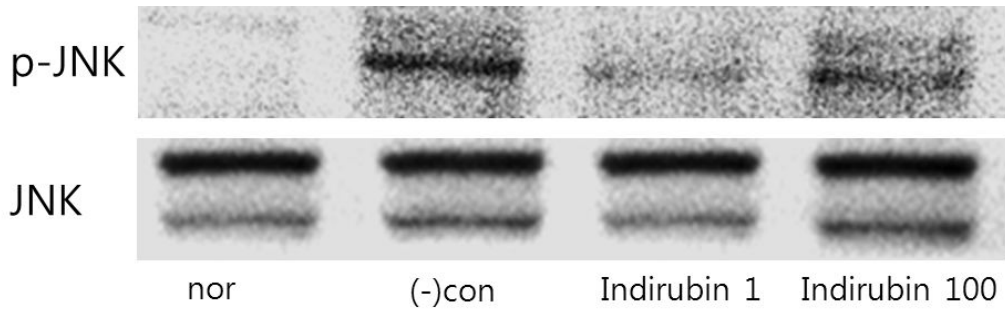


그림 3-44. indirubin의 JNK 발현

- DNCB를 투여하여 아토피를 유발시킨 아토피 마우스 모델에서 indirubin을 투여했을 때의 protein level에서 피부 염증 단백질 JNK에 미치는 항염증 효과를 측정한다.
- indirubin 1 $\mu$ g/ml, indirubin 100 $\mu$ g/ml을 처리한 군 모두에서 JNK의 발현을 유의성 있게 감소시켰다.
- 그러나 indirubin 100 $\mu$ g/ml 농도에서 보다 indirubin 1 $\mu$ g/ml 농도에서 JNK의 발현을 더 많이 감소시켰다.

(라) 피부 염증 단백질 p38의 발현 확인을 통한 indirubin의 항염증 효과

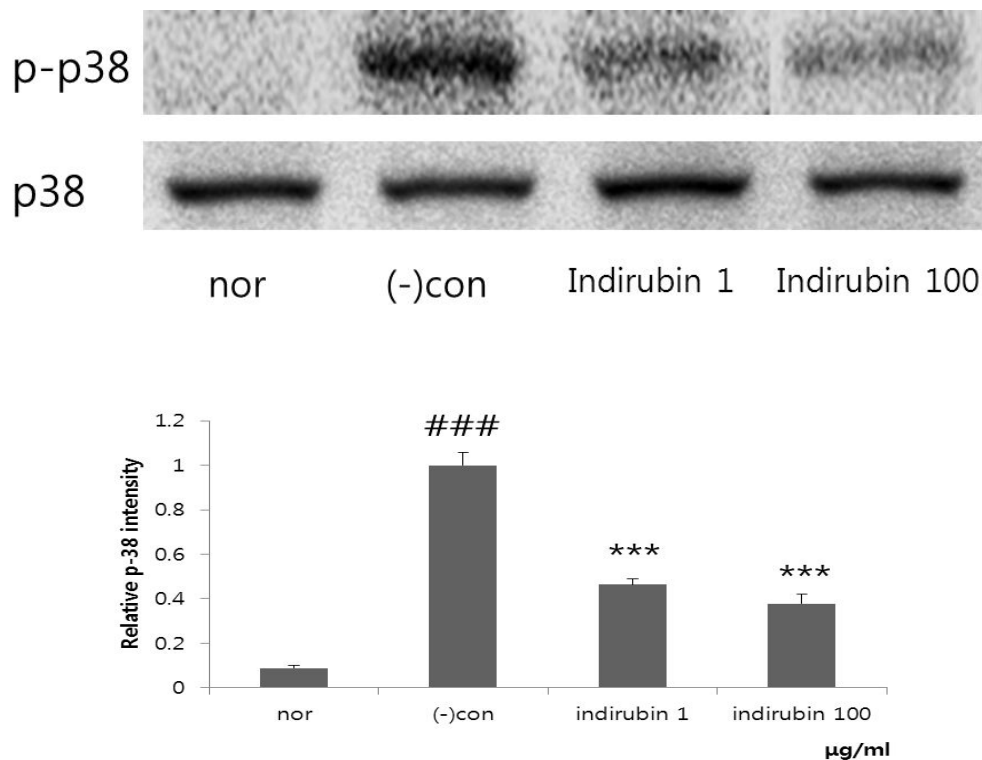


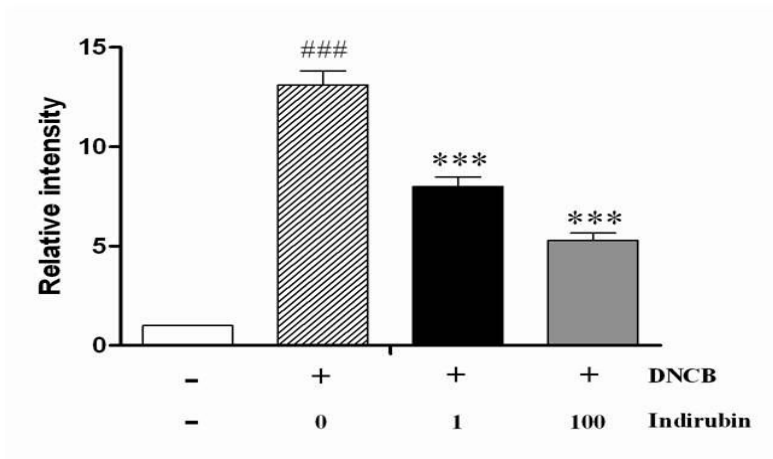
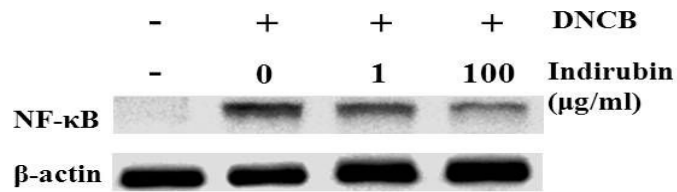
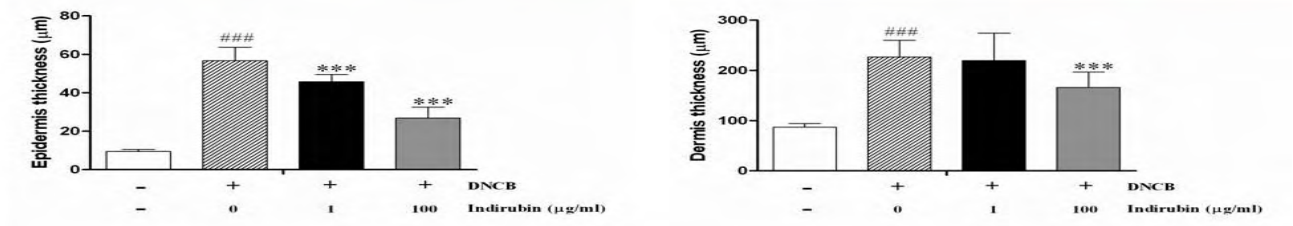
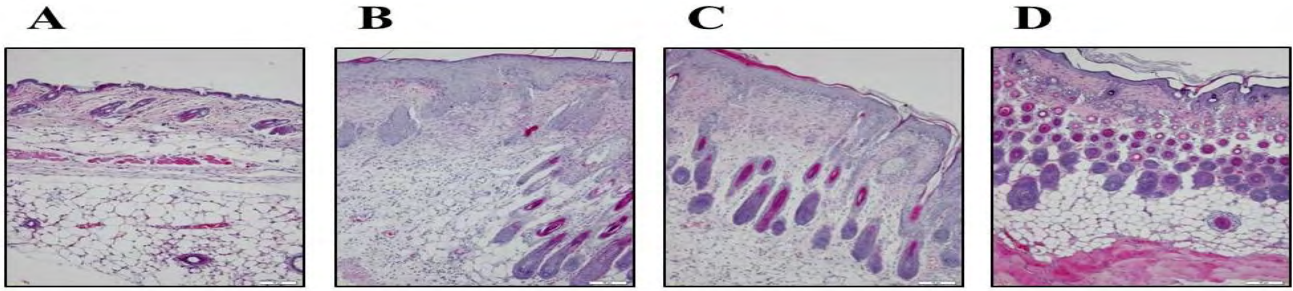
그림 3-45. indirubin의 p38 발현

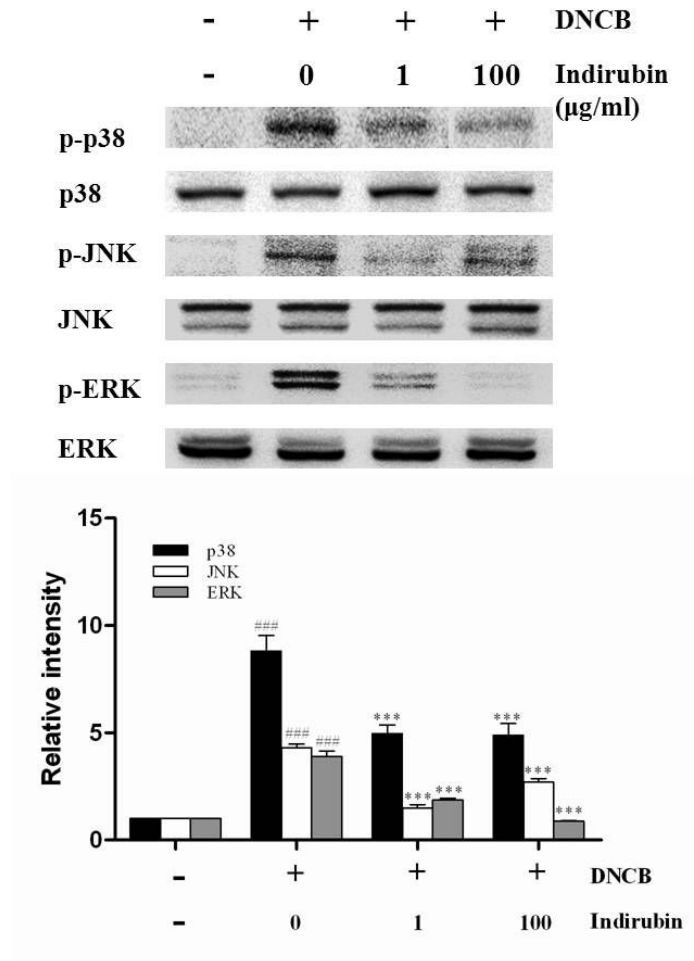
- DNCB를 투여하여 아토피를 유발시킨 아토피 마우스 모델에서 indirubin을 투여했을 때의 protein level에서 피부 염증 단백질 p38에 미치는 항염증 효과를 측정한다.
- indirubin 1 $\mu$ g/ml, indirubin 100 $\mu$ g/ml을 처리한 군 모두에서 p38의 발현을 농도 의존적으로 유의성 있게 감소시켰다.

## 라. 성과

- 인디고 주요 성분인 Indirubin의 피부 항염 효능 확인
- 향후 인디고 추출물의 피부 항염 효능 평가 근거 기반 마련 (3차년도)
- 현재 SCI 저널 논문 1편 투고중







## 2. 대청 추출물의 항산화 효소 활성화 및 항균 효과

### 가. 서론

대청(*Isatis indigotica L.*)은 십자화과 2년 생 초본으로 승람(靑藍)으로도 불리는 염료식물이며, 우리나라 함경남도 원산, 함경북도 성진과 일본 등지에도 자생하나 유럽에서 청색 염료로 많이 이용되기 때문에 유럽 쪽(藍)으로도 불린다(Heo *et al.*, 2011). 대청은 염료식물뿐만 아니라 약용식물로도 알려져 있는데, 대청에서 분리한 alkaloid C-glycoside는 백혈병과 인간 간암 세포에 효과가 있다(Wu *et al.*, 2001)고 보고되었다. 대청 잎 추출물은 뇌염 바이러스, 홍역 바이러스 및 인플루엔자 바이러스 등에 대하여 억제 작용이 있고, 관절염에 대한 항염증 효과가 있다(Hamburger, 2003). 대청의 뿌리 추출물은 방사선에 의한 점막 손상을 감소시키는 항염증 효과를 가지고 있으며, 인디루빈(indirubin) 성분이 방사능 점막증과 식욕 부진증의 향상에 도움을 줄 수 있는 약물학적인 역할을 한다(You *et al.*, 2009). 또한 대청은 중국의 전통적인 약

용식물로서 항균, 항바이러스, 항내독소, 해열, 면역조절 및 항종양 작용이 있다(Heo *et al.*, 2011). 이와 같이 대청의 약리적 효능에 대해서는 많은 연구가 이루어졌지만, 세포내 지질의 과산화 및 DNA와 단백질의 산화에 영향을 미치는 항산화 효과(Matthew and Gri, 2004; Vergani *et al.*, 2004)에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 한편, 대부분의 호기성 생물은 각종 스트레스를 받으면 산소분자의 감소는 superoxide anion radicals, singlet oxygen, hydrogen peroxide, hydroxyl peroxide, hydroxyl radical과 같은 독성이 높은 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)을 생성시키며(Allen, 1995), 생물들은 이런 독성으로부터 자신을 보호하기 위하여 방어물질인 ascorbate peroxidase(APX), superoxide dismutase(SOD), catalase(CAT), peroxidase(POD) 등의 항산화 효소와 ascorbic acid, glutathione, carotenoid 등의 항산화 물질을 생성시킨다(Jeong, 2001; Yang *et al.*, 2011). 이러한 항산화 효소들은 세포막의 지질 과산화 손상, sulfhydryl-함유 효소의 불활성화, 구성 단백질의 교차결합 등을 일으키는 활성산소종을 불활성화 시키거나 제거함으로써 항산화 작용을 하게 된다(Bradford, 1976). 따라서 본 연구는 유용한 자생식물이면서 약용식물인 대청의 항산화효소 활성과 항균 활성 등의 생리 기능적 효능을 검증함으로써 향후 그 이용성을 확대하고자 하는 목적에서 수행하였다.

## 나. 재료 및 방법

### (1) 시료

본 실험의 시료인 대청(*Isatis tinctoria*)은 종자를 2010년 8월 20일 전남 나주시 회진리에 파종하여 재배한 후 2011년 5월 20일에 수확하여 사용하였다. 수확한 시료는 2시간 이내에 부위별로 2 cm 미만 크기로 잘게 자른 다음 용매별로 추출하였다. 에탄올 및 메탄올 추출은 각각 시료 500g에 대해 예비 실험에서 효과가 높은 농도인 메탄올 99.5% 및 에탄올 99.5% 액 3 L를 첨가하여 상온에서 24시간 동안 추출하였다. 증류수 3 L에 잘게 조제한 대청 부위별로 500 g을 넣은 다음 100°C에서 30분간 추출하였다. 추출물은 60°C에서 3시간 동안 환류냉각 추출을 3회 반복하여 냉각한 다음 매회 여과한 여액을 혼합하고 회전진공농축기로 농축한 것을 동결건조(Freeze dryer, Samwon Co. Korea) 후 분말화하여 시료로 사용하였다. 이러한 분말시료 추출액을 여과지(Whatman No. 2)로 여과한 후 1,000 mg/L 농도로 희석하여 항산화효소 활성 및 항균성 검정에 사용하였다.

### (2) 항산화 효소 활성

#### ○ 효소액 조제

농축액을 100 mM K-PO<sub>4</sub> buffer(pH 7.5)에 2 mM EDTA, 1% PVP, 1 mM PMSF가 포함되도록 만든 용액으로 균질화하여, 4°C에서 15,000 g의 속도로 20분간 원심 분리한 다음 취한 상

징액을 대상으로 항산화효소의 활성을 측정하였다. APX(Ascorbate peroxidase)의 경우 extraction buffer에 위의 조성액에 10 mM를 첨가하여 사용하였다. 단백질 정량은 BSA를 표준물질로 사용하여 Bradford(1976) 방법에 따라 측정하였다.

#### ○ Ascorbate peroxidase(APX)

APX 활성은 Mittler and Zilinskas(1993) 방법을 응용하여 실시하였다. 즉, 100 mM K-PO<sub>4</sub> buffer(pH 7.5), 0.5 mM ascorbate, 0.2 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 가 되도록 Assay mixture를 만든 후 시료와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>을 혼합하여 5분간 반응시킨 다음 spectrophotometer를 이용해서 290 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 1분간 산화된 1 μmole의 ascorbate를 1 unit로 하여 단백질 1 mg당 Unit로 표시하였다(Unit/ mg protein).

#### ○ Catalase(CAT)

CAT 활성은 Aebi(1974)의 방법을 응용하여 측정하였다. 최종농도가 50 mM K-PO<sub>4</sub> buffer(pH 7.0), 11 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>가 되도록 Assay mixture를 만든 후 시료와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>을 혼합하고, 240 nm 흡광도에서 1분간 소거된 1 μmole의 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 1 unit로 하여 단백질 1 mg당 Unit로 표시하였다(Unit/ mg protein).

#### ○ Peroxidase(POD)

POD 활성은 Putter(1974) 방법을 응용하여 측정하였다. 최종농도가 40 mM K-PO<sub>4</sub> buffer(pH 6.9), 1.5 mM guaiacol, 6.5 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>가 되도록 Assay mixture를 만든 후 시료와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 혼합하여 1분간 반응시킨 다음 spectrophotometer를 이용해서 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. 1 μmole의 tetraguaiacol 형성을 1 unit로 하여 단백질 1 mg당 Unit로 표시 하였다 (Unit/ mg protein).

#### ○ Superoxide dismutase(SOD)

SOD 활성은 분석용 Kit(SOD Assay Kit-WST, Sigma-Aldrich, Switzerland)를 사용하여 측정 하였다. 즉, SOD의 효소활성이 NBT(Nitroblue tetrazolium) 환원을 저해하는 능력을 검정 하는 photochemical NBT method를 사용하였다. 반응액은 50 mM carbonic buffer(pH 10.2)(Boo *et al.*, 2011), 0.1 mM EDA 0.1 mM Xanthin, 0.025 mM NBT로 하였으며, NBT 환원 저해율을 흡광도 450 nm에서 측정하였고, 다음 계산식에 의해 환산하였다. SOD활성(NBT 환원 저해율, %) = [(A<sub>blank1</sub>-A<sub>blank3</sub>)-(A<sub>s\_ample</sub>-A<sub>blank2</sub>)] / (A<sub>blank 1</sub>-A<sub>blank3</sub>)x100

### (3) 항균활성

#### ○ 공시균주 및 균 배양

균주는 *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica*, *Vibrio parahaemolyticus*을 사용하였다. 각 균주 배양은 공시균주의 활성화를 위하여 nutrient broth(NB)에 1 백금이씩 접종한 후 35°C에서 24시간 배양하였다.

#### ○ 항균활성 검정

항균활성은 균액을 4-5 mm 두께가 되도록 분주한 nutrient agar(NA) 평판배지에 0.1 mL씩 주입하여 균일하게 도말하고, 멸균 paper disk(Ø8 mm, Toyo Roshi Kaisha)에 추출액을 1,000 mg/L 액이 되도록 만든 용액을 50 µL/disk를 흡수시킨 다음 35°C에서 24시간 동안 배양한 후 paper disk 주위의 clear zone의 전체 직경 [(mm)-paper disk(Ø8 mm)]을 측정하였다.

#### (4) 통계처리

○ 각 조사항목 분석은 3-5반복으로 하였으며, 통계처리는 SAS 프로그램의 분산분석(ANOVA)을 실시하여 Duncan's multiple range test로 5% 유의 수준에서 시료간의 유의성을 검정하였다.

### 다. 결과 및 고찰

#### (1) 항산화 효소 활성

대청의 부위별 추출물의 APX 활성을 검정한 결과 메탄올 용매에서는 잎 추출물이 1133.7(Unit/ mg protein)로, 에탄올과 증류수 용매에서는 줄기 추출물에서 각각 1601.7 및 524.3으로 가장 높았다(Table 1). 용매별로 보면, 잎의 메탄올 추출물을 제외하고는 에탄올 추출물에서 상대적으로 APX 활성이 높았으며, 다음으로 메탄올 추출물, 증류수 추출물 순으로 나타났다. 또한 부위별 결과를 보면, 꽃에서는 에탄올 추출물이 1049.8(Unit/ mg protein)로 가장 높았고, 잎에서는 메탄올 추출물이 1133.7로, 줄기에서는 에탄올 추출물이 1601.7로, 그리고 뿌리에서는 에탄올 추출물이 627.5로 가장 높은 활성을 보였다. 이와 같이 대청의 APX 활성은 추출용매 종류 및 부위에 따라 각각 다른 결과를 나타냈다. APX는 엽록체, 미토콘드리아, 세포질 및 세포벽에 존재하고, ascorbate를 산화시킴으로써 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 불 활성화시키고(Kang *et al.*, 2003), 생체 내에서 활성 산소로부터 생체를 보호하는 작용을 함으로써 각종 성인병 예방 및 항암, 항노화 기능을 수행하므로(Boo *et al.*, 2011) 활성이 높을수록 좋다. 이러한 측면에서 본 연구에서 나타난 대청 추출물물의 APX 활성은 뽕잎, 오디, 파프리카 등을 소재로 한 다른 연구결과(Boo *et al.*, 2011)와 비교해 볼 때 매우 높은 것으로 판단되며, 향후 이를 이용한 고부가가치 향장제품 및 기능성 식품 개발의 첨가 소재로서 유용하게 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 11. APX(ascorbate peroxidase) activity of *Isatis tinctoria* extract

Plant parts	APX activity (Unit/ mg protein)		
	Methanol	Ethanol	Distilled water
Flower	458.6±125.0 b <sup>z</sup>	1,049.8±155.3 a	243.8± 40.8 c
Leaves	1,133.7±157.6 a	816.4± 97.2 b	247.4± 97.7 c
Stem	515.7± 46.7 b	1,601.7±127.6 a	524.3±108.1 b
Root	278.8± 66.3 c	627.5±129.6 a	403.9± 30.9 b

<sup>z</sup>Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

대청 부위별 추출물의 CAT 활성을 검정한 결과 메탄올 용매에서는 잎 추출물에서 120.8(Unit/ mg protein)로, 에탄올과 증류수 용매에서는 꽃 추출물에서 각각 177.1 및 55.4로 가장 높았다(Table 12). 각 부위별로 보면 꽃은 에탄올 추출물에서 177.1(Unit/ mg protein)로, 잎은 메탄올 추출물에서 120.8로, 줄기는 메탄올 추출물에서 120.5로, 그리고 뿌리는 에탄올 추출물에서 41.1로 가장 높게 나타났다. 또한 용매별로 보면 부위별로 다소 차이는 있지만 증류수 추출물보다는 메탄올과 에탄올 추출물에서 상대적으로 높은 CAT 활성을 보였다. 즉, CAT는 생체내의 유해 산소들을 신속히 처리하여 세포를 보호하는 항산화계 효소로 APX와 함께 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 분해 소거하는 대표적인 효소인데(Ryu and Kwon, 2008), 본 연구 결과에서는 꽃, 잎, 줄기의 메탄올과 에탄올 추출물에서 높은 경향을 나타내었으며, 활성이 가장 낮은 뿌리 증류수 추출물의 활성은 20.0(Unit/ mg protein)이었는데, 이는 다양한 식물유래 천연색소의 CAT 활성 분석에서 뽕잎이 17.7(Unit/mg protein)로 가장 높았다는 연구 결과(Boo *et al.*, 2011)와 비교해 볼 때 대청의 CAT 활성은 매우 높음을 알 수 있다.

Table 12. CAT(catalase) activity of *Isatis tinctoria* extract

Plant parts	CAT activity (Unit/ mg protein)		
	Methanol	Ethanol	Distilled water
Flower	84.4±10.8 b <sup>z</sup>	177.1±4.2 a	55.4±10.3 c
Leaves	120.8± 8.5 a	116.6±8.8 a	49.3±10.2 b
Stem	120.5±22.1 a	48.2±4.2 b	51.1±11.3 b
Root	37.2± 7.9 a	41.1±5.7 a	20.0± 7.6 b

<sup>z</sup>Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

대청 부위별 추출물의 POD(Ascorbate Peroxidase) 활성을 검정한 결과 메탄올 용매에서는 꽃 추출물이 14.6(Unit/ mg protein)으로, 에탄올 용매에서는 꽃 추출물에서 27.1로, 증류수 용매에서는 줄기 추출물에서 10.4로 가장 높았다(Table 13). 부위별로는 꽃의 경우 에탄올 추출물에서 27.1로, 잎은 메탄올 추출물에서 13.3으로, 줄기는 에탄올 추출물에서 11.5로, 뿌리는 메탄올 추출물에서 9.7로 가장 높게 나타났다. 따라서 SOD에 의해 생성된 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 기질로 이용하여 O<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O로 대사시키는 효소 중의 하나인 POD(Jeong *et al.*, 2001)의 이용성 측면에서 볼 때 각 부위별로 추출용매를 달리한 최적의 추출조건을 확립하여 소재의 효용성을 높이는 것이 좋을 것으로 사료된다.

Table 13. POD(ascorbate peroxidase) activity of *Isatis tinctoria* extract

Plant parts	POX activity (Unit/ mg protein)		
	Methanol	Ethanol	Distilled water
Flower	14.6±2.3 b <sup>z</sup>	27.1±3.2 a	2.2±0.0 c
Leaves	13.3±0.3 a	5.9±0.1 b	3.6±0.9 c
Stem	9.6±0.2 c	11.5±0.4 a	10.4±0.2 b
Root	9.7±1.9 a	6.5±2.3 b	8.9±0.8 a

<sup>z</sup>Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

대청의 부위별 추출물의 SOD 활성을 검정한 결과 메탄올 용매에서는 꽃 추출물에서 80.1%로, 에탄올 용매에서는 뿌리 추출물에서는 75.5%로, 증류수 용매에서는 뿌리 추출물에서 90.8%로 가장 높았다(Table 14). 부위별로는 꽃의 경우 에탄올 추출물에서 80.1%로, 잎은 증류수 추출물에서 12.3%로, 줄기는 에탄올 추출물에서 58.8%로, 뿌리는 메탄올 추출물에서 90.8%로 가장 높게 나타났다. 이 중 뿌리의 증류수 추출물(90.8%)과 꽃의 메탄올 추출물(80.1%)은 식물유래 천연색소의 SOD 활성을 분석한 결과(Boo *et al.*, 2011)에서 활성이 높게 나타난 여주(87.8%), 흑미(87.0%), 포도과피(83.2%)와 유사한 결과를 나타냈다. SOD는 세포내 호흡작용의 부산물로써 생성되는 superoxide anion을 과산화수소로 전환시키며(Fridovich, 1989), 이렇게 생성된 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 CAT와 peroxidase가 몰로 전환되어 독성을 상실하게 된다(Yu *et al.*, 2005)는 점에서 증류수 추출만으로도 SOD 활성이 높게 나타난 대청 뿌리는 향후 노화의 예방 및 억제 측면에서 유용하게 활용할 소재가 될 수 있을 것으로 생각된다.

Table 14. SOD activity of *Isatis tinctoria* extract

Plant parts	SOD activity (inhibition rate %)		
	Methanol	Ethanol	Distilled water
Flower	80.1±16.5 a <sup>z</sup>	30.9±9.7 c	55.0±10.8 b
Leaves	7.0± 1.6 b	8.8±1.2 b	12.3± 1.9 a
Stem	44.6±10.7 a	58.8±8.6 a	58.0±13.8 a
Root	69.3± 9.9 c	75.5±7.5 b	90.8± 2.6 a

<sup>z</sup>Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

## (2) 항균효과

메탄올, 에탄올 및 증류수를 용매로 한 대청의 각 부위별(꽃, 잎, 줄기 및 뿌리) 추출물의 *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica*, *Vibrio parahaemolyticus*에 대한 항균활성을 조사한 결과, 꽃 추출물은 용매 종류에 관계없이 *Vibrio parahaemolyticus*에 대해서만 항균 활성을 보였으며, 그 저해환 직경은 4.5-7.0 mm를 나타냈다(Table 15). 잎 추출물에서는 모든 추출용매에서 *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* 균에 대해 모두 항균 활성을 나타냈으며, 특히 증류수 추출물은 *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*에 대해 저해환 직경이 각각 30.0 mm, 24.0 mm로 높은 항균성을 나타냈다. 또한 메탄올 추출물은 *Salmonella enterica*에 대해 활성억제 효과를 나타냈지만 저해환 직경은 2.5 mm에 불과하였다. 그리고 줄기에서는 메탄올을 용매로 한 추출물의 경우 *Escherichia coli*와 *Staphylococcus aureus*에 대한 저해환 직경이 각각 8.0, 7.5 mm로 나타났으며, 증류수 추출물은 *Staphylococcus aureus*에 대해 5.0mm의 저해환 직경을 나타냈다. 뿌리 추출물의 경우 *Staphylococcus aureus* 균에서는 모든 추출용매에서 저해환 직경이 3.5-9.0 mm로 나타났으며, *Bacillus subtilis* 균은 메탄올과 에탄올추출물 모두에서 3.5mm 이하, 그리고 *Escherichia coli* 균도 메탄올 추출물에서 저해환 직경이 3.5 mm 이하의 항균활성을 보였다. 한편, 항산화 효과는 항균활성과 밀접한 관련이 있다(Cha and Cho, 2001)는 보고가 있으나 본 연구에서는 특정의 부위 및 용매에 따른 항산화 효소활성과 항균성과의 상관성은 명확하지 않았다.



Table 15. Effect of 1,000 mg/L *Isatis tinctoria* extract on the antimicrobial activity

Plant parts	Strains	Inhibition dia. (mm)		
		Methanol	Ethanol	Distilled water
Flower	<i>Bacillus subtilis</i>	-	-	-
	<i>Escherichia coli</i>	-	-	-
	<i>Staphylococcus aureus</i>	-	-	-
	<i>Salmonella enterica</i>	-	-	-
	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	4.5±0.9 b <sup>z</sup>	7.0±1.0 a	7.0±0.3 a
Leaves	<i>Bacillus subtilis</i>	3.0±0.7 b	2.5±0.2 b	30.0±2.1 a
	<i>Escherichia coli</i>	12.0±1.3 b	11.0±1.2 b	24.0±2.2 a
	<i>Staphylococcus aureus</i>	15.0±1.9 a	8.5±0.2 c	11.5±1.1 b
	<i>Salmonella enterica</i>	2.5±0.2	-	-
	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	-	-	-
Stem	<i>Bacillus subtilis</i>	-	-	-
	<i>Escherichia coli</i>	8.0±1.0	-	-
	<i>Staphylococcus aureus</i>	7.5±0.4 a	-	5.0±0.2 b
	<i>Salmonella enterica</i>	-	-	-
	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	-	-	-
Root	<i>Bacillus subtilis</i>	3.5±0.2 a	2.5±0.2 b	-
	<i>Escherichia coli</i>	3.5±0.2	-	-
	<i>Staphylococcus aureus</i>	9.0±0.6 a	3.5±0.1 c	7.0±0.3 b
	<i>Salmonella enterica</i>	-	-	-
	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	-	-	-

<sup>z</sup>Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

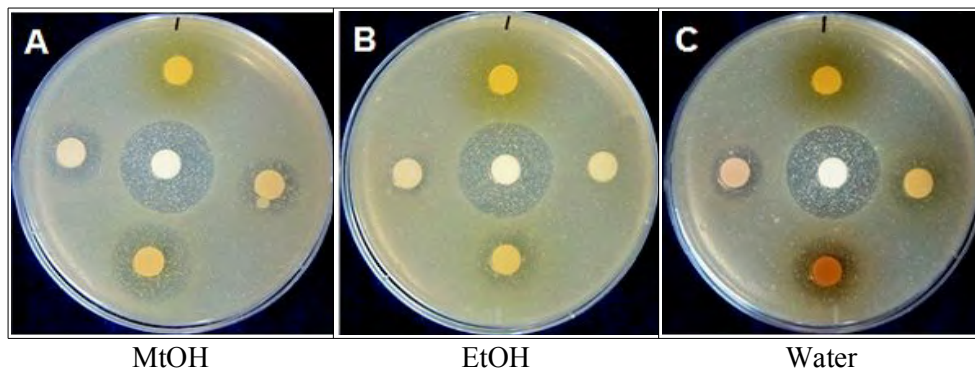


Fig. 51. Antimicrobial activity, inhibition diameter of *Isatis tinctoria* extract against *Staphylococcus aureus* (from the top right-handed; flower, stem, leaves and root).

### 라. 적요

대청의 이용성 향상을 위한 자료 확보 측면에서 식물체 부위 및 추출 용매별에 따른 항산화 효소 활성 및 항균효과를 조사하였다. APX(Ascorbate Peroxidase) 활성은 줄기의 에탄올 추출물, 잎의 메탄올 추출물, 잎의 증류수의 추출물 순으로 높아 각각 1601.7, 1133.7 및 524.3(Unit/mg protein)을 나타냈다. CAT(Catalase) 활성은 꽃의 에탄올 추출물, 잎의 메탄올 추출물, 꽃의 증류수 추출물 순으로 높았는데, 각각 177.1, 120.8 및 55.4(Unit/ mg protein)를 나타냈다.

POD(Ascorbate Peroxidase) 활성은 꽃의 에탄올 추출물, 꽃의 메탄올 추출물, 줄기의 증류수 추출물 순으로 높았으며, 각각 27.1, 14.6 및 10.4(Unit/ mg protein)를 나타냈다. SOD(superoxide dismutase) 활성은 뿌리의 증류수 추출물, 꽃의 메탄올 추출물, 뿌리의 에탄올 추출물 순으로 높았으며, 각각 90.8, 80.1, 75.5%를 나타냈다. 대청의 꽃 추출물은 *Vibrio parahaemolyticus*에 대해서만, 뿌리는 *Staphylococcus aureus*에 대해서만, 줄기 추출물은 *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*에 대해서만 용매에 관계없이 항균 활성을 나타냈다. 특히 대청 잎의 증류수 추출물은 *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*에 대해 높은 항균활성을 나타내어 저해환 직경이 각각 30.0 및 24.0 mm이었다. 이와 같은 결과는 약용식물로서 대청의 가치가 높음을 시사해 주었다.

### 3. 쪽 부위별 추출물의 항암효과

#### 가. 재료 및 방법

##### (1) 세포주 및 세포 배양

본 실험에 이용한 각 세포의 배양은 10% FBS와 1% penicillin/streptomycin(100U/mL)을 첨가하여 세포주 종류에 따라 DMEM(Dulbecco's Modified Eagle's Medium), RPMI-1640, MEM(Minimum Essential Medium) 등의 배지를 사용하였고, 37°C의 5% CO<sub>2</sub> incubator(MCO-17 AIC, Sanyo, Tokyo, Japan)에 적응시켜 계대 배양하였다.

##### (2) MTT assay에 의한 세포독성 측정

실험에 이용한 세포주는 인체암세포주인 대장암세포(HCT-116), 자궁경부암세포(Hela), 간암세포(Hep3B), 유방암세포(MCF-7), 후두암세포(SNU-1066), 위암세포(SNU-601) 등을 사용하였고, 시료 자체의 세포독성을 알아보기 위한 정상세포는 인간 신장세포인 HEK 293을 사용하였다. 각 세포주 cell을 96 well plate에  $2 \times 10^4$  cells/well이 되게 0.18 mL 분주하고, 시료를 농도별로 조제하여 0.02 mL 첨가한 후, 37°C, 5% CO<sub>2</sub> incubator(MCO-17 AIC, Sanyo, Tokyo, Japan)에서 24시간 배양하였다. 여기에 5 mg/mL 농도로 제조한 MTT(3-(4,5-dimethyl-2-thiazolyl)-2,5-diphenyl-2H-tetrazoliumbromide, Sigma, MO, USA) 용액 0.02 mL를 첨가하여 4시간 배양한 후 배양액을 제거하고, 각 cell 당 DMSO(Dimethyl sulfoxide, Sigma, MO, USA) 0.15 mL를 가하여 실온에서 30분간 반응시킨 후, ELISA reader(BioRad, USA)로 540nm에서 흡광도를 측정하였다. 세포독성 측정은 시료 용액의 첨가군과 무첨가군의 흡광도 감소율로 나타내었다.

## 나. 결과 및 고찰

### (1) 꽃 추출물의 항암효과

쪽의 꽃 추출물에 대한 암세포의 생존율을 조사한 결과 증류수 추출물에서는 HEK-293 세포주에 대해 가장 효과적이어서 50mg/L 일 때 생존율은 57.3%였으며, 200mg/L 일 때는 35.3%, 800mg/L 일 때는 17.6%을 나타냈다(표 3-16). MCF-7 세포주에 대해서는 미미한 영향을 미쳐 800mg/L 일 때도 84.6% 가 생존하였다. 에탄올 추출물에서는 HCT-116 및 HeLa 세포주에 대한 영향력이 강하게 나타났는데, 400mg/L 일 때 HCT-116 세포주의 생존율은 5.10%, HeLa 세포주에 대한 생존율은 8.6%였다. 메탄올 추출물에서는 HeLa 세포주에 영향을 많이 미쳐 추출물의 농도가 800mg/L 일 때 생존율은 13.4% 였다.

표 3-16. 쪽의 꽃 추출물 농도에 따른 암세포의 생존율

용매	암세포	mg/L				
		50	100	200	400	800
Water	HEK-293	57.26± 8.02	64.80± 4.77	35.27±15.93	39.12±17.10	17.58± 9.29
	HCT-116	75.40±14.47	77.60±13.24	78.16±18.14	88.31±18.22	72.34±23.04
	HeLa	52.35± 1.81	59.99± 0.74	56.72± 3.98	47.33± 3.50	33.22±13.59
	Hep3B	92.91± 9.25	87.69± 3.27	70.21± 6.13	50.47±15.50	55.15± 3.50
	MCF-7	101.3± 0.69	87.30± 3.54	87.84± 3.43	88.07± 1.10	84.55± 2.11
	SNU-1066	98.75± 8.18	98.36± 9.81	90.60± 6.24	78.16±10.80	68.06± 7.74
Ethanol	SNU-601	93.45± 5.82	92.69± 1.88	81.63± 8.18	59.68± 2.26	46.81± 7.39
	HEK-293	130.87±10.12	103.40± 5.48	88.28± 4.68	73.39±18.99	25.27±14.95
	HCT-116	51.84±13.98	46.26±16.10	19.86± 9.83	9.84± 4.67	5.10± 0.32
	HeLa	57.69± 2.60	51.12± 2.13	34.47± 8.62	13.36± 1.81	8.85± 0.11
	Hep3B	74.06±16.14	51.29±10.86	29.57± 1.78	29.12± 2.00	22.95± 1.94
	MCF-7	110.07± 2.87	103.44± 3.10	80.85±11.56	79.82± 8.14	78.17± 5.47
Methanol	SNU-1066	71.08± 3.16	70.86± 7.70	57.84± 2.50	57.72± 7.49	21.14± 3.37
	SNU-601	100.59± 7.95	84.43± 3.31	71.57± 6.15	51.18± 7.04	45.91± 2.62
	HEK-293	76.08±11.01	76.54± 5.45	53.61±22.44	24.83±15.54	24.08± 3.51
	HCT-116	65.78± 8.84	66.13± 2.78	59.35±12.01	59.03±17.44	53.31±12.56
	HeLa	55.47± 0.94	58.88±13.45	20.91± 3.49	21.61± 4.94	13.37± 2.48
	Hep3B	63.90±16.20	48.70± 7.77	35.20± 3.99	56.29±14.85	32.22±12.63
	MCF-7	99.86± 7.03	96.78± 4.92	80.15±11.93	76.14±10.57	73.47±19.12
	SNU-1066	89.29±17.24	83.55±18.44	58.47±12.16	54.82±12.43	25.02± 4.93
	SNU-601	94.83±10.57	78.76±16.01	78.37± 6.24	54.23± 5.39	35.52± 4.46

(2) 잎 추출물의 항암효과

쪽의 잎 추출물에 대한 암세포의 생존율을 조사한 결과 증류수 추출물에서는 HeLa 및 Hep3B 세포주에 대한 억제 효과가 높게 나타났다(표 3-17). 추출물의 농도가 800mg/L 일 때 HeLa 세포주의 생존율은 26.5%였으며, Hep3B 세포주의 생존율은 34.1%였다. 에탄올 추출에서도 HeLa 및 Hep3B 세포주에 대한 억제 효과가 높게 나타났는데, 추출물의 농도가 800mg/L 일 때 HeLa 세포주의 생존율은 29.9%였으며, Hep3B 세포주의 생존율은 23.8%였다. 메탄올 추출에서는 HCT-116 및 HeLa 세포주에 대한 억제 효과가 높게 나타났는데, 추출물의 농도가 800mg/L 일 때 HCT-116 세포주의 생존율은 13.2%, HeLa 세포주의 생존율은 6.9%였다.

표 3-17. 쪽의 잎 추출물 농도에 따른 암세포의 생존율

용매	암세포	mg/L					
		50	100	200	400	800	
Water	HEK-293	103.58± 9.12	104.26±16.77	106.02±14.60	89.81± 9.97	71.35± 8.02	
	HCT-116	76.59± 6.44	71.85± 3.63	49.84± 3.85	49.21± 1.86	45.44± 2.63	
	HeLa	44.73± 6.51	47.44± 3.27	55.63±11.38	42.11± 8.62	26.48±14.33	
	Hep3B	91.37±21.07	73.89±17.56	67.78±18.42	50.74±15.66	34.13± 4.30	
	MCF-7	114.14±18.92	95.37±17.02	82.52±12.95	77.71±15.49	73.70±17.55	
	SNU-1066	102.82±12.63	100.09±17.16	87.40±20.28	79.00±15.11	62.96± 5.82	
	SNU-601	86.86± 7.34	85.24±17.79	69.13±10.94	53.93± 5.84	35.56± 3.29	
	Ethanol	HEK-293	129.28±11.11	105.75±19.46	133.53±11.34	82.74±13.89	83.44±18.70
		HCT-116	54.86± 8.89	50.84±13.50	44.57±17.66	26.06±10.99	17.66± 3.51
		HeLa	30.49± 2.60	24.83± 0.40	29.16± 1.44	29.16± 1.46	25.96± 3.87
Hep3B		47.52± 5.37	40.31± 2.24	38.93± 3.28	28.28± 3.02	23.82± 6.26	
MCF-7		85.11± 4.41	86.19± 3.49	79.47± 5.35	75.71± 4.42	67.46±12.60	
	SNU-1066	68.87± 8.79	58.23± 6.88	58.74± 4.50	56.37± 8.76	48.55± 9.18	
	SNU-601	63.11± 2.97	58.93± 6.88	49.14± 5.01	49.68± 5.87	39.29± 2.63	
	Methanol	HEK-293	91.82±18.70	93.47±17.30	91.10±10.53	82.03±17.30	36.47±18.70
		HCT-116	55.91±20.00	57.47±23.13	31.71±19.37	16.42± 6.51	13.22± 8.51
		HeLa	31.97± 2.65	37.19± 3.13	26.93± 4.73	24.87± 0.82	6.89± 0.53
Hep3B		68.29±13.71	55.53± 5.75	38.50± 6.66	35.18± 3.78	26.47± 5.19	
MCF-7		114.86± 5.79	115.62± 3.09	111.13± 3.91	110.14± 5.57	96.68± 4.79	
	SNU-1066	105.86± 7.96	99.64±15.61	71.88± 8.01	60.13±10.65	21.39± 9.72	
	SNU-601	119.36± 5.90	99.87± 4.24	98.54± 6.06	97.87±13.16	35.00±10.26	

(3) 줄기 추출물의 항암효과

쪽의 줄기 추출물에 대한 암세포의 생존율을 조사한 결과 증류수 추출물에서는 HeLa 세포주에 대한 억제 효과가 높게 나타났다(표 3-18). 추출물의 농도가 800mg/L 일 때 HeLa 세포주의 생존율은 55.9%였다. 에탄올 추출에서도 HeLa 세포주에 대한 억제 효과가 높게 나타났는데, 추출물의 농도가 800mg/L 일 때 HeLa 세포주의 생존율은 19.8%였으며, Hep3B 세포주의 생존율은 54.6%였다. 메탄올 추출에서는 Hep3B 세포주에 대한 억제 효과가 높게 나타났는데, 추출물의 농도가 800mg/L 일 때 세포주의 생존율은 29.3%였다.

표 3-18. 쪽의 줄기 추출물 농도에 따른 암세포의 생존율

용매	암세포	mg/L				
		50	100	200	400	800
Water	HEK-293	77.21±11.21	70.11±17.02	83.80± 4.58	79.51± 1.32	61.78±11.00
	HCT-116	79.91± 6.14	83.93± 3.35	78.18± 9.49	76.63± 7.53	69.57± 7.88
	HeLa	58.20±10.78	58.96± 2.05	55.21± 3.02	54.93± 4.58	55.94± 8.95
	Hep3B	105.82± 8.00	81.86±11.02	77.68±12.11	77.91±17.26	62.77± 1.19
	MCF-7	100.18± 5.48	93.95± 3.62	91.51± 8.63	91.37±10.81	92.69± 6.82
	SNU-1066	103.74± 6.83	101.6±13.74	98.86± 9.64	110.65±17.29	95.99±13.98
Ethanol	SNU-601	101.14± 2.00	87.01±14.05	86.92± 7.00	80.23± 8.49	77.99± 4.81
	HEK-293	99.00± 3.39	104.03± 7.87	104.67± 4.48	109.81± 9.43	100.91± 2.63
	HCT-116	100.00±79.57	79.57± 5.36	79.28± 8.03	71.89± 3.04	81.74±10.40
	HeLa	57.99± 3.70	62.02±12.02	62.85± 7.29	47.26± 6.14	19.81± 2.79
	Hep3B	83.58± 5.86	78.95± 8.86	64.21± 3.43	60.05± 3.72	54.56± 9.70
	MCF-7	112.01± 5.04	107.02±12.36	98.73± 7.91	72.75±13.48	71.23±14.44
Methanol	SNU-1066	113.29± 5.95	114.92± 8.45	88.12±17.85	59.91±20.22	58.20±14.40
	SNU-601	107.58±13.91	99.00±12.95	99.48±12.67	93.79±15.43	77.63± 9.56
	HEK-293	109.00±13.29	96.30± 8.15	98.69± 8.79	75.57±20.21	64.43± 8.98
	HCT-116	101.89±16.81	119.38±11.00	108.92±10.85	101.69±13.31	58.04± 9.58
	HeLa	82.30±21.04	86.97±11.39	79.45± 4.60	75.17± 6.88	43.35±21.30
	Hep3B	52.83±14.50	38.01± 4.10	39.01± 7.06	52.04± 8.35	29.28± 8.40
	MCF-7	92.38± 2.86	82.90± 4.89	77.86± 6.39	70.29± 4.09	65.48± 3.29
	SNU-1066	74.96±11.45	74.24± 6.86	67.28± 2.11	54.48± 8.55	26.94±11.22
	SNU-601	114.78±18.66	97.44±16.18	95.85± 3.87	86.97±15.49	46.53±12.14

(4) 종자 추출물의 항암효과

쪽의 종자 추출물에 대한 암세포의 생존율을 조사한 결과 에탄올 추출물에서는 HeLa 세포주가 생존율이 가장 낮게 나타났는데, 생존율은 200mg/L 일 때 22.9%, 800mg/L 일 때 16.9% 였다. HEK 세포주는 50mg/L 일 때는 137.7로 세포가 증식된 것으로 나타나 저 농도에서는 사용에 주의를 해야 할 것으로 사료된다. 메탄올 추출물에서는 HeLa 세포주와 HepB3 세포주의 생존율이 낮게 나타났다. 두 개의 세포주 모두 50mg/L에서 34.7% 이하의 생존율을 나타냄으로써 실용화 가능성을 보였다.

표 3-19. 쪽의 종자 추출물 농도에 따른 암세포의 생존율

용매	암세포	mg/L					
		50	100	200	400	800	
Ethanol	HEK-293	137.68±10.67	114.32±21.54	82.91±12.59	68.18±18.33	35.69±14.92	
	HCT-116	56.72±11.16	52.34± 7.19	50.70± 2.13	46.93±11.27	42.38± 7.92	
	HeLa	34.80± 2.24	27.54± 2.62	22.93± 1.59	28.64±12.31	16.93± 3.09	
	Hep3B	66.51± 7.19	44.50±14.78	47.92± 5.16	48.34±12.87	38.89± 7.57	
	MCF-7	85.09± 6.55	68.81± 6.47	68.86± 5.74	68.96± 3.23	54.57± 5.69	
	SNU-1066	58.50± 9.99	54.74± 9.73	57.41± 2.72	57.41±13.69	39.42±16.80	
	SNU-601	43.98± 7.56	43.20± 5.21	38.06± 2.82	36.26± 4.00	28.74± 1.04	
	Methanol	HEK-293	102.88±10.59	81.38± 4.87	50.49±13.10	73.00± 5.29	28.70±16.68
		HCT-116	59.22± 2.78	52.58± 0.76	51.85± 3.57	48.92± 1.54	48.41± 1.80
		HeLa	34.73± 2.15	30.09± 0.52	23.79± 2.79	23.68± 5.05	22.89± 5.37
Hep3B		32.03± 5.90	27.65± 1.97	34.07±12.16	31.29± 3.77	28.08± 2.59	
MCF-7		100.92±15.84	67.12± 3.93	72.31± 4.41	72.67± 3.37	70.29± 5.15	
	SNU-1066	66.68± 9.11	52.31± 6.12	51.66±10.04	43.92± 3.06	38.54± 2.70	
	SNU-601	46.30± 7.95	47.75± 3.95	38.90± 2.07	39.84± 9.25	29.85± 2.04	

## 제5절 인디고염료 공정생산 기술 산업화

### 1. 쪽과 인디고페라의 잎 추출물의 염색성

#### 가. 서론

인디고 성분을 함유하고 있는 식물은 현재 확인된 것만 해도 100종류 이상이지만 염료 식물로 많이 사용되는 종류는 쪽(*Polygonum tinctorium*), 대청(*Isatic tinctoria*) 및 인디고페라(*Indigofera tinctoria*)이다(Heo와 Jang, 2010). 쪽은 마디풀과 중에서도 여귀과의 1년생 풀로 중국이 원산지이며, 한국, 일본, 중국 및 중국 인접 국가에서 재배되고 있다(Park 등, 2005). 대청은 십자화과의 2년생 초본으로 유럽에서 많이 재배되는 식물이고, 인디고페라는 콩과의 목본 식물로 인도람(印度藍)으로도 불리며 인도, 중국 및 인도네시아 자생지이다(Heo와 Jang, 2010). 이 중 국내에서 재배되는 것은 대부분이 쪽이며, 최근 인디고페라도 재배가 이루어졌다(Heo와 Jang, 2010). 쪽은 우리나라에서 그 재배와 이용역사가 오래된 만큼 쪽의 신선한 잎 생즙을 이용한 염색(Park 등, 2005; Shin 등, 2009), 속성 환원시켜 염색하는 방법(Chung와 Woo, 2002), 니람 분말을 이용한 염색(Kang와 Ryu, 2001), 발효쪽을 이용한 염색(Han와 Choi, 2000), 쪽과 다른 염료의 복합염색(Bae, 2009; Yoo와 Lee, 2003) 등 다수의 연구가 이루어졌다.

그러나 최근 국내에서 재배에 성공한 인디고페라는 분말상의 인디고가 대량 수입되어 염색에 많이 활용되고 있으나(Jung과 Sul, 2002), 이에 관한 연구가 되어 있어도 신선한 잎의 즙액을 이용한 염색에 관한 연구는 전혀 이루어져 있지 않은 실정이다. 따라서 최근 재배가 이루어지고 있는 인디고페라의 이용성을 높이려면 신선한 잎 즙액의 염색성에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이러한 배경에서 본 연구는 쪽과 인디고페라의 신선한 잎 즙액이 직물의 염색성에 미치는 영향을 비교 고찰하기 위해 실험을 실시하였다.

#### 나. 재료 및 방법

쪽은 2010년 3월 중순에, 인디고페라는 5월 중순에 각각 파종하여 재배하던 것에 2010년 7월 20일에 신선한 잎을 채취하여 30분 내에 실험을 실시하였다. 피염물은 견, 레이온, 면 및 양모를 사용하였는데, 견직물은 KS K 0905에 규정된 시험포를, 레이온은 KS KIS 0105에 규정된 시험포를, 면직물은 KS K 0905에 규정된 시험포를, 양모는 KS KIS 0105에 규정된 시험포를 사용하였다. 시험포의 정련은 0.5% 마르세이유 비누용액으로 95℃에

서 30분간 정련하여 수세한 후 건조한 것을 이용하였다.

염액은 믹서기에 증류수 200mL와 얼음 70g을 각각의 용기에 넣은 다음 쪽과 인디고페라의 신선한 잎 100g을 넣어서 10여분간 분쇄한 즙액을 이용하였다. 즙액에는 각각 0, 2, 4 및 6g씩의 탄산칼륨을 넣었다. 염색은 욕비 1:30으로 하여 10분간 침염을 한 후 세척한 다음 건조하였다.

상기 각 실험에 따른 색 측정은 색차계(CR-3000, Minolta, Japan)를 이용하여 헌트 색차값(Hunter colorimeter)인 L, a 및 b 값을 측정하였는데, L은 시료의 명도 지수(검정=0, 흰색=100)를 나타 낸 것이며, a는 적색 / 녹색 색좌표 지수(적색= +100, 녹색=- 80)를, b는 황색 / 청색 색좌표 지수(황색=+70, 청색=-70)를 나타낸 것이다. 색차인  $\Delta E$  값은  $\Delta E=[(\Delta L)^2+(\Delta a)^2+(\Delta b)^2]^{1/2}$  식으로 구하였다.

각각의 조사 분석은 3반복 이상으로 하였으며, 통계처리는 SAS 프로그램 중에서 분산 분석(ANOVA)을 실시하여 Duncan's multiple range test로 5% 유의 수준에서 시료간의 유의성을 검정하였다.

## 다. 결과 및 고찰

### (1) 견직물에 대한 염색성

쪽과 인디고페라 신선한 잎 즙액이 견직물의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 명도를 나타내는 L값은 무염포가 94.94인데 비해 쪽 염색포는 69.70~86.20을 나타냈으며, 인디고페라 염색포는 85.39~89.74를 나타내어 명도가 낮아졌다(Table 16). 명도값 측면에서는 인디고페라 신선한 잎 즙액으로 염색한 것 보다는 쪽의 신선한 잎 즙액으로 염색한 것에서 상대적으로 낮았는데, 특히 탄산칼륨 0g, 6g 첨가 염색 처리구에서 낮은 것으로 나타났다. 색좌표 상에서 적색(+)과 녹색(-) 정도를 나타내는 a값은 무염색포는 1.59로 +방향에 위치하였으나 염색포는 모두 -방향에 위치하였으며, 특히 쪽의 신선한 잎+탄산칼륨 무첨가 염색 처리구에서는 -12.84로 가장 많이 녹색방향으로 이동하였다. 색좌표 상에서 황색(+)과 청색(-) 정도를 나타내는 b값은 쪽의 신선한 잎+탄산칼륨 무첨가 처리구의 -12.06을 제외하고는 모두 +방향에 위치하였다. 색차값은 쪽 염색포의 경우 신선한 잎+탄산칼륨 무첨가 염색 처리구에서 31.78로 가장 컸으며, 인디고페라 염색포는 신선한 잎+탄산칼륨 6g 첨가 염색 처리구에서 21.99로 가장 큰 값을 나타냈다.

색상을 나타내는 H값은 쪽의 신선한 잎+탄산칼륨 무첨가 처리구에서 B계열을, 인디고페라의 신선한 잎+탄산칼륨 무첨가 처리구에서 G계열을 나타냈으며, 그 외는 모두 GY계열을 나타냈다. 쪽의 신선한 잎 중에는 indigo로 변화될 수 있는 물질인 indican이 존재하



며, 이것은 glucose 화합물로서 수용액 중에서 가수분해되면 glucose와 무색의 indoxyl의 두성분으로 분리된다(Chung 등, 2007). 쪽의 신선한 잎 즙액을 이용한 염색은 이렇게 가수분해된 indoxyl이 피염물에 흡착되고, 흡착된 indoxyl이 피염물 중에서 indigo로 바뀌는 원리에 의한 것(Shin 등, 2009)이므로 쪽과 인디고페라 즙액으로 염색한 견직물이 B, G 및 GY 계열을 나타낸 것은 indoxyl이 indigo로 바뀐 결과에 의한 것으로 사료된다.

Table 16. Effect of *Polygonum tinctorium* and *Indigofera tinctoria* fresh leaf juice on the dyeability of silk fabrics.

Dyes	Potassium carbonate (g)	Hunter value				Munsell value		
		L	a	b	$\Delta E$	H	V	C
No-dyeing	0	94.94 a <sup>z</sup>	1.59 a	0.92 e	0.00 g	0.0	9.9 a	0.1 d
<i>Polygonum tinctorium</i>	0	69.70 e	-12.84 e	-12.06 f	31.78 a	7.5B	7.0 bc	4.0 a
	2	86.20 b	-6.45 bc	10.33 c	15.12 e	7.5GY	9.0 ab	2.0 b
	4	83.85 c	-6.89 bc	10.45 c	16.85 e	7.5GY	8.0 b	2.0 b
	6	76.58 d	-8.21 d	12.15 b	23.58 b	7.5GY	8.0 b	2.0 b
<i>Indigofera tinctoria</i>	0	85.39 bc	-6.84 bc	5.37 d	13.50 f	9.5G	9.0 ab	1.0 bc
	2	89.74 b	-5.03 b	11.42 bc	13.51 f	7.5GY	9.0 ab	2.0 b
	4	88.29 b	-7.86 c	17.16 a	19.98 cd	7.5GY	9.0 ab	2.0 b
	6	86.84 b	-8.86 d	18.50 a	21.99 c	7.5GY	9.0 ab	2.0 b

<sup>z</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

## (2) 레이온에 대한 염색성

쪽과 인디고페라 신선한 잎 즙액이 레이온의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 명도를 나타내는 L값은 무염포가 94.68인데 비해 쪽 염색포는 71.32~72.73을 나타냈으며, 인디고페라 염색포는 73.26~77.73을 나타내어 명도가 낮아졌다(Table 17). 명도값 측면에서는 인디고페라 신선한 잎 즙액으로 염색한 것 보다는 쪽의 신선한 잎 즙액으로 염색한 것에서 상대적으로 낮았는데, 특히 탄산칼륨 6g 처리구에서 낮은 것으로 나타났다. 색좌표 상에서 적색(+)과 녹색(-) 정도를 나타내는 a값은 무염색포는 1.13으로 +방향에 위치하였으나 염색포는 모두 -방향에 위치하였으며, 특히 쪽의 신선한 잎+탄산칼륨 무첨가 처리구에서는 -10.98로 가장 많이 녹색방향으로 이동하였다. 인디고페라로 즙액으로 염색

한 것은 -12.10~-13.13으로 쪽 즙액으로 염색한 것에 비해 보다 더 -방향으로 이동하여 녹색기가 강하였다.

색좌표 상에서 황색(+)과 청색(-) 정도를 나타내는 b값은 쪽의 즙액 염색 처리구는 9.96~11.35, 인디고페라 즙액처리구는 17.18~20.82를 나타내어 인디고페라 즙액처리구가 황색방향으로 더 많이 이동하였다. 색차를 나타내는  $\Delta E$  값은 쪽 즙액 염색처리구는 24.75~26.35를 나타내는데 비해 인디고페라 즙액 염색 처리구는 26.25~31.48을 나타내었다. 이러한 결과는 Table 1에서 인디고페라 즙액 염색 처리구보다는 쪽 즙액 염색 처리구에서 더 황색 방향으로 위치 한 것과는 반대의 결과였는데, 이는 직물의 종류에 따른 차이인 것으로 사료된다. 색상을 나타내는 H값은 쪽과 인디고페라 즙액 염색 처리구 모두 GY계열을 나타내었다.

Table 17. Effect of *Polygonum tinctorium* and *Indigofera tinctoria* fresh leaf juice on the dyeability of rayon.

Dyes	Potassium carbonate (g)	Hunter value				Munsell value		
		L	a	b	$\Delta E$	H	V	C
No-dyeing	0	94.68 a <sup>z</sup>	1.13 a	2.41 e	0.00 e	0.0	9.9 a	0.0 bc
<i>Polygonum tinctorium</i>	0	72.66 d	-10.98 d	10.23 c	26.14 c	10.0GY	7.0 bc	2.0 b
	2	72.73 d	-8.73 bc	11.35 c	25.65 c	7.5GY	7.0 bc	2.0 b
	4	72.29 d	-7.44 b	9.96 cd	24.79 cd	7.5GY	7.0 bc	2.0 b
<i>Indigofera tinctoria</i>	6	71.32 d	-7.96 b	10.39 c	26.35 c	7.5GY	7.0 bc	2.0 b
	0	77.73 b	-12.40 e	17.18 b	26.25 c	7.5GY	8.0 b	4.0 a
	2	75.82 c	-12.10 e	19.44 a	28.64 b	7.5GY	8.0 b	4.0 a
	4	73.26 cd	-12.74 e	20.82 a	31.48 a	7.5GY	7.0 bc	4.0 a
	6	75.09 c	-13.13 ef	20.61 a	30.33 a	7.5GY	7.0 bc	4.0 a

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

### (3) 면직물에 대한 염색성

쪽과 인디고페라 신선한 잎 즙액이 면직물의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 명도를 나타내는 L값은 무염포가 91.40인데 비해 쪽 즙액 염색포는 73.19~79.27을 나타냈으며, 인디고페라 즙액 염색포는 77.45~84.75를 나타내어 명도가 낮아졌다(Table 18). 명도 값 측면에서는 인디고페라 신선한 잎 즙액으로 염색한 것 보다는 쪽의 신선한 잎 즙액으

로 염색한 것에서 상대적으로 낮았는데, 특히 탄산칼륨 6g 첨가 염색 처리구에서 73.19로 낮게 나타났다. a값은 무염색포의 경우 1.30으로 +방향에 위치하였으나 염색포는 모두 -방향에 위치하였으며, 특히 쪽의 신선한 잎+탄산칼륨 무첨가 처리구에서는 -11.72로 가장 많이 녹색방향으로 이동하였다. b값은 쪽과 인디고페라 즙액 염색 처리구 모두 +방향에 위치한 가운데, 쪽 즙액 염색 처리구 10.03~10.80 보다는 인디고페라 즙액 염색처리구가 16.95-24.17로 더 황색 방향에 위치하였다. 쪽 즙액 염색 처리구와 인디고페라 즙액 염색 처리구간의 차이는 색차값에서도 나타나 쪽 즙액 염색 처리구는 24.93~26.22인데 비해 인디고페라 즙액 염색 처리구는 23.33~34.72로 색차값이 상대적으로 크게 나타났다. 색상을 나타내는 H값은 쪽 및 인디고페라 즙액 처리구 모두 GY계열을 나타냈다.

Table 18. Effect of *Polygonum tinctorium* and *Indigofera tinctoria* fresh leaf juice on the dyeability of cotton fabrics.

Dyes	Potassium carbonate (g)	Hunter value				Munsell value		
		L	a	b	$\Delta E$	H	V	C
No-dyeing	0	95.46 a <sup>z</sup>	1.30 a	1.12 e	0.00 d	0.0	9.9 a	0.1 c
<i>Polygonum tinctorium</i>	0	76.17 d	-11.72 c	10.34 d	24.93 bc	10.0GY	8.0 b	2.0 b
	2	79.27 c	-9.22 b	10.04 d	21.18 c	10.0GY	8.0 b	2.0 b
	4	75.33 d	-9.15 b	10.80 d	24.54 bc	10.0GY	7.0 c	2.0 b
	6	73.19 d	-9.54 b	10.03 d	26.22 b	10.0GY	8.0 b	2.0 b
<i>Indigofera tinctoria</i>	0	84.75 b	-12.05 c	16.95 bc	23.33 bc	10.0GY	8.0 b	4.0 a
	2	81.77 bc	-13.61 cd	18.79 b	26.87 b	7.5GY	8.0 b	4.0 a
	4	79.66 c	-16.45 e	25.61 a	34.21 a	7.5GY	8.0 b	4.0 a
	6	77.45 d	-17.46 e	24.17 a	34.72 a	7.5GY	8.0 b	4.0 a

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

#### (4) 양모에 대한 염색성

쪽과 인디고페라 신선한 잎 즙액이 양모의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 명도를 나타내는 L값은 무염포가 91.40인데 비해 쪽 즙액 염색포는 70.46~80.57을 나타냈으며, 인디고페라 즙액 염색포는 77.86~85.99를 나타내어 명도가 낮아졌다(Table 19). 탄산칼륨 첨가량에 따른 명도값은 쪽과 인디고페라 신선한 잎 즙액 염색포 모두 탄산칼륨 6g 첨가 염색 처리구에서 각각 70.46, 77.86으로 가장 낮았다.

색좌표 상에서 적색(+)과 녹색(-) 정도를 나타내는 a값은 무염색포는 0.22로 +방향에 위치하였으나 염색포는 모두 -방향에 위치하였으며, 특히 인디고페라 신선한 잎+탄산칼륨 6g 첨가구에서는 -13.89로 가장 많이 녹색방향으로 이동하였다. 색좌표 상에서 황색(+)과 청색(-) 정도를 나타내는 b값은 쪽 즙액 염색 처리구는 9.46~17.34, 인디고페라 즙액 염색처리구는 15.30~26.29로 모두 +방향에 위치하였다. 색차값은 쪽 및 인디고페라 즙액 염색 처리구 모다 탄산칼륨 6g 첨가구에서 각각 24.14 및 25.57로 가장 크게 나타났다.

색상을 나타내는 H값은 쪽의 신선한 잎+탄산칼륨 무첨가 처리구에서 B계열을 나타내어 Table 16.의 견직물 염색시와 같은 경향을 나타냈으며, 그 외 처리구는 모두 GY계열을 나타냈다. 쪽의 신선한 잎+탄산칼륨 무첨가 처리구에서 B계열을 나타낸 것은 탄산칼륨 첨가 유무에 따른 pH와 관련이 깊은 것으로 생각된다. 즉, Park 등(2005)에 의하면 신선한 쪽을 이용한 견직물의 염색시 pH 4일 때는 6.86G였으며, pH 8에서는 2.97GY, pH 10에서는 1.92YR로 pH가 높을수록 G계열에서 GY, Y계열로 발색되었다고 하였기 때문이다.

Table 19. Effect of *Polygonum tinctorium* and *Indigofera tinctoria* fresh leaf juice on the dyeability of sheep's wool.

Dyes	Potassium carbonate (g)	Hunter value				Munsell value		
		L	a	b	$\Delta E$	H	V	C
No-dyeing	0	91.40 a <sup>z</sup>	0.22 a	9.61 d	0.00 f	0.0	9.8 a	0.2 c
<i>Polygonum tinctorium</i>	0	75.08 d	-12.17 e	9.46 d	20.54 bc	7.5B	7.0 c	4.0 a
	2	80.57 c	-9.06 c	17.34 c	16.26 d	5.0GY	8.0 b	2.0 b
	4	75.15 d	-9.84 c	16.78 c	20.46 bc	10.0GY	7.0 c	4.0 a
<i>Indigofera tinctoria</i>	6	70.46 e	-9.86 c	16.10 c	24.14 a	7.5GY	7.0 c	2.0 b
	0	85.99 b	-5.36 b	15.30 c	9.63 e	5.0GY	9.0 a	2.0 b
	2	80.74 c	-10.88 cd	22.18 b	19.81 bc	7.5GY	8.0 b	4.0 a
	4	82.79 c	-11.79 d	26.29 a	22.26 b	5.0GY	8.0 b	4.0 a
	6	77.86 d	-13.89 e	26.09 a	25.57 a	7.5GY	8.0 b	4.0 a

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

#### (5) 아크릴직물에 대한 염색성

쪽과 인디고페라 신선한 잎 즙액이 아크릴직물의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 명도를 나타내는 L값은 무염포가 95.97인데 비해 쪽 즙액 염색포는 66.70~71.65를 나타

냈으며, 인디고페라 염색포는 69.28~82.97을 나타내어 명도가 낮아졌다(Table 20). 명도 값 측면에서는 인디고페라 신선한 잎 즙액으로 염색한 것 보다는 쪽의 신선한 잎 즙액으로 염색한 것에서 상대적으로 낮은 경향을 나타냈는, 특히 탄산칼륨 6g 처리구에서 67.46으로 가장 낮게 나타났다. 색좌표 상에서 적색(+)과 녹색(-) 정도를 나타내는 a값은 무염색포는 0.86으로 +방향에 위치하였으나 염색포는 모두 -방향에 위치하였으며, 특히 인디고페라의 신선한 잎+탄산칼륨 6g첨가 염색 처리구에서 -14.26으로 가장 많이 녹색방향으로 이동하였다. b값은 쪽의 신선한 잎 즙액 염색 처리구는 7.46~10.60, 인디고페라 즙액 염색 처리구는 15.73~20.57로 모두 +방향에 위치하였다.

색차값은 쪽 즙액 염색 처리구는 27.52~30.79, 인디고페라 즙액 염색 처리구는 22.75~35.69를 나타내어 인디고페라 즙액 염색 처리구에서 상대적으로 색차값이 크게 나타났으며, 특히 인디고페라 즙액+탄산칼륨 6g 첨가구에서 35.69로 가장 크게 나타났다. 색상을 나타내는 H값은 인디고페라 즙액+탄산칼륨 6g 염색 처리구에서 7.5GY를 나타낸 것을 제외하고는 모두 10.0GY를 나타내었다.

Table 20. Effect of *Polygonum tinctorium* and *Indigofera tinctoria* fresh leaf juice on the dyeability of acryl textiles.

Dyes	Potassium carbonate (g)	Hunter value				Munsell value		
		L	a	b	$\Delta E$	H	V	C
No-dyeing		95.97 a <sup>z</sup>	0.86 a	1.61 e	0.00 e	0.0	9.9 a	0.2 c
<i>Polygonum tinctorium</i>	0	71.38 c	-11.42 d	10.54 c	28.63 bc	10.0GY	7.0 bc	2.0 b
	2	71.65 c	-9.24 bc	10.60 c	27.52 bc	10.0GY	7.0 bc	2.0 b
	4	66.70 de	-7.78 b	7.46 d	30.79 b	10.0GY	7.0 bc	2.0 b
	6	67.46 de	-7.69 b	8.56 d	30.28 b	10.0GY	7.0 bc	2.0 b
<i>Indigofera tinctoria</i>	0	82.97 b	-11.28 d	15.73 b	22.75 d	10.0GY	8.0 b	4.0 a
	2	73.38 c	-12.86 d	15.81 b	29.97 b	10.0GY	7.0 bc	4.0 a
	4	73.76 c	-14.13 e	20.57 a	32.78 ab	10.0GY	7.0 bc	2.0 b
	6	69.28 d	-14.26 e	19.82 a	35.69 a	7.5GY	7.0 bc	4.0 a

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

## 2. 요소의 첨가가 인디고의 환원에 미치는 영향

### 가. 서론

천연 인디고는 1882년 처음으로 제조에 성공하고 20세기 전반에 이르러 대량 생산이 가능해진 합성 인디고로 대부분 대체되었으나 최근 들어 천연 인디고 염색은 친환경을 지향하는 사회 분위기와 맞물려 새로운 관심을 끌고 있다. 천연 인디고는 배당체 구조인 인디칸(indican)을 물로 추출하여 인독실(indoxyl)과 포도당(glucose)으로 분해하고 다시 산화과정을 거쳐 얻어지는 인디고틴(indigotin) 구조가 주성분이다. 이 물질은 물에 녹지 않는데 알칼리 조건에서 환원하면 류코 화합물(leuco compound)로 변해 수용성이 되어 각종 천연섬유에 친화력을 가지며, 수용성 구조는 산화되어 불용성 구조로 바뀌면서 색을 나타내게 된다.

전통 인디고 염색은 세계적으로 매우 유사한 기술내용을 나타내고 있다. 현재 국내 문헌 혹은 장인에 의해 전수된 전통 쪽 염색법으로는 쪽잎을 갈아서 얻은 생즙을 바로 염색에 사용하는 생즙법, 쪽 색소성분을 추출-산화를 거쳐 얻은 인디고 색소성분을 바로 미생물인 박테리아에 의한 환원을 거쳐 염색하는 반물법(젓물염색법), 인디고 색소성분을 석회에 의해 침전시켜 니람을 얻고 이를 필요한 시점에 환원(발효)시키는 니람법(침전법), 쪽을 퇴비 형태로 만들어 염색하는 일본의 스쿠모 등이 있다. 생즙법과 반물법 이 두 가지는 바로 염색하는 경우이며, 나머지 두 가지는 염료를 저장하여 오랫동안 사용이 가능한 경우에 적용이 가능한 염색기술로 구분된다. 우리나라의 경우, 전통 쪽염색법의 환원과 관련하여 젓물을 바탕으로 물엿, 막걸리 등의 탄수화물 성분을 첨가하는 방식이 알려져 있다. 그러나 이러한 발효조건을 까다롭고 복잡하여 많은 시간과 노동력, 그리고 세밀한 기술이 요구된다. 무엇보다도 자동화하기 힘든 환원과정은 전통 쪽 염색 현대화의 큰 걸림돌로 인식되고 있다. 현재 전통 쪽염색에 산업화가 어려운 발효 방식을 대신하여 환원제로 하이드로 설파이트(Sodium Hydrosulfite), 알칼리제로 NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub> 등이 쓰인다. 그러나 하이드로설파이트는 염욕이나 폐수로 황산염(sulphate), 아황산염(sulphite), 티오황염(thiosulphate) 및 황화물(sulphide) 등 환경오염을 일으키는 각종 물질을 배출하는 문제점을 안고 있다. 천연 인디고 염색에서 발효는 박테리아에 의해 인디고 구조가 환원 형태로 변화하는 과정이다. 전통적인 환원은 환원능력을 지니는 박테리아에 의존하는데 혐기성 및 호열성이다. 박테리아 환원(발효)에서 온도와 시간은 매우 중요한 조건으로 평가된다. 현재 잘 알려진 최적 발효조건은 pH 10 ~11, 온도 30~40°C에서 15~30일로 알려져 있다. 전통적인 발효를 촉진하는 과정으로는 물엿이나 막걸리와 같은 당분이 포함된 물질을 첨가하는 방식이 알려져 있다. 이 연구는 천연 인디고 소재로 인도

가 원산지인 인디고페라(*Indigofera*)와 중국이 원산지인 대청(*Isatis tinctoria*)을 이용하고 요소를 환원제로 선택하여 직물의 염색성에 미치는 영향을 비교 고찰하고자 실험을 실시하였다.

## 나. 재료 및 방법

### (1) 시료 및 시약

인디고 염료는 인디고페라 분말, 대청 분말 수입산을 이용하여 실험을 실시하였다. 피염물은 견과 면직물을 사용하였는데 견직물은 KS K 0905에 규정된 시험포를, 면직물은 KS K 0905에 규정된 시험포를 사용하였다. 시험포의 정련은 0.5% 마르세이유 비누용액으로 95°C에서 30분간 정련하여 수세한 후 건조한 것을 이용하였다. 환원제로 요소( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ )와 요소비료를 사용하였고, 알칼리제로 소다회( $\text{NaCO}_3$ )를 사용하였다.

### (2) 요소를 이용한 발효 쪽염색

#### (가) 발효방법 및 염색

쪽분말 10g/L에 소다회( $\text{NaCO}_3$ )로 pH를 10 ~ 11를 맞춘 후 환원(발효)은 온도 40°C에서 1, 3, 5, 7일 동안 실시하였다. 요소의 양은 5, 10, 20, 30g/L로 달리하고 발효 후 직물의 염색성을 비교하였다. 염색은 발효용기 안에서 시행하고 공기 중에서 산화 발색 후 수세하고 건조하였다.

#### (나) 색 측정

위 실험에 따른 색 측정은 색차계(CR-310, MINOLTA, Japan)를 이용하여 헌트 색차값(Hunter colorimeter)인 L, a 및 b값을 측정하였는데, L은 시료의 명도 지수(검정=0, 흰색=100)를 나타낸 것이며, a는 적색/녹색 색좌표 지수(적색=+100, 녹색=-80)를, b는 황색/청색 색좌표 지수(황색=+70, 청색=-70)를 나타낸 것이다. 색차인  $\Delta E$ 값은  $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$  식으로 구하였다.

#### (다) 발효시 용존산소농도 측정

요소를 이용한 인디고 염료 발효시 0일, 1일, 3일, 5일, 7일 간격으로 용존산소농도를 측정하여 발효시 용존산소농도와 상관관계를 알아보려고 하였다. 그리고, 발효온도 40°C, 인디고 염료 농도 10g/L, 요소비료와 요소시약 농도 10g/L, 초기 pH는 인디고페라의 경우 pH 10.3, 대청은 pH 12로 24시간 동안 용존산소농도를 휴대용 DO측정기를 이용하여 시

간에 따른 용존산소농도의 변화를 알아보려고 하였다.

## 다. 결과 및 고찰

이 연구는 요소에 의한 환원조건을 발효과정에서처럼 알칼리 조건인 소다회( $\text{NaCO}_3$ )를 선택하여 요소의 농도와 발효시간을 변수로 한 건직물에 대한 인디고 염료의 염색성을 조사하였다. 그리고 요소를 이용한 인디고 염료 발효 시 용존산소농도와의 상관관계를 알아보려고 하였다.

### (1) 인디고페라

(가) 요소를 이용하여 발효 시킨 인디고 염료가 직물의 염색성에 미치는 영향

인디고페라의 요소비료 농도에 따른 발효 염료가 건직물의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 명도를 나타내는 L값은 요소비료를 5g/L를 첨가한 경우는 발효 0일은 93.41인데 비해 발효시작 1일의 L값은 85.91, 발효 3일째는 71.19, 발효 5일째는 73.76, 발효 7일째는 82.54로 명도가 낮아졌다. 명도값 측면에서는 발효 3일째 명도가 가장 낮게 나타났다. 요소비료를 10g/L를 첨가한 경우는 발효 1일부터 7일까지 68.67 ~ 88.67로 명도가 낮아졌다. 요소비료를 20g/L를 첨가한 경우는 발효 1일부터 7일까지 68.51 ~ 88.41로 명도가 낮아졌고 요소비료를 30g/L를 첨가하여 발효시킨 경우는 발효 1일부터 7일까지 70.38 ~ 89.65로 명도가 낮아졌다. 요소비료의 양에 상관없이 모두 발효 3일째 가장 명도가 낮게 나타났다.

색좌표 상에서 적색(+)과 녹색(-) 정도를 나타내는 a값은 요소비료를 5g/L를 첨가한 경우는 발효 0일째는 -0.45인데 비해 발효 1일부터 7일까지 -1.12 ~ -3.81로 점점 녹색방향으로 이동하였고, 발효 3일째가 가장 많이 녹색방향으로 이동하였다. 요소비료를 10g/L를 첨가한 경우는 -0.68 ~ -4.50로 녹색방향으로 이동하였고, 발효 5일째가 가장 많이 녹색방향으로 이동하였다. 요소비료를 20g/L를 첨가한 경우는 발효 1일부터 7일까지 -0.36 ~ -5.14로 점점 녹색방향으로 이동하였고 발효 5일째 가장 많이 녹색방향으로 이동하였다. 요소비료를 30g/L를 첨가한 경우는 발효 1일부터 7일까지 -0.03 ~ 5.91로 녹색방향으로 이동하였고 발효 3일째 가장 많이 녹색방향으로 이동하였다.

○ 색좌표 상에서 황색(+)과 청색(-) 정도를 나타내는 b값은 요소비료의 양에 상관없이 발효 0일에 +3.90을 제외하고는 모두 -방향에 위치하였다. 마찬가지로 요소비료의 양에 상관없이 발효 3일째의 색차값이 -14.85 ~ 18.86으로 가장 많이 청색방향으로 이동하였다. 색상을 나타내는 H값은 요소비료의 양에 관계없이 모두 PB계열을 나타냈다.



인디고페라의 요소시약 농도에 따른 발효 염료가 건직물의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 명도를 나타내는 L값은 요소시약을 20g/L를 첨가한 경우 발효 5일째 71.18로 가장 낮았다. 색좌표 상에서 적색(+)과 녹색(-) 정도를 나타내는 a값은 요소시약을 30g/L 첨가한 경우 발효 3일째 -5.11로 가장 많이 녹색방향으로 이동하였다. 색좌표 상에서 황색(+)과 청색(-) 정도를 나타내는 b값은 요소비료 20g/L를 첨가하여 염색한 경우가 -17.66으로 가장 많이 청색방향으로 이동하였다. 색상을 나타내는 H값은 요소시약의 양에 관계없이 모두 PB계열을 나타냈다.

(나) 요소의 양에 따른 인디고페라 염료의 발효시간에 따른 용존산소농도의 변화

요소비료를 이용하여 인디고페라 염료의 발효시간에 따른 용존산소농도를 조사한 결과 요소비료의 양에 관계없이 발효 0일의 용존산소농도는 5.2 ~ 5.4ppm인데 비해 발효 1일째부터 발효 7일까지 0.2 ~ 0.4ppm으로 낮아졌다.

요소시약을 이용하여 인디고페라 염료의 발효시간에 따른 용존산소농도를 조사한 결과 요소비료의 양에 관계없이 발효 0일의 용존산소농도는 5.6 ~ 6.0ppm인데 비해 발효 1일째부터 발효 7일까지 0.2 ~ 0.4ppm으로 낮아졌다.

표 3-20. 요소비료의 양에 따른 인디고페라 염료가 건직물의 염색성에 미치는 영향

인디고페라 (g/L)	요소비료 (g/L)	발효시간 (일)	Hunter value				Munsell value		
			L	a	b	ΔE	H	V	C
10	5	0	93.41	-0.45	+3.90	0.0	0.0	9.5	0.0
		1	85.91	-1.12	-3.64	9.81	5PB	9.0	2.0
		3	71.19	-3.81	-14.85	28.35	5PB	7.0	4.0
		5	73.76	-2.91	-13.53	25.33	5PB	7.0	4.0
		7	82.54	-3.05	-5.68	14.07	2.5PB	8.0	2.0
10	10	0	93.41	-0.45	+3.90	0.0	0.0	9.5	0.0
		1	88.67	-0.68	-2.16	6.7	5PB	9.0	1.0
		3	68.67	-4.24	-17.28	31.78	5PB	7.0	6.0
		5	72.23	-4.50	-15.96	28.26	5PB	7.0	4.0
		7	85.78	-2.75	-3.96	10.52	2.5PB	9.0	2.0
10	20	0	93.41	-0.45	+3.90	0.0	0.0	9.5	0.0
		1	88.41	-0.36	-2.26	6.88	10PB	9.0	1.0
		3	68.51	-4.59	-17.87	32.3	5PB	7.0	6.0
		5	75.19	-5.14	-14.47	25.16	2.5PB	7.0	4.0
		7	83.49	-4.21	-6.2	13.84	10B	8.0	2.0
10	30	0	93.41	-0.45	+3.90	0.0	0.0	9.5	0.0
		1	89.65	-0.03	-1.92	5.59	10PB	9.0	1.0
		3	70.38	-5.91	-18.86	31.7	5PB	7.0	6.0
		5	80.40	-5.57	-11.96	19.8	2.5PB	8.0	4.0
		7	86.66	-2.89	-3.71	9.69	10PB	9.0	1.0

표 3-21. 요소시약의 양에 따른 인디고페라 염료가 견직물의 염색성에 미치는 영향

인디고페라 (g/L)	요소시약 (g/L)	발효시간 (일)	Hunter value				Munsell value		
			L	a	b	ΔE	H	V	C
10	5	0	93.41	-0.45	+3.90	0.0	0.0	9.5	0.0
		1	86.02	-0.66	-3.57	9.74	7.5PB	9.0	2.0
		3	79.49	-1.34	-8.58	17.72	5B	8.0	2.0
		5	74.04	-1.19	-11.42	23.84	5PB	7.0	4.0
		7	80.86	-0.61	-6.87	15.63	5PB	8.0	2.0
10	10	0	93.41	-0.45	+3.90	0.0	0.0	9.5	0.0
		1	83.87	-1.02	-5.17	12.30	5PB	8.0	2.0
		3	74.86	-2.34	-12.49	23.83	5PB	7.0	4.0
		5	71.44	-3.54	-15.3	28.33	5PB	7.0	4.0
		7	78.37	-3.95	-10.75	20.33	5PB	8.0	4.0
10	20	0	93.41	-0.45	+3.90	0.0	0.0	9.5	0.0
		1	86.51	-0.57	-3.56	9.20	7.5PB	9.0	2.0
		3	71.69	-4.95	-17.66	29.71	5PB	7.0	6.0
		5	71.18	-3.38	-15.76	28.75	5PB	7.0	4.0
		7	81.61	-3.29	-8.28	16.19	2.5PB	8.0	2.0
10	30	0	93.41	-0.45	+3.90	0.0	0.0	9.5	0.0
		1	89.65	+0.06	-1.90	5.60	7.5PB	9.0	2.0
		3	77.75	-5.11	-14.87	23.52	5PB	8.0	4.0
		5	82.61	-3.21	-9.20	15.90	5PB	8.0	4.0
		7	83.31	-2.82	-7.71	14.39	2.5PB	8.0	2.0

표 3-22. 요소 비료의 양에 따른 인디고페라 염료의 발효시간에 따른 용존산소 농도의 변화

인디고페라(g/L)	요소비료(g/L)	발효시간(일)	용존산소농도(ppm)
10	5	0	5.4
		1	0.3
		3	0.3
		5	0.2
		7	0.3
10	10	0	5.2
		1	0.3
		3	0.2
		5	0.2
		7	0.3
10	20	0	5.2
		1	0.3
		3	0.2
		5	0.2
		7	0.3
10	30	0	5.2
		1	0.3
		3	0.2
		5	0.8
		7	0.4

표 3-23. 요소 시약의 양에 따른 인디고페라 염료의 발효시간에 따른 용존산소농도의 변화

인디고페라(g/L)	요소시약(g/L)	발효시간(일)	용존산소농도(ppm)
10	5	0	5.9
		1	0.3
		3	0.2
		5	0.2
		7	0.4
10	10	0	6.0
		1	0.2
		3	0.2
		5	0.2
		7	0.4
10	20	0	5.6
		1	0.2
		3	0.2
		5	0.2
		7	0.4
10	30	0	5.6
		1	0.2
		3	0.2
		5	0.2
		7	0.3

## (2) 대청

(가) 요소를 이용하여 발효 시킨 인디고 염료가 직물의 염색성에 미치는 영향

대청의 요소비료 농도에 따른 발효 염료가 견직물의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 명도를 나타내는 L값은 요소비료를 5g/L를 첨가한 경우는 발효 0일은 93.41인데 비해 발효시작 1일의 L값은 87.87, 발효 3일째는 82.87, 발효 5일째는 87.12, 발효 7일째는 89.01로 명도가 낮아졌다. 명도값 측면에서는 발효 3일째 명도가 가장 낮게 나타났다. 요소비료를 10g/L를 첨가한 경우는 발효 1일부터 7일까지 85.49 ~ 88.49로 명도가 낮아졌다. 요소비료를 20g/L를 첨가한 경우는 발효 1일부터 7일까지 70.65 ~ 90.05로 명도가 낮아졌고 요소비료를 30g/L를 첨가하여 발효시킨 경우는 발효 1일부터 7일까지 83.20 ~ 91.25로 명도가 낮아졌다. 요소비료를 20g/L 첨가했을 때 발효 7일째 가장 명도가 낮게 나타났다.

색좌표 상에서 적색(+)과 녹색(-) 정도를 나타내는 a값은 요소비료를 5g/L를 첨가한 경우는 발효 0일째는 -0.45인데 비해 발효 1일부터 7일까지 +5.12 ~ -3.05로 발효 3일째가 가장 많이 녹색방향으로 이동하였다. 요소비료를 10g/L를 첨가한 경우는 +5.76 ~ -1.48로 발효 3일째가 가장 많이 녹색방향으로 이동하였다. 요소비료를 20g/L를 첨가한 경우는 발효 1일부터 7일까지 +0.20 ~ -7.81로 점점 녹색방향으로 이동하였고 발효 7일째 가장 많이 녹색방향으로 이동하였다. 요소비료를 30g/L를 첨가한 경우는 발효 1일부터 7일까지 +0.40 ~ -5.35로 발효 7일째 가장 많이 녹색방향으로 이동하였다. 색좌표 상에서 황색(+)과 청색(-) 정도를 나타내는 b값은 요소비료 20g/L를 첨가하여 염색한 경우가 가장 많이 청색방향으로 이동하였다. 색상을 나타내는 H값은 요소비료의 양이 20g/L를 첨가한 경우 발효 5일은 B계열, 발효 7일은 PB계열이었고, 요소비료 양이 30g/L를 첨가한 경우는 발효 7일이 B계열이었다.

대청의 요소시약 농도에 따른 발효 염료가 견직물의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 명도를 나타내는 L값은 요소시약을 5g/L를 첨가한 경우 발효 7일째 60.34로 가장 낮았다. 색좌표 상에서 적색(+)과 녹색(-) 정도를 나타내는 a값은 요소시약을 10g/L를 첨가한 경우 발효 5일째 -7.69로 가장 많이 녹색방향으로 이동하였다. 색좌표 상에서 황색(+)과 청색(-) 정도를 나타내는 b값은 요소비료 5g/L를 첨가하여 염색한 경우가 -23.26으로 가장 많이 청색방향으로 이동하였다. 색상을 나타내는 H값은 요소시약 5g/L, 10g/L, 20g/L를 첨가하여 염색한 경우 발효 3일부터 PB계열이었고, 30g/L를 첨가한 경우는 Y, GY계열이었다.

(나) 요소의 양에 따른 대청 염료의 발효시간에 따른 용존산소농도의 변화

요소비료를 이용하여 대청 염료의 발효시간에 따른 용존산소농도를 조사한 결과 요소비료의 양에 관계없이 발효 0일의 용존산소농도는 4.8 ~ 5.4ppm인데 비해 발효 1일째부터 발효 7일까지 0.2 ~ 0.4ppm으로 낮아졌고, 요소시약을 이용하여 대청 염료의 발효시간에 따른 용존산소농도를 조사한 결과 요소비료의 양에 관계없이 발효 0일의 용존산소농도는 5.6 ~ 5.8ppm인데 비해 발효 1일째부터 발효 7일까지 0.2 ~ 0.3ppm으로 낮아졌다.

표 3-24. 요소비료의 양에 따른 대청 염료가 건직물의 염색성에 미치는 영향

대청 (g/L)	요소비료 (g/L)	발효시간 (일)	Hunter 값				Munsell 값		
			L	a	b	ΔE	H	V	C
10	5	0	93.41	-0.45	+3.90	0.0			
		1	87.87	+0.31	+4.71	8.16	5Y	9.0	1.0
		3	82.87	-3.05	-1.79	12.55	5B	8.0	1.0
		5	87.12	+5.12	+2.12	8.99	10RP	9.0	2.0
		7	89.01	+2.25	+4.54	7.26	5YR	9.0	1.0
10	10	0	93.41	-0.45	+3.90	0.0	0.0	9.5	0.0
		1	88.49	+0.24	+3.74	7.20	0.0	9.0	1.0
		3	86.57	-1.48	+2.09	8.72	0.0	8.75	0.0
		5	85.49	+5.76	+2.09	10.71	10RP	9.0	2.0
		7	88.41	+4.12	+1.97	7.43	5R	9.0	1.0
10	20	0	93.41	-0.45	+3.90	0.0	0.0	9.5	0.0
		1	90.05	+0.20	+3.51	5.66	0.0	9.0	0.0
		3	89.61	-0.05	+5.43	7.27	5Y	9.0	1.0
		5	78.97	-7.10	-7.99	19.4	7.5B	8.0	2.0
		7	70.65	-7.81	-16.07	30.31	2.5PB	7.0	4.0
10	30	0	93.41	-0.45	+3.90	0.0	0.0	9.5	0.0
		1	90.66	+0.08	+2.52	4.75	0.0	9.0	0.0
		3	91.25	+0.40	+4.14	5.23	0.0	9.25	0.0
		5	88.67	-0.49	+4.61	7.57	10Y	9.0	1.0
		7	83.20	-5.35	-4.56	13.92	7.5B	8.0	2.0

표 3-25. 요소시약의 양에 따른 대청 염료가 견직물의 염색성에 미치는 영향

대청 (g/L)	요소시약 (g/L)	발효시간 (일)	Hunter 값				Munsell 값		
			L	a	b	$\Delta E$	H	V	C
10	5	0	93.41	-0.45	+3.90	0.0	0.0	9.5	0.0
		1	86.82	+0.39	+4.89	9.16	5Y	9.0	1.0
		3	84.99	-2.68	-5.60	11.86	2.5PB	8.0	2.0
		5	64.10	-5.50	-22.31	38.55	5PB	6.0	6.0
		7	60.34	-5.19	-23.26	42.06	5PB	6.0	6.0
10	10	0	93.41	-0.45	+3.90	0.0	0.0	9.5	0.0
		1	87.43	+0.44	+5.02	8.73	5Y	9.0	1.0
		3	81.01	-4.08	-7.33	16.41	2.5PB	8.0	2.0
		5	67.28	-7.69	-18.44	34.28	2.5PB	6.0	6.0
		7	68.89	-7.22	-16.68	31.78	2.5PB	7.0	4.0
10	20	0	93.41	-0.45	+3.90	0.0	0.0	9.5	0.0
		1	86.65	+0.37	3.95	8.84	0.0	9.0	0.0
		3	88.08	-0.66	2.45	7.08	0.0	8.75	0.0
		5	77.58	-7.11	-10.27	21.58	2.5PB	8.0	4.0
		7	67.96	-7.01	-17.94	33.26	2.5PB	7.0	6.0
10	30	0	93.41	-0.45	+3.90		0.0	9.5	0.0
		1	87.17	+0.56	4.45	8.67	0.0	9.0	0.0
		3	91.31	+0.26	4.72	5.65	0.0	9.25	0.0
		5	89.39	-0.28	5.92	7.88	5Y	9.0	1.0
		7	87.20	-1.19	4.91	9.05	5GY	9.0	1.0

표 3-26. 요소비료의 양에 따른 대청 염료의 발효시간에 따른 용존산소농도의 변화

대청(g/L)	요소비료(g/L)	발효시간(일)	용존산소농도(ppm)
10	5	0	5.6
		1	0.2
		3	0.2
		5	0.2
		7	0.2
10	10	0	5.6
		1	0.2
		3	0.2
		5	0.3
		7	0.2
10	20	0	5.7
		1	0.2
		3	0.2
		5	0.3
		7	0.3
10	30	0	5.8
		1	0.4
		3	0.2
		5	0.3
		7	0.3

표 3-27. 요소시약의 양에 따른 대청 염료의 발효시간에 따른 용존산소농도의 변화

대청(g/L)	요소시약(g/L)	발효시간(일)	용존산소농도(ppm)
10	5	0	4.8
		1	0.2
		3	0.2
		5	0.2
		7	0.3
10	10	0	4.8
		1	0.2
		3	0.2
		5	0.2
		7	0.3
10	20	0	5
		1	0.4
		3	0.2
		5	0.2
		7	0.4
10	30	0	5.4
		1	0.2
		3	0.2
		5	0.3
		7	0.4

(다) 요소를 이용한 인디고 염료의 발효시간에 따른 용존산소 농도와의 상관관계

요소를 이용한 인디고 염료 발효시 용존산소농도를 조사하였는데 대조구를 물로 하였고, 인디고페라, 대청에 요소비료, 요소시약 두 가지를 환원제로 이용하여 24시간 동안 발효하면서 용존산소농도를 측정하였다. 인디고페라의 경우 초기 pH를 10.3에서 발효를 시작하였고, 대청은 pH 12에서 발효를 시작하였다. 아래 그림을 보면 알 수 있듯이 인디고페라의 경우 28시간 이내에 용존산소농도가 0.2, 0.3ppm으로 측정되었고 대청의 경우는 2.5, 2.7ppm으로 측정되었다.

이는 대청의 경우 발효 시작시 초기 pH가 12로 인디고페라 보다 높았기 때문에 그만큼 더디게 환원됨을 알 수 있었다. 최적 환원조건인 초기 pH를 잘 맞춰줘야 발효시간이 단축되거나 보다 더 발효가 잘 됨을 알 수 있었다.



표 3-28. 요소의 양과 인디고 염료의 발효시간에 따른 용존산소농도의 변화

(단위:ppm)

시간 (h)	물	인도쪽(요소비료)	인도쪽(요소시약)	대청(요소비료)	대청(요소시약)
		초기pH : 10.3	초기pH : 10.3	초기pH : 12	초기pH : 12
0	5	4.5	5.1	4.1	3.9
1	4.3	4.0	4.2	3.2	3.1
5	4.1	3.2	3.4	3.4	3
10	4.1	2.3	2.3	3.1	2.9
15	3.8	1.4	1.6	3	3
20	3.8	0.9	0.8	2.8	2.9
24	3.6	0.5	0.4	2.8	2.7
28	3.5	0.3	0.2	2.7	2.5

## 나. 결 론

요소비료 및 요소시약의 첨가량에 따른 인디고 염료의 환원 정도 및 환원염액에 의한 견직물의 염색성과 발효시 용존산소 농도를 조사하였다. 인디고페라 염료는 요소비료의 양이 5g/L, 10g/L, 20g/L일 경우 견직물의 염색성에 큰 차이는 없었지만 요소비료의 양이 30g/L일 경우가 염색성이 가장 좋았다. 요소시약을 이용하여 발효한 경우는 요소시약의 양이 20g/L인 경우가 염색성이 가장 좋았다. 대청 염료는 인디고페라 염료와 달리 요소시약을 이용하여 발효했을 때 염색성이 좋았다. 요소시약의 양이 5g/L를 첨가하여 발효한 경우가 염색성이 좋았다. 요소시약의 양이 증가할수록 발효가 더디게 이루어졌고 30g/L를 첨가한 경우는 7일안에 발효가 잘 되지 않아 염색성이 떨어졌다. 요소비료를 이용한 발효는 요소시약을 이용한 발효 때보다 염색성이 떨어졌다. 요소시약을 사용했을 때와 마찬가지로 요소량이 증가할수록 발효되는 시간은 더 길었다. 요소비료 20g/L를 첨가하여 발효 7일째 가장 염색성 좋았다.

기존의 전통 인디고염료 발효방식과 하이드로설파이트를 이용한 속성환원 대신 요소를 이용하여 발효시켜 인디고 염색이 가능함을 알 수 있었다. 요소를 이용한 발효시 0일, 1일, 3일, 5일, 7일 간격으로 용존산소농도를 조사하였는데 발효전 용존산소농도가 4.8-5.6인데 비해 발효 하루 만에 용존산소농도가 0.2-0.3ppm으로 현저하게 낮아졌다. 그래서 하루 동안의 용존산소농도를 조사하기 위해 인디고페라 염료는 초기 pH를 10.3으로 발효를 시작하였고 대청 염료는 그 보다 높은 pH 12로 발효를 시작하였다. 그 결과 인디고페라 염료는 28시간 내에 용존산소농도가 0.2-0.3ppm으로 확연하게 감소하였는데, 대청 염료의 용존산소농도는 서서히 줄어들었다. 발효 초기의 pH에 따라서 발효되는 시간이 달라짐을 알 수 있었다.

### 3. 인디고 염색공정 축소 및 소요시간 단축에 관한 기술개발

#### 가. 서론

전통 쪽 발효 염색공정 기술을 바탕으로 인도산인 인디고페라와 나주산 니람의 에탄올 함유량, 염색온도 및 pH에 따른 직물의 염색성에 대해 조사하고자 한다.

#### 나. 재료 및 방법

##### (1) 염료

본 실험에 사용한 염료는 인디고/인디루빈 생산 작물 산업화 연구 사업단(전남 나주)에서 생산된 니람(분말형)과 인도에서 수입한 인도람을 이용하였다.

##### (2) 시약

본 실험에 사용한 시약은 환원제, pH 조정제로 구분하여 사용하였는데, 환원제는 하이드로설파이트와 글루코오스를 사용하였다. pH 조정제로는 수산화나트륨과 구연산을 사용하였다. 수산화나트륨 외에 인디고 색소의 용해제로서 에탄올을 사용하였다.

##### (3) 피염물

실험에 사용한 직물은 시험포 KS K0905, JIS L 0803에 규정된 염색견뢰도 시험용 백포로 견은 615 SILK(ISO 105/F06)(W:75cm), 면직물 400 COTTON(ISO 105/F02)(W:114cm), 레이온 266 VISCOSE(ISO 105/F02)(W:145cm), 모직물 537 WOOL(ISO 105/F01)(W:140cm)이다.

##### (4) 염액 제조

본 실험을 위한 염액은 pH를 각각 7.5 및 12.0으로 조정한 다음 환원제로로서 하이드로설파이트, 글루코오스를 사용하였는데, 니람에 있는 색소함유량이 7%(6g)이며 인디고페라는 40%(1g)이므로 하이드로설파이트는 니람의 경우 니람 분말 6g일 때 하이드로 설파이트 2g, 인도람의 경우 인도람 분말 1g일 때 하이드로설파이트 2g을 첨가하여 환원시켰다. 에탄올은 99.9%인 것을 각각 0, 10, 20 및 40%로 조정하였다.

## (5) 염색

본 실험에서 염색은 욕비를 1:50으로 조정 후 온도는 25℃, 35℃ 및 50℃조건에서 각각 5분 간 염색하였다. pH에 따른 직물의 염색성을 조사하기 위한 염액은 상온에서 염색하였다.

## (6) 표면색 측정

직물의 표면색은 색차계(MINOLTA Spectrophotometer Meter CM-2500c, Japan)를 이용하여 명도지수 L, 색좌표 지수 a, b값을 조사하였으며, Munsell 표색계 HV/C값은 색차계를 이용하여 얻은 L, a, b로부터 산출하였다. 피염물의 염색 전후와 염색조건에 따른 색차인  $\Delta E$ 값은  $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$  식으로 구하였다.

## (7) 염착량 측정

염착량(染着量)은 색차계(MINOLTA Spectrophotometer Meter CM-2500c, Japan)로  $\lambda_{max}$ 에서 피염물의 표면 반사율을 측정하여 Kubelka-Munk식에 의해 염착량(K/S value; amounts of dye uptake)를 산출했는데 그 식은  $K/S = (1-R)^2/2R$ 이었다. 여기서 K는 염색물의 흡광계수(absorption coefficient)이며, S는 염색물의 산란계수(scattering coefficient)이고, R은 표면반사율(reflectance)이었다.

## 다. 결과

### (1) 에탄올 함유량과 염색온도에 따른 면직물에 대한 염색성

인디고페라를 pH 7.5에서 환원제 하이드로설파이트를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 면직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 13.79~25.64, 10%일 경우 16.07~32.40, 20%일 경우 13.78~35.61, 30%일 경우 18.20~25.11, 40%일 경우 11.50~29.60을 나타냈다. Hue값은 모든 조건에서 PB계열을 나타냈다. 가장 염색성이 좋은 조건은 에탄올 함유량이 20%, 30℃에서 염색할 때였다.(표 3-29.)

인디고페라를 pH 7.5에서 환원제 글루코스를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 면직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 8.33~10.53, 10%일 경우 8.25~11.67, 20%일 경우 8.01~8.51, 30%일 경우 5.31~7.17, 40%일 경우 5.43~8.41을 나타냈다. Hue값은 모든 조건에서 PB계열을 나타냈지만 하이드로설파이트를 환원제로 사용했을 때 보다 약하게 염색되었다. 글루코스를 환원제로 사용했을 때는 하이드로설파이트보다 환원력이 떨어져서 전체적으로 염착률이 떨어졌다. (표 3-30.)

인디고페라를 pH 12에서 환원제 하이드로설파이트를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 면직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 24.31~46.75, 10%일 경우 30.13~45.02, 20%일 경우 40.91~45.94, 30%일 경우 36.42~42.36, 40%일 경우 33.96~38.79을 나타냈다. Hue값은 모든 조건에서 PB계열을 나타냈다. 중성영역에서 염색했을 때보다 염착률이 더 높았다. 가장 염색성이 좋은 조건은 에탄올 함유량이 20%일 때 50℃에서 염색한 경우였다.(표 3-31.)

인디고페라를 pH 12에서 환원제 글루코스를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 면직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 5.85~8.19, 10%일 경우 3.2~5.38, 20%일 경우 3.54~5.24, 30%일 경우 3.99~6.84, 40%일 경우 4.53~5.36을 나타냈다. Hue값은 모든 조건에서 PB계열을 나타냈다. 알칼리조건에서 염색했을 때보다 현저하게 염착률이 낮았다. 알칼리조건이었지만 환원제를 글루코스를 사용했어도 환원력이 낮아 염착률이 떨어졌다.(표 3-32.)

니람을 pH 7.5에서 환원제 하이드로설파이트를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 면직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 18.37~36.64, 10%일 경우 22.88~40.57, 20%일 경우 32.37~40.25, 30%일 경우 31.75~35.31, 40%일 경우 30.67~34.49을 나타냈다. Hue값은 거의 모든 조건에서 PB계열을 나타냈다. 대조구와의 염색차가 가장 큰 염색조건은 에탄올함유량이 10%, 염색온도가 50℃일 때였다. 에탄올 함유량이 20%였을 때와 큰 차이는 없었다.(표 3-33.)

니람을 pH 7.5에서 환원제 글루코스를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 면직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 10.68~13.68, 10%일 경우 7.14~8.07, 20%일 경우 6.74~8.56, 30%일 경우 6.76~7.79, 40%일 경우 5.80~6.75을 나타냈다. Hue값은 모든 조건에서 P계열을 나타냈다. 알칼리조건에서 염색했을 때와 다르게 모두 P계열로 염색이 되었다. 그리고, 에탄올함유량이 0%, 염색온도가 50℃일 때 대조구와의 색차가 가장 컸다.(표 3-34.)

니람을 pH 12에서 환원제 하이드로설파이트를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 면직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 14.60~40.17, 10%일 경우 22.55~40.71, 20%일 경우 27.60~37.65, 30%일 경우 29.20~36.22, 40%일 경우 26.83~28.72를 나타냈다. Hue값은 거의 모든 조건에서 PB계열을 나타냈다. 대조구와의 색차가 가장 큰 조건은 에탄올함유량 10%, 염색온도가 50℃일 때였다.(표 3-35.)

니람을 pH 12에서 환원제 글루코스를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 면직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 5.71~11.69, 10%일 경우 6.26~9.72, 20%일 경우 4.40~7.64, 30%일 경우 7.28~8.42, 40%일 경우 6.02~7.50를 나타냈다. Hue값은 주로 P나 PB계열을 나타냈다. 에탄올함유량 0%, 염색온도가 50℃일 때 가장 큰 색차를 보였다. 하지만 전체적으로 염착률은 떨어졌다.(표 3-36.)

표 3-29. 중성조건에서 에탄올함유량과 염색온도에 따른 인디고페라의 면직물의 염색성(Hydrosulfite)

에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	0				0			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	94.95	0.37	-0.74	3.7P	9.39	0.51	---
25	25.64	73.00	-5.08	-12.84	2.3PB	7.10	3.86	2.43
35	13.79	82.81	-2.34	-6.70	3.4PB	8.12	2.35	1.72
50	20.04	76.79	-3.02	-8.50	3.0PB	7.50	2.75	1.71
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	10				10			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	24.47	74.55	-5.15	-13.07	2.3PB	7.25	3.92	2.59
35	32.40	66.72	-5.35	-15.58	2.6PB	6.45	4.53	2.50
50	16.07	80.46	-2.70	-6.97	3.0PB	7.88	2.40	1.63
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	20				20			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	33.53	65.80	-5.40	-16.28	2.7PB	6.35	4.70	2.55
35	35.61	63.89	-5.61	-17.10	2.7PB	6.16	4.90	2.60
50	13.78	82.68	-2.48	-6.34	3.1PB	8.11	2.26	1.65
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	30				30			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	18.20	79.11	-4.35	-8.36	1.6PB	7.74	2.77	2.08
35	25.11	73.17	-4.52	-12.25	2.6PB	7.12	3.70	2.29
50	19.14	78.26	-4.89	-8.50	1.1PB	7.65	2.82	2.15
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	40				40			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	29.60	69.76	-5.85	-14.98	2.3PB	6.76	4.42	2.63
35	20.80	77.76	-5.22	-11.04	1.8PB	7.59	3.44	2.56
50	11.50	84.56	-2.04	-5.05	3.1PB	8.31	1.91	1.46

표 3-30. 중성조건에서 에탄올함유량과 염색온도에 따른 인디고페라의 면직물의 염색성(Glucose)

에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	0				0			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	94.95	0.37	-0.74	3.7P	9.39	0.51	
25	10.53	85.28	-1.78	-4.31	3.1PB	8.39	1.68	1.28
35	8.33	87.58	-1.56	-4.12	3.5PB	8.62	1.62	1.40
50	9.78	86.36	-1.52	-5.03	4.2PB	8.50	1.91	1.50
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	10				10			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	11.67	84.38	-1.88	-5.14	3.4PB	8.29	1.93	1.41
35	8.25	87.86	-1.46	-4.53	4.1PB	8.65	1.75	1.53
50	10.87	85.28	-1.52	-5.32	4.3PB	8.38	1.99	1.46
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	20				20			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	8.01	87.95	-1.48	-4.16	3.8PB	8.66	1.63	1.44
35	8.20	87.83	-1.22	-4.49	4.6PB	8.65	1.74	1.45
50	8.51	87.65	-1.34	-4.75	4.5PB	8.63	1.83	1.55
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	30				30			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	5.31	90.17	-1.05	-2.58	3.8PB	8.90	1.08	1.09
35	7.77	87.89	-1.40	-3.46	3.5PB	8.66	1.40	1.22
50	6.44	89.08	-0.95	-3.03	4.7PB	8.78	1.25	1.07
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	40				40			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	5.43	90.24	-0.89	-3.13	5.0PB	8.90	1.28	1.22
35	7.17	88.91	-1.40	-4.19	4.1PB	8.76	1.65	1.57
50	8.41	87.90	-1.00	-5.10	5.4PB	8.65	1.96	1.64

표 3-31. 알칼리조건에서 에탄올함유량과 염색온도에 따른 인디고페라의 면직물의 염색성(Hydrosulfite)

에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	0				0			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	94.95	0.37	-0.74	3.7P	9.39	0.51	
25	24.31	75.11	-5.30	-13.59	2.3PB	7.31	4.05	2.73
35	39.03	60.47	-5.52	-18.06	2.8PB	5.81	5.06	2.60
50	45.80	52.03	-5.69	-18.27	2.5PB	4.97	4.95	2.50
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	10				10			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	30.13	69.90	-5.54	-16.42	2.7PB	6.77	4.76	2.81
35	43.12	56.18	-5.63	-18.65	2.7PB	5.38	5.12	2.59
50	45.02	54.00	-6.02	-18.31	2.4PB	5.17	5.02	2.56
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	20				20			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	40.91	58.91	-5.54	-19.16	2.9PB	5.65	5.29	2.70
35	41.16	58.28	-5.74	-18.41	2.7PB	5.59	5.11	2.61
50	45.94	52.92	-6.11	-18.13	2.3PB	5.06	4.96	2.53
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	30				30			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	36.42	63.35	-5.54	-17.84	2.8PB	6.10	5.06	2.67
35	41.16	58.13	-5.87	-18.04	2.5PB	5.58	5.03	2.57
50	42.36	56.75	-6.14	-17.87	2.3PB	5.44	4.97	2.56
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	40				40			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	35.80	64.19	-5.64	-18.06	2.9PB	6.18	5.12	2.74
35	38.79	60.96	-5.64	-18.45	2.8PB	5.86	5.17	2.68
50	33.96	65.22	-5.48	-16.08	2.6PB	6.29	4.65	2.52

표 3-32. 알칼리조건에서 에탄올함유량과 염색온도에 따른 인디고페라의 면직물의 염색성(Glucose)

에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	0				0			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	94.95	0.37	-0.74	3.7P	9.39	0.51	
25	6.76	88.93	-1.02	-3.48	4.6PB	8.77	1.39	1.21
35	5.85	89.76	-0.69	-3.21	5.4PB	8.85	1.30	1.12
50	8.19	87.42	-1.08	-3.62	4.5PB	8.61	1.44	1.11
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	10				10			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	3.22	91.85	-0.36	-1.24	5.6PB	9.07	0.54	0.61
35	5.38	90.10	-0.71	-2.80	5.3PB	8.89	1.16	1.02
50	3.80	91.52	-0.33	-2.21	6.4PB	9.04	0.93	0.82
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	20				20			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	3.54	91.57	-0.28	-1.56	6.3PB	9.04	0.67	0.58
35	5.08	90.24	-0.54	-2.44	5.6PB	8.90	1.02	0.85
50	5.24	90.19	-0.52	-2.73	5.8PB	8.90	1.13	0.94
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	30				30			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	3.99	91.13	-0.57	-1.42	4.6PB	9.00	0.62	0.71
35	4.20	91.10	-0.81	-1.95	4.1PB	8.99	0.83	0.91
50	6.84	88.83	-0.96	-3.50	4.9PB	8.76	1.41	1.19
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	40				40			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	4.84	90.55	-1.04	-2.19	3.3PB	8.94	0.92	1.03
35	4.53	90.99	-0.75	-2.62	5.0PB	8.98	1.09	1.08
50	5.36	90.19	-0.85	-2.88	4.9PB	8.90	1.18	1.11



표 3-33. 알칼리조건에서 에탄올함유량과 염색온도에 따른 니람의 면직물의 염색성(Hydrosulfite)

에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	0				0			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	94.95	0.37	-0.74	3.7P	9.39	0.51	
25	18.37	78.14	-6.19	-4.18	5.5B	7.65	1.89	1.94
35	25.05	72.70	-6.54	-9.93	0.4PB	7.07	3.25	2.22
50	36.64	61.81	-6.44	-14.82	1.7PB	5.95	4.36	2.35
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	10				10			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	22.88	74.76	-6.70	-8.86	9.7B	7.29	3.01	2.25
35	31.05	67.43	-6.74	-13.24	1.2PB	6.53	4.02	2.40
50	40.57	58.05	-6.51	-16.14	1.8PB	5.57	4.60	2.42
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	20				20			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	32.37	66.63	-6.85	-14.67	1.5PB	6.44	4.37	2.55
35	36.35	62.53	-6.54	-15.67	1.8PB	6.02	4.58	2.48
50	40.25	58.36	-6.54	-16.01	1.8PB	5.61	4.57	2.42
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	30				30			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	31.75	67.14	-6.55	-14.42	1.6PB	6.49	4.30	2.51
35	35.31	63.61	-6.52	-15.48	1.8PB	6.13	4.54	2.49
50	34.59	64.18	-6.53	-14.97	1.7PB	6.19	4.41	2.45
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	40				40			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	30.67	68.31	-6.37	-14.36	1.8PB	6.61	4.28	2.53
35	34.49	64.33	-6.11	-15.24	2.1PB	6.21	4.47	2.44
50	33.73	64.93	-5.98	-14.74	2.0PB	6.27	4.34	2.39

표 3-34. 중성조건에서 에탄올함유량과 염색온도에 따른 니람의 면직물의 염색성(Glucose)

에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	0				0			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	94.95	0.37	-0.74	3.7P	9.39	0.51	
25	11.35	84.04	1.24	-3.75	1.7P	8.26	1.76	0.58
35	10.68	84.81	1.68	-3.81	3.2P	8.34	1.85	0.71
50	13.68	81.99	1.35	-4.98	0.8P	8.04	2.09	0.82
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	10				10			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	7.14	88.10	0.79	-2.72	1.0P	8.68	1.38	0.49
35	7.78	87.52	1.14	-2.91	2.6P	8.62	1.48	0.55
50	8.07	87.27	1.73	-2.82	5.3P	8.60	1.64	0.63
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	20				20			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	6.98	88.19	0.80	-2.44	1.8P	8.69	1.29	0.38
35	6.74	88.49	1.47	-2.31	5.4P	8.72	1.44	0.50
50	8.56	86.83	1.54	-3.19	4.0P	8.55	1.67	0.68
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	30				30			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	6.76	88.53	1.15	-2.73	3.1P	8.73	1.44	0.60
35	7.60	87.67	1.04	-2.82	2.3P	8.64	1.43	0.52
50	7.79	87.51	1.51	-2.72	5.0P	8.62	1.55	0.56
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	40				40			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	5.80	89.54	1.12	-2.68	2.9P	8.83	1.39	0.69
35	6.47	88.78	1.01	-2.59	2.5P	8.75	1.35	0.52
50	6.75	88.50	1.49	-2.41	5.3P	8.72	1.47	0.55

표 3-35. 알칼리조건에서 에탄올함유량과 염색온도에 따른 니람의 면직물의 염색성(Hydrosulfite)

에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	0				0			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	94.95	0.37	-0.74	3.7P	9.39	0.51	
25	14.60	82.02	-5.04	-4.83	8.3B	8.04	2.01	1.97
35	26.94	71.62	-7.27	-11.84	0.6PB	6.95	3.74	2.51
50	40.17	58.77	-7.17	-16.49	1.5PB	5.64	4.73	2.56
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	10				10			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	22.55	75.27	-7.17	-8.77	9.2B	7.34	3.02	2.35
35	35.19	63.66	-7.47	-14.80	1.1PB	6.14	4.42	2.53
50	40.71	58.07	-6.79	-16.43	1.7PB	5.57	4.68	2.49
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	20				20			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	27.60	71.45	-6.78	-13.33	1.3PB	6.93	4.06	2.62
35	37.65	61.50	-6.59	-16.56	2.0PB	5.92	4.78	2.56
50	37.04	61.42	-6.33	-14.99	1.8PB	5.91	4.38	2.35
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	30				30			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	29.20	69.97	-6.94	-14.00	1.4PB	6.78	4.23	2.64
35	36.22	62.76	-6.65	-15.79	1.8PB	6.04	4.62	2.52
50	32.38	65.97	-6.21	-13.62	1.6PB	6.38	4.08	2.32
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	40				40			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	26.83	71.83	-7.11	-12.12	0.8PB	6.97	3.79	2.53
35	27.05	71.62	-7.06	-12.24	0.8PB	6.95	3.82	2.53
50	28.72	70.27	-6.10	-13.93	1.9PB	6.81	4.17	2.55

표 3-36. 알칼리조건에서 에탄올함유량과 염색온도에 따른 니람의 먼직물의 염색성(Glucose)

에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	0				0			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	94.95	0.37	-0.74	3.7P	9.39	0.51	
25	5.71	89.25	0.49	-0.33	7.4P	8.81	0.67	0.60
35	8.66	86.77	1.01	-3.54	0.9P	8.54	1.66	0.72
50	11.69	83.70	0.48	-3.93	9.0PB	8.22	1.69	0.62
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	10				10			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	6.26	88.76	0.15	-1.67	9.1PB	8.75	0.93	0.31
35	6.80	88.63	0.97	-3.18	1.1P	8.73	1.54	0.78
50	9.72	85.69	0.47	-3.70	9.0PB	8.43	1.62	0.69
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	20				20			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	4.40	90.74	0.94	-1.87	4.2P	8.96	1.17	0.39
35	6.72	88.72	0.96	-3.19	1.0P	8.74	1.54	0.79
50	7.64	87.90	1.09	-3.59	1.0P	8.66	1.67	0.88
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	30				30			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	7.28	87.82	0.46	-2.17	10.0PB	8.65	1.18	0.27
35	8.42	86.87	0.49	-3.10	9.4PB	8.55	1.44	0.56
50	7.64	87.82	1.12	-3.37	1.6P	8.65	1.60	0.79
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	40				40			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	6.02	89.37	0.89	-2.95	0.9P	8.81	1.45	0.76
35	6.79	88.57	0.87	-3.01	0.9P	8.73	1.47	0.69
50	7.50	88.00	0.88	-3.49	0.2P	8.67	1.62	0.84

## (2) 에탄올 함유량과 염색온도에 따른 견직물에 대한 염색성

인디고페라를 pH 7.5에서 환원제 하이드로설파이트를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 견직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 18.50~30.98, 10%일 경우 27.38~43.22, 20%일 경우 17.63~46.06, 30%일 경우 28.02~40.01, 40%일 경우 16.07~42.71를 나타냈다. Hue값은 주로 PB계열을 나타냈다. 에탄올함유량 20%, 염색온도가 35°C일 때 가장 큰 색차를 보였다.(표 3-37.)

인디고페라를 pH 7.5에서 환원제 글루코스를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 견직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 8.13~15.67, 10%일 경우 5.96~11.73, 20%일 경우 2.79~7.55, 30%일 경우 4.99~8.57, 40%일 경우 5.99~13.14를 나타냈다. Hue값은 주로 PB계열을 나타냈다. 에탄올함유량 0%, 염색온도가 35°C일 때 가장 큰 색차를 보였지만 환원제로 하이드로설파이트를 사용했을 때보다 전체적으로 염착률이 많이 떨어졌다. 그리고 블루 계열이 아닌 퍼플계열로 염색되었다.(표 3-38.)

인디고페라를 pH 12에서 환원제 하이드로설파이트를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 견직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 13.74~46.57, 10%일 경우 18.37~40.79, 20%일 경우 26.35~50.01, 30%일 경우 25.12~48.14, 40%일 경우 21.95~39.64를 나타냈다. Hue값은 주로 B계열을 나타냈다. 에탄올함유량 20%, 염색온도가 50°C일 때 가장 큰 색차를 보였다.(표 3-39.)

인디고페라를 pH 12에서 환원제 글루코스를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 견직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 3.26~4.40, 10%일 경우 3.07~3.51, 20%일 경우 3.14~3.65, 30%일 경우 3.91~5.44, 40%일 경우 4.19~5.38를 나타냈다. Hue값은 주로 PB계열을 나타냈다. 모든 조건에서 전체적으로 염착률이 떨어졌다.(표 1-12)

니람을 pH 7.5에서 환원제 하이드로설파이트를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 견직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 28.40~51.52, 10%일 경우 31.50~55.84, 20%일 경우 43.73~56.40, 30%일 경우 44.26~49.59, 40%일 경우 44.98~49.21를 나타냈다. Hue값은 주로 PB계열을 나타냈다. 에탄올함유량 20%, 염색온도가 50°C일 때 가장 큰 색차를 보였다.(표 3-40.)

니람을 pH 7.5에서 환원제 글루코스를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 견직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 10.80~19.46, 10%일 경우 9.69~14.63, 20%일 경우 11.43~15.50, 30%일 경우 11.69~16.42, 40%일 경우 10.53~15.57를 나타냈다. Hue값은 거의 모든 조건에서 퍼플계열로 염색이 되어졌고, 에탄올함유량이 0%, 염색온도가 50°C일 때 가장 큰 색차를 보였다.(표 3-41.)

니람을 pH 12에서 환원제 하이드로설파이트를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 견직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 19.95~55.47, 10%일 경우 30.48~55.92, 20%일 경우 35.96~52.81, 30%일 경우 40.94~47.37, 40%일 경우 28.80~41.67를

나타냈다. Hue값은 거의 모든 조건에서 PB계열로 염색이 되어졌고, 에탄올함유량이 10%, 염색 온도가 50℃일 때 가장 큰 색차를 보였다.(표 3-42.)

니람을 pH 12에서 환원제 글루코스를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 견직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우 ΔE값이 8.38~16.43, 10%일 경우 10.56 ~ 15.72, 20%일 경우 9.70~13.94, 30%일 경우 9.34~17.38, 40%일 경우 11.03~14.65를 나타냈다. Hue값은 주로 P계열로 염색이 되어졌고, 에탄올함유량이 30%, 염색온도가 50℃일 때 가장 큰 색차를 보였다. 환원제로 하이드로설파이드를 사용했을 때와 다르게 블루 계열이 아닌 퍼플계열로 염색되어졌다. 쪽풀에는 인디고 색소와 인디루빈 색소가 존재하는데 이 조건에서는 인디루빈 색소로 염색이 된 것으로 사료된다.(표 3-43.)

표 3-37. 중성조건에서 에탄올함유량과 염색온도에 따른 인디고페라의 견직물의 염색성(Hydrosulfire)

에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	0				0			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	93.46	0.40	-4.65	8.4PB	9.23	2.01	----
25	30.98	66.01	-8.04	-16.27	1.3PB	6.37	4.82	2.87
35	18.50	76.41	-2.90	-11.03	4.2PB	7.45	3.40	2.11
50	25.97	70.55	-6.53	-14.73	2.1PB	6.83	4.42	2.57
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	10				10			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
	25	27.38	71.59	-10.02	-17.41	0.8PB	6.93	
35	43.22	55.88	-10.98	-22.73	1.0PB	5.32	6.40	3.39
50	20.99	73.98	-3.00	-11.68	4.3PB	7.20	3.57	2.12
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	20				20			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
	25	41.83	56.79	-10.79	-21.38	0.8PB	5.42	
35	46.06	52.54	-10.30	-22.90	1.1PB	4.99	6.35	3.31
50	17.63	77.36	-2.63	-11.17	4.9PB	7.54	3.47	1.86
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	30				30			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
	25	28.02	70.40	-9.70	-16.95	0.9PB	6.80	
35	40.01	60.43	-13.79	-22.22	0.1PB	5.77	6.56	3.85
50	28.10	67.20	-6.52	-11.87	1.2PB	6.51	3.69	2.88
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	40				40			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
	25	42.71	58.89	-15.57	-24.00	9.7B	5.60	
35	32.58	67.50	-13.09	-18.99	9.9B	6.49	5.83	3.81
50	16.07	78.42	-2.85	-9.28	4.1PB	7.66	3.00	2.24

### 실험

에탄올함유량(%) 염색온도	0	10	20	30	40
25℃					
35℃					
50℃					

※염색조건 : 인디고페라, pH 7.5, 환원제 Hydrosulfate

표 3-38. 중성조건에서 에탄올함유량과 염색온도에 따른 인디고페라의 견직물의 염색성(Glucose)

에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	0				0			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	93.46	0.40	-4.65	8.4PB	9.23	2.01	
25	8.13	86.04	-2.33	-6.54	3.6PB	8.46	2.40	2.38
35	15.67	78.79	-2.76	-9.18	3.8PB	7.70	2.95	2.37
50	9.98	84.12	-2.17	-7.05	4.2PB	8.26	2.50	2.32
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	10				10			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	6.71	87.30	-2.00	-5.81	3.9PB	8.59	2.20	2.38
35	5.96	87.84	-1.52	-5.08	4.6PB	8.65	1.98	2.43
50	11.73	82.42	-1.69	-8.02	5.2PB	8.08	2.72	2.07
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	20				20			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	2.79	91.07	-0.32	-3.38	6.9PB	8.99	1.42	2.37
35	4.32	89.25	-0.56	-4.39	6.5PB	8.79	1.79	2.2
50	7.55	86.07	0.72	-6.19	8.8PB	8.46	2.39	1.68
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	30				30			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	5.11	88.44	-0.57	-4.60	6.5PB	8.71	1.86	2.25
35	4.99	88.48	0.70	-4.86	9.1PB	8.71	2.05	1.87
50	8.57	85.43	2.44	-6.84	1.8P	8.39	2.67	1.58
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	40				40			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	5.99	87.56	0.13	-5.69	7.7PB	8.62	2.24	1.7
35	6.77	87.10	1.40	-6.75	9.7PB	8.57	2.56	1.16
50	13.14	81.48	1.73	-9.89	9.3PB	7.98	3.30	0.98

표 3-39. 알칼리조건에서 에탄올함유량과 염색온도에 따른 인디고페라의 견직물의 염색성(Hydrosulfite)

에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	0				0			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	93.46	0.40	-4.65	8.4PB	9.23	2.01	
25	13.74	84.74	-8.70	-10.12	9.4B	8.30	3.39	4.16
35	29.24	72.21	-13.46	-19.19	9.9B	6.97	5.96	4.18
50	46.57	52.76	-12.01	-23.59	0.7PB	5.00	6.64	3.59
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	10				10			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	18.37	81.86	-11.15	-12.99	9.0B	7.99	4.22	4.51
35	32.56	68.31	-13.33	-20.11	10.0B	6.57	6.11	3.94
50	40.79	59.94	-14.07	-22.84	10.0B	5.72	6.72	3.94
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	20				20			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	26.35	74.95	-12.76	-18.01	9.9B	7.26	5.58	4.20
35	28.76	72.28	-13.34	-18.42	9.7B	6.98	5.76	4.14
50	50.01	50.35	-13.85	-25.60	0.4PB	4.75	7.21	4.05
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	30				30			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	25.12	76.54	-13.52	-16.92	9.2B	7.42	5.34	4.53
35	30.15	72.21	-15.20	-19.27	9.1B	6.97	6.10	4.59
50	48.14	53.42	-15.40	-26.21	0.1PB	5.04	7.54	4.32
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	40				40			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	21.95	79.16	-12.31	-15.40	9.3B	7.70	4.87	4.49
35	24.76	76.53	-12.97	-16.79	9.4B	7.43	5.27	4.39
50	39.64	62.40	-15.13	-23.77	10.0B	5.95	7.06	4.21

### 실크

에탄올함유량(%) 염색온도	0	10	20	30	40
25℃					
35℃					
50℃					

\*염색조건 : 인디고페라, pH 12, 환원제 Hydrosulfate



표 3-40. 알칼리조건에서 에탄올함유량과 염색온도에 따른 인디고페라의 견직물의 염색성(Glucose)

에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	0				0			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	93.46	0.40	-4.65	8.4PB	9.23	2.01	
25	3.26	91.74	-0.35	-1.98	6.5PB	9.06	0.87	3.26
35	3.66	91.07	-0.42	-2.00	6.3PB	8.99	0.89	3.36
50	4.40	89.19	-0.14	-3.73	7.3PB	8.79	1.56	2.51
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	10				10			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	3.51	91.02	-0.25	-2.21	6.9PB	8.98	0.97	3.19
35	3.33	90.85	0.27	-2.58	8.8PB	8.97	1.25	2.87
50	3.07	91.06	0.77	-2.76	0.6P	8.99	1.42	2.64
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	20				20			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	3.14	91.76	0.33	-2.01	9.2PB	9.06	1.09	3.12
35	3.39	90.36	0.05	-3.33	7.9PB	8.91	1.44	2.48
50	3.65	90.11	1.03	-3.33	1.2P	8.89	1.62	2.44
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	30				30			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	4.01	89.55	0.02	-3.83	7.7PB	8.83	1.61	2.35
35	3.91	89.74	0.53	-3.44	9.2PB	8.85	1.58	2.47
50	5.44	88.04	0.50	-5.16	8.5PB	8.67	2.10	1.81
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	40				40			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	4.19	89.29	0.04	-4.31	7.6PB	8.80	1.78	2.11
35	5.38	88.12	-0.06	-5.12	7.3PB	8.68	2.04	1.93
50	4.30	89.18	0.20	-4.25	8.1PB	8.79	1.78	2.11

표 3-41. 중성조건에서 에탄올함유량과 염색온도에 따른 니람의 견직물의 염색성(Hydrosulfite)

에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	0				0			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	93.46	0.40	-4.65	8.4PB	9.23	2.01	
25	28.40	66.66	-4.32	-12.77	3.8PB	6.44	3.88	2.31
35	35.46	61.14	-8.74	-16.01	1.2PB	5.87	4.79	2.89
50	51.52	45.89	-8.33	-22.39	1.9PB	4.35	6.01	2.99
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	10				10			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	31.50	64.70	-7.38	-14.87	1.8PB	6.24	4.49	2.70
35	43.17	55.09	-11.29	-20.61	0.6PB	5.25	5.92	3.33
50	55.84	41.38	-6.62	-23.53	2.6PB	3.91	6.11	2.89
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	20				20			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	43.73	55.16	-11.45	-22.11	0.8PB	5.25	6.29	3.40
35	51.82	46.89	-10.72	-24.47	1.3PB	4.43	6.67	3.49
50	56.40	40.76	-7.42	-23.15	2.2PB	3.85	6.03	3.01
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	30				30			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	44.26	56.24	-14.33	-23.55	0.1PB	5.34	6.86	3.99
35	49.59	49.30	-11.50	-23.81	0.9PB	4.67	6.60	3.53
50	47.40	51.39	-13.28	-21.68	9.9B	4.87	6.27	3.72
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	40				40			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	44.98	55.32	-13.89	-23.75	0.2PB	5.25	6.87	3.91
35	49.21	49.54	-11.33	-23.51	0.9PB	4.69	6.52	3.49
50	47.19	51.82	-13.09	-22.29	0.1PB	4.91	6.41	3.71

### 실크

에탄올함유량(%) 염색온도	0	10	20	30	40
25℃					
35℃					
50℃					

\*염색조건 : 니람, pH 7.5, 환원제 Hydrosulfate

표 3-42. 중성조건에서 에탄올함유량과 염색온도에 따른 니람의 견직물의 염색성(Glucose)

에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	0				0			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	93.46	0.40	-4.65	8.4PB	9.23	2.01	
25	10.80	83.55	4.61	-3.74	7.4P	8.21	2.52	3.41
35	14.22	80.01	4.96	-5.48	6.4P	7.84	2.82	2.99
50	19.46	75.19	6.68	-7.01	6.5P	7.34	3.35	2.96
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	10				10			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	9.69	83.94	2.07	-3.87	4.6P	8.25	2.01	3.03
35	11.46	82.39	3.31	-3.98	6.1P	8.09	2.27	3.19
50	14.63	79.76	5.50	-5.22	6.9P	7.81	2.90	3.16
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	20				20			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	11.43	82.31	2.91	-4.33	5.5P	8.08	2.25	3.02
35	12.23	81.74	3.90	-4.23	6.5P	8.02	2.43	3.19
50	15.50	78.94	5.84	-4.73	7.5P	7.73	2.89	3.38
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	30				30			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	11.69	82.44	4.23	-5.52	5.8P	8.09	2.70	2.73
35	13.36	80.70	4.33	-5.16	6.1P	7.91	2.65	2.97
50	16.42	78.32	6.65	-5.87	7.2P	7.67	3.20	3.19
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	40				40			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	10.53	83.68	4.11	-5.88	5.5P	8.22	2.73	2.50
35	13.10	81.11	4.46	-6.31	5.5P	7.95	2.87	2.58
50	15.57	79.00	5.87	-6.54	6.3P	7.73	3.14	2.85

실크

에탄올함유량(%) 염색온도	0	10	20	30	40
25℃					
35℃					
50℃					

\*염색조건 : 니람, pH 7.5, 환원계 Glucose

표 3-43. 알칼리조건에서 에탄올함유량과 염색온도에 따른 니람의 견직물의 염색성(Hydrosulfite)

에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	0				0			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	93.46	0.40	-4.65	8.4PB	9.23	2.01	
25	19.95	74.33	-1.66	-9.92	5.8PB	7.24	3.15	2.08
35	34.59	62.60	-8.23	-17.68	1.9PB	6.01	5.19	2.72
50	55.47	42.55	-7.71	-25.15	2.5PB	4.01	6.62	3.11
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	10				10			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	30.48	66.59	-9.04	-15.51	1.0PB	6.42	4.73	2.99
35	45.50	52.82	-10.22	-22.14	1.2PB	5.02	6.18	3.21
50	55.92	41.76	-6.08	-24.95	3.0PB	3.94	6.44	2.87
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	20				20			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	35.96	63.11	-11.73	-19.65	0.5PB	6.05	5.84	3.45
35	48.49	49.57	-9.07	-22.98	1.7PB	4.70	6.25	3.09
50	52.81	44.22	-6.73	-22.36	2.5PB	4.19	5.89	2.78
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	30				30			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	40.94	58.26	-11.94	-21.50	0.6PB	5.56	6.22	3.47
35	47.37	50.55	-8.88	-22.44	1.7PB	4.80	6.12	3.01
50	46.45	51.89	-12.03	-21.23	0.3PB	4.93	6.07	3.48
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	40				40			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	41.67	60.07	-15.45	-23.90	9.9B	5.72	7.08	4.25
35	40.47	60.16	-14.50	-22.18	9.8B	5.74	6.59	3.98
50	28.80	66.00	-4.88	-11.53	2.3PB	6.39	3.53	2.75

### 실크

에탄올함유량(%) 염색온도	0	10	20	30	40
25℃					
35℃					
50℃					

\*염색조건 : 니람, pH 12, 환원제 Hydrosulfate

표 3-44. 알칼리조건에서 에탄올함유량과 염색온도에 따른 니람의 견직물의 염색성(Glucose)

에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	0				0			K/S
	Hunter value				Munsell value			
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	93.46	0.40	-4.65	8.4PB	9.23	2.01	
25	8.38	85.18	1.75	-4.48	2.5P	8.38	2.05	2.62
35	14.33	79.27	1.57	-6.25	0.5P	7.76	2.40	2.54
50	16.43	77.35	2.71	-6.95	2.2P	7.56	2.65	2.48
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	10				10			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	11.18	82.31	0.62	-5.49	8.9PB	8.08	2.16	2.55
35	10.56	83.23	2.74	-5.91	3.2P	8.17	2.50	2.31
50	15.72	78.28	3.33	-7.54	2.7P	7.66	2.87	2.25
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	20				20			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	9.70	83.96	1.90	-5.88	1.3P	8.24	2.38	2.17
35	9.99	84.07	3.25	-6.49	3.7P	8.25	2.69	2.06
50	13.94	80.66	4.75	-8.05	4.5P	7.90	3.22	2.13
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	30				30			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	9.34	84.68	3.34	-5.89	4.6P	8.32	2.59	2.25
35	12.75	81.76	4.09	-8.12	3.5P	8.01	3.15	1.88
50	17.38	77.27	5.03	-8.98	4.0P	7.55	3.38	2.11
에탄올함유량(%) 염색온도(℃)	40				40			K/S
	ΔE	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
25	11.03	83.23	3.72	-7.12	3.8P	8.17	2.88	2.01
35	12.96	81.64	4.58	-7.97	4.3P	8.00	3.18	2.05
50	14.65	80.58	5.72	-9.18	4.8P	7.89	3.56	2.11

실크

에탄올함유량(%) 염색온도	0	10	20	30	40
25℃					
35℃					
50℃					

\*염색조건 : 니람, pH 12, 환원제 Glucose

(3) pH에 따른 직물의 염색성

(가) 인디고페라, 에탄올 20%함유, 상온염색, 환원제 하이드로설파이트

Cotton								
pH	Hunter value				Munsell value			K/S
	dE*ab	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	94.95	0.37	-0.74	3.7P	9.39	0.51	
5	24.94	70.74	-5.00	-11.59	1.9PB	6.87	3.53	3.14
6	25.70	70.21	-5.03	-12.43	2.1PB	6.81	3.73	2.75
7	29.52	66.97	-5.82	-14.43	2.0PB	6.48	4.26	2.72
8	28.77	67.80	-5.72	-14.53	2.1PB	6.56	4.28	2.76
9	32.56	63.81	-5.89	-14.79	2.0PB	6.16	4.33	2.75
10	30.23	66.06	-5.79	-14.11	1.9PB	6.39	4.17	2.98
11	28.78	67.74	-5.79	-14.36	2.0PB	6.56	4.24	2.69
12	26.42	70.92	-5.55	-15.70	2.6PB	6.87	4.60	2.97
Silk								
pH	Hunter value				Munsell value			K/S
	dE*ab	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	93.46	0.40	-4.65	8.4PB	9.23	2.01	
5	41.12	60.54	-14.48	-24.30	0.2PB	5.77	7.10	4.11
6	38.25	61.63	-12.76	-21.28	0.2PB	5.89	6.26	3.68
7	42.83	58.05	-14.38	-23.67	10.0B	5.52	6.91	4.05
8	39.71	61.62	-14.67	-22.99	9.8B	5.88	6.81	4.12
9	43.96	55.93	-13.00	-23.19	0.3PB	5.32	6.66	3.76
10	41.31	59.03	-13.49	-22.75	0.1PB	5.63	6.64	3.85
11	38.08	63.32	-14.35	-22.65	10.0B	6.05	6.73	4.07
12	34.43	65.42	-12.16	-20.19	0.3PB	6.29	6.01	3.62

직물 pH	면	실크	레이온	모	나일론	아크릴
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

※염색조건 : 에탄올함유량 20%, 상온(25℃)염색, 환원제 Hydrosulfate

인디고페라에 환원제 하이드로설파이트를 사용하여 pH에 따른 직물의 염색성을 조사한 결과 면직물의 b값이 pH 5일 때 -11.59이고, pH 12일 때 -15.70을 나타냈는데 pH가 높아짐에 따라 청색을 나타내는 b값의 수치가 점점 높아졌다. 견직물의 b값은 pH가 5일 때 -24.30이고, pH가 12일 때 -20.19를 나타냈는데 pH가 9일 때 색차값이 가장 높게 나타냈다.

(나) 인디고페라, 에탄올 20%함유, 상온염색, 환원제 글루코스

Cotton								
pH	Hunter value				Munsell value			K/S
	dE*ab	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	94.95	0.37	-0.74	3.7P	9.39	0.51	
5	5.68	88.71	-0.62	-6.17	6.2PB	8.73	2.34	0.85
6	8.04	86.46	-0.88	-6.83	5.8PB	8.50	2.47	1.02
7	10.50	83.74	-1.20	-2.40	2.5PB	8.24	1.05	1.34
8	9.55	84.76	-1.17	-2.16	2.3PB	8.34	0.96	1.44
9	7.92	86.78	-1.70	-1.60	9.5B	8.55	0.82	1.36
10	5.40	89.62	-1.31	-1.49	1.1PB	8.84	0.73	4.43
11	9.53	85.02	-1.34	-1.39	0.4PB	8.37	0.70	2.22
12	6.73	88.43	-0.97	-0.62	7.4B	8.72	0.36	2.85
Silk								
pH	Hunter value				Munsell value			K/S
	dE*ab	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	93.46	0.4	-4.65	8.4PB	9.23	2.01	
5	11.29	82.87	-2.20	-7.57	4.1PB	8.13	2.59	4.11
6	7.06	86.75	-1.62	-5.54	4.5PB	8.53	2.11	3.68
7	6.10	87.64	-1.36	-5.21	5.0PB	8.63	2.02	4.05
8	5.50	88.55	-1.19	-2.74	4.3PB	8.73	1.19	4.12
9	4.41	89.53	-0.89	-3.12	5.3PB	8.83	1.31	3.76
10	3.65	91.28	-0.16	-1.78	7.6PB	9.01	0.84	3.85
11	3.49	91.33	-0.27	-1.97	7.1PB	9.02	0.89	4.07
12	2.78	92.22	0.01	-2.19	8.0PB	9.11	1.02	3.62

인디고페라에 환원제 하이드로설파이트를 사용하여 pH에 따른 직물의 염색성을 조사한 결과 면직물의 b값이 pH 5일 때 -6.17이고, pH 12일 때 -0.62을 나타냈고 pH가 7일 때 가장 높은 색차값을 보였다. 견직물의 b값은 pH가 5일 때 -7.57이고, pH가 12일 때 -2.19를 나타냈는데 pH가 7일 때 색차값이 가장 높게 나타났다. 환원제를 하이드로설파이트를 사용했을 때보다 전체적으로 환원력이 떨어졌다.



(다) 니랍, 에탄올 20%함유, 상온염색, 환원제 하이드로설파이트

Cotton								
pH	Hunter value				Munsell value			K/S
	dE*ab	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	94.95	0.37	-0.74	3.7P	9.39	0.51	
5	24.04	71.47	-6.39	-9.36	10.0B	6.95	3.09	2.26
6	28.94	67.44	-6.85	-13.29	1.1PB	6.53	4.03	2.43
7	19.05	76.47	-5.91	-8.40	10.0B	7.46	2.85	2.48
8	19.83	75.97	-6.81	-8.47	9.3B	7.41	2.92	2.47
9	24.07	71.78	-6.18	-10.90	0.9PB	6.98	3.44	2.40
10	25.46	70.37	-6.09	-11.30	1.0PB	6.83	3.52	2.44
11	24.16	71.76	-6.30	-11.02	0.8PB	6.97	3.47	2.42
12	25.32	70.53	-6.24	-11.17	0.9PB	6.85	3.49	2.49
Silk								
pH	Hunter value				Munsell value			K/S
	dE*ab	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	93.46	0.4	-4.65	8.4PB	9.23	2.01	
5	11.77	83.58	4.48	0.28	5.4RP	8.23	2.01	4.11
6	10.96	83.49	4.12	-2.00	9.8P	8.21	2.16	3.68
7	7.94	86.03	2.87	-3.34	6.3P	8.47	2.07	4.05
8	6.74	87.26	2.34	-2.87	6.1P	8.59	1.84	4.12
9	8.88	84.71	1.87	-5.05	2.0P	8.32	2.18	3.76
10	9.87	83.71	1.79	-5.37	1.5P	8.22	2.25	3.85
11	7.52	86.05	1.66	-5.02	1.5P	8.46	2.15	4.07
12	6.47	87.11	1.57	-4.20	2.1P	8.57	1.93	3.62

pH	면	실크	레이온	모	나일론	아크릴
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

※염색조건 : 에탄올함유량 20%, 상온(25℃)염색, 환원제 Hydrosulfate

니람에 환원제 하이드로설파이트를 사용하여 pH에 따른 직물의 염색성을 조사한 결과 면직물의 b값이 pH 5일 때 -9.36이고, pH 12일 때 -11.17을 나타냈고 pH가 6일 때 가장 높은 색차값을 보였다. 견직물의 b값은 pH가 5일 때 0.28이고, pH가 12일 때 -4.20를 나타냈는데 pH가 5일 때 색차값이 가장 높게 나타났다. 니람으로 염색한 경우는 산성염료에서 염색성이 좋았다.

(라) 니람, 에탄올 20%함유, 상온염색, 환원제 글루코스

Cotton								
pH	Hunter value				Munsell value			K/S
	dE*ab	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	94.95	0.37	-0.74	3.7P	9.39	0.51	
5	6.62	87.55	1.29	-2.77	4.2P	8.62	1.57	4.03
6	7.24	86.79	1.45	-4.24	1.8P	8.54	1.95	3.82
7	8.44	86.92	0.75	0.45	8.7RP	8.57	0.58	3.62
8	5.25	88.82	0.99	-5.16	9.6PB	8.75	2.15	3.74
9	6.25	87.84	0.75	-5.48	9.0PB	8.65	2.20	3.52
10	6.01	88.10	0.80	-5.54	9.0PB	8.67	2.22	3.48
11	4.27	89.82	0.67	-5.29	8.8PB	8.85	2.17	1.55
12	3.88	90.25	0.75	-5.33	8.9PB	8.90	2.18	1.31
Silk								
pH	Hunter value				Munsell value			K/S
	dE*ab	L*	a*	b*	Hue	Value	Chroma	
대조구	-----	93.46	0.4	-4.65	8.4PB	9.23	2.01	
5	11.29	82.87	-2.20	-7.57	4.1PB	8.13	2.59	4.11
6	7.06	86.75	-1.62	-5.54	4.5PB	8.53	2.11	3.68
7	6.10	87.64	-1.36	-5.21	5.0PB	8.63	2.02	4.05
8	5.50	88.55	-1.19	-2.74	4.3PB	8.73	1.19	4.12
9	4.41	89.53	-0.89	-3.12	5.3PB	8.83	1.31	3.76
10	3.65	91.28	-0.16	-1.78	7.6PB	9.01	0.84	3.85
11	3.49	91.33	-0.27	-1.97	7.1PB	9.02	0.89	4.07
12	2.78	92.22	0.01	-2.19	8.0PB	9.11	1.02	3.62

니람에 환원제 글루코스를 사용하여 pH에 따른 직물의 염색성을 조사한 결과 면직물의 b값이 pH 5일 때 -2.77이고, pH 12일 때 -5.33을 나타냈고 pH가 7일 때 가장 높은 색차값을 보였다. 견직물의 b값은 pH가 5일 때 -7.57이고, pH가 12일 때 -2.19를 나타냈는데 pH가 5일 때 색차값이 가장 높게 나타났다. 환원제를 글루코스를 사용하여 염색한 경우도 산성염료에서 염색성이 좋았고 염색된 칼라는 블루 계열이 아닌 퍼플 계열로 염색되었다.

## 라. 적요

인도산인 인디고 페라와 나주산 니람의 에탄올 함유량, 염색온도 및 pH에 따른 직물의 염색성에 대해 조사하였다.

### (1) 면직물에 대한 염색성

인디고페라를 pH 12에서 환원제 하이드로설파이트를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 면직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 24.31~46.75, 10%일 경우 30.13~45.02, 20%일 경우 40.91~45.94, 30%일 경우 36.42~42.36, 40%일 경우 33.96~38.79을 나타냈다. Hue값은 모든 조건에서 PB계열을 나타냈다. 중성영역에서 염색했을 때보다 염착률이 더 높았다. 가장 염색성이 좋은 조건은 에탄올 함유량이 20%일 때 50℃에서 염색한 경우였다.

니람을 pH 12에서 환원제 하이드로설파이트를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 면직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 14.60~40.17, 10%일 경우 22.55~40.71, 20%일 경우 27.60~37.65, 30%일 경우 29.20~36.22, 40%일 경우 26.83~28.72를 나타냈다. Hue값은 거의 모든 조건에서 PB계열을 나타냈다. 대조구와의 색차가 가장 큰 조건은 에탄올함유량 10%, 염색온도가 50℃일 때였다.

pH에 따른 면직물의 염색성을 조사한 결과 인디고페라 염료에서는 하이드로설파이트를 환원제로 사용했을 경우 알칼리 영역에서 염색성이 좋았고, 글루코스를 환원제로 사용했을 경우는 환원력이 떨어져 전체적으로 염착률이 떨어졌다. 니람 염료로 염색한 경우는 산성 영역에서 염착률이 다소 높았다.

### (2) 견직물에 대한 염색성

인디고페라를 pH 12에서 환원제 하이드로설파이트를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 견직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 13.74~46.57, 10%일 경우 18.37~40.79, 20%일 경우 26.35~50.01, 30%일 경우 25.12~48.14, 40%일 경우 21.95~39.64를 나타냈다. Hue값은 주로 B계열을 나타냈다. 에탄올함유량 20%, 염색온도가 50℃일 때 가장 큰 색차를 보였다.

니람을 pH 12에서 환원제 하이드로설파이트를 사용했을 때 에탄올함유량과 염색온도에 따른 견직물의 염색성을 비교한 결과 에탄올함유량이 0%일 경우  $\Delta E$ 값이 19.95~55.47, 10%일 경우 30.48~55.92, 20%일 경우 35.96~52.81, 30%일 경우 40.94~47.37, 40%일 경우 28.80~41.67를 나타냈다. Hue값은 거의 모든 조건에서 PB계열로 염색이 되어졌고, 에탄올함유량이 10%, 염색온도가 50℃일 때 가장 큰 색차를 보였다.

면직물, 견직물 모두 알칼리조건에서 하이드로셀파이트를 환원제로 사용했을 때 염착률이 높았고, 에탄올함유량은 20% 함유한 쪽 염료로 50℃에서 염색했을 때 염색성이 좋았다.

니람 염료는 글루코스를 환원제로 사용했을 경우 청색보다는 퍼플계열로 염색되어짐을 알 수 있었다.

pH에 따른 견직물의 염색성을 조사한 결과 인디고페라 염료에서는 하이드로셀파이트를 환원제로 사용했을 경우 면직물과 마찬가지로 알칼리 영역에서 염색성이 좋았고, 글루코스를 환원제로 사용했을 경우는 환원력이 떨어져 전체적으로 염착률이 떨어졌지만 퍼플계열로 염색되었다. 니람 염료로 염색한 경우도 마찬가지로 산성 영역에서 염착률이 다소 높았다.

### (3) pH에 따른 직물의 염색성

인디고 페라와 니람의 pH에 따른 직물의 염색성을 조사한 결과 인디고페라에 하이드로셀파이트를 환원제로 사용하여 염색한 경우가 글루코스를 사용했을 때보다 염색성이 좋았고, 알칼리 염액에서 염착률이 다소 높게 나타났다.

니람에 하이드로셀파이트를 환원제로 사용하여 염색한 경우도 글루코스를 사용했을 때보다 염색성이 좋은 반면 산성 염액에서 염착률이 다소 높게 나타났다. 글루코스를 환원제로 사용했을 경우 염착률은 떨어졌지만 퍼플 계열로 염색되었다.

## 4. 인디고 염료와 식물성 색소(양파껍질, 소목)를 이용한 다컬러 대량 염색 공정 확립

### 가. 서론

인디고 염료와 식물성 색소를 이용한 다컬러 대량 염색공정 확립을 위해서 전통적인 청색염료인 니람과 양파껍질 염료를 혼합하여 그린 계열로 염색할 수 있는 조건과 니람과 소목 염료를 혼합하여 퍼플 계열로 염색할 수 있는 조건을 조사하고자 하였다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 시료

본 실험에 사용한 니람(쪽염료)은 2012년 8월에 나주에서 재배한 쪽풀로 만든 니람을 사용하였다. 양파껍질과 소목은 시중에서 판매하고 있는 제품을 구입하여 사용하였다.

## (2) 염료의 제조

니람 각 1, 2.5, 5.0g을 물에 잘 풀어준 다음 양파껍질, 소목 염료를 추출하여 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0 %Brix 농도로 맞춘 염료와 혼합하여 환원한 후 염색하였다.

## (3) 피염물

직물은 시험포 KS K 0905에 규정된 염색견뢰도 시험용 면, 견, 모, 레이온을 사용했다.

## (4) 염액과 매염

양파껍질, 소목 염액은 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%액을 사용하였다. 염색기본조건은 욕비 1:50으로 침염을 실시했고 염색온도는 70~80℃에서 10분간 염색하였다. 매염은 각각의 혼합염료에 실험용 시약1급인 하이드로설파이트와 글루코스를 동시매염한 후 수세하였다.

## (5) 표면색 측정

직물의 표면색은 색차계(MINOLTA Spectrophotometer Meter CM-2500c, Japan)를 이용하여 명도지수 L, 색좌표 지수 a, b값을 조사하였으며, Munsell 표색계 HV/C값은 색차계를 이용하여 얻은 L, a, b로부터 산출하였다. 피염물의 염색 전후와 염색조건에 따른 색차인  $\Delta E$ 값은  $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$  식으로 구하였다.

## (6) 염착량 측정

염착량(染着量)은 색차계(MINOLTA Spectrophotometer Meter CM-2500c, Japan)로  $\lambda_{max}$ 에서 피염물의 표면 반사율을 측정하여 Kubelka-Munk식에 의해 염착량(K/S value; amounts of dye uptake)를 산출했는데 그 식은  $K/S = (1-R)^2/2R$ 이었다. 여기서 K는 염색물의 흡광계수(absorption coefficient)이며, S는 염색물의 산란계수(scattering coefficient)이고, R은 표면반사율(reflectance)이었다.

# 다. 결과

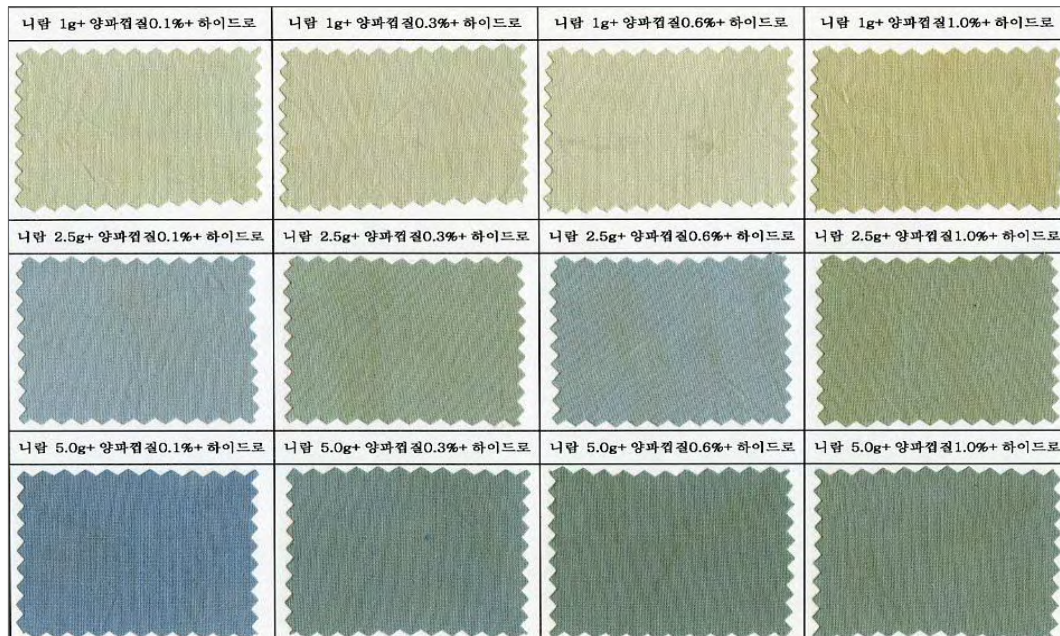
## (1) 면직물에 대한 염색성

니람 분말 각 1g, 2.5g, 5.0g에 하이드로설파이트로 환원하여 양파껍질 추출 염료를 굴절계로

측정하여 농도를 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%의 염액을 혼합하여 염색하였다. 니람분말 1g에 0.1, 0.3, 0.6% 양파껍질 염료를 혼합한 면직물의 색상은 GY계열을 나타냈고, 1.0%는 Y계열을 나타냈다. 니람분말 2.5g에 0.1% 양파껍질 염료를 혼합한 면직물의 색상은 BG, 0.3%의 색상은 GY, 0.6%는 G, 1.0%는 GY계열을 나타냈다. 니람분말 5g에 0.1% 양파껍질 염료를 혼합한 면직물의 색상은 B, 0.3%의 색상은 G, 0.6%는 G, 1.0%는 GY계열을 나타냈다.

표 3-45. 니람과 양파껍질 염료의 농도에 따른 면직물의 혼합염색성(Hydrosulfite)

니람양 (g)	양파껍질 추출물 농도(%)	환원제	Hunter value				Munsell value			K/S
			L	a	b	ΔE	Hue	Value	Chroma	
대조구			93.96	0.52	-4.72		8.5PB	9.28	2.02	
1.0	0.1	Hydrosulfite	79.47	-4.66	9.73	21.11	5.7GY	7.83	1.35	7.79
			79.38	-3.46	11.77	22.37	2.5GY	7.83	1.48	8.28
			80.47	-3.02	11.84	21.65	1.6GY	7.94	1.47	8.41
			76.76	-1.91	18.61	29.09	7.8Y	7.59	2.46	9.57
2.5	0.1	Hydrosulfite	71.00	-7.29	1.13	24.96	2.2BG	6.94	1.29	5.44
			70.64	-6.52	9.17	28.05	7.5GY	6.93	1.61	7.07
			69.63	-6.66	1.67	26.16	9.3G	6.80	1.18	5.48
			67.33	-4.77	13.22	32.55	3.7GY	6.61	1.91	7.71
5.0	0.1	Hydrosulfite	62.97	-8.36	-5.67	32.25	4.5B	6.10	2.34	4.30
			63.85	-8.03	3.08	32.26	6.2G	6.22	1.50	5.73
			62.39	-8.18	6.06	34.48	1.6G	6.08	1.65	6.26
			64.13	-7.48	7.34	33.16	9.8GY	6.26	1.63	6.51

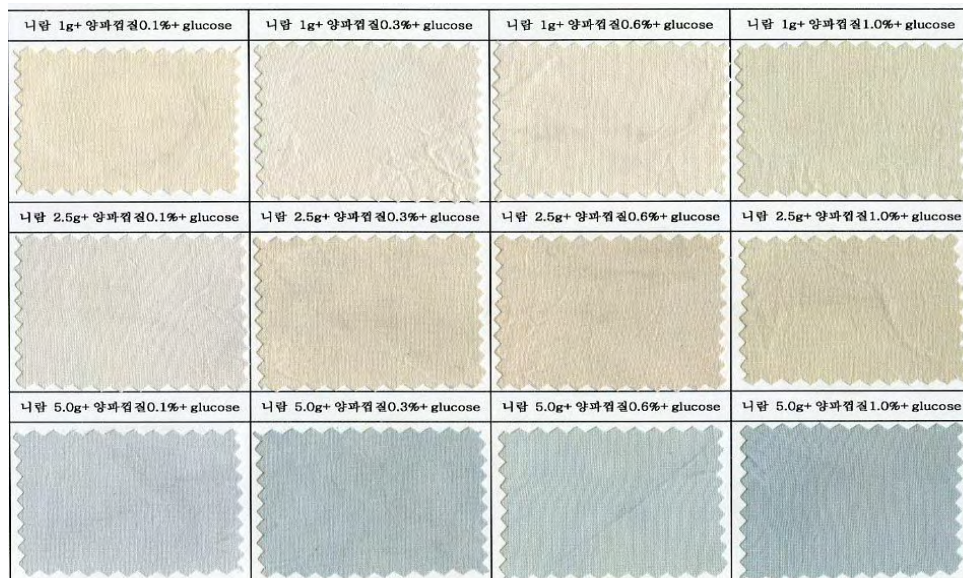


니람을 글루코스로 환원한 후 양파껍질 염료와 혼합염색한 경우는 하이드로설파이트로 환원하여 염색한 것에 비해 전반적으로 그린계열로 염색이 잘 되지 않았다. 니람분말 1g에 0.1% 양파껍질 염료를 혼합한 면직물의 색상은 YR계열, 0.3, 0.6, 1.0%의 색상은 Y계열을 나타냈다.

니람분말 2.5g에 0.1, 0.3, 1.0% 양파껍질 염료를 혼합한 면직물의 색상은 Y계열, 0.6%는 YR계열 나타냈다. 니람분말 5g에 0.1, 0.3, 0.6, 1.0% 양파껍질 염료를 혼합한 면직물의 색상은 모두 BG계열을 나타냈다. 니람을 글루코스로 환원한 염액과 양파껍질염액으로 혼합하여 염색한 직물은 이번 조건에서는 그린계열을 내는데 다소 어려움이 있었다. 하이드로셀파이트보다 단시간 내에 환원력이 떨어지는 원인으로 원하는 그린칼라가 나오지 않았다.

표 3-46. 니람과 양파껍질 염료의 농도에 따른 면직물의 혼합염색성(Glucose)

니람양 (g)	양파껍질 추출물 농도(%)	환원제	Hunter value				Munsell value			K/S
			L	a	b	ΔE	Hue	Value	Chroma	
대조구			93.96	0.52	-4.72		8.5PB	9.28	2.02	
1.0	0.1	Glucose	84.82	1.55	8.72	16.29	9.7YR	8.38	1.28	8.05
	0.3		84.97	0.61	6.44	14.33	1.0Y	8.39	0.87	7.25
	0.6		84.20	0.22	7.17	15.39	2.1Y	8.31	0.92	7.42
	1.0		81.61	-0.76	8.33	18.02	6.1Y	8.05	0.99	7.47
2.5	0.1	Glucose	82.16	0.07	3.75	14.53	1.7Y	8.09	0.49	6.04
	0.3		80.97	1.14	7.98	18.19	0.5Y	7.98	1.15	7.29
	0.6		82.55	1.65	8.66	17.62	9.7YR	8.15	1.30	7.69
	1.0		79.39	-0.13	8.75	19.86	3.6Y	7.82	1.11	7.38
5.0	0.1	Glucose	74.64	-4.62	0.24	20.60	4.6BG	7.31	0.79	5.10
	0.3		76.27	-3.49	0.02	18.75	5.6BG	7.47	0.60	4.97
	0.6		76.99	-3.21	0.44	18.13	3.1BG	7.55	0.54	5.07
	1.0		78.53	-2.04	-0.22	16.28	9.0BG	7.70	0.36	4.81



니람 각 1.0, 2.5, 5.0g을 하이드로셀파이트로 환원한 염액에 소목 염액을 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 첨가하여 혼합염색한 면직물의 면셀값을 조사한 결과, 니람 1g에 소목염액 0.1, 0.3, 0.6%로 염색한 면직물은 P계열을 나타냈고, 1.0%로 염색한 면직물은 RP계열을 나타냈다. 니람

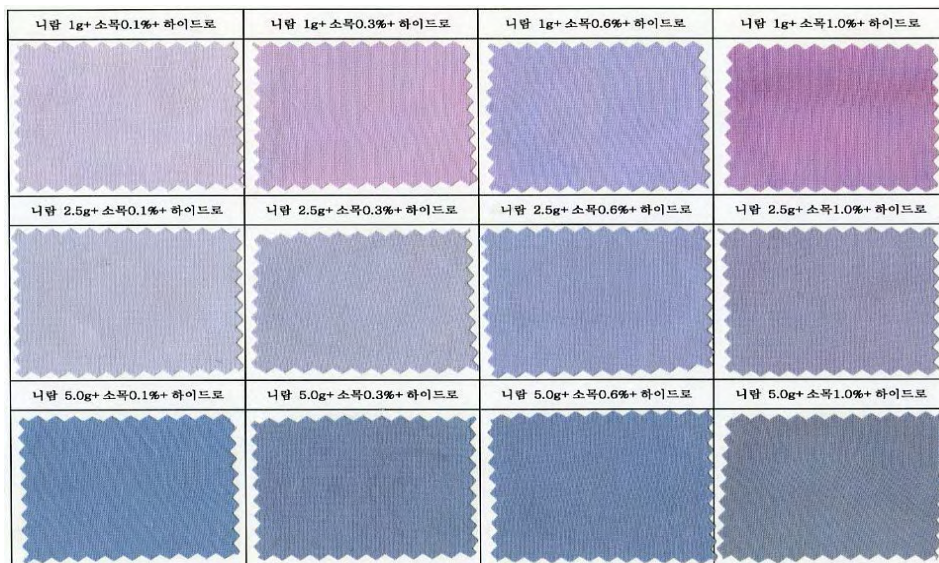


2.5g에 소목염액 0.1, 0.3, 1.0%로 염색한 면직물은 P계열을, 0.6%로 염색한 면직물은 PB계열을 나타냈다. 니람 5.0g에 소목염액 0.1~1.0%로 염색한 모든 면직물은 PB계열을 나타냈다.

니람과 소목의 혼합염색으로 퍼플계열의 색상을 얻고자 실험을 하였는데 아래와 같이 각 조건에 따라 퍼플계열의 색상을 얻을 수 있었다. 농도에 따라 P, RP, PB계열의 색상을 나타냈다.

표 3-47. 니람과 소목 염료의 농도에 따른 면직물의 혼합염색성(Hydrosulfite)

니람양 (g)	소목 추출물 농도(%)	환원제	Hunter value				Munsell value			K/S
			L	a	b	ΔE	Hue	Value	Chroma	
대조구			93.96	0.52	-4.72		8.5PB	9.28	2.02	
1	0.1	Hydrosulfite	77.91	1.97	-5.23	16.13	2.9P	7.62	2.20	3.10
			74.12	7.83	-6.40	21.22	7.6P	7.23	3.45	3.32
			72.98	2.45	-9.11	21.52	1.2P	7.10	3.12	2.30
			67.08	14.24	-6.68	30.24	0.9RP	6.52	4.78	4.02
2.5	0.1	Hydrosulfite	76.09	1.12	-4.22	17.89	0.8P	7.44	1.68	3.57
			71.05	4.15	-6.11	23.24	5.2P	6.92	2.50	3.27
			69.42	1.46	-9.20	24.97	9.1PB	6.74	2.94	2.65
			67.53	4.58	-8.59	27.03	3.4P	6.56	3.03	2.85
5.0	0.1	Hydrosulfite	65.12	-5.05	-13.65	30.71	2.6PB	6.29	4.05	2.79
			63.09	-0.85	-10.64	31.47	5.8PB	6.10	3.14	2.81
			65.23	-2.61	-12.00	29.81	4.4PB	6.31	3.56	2.69
			63.57	0.54	-6.38	30.43	7.3PB	6.17	1.95	3.52



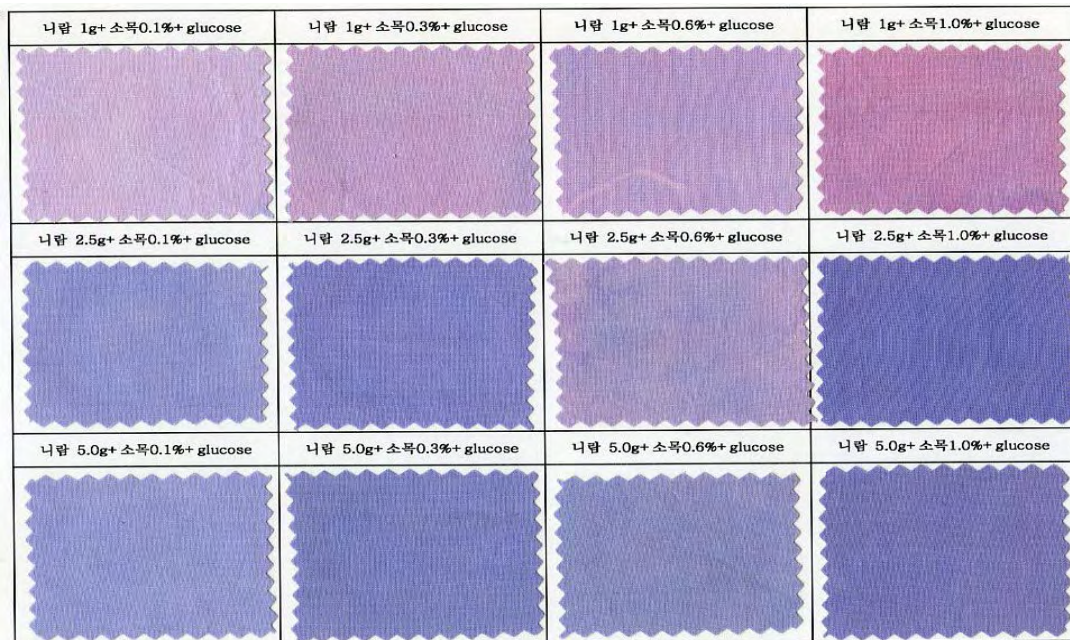
니람 각 1.0, 2.5, 5.0g을 글루코스로 환원한 염액에 소목 염액을 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 첨가하여 혼합염색한 면직물의 면셀값을 조사한 결과, 니람 1g에 소목염액 0.1, 0.3, 0.6%로 염색한

면직물은 P계열을 나타냈고, 1.0%로 염색한 면직물은 RP계열을 나타냈다. 니람 2.5g에 소목염액 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%로 염색한 면직물은 모두 P계열을 나타냈다. 니람 5.0g에 소목염액 0.1, 0.3%로 염색한 면직물은 PB계열을 나타냈고, 0.6, 1.0%로 염색한 면직물은 P계열을 나타냈다.

니람을 글루코스로 환원하여 소목염액과 혼합 염색한 면직물이 더 퍼플계열로 염색이 더 잘 된 것으로 나타났다.

표 3-48. 니람과 소목 염료의 농도에 따른 면직물의 혼합염색성(Glucose)

니람양 (g)	소목 추출물 농도(%)	환원제	Hunter value				Munsell value			K/S
			L	a	b	ΔE	Hue	Value	Chroma	
대조구			93.96	0.52	-4.72		8.5PB	9.28	2.02	
1.0	0.1	Glucose	76.26	6.63	-6.21	18.78	7.1P	7.45	3.25	3.12
	0.3		72.82	11.99	-10.22	24.67	7.4P	7.09	4.98	3.22
	0.6		71.69	8.46	-13.16	25.11	5.0P	6.95	4.94	1.87
	1.0		68.38	17.65	-8.00	30.96	1.1RP	6.65	5.88	4.19
2.5	0.1	Glucose	70.20	2.67	-12.68	25.15	0.3P	6.80	3.99	1.56
	0.3		66.68	5.10	-17.79	30.59	0.8P	6.42	5.47	0.75
	0.6		71.68	5.25	-11.59	23.79	3.0P	6.96	4.02	1.84
	1.0		60.21	5.21	-18.60	36.80	0.6P	5.77	5.55	0.87
5.0	0.1	Glucose	70.59	1.66	-16.77	26.32	8.7PB	6.82	4.99	0.72
	0.3		62.89	1.69	-17.70	33.70	8.5PB	6.04	5.14	1.08
	0.6		65.20	3.28	-11.38	29.65	1.0P	6.30	3.64	2.19
	1.0		61.63	5.73	-16.71	34.87	1.4P	5.92	5.16	1.19



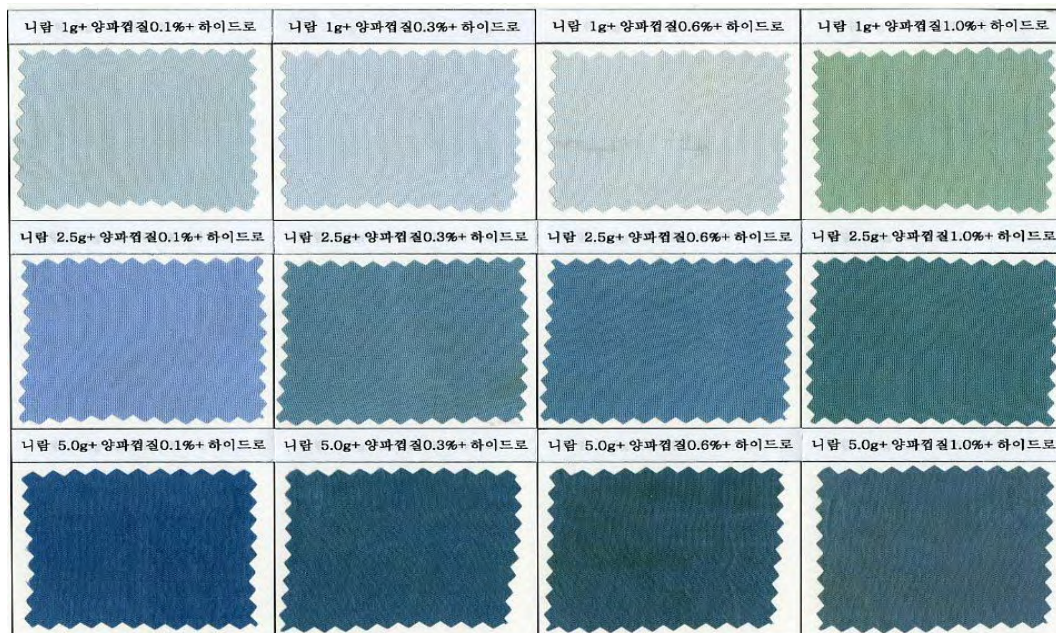
## (2) 견직물에 대한 염색성

니람 각 1.0, 2.5, 5.0g을 하이드로실파이트로 환원한 염액에 양파껍질 염액을 각 0.1, 0.3, 0.6,

1.0%를 첨가하여 혼합염색한 견직물의 먼셀값을 조사한 결과, 니람 1g에 소목염액 0.1, 0.6%로 염색한 견직물은 B계열을 나타냈고, 0.6%로 염색한 견직물은 PB계열을, 1.0%로 염색한 견직물은 G계열을 나타냈다. 니람 2.5g에 양파껍질염액 0.3, 0.6%로 염색한 견직물은 B계열을, 0.1%로 염색한 견직물은 PB계열, 1.0%로 염색한 것은 BG계열로 염색되었다. 니람 5.0g에 양파껍질염액 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%로 염색한 견직물 모두 B계열을 나타냈다.

표 3-49. 니람과 양파껍질 염료의 농도에 따른 견직물의 혼합염색성(Hydrosulfite)

니람양 (g)	양파껍질 추출물 농도(%)	환원제	Hunter value				Munsell value			K/S
			L	a	b	ΔE	Hue	Value	Chroma	
대조구			93.50	0.43	-4.99		8.4PB	9.23	2.13	
1	0.1, 0.3, 0.6, 1.0	Hydrosulfite	78.18	-6.49	-3.41	16.88	5.0B	7.65	1.72	4.62
			79.17	-4.28	-4.92	15.09	0.6PB	7.75	1.96	3.84
			81.15	-3.82	-2.76	13.25	8.3B	7.96	1.36	4.39
			71.10	-11.98	3.79	27.07	7.6G	6.95	2.11	6.73
2.5	0.1, 0.3, 0.6, 1.0	Hydrosulfite	68.30	-6.30	-15.59	28.15	3.0PB	6.60	4.66	2.54
			61.25	-12.76	-7.39	34.93	3.8B	5.91	3.20	4.59
			58.94	-12.98	-10.01	37.41	5.6B	5.67	3.71	4.28
			56.43	-15.60	-3.13	40.42	7.4BG	5.45	3.11	5.45
5.0	0.1, 0.3, 0.6, 1.0	Hydrosulfite	50.05	-11.53	-15.48	46.26	8.7B	4.78	4.61	3.66
			51.99	-13.02	-9.08	43.82	4.2B	4.99	3.47	4.38
			51.61	-12.36	-5.79	43.81	1.4B	4.96	2.84	4.71
			55.88	-10.41	-6.86	39.19	4.4B	5.38	2.74	4.37



니람 각 1.0, 2.5, 5.0g을 글루코스로 환원한 염액에 양파껍질 염액을 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 첨가하여 혼합염색한 견직물의 먼셀값을 조사한 결과, 니람 1g에 양파껍질염액 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%로 염색한 견직물은 모두 P계열을 나타냈고, 니람 2.5g에 양파껍질염액 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%

로 염색한 견직물도 모두 P계열을 나타냈다. 니람 5.0g에 양파껍질염액 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%로 염색한 견직물 모두 PB계열을 나타냈다. 니람 환원액과 양파껍질염액의 혼합염색으로 G계열로 염색되는 조건을 찾고자 하였는데, 니람을 글루코스로 환원하였더니 P, PB계열로 나타났다. 견직물을 G계열로 혼합염색을 할 경우는 니람의 환원제를 글루코스 대신 하이드로설파이트를 이용해야 가능하다는 것을 알게 되었다.

표 3-50. 니람과 양파껍질 염료의 농도에 따른 견직물의 혼합염색성(Glucose)

니람양 (g)	양파껍질 추출물 농도(%)	환원제	Hunter value				Munsell value			K/S
			L	a	b	ΔE	Hue	Value	Chroma	
대조구			93.50	0.43	-4.99		8.4PB	9.23	2.13	
1	0.1	Glucose	85.25	3.90	-7.61	9.33	3.9P	8.37	3.05	1.98
	0.3		85.26	3.43	-8.98	9.64	2.1P	8.37	3.25	1.41
	0.6		83.54	5.79	-9.28	12.10	5.0P	8.19	3.63	2.32
	1.0		83.68	1.81	-6.70	10.06	1.1P	8.21	2.63	2.15
2.5	0.1	Glucose	79.61	6.25	-4.79	15.06	7.9P	7.80	3.07	3.70
	0.3		81.90	4.33	-4.98	12.24	6.3P	8.03	2.67	3.27
	0.6		78.18	6.96	-5.55	16.66	7.7P	7.65	3.22	3.60
	1.0		77.76	6.92	-7.36	17.19	6.5P	7.60	3.50	3.11
5.0	0.1	Glucose	80.27	1.77	-12.61	15.32	9.1PB	7.84	3.97	0.51
	0.3		77.34	-0.64	-9.76	16.88	7.1PB	7.54	3.20	2.02
	0.6		78.57	-1.93	-5.07	15.11	5.4PB	7.69	1.99	3.51
	1.0		76.86	-2.44	-9.61	17.51	5.4PB	7.49	3.13	2.39



니람 각 1.0, 2.5, 5.0g을 하이드로설파이트로 환원한 염액에 소목 염액을 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 첨가하여 혼합염색한 견직물의 면셀값을 조사한 결과, 니람 1g에 소목염액 0.1, 1.0%로 염색한 견직물은 P계열을 나타냈고, 니람 1.0g에 소목염액 0.3, 0.6%로 염색한 견직물은 PB계

열을 나타냈다. 니람 2.5g에 소목염액 0.1, 0.3, 0.6%로 염색한 견직물은 PB계열, 1.0%로 염색한 것은 P계열로 나타났다. 니람 5.0g에 소목염액 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%로 염색한 견직물 모두 PB계열을 나타냈다.

표 3-51. 니람과 소목 염료의 농도에 따른 견직물의 혼합염색성(Hydrosulfite)

니람양 (g)	소목 추출물 농도(%)	환원제	Hunter value				Munsell value			K/S
			L	a	b	ΔE	Hue	Value	Chroma	
대조구			93.50	0.43	-4.99		8.4PB	9.23	2.13	
1	0.1	Hydrosulfite	85.63	2.98	-7.06	8.53	2.9P	8.41	2.83	1.85
	0.3		85.98	1.28	-8.51	8.34	9.4PB	8.44	3.05	0.83
	0.6		86.62	-0.74	-9.51	8.32	6.8PB	8.50	3.38	0.92
	1.0		79.43	7.57	-8.03	16.07	6.5P	7.77	3.73	3.07
2.5	0.1	Hydrosulfite	83.11	-0.57	-10.89	11.99	7.0PB	8.13	3.53	0.94
	0.3		81.31	-0.72	-11.87	14.05	6.9PB	7.94	3.69	0.99
	0.6		79.75	-1.43	-13.63	16.34	6.5PB	7.78	4.09	1.12
	1.0		66.99	7.44	-16.14	29.60	2.5P	6.47	5.25	1.65
5.0	0.1	Hydrosulfite	49.27	-6.09	-17.93	46.54	2.8PB	4.70	4.86	2.63
	0.3		50.77	-2.84	-13.47	43.69	4.4PB	4.86	3.67	2.68
	0.6		51.50	4.36	-15.79	43.54	9.7PB	4.93	4.40	1.89
	1.0		48.71	-4.74	-9.85	45.35	1.8PB	4.68	2.75	3.42



니람 각 1.0, 2.5, 5.0g을 글루코스로 환원한 염액에 소목 염액을 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 첨가하여 혼합 염색한 견직물의 먼셀값을 조사한 결과, 모든 견직물의 색상이 P계열로 나타났다. 이는 니람을 글루코스로 환원하여 염색하면 퍼플계열로 염색되어지는데 여기에 붉은 계열의 소목염료를 혼합하여 염색을 하였더니 퍼플계열로 염색이 잘 되었다.

표 3-52. 니람과 소목 염료의 농도에 따른 견직물의 혼합염색성(Glucose)

니람양 (g)	소목 추출물 농도(%)	환원제	Hunter value				Munsell value			K/S
			L	a	b	ΔE	Hue	Value	Chroma	
대조구			93.50	0.43	-4.99		8.4PB	9.23	2.13	
1	0.1	Glucose	86.44	3.94	-7.30	8.22	4.3P	8.50	3.00	2.02
	0.3		83.47	5.24	-7.37	11.38	5.5P	8.19	3.22	2.57
	0.6		84.39	6.30	-7.31	11.08	6.2P	8.28	3.39	2.96
	1.0		84.22	7.21	-7.19	11.70	6.7P	8.27	3.54	3.33
2.5	0.1	Glucose	79.99	5.72	-12.14	16.18	3.1P	7.81	4.22	1.75
	0.3		79.35	8.50	-12.12	17.78	5.4P	7.74	4.71	2.69
	0.6		80.07	4.52	-10.76	15.18	2.4P	7.83	3.75	1.60
	1.0		77.37	9.42	-13.81	20.47	5.2P	7.53	5.23	2.70
5.0	0.1	Glucose	79.78	4.24	-12.79	16.23	1.4P	7.79	4.19	1.16
	0.3		74.95	5.87	-15.30	21.91	1.8P	7.28	4.93	1.35
	0.6		77.05	4.43	-12.28	18.43	1.7P	7.51	4.07	1.40
	1.0		75.64	10.13	-12.50	21.67	5.8P	7.37	5.03	2.89

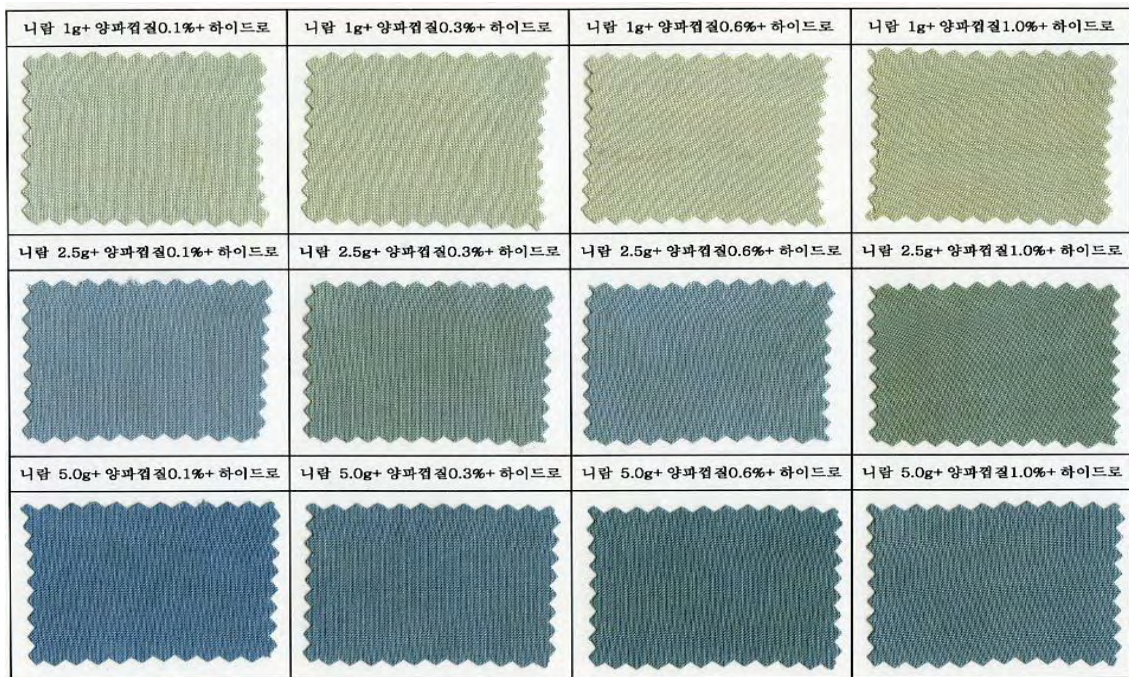


### (3) 인견직물에 대한 염색성

니람 각 1.0, 2.5, 5.0g을 하이드로실파이트로 환원한 염액에 양파껍질 염액을 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 첨가하여 혼합 염색한 인견직물의 먼셀값을 조사한 결과, 니람 1g에 양파껍질 염액을 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 혼합염색한 모든 인견직물이 GY계열을 나타냈고, 니람 2.5g에 0.1% 양파껍질 염액으로 혼합염색한 것은 B계열, 나머지는 G계열을 나타냈다. 니람 5.0g에 0.1, 0.3% 양파껍질 염액으로 염색한 직물은 B계열을, 0.6, 1.0%에서는 BG계열을 나타냈다.

표 3-53. 니람과 양파껍질 염료의 농도에 따른 인견직물의 혼합염색성(Hydrosulfite)

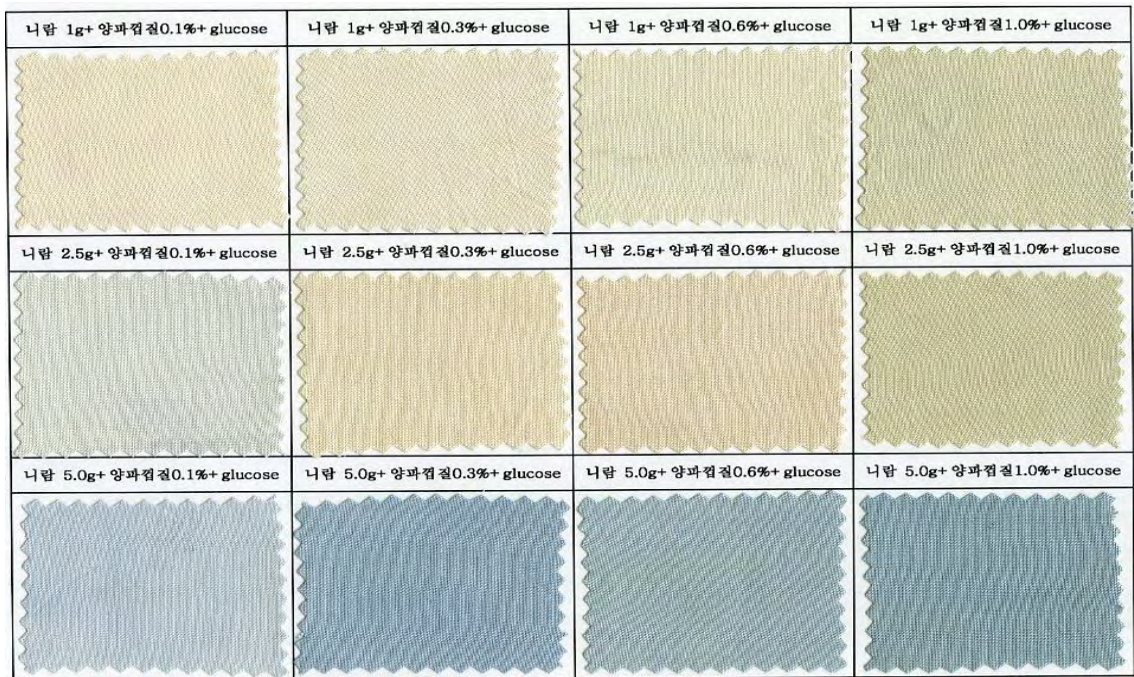
니람양 (g)	양파껍질 추출물 농도(%)	환원제	Hunter value				Munsell value			K/S
			L	a	b	ΔE	Hue	Value	Chroma	
대조구			94.00	0.87	-5.74		8.8PB	9.28	2.34	
1	0.1	Hydrosulfite	75.24	-4.88	8.09	24.01	6.7GY	7.39	1.25	8.06
	0.3		75.63	-4.82	10.05	24.88	5.6GY	7.44	1.45	8.56
	0.6		77.03	-3.79	9.77	23.46	4.5GY	7.58	1.32	8.55
	1.0		73.13	-4.14	13.15	28.60	3.0GY	7.20	1.82	9.03
2.5	0.1	Hydrosulfite	64.93	-7.58	-2.52	30.45	0.4B	6.31	1.65	5.78
	0.3		64.54	-7.67	4.41	32.31	3.4G	6.29	1.45	7.03
	0.6		63.77	-7.92	-1.29	31.79	7.1BG	6.20	1.58	6.02
	1.0		63.40	-7.87	5.76	33.84	1.7G	6.18	1.57	7.27
5.0	0.1	Hydrosulfite	59.05	-9.03	-7.98	36.39	6.1B	5.70	2.87	5.11
	0.3		59.23	-8.77	-3.59	36.14	0.9B	5.73	2.00	5.69
	0.6		56.51	-9.58	-0.64	39.25	4.8BG	5.47	1.90	6.19
	1.0		59.18	-9.06	-1.05	36.51	5.9BG	5.74	1.79	6.11



니람 각 1.0, 2.5, 5.0g을 글루코스로 환원한 염액에 양파껍질 염액을 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 첨가하여 혼합 염색한 인견직물의 면셀값을 조사한 결과, 니람 1, 2.5g에 양파껍질 염액을 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 혼합염색한 인견직물 거의가 Y계열로 염색되었다. 니람 5.0g에 양파껍질 0.1, 0.3%에서는 B계열, 0.6, 1.0%에서는 BG계열을 나타냈다.

표 3-54. 니람과 양파껍질 염료의 농도에 따른 인견직물의 혼합염색성(Glucose)

니람양 (g)	양파껍질 추출물 농도(%)	환원제	Hunter value				Munsell value			K/S
			L	a	b	ΔE	Hue	Value	Chroma	
대조구			94.00	0.87	-5.74		8.8PB	9.28	2.34	
1	0.1	Glucose	84.71	1.07	8.68	17.16	0.7Y	8.37	1.21	9.03
	0.3		83.60	0.34	8.55	17.69	2.3Y	8.25	1.10	8.82
	0.6		82.72	-1.16	8.56	18.33	6.8Y	8.16	1.00	8.74
	1.0		79.06	-1.36	10.76	22.37	7.5Y	7.80	1.33	8.91
2.5	0.1	Glucose	82.47	-1.57	4.13	15.37	3.2GY	8.12	0.47	7.30
	0.3		82.78	0.55	10.42	19.67	2.4Y	8.18	1.38	9.28
	0.6		81.47	1.25	11.38	21.22	1.5Y	8.04	1.60	9.37
	1.0		78.94	-1.75	12.57	23.85	7.7Y	7.79	1.56	9.43
5.0	0.1	Glucose	78.51	-3.18	-1.21	16.64	3.2B	7.70	0.79	5.71
	0.3		70.76	-5.58	-3.18	24.25	4.0B	6.90	1.49	5.50
	0.6		73.84	-5.14	0.13	21.84	4.8BG	7.23	0.90	6.17
	1.0		69.97	-6.38	-0.96	25.55	7.5BG	6.83	1.24	6.00



니람 각 1.0, 2.5, 5.0g을 하이드로설파이트로 환원한 염액에 소목 염액을 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 첨가하여 혼합 염색한 인견직물의 먼셀값을 조사한 결과, 니람 1.0g에 소목 염액 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 혼합하여 염색한 인견직물 모두 RP계열을 나타냈다. 그리고, 2.5g에 소목 염액 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 혼합하여 염색한 인견직물 모두 P계열을 나타냈다. 니람 5.0g에 0.1%에서는 PB계열, 0.3%에서는 RP계열, 0.6, 1.0%에서는 P계열을 나타냈다.



표 3-55. 니람과 소목 염료의 농도에 따른 인견직물의 혼합염색성(Hydrosulfite)

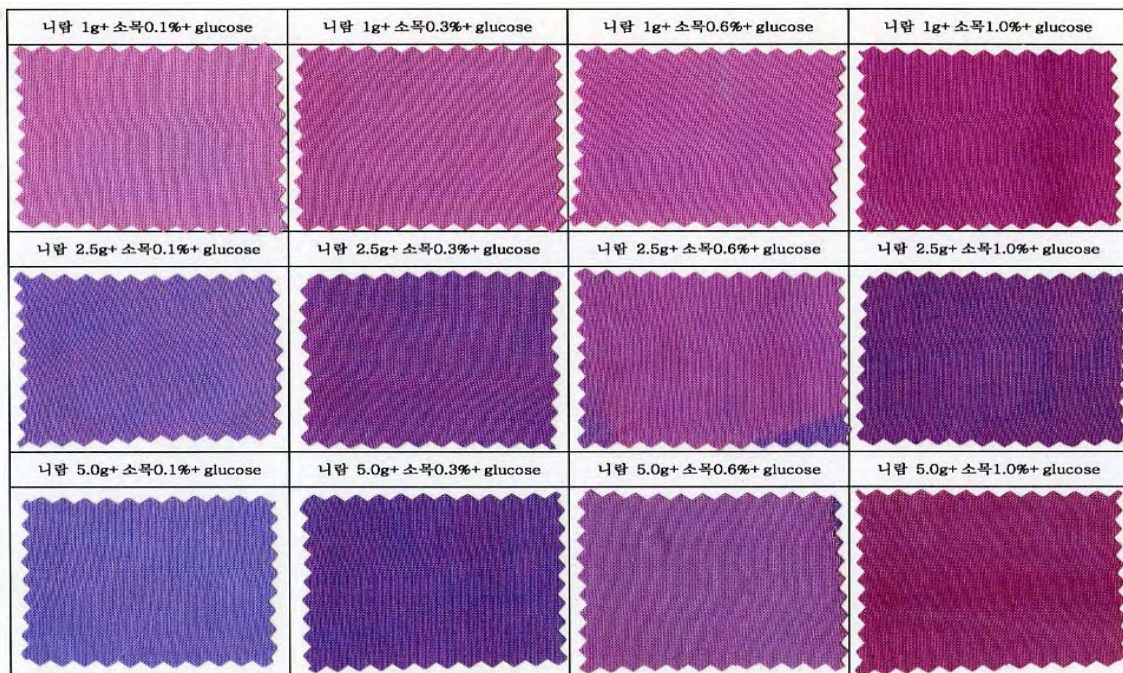
니람양 (g)	소목 추출물 농도(%)	환원제	Hunter value				Munsell value			K/S
			L	a	b	ΔE	Hue	Value	Chroma	
대조구			94.00	0.87	-5.74		8.8PB	9.28	2.34	
1	0.1	Hydrosulfite	68.46	16.29	-8.70	29.98	0.2RP	6.64	5.76	4.41
	0.3		60.52	23.39	-11.72	40.79	0.8RP	5.84	7.67	4.59
	0.6		59.57	23.27	-12.36	41.60	0.5RP	5.74	7.62	4.50
	1.0		52.68	29.50	-12.65	50.74	1.8RP	5.06	8.68	5.10
2.5	0.1	Hydrosulfite	68.08	8.89	-8.75	27.30	6.8P	6.61	3.92	3.87
	0.3		55.93	16.77	-12.40	41.79	8.6P	5.37	6.04	3.81
	0.6		56.83	14.55	-14.70	40.61	6.7P	5.46	5.91	3.35
	1.0		47.70	20.75	-13.37	50.96	9.5P	4.57	6.64	4.07
5.0	0.1	Hydrosulfite	54.25	0.78	-12.47	40.31	7.0PB	5.22	3.44	3.73
	0.3		50.71	11.40	-6.28	44.55	0.3RP	4.90	3.46	4.69
	0.6		50.94	8.07	-10.29	43.89	5.1P	4.90	3.48	3.94
	1.0		58.35	1.01	-1.57	35.89	2.8P	5.67	0.47	5.52



니람 각 1.0, 2.5, 5.0g을 글루코스로 환원한 염액에 소목 염액을 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 첨가하여 혼합 염색한 인견직물의 먼셀값을 조사한 결과, 니람 1.0g에 소목염액 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 첨가한 것 모두 RP계열을 나타냈다. 나머지 조건에서는 거의 모두 P계열을 나타냈다.

표 3-56. 니람과 소목 염료의 농도에 따른 인견직물의 혼합염색성(Glucose)

니람양 (g)	소목 추출물 농도(%)	환원제	Hunter value				Munsell value			K/S
			L	a	b	ΔE	Hue	Value	Chroma	
대조구			94.00	0.87	-5.74		8.8PB	9.28	2.34	
1.0	0.1	Glucose	64.79	20.41	-9.29	35.33	1.2RP	6.28	6.65	4.68
	0.3		59.07	25.71	-11.78	43.28	1.3RP	5.70	8.07	4.84
	0.6		58.07	26.82	-13.82	45.04	0.8RP	5.59	8.60	4.63
	1.0		48.58	35.18	-11.31	57.20	3.1RP	4.67	9.99	5.39
2.5	0.1	Glucose	57.49	12.48	-19.88	40.83	4.2P	5.50	6.70	2.02
	0.3		51.42	17.68	-19.51	47.80	6.2P	4.90	7.37	2.51
	0.6		55.17	24.03	-17.05	46.60	8.9P	5.29	8.27	3.97
	1.0		46.42	23.08	-18.30	53.99	8.4P	4.43	8.04	3.20
5.0	0.1	Glucose	54.65	10.14	-21.38	43.34	2.5P	5.20	6.71	1.60
	0.3		48.09	15.73	-20.99	50.60	5.0P	4.57	7.24	2.24
	0.6		54.89	19.47	-16.89	44.72	7.6P	5.26	7.24	3.41
	1.0		47.16	32.15	-10.53	56.52	3.1RP	4.54	9.00	5.15

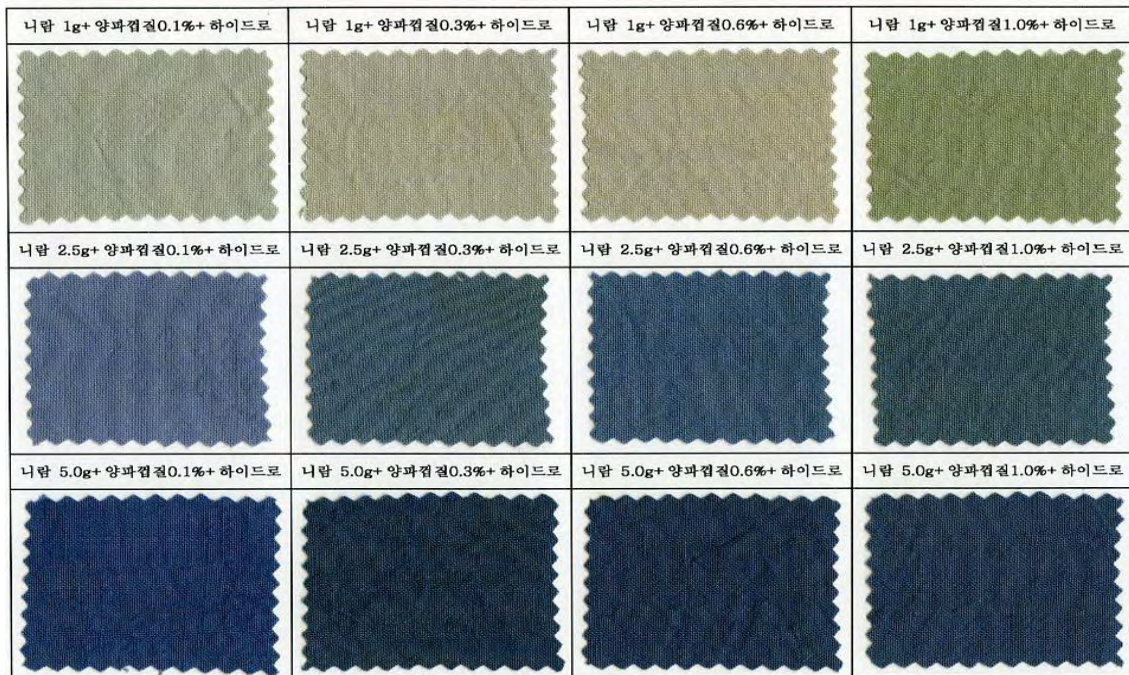


(4) 모직물에 대한 염색성

니람 각 1.0, 2.5, 5.0g을 하이드로설파이트로 환원한 염액에 양과겹질 염액을 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 첨가하여 혼합 염색한 모직물의 면셀값을 조사한 결과, 니람 1.0g에 양과겹질 0.1, 0.6, 1.0%에서는 GY계열을, 0.6%에서는 Y계열을 나타냈다. 니람 2.5g에 0.1% 양과겹질 염액에서는 PB계열을, 0.3, 0.6%는 B계열, 1.0%는 BG계열을 나타냈다. 니람 5.0g과 0.1% 양과겹질 염액에서는 PB계열을, 나머지는 B계열을 나타냈다.

표 3-57. 니람과 양파껍질 염료의 농도에 따른 모직물의 혼합염색성(Hydrosulfite)

니람양 (g)	양파껍질 추출물 농도(%)	환원제	Hunter value				Munsell value			K/S
			L	a	b	ΔE	Hue	Value	Chroma	
대조구			89.18	-0.71	5.16		4.6Y	8.81	0.55	
1	0.1	Hydrosulfite	69.91	-4.21	7.42	19.71	5.8GY	6.84	1.07	2.19
	0.3		70.38	-2.83	9.37	19.37	1.4GY	6.90	1.22	1.15
	0.6		70.40	-2.22	9.15	19.25	9.9Y	6.90	1.17	1.11
	1.0		61.57	-6.08	13.13	29.23	5.2GY	6.02	2.08	1.73
2.5	0.1	Hydrosulfite	54.82	-4.25	-7.67	36.85	1.3PB	5.28	2.32	7.96
	0.3		49.90	-7.82	-4.32	41.02	2.4B	4.81	1.92	7.05
	0.6		48.90	-7.65	-7.19	42.69	6.5B	4.70	2.41	7.96
	1.0		48.43	-8.72	-3.31	42.38	9.8BG	4.67	1.93	6.82
5.0	0.1	Hydrosulfite	42.11	-6.65	-13.24	50.88	0.5PB	4.03	3.54	9.78
	0.3		38.68	-8.17	-6.61	52.38	4.3B	3.72	2.26	7.96
	0.6		39.74	-7.04	-7.09	51.32	6.0B	3.83	2.20	7.95
	1.0		42.71	-6.43	-7.87	48.60	7.6B	4.11	2.33	8.10



니람 각 1.0, 2.5, 5.0g을 글루코스로 환원한 염액에 양파껍질 염액을 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 첨가하여 혼합 염색한 모직물의 면셀값을 조사한 결과, 니람 1.0g에 0.1, 0.3, 0.6% 양파껍질 염액을 혼합하여 염색한 모직물은 YR계열을 나타냈고, 1.0%에서는 Y계열을 나타냈다. 2.5g니람과 0.1%양파껍질염액에서는 Y계열, 0.3, 0.6, 1.0%에서는 YR계열을 나타냈다. 5.0g니람과 0.1% 양파껍질염액은 YR계열, 0.3%는 BG계열, 0.6, 1.0%는 GY계열을 나타냈다. 니람 5.0g과 0.6, 1.0% 양파껍질염액에서만 그린계열을 나타냈다.

표 3-58. 니람과 양파껍질 염료의 농도에 따른 모직물의 혼합염색성(Glucose)

니람양 (g)	양파껍질 추출물 농도(%)	환원제	Hunter value				Munsell value			K/S
			L	a	b	ΔE	Hue	Value	Chroma	
대조구			89.18	-0.71	5.16		4.6Y	8.81	0.55	
1.0	0.1	Glucose	79.28	2.69	11.09	12.02	8.7YR	7.82	1.77	2.33
	0.3		78.03	2.34	12.59	13.74	9.8YR	7.69	1.89	2.41
	0.6		75.08	3.12	13.72	16.93	9.5YR	7.39	2.13	2.50
	1.0		66.11	1.45	14.87	25.12	2.4Y	6.49	2.10	1.34
2.5	0.1	Glucose	67.82	2.10	11.17	22.36	0.1Y	6.65	1.67	1.24
	0.3		75.01	3.89	12.57	16.63	8.4YR	7.39	2.10	2.52
	0.6		71.61	5.61	15.97	21.58	8.4YR	7.05	2.72	3.36
	1.0		66.10	3.28	13.35	24.80	9.9YR	6.48	2.08	1.62
5.0	0.1	Glucose	70.13	0.69	2.87	19.24	4.0YR	6.85	0.52	3.98
	0.3		54.88	-1.68	0.54	34.62	1.4BG	5.32	0.21	4.97
	0.6		49.11	-2.52	2.55	40.19	8.8GY	4.76	0.55	4.25
	1.0		52.17	-2.02	2.98	37.09	5.8GY	5.06	0.49	4.08



니람 각 1.0, 2.5, 5.0g을 하이드로설파이트로 환원한 염액에 소목염액을 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 첨가하여 혼합 염색한 모직물의 면셀값을 조사한 결과, 1.0g 니람과 0.1, 0.3, 0.6, 1.0% 소목염액에서는 모두 RP계열을 나타냈다. 2.5g 니람과 0.1, 0.3%에서는 RP계열을, 0.6, 1.0%에서는 P계열을 나타냈다. 5.0g 니람과 0.1, 0.3, 1.0%에서는 PB계열을, 0.6%에서는 P계열을 나타냈다.

표 3-59. 니람과 소목 염료의 농도에 따른 모직물의 혼합염색성(Hydrosulfite)

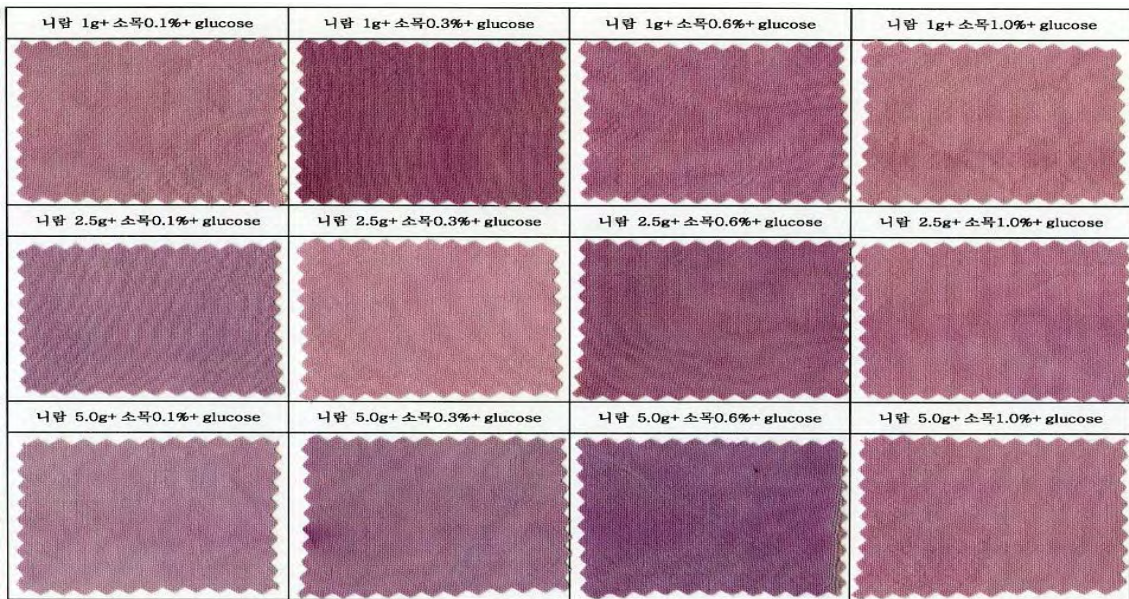
니람양 (g)	소목 추출물 농도(%)	환원제	Hunter value				Munsell value			K/S
			L	a	b	ΔE	Hue	Value	Chroma	
대조구			89.18	-0.71	5.16		4.6Y	8.81	0.55	
1.0	0.1	Hydrosulfite	62.10	9.54	0.38	29.34	5.8RP	6.03	3.16	6.85
			57.42	11.84	-2.24	34.94	3.6RP	5.56	3.83	8.19
			68.34	4.95	0.23	22.15	5.0RP	6.66	1.94	5.95
			55.20	12.24	-0.99	36.87	4.7RP	5.34	3.82	7.79
2.5	0.1	Hydrosulfite	58.73	1.87	-0.06	31.00	3.0RP	5.69	0.94	5.43
			57.70	2.66	0.43	32.01	5.3RP	5.59	1.10	5.34
			62.99	0.27	-3.47	27.59	0.5P	6.11	1.36	6.68
			49.01	9.44	-11.36	44.60	5.9P	4.70	4.20	10.58
5.0	0.1	Hydrosulfite	37.13	-2.38	-13.83	55.43	4.0PB	3.55	3.30	9.87
			40.57	-2.35	-13.50	52.09	4.1PB	3.89	3.36	9.70
			30.59	13.89	-14.60	63.52	6.1P	2.93	4.49	12.73
			42.56	-3.40	-11.53	49.58	2.9PB	4.08	2.98	9.08



니람 각 1.0, 2.5, 5.0g을 글루코스로 환원한 염액에 소목염액을 각 0.1, 0.3, 0.6, 1.0%를 첨가하여 혼합 염색한 모직물의 먼셀값을 조사한 결과 모든 조건에서 RP계열을 나타냈다. 하이드로설파이트를 환원제로 사용했을 때보다 글루코스를 환원제로 사용했을 때 핑크칼라로 염색이 잘 되었다.

표 3-60. 니람과 소목 염료의 농도에 따른 모직물의 혼합염색성(Glucose)

니람양 (g)	소목 추출물 농도(%)	환원제	Hunter value				Munsell value			K/S
			L	a	b	ΔE	Hue	Value	Chroma	
대조구			89.18	-0.71	5.16		4.6Y	8.81	0.55	
1.0	0.1	Glucose	64.04	11.97	1.50	28.39	7.2RP	6.23	3.81	7.19
			52.55	16.31	-1.19	40.89	5.2RP	5.08	4.70	8.81
			57.66	17.28	-2.13	37.01	4.4RP	5.58	5.24	9.52
			63.69	14.86	1.97	30.03	7.6RP	6.20	4.45	7.93
2.5	0.1	Glucose	60.19	13.58	-2.67	33.25	3.5RP	5.83	4.37	8.92
			64.53	13.69	0.46	28.93	6.2RP	6.28	4.17	8.21
			56.78	15.32	-1.08	36.68	5.0RP	5.50	4.51	8.74
			59.47	15.86	-0.21	34.43	5.8RP	5.77	4.62	8.76
5.0	0.1	Glucose	63.90	10.17	-1.38	28.28	3.9RP	6.21	3.44	7.75
			59.80	11.81	-2.30	32.79	3.6RP	5.80	3.77	8.33
			54.75	11.18	-6.07	38.12	0.4RP	5.28	3.98	9.27
			61.87	16.02	-0.42	32.50	5.5RP	6.01	4.72	9.03



### 마. 적요

인디고 염료와 식물성 색소를 이용한 다컬러 대량 염색 공정을 확립하기 위해서 전통적인 청색염료인 니람과 양파껍질, 소목 추출물을 혼합하여 환원제에 따른 견, 면, 모, 인견직물에 대한 염색성을 조사하였다. 니람과 양파껍질 염액을 혼합하여 그린계열로 염색이 잘 된 경우는 하이드로설파이트를 환원제로 사용했을 경우이다. 동물성 섬유가 식물성 섬유보다 그린계열로 염색이 잘되었다. 니람과 소목 염액을 혼합하여 퍼플계열로 염색이 잘 된 경우는 하이드로설파이트나 글루코스를 사용했을 때 전반적으로 잘 나온 편이다. 이 또한 식물성 섬유보다 동물성 섬유가 퍼플계열로 염색이 잘 되었다. 니람과 양파껍질, 소목 염료의 혼합염색을 통해 간편하

게 간색(그린, 퍼플)을 얻을 수 있지만, 니람과 양과껍질, 소목 염료 농도와 환원제 종류에 따라 색상차가 있어 표준화 및 재현성에 어려움이 있었다. 따라서 원하는 칼라를 얻기 위해서는 염색환경에 따른 재현성 확보의 노력이 필요한 것으로 나타났다.

## 5. 쪽을 이용한 블루색상을 가지는 가죽 염색공정

### 가. 실험 개요

본 실험에서는 쪽 염색된 피혁제품을 이용한 지갑, 명함집, 가방, 에코신발 등의 시제품을 개발하기 위해 피혁의 염색공정에 쪽(고상, 액상)과 매염제 등을 적용하여 피혁에 가장 적합한 염색공정을 확립하기 위한 실험을 진행하였음.

- 쪽(고상, 액상)의 용해 pH를 달리하여 용해성 및 염색성 실험
- 쪽(고상, 액상)의 함량별 및 가죽 종류별 염색 실험
- 쪽(고상, 액상)의 함량에 따른 매염제 종류별 염색 실험
- 쪽(고상, 액상)의 재염에 따른 크롬 및 비크롬 가죽의 염색성 실험

### 나. 실험내용

- (1) 쪽(고상, 액상)의 용해 pH를 달리하여 용해성 및 염색성 실험

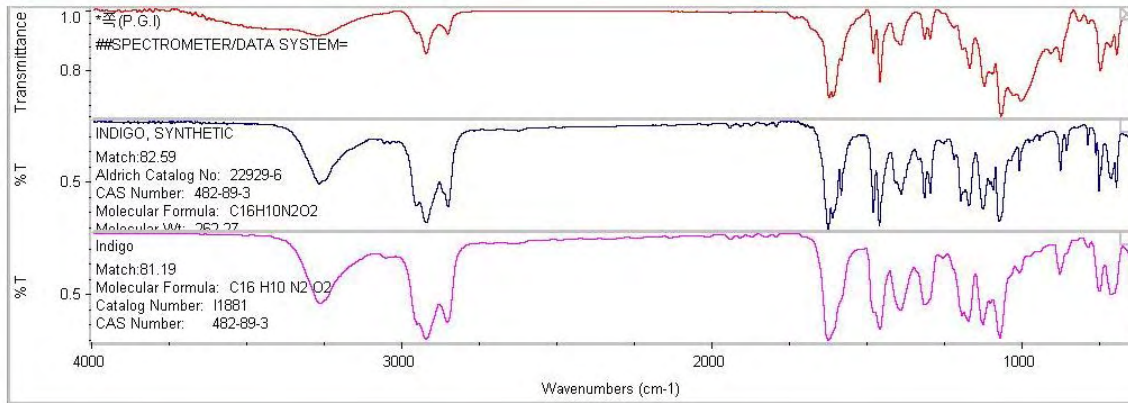
<쪽(액상, 고상)의 함량별 pH>

함량(%)	pH	
	쪽(액상)-나주천연염색문화관 (고형분 : 33.81%)	쪽(고상)-국내P사 (고형분 : 98.57%)
1	8.24	7.22
3	8.52	7.02
5	8.83	7.08
10	9.20	7.08

※ 고상 5%에 대한 액상의 사용량은 14.5%

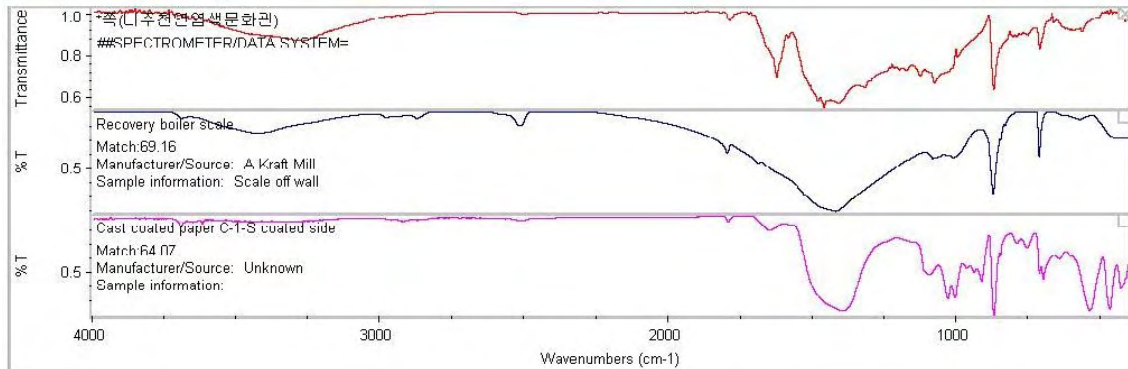
- 나주천연염색문화재단에서 공급된 쪽(액상)은 약알카리적인 특성을 나타내고, 국내 P사의 쪽(고상)은 pH가 중성인 특성을 가짐.

### <쪽(고상)의 IR 분석 결과>



Index	Match	Compound Name	Library Name
1	9550	82.59 INDIGO, SYNTHETIC	HR Aldrich FT-IR Collection Edition I
2	325	81.19 Indigo	Sigma Dyes, Stains and Natural Pigments
3	5814	81.19 Indigo	Aldrich Condensed Phase
4	5782	51.65 1-Phenylsemicarbazide, 99%	Aldrich Condensed Phase
5	9441	49.42 Potassium sodium tartrate .4H2O	Aldrich Condensed Phase
6	5967	47.04 3-Ethyl-2-methyl-4,5,6,7-tetrahydroindol-4-one	Aldrich Condensed Phase
7	1222	46.73 Molindone	Georgia State Forensic Drugs
8	1661	46.65 PICCO 6110 RESIN	Industrial Coatings
9	1269	45.77 Chloroacetic acid	Hummel Polymer and Additives
10	515	45.54 Lauroyl sarcosine, Na salt	Surfactants

○ 쪽(고상)은 파우더 형태로 대부분 Indigo로 구성되어 있음.



Index	Match	Compound Name	Library Name
1	231	69.16 Recovery boiler scale	HR Paper Materials Library
2	19	64.07 Cast coated paper C-1-S coated side	HR Paper Materials Library
3	35	60.12 Calcium Carbonate	HR Pharmaceutical Excipients IR Library
4	1218	58.59 Tetramethylsilane, 99.9+%	Nicolet/Aldrich Vapor Phase
5	1614	58.13 AZURE BLUE #43	Industrial Coatings
6	1040	57.78 HT-2855	Industrial Coatings
7	602	56.68 MULTIFEX MM	Industrial Coatings
8	1258	53.51 Duramite SSA144B	Coatings Technology
9	34	53.19 Siderite #1, 0.057 wt %	Commercial Materials Painter Minerals
10	141	53.13 LIMESTONE	Industrial Coatings

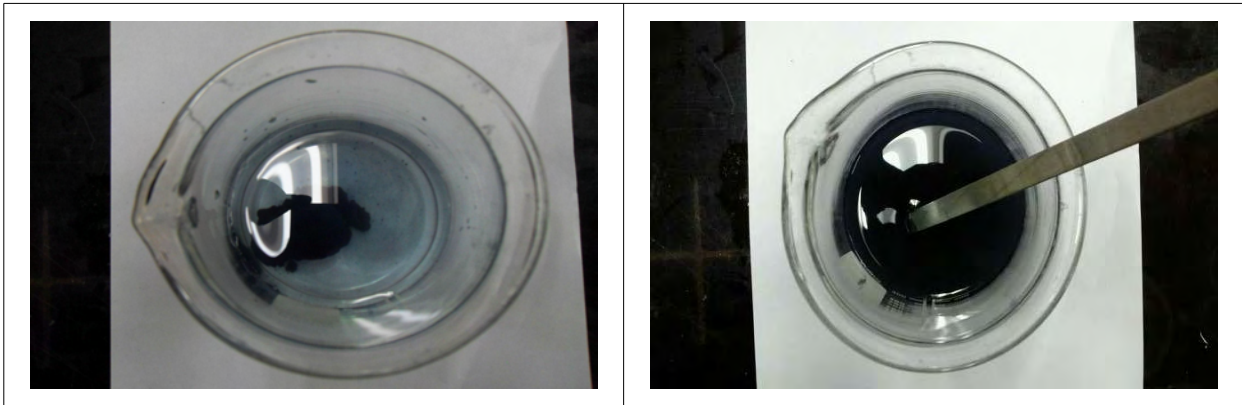
### <쪽(액상)의 IR 분석 결과>

○ 쪽(액상)은 쪽(고상)과는 달리 Indigo 특성 Peak가 관찰되지 않고, 다양한 Chemical이 포함되어 있는 형태로 열수 및 용매 추출에 의한 제품 제조가 아닌것으로 보임.



(가) 쪽의 용해성

① 쪽(액상, 나주천연염색문화관) 염료 용해성 실험

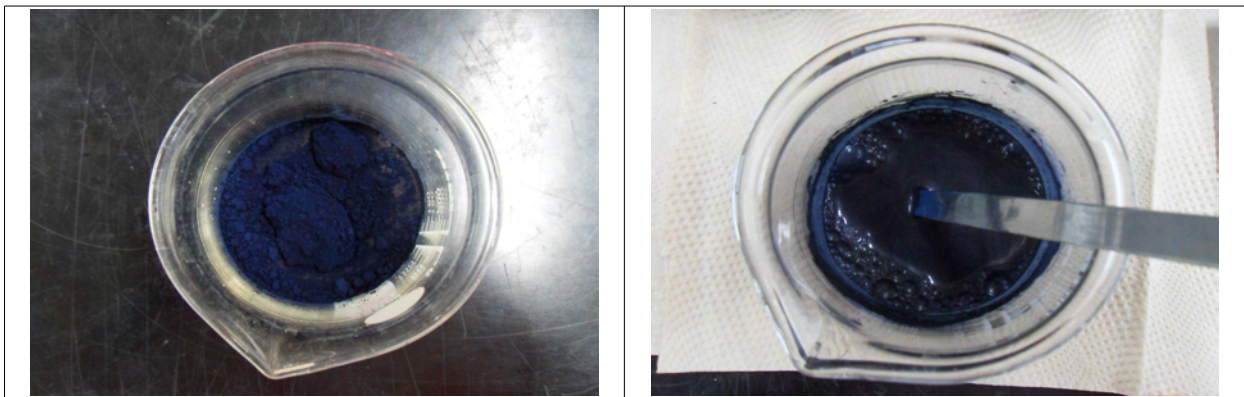


물 + 쪽

물 + 쪽(1시간 경과 후)

쪽을 물에 용해했을 때 염료가 물에 잘 용해되는 것처럼 보였지만 1시간 경과 후 상태를 점검한 결과 염료가 물밑에 침전 되어있는 것을 확인하였음. 20시간 경과 후 용액의 용해성을 확인한 결과 모든 pH영역(pH 3.6 ~ 11.0)에서 비슷한 양의 침전물이 발생하는 것으로 보아 pH 따른 용해성의 차이는 없는 것으로 확인.

② 쪽(고상, 국내P사) 염료 용해성 실험



물 + 쪽

물 + 쪽(1시간 경과 후)

쪽 염료를 물에 용해했을 때 염료가 물에 잘 녹지 않는 특성을 보였으나 시간이 지남에 따라 염료가 서서히 녹아내리는 현상을 나타내었음. 20시간 경과 후 용액의 용해성을 확인한 결과 모든 pH영역(pH 3.6 ~ 11.0)에서 비슷한 양의 침전물이 발생하는 것으로 보아 pH 따른 용해성의 차이는 없는 것으로 확인. 쪽(액상)의 경우 용해성이 양호한 것으로 보이나, 일정시간이 경과할 경우 쪽(고상)과 유사하게 침전물이 형성되어 일반적으로 알려진 것과 동일하게 쪽은 전반적으로 용해성이 매우 불량한 특성을 가짐을 확인하였고, 또한 pH를 3.6 ~ 11.0 까지 다양하게 변경하여 용해한 후에도 쪽의 용해성의 개선 효과는 거의 관찰되지 않았음.

(나) 쪽의 pH에 따른 염색성

쪽(액상, 나주천연염색문화관) 5%, 쪽(고상, 국내 P사) 5%, 쪽(액상, 나주천연염색문화관)의 경우 고형분(33.81%)을 고려하여 14.5%를 사용하는 3가지 타입으로 각기 다른 pH 조건에서 피혁 염색공정을 진행하였음.

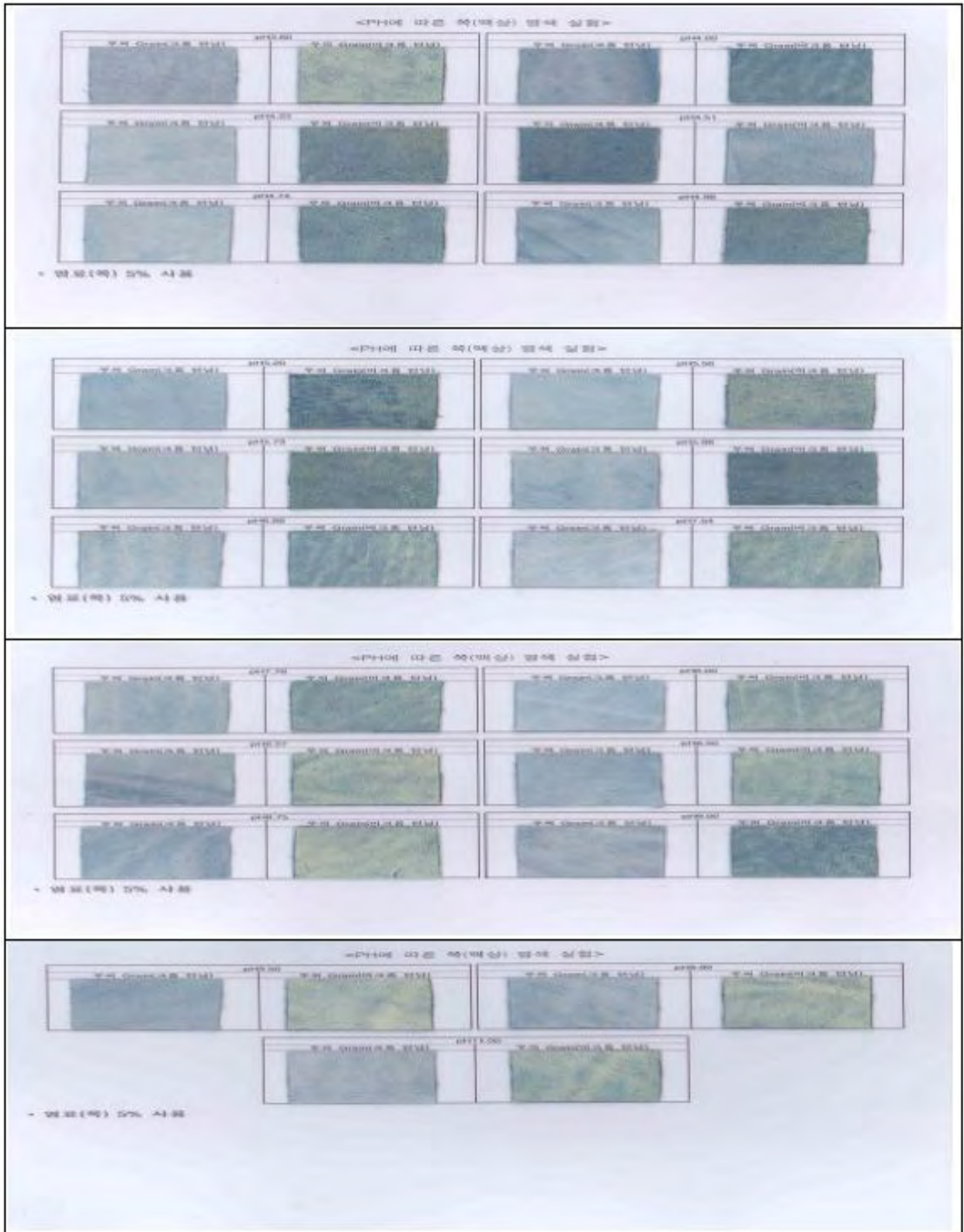
<피혁 염색 공정 Recipe>

Process	합량(%)	Chemicals	min	pH	Remark
Dyeing / Fat	100	Water(45°C)			
	5% 5% 14.5%	쪽(고상, 국내 P사) 쪽(액상, 나주천연염색문화관) 쪽(액상)-고형분고려	60	3.60	Formic acid
				4.00	Formic acid
				4.23	Formic acid
				4.51	Formic acid
				4.74	Formic acid
				4.98	Formic acid
				5.20	Formic acid
				5.50	Formic acid
				5.73	Formic acid
				5.98	Formic acid
				6.68-7.08	-
				7.54	1N NaOH
				7.78	1N NaOH
				8.00	1N NaOH
				8.27	1N NaOH
				8.50	1N NaOH
				8.75	1N NaOH
	9.00	1N NaOH			
	9.50	1N NaOH			
	9.99	1N NaOH			
	11.00	1N NaOH			
	4.0	SWK	60		
4.0	A1				
4.0	SLW				
		Formic acid(1:10)	15+15	3.6~3.8	
Drain & Rinse(Cold water)					

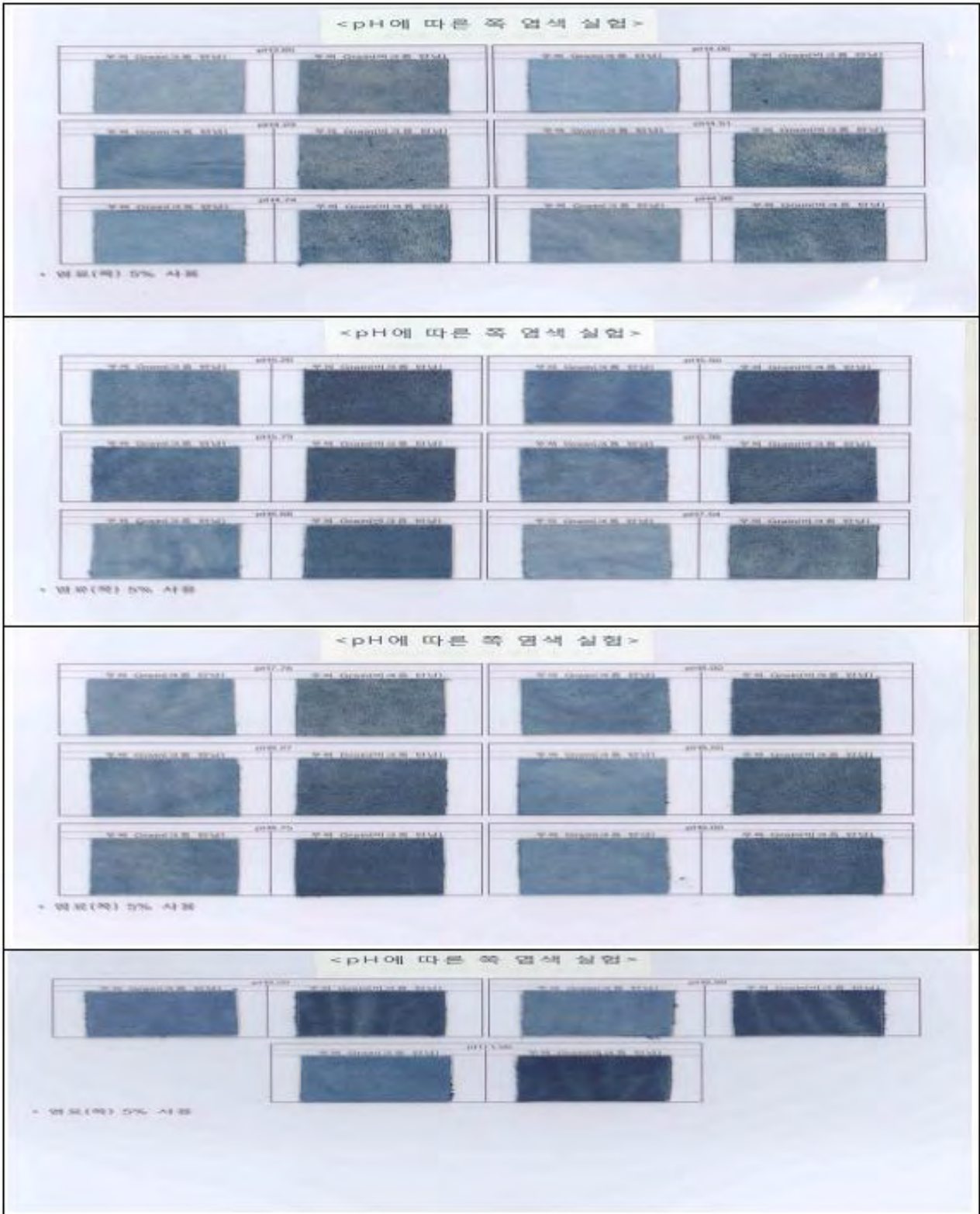
※ 알카리로 pH 조절 : 1N NaOH, 산성으로 pH 조절 : Formic acid

(다) pH별 염색성

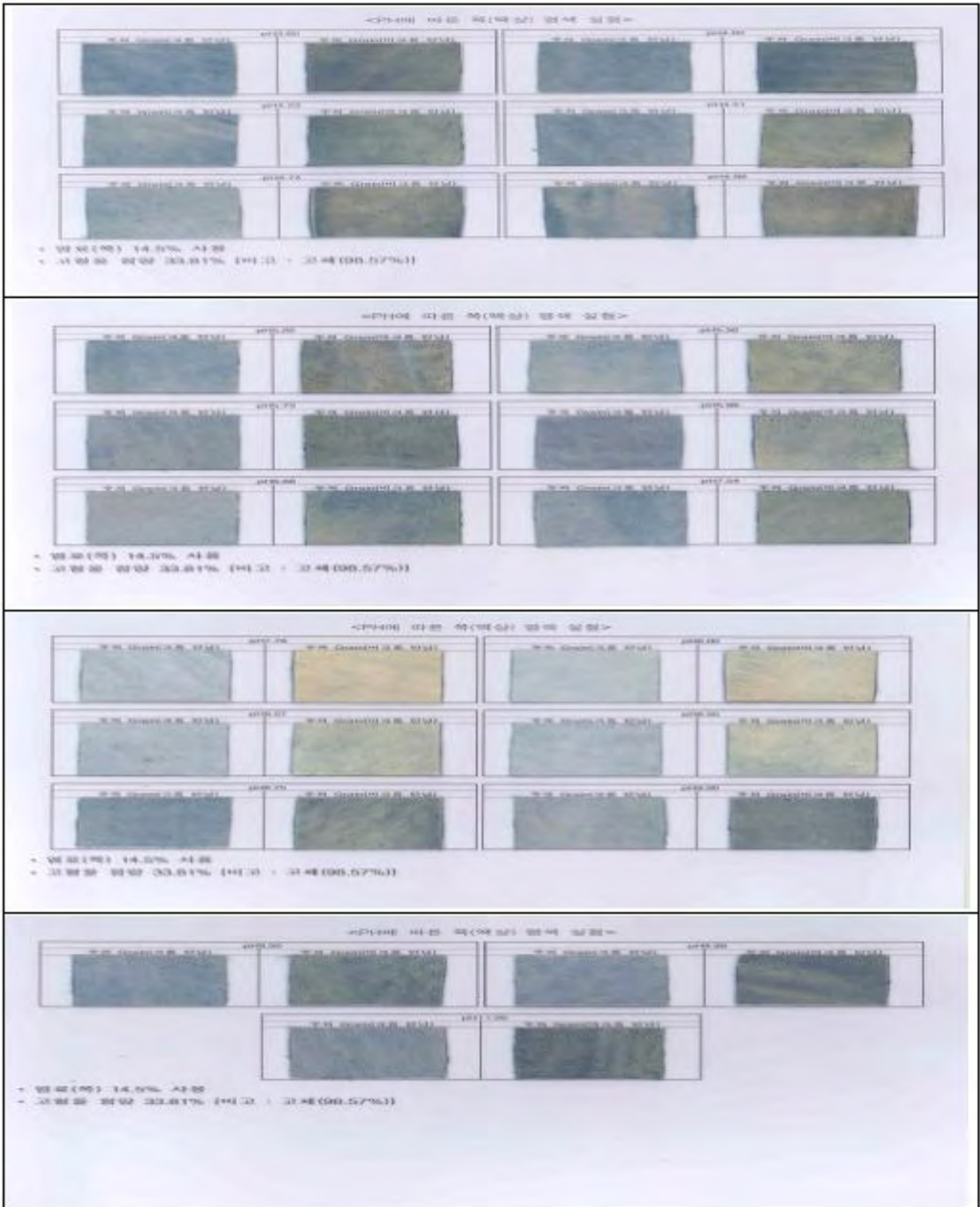
① 쪽(액상, 나주천연염색문화관) 5%사용(pH별, 가죽별 염색)



② 쪽(고상, 국내 P사) 5%사용(pH별, 가죽별 염색)



③ 쪽(액상, 나주천연염색문화관) 고품분 고려 14.5%사용(pH별, 가죽별 염색)



고형물 함량을 고려한 염색 실험에서는 pH7.78 - pH8.50 까지 색상이 옅은 것으로 보아 염착성이 떨어지는 것으로 판단됨. 쪽(고상)의 경우 pH 4.98 이하의 Factor에서 색상이 다른 Factor에 비해 옅은 것으로 보아 산성조건에서 염착성이 떨어지는 것으로 판단되었고, 가죽에 크롬처리된 크롬탄닝가죽과 알루미늄이 처리된 비크롬탄닝가죽의 색상을 비교할 시 Wet blue의 색상을 가지고 있는 크롬 탄닝된 가죽이 Wet white의 색상을 가지는 비크롬에 비해서 쪽의 염착된 색상이 옅은 것으로 보아 크롬 탄닝된 것이 염색성이 떨어지는 것으로 판단되었음.

쪽(액상)의 경우 쪽(고상)에 비해 색상이 전반적으로 옅은 것으로 쪽(액상)의 고형분이 33.81%의 고형분으로 인해서 고상에 비해서 2.9배 낮은 함량으로 인해 쪽(고상), 쪽(액상)을 가죽 무게대비 동일하게 5%를 사용하여 염색을 진행하는 것은 쪽(액상)의 염색농도를 낮추는 원인으로 작용한 것으로 보이고, 쪽(고상)과는 반대로 pH 8.27 이상부터 색상이 옅은 것으로 보아 쪽(고상)과는 반대로 알칼리 영역에서 염착성이 떨어지는 결과를 나타내었음.

쪽(액상)에 고형분(33.81%)을 고려하여 쪽(고상)과 동일한 함량의 고형분이 되도록 14.5%의 쪽(액상)을 투입하여 염색한 결과 쪽(고상)에 비해서 전반적으로 염색성이 매우 떨어지는 결과를 나타내었고, pH 7.78~8.50까지 색상이 특히 옅은 특성을 나타냄.

이상의 pH,별 쪽(액상), 쪽(고상)의 실험을 진행한 결과, 쪽(액상)은 산성~중성조건에서 염색성이 양호한 결과를 나타내었고, 쪽(고상)의 경우는 pH 4.98이상의 조건(알칼리조건)에서 염색성이 우수하였다. 또한 쪽(액상), 쪽(고상)을 비교한 결과 쪽(고상)이 가죽과의 염착성이 우수하여 선명한 Blue 색상을 나타내었다. 금속성 물질별 실험에서는 Wet blue 색상을 가지고 있는 크롬 탄닝된 가죽에 비해서 Wet white 색상을 가지는 비크롬 가죽이 Blue의 선명성이 다소 우수한 결과를 나타내었음.

쪽(액상), 쪽(고상) 모두 pH가 4.98 근처에서 비교적 양호한 염색성을 나타내어, 피혁의 염색 공정에서 사용할 시에 특별한 pH의 조절이 불필요할 것으로 보임. 그 이유는 염색전의 중화공정에서 pH가 5.5~6.0을 유지한 후에 염료가 투입되어 최종 염액의 pH가 3.6~4.0까지 점진적으로 내려가 쪽(액상), 쪽(고상) 모두의 최적 염색 pH 구간에 포함되고, 현장 작업 조건에서는 pH별 쪽(고상), 쪽(액상)의 조절이 어려움도 예상되어, 특별한 pH 조절을 하지않고, 쪽 농도별, 재염, 매염제 처리를 통한 균염성을 가지는 쪽 염색 피혁 원단을 제조할 것임.

## (2) 쪽(고상, 액상)의 함량별 및 가죽 종류별 염색 실험

비크롬 탄닝된 가죽(Grain, Split), 크롬 탄닝된 가죽(Grain, Split)의 쪽 염료 함량에 따른 물성, 염색성과 색상의 균염성을 확인하기 위한 실험을 진행하였음.

(가) 실험 방법

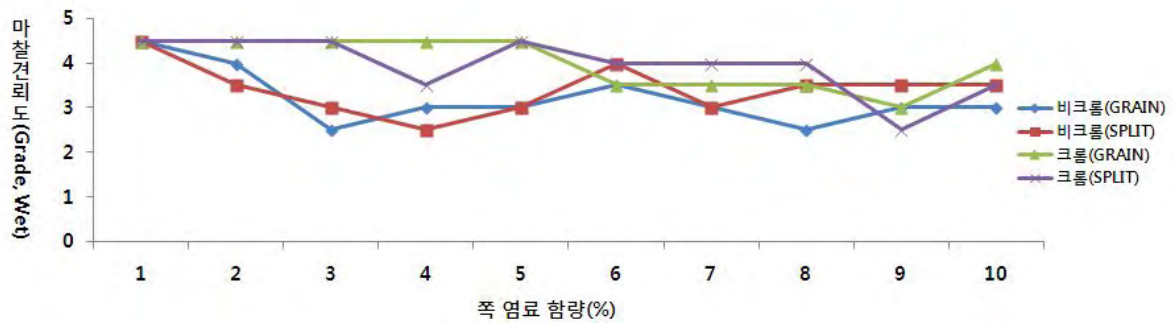
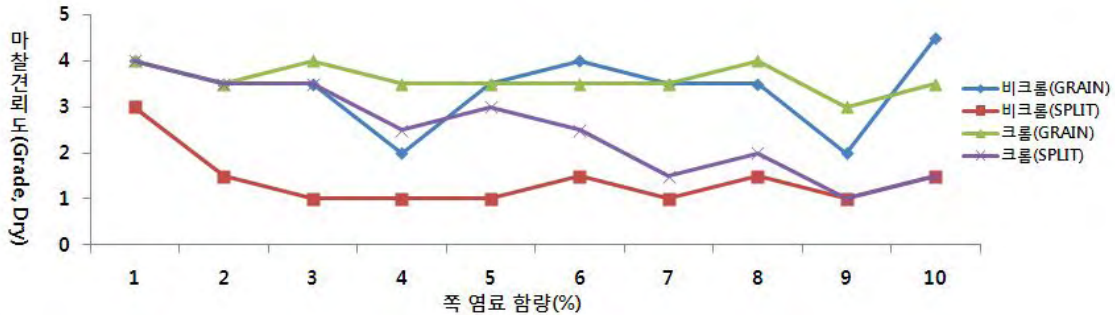
Process	함량(%)	Chemicals	min	pH	Remark	
Neutralizing	150	Water(40℃)				
	2.0	Tanigan PAK-N	30		중화 syntan	
	6.0	Basyntan N	100		Phenol계 syntan	
	1.0	NaHCO <sub>3</sub>	60	5.6~6.0		
	Drain & Rinse(Cold water)					
Dyeing / Fatliquoring	100	Water(45℃)				
	Factor	1	쪽(고상, 국내 P사) 쪽(액상, 나주천연염색문화관)	60		
		2				
		3				
		4				
		5				
		6				
		7				
		8				
		9				
		10				
	4.0	SWK				
	4.0	A1				
	4.0	SLW	60			
	1.0	Formic acid(1:10)	15+15	3.6~3.8		
Drain & Rinse(Cold water)						

※ 쪽(고상)의 농도를 가죽 무게대비 1~10% 각각 사용하여 염색  
 쪽(액상)의 농도를 가죽 무게대비 1~10% 각각 사용하여 염색

(나) 실험결과

① 쪽(액상) 농도별 피혁 염색 실험

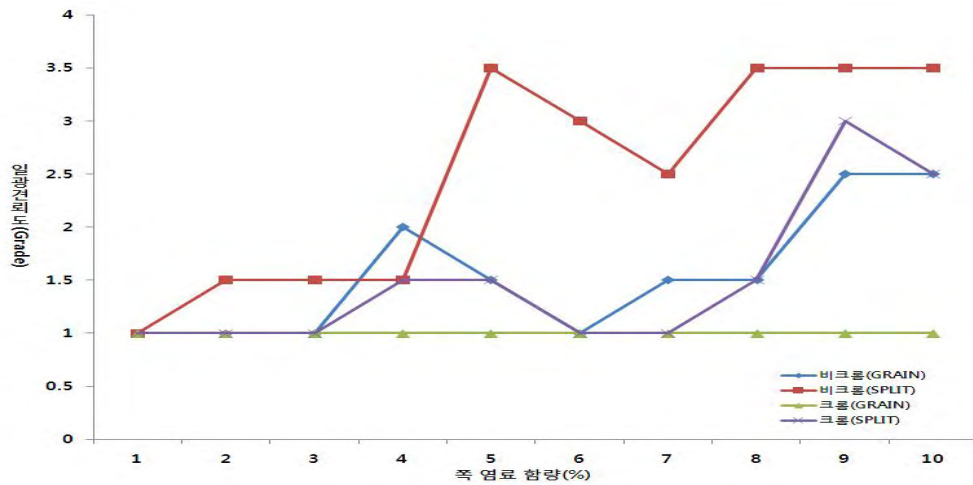
○ 마찰견뢰도 분석



- 크롬과 비크롬(알루미늄) 처리된 Grain leather의 건식 마찰견뢰도의 경우 쪽(액상) 사용량이 5~8%일 경우에 3Grade 이상의 견뢰도를 나타내고 있고, Split leather의 경우는 쪽(액상)의 사용량이 증대할수록 견뢰도는 낮아지는 특성을 나타냄.
- 일반적으로 조직이 느슨한 Split leather의 경우 염료의 사용량이 증대할수록 표면에 결합하는 염료가 증대하여 마찰견뢰도가 불량한 문제점이 발생.
- Split leather의 경우 크롬 탄닌된 가죽에 쪽(액상)을 염색한 경우가 견뢰도가 다소 우수한 경향을 나타내고 있고, Grain leather의 경우는 염색 조건에 따라 불규칙적인 경향성을 보임.
- 마찰견뢰도(Wet)의 측정에서는 전반적으로 크롬 탄닌된 가죽이 견뢰도가 다소 우수한 경향성을 나타내고 있고, 비크롬 Split leather 대부분 마찰견뢰도(Wet)가 양호한 결과를 나타내고 있음.
- 쪽(액상)의 염색실험에서 우피 Grain leather에 비해서 조직이 느슨한 Split leather가 염색성이 우수한 결과를 나타내었고, 마찰견뢰도(Wet)에서도 전반적으로 안정성을 나타내고 있으나, 마찰견뢰도(Dry)에서 염료의 사용량이 6%이상 사용할 경우 확인한 견뢰도의 저하가 관찰되므로 염료의 사용량은 6%이하를 유지하는 것이 바람직할 것으로 보임.



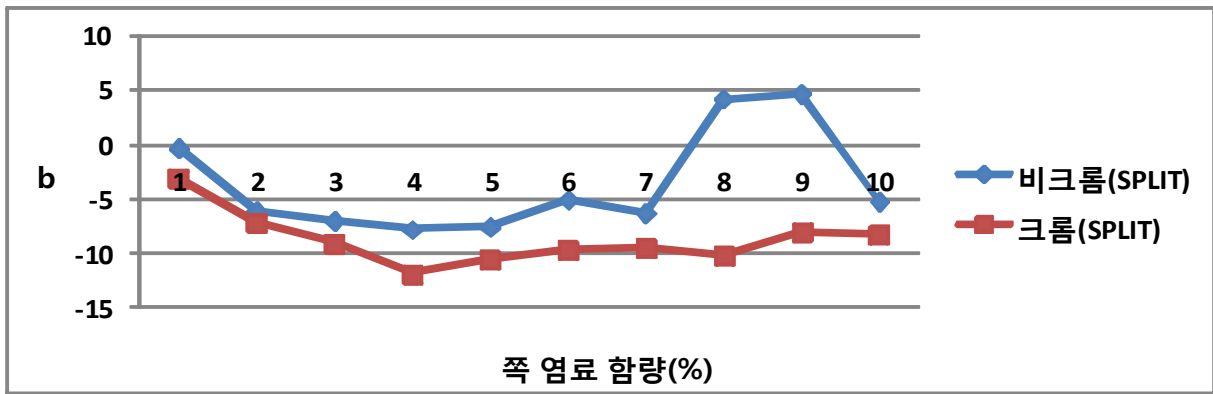
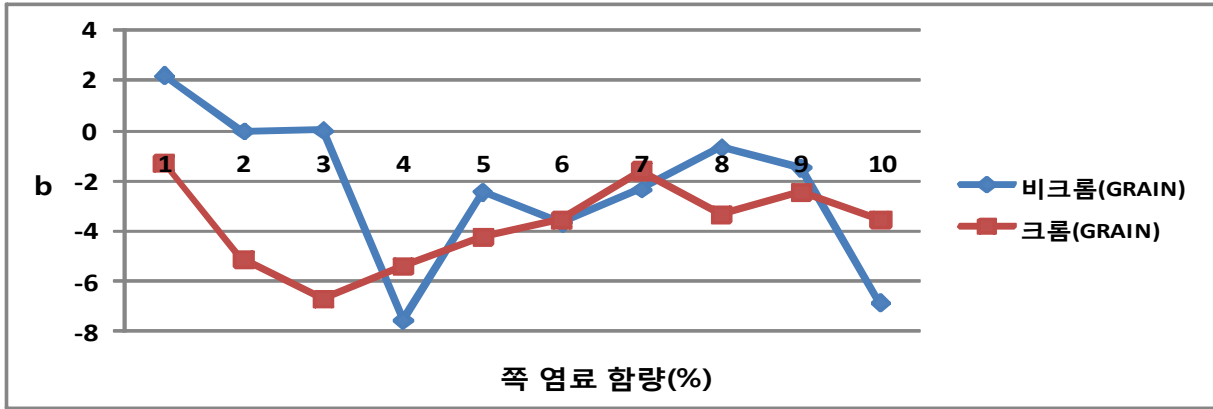
## ○ 일광견뢰도 분석



- 천연염료의 단점중의 하나인 일광견뢰도 저하 문제는 쪽(액상)으로 염색한 경우에도 전반적으로 불량한 특성을 나타내었으나, 쪽(액상)의 사용량이 4%이상 사용할 경우 다소 개선되는 효과를 확인할 수 있음.
- 특히 비크롬 처리된 Split leather의 경우 쪽의 사용량이 5%이상의 경우 2.5Grade 이상의 안정성을 나타내었고, 크롬 탄닝된 가죽에 비해서 비크롬(알루미늄) 처리된 가죽이 견뢰도가 다소 우수한 결과를 나타내었음.
- 크롬 탄닝된 Grain leather의 경우 견뢰도가 쪽의 함량이 증대하여도 1Grade로 매우 불량한 특성을 나타내었는데 이는 염료 자체의 일광견뢰도 저하에 기인하는 것으로 보이고, 비크롬 탄닝된 Grain leather의 경우 4%이상 사용시에 전반적으로 견뢰도가 증대하는 경향을 나타내고 있으나, 염착성이 불량하여 명확한 경향성을 나타나지 않음.
- 일광견뢰도는 천연염료 구조에 기인함으로 가죽의 표면 도장 공정을 통한 개선이 필요할 것으로 판단되어, 이후 실험에서 도장 약품별 처리를 통한 실험을 진행할 예정임.

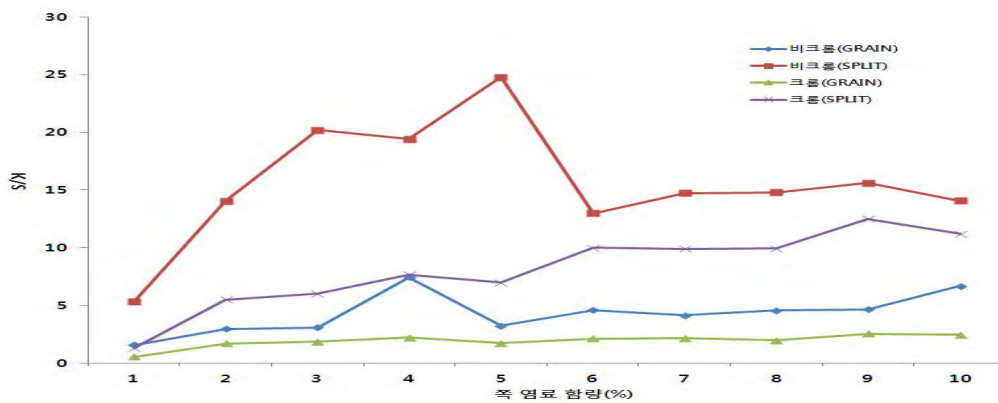
## ○ 색차계 분석

- 색차계를 통한 Lightness 분석 결과는 함량이 증가함에 따라 점점 감소하는 경향을 나타내었고, Blue 한 특성을 가지는 b값(-로 갈수록 Blue색상) 또한 함량이 증가함에 따라 -값으로 더 많이 갈 것으로 예상하였으나 일정함량(5%) 이상에서는 “b”값이 (-) 방향으로 더 이상 이동하지 않아 가죽과 쪽 염료와의 반복되는 결합으로 인해 가죽의 색상이 Yellow한 방향으로 진행됨을 확인하였음.
- b값의 최고는 4% 크롬 SPLIT가 -11.82였으며 쪽 염료를 더 많이 넣어도 이 값이 넘지 않는 한계점인 것으로 판단됨.



- Grain은 육안 관찰시 전체적으로 균염성이 많이 떨어졌고, Split는 전체적으로 균염성이 좋은 결과를 나타내고,  $\Delta E$ 값 측정에서도 Grain보다 Split가  $\Delta E$ 값이 평균 적으로 작은 것으로 보아 Split가 균염성이 우수한 결과를 나타내었는데, 이는 Split가 Grain leather에 비해서 조직이 느슨하여 염료의 침투 및 결합이 양호한 결과라 판단됨.
- 가죽에 침투 및 결합되어야 하는 쪽(액상)의 경우 쪽(고상)에 비해서 침투력이 불량하여 Through dyeing이 불량한 문제가 있는 상태임.

○ K/S 분석

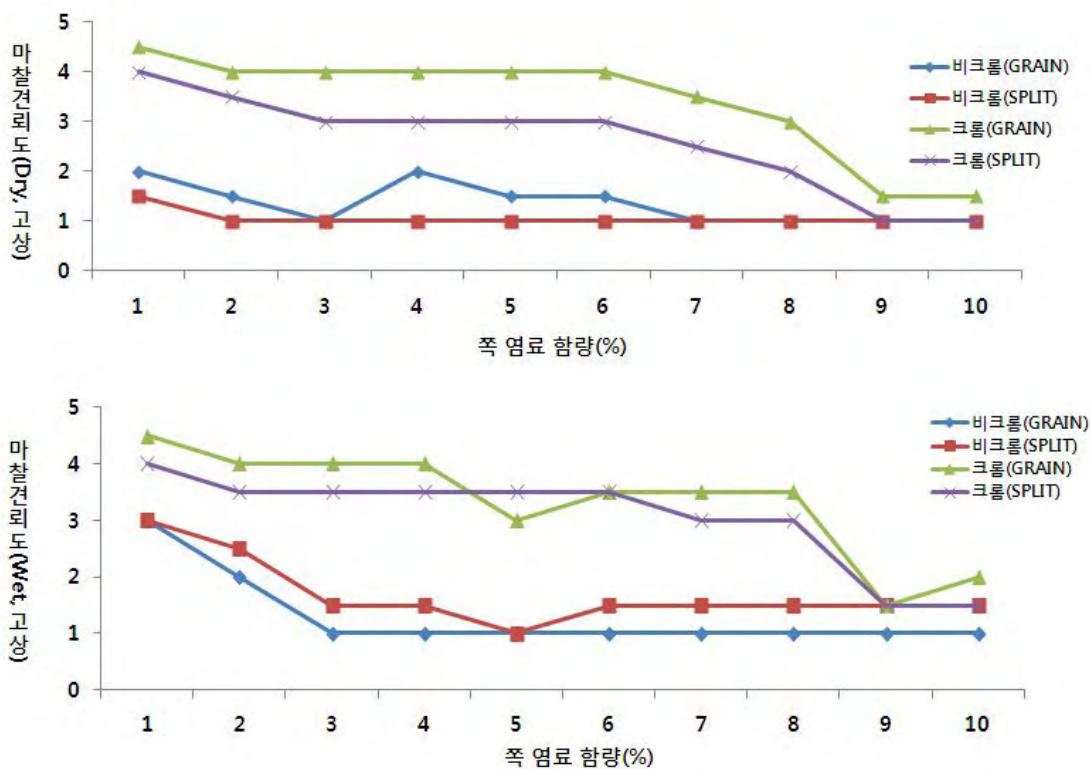


※ 측정파장 : 580~640nm

- 염료의 표면 흡착량을 나타내는 K/S value는 Split leather가 Grain leather에 비해서 매우 높은 수치를 나타내고 있는 특성을 보이고, Grain leather는 조직적인 특성으로 인해서 쪽과의 결합력이 다소 떨어지는 결과를 나타내고 있음.
- 조직이 느슨한 Split leather의 경우 쪽의 사용량이 4~9%까지 K/S value가 함량의 증가에 따라 다소 증대하는 경향성을 나타내고 있으며, 5~6%사용한 구간의 증가폭이 월등히 높은 결과를 보임.
- 표면 흡착량을 나타내는 K/S value가 높을 경우 염색의 균일성이 우수하므로, 실제 분석에서도 Grain leather에 비해서 Split leather의 흡착력이 월등히 높아, 육안으로 판단한 균염성과도 일치하는 결과를 보임.

## ② 쪽(고상) 농도별 피혁 염색 실험

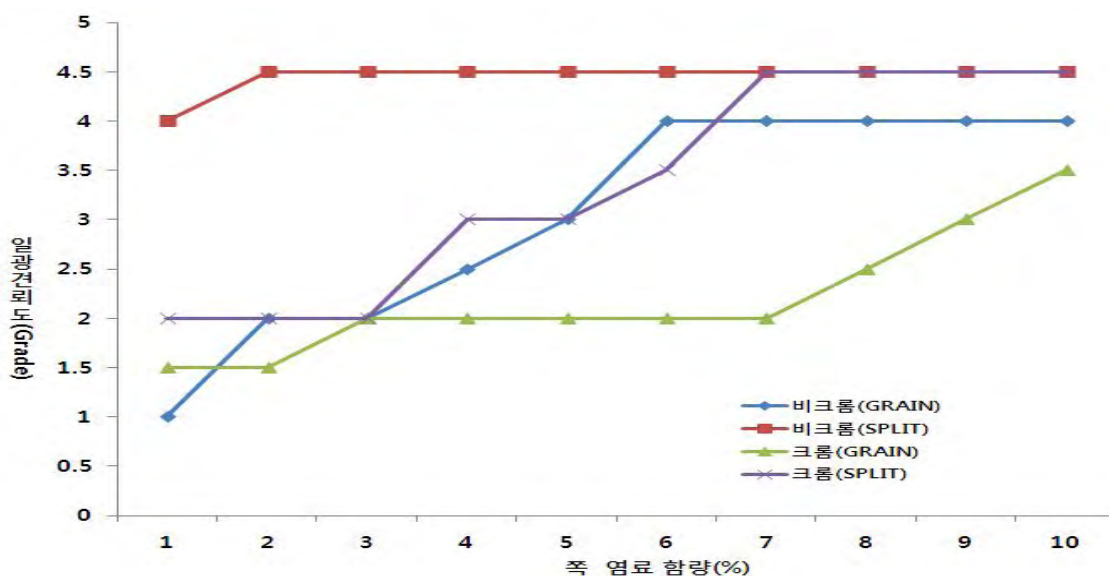
### ○ 마찰견뢰도 분석



- 크롬 탄닝된 Grain 및 Split leather가 비크롬 처리된 가죽에 비해서 견뢰도가 우수하였고, 쪽 염료 사용량이 9% 이상 사용할 경우 마찰 견뢰도가 크롬 및 비크롬 처리된 가죽 모두에서 불량한 결과를 나타냄.

- 또한 쪽의 사용량이 증대할수록 마찰견뢰도(Dry)가 점진적으로 감소하며, 특히 7% 이상을 사용할 경우 마찰견뢰도가 급격하게 떨어지는 특성을 나타내었는데 이는 쪽(액상)과 비슷한 경향성을 가짐.
- 쪽(액상)과 비교할 시 비크롬 처리된 Split는 쪽(액상)과 쪽(고상)을 각각 사용할 시에 마찰견뢰도가 1Grade를 나타내고, 비크롬 Grain leather의 경우 쪽(액상)이 다소 우수한 경향성을 나타내고 있으나 가죽에 염색된 색상이 옅은 결과 때문인 것으로 판단됨.
- 쪽(고상) 함량별 실험에서는 크롬탄닝된 가죽의 마찰견뢰도가 비크롬 처리된 가죽에 비해서 월등히 우수한 결과를 나타냄.
- 마찰견뢰도(Wet)의 측정에서도 마찰견뢰도(Dry)의 결과와 유사하게 크롬 탄닝된 가죽이 안정성이 우수한 결과를 나타내었고, 비크롬 처리된 가죽은 전반적으로 견뢰도가 다소 불량한 특성을 나타내었다. 이는 가죽에 포함되어 있는 크롬과 쪽(고상)의 결합성이 비크롬(알루미늄)보다 결합성이 우수하여 크롬 탄닝된 가죽의 마찰견뢰도가 우수한 결과를 나타낸 것임.
- 크롬 탄닝된 가죽의 경우도 9%이상의 쪽(고상)이 사용될 경우 견뢰도가 급격하게 떨어지는 결과를 나타내는데, 이는 염료의 과사용으로 인한 염료의 표면 흡착량의 증대에 기인함.
- 쪽(액상)과 쪽(고상)의 가장 큰 차이점은 쪽(액상)은 가죽에 Through dyeing이 거의 되지 않고 표면에 흡착 및 결합이 형성된 반면에 쪽(고상)은 가죽에 Through dyeing이 양호한 결과를 나타내었고, 또한 염색 색상에서도 쪽(고상)은 Dark blue로 색상의 선명도가 우수한 반면에 쪽(액상)은 Light blue로 색상의 선명도가 매우 떨어지는 특성을 가짐.

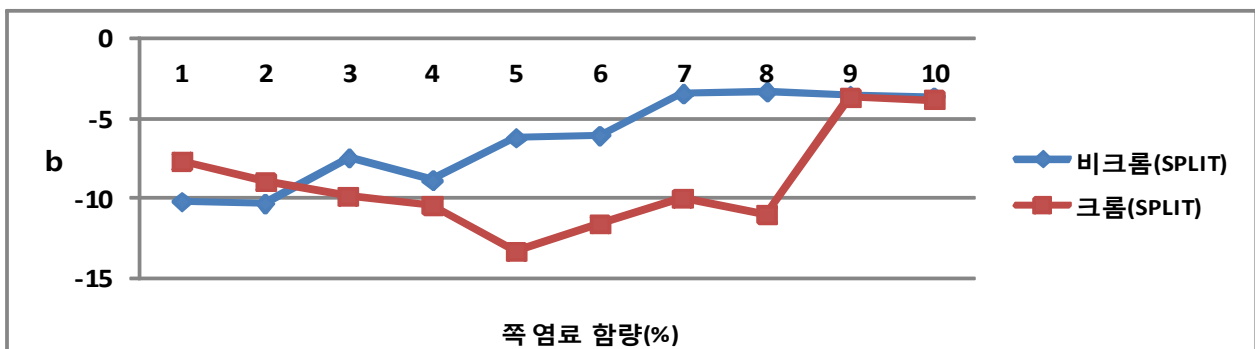
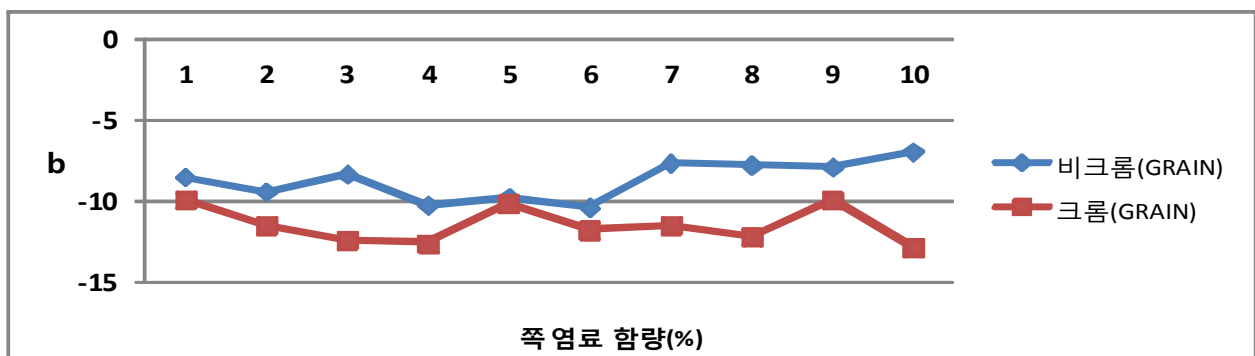
○ 일광견뢰도 분석



- 쪽(액상)으로 염색한 경우에는 전반적으로 불량한 특성을 나타내었으나, 쪽(고상)의 경우는 사용량 증대에 따라 일광견뢰도도 일정하게 증대하는 경향성을 가짐.
- 특히 비크롬 처리된 Grain, Split leather의 경우 쪽의 사용량이 5%이상의 경우 3Grade 이상의 안정성을 나타내어, 쪽(액상)에 비해서 월등히 우수한 일광견뢰도를 나타내었음.
- 크롬 탄닝된 가죽에 비해서 비크롬(알루미늄) 처리된 가죽이 견뢰도가 다소 우수한 결과를 나타내었음.
- 쪽(액상)은 IR 측정결과 명확한 Indigo 물질의 검출이 되지 않고 다양한 물질이 혼합된 형태로 존재하나, 쪽(고상)의 경우 용매추출에 의한 추출로 비교적 순수한 Indigo 물질이 존재하여 일광견뢰도가 매우 안정적인 특성을 나타내는 것으로 보임.

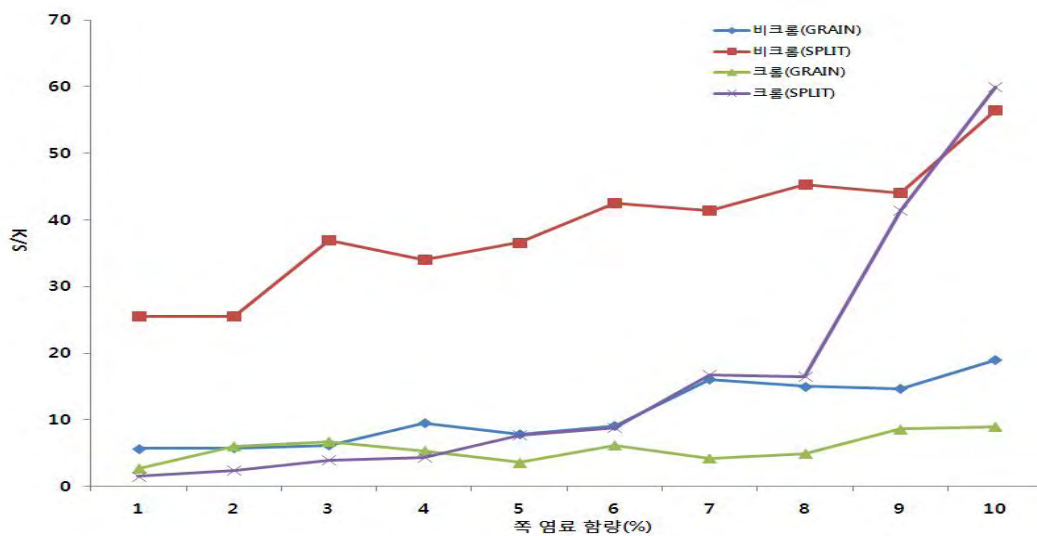
○ 색차계 분석

- 색차계를 통한 Lightness 분석 결과는 함량이 증가함에 따라 점점 감소하는 경향을 나타내었고, Blue 한 특성을 가지는 b값(-로 갈수록 Blue색상) 또한 함량이 증가함에 따라 -값으로 더 많이 갈 것으로 예상하였으나 일정함량(6%) 이상에서는 “b”값이 (-) 방향으로 더 이상 이동하지 않고 쪽(액상)의 경우는 염료의 사용량이 증대할수록 Yellow한 특성을 가지나, 쪽(고상)의 경우 더욱더 Dark 한 blue 색상을 가짐을 확인하였음.



- 쪽(액상)과 유사하게 쪽(고상)의 경우도 Grain은 육안 관찰시 전체적으로 균염성이 많이 떨어졌고, Split는 전체적으로 균염성이 좋은 결과를 나타내고,  $\Delta E$ 값 측정에서도 Grain보다 Split가  $\Delta E$ 값이 평균 적으로 작은 것으로 보아 Split가 균염성이 우수한 결과를 나타내었는데, 이는 Split가 Grain leather에 비해서 조직이 느슨하여 염료의 침투 및 결합이 양호한 결과라 판단됨.
- 쪽(고상)은 쪽(액상)에 비해서 침투력이 우수하여 Through dyeing이 양호한 결과를 나타냄.
- 전반적으로 쪽(고상)은 일광견뢰도, 균염성, Blue한 특성들이 쪽(액상)에 비해서 월등히 우수한 특성을 가짐.

### ○ K/S 분석

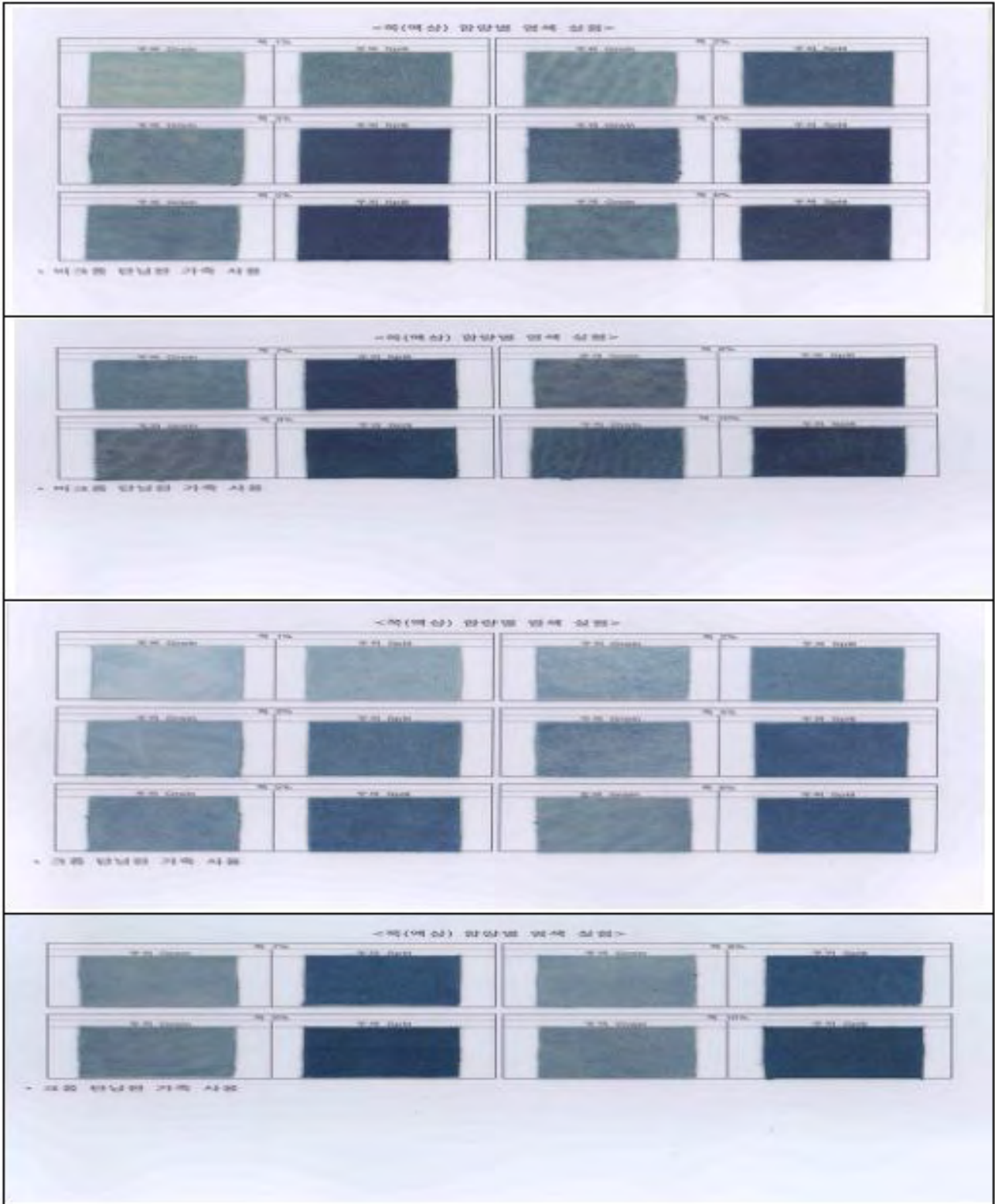


※ 측정파장 : 580~640nm

- 쪽(고상)을 이용한 K/S value 측정은 쪽(액상)과는 달리 일정하게 증가하는 경향을 나타내고 있는데, 앞서 언급하였듯이 쪽(액상)은 순수한 Indigo가 아닌 다양한 물질이 함유되어 있어 가죽과 쪽(액상)의 균일한 결합이 형성되지 못해 함량에 따라 다소 불균일한 K/S value를 나타내고 있으나, 쪽(고상)의 경우 대부분 순수한 Indigo로 구성되어 염료의 함량이 증대할수록 K/S value도 일정하게 증가하는 추세를 나타냄.
- Split leather의 경우 쪽(고상)의 사용량이 8% 이상일 경우에 K/S value가 안정성이 매우 떨어지는 결과를 나타내는데, 이는 Split leather의 표면에 적층하든 염료가 결합되는 결과로 이는 쪽 원래의 색상 부여가 어렵고, 다소 Dark한 black으로 변화될 가능성이 있어 사용을 자제하는 것이 쪽 원래의 색상 부여에 유리할 것으로 보임.
- 쪽(고상), 쪽(액상)은 단순히 염료가 가죽에 결합되는 원리가 아닌 피혁 염색공정에 사용되는 가지제(음이온성)가 가죽의 표면에서 잔류하는 쪽과의 부수적인 결합이 동

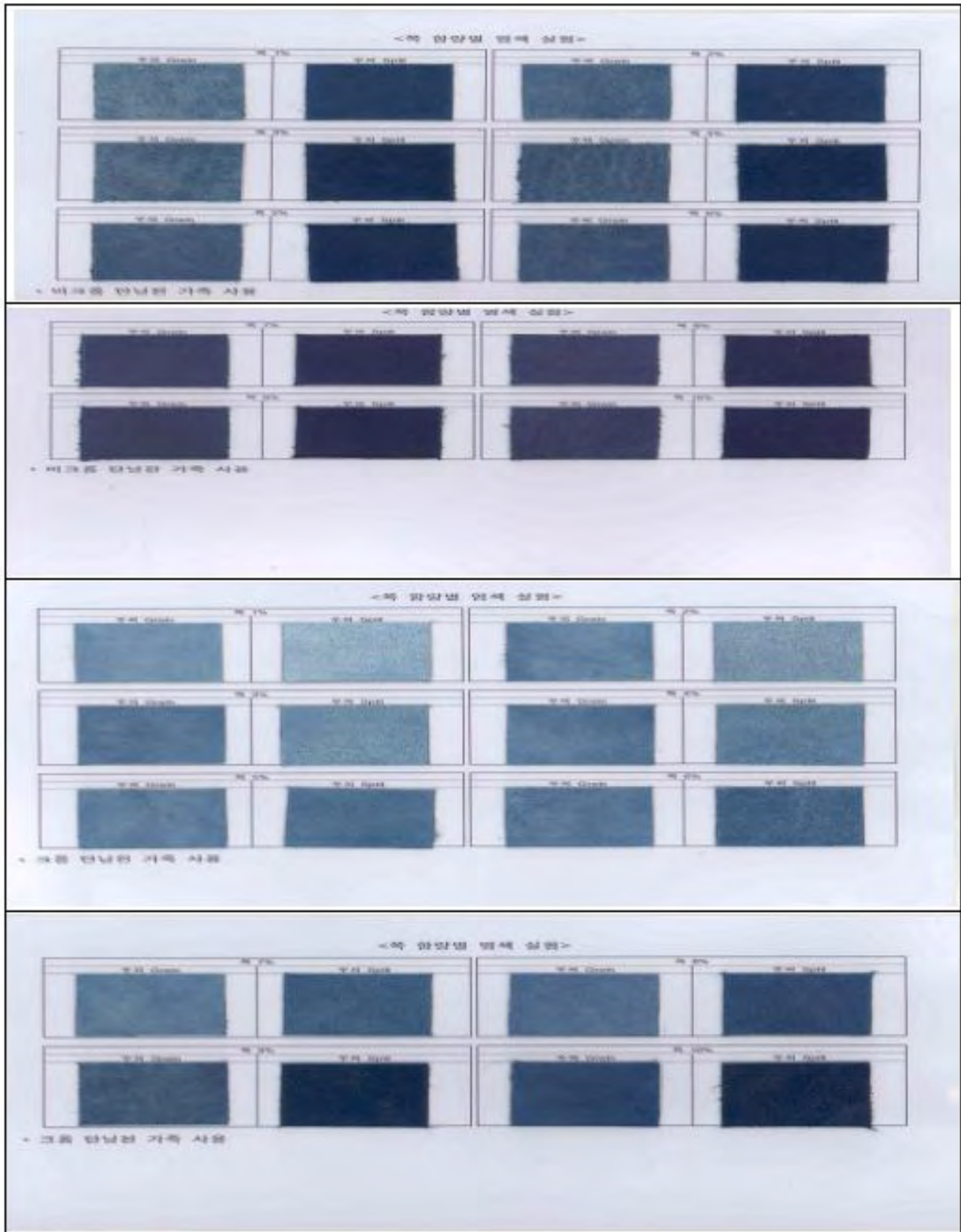
반되므로 쪽의 투입량, 쪽의 투입시간, 가지제의 사용량, 가지제의 투입시간 등에 따라 색상의 안정성에 영향을 미치므로 이를 확인하기 위해 재염을 통한 염색성의 안정성 및 색상의 변화 실험이 필요함.

- 이상의 실험에서 염료의 사용량은 5% 전후가 견뢰도 및 염색성 등을 고려할 시에 양호한 결과를 나타내어 재염 실험에서는 쪽의 사용량을 5%를 기본으로 염색시간의 증대 및 재염을 통한 균염성이 우수한 가죽을 제조하기 위한 연구를 진행.
- 쪽(액상)에 비해서 쪽(고상)이 색상의 균일성이 우수하였고, 함량 증대에 따른 일정한 경향성을 나타내어 염색공정에서 함량에 따른 특정 색상의 부여가 용이할 것으로 보임.
- 천연염료에서 가장 문제시되는 일광견뢰도의 경우 쪽(고상)을 사용한 경우가 쪽(액상)에 비해서 월등히 우수한 결과로 제품 제조시에 전혀 문제가 노출되지 않는 우수한 특성을 가짐.
- 과도한 염료의 사용은 마찰견뢰도의 저하 원인이 되므로 염료의 사용량은 4~8% 범위 내에서 쪽 염료를 사용하는 것이 적합할 것으로 보임.
- 쪽은 여타 염료에 비해서 용해성이 매우 떨어지는 문제가 있어, 종전의 염색시간인 60분에서 100분 이상 시간을 연장하여 쪽이 충분히 용해된 후에 가죽과의 결합이 형성되도록 하는 것이 쪽과 가죽의 염색성 개선에 효과가 있을 것으로 보임.
- 가죽 종류별 실험에서는 조직이 Tight한 우피 Grain leather에 비해서, 조직이 느슨한 Split leather가 균염성이 탁월하게 우수하였으나, 마찰견뢰도가 상대적으로 다소 떨어지는 문제가 있는 상태이나, 이는 매염제 또는 피혁 도장 공정을 통해서 충분히 개선이 가능할 것임.
- 쪽(액상)은 색상이 Light blue한 경향을 나타낸 반면에 쪽(고상)은 Dark blue한 경향을 나타내었고, 쪽(고상)의 사용량이 증대하며 Blue-Black 한 특성을 가지며, 쪽(액상)은 Blue-yellow한 특성을 가짐.
- 가죽의 금속성 물질에 따른 특성은 크롬 처리된 가죽은 마찰견뢰도가 우수하였고, 비크롬(알루미늄)처리된 가죽은 일광견뢰도가 우수한 경향을 나타내어, 마찰견뢰도는 피혁의 도장으로 개선이 가능할 것이라 판단되나, 최종 가죽의 균염성을 고려할 시 비크롬 가죽보다는 크롬 탄닝된 가죽이 염색성이 우수한 결과를 나타내었음.



<쪽(액상) 함량별 염색된 Grain/Split leather>





<쪽(고상) 함량별 염색된 Grain/Split leather>

(3) 쪽(고상, 액상)의 함량별에 따른 매염제 종류별 염색 실험

비크롬 탄닝된 가죽(Grain, Split), 크롬 탄닝된 가죽(Grain, Split)의 쪽 염료 함량에 따른 매염제별 물성, 염색성과 색상의 균염성을 확인하기 위한 실험 진행.

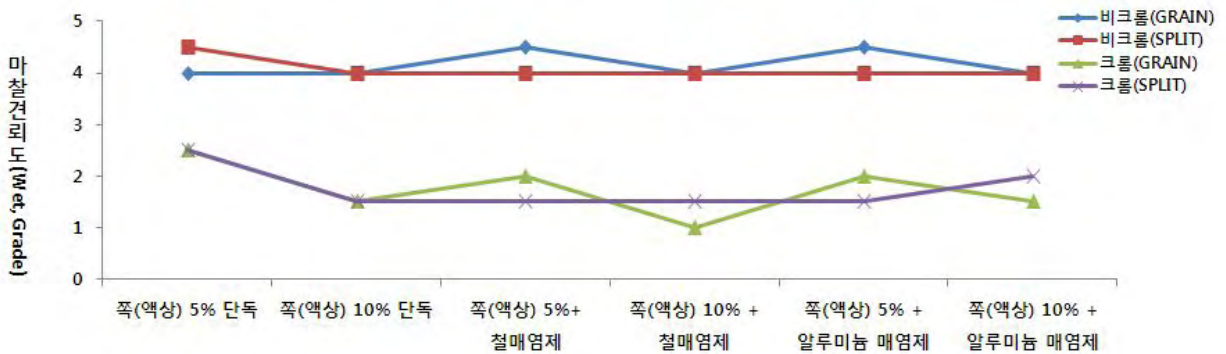
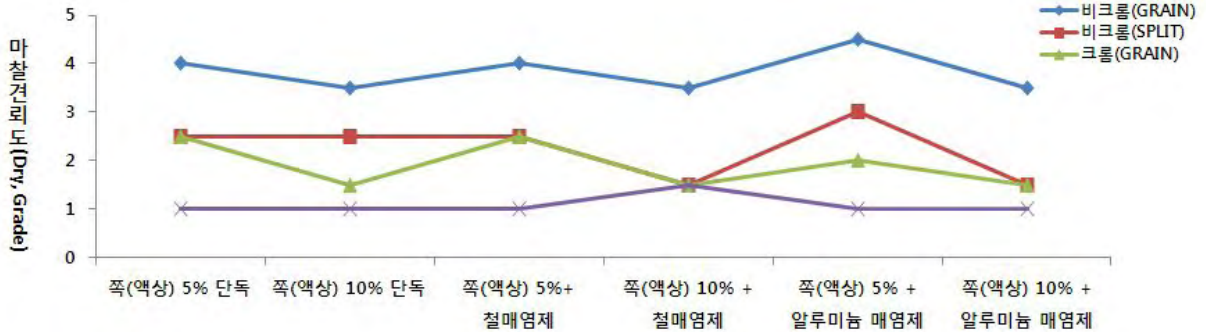
(가) 실험 방법

Process	합량(%)	Chemicals	min	pH	Remark	
Neutralizing	150	Water(40℃)				
	2.0	Tanigan PAK-N	30		중화 syntan	
	6.0	Basyntan N	100		Phenol계 syntan	
	1.0	NaHCO <sub>3</sub>	60	5.6~6.0		
	Drain & Rinse(Cold water)					
Dyeing / Fatliqouing	100	Water(45℃)				
	Factor	5 or 10	쪽	60		*크롬 or 비크롬  *쪽(액상) or 쪽(고상) 염료
		2	철매염제 (FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)			
		2	알루미늄매염제 (Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·18H <sub>2</sub> O)			
	4.0	SWK	60			
	4.0	A1				
	4.0	SLW				
	1.0	Formic acid(1:10)	15+15	3.6~3.8		
	Drain & Rinse(Cold water)					

(나) 실험 결과

① 쪽(액상) 함량에 따른 매염제 종류별 염색 실험

○ 마찰견뢰도

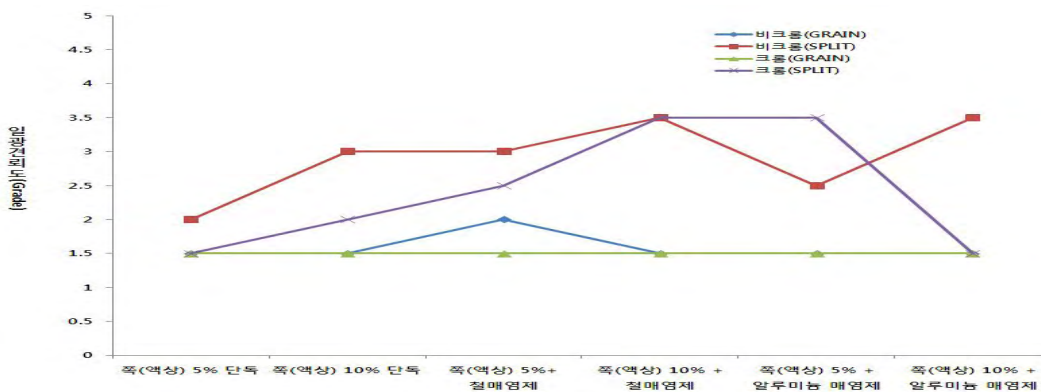


- 매염처리에 따른 마찰견뢰도(건식)의 향상은 확인되지 않고, 염료의 사용량이 5%에서 10%로 증가할수록 견뢰도는 다소 떨어지는 결과를 나타내었는데 이는 과포화염료가 표면에 묻어나온 것이라 판단됨.
- 쪽(액상)에 알루미늄과 철매염제를 처리하여 실험을 진행한 결과 철매염제에 대해서 색상의 변화가 관찰되는데, 매염제의 작용은 매염제에 함유되어 있는 금속이 섬유에 고착되고 이것이 다시 염제와 결합되어 염색이 되는 원리로 작용하게 됨.
- 철매염제의 전기음성도(Electronegativity)가 1.8이고, 알루미늄의 전기음성도 1.5로 철매염제와 염료와의 결합력이 우수하여 쪽(액상)의 특정 작용기와 결합하여 철매염제에 대한 다색성을 나타내는 것으로 보임.
- 쪽(액상)과 매염제는 일정한 함량이 첨가될 경우 마찰견뢰도(습식)의 상승효과가 나타나고 있으나, 철매염제 또는 알루미늄 매염제의 사용량이 2%로 고정된 상태에서 쪽(액상)의 사용량이 5%에서 10%로 증가될 경우 매염제와 결합하지 못한 염료가 가죽의 표면에 흡착되어 마찰견뢰도가 저하되는 원인으로 작용.
- 앞선 쪽(액상) 함량별 실험에서는 크롬 탄닌된 가죽이 마찰견뢰도가 전반적으로 향상되는 결과를 나타내었지만, 매염제 처리시에 적정함량(매염제 : 쪽(액상) = 2 : 5)을

유지할 경우 비크롭 처리된 가죽이 마찰견뢰도가 크롭 탄닝된 가죽에 비해서 향상됨을 확인할 수 있음.

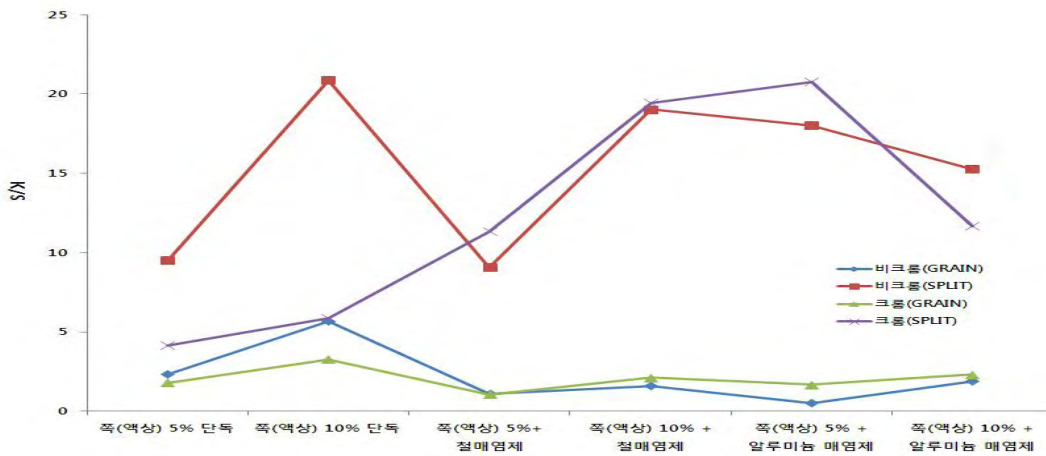
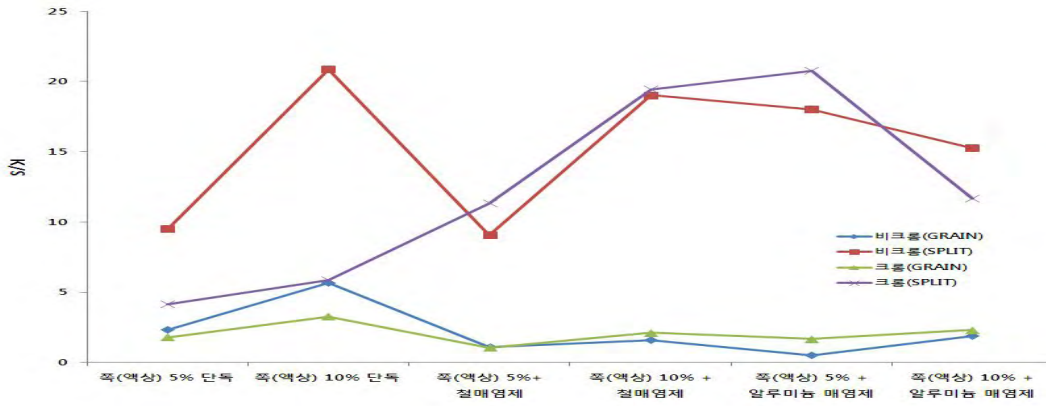
- 매염제가 첨가되지 않은 상태에서는 쪽과 크롭과의 결합력이 우수하여 마찰견뢰도가 우수한 경향성을 나타내었으나, 철매염제가 첨가된 경우 비크롭 가죽의 알루미늄과 철 성분의 복합적인 작용으로 인해서 마찰견뢰도의 향상 효과가 더욱 우수한 결과를 나타낸 것임.

### ○ 일광견뢰도



- 염료의 사용량이 증대하거나, 철매염제를 사용할 경우 일광견뢰도의 증가 효과가 발생하여, 종전의 쪽(액상) 단독에 비해서 월등히 개선되는 효과를 나타내었음.
- 알루미늄 매염제의 첨가에 따른 일광견뢰도의 상승효과가 거의 발생하지 않는 것은 앞서 설명했듯이 쪽(액상)과의 결합력이 철매염제가 우수하고, 알루미늄매염제가 낮은 결과로 설명되어짐.
- 이러한 결과로 확인할 수 있는 것은 쪽(액상)은 철매염제에 대한 반응성이 높은 다색성 염료로 판단할 수 있는 근거가 됨.
- 실제 본 연구에서는 쪽의 자체 색상을 살리는 피혁 염색공정의 확립이 목적이므로 다색성적인 특성의 부여가 가능한 철매염제의 사용은 참고자료로만 활용.

○ K/S Value

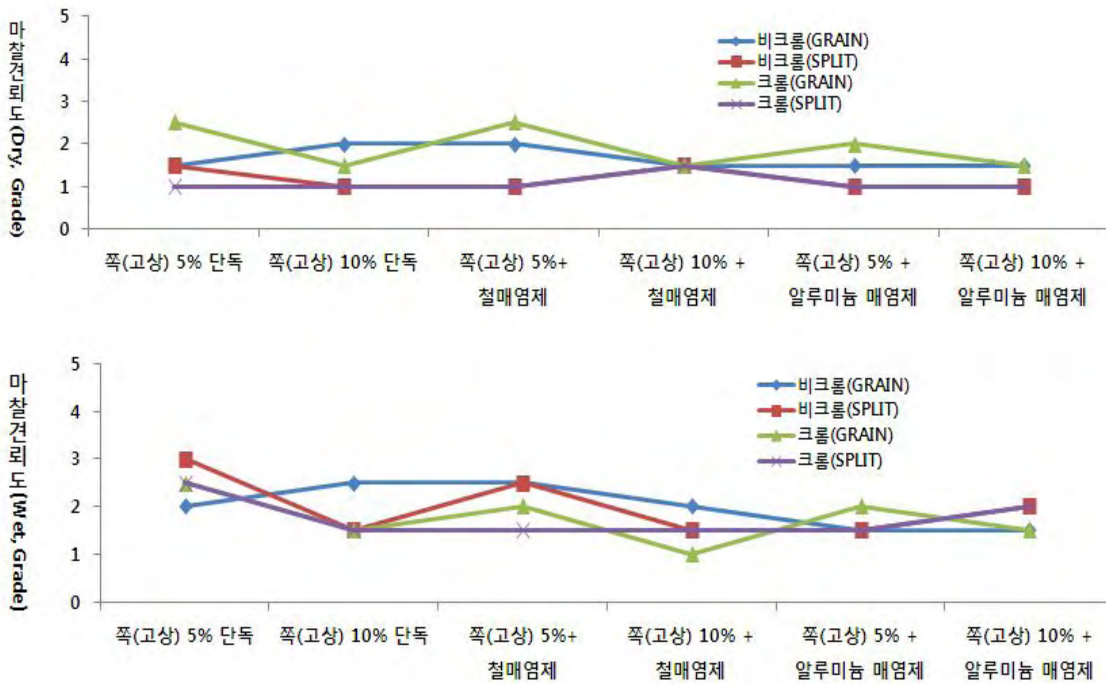


※ 측정파장 : 580~640nm

- 앞선 쪽(액상) 농도별 실험과 유사하게 조직이 느슨한 Split leather의 K/S value가 Grain leather에 비해서 월등히 높은 값을 나타내어, Split leather의 염료의 표면 흡착률이 높아 Grain leather에 비해서 균염성이 우수한 결과를 나타냄.
- 염료의 사용량이 5에서 10%로 증가할 시에 K/S 값이 증대하고, 매염제의 종류에 따른 변화가 거의 없으나, 크롬 처리된 Split leather가 다소 증대하는 경향성을 가짐.

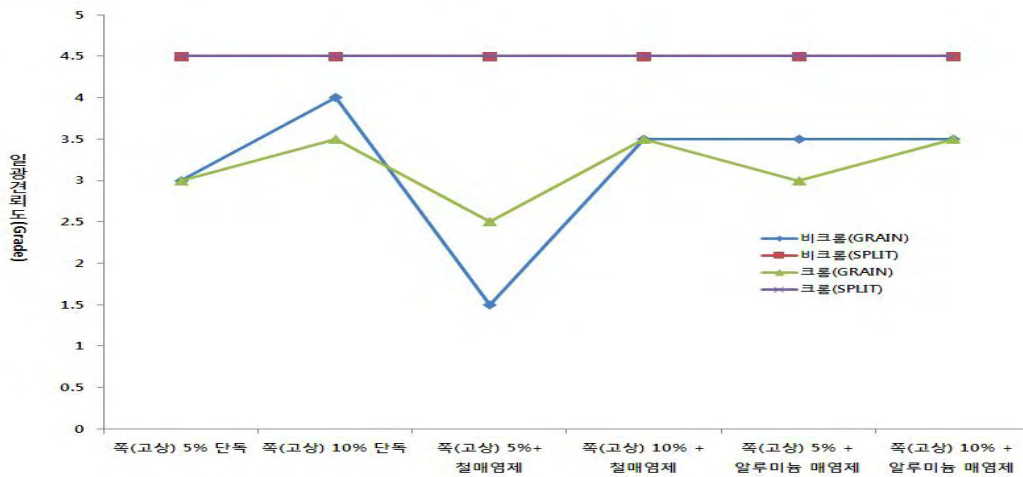
② 쪽(고상) 함량에 따른 매염제 종류별 염색 실험

○ 마찰견뢰도



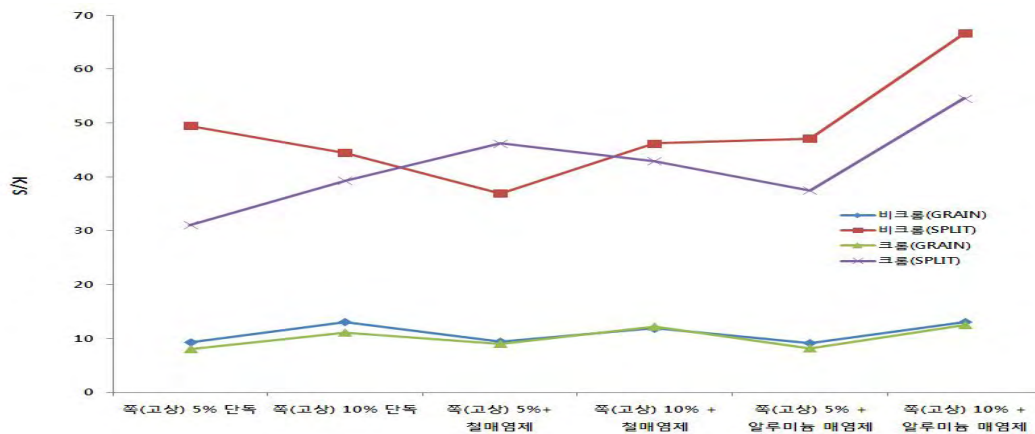
- 쪽(고상)의 경우 쪽(액상)에 비해서 마찰견뢰도가 다소 낮은 현상이 매염제를 사용할 경우에도 동일하게 관찰되었는데, 그 원인은 쪽(액상)에 비해서 쪽(고상)의 표면 흡착률이 높은 것에 원인이 있는 것으로 보임.
- 쪽(고상)은 표면 흡착률이 높아 마찰견뢰도는 다소 낮으나, 상대적으로 쪽(액상)에 비해서 일광견뢰도는 매우 우수한 경향성을 가짐.
- 쪽(고상)의 경우 철, 알루미늄 매염제에 대한 반응이 전혀 나타나지 않아, 쪽(액상)과는 다른 단색성 염료로 판단되어지고 이는 쪽(액상)과 쪽(고상)의 성분의 차이에 기인함.
- IR 분석 결과에서 보듯이 쪽(액상)은 다양한 Chemical이 포함된 반면에 쪽(고상)은 거의 순수한 Indigo로 구성되어 학계에 알려진 것과 같이 단색성 염료로의 특성을 가짐.
- 매염제의 사용에 따른 견뢰도의 상승이 없는 전형적인 단색성 염료로 판단되어지고, 쪽 염료의 함량이 증대할수록 Blue-Black 으로 변화가 관찰됨.

## ○ 일광견뢰도



- 쪽(고상)의 함량별 실험에서 쪽의 사용량이 증대할수록 일광견뢰도가 일정하게 증대하는 경향성을 나타내었으나, 쪽(고상)에 철 또는 알루미늄 매염제가 첨가된 경우 일광견뢰도가 급격하게 떨어지는 결과를 나타냄.
- 일반적인 천연염료에서는 매염제가 첨가될 경우 일광견뢰도가 다소 상승하는 효과가 발생하나 본 실험에서 사용된 쪽(고상)의 경우는 견뢰도가 오히려 감소하는 경향을 나타내었음.
- 또한 쪽(고상)은 매염제에 따른 색상변화가 없는 단색성 염료로 매염제와 쪽(고상)과의 결합이 형성되지 못하는 것은 물론이고 매염제가 쪽(고상)과 가죽과의 결합력을 저하시키는 작용을 하여 염색된 가죽의 색상도 다소 Light하고 일광견뢰도가 우수한 쪽(고상) 자체의 특성도 저감시키는 작용을 하는 것으로 보임.
- 쪽(고상)의 경우 매염제 처리시에 효과가 전혀 발생하지 않고, 물성의 저하가 발생되므로 단색성 염료인 쪽(고상)은 매염처리가 불필요하다는 결과를 얻음.

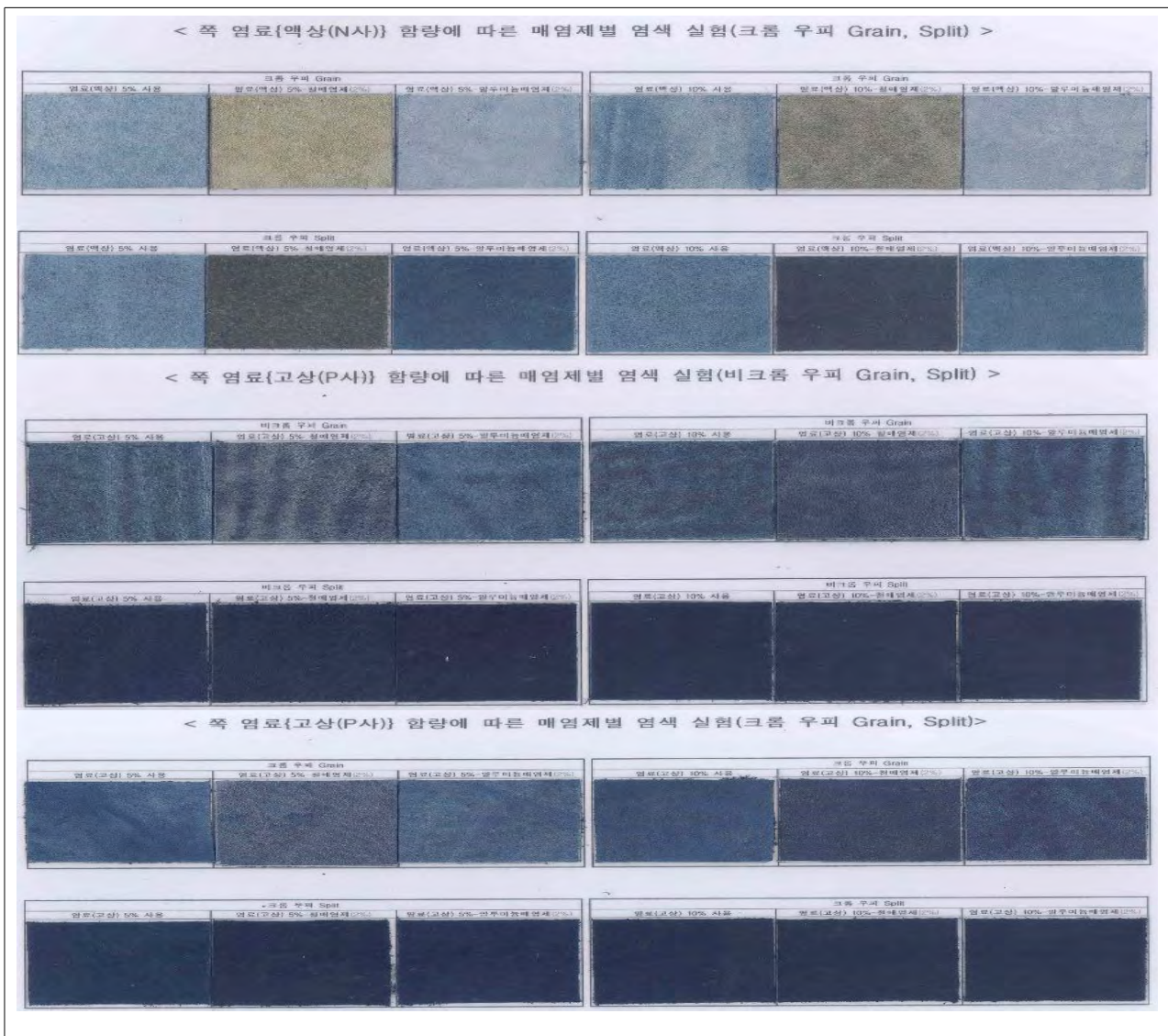
## ○ K/S Value



※ 측정파장 : 580~640nm

- 쪽(액상)과 유사하게 쪽(고상)에서도 Split leather에서 K/S value가 높게 나타나는 경향성을 보이고, Grain leather는 쪽(액상)에 비해서는 높지만 전반적으로 다소 낮은 표면흡착률을 나타내고 있음.
- 쪽(액상)에 비해서 쪽(고상)은 색상이 Blue-Black한 특성으로 K/S value가 매우 높은 특성을 나타내었고, 매염제에 대한 영향성은 거의 없고, 염료의 함량에 따른 변화만이 관찰됨.
- 이상의 실험에서 Split leather가 Grain leather에 비해서 K/S value가 높아 균염성이 우수한 결과를 쪽(액상, 고상)에서 나타냈고, 매염제는 표면 흡착률(K/S)에는 거의 영향이 없음을 확인하였다. 또한 쪽(액상)은 철매염제에 대한 다색성염료로 작용하고, 쪽(고상)은 매염제에 대한 반응성이 없는 단색성 염료로 작용함을 확인하였음.
- 이상의 실험결과 쪽(액상, 고상)의 사용량은 5%가 적정하다고 판단되어, 쪽의 용해성 및 재염을 적용한 실험을 진행하여 최종적인 균염성 및 물성변화를 확인하기 위한 실험을 진행.

<쪽(액상, 고상) 함량별/매염제 적용 Grain/Split leather>

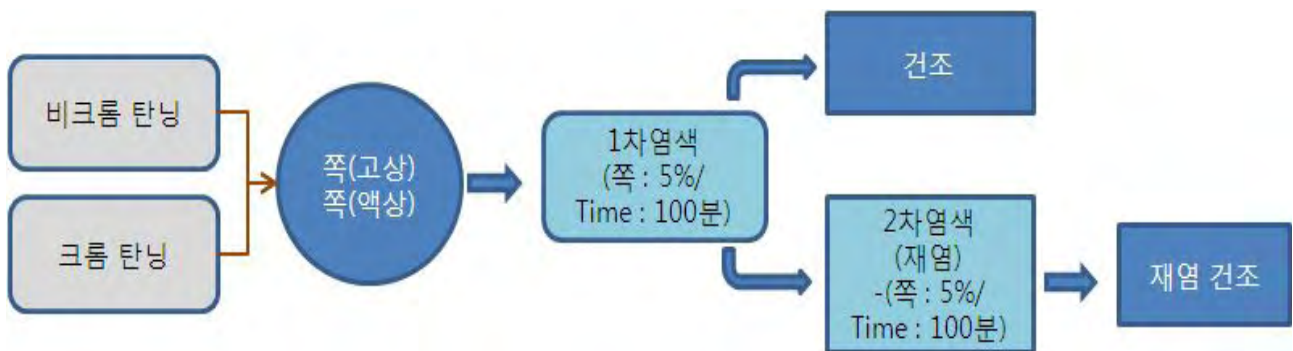




#### (4) 쪽(고상, 액상)의 재염에 따른 Scale up 염색 실험

쪽의 pH별 염색실험, 쪽 함량별 실험, 매염제 적용에 따른 실험을 근거로 쪽의 함량을 5%가 일광건뢰도, 마찰건뢰도, K/S value가 우수한 결과를 나타내어 이를 바탕으로 쪽의 1차염색과 재염색에 따른 균염성 확보를 위한 실험을 진행하였음.


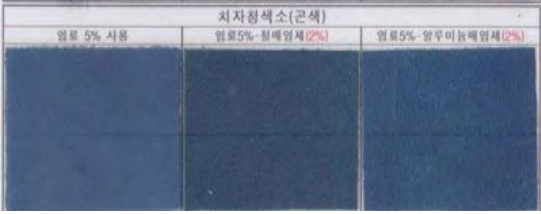
##### (가) 실험 방법











- 비크롬 탄닝/크롬 탄닝 가죽에 쪽(액상), 쪽(고상)을 각각 처리한 후에 1/2장은 건조, 1/2장은 재염을 진행하여 1차염색과 2차염색에 따른 색상변화 및 균염성 실험
- 염색시간은 종전 60min 진행하였으나, 쪽의 용해성이 불량하여 100min으로 증대하여 실험 진행.
- 크롬 탄닝된 가죽은 Blue 색상을 가지며, 비크롬 탄닝된 가죽은 Light yellow 색상을 가지는 상태에서 Blue 색상을 가지는 쪽을 이용하여 염색공정을 진행
- 재염은 1차염색후에 Horse up을 12시간한 후에 1차염색과 동일하게 반복하여 염색을 진행하였음.
- 쪽과 같이 Blue 색상을 가지는 천연염료는 치자에서 추출한 치자청색소(Iridoid배당체 + $\beta$ -glucosidase)가 존재하며, 치자청색소는 매염제에 따른 색상변화가 없는 단색성 염료임.

(나) 실험 결과

① 크롬 탄닝된 가죽의 Scale up 실험

종류	치자청색소 5%	매염처리
치자청색소 (마찰견뢰도 : 3등급 /일광견뢰도 2-3등급)		









<크롬 탄닝 가죽의 재염색에 의한 색상 변화>

종류	1차 염색	2차염색(재염)
쪽(액상) Grain		
쪽(액상) Split		
쪽(고상) Grain		
쪽(고상) Split		

합량	K/S value	Rubbing Test		UV Test
		DRY	WET	
크롭 Grain(액상)	4.8503	4	4	3.5
크롭 Split(액상)	8.8679	4	4-5	3.5
크롭 Grain(액상, 재염)	8.4427	3	4	4.5
크롭 Split(액상, 재염색)	12.907	3-4	4-5	4.5
크롭 Grain(고상)	15.302	3	3-4	4.5
크롭 Split(고상)	9.7300	3	3	4
크롭 Grain(고상, 재염)	14.789	2-3	3-4	4.5
크롭 Split(고상, 재염)	22.375	2	3-4	4.5

- 쪽(액상)과 쪽(고상)의 경우 크롭 탄닝된 가죽에 염색을 진행한 결과 매우 우수한 염색성을 나타내었는데, 이는 염색시간을 종전의 60분에서 100분으로 증대하여 용해성이 떨어지는 쪽이 가죽과의 결합 시간의 증대로 인한 반복 염색으로 염색성이 향상된 것으로 보임.
- 쪽(액상)의 경우 표면의 염색성은 매우 우수하였으나, 염료의 Through dyeing이 불량하였고, 쪽(고상)의 경우 염색성 및 Through dyeing 이 매우 우수한 결과를 나타내었음.
- 1차염색 후에 재염처리된 가죽의 경우 염료의 함량 증대로 인해 균염성은 더욱 우수하였으나, 색상이 다소 Dark blue로 변화가 발생되었는데, 쪽(액상)의 경우는 Dark blue한 특성이 적으나, 쪽(고상)의 경우는 Dark blue한 특성이 매우 높은 특성을 가짐.
- 앞선 쪽 농도별 실험에서 9%이상의 염료를 사용할 경우 다소 Black한 특성을 가졌는데, 재염 실험에서도 이와 유사한 결과를 나타내었다. 이러한 이유는 쪽과 같은 천연 염료는 가죽의 특정작용기와 결합을 형성하기보다는 물리적인 힘에 의해서 결합이 형성되어 염색된 가죽위에 지속적인 적층이 형성되어 색상 부여가 되어 일정 함량 이상의 염료시에 다소 Black한 특성을 나타냄.
- 쪽(액상)의 경우 치자청색소와 유사한 색상으로, Light blue한 특성을 가지고 치자청색소는 매염제에 대한 색상변화가 없는 단색성 염료이지만, 쪽(액상)의 경우는 앞선 실험에서 알 수 있듯이 철매염제에 대해 색상이 변화는 다색성염료의 차이가 있음.
- 재염색의 경우 마찰견뢰도가 다소 떨어지고, 반대로 K/S의 값은 비교적 높은 특성을 나타냄.
- 전반적으로 크롭탄닝되어 1차, 2차 염색을 쪽(액상)과 쪽(고상)에 관계없이 우수한 특성을 나타내어, 재현성이 확보되는 결과를 얻었음.

② 비크롬 탄닝된 가죽의 Scale up 실험

종류	1차 염색	2차염색(재염)
쪽(액상) Grain		
쪽(액상) Split		
쪽(고상) Grain		
쪽(고상) Split		

함량	K/S value	Rubbing Test		UV Test
		DRY	WET	
비크롬 Grain(액상)	4.3494	4	4	3-4
비크롬 Split(액상)	4.0550	3	4-5	3
비크롬 Grain(액상, 재염)	10.183	2-3	2-3	4
비크롬 Split(액상, 재염)	11.840	1-2	3-4	4
비크롬 Grain(고상)	14.168	2	3-4	4
비크롬 Split(고상)	24.651	2	4	4-5
비크롬 Grain(고상, 재염)	15.793	1-2	3-4	4-5
비크롬 Split(고상, 재염)	32.341	1-2	1-2	4-5

- 미크롬 처리된 가죽에 1차, 2차 염색을 진행한 결과 크롬 탄닝된 가죽에 비해서 균염성이 대체적으로 매우 불량한 특성을 나타내었음.
- 하지만 Split leather의 경우는 우수한 균염성을 나타내었고, Grain leather는 부분적으로 다소 불균일한 특성을 나타냄.
- 미크롬 처리된 가죽에 쪽(액상)과 쪽(고상)을 염색한 결과 크롬 탄닝에 비해서 균염성도 불량하고, 마찰견뢰도도 다소 떨어지는 결과를 나타냄.

## 다. 결론

- pH별, 농도별, 매염제별 실험을 진행한 결과를 바탕으로 Scale up 실험을 진행한 결과 쪽(액상, 고상)의 함량은 5%를 사용하는 것이 마찰견뢰도, 일광견뢰도, K/S value, 균염성 등에서 가장 이상적인 염색조건임을 확인.
- 염료의 함유량이 9%이상 사용할 경우 Blue 색상에서 Blue-Black 색상으로 색상의 패턴이 변경되므로 가급적 9%이상의 염료 사용은 적합하지 않음.
- 크롬 탄닝과 미크롬 탄닝에 따른 염색실험에서 크롬 탄닝된 가죽이 균염성에서 월등히 우수한 결과를 나타냄.
- 쪽(액상)의 경우 가죽의 염색시에 Through dyeing이 되지 못하므로, 쪽(고상)이 피혁의 염색조건에 적합함.
- 염료별 pH의 조건은 가죽의 제조 공정상에서 일정하게 변화가 있으므로 특정 pH 조건에서 쪽 염료를 용해시켜 염색공정의 진행이 불필요함.
- 쪽(액상)은 철매염제에 대한 다색성염료, 쪽(고상)은 매염제에 대한 반응이 없는 단색성 염료.
- 염색공정시에 종전의 60분 염색공정에서 쪽의 용해성 증대를 통한 가죽과의 결합력 향상을 위해 100분의 염색시간 부여시 균염성이 향상됨.
- 쪽의 재염은 염색된 가죽에 염료가 계속적으로 흡착이 되어 마찰견뢰도의 저하 원인이 되므로 1차염색을 통한 제품 제조가 적합함.
- 최종적으로 크롬탄닝 가죽, 쪽 사용량 5%, 염색시간 100분, 무매염처리가 쪽염색된 가죽 제조에 가장 적합한 제조 공정이라 판단됨.
- 향후 도장 공정 시험을 통한 최종 시제품 제조를 진행할 예정임.

<최종 확립된 쪽 염색 공정 Recipe>

Process	합량(%)	Chemicals	min	pH	Remark
Neutralizing	150	Water(40℃)			
	2.0	Tanigan PAK-N	30		중화 syntan
	6.0	Basyntan N	100		Phenol계 syntan
	1.0	NaHCO <sub>3</sub>	60	5.6~6.0	
	Drain & Rinse(Cold water)				
Dyeing / Fatliouing	100	Water(45℃)			
	5	쪽(고상)	100		크롬 탄닝 가속
	4.0	SWK	100		
	4.0	A1			
	4.0	SLW			
	1.0	Formic acid(1:10)	15+15	3.6~3.8	
	Drain & Rinse(Cold water)				

## 제6절 인디고염색 최적화 및 염색공정 장치 개발

### 1. 생산 기반 확대와 기술개발

#### 가. 발효 쪽염료 자동 제조설비 개발

##### (1) 건조 쪽 기술개발

현재, 우리나라에서는 사라져 가던 쪽 재배가 부활하고 있다. 쪽의 재배에서 염료 만들기와 염색까지를 직접 경험해보고자 하는 사람들의 증가와 더불어 친환경 전통산업으로서 쪽이 재 발견되고 있기 때문이다. 쪽 재배 인구가 증가함에 따라 쪽 재배에 대한 관심이 높아지고, 재 배기술에 대한 수요가 증가하고 있으나 이 분야에 대한 논문이나 관련 자료는 국내외를 막론 하고 거의 없는 실정이다. 일본의 쪽염료 만드는 방법은 생잎과 줄기를 베어내어 즉시 추 출하는 우리나라의 방법과는 달리 건조시킨 쪽풀을 사용한다. 쪽염색 염료를 「すく も」(스쿠모)라고 불려지고 있으며 여뀌과식물의 「蓼藍」(다데아이:쪽풀)에서 쪽 염료를 생산하고 있다. 스쿠모 만들기는 쪽풀 7-8월에 수확하여 건조시킨 다음, 건조시 킨 쪽잎을 9월하순경부터 물을 뿌려서 발효시켜 섬유질을 분해하고 쪽풀의 성분인 인디고를 응축시킨다. 응축된 흙과 같은 부엽토가 만들어진 것을 스쿠모라고 한다.

일본의 건조방식은 우리나라 침전법 추출방식보다도 인디고 함량이 매우 높아 염색성도 매우 우수한 결과를 내고 있다. 그러나 일본의 건조 방식은 전통을 고집하는 장인정신으로 아직까지 재래식 건조 방식으로 생산 효율이 크게 떨어진 실정이다.

그런데 기존의 수작업이나 선풍기를 개량하여 건조하는 방식은 소량만이 인디고생산이 가능 할 뿐이어서, 대량생산이 어렵고 가격 경쟁력이 낮을 수밖에 없다는 문제점이 있었다. 또한 품 질이 고루지 못하여 염료나 도료로 사용 시에 색상의 안정성 및 표준화를 이룰 수가 없었다.

##### (2) 기술개발 개요 및 현재 기술 현황

쪽풀로부터 자동으로 다량의 건조 쪽풀을 만들어 인디고발효액을 생산제조하기 위한 설비 및 그 방법에 관한 것은 특히 수작업으로 할 수밖에 없었던 인디고건조 및 인디고 발효액 생 산 작업을 건조, 숙성, 발효장치 등이 조합된 자동화 설비에 의해 가능하도록 하는 자동 생산 설비 및 그 방법이 필요하다. 현재 한국의 쪽풀 침전식 추출방법은 쪽풀을 베어 낸 다음 즉시 늦어도 12시간 내에 추출이 이루어 지지 않으면 쪽풀이 부패하여 필요 없게 되는 경우가 많고 부패된 쪽풀로 추출을 하면 인디고의 최초 성분인 인디칸이 거의 생성되지 않고 녹색의 인디 고 추출물을 얻을 수 없다.

한국의 인디고 천연염료를 만드는 침전식 추출방법의 단점은 12-24시간 내에 추출해야 하기

때문에 대량추출시설이 필요하다. 이점을 해결하기 위해 특허등록 10-0643686호 “천연염료 자동추출설비 및 방법“이 이용되고 있으나, 이 방법 또한 7-8월에만 수확되는 쪽풀의 특성상 여름철에 집중적으로 추출작업이 이루어져야 하는 단점이 있다. 일본의 건조식 인디고 추출방법은 徳島현(도쿠시마) 인디고 천연염료는 7-8월에 수확된 쪽풀을 건조 시킨 다음, 건조시킨 쪽잎을 9월하순경부터 2월까지 물을 뿌려서 삼으로 뒤집어가면서 발효시켜 섬유질을 분해하고 쪽풀의 성분인 인디고를 응축시키는 방법이다. 이 방법 또한 건조과정에서 재래식방법으로 많은 쪽풀을 건조시키지 못하고, 건조된 쪽잎을 발효시키는데 3-4개월이 걸리는 단점이 있고, 완성된 건조 발효쪽잎을 가지고 10-30일 동안 소식회와 잿물을 이용하여 복잡한 발효와 산화과정을 거치면서 인디고 염료를 만들어야 하므로 노동력과 많은 시간이 소요되는 단점이 있다. “건조 쪽으로부터 인디고의 추출방법”이 있으나 질소기류하에 하이드로셀파이트와 수산화나트륨의 환원액에 건조쪽을 넣어 건조쪽을 로이코인디고로 환원시켜 추출하는 방법이 있지만 차이가 많다. 현재 건조 시키는 방법으로는 손작업하는 경우에는 7월이 되면 60-70cm 정도 자란 쪽풀을 낮으로 줄기 밑부분을 잘라 낸 다음 손으로 쥐어 질 정도로 적당히 묶어 놓는다. 그 다음, 건조는 끈으로 매달아 놓거나, 마당에 넓게 펼쳐서 건조 시킨다. 어느 정도 건조되었다면 줄기에서 쪽잎이 떨어지도록 두드리거나 적당한 도구로 쪽잎이 떨어지도록 한다. 떨어진 쪽잎을 다시 한번 건조시켜 건조쪽잎을 만든다. 또 다른 방법으로는 베어낸 쪽다발을 절단기계로 절단한 다음, 대형 선풍기로 줄기와 쪽잎을 분리시킨 다음, 모아진 쪽잎을 건조 시키는 두 가지 방법을 사용하고 있다. 그러나 두 가지 방법 또한 많은 노동력과 시간이 많이 소요되고 경제적으로 대량생산을 할 수가 없다. 그런데 기존의 수작업이나 선풍기를 개량하여 건조하는 방식은 소량만이 인디고생산이 가능할 뿐이어서, 대량생산이 어렵고 가격 경쟁력이 낮을 수밖에 없다는 문제점이 있었다. 또한 품질이 고루지 못하여 염료나 도료로 사용 시에 색상의 안정성 및 표준화를 이룰 수가 없었다.

### (3) 주요 인디고 생산작물

쪽(Indigo) 염료 식물은 쪽 색소가 포함되어 있는 식물로 우리나라의 경우 마디풀(여귀)과의 1년생 풀인 쪽(*Polygonum tinctorium* Lour.)을 주로 가리키지만 세계 각지에 23과 100종류 이상이 확인되고 있다. 쪽 염료를 가진 식물들은 초본류와 목본류를 비롯해 모양이나 자생지 및 형태도 다양한 종류가 있지만 염료로 이용하기 위해서는 식물에 함유하고 있는 인디고 성분의 양이 많아야 되기 때문에 실제로 세계 각지에서 이용되고 있는 식물은 7종류와 그 아종(亞種) 들이다.



표 3-61. 주요 인디고 생산식물의 종류

생산작물	분류	명명	원산지
<i>Indigofera guatemalensis</i>	콩과	엘살바도르쪽	중남미
<i>Indigofera suffruticosa</i>	콩과	스페인쪽	스페인, 남미
<i>Indigofera tinctorium</i>	콩과	인도쪽	인도
<i>Isatis tinctoria</i>	십자화과	대청	한국, 중국, 유럽, 이집트 등 광범위
<i>Jacobinia tinctoria</i>	쥐꼬리망초과	멕시코쪽	인도, 멕시코
<i>Lonchocarpus cyanescens</i>	콩과	요루바쪽	서아프리카
<i>Nerium tinctorium</i>	협죽도과	협죽도속의쪽	인도, 극동지역
<i>Polygonum tinctorium</i>	마디풀과	쪽	중앙아시아, 중국
<i>Strobilanthes flaccidifolius</i>	쥐꼬리망초과	류큐쪽	인도, 일본 오키나와

(4) 기술개발 특징

이와 같은 문제점을 해결하기 위해 기술개발된 것으로서, 쪽풀을 자동으로 연속 가공하여, 건조할 수 있는 각종장치를 조합하고 안정성있는 품질을 확보하기 위한 발효, 숙성장치를 조합한 인디고 발효액 자동 제조 생산설비를 기술 개발하였다.

또한 인디고 발효액 자동 제조 생산설비에서 수행되는 대량의 건조 인디고 발효액의 제조 생산공정에 대한 방법을 개발하였다.

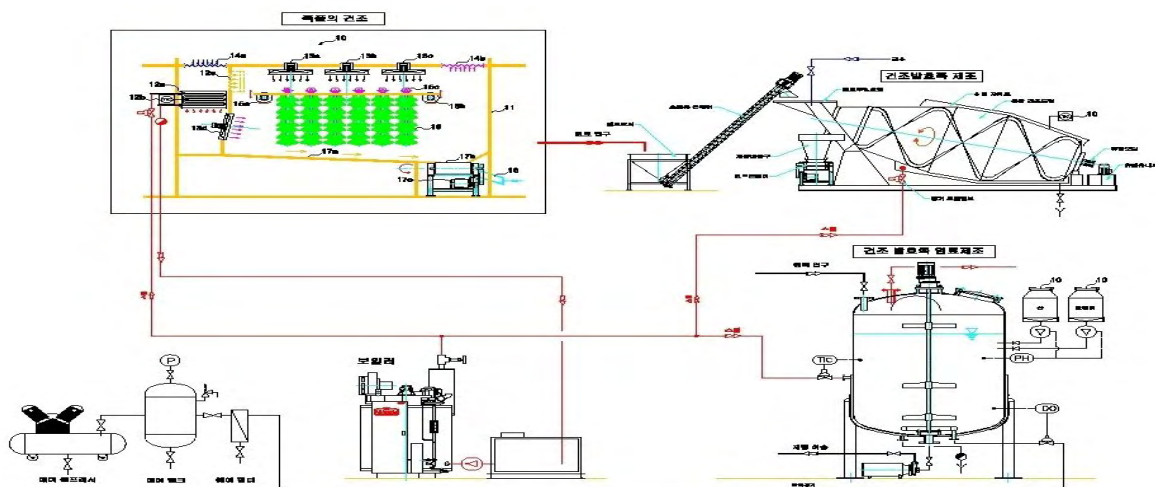
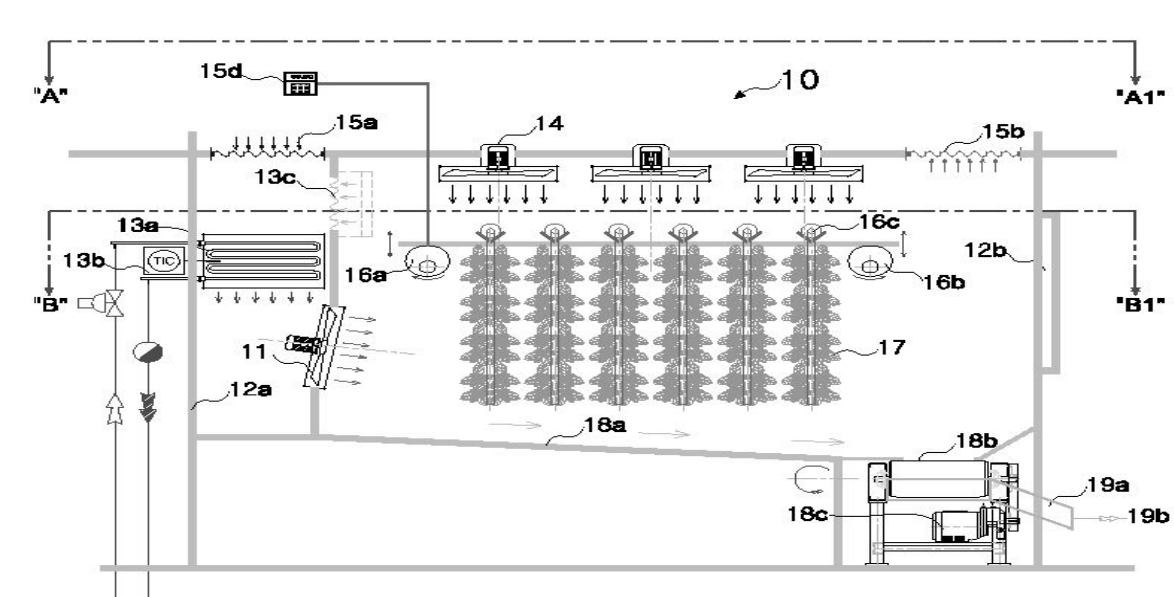


그림 3-46. 건조인디고 발효 설비

## (5) 기술 개발 결과

### (가) 건조장치

대량의 건조 쪽잎을 만들어 내기 위한 장치 구성으로 건조실(12a) 구축하고 쪽잎 건조시키기 위해 출입할 수 있는 출입문(12b) 구성하였다. 쪽잎을 건조시키기 위해 건조실내을 60-100℃로 가열할 수 있는 전기히터(13a) 설치하고 온도지시 조절계(13b)를 이용하여 쪽잎의 건조 적정 온도인 60-70℃을 설정하여 쪽잎을 건조하였다. 온도 유지를 위하여 재순환그릴(13c)을 설치하였다. 전기히터(13a)에서 발생한 열을 골고루 건조실내에 전달되도록 열풍용송풍기(11)설치하여 건조실 내의 온도를 60-70℃로 설정하여 쪽잎의 완전건조가 되도록 하였다. 또한 건조실내의 공조와 건조된 쪽잎의 하강을 위하여 송풍기(14)를 6대 설치하였다. 외기흡입창(15a)와 습공기 배출구(15b)를 설치하여 건조되는 과정 중 발생하는 습기를 배출되도록 하였다.

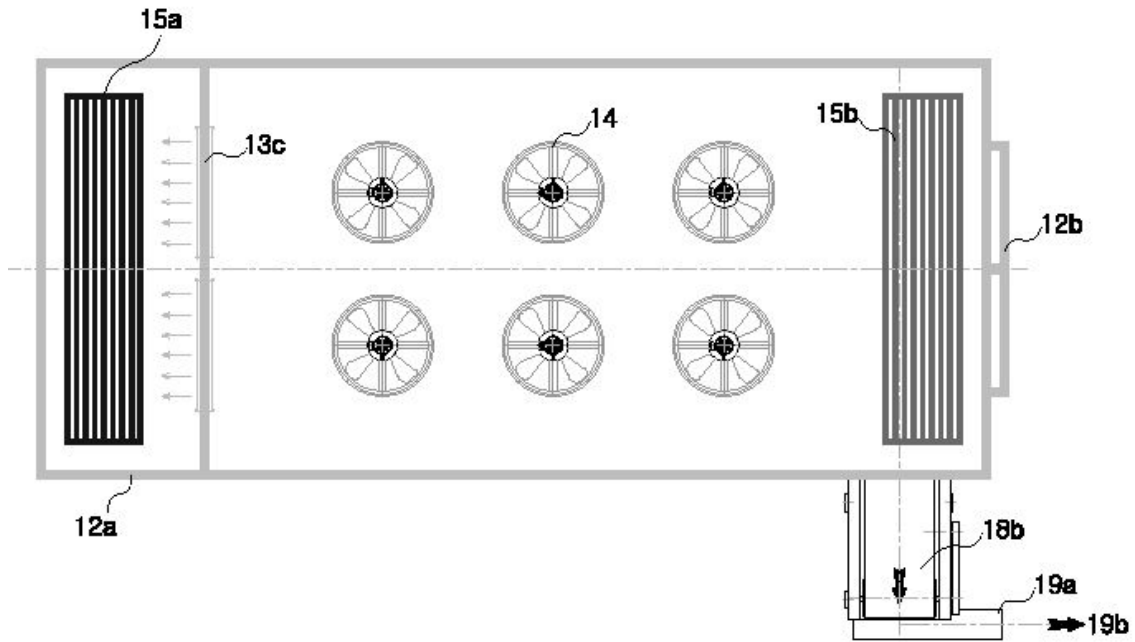


※ 11.열풍용송풍기, 12a건조실, 12b쪽잎출입구, 13a전기히터, 13b 온도지시조절계, 13c 재순환그릴, 14 송풍기, 15a 외기흡입창, 15b 습기배출구, 15c진동조절기,16a 편심바퀴a, 16b 편심바퀴b, 16c 쪽잎홀더, 17쪽다발, 18a 경사바닥면, 18b콘베어벨트 18c구동모터 19a제품배출슈트 19b건조쪽제품

그림 3-47. 자동화 건조실

건조실내의 쪽잎은 수확 시 다발로 묶어서 쪽(17)을 매달아서 한줄에 1톤의 생쪽이 건딜 수 있도록하였다. 수확된 생쪽은 편심바퀴(16a,16b)와 쪽잎 홀더(16c)는 진동조절기(15d)에서 구동되어 진동과 편심바퀴(16a,16b)에 의해 건조된 쪽잎은 떨어지도록 하였다. 건조실 열풍송풍기(11,14)와 편심바퀴(16a,16b)에 의해 완전 건조된 쪽잎은 건조실바닥 경사면(18a)를 따라서 콘베어 구동모터(18c)를 이용하여 콘베어벨트(18b)를 타고 건조쪽 배출슈트(19a)에서 완전 건조된 쪽잎제품(19b)을 대량생산할 수 있었다. 건조시간은 12시간 정도 소요되었으며 건조온도는 65℃을 유지하도록 설정하였다.

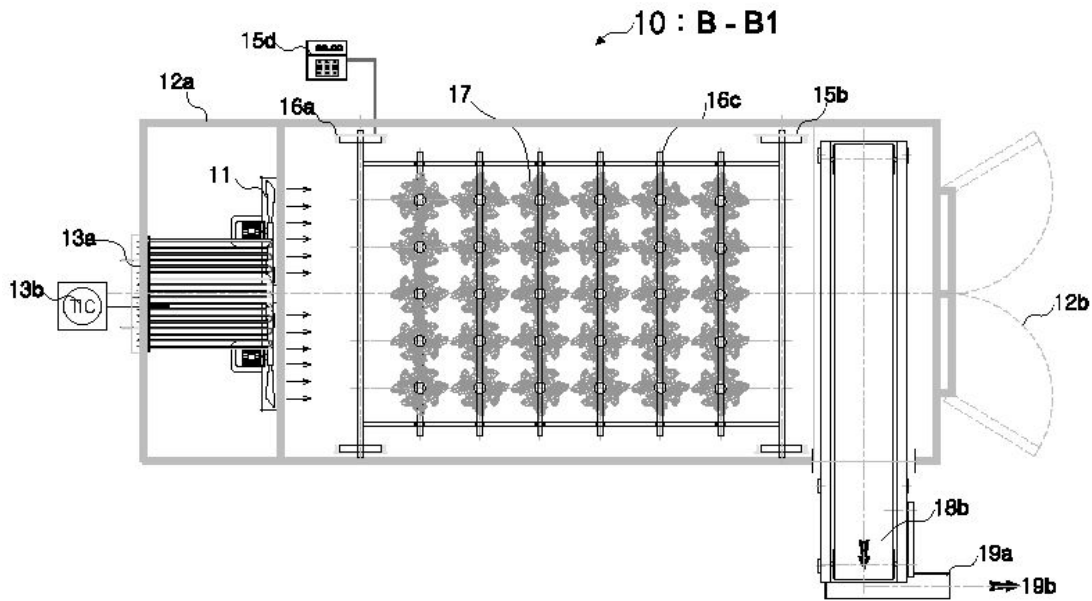
10 : A - A1



※ 11.열풍용송풍기, 12a건조실, 12b쪽풀출입구, 13a전기히터, 13b 온도지시조절계, 13c 재순환그릴, 14 송풍기, 15a 외기흡입창, 15b 습기배출구, 15c진동조절기,16a 편심바퀴a, 16b 편심바퀴b, 16c 쪽잎홀더, 17쪽다발, 18a 경사바닥면, 18b콘베어벨트 18c구동모터 19a제품배출슈트 19b건조쪽제품

그림 3-48. 건조실 상부 도면

현재 건조 시키는 방법으로는 손작업하는 경우에는 7월이 되면 60-70cm정도 자란 쪽풀을 낮으로 줄기 밑부분을 잘라 낸 다음 손으로 쥐어 질 정도로 적당히 묶어 놓는다. 그다음, 건조는 끈으로 매달아 놓거나, 마당에 넓게 펼쳐서 건조 시킨다. 어느 정도 건조되었다면 줄기에서 쪽잎이 떨어지도록 두드리거나 적당한 도구로 쪽잎이 떨어지도록 한다. 떨어진 쪽잎을 다시 한번 건조시켜 건조쪽잎을 만든다.



※ 11.열풍용송풍기, 12a건조실, 12b쪽풀출입구, 13a전기히터, 13b 온도지시조절계, 13c 재순환그릴, 14 송풍기, 15a 외기흡입창, 15b 습기배출구, 15c진동조절기,16a 편심바퀴a, 16b 편심바퀴b, 16c 쪽잎홀더, 17쪽다발, 18a 경사바닥면, 18b콘베어벨트 18c구동모터 19a제품배출슈트 19b건조쪽제품

그림 3-49. 건조실 상부 모식도

또 다른 방법으로는 베어낸 쪽다발을 절단기계로 절단한 다음, 대형 선풍기로 줄기와 쪽잎을 분리시킨 다음, 모아진 쪽잎을 건조 시키는 두가지 방법을 사용하고 있다. 그러나 두 가지 방법 또한 많은 노동력과 시간이 많이 소요되고 경제적으로 대량 생산을 할 수가 없다는 단점을 크게 보완하여 건조쪽잎을 대량으로 확보할 수 있었다. 건조 발효쪽잎의 장점은 수확된 쪽풀을 건조시키기 때문에 썩이지 않고 전량을 사용할 수 있고, 건조발효쪽잎을 전량 사용할 수 있기 때문에 한국식의 물 추출방식보다도 많은 양의 인디고 염료를 얻을 수 있다.

또한, 7-8월에 수확하여 건조시킨 발효쪽잎을 이용하면 쪽잎이 수확되지 않는 가을 겨울철에도 인디고 염료를 만들 수 있다. 7-8월에 수확되는 건조발효쪽잎을 대량으로 만들어 보관이 용이한 상태로 보존하면서 필요할 때 건조발효쪽잎을 인디고 염료의 원료로 사용되기 때문에 계절에 관계없이 인디고 천연염료를 만들어 낼 수 있다.

표 3-62. 자연건조 및 건조장치 쪽염료의 면 염색에 따른 색차계값

(대조구 : L 97.46 a -0.05 b +2.44)

건조방법	뒤집기 횟수	원료명 (종류)	색차계값			
			L	a	b	ΔE
건조장치	1회	잎	93.14	-7.18	+16.33	16.27
		잎+줄기	94.33	-4.08	+8.14	7.64
	4회	잎	84.19	-6.15	-3.59	15.79
		잎+줄기	89.48	-5.3	+3.43	9.61
	8회	잎	78.73	-8.09	-4.21	21.44
		잎+줄기	82.95	-8.15	-0.74	16.9
	12회	잎	80.36	-7.05	-9.34	21.93
		잎+줄기	80.69	-8.14	-6.33	20.66
자연건조	12회	잎	80.71	-6.6	-8.76	21.19
		잎+줄기	81.77	-6.6	-10.14	21.15

표 3-63. 자연건조 및 건조장치 쪽염료의 실크 염색에 따른 색차계값

(대조구 : L 96.97 a -0.03 b +2.16)

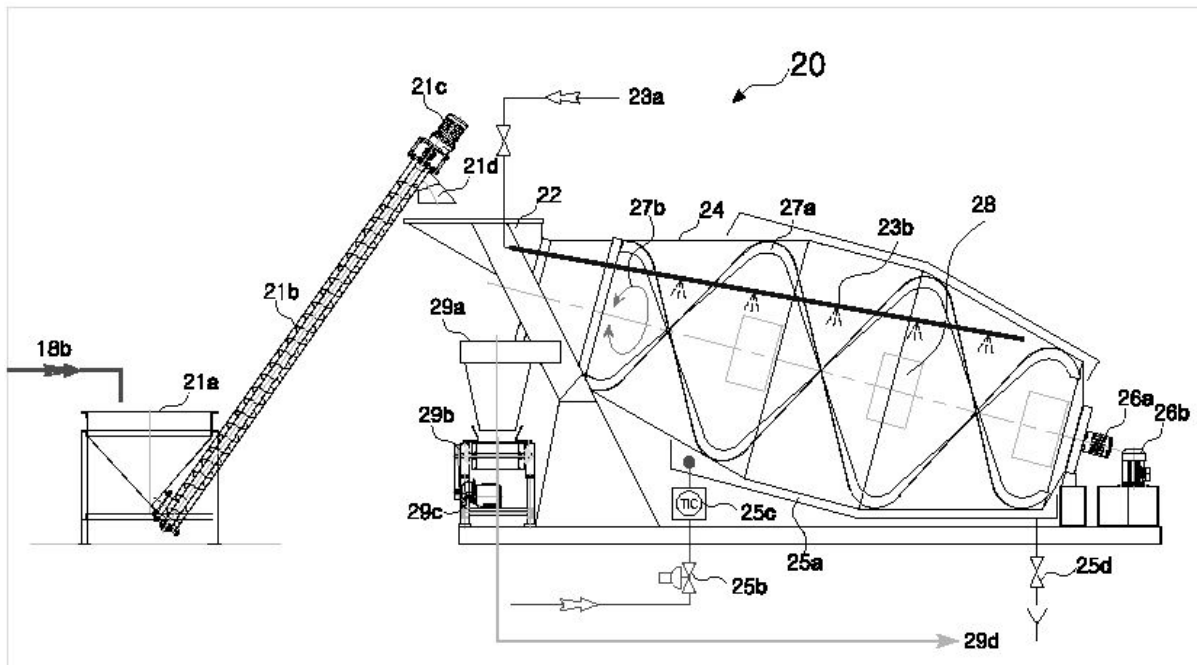
건조방법	뒤집기 횟수	원료명 (종류)	색차계값			
			L	a	b	ΔE
건조장치	1회	잎	92.07	-10.07	+23.21	23.82
		잎+줄기	93.58	-5.27	+8.11	8.7
	4회	잎	78.76	-11.79	-10.51	25.02
		잎+줄기	85.73	-10.75	+0.29	15.68
	8회	잎	75.76	-11.28	-11.91	27.81
		잎+줄기	77.58	-13.52	-7.9	25.68
	12회	잎	73.08	-10.1	-19.74	33.72
		잎+줄기	75.02	-10.3	-16.58	30.41
자연건조	12회	잎	75.42	-9.25	-22.32	32.17
		잎+줄기	75.46	-9.71	-19.07	31.51

건조장치를 이용하여 건조한 쪽잎으로 면을 염색한 경우가 자연건조한 쪽잎으로 염색한 것보다 b값이 약간 낮게 측정되었으나 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 잎줄기를 혼합하여 건조한 경우는 자연건조하여 염색한 경우가 b값이 낮게 측정되었다. ΔE값(염색전 원단과의 색차값)은 큰 차이를 보이지 않았다.

자연건조한 쪽으로 실크를 염색한 경우가 모두 b값이 낮게 측정되었으나  $\Delta E$ 값(염색전원단과의 색차값)은 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서, 재래식방식의 자연건조방식과 본 발명의 건조장치방식은 염색시에 염착에 따른 큰 차이가 없고 건조장치방식은 대량화 및 표준화가 가능한 결과를 얻을 수 있었다.

(나) 회전식 숙성장치

완전 건조된 쪽잎은 원료호퍼(21a)에 수집되어 콘베어 전동기(21c)에 의해 구동되어 스크류콘베어(21b)에 의해 배출슈트(21d)를 통하여 원료 투입호퍼(22) 회전식 건조숙성드럼(24)에 유입된다. 회전식드럼내에 급수(23a)는 급수분사노즐(23b)를 통하여 물을 뿌려 인디고성분을 응축시킨다. 이때 사용되는 물은 오염되지 않은 식용수가 바람직하며 수돗물을 화학성분이 들어 있는 경우가 있어서 사용하지 않는 것이 좋다. 물의 양은 쪽잎을 손으로 쥐어서 손에 습기가 남을 정도로 강하게 쥐면 물이 나올 정도로 물이 뿌려지도록 설정하였다.



※ 21a원료호퍼, 21b 스크류콘베어, 21c 콘베어전동기, 21d배출슈트, 22원료투입호퍼, 23a 급수, 23b급수노즐, 24 숙성드럼, 25a 가열자켓, 25b 증기조절弁, 25c 온도지시조절계, 25d 응축수배출밸브, 26a 유압모터, 26b 유압유닛, 27a 혼합 및 배출용리본, 27b 정역회전, 28유리점검구, 29a 제품배출호퍼, 29b 벨트콘베어, 29c 콘베어모터, 29d 숙성제품

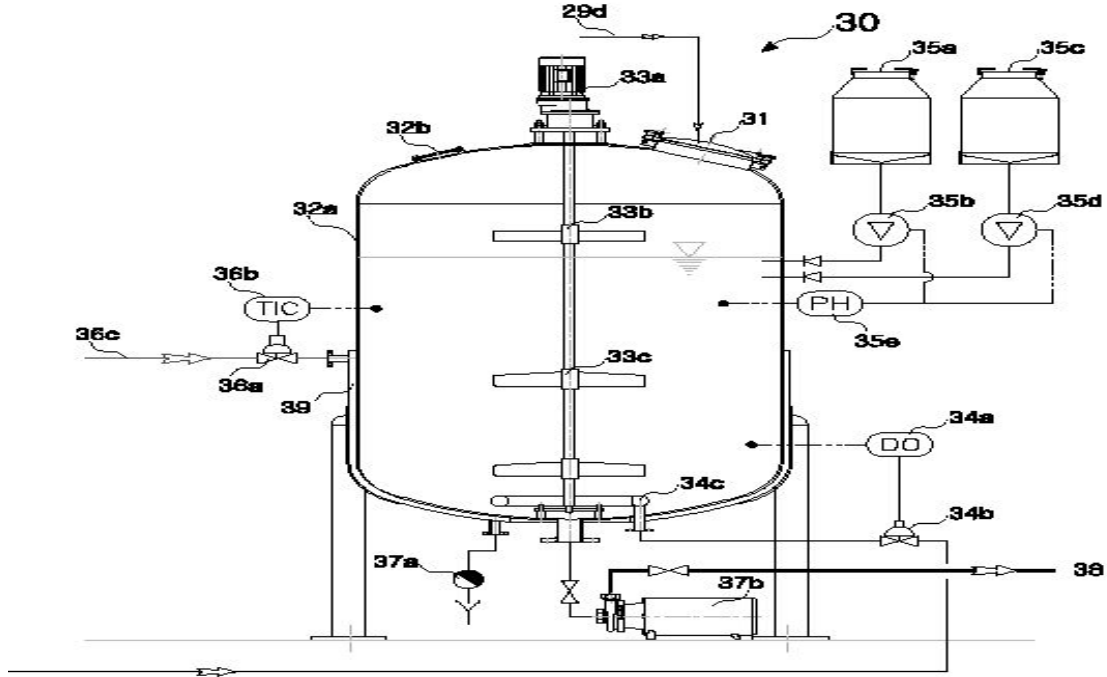
그림 3-50. 회전식 숙성장치

회전식숙성드럼(24)는 가열자켓(25a)에 의해 70℃의 온도가 유지되도록 증기조절변(25b)와 응축수배출밸브(25d)가 작동하면서 온도지시조절계(25c)를 이용하였다. 회전식드럼(24)은 유압모터(26a)와 유압유닛(26b)를 이용하여 설정된 온도(70℃)와 숙성시간을 고려하여 2시간에 10분정도 좌우 회전하도록 설정하였다.

건조된 쪽잎에 물을 뿌려 퇴비를 만드는 것 같이 숙성시켜서 인디고 성분을 응축시킨다. 숙성을 촉진시키기 위해 물과 온도관리가 중요하다. 온도는 약 70℃가 유지되도록 해야 한다. 유리점검구(28)를 3개 만들어 숙성과정을 확인 할 수 있도록 하였다. 회전식 드럼내에는 혼합-배출용리본(27a)을 이용하여 혼합과 배출이 용이 하도록 하였고 정역회전(27b) 시스템을 구축하였다. 완성된 숙성쪽잎은 온도 저하와 수분증발이 적게 되고, 수분공급을 하지 않아도 습기가 있는 상태가 된다. 회전식드럼을 이용하여 뒤집기하면서 공기를 넣어도 숙성온도가 올라가지 않는 상태가 된다. 최초의 쪽잎의 1/5정도 줄어들고 흠처럼 되었다면 「건조숙성 쪽」이 완성된다. 숙성이 완성된 쪽잎은 제품배출호퍼(29a)을 통해 배출되도록 하였으며 콘베어모터(29c)와 벨트콘베어(29b)를 이용하였다. 재래식 방법은 건조시킨 쪽잎에 물을 뿌려서 숙성을 시키는 방법이다. 일주일에 한번 뒤집어서 물을 뿌려가면서 숙성시킨다. 약 3개월 정도면 「건조숙성 쪽」이 완성된다. 「건조숙성 쪽」은 실내에서 이루어지는데 건조된 쪽잎에 물을 뿌려 퇴비를 만드는 것 같이 숙성시켜서 인디고 성분을 응축시킨다. 숙성을 촉진시키기 위해 물과 온도과 온도관리가 중요하다. 온도는 약 70℃가 유지되도록 해야 한다. 이와 같은 숙성은 흠바닥에서 이루어 지는데 침상(寢床)이라고 한다. 쪽숙성이 이루어지는 실내 전체를 침상이라고 한다. 침상의 구조는 표면(흠바닥)에서 점토층 30cm정도, 그 밑에 왕겨 20cm, 그 밑에 모래 5cm 정도 그 밑에 잔자갈 등을 깔아서 수분의 상승을 억제하여 숙성온도가 지하로 빼앗기지 않도록 한다. 쪽 숙성을 위하여 1주일에 1회 삽 등으로 뒤집기를 하고 끝나면 다시 산더미 처럼 쌓아 보온덮개 등으로 덮어서 보온한다. 이와 같은 방법을 반복해서 공기와 수분의 조화로 숙성시키는 작업을 12회에서 15회를 반복하게 되면 「건조발효 쪽」이 완성된다. 재래식방법은 12주에서 15주의 시간이 소비되었으나 본 기술개발은 모든 작업은 4주에 걸쳐 숙성이 완성된 쪽잎을 얻을 수 있었다.

(다) 발효 장치

이송관(29d)을 따라 이송된 완성숙성염료는 교반조(32a)에서 교반되며, 살균, 발효 과정을 거치게 된다.



※ 31맨홀, 32a 발효조, 32b 투시창, 33a 교반모터, 33b 거품소거익, 33c 교반익, 34a산소량조절기, 34b 공기량조절변, 35a산탱크, 35b산펌프, 35c알칼리탱크, 35d 알칼리펌프, 36a온도조절변, 36b온도지시조절계, 36c증기관, 37a증기트랩, 37b 이송펌프, 38제품이송, 39 가열자켓트

그림 3-51. 발효장치

발효조에 2,000L의 물을 넣고 숙성쪽염료 300kg, 소석회6kg, 포도당(glucose)10kg, 가성소다(수산화나트륨;NaOH) 7kg, 약간의 효모균을 넣고 교반모터를 이용하여 잘 교반하여 준다. 가성소다는 조금씩 넣어 용액을 만들고 가능하다면 식용첨가물용을 사용하는 것이 바람직하다. 용액의 온도 30℃가 유지 되도록 한다. 발효조(32a)에는 PH센서(35e)에 의해 PH농도가 측정되어, 이에 따라 산성 또는 알칼리성 첨가물이 탱크(35a, 35c)에서 조절밸브(35b, 35d)의 작동에 의해 투입된다. 먼저 발효조(32a)에 유입된 염료는 부패 방지와 대장균 등의 제거를 위해 100도씨에서 2시간 동안 살균을 시키게 된다. 이를 위해 가열자켓트(39), 온도센서(36b)와 온도조절변(36a), 열원 증기 공급관(36c)이 구비된다. 내부의 용존 산소량(DO)(34a)을 측정하여 이에 따라 산소를 공급할 수 있는 위한 공기량조절기변(34b)에어탱크와 연결되어 공급하였다. 살균된 염료는 30℃를 유지하면서 교반한다. 교반모터(33a)에 의해 구동되는 교반임펠러(33c)는 350 rpm 의 속도로 교반하며, 이 때 거품이 생기게 된다. 거품소거익(33b)에 의해 거품은 제거된다. 저어 주면 거품이 생기고 다시 없어진다. 발효조의 교반은 5시간마다 30분씩 교반 혼합시킨다. 온도와 pH에 따라서 다르지만 2일정도 부터 발효가 시작되며 5일정도 지나면 염색할 수



있는 발효염료가 만들어 진다. 야간 온도는 25℃ 전후로 설정하였고 pH 10.5-11로 유지하였다. pH는 가성소다로 조절한다. 금자색이 표면에 보이면 발효가 된 것이며 인디고염료가 완성된 것이다. 이때 pH는 10.5-11로 조절한다. 발효조내에서 계속적으로 보관 시에는 포도당을 4일에 1번씩 4kg정도 주입하여 인디고염료의 발효양분을 공급하였다. 남색 줄무늬막이 형성될 때까지 30℃ 정도를 유지하며 교반하면 3-5일에 발효공정이 완성되고, 완성된 발효염료는 이송펌프(37b)를 따라 염색과정(38)으로 이송 된다.

① 건조 인디고 발효염료의 총 페놀함량

식물계에 널리 분포되어 있는 페놀성 물질은 다양한 구조와 분자량을 가지며, 이것들의 phenolic hydroxyl이 단백질처럼 거대분자와 결합하여 항균, 항산화작용 등 여러 가지 생리기능을 갖는 것으로 알려져 있다. 쪽과 인도쪽 추출물 1,000ppm에 대한 총 페놀 함량을 조사한 결과 쪽의 경우 70.9-140.2ppm, 인디고페라는 65.3-74.1ppm인 것으로 나타났으며, 용매별로는 증류수 추출물에서 높은 함량을 나타내었다.

표 3-64. 쪽과 인도쪽 추출물 1,000ppm에서 총 페놀 함량

종류	용매별 함량(ppm)		
	증류수	에탄올	메탄올
쪽풀(한국)	140.2	72.0	70.9
인디고페라(인도쪽)	74.1	66.7	65.3

② 건조 인디고 발효염료의 전자공여능

전자공여능의 작용은 자유라디칼에 전자를 공여하여 식품의 지방산화를 억제하고 인체 내에서는 자유라디칼에 의한 노화를 억제시키는 작용으로 많이 이용되어진다. 인체에서 활성산소는 동·식물의 세포막 구성성분인 인지질을 산화시켜 지질과산화반응을 유발시킬 뿐만 아니라 결국 세포의 고사를 초래하게 되며, 활성산소의 산화적 손상은 glutamate 수용체의 과활성 및 흥분성 아미노산의 분비를 유도하여 세포독성을 나타낸다. 이 때문에 최근 활성산소의 산화적 손상을 제거하는 방법의 하나로 식물에서 항산화 효과가 뛰어난 약리활성물질을 추출하거나 이용하려는 경향이 커지고 있다는 점에서 전자공여능이 높은 것이 좋다고 할 수 있는데, 에탄올 추출물 1,000ppm에서는 쪽은 82.3%를 나타냈으며, 인디고페라(인도쪽)은 47.5%를 나타내었다.

표 3-65. 쪽풀(한국)과 인디고페라(인도쪽) 추출물의 전자공여능

추출용매	용매	추출물의 농도에 따른 DPPH 라디칼 소거능(%)		
		125ppm	250ppm	1,000ppm
쪽풀(한국)	증류수	55.6	70.2	65.5
	에탄올	19.7	16.2	82.3
	메탄올	18.2	38.9	77.1
인디고페라 (인도쪽)	증류수	15.0	16.3	39.5
	에탄올	3.9	8.9	47.5
	메탄올	3.5	7.9	44.6

③ 건조 인디고 발효염료의 항균성

항균성 실험에서는 균주1 *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (황색 포도상구균), 균주2 *klebsiella pneumoniae* ATCC 4352로 실험한 결과 감 타닌(Tannin) 발효액으로 염색한 섬유벽 지에서는 99.9%의 균 감소율을 보여 높은 항균효과를 보였다.

표 3-66. 건조 인디고 발효염료의 섬유에 대한 항균성

(단위 : 세균수/ml, 정균감소율%)

항균도 (시험법 : KS K 0693-2001)				
구 분		BLANK	SAMPLE	비 고
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	초기균수	$2.2 \times 10^4$	$2.2 \times 10^4$	
	18시간 후	$2.6 \times 10^6$	<10	
	정균감소율	-	99.9%	
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 4352	초기균수	$2.6 \times 10^4$	$2.2 \times 10^4$	
	18시간 후	$2.2 \times 10^7$	<10	
	정균감소율	-	99.9%	

④ 건조 인디고 발효염료의 염색 시 섬유벽지에 미치는 건뢰도

세탁건뢰도(KS K 0430-2001, A-1, 40±2℃)4-5급, 마찰건뢰도(KS K 0650-2001) 4~5급, 일광건뢰도(KS K 0700-1990, 페이드오미터, BLUE SCALE) 4급, 땀건뢰도(KS K 0715-2002) 4-5급으로 조사되어 거의 변색되지 않았다.

표 3-67. 건조 발효염료의 건뢰도

구분	세탁건뢰도 (시험법: KS K 0430-2001, A-1, 40±2℃)	
변퇴색	4급	
오염	면	4-5급
	모	4-5급

구분	마찰건뢰도 (시험법:KS K 0650-2001)
건조상태	4-5급
습상태	3-4급

구분	일광건뢰도 (시험법:KS K 0700-1990, 페이드오미터, BLUE SCALE)
20 표준퇴색시간	4급이상

구분	땀건뢰도 (시험법 : KS K 0715-2002)	
산성 변퇴색	4-5급	
오염	면	4-5급
	모	4-5급
알칼리성 변퇴색	4-5급	
오염	면	4-5급
	모	4-5급

## 나. 니람 간이추출 제조설비

### (1) 기술개발 개요

인도, 중국, 엘살바도르는 인디고 천연염료의 최대 수출국이다. 지난 2-3년간 인디고염료의 가격이 급등하고 있는 실정이다. 이것은 엘살바도르에서는 2008년, 2009년 화산분화와 대홍수가 발생했다. 현지 보도에 의하면 95%의 인디고농가가 타격을 받았고 국제간의 수출이 되어 겨우 현지의 토산품으로 정착하여온 인디고 염색제품을 생산하고 있는 인디고 염색업자조차도 인디고염료를 얻을 수 없는 사태까지 오게 되었다. 엘살바도르에 이어 인디고 식물의 최대 생산지 중국에서도 대홍수로 인하여 인디고 생산에 차질을 빚고 있는 실정이다. 따라서, 급등하는 인디고 염료 수입대체하고, 간단히 농가에서 재배하여 니람을 만드는 방법 제공하고자 한다.

쪽, 대청, 인디고페라, 엘살바도르쪽의 추출 및 제조방법은 거의 비슷하고 지금까지는 재래식 방법으로써 향아리나 고무통을 이용하여 추출하여 왔는데 이 방법은 많은 양을 추출하지 못하고 노동력이 많이 소요되는 방법이다. 재배농가에서 인디고식물을 재배하여 판매하는 가격이 200-300원/1kg이지만 니람을 직접 만들어 공급한다면 높은 소득을 기대할 수 있다. 인디고식물 1,000평재배시 인디고식물 수확량은 약 5,000kg정도 수확되어 150만원(300원/1kg)정도이지만, 니람은 인디고식물 5,000kg에서 약 500kg의 니람을 만들 수 있기 때문에 수익은 1,000만원(2만원/니람1kg) 정도에 이른다. 인디고식물 재배면적이 3,300m<sup>2</sup>(1,000평)일 때 인디고식물을 한꺼번에 모두 베어서 물에 담그려면 600리터 용기(고무통 또는 향아리) 80개 정도가 필요하게 되고, 물은 12,000리터가 필요하게 된다. 인디고식물 추출을 위한 용기와 물의 소요량이 많은 것도 문제이지만 추출하고 남은 인디고식물을 건져내어 운반하는 것도 많이 노동력이 필요하다. 또한 추출액을 교반하는 작업과정 또한 매우 비효율적이다. 그러므로 인디고식물에서 색소를 추출하여 니람을 만드는 과정을 저렴하고 간이 추출설비를 이용하여 노동력을 줄이고 재배농가의 경제성을 높이고자 한다. 또한, 인디고식물 재배지에 추출조까지를 함께 만들어 효율성을 높이고자 한다.

### (2) 니람의 수확

니람(인디고식물)재배에 있어서 중요한 것은 수확의시기이다. 이것은 쪽, 인도쪽, 워드에서도 같지만 램의 성분은 거의 대부분이 잎에 집중되어 있다. 인디고식물의 경우에 일광을 잘 받을 수록 인디칸의 성분이 많이 포함하고 있다. 공통적으로 꽃이 피기전과 핀 다음에 함유량이 현저히 차이가 난다. 꽃이 피고 난 다음은 램의 수확량이 격감한다. 결국 수확은 꽃눈이 나오기 직전의 함유량이 가장 많은 시기에 달했을 때가 가장 좋다. 여기에서 하나의 문제는 조금만 수확시기를 늦추면 일제히 꽃이 피기 시작한다. 결국 작부 면적이 너무 크면 수확의 주요한 시기를 놓치게 된다. 인디고식물(쪽, 인디고페라, 엘살바도르쪽)들은 년 2회 수확을 하기 때문에 성장을 자세히 관찰하여 꽃이 피는 시기에 추출작업이 끝나도록 하는 것이 좋은 방법이다.

수확할 때 주의해야 할 것은 필히 밑부분(뿌리)에서 15cm정도의 남기고 자르는 것이다. 이렇게 함으로써 발아가 빨리되어 재성장이 된다. 엘살바도로 쪽은 콩과의 다년생식물로, 한번 종자를 뿌리면 3-4년은 반복해서 수확할 수 있다. 수확한 쪽은 다발로 만들어 운반이나 사용하기 간편하게 한다. 될수 있는 대로 수확한 것은 재빨리 시간 안에 첫 번째 추출조에 나열해서 놓는다. 추출조에 나열해서 놓으면 다음 작업을 편히 할 수 있다.

### (3) 기술개발 결과

#### (가) 추출수조의 구조

추출조는 2개 내지는 3개의 수조로 구성되고 추출과정을 진행되면서 기본적으로 위의 수조에서 아래 수조로 사용되고 있다. 전통적으로 인도, 엘살바도르에서 추출조는 거의 경사면을 이용하여 만들어져 있지만 배수의 편리성을 고려해서 만들어진 것이다. 추출조와 산화조 사이를 펌프를 이용하여 신속히 이송시킨다. 산화수조와 니람조사이에는 모너펌프를 이용하여 이송시킨다.

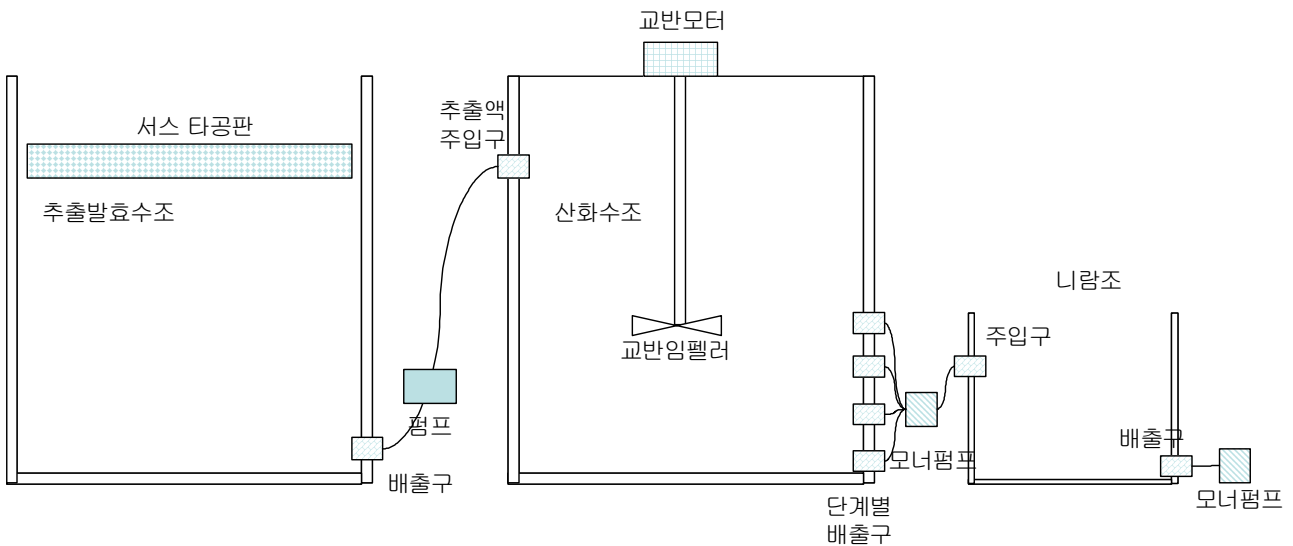


그림 3-52. 추출조의 구조

대개 한 개의 수조 가로 4m × 세로 3m × 깊이 2m로 만들어 진다. 재료는 기초부분과 벽면은 철근콘크리트 등을 사용하고 배수를 위해서는 될 수 있는 한 플라스틱수도관을 사용한다. 또한, 수조가 완성된 후에는 소석회로 표면을 도장한다. 이것은 산화된 니람의 침전을 촉진시키기 위함이다.

(나) 수확한 람의 추출/발효

이 과정에서 인디고식물을 나열하고 추출조에 물을 주입시킨다. 미리 인디고식물이 떠오르지 않도록 스텐레스 타공판으로 올려놓는다. 쌓인 쪽풀이 충분히 침수되도록 하고 이 레벨보다도 15cm정도 더 높이 물을 채워 넣는다. 쪽풀을 물에 침수시키면 잎속의 존재하는 색소가 서서히 물에 녹아 추출된다. 인디칸이 만들어진 때를 눈으로 확인하고 초록색의 추출액만을 산화조로 옮겨진다. 인디고식물 재배 시 동일한 면적에서 많은 색소를 얻기 위해서는 수량과 함께 잎 중의 색소 함량이 중요하다. 인디고식물의 생육단계 및 품종에 따른 잎 중의 색소 함량 조사 결과에 의하면 생육기의 인디칸 함량은 인디고페라가 가장 많고, 엘살바도르쪽, 대청, 쪽 순으로 많았다. 인디고 전구물질(前驅物質)인 인디칸 함량은 품종에 관계없이 개화기에 들어서면서 감소되기 시작되어 생육 최성기의 비해 개화기에는 20-50% 정도 낮아졌다.

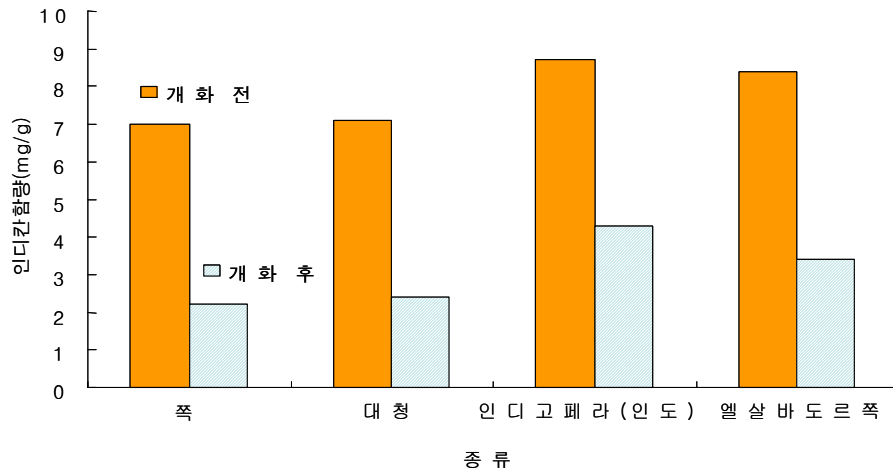


그림 3-53. 인디고식물의 개화전과 개화후의 인디칸함량 변화

발효되는 시간은 여러 가지 요소가 변화하기 때문이다. 쪽풀의 만들어진 정도, 그해의 기후, 물의 온도, 물의 성질, 이온 함유량, 해발 고도에 따라서도 변한다. 실제로 여러 번을 추출해도 같은 정도의 추출은 매우 어렵다. 경험에서 기후 등의 차이에 따라 미묘한 시간을 조정하고 있다. 자기스스로 경험에 의해 추출되고 있다. 발효가 진행되면 물의색이 청록색으로 되고 물거품(꽃물) 형태 벽면전체에 마치 침을 발라놓은 것처럼 된 때가 가장 좋다고 알려져 있다. 현재 엘살바도로 쪽은, 18시간이 가장 수확량이 많았다. 같은 종의 인디고페라(인도쪽)는 14시간이 가장 좋았다. 쪽은 10-24시간 사이로 가장 좋은 추출시간은 12시간이었다. 대청은 15시간이 가장 효과적이었다.

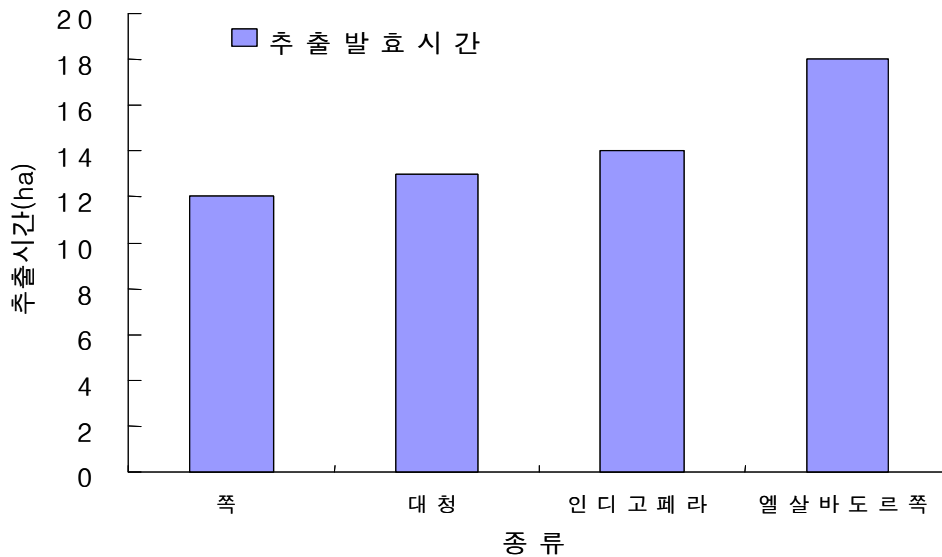


그림 3-54. 인디고식물의 추출시간

#### (다) 추출액의 산화

상기에서 얻어진 추출액을 다음 수조로 이송한다. 수조는 미리 배수용 플라스틱관을 이용하고 재빨리 배수를 하기 위해서 이것은 어느 정도 직경이 큰 것이 바람직하다. 배수하기 전에는 눌러놓은 타공판을 제거하고 배수한 다음, 남은 인디고식물은 건조하여 비료로 만들어 사용하는 것이 바람직하다. 다음 수조에 옮겨진 추출액은 인디고의 전구체인 수용성의 인디칸(indican)이 녹아 있는 상태이기 때문에 산화에 의한 분리작업을 해야 한다. 간단하게 산화를 촉진시키는 방법은 추출액을 교반시켜주면 가장 좋다. 이러한 일은 옛날부터 사용되어진 방법으로 붕(당그레)의 끝에 판자를 달아서 추출액과 교반력을 좋게 하였고, 이것을 수조 쪽 전체에 걸쳐서 여러 개의 붕(당그레)을 만들어서 교반시키기도 하였다. 교반시키는 방법은 여러 가지 방법이 있었다. 수차를 사용한다든지 마차를 사용한다든지, 인력이 들어가서 밭을 구르면 수차역할을 하기도 하였다. 또한 많은 사람들이 수조안에 들어가 바케스를 가지고 추출액을 퍼서 다시 떨어뜨리는 방법으로 반복해서 이루어지고 있지만 이 방법은 사람에게 피해를 주므로 지금은 사용하지 않는 방법이다. 중요한 것이 일정 시간마다 교반을 해야 한다. 교반임펠러를 이용하여 초기에는 20분 교반하여 공기를 주입시켰다. 교반을 함에 따라 추출액의 색은 청록색에서 서서히 녹색⇒연보라색(검은색을 띤 푸른색)으로 변화하기 시작한다. 하얀거품이 일어나기 시작하고 그 다음으로 그 양이 많아짐에 따라 청색으로 변화가 시작된다. 1시간간격으로 10분씩 일정 시간마다 교반을 해야 한다. 교반을 계속하면 이번에는 추출액의 색이 연보라색(검은색을 띤 푸른색)⇒검은색으로 변화하고 교반하면서 생긴 많은 거품은 서서히 없어지게 되고 나중에는 전부 없어지게 된다. 이것은 어느 정도 지표가 있는데 우선 변화된 색, 거의 검정색에 가까운 연보라색이 되는 것이다. 그리고 거품, 하얀 거품이 조금 남아 있을 때 상등액을 떠서 떨어뜨릴 때 탄산음료의 거품처럼 사그르 사라지고, 유리컵으로 떠서 빛에 비추어 볼 때 미세한 입자

가 확인될 때 이러한 것들이 확인 될 때 산화가 완료됨을 알 수 있다. 유리컵에 미세한 입자들이 바로 인디고이다.

#### (라) 램의 분리 및 침전

인디고를 물과 분리하기 위해서는 침전을 시켜야한다. 상등액을 제거하면 되지만 그냥 시간을 방치하면 좀처럼 침전이 일어나지 않는다. 여기에서 침전을 촉진시키는 것을 첨가하게 되는데, 엘살바도로에서는 차가운 물을 넣어서 침전을 유도하기도 하고, Cuajatatinta (學名 CordiaInermis)이라는 식물을 사용하기도 한다. 만드는 방법은 Cuajatatinta식물의 잘게 찢은 잎을 물에 넣은 다음, 만들어진 액을 산화가 끝난 수조에 뿌려준다. 이 식물에는 떫은 맛이 강한 탄닌성분이 많아서 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 가장 효과적인 방법은 소석회이다. 천연 염료를 채취하는 방법으로 소석회를 사용하는 것은 널리 알려져 있다. 소석회를 이용하는 방법으로는 물과 소석회를 혼합하여 사용하는 석회유이다. 니람을 만드는 과정에서는 산화전에 소석회를 물에 섞어서 석회유를 투입한다. 이 방법으로 침전을 촉진시키는 역할과 완성된 니람을 장기 보관할 때 필요한 조치이다. 단점으로는 석회유를 첨가시키면 최종적으로 얻어진 인디고 분말이 약간하얀색이 포함되어있고 인디고의 함유량이 떨어진다. 또 하나는 물과 소석회를 혼합하여 소석회를 침전시켜 다음 상등액만을 사용하는 소석회상등액이다. 따라서, 여기에서 석회유를 사용하지 않고 소석회를 물과 혼합하여 잠시 방치해두면 얻어지는 소석회 상등액만을 사용하여 인디고 함량을 높일 수 있다.

#### (마) 소석회 상등액

상등액의 양은 추출조의 크기에 비례해서 소석회 500g에 물20리터가 적당하다. 물에 소석회를 넣은 다음 잘 교반한 후, 움직이지 않도록 12시간 정도 방치해두면 소석회상등액이 만들어진다. 다음날 아침에 잘 침전되었는가 확인하기 위해서는 유리컵을 이용하여 빛에 비추어보면 입자가 움직이는 것이 보이면 된다. 소석회 상등액을 사용하면, 모든 과정이 순조롭게 이루어지고 산화작업을 부족없이 이루어진다. 소석회 상등액만을 첨가하면 반드시 검은색에 가까운 연보라색의 액이 적색을 띤 상태가 된다. 이것은 니람의 수량과 품질이 매우 좋은 상태를 유지한다. 소석회의 상등액을 첨가하여 효과적으로 인디고와 물을 분리하였다. 소석회 상등액을 넣고 교반시켜 인디고가 소석회 상등액에 정착되도록 하여 침전을 유도시킨다. 그 다음으로 12시간 정도 그대로 방치하면 소석회상등액은 인디고와 함께 침전된다, 즉, 물과 완전 분리가 된다. 다음으로 상등액(물)을 배수시키는 작업으로 산화수조에는 높이가 다른 배수구를 여러 개 단계적으로 만들어 놓는다. 침전된 니람은 그대로 두고 배수구의 윗부분 배수구부터 조심스럽게 서서히 상등액을 배출시킨다. 다음으로 아래 부분에 침전되어 남아있는 니람을 모너펌프를 이용하여 배출시킨다. 최종단계의 배출구에서 니람이 만들어져 배출된다. 이것이 침전람으로 진흙상태이며 니람이라고 한다.



### (바) 침전람의 탈수 및 건조

니람은 적당한 소석회가 들어있다면 그대로 보존 및 사용이 가능하다. 최종적으로는 분말화하여 운송이나 보존이 가능하도록 하여야 한다. 탈수는 사방 1m 천을 만들어 니람을 넣고 탈수시킨 다음 건조시키면 된다. 12시간 탈수 시킨 니람을 알루미늄판 등에 열게 깔아서 햇빛에 말리기도 한다. 또한 건조는 시판되는 건조기를 이용하면 되는데 건조기의 가열온도를 60℃가 넘지 않도록 하여야 한다. 60℃가 넘게 되면 인디고의 이성체가 많이 형성되어 중요한 인디고를 버릴 수 있다.

## 2. 천연염색 기술개발 및 염색재현성

### 가. 기술개발 개요

쪽은 우리나라에서 전통적으로 청색염료를 만들기 위해 재배한 대표적인 염료식물이다. 마디풀과(여귀과)에 속하는 1년생 초본식물로 중앙아시아 및 중국이 원산지이다. 쪽풀이라고도 부르며, 중국이나 일본에서는 요람(蓼藍)으로도 불린다. 학명은 *Polygonum tinctorium* Lour.(*Persicaria tinctorium* Ait.) 이고, 영어 이름은 *polygonum indigo* 또는 *indigo*로 불린다.

대청(大靑)은 십자화과의 2년생 초본식물로 송람(松藍)으로도 불린다. 학명은 *Isatis oblongat* D.C.인데, *Isatis indigotica*와 *Isatis tinctoria* L. var. *yezoensis*(*Isatis japonica* auct. Korea)도 있다. 한명(漢名)은 大靑(대청)이며, 영어로는 *woad*로 불리며, 유럽에서 많은 재배가 이루어졌기 때문에 유럽쪽으로도 불린다.

인디고페라(인도쪽)는 콩과의 관목(灌木)으로 학명은 *Indigofera tinctoria* L.이며, 한 명은 목람(木藍)으로 불린다. 쪽을 가리키는 인디고(*indigo*)는 이 식물이 인도원산인 것에서 유래된 것이다.

### 나. 재료 및 방법

#### (1) 염욕을 사용하는 방법(500g-1kg의 천을 염색)

##### ○ 재료

- 람분말 50g
- 하이드로셀파이드 10g
- 소석회 250g
- 바케스(12-15리터) 3개

##### ○ 염욕준비

- (가) 바케스에 소석회를 넣고, 물(수도물은 24시간 정도 침전시켜서 사용하는 것이 좋다)을 준비해서 잘 교반시킨다. 잠시 방치시킨 후 상등액만을 별도의 바케스에 떠서 놓는다. 2번, 3번도 같은 방법으로 상등액을 뜨고, 최종적으로 10리터의 상등액을 준비한다.
- (나) 램분말을 1에서 준비한 상등액을 조금씩 넣어서 분말이 없어질 때까지 잘 저어서 니람액을 만든다.
- (다) 2에서 니람 액상을 바케스의 바닥에 흘러넣고 그 위에 1의 상등액 전부를 넣어서 잘 교반 시킨다.
- (라) 하이드로 3의 바케스에 천천히 저어서 넣고 도중 2,3회 잘 혼합하면서 충분히 반응이 일어나도록 5-10분 방치한다. 액의 색깔이 황록색에서 오렌지색으로 변화가 일어나면 염색이 완성된다.

(2) 저장원액을 보존하는 방법(염색되는 천의 양에 따라서 사용량을 변화시킨다)

○ 저장원액재료

- 인디고 분말 100g
- 가성소다 30g
- 하이드로 50g
- Turkey red oil(피마자유; 아주까리기름) 소량
- 따뜻한 물(55-60℃) 2리터

○ 저장원액 만드는 법

- (가) 인디고염료를 넣고 피마자유를 조금씩 넣어서 진흙상(니람)으로 만든 다음 따뜻한 물을 서서히 넣는다.
- (나) 1의 액에 가장먼저 가성소다를 넣고 가볍게 저어서 혼합시킨다.
- (다) 2에 하이드로를 조심스럽게 넣고 도중 2, 3회 약간씩 넣고 혼합시키면서 잠시 5-10분 방치한다.

※ 이 원액은 완전히 밀폐시켜놓으면 1-2개월 보존은 되지만, 될 수 있는 대로 염색정도에 따라 다사용하는 것이 바람직하다. 약 2리터의 원액을 만들 수 있기 때문에 니람의 함유량은 5g/100cc정도 된다.

○ 저장원액을 사용한 염색의 재료

- 저장용액 적당량
- 가성소다 1g/리터
- 하이드로셀파이드 2g/리터
- 물(수도물은 24시간 침전시킨 것) 욕비가 1:50정도 되는 량

○ 저장원액을 사용한 염색의 준비

- (가) 염색할 천의 무게를 재고, 농색으로 염색한다면 천의 무게의 대비 1/5양의 니람을 포함한 저장원액, 연색으로 염색한다면 1/10양의 니람이 포함된 저장원액을 바케스에 넣고 옥비 1:50정도 되는 양의 물을 넣어서 잘 교반 시킨다. (예를 들어, 100g의 천을 염색하고 싶다면 200-400cc의 저장원액에 5리터의 물을 넣는다)
- (나) 1의 액에 먼저 상당량의 가성소다를 넣고 가볍게 조심스럽게 저어 혼합시킨다.
- (다) 2에 상당량의 하이드로 셀파이드를 조심스럽게 넣고 도중 2, 3회 혼합시키면서 충분히 반응이 일어나도록 5-10분정도 방치 한다. 액의 색깔이 황록색에서 오렌지색으로 변화되어 간다면 염색이 완성된다.

**다. 소석회사용기법 및 인디고염료의 염색 재현성**

(1) 면원단

인디고페라 염료에 소석회 상등액사용 및 소석회 혼합이 면원단의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 색차값은 소석회 상등액을 첨가한 것은 75.05-75.45였으며, 소석회를 혼합한 것은 66.76-74.13이었다(표 3-68). 즉 소석회 상등액을 혼합하여 염색한 것은 상등액의 첨가량을 달리해도 색차값에 큰 차이가 없었으나 소석회를 혼합한 것은 1g을 첨가하는 색차값이 74.13으로 가장 높는데 비해 10g을 첨가한 것은 66.76으로 가장 낮아 소석회의 첨가량이 많을수록 색차값이 작아지는 경향을 나타냈다. 이는 소석회의 분말이 염액과 혼합되어 결과적으로 염액의 농도를 열게한 결과에 의한 것으로 사료된다. 따라서 인디고 염료의 환원을 위해 pH를 조정하기 위해 소석회를 사용할 때는 소석회의 상등액을 사용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

표 3-68. 소석회 상등액사용과 소석회 혼합액이 인디고페라염료의 면원단의 염색성

(대조구 : 94.70 a +0.90 b +1.04)

분류	인디고페라	하이드로	소석회	물양	L	a	b	ΔE
소석회 상등액	5g	10g	1g	200ml	20.19	4.64	-7.07	75.05
	5g	10g	2.5g	200ml	19.94	4.47	-7.39	75.30
	5g	10g	5g	200ml	19.77	4.63	-6.81	75.45
	5g	10g	7.5g	200ml	19.92	4.60	-7.03	75.29
	5g	10g	10g	200ml	19.81	4.66	-7.11	75.43
분류	인디고페라	하이드로	소석회	물양	L	a	b	ΔE
소석회 혼합액	5g	10g	1g	200ml	21.09	4.10	-7.59	74.13
	5g	10g	2.5g	200ml	22.42	4.78	-11.97	73.54
	5g	10g	5g	200ml	27.06	2.69	-13.69	69.23
	5g	10g	7.5g	200ml	26.12	3.57	-14.37	70.32
	5g	10g	10g	200ml	29.91	2.19	-15.01	66.76

<면원단>

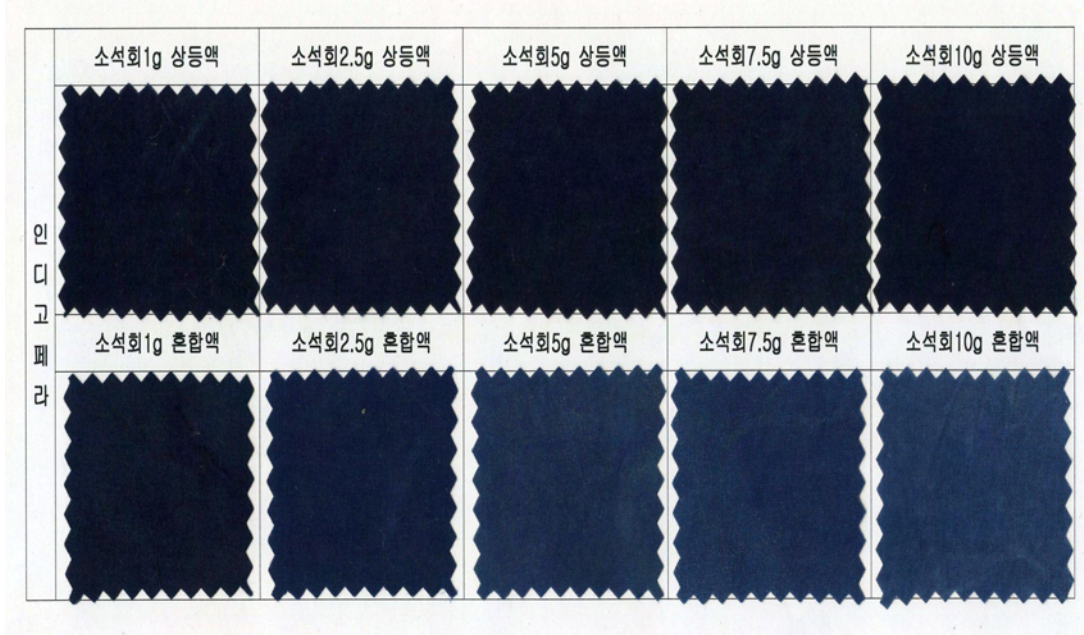


그림 3-55. 소석회 상등액사용과 소석회 혼합액이 인디고페라염료(면원단)에 미치는 영향

한국 쪽 염료에 소석회 상등액 및 소석회 혼합이 면원단의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 색차값은 소석회 상등액을 첨가한 것은 52.76-63.03였으며, 소석회를 혼합한 것은 48.05-57.53이었다(표 3-69). 즉 소석회를 혼합하여 염액을 만든 후 염색한 것보다 소석회 상등액을 혼합하여 염색한 것에서 색차값이 크게 나타나 진하여 염색되었으며 상등액을 첨가한 것과 소석회를 혼합한 것 모두 첨가량이 많을수록 색차값이 적어 옅게 염색이 되었다. 특히 소석회를 혼합하여 염액을 만든 것은 소석회를 1g 첨가하는 색차값이 57.53으로 가장 높는데 비해 10g을 첨가한 것은 48.06으로 가장 낮아 소석회의 첨가량이 많을수록 색차값이 작아지는 경향을 나타냈다. 이는 소석회의 분말이 염액과 혼합되어 결과적으로 염액의 농도를 옅게 한 결과에 의한 것으로 사료된다.

표 3-69. 소석회 상등액사용과 소석회 혼합액이 한국 쪽염료의 면원단의 염색성

(대조구 : 94.70 a +0.90 b +1.04)

분류	한국쪽	하이드로	소석회	물양	L	a	b	ΔE
소석회 상등액	5g	10g	1g	200ml	34.49	1.48	-17.53	63.03
	5g	10g	2.5g	200ml	35.81	1.70	-19.16	62.25
	5g	10g	5g	200ml	42.44	-0.74	-15.87	54.96
	5g	10g	7.5g	200ml	39.15	1.21	-19.12	59.10
	5g	10g	10g	200ml	44.49	-0.79	-15.06	52.76
분류	한국쪽	하이드로	소석회	물양	L	a	b	ΔE
소석회 혼합액	5g	10g	1g	200ml	40.81	0.40	-19.13	57.53
	5g	10g	2.5g	200ml	47.37	0.10	-18.98	51.38
	5g	10g	5g	200ml	50.71	-0.40	-18.21	48.04
	5g	10g	7.5g	200ml	50.10	-0.46	-19.36	49.08
	5g	10g	10g	200ml	51.26	-0.27	-19.66	48.05



그림 3-55. 소석회 상등액사용과 소석회 혼합액이 한국쪽염료 면원단에 미치는 영향

대청에서 추출한 인디고 염료에 소석회 상등액사용 및 소석회 혼합이 면원단의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 색차값은 소석회 상등액을 첨가한 것은 57.95-52.11였으며, 소석회를 혼합한 것은 55.04-45.07이었다(표 3-70). 즉 소석회 상등액을 혼합하여 염색한 것은 상등액의 첨가량이 많아져도 색차값의 차이는 완만하게 적어지는 경향을 나타낸 반면에 소석회 혼합액을 첨가한 것은 소석회의 첨가량이 많아질수록 색차값의 차이는 커져 소석회 1g을 첨가 시는 색차값이 55.04으로 가장 높는데 비해 5g을 첨가 시는 48.14, 10g을 첨가한 것은 45.07로 가장 낮아 소석회의 첨가량이 많을수록 색차값이 작아지는 경향을 나타냈다. 이는 소석회의 분말이 염액과 혼합되어 결과적으로 염액의 농도를 열게 한 결과에 의한 것으로 사료되는 만큼 염액의 환원에 필요한 적정 pH 조정을 위한 최소한의 소석회를 첨가하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

표 3-70. 소석회 상등액사용과 소석회 혼합액이 대청 인디고염료의 면원단의 염색성

$$(대조구 : 94.70 a + 0.90 b + 1.04)$$

분류	대청	하이드로	소석회	물양	L	a	b	ΔE
소석회 상등액	5g	10g	1g	200ml	40.02	-0.47	-18.27	57.95
	5g	10g	2.5g	200ml	39.28	-0.20	-18.22	58.69
	5g	10g	5g	200ml	45.55	-1.65	-16.65	52.25
	5g	10g	7.5g	200ml	43.66	-1.57	-17.04	54.23
	5g	10g	10g	200ml	45.47	-1.76	-15.85	52.11
분류	대청	하이드로	소석회	물양	L	a	b	ΔE
소석회 혼합액	5g	10g	1g	200ml	42.60	-1.74	-16.46	55.04
	5g	10g	2.5g	200ml	49.14	-2.24	-14.68	48.28
	5g	10g	5g	200ml	49.54	-1.72	-15.39	48.14
	5g	10g	7.5g	200ml	49.86	-1.44	-15.93	47.99
	5g	10g	10g	200ml	52.92	-2.15	-15.57	45.07

인디고페라 염료는 소석회 상등액 염료가 소석회 혼합액 염료보다 염색이 더 잘되고 소석회 양에 관계없이 대체적으로 상등액 염료로 염색한 경우가 좋은 것으로 나타났다. 한국쪽, 대청 인디고 염료는 소석회 상등액 염료가 소석회 혼합액 염료보다 염색이 더 잘되고 소석회 상등액 염료 중에서는 소석회가 적게 들어간 상등액이 염색이 더 잘되는 것으로 나타났다. 이는 한국쪽, 대청이 인디고페라에 비해 석회성분을 많이 내포하고 있기 때문이라고 사료된다.



그림 3-56. 소석회 상등액사용과 소석회 혼합액이 대청 인디고염료 면원단에 미치는 영향

## (2) 견원단

인디고페라에서 추출한 인디고 염료에 소석회 상등액사용 및 소석회 혼합하여 견직물을 염색한 후 염색성을 조사한 결과 색차값은 소석회 상등액을 첨가한 것은 75.51-76.94로 소석회의 사용량에 따른 차이는 미미하였다(표 3-70). 반면에 소석회를 혼합한 인디고 염액으로 염색한 것의 색차값은 62.41-76.17로 소석회 첨가량에 따른 차이가 컸다. 즉, 소석회 1g을 첨가하는 색차값은 76.17로 가장 높는데 비해 7.5g을 첨가하는 68.97, 10g을 첨가한 것은 62.41로 가장 낮아 소석회의 첨가량이 많을수록 색차값이 작아지는 경향을 나타냈다. 이는 소석회의 분말이 염액과 혼합되어 결과적으로 염액의 농도를 열게 한 결과에 의한 것으로 사료된다.

표 3-70. 소석회 상등액사용과 소석회 혼합액이 인디고페라염료의 견원단의 염색성

(대조구 : 94.40 a +0.58 b +0.52)

분류	인디고페라	하이드로	소석회	물양	L	a	b	ΔE
소석회 상등액	5g	10g	1g	200ml	19.42	5.15	-7.33	75.51
	5g	10g	2.5g	200ml	18.47	5.49	-7.39	76.47
	5g	10g	5g	200ml	18.35	5.02	-6.72	76.51
	5g	10g	7.5g	200ml	17.99	5.50	-7.11	76.94
	5g	10g	10g	200ml	18.49	5.52	-7.36	76.49
분류	인디고페라	하이드로	소석회	물양	L	a	b	ΔE
소석회 혼합액	5g	10g	1g	200ml	18.84	5.31	-7.24	76.17
	5g	10g	2.5g	200ml	23.71	5.44	-11.64	71.89
	5g	10g	5g	200ml	29.52	1.55	-13.79	66.35
	5g	10g	7.5g	200ml	27.31	2.65	-15.35	68.97
	5g	10g	10g	200ml	34.01	0.52	-15.42	62.41

<견원단>



그림 3-57. 소석회 상등액사용과 소석회 혼합액이 인디고페라염료 견원단에 미치는 영향

한국 쪽 염료에 소석회 상등액 및 소석회 혼합이 견직물의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 색차값은 소석회 상등액을 첨가한 것은 65.53-49.25였으며, 소석회를 혼합한 것은 43.99-52.69였다(표 3-71). 소석회 상등액이나 소석회를 혼합한 것 모두 첨가량이 많을수록 색차값이 적어지는 경향을 나타냈는데, 그 정도는 소석회를 혼합한 염료로 염색한 것에서 심하게 나타났다. 즉, 소석회 1g을 상등액으로 만들어 첨가한 염액으로 견직물을 염색한 것의 색차값은 65.53인데 비해, 소석회 1g을 첨가한 염액으로 염색한 견직물의 색차값은 52.69로 차이가 컸다. 이처럼 소석회의 첨가량이 많을수록 색차값이 적어지는 원인은 소석회 분말이 염액과 혼합되어 결과적으로 염액의 농도를 열게 한 결과에 의한 것으로 사료된다.

표 3-71. 소석회 상등액사용과 소석회 혼합액이 한국 쪽염료의 견원단의 염색성

(대조구 : 94.40 a +0.58 b +0.52)

분류	한국쪽	하이드로	소석회	물양	L	a	b	ΔE
소석회 상등액	5g	10g	1g	200ml	31.32	3.43	-17.14	65.53
	5g	10g	2.5g	200ml	35.33	2.87	-18.55	62.09
	5g	10g	5g	200ml	47.83	-1.02	-15.43	49.25
	5g	10g	7.5g	200ml	47.16	-1.16	-15.24	49.80
	5g	10g	10g	200ml	47.04	-0.12	-18.11	50.89
분류	한국쪽	하이드로	소석회	물양	L	a	b	ΔE
소석회 혼합액	5g	10g	1g	200ml	45.87	1.94	-19.96	52.69
	5g	10g	2.5g	200ml	50.06	-0.36	-15.23	47.07
	5g	10g	5g	200ml	47.38	0.91	-18.56	50.73
	5g	10g	7.5g	200ml	50.93	0.56	-17.58	47.09
	5g	10g	10g	200ml	54.33	0.10	-17.67	43.99



	소석회1g 상등액	소석회2.5g 상등액	소석회5g 상등액	소석회7.5g 상등액	소석회10g 상등액
한 국 쪽					
	소석회1g 혼합액	소석회2.5g 혼합액	소석회5g 혼합액	소석회7.5g 혼합액	소석회10g 혼합액
					

그림 3-57. 소석회 상등액사용과 소석회 혼합액이 한국 쪽염료 견원단에 미치는 영향

대청에서 추출한 인디고 염료에 소석회 상등액사용 및 소석회 혼합하여 견직물을 염색한 후 염색성을 조사한 결과 색차값은 소석회 상등액을 첨가한 것은 67.56-72.52을 나타냈으며, 소석회를 혼합한 인디고 염액으로 염색한 것은 42.45-49.47을 나타냈다(표 3-72). 전반적으로 소석회 상등액을 사용한 것에서 색차값이 높게 나타났고, 소석회를 혼합하여 사용한 인디고 염액으로 염색한 견직물에서는 색차값이 낮게 나타났다. 또 소석회 상등액을 사용한 것에 비해 소석회를 혼합하여 사용한 것에서 얼룩정도가 심하게 나타났는데, 이는 소석회의 분말이 염액과 혼합되어 결과적으로 염액의 농도를 열게 하고, 염색의 장애물이 되어 얼룩이 발생한 결과에 의한 것으로 사료된다.

표 3-72. 소석회 상등액사용과 소석회 혼합액이 대청 인디고염료의 견원단의 염색성

(대조구 : 94.40 a +0.58 b +0.52)

분류	대청	하이드로	소석회	물양	L	a	b	ΔE
소석회 상등액	5g	10g	1g	200ml	23.73	5.64	-14.92	72.52
	5g	10g	2.5g	200ml	23.99	5.90	-14.13	72.08
	5g	10g	5g	200ml	29.61	2.68	-18.64	67.56
	5g	10g	7.5g	200ml	28.02	2.79	-17.91	68.93
	5g	10g	10g	200ml	28.38	2.95	-17.67	68.54
분류	대청	하이드로	소석회	물양	L	a	b	ΔE
소석회 혼합액	5g	10g	1g	200ml	46.33	-4.77	-9.87	49.47
	5g	10g	2.5g	200ml	52.39	-3.57	-6.74	42.85
	5g	10g	5g	200ml	52.36	-3.82	-3.16	42.45
	5g	10g	7.5g	200ml	50.34	-2.40	-9.00	45.17
	5g	10g	10g	200ml	52.90	-3.38	-7.86	42.51

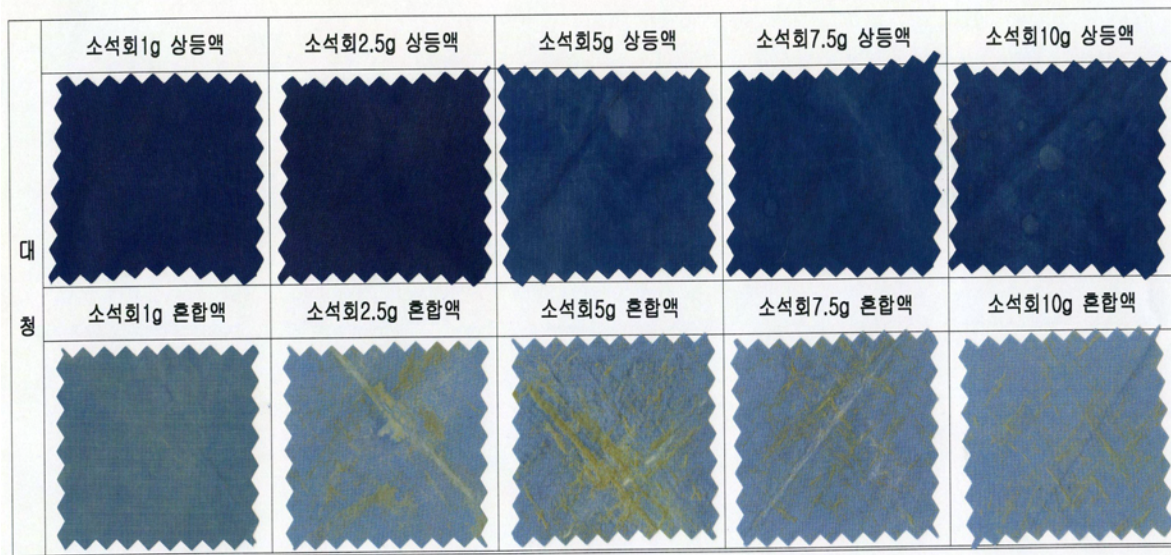


그림 3-57. 소석회 상등액사용과 소석회 혼합액이 대청 인디고염료 견원단에 미치는 영향

## 라. 인디고염료와 피마자유(오일)의 염착기법

피마자유는 19세기 중기경에 적색의 천연염료로 사용된 로드오일(알리자린;arizarin)에 의한 얼룩염색을 방지하고, 균일한 염색을 하기 위해서 사용된 약제이다. 터키레드오일이라고도 하지만, 처음에는 올리브유를 유산(硫酸 sulfuric acid H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)으로 처리한 것을 사용해 와서 유산화유(sulfonated oil)이라고도 한다. 1875년에는 피마자유의 유산화유가 만들어져 주류가 이것으로 바뀌었다. 1928년 이후에 새로운 여러 가지 합성계면활성제가 등장할 때까지 유일한 계면활성제로서 긴 시간 동안 섬유공업에 사용되어 왔다. 현재에서도 산성염료의 염색조제로써 유화제, 분산제, 피혁제품의 다름가죽조제 등에 사용되고 있다. 이러한 배경에서 인디고페라 염액에 대한 피마자유 첨가량이 면직물의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 피마자유의 양이 가장 적게 첨가한 쪽 저장용액이 염색이 다소 잘 된 편이나, 피마자유를 쪽염료 대비 50%까지 첨가한 저장용액으로 염색한 경우와 비교했을 때 염색성에 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다(표 3-73).

표 3-73. 피마자유의 양이 인디고페라 염료(면원단 염색)에 미치는 영향

No.	저장용액						염색조건			색차값			
	인디고 페라	하이 드로	가성 소다	물양	피마 자유	저장기간	저장용액/ 물	염색온 도	염색시 간	L	a	b	ΔE
1	50g	25g	15g	1000 ml	5g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	33.68	1.28	-18.64	64.09
2	50g	25g	15g	1000 ml	10g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	31.56	2.25	-18.95	66.26
3	50g	25g	15g	1000 ml	15g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	33.23	1.47	-18.58	64.53
4	50g	25g	15g	1000 ml	20g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	32.96	1.89	-19.02	64.93
5	50g	25g	15g	1000 ml	25g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	36.56	0.41	-19.49	61.64

한국쪽 염액에 대한 피마자유 첨가량이 면직물의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 색차값은 피마자유 첨가량이 많을수록 색차값이 적어졌다(표 3-74). 즉, 피마자유를 5g을 희석했을 때의 색차값은 40.35였으나 15g을 첨가하는 38.88, 25g을 첨가하는 32.0을 나타냈다. 피마자유는 쪽두서니 염색 등을 할 때 분산제로서 얼룩방지에 사용되기도 하는데, 한국산 쪽 염색시에 피마자유는 첨가량이 많아질수록 색차값이 적어서 염색성이 떨어지므로 물양 1L에 니람 50g을 사용할 때는 5g 정도 사용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

표 3-74. 피마자유의 양이 한국 쪽 염료(면원단 염색)에 미치는 영향

No.	저장용액						염색조건			색차값			
	한국쪽	하이 드로	가성 소다	물양	피마자유	저장기간	저장용액/물	염색온도	염색시간	L	a	b	ΔE
1	50g	25g	15g	1000 ml	5g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	60.59	-1.26	-20.44	40.35
2	50g	25g	15g	1000 ml	10g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	60.60	-1.35	-18.77	39.51
3	50g	25g	15g	1000 ml	15g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	61.22	-1.34	-18.65	38.88
4	50g	25g	15g	1000 ml	20g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	64.69	-1.47	-18.00	35.64
5	50g	25g	15g	1000 ml	25g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	68.89	-1.66	-17.71	32.00

대청 인디고 염액에 대한 피마자유 첨가량이 면직물의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 색차값은 피마자유 첨가량이 많을수록 색차값이 적어졌다(표 3-75). 즉, 피마자유를 5g을 희석했을 때의 색차값은 34.93이었으나 15g을 첨가하는 29.31, 25g을 첨가하는 29.80을 나타냈다. 피마자유는 분산제로서 얼룩방지에 효과적이지만 첨가량이 많을 때는 표 2-9와 같이 색차값이 낮아지는 것으로 나타나 염색성이 떨어졌다. 그러므로 대청 인디고 염액을 이용하여 염색시 피마자유를 첨가하고자 할 때는 물양 1L에 대청 인디고 분말 50g을 사용할 때는 5g 정도의 피마자유를 첨가하여 사용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

표 3-75. 피마자유의 양이 대청 인디고 염료(면원단 염색)에 미치는 영향

No.	저장용액						염색조건			색차값			
	대청	하이 드로	가성 소다	물양	피마자유	저장기간	저장용액/물	염색온도	염색시간	L	a	b	ΔE
1	50g	25g	15g	1000 ml	5g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	64.84	-2.30	-16.78	34.93
2	50g	25g	15g	1000 ml	10g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	68.82	-2.90	-14.59	30.46
3	50g	25g	15g	1000 ml	15g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	69.76	-2.74	-13.91	29.31
4	50g	25g	15g	1000 ml	20g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	66.84	-2.43	-15.84	32.71
5	50g	25g	15g	1000 ml	25g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	70.23	-2.97	-15.47	29.80

<면원단>









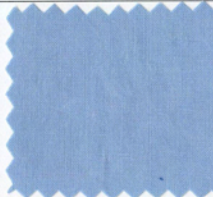
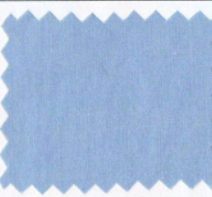




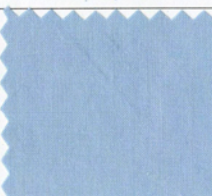
	저장용액 : 피마자유 5g	저장용액 : 피마자유 10g	저장용액 : 피마자유 15g	저장용액 : 피마자유 20g	저장용액 : 피마자유 25g
인 디 고 페 라					
한 국 쪽					
대 청					

그림 3-58. 피마자유의 양이 인디고 염료(면원단 염색)에 미치는 영향

인디고페라 분말염료를 이용한 염색에 대한 피마자유 첨가량이 견직물의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 색차값은 피마자유 첨가량이 많을수록 색차값이 적어졌다(표 3-76.). 즉, 피마자유를 5g을 희석했을 때의 색차값은 60.58이었으나 15g을 첨가 시는 60.46, 25g을 첨가 시는 56.48을 나타냈다. 명도를 나타내는 L값은 피마자유의 첨가량이 많을수록 높아졌는데, 피마자유를 5g을 희석했을 때는 38.49이었으나 15g을 첨가 시는 38.52, 25g을 첨가 시는 43.63을 나타냈다. 그러므로 인디고페라 인디고 염액을 이용하여 염색 시 피마자유를 첨가하고자 할 때는 물양 1L에 인디고페라 분말 50g을 사용할 때는 5g 정도의 피마자유를 첨가하여 사용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

표 3-76. 피마자유의 양이 인디고페라 염료(견원단 염색)에 미치는 영향

No.	저장용액						염색조건			색차값			
	인디고페라	하이드로	가성소다	물양	피마자유	저장기간	저장용액/물	염색온도	염색시간	L	a	b	ΔE
1	50g	25g	15g	1000 ml	5g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	38.49	2.52	-22.76	60.58
2	50g	25g	15g	1000 ml	10g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	37.02	2.61	-22.49	61.83
3	50g	25g	15g	1000 ml	15g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	38.52	2.08	-22.56	60.46
4	50g	25g	15g	1000 ml	20g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	39.66	0.97	-22.95	59.54
5	50g	25g	15g	1000 ml	25g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	43.63	0.58	-24.30	56.48

한국산 쪽 염료를 이용한 염액에 대한 피마자유 첨가량이 견직물의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 색차값은 피마자유 첨가량이 많을수록 색차값이 적어졌다(표 3-77). 즉, 피마자유를 5g을 희석했을 때의 색차값은 31.79이었으나 15g을 첨가 시는 30.72, 25g을 첨가 시는 21.28을 나타냈다. 명도를 나타내는 L값은 피마자유의 첨가량이 많을수록 높아졌는데, 피마자유를 5g을 희석했을 때는 69.63이었으나 15g을 첨가 시는 71.28, 25g을 첨가 시는 79.55을 나타냈다. 그러므로 한국산 쪽 염액을 이용하여 염색시 피마자유를 첨가하고자 할 때는 물양 1L에 니람 50g을 사용할 때는 5g 정도의 피마자유를 첨가하여 사용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

표 3-77. 피마자유의 양이 한국 쪽 염료(견원단 염색)에 미치는 영향

No.	저장용액						염색조건			색차값			
	한국쪽	하이드로	가성소다	물양	피마자유	저장기간	저장용액/물	염색온도	염색시간	L	a	b	ΔE
1	50g	25g	15g	1000 ml	5g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	69.63	0.06	-19.46	31.79
2	50g	25g	15g	1000 ml	10g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	70.40	-0.03	-19.37	31.15
3	50g	25g	15g	1000 ml	15g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	71.28	-0.17	-19.78	30.72
4	50g	25g	15g	1000 ml	20g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	74.64	-0.56	-18.67	27.56
5	50g	25g	15g	1000 ml	25g	10일 후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	79.55	-0.95	-14.72	21.28

대청 인디고 염액에 대한 피마자유 첨가량이 견직물의 염색성에 미치는 영향을 조사한 결과 색차값은 피마자유 첨가량이 많을수록 색차값이 적어졌다(표 3-88). 피마자유를 5g을 희석했을 때의 색차값은 25.97이었으나 15g을 첨가시는 23.92, 25g을 첨가시는 16.26을 나타냈다. 명도를 나타내는 L값은 피마자유의 첨가량이 많을수록 높아졌는데, 피마자유를 5g을 희석했을 때는 74.73이었으나 15g을 첨가시는 76.65, 25g을 첨가시는 82.92을 나타냈다. 그러므로 대청 인디고 염액을 이용하여 염색시 피마자유를 첨가하고자 할 때는 물 1L에 인디고 분말 50g을 사용할 때는 5g 정도의 피마자유를 첨가하여 사용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

표 3-88. 피마자유의 양이 대청 인디고 염료(견원단 염색)에 미치는 영향

No.	저장용액						염색조건			색차값			
	대청	하이 드로	가성 소다	물양	피마자유	저장기간	저장용액/물	염색온도	염색시간	L	a	b	ΔE
1	50g	25g	15g	1000 ml	5g	10일후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	74.73	-2.59	-16.16	25.97
2	50g	25g	15g	1000 ml	10g	10일후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	77.69	-2.54	-13.73	22.14
3	50g	25g	15g	1000 ml	15g	10일후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	76.65	-3.30	-15.05	23.92
4	50g	25g	15g	1000 ml	20g	10일후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	79.10	-3.12	-13.42	21.00
5	50g	25g	15g	1000 ml	25g	10일후 염색	16ml/84ml	30℃	30분	82.92	-3.14	-10.30	16.26

<견원단>

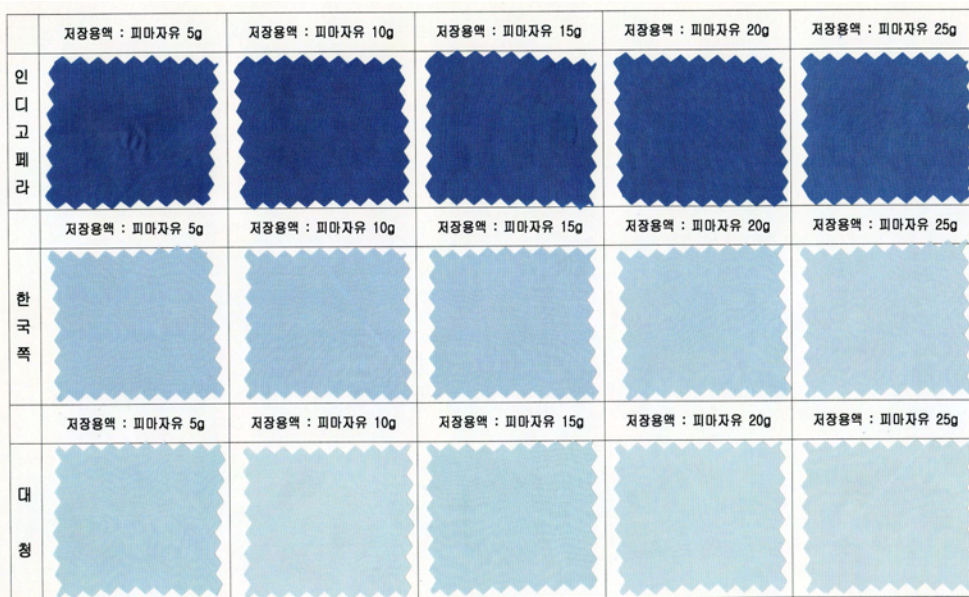


그림 3-59. 피마자유의 양이 인디고 염료(견원단 염색)에 미치는 영향

## 마. 인디고염료의 염착성 및 견뢰도

농색을 염색하기 위해서는 염색⇒산화를 반복해서 위해 염욕이 산화되어 간다. 염욕이 농조에 되돌아 간다든가 탁하게 된다면 가성소다와 하이드로셀파이드를 넣어서, 환원상태를 원래대로 되돌린 필요성이 있다. 처음에 염욕을 준비할 때의 반량정도에서 넣기 시작하고, 부족할 때 서서히 가성소다, 하이드로셀파이드를 넣어 놓는 것이 바람직하다. 가성소다, 하이드로셀파이드를 넣은 후에는 최저에서도 5-10분간 방치해서 충분히 반응이 일어나도록 해둔다. 반복해서 가성소다, 하이드로셀파이드를 가하는 경우, 필히 하이드로셀파이드에서 끝나도록 하는 것이 중요하다. 옅은 염욕에서 순차적으로 진한 염욕으로 이행하는 것으로 더욱더 견뢰도 높은 농색 염색이 얻어지는 것이다. 반대로 진한 염욕에서 염색을 반복시킨다면 보기에 는 수회의 염색으로 농색이 얻어지지만, 세탁, 마찰 등 견뢰도가 낮아서 염색된 색이 탈색되는 것이 심하다. 하이드로셀파이드의 지나친 과잉, 고온에서의 환원은 염색된 염료의 염착을 분해시키는 우려가 있으므로 주의해야 한다. 반대로 염욕의 온도가 현저하게 낮으면, 환원반응이 일어나기 어렵다. 가장 적절한 환원온도는 20-30℃을 유지하는 것이 좋다. 동절기에는 이를 위해 실내에 보관하는 등 가운을 하는 것이 바람직하다.



표 3-89. 인디고페라염료가 염착, 공기산화, 수세산화 시간에 따른 면원단의 염색성

$$\text{대조구} : 94.70 a + 0.90 b + 1.04$$

No.	인디고페라	하이드로	가성소나	물양	염착시간	공기산화	물속산화	L	a	b	ΔE	
1	2g	4g	1g	150ml	1분	5분	5분	43.33	-0.74	-20.97	55.91	
2	2g	4g	1g	150ml			20분	44.33	-0.76	-20.89	54.97	
3	2g	4g	1g	150ml			60분	42.82	-0.22	-21.38	56.55	
4	2g	4g	1g	150ml		20분	5분	43.56	-0.90	-21.15	55.96	
5	2g	4g	1g	150ml				20분	43.20	-0.60	-21.19	56.14
6	2g	4g	1g	150ml				60분	43.12	-0.72	-21.26	56.23
7	2g	4g	1g	150ml		60분	5분	44.61	-0.91	-21.34	54.91	
8	2g	4g	1g	150ml				20분	43.73	-0.80	-20.80	55.47
9	2g	4g	1g	150ml				60분	42.93	0.02	-21.02	56.27
10	2g	4g	1g	150ml	5분	5분	5분	37.76	0.19	-20.37	60.84	
11	2g	4g	1g	150ml			20분	36.79	0.77	-20.18	61.69	
12	2g	4g	1g	150ml			60분	37.97	0.45	-20.51	60.70	
13	2g	4g	1g	150ml		20분	5분	38.07	0.04	-20.09	60.49	
14	2g	4g	1g	150ml				20분	38.36	0.50	-20.19	60.19
15	2g	4g	1g	150ml				60분	38.27	0.42	-20.33	60.33
16	2g	4g	1g	150ml		60분	5분	38.36	0.07	-20.17	60.19	
17	2g	4g	1g	150ml				20분	38.85	0.41	-20.75	59.93
18	2g	4g	1g	150ml				60분	37.09	0.38	-20.22	61.42
19	2g	4g	1g	150ml	10분	5분	5분	35.02	1.00	-19.21	63.02	
20	2g	4g	1g	150ml			20분	36.62	0.35	-19.55	61.60	
21	2g	4g	1g	150ml			60분	35.57	0.46	-19.41	62.56	
22	2g	4g	1g	150ml		20분	5분	35.22	0.99	-19.01	62.77	
23	2g	4g	1g	150ml				20분	36.10	0.67	-19.44	62.05
24	2g	4g	1g	150ml				60분	35.96	0.39	-19.39	62.19
25	2g	4g	1g	150ml		60분	5분	35.69	0.69	-19.43	62.43	
26	2g	4g	1g	150ml				20분	35.99	1.23	-19.29	62.09
27	2g	4g	1g	150ml				60분	35.59	0.39	-19.12	62.44

인디고페라, 한국쪽, 대청 모두 염색시간이 길수록 염색이 더 잘되는 것으로 나타났다. 공기산화와 물속산화의 시간 차이는 염색성에 큰 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다.

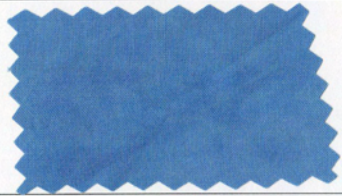
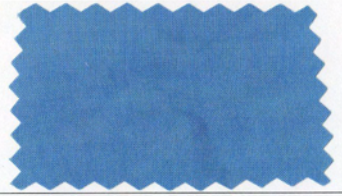
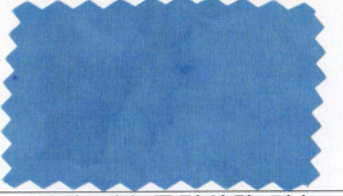




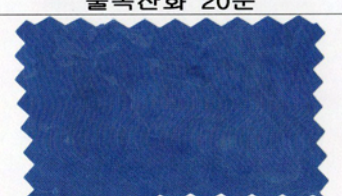
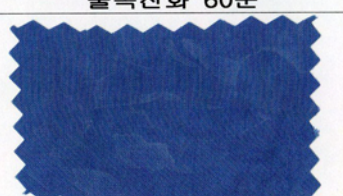
표 3-90. 인디고페라염료가 염착, 공기산화, 수세산화 시간에 따른 견원단의 염색성

$$\text{대조구} : 94.40 a + 0.58 b + 0.52$$

No.	인디고 페라	하이드 로	가성소 나	불양	염착시 간	공기산 화	물속산 화	L	a	b	ΔE	
1	2g	4g	1g	150ml	1분	5분	5분	52.40	-2.43	-22.69	48.07	
2	2g	4g	1g	150ml			20분	53.62	-2.46	-23.69	47.37	
3	2g	4g	1g	150ml			60분	55.22	-2.72	-25.91	47.37	
4	2g	4g	1g	150ml		20분	5분	5분	51.87	-2.23	-22.49	48.40
5	2g	4g	1g	150ml				20분	53.33	-2.36	-22.02	46.94
6	2g	4g	1g	150ml				60분	54.58	-2.15	-24.18	46.92
7	2g	4g	1g	150ml		60분	5분	5분	53.06	-2.35	-21.70	47.02
8	2g	4g	1g	150ml				20분	53.28	-2.70	-22.16	47.03
9	2g	4g	1g	150ml				60분	54.81	-3.03	-23.62	46.47
10	2g	4g	1g	150ml	5분	5분	5분	44.91	-0.24	-23.05	54.80	
11	2g	4g	1g	150ml			20분	44.46	0.05	-23.36	55.37	
12	2g	4g	1g	150ml			60분	45.64	0.48	-25.26	55.13	
13	2g	4g	1g	150ml		20분	5분	5분	46.20	-0.46	-22.90	53.60
14	2g	4g	1g	150ml				20분	44.02	0.26	-23.73	55.85
15	2g	4g	1g	150ml				60분	45.93	0.71	-24.93	54.73
16	2g	4g	1g	150ml		60분	5분	5분	43.84	0.29	-23.11	55.77
17	2g	4g	1g	150ml				20분	44.89	-0.04	-22.67	54.68
18	2g	4g	1g	150ml				60분	45.74	0.52	-24.61	54.75
19	2g	4g	1g	150ml	10분	5분	5분	36.26	1.54	-22.97	60.64	
20	2g	4g	1g	150ml			20분	39.43	1.11	-22.65	59.64	
21	2g	4g	1g	150ml			60분	39.11	1.94	-23.91	60.44	
22	2g	4g	1g	150ml		20분	5분	5분	41.42	0.82	-22.88	57.90
23	2g	4g	1g	150ml				20분	40.16	1.00	-22.49	58.93
24	2g	4g	1g	150ml				60분	40.36	1.84	-23.83	59.20
25	2g	4g	1g	150ml		60분	5분	5분	41.79	0.40	-22.82	57.56
26	2g	4g	1g	150ml				20분	38.71	1.39	-22.97	60.46
27	2g	4g	1g	150ml				60분	42.80	0.91	-23.84	57.04

농색을 염색하기 위해서는 염색⇒산화을 반복해서 위해 염욕이 산화되어 간다. 염욕이 농조에 되돌아 간다든가 탁하게 된다면 가성소다와 하이드로셀파이드를 넣어서, 환원상태를 원래대로 되돌린 필요성이 있다. 처음에 염욕을 준비할 때의 반량정도에서 넣기 시작하고, 부족할 때 서서히 가성소다, 하이드로셀파이드를 넣어 놓는 것이 바람직하다. 가성소다, 하이드로셀파이드를 넣은 후에는 최저에서도 5-10분간 방치해서 충분히 반응이 일어나도록 해둔다. 반복해서 가성소다, 하이드로셀파이드를 가하는 경우, 필히 하이드로셀파이드에서 끝나도록 하는 것이 중요하다.

○ 인디고페라

인 디 고 페 라	염착 1분 공기산화 5분 물속산화 5분	염착 1분 공기산화 5분 물속산화 20분	염착 1분 공기산화 5분 물속산화 60분
			
	염착 5분 공기산화 5분 물속산화 5분	염착 5분 공기산화 5분 물속산화 20분	염착 5분 공기산화 5분 물속산화 60분
			
	염착 10분 공기산화 5분 물속산화 5분	염착 10분 공기산화 5분 물속산화 20분	염착 10분 공기산화 5분 물속산화 60분
			

<그림 2-8> 인디고페라염료가 염착, 공기산화, 수세산화 시간에 따른 원단의 염색성1

인 디 고 페 라	염착 1분 공기산화 20분 물속산화 5분	염착 1분 공기산화 20분 물속산화 20분	염착 1분 공기산화 20분 물속산화 60분
			
	염착 5분 공기산화 20분 물속산화 5분	염착 5분 공기산화 20분 물속산화 20분	염착 5분 공기산화 20분 물속산화 60분
			
	염착 10분 공기산화 20분 물속산화 5분	염착 10분 공기산화 20분 물속산화 20분	염착 10분 공기산화 20분 물속산화 60분
			

그림 3-59. 인디고페라염료가 염착, 공기산화, 수세산화 시간에 따른 원단의 염색성2

인 디 고 페 라	염착 1분 공기산화 60분 물속산화 5분	염착 1분 공기산화 60분 물속산화 20분	염착 1분 공기산화 60분 물속산화 60분
			
	염착 5분 공기산화 60분 물속산화 5분	염착 5분 공기산화 60분 물속산화 20분	염착 5분 공기산화 60분 물속산화 60분
			
	염착 10분 공기산화 60분 물속산화 5분	염착 10분 공기산화 60분 물속산화 20분	염착 10분 공기산화 60분 물속산화 60분
			

그림 3-60. 인디고페라염료가 염착, 공기산화, 수세산화 시간에 따른 원단의 염색성3

표 3-91. 한국 쪽염료가 염착, 공기산화, 수세산화 시간에 따른 면원단의 염색성

대조구 : 94.70 a +0.90 b +1.04

No.	한국쪽	하이 드로	가성 소다	물양	염착 시간	공기 산화	물속 산화	L	a	b	ΔE	
1	5g	10g	1g	150ml	1분	5분	5분	35.32	2.16	-22.31	63.63	
2	5g	10g	1g	150ml			20분	35.03	2.16	-21.91	63.75	
3	5g	10g	1g	150ml			60분	34.82	2.12	-22.20	64.04	
4	5g	10g	1g	150ml		20분	5분	5분	34.45	2.24	-21.97	64.30
5	5g	10g	1g	150ml				20분	36.32	1.98	-22.66	62.81
6	5g	10g	1g	150ml				60분	34.99	2.21	-22.35	63.96
7	5g	10g	1g	150ml		60분	5분	5분	35.47	1.70	-21.67	63.26
8	5g	10g	1g	150ml				20분	35.87	1.96	-22.64	63.25
9	5g	10g	1g	150ml				60분	35.02	1.89	-21.69	63.70
10	5g	10g	1g	150ml	5분	5분	5분	31.20	3.20	-20.58	66.82	
11	5g	10g	1g	150ml			20분	30.94	2.59	-20.00	66.89	
12	5g	10g	1g	150ml			60분	30.45	2.83	-20.15	67.45	
13	5g	10g	1g	150ml		20분	5분	5분	30.97	2.66	-20.06	66.93
14	5g	10g	1g	150ml				20분	30.96	3.07	-20.28	67.02
15	5g	10g	1g	150ml				60분	30.09	3.06	-20.02	67.75
16	5g	10g	1g	150ml		60분	5분	5분	31.71	2.74	-20.39	66.32
17	5g	10g	1g	150ml				20분	32.37	2.65	-20.86	65.87
18	5g	10g	1g	150ml				60분	31.76	2.89	-20.87	66.44
19	5g	10g	1g	150ml	10분	5분	5분	29.31	2.91	-19.16	68.18	
20	5g	10g	1g	150ml			20분	29.51	2.60	-18.36	67.75	
21	5g	10g	1g	150ml			60분	29.37	2.98	-18.81	68.03	
22	5g	10g	1g	150ml		20분	5분	5분	29.90	3.41	-19.46	67.73
23	5g	10g	1g	150ml				20분	30.04	2.88	-19.13	67.49
24	5g	10g	1g	150ml				60분	29.46	3.14	-19.12	68.07
25	5g	10g	1g	150ml		60분	5분	5분	30.17	2.61	-18.57	67.22
26	5g	10g	1g	150ml				20분	30.06	3.30	-18.96	67.40
27	5g	10g	1g	150ml				60분	29.05	3.38	-18.97	68.38

표 3-92. 한국 쪽염료가 염착, 공기산화, 수세산화 시간에 따른 견원단의 염색성

$$\text{대조구} : 94.40 \text{ a} + 0.58 \text{ b} + 0.52$$

No.	한국쪽	하이 드로	가성 소다	물양	염착 시간	공기 산화	물속 산화	L	a	b	ΔE	
1	5g	10g	1g	150ml	1분	5분	5분	40.46	2.38	-24.02	59.27	
2	5g	10g	1g	150ml			20분	41.52	1.99	-23.52	58.07	
3	5g	10g	1g	150ml			60분	42.30	3.02	-26.18	58.57	
4	5g	10g	1g	150ml		20분	5분	5분	38.30	3.25	-23.75	61.17
5	5g	10g	1g	150ml				20분	38.75	3.26	24.53	60.88
6	5g	10g	1g	150ml				60분	40.72	3.37	-25.52	59.70
7	5g	10g	1g	150ml		60분	5분	5분	41.13	2.25	-23.58	58.49
8	5g	10g	1g	150ml				20분	44.25	1.74	-23.18	55.46
9	5g	10g	1g	150ml				60분	42.85	3.03	-25.02	57.57
10	5g	10g	1g	150ml	5분	5분	5분	33.60	4.65	-23.63	65.51	
11	5g	10g	1g	150ml			20분	31.92	5.35	-23.99	67.31	
12	5g	10g	1g	150ml			60분	32.34	5.76	-24.78	67.21	
13	5g	10g	1g	150ml		20분	5분	5분	33.03	4.89	-24.07	66.24
14	5g	10g	1g	150ml				20분	32.82	5.42	-23.90	66.40
15	5g	10g	1g	150ml				60분	34.47	5.01	-24.70	65.18
16	5g	10g	1g	150ml		60분	5분	5분	35.09	4.36	-23.80	64.19
17	5g	10g	1g	150ml				20분	35.23	4.52	-23.89	64.13
18	5g	10g	1g	150ml				60분	32.71	6.41	-24.98	66.91
19	5g	10g	1g	150ml	10분	5분	5분	28.90	6.09	-21.99	69.49	
20	5g	10g	1g	150ml			20분	27.64	6.42	-20.83	70.33	
21	5g	10g	1g	150ml			60분	28.39	7.08	-22.54	70.19	
22	5g	10g	1g	150ml		20분	5분	5분	28.01	6.45	-21.29	70.13
23	5g	10g	1g	150ml				20분	27.62	6.89	-21.04	70.44
24	5g	10g	1g	150ml				60분	28.95	6.35	-22.15	69.51
25	5g	10g	1g	150ml		60분	5분	5분	28.52	6.46	-21.35	69.64
26	5g	10g	1g	150ml				20분	28.28	6.40	-21.29	69.87
27	5g	10g	1g	150ml				60분	28.29	6.75	-21.98	70.06

○ 한국쪽










한 국 쪽	염착 1분 공기산화 5분 물속산화 5분	염착 1분 공기산화 5분 물속산화 20분	염착 1분 공기산화 5분 물속산화 60분
			
	염착 5분 공기산화 5분 물속산화 5분	염착 5분 공기산화 5분 물속산화 20분	염착 5분 공기산화 5분 물속산화 60분
			
	염착 10분 공기산화 5분 물속산화 5분	염착 10분 공기산화 5분 물속산화 20분	염착 10분 공기산화 5분 물속산화 60분
			

그림 3-61. 한국 쪽염료가 염착, 공기산화, 수세산화 시간에 따른 원단의 염색성1

한 국 쪽	염착 1분 공기산화 20분 물속산화 5분	염착 1분 공기산화 20분 물속산화 20분	염착 1분 공기산화 20분 물속산화 60분
			
	염착 5분 공기산화 20분 물속산화 5분	염착 5분 공기산화 20분 물속산화 20분	염착 5분 공기산화 20분 물속산화 60분
			
	염착 10분 공기산화 20분 물속산화 5분	염착 10분 공기산화 20분 물속산화 20분	염착 10분 공기산화 20분 물속산화 60분
			

그림 3-62. 한국 쪽염료가 염착, 공기산화, 수세산화 시간에 따른 원단의 염색성2


한 국 쪽	염착 1분 공기산화 60분 물속산화 5분	염착 1분 공기산화 60분 물속산화 20분	염착 1분 공기산화 60분 물속산화 60분
			
	염착 5분 공기산화 60분 물속산화 5분	염착 5분 공기산화 60분 물속산화 20분	염착 5분 공기산화 60분 물속산화 60분
			
	염착 10분 공기산화 60분 물속산화 5분	염착 10분 공기산화 60분 물속산화 20분	염착 10분 공기산화 60분 물속산화 60분
			

그림 3-63. 한국 쪽염료가 염착, 공기산화, 수세산화 시간에 따른 원단의 염색성3



표 3-92. 대청염료가 염착, 공기산화, 수산화 시간에 따른 먼원단의 염색성

대조구 : 94.12 a +0.06 b +1.94

No.	대청	하이 드로	가성 소다	물양	염착 시간	공기 산화	물속 산화	L	a	b	ΔE	
1	5g	10g	1g	150ml	1분	5분	5분	58.20	-2.72	-19.28	41.79	
2	5g	10g	1g	150ml			20분	57.76	-2.65	-19.23	42.17	
3	5g	10g	1g	150ml			60분	54.38	-2.28	-20.18	45.53	
4	5g	10g	1g	150ml		20분	5분	5분	55.27	-1.76	-19.47	44.42
5	5g	10g	1g	150ml				20분	59.03	-2.35	-18.65	40.73
6	5g	10g	1g	150ml				60분	59.19	-1.74	-18.00	40.24
7	5g	10g	1g	150ml		60분	5분	5분	57.74	-2.15	-18.85	41.93
8	5g	10g	1g	150ml				20분	56.63	-2.21	-19.18	43.12
9	5g	10g	1g	150ml				60분	56.49	-2.15	-19.00	43.10
10	5g	10g	1g	150ml	5분	5분	5분	48.93	-1.92	-20.89	50.62	
11	5g	10g	1g	150ml			20분	50.29	-2.24	-20.88	49.46	
12	5g	10g	1g	150ml			60분	49.39	-1.67	-21.40	50.46	
13	5g	10g	1g	150ml		20분	5분	5분	48.90	-1.52	-21.57	50.97
14	5g	10g	1g	150ml				20분	51.84	-2.02	-21.06	48.19
15	5g	10g	1g	150ml				60분	49.35	-1.46	-21.17	50.36
16	5g	10g	1g	150ml		60분	5분	5분	51.01	-1.42	-21.19	48.98
17	5g	10g	1g	150ml				20분	51.09	-1.57	-20.74	48.64
18	5g	10g	1g	150ml				60분	49.09	-1.37	-21.37	50.72
19	5g	10g	1g	150ml	10분	5분	5분	48.71	-1.59	-21.17	50.97	
20	5g	10g	1g	150ml			20분	47.45	-0.98	-21.03	52.02	
21	5g	10g	1g	150ml			60분	46.52	-1.47	-21.54	53.11	
22	5g	10g	1g	150ml		20분	5분	5분	47.71	-1.15	-21.92	52.18
23	5g	10g	1g	150ml				20분	46.83	-1.32	-21.50	52.78
24	5g	10g	1g	150ml				60분	48.25	-0.88	-20.63	51.13
25	5g	10g	1g	150ml		60분	5분	5분	46.99	-1.24	-21.44	52.60
26	5g	10g	1g	150ml				20분	44.98	-0.76	-22.03	54.70
27	5g	10g	1g	150ml				60분	47.93	-1.50	-21.23	51.69

표 3-93. 대청염료가 염착, 공기산화, 수세산화 시간에 따른 견원단의 염색성

대조구 : 94.40 a +0.58 b +0.52

No.	대청	하이 드로	가성 소다	물양	염착 시간	공기 산화	물속 산화	L	a	b	ΔE	
1	5g	10g	1g	150ml	1분	5분	5분	54.69	2.13	-21.61	45.47	
2	5g	10g	1g	150ml			20분	53.58	2.23	-22.44	46.83	
3	5g	10g	1g	150ml			60분	56.31	1.77	-20.69	43.59	
4	5g	10g	1g	150ml		20분	5분	5분	54.72	3.51	-21.39	45.40
5	5g	10g	1g	150ml				20분	56.74	2.65	-21.52	43.58
6	5g	10g	1g	150ml				60분	56.46	2.69	-21.15	43.72
7	5g	10g	1g	150ml		60분	5분	5분	53.10	3.73	-20.16	46.21
8	5g	10g	1g	150ml				20분	55.57	3.60	-20.68	44.33
9	5g	10g	1g	150ml				60분	57.07	3.62	-19.80	42.68
10	5g	10g	1g	150ml	5분	5분	5분	43.41	4.67	-25.05	57.19	
11	5g	10g	1g	150ml			20분	43.15	4.97	-25.05	57.41	
12	5g	10g	1g	150ml			60분	42.56	4.58	-25.14	58.01	
13	5g	10g	1g	150ml		20분	5분	5분	44.26	4.81	-24.85	56.34
14	5g	10g	1g	150ml				20분	43.62	5.20	-27.40	58.11
15	5g	10g	1g	150ml				60분	43.07	4.58	-24.99	57.49
16	5g	10g	1g	150ml		60분	5분	5분	45.28	5.74	-24.56	55.35
17	5g	10g	1g	150ml				20분	44.67	6.74	-24.88	56.19
18	5g	10g	1g	150ml				60분	47.71	7.70	-26.42	54.40
19	5g	10g	1g	150ml	10분	5분	5분	40.84	5.02	-24.99	59.28	
20	5g	10g	1g	150ml			20분	42.63	5.08	-25.11	57.96	
21	5g	10g	1g	150ml			60분	42.30	4.69	-24.92	58.12	
22	5g	10g	1g	150ml		20분	5분	5분	42.37	5.29	-25.63	58.47
23	5g	10g	1g	150ml				20분	43.58	5.85	-24.13	56.70
24	5g	10g	1g	150ml				60분	43.52	6.15	-27.21	58.18
25	5g	10g	1g	150ml		60분	5분	5분	42.95	5.69	-24.76	57.55
26	5g	10g	1g	150ml				20분	42.73	4.99	-24.01	57.31
27	5g	10g	1g	150ml				60분	42.01	6.48	-27.13	59.39

○ 대청










대 청	염착 1분 공기산화 5분 물속산화 5분	염착 1분 공기산화 5분 물속산화 20분	염착 1분 공기산화 5분 물속산화 60분
			
	염착 5분 공기산화 5분 물속산화 5분	염착 5분 공기산화 5분 물속산화 20분	염착 5분 공기산화 5분 물속산화 60분
			
	염착 10분 공기산화 5분 물속산화 5분	염착 10분 공기산화 5분 물속산화 20분	염착 10분 공기산화 5분 물속산화 60분
			

그림 3-64. 대청 인디고염료가 염착, 공기산화, 수세산화 시간에 따른 원단의 염색성1


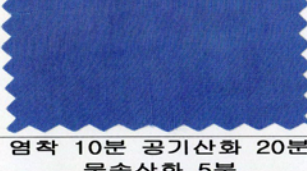

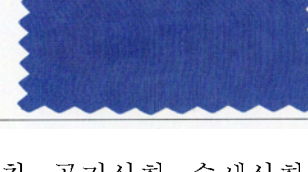
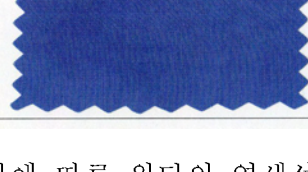
대 청	염착 1분 공기산화 20분 물속산화 5분	염착 1분 공기산화 20분 물속산화 20분	염착 1분 공기산화 20분 물속산화 60분
			
	염착 5분 공기산화 20분 물속산화 5분	염착 5분 공기산화 20분 물속산화 20분	염착 5분 공기산화 20분 물속산화 60분
			
	염착 10분 공기산화 20분 물속산화 5분	염착 10분 공기산화 20분 물속산화 20분	염착 10분 공기산화 20분 물속산화 60분
			

그림 3-65. 대청 인디고염료가 염착, 공기산화, 수세산화 시간에 따른 원단의 염색성2

대 청	염착 1분 공기산화 60분 물속산화 5분	염착 1분 공기산화 60분 물속산화 20분	염착 1분 공기산화 60분 물속산화 60분
	염착 5분 공기산화 60분 물속산화 5분	염착 5분 공기산화 60분 물속산화 20분	염착 5분 공기산화 60분 물속산화 60분
	염착 10분 공기산화 60분 물속산화 5분	염착 10분 공기산화 60분 물속산화 20분	염착 10분 공기산화 60분 물속산화 60분

그림 3-66. 대청 인디고염료가 염착, 공기산화, 수세산화 시간에 따른 원단의 염색성3

### 라. 인디고염료의 공기산화/수세산화 염색기법

- 염착-공기산화(1회반복) 염착 - 수세산화(3회)  
: 염착→공기산화→염착→수세→염착→수세→염착→수세
- 염착-공기산화(2회반복) 염착 - 수세산화(2회)  
: 염착→공기산화→염착→공기산화→염착→수세→염착→수세
- 염착-공기산화(3회반복) 염착 - 수세산화(1회)  
: 염착→공기산화→염착→공기산화→염착→공기산화→염착→수세

인디고염료에 한하지 않고 염색의 큰 특성은 염착성이다, 일반적인 식물염료의 경우 염욕에 긴 시간을 방치하면 높은 염착성이 얻어지지만, 인디고염색은 결코 그렇지 않다. 농색으로 염색되는 것은 단시간염색으로 염색⇒산화를 반복할 필요성이 있다. 안정한 농색을 얻고 싶다면 10회이상 반복한다 해도 많은 것이 아니다.

1회 염색 방법으로 염착시간 2분, 공기산화를 10분정도, 이와 같은 과정을 2, 3회에 걸쳐서 실시하고, 1-3회까지의 과정이 끝나면 4회는 수세에 의한 산화시킨다. 즉, 염착-공기산화(3회반복) 염착-수세산화(1회)을 반복하여 농색을 얻는다. 여기에서 수세산화는 불순물이 제거되어 얼룩이 없는 안정한 염색을 얻을 수 있다.

표 3-94. 인디고페라염료의 공기산화, 수세산화 횟수에 따른 염색성

No.	인디고페라	색차값			
		L	a	b	△E
1	염착-공기산화(3회반복) 염착-수세산화(1회)	22.82	4.36	-12.27	72.56
2	염착-공기산화(1회반복) 염착-수세산화(3회)	21.41	5.33	-8.91	73.31
3	염착-공기산화(2회반복) 염착-수세산화(2회)	23.81	4.05	-13.05	71.78

표 3-95. 한국 쪽염료의 공기산화, 수세산화 횟수에 따른 염색성

No.	한국쪽	색차값			
		L	a	b	△E
1	염착-공기산화(3회반복) 염착-수세산화(1회)	34.38	3.55	-20.49	63.99
2	염착-공기산화(1회반복) 염착-수세산화(3회)	34.06	3.41	-20.16	64.16
3	염착-공기산화(2회반복) 염착-수세산화(2회)	41.83	1.20	-19.89	56.80

표 3-96. 대청 인디고염료의 공기산화, 수세산화 횟수에 따른 염색성

No.	대청	색차값			
		L	a	b	△E
1	염착-공기산화(3회반복) 염착-수세산화(1회)	26.35	4.62	-16.95	70.33
2	염착-공기산화(1회반복) 염착-수세산화(3회)	24.35	4.47	-15.06	71.79
3	염착-공기산화(2회반복) 염착-수세산화(2회)	25.56	4.78	-16.51	71.05

염착-공기산화(1회반복) 염착-수세산화(3회)		
인디고페라	한국쪽	대청
		
염착-공기산화(2회반복) 염착-수세산화(2회)		
인디고페라	한국쪽	대청
		
염착-공기산화(3회반복) 염착-수세산화(1회)		
인디고페라	한국쪽	대청
		

그림 3-67. 인디고염료(인디고페라, 한국쪽, 대청)의 공기산화, 수세산화 횟수에 따른 염색성

인디고페라, 한국쪽, 대청 모두 두번째 방법으로 염색한 경우가 염색성이 더 좋은 결과를 얻었다. 공기산화의 횟수가 가장 적은 경우가 염색성이 좋은 것으로 나타났다.

#### 따. 인디고염료 산중화 기술개발

인디고 염색 후에는 인디고 염색을 환원시키기 위해 pH 10-11로 조정했을 때 사용한 강알칼리제를 제거해야지만 견뢰도를 높일 수 있다. 그렇기 때문에 인디고 염료를 이용하여 염색시는 수세⇒산중화⇒수세⇒탈수⇒건조 순으로 마무리하는 게 일반적이다. 산중화는 일반적으로 초산(acetic acid;CH<sub>3</sub>COOH)48%을 2cc/1리터, 상온의 물에 넣어서 용액을 만든 다음 용액속에 염착물을 넣어 둔다. 수세는 산의 냄새가 없어질 때까지 여러 회에 걸쳐서 수세를 해야 한다

##### (1) 인디고페라

산의 종류와 양이 인디고페라로 염색한 직물의 견뢰도에 미치는 영향을 조사한 결과 산 중화 처리 후는 산 중화 처리 전 보다 색차값 다소 낮아지는 것으로 나타났다. 이는 무처리구에 비해 중화과정에서 염료의 일부가 탈리되어 일어난 현상으로 추정되나 색차값의 차이는 미미하였다. 아울러 자외선 등을 처리한 것의 Δb 값은 무처리구에 비해 산처리구에서 다소 낮아지는 경향을 나타냈는데, 이는 산 중화 처리 효과에 의한 것으로 사료된다.

표 3-97. 인디고페라염료 산중화 시 초산의 양이 견뢰도에 미치는 염색성

No.	인디고페라	색차값(산중화 전)				색차값(산중화 후)				색차값(자외선등 처리 후)				
		L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE	Δb
1	무처리	45.64	-0.50	-20.98	53.95	46.69	0.10	-19.53	52.40	46.67	-2.52	-14.23	50.27	5.3
2	초산(CH <sub>3</sub> COOH)48% 2cc /1리터(물)	44.74	0.11	-21.09	54.86	45.50	0.56	-20.35	53.83	46.28	-1.76	-15.97	51.25	4.4
3	초산(CH <sub>3</sub> COOH)48% 5cc /1리터(물)	44.73	-0.21	-21.98	55.24	45.24	0.55	-20.64	54.17	45.94	-1.87	-15.54	51.43	5.1
4	초산(CH <sub>3</sub> COOH)48% 10cc /1리터(물)	43.62	0.59	-20.52	55.58	44.94	0.68	-20.52	54.41	45.95	-1.63	-16.05	51.70	4.5
5	초산(CH <sub>3</sub> COOH)48% 20cc /1리터(물)	44.18	0.81	-24.70	55.17	45.07	0.56	-20.24	54.16	45.49	-1.63	-15.70	51.86	4.5



그림 3-68. 인디고페라염료 산중화 시 초산의 양이 견뢰도에 미치는 염색성

(2) 한국쪽

산의 종류와 양이 한국산 쪽으로 염색한 직물의 견뢰도에 미치는 영향을 조사한 결과 산 중화 처리 후는 산 중화 처리 전 보다 색차값이 커지는 것으로 나타났다. 또 자외선 등을 처리한 것에서도 산 중화처리구는 색차값이 커졌다. 산 중화 처리에 의해 견뢰도가 확실하게 높아진 것을 의미한 것으로 사료된다.

표 3-98. 한국 쪽염료 산중화 시 초산의 양이 견뢰도에 미치는 염색성

No.	한국쪽	색차값(산중화 전)				색차값(산중화 후)				색차값(자외선등 처리 후)				
		L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE	Δb
1	무처리	51.72	0.77	-24.10	50.31	53.86	1.11	-21.69	47.26	54.91	-3.42	-12.65	42.08	9.04
2	초산(CH <sub>3</sub> COOH)48% 2cc /1리터(물)	51.49	0.40	-24.79	50.90	53.26	1.68	-22.35	48.09	55.23	-2.74	-14.20	42.38	8.15
3	초산(CH <sub>3</sub> COOH)48% 5cc /1리터(물)	51.39	0.65	-23.58	50.33	53.33	1.34	-22.11	47.96	54.68	-2.70	-14.34	42.97	7.77
4	초산(CH <sub>3</sub> COOH)48% 10cc /1리터(물)	48.26	0.93	-24.68	53.63	49.59	1.93	-22.89	51.52	49.48	-1.79	-16.38	48.51	6.51
5	초산(CH <sub>3</sub> COOH)48% 20cc /1리터(물)	44.50	1.95	-25.20	57.10	45.74	2.55	-23.99	55.44	46.49	-1.22	-17.89	51.86	6.10



그림 3-68. 한국 쪽염료 산중화 시 초산의 양이 견뢰도에 미치는 염색성

(3) 대 청

산의 종류와 양이 대청 인디고로 염색한 직물의 견뢰도에 미치는 영향을 조사한 결과 산 중화 처리 후는 산 중화 처리 전 보다 색차값이 다소 커지는 것으로 나타났다. 또 자외선 등을 처리한 것에서도 산 중화처리구는 색차값이 미미하게 적어졌다.



표 3-99. 대청 인디고염료 산중화 시 초산의 양이 견뢰도에 미치는 염색성

No.	대청	색차값(산중화 전)				색차값(산중화 후)				색차값(자외선등 처리 후)				
		L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE	Δb
1	무처리	51.35	-1.00	-23.76	50.80	53.96	0.01	-21.46	47.01	54.29	-3.97	-13.05	42.86	8.41
2	초산(CH <sub>3</sub> COOH)48% 2cc /1리터(물)	55.88	-1.66	-22.03	45.72	56.85	-0.47	-20.68	44.17	57.63	-4.17	-12.31	39.68	8.37
3	초산(CH <sub>3</sub> COOH)48% 5cc /1리터(물)	55.45	-1.96	-22.83	46.50	57.03	-0.71	-21.16	44.28	58.15	-3.73	-12.76	39.27	8.40
4	초산(CH <sub>3</sub> COOH)48% 10cc /1리터(물)	54.47	-2.42	-24.17	48.13	56.81	-0.73	-21.23	44.55	57.42	-4.07	-12.77	39.93	8.46
5	초산(CH <sub>3</sub> COOH)48% 20cc /1리터(물)	54.24	-2.12	-23.09	47.69	55.49	-0.29	-20.93	45.44	55.52	-3.27	-14.10	42.15	6.83



그림 3-69. 대청 인디고염료 산중화 시 초산의 양이 견뢰도에 미치는 염색성

산중화 처리 후는 산중화 처리 전보다 미세하게 색소가 빠짐을 색차값을 통해 알 수 있었다. 일광견뢰도를 알아보기 위해 자외선 등 아래에서 24시간 동안 방치 한 후 색차값을 측정하였는데 전체적으로 b값이 올라감을 알 수 있었다. 산중화 처리를 하지 않은 무처리구가 가장 높은 b값 차이를 보였고 초산의 농도가 높을수록 b값 차이가 적었다. 초산(48%) 2% 수용액에 산 중화 처리를 한 원단이 가장 일광에 강함. 하지만 젖물성분을 충분히 빼주지 않은 상태에서 자외선처리를 한 경우이므로 전체적으로 갈라는 다운되었다.

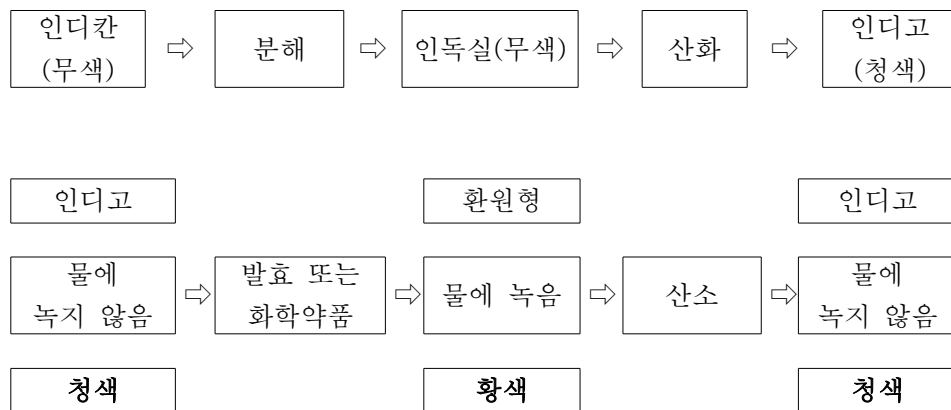
### 3. 염료 제어기술 및 시제품의 시운전(data base)

#### 가. 인디고 염료제조



<인디고 염료의 환원 공정>

인디고 색소를 갖는 식물들의 잎은 모두 녹색인데 청색으로 만들어지는 원리는 잎 중에 함유되어 있는 인디칸(indican;  $C_{14}H_{17}O_6N \cdot 3H_2O$ )이 인디고라는 청색의 색소로 변화된 것에 의한 것이다. 즉, 식물체 내에서 배당체의 일종으로 무색의 수용성 물질인 인디칸은 물 추출하면 자연 가수분해에 의하여 인독실(indoxyl;  $C_8H_7ON$ )이 되고, 이것이 산화되면 푸른색의 불용성 인디고(indigo;  $C_{16}H_{10}O_2N_2$ )가 된다. 쪽풀의 잎 중에는 인디칸이라는 무색의 물질이 함유되어 있고, 잎이 상처를 입거나, 마르거나 하면 다음과 같은 변화가 일어나 인디고라는 청색의 색소가 가능하다. 이것은 화학 반응에 의해 일어난다. 세계에는 인디고를 만들어내는 많은 종들의 식물이 있고, 그 분류학상의 종류도 다양하다. 그리고 이러한 식물들은 세계 각지에서 오래전부터 쪽 염색에 사용되어 왔다. 어떤 쪽식물이라도 인디고 전구체인 인디칸(무색의 수용성 물질)을 함유하고 있다. 이것이 가수분해(加水分解)되어 인독실로 변화되고, 그 2분자(分子)가 공기 산화와 함께 결합하는 것에 의해 청색의 인디고 색소를 형성한다.



<인디고의 변화>

## 나. 대량 생산 시스템

인디고 염색의 커다란 특징은 그 염착성에 있다. 일반 식물염료의 경우 염욕에 오랫동안 방치할수록 높은 염착성을 얻을 수 있지만 쪽 염색은 그렇지 않다. 질게 염색하기 위해서는 단시간 염색으로 염색→산화를 반복할 필요가 있다. 안정된 짙은 색을 얻고자 할 때는 10회 이상의 반복을 하는 경우도 없지 않다. 그 수순으로 침지 시간은 1-2분, 공기산화는 10분 정도 하는 형편이지만 2, 3회에 1회는 수세에 의해 산화과정에서 불순물이 흡착된 것을 제거해야지만 얼룩이 지지 않고 안정된 색을 얻을 수 있다.

단 계	내 용
건조 상태의 피염물 (실크, 면 등)	천연염색 정련은 정련제에 따라 염색성이 달라지고 불균염의 발생원인이 되기도 함
↓ 지거염색	염료 물분산(혼욕) 염액 제조(염료10%:물90%) 환원 염료용해(안료→염료 변환) 염색(염색정도에 따라 재염색)
↓ 수분산화 공기산화	녹색기가 없어질 때까지 산화 색깔이 연하면 중화처리를 하지 않고 재염 1차, 2차 산화처리
↓ 중화처리	초산48%의 pH 5 정도로 조정한 액
↓ 수세	충분히 수세를 함
↓ 열처리 건조	연속 후가공처리

<염색 과정>

## Polygonum indigo dyeing



물 : 400L / 온도 40℃ / pH 11 / agitation time : 72h

## Dyeing method

원단을 염색기에 넣는다.(약 800yd)



80℃물로 한번 washing 한다.(원단에 붙어 있는 불순물 제거 목적)



환원 발효 시킨 Polygonum indigo dye를 투입한다.



온도는 40℃로 유지한 후 dyeing한다.(산화 되는 것을 최대한 방지해야 한다.)



80℃의 물로 3-5회 반복 washing 한다.(남아있는 hydrosulfite, caustic soda 제거 목적)



20℃ 이하의 찬 물로 한 번 washing 한다.



140℃의 열로 건조와 동시에 항균 처리한다.

- Indigo dyeing process -

#### 4. 실크 인디고염색 공정 data base



- 1회 염착 및 염료소모량 data base -



<2회 염착 및 염료소모량 data base>



<3회 염착 및 염료소모량 data base>



<4회 염착 및 염료소모량 data base>



<5회 염착 및 염료소모량 data base>



<염착 및 염료소모량 data base 구축>

쪽 주성분은 염료분류상 vat염료로 분류되며 vat염료는 다음과 같은 특징을 지니고 있다. 낮은 온도에서 염색을 하지만 일반적으로 염색속도는 매우 빠르다. 평형에서의 염료 고착율이 매우 높았다. 따라서 염착속도 및 염료소모량을 데이터베이스화하여 언제나 같은 색상의 염색을 가능케 하였다.

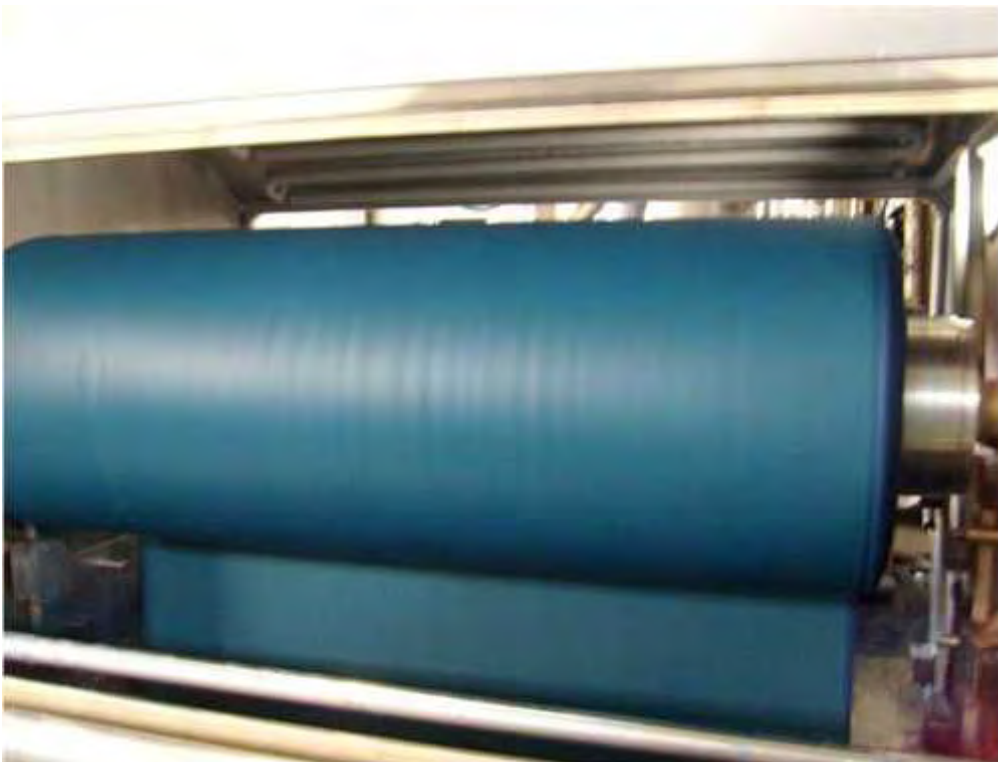


## 5. 섬유에 따른 인디고염료 흡수 및 고착 반응염색

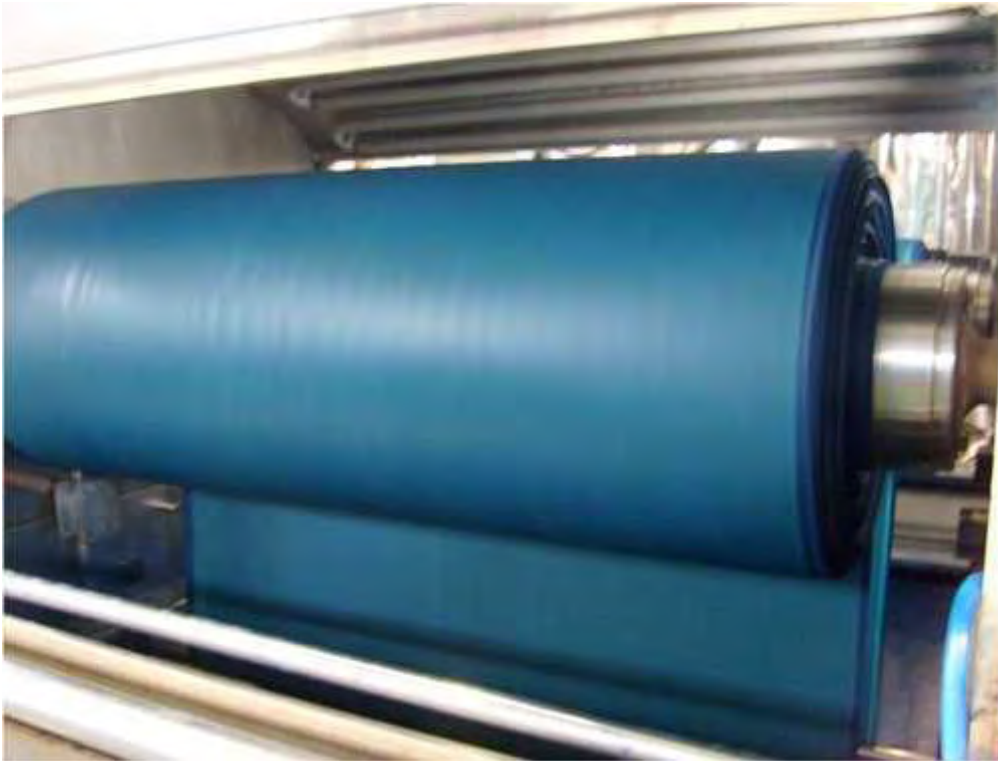
### 가. 실크원단 인디고염색공정



<5% 인디고염료(염료5:물95) data base>



<10% 인디고염료(염료10:물90) data base>



<12% 인디고염료(염료12:물88) data base>



<15% 인디고염료(염료15:물85) data base>

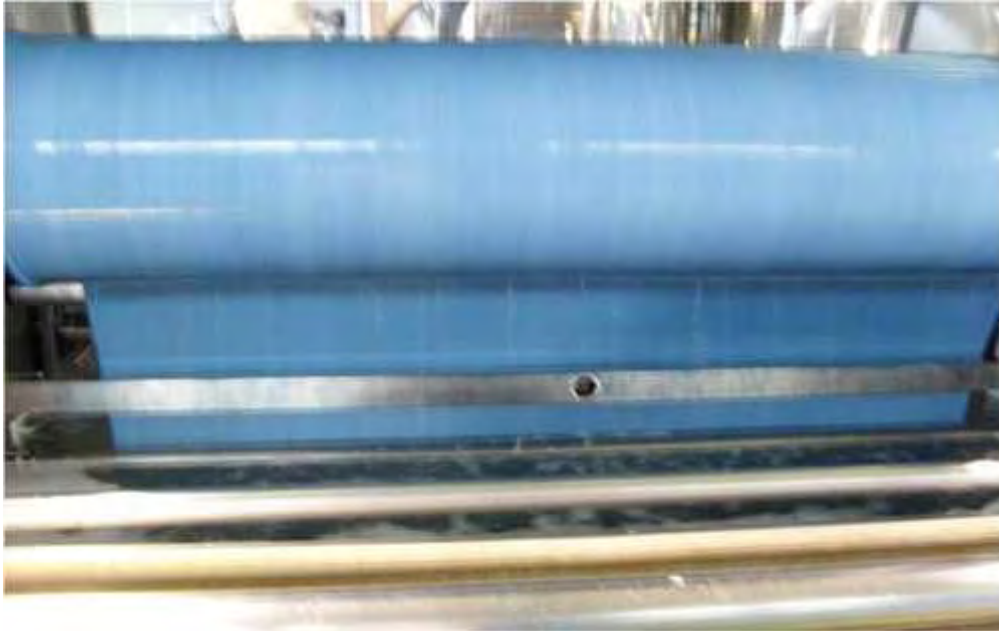
나. 면직물에 인디고염색



<5% 인디고염료(염료5:물95) data base>



<10% 인디고염료(염료10:물90) data base>



<15% 인디고염료(염료15:물85) data base>

인디고 염색속도가 빨라 염색속도에 고착율이 높아 균염성이 매우 낮다. vat염료의 특성상 상당한 농도로 알칼리와 환원제와 같은 전해질이 염욕에 포함되기 때문에 염의 첨가에 의한 염색성의 조절이 어렵다. Indigo 염색도 leuco형의 염료가 섬유내부로 확산하여 셀룰로우스에 흡착함으로써 염착이 되는 것은 직접염료와 동일하지만 셀룰로우스에 대한 직접성이 부족하기 때문에 일반적인 침염에 의해서는 진하게 염색되지 않는다. 본 실험에서는 염료농도가 높을수록 염착력을 좋았다. 그러나 염료소모량이 많아 실제 연속공정염색 시에는 문제점이 많았다. 실크의 경우 5%염료시험구와 10% 염료시험구에서는 차이를 보이지 않았으나 15% 염료시험구에서는 큰 차이를 보였다. 인디고 염색은 dipping-squeezing-atmospheric oxidation을 수회 반복함으로써 심색화가 가능하다. 인디고 추출색소를 이용한 면직물염색에서 추출색소의 농도가 증가하면 할수록 염착량은 증가하며 dipping을 반복함에 따라 염착량도 약간 증가하지만 색소 농도에 비하여 염착량의 증가에 미치는 영향은 줄었다. 인디고추출색소의 알칼리 환원욕에서 면직물을 염색할 때 중성염( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )을 첨가하면 염착량이 상당히 증가하며 dipping을 반복할 경우에도 중성염의 첨가에 의하여 뚜렷한 염착량의 증가 효과를 볼 수 있었다.

## 6. 쇼핑-수세 공정 기술 개발

### 가. 마직물 인디고염색 수세공정



<9회 수세공정 data base>



<6회 수세공정 data base>



<3회 수세공정 data base>

나. 폴리에스테르직물 인디고염색 수세공정



<5회 수세공정 data base>



<10회 수세공정 data base>

다. 면직물과 폴리에스테르 교직물의 인디고염색 수세공정



<5회 수세공정 data base>



<7회 수세공정 data base>



<5회 수세공정 후가공처리>





<5회 수세공정 후가공처리 제품>

라. 면과 마직물의 교직물 인디고염색 수세공정



<5회 수세공정>



<5회 수세공정 후가공처리>



<5회 수세공정 후가공처리>

마. 모직물 인디고염색 수세공정



<5회 수세공정>



<5회 수세공정 염착상태>



<7회 수세공정 염착상태>

인디고(쪽)으로 염색한 직물은 섬유와 염료와 섬유 및 염료와 염료 간에 수소결합이 형성되고, 물에 불용성인 인디고가 열탕 조건에서도 불용성이기 때문에 일반적인 식물추출물로 염색한 것이나 광물로 염색한 것에 비해 열탕건뢰도가 아주 높은 편이다.

인디고염색은 염색 후 단 시간에 잿물을 빼야 건뢰도를 높을 수 있다. 잿물은 알칼리이므로 염색물을 산을 희석한 용액에 담가서 pH를 낮추는 방법이다. 중화처리에 사용되는 산은 빙초산, 식초, 목초액 등이 있다. 방법은 피염물이 잠길 정도의 물에 산을 첨가하여 pH 4-5 정도로 조정된 다음 염색 후 공기산화와 건조를 마친 피염물을 용액에 집어넣고 30분 정도 침지 방치한다. 만약에 염색 후 수세를 하여 수분이 있는 상태의 피염물을 산용액에 넣게 되면 중화효과가 떨어지고, 더 많은 산 용액이 필요하게 된다. 본 실험에서는 피염물에 따라 약간 다른 특성을 나타내었지만 평균적으로 잿물과 세탁건뢰도에 영향을 받지 않는 수세 횟수는 5회가 가장 적당하였다.

## 7. 자동화시설 및 연속공정

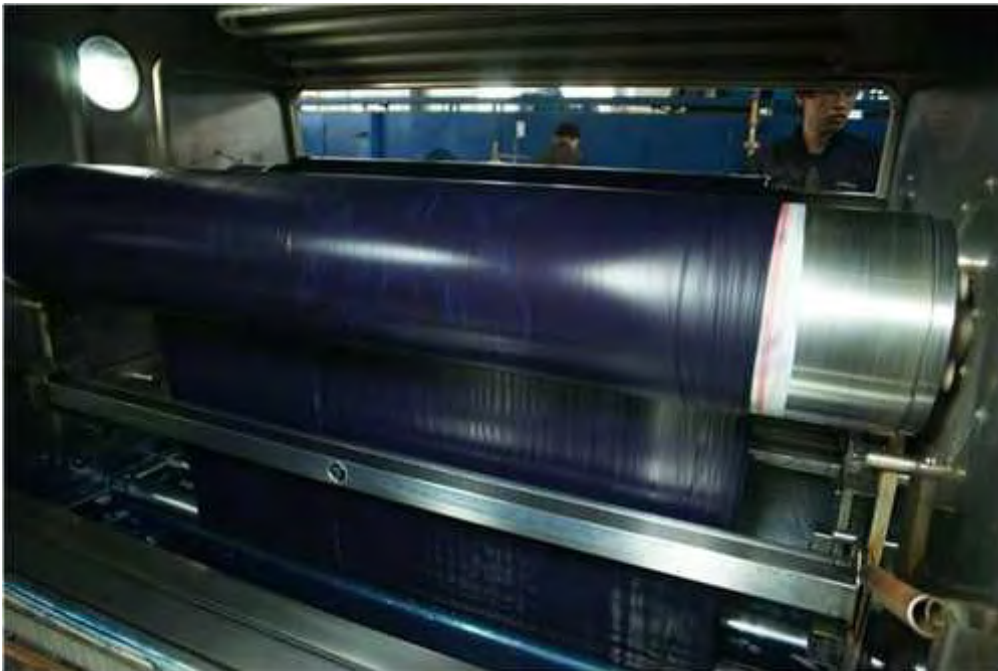
인디고 염색의 커다란 특징은 그 염착성에 있다. 일반 식물염료의 경우 염욕에 오랫동안 방치할수록 높은 염착성을 얻을 수 있지만 쪽 염색은 그렇지 않다. 짙게 염색하기 위해서는 단시간 염색으로 염색→산화를 반복할 필요가 있다. 안정된 짙은 색을 얻고자 할 때는 10회 이상의 반복을 하는 경우도 없지 않다. 그 수순으로 침지 시간은 1-2분, 공기산화는 10분 정도 하는 형편이지만 2, 3회에 1회는 수세에 의해 산화과정에서 불순물이 흡착된 것을 제거해야지만 얼룩이 지지 않고 안정된 색을 얻을 수 있다.

결론적으로 인디고염색은 매우 복잡한 과정을 거치는 염색이다. 본 연구에서는 많은 시행착오와 실험 끝에 자동화시설의 시운전과 연속공정을 확립하여 3,000야드 원단을 염색을 가능케 하였다. 염색과정과 내용은 다음과 같다.

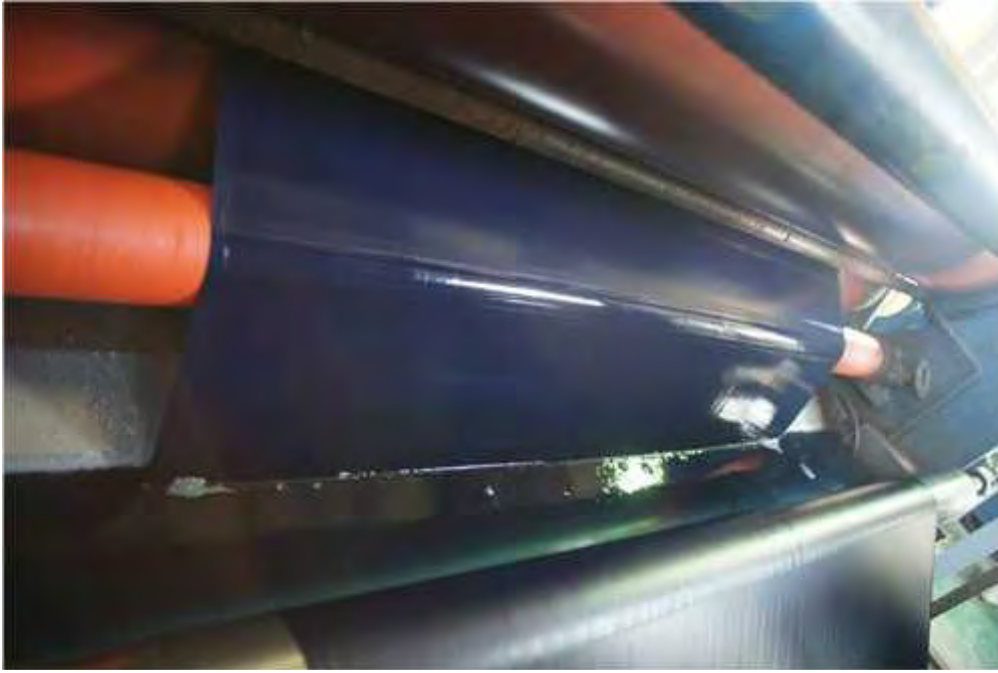
단 계	내 용
건조 상태의 피염물 (실크, 면 등)	천연염색 정련은 정련제에 따라 염색성이 달라지고 불균염의 발생원인이 되기도함
↓ 지거염색	염료 물분산(혼욕) 염액 제조(염료10%:물90%) 환원 염료용해(안료→염료 변환) 염색(염색정도에 따라 재염색)
↓ 수분산화 공기산화	녹색기가 없어질 때까지 산화 색깔이 연하면 중화처리를 하지 않고 재염 1차, 2차 산화처리
↓ 중화처리	초산48%의 pH 5 정도로 조정한 액
↓ 수세	충분히 수세를 함
↓ 열처리 건조	연속 후가공처리



<인디고전용 염색기>



<염료 물분산(염료 10%:물90%)>



<염액제조 및 혼합 (염료 10%:물90%)>



<염료 1차 환원 염색>

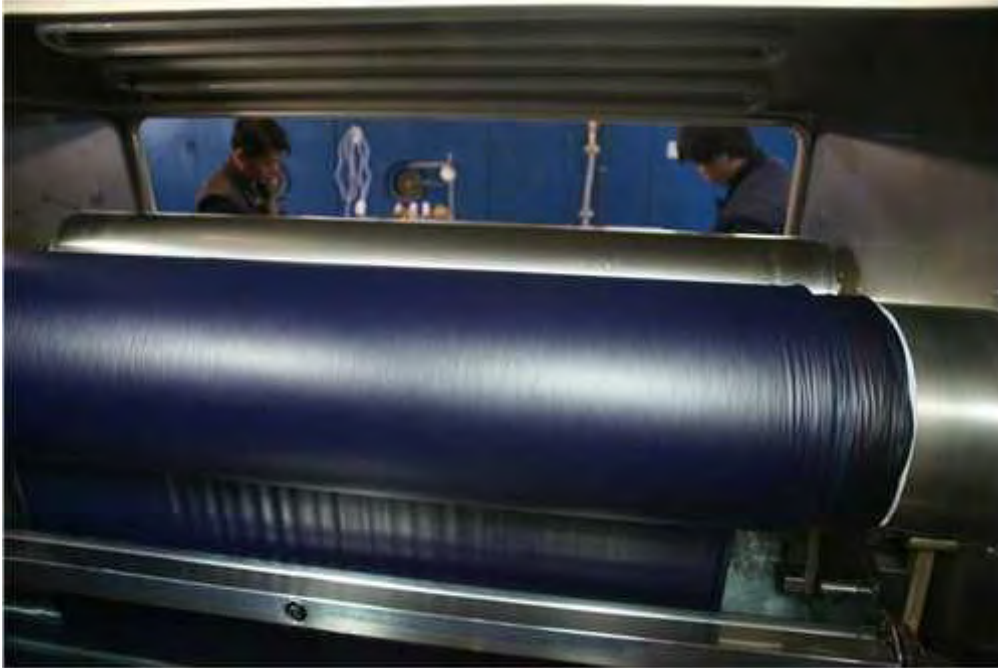


<염료 용해상태(안료→염료)변환>

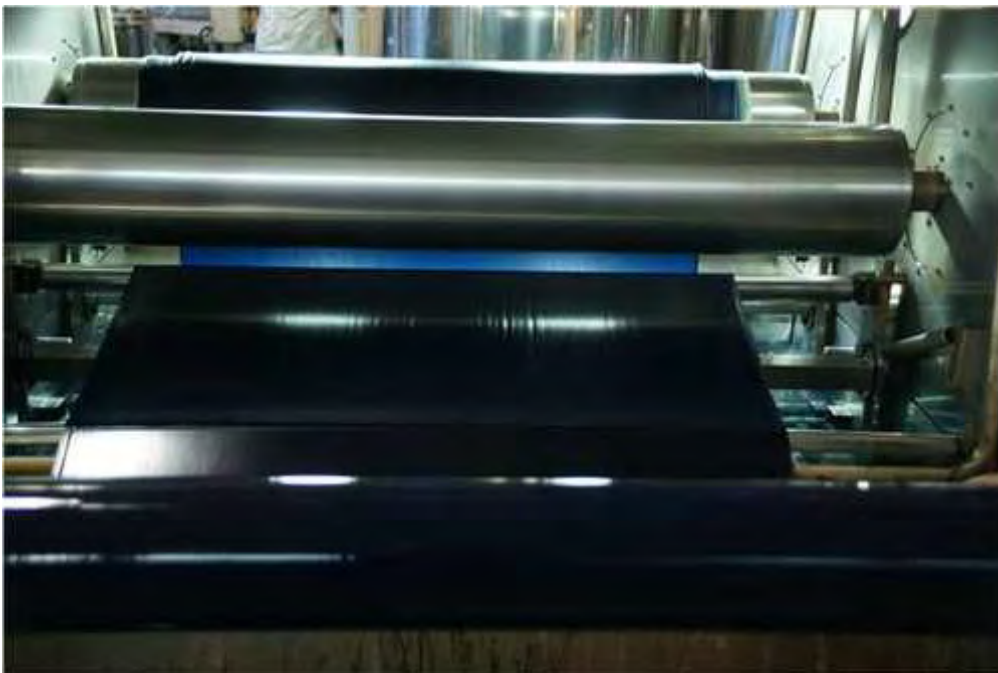


<염착염료 1차 수분 산화처리>





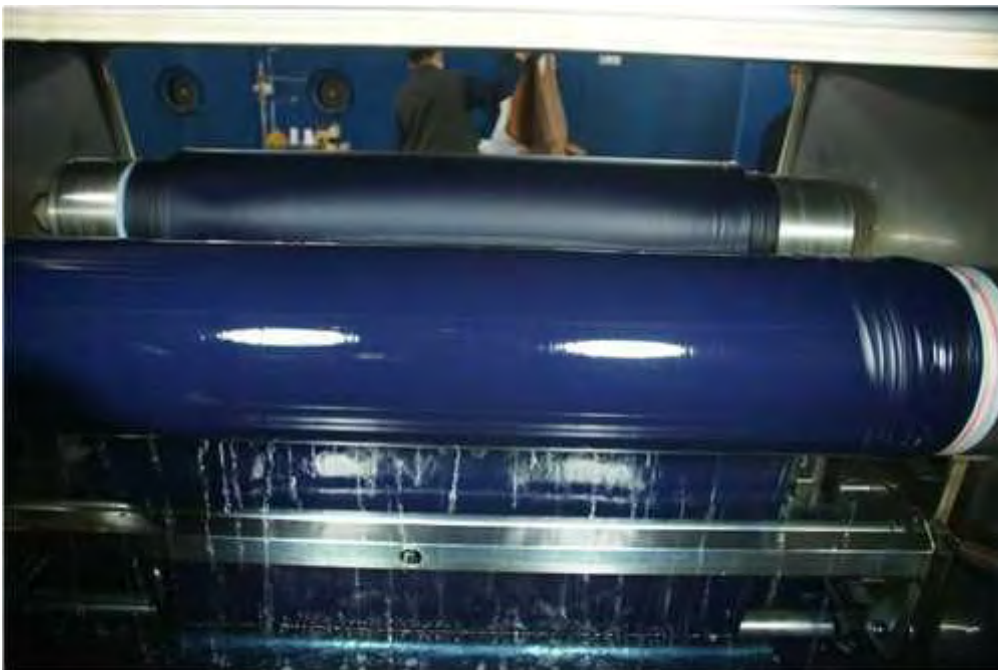
<섬유 염색>



<염료 2, 3차 환원 염색>



<쇼핑처리>



<수세 처리 과정>



<염착염료 2차 공기 산화처리>



<염료 고착 및 압착과정>



<200℃ 고온 텐터가공 처리>



<텐더 섬유 냉각처리>



<인디고 연속염색 및 후가공 원단 완제품>



<인디고 침구류 세노코 시제품>

## 8. 대량 3,000yd 연속공정 및 시제품 개발

### 가. 3,000야드 연속공정 시운전



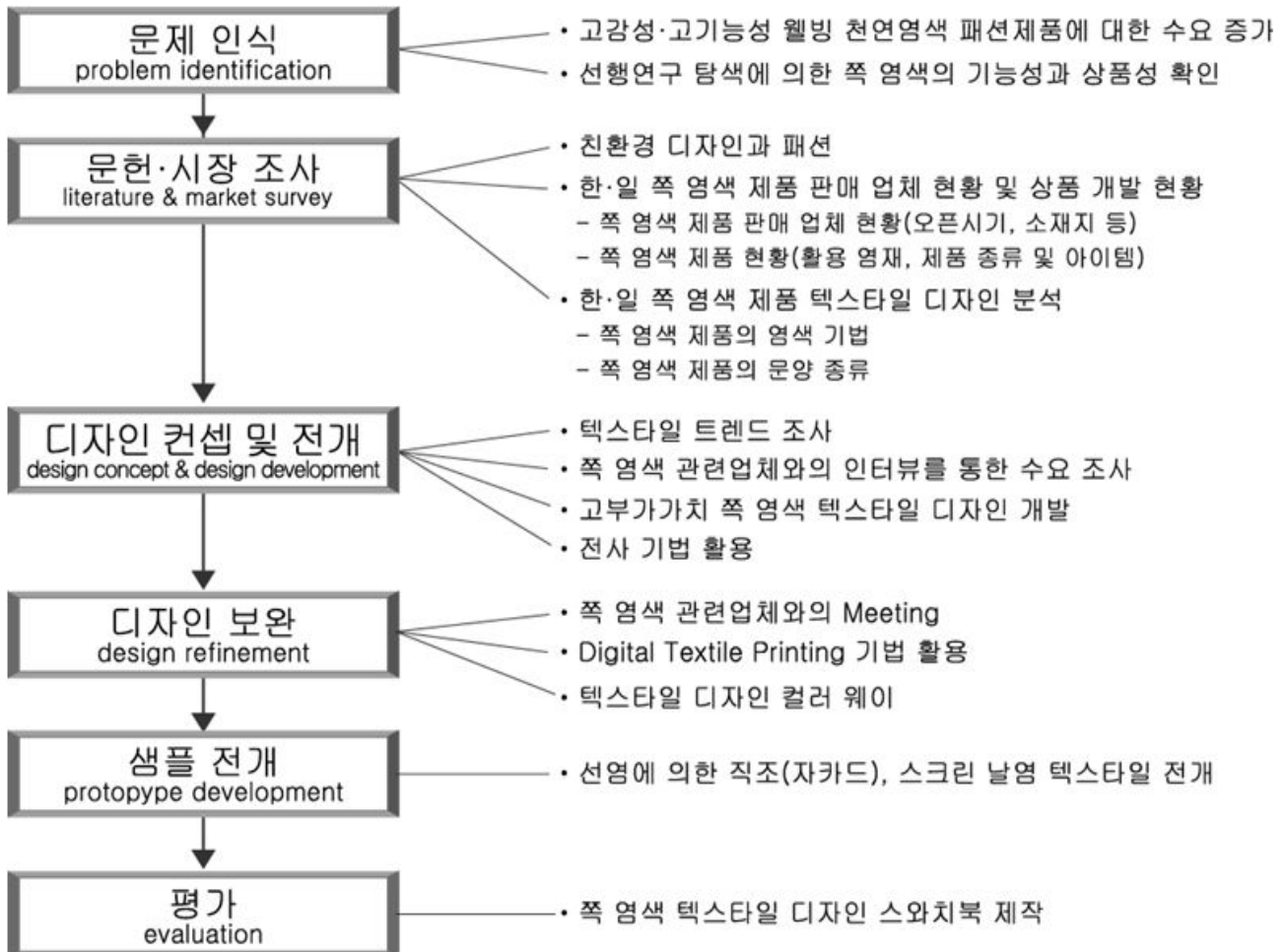
<3,000야드 연속공정 시운전>

본 연구에서 가장 중요한 대량 염색이 가능한가? 처음 염색한 1야드와 마지막 염색단계의 3,000야드의 염색한 원단이 동일한 염색을 가능케 하였다. 따라서 대량생산 연속생산이 가능한 기술을 확보하게 되었다.



## 제7절 천연염색 디자인상품 개발

### 1. 텍스타일 디자인 개발 과정



### 2. 텍스타일 디자인 개발

#### 가. Item : Wallpaper, Home fabric

#### 나. Motives : 쪽잎, 쪽꽃, 배꽃, 나비, 새

쪽 염색 텍스타일 디자인을 위한 디자인 모티프로는 쪽잎과 쪽꽃 뿐만 아니라 시즌 트렌드를 반영하고 디자인의 다양성을 추구하기 위해 나주를 상징하는 배꽃(시화)과 비둘기(시조), 그 밖에 나비, 새 등의 모티프 같이 활용함

## 다. Concept

(주) 세노코에서 개발 요청한 사계절용의 내추럴한 문양의 벽지와 침구 및 소품의 쪽염색 텍스타일 디자인을 전개하기 위해 2011 S/S Textile Trend(Indigo Textile Trend), 2011-2012 F/W Fabric Trend(한국패션센터)에서 제시한 2011 S/S와 2011/12 F/W트렌드 중 문양 표현에 트렌드를 컨셉으로 설정함

각각의 컨셉을 반영한 텍스타일 디자인은 쪽 컬러인 블루를 베이직 컬러로 해서 톤(tone)에 변화를 주어 전개함. 컬러 웨이를 통해 계절별로 활용이 가능하게 디자인함.

<p>2011 S/S Concept 1 Spring- like Vitality</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가벼움과 쾌청함은 미묘함과 봄의 기운을 상기시킴</li> <li>- 은유, 미완성, 중도, 꽃의 만발함, 변화</li> <li>- <b>모티브</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도려낸 것 같은 구조, 깨지기 쉽고 마르고 조직적인 모티브</li> <li>· 별처럼 총총히 박힌 듯한 플라워</li> <li>· 마치 빠르게 자라는 듯 보이는 위대하고, 머뭇거리며 소용돌이치는 식물 모티브</li> </ul> </li> <li>- <b>표현 기법</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 펠트는 연필심을 대신하여 미묘하고 정확함을 표현</li> <li>· 조심스럽게 연결되고 마무리 된 정확한 스케칭과 선속 구조를 드러나 보이게 하는 세미트렌스페런트(semi-transparent)법</li> </ul> </li> </ul>
<p>2011/12 F/W Concept 3 Inspired Patina</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>톤온톤의 빅사이즈 모티브</b></li> <li>- 은유, 미완성, 중도, 꽃의 만발함, 변화</li> <li>- <b>모티브</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 장식적인 식물 모티브</li> <li>· 마치 빠르게 자라는 듯 보이는 위대하고, 머뭇거리며 소용돌이치는 식물 모티브</li> </ul> </li> <li>- <b>표현 기법</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 미묘한 텍스처가 살아있는 실키 소재</li> <li>· 조심스럽게 연결되고 마무리 된 정확한 스케칭과 선속 구조를 드러나 보이게 하는 세미트렌스페런트(semi-transparent)법</li> <li>· 입체감 있는 자수</li> </ul> </li> </ul>





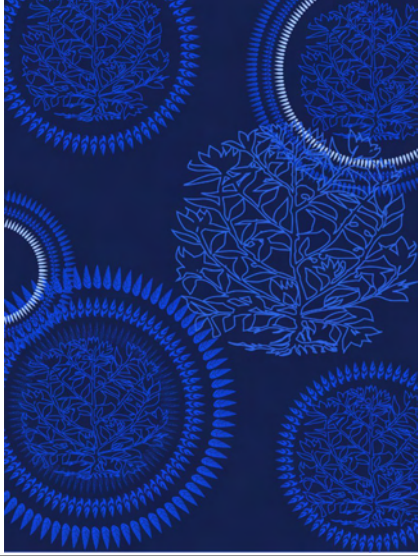
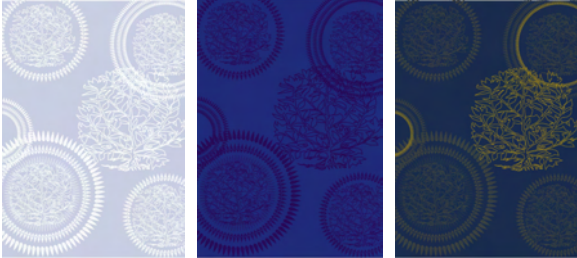




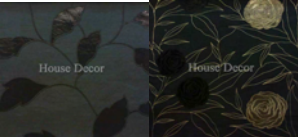
## 라. Design Development




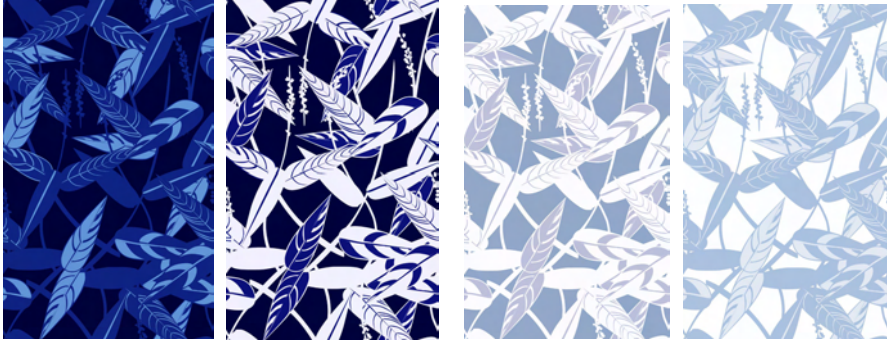




- (1) 쪽잎과 쪽꽃을 모티프로 한 디자인 : 4종
- (2) 쪽잎 or 쪽꽃 + 전남지역 상징(나주의 배꽃(시화), 비둘기(시보), 함평나비 등)을 모티프로 한 디자인 : 6종
- (3) 나주의 시화(배꽃)를 모티프로 한 디자인 : 3종



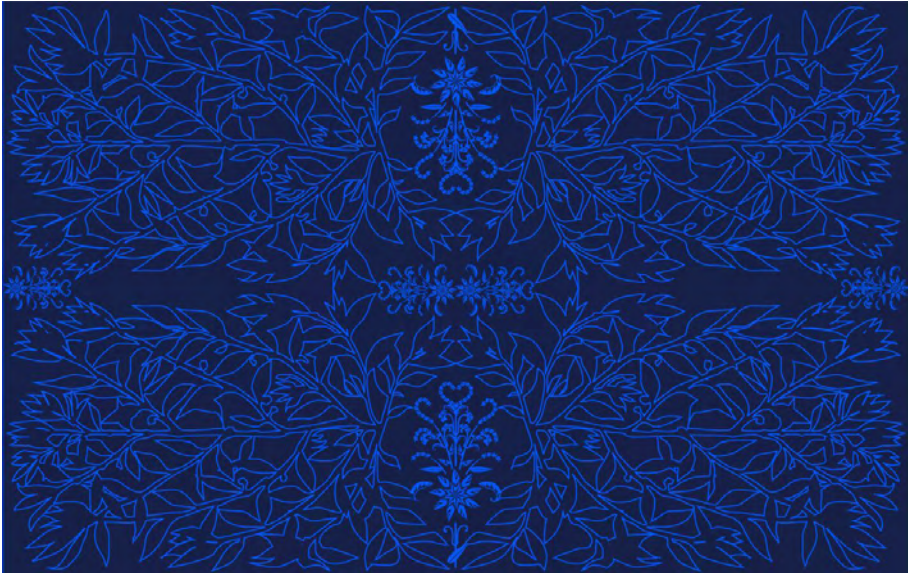

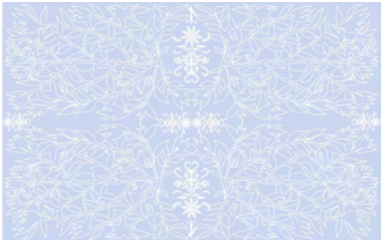
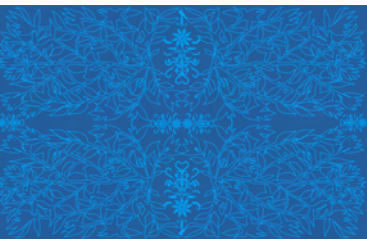





* 쪽잎과 쪽꽃을 모티프로 한 디자인 1-1	
용 도	wallpaper, home fabric
컨 셉	Spring-like Vitality
모티프	 
모티프 전개	쪽잎을 단순화하여 스트라이프 형태로 배열함으로써 자연적이면서도 모던한 감성이 나타나도록 함
One-repeat	
Color way	
Simulation	
Technic	

날염

\* 쪽잎과 쪽꽃을 모티프로 한 디자인 1-2

용도	wallpaper, home fabric			
컨셉	Inspired Patina			
모티프	 <p>쪽잎</p>			
모티프 전개	쪽잎을 모티프로 활용하여 쪽풀의 형태를 원형으로 드로우잉하고 쪽잎을 원형으로 반복시켜 자연적이면서도 모던한 감성이 나타나도록 한 디자인			
One-repeat				
Color way				
Simulation				
Technic	<p>날염</p> 			<p>자수</p> 








* 쪽잎과 쪽꽃을 모티프로 한 디자인 1-3	
용도	wallpaper, home fabric
컨셉	Inspired Patina
모티프	 <p>쪽잎, 쪽꽃</p> 
모티프 전개	단순화한 쪽잎과 쪽꽃을 모티프로 활용하고 이를 불규칙하게 배열함으로써 자연스러운 이미지가 나타나도록 한 디자인
One-repeat	
Color way	
Simulation	
Technic	<p>날염</p>   <p>자수</p> 



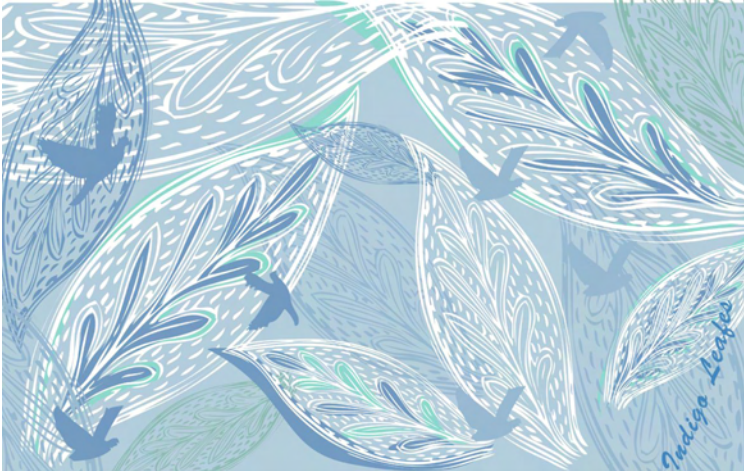
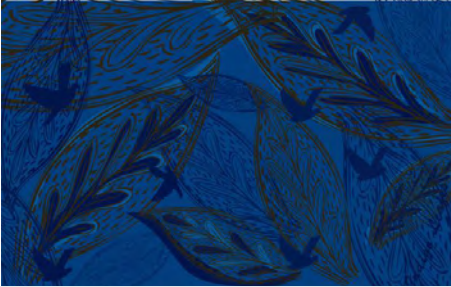
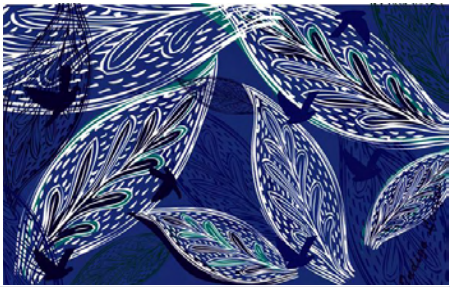



* 쪽잎과 쪽꽃을 모티프로 한 디자인 1-4	
용도	wallpaper, home fabric
컨셉	Inspired Patina
모티프	  <p>쪽잎, 쪽꽃</p>
모티프 전개	<p>도식화한 쪽잎과 쪽꽃과 잎을 바로크한 이미지로 문양화한 모티프로 활용하여 유기적인 곡선미와 클래식한 이미지를 나타내는 디자인</p> 
Color way	  
Simulation	  
Technic	<p>날염</p>  <p>자수</p> 





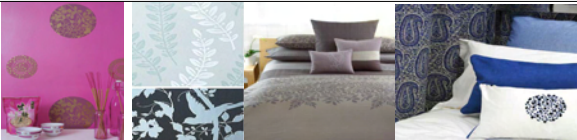
* 쪽잎 or 쪽꽃 + 전남지역 상징을 모티프로 한 디자인 2-1	
용도	wallpaper, home fabric
컨셉	Spring-like Vitality
모티프	<p>쪽잎, 쪽꽃      배꽃</p> <p>나비</p>
모티프 전개	쪽잎, 쪽꽃, 배꽃, 나비 모티프를 세미트렌스패런트 기법으로 표현함으로써 로맨틱하고 내추럴한 이미지를 나타내는 디자인
One-repeat	
Color way	
Simulation	
Technic	<p>날염      자수</p>







* 쪽잎 or 쪽꽃 + 전남지역 상징을 모티프로 한 디자인 2-2	
용도	wallpaper, home fabric
컨셉	Spring-like Vitality
모티프	 <p>쪽잎, 쪽꽃</p>  <p>배꽃</p> 
모티프 전개	쪽잎, 쪽꽃, 배꽃 모티프를 유기적인 곡선으로 표현한 내추럴한 이미지의 디자인
One-repeat	
Color way	
Simulation	
Technic	 <p>날염</p>





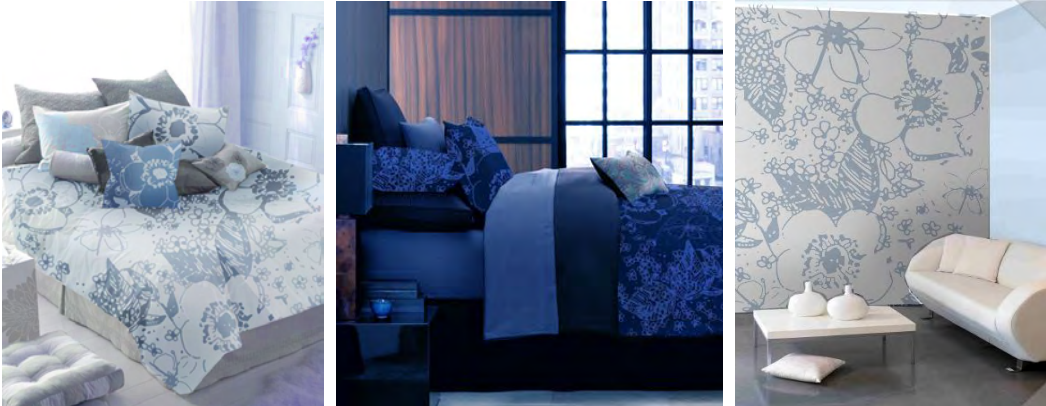



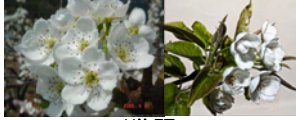



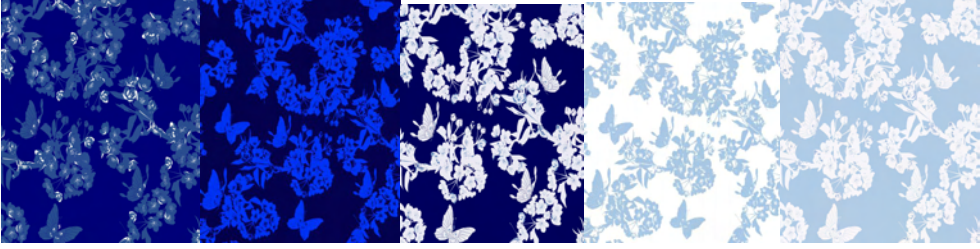

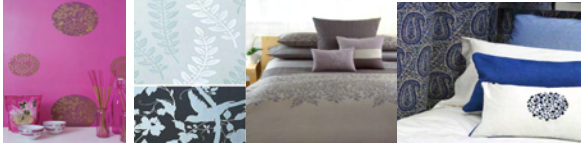
* 쪽잎 or 쪽꽃 + 전남지역 상징을 모티프로 한 디자인 2-3	
용도	wallpaper, home fabric
컨셉	Inspired Patina
모티프	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>쪽잎, 쪽꽃</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>배꽃</p> </div> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  </div>
모티프 전개	단순화시킨 쪽잎과 배꽃을 모티프로한 내추럴한 이미지의 디자인
One-repeat	
Color way	
Simulation	
Technic	<p>날염</p> 

* 쪽잎 or 쪽꽃 + 전남지역 상징을 모티프로 한 디자인 2-4	
용도	home fabric
컨셉	Spring-like Vitality
모티프	 <span style="display: inline-block; width: 50px; text-align: center;">쪽잎</span> <span style="display: inline-block; width: 50px; text-align: center;">비둘기</span> 
모티프 전개	쪽잎과 나주를 상징하는 비둘기를 모티프로 핸드드로잉과 세미트렌스페런트 기법을 활용하여 내추럴한 이미지를 표현한 디자인
One-repeat	
Color way	 
Simulation	 
Technic	 <span style="display: inline-block; width: 50px; text-align: center;">날염</span>


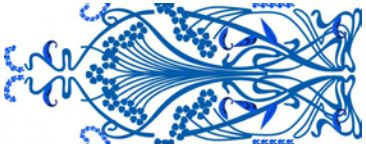




* 쪽잎 or 쪽꽃 + 전남지역 상징을 모티프로 한 디자인 2-5	
용도	home fabric
컨셉	Inspired Patina
모티프	 <p>쪽잎      새</p>
모티프 전개	쪽잎과 새를 모티프로 활용하여 내추럴하면서도 모던한 이미지를 나타내는 디자인
One-repeat	
Color way	
Simulation	
Technic	 <p>날염</p>

* 쪽잎 or 쪽꽃 + 전남지역 상징을 모티프로 한 디자인 2-6	
용도	wallpaper, home fabric
컨셉	Spring-like Vitality
모티프	
모티프 전개	 <p>쪽꽃과 배꽃이 별처럼 총총히 박힌 듯한 플라워 패턴으로, 로맨틱하고 내추럴한 이미지를 나타내는 디자인</p>
One-repeat	
Color way	
Simulation	
Technic	<p>날염</p> 

<b>* 나주의 시화(배꽃)를 모티프로 한 디자인 3-1</b>	
용 도	wallpaper, home fabric
컨 셉	Spring-like Vitality
모티프	 <p style="text-align: center;">배꽃</p> 
모티프 전개	배꽃을 핸드드로잉으로 표현하여 로맨틱하고 내추럴한 이미지를 살린 디자인
One-repeat	
Color way	
Simulation	
Technic	<p>날염</p> 

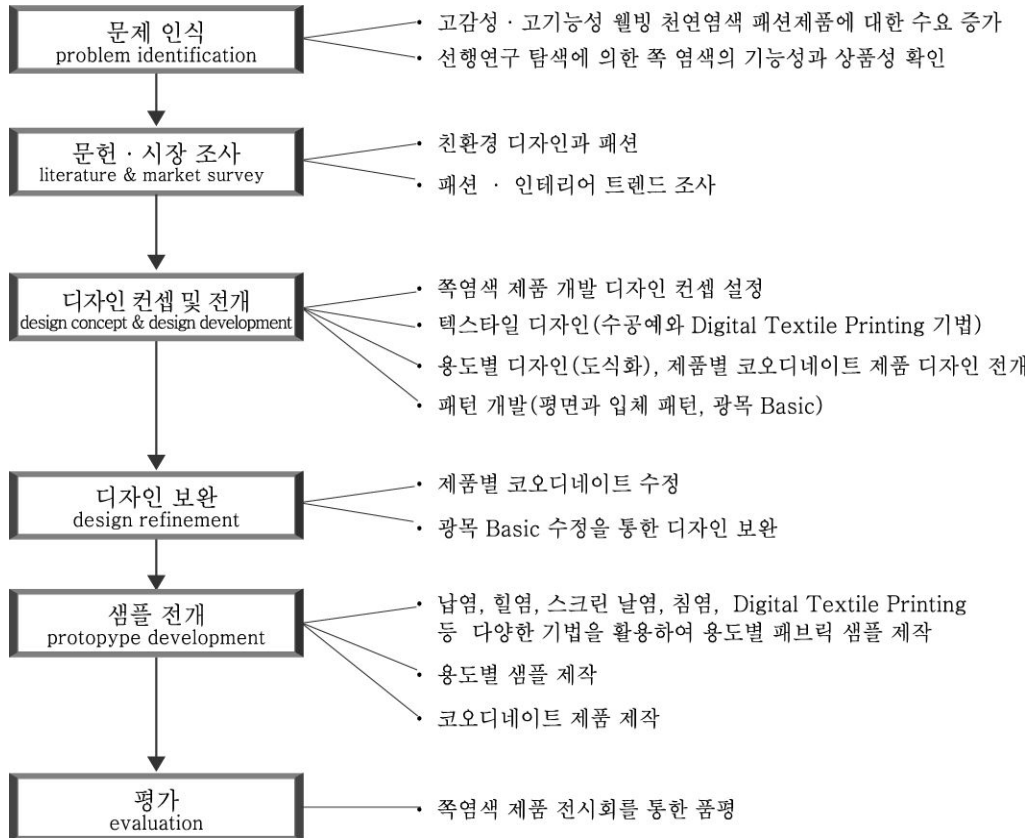
* 나주의 시화(배꽃)를 모티프로 한 디자인 3-2	
용도	wallpaper, home fabric
컨셉	Spring-like Vitality
모티프	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>배꽃</p>  <p>나비</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>
모티프 전개	나비가 배꽃을 찾아 날아드는 이미지를 표현한 내추럴하고 로맨틱한 이미지의 디자인
One-repeat	
Color way	
Simulation	
Technic	<p>날염</p> 

\* 나주의 시화(배꽃)를 모티프로 한 디자인 3-3

용도	wallpaper, home fabric	
컨셉	Inspired Patina	
모티프	 <p style="text-align: center;">배꽃</p>	
모티프 전개	배꽃을 유기적인 곡선의 아르누보 스타일로 표현한 고전적이고 로맨틱한 이미지의 디자인	
One-repeat		
Color way		
Simulation		
Technic	<p>날염</p> 	

### 3. 고감성 · 고기능성 천연염색제품 디자인 개발

#### 가. 천연염색제품 디자인 개발 과정



#### 2) 천연염색제품 디자인 개발

##### (1) Item

패션의류제품(성인복, 영 · 유아복, 소품 및 액세서리), 인테리어제품(침장류, 소품류), 천연염색 학습 kit

##### (2) Direction

나주의 쪽 염색 패션의류 및 액세서리, 침구 및 소품 디자인을 전개하기 위해 2012 S/S Fashion Trend(삼성디자인넷)과 2012 Interior Trend(Carlin International)에서 제시한 트렌드 중 쪽염색과 이미지를 나타낼 수 있는 테마를 선정하여 디자인에 반영

쪽 염색 제품 디자인의 다양성을 위해 쪽 염색으로 나타나는 색조의 컬러들과 교염, 납염, 형염, 등의 염색 기법들을 다양하게 활용하고 여러 가지 소재(런넨, 실크 노방, 다이마루, 레이스, 망사 등)에 쪽 염색을 시도하고 이를 디자인에 적용함



(3) Theme

○ 2012 S/S Fashion Trend에서 나타난 5개 테마 중 'Breath of Air', 'Evolved, New Nature' 선정

**Design Theme**

**Theme 1 Breath of Air**

- 한층 가볍고 심플해진 대범한 미래를 상상하자!
- 공기같은 감성을 불러넣는 서정적 이상주의는 희망이 가득한 세계를 가능하게 한다.
- 환경을 보다 정경하게 바꾸고, 순수하고 기본적인 라인들이 진보적인 방식으로 돌아온다.
- 간결한 디자인과 오래 사용할 수 있는 경계성, 더욱 가볍게 살고 싶은 욕망의 추구

**Theme 2 Evolved, New Nature**

- 자연의 컬러를 더 강렬하게 업그레이드한 브라이트 컬러
- 펠킨 오렌지, 와일드 라임, 세라믹 블루와 같은 채도 높은 컬러들의 강렬한 결합
- 블랙은 실버와 함께 퓨처리스틱 무드를 선사
- 강렬한 일렉트로닉 무드와 부드러운 오가닉 퓨처리스틱 무드를 보여준다.

**Theme 3 Cosmopolitanism**

- 현실은 끊임없는 변화와 위기의 세상이다.
- 전세계가 동시에 겪고 있는 경제와 기후의 급변 위기 속에서 '세계의 시민'이라는 개념이 불모지에서 새로운 가능성을 찾고, 국경없는 다양한 문화를 받아들이는 세계주의를 추구하자.
- 피도시화와 도시화를 전문학계 관점에서 동시에 풀어내는 인스피레이션

**Theme 4 Emotional Re-Discovery**

- 도시 속의 삶을 한 템포 느린 자연의 자세로 돌아다본다.
- 나만의 슬로우 옵션을 만들고, 그 속에서 진정한 행복을 찾는다.
- 낡은 앨범 속에서 찾아낸 새로운 유대감을 고귀하고 진실한 자세로 만들어내며, 과거의 성세함과 신중함은 모던한 감성과 만나 새로운 현대적 무드로 진화한다.

**Theme 5 Epicureanism**

- 욕망을 억누르지 않고 현실에 충실하는 행복주의
- 역동적인 발전을 이룬 60, 70년대의 미학이 새로운 창작적 유희성을 제공한다.
- 이상향으로 불러졌던 캘리포니아를 재조망하며, 본능적이고 감성적이며 충동적인 행위로, 융합적이고 예측불가능한 감성을 표출한다.

SAMSUNGDESIGNNET

○ 2012 Interior Trend에서 나타난 5개 테마 중 'Journey', 'Temperament' 선정

**Design Theme**

**Theme 2 Journey**

해변풍이 폭풍우의 분위기로 전환되면서 다시 젊어지고 활력이 넘치는 주거공간을 연출한다. 바람 높은 파도와 같이 야성적인 자연에서 영감을 받은 역동적인 모티프로 소재들이 여기에 해당한다. 패턴과 소재는 패치워크로 터치를 한 수선 직물 스타일, 기후, 물, 공기, 구름과 같은 요소들이 거칠면서 기발한 장식을 만든다. 이와함께 직물 표면, 나무 및 유리에 마치 소금기있는 공기와 물에 부식된 듯한 아름다운 화이트트를 연출한다. 색상은 블루색조가 진화를 거듭하면서 폭풍우치고 풍토적인 블루톤이 새롭고 예치지 넘치는 월빙색상으로 인테리어에 적용되었다.

**Theme 3 Temperament**

아르헨티나의 다양한 민족적 요소들과 강렬한 색상들을 여러 캐릭터들과 함께 인테리어에 사용했다. 패턴은 세심한 전략으로 홈 린넨과 테이블웨어용 장식, 트리밍 등을 현대화 시켰다. 소재는 데님, 가죽, 나무 등과 같은 내구적 소재를 사용한다. 데님은 더럽거나 염료에 폭 빠진 듯 깊은 색상으로 처리되었다. 색상은 다크한 색상들이 밝은 컬러와 연결되어 매우 강렬하면서도 그래픽한 대조를 이루는 등 가구와 장식적 요소와 이상적으로 사용되었다.

**Theme 1 Composition**

과일 및 채소의 곡선과 물감을 상채해 관찰해 착안하고 유사한 오가닉 느낌을 창출한다. 패턴과 소재는 식물의 기하학적인 모티프를 제공한다. 그물망과 함께 연출되면서 더욱 부드러운 느낌을 준다. 아울러 새로운 오로 패턴 구멍들이 등을 사용한다. 또한 과일과 식물의 불규칙한 모양을 모방해 가구, 피복, 벽지 및 기타 플러스티브 컬러 콘 포팅재들이 가끔 처리된다. 색상은 멜로우의 카키 등 이 사드론과 스카이스톤 색상들과 율거가면서 뉴트럴 바탕에 세련미를 주고 있다.

GROUP carlin international

## (4) Design Development

### ■ 성인복 Design 1

- Theme : Breath of Air

#### - Description

나주의 전통 노동요를 캘리그래피화한 텍스타일 문양의 소재와 직선과 사선을 의상 실루엣과 구성선이 동양적이면서 모던한 이미지를 나타내는 디자인

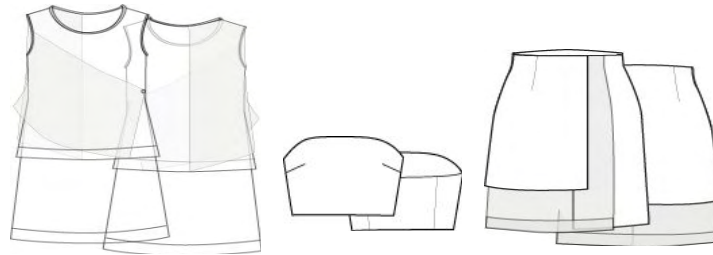
#### - Fabric & Technic

실크노방, 실크 공단, Digital Textile Printing

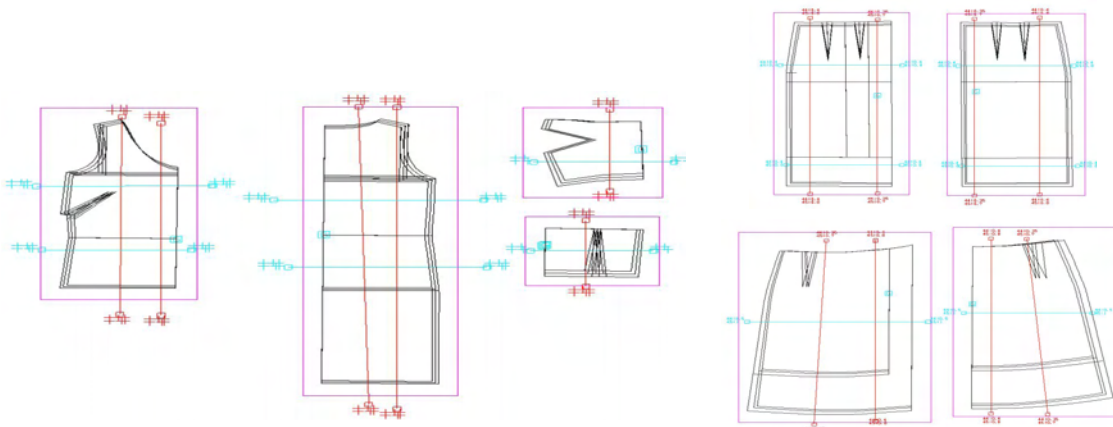
#### - Detail & Textile



#### - Flats



#### - Grading Patterns



1/12.65 축소

1/13.08 축소

■ 성인복 Design 2



- Theme : Breath of Air

- Description

노방에 불규칙한 구김을 주어 쪽 염색하여 구름 문양이 나타난 소재를 활용하고 한국 전통 보자기의 형태를 떠올리는 스커트와 리본 디테일로 신비하고 동양적인 이미지를 나타내는 원피스 디자인

- Fabric & Technic

실크노방, 교염(구김)

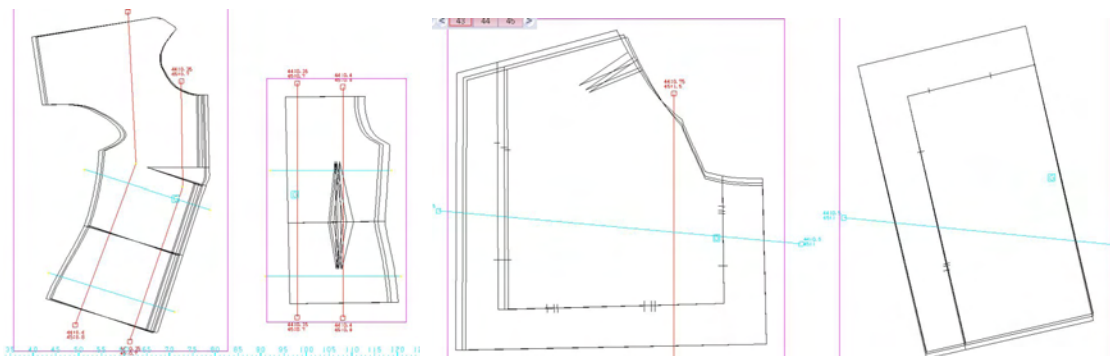
- Detail & Textile



- Flats



- Grading Patterns



1/13.08 축소

1/13.08 축소

■ 성인복 Design 4



- Theme : Breath of Air

- Description

정사각형의 기하학적인 패턴의 노방 소재를 활용하여 가슴선에 주름과 절개, 스커트 부분에는 언밸런스한 플리츠 디테일로 모던한 이미지를 살린 로우 웨이스트 원피스 디자인

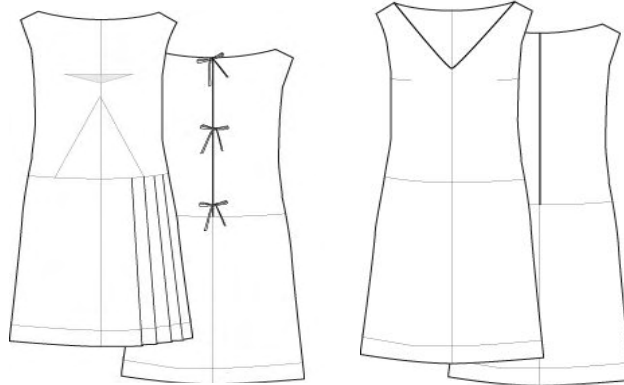
- Fabric & Technic

실크노방, 판염

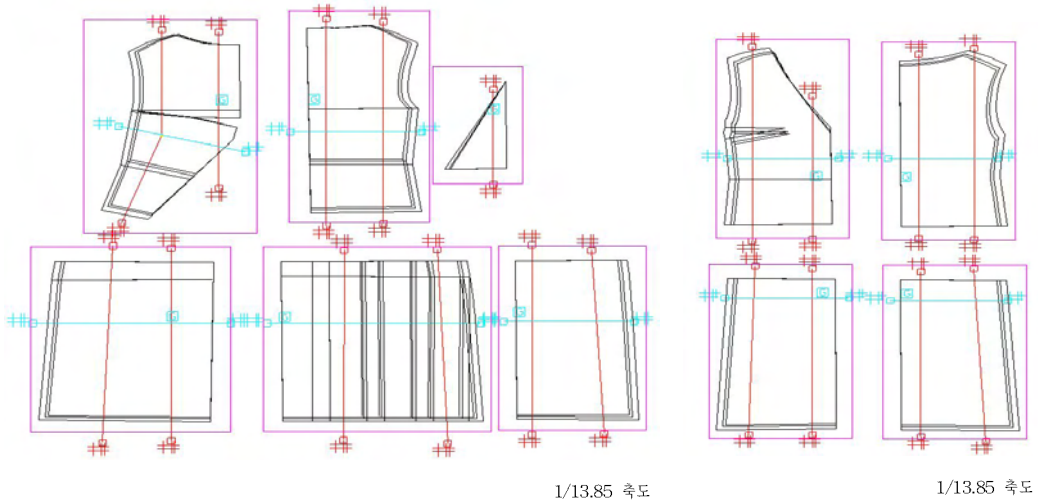
- Detail & Textile



- Flats



- Grading Patterns



■ 성인복 Design 5



- Theme : Evolved, New Nature

- Description

추상적인 곡선 문양으로 납염한 노방과 공단 소재를 활용하여 불규칙한 절개가 특징적인 엘레강스한 이미지의 페플럼 재킷 투피스 디자인

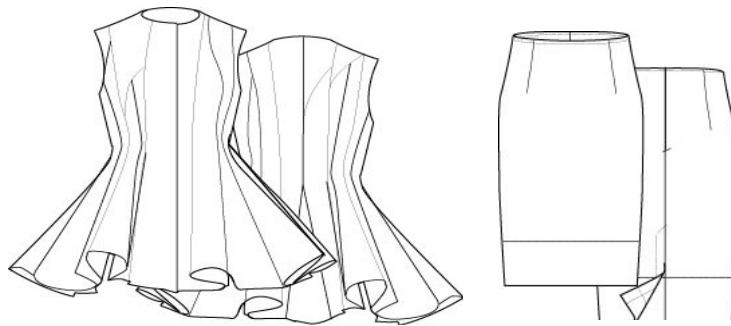
- Fabric & Technic

실크노방, 실크 공단, 납염(콜드왁스), Digital Textile Printing

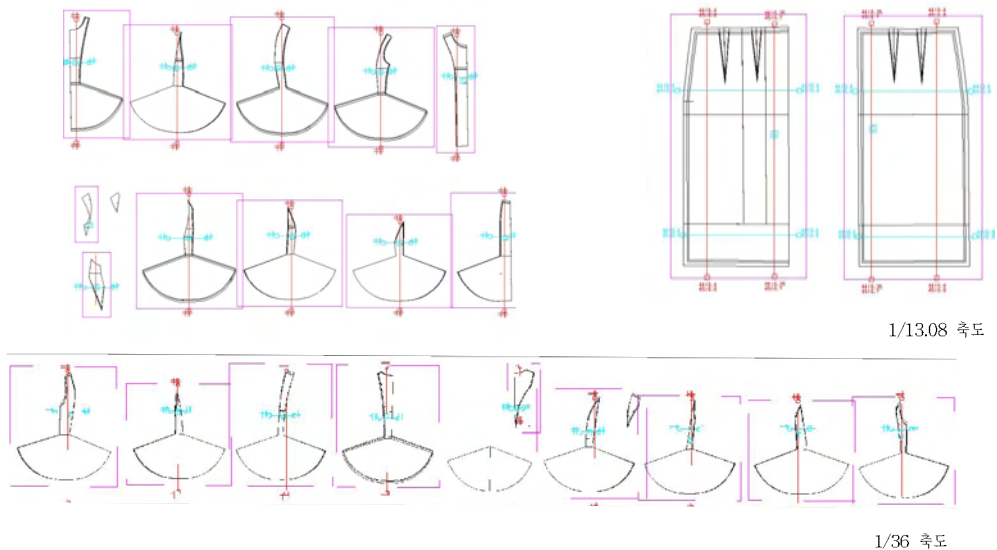
- Detail & Textile



- Flats



- Grading Patterns



■ 성인복 Design 6



- Theme : Evolved, New Nature

- Description

슬림한 실루엣의 롱 드레스로, 그라데이션된 블루 컬러의 드레스와 도트 패턴의 레이스 드레스를 레이어드하여 모던하면서エレ강스한 이미지를 나타내는 디자인

- Fabric & Technic

실크노방, 레이스, 칩염

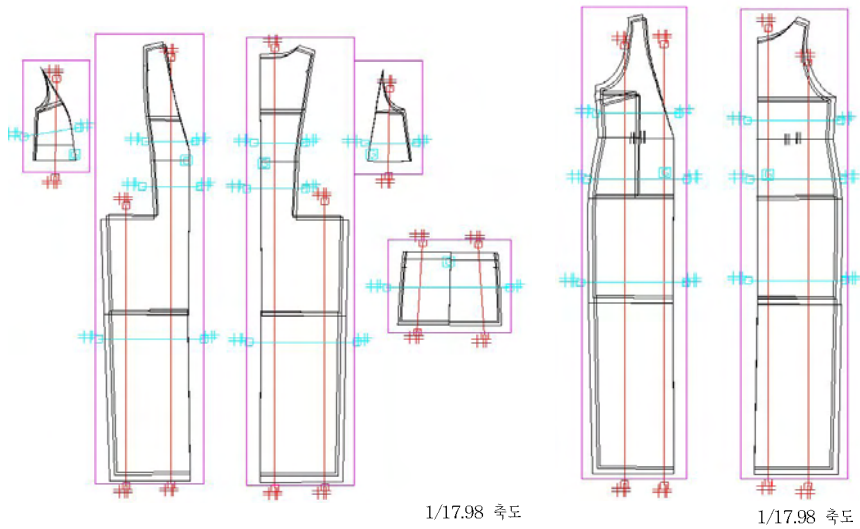
- Detail & Textile



- Flat



- Grading Patterns



■ 성인복 Design 7



- Theme : Evolved, New Nature

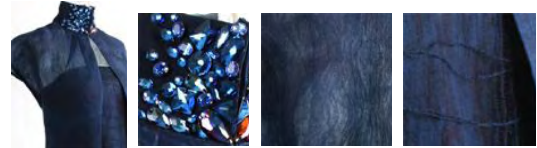
- Description

실크 노방 이중지와 공단, 망사 등의 소재를 믹스앤매치하고 넥 부분의 섬세한 비딩이 돋보이는 절제된 실루엣의 투피스로 엘레강스한 이미지를 나타내는 디자인

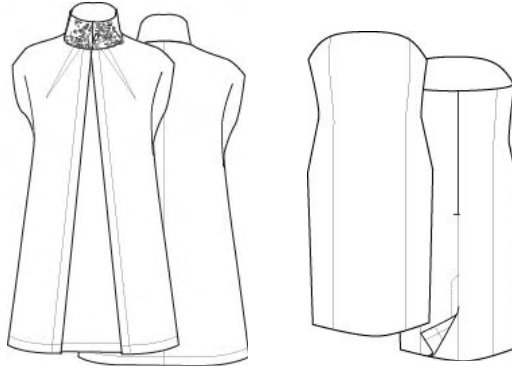
- Fabric & Technic

실크노방, 실크공단, 망사, 교염(구김), 비딩

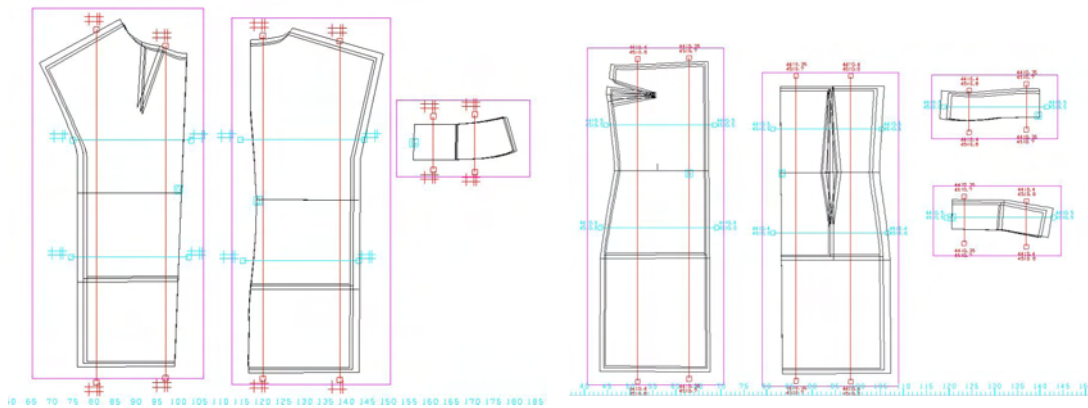
- Detail & Textile



- Flats



- Grading Patterns



1/14.19 축소

1/13.08 축소

■ 영 · 유아복 Design 1



- Theme : Breath of Air

- Description

친환경 소재인 오가닉 코튼 다이마루를 스카 이 블루 컬러로 쪽 염색 원단을 활용한 여아용 배넛저고리로, 레이스와 요크선의 셔링 디테일이 귀여운 이미지를 주는 디자인

- Fabric & Technic

오가닉 코튼 다이마루, 레이스

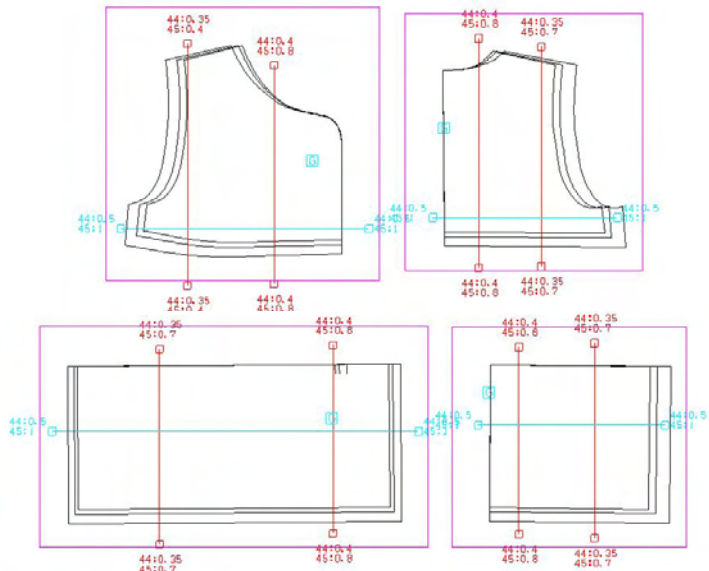
- Detail & Textile



- Flats



- Grading Patterns





■ 영 · 유아복 Design 2



- Theme : Breath of Air

- Description

물고기와 고양이 발자국 문양, 스카이블루 컬러와 도저블루 컬러의 배색, 소매의 앙증맞은 포켓 디테일이 귀여운 이미지를 주는 남아 우주복 디자인

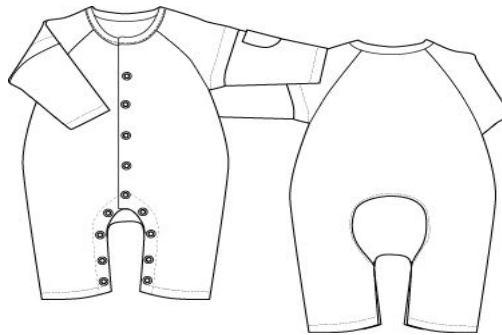
- Fabric & Technic

오가닉 코튼 다이마루, 스텐실

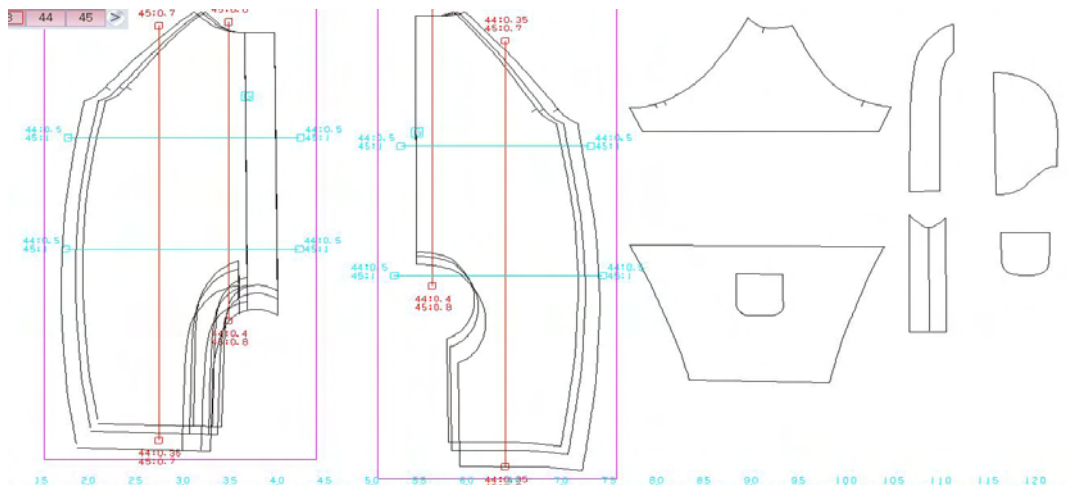
- Detail & Textile



- Flats



- Grading Patterns



1/6.28 축소

■ 영·유아복 Design 3



- Theme : Breath of Air

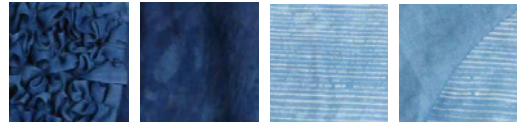
- Description

스카이블루 컬러의 스트라이프 라글란 티셔츠에 셔링이 가득 장식된 포켓이 부착된 점프 수트를 코오디네이하여 귀여운 이미지를 주는 남·여아 공용 투피스 디자인

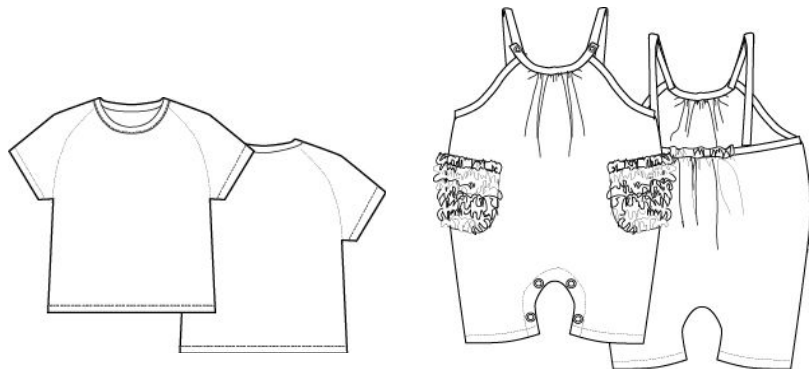
- Fabric & Technic

오가닉 코튼 다이마루, 납염(콜드왁스)

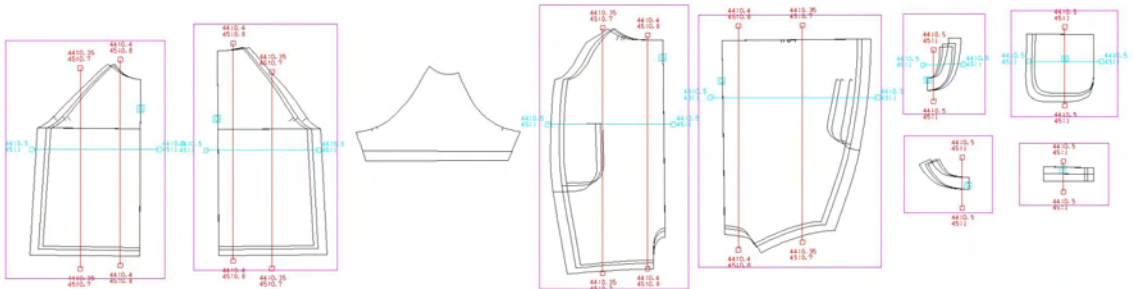
- Detail & Textile



- Flats



- Grading Patterns



1/10.08 축도

1/10.08 축도

■ 영·유아복 Design 4



- Theme : Breath of Air

- Description

스카이블루 컬러의 스트라이프 라글란 티셔츠에 교염 기법을 이용한 문양과 배색이 특징적인 오버롤즈를 코오디네이트하여 귀여운 이미지를 주는 남아 투피스 디자인

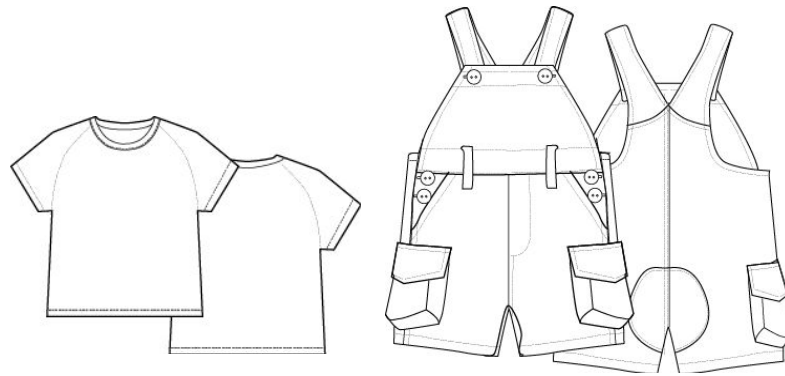
- Fabric & Technic

오가닉 코튼 다이마루, 리넨, 교염, 납염(콜드왁스)

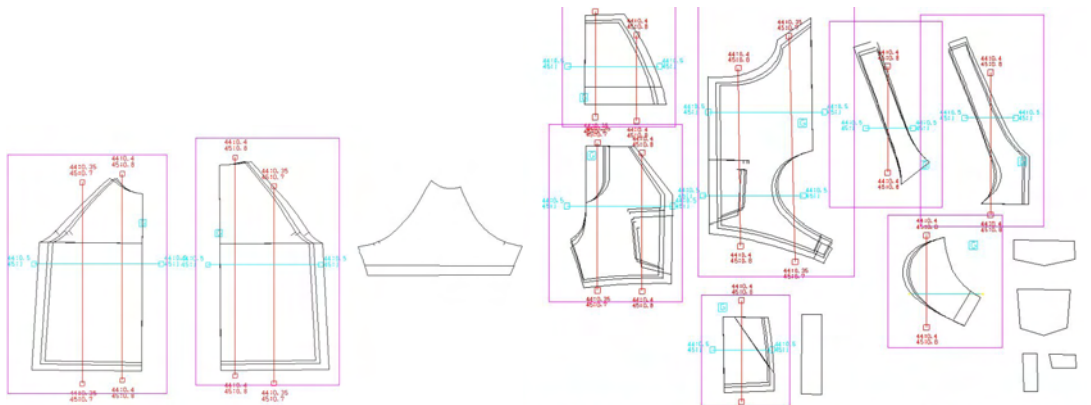
- Detail & Textile



- Flats



- Grading Patterns



1/10.08 축소

1/10.08 축소

■ 영 · 유아복 Design 5



- Theme : Breath of Air

- Description

귀여운 배꽃 문양이 소매와 등에 프린트 되고 꽃과 나비 레이스, 리본 장식이 부착된 캡 슬 리브 티셔츠와 요크 부분의 셔링 장식이 특징적인 켈로트 스커트가 귀여운 이니지를 주는 디자인

- Fabric & Technic

오가닉 코튼 다이마루, 리넨, 레이스, 납염(콜드왁스)

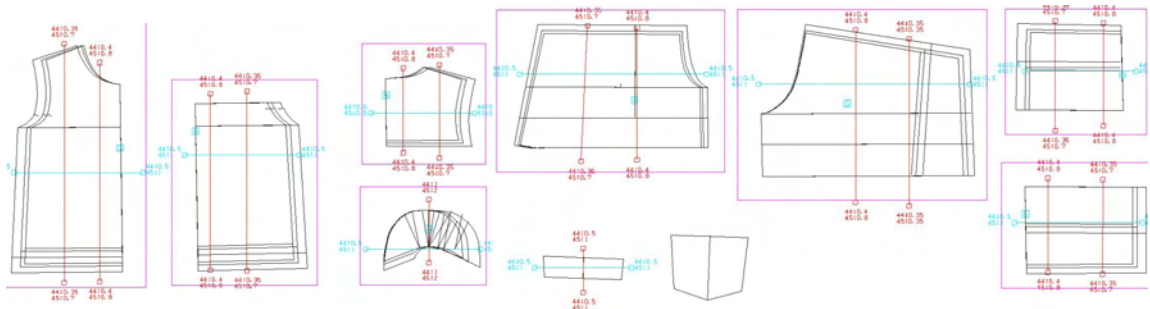
- Detail & Textile



- Flats



- Grading Patterns



1/10.08 축소

1/10.08 축소

■ 영 · 유아복 Design 6



- Theme : Breath of Air

- Description

스카이블루 컬러의 린넨 소재의 트라페즈 실루엣 원피스로, 앙증맞은 피터팬 칼라와 레이스, 리본, 밑단과 포켓의 루시 장식, 배꽃 단추로 귀여운 이미지를 강조한 디자인

- Fabric & Technic

오가닉 코튼 리넨, 실크 쉬폰, 레이스

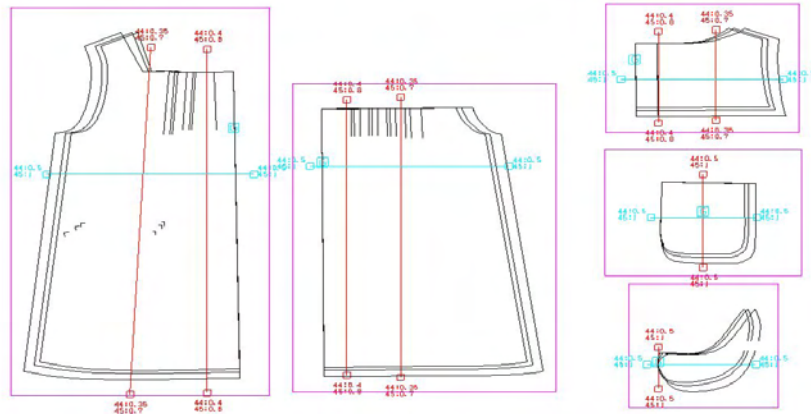
- Detail & Textile



- Flats



- Grading Patterns



1/8.18 축소

■ 영 · 유아복 Design 7



- Theme : Breath of Air

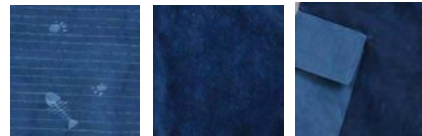
- Description

물고기와 고양이 발자국 문양과 네이비 컬러와 다크네이비 컬러의 배색, 타올 소재의 앞포켓 디테일이 귀여운 티셔츠와 포켓이 부착된 배기 팬츠를 코오디네이트한 디자인

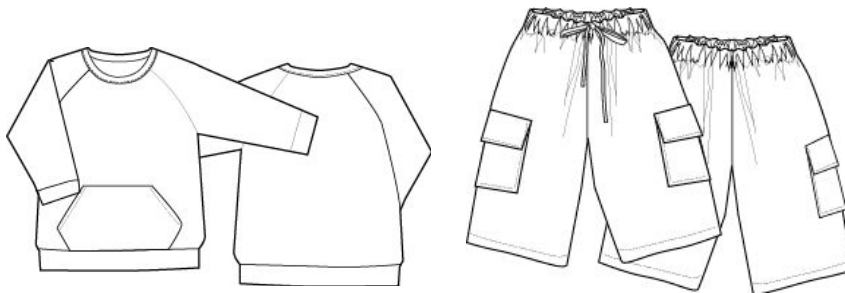
- Fabric & Technic

오가닉 코튼 다이마루, 리넨, 타올지, 스텐실, 납염(콜드왁스)

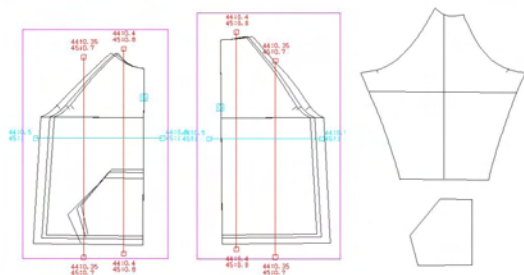
- Detail & Textile



- Flats



- Grading Patterns



1/10.08 축소

■ 패션소품 Design 1



- Theme : Breath of Air

- Description

불규칙적인 스트라이프 문양 나타나도록 염색한 네추럴한 이미지의 스카프 디자인

- Fabric & Technic

실크, 교염

- Detail & Textile



■ 패션소품 Design 2



- Theme Breath of Air

- Description

격자 문양의 실크와 도트 레이스를 쪽 염색하고 도트레이스를 격자 문양의 교차점에 비즈와 함께 장식한 화려한 이미지의 스카프 디자인

- Fabric & Technic

실크, 레이스, 비딩

- Detail & Textile



■ 패션소품 Design 3



- Theme Breath of Air

- Description

스트라이프 실크와 구슬 모양의 레이스를 염색한 후, 불규칙한 간격으로 레이스를 부착한 스카프 디자인

- Fabric & Technic

실크

- Detail & Textile



■ 패션소품 Design 4



- Theme : Breath of Air

- Description

거친 실크 소재에 쪽 풀과 꽃을 납염한 후 쪽 염색하여 네추럴한 이미지를 나타내는 스카프 디자인

- Fabric & Technic

실크, 납염(콜드왁스)

- Detail & Textile



■ 인테리어 소품 Design 1



- Theme : Journey

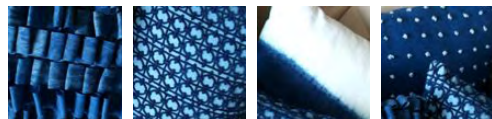
- Description

실크와 면 리본 테이프와 레이스 등의 소재와 교염 등의 염색 기법을 활용한 다양한 사이즈와 이미지의 쿠션 디자인

- Fabric & Technic

코튼 실크 리넨, 리넨, 레이스, 실크 리본, 코튼 리본, 교염

- Detail & Textile





■ 인테리어 소품 Design 2



- Theme : Journey

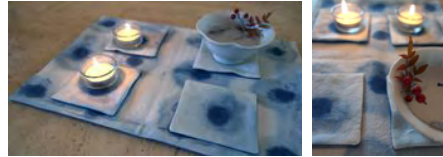
- Description

번지기 기법을 활용하여 도트 패턴을 나타낸 네추럴한 이미지의 다기용 소품 디자인

- Fabric & Technic

리넨

- Detail & Textile



■ 인테리어 소품 Design 3



- Theme : Journey

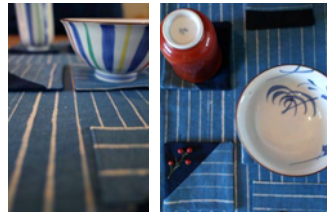
- Description

스트라이프 문양과 블루 컬러들의 배색이 모던한 이미지를 주는 다기용 소품 디자인

- Fabric & Technic

리넨, 납염(콜드왁스)

- Detail & Textile



■ 학습 kit 디자인 1



- Description

아기를 위해 손바느질, 재봉틀로 손쉽게 만들 수 있는 신생아용 KIT. 은나노 향균 가공 원단을 쪽으로 천연염색한 은은한 블루 컬러의 원단을 활용해서 친환경 손짜개, 발싸개를 완성해 볼 수 있도록 함.

- kit

재단된 원단, 레이스, 리본, 고무줄, 설명서



- Instruction

**- 손짜개 만들기**

- 준비물  
: KIT 상품 (재단된 원단 4조각, 0.6cm 고무줄, 레이스, 리본, 옷핀 등), 바늘, 실, 가위, 시침핀 등
- 원단의 길과 폭을 마주보도록 겹쳐 놓으세요 (원단의 길과 안을 잘 확인하세요!!!). 재단선에서 안쪽으로 0.4cm 시침으로 흠질해 주세요. 흠질 간격은 0.3cm 정도 적당한 간격으로 해주세요. 같은 방법으로 한쌍 더 (왼쪽과 오른쪽 손짜개) 만들어 주세요.



3. 흠질한 손짜개를 겹죽이 나오도록 뒤집어 주세요. 뒤집은 원단은 다림질로 모양을 예쁘게 잡아주세요. 이때, 예쁜 레이스 모티브를 달아도 좋아요. 그리고 손짜개 외곽선에서 0.5cm 안쪽으로 흠질해 주세요. 바느질 땀 길이는 0.3-4cm 정도도 해주시면 예뻐요.
3. 3번에서 성형한 손짜개를 다시 안쪽으로 뒤집어 주세요. 손목쪽 시침을 1cm 정도 2cm 겹쳐주세요. 손짜개 손목을 다림질로 다려 시침을 고정시켜주세요. 시침핀을 이용해 고정해 주면 시침 고정해 가능하답니다. 시침에 고무줄을 넣을 수 있는 창구멍을 남기고 손목 플러를 흠질해 주세요.
- 고무줄의 한쪽이 옷핀을 찾아 봉제하지 않은 창구멍을 통해 고무줄을 넣어주세요. 마지막에 나온 고무줄을 뚫거나 고무줄 양 끝이 겹치도록 놓고 박음질하여 단단하게 고무줄을 연결해 주세요. 그리고 봉제하지 않은 남은 창구멍을 흠질로 막아주세요.



6. 완성된 손짜개에 레이스와 리본 테이프를 달아주세요.^^



**- 발싸개 만들기**

- 준비물  
: KIT 상품 (재단된 원단 4조각, 0.6cm 고무줄, 레이스, 리본, 옷핀 등), 바늘, 실, 가위, 시침핀 등
- 먼저 곧 모티브 테이프를 원단 겹죽이 원하는 위치에 부착해 주세요. 발 몸판 원단 1장을 길과 폭이 마주보도록 겹쳐 재단선 안쪽 0.4cm 시침으로 흠질해 주세요. 흠질 간격은 0.3cm 정도 적당한 간격으로 해주세요. 같은 방법으로 한쌍 더 (왼쪽과 오른쪽 발싸개) 만들어 주세요.
3. 흠질한 발싸개를 겹죽이 나오도록 뒤집어 주세요. 뒤집은 원단은 다림질로 모양을 예쁘게 잡아주세요. 그리고 발싸개 외곽선에서 0.5cm 안쪽으로 흠질해 주세요. 바느질 땀 길이는 0.3-4cm 정도 해주시면 예뻐요.
3. 3번에서 완성한 발싸개를 안쪽이 보이게 뒤집어 주세요. 그리고 발싸개 바닥길과 발뚱길 길이 마주보게 놓아주세요 (앞중성, 뒤중성, 앞선 등을 맞춰 놓아주세요). 시침핀으로 움직이지 않게 고정해 주세요. 그리고 재단선에서 0.4cm 안쪽으로 흠질해 주세요 (대 단단하게 하시려면 박음질을 하시면 됩니다.).
- 겉쪽으로 뒤집은 뒤 다림질로 바닥 모양을 잡아주세요. 그리고 시침을 바닥쪽으로 꺾어 완성선에서 0.3cm 안쪽으로 0.3cm 간격으로 흠질해 주세요.
5. 5. 5번에서 성형한 발싸개를 다시 안쪽으로 뒤집어 주세요. 발뚱쪽 시침을 1cm 정도 2cm 겹쳐주세요. 발싸개 발뚱을 다림질로 다려 시침을 고정시켜주세요. 시침에 고무줄을 넣을 수 있는 창구멍을 남기고 손목 플러를 흠질해 주세요.
- 고무줄의 한쪽이 옷핀을 찾아 봉제하지 않은 창구멍을 통해 고무줄을 넣어주세요. 마지막에 나온 고무줄을 뚫거나 고무줄 양 끝이 겹치도록 놓고 박음질하여 단단하게 고무줄을 연결해 주세요. 그리고 봉제하지 않은 남은 창구멍을 흠질로 막아주세요.
6. 완성된 발싸개에 레이스와 리본 테이프를 달아주세요.^^





■ 학습 kit 디자인 2



- Description

손바느질, 재봉틀로 손쉽게 만들 수 있는 파우치 KIT. 쪽으로 천연염색한 블루 컬러의 다양한 원단을 활용해서 파우치를 완성해 볼 수 있게 함.

- kit

원단 3종, 패턴, 노끈, 레이스, 장식 구슬, 리본, 설명서



- Instruction

**- 파우치 만들기**

- 준비물  
: KIT 상품(원단 4종, 패턴, 레이스, 장식 구슬, 노끈, 옷핀 등), 바늘, 실, 가위, 시침핀, 초크 등
- 먼저 3종류의 원단을 길과 굵이 맞추도록 한 후 시침부분을 고려하면서 패턴을 배치하고 초크로 1cm를 시침을 표시한 후 재단 합니다.
  - 
  -
- 안감 만들기 :
  - 감길 a와 b를 봉제합니다.
  - 가롱솔로 다림질해 줍니다(특길에 한 장 더 만듭니다).
  - 안감끼리 길감 다음 입 자형으로 봉제합니다(봉제시 장구멍을 5cm 정도 남기고 봉합합니다).
  - 가롱솔로 다림질합니다.
- 전감 만들기 :
  - 감길 b와 c, 감길 a와 b를 연결합니다(가롱솔로 다림질-).
  - 레이스를 길감에 고정하고 봉제합니다(특길에 한 장 더 만듭니다).
  - 감길끼리 맞추고 입 자형으로 봉제합니다(봉합해 줄 때 끈 넣는 구멍을 남기고 봉제합니다). 그리고 가롱솔로 다림질합니다.
- 감길과 전감 연결하기 :
  - 감길을 안감 길감으로 넣어줍니다.
  - 앞감과 시침을 맞추어 시침핀으로 고정하고 완성성으로 봉합하고 입구의 시침을 길감쪽으로 꺾어 다림질.
  - 장구멍으로 뚫고 안감이 길감쪽으로 나오지 않도록 다림질 합니다.
  - 끈 넣는 구멍을 패턴 위치에 맞게 상징해 줍니다.
  - 장구멍을 장구멍기로 막아 줍니다.
- 끈 넣기 & 장식구슬 끼우기 :
  - 끈 넣는 구멍에 옷핀을 이용하여 노끈을 넣어 반대쪽으로 꺼냅니다. 꺼낸 다음 반대쪽으로 다시 넣어 꺼내 줍니다. 다른 끈을 반대방향에서부터 시작하여 넣고 반대쪽으로 꺼냅니다.
  - 끈 하나에 장식구슬을 넣고 두개를 대칭지어 줍니다.

■ 학습 kit 디자인 3



- Description

손쉽게 만들 수 있는 손수건 KIT.  
 오가닉 손수건 원단에 자유롭게 그림을 그린 후 천연 쪽으로 예쁘게 염색해서 세상에 하나뿐인 자신만의 손수건을 완성해 볼 수 있도록 함.

- kit

손수건 원단 3종, 콜드왁스, 수세형 싸인펜 초크, 설명서



- Instruction

**- 손수건 만들기**

- 준비물  
: KIT 상품(손수건, 콜드 왁스, 수세형 싸인펜 초크 등), 쪽 염료 등
- 손수건에 그리고 싶은 밑그림을 수세형 싸인펜으로 그려줍니다 (선물용이라면 이니셜을 넣어주세요^^).  
 1.  2. 
- 손수건에 그려진 밑그림을 따라 투명 튜브에 담긴 콜드 왁스를 이용하여 그림을 그대로 그려줍니다.  
 3. 
- 손수건의 콜드왁스를 건조시켜 줍니다. 약 3~4시간 정도 상온에서 건조시키면 되지만 두껍게 그려진 부분은 건조되는데 더 많은 시간이 소요 됩니다. 하얀색이면 콜드왁스가 투명한 노란색으로 바뀌면 완전히 건조된 상태예요^^.  
 4. 
- 콜드왁스로 그림이 그려진 손수건을 쪽 염료에 담가서 쪽 염색을 합니다. 담구는 빛수와 시간에 따라 색이 달라지는데, 빛수가 많을 수록, 시간이 길수록 색이 진해 지지요-. 염색 후에는 흐르는 물에 수세하면서 콜드왁스를 떼주세요.  
 5. 
- 수세가 끝난 손수건은 건조해 주시고 손수건에 여전히 남아 있는 왁스는 손수건 위에 종이롤 놓고 다리면 녹아서 없어진답니다^^, 완성!!!!  
 6. 

## 4. 천연염색 패키지 디자인 및 시제품 개발

### 가. 연구의 필요성

점점 가속화되는 과학 기술과 의학의 발달은 인간의 평균수명을 연장시키고, 풍요로운 물질과 편리한 생활을 제공하는 반면, 에너지와 자원을 무분별하게 소비하면서 생태계 파괴, 환경오염, 환경호르몬 배출에 의한 각종 질병 등의 심각한 부작용도 안겨주고 있음. 이러한 문제들로 환경이나 건강에 대한 관심이 증가하면서 웰빙, 에코, 친환경 트렌드가 사회 운동의 하나처럼 등장하였으며, 이윤 추구를 목적으로 하는 기업의 입장에서는 환경에 대한 책임 활동이 현대와 같이 예측 불가능한 변화의 시대에 경쟁적 전략이 되고 있음(Porter, M., & van der Linde, C., 1995). 국내에서는 정책적으로 지식경제부의 ‘섬유패션산업의 녹색혁신 비전 및 핵심 프로젝트’를 통해 ‘2020년 세계 4위 그린섬유 강국 달성’이라는 비전을 세우고, 친환경 생산 공정 도입, 그린 신소재 개발, 신재생 에너지 부품 소재 개발, 초경량 원천기술 확보 등을 지원하고 있음. 이러한 정책과 지원으로 인해 수많은 패션기업 및 관련업체들이 지속가능성을 추구하며, 그린 패션시장 영역을 넓혀가고 있음(신수연, 홍정민, 2010). 천연염색 제품은 환경친화적이면서, 향균·소취, 피부보호 등의 기능성, 고유의 발색으로 인한 심미성 등의 특징으로 소비자들의 선호도가 높음. 또한 천연염색은 자연친화적 전통생활문화를 전승하는 전통적 가치, 예술작품 개발 및 예술교육의 기능을 하는 예술적 가치 외에 응용제품 개발, 농가소득증대, 기술연구와 산업화 등의 측면에서 산업적 가치를 지니고 있으며, 기술력, 염료, 생산공정 등의 생산요소에 의해 섬유소재와 디자인을 차별화할 수 있어 부가가치가 높은 산업으로 평가되고 있음(전남테크노파크 전략사업기획단, 2008). 제주, 영천, 안동을 비롯한 전국 각지의 지방자치단체에서도 천연염색을 지역발전의 성장동력 산업으로 육성하려는 많은 노력들이 이어지고 있음. 그것은 천연염색 산업이 1, 2, 3차 산업을 융·복합적으로 발전시킬 수 있는 토대를 마련할 수 있기 때문이다. 나주시 또한 천연염색의 메카로서 천연염색 문화관을 건립하고 천연염색 예비기술창업자 육성사업, 지역연고산업 육성사업, 인력양성 사업 등 천연염색 관련 추진사업의 추진과 천연염색 체험전 및 각종 행사를 개최하면서 천연염색을 육성하고 있음.

특히 나주시는 영산강의 잣은 범람으로 인하여 예부터 벼 대체작물로 쪽을 심어 천연염료로 이용한 쪽 염색의 본 고장임. 나주시에는 전국에서 유일하게 전통적 가치를 국가로부터 공인받은 천연염색 중요무형문화재 115호(염색장) 2명(정관채, 윤병운)을 보유하고 있어 천연염색 문화를 지속적으로 보존하고 발전시켜 나갈 수 있는 기반과 더불어 천연염색 산업의 경쟁력을 높이고 실용화하는데 있어서도 상대적으로 유리한 위치에 있음.

쪽 염료는 환경친화적이면서 자연의 색 발현 및 기능성(향균성, 소취성, 피부보호 등)을 가지기 때문에 인체에 이로운 점이 많음. 쪽은 염색성, 상품성, 색채, 견뢰도 등의 모든 측면에서 개발가치가 높은 염료(유명남, 노의경, 2006)이고, 소비자들이 가장 선호하는 색상임(조영아, 2007)에도 불구하고 쪽 염색 패션제품의 아이템 개발이 매우 미흡한 실정임.

나주시의 천연염색 발전을 위해서는 쪽 염색 제품 개발뿐 만 아니라 ‘나주=쪽염색’의 이미지를 구축할 수 있는 쪽 염색 제품의 패키지 디자인이 필요함.

## 나. 연구의 목적

천연염색 제품의 특성을 살린 B.I를 활용한 패키지 디자인 개발 등의 마케팅 강화를 통해 쪽 염색 제품의 산업화 방안을 모색함으로써 천연염료식물 재배농가의 수익증대와 지역경제 활성화에 기여하고자 함.

## 다. 연구의 범위

- B.I를 활용한 패키지 디자인(브랜드 로고, 쇼핑백, 포장지, 라벨 디자인) 및 시제품 제작
- 디자인 10건, 시제품 3건, 특허(디자인) 1건, 논문 1편

## 라. 연구 결과

### (1) 나주손의 수요조사

#### (가) Package Item

- 스카프 및 넥타이를 위한 박스형 패키지 디자인
- 쇼핑백 디자인
- 포장지 디자인
- 상품 상세 설명서 디자인
- 라벨 및 스티커류 디자인

#### (나) Package

- 천연 쪽의 이미지를 살린 내추럴한 디자인
- 천연염색의 소박하지만 품격있는 이미지를 지닌 디자인
- ‘나주손’의 B.I 로고와 컬러는 그대로 유지

## (2) 나주손 브랜드 분석

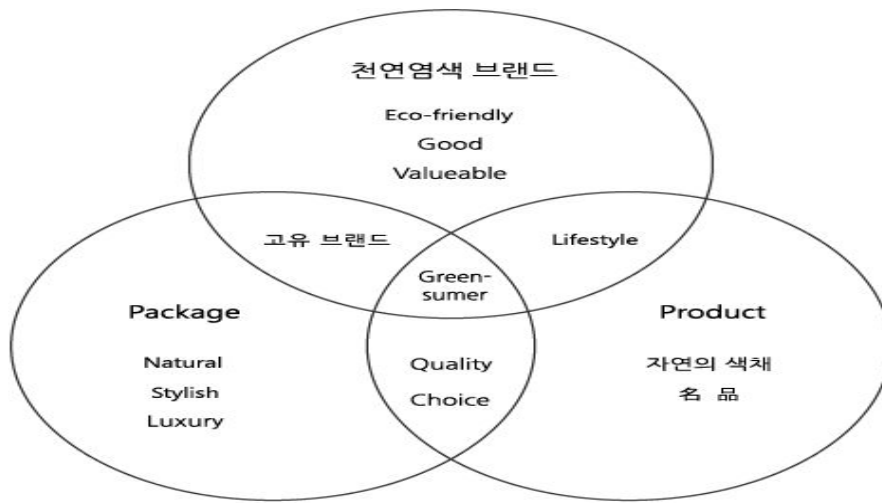


그림 3-70. 나주손 브랜드, 제품, 패키지 키워드

## (3) 나주손 브랜드 타겟 설정

- 30대-60대 여성
- 친환경 제품과 천연염색에 대해 관심이 있는 여성



## (4) 천연염색 마켓 분석

- 고감성 · 고기능성 천연염색 제품에 대한 수요 증가
- 친환경성, 개성 있는 디자인 등을 중요시하는 '가치 소비'
- 쪽 염료는 개발 가치가 높고 소비자들이 가장 선호하는 염료로 평가됨.
- 나주시는 천연염색 산업의 경쟁력을 높이고 실용화하는데 있어서 상대적으로 유리한 위치에 있음.

(5) 나주손 브랜드 패키지 디자인 포지셔닝



그림 3-71. 나주손 브랜드 패키지 디자인 포지셔닝

(6) 나주손 브랜드 패키지 디자인 키워드 설정

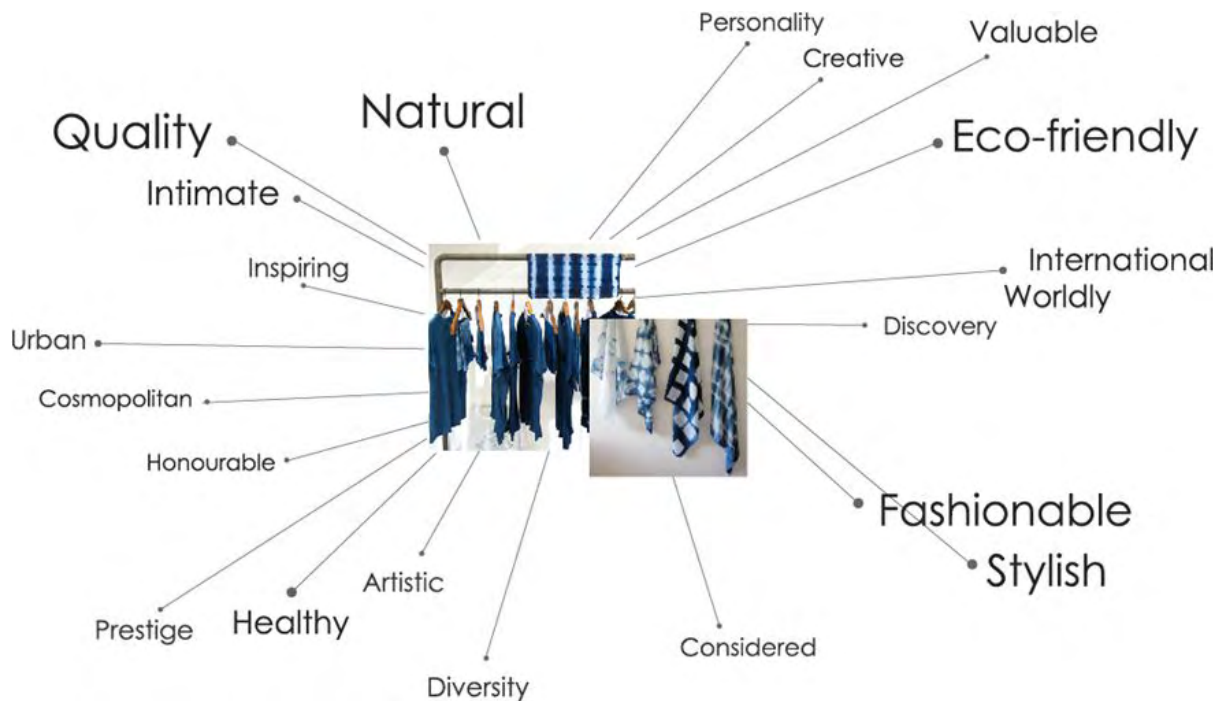
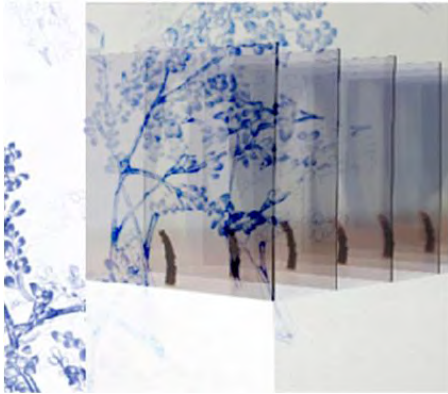


그림 3-72. 나주손 브랜드 패키지 디자인 키워드 설정



(8) 나주손 브랜드 패키지 디자인 컨셉

(가) Living with nature



자연이 주는 삶과 문화는  
현대적 감각으로 업그레이드 된다.  
자연적인 것과 인공적인 요소의 양면성을  
믹스하여 서정적으로 연출  
자연스러운 식물 그림을 이용한  
전원적이며 미래적인 분위기

(나) Let me be raw



길들여지지 않은 받는 영감  
러프한 아름다움을  
가장 아름답게 여기는 무드는  
천연소재와 가공방식에 대한 새로운 의식을  
만들어낸다.

(다) Be less



‘절제’에 대한 의미가 점점 강해지고  
겸손과 공유의  
기능주의적 미학이 지속된다.

(9) 나주손 브랜드 패키지 디자인

(가) Living with nature

○ Design 1-1

: 쪽풀의 이미지를 일러스트레이션으로 깨끗하게 표현하고 나주손 로고를 직인과 같이 이용하여 한 폭의 동양화를 연상할 수 있도록 한 내추럴하면서 모던한 이미지를 나타내는 디자인



○ Design 1-2

: 쪽풀의 이미지를 진한 쪽염색 컬러의 단순화된 일러스트로 표현한 동양적이면서 내추럴한 이미지를 강조한 디자인



○ Design 1-3

: 쪽풀의 이미지를 패턴화하여 오른쪽에 배치하고 쪽염색 컬러를 활용한 네추럴하고 모던한 이미지를 강조한 디자인



(나) Let me be raw

○ Design 2-1

: 자연스러운 쪽잎의 이미지를 러프한 손그림으로 패턴화한 디자인으로 에스닉한 이미지를 연출하는 디자인



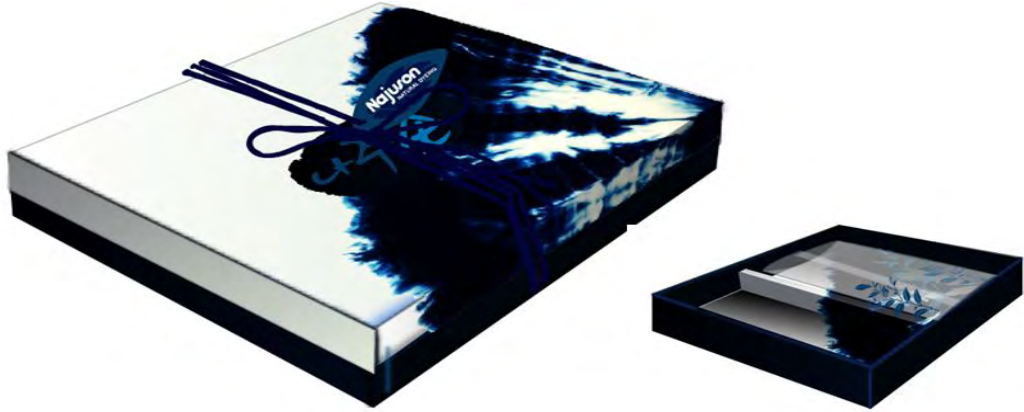
○ Design 2-2

: 쪽물이 일렁이는 듯한 모습을 연상시키고 한지 소재를 사용한 듯한 재질감이 전통적인 이미지도 나타내는 디자인



○ Design 2-3

: 수공예 염색 기법인 홀치기염에 의한 문양을 활용한 디자인으로 천연염색에 대한 이미지를 직접적으로 느끼게 하는 디자인



(다) Be less

○ Design 3-1

: 쪽물로 단순화된 선을 그려 넣은 디자인으로 소박하지만 모던한 감각이 느껴지는 디자인





○ Design 3-2

: 쪽 풀의 이미지를 수채화로 표현한 서정적인 이미지의 디자인



○ Design 3-3

: 쪽 풀의 이미지를 이미지가 마치 레이스 문양 같은 느낌을 주는 서정적인 디자인으로 절제미, 여백의 미가 느껴지는 디자인



(10) 패키지 액세서리 디자인

○ Wrapping Paper



○ Inner Wrapping paper



○ Manual

**염료명 :**

아름다운 꽃과 식물의 추출물 그리고 향토와 숲 같은 자연의 물질을 이용해 염색한 것이 천연염색입니다. 자연의 재료를 이용해 자연의 색으로 염색하는 천연염색은 가장 친환경적이라고 할 수 있습니다. 천연 염료로 염색된 섬유제품은 화학 염료로 염색된 제품과 달리 색상이 깊고 쉽게 옅음이 나지 않는 순수한 자연미를 느끼게 합니다. 천연염색은 환경 친화적인 장점과 항균작용, 항알레르기, 무좀 예방, 태열 예방 등의 기능을 가진 천연 추출물이 포함되어 있어 인체에 이로움 특성도 나타냅니다.

**천연염색제품 세탁방법**

본 제품은 천연염색제품으로 세탁 시 주의하여야 오래도록 사용할 수 있습니다. 또한, 자연스럽게 물이 빠지는 것이 특징입니다.

1. 찬물에 가볍게 헹고 그늘에서 건조하세요.
2. 절대 삶지 마시고 부분적으로 비벼 빨지 마세요.
3. 얼룩이 생겼을 경우 중성세제를 녹인 물에 담가 두었다가 세탁기에 빨면 됩니다.
4. 약간 진 빨았을 때 다뤄질 하시고, 물을 뿌려서 다뤄질 하시면 얼룩의 원인이 될 수 있습니다.
5. 드라이클리닝 하시면 견뢰도가 좋습니다.

**천연염색제품의 보관**

1. 햇빛이 들지 않는 곳에 보관한다.
2. 습기가 많은 곳에 보관하면 변색 우려가 있으므로 피한다.
3. 가급적 온도가 낮은 곳에 보관한다.

**Appropriate Cleaning of Natural Dyed Products**

1. The fabric dyed using natural coloring with low cleaning resistance is better to be dry cleaned than water cleaning.
2. In water cleaning dilute neutral detergent into cold water and clean lightly.
3. Do not mix with other laundry.
4. Avoid boiling cleaning since it might be discolored.
5. Dry in shades inside out. But, the fabric dyed with red clay can be dried in sun.

**Storing Natural Dyed Products**

1. Avoid sunlight.
2. Avoid moist places since it might discolor.
3. Store in low temperature of possible.

**나주손**

**염료명 :**

아름다운 꽃과 식물의 추출물 그리고 향토와 숲 같은 자연의 물질을 이용해 염색한 것이 천연염색입니다. 자연의 재료를 이용해 자연의 색으로 염색하는 천연염색은 가장 친환경적이라고 할 수 있습니다. 천연 염료로 염색된 섬유제품은 화학 염료로 염색된 제품과 달리 색상이 깊고 쉽게 옅음이 나지 않는 순수한 자연미를 느끼게 합니다. 천연염색은 환경 친화적인 장점과 항균작용, 항알레르기, 무좀 예방, 태열 예방 등의 기능을 가진 천연 추출물이 포함되어 있어 인체에 이로움 특성도 나타냅니다.

**천연염색제품 세탁방법**

본 제품은 천연염색제품으로 세탁 시 주의하여야 오래도록 사용할 수 있습니다. 또한, 자연스럽게 물이 빠지는 것이 특징입니다.

1. 찬물에 가볍게 헹고 그늘에서 건조하세요.
2. 절대 삶지 마시고 부분적으로 비벼 빨지 마세요.
3. 얼룩이 생겼을 경우 중성세제를 녹인 물에 담가 두었다가 세탁기에 빨면 됩니다.
4. 약간 진 빨았을 때 다뤄질 하시고, 물을 뿌려서 다뤄질 하시면 얼룩의 원인이 될 수 있습니다.
5. 드라이클리닝 하시면 견뢰도가 좋습니다.

**천연염색제품의 보관**

1. 햇빛이 들지 않는 곳에 보관한다.
2. 습기가 많은 곳에 보관하면 변색 우려가 있으므로 피한다.
3. 가급적 온도가 낮은 곳에 보관한다.

**Appropriate Cleaning of Natural Dyed Products**

1. The fabric dyed using natural coloring with low cleaning resistance is better to be dry cleaned than water cleaning.
2. In water cleaning dilute neutral detergent into cold water and clean lightly.
3. Do not mix with other laundry.
4. Avoid boiling cleaning since it might be discolored.
5. Dry in shades inside out. But, the fabric dyed with red clay can be dried in sun.

**Storing Natural Dyed Products**

1. Avoid sunlight.
2. Avoid moist places since it might discolor.
3. Store in low temperature of possible.

**나주손**

○ Sticker & Label



(11) 나주손 브랜드 패키지 시제품 제작



그림 3-73. 패키지 디자인 1-1

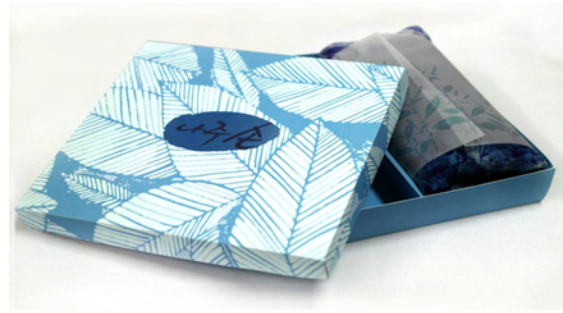


그림 3-74. 패키지 디자인 2-1



그림 3-75. 패키지 디자인 3-1



그림 3-76. 패키지 액세서리

## 제8절 바이오하우징 천연소재 개발 및 제품 마케팅

### 1. 인테리어제품 분석하여 연구하고자하는 제품 선정

#### 가. 패턴이 적용 가능한 인테리어 제품 분석

- ① 벽지, 장식용 시트지
- ② 패브릭 - 패브릭패널, 커튼, 블라인드 등
- ③ 가구 - 가구도어포인트, 쇼파커버, 의자방석, 테이블보 등
- ④ 유리류 - 시트지, 접합유리 등
- ⑤ 침장류 - 이불, 베개, 침대커버, 쿠션, 방석 등
- ⑥ 소품류 - 보자기, 전등갓 등

#### 나. 연구 제품 선정

일반적인 하우징의 경우 공간 최종 마감재로 가장 많이 사용되고 있는 것이 벽지인데 이는 넓은 면을 차지하고 있어 인테리어 환경에 많은 영향을 미치는 마감재이다. 이러한 벽지는 내구성, 시공성 견고성 등을 이유로 PVC와 같은 화학성분을 이용하여 제작하는 것이 대부분이며 시공시 사용되는 접착제에서도 인체에 유해한 성분인 VOC (휘발성유기화합물) 등이 유출되기도 한다.

패브릭패널은 벽지를 대체할 수 있는 인테리어제품으로 MDF나 합판에 원단을 감싸 벽면에 부착하는 건식시공방식을 사용하므로 인체에 무해한 친환경 건축자재이다.

본사는 패턴이 적용 가능한 인테리어 제품들 중에서도 패브릭패널 개발을 위주로 하여 연구를 진행.

### 2. 패턴 디자인 분석

#### 가. 디자인등록 되어있는 패턴 분석

- ① 검색사이트 : 특허정보검색서비스 KIPRIS
- ② 2010년도 이후 디자인 등록건에 한하여 분석
- ③ 디자인분류코드 'M1' 직물지 등에 한하여 분석

디자인 등록 되어있는 패턴들은 무늬모양이 상하좌우로 연속반복되는 것이 대부분이었다. 패턴타입은 나뭇잎, 넝쿨 등의 곡선을 살려 패턴이 자연스럽게 연결되도록 하거나 꽃잎, 과일 등을 연속 배열하는 타입이 많았다. 또한 기하학적인 도형이나 특정 문양을 반복하여 규칙성을 주기도 하였다.

## 나. 자사 패턴 개발

자사는 전통미에 바탕을 둔 모던한 감각의 디자인을 추구한다. 이는 우리 선조가 지녔던 미학인 검소하지만 누추하지 않고 화려하지만 사치스럽지 않았던 미 감각을 존경하고, 이 땅의 자연을 존중하는 마음에서 출발한다. 전통을 현대적으로 재해석하여 현대인의 삶에 자연스럽게 녹아날 수 있는 디자인을 기반으로 패턴을 개발하고자 하였다.

## 3. 패턴 디자인 개발

### 가. 꽃 문양

인테리어제품에 가장 많이 적용되어 있기도 한 꽃 문양은 여성스럽고 부드러운 느낌을 줘 인테리어제품에 패턴으로 적용될 시 공간 분위기를 온화하게 만들어준다. 꽃봉오리의 형태, 배치 형태 등에 따라 매우 다른 느낌을 줄 수 있다. 여러 가지 꽃 중에서 자사의 디자인 컨셉에 맞는 꽃은 매화라 할 수 있다. 매화꽃은 사군자의 선두로서 만물이 추위에 떨고 있을 때 꽃을 피워 봄을 가장 먼저 알려줌으로서 불의에 굴하지 않는 선비정신을 뜻한다. 사랑을 상징하는 꽃 중에서도 으뜸이며, 절개, 군자정신을 의미한다.



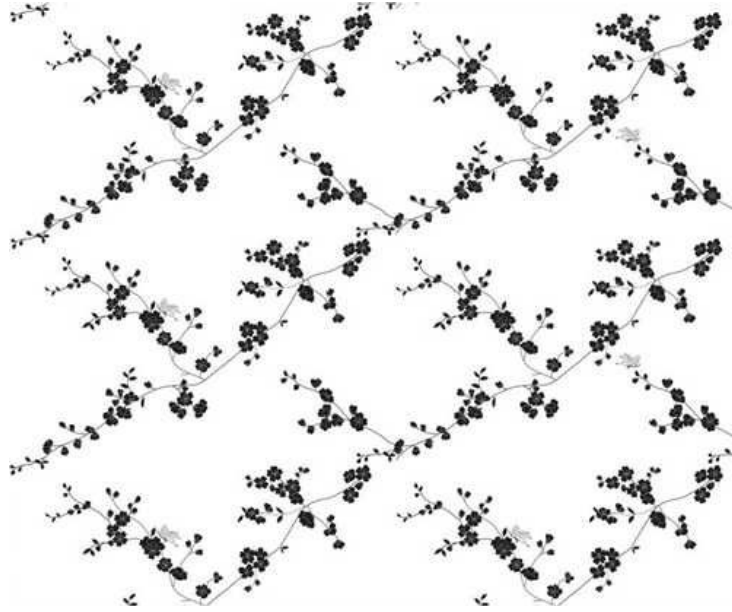
<매화그림이 그려진 조선 전기 청화백자>  
(16세기. 보물659호)



<매화 형상화>  
(Illustrator CS3 활용)



매화가지가 뻗어나가며 패턴을 이어주고 다양한 형태의 매화꽃봉오리로 단아하지만 화려한 느낌을 주도록 하였다. 패턴이 넓은 면에서도 계속 이어질 수 있도록 하는 것이 매화 패턴 디자인 시 가장 고려되었던 점이며 이를 통해 곡선의 미도 함께 표현하려 하였다.



<매화꽃들이 가지에 의해 연결되도록 패턴화(Illustrator CS3 활용)>

### 가. 과일 문양

과일을 이용한 그림이나 패턴은 탐스러운 열매가 갖는 의미 때문에 예로부터 많이 사용되어져 왔다. 그 중에서도 포도는 민화에서 옛 선비들이 시문이나 그림에서 즐겨 다루던 과실이다. 여러개가 탐스럽게 열리는 포도열매는 다산을 상징하며, 유연스럽게 뻗어 얽히고 설킨 형태의 멋진 곡선을 이루는 덩굴은 자손이 끊어지지 않고 천대 만대 이어진다는 의미를 담고 있다.

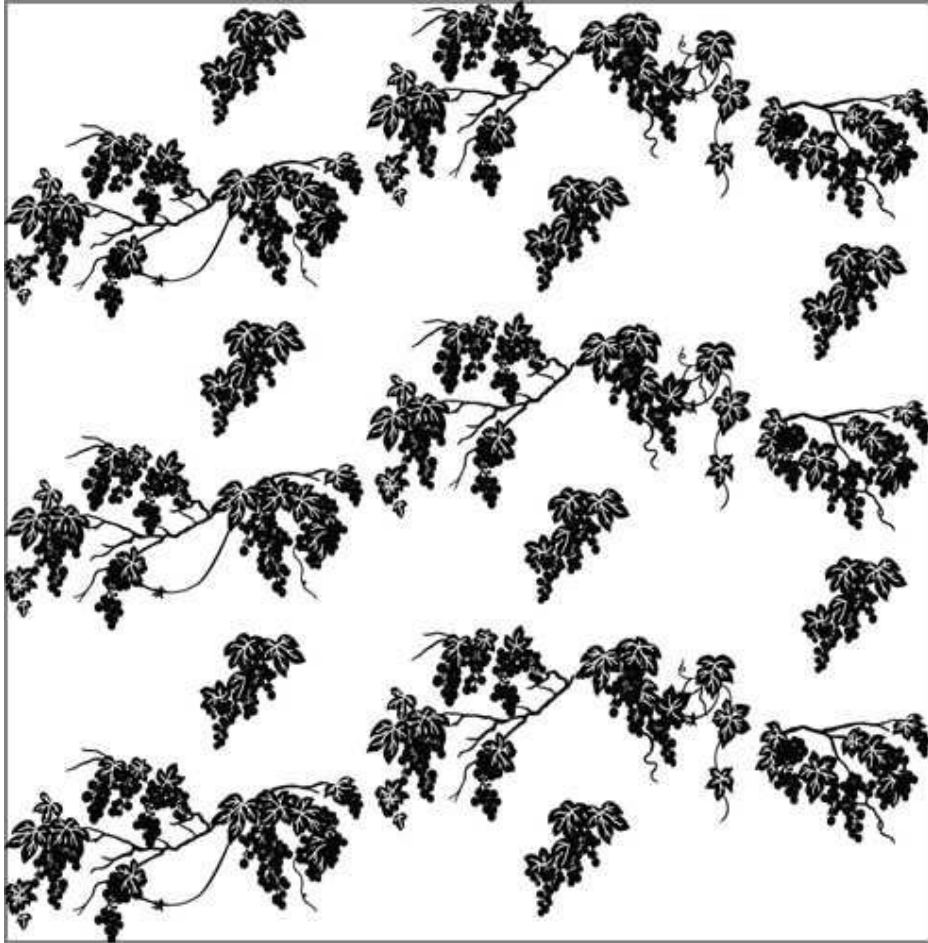


<청화백자 포도문 전접시(15세기)>



<포도 형태 형상화(Illustrator CS3 활용)>

포도덩굴이 이어지며 패턴을 만들고 탐스러운 포도열매를 적절히 배치하여 풍성한 느낌을 주도록 하였다.



<포도열매들이 포도덩굴에 의해 연결되도록 패턴화(Illustrator CS3 활용)>

#### 4. 디자인한 패턴을 적용하여 시제품 제작

##### 가. 패브릭패널



<벽지 대신 벽면에 부착한 패브릭패널(천연 색 염색 원단 위 자수, 포도패턴)>



<대한민국 섬유교역전 Preview in SEOUL 2011참가 패브릭패널 전시. 2011년 8월 31일~9월 2일 COEX 1층 B홀>

## 나. 커튼



<커튼으로 활용한 원단(폴리에스테르 원단 위 방염처리 후 자수, 매화패턴)>

## 다. 블라인드



<블라인드 위단으로 활용한 원단 (천연 황토 염색 원단 위 자수, 포도패턴)>

#### 라. 접합유리



<패턴을 얇은 시트지에 인쇄한 뒤 유리 사이에 넣고 접합(투명시트지 위 인쇄, 포도패턴)>

#### 마. 쿠션 커버



<쿠션 커버로 제작한 원단(폴리에스테르 원단 위 자수, 매화패턴)>

마. 보자기



<보자기로 활용한 원단(천연 쪽 염색 원단 위 자수, 매화패턴)>

## 5. 바이오하우징 천연소재 개발 및 제품 마케팅 개발 세부 내용

### 가. 연구 목적 및 필요성

본 과제는 천연염색상품의 디자인 현황과 소비자 선호도를 분석하여 쪽 염색의 용도 확대를 위한 고감성적 텍스타일 디자인, 현대적인 감각의 고부가가치·고기능성 생활 소품, 인테리어 마감재의 신제품 개발과 상품화, 천연염색 상품의 특성을 살린 B.I 및 패키지 디자인 개발 등의 마케팅 강화를 통해 쪽 염색 제품의 산업화 방안을 모색함으로써 천연염료식물 재배농가의 수익증대와 지역경제 활성화에 기여하고자 한다.

최근 천연염물로 부터 추출한 색소를 이용한 섬유류의 염색에 많은 관심이 집중됨에 따라 세계적인 천연염료이자 전통적으로 이용해 왔던 쪽 염료의 현대적 이용에 대한 연구 와 노력이 집중되고 있다.

천연염색 관련사업 수요는 지속적으로 늘어나고 있으나 그에 따른 염료의 대량생산이 이루어지지 못해 안정적인 염료공급이 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

인디고 천연소재의 대중화를 실현하기 위하여 대량생산 가능한 인디고 천연원사의 개발은 물론 다양한 인디고 천연염색 한지섬유를 이용한 천연벽지 생산을 목표로 한다.

한지는 다펀을 이용하여 한국고유의 기법으로 뜬 천연섬유로 필요에 따라 다양한 재질, 두께 및 문양이 가능한 소재이다.

우주선 보호 장비에서부터 종이로봇, 차세대 반도체, 자동차 시트, 스피커폰, 재킷 등이 모두 한지로 만들 수 있는 제품들이다. 이는 한지가 가진 각종 전기적 특성과 보존성 때문에 가능한 일이다.

특히 우리나라 한지는 기능성에서 최고 수준을 자랑했다. 그럼에도 불구하고 지금까지 극소수 장인들이 명맥을 이어왔을 뿐이며 오히려 일본에 비해 산업화가 크게 뒤쳐져 있다. 일본은 한지를 역사기록용 보존 용지나 공예용지로 만들어내는 등 끊임없이 한지산업을 키웠다. 일본은 특히 이 같은 제품들을 프랑스 등 유럽에 대량 수출하면서 세계시장을 주도해 왔다.

한국도 근래에 들어 기능성 한지섬유(닥섬유)의 상업화 시대가 본격 시작되고 있으며, 한국의 한지섬유의 우수성과 전통성을 널리 알려 한지산업에 대한 친근감을 끌어 올린다는 전략을 가지고 전주, 강원도, 경북 등 우리나라 전반적으로 한지산업을 육성해 나가고 있다.

## 나. B.I 및 패키지 디자인 개발

쪽을 이용한 천연염색이라는 점을 나타내면서, 자사만의 특징을 잘 표현할 수 있도록 디자인 작업 진행함.



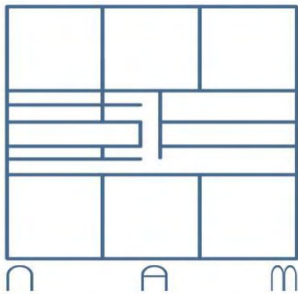
[디자인 1]

일반적인 도장낙인은 붉은색이지만 쪽의 푸른색을 사용하여 신선함을 전달



[디자인 2]

녹색의 쪽잎이 염색과정을 거쳐 푸른색이 되는 과정을 '쪽'이라는 글자 안에 형상화함. 훈민정음체를 사용하여 전통적인 느낌을 주면서도 형상의 가로, 세로 길이를 같게 하여 모던한 느낌을 주도록 함



[디자인 3]

藍 (쪽 남)이라는 한자를 모티브로, 정사각형 안에 획을 격자무늬로 배열하여 현대적인 느낌을 주도록 하였음. 정사각형 형상 아래에 한자의 음을 영문으로 표기해 가독성을 높였음



[디자인 4]

사각형 프레임 안에 藍 (쪽 남) 한자를 모던하게 직선으로 표현하고, 한자의 음을 영문으로 넣어 포인트를 주었음





[디자인 5]

藍 (쪽 남) 이라는 한자를 격자무늬로 표현하고 그 안에 한자의 음을 격자에 맞춰 넣어 하나의 도형처럼 보이도록 표현. 모던한 라인으로 처리하여 세련미 강조



[디자인 6]

염료가 번지는 듯한 효과의 배경 위에 글자를 배열함



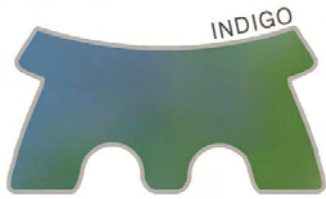
[디자인 7]

염료가 번지는 듯한 효과를 준 바탕에 '쪽'의 'ㅈ' 라인형태로 형상화하여 도장낙인처럼 표현



[디자인 8]

'쪽'의 'ㅈ'을 로고 처리하여 표현하고 하단에 음을 영문으로 표기



### [디자인 9]

'쪽'의 '짜'이 흡사 한국을 상징하는 전통건축(서울 숭례문 같은 성문)의 형상을 띄고 있음에서 착안된 디자인. 전통적인 이미지를 강조하여 쪽염색이 한국적인 염료임을 나타냄



### [디자인 10]

인디고 칼라의 파란색이 쪽이라는 녹색식물에서 나오는 것이라는 점을 알리기 위해 쪽의 잎을 로고처럼 사용. 오가닉한 느낌을 줌

다. 시제품 개발



<시제품 1 - Label 디자인 I >



<시제품 2 - Label 디자인 II >



<Label 부착 모습 (카펫)>



<Label 부착 모습(침구세트)>



<Label 부착 모습 (커튼)>



<시제품 3 - Tag 디자인 I>



<시제품 4 - Tag 디자인 II>



<시제품 5 - 패키지 디자인 I>  
(광목천을 이용한 에코백으로 쿠션, 침구세트 등의 포장패키지)



<시제품 6 - 패키지 디자인 II>  
(쪽염색 원단으로 제작한 액자 포장상자)



<시제품 7 - 패키지 디자인 III>  
(접이식 상자를 이용한 쪽염색 보자기, 쿠션커버 등의 포장패키지)



<시제품 8 - 패키지 디자인Ⅳ>  
(쪽염색 원단, 주방용품 포장상자)



<시제품 9 - 패키지 디자인Ⅴ >  
(커튼 포장패키지)



<시제품 10 - 패키지 디자인Ⅵ>  
(쪽염색 원단, 침구류 포장패키지)



<패키지 착용 모습>

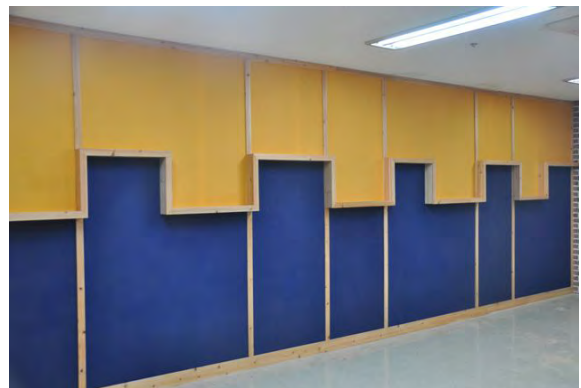
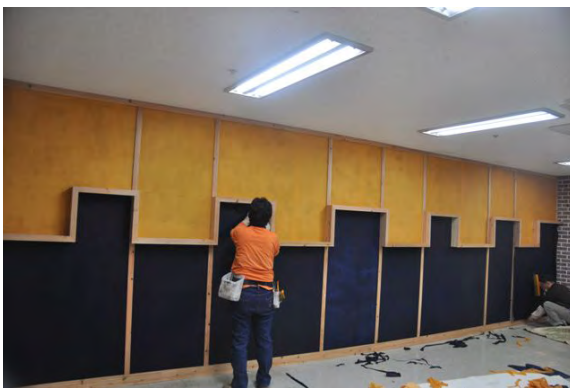


〈제품과 패키지 전체 모습〉

#### 라. 연구수행 결과

- 3차년도 연구는 자사만의 특징을 나타낼 수 있는 B.I 디자인이 주요 연구과제였으며 디자인된 B.I를 활용하여 제품라벨, 포장패키지, 쇼핑백을 제작하여 이를 신제품으로 출시하고자함을 목표로 하였다.
- 천연 쪽 염색이라는 점, 천연 한지섬유를 이용한 원단이라는 점에 본사만의 디자인 철학인 전통의 현대적인 재해석이라는 점을 중점으로 하여 다양한 대안들이 디자인 되었으며 그 중 제품을 가장 잘 표현할 수 있는 B.I 2건을 디자인 출원하여 디자인등록 결정을 받았다.
- 누가 봐도 쪽 염색 제품이라는 것을 알 수 있도록 하면서 자사만의 특징을 표현한 B.I와 패키지 디자인을 통해 제품의 유니크한 이미지를 각인시키고 쪽 염색 원단이 보다 많은 대중들에게 알려지는데 기여코자 한다.

## 6. 천연벽지 시제품 개발



<천연벽지의 적용 예 : 한국천연염색박물관>

## 제9절 천연원료를 이용한 기능성 천 기저귀 제품 개발

### 1. 팬티형 천기저귀 디자인 개선 및 시제품 개발

#### 가. 연구개요

시장 환경 (국내 유아시장 환경) 최근 자녀를 한명만 낳는 가정이 늘어나면서, 하나밖에 없는 자녀를 위해서라면 고가의 물건도 아끼지 않고 소비하는 부모들이 증가하고 있다. 뜨겁게 달아 오른 키즈산업(kid-s)의 인기가 식을 줄 모르면서 시대를 불문하고 부모들의 교육 열기는 언제나 뜨거운 만큼 아이들을 대산을 한 키즈산업도 불황을 타지 않고 있는 것이다.

내 자녀를 남들과 다르게, 특별하게 키우려는 부모들이 증가하면서 결기불황에도 불구하고, 유아용품 시장에도 고가 수입제품이 성장세를 보이고 있으며, 각 이집마다 프리미엄 브랜드를 대거 출시하는 등 "골드키즈"를 겨냥한 다양한 전략이 펼쳐지고 있다.

매년 약 60만 명의 신생아가 출생하고 있으며, 이에 따라 생후 3~4개월부터 48개월까지의 영유아를 대상으로 하는 기저귀 시장의 규모는 분유 3천5백억 원과 이유식 1천5백억 원을 포함해 연간 5천억 원에 이른다. 거기에 웰빙 바람을 타고 몸에 좋은 제품을 찾는 사람들이 늘어 지난해 국내 유기농 가공식품 시장 규모는 2백억 원으로 웰빙 바람을 타고 매년 20% 이상의 성장률을 보이고 있다. 비록 전체적인 시장의 큰 규모의 증가는 없지만 친환경을 찾는 프리미엄 시장은 매년 15% 이상의 성장을 보이고 있는 것이다. 게다가 국민건강보험공단과 통계청의 자료에 따르면 2003년 한해 아토피를 앓은 유아(0~4세)는 52만7천명으로 전체 유아의 18%로 집계됐다. 유아 6명 중 1명꼴로 아토피를 앓고 있는 셈이며, 아토피-천식 치료에 한해 1천7백억 원이 들어간다고 한다.

천기저귀 시장현황 (국내 유아시장) : 1회용 기저귀 시장은 1996년을 기점으로 성장세가 조금 둔화되고 출산율이 저하되고, 점차 핵가족화 되어가는 시대에 키즈산업은 갈수록 성장세를 보이면서 마케팅 사업들은 갈수록 활성화 되고 있는 추세에 있다. 또한, 웰빙 열풍과 더불어 저출산으로 인해 자신의 아이에게 만큼은 좋은 것을 쓰고 싶어하는 심리가 반영된 것으로 보인다. 특히, 약 20% 정도의 사람들이 천기저귀만을 이용하며, 1회용 기저귀와 병행하여 사용하는 사람들이 약 70% 가까이 된다는 조사결과가 나와 있다. 1년 약 4천억 기저귀 시장에서 천기저귀의 매출 비중은 약 5~8%정도이며, 매년 증가세를 보이고 있다.

환경적인 측면 : 세계는 지구 온난화 현상이 이슈화된 지 오래이며, 각 국가와 국민들은 환경을 지키는 것에 대한 절실한 필요성을 느끼면서 환경의식 고취와 함께 직접적으로 환경보호에 동참하기 시작하고 있다. 금번 개발되는 "쪽"천연염색 천기저귀 제품은 소비자들에게 친환경 제품을 제공하여 물자절약과 함께 환경을 지키는 운동에 공헌하고자 한다. 무엇보다 자연에서 얻은 결실을 통해 환경을 지키면서 인류 건강을 지키는 제품으로 퇴색되지 않은 한층 발전된



더 많은 종류의 환경제품 개발로 사회 공헌을 진행해 나가려고 한다. 브랜드 자원의 화제성 : 국내 1위 천기저귀 업체로 주식회사 편비즈는 지속적으로 다양한 언론의 TV, 신문, 온라인 뉴스, 잡지 등 1년 동안 천기저귀 제품을 알리는데 앞장서고 있다.

## 나. 연구 결과 및 고찰

### (1) 시제품 개발 (원단 테스트)

다양한 천기저귀 원단을 분석하여 쪽 염색이 가장 자연스럽고, 천기저귀에 적합한 원단을 색출하여 본격적인 개발에 돌입하였다. 이에 다음과 같이 쪽 염색 원단에 대해 분석 결과 자가드 원단이 가장 적합한 것으로 나타났다.



[거즈 면원단 테스트 결과] [물결자가드 테스트 결과] [엠보자가드 테스트 결과]

그림 3-77. 각종 원단 테스트

거즈의 경우에는 흡수력은 뛰어나, 바로 침투가 되어 하단으로 새는 결과를 나타냈으며, 물결자가드의 경우에는 흡수력도 좋고, 새는 것을 최대한 방지하는 효과를 나타냈다. 엠보자가드의 경우에도 흡수력과 새는 것을 방지하면서도 유관적으로 고급스러움을 나타냈다

표 3-100. 제품의 종류 및 시제품 제작 특징

제품의 종류		제품의 특징
쪽염색 땅콩기저귀		통풍성이 뛰어난 친환경 쪽염색소재를 사용하여 쾌적성을 유지하였으며 무형광, 천연 항균작용과 창취능력이 배가 되도록 개발하였다. 기존의 천기저귀를 여러 겹으로 구성해서 만든 흡수천으로 제작되었으며 물결모양 패턴연구를 통해 보다 빠르고, 주변으로 확산되도록 개발하였다.
쪽 염색 거즈기저귀		높은 통풍 성으로 짓무름을 예방하고, 건조 및 여름에 시원함을 유관으로 느낄 수 있도록 개발하였다. 거즈면으로 되어 있어 쾌적감, 항균, 방취, 소취기능이 있으며 99%이상의 항균력을 발휘하는 것으로 확인 되었다.
쪽 염색 팬티형 기저귀		100%천연 쪽 염색소재로 피부에 자극이 없으며, 아이가 걷기 시작할 때 편리하게 착용할 수 있도록 팬티형으로 개발되어 있다. 특히 아이들에게 팬티를 입는 습관을 길들 수 있도록 돕는 효과도 탁월하다.

## (2) 시제품 설계

팬티형으로 아기의 체형에 꼭 맞도록 디자인 (3 단계 사이즈로 구성: S, M, L)

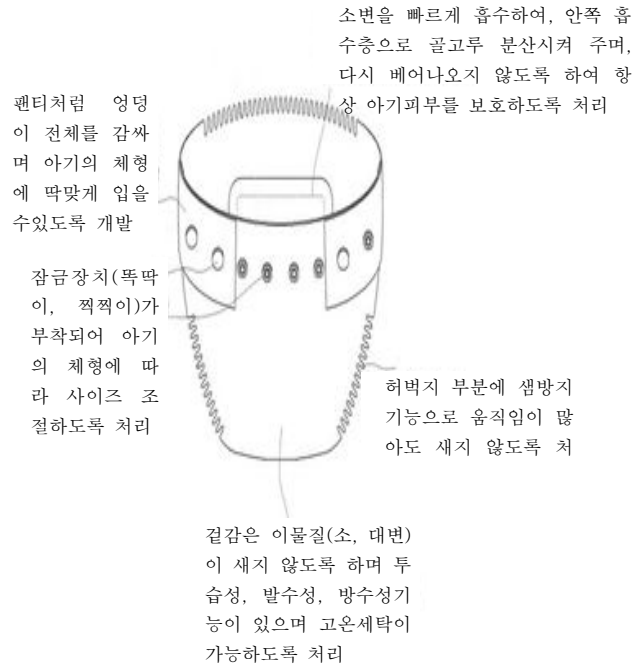


그림 3-78. 각 부분의 기술개발 장점을 부각시켜 시제품 제작

기존의 팬티형 천기저귀 단점은 옆으로 박음질 선을 타고 흡수된 이물질이 새어 나오는 현상이 있었으나, 금번 디자인 변경으로 선행방지를 2중 처리하여 보완하였고, 아기의 체형에 맞도록 3단계로 사이즈를 개발하였다.

(3) 제품 개발 과정 (샘플 재단)



그림 3-79. 제품 개발을 위한 원단 재단



그림 3-80. 제품개발을 위한 본봉 작업

#### (4) 시제품 개발

쪽염색을 이용한 기저귀용 디자인은 아래 그림 1-13과 같이 다양한 형태의 것을 개발하였으며, 이 중 자체 평가를 거쳐 쪽 땅콩기저귀와 쪽 사각 기저귀를 상품화 하였다.



그림 3-80. 다양한 시제품 형태



그림 3-81. 다양한 시제품 제작 및 착용감(기능성, 안정감) 실험

(5) 천기저귀의 장점 분석 결과

표 3-101. 천기저귀의 장점 분석 결과

구 분	장점 분석
<p>청 결 성 (Cleanliness)</p>	<p>천기저귀는 일회용 기저귀와 달리 엄마가 직접 빨아주는 기저귀인 만큼 훨씬 깨끗하고 아기에게도 안전하다. 청결함을 유지하기 위해 유독 삶아 쓰는 문화가 강한 한국에서는 대개 아기를 위한 제품의 경우 고온세탁으로 살균을 거친다. 최근 일회용 기저귀에서 벌레가 나오는 등 대량생산용 제품에 대한 불신이 곳곳에서 터져 나오고 있는 한편, 한 장 한 장 새 것처럼 세탁하고 삶아 쓸 수 있는 청결한 천기저귀에 대한 필요성이 부각되고 있다.</p>
<p>비 용 (Cost)</p>	<p>아기가 태어나서 사용하는 일회용 기저귀 양은 하루 7~10장이다. 이로 인해, 품질과 브랜드에 따라 다르지만 기저귀 비용은 한 달에 약 7만 원 이상 발생하게 된다. 한국의 경우, 기저귀를 떼는 시점을 24개월 기준으로 봤을 때(독일의 경우, 30개월 이상 기저귀 착용) 약 200만~250만 원 이상이 평균비용이다. 아기가 사용하는 천기저귀도 디자인과 브랜드에 따라 차이가 있지만, 10만원에서 넉넉하게는 30만원 비용으로 기저귀 떼는 시점까지 사용이 가능하다. 물론, 세탁에 따른 노력과 비용이 다르지만 쓰고 버리는 기저귀에 비해 비용에 대한 절감은 확연하게 나타난다고 볼 수 있다.</p>
<p>편 안 함 (Comfort)</p>	<p>소변을 볼 때 마다 기저귀를 갈아준다면 아기는 내내 굉장히 편안함을 느낄 것이다. 하지만 번거로움이 따르는데, 이 때 천기저귀를 사용하면 아기에게 더 도움이 된다. 천기저귀의 면은 매우 부드러우면서 자연스러운 착용감을 제공해 피부발진이 거의 생기지 않는다.</p> <p>일회용 기저귀는 경제성을 따져 2~3회 배뇨에도 착용하는 경우가 있으나, 빨아서 다시 쓸 수 있는 천기저귀는 아기가 차가움이나 혹은 찌척함을 느낄 때 바로 바로 갈아줄 수 있다.</p> <p>100% 순면을 사용해 허벅지와 허리라인 고무줄 등 피부트러블을 줄일 뿐 아니라 정서적인 측면에서도 유익하다.</p>
<p>자 연 보 호 (Conservation)</p>	<p>천기저귀는 재활용이 가능하므로 낡게 되면 자전거를 닦는 걸레나 쿠션 슝 등 다른 용도로 다시 쓸 수 있다.</p> <p>일회용 기저귀의 경우, 말 그대로 한번 쓰고 버리는 제품이기에 때문에 많은 양의 쓰레기와 그에 따른 쓰레기봉투, 처리비용까지 발생한다. 그리고 다시 제품을 생산하기 위해선 매년 수만 그루의 나무와 기타 원자재가 사용되고 있어, 자원보호와 지구온난화 방지를 위한 재활용 가능 천기저귀의 사용이 더욱 절실한 시점이다.</p> <p>천기저귀는 세탁과 반영구적인 사용이 가능해, 낭비되는 자원의 절약과 넘쳐나는 쓰레기 문제해결 등 생태계를 보호하고 지구온난화 방지에까지 도움이 되는 친환경 제품이다.</p>
<p>편 리 성 (Convenience)</p>	<p>요즘 천기저귀는 과거 천을 떼다가 쓰던 ‘광목기저귀 (사각 기저귀)’ 시스템이 아니다. 아기의 체형에 맞는 다양한 디자인과 접고 깔 필요가 없이 충분한 흡수력을 자랑하는 땅콩기저귀, 올인원 팬티기저귀에 대한 인식이 점점 높아지고 있다.</p> <p>진부한 형태의 천기저귀가 아닌 기능적, 디자인적으로 다양한 종류와 형태를 갖춘 천기저귀는 예전과 달리 이제 이용자의 측면에서 고려돼 사용하기 아주 편리하게 출시되고 있다. 오히려 일회용 기저귀의 경우, 빨래걱정은 없지만 기저귀가 소진될 시점에는 매번 재구매를 해야 하는 불편함을 감수해야 한다.</p>

표 3-102. 국내 FTI연구원에서 요구하는 안전 테스트

시험항목		검사 단위	기준치	시험방법
형광증백제		형광증백제	검출되지 않을것	FTI시험연구원
포름알데히드합량		mg/ kg	검출되지 않을것	기술표준원 고시 제 2007-34호(2007.1.24) 자율안전확인부속서4
염소화페놀류합량	PCP	mg/ kg	0.05이하	기술표준원 고시 제 2007-34호(2007.1.24) 자율안전확인부속서4
	TeCP	mg/ kg	0.05이하	기술표준원 고시 제 2007-34호(2007.1.24) 자율안전확인부속서4
텔드린합량		mg/ kg	0.05이하	기술표준원 고시 제 2007-34호(2007.1.24) 자율안전확인부속서4
유기주석화 합물 합량	DBT	mg/ kg	1.0이하	기술표준원 고시 제 2007-34호(2007.1.24) 자율안전확인부속서4
	TBT	mg/ kg	0.05이하	기술표준원 고시 제 2007-34호(2007.1.24) 자율안전확인부속서4
아조염료합량		mg/kg	각각 30이하	기술표준원 고시 제 2007-34호(2007.1.24) 자율안전확인부속서4

유해성

### (5) 연구 제품 홍보

제10회 임신출산육아박람회에서 "쪽"기저귀의 제품을 홍보하고 있다. 제품의 성능과 자연에서 추출된 천연염색이라는 내용을 홍보하니 소비자들로부터 뜨거운 반응을 얻게 되었고, 특히 국내 기술바탕으로 이루어진 제품이라는 것에 더욱 관심을 갖게 되었다.



그림 3-82. 일산 킨텍스 "쪽"천연염색 기저귀 홍보



(6) 개발제품의 주요 수요처

최근 세계적으로 이슈가 되고 있는 그린성장, 녹색 성장으로 인하여 많은 기업들이 친환경 제품을 우선적으로 고민하고, 수요를 하고 있다. 따라, "쪽"천연 염색 기저귀의 수요시장은 온라인과 오프라인 다양한 채널을 통한 수익창출이 가능할 것으로 예상하며, 국내에서 활동하는 GS이숍, CJmall, 롯데닷컴, 디앤샵, 인터파크, 신세계몰, Hmall, 삼성몰, 롯데 홈쇼핑, 농수산 홈쇼핑, KT몰, G마켓, 옥션, 11번가, 아이프랜드, 임산부몰, 유미원, 베베하우스, 베베온, 남양아이맘, 마이베이비, 1300K등 온라인 쇼핑몰에 입점하여 판매할 수 있으며, 오프라인 매장으로서는 아가방 250개 매장에 입점을 기본으로 서울, 인천, 경기 충청, 강원지역 등에 취급점을 확보, 전국적인 네트워크를 가질 예정이며, 향후 롯데마트 등 마트시장에도 진입할 계획을 가지고 있다.



그림 3-83. 주요 판매처 현황

(가) 시장 환경 (국내 유아시장 환경)

최근 자녀를 한명만 낳는 가정이 늘어나면서, 하나밖에 없는 자녀를 위해서라면 고가의 물건도 아끼지 않고 소비하는 부모들이 증가하고 있다. 뜨겁게 달아 오른 키즈산업(kid-s)의 인기가 식을 줄 모르면서 시대를 불문하고 부모들의 교육 열기는 언제나 뜨거운 만큼 아이들을 대산을 한 키즈산업도 불황을 타지 않고 있는 것이다. 내 자녀를 남들과 다르게, 특별하게 키우려는 부모들이 증가하면서 결기불황에도 불구하고, 유아용품 시장에도 고가 수입제품이 성장세를 보이고 있으며, 각 이겹마다 프리미엄 브랜드를 대거 출시하는 등 "골드키즈"를 겨냥한 다양한 전략이 펼쳐지고 있다.

매년 약 60만 명의 신생아가 출생하고 있으며, 이에 따라 생후 3~4개월부터 48개월까지의 영유아를 대상으로 하는 기저귀 시장의 규모는 분유 3천5백억 원과 이유식 1천5백억 원을 포함해 연간 5천억 원에 이른다. 거기에 웰빙 바람을 타고 몸에 좋은 제품을 찾는 사람들이 늘어 지난해 국내 유기농 가공식품 시장 규모는 2백억원으로 웰빙 바람을 타고 매년 20% 이상의 성장률을 보이고 있다. 비록 전체적인 시장의 큰 규모의 증가는 없지만 친환경을 찾는 프리미엄 시장은 매년 15% 이상의 성장을 보이고 있는 것이다. 게다가 국민건강보험공단과 통계청의 자료에 따르면 2003년 한해 아토피를 앓은 유아(0~4세)는 52만7천명으로 전체 유아의 18%로 집계됐다. 유아 6명 중 1명꼴로 아토피를 앓고 있는 셈이며, 아토피-천식 치료에 한해 1천7백억 원이 들어간다고 한다.

(나) 천기저귀 시장현황 (국내 유아시장)

1회용 기저귀 시장은 1996년을 기점으로 성장세가 조금 둔화되고 출산율이 저하되고, 점차 핵가족화 되어가는 시대에 키즈산업은 갈수록 성장세를 보이면서 마케팅 사업들은 갈수록 활성화 되고 있는 추세에 있다. 또한, 웰빙 열풍과 더불어 저 출산으로 인해 자신의 아이에게 만큼은 좋은 것을 쓰고 싶어하는 심리가 반영된 것으로 보인다. 특히, 약 20% 정도의 사람들이 천기저귀만을 이용하며, 1회용 기저귀와 병행하여 사용하는 사람들이 약 70% 가까이 된다는 조사결과가 나와 있다. 1년 약 4천억 기저귀 시장에서 천기저귀의 매출 비중은 약 5~8%정도이며, 매년 증가세를 보이고 있다.

(다) 국내외 기술 동향 분석

국내는 기저귀 본연의 기능, 편리성, 건강 등과 관련된 기술이, 국외는 편리성/세련성이 기술 추세임

국내 기술 동향

- 부드러운 촉감, 향균 및 향취 기능, 세균 및 곰팡이 증식 억제, 통풍 등의 기술이 요구 됨
- 따라서, 천연쪽원단소재를 사용하면서 무농약/화학 등의 기능성 제품들을 개발하고 있는 추세임
- 대나무, 황토 등을 활용한 제품들이 나오고 있으나 과학적 검증, 품질 입증 등이 요구 됨
- ㈜편비즈의 경우 무형광 소재제품의 사용으로 언론을 통해 천 기저귀 대표기업으로 각인된 후 다스 기업에서도 채택 중
- 전통적인 사각형 기저귀 외에 접고 깔 필요가 없는 패드 형, 팬티 형 등 여러 가지 모양의 제품들이 주부 편의성 측면에서 개발되고 있음

국외 기술 동향

- 일본, 유럽, 미국 등 아직은 다양한 천연소재 개발이 그다지 활발치 못하며 주로 편의성을 중심으로 제품을 개발하여 소비자 호응을 받고 있음
- 특히, 팬티 형 제품의 경우 편리함과 세련성 등으로 인해 만족도가 높아가는 추세임
- 일본 니키시의 경우 팬티형을 기본으로 각 연령대별로 다양한 크기와 용도의 제품을 출시 하였고 신생아 용도의 경우 100%의 면 소재 활용과 3중 흡수구조, 세탁용이성 등의 장점이 부각된 제품을 내고 있음

(라) 환경적인 측면

세계는 지구 온난화 현상이 이슈화된 지 오래이며, 각 국가와 국민들은 환경을 지키는 것에 대한 절실한 필요성을 느끼면서 환경의식 고취와 함께 직접적으로 환경보호에 동참하기 시작하고 있다. 금번 개발되는 "쪽"천연염색 천기저귀 제품은 소비자들에게 친환경 제품을 제공하여 물자절약과 함께 환경을 지키는 운동에 공헌하고자 한다. 무엇보다 자연에서 얻은 결실을 통해 환경을 지키면서 인류 건강을 지키는 제품으로 퇴색되지 않은 한층 발전된 더 많은 종류의 환경제품 개발로 사회 공헌을 진행해 나가려고 한다.

(마) 브랜드 자원의 화제성

국내 1위 천기저귀 업체로 주식회사 편비즈는 지속적으로 다양한 언론의 TV, 신문, 온라인 뉴스, 잡지 등 1년 동안 천기저귀 제품을 알리는데 앞장서고 있다.

## 2. 연구 내용

### 가. 제품의 종류 및 연구 결과

제품의 종류		제품의 특징
쪽염색 망사 라이너		*일회용 기저귀 안에 사용하거나 천기저귀에 보조 흡수용으로 사용하는 기저귀 라이너 로써 기저귀 위에 라이너를 덧대어 사용해 주시면 아기가 소변을 보면 라이너를 통과하여 기저귀에 흡수되고 대변을 보면 라이너 위에 남게 됩니다. 특히 100% 천연 쪽염색으로 제품화 하여 친환경 제품으로 민감성피부나 아토피성 피부에 좋습니다.
쪽염색 올인원 기저귀		* 쪽염색 소재로 무형광,무나염,무자극을 기본으로 한 친환경 올인원 기저귀 전체가 연약한 피부에 자극을 주지 않으며 통풍과 땀 흡수가 뛰어납니다. 특히 망사 라이너를 통해 흡수가 보다 빠르고, 여름에는 통기성도 뛰어납니다.
쪽 염색 팬티형 기저귀		100%천연 쪽 염색소재로 피부에 자극이 없으며, 아이가 걷기 시작할 때 편리하게 착용할 수 있도록 팬티형으로 개발되어 있다. 특히 아이들에게 팬티를 입는 습관을 길들 수 있도록 돕는 효과도 탁월하다.

## 나. 제품 개발 과정 (원단 테스트)

다양한 천기저귀 원단을 분석하여 쪽 염색이 가장 자연스럽고, 천기저귀에 적합한 원단을 색출 하여 본격적인 개발에 돌입하였다. 흡수층을 만들고 여과층을 만들기 위해 차가드 원단, 양면 원단과 망사 원단을 최종 선택하였다.



[ 폴리인타록 테스트 결과 ] [ 망사 원단 테스트 결과 ] [ 엠보 재직원단 테스트 결과 ]

차가드 원단의 경우에 흡수력과 세는 것을 방지하면서도 유관적으로 고급스러움을 나타내었다. 양면의 경우에 흡수력이 우수하며, 타 원단과 결합 사용함에 있어 결합이 없을 것으로 판단되었으며, 망사의 경우에는 단일제품으로도 충분하며, 특히, 여름상품으로 개발하여도 좋을 것으로 판단.

### ○ 제품 아이디어 회의 과정



<제품화 하기 위한 아이디어 회의중>

○ 제품 개발 과정 (샘플 재단)



<제품 개발을 위한 원단 재단>

○ 제품 개발 과정 (샘플 작업1)



<제품 개발을 위한 본봉 작업>

○ 제품 개발 과정 (샘플 시작품)



<샘플 시작품>



<제품 개발 시작품 완성품>

○ 천기저귀의 장점 분석 결과

'5C	장점
<p>청결성 (Cleanliness)</p>	<p>천기저귀는 일회용 기저귀와 달리 엄마가 직접 빨아주는 기저귀인 만큼 훨씬 깨끗하고 아기에게도 안전하다. 청결함을 유지하기 위해 유독 싫어 쓰는 문화가 강한 한국에서는 대개 아기를 위한 제품의 경우 고온세탁으로 살균을 거친다. 최근 일회용 기저귀에서 벌레가 나오는 등 대량생산용 제품에 대한 불신이 곳곳에서 터져 나오고 있는 한편, 한 장 한 장 새 것처럼 세탁하고 삶아 쓸 수 있는 청결한 천기저귀에 대한 필요성이 부각되고 있다.</p>
<p>비용 (Cost)</p>	<p>아기가 태어나서 사용하는 일회용 기저귀 양은 하루 7~10장이다. 이로 인해, 품질과 브랜드에 따라 다르지만 기저귀 비용은 한 달에 약 7만 원 이상 발생하게 된다.</p> <p>한국의 경우, 기저귀를 떼는 시점을 24개월 기준으로 봤을 때 (독일의 경우, 30개월 이상 기저귀 착용) 약 200만~250만 원 이상이 평균비용이다. 아기가 사용하는 천기저귀도 디자인과 브랜드에 따라 차이가 있지만, 10만원에서 넉넉하게는 30만원 비용으로 기저귀 떼는 시점까지 사용이 가능하다. 물론, 세탁에 따른 노력과 비용이 다르지만 쓰고 버리는 기저귀에 비해 비용에 대한 절감은 확연하게 나타난다고 볼 수 있다.</p>
<p>편안함 (Comfort)</p>	<p>소변을 볼 때 마다 기저귀를 갈아준다면 아기는 내내 굉장히 편안함을 느낄 것이다. 하지만 번거로움이 따르는데, 이 때 천기저귀를 사용하면 아기에게 더 도움이 된다. 천기저귀의 면은 매우 부드러우면서 자연스러운 착용감을 제공해 피부발진이 거의 생기지 않는다.</p> <p>일회용 기저귀는 경제성을 따져 2~3회 배뇨에도 착용하는 경우가 있으나, 빨아서 다시 쓸 수 있는 천기저귀는 아기가 차가움이나 혹은 적적함을 느낄 때 바로 바로 갈아줄 수 있다.</p> <p>100% 순면을 사용해 허벅지와 허리라인 고무줄 등 피부트러블을 줄일 뿐 아니라 정서적인 측면에서도 유익하다.</p>
<p>자연보호 (Conservation)</p>	<p>천기저귀는 재활용이 가능하므로 낡게 되면 자전거를 닦는 걸레나 쿠션 솜 등 다른 용도로 다시 쓸 수 있다.</p> <p>일회용 기저귀의 경우, 말 그대로 한번 쓰고 버리는 제품이기에 때문에 많은 양의 쓰레기와 그에 따른 쓰레기봉투, 처리비용까지 발생한다. 그리고 다시 제품을 생산하기 위해선 매년 수만 그루의 나무와 기타 원자재가 사용되고 있어, 자원보호와 지구온난화 방지를 위한 재활용 가능 천기저귀의 사용이 더욱 절실한 시점이다.</p> <p>천기저귀는 세탁과 반영구적인 사용이 가능해, 낭비되는 자원의 절약과 넘쳐나는 쓰레기 문제해결 등 생태계를 보호하고 지구온난화 방지에까지 도움이 되는 친환경 제품이다.</p>
<p>편리성 (Convenience)</p>	<p>요즘 천기저귀는 과거 천을 떼다가 쓰던 '광목기저귀 (사각 기저귀)' 시스템이 아니다. 아기의 체형에 맞는 다양한 디자인과 접고 깔 필요가 없이 충분한 흡수력을 자랑하는 땅콩기저귀, 올인원 팬티기저귀에 대한 인식이 점점 높아지고 있다.</p> <p>진부한 형태의 천기저귀가 아닌 기능적, 디자인적으로 다양한 종류와 형태를 갖춘 천기저귀는 예전과 달리 이제 이용자의 측면에서 고려돼 사용하기 아주 편리하게 출시되고 있다. 오히려 일회용 기저귀의 경우, 빨래걱정은 없지만 기저귀가 소진될 시점에는 매번 재구매를 해야 하는 불편함을 감수해야 한다.</p>

### 3. 연구개발과제의 개요

#### 가. 기술적 측면

기저귀 사용에서 가장 중요한 핵심은 기저귀 발진과 같은 피부 트러블, 즉 아기의 건강과 안전을 최우선으로 하는 것이며, 기저귀라는 제품 자체가 연약한 아기 피부와 직접 접촉하는 제품이기 때문에 그 관심 또한 점차 높아가는 추세이다. 천기저귀 제품에서 가장 중요한 점은 짓무름과 피부발진 등 아기피부의 안전에 대한 근원적인 방지이며, 이를 위해 다양한 형태의 개발과 기능성 소재개발 및 적용이 최우선시 된다.

산업의 발전과 직장인 엄마들의 증가는 일회용 기저귀 생산 및 사용을 기하급수적으로 증가시켰으며, 그 핵심은 단연 사용자(엄마)의 편의성이었다. 최근 일회용 기저귀에서 벌레가 나오는 등의 사건사고 발생과 함께, 아기의 안전과 건강을 우려한 엄마들과 Eco-Friendly, Green Trend 세계적 추세에 힘입어 천기저귀에 대한 관심과 이용 또한 증가하고 있다.

이에 아기의 안전과 건강뿐만 아니라, 엄마의 편의성 부분까지 함께 만족시킬 수 있는 기능성 천기저귀의 필요성이 더욱 강조되고 있으며, 새롭게 개발된 다양한 친환경 천연원료 적용과 이를 활용한 제품출시를 통해, 기존 천기저귀에서 한층 Up-Grade된 기술도입과 새로운 소재의 팬티형 천기저귀로 아기의 안전과 소비자의 다양한 욕구를 모두 만족시킬 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 세탁하여 사용하는 팬티형 천기저귀 제품의 특성상 향균과 방취 및 소취 기능에 초점을 맞춘 다양한 기능성 소재에 대한 다각적 개발을 수행하고자 한다.

최근 천기저귀 시장 성장과 함께, 대나무 원료 등 새로운 소재와 기술이 개발, 적용되었고 이로 인해 많은 부분이 보완되고 또 새로운 문제도 발견되고 있는 실정이다. 현재 형광물질에 관한 안전성 여부에 관해서는 소비자들의 인지도가 크게 향상된 상태이며, 천기저귀 제조업체 역시 세심한 부분까지 신경을 쓰는 추세이다.(편비즈 '베이비앙' 제품의 경우, 2008년 KBS '소비자 고발'을 통해 무형광 제품으로 소개된 바 있음)

향후 팬티형 천기저귀 제품 개발시 무형광 제품이라는 안전성을 필수조건으로 기저귀의 기본 기능인 흡수력과 통풍성, 향균기능 등 다양한 분야에서의 기능개선과 안전성 확보가 필요할 것으로 예상된다.

#### 나. 경제 및 환경적 측면

1999년 기준 60억의 인구는 2060년에는 100억으로 늘어날 전망이다. 인구집중과 도시화 등으로 인한 일자리, 주택, 학교, 도로 등 확장과 교통혼잡, 수질오염, 대기오염, 쓰레기 등의 환경문제 발생은 날로 심화될 것으로 예상된다. 경제성장으로 인한 자원 사용량 및 폐기량 증가는 환경오염의 가장 큰 요인으로, 소득증대와 소비 행태의 변화 속에서 절약 중심의 소비와 재활용이 가능한 친환경적 제품의 소비가 시급한 시점이다. 고급화, 대형화, 유행에 민감한 소비 패



턴에서 자원 사용량과 폐기물이 증가되는 지금 팬티형 천기저귀 대중화를 통해 천기저귀의 사용량 증대는 물론 일회용 기저귀 사용이 가져왔던 막대한 자원소비를 획기적으로 줄여줄 것으로 기대된다.

한 명의 유아가 생후 평균 25개월까지 기저귀를 사용하게 되는데, 하루에 5.87개의 일회용 기저귀를 사용하는 것을 감안한다면, 아기 한 명이 유아기 동안 사용하는 일회용 기저귀는 4402.5개로 계산된다. 실제로 한 해 동안 우리나라에서 소비된 일회용 기저귀 소비 20억 8천 4백만 개, 그것을 담기 위해서는 10리터짜리 종량제 봉투가 7천 7백만 개가 필요하고, 2.5t 청소 트럭 15만 3천 908대에 담을 부하량이다.(서울환경운동연합, 시민환경연구소 연구결과. 2003)

※ 금액환산시, 연 154억원 이상(10리터 종량제 봉투 1장당 200원 적용)

국내 천기저귀 산업은 기술력과 전문성이 부재한 업체들의 무분별한 시장진입, 제품 기능성 저하 및 품질보증에 대한 소비자 불신 등 신뢰도 저하의 문제해결이 시급한 시점이다. 다양한 기능성 천기저귀 제품과 팬티형 천기저귀의 개발은 국내 소비자들의 눈높이만이 아닌, 세계 시장에서 수준 높은 선진기업의 품질을 유지하면서 고가의 프리미엄 제품과 저가의 검증 받은 양은 제품 등 수입제품에 경쟁력을 가질 수 있을 것으로 기대된다.

#### 4. 연구개발의 목적

일반적으로 대소변을 가지리 못하는 유아 또는 환자가 착용하는 기저귀, 흡수천 등과 같은 흡수용품은 1회용 기저귀로 광범위하게 사용되고 있다. 앞서 말씀 드렸듯이 1회용품은 매립되어도 거의 분해가 되지 않기에 환경오염의 주범이 되고 있으며, 최근 가격상승으로 소비자의 부담을 주게 됨에 따라 세탁 후 재사용이 가능한 친환경 기저귀에 대한 수요가 급증하고 있다. 이러한 시장환경에서 친환경 기저귀는 대소변과 같은 유체를 흡수한 수, 일정기간 동안 유지하는데 유체가 내층으로 흡수되더라도 일부는 표면에 잔류하게 된다. 이로 인해 배설물에 의한 습기와 열에 의해 피부가 짓무리기 쉽기에 신생아, 유아들 또는 아토피 증후군을 앓고 있는 아이들에게는 피부의 발진 등 악영향을 끼치게 됨으로 이를 보완하기 위해서는 필히 천연원료를 이용한 제품의 개발에 돌입되어야 한다.

쪽의 천연원료를 이용하여 천기저귀를 개발함과 동시에 피부에 접근성이 높은 다양한 제품개발도 필요하며, 이를 통해 다양한 제품 출시 및 시장을 확대해야 한다. 이러한 제품을 통해 면역력이 약한 신생아 또는 유아들에게 보다 친환경적인 제품을 사용함으로써 환경오염으로부터 자유로워야 하며, 간접적인 치유가 되어야 한다.

## 5. 국내외 기술개발 현황

### 가. 국내시장현황

우리나라 기저귀 시장의 규모는 4157억원 두루마리 휴지(3260억원), 미용티슈(1227억원), 여성생리대(3128억원)와 같은 제지제품 시장중에서도 가장 큰 규모다. 하루에 많게는 열 개까지 소비되는 종이 기저귀의 특성상 제품 소비량과 규모가 커질 수밖에 없다.

국내에 출시중인 기저귀 제품 중, 시장 점유율 1위를 차지하고 있는 곳은 단연 유한킴벌리다. 유한킴벌리의 2007년 지속가능보고서에 따르면, “하기스”로 대표되는 유한킴벌리의 시장 점유율이 73.4%에 달한다. 2위 업체는 대한펄프의 “보솜이”로 9.6%다. 실질적으로 구회사가 국내 기저귀 시장을 장악하고 있는 셈이다.

이중, 성인용 기저귀는 약 500억 규모로 알려져 있다. 노인인구의 증가와 요실금 등에 대한 관심이 늘면서 성인용 기저귀 시장은 매년 두자릿수 이상 빠르게 성장하고 있으며, 2010년에는 600억 대에 이르렀다. 이 시장에서 유한킴벌리의 디펜드는 아직 위생팬티를 비롯 갈개매트, 언더웨어 등 사용자의 연령 및 특성에 맞는 다양한 위생제품으로 수입제품을 제치고 국내 시장을 선도하고 있다.[자료출처 프라임 경제 2009년 4월 29일]

국내 성인용 기저귀 시장규모는 2004년 2720억원 규모이던 유아용 기저귀 시장이 2006년 2640억원 규모로 감소한 사이 2007년 430억원 수준인 우리나라에 비해 일본은 7,850억원, 미국은 1조 6천억원에 이를 정도로 큰 시장을 형성.우리나라 시장의 성장 가능성도 그만큼 높다. 영유아 시장에 있어서도 매년 50만명 이상의 신생아가 출생하고 있으며, 이에 따라 생후 3~4개월 후부터 48개월 까지의 영유아를 대상으로 하는 기저귀 시장의 규모는 지속성장하는 추세이다. 거기에 웰빙바람을 타고 몸에 좋은 제품을 찾는 사람들이 늘어 지난해 국내 유기농 가공식품시장 규모는 2백억원 이상으로 매년 20% 이상의 성장세를 보이고 있다.

국내 국민건강보험공단과 통계청의 자료에 따르면 한해 아토피를 앓고 있는 유아(0~4세)는 52만 7천명으로 전체 유아의 18%로 집계되었다. 즉, 유아 6명중 1명이 아토피를 앓고 있는 셈이다.

### 나. 해외시장현황

영국의 컨설턴트 Northdoe에 따르면 2007년 세계 Filter 소재의 시장규모는 217억달러 규모인 것으로 나타남. 독일에서 개최된 Fitrex(구주부직포업체단체(EDANA) 주최)에서 명확히 밝혀짐. 소재로는 멤브레인에서 세라믹까지 다양한 Filter 소재가 포함되어 있으며, 이 가운데 부직포가 31억불, Filter가 21억불, 직물이 14.5억불을 각각 점하고 있는 것으로 보임.

또한 전체의 38%가 機器 등에 이미 장착되어 있으며, 나머지 62%는 교환용소재(After Cell)인 것으로 나타남. Global Industry Analysis에 따르면 2012년 세계 일회용 유아기저귀 시장은 266억불 규모에 다할 것으로 보임.

세계소비의 60% 이상을 점하고 있는 北美/歐州/日本은 보급률이 이미 95% 정도에 달하고 있는 데다 낮은 출산율로 큰 폭의 성장은 기대할 수 없으나, 거대한 인구를 지니고 있는 중국과 인도의 성장이 급속도로 이루어지고 있어 아시아태평양지역은 2010년까지 연율 9.6%의 성장이 전망되고 있음. 중남미지역도 연율 7.0%의 고성장이 예상되고 있음.

#### 다. 1회용 기저귀 이용 현황

아기 한 명이 유아기 동안 쓰는 기저귀 총량은 생후 25개월까지 하루 평균 5.87개의 1회용기저귀를 사용하는 것으로 나타났다. 이를 근거로 추산하면 한 명의 유아가 쓰는 일회용기저귀는 총 4천402.5 개로 추정 된다. 하지만 한국P&G의 아기 기저귀 브랜드 “큐티”가 최근 육아 포털 사이트 0TO7([www.0to7.com](http://www.0to7.com))에서 온라인설문조사를 실시한 결과 일회용 기저귀 사용시 가장 우려되는 점은 50%의 응답자가 아기 피부가 짓무르는 문제라고 답했고 하루 평균 기저귀 교환 빈도는 응답자의 49%에서 6회 이하로 나타났다.

#### 라. 1회용 기저귀와 천기저귀 사용 현황

대한 YWCA연합회와 서울 YWCA의 ‘1회용 종이기저귀 소비실태 및 환경영향에 관한 인식도 조사’(1994)에 따르면 조사대상자 중 전체 1,266명 응답자 중에서 66.3%가 일회용 1회용 기저귀와 천기저귀를 같이 사용하고 있으며, 1회용 기저귀만 사용하는 주부는 12.9%로 전체 도시주부의 79.2%가 1회용 종이기저귀를 사용하고 있는 것으로 나타났다.

○ 주로 사용하는 기저귀 종류를 보면 다음 표와 같다.

사례 수		천기저귀	1회용 기저귀	1회용 & 천기저귀	계	비 고
전체(1266)		20.9	12.9	66.3	100.0	
연령	28세 이하	(316)	14.2	15.5	70.3	100.0
	29-30세 이하	(281)	16.0	15.7	68.3	100.0
	31-33세	(354)	20.9	11.0	68.1	100.0
	34세 이상	(315)	31.7	9.8	58.4	100.0
직업	전업주부	(778)	22.6	12.0	65.4	100.0
	시간제 근무직	(129)	21.7	14.0	64.3	100.0
	종일 근무직	(359)	16.7	14.5	68.8	100.0
학력	중졸 이하	(61)	29.5	11.5	59.0	100.0
	고졸	(559)	24.5	11.3	64.2	100.0
	대졸 이상	(646)	16.9	14.4	68.7	100.0

## 마. 시장 성장성

### (1) 다양한 친환경 기능성 천기저귀의 출시

최근 사회적으로 아기 건강과 환경 문제가 대두되면서 신세대 엄마들을 중심으로 기저귀 사용 문화도 바뀌기 시작했다. 다양한 기능성 천기저귀를 사용했으면 하는 소비자들의 바람이 커지고, 이에 발맞추어 소비자들의 요구에 부응한 기업들이 속속 생겨나면서 천기저귀를 쓰겠다는 엄마들이 늘어나고 있다는 것이다. 게다가 우리나라에서 한해 팔리는 일회용 기저귀는 9억 여개에 이른다. 하루에 배출되는 쓰레기량도 엄청나 200만개가 훨씬 넘는 것으로 추산된다. 종이기저귀는 재질이 불에 잘타는 펄프지만 수분함량이 많아 일반 쓰레기로 분류돼 대부분 땅에 묻힌다. 하지만 잘 썩지도 않는데다 많은 침출수를 만들어 토양을 더럽히는 대표적인 오염 품목이다. 환경적인 측면에서도 천기저귀 사용에 관한 관심이 높아지고 있는 실정임.

### (2) 유아시장의 성장

매년 약 60만 명의 신생아가 출생하고 있으며 이에 따라 생후 3~4개월부터 48개월까지의 영유아를 대상으로 하는 기저귀 시장의 규모는 분유 3천5백억 원과 이유식 1천5백억 원을 포함해 연간 5천억 원에 이른다. 거기에 웰빙 바람을 타고 몸에 좋은 제품을 찾는 사람들이 늘어 지난해 국내 유기농 가공식품 시장 규모는 2백억원으로 웰빙바람을 타고 매년 20% 이상의 성장률을 보이고 있다. 비록 전체적인 시장의 큰 규모의 증가는 없지만 친환경을 찾는 프리미엄 시장은 매년 15% 이상의 성장을 보이고 있는 것이다. 게다가 국민건강보험공단과 통계청의 자료에 따르면 2003년 한해 아토피를 앓은 유아(0~4세)는 52만7천명으로 전체 유아의 18%로 집계됐다. 유아 6명 중 1명꼴로 아토피를 앓고 있는 셈. 아토피-천식 치료에 한해 1천7백억원이 들어간다고 한다. 아토피 등 피부병 예방 효과를 증명 할 수 있다면 사업의 성공은 당연한 일임.

## 바. 국내의 기술현황

### (1) 국내 기술 현황

현재, 국내 천기저귀 시장은 순면을 기본으로 프리미엄인 유기농제품과 자카드 직물 등에 대한 기술을 활용하여 각 소재에 적용 중이다. 천연원료를 이용한 소재로는 각종 친환경 천연원료에서 추출한 내용물을 공정과정에서 유해물질을 전혀 넣지 않으며, 다양한 화학처리(형광증백제 포함)를 사용하지 않는 무형광을 기본으로 한 제품을 현재 당사에서 개발 진행중이다. 일반 순면보다 흡수력과 통기성이 뛰어나며 부드러운 촉감과 향균, 항취 작용과 함께 각종 세균이나 곰팡이 증식을 억제하는 효과를 가질수 있도록 기능성 기저귀 제품과 소재를 개발하고

있다. 그 중, 일반 사각기저귀와 팬티형 기저귀의 경우 쪽원료를 소재로 활용한 제품으로 개발이 진행되어 시중에 홍보하고 있으며, 천연 항균작용, 뛰어난 항취능력, 탁월한 흡습성을 누릴 수 있다는 장점을 강조하고 있으나 아직 완벽하지는 않은 실정이다.

## (2) 국외 기술 현황

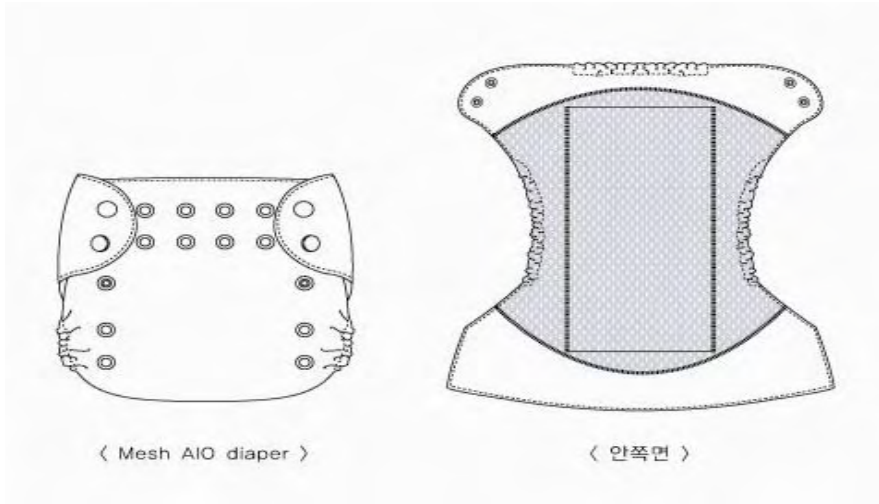
천기저귀 제품에 대한 관심의 급증과 함께, 현재 해외에서는 다양한 형태의 천기저귀 제품이 개발 및 시판 중이다. 그 중 대표적인 제품으로는 팬티형 천기저귀를 꼽을 수 있으며, 그 편리함과 세련된 디자인 등 다양한 장점으로 소비자들의 만족도가 날로 높아가는 추세이다.

그 중, 대표적 브랜드인 일본 니시키(NISHIKI)의 경우, 100년 이상 기저귀 제품만을 생산해 온 신뢰의 업체로 일본 현지공장에서 모든 제품을 생산하고 있다. 팬티형 천기저귀를 기본으로 연령대별 다양한 크기와 용도의 천기저귀를 선보이고 있으며, 커버 전체를 좌우 벨트로 고정하는 타입 등 기저귀 갈 때의 편의성을 최대화하여 소비자들의 큰 호응을 얻고 있다. (주)니시키의 팬티형 천기저귀의 경우, 신생아의 민감한 피부에 좋은 100% 면 소재를 활용 하였으며, 3중 구조의 흡수층과 삶지 않아도 대변의 누런 색을 쉽게 빨 수 있다는 장점(세탁시 용이성) 등 다양한 특징점이 부각되고 있다.

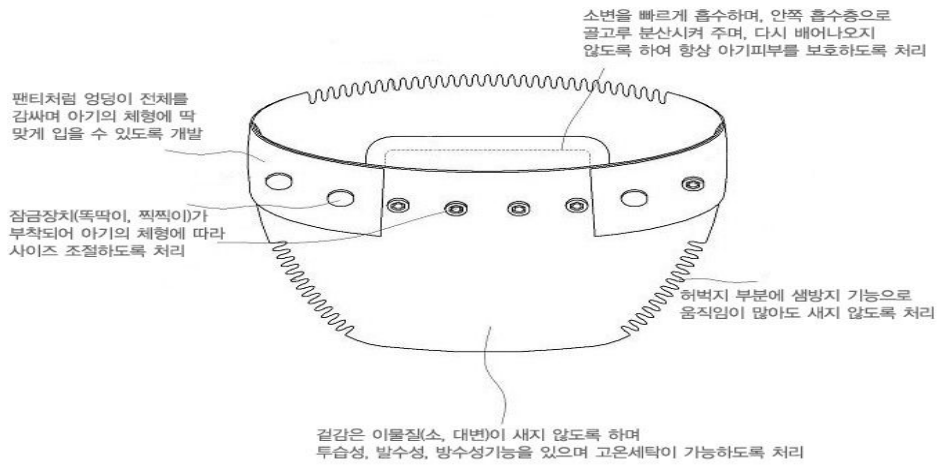
그러나, 일본 니시키(NISHIKI)는 100% 순면 기저귀만을 생산하고 있어, 쪽원료를 이용한 친환경 기저귀 등 소재의 다양성에 대한 부분이 아쉽다는 소비자들의 지적과 함께, 팬티형 천기저귀 소재에 대한 연구와 개발이 필요한 실정이다.

## 6. 연구개발수행 내용 및 결과

팬티형 천기저귀가 일회용 종이기저귀보다는 아기에게 좋은 것은 사실이지만, 천의 경우 흡수력이 많이 떨어져서 바로 갈아주지 않으면 기저귀 발진이 생길 확률이 높다. 하여, 천연원료를 이용한 천기저귀 개발을 통해 피부트러블 문제의 해결과 실용적 방수 팬티형 기저귀를 통해 편리성과 안정성을 겸비한 제품 상용화를 시도할 예정이다. 즉, 쪽 메쉬 원단을 이용하여 항균·항취와 통기성 및 안전성 제품에 초점을 맞춰 개발한 제품이며, 타제품에 이연되지 않도록 방수기능까지 추가하여 언제 어디서나 손쉽게 착용할 수 있는 안전한 제품으로 개발되었다.



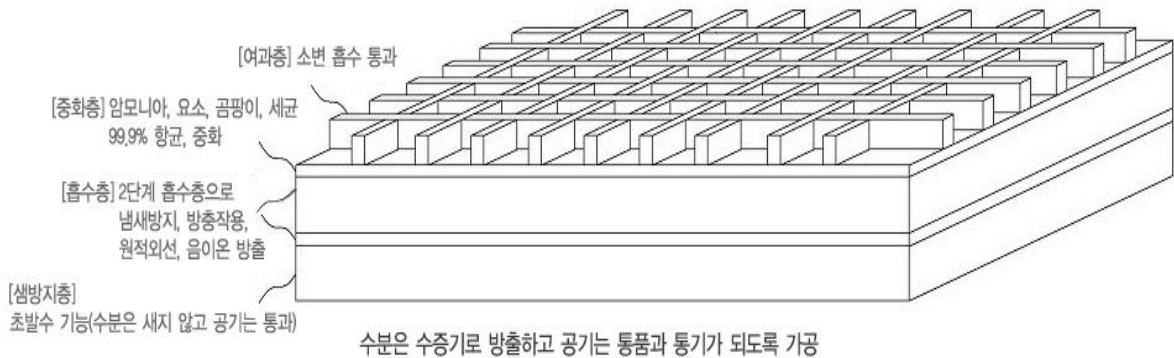
팬티형으로 아기의 체형에 꼭 맞도록 디자인 (3단계 사이즈로 구성 : S, M, L)



항목	내 용
소재	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통풍성이 뛰어난 친환경 기능성 소재 사용</li> <li>• 쪽 메쉬원단을 이용한 지속적 제품개발</li> </ul>
흡수력	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 특히 받은 One Way Action 흡수력으로 쾌적함 유지 및 뽀송한 피부유지로 2차 피부질환 방지</li> <li>• 순면 대비 10배이상의 흡수율과 90%이상의 항균기능</li> </ul>
세균번식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기저귀 발진 원인인 칸디다 알바칸스 (Candida Albicans)곰팡이 억제효과</li> </ul>
고온세탁 살균	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 무형광, 천연향균, 항취작용 및 방수제품임에도 100회 이상 고온세탁 가능</li> </ul>
편리성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 팬티형으로 아기의 체형에 맞도록 디자인 설계 (S. M. L)</li> <li>• 활동량이 많아도 새지 않으며, 일회용 기저귀 사용법과 동일한 편의성</li> </ul>
통풍성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 방수 원단 대비 통풍기능 강화</li> </ul>

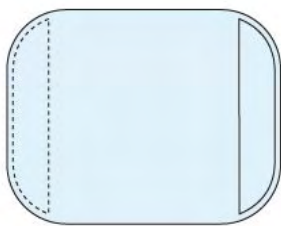
실제적인 천기저귀 사용의 가장 큰 이유는 ‘엉덩이 짓무름’으로 나타났으며, 결국 천기저귀의 선호도는 항균작용과 향취능력을 갖춘 천연원단을 통해 향상시키고, 이를 통해 안전하게 아기의 건강과 피부를 지켜줄 수 있는 제품을 소비자들은 절실히 찾고 있는 실정이라 볼 수 있다.

[팬티형 천기저귀 단면구조]

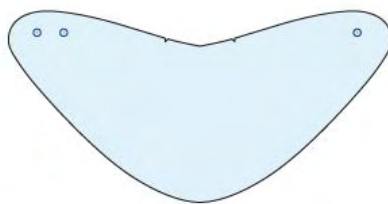


구분	여과층	중화층	흡수층	샘방지층
가공 기술	-천연물질 가공기술 -채운유지 가공기술	-쪽 가공기술	-흡수 가공기술	-기모 가공기술 -빠른 건조 가공기술
기능	-소변을 바로 통과시킴으로써 피부 짓무름을 방지함 -네트형태는 대변을 쉽게 분리하는 기능을 수행함 -암모니아, 요소성분을 중화시킴 -살균 및 냄새제거기능	-99.9%의 항균 기능 -소변의 독성성분 해독기능 -냄새방지 및 최소화 기능 -원적외선 및 음이온 방출 -정전기 방지 등을 통해 피부트러블 방지 기능	-흡수성 250cc~300cc -피부염유발 방지 기능	-수분은 새지 않고 공기는 통과하는 발수 처리 -통기성, 통풍성 좋음 -소변과 땀을 수증기 상태로 외부로 방출하는 투습성 기능

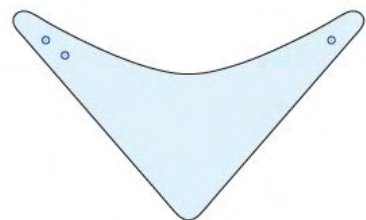
편리성과 안정성 그리고, 아기가 편안함을 느낄 수 있는 제품의 개발에 주력을 해야 하며, 아기가 착용했을 시에 자연으로부터 지켜낼 수 있는 기능이 접목된 제품이여야 한다. 이를 통해 여러 위험요소가 있는 환경오염으로부터 지켜낼 수 있는 다양한 제품 개발도 필요하며, 아기가 구강을 통해 1차적인 오염이 가능한 턱받이/침받이 등 제품 개발에도 박차를 가해 제품 출시가 이루어 져야 한다.



<침받이>



<스카프빌>



<턱받이>



○ 쪽 염료를 이용한 침받이/턱박이 시제품 개발



<쪽 염료를 이용한 침받이/턱박이 시제품 개발>

## 제10절 인디고 염색물의 상품화 및 판매 활성화

### 1. 내손으로 하는 쪽 염색 패키지 개발

#### 가. 시제품 개발 목적

천연 쪽을 이용한 체험용 염색세트 시제품 개발 : 나주지역에서 재배한 쪽풀을 이용하여 만든 니람으로 「내손으로 하는 천연 쪽염색 패키지」를 개발하여 초등학생을 비롯한 학생들과 성인 및 외국인들에게 널리 쪽 염색을 알리고 홍보하고자 개발하게 됨. 더 나아가 나주쪽 재배 농가의 경제 성장과 패키지 제품 판매 활성화를 통해 나주지역 경제 활성화에 보탬이 되고자 개발하게 됨.

#### 나. 개발 과정에 있어 중점을 둔 부분

- 니람의 특성 : 곤죽상태로 보관되는 니람의 특성을 살릴 수 있는 염색세트를 강구하여야 했음. 니람은 걸쭉한 진흙 상태인데 이 특성을 살리고자 분말화하지 않고 그대로 사용함. 분말화한 것보다 염료 제조시 더 용이하기도 함.
- 용기 선택 : 포장용 용기를 염색용기로, 실습장에서 바로 활용할 수 있는 용기를 선택해야 했음. 포장용기를 염색용기로 바로 사용하기 때문에 비용절감과 함께 물만 있는 곳이면 어디에서나 손쉽게 염색할 수 있게 됨. 플라스틱 용기이기 때문에 염색용 용기로 계속 재활용도 가능함.
- 제품 포장 : 제품의 포장 방법은 내·외국인이 손쉽게 염색방법과 내용물을 이해하고 염색을 할 수 있도록 국문과 영문을 표기한 스티커를 붙이는 방법을 선택하여 포장함. 쪽 염색 칼라가 블루이므로 블루계열로 디자인을 잡아서 쪽 이미지를 부각시킴.
- 제품 용량 : 쪽염색 제품의 용량은 여러 조건별 테스트를 거쳐 적당한 수준의 염색칼라를 얻을 수 있는 조건으로 그 용량을 정하게 됨. 피염물의 종류에 따라서 염색정도가 차이가 날 수 있는데, 이것은 반복염색을 통해서 원하는 칼라를 어느 정도 얻을 수 있음.
- 제품 유통시, 생산된 포장용기로 국내·외 시장에서 함께 사용이 가능하도록 하여, 각 시장에 맞추어 따로따로 추가적인 포장용기를 준비해야하는 비용을 절감하는 방법을 택해야 했음.

#### 다. 각 중점에 맞춘 문제 해결방안

곤죽상태로 보관되는 니람의 특성을 살리기 위하여, 튜브형 용기에 니람을 주입하여 넣어야 하는 과정에서 별도의 주입도구를 개발하여 주입을 함.

포장용 용기를 염색용기로 바로 사용하게 하기 위해, 1.5L의 사각플라스틱용기로 선택함. 용기에 물만 부어서 손쉽게 염색할 수 있는 것이 이 제품의 특징임.

나주천연염색 문화관을 방문한 외국인도 손쉽게 우리나라 전통 쪽염색 체험을 할 수 있도록 염색방법을 영문으로 표기하여 용기에 부착함.

본 제품을 유통할 때, 국내·외 시장 어느 곳에서나 하나의 용기로 사용이 가능하도록 국문과 영문으로 표기 하였으며, 생산자와 생산국을 함께 표기하여, 해외로 수출시 별도의 수출용 포장용기를 다시 제작하지 않아도 되도록 하였음.

염색용기에 어울리는 스티커를 제작하기 위하여 여러 가지 시안에서 시안 3번 스티커를 부착하는 것이 가장 용기에 어울린다고 판단하여 제작함.

		
<p>&lt;스티커 시안 1&gt;</p>	<p>&lt;스티커 시안 2&gt;</p>	<p>&lt;스티커 시안 3&gt;</p>

#### 라. 시제품 완성 후 보완점

외부 용기에 부착한 스티커 부분을, 본 제품 생산 시에는 용기 자체에 동일하게 인쇄를 하거나, 또는 비닐인쇄 후 기계적으로 부착하는 방법을 고려해야 함. 시제품을 만드는 과정에서는 대량 주문생산을 하지 않으면 불가능한 공정 과정이었으므로 일반 무광 스티커로 대처해야 했음. 용기모양을 둥근 모양으로 했으면 염색할 때 더 편리하게 할 수 있을 것으로 판단됨.



그림 3-84. 내손으로 하는 천연 쪽염색 패키지 시제품

## 2. 인디고 염색 패션의류상품 개발

### 가. 시제품 개발 목적

천연 쪽을 이용하여 고기능성·고부가가치 천연염색 패션의류상품을 개발하여 쪽 염색 상품의 대중화 및 산업화에 기여하고자 한다. 나주지역에서 재배한 쪽풀을 이용하여 생산한 쪽 염료로 원사를 염색, 제직하여 시제품을 개발하였고 쪽 염색 제품을 홍보하여 산업화 하고자 한다. 더 나아가 나주 쪽 재배 농가의 경제 성장과 인디고 염색 제품 판매 활성화를 통해 나주지역 경제 활성화에 보탬이 되고자 한다.

### 나. 데님 제조과정

시제품 개발 업체인 전방주식회사 영암공장의 데님 원단의 제직, 염색, 가공, MR 가공 공정도 이다.

**직포 ( 제 직 )**



**정경** 백직물 제1공정 직물 품종에 따라서 경사 방향의 실 가닥 수 만큼 Cheese를 정경기 Creel에 꽂아 일정한 장력을 주고, Beam에 권취하여 호부 공정에 공급하는 공정.

**호부** 정경 또는 해사 공정에서 만들어진 Beam의 경사에 호(Size)를 먹이는 공정. 제직시 바디침에 의한 마찰로 경사절을 방지 하여 제직성을 향상시키는데 목적이 있음.

**통경** 호부(Sizing)된 경사를 직물 조직(평직, 능직, 주자직)에 따라 Dropper, Heald, 바디 구멍에 끼우는 공정.



**타입** 나름길 이미 완료된 통경 Beam을 직기상의 경사와 이음매듭을 만들어 연결하는 공정.

**제직** 직물 조직에 따라서 Cam이 Heald Frame의 상하 작용을 도와 개구시 개구 사이로 위사를 통과시키고, 폐구시 바디침 작용을 하여 직물을 짜는 공정.

**검사** 직기에서 절단된 면포를 검사(백직물)하고, 직기에서 절단한 면포를 가공한 후 검사(데님)하는 공정.

**가 공 ( 염 색 )**



**불정경** 데님 1번 공정, 직물 품종에 따라서 경사 방향의 실 가닥 수 만큼 Cheese를 불정경기 Creel에 꽂아 일정한 장력을 주고, Ball에 Rope 상태로 감아 염색을 할 수 있도록 준비하는 공정.

**염색** 경사 총 본수 1set 준비된 Rope상태의 Ball은 수세, 정련, Indigo 염색 (산화:연한초록색, 환원작용: 청색), 수세, 건조되어 Box에 담아 염색을 완료하는 공정. 경사용은 해사 공정으로, 인디고 염색 위사, 매사는 Warp Winder공정으로 이동 된다.



준비.호부



**해사** 염색Box에 담긴 Rope상태 염색사를 해사기 Comb 구멍마다 1올씩 배열한 후, 일정한 장력을 가하여 Beam에 권취하여 호부 할 수 있도록 하는공정. 직포과 준비계 호부공정으로 이동된다.

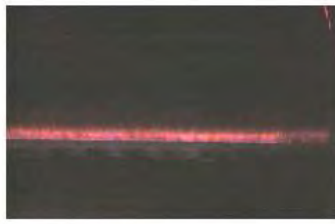
**Warp Winder** Rope상태의 염색사를 위사 또는 매사로 사용하기 위하여 Warp Winder를 사용하여 Bobbin에 권취한 다음 Auto Winder에서 Chees상태로 감는 공정.

**가 공 ( 가 공 )**



**해 포**

직포과 직기 공정에서 절단된 데님 직물은 가공하기 위하여 Cloth빔에서 직물을 풀어 놓는 공정.



**탈태우기**

데님 직물 표면에 있는 잔털을 태워서 직물 외관을 평활하게하고, 조직을 선명하게 하는 공정.



**호 발**

제직시 경사에 강력을 부여하기 위하여 먹인 호(Size)를 제직 후 직물에 부드러운 촉감을 부여하기 위하여 풀을 빼는 공정.



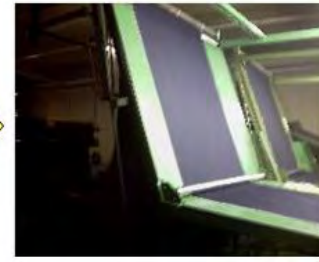
**SKEW**

직물은 세탁후 자연 상태로 펼쳐 놓았을 때 물리적인 힘에 의해서 직물이 뒤틀리는 현상이 발생되는데, 이러한 물리적인 현상을 기계적으로 고정하여 세탁 후 제품이 틀어지는 현상을 방지하는 공정.



**방 축**

세탁에의해 직물이 길이 방향으로 줄어드는 현상을 고무와 열에 의해 미리 수축되도록 고정하여 주는 공정.



**검 사**

직기에서 절단한 면포를 가공한 후 검사(데님)하는 공정.

**M R 가 공**



**신 장**

데님 직물 표면에 있는 잔털을 태워서 직물 외관을 평활하게하고, 조직을 선명하게 하는 공정.



**가성소다처리**

원단에 가성소다 처리를 통하여 텃치를 향상시키고 직물의 광택을 증가시키며, 워싱시 구멍을 방지시키는 공정



**안정조,수세조**

텐타클립을 이용 강력한 확포상태에서 원단의 수축을 방지하며 가성소다를 제거하고 원단의 호발 및 중화시키는 공정



**SKEW, 건조**

직물은 세탁후 자연 상태로 펼쳐 놓았을 때 물리적인 힘에 의해서 직물이 뒤틀리는 현상이 발생되는데, 이러한 물리적인 현상을 기계적으로 고정하여 세탁 후 제품이 틀어지는 현상을 방지하는 공정.



**방 축**

세탁에의해 직물이 길이 방향으로 줄어드는 현상을 고무와 열에 의해 미리 수축되도록 고정하여 주는 공정.



**검 사, 포 장**

직기에서 절단한 면포를 가공한 후 검사(데님)하는 공정.

다. 작업지시서

NO.	001	SAMPLE 작업지시서	Otzarak		
ITEM	F/W WOMEN				
생산지	작업장 2013년 3월 4일	SIZE SPEC			
		구분	성인	태인수정	
		Front	36		
		Back	45		
		Shoulder	16		
<p>TARGET &amp; PRICE</p> <p>M: 30ft S: 20, 40-50ft</p>		COLOR & SWATCH			
<p>※ 작업시 주의사항</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Red 여벌 도리시 (1/2 or 1/4)</li> <li>가죽 타이제기. 타이제기 100%: 25~26"</li> </ul>		원자재 & 부자재			
		종량/단	부량/단		
		단	타입 20.5	21.5	
		부	10mm 55	12.0	
how to Be....		mobile. 010-4634-4999			

NO.	002	SAMPLE 작업지시서	Otzarak		
ITEM	F/W MEN				
생산지	작업장 2013년 3월 4일	SIZE SPEC			
		구분	성인	태인수정	
		Front	42		
		Back	50		
		Shoulder	17		
<p>TARGET &amp; PRICE</p> <p>M: 20~30ft S: 40~50ft</p>		COLOR & SWATCH			
<p>※ 작업시 주의사항</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>BLUE 여벌 도리시.</li> <li>플랫 락 X.</li> <li>B: 10.5cm, F: 도리시 10.5cm</li> </ul>		원자재 & 부자재			
		종량/단	부량/단		
		단	타입 20.5	21.5	
		부	11.5mm 55	14.0	
how to Be....		mobile. 010-4634-4999			

NO.	003	SAMPLE 작업지시서	Otzarak		
ITEM	S/S WOMEN				
생산지	작업장 2013년 3월 4일	SIZE SPEC			
		구분	성인	태인수정	
		Front	36		
		Back	50		
		Shoulder	16		
<p>TARGET &amp; PRICE</p> <p>M: 20~30ft S: 40~50ft</p>		COLOR & SWATCH			
<p>※ 작업시 주의사항</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>타이제기 25~26"</li> <li>타이제기는 1/4"로 제수. 타이제기 1/4 ~ 1/2"</li> <li>가죽 셔츠 타이제기 (가죽)</li> <li>플랫 락 X</li> </ul>		원자재 & 부자재			
		종량/단	부량/단		
		단	타입 20.5	21.5	
		부	10mm 55	10.0	
how to Be....		mobile. 010-4634-4999			

NO.	004	SAMPLE 작업지시서	Otzarak		
ITEM	S/S MEN				
생산지	작업장 2013년 3월 4일	SIZE SPEC			
		구분	성인	태인수정	
		Front	42		
		Back	50		
		Shoulder	17		
<p>TARGET &amp; PRICE</p> <p>M: 20~30ft S: 40~50ft</p>		COLOR & SWATCH			
<p>※ 작업시 주의사항</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>카라타이제기 수작업 1/2 ~ 1/4" 권입 (플랫 락)</li> <li>타이제기 25" 변장.</li> <li>BLUE 여벌 도리시 (1/4" 간격) &lt; F: 10.5cm</li> </ul>		원자재 & 부자재			
		종량/단	부량/단		
		단	타입 20.5	21.5	
		부	11.5mm 55	14.0	
how to Be....		mobile. 010-4634-4999			

○ 패션의류(셔츠) 시제품 4종류(S/S, F/W Women, S/S, F/W Men)





○ 천연 인디고 벽지 시공사례

천연 인디고 염료로 염색한 면직물과 식물성 염료인 치자로 염색한 면직물을 한국천연염색박물관내에 벽지로 활용하여 시공하였다.



<천연 인디고 벽지 시공(한국천연염색박물관내)>

○ 쪽 염색 침구 시제품 제작 및 마케팅



<서울 동대문종합시장 매장>

## 제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제1절 평가의 착안점 및 기준

#### ○ 1핵심과제

구분	연도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
1차 년도	2010	인디고 자원과 염료 형태별 최적염색조건 구명	15%	인디고 자원과 염료 형태별 최적염색조건 구명여부
		천연염색 텍스타일 디자인 개발	15%	천연염색 텍스타일 디자인 개발 여부
		인디고 염료/염색 안정화 기술 개발	15%	인디고 염료/염색 안정화 기술개발 여부
		바이오하우징 천연소재 천연염색 도입	15%	바이오하우징 천연소재 천연염색 효율성
		유관기관간 네트워크구축 및 운영, 교류협력체제 구성	15%	교류협력체제 구성구성여부
		사업단 홈페이지 국영문구축	10%	홈페이지 구축여부
		특허 및 논문발표	15%	출원(등록) 및 발표 여부
2차 년도	2011	인디고 염료 제조 유래별 최적염색조건 구명	15%	인디고 염료 제조 유래별 최적 염색조건 구명여부
		고부가가치 · 고기능성 패션의류제품 디자인	15%	고부가가치 패션의류제품 디자인 개발 여부
		천연염색 연속공정 자동화 시설 도입	15%	천연염색 연속공정 자동화 시설 도입여부
		양산체제용 바이오하우징 천연소재 개발	15%	양산체제용 바이오하우징 천연소재 개발여부
		재배 생산 기반 확대와 염료 기술개발	15%	재배생산기반 확대여부
		전자상거래 홈페이지 구축	10%	홈페이지 구축여부
		특허 및 논문발표	15%	출원(등록) 및 발표 여부
3차 년도	2012	인디고 염색공정 축소 및 소요시간 최소화	15%	염색공정 축소 및 소요시간 최소화 가능성
		문화관광상품 디자인	15%	문화관광상품 디자인 개발 수
		천연염색 대량 생산 체계 및 제품 양산	15%	천연염색 대량 생산 체계 및 제품 양산 여부
		천연염색 한지섬유 벽지의 대량 생산화	15%	천연염색 한지섬유 벽지의 대량 생산화 여부
		국내외시장 진입 및 마케팅	15%	국내외시장 진입 및 마케팅 여부
		천연염색 해외 전시회 및 박람회	10%	천연염색 해외 전시회 및 박람회참가여부
		특허 및 논문발표	15%	출원(등록) 및 발표 여부
최종 평가	2013	인디고 유래별 최적 염색 공정 확립	30%	인디고 유래별 최적 염색 공정 확립여부
		천연염색 디자인상품개발	20%	천연염색 디자인상품개발여부
		인디고 천연염색 장치 개발 및 제품 산업화	25%	천연염색 장치 개발 및 제품 산업화여부
		바이오하우징 천연소재 개발 및 마케팅	25%	바이오하우징 천연소재 개발 여부

○ 2핵심과제

구분	연도	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
1차 년도	2010	쪽 생육 특성 조사 및 색소성분 평가기술 확립	40%	쪽 유전자원 수집 및 유망계통 선발 쪽 생육 및 재배 특성 조사 색소성분 평가기술 개발
		Elicitor 선발 및 형질 전환방법 확립	30%	선발 및 확립여부
		인디고 환원 균주 분리	30%	선발된 미생물은 염색 현장에서 사용되는 woad vat에서 고온 내성 미생물 중에서 $\beta$ glucosidase를 갖는 미생물인가?
2차 년도	2011	생육시기 및 재배 방법별 색소 함량 평가	35%	수집 및 선발된 쪽 유전자원의 평가 생육 시기별 인디칸 함량 분석 최적 추출 시기 조건 확립 재배 방법별 건물수량 및 색소 함량 평가
		인돌 산화 관련 효소 규명 및 형질 전환체 획득	30%	효소 유전자 확인 및 형질전환 개체 확인
		환원 균주의 분리-계속	20%	분리된 미생물은 고온에서도 활성을 유지하는가?
		Glucoside Indican을 Indxy로 전환하는 50°C에서 활성이 있는 $\beta$ -glucosidase 분리	15%	Glucoside Indican을 Indxy로 전환하는 50°C에서 활성이 있는 $\beta$ -glucosidase 분리하였는가?
3차 년도	2012	색소 생산증대를 위한 쪽 최적 재배환경조사 및 수확 후 가공기술 개발	35%	환경요인에 따른 색소수율변화 조사 색소생산 최적환경 조사 가공 및 추출 방법에 따른 색소 생산 방법 최적화 대량추출생산기술 구명
		Elicitor의 포장 실증	30%	포장에서 elicitor 효과 증명
		Indigo blue에서 leuco-indigo로 전환하는데 관계하는 생화학적 대사기작 규명	20%	Indigo blue에서 leuco-indigo로 전환하는데 관계하는 생화학적 대사기작을 규명하였는가?
		leuco-indigo생산을 위한 최적의 미생물 배양공정 확립	15%	분리된 미생물을 이용하여 leuco-indigo생산을 위한 최적의 미생물 배양조건을 확립하였는가?
최종 평가	2013	생물공학적인 인디고 생산 최적화 기술	40%	인디고 생산 최적화 기술여부
		인디고 함량 제고 및 재배 성력화	30%	인디고 고함유 유도 기술 및 형질전환 쪽 및 개발여부
		미생물학적인 indigo 형성을 위한 최적 최적의 환경 조건 확립	30%	미생물학적인 쪽 형성을 위한 최적 최적의 환경 조건을 수립하였는가?

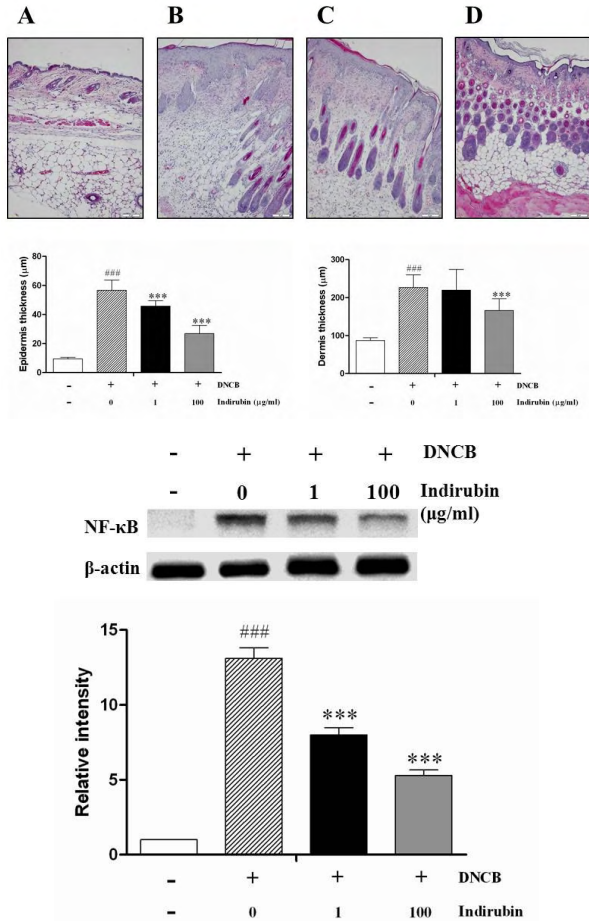
## 제2절 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 1. 제1-1과제 인디고 염료 공정 생산 기술 개발 및 산업화




구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차년도 (2010)	인디고 염료의 자원별 염료 현대별 최적 및 맞춤형 염색조건 구명	100	쪽과 인디고페라의 잎즙액의 염색성 연구 요소의 첨가가 인디고 환원에 미치는 영향 연구 쪽의 추출시간에 따른 특성변화와 염색성 연구
	유관기관간 네트워크구축 및 운영, 교류협력체제 구성		천연염색·한지산업의 지역별 협력 및 초광역화 구축을 위한 순회세미나 개최(안동, 전주, 나주, 제주, 영천)
	생산기술 활동		아열대 지역인 인도가 원산지로 염료식물인 ‘인디고페라’의 국내 첫 대량 재배기술 확립
	천연염색 상품화 및 판매 활성화		천연염색 교육지도 안동 국제 탈춤 페스티벌 2010 참가 ‘인디고페라 쪽염료와 염색’ 저서 출판 언론보도 7건
	지역특산품 개발		-인디고 액상염료 시제품 개발
	논문 2편		-‘쪽과 인디고페라의 신선한 잎 즙액이 직물의 염색성에 미치는 영향’ -Assessment of Indigo water extract's bioactive compounds, the antioxidant and anticancer activities
특허출원 1건	-염색용 인디고 조성물의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 염색용 인디고 조성물 (출원번호 : 10-2011-0012156) -항균, 항염증 및 미백효과가 증진된 쪽풀 추출물 및 이를 함유하는 비누 (출원번호 : 10-2011-0025466)		

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차년도 (2011)	재배 생산기반 확대 및 염료기술개발	100	지역농가 쪽 시험재배, 인디고페라, 대청 시험재배
	인디고 염료 제조 유래별 최적 염색조건 규명		쪽 염료제조 유래별 최적 조건 작업 대청 추출물의 항균성 연구
	추출 생산시설, 건뢰도 향상기술 개발		추출온도가 인디고 색소 함량에 미치는 영향 연구 쪽 품종에 따른 인디고 색소 함량 비교 연구 쪽, 인디고페라, 대청염료의 반복염색에 따른 색도 비교 '인디고 식물의 기능성과 활용 방안' 책자 발간
	논문 2편		Assessment of indigo ( <i>Polygonum tinctorium</i> Ait.) water extracts' bioactive compounds, and their antioxidant and antiproliferative activities 대청 추출물의 항산화 효소 활성 및 항균 효과
	특허 출원 1건		'염색용 인디고 분말의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 염색용 인디고 분말' (10-2011-0090561)
	교육지도 1건		인디고(쪽) 염료를 이용한 염색 체험
	토탈서비스와 체계적 해외 시장 확대 및 시장 테스트		프리뷰 인 서울 2011 전시 참가 제10회 대한민국 농업박람회 전시 참가 영산강 강가의 가을축제 참가 국외 전문가 초청 세미나 개최 국내 전문가 초청 세미나 개최 언론보도 7건

제1-1-1 위탁과제 경희대학교

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차년도 (2011)	아토피성 피부염 동물모델에서 기능성 생리활성지질의 항 아 토피 효능 검증 및 작용기전 규명	100	<p>-연구제목 : 인디고 염료 항아토피 및 피부 항염 효능평가</p> <p>-연구내용 : 아토피성 피부염 동물모델에서 기능성 생리활성지질의 항 아토피 효능 검증 및 작용기전 규명</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Balb/c 마우스 이용 아토피 동물 모델 구축</li> <li>· 효능에 대한 조직분석 및 분자생물학적 효능 평가</li> </ul> 
	SCI 논문 1편		<p>-Indirubin, a purple 3,2-bisindole, inhibited allergic contact dermatitis via regulating T helper (Th)-mediated immune system in DNCB-induced model(2013. 1. 9 게재)</p>

제1-1-1 위탁과제 한국신발·피혁연구소

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차년도 (2011)	피혁제품 천연염색 기술개발 및 염착성 연구 천연염색을 이용한 에코신발 기술개발 및 염착성 연구	100	○ 피혁제품 천연염색 기술개발 - 쪽 함량별 가죽 색상의 K/S Value 분석 - 가죽내의 금속성 물질에 따른 색상 변화 연구 - 쪽을 이용한 재염 연구 - 쪽 염색 가죽의 염색 조건 확립 - 가방류에 적합한 쪽 염색된 가죽 개발 ○ 천연염색을 이용한 에코신발 기술개발 - 쪽을 염색성 향상을 위한 도장 공정 연구 - 내황변성 개선 도장 공정 연구 - 내마모성이 우수한 신발용 갑피 제조 연구 - 신발에 적합한 가죽 제조
	디자인 출원 1 건 국내논문 1건 학술발표 1건 시제품 개발 5건		- 디자인출원 : 쪽을 이용한 지갑 디자인 (30-2012-0006043) - 논문 : 쪽을 이용한 블루색상을 가지는 염 색공정 연구 - 학술발표 : 인디고 염료를 이용한 피혁 염 색공정 연구 - 지갑 2종, 신발 1종, 가죽 2종 시제품 개발   

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2012)	상품성 향상을 위한 다양한 컬러의 대량 염색공정 확립화 및 축식 메뉴얼 완성	100	-인디고 문양염 기술 개발로 상품성 향상 및 염색공정 확립
	인디고 염색공정 축소 및 소요 시간 단축에 관한 기술개발		-복잡한 전통발효 염색공정의 과학화를 통해 실제 활용 기술 개발
	인디고 염료와 식물성색소를 이용한 다컬러 대량 염색 공정 확립		-인디고 염료+식물성 색소의 혼합염에 의한 색상 다양화 연구
	천연염색 전시회 및 박람회 참가		-세계여성경제인대회 전시 참가 -2012 생명산업과학기술대전 전시 참가 -2012 국제농업박람회 참가 -영산강 문화관(승촌보) 특별전시
	지역특산품 개발		-내손으로 하는 천연쪽염색 패키지 개발 -쪽 염색 패션의류상품 개발
	인디고 활성구조 및 항균성 효과분석		-쪽 추출물의 Cell cytotoxicity(세포 독성) 분석 -쪽(Persicaria tinctoria) 집단내의 유전자 다양성분석 -염색조건별 인디고 염색원단의 세탁, 일광견뢰도 분석 -인디고 염료 종류 및 후처리 방법에 따른 일광, 세탁, 항균성 분석
	논문 2편		-Chemical composition, Antioxodant and Anticancer Effects of the Sees and Leawes of Indigo(Polygonum tinctorium Ait.) Plant -Partial characterization of indigo(Polygonum tinctorium Ait.) plant seeds and leaves
	특허 출원 1건 특허 등록 2건		-출원 : 인디칸을 함유하는 인디고 조성물의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 인디고 조성물 (10-2012-0099051) -등록 : 염색용 인디고 조성물의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 염색용 인디고 조성물 (제10-1222446호) -등록 :인디칸을 함유하는 인디고 조성물의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 인디고 조성물 (제10-1225448호)

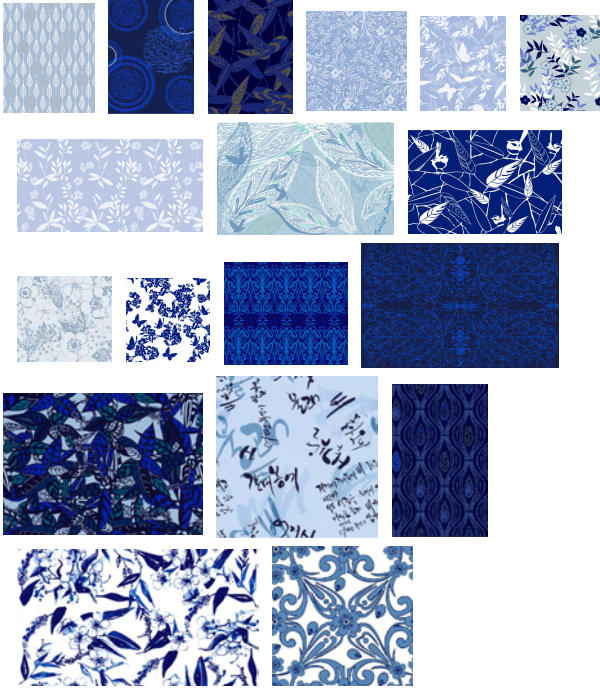
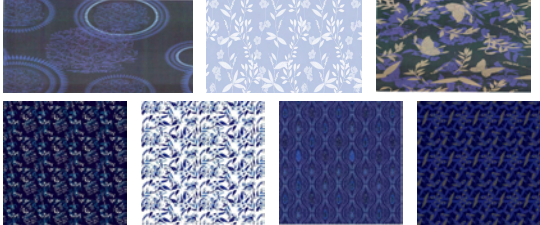




구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2012)	인디고 염색기술 교육지도 5건	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>-전문가 초청 세미나 개최 3건</li> <li>-국외 전문가 초청 세미나 개최 1건</li> <li>-인디고 문양염 교육 1건</li> </ul>
	언론홍보		<ul style="list-style-type: none"> <li>-언론보도(나주뉴스, 2013. 3. 11) : 시천연염색 문화재단, 지적재산권 ‘확보’</li> </ul>
	<p>※ 추가실적</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-책자 발간 9건</li> <li>-MOU체결 2건</li> </ul>		 <ul style="list-style-type: none"> <li>-주식회사 태영넷, 대만 업체 Tennii과 쪽의 산업화 및 대중화를 위한 업무협약 체결</li> </ul>


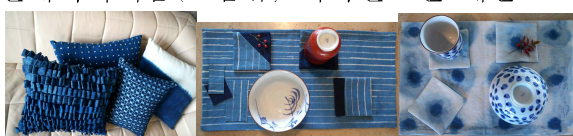
제1-1-1 위탁과제 포유기업혁신연구센터

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2012)	○사업성과의 경제적활용을 위한 수익모델의 구축과 운영 활성화방안	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>-천연염색산업 환경 분석</li> <li>-천연염료 시장 분석</li> <li>-운영 활성화 방안 제시</li> </ul>
	○천연염색의 복합 (차)산업화를 위한 경제적구도화와 실행방안의 제시		<ul style="list-style-type: none"> <li>-수입사업으로서 천연염색산업 분석</li> <li>-산업화를 위한 경제성 분석</li> <li>-경제구도화 및 실행안 제시 및 분석</li> </ul>

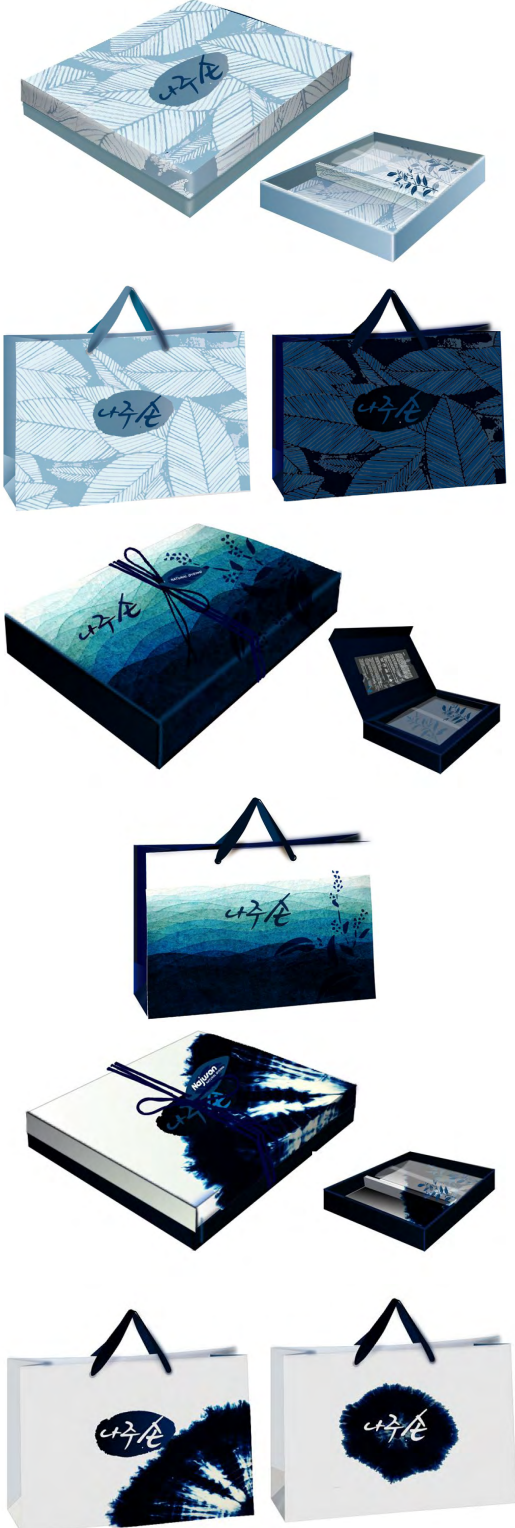
## 2. 1-2과제 천연염색 디자인 상품 개발

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차년도 (2010)	천연염색 상품 디자인 현황 분석	100	-연구제목 : “한국과 일본의 쪽염색 제품의 텍스타일 디자인 비교”
	쪽 염색 직물 디자인		-업체의 수요조사 결과, 직물 설계보다는 프린트 디자인을 더 선호하기 때문에 텍스타일 디자인 개발은 모두 프린트 디자인으로 함.
	쪽 염색 프린트 디자인		-쪽 염색 직물의 텍스타일 디자인 개발 · 텍스타일 트렌드 조사 · 쪽 염색 업체의 수요조사 · 쪽 염색 텍스타일 디자인 개발 · Color Way 및 시물레이션
	디자인 개발 10건 특허(디자인) 출원 1건		-인테리어 및 벽지용 쪽 염색 직물 텍스타일 디자인 개발 18건  -디자인 등록 7건 

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차년도 (2010)	논문 1편 시제품 5건	100	<p>-논제: 한국과 일본의 쪽염색 제품의 텍스타일 디자인 비교(한국의류학회지 제35 권 제호)</p> <p>-시제품 제작</p>  <p>-텍스타일 디자인북 제작</p> 

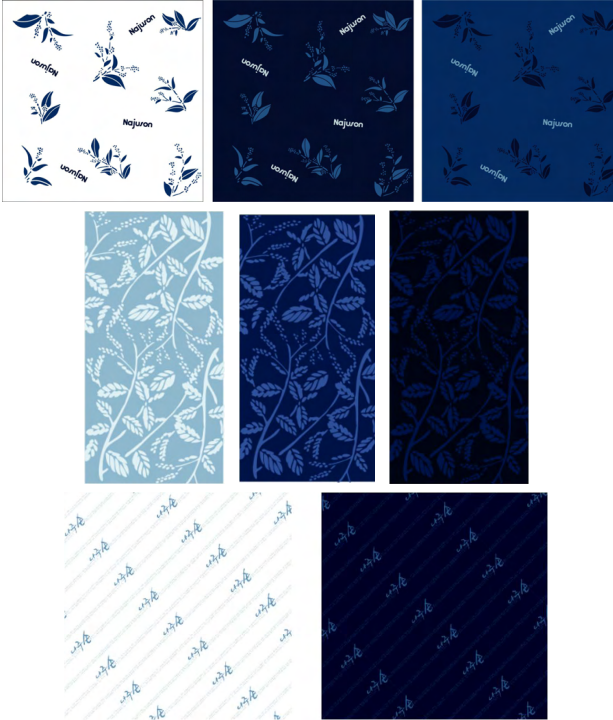


구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차년도 (2011)	패션의류제품 (웨어, 아우터웨어) 디자인 개발	100	<p>-성인복 디자인 개발 7건</p> 
	패션의류제품 (영·유아복) 디자인 개발		<p>-영·유아복 디자인개발 7건</p> 
	인테리어제품 (침장류, 소품류, 벽지) 디자인 개발		<p>-패션소품 4건 개발</p>  <p>-침구세트 디자인 2건 개발</p> <p>-인테리어제품(소품류) 디자인 4건 개발</p> 
	천연염색 직물, 종이, 물감을 활용한 체험용 학습 kit 디자인 개발		<p>-학습 kit 디자인 3건 개발</p> 
	특허(디자인) 출원 패턴 설계 및 패턴라이브러리 구축		<p>-직물지 디자인 출원 1건</p> <p>-직물지 디자인 등록 7건</p> <p>-시제품 14건에 대한 패턴 설계 및 패턴라이브러리 구축</p>

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ B.I를 활용한 패키지 디자인</li> <li>○ 디자인 10건, 시제품 3건, 특허(디자인) 1건, 논문 1편</li> </ul>	100	<p>- 나주손 브랜드 패키지 디자인 개발 10건</p> <p>1. Living with nature</p> 

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ B.I를 활용한 패키지 디자인</li> <li>○ 디자인 10건, 시제품 3건, 특허(디자인) 1건, 논문 1편</li> </ul>	100	<p>2. Let me be raw</p> 


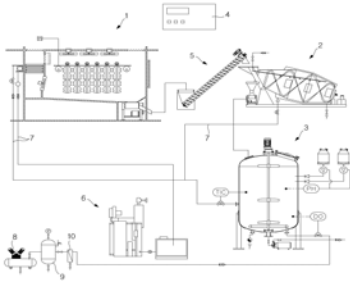
구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ B.I를 활용한 패키지 디자인</li> <li>○ 디자인 10건, 시제품 3건, 특허(디자인) 1건, 논문 1편</li> </ul>	100	<p>3. Be less</p> 






구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2012)	<p>○ B.I를 활용한 패키지 디자인</p> <p>○ 디자인 10건, 시제품 3건, 특허(디자인) 1건, 논문 1편</p>	100	<p>4. 패키지 액세서리 디자인 - Wrapping Paper</p>  <p>- Inner Wrapping paper</p>  <p>- Manual</p> 

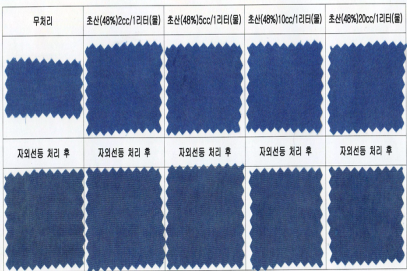


구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ B.I를 활용한 패키지 디자인</li> <li>○ 디자인 10건, 시제품 3건, 특허(디자인) 1건, 논문 1편</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sticker &amp; Label</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- 나주손 브랜드 패키지 시제품 제작 3건</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- 디자인 출원 6건</li> <li>- 논문 : 이미숙, 정경희 (2012), 천연 쪽 염색을 활용한 침구류 디자인 개발, 한국디자인문화학회지, 18(3), pp.356-367.</li> </ul>


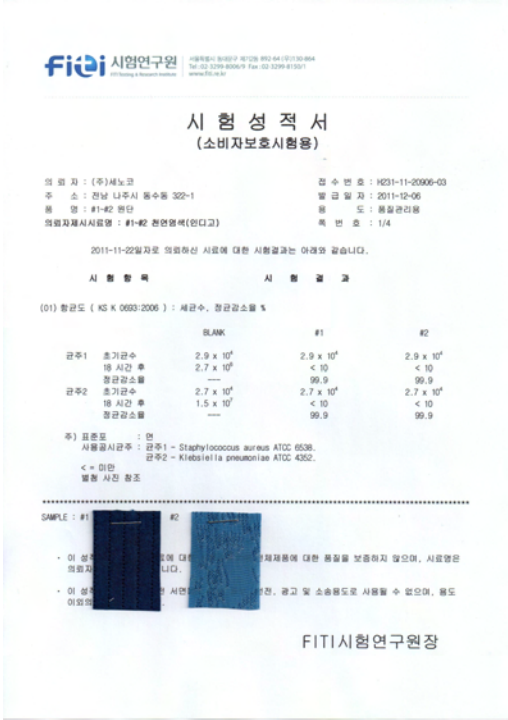

### 3. 1-3과제 인디고 염색 최적화 및 염색공정 장치 개발

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차년도 (2010)	인디고 염료/염색 안정화 기술 개발	100	<p>-생산기반 확대와 기술개발 지원</p>  <p>-천연염색기 설계 및 기술개발 : 천연염색기 설계 및 제작 실시 실험</p>  <p>-쪽 염료 자동 제조설비설계</p>  <p>-천연염색 기술개발 및 염색재현성의 조사</p>  <p>-효능검증을 위한 기초실험</p>
	특허출원 1건		-발효 쪽 염료 자동 제조설비

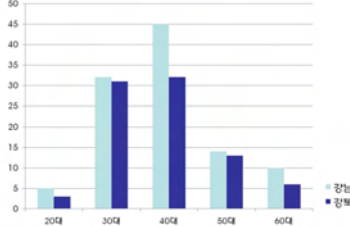
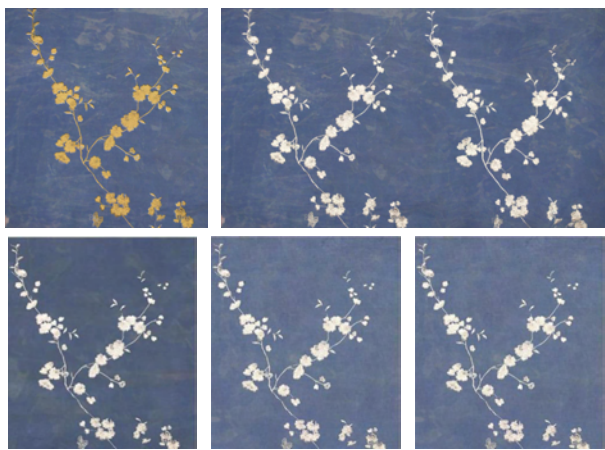

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차년도 (2011)	<p>인디고 염료의 염착등온선 및 염료소모 기술개발</p> <p>초기 염료 소모의 따른 염색의 불균염 해소 확립</p> <p>○ 시제품의 시운전 및 염색 Data Base 구축</p>	100	<p>-염료온도, 시간 및 염료소모에 따른 염착 등온선 및 염료 불균염 해소</p> <p>-염료 제어기술 및 시제품의 시운전(data base)</p> 
	<p>염료 제어 기술 개발</p> <p>흡수와 고착의 반응염색에 따른 pH</p> <p>염료 물분산-염액제조-환원 염료 용해-섬유염색-염착염료 산화-쇼핑-수세 공정 기술개발</p>		<p>-염색 Data Base 구축</p> <p>-섬유에 따른 인디고염료 흡수 및 고착 반응 염색</p> <p>-쇼핑-수세 공정 기술 개발</p> 
	<p>연속공정 자동화시설 시운전 및 공정</p>		<p>-자동화시설 및 연속공정</p> 
	<p>연속공정 자동화시설 3,000yd 시운전 및 공정</p>		<p>-대량 3,000yd 연속공정 및 시제품 개발</p>
	<p>시제품 개발</p>		<p>-인테리어 벽지</p> <p>-침구류 개발</p>
	<p>시험성적서</p>		<p>-천연염색(인디고) 에코텍스 14항목 시험성적서</p> <p>-유해물질 검출 시험성적서</p> <p>-항균시험성적서</p> <p>-녹색기술인증</p>
	<p>전시참가</p>		<p>-천연염색 제품 판매장 오픈</p> <p>-프리뷰 인 서울 2011 전시 참가</p> <p>-2011지역발전주간 지역참여상품전 참가</p> <p>-언론보도</p>
	<p>논문 1편</p>		<p>-대청 열수 추출물의 염색 온도, 시간 및 매염제에 따른 견과 면직물의 염색성 (사 한국인간식물환경학회)</p>

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차년도 (2011)	시제품 개발	100	<p>-침구류 시제품 개발</p> 
	논문 1편		<p>-논문제목 : 대청 열수 추출물의 염색 온도 시간 및 매염제에 따른 견과 면직물의 염색성((사)한국인간식물환경학회)</p> <p>-친환경 천연염색 인증텍 디자인/상표등록</p> 

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 쪽천연염색 후가공 기술 확립</li> <li>○ 대량생산 시스템확립</li> <li>○ 세탁견뢰도, 일광견뢰도 기술 확립</li> <li>○ 염색물 세척(쇼핑)시 색조변화 잔류염액 제거기술 확립</li> <li>○ 패드스팀공정 건조 환원제 패딩-수세-산화-쇼핑-스팀 건조 기술 확립</li> <li>○ 세균류, 사상균류, 바이러스 등 항균가공 99.9% 가공기술 확립</li> <li>○ 천연염색 상품화 및 판매 활성화</li> <li>○ 천연염색 기능성 신제품 생산</li> <li>○ 사업확장 매출증대</li> <li>○ 논문 1건</li> </ul>	100	<p>-쪽천연염색 후가공 기술 확립</p>  <p>-대량생산 시스템확립</p> <p style="text-align: center;"><u>polygonum indigo dyeing</u></p>  <p style="text-align: center;">물 : 400l / temperature : 40°C / ph 11 / agitation time : 72hour</p> <p style="text-align: center;"><u>dyeing method</u></p> <p style="text-align: center;">원단을 염색기에 넣는다.( = 800yd)</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">80°C의 물로 한번 washing 한다.(원단에 붙어 있는 불순물을 제거 목적)</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">환원 탈표 시킨 polygonum indigo dye를 투입한다.</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">temperature은 40°C로 유지 한후 dyeing한다.(산화 되는 것을 최대한 방지해야 한다)</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">80°C의 물로 3~5회 반복 washing 한다.(남아있는 hydrosulfite, caustic soda 제거 목적)</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">20°C 이하의 찬 물로 한번 washing 한다.</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">140°C의 열로 건조의 동시에 항균 처리한다.</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>-세탁견뢰도, 일광견뢰도 기술확립</p> <p>-염색물 세척(쇼핑)시 색조변화 잔류염액 제거기술 확립</p> 


구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 쪽천연염색 후가공 기술 확립</li> <li>○ 대량생산 시스템확립</li> <li>○ 세탁견뢰도, 일광견뢰도 기술 확립</li> <li>○ 염색물 세척(쇼핑) 시 색조변화 잔류염액 제거기술 확립</li> <li>○ 패드스팀공정 기술 확립</li> <li>○ 세균류, 사상균류, 바이러스 등 항균가공 99.9% 가공기술 확립</li> <li>○ 천연염색 상품화 및 판매 활성화</li> <li>○ 천연염색 기능성 신제품 생산</li> <li>○ 사업확장 매출증대</li> <li>○ 논문 1건</li> </ul>	100	<p>-패드스팀공정 기술 확립</p>  <p>-항균 가공기술 확립</p>  <p>-천연염색 상품화 및 판매 활성화</p> 

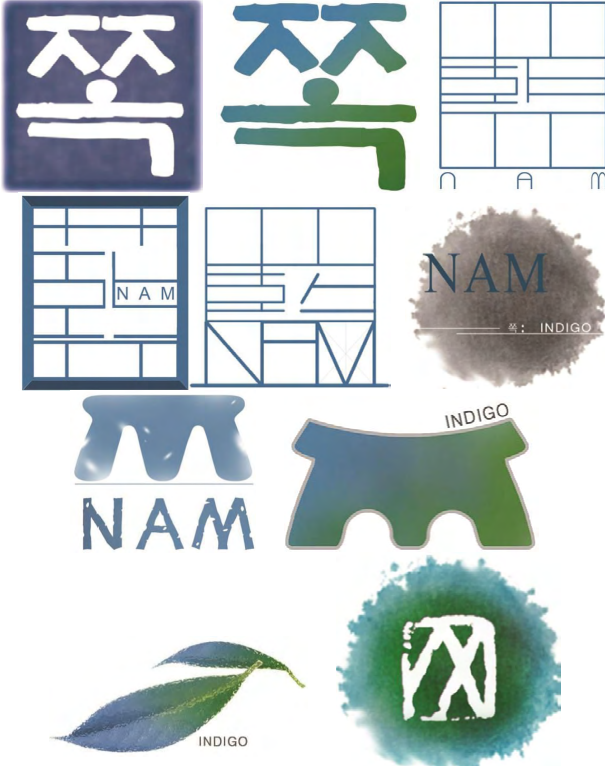
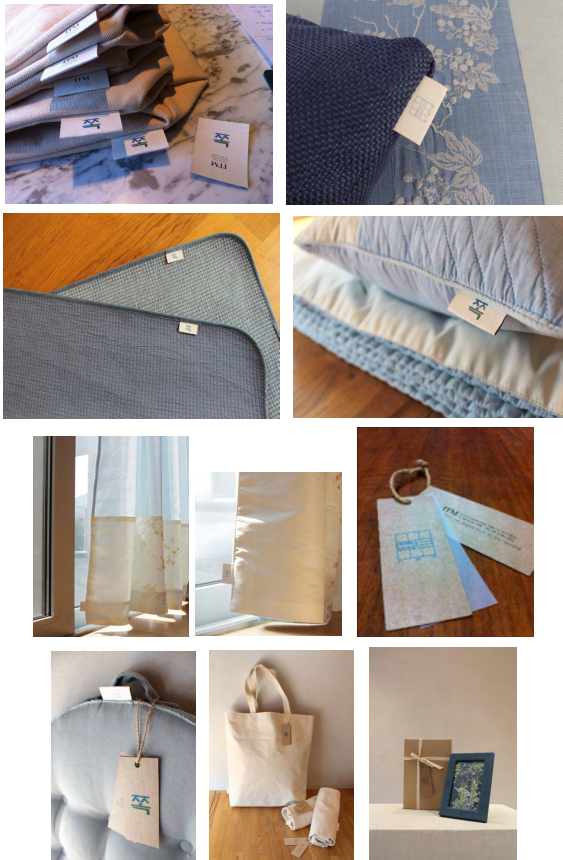
#### 4. 1-4과제 바이오하우징 천연소재 개발 및 제품 마케팅


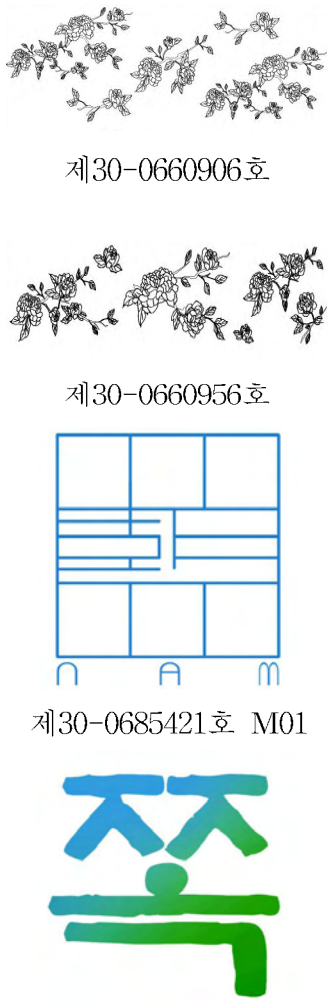
구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차년도 (2010)	천연염색 소비자 구매 행동 및 디자인 선호도 조사	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>-천연염색 소비자 구매 행동 조사</li> <li>-천연염색 제품을 사용하고 있는 소비자들을 대상으로 설문지를 통한 리서치 실시</li> <li>-천연염색 제품 구매실태 조사 결과</li> </ul>  <p>강남과 강북의 소비자 중 강남의 구매율이 높으며, 연령대는 30대(32.5%), 40대(45.3%) 이상의 가정주부들의 선호도가 높은 것으로 나타났다.</p>
	쪽 염색 직물 및 패턴 디자인		<ul style="list-style-type: none"> <li>-쪽 염색 테스트 : 한지사, 실크, 부직포, 지사 원단</li> </ul>
	시제품 제작		<ul style="list-style-type: none"> <li>-시제품 제작 5건</li> </ul> 
	특허(디자인) 등록		<ul style="list-style-type: none"> <li>-등록 제30-0610404호, 제30-0610416호</li> </ul> 



구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차년도 (2011)	<p>인테리어제품 분석하여 연구하고자하는 제품 선정</p> <hr/> <p>패턴 디자인 분석, 개발 (디자인 20건)</p> <p>시제품 개발 10건</p>	100	<p>-패턴이 적용 가능한 인테리어 제품 분석</p> <p>-연구 제품 선정</p> <p>-디자인등록 되어있는 패턴 분석</p> <p>-자사 패턴 개발 : 꽃 문양, 과일 문양</p>  <p>-시제품 10건 개발 : 패브릭패널, 커튼, 블라인드, 접합유리, 쿠션, 보자기, 방석, 카페트, 침구류, 주방용품세트, 인테리어 소품, 체험용 쪽염색 DIY KIT 디자인</p> 

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차년도 (2011)	특허(디자인) 출원 2건	100	 <p data-bbox="1023 533 1230 566">제30-0660906호</p> <p data-bbox="1023 875 1230 909">제30-0660956호</p>


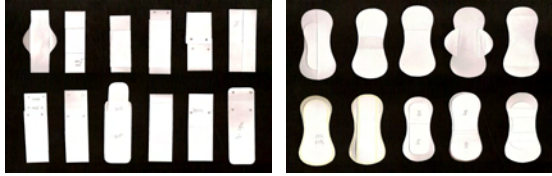



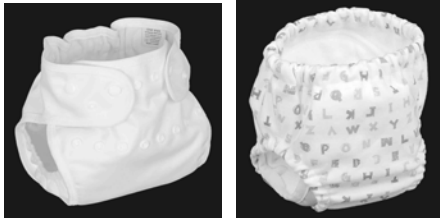
구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
	B.I 디자인 및 패키지 디자인 (디자인 10건)		
3차년도 (2012)	시제품 제작 10건	100	

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
	시제품 제작 10건	100	
3차년도 (2012)	특허(디자인) 2건 출원 특허(디자인) 4건 등록	100	 <p>제30-0660906호</p> <p>제30-0660956호</p> <p>제30-0685421호 M01</p> <p>제30-0685421호 M02</p>

- 1차년도는 천연염색 소비자의 구매 행동 및 디자인 선호도 등 천연염색 제품의 구매 실태에 대해 리서치한 후 이를 바탕으로 쪽 염색 제품의 경쟁력에 대하여 분석하였다. 이는 정보수집의 객관성 및 표본의 정확도에서 약 80%의 달성도를 보였다. 또한 여러 가지 원단에 쪽 염색을 테스트하여 본사에서 사용하고자 하는 기능을 만족할 수 있는 원단을 선별한 연구에서는 염색 칼라의 만족도 및 원단의 실용성을 선별기준으로 삼았으며 현실적인 제안으로 좀 더 다양한 원단에 테스트해 볼 수 없었던 점이 달성도 75%의 결과를 나타내었다. 그리고 자사에서 실시한 쪽 염색 시 활용하고자 하는 패턴 디자인 연구과정에서는 패턴의 심미성 및 독창성을 선별기준으로 삼았으며 한 가지 패턴 디자인만을 제안했던 점에서 달성도 75%를 보인다. 1차년도의 연구목표에 따른 결과로는 친환경적이며 독특한 질감을 갖고 있는 한지사가 쪽 염색 시 가장 그 빛깔이 우수했다. 매화 패턴 디자인이 전통미를 살려주면서도 쪽 염색 칼라와 은빛 자수 실의 칼라 매치는 모던한 느낌인 패턴의 개발 가능성을 찾을 수 있었으며 추후 개발의 모티브가 될 것이다.
  
- 2차년도는 1차년도에 비해 좀 더 구체적인 디자인 연구를 통해 다양한 성과물을 얻을 수 있었다. 본 연구에 앞서 인테리어제품 중 패턴 적용의 적합성 및 제품의 실용성 면에서 적합한 제품을 선정하는 과정에서 80%의 달성도를 보였다. 이는 공간 최종 마감재로 가장 많이 사용되는 제품이 벽지라는 점에서 아이디어를 얻어 패턴 적용이 가능한 패브릭 패널 개발을 위주로 하여 연구를 진행했다. 연구를 진행하면서 패턴설계 및 벽지 패턴라이브러리 구축은 자사에서 실시한 여러 가지 수집 자료들의 신뢰성과 객관화를 기준으로 80%의 달성도를 보였다. 그리고 여러 번의 시안 작업 끝에 실제로 적용시킬 수 있는 다양한 시제품을 제작하였고 이는 제품의 심미성 및 독창성 면에서 달성도 80%를 차지하였다. 패턴 소재의 선정은 여러 문헌과 다양한 자료 분석 후 자사의 이미지에 부합될 수 있는 매화와 포도로 결정했으며, 이들을 활용한 패턴 작업은 여러 번의 시안 작업 후 완성할 수 있었다. 패턴으로 제작하였을 시 가독성을 고려하여 소재를 형상화하였으며 소재의 배치를 통해 패턴을 만들면서 패턴자체의 아름다움을 표현하였다. 이러한 패턴 디자인 작업은 주로 Illustrator CS3를 통해 이루어졌으며 Auto CAD를 통해 수치화, 도면화 되었다. 패브릭 패널은 자사에서 디자인한 패턴이 적용될 가장 주력한 인테리어 제품으로 친환경적인 특징 때문에 벽지 대용으로 넓게 사용될 수 있을 것이라 생각되어진다. 패브릭패널에 적용된 자사의 패턴 디자인은 공간 안의 훌륭한 포인트 요소가 될 수 있으며 기능적인 면도 만족시킬 수 있는 인테리어제품으로 보인다.
  
- 3차년도에는 여러 제품들을 하나의 이미지로 통합시킬 수 있는 B.I를 디자인 했고 이는 가독성과 심미성 및 독창성을 고려했을 때 85%의 높은 달성도를 보였다. 그리고 천연 패브릭과 선정한 B.I 디자인을 활용하여 5건의 시제품을 완성했고 이는 실제 제품의 실용성과 산업화 가능성 면에서 90%의 달성도를 보인다. Adobe Photoshop CS6,

Illustrator CS6, Auto CAD 등의 다양한 컴퓨터 프로그램을 이용하여 여러 가지 디자인을 시도하였고, 쪽의 칼라를 적극적으로 이용하여 소비자들에게 쪽이라는 천연염색 제품을 B.I 디자인을 통해 쉽게 인식되도록 표현하였다. 라벨이나 태그에 인쇄하는 방식은 추후 산업화가 가능하고 제품 판매의 효율성을 높이고 소비자들의 흥미를 유발할 수 있는 요소가 될 것이다. 특히나 쇼핑백(에코백)의 경우 라벨을 부착해 광고효과는 물론 환경보호에도 앞장설 수 있다고 생각된다.

### 5. 1-5과제 천연 원료를 이용한 기능성 천기저귀 제품 개발



구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차년도 (2010)	천연염색 천기저귀 적용 가능한 원단 테스트	100	-천연염색 적용 가능한 원단 테스트 
	천연염색 천기저귀 디자인 개발		-다양한 형태의 Easy 디자인 개발과 천연염색 기능성 추가를 접목한 디자인 개발 
	팬티형 천기저귀 제품 디자인 개선 및 차별화		-아기의 체형에 맞도록 3단계로 사이즈를 개발 
	국내외 천기저귀 제품연구를 통한 천기저귀 소재 등의 활용		
	각 제품별 안정성테스트		-국내 FITI연구원에서 요구하는 안전 테스트를 확인
시제품 개발 및 디자인 등록 2건			-시제품 개발 3건  -디자인 출원 2건 : 30-2011-0008113 / 30-2011-0008112) 

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차년도 (2011)	천연섬유 소재를 활용한 사업화 단계 (제품화 성공, 소재별 제품 생산)	100	-1차년도 연구 기반으로 제품화하기 위해 다양한 테스트 및 특히 소비자 분석을 통해 시장반응을 점검하였고, 그 결과 환경 호르몬으로 인해 천연염색제품에 많은 관심을 가지고 있었으며, 일반 시장보다 프리미엄 시장으로 접근하는 것이 더 용이하다고 판단됨. 또한, 쪽 염색의 장점을 살려 원가 절감이 가능한 아이템을 개발하여 보급화 하는 것도 가능성 있다 판단함.
	신소재 보완, 개선		-천연 쪽 염색을 이용한 다양한 천기저귀 제품 출시를 위해 진행된 원단 테스트 : 엠보싱 재직원단, 망사 원단, 기모원단 등 4~5가지 원단 소재를 분석하였고, 그 결과 망사원단이 여러제품을 개발하는데 가장 적합하였으며, 기모원단은 세탁후 관리가 어려워 그 특성을 살리지 못하였음. 또한, 양면과 엠보재직 원단 모두 망사와 결합 상품화 할 경우에는 충분히 그 장점을 살릴 수 있을 것으로 기대함.
	천연섬유를 활용한 펜티형 천기저귀 시장 출시		-양면과 망사원단을 결합하여 여름 상품으로 출시에는 적합할 것으로 판단하였고, 신제품 개발 및 테스트 결과 당사의 고객평가단으로부터 좋은 평가를 받았음. 또한, 망사라이너 제품 개발 및 시장출시로 인하여 기존의 천기저귀 고객뿐 만 아니라 회용 기저귀 사용하는 고객까지도 충분히 확보할 수 있는 제품출시로 시장은 확대될 것으로 기대함.
	효율개선 원가 절감		-금번 제품화 하면서 공정 및 생산라인을 개선함으로써 생산성 제고 및 재단과 디자인의 변형으로 원가 절감 방안 모색. 재단 ---> 본봉 ---> 오바로크 ---> 바텍 ---> 제품 품질 검수 및 포장 ---> 제품 출고
	결과물 등록, 신뢰성 확보 및 마케팅 전개		디자인 확정 및 등록. 제품의 신뢰성 확보를 위해 기존의 당사 브랜드 파워와 함께 천연소재의 장점을 부각하여 온라인 광고, 네이버, 오버추어 및 잡지를 통해 홍보 전개 함. 특히 직접 소비자를 만날 수 있는 박람회들 통해 제품의 장점을 직접 전달함으로써 그 효과는 배가 된다.

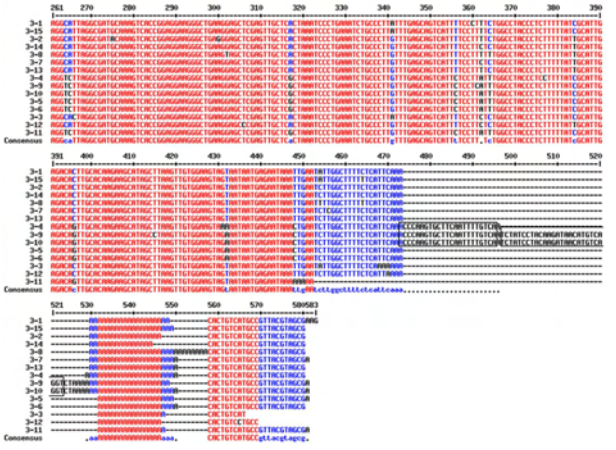
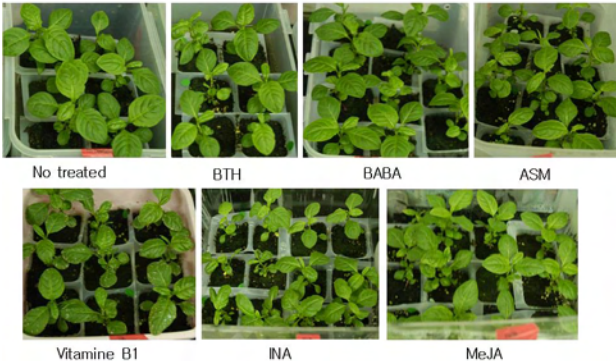
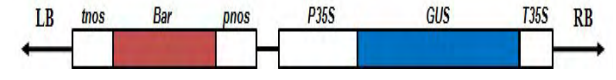




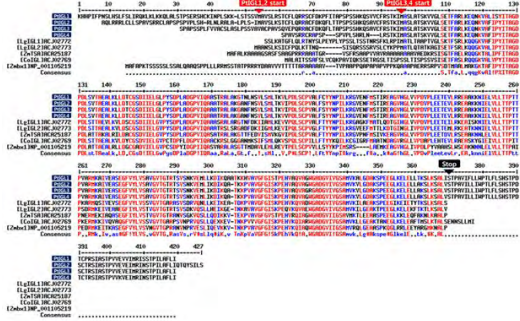
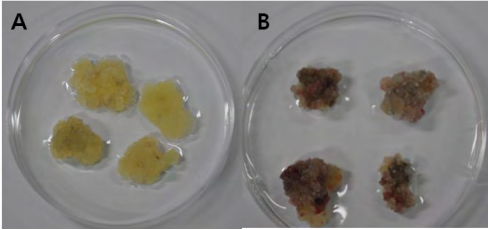
구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차년도 (2011)	<p>시제품개발 3건 디자인출원 2건 디자인등록 2건</p>	100	<p>-쪽염색 망사 라이너</p>  <p>-쪽염색 올인원 기저귀</p>  <p>-쪽염색 팬티형 기저귀</p>  <p>-디자인 출원 2건 30-2012-0011280 / 30-2012-0014891 -디자인 등록 2건 제30-0628989호 / 제30-0630719호</p>
	전시참가		<p>-프리뷰 인 서울 2011 전시 참가</p> 

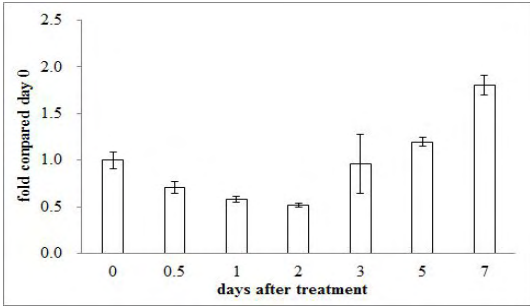
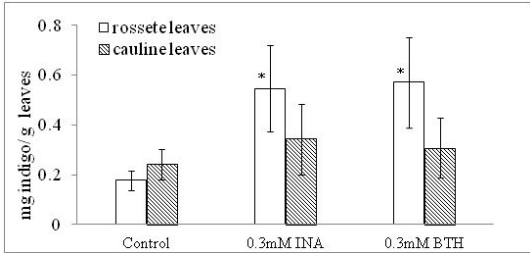
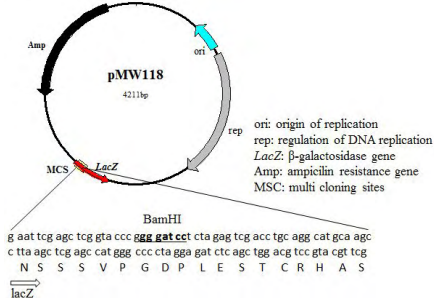
구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사업 확대 단계 (친환경 천연 원료 및 섬유를 활용한 천기저귀 양산)</li> <li>○ 팬티형 천기저귀 시장 확대 (일반 기저귀 시장진입)</li> <li>○ 친환경 천연원료 적용기술 기타제품 적용</li> <li>○ 소재별 문제점, 개선사항 확인 (천연섬유)</li> <li>○ 각 소재별 제품생산 및 시장 반응 확인</li> <li>○ 시제품 개발 및 디자인 등록 2건</li> </ul>	100	<p>-다양한 매체를 통한 제품 및 브랜드 홍보 지속 진행</p> <p>-국내 박람회를 통한 기저귀 판로개척 및 해외 바이어에 지속 정보제공</p> <p>-전국 임신·출산 박람회를 통한 제품 홍보 3건 진행</p> <p>-쪽원료를 이용한 시제품 개발 (턱받이, 침받이)</p> <div style="text-align: center;">   </div> <p>-디자인 출원 2건</p> <p>-박람회 참가 3건</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 일산 킨텍스 박람회(2013. 1. 31-2. 3)</li> <li>• 창원 박람회(2013. 4. 4-4. 7)</li> <li>• 대구 박람회(2013. 4. 25-4. 28)</li> </ul>

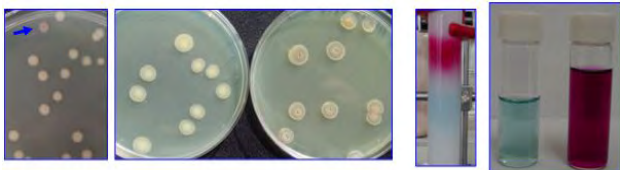
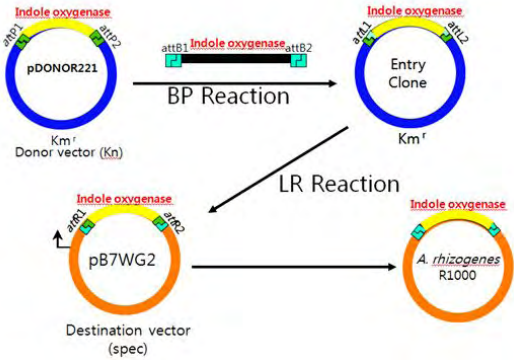
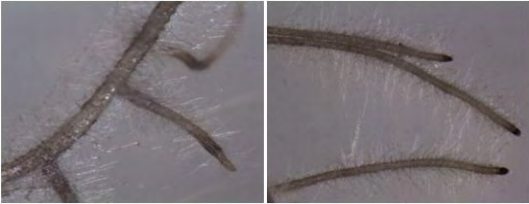
## 6. 2-1과제 생물공학적인 인디고 생산 최적화

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차년도 (2010)	인돌 대사 유전자 검색 및 형질전환 기술 확립	100	<p>-인돌대사 유전자 검색 : 인돌합성효소 (PtIGL) 5개 clone 확보</p>  <p>-인돌 산화 효소: 인돌 산화에 공기중 산소를 요구한다는 사실 확인하고 논문 작성</p> <p>-Elicitation: 5종의 elicitor 를 실험하여 BTH 0.3 mM이 약 100% 색소 증대 확인</p>  <p>-쪽의 형질전환 개체 확인</p> 
	논문1건 투고(SCI 1건)		<p>-SCI 논문 : “Origin of Oxygen in Indoxyl-derivatives in <i>Polygonum tinctorium</i> As Probed by Feeding <math>^{18}\text{O}_2</math> Feeding”</p> <p>-J. Korean Society for Applied Biological Chemistry 54(3) 6월호에 게재 예정</p>




구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용																
2차년도 (2011)	<p>확보한 PtIGL clone의 기능확인</p> <p>모상근 배양에 의한 대사공학 적 indirubin 생산</p> <p>SCI논문 2건 투고</p> <p>특허출원 1건</p>	100	<p>-일치하는 4개의 clone</p> <p><b>Table 3. Primers used to clone full ORF sequence of putative PtIGL.</b></p> <table border="1" data-bbox="847 383 1401 551"> <tr> <td>ptIGL</td> <td>1F: 5'-ATGGCTGCTCCCTCAGATCTA-3'</td> </tr> <tr> <td>ptIGL</td> <td>1R: 5'-AATAAGGGCAGATTTCAGGGATT-3'</td> </tr> <tr> <td>ptIGL</td> <td>2F: 5'-ATGGCGGTTTCCCTCAAATCA-3'</td> </tr> <tr> <td>ptIGL</td> <td>2R: 5'-AACAAGGGCAGATTTCAGGGAT-3'</td> </tr> <tr> <td>ptIGL</td> <td>3F: 5'-ATGGCCTCTCTCGCGACTTCGA-3'</td> </tr> <tr> <td>ptIGL</td> <td>3R: 5'-AACAAGGGCAGATTTCAGGGAT-3'</td> </tr> <tr> <td>ptIGL</td> <td>4F: 5'-ATGGCCTCTCTCGCGACTTCGA-3'</td> </tr> <tr> <td>ptIGL</td> <td>4R: 5'-AACAAGGGCAGATTTCAGGGATT-3'</td> </tr> </table>  <p>-Full amino acid sequences of putative PtIGL cDNA. LgIGL, ZmIGL, CoTSA</p>  <p>-cytokinin 혼합처리에서 인디루빈 추정물질이 축적된 붉은 색 계통 세포가 유도</p> <p>-SCI논문</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제목: Increased indigoid production by plant defense activators in <i>Polygonum tinctorium</i>.</li> <li>○ 제목: <i>Agrobacterium rhizogenes</i>-mediated genetic transformation of <i>Polygonum tinctoria</i>.</li> </ul> <p>-특허출원</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제목: 식물 내 인디고이드 함량 증대용 조성물 및 이를 이용한 인디고이드 함량 증가방법(10-2012-0034587)</li> </ul>	ptIGL	1F: 5'-ATGGCTGCTCCCTCAGATCTA-3'	ptIGL	1R: 5'-AATAAGGGCAGATTTCAGGGATT-3'	ptIGL	2F: 5'-ATGGCGGTTTCCCTCAAATCA-3'	ptIGL	2R: 5'-AACAAGGGCAGATTTCAGGGAT-3'	ptIGL	3F: 5'-ATGGCCTCTCTCGCGACTTCGA-3'	ptIGL	3R: 5'-AACAAGGGCAGATTTCAGGGAT-3'	ptIGL	4F: 5'-ATGGCCTCTCTCGCGACTTCGA-3'	ptIGL	4R: 5'-AACAAGGGCAGATTTCAGGGATT-3'
ptIGL	1F: 5'-ATGGCTGCTCCCTCAGATCTA-3'																		
ptIGL	1R: 5'-AATAAGGGCAGATTTCAGGGATT-3'																		
ptIGL	2F: 5'-ATGGCGGTTTCCCTCAAATCA-3'																		
ptIGL	2R: 5'-AACAAGGGCAGATTTCAGGGAT-3'																		
ptIGL	3F: 5'-ATGGCCTCTCTCGCGACTTCGA-3'																		
ptIGL	3R: 5'-AACAAGGGCAGATTTCAGGGAT-3'																		
ptIGL	4F: 5'-ATGGCCTCTCTCGCGACTTCGA-3'																		
ptIGL	4R: 5'-AACAAGGGCAGATTTCAGGGATT-3'																		


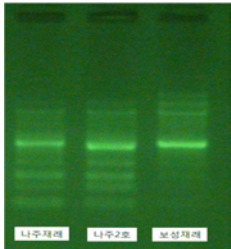
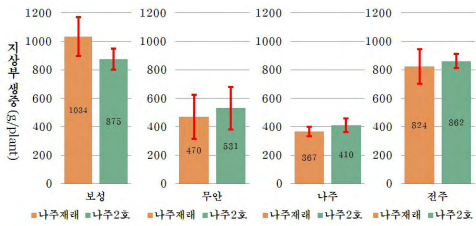
구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 식물활성화제 처리에 따른 인디고 함량 증대 메카니즘</li> <li>○ 인돌합성효소 클로닝 계속</li> <li>○ 형질전환 식물에서 인디고 생산 증대</li> <li>○ 논문2건(SCI 1건, 국내 1건), 특히 1건</li> </ul>	100	<p>-화학적 식물활성화제 처리에 의한 인디고 축적 증대 효과</p>  <p>Figure 3-1. Changes in indigo content after BTH treatment to young <i>P. tinctorium</i>. BTH at 0.3 mM was treated to the plant.</p>  <p>Figure 3-5. Effect of INA and BTH treatment on indigo content in <i>Isatis tinctoria</i>.</p> <p>-인돌합성효소 클로닝</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>°쪽에서 인돌 생성에 관여하는 유전자 분리</li> <li>°PtIGL clone의 확보</li> <li>°확보한 PtIGL clone의 기능 확인</li> <li>°FS1576 strain <i>tnaA</i> knock out</li> <li>°쪽 IGL을 발현 vector pMW118에 cloning</li> </ul>  <p>Figure 2-10. pMW118 for expression of IGLs.</p>

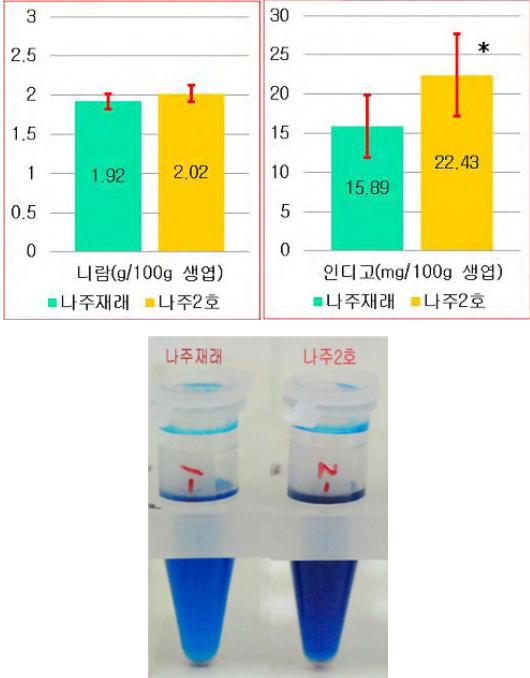
구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 식물활성화제 처리에 따른 인디고 함량 증대 메카니즘</li> <li>○ 인돌합성효소 클로닝 계속</li> <li>○ 형질전환 식물에서 인디고 생산 증대</li> <li>○ 논문2건(SCI 1건, 국내 1건), 특히 1건 ---&gt; 투고 및 출원 진행중</li> </ul>	100	<p>-형질전환 식물에서 인디고 생산 증대</p> <p>○미생물의 Indole oxygenase 과발현을 통한 쪽 모상근 유도 : 미생물의 indole oxygenase 과발현을 시켜서 유도된 모상근에서는 예상했던 indirubin과 indigo가 생산되지 않음. 현재 이 모상근을 다양한 환경 조건에서 색소생산을 검정</p>  <p>Figure 5-1. pJEC5, a metagenome clone producing indirubin and indigo from forest soil.</p>  <p>Figure 5-4. Construction of indole oxygenase over-expression vector.</p>  <p>Figure 5-5 Indole oxygenase-overexpressing hairy root of <i>P. tinctorium</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-논문1 : Soo-Un Kim et al., Identification of TSA-like gene from <i>Polygonum tinctorium</i>.</li> <li>-논문2 : Sang-Un Park et al., Production of indirubin through hairy root culture of <i>Polygonum tinctorium</i>.</li> <li>-특허 : 식물내 인돌 합성 효소</li> </ul>

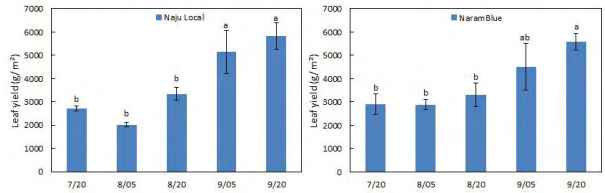
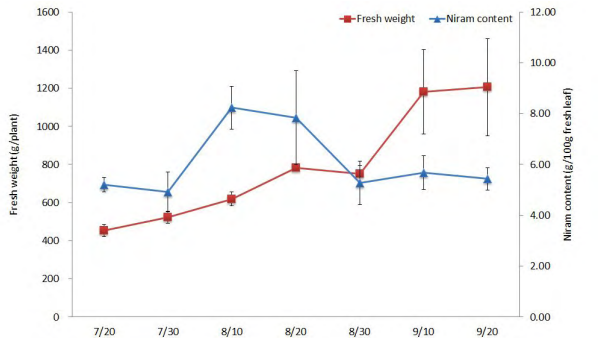
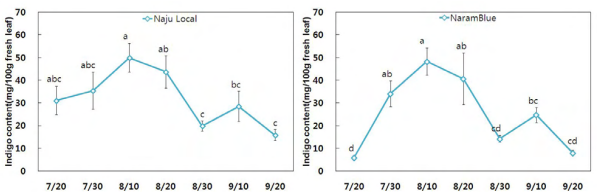
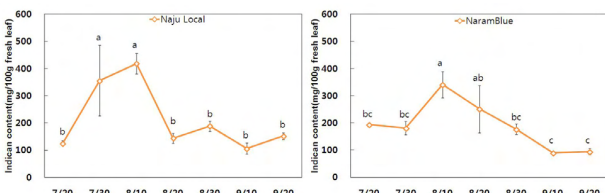
## 7. 2-2과제 인디고 함유식물(쪽) 재배생산기술

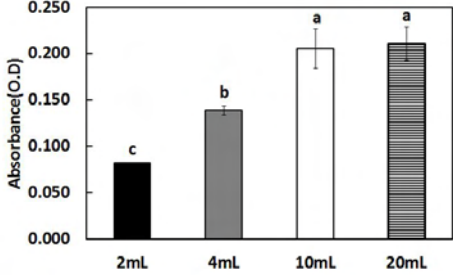
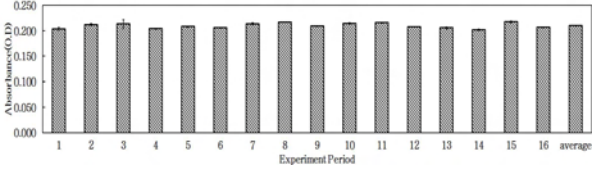
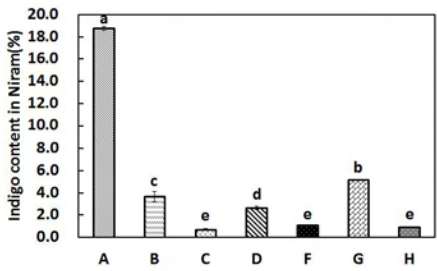

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차년도 (2010)	쪽 생육 특성 조사 및 색소성분 평가기술 확립 논문1건(국내 1건)	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 쪽 유망계통 44계통 선발 및 자식종자 확보</li> <li>- 이식후 생육시기별 초장, 경엽중 등 생육특성 조사</li> <li>- 계통 및 생육시기별 indican 색소성분 분석 (현재 시료 분석중)</li> <li>■ 한국작물학회지 55권 별책 2호 투고</li> <li>- 논문제목: 쪽 재배시기별 생육특성 변화</li> </ul> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 한국작물학회지 56권 1호 투고</li> <li>- 논문제목 : 쪽 재배시기별 생육특성 및 indican 함량변화</li> </ul>



구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용																																																			
2차년도 (2011)	수집 및 선발된 쪽 유전자원의 평가  나주쪽 육성 계통	100	<p>■ 연구보고서</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-쪽 유망계통 40계통 선발 및 자식종자 확보</li> <li>-재래종 쪽의 지역적응시험 및 우량품종 선발</li> <li>-계통 및 생육시기별 indican 색소성분 분석조건 확립</li> <li>-질소시비량에 따른 계통별 수량차이 조사</li> <li>-쪽 신품종 '나람블루' 품종보호출원 (출원 확정)</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div> <p style="text-align: center;">나주재래종(일본쪽) 나주2호(조선쪽)</p> <p>■ 나주2호 육성계통도</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>년도</th> <th>2001</th> <th>2002</th> <th>2003</th> <th>2004</th> <th>2005</th> <th>2006</th> <th>2007</th> <th>2008</th> <th>2009</th> <th>2010</th> <th>2011</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>지역 수집종</td> <td>나주 지역 수집종</td> <td>PT02</td> <td>→</td> <td>→</td> <td>→</td> <td>→</td> <td>→</td> <td>→</td> <td>→</td> <td>PT02</td> <td>→</td> </tr> <tr> <td>주요경과</td> <td>수집</td> <td colspan="7">특성검정 및 집단선발</td> <td colspan="2">생산력검정 및 증식</td> <td>지역적응시험</td> </tr> </tbody> </table> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">- 계통별 RAPD 분석결과 -</p> <p>■ 지역별 개체당 지상부 생체중</p> <div style="text-align: center;">  <table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <caption>지역별 개체당 지상부 생체중 (g/개체)</caption> <thead> <tr> <th>지역</th> <th>나주재래</th> <th>나주2호</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>보성</td> <td>1024</td> <td>875</td> </tr> <tr> <td>무안</td> <td>470</td> <td>531</td> </tr> <tr> <td>나주</td> <td>387</td> <td>410</td> </tr> <tr> <td>권주</td> <td>824</td> <td>882</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>모든 지역에서는 나주 2호 (PT02)가 더 높게 나타냄</p>	년도	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	지역 수집종	나주 지역 수집종	PT02	→	→	→	→	→	→	→	PT02	→	주요경과	수집	특성검정 및 집단선발							생산력검정 및 증식		지역적응시험	지역	나주재래	나주2호	보성	1024	875	무안	470	531	나주	387	410	권주	824	882
년도	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011																																											
지역 수집종	나주 지역 수집종	PT02	→	→	→	→	→	→	→	PT02	→																																											
주요경과	수집	특성검정 및 집단선발							생산력검정 및 증식		지역적응시험																																											
지역	나주재래	나주2호																																																				
보성	1024	875																																																				
무안	470	531																																																				
나주	387	410																																																				
권주	824	882																																																				

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차년도 (2011)	쪽 생육 시기별 쪽 색소 함량 분석, 최적 추출 시기 조건 확립 재배방법(시비량, 수확시기 등) 별 건물중 및 색소수율 조사 특허출원 1건 : 품종보호 출원	100	<p>-인디고 함량분석</p>  <p>-논문 : 쪽 우량계통의 생육 및 색소특성의 지역간 차이</p> <p>-학술발표 : 쪽(<i>Persicaria tinctoria</i> H. Gross) 종자의 발아특성</p> <p>-학술발표 : 재래종 쪽(<i>Persicaria tinctoria</i> H. Gross) 지역별 생육 및 수량 비교</p> <p>-품종보호 출원 신청</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 학 명 : 쪽(<i>Persicaria tinctoria</i> H. Gross)</li> <li>◦ 명 칭 : (한글)나람블루/(영문)NaramBlue</li> <li>◦ 출원번호 : 2012-3</li> <li>◦ 출 원 인 : 목포대학교 산학협력단 / (재)나주시천연염색문화재단 공동출원</li> </ul>

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 쪽 우량품종 선발계통의 평가</li> <li>○ 쪽 색소 대량생산 시험</li> <li>○ 신품종의 재배조건 구명</li> <li>○ 농가 실증시험을 통해 신품종의 생산성 확인 및 쪽 재배농가에 보급</li> <li>○ 논문2건(국내 1건, SCI 1건)</li> </ul>	100	<p>-신품종 나람블루의 농가실증시험</p> <p>-쪽 재배방법 개발 시험 : 최적 이식시기 및 수확시기 구명연구, 최적 수확횟수 구명연구, 최적 재식밀도 구명연구, 생육시기별 색소성분(인디고, 인디칸) 함량변화, 쪽 생육 및 수량조사 요령</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div> <p style="text-align: center;">Changes of leaf yield with different harvest times in two cultivars, Naju local and NaramBlue of <i>Persicaria tinctoria</i> H. Gross.</p> <div style="display: flex; justify-content: center;">  </div> <p style="text-align: center;">나주재래종의 수확시기별 생체중 및 니람함량 변화</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div> <p style="text-align: center;">생육시기별 인디고 함량 변화.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div> <p style="text-align: center;">생육시기별 인디칸 함량 변화.</p>

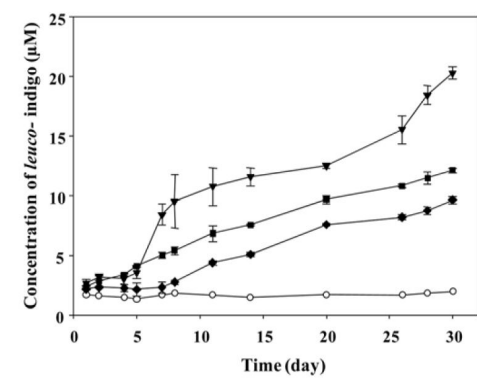
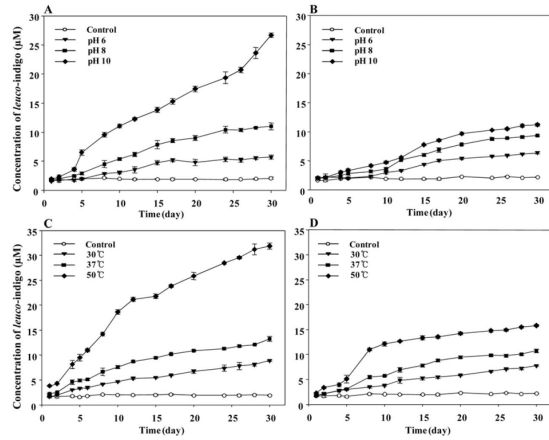
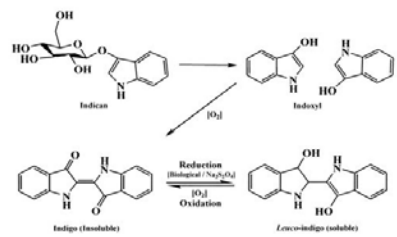
구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 쪽 우량품종 선발계통의 평가</li> <li>○ 쪽 색소 대량생산 시험</li> <li>○ 신품종의 재배조건 구명</li> <li>○ 농가 실증시험을 통해 신품종의 생산성 확인 및 쪽 재배농가에 보급</li> <li>○ 논문2건(국내 1건, SCI 1건)</li> </ul>	100	<p>-색소성분 분석연구 : 인디고 분석 표준액의 제조방법 및 쪽 니람의 인디고 정량분석</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 인디고 표준액 제조방법</li> </ul>  <p>Absorbance of indigo standard solution with different volumes of DMSO solvent.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 인디고 표준액의 안정성 분석</li> </ul>  <p>Daily variation of absorbance values of indigo standard solution when each standard solution was made each day.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 쪽 니람의 인디고 함량</li> </ul>  <p>Comparison of indigo content in a total of 7 samples of Niram.</p> <p>-쪽 우량계통 육성연구</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 신품종 백화람 육성</li> <li>· 우량계통 선발시험</li> </ul> 

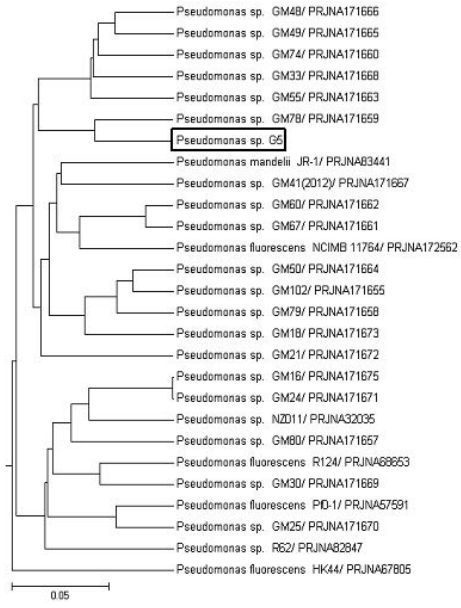
구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 논문2건(국내 1건, SCI 1건)</li> <li>※ 추가실적</li> <li>○ 학술발표 6건</li> <li>○ 품종출원 1건</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>-논문 2건</li> <li>1. 김관수 외 3명. 2013. 이식시기와 수확시기에 따른 쪽의 생엽수량 및 색소함량의 변화. 한국작물학회지 투고완료</li> <li>2. 김관수 외 3명. 2013. 인디고 분석 표준액의 제조방법 및 쪽 니람의 인디고 정량분석. 한국작물학회지 투고</li> <li>-학술발표 6건</li> <li>1. 김관수 외 5명. 2012. 수확횟수에 따른 쪽(Perisicaria tinctoria H. Gross)의 생육 및 수량 차이. 한국작물학회 국제심포지엄.</li> <li>2. 김관수 외 5명. 2012. 이식시기와 수확시기에 따른 쪽(Perisicaria tinctoria H. Gross)의 생육 및 수량 차이. 한국작물학회 국제심포지엄.</li> <li>3. 김관수 외 5명. 2012. 재식밀도에 따른 쪽(Perisicaria tinctoria H. Gross)의 생육 및 수량 차이. 한국작물학회 국제심포지엄.</li> <li>4. 김관수 외 1명. 2012. Chemical Profiling of Polygonum tinctorium. 한국응용생명화학회 국제심포지엄.</li> <li>5. 김관수 외 2명. 2012. 쪽(Persicaria tinctoria H. Gross)의 생육시기별 니람함량 변화. 한국약용작물학회 추계학술발표회.</li> <li>6. 김관수 외 2명. 2012. 쪽(Persicaria tinctoria H. Gross) 선발계통의 화색 및 니람함량 변이. 한국약용작물학회 추계학술발표회.</li> <li>-품종출원 1건 : 쪽 신품종 '백화람' 품종보호출원 (2013-9)</li> </ul>

- 쪽과 같은 염료작물의 생엽수량 및 품질을 높이기 위한 기술로서 표준재배법 개발, 표준 품종 개발에 대한 전체적 연구개발 방향을 제시하였으며 다른 염료작물의 개발을 위한 모델이 될 수 있을 것임.
- 재배기술 및 신품종의 농가보급으로 쪽 생산성을 높이고 고품질의 염료는 천연염색 산업화를 위한 원료로서 안정적으로 공급될 수 있는 기반이 될 것임.

## 8. 2-3과제 인디고 환원 미생물 선발 및 대사공정 개발

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차년도 (2010)	<p>Indigo 환원 미생물 선발</p> <p>고온(50℃이상)에서 활성을 유지할 수 있는 미생물 선발</p> <p>선발 미생물의 생화학적 특성 규명</p> <p>특허1건, 논문1건(국내 1건)</p>	100	<p>-실제 생산 현장으로부터의 indigo 환원 미생물 선발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 시료 채취 장소 : 화순군 능주면 내리 216</li> <li>· 시료 채취 날짜 : 2010. 08. 04</li> </ul> <p>-Indigo 환원 미생물 선발 (0.01% indigo 함유배지_1mM glucose / pH11)</p>  <p>-선발된 미생물의 indigo 환원 능력 확인</p>  <p>-특허출원 1건</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 출원명칭 : 인디고 환원 능력을 가지는 세균 균주 및 이의 용도</li> <li>· 출원번호 : 10-2011-0030377</li> <li>· 출원인 : (재)나주시천연염색문화재단</li> <li>· 발명자 : 허호길, 박선화, 장흥기</li> </ul>

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차년도 (2011)	<p>인디고 환원 미생물의 분리 및 특성</p> <p>루코-인디고의 생산을 위한 최적 조건 확립</p> <p>논문1건(SCI 1건)</p>	100	<p>-분리된 인디고 환원 미생물의 인디고 환원 능력</p>  <p>-두 균주의 동시 배양은 각각의 단일 균주에 의해 환원된 루코-인디고의 농도보다 각각 약 2배, 3배 더 루코-인디고를 생성</p>  <p>-두 균주에 의한 인디고 환원은 pH 10 이며 온도 50°C에서 가장 많은 양의 루코-인디고를 생산</p> <p>-논문제목 : Isolation and Characterization of Alkaliphilic and Thermotolerant Bacteria that Reduce Insoluble Indigo to Soluble Leuco-indigo from indigo Dye vat</p> 

구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차년도 (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 분리된 인디고 환원 미생물 균주가 최상의 인디고 환원력을 보여주는 성장조건 확보</li> <li>○ 선발된 미생물을 이용한 환원 반응의 시간 단축 : 미생물을 이용한 생물학적 인디고 환원 방식은 시간이 오래 걸리는 방식으로 실제 공정에서 적용하기에는 화학품을 사용하는 화학적 환원방식에 비해 속도에 있어 단점을 가지고 있다. 이를 보완</li> <li>○ 앞서 수행된 연구를 통해, 최적의 인디고 환원력을 나타내는 미생물 성장 조건을 이용하여, 선발된 미생물을 실제 인디고 환원 대사공정에 적용할 수 있도록 개발</li> <li>○ 논문1건(SCI 1건)</li> </ul>	100	<p>-이전 연구에서 분리된 미생물(<i>Alkalibacterium</i> sp. A1 과 <i>Pseudomonas</i> sp. G5)의 환원력을 향상시키는 최적의 조건을 찾기 위해, 이전 연구에서 확인된 최적의 온도 (50℃)와 pH (10.0) 조건에서 각기 다른 탄소원, 미생물의 농도, 그리고 같은 각기 다른 천연 영양원에 대해 환원된 leuco-indigo의 농도를 측정</p> <p>-인디고 환원시간을 줄이기 위해 인디고 환원에 관련된 유전자를 확보함으로써 인디고 환원 미생물의 인디고 환원력을 향상 시킬 것으로 기대된다. 이를 위해, 앞서 연구에서 분리한 미생물의 유전체 정보를 whole genome sequencing으로 획득하였다.</p> <p>-SCI 논문 : “Draft Genome Sequence of <i>Pseudomonas</i> sp. strain G5, Isolated from a Traditional Indigo Fermentation Dye Vat” 3월 투고 (Journal of Korean Society for Applied Biological Chemistry)</p>  <p>그림 The dendrogram based on the ANI pairwise matrix by all-by-all comparison among related <i>Pseudomonas</i> spp.</p>



# 제5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

## 제1절 연구개발 성과

### 1. 인디고 염료공정 생산 기술개발 및 산업화

- 신선한 쪽 추출물을 이용한 생쪽 염색, 녹색염색, 자색염색, 환원염색 조건 확립, 생쪽의 저장 및 생쪽 분말 염색, 생쪽 염색 직물의 후처리 조건 확립
- 인디고페라 색소 환원액의 유지와 관리 기술, 염액의 pH와 염색성, 인디고페라 색소의 염액과 피염물의 염색성, 염색물의 후처리 기술 확립
- 쪽 색소의 추출, 니람의 제조 방법, 쪽물의 발효 환원과 미생물, 발효를 위한 쪽물의 조제 기술, 발효 촉진을 위한 첨가제 종류와 효과, 쪽물의 발효와 pH, 쪽물의 발효 온도와 산소, 쪽물의 발효 시기와 관리 기술 확립
- 쪽의 산업화를 위해 쪽의 도입과 품종 육성 기술, 쪽 재배와 포장관리, 쪽 염료의 제조와 제형, 쪽 염료의 유통과 소비 확대, 쪽 염액의 환원과 쪽 염색 기술, 제직과 쪽 염색 제품 생산, 전시·체험 및 교육의 활성화 방안, 쪽 문화와 산업에 대한 접근과 대응 방안 제시
- 상품성 향상을 위한 다양한 컬러의 대량 염색공정 확립과 맞춤형 매뉴얼 완성을 위해 인디고 문양염 기술 개발로 다양한 기법을 통해 제품의 상품성을 향상시키는 염색 공정 확립함.
- 인디고 염색공정 축소 및 소요시간 단축에 관한 기술개발을 위해 인디고페라와 니람의 에탄올 함유량과 염색온도에 따른 직물의 염색성에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과 주로 20% 에탄올을 함유한 쪽 염료로 50℃에서 염색한 직물의 염착률이 높았음.
- 인디고 염료와 식물성 색소를 이용한 다컬러 대량 염색 공정 확립을 위해 쪽 염료와 양파 껍질 염료를 혼합하여 그린 계열로 염색할 수 있는 조건과, 쪽 염료와 소목 염료를 혼합하여 퍼플 계열로 염색할 수 있는 조건을 확립함.
- 천연염색문화상품 개발을 위해 내손으로 하는 쪽 염색 패키지와 고기능성·고부가가치 패션의류상품을 개발하였다.
- 쪽(*Persicaria tinctoria*) 집단내의 유전자 다양성분석을 하였고, 쪽추출물의 세포독성 실험을 통해 후두암세포, 위암세포, 유방암세포에서 보다는 자궁경부암세포, 간암세포, 대장암세포에서 상대적으로 더 높은 독성도를 보였음을 알 수 있었음.
- 염색조건별 인디고 염색원단의 항균성을 분석한 결과 알칼리조건에서 니람과 인디고페라 염료에 Glucose를 환원제로 사용하여 염색한 직물의 항균성이 97.0~98.3%로 높게 나타남.
- 인디고 염료 종류 및 후처리 방법에 따른 일광, 세탁건뢰도를 분석한 결과 염색한 원단을 산성수에 30분 담근 후 30분 삶기의 후처리하였을 때 건뢰도가 향상됨을 알 수 있었음.
- 니람, 대청, 인디고페라, 합성인디고로 염색한 직물의 항균성(황색포도상구균, 폐렴균)을 조

사한 결과 먼직물에서는 염료의 종류에 따라 큰 차이가 없이 평균성이 높았음. 견직물에서는 니람으로 알칼리 조건에서 염색한 직물이 99.3~99.5%로 가장 평균성이 높게 나타남.

- 세계여성경제인대회에서 천연염색 제품을 전시 홍보하였고, 2012 생명산업과학기술대전 전시 참가로 사업단을 홍보하였다. 그리고, 2012 국제농업박람회에서도 작품 전시를 통해 일반인들에게 천연염색의 매력을 홍보함.
- 인디고 염색기술 교육지도를 위해 전문가 초청하여 세미나를 개최함. 데님 청바지 원단을 생산하는 기업인 전방 주식회사의 공장장과 과장을 초빙하여 '데님(Denim) 청바지 시장 동향과 인디고 데님의 실무에 관한 내용으로 세미나를 개최함. 호남대 교수를 초빙하여 '쪽염색 패션디자인의 방법적 고찰'에 관한 강의를, 천연염색 업체인 주식회사 화수목 대표는 '천연염색 및 쪽염색 산업화(천연염료를 이용한 날염법 실습)에 관한 주제로 발표함. '쪽과 감물분말을 이용한 염색 실습'에 관한 강의를 들세미 대표가 함. 김성희 박사를 초빙하여 '천연염색(쪽) 패션과 판매'에 관한 주제로 세미나를 개최함. 당 재단 문화교육팀장은 문양염색 기법을 실습을 통해 교육을 실시하여 전문인력을 양성하는데 주력을 다함.
- 국외 전문가를 초청하여 '남염 6가지 공예의 초보적 탐구'와 '대지의 색채를 재현-대만 천연염색의 발전경험'에 대해 세미나를 개최하여 관련 업계에 있는 사람들에게 많은 도움을 줌.
- 논문 2편
  - Chemical composition, Antioxodant and Anticancer Effects of the Sees and Leawes of Indigo(Polygonum tinctorium Ait.) Plant
  - Partial characterization of indigo(Polygonum tinctorium Ait.) plant seeds and leaves
- 특허출원 1건
  - 인디칸을 함유하는 인디고 조성물의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 인디고 조성물
- 특허등록 3건
  - 염색용 인디고 조성물의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 염색용 인디고 조성물
  - 인디칸을 함유하는 인디고 조성물의 제조방법 및 상기 방법으로 제조된 인디고 조성물
  - 인디고 환원 능력을 가지는 세균 균주 및 이의 용도
- 책자 발간 9건
  - 일본 도쿠시마의 쪽문화와 산업
  - 발효 쪽물 만들기 이론과 실제
  - 생쪽 염색의 이론과 실제
  - 인디고페라의 쪽물 염색
  - 쪽의 산업화 전략
  - 대만·타이완의 쪽 염색 문화와 산업
  - 인도의 쪽 염색 문화와 산업
  - 대만 인디고 염색 공예의 발전과 문화 산업
  - 일본 오키나와의 쪽 염색 문화와 산업

- MOU체결 2건 : 주식회사 태영넷과 대만 업체 Tennii와 쪽의 산업화 및 대중화를 도모하고자 업무협약을 체결함.
- 언론보도 1건 : 나주뉴스(2013. 3. 11) 시천연염색문화재단, 지적재산권 ‘ 확보’ 인디고/인디루빈 특허 등록으로 연구활성화

## 2. 천연염색 디자인상품 개발

- 나주손의 수요조사 및 나주손 브랜드 분석, 나주손 브랜드 타겟 설정, 천연염색 마켓 분석, 나주손 브랜드 패키지 디자인 포지셔닝, 나주손 브랜드 패키지 디자인 키워드 설정, 패키지 디자인 컨셉
- 나주손 브랜드 패키지 및 액세서리 디자인 개발
- 나주손 브랜드 패키지 시제품 개발 3건, 패키지 액세서리 시제품 개발
- 디자인 출원 6건
  - 출원번호 30-2013-0020959
  - 출원번호 30-2013-0020960
  - 출원번호 30-2013-0020961
  - 출원번호 30-2013-0020962
  - 출원번호 30-2013-0020963
  - 출원번호 30-2013-0020964
- 논문 1편
  - 이미숙, 정경희(2012), 천연 쪽 염색을 활용한 침구류 디자인 개발, 한국디자인문화학회지, 18(3), pp.356-367.

## 3. 인디고 염색 최적화 및 염색공정 장치개발

- 쪽 천연염색 후가공 기술 확립
- 쪽 대량생산 시스템 확립
- 세탁견뢰도, 일광견뢰도 기술 확립
- 염색물 세척(쇼핑)시 색조변화 잔류 염액 제거기술 확립
- 패드스팀 공정기술 확립
- 항공가공 기술 확립

#### 4. 바이오하우징 천연소재 개발 및 제품 마케팅

- B.I 및 패키지 디자인 10건을 개발하여 쪽을 이용한 천연염색이라는 점을 나타내면서 자사만의 특징을 잘 표현한 디자인을 개발함.
- 시제품 10건을 개발하여 제품의 유니크한 이미지를 각인시키고 쪽 염색 원단을 보다 많은 대중들에게 알리고자 함.
- 디자인 등록 2건 : 2013년 3월 12일 B.I 디자인 2건을 등록함.

#### 5. 천연원료를 이용한 기능성 천기저귀 제품개발

- 다양한 매체를 통한 제품 및 브랜드 홍보 지속 진행 중.
- 국내 박람회를 통한 기저귀 판로개척 및 해외 바이어에 지속 정보제공
- 전국 임신·출산 박람회를 통한 제품 홍보
- 다양한 상품 개발로 지속 노출
- 디자인 출원 2건

#### 6. 생물공학적인 인디고 생산 최적화

- 인돌 합성 효소 규명. 연구개시 후 인돌의 산화효소에 대한 연구는 인디칸 생합성 경로와 메카니즘에 대한 연구가 없어 어려웠으므로, 인돌 산화 효소의 연구는 기본적인 산화 메카니즘 이해에 국한하여 산화과정에 사용되는 산소의 유래를 규명하였고, 이후 연구의 방향을 인돌을 생성하는 효소 (IGL)에 집중하였다. Homology-based RACE PCR 결과 316 아미노산으로 이루어진 단백질과 N-말단 42 염기가 짧고 거의 염기 서열이 유사하며 274 아미노산 잔기를 가진 단백질의 유전자를 cloning할 수 있었다. 이 연구와 병행하여 IGL을 complementation assay로 검정할 수 있는 E. coli strain을 개발하였다. 현재 이 두 clone을 E. coli에 도입하여 인돌의 합성을 조사하여, IGL을 얻었는지 확인하는 과정에 있다.
- 인독실 축적 조건확립 및 포장적용. 세포배양에서 인독실이 축적되는 조건을 우선 찾고 이를 포장에 적용하고자 계획하였으나, 이 연구에서는 직접 포장에서 적용되는 방법을 찾고 성과를 보았다. 그 결과 대표적 인디고 생산 식물인 쪽 (*P. tinctorium*), 대청 (*I. tinctoria*) 및 목람 (*Indigofera*)에서 식물 방어증진 물질을 처리하였을 때 30-100%의 인디고류 함량의 증가를 볼 수 있었다.
- 분자육종 방법 개발 및 유전자 도입. 우리나라에서 재배되는 대표적 인디고 작물인 쪽은 최종산물이 식용이 아니라 염색원료인 색소이므로 분자육종을 통한 쪽의 함량제고는 식용작물과 달리 별다른 사회적 저항을 야기하지 않을 것으로 판단되었다. 쪽의 분자 육종을 위하여 우선 식물의 조직배양, 재분화조건을 확립하였고, bar 유전자를 도입이 가능함을 보였다.

이와 함께 항암물질로 알려진 indirubin을 모상근 배양에서 외부 인돌 투여 없이 식물 호르몬 조절로만 얻기 위한 실험을 성공적으로 수행하였다.

- 모상근 이용 대사공학 연구. 모상근 (hairy root) 배양은 모식물체에서 생산되는 동일한 약효성분이 안정적으로 생산되는 특성뿐만 아니라 모상근에 특정 유전자를 도입하여 유용물질 생산을 증대시키는 대사공학 연구도 시도되고 있다. 아직까지 국내외에서 생명공학 기술을 이용하여 기능성물질 생산이 시도된 바가 흔하지 않으며, 생명공학을 이용하여 기능성물질 생산 체계가 확립되면 그것을 원료로 다양한 치료제 개발에 기여하고, 생산된 의약품은 수출등도 고려할 것으로 기대된다. 따라서 쪽의 항암물질인 인디루빈 생합성 관련유전자 발굴과 분자생물학적인 특성 조사, 그리고 관련 유전자를 모상근에 도입하여 항암물질 생산을 도모하는 대사공학 (metabolic engineering) 연구를 수행하였다.
- 논문 2건 및 특허출원 1건 계획
  - Soo-Un Kim et al., Identification of TSA-like gene from *Polygonum tinctorium*.
  - Sang-Un Park et al., Production of indirubin through hairy root culture of *Polygonum tinctorium*.
  - 특허 : 김수언 등. 식물내 인돌 합성 효소.
- 논문 게재 1건
  - Aye Aye Thwe, Yeon Bok Kim, Soo Un Kim, and Sang Un Park, In vitro Shoot Tegereneration from Stem Internodes of *Polygonum tinctorium* (Life Science Journal 2012)

## 7. 인디고 함유 식물(쪽) 재배 생산 기술

- 종자발아는 15-20℃ 나 25/15℃ 변온조건에 가장 좋았으며 과피는 영향을 미치지 않았다. 인디고 추출에 적합한 용매는 DMSO였으며 표준액 제조는 인디고 1 mg 당 DMSO 10 mL 이상이 가장 적당하였다. 생엽수량은 이식후 75-85일까지 계속 증가하고 이후 유지되는 경향이며 생육후기로 갈수록 분지수가 많아지고 엽면적이 감소하고 줄기비율이 높으며 인디칸과 인디고 함량은 8월 10일 까지 증가하였으며 이후 점차 감소하는 경향을 나타냈다. 생육시기가 경과됨에 따라 인디칸은 상위엽 보다 하위엽에 더 많이 함유되는 것으로 나타났다. 쪽 재배에서 이식시기가 늦을수록 생엽수량은 감소하는 경향을 보였으며, 니람이나 색소함량은 유의한 차이를 보이지 않았다. 수확시기가 늦어질수록 생엽수량은 증가하는 경향을 보였지만, 인디고는 8월 5일 수확시 가장 높은 함량을 보였고 이후 감소하는 경향을 보였다. 따라서 쪽 재배에서 높은 생엽수량과 색소함량을 얻기 위해서는 가능한 이르게 이식하는 것이 좋으며 8월 초순경에 수확하는 것이 유리한 것으로 판단되었다. 2회 수확이 1회 수확보다 생엽수량이 높았으나 색소함량은 차이가 거의 없었고 오히려 적게 나타났는데, 수확횟수에 관계없이 8월 10일이나 8월 20일 경에 색소함량이 높게 나타났다. 2회 수확을 할

경우 조기과종 및 조기이식으로 개화전 충분한 생육시기가 주어져야 할 것으로 생각되었다. 최적 재식밀도 구명시험에서는 전반적으로 생엽수량과 인디고 함량이 높이기 위한 재식밀도는 나주재래는 2열 1본식이 좋았으며, 다소 직립형이며 엽면적이 큰 나람블루의 경우는 2열 2본식이 좋은 것으로 생각되었다.

- 자식개체의 후대검정결과 후대변이가 거의 없었으며 자식개체와 방임수분개체의 후대간 생육특성차이가 거의 없어 쪽은 자식성식물로 생각되었다. 우량계통 나주2호는 다소 직립형이며 엽면적이 넓은 둥근형의 잎을 가지며 색소함량도 비교적 높고, 지상부 전체에 대한 엽의 무게 비율이 높은 계통으로 판단되어 ‘나람블루’라는 품종명으로 품종보호출원을 하였으며 농가실증시험에서도 우량품종으로 인정되었다. 또한 흰색의 꽃을 가지며 개화기가 늦은 만숙종인 PTLW-2를 순계분리하여 육성하였고 ‘백화람’이란 품종명으로 품종보호 출원하였다. 우량계통육성시험에서 주요 선발형질은 숙기(만숙), 생육력(분지력, 초장 등), 엽형질(잎 두께 및 넓이 등), 화색 등이었으며 모집단 나주재래종에서 PT-1 등 88계통을 선발하였으며 2012년에 선발된 B1 등 32계통에 대한 생산력검정시험을 수행하고 2013년에 25계통을 최종선발하여 계통육성시험을 계속 진행하고 있다. 특히 만생종이며 엽이 두껍고 주름지고 엽면적이 큰 계통과 화색에서 각 색깔별로 계통의 균일성과 안정성을 평가할 계획이다.

- 논문 2건

- 김관수 외 3명. 2013. 이식시기와 수확시기에 따른 쪽의 생엽수량 및 색소함량의 변화. 한국작물학회지 투고완료
- 김관수 외 3명. 2013. 인디고 분석 표준액의 제조방법 및 쪽 니람의 인디고 정량분석. 한국작물학회지 투고

- 학술발표 6건

- 김관수 외 5명. 2012. 수확횟수에 따른 쪽(*Perisicaria tinctoria* H. Gross)의 생육 및 수량 차이. 한국작물학회 국제심포지엄.
- 김관수 외 5명. 2012. 이식시기와 수확시기에 따른 쪽(*Perisicaria tinctoria* H. Gross)의 생육 및 수량 차이. 한국작물학회 국제심포지엄.
- 김관수 외 5명. 2012. 재식밀도에 따른 쪽(*Perisicaria tinctoria* H. Gross)의 생육 및 수량 차이. 한국작물학회 국제심포지엄.
- 김관수 외 1명. 2012. Chemical Profiling of *Polygonum tinctorium*. 한국응용생명화학학회 국제심포지엄.
- 김관수 외 2명. 2012. 쪽(*Persicaria tinctoria* H. Gross)의 생육시기별 니람함량 변화. 한국약용작물학회 추계학술발표회.
- 김관수 외 2명. 2012. 쪽(*Persicaria tinctoria* H. Gross) 선발계통의 화색 및 니람함량 변이. 한국약용작물학회 추계학술발표회.

- 품종출원 1건

- 쪽 신품종 ‘백화람’ 품종보호출원. 2013.

## 8. 인디고 환원 미생물 선발 및 대사공정 개발

- 선발된 미생물을 이용한 환원력 향상
  - 이전 연구에서 분리된 미생물(*Alkalibacterium* sp. A1 과 *Pseudomonas* sp. G5) 의 환원력을 향상시키는 최적의 조건을 찾기 위해, 이전 연구에서 확인된 최적의 온도 (50℃)와 pH (10.0) 조건에서 각기 다른 탄소원, 미생물의 농도, 그리고 같은 각기 다른 천연 영양원에 대해 환원된 루코-인디고의 농도를 측정하였다.
  - 탄소원 : 선발된 두 균주에 의해 각기 다른 탄소원인 glucose, lactate, acetate, pyruvate를 이용하여 불용성의 인디고를 루코-인디고로의 환원되는 루코-인디고의 농도를 측정 한 결과, 루코-인디고의 농도는 Glucose를 탄소원으로 사용 할 때 다른 탄소원에 비해 상대적으로 증가하였다.
  - 천연 영양원 : 앞서 수행한 실험과 같이 상대적으로 많은 양의 환원된 루코-인디고를 생성하는 탄소원인 glucose와 더불어 천연 영양원인 peptone, yeast extract, soyben powder에 대해 선발된 두 균주의 배양 기간 동안의 루코-인디고의 농도를 측정하였다. 단일 탄소원인 glucose 만을 첨가하였을 때보다 천연 영양원을 동시에 첨가하였을 때 확연히 증가하였음을 보였다.
- 분리된 미생물의 유전체 정보 획득
  - 미생물을 이용한 환원 방식은 환원제를 사용하는 화학적 방식에 비해 다소 시간이 오래 걸리는 것이 단점이다. 인디고 환원시간을 줄이기 위해 인디고 환원에 관련된 유전자를 확보함으로써 인디고 환원 미생물의 인디고 환원력을 향상 시킬 것으로 기대된다. 이를 위해, 앞선 연구에서 분리한 미생물의 유전체 정보를 획득하기 위해 whole genome sequencing이 진행되었다.
  - 분리된 균주, *Pseudomonas* sp. Strain G5의 유전체 정보 획득
  - 인디고 환원 능력과 COG 단백질 카테고리 (Functional categories based on COG): 일반적인 기능과 관련된 유전자 카테고리인 R 그룹과 아미노산 수송 및 대사과정과 관련된 단백질 카테고리 E가 가장 많이 빈번하다. 분리된 균주인 *Pseudomonas* sp. Strain G5 유전체의 각 기능별 단백질 카테고리를 나타낸다. 특히, 분리된 이 균주는 carbohydrate 운송 및 대사에 관여하는 카테고리 G가 5.1% (250 genes)을 차지한다. 이는 Anino et al. 이 보고한 대로 인디고 환원 박테리아의 인디고 환원 능력은 박테리아의 불용성 기질 이용과 carbohydrate의 혐기적 대사와 관련되어있다는 것을 뒷받침한다. 게다가 이 균주에서 carbohydrate 운송과 대사에 관여하는 FAD-dependent 효소가 발견되는데, 이는 FAD+를 cofactor로 가지는 효소에 의해 glucose에서 pentose 5-phosphate로의 전환에 따른 전자 전달의 결과로 인디고 환원이 이루어진다는 사실을 뒷받침한다 (Takara et al., 1962).

- 미생물 공정 개발 및 적용에 따른 안전성 및 폐기물 처리
  - 미생물에 의한 인디고 환원 시스템은 small-scale의 재생 가능하고 값싼 carbohydrate를 이용하기 때문에 환경 친화적이고 지속 가능한 시스템이라 보고된 바 있다.
  - 또한, 본 연구에서 분리한 두 균주는 실제 전통적으로 인디고 환원이 이루어지는 현장에서 분리하였으며, Yomoto (2004, 2008) 보고에 따르면 병원성이 없는 인디고 환원균주라 알려져 있다.
  - 환원 반응 후 폐기물 처리 시, 반응에 이용된 미생물들을 간단히 고압고열 (autoclave) 처리로 사멸시킬 수 있다.
- 논문 투고 1건
  - “Draft Genome Sequence of Pseudomonas sp. strian G5, Isolated from a Traditional Indigo Fermentation Dye Vat” 3월 투고 (Journal of Korean Society for Applied Biological Chemistry)
- 인력양성

학위취득연월	학위구분	학위취득자			
		성명	성별	대학	학과
2012. 02	석사	박선화	여	광주과학기술원	환경공학부
2013. 02	석사	이현지	여	광주과학기술원	환경공학부

## 제2절 성과활용 계획

### 1. 인디고 염료공정 생산 기술개발 및 산업화

- 친환경염색공장에 개발된 시설의 도입 예정 : 나주시 친환경염색공장에서 대 면적 재배한 쪽의 추출을 효율적으로 하기 위한 설비라인이 도입될 예정이다.
- 감압조건에서 끓여서 추출하여 고 순도의 인디고 염료를 만들기 위해 추출 라인을 특허 출원과 함께 현재 나주시에서 실시 설계 중에 있음.
- 염료 추출공장에 도입함으로써 2014년부터는 대 면적 재배한 쪽도 추출 설비에 의해 단기간에 대량으로 추출 할 수 있을 것으로 기대됨.
- 본 기술에 의해 쪽을 단기간에 대량 추출할 예정이며, 그에 따라 농민들은 재배만 할 수 있도록 하여 쪽의 재배와 염료 추출의 생산성을 향상 시키고자 함.
- 쪽의 산업화에 가장 큰 장애가 된 대량 추출과 석회 무 첨가에 따른 고 순도 염료의 제조 기술을 확보함으로써 금후 농가소득 증대 및 천연염색 업계의 도약에 크게 기여할 것으로 사료됨.



- 나주시에서 한국천연염색박물관 옆에 ‘친환경염색산업센터’를 건립하였고, 천연염색연구 및 천연염료 대량생산 및 판매, 천연염색 체험실로 활성화 시키고자 계획하고 있음.
- 천연염색 문양염 기술을 교육·체험프로그램에 도입하여 교육·체험의 다양성을 높일 수 있음. 더 나아가 천연염색 치료와 복지에도 효율적으로 이용될 수 있을 것임.
- 내손으로 하는 쪽 염색 패키지는 어린이, 성인 할 것 없이 손쉽게 쪽 염색이 가능하여 산업화 가능성이 높음. 쪽 염색 패션의류상품은 쪽 염색 의류의 고기능성을 부각시켜 산업화가 가능함.
- 인체암세포 독성 평가 결과 쪽 추출물이 자궁경부암, 간암, 대장암 세포에서 높은 독성도를 보여 쪽 추출물을 항암 치료제 개발에 이용될 수 있을 것으로 사료됨.
- 나주지역에서 재배한 쪽풀로 만든 니람으로 염색한 직물이 항균성이 우수함이 한국의류시험연구원을 통해 입증되었고, 이를 홍보하여 쪽 염색원단의 항균성의 우수성을 홍보하여 제품판매활성화에 기여함.

## 2. 천연염색 디자인상품 개발

- 쪽 염색 제품의 명품화를 위한 고감성 패키지 디자인 개발을 시도함으로써 나주 쪽 염색 브랜드 및 제품 이미지 향상에 기여할 수 있을 것임
- 나주의 특화자원인 쪽 염색 제품을 위한 패키지 디자인을 개발한 사례는 현재 천연염색 사업을 추진하고 있는 지방자치단체 및 천연염색업체가 나아가야할 방향을 제시하고 차별화된 마케팅 전략 수립에 도움을 줄 수 있을 것임.

## 3. 인디고 염색 최적화 및 염색공정 장치개발

- 천연염료 산업은 체계적이고 과학적인 연구를 통하여 대량생산 첨단화 기술을 개발하여 고부가가치화를 실현시킬 수 있는 분야라고 판단된다. 전통 천연 염료 제조공정에 생물공학기술을 접목하여 과학적이고 표준화된 천연염료의 대량 생산 및 효율적인 분리·정제공정을 개발하고 전통염료품질관리를 통하여 전통천연염색의 발전에 기여할 수 있다.
- 현재의 천연염료 산업, 천연염료의 생산 및 시장, 염색공정 및 기술, 염색물의 안전성 및 인체 적합성 등에 대한 검토에서 천연염료가 합성염료 전체를 대체할 수는 없지만, 천연염색의 상당부분이 경제적으로도 장점을 가지며, 천연염료의 색상이 충분히 다양하며, 21세기 환경문제까지 고려하면 천연염색이 상당한 경쟁력을 가질 것으로 예상되고 있다.
- 천연염료 제조공정에 생물공학 기술을 접목하여 과학적이고 표준화된 천연염료의 대량생산 및 효율적인 염색가공 공정, 천연염색 제품의 품질, 디자인 개선으로 국내외 틈새시장의 잠재력은 무궁무진하다고 볼 수 있다.

#### 4. 바이오하우징 천연소재 개발 및 제품 마케팅

- 여러 제품들을 하나의 이미지로 통합시킬 수 있는 B.I를 디자인 했고 이는 가독성과 심미성 및 독창성을 고려했을 때 85%의 높은 달성도를 보였다. 그리고 천연 패브릭과 선정한 B.I 디자인을 활용하여 5건의 시제품을 완성했고 이는 실제 제품의 실용성과 산업화 가능성 면에서 90%의 달성도를 보인다.
- 3차년도는 Adobe Photoshop CS6, Illustrator CS6, Auto CAD 등의 다양한 컴퓨터 프로그램을 이용하여 여러 가지 디자인을 시도하였고, 쪽의 칼라를 적극적으로 이용하여 소비자들에게 쪽이라는 천연염색 제품을 B.I 디자인을 통해 쉽게 인식되도록 표현하였다. 라벨이나 태그에 인쇄하는 방식은 추후 산업화가 가능하고 제품 판매의 효율성을 높이고 소비자들의 흥미를 유발할 수 있는 요소가 될 것이다. 특히나 쇼핑백(에코백)의 경우 라벨을 부착해 광고효과는 물론 환경보호에도 앞장설 수 있다고 생각된다.
- 디자인한 B.I는 쪽 염색 제품에 바로 활용이 가능하다. 광목천을 이용한 에코백 패키지디자인은 쿠션이나 침구세트 등의 포장에 활용이 가능하고 접이식 상자를 이용한 패키지는 쪽 염색 보자기, 쿠션커버 등의 포장에 활용이 가능하면서 쪽 제품이라는 이미지가 부각되어 홍보 효과를 높일 수 있다.

#### 5. 천연원료를 이용한 기능성 천기저귀 제품개발

- 팬티형기저귀 및 침받이/턱받이 등 다양한 안전제품을 개발하여 시장에 선보일 계획이며, 이를 통해 소비자들은 보다 안전한 제품을 사용할 수 있도록 다양한 채널을 통한 홍보를 실시할 계획이다. 지속적으로 진행하고 있는 국내외 전시회를 통해 직간접적인 제품홍보를 하며, 다양한 매체를 통한 뉴스홍보 등 노력을 가할 계획이다.
- 팬티형 천기저귀는 국내 시장뿐만 아니라 환경을 선도하는 유럽, 미주 시장에서는 인기상품으로 향후 해외시장까지 진출될 수 있는 전망 있는 사업군으로 성장시키고자 한다.
- 최근 들어 각 보건대학에서 천기저귀 사용의 주제로 다양한 체험과 실험을 하고 있는 실정으로 쪽 천연원료를 이용한 제품에 대해서도 충분한 교재용으로 교육할 수 있는 장르라 생각되며, 각계 대학교에 홍보를 통해 친환경 천기저귀 제품의 사용을 널리 알리고자 한다.

#### 6. 생물공학적인 인디고 생산 최적화

- 기업과 연구센터의 우수 연구진들이 산·학 연구공동체를 형성하여 다양한 종류의 정보 수집과 교류를 통해 천연물질 생산 분야의 활성화를 기대
- 연구과정에서 대사공학 및 화학 관련 대학원 연구 인력 교육으로 고급 인력 양성에 기여하

였음

- 인디고 생산식물에 식물 방어제를 처리하여 획기적으로 인디고이드 축적을 제고하여 우리나라 쪽 식물의 경쟁력을 강화하여 농가 소득으로 직결될 수 있음.
- 대사공학 기술로 향상된 indirubin 생산 성공 시싼 가격으로 원료를 생산할 수 있으며 이 원료를 바탕으로 제품 제조 시, 국내 시장은 물론 외국 시장에서도 가격경쟁에서 유리한 위치를 차지하여 많은 시장을 점유할 수 있을 것으로 예상 됨.
- Indirubin의 친환경적 생산 기술은 당장은 가격 경쟁력이 낮지만 앞으로 친환경생산에 대한 수요가 제고되면 경쟁력을 가질 것으로 기대함.
- 개발된 기술과 관련된 논문 및 학회지발표를 통하여 개발자의 업적을 쌓고, 나아가 지적 재산권 획득으로 국내 또는 외국 기업에 기술이전 또는 특허 실시권 등을 팔 수 있는 경우 지적재산권의 수출 효과도 기대 됨.
- 식물강화제 처리를 통한 이차대사물의 축적 및 쪽의 형질전환 연구의 결과는 앞으로 후속 연구에 활용되리라 기대됨.

## 7. 인디고 함유 식물(쪽) 재배 생산 기술

- 실용화·산업화 계획(기술실시 등)
  - 인디고 함유작물 쪽의 생산성향상을 위해 재배기술개발 및 신품종육성에 관한 시험을 수행하였고 쪽 수량 증대 및 품질향상을 위한 적정 이식시기 및 수확시기, 최적 재식밀도, 적정 수확체계 등에 대한 기술은 쪽 재배농가에 영농활용자료로 이용될 것이며 개발된 신품종은 농가실증시험에서도 우수성이 인정되어 농가보급을 계속 추진하여 농가 생산성을 증대할 뿐만 아니라 농가소득증대에 기여할 것임.
- 교육·지도·홍보 등 기술 확산 계획 등
  - 개발된 신품종은 나주시와 협의하여 재배농가에 종자분양을 하며, 재배법은 나주시농업기술센터나 나주시와 협의하여 영농 지도자료로 활용할 계획에 있음.
- 특히, 품종, 논문 등 지식재산권 확보계획 등
  - 개발된 신품종의 보급을 위해 종자증식 사업을 계속 진행할 것이며 아직 투고되지 않은 재배기술이나 유전육종기술(성분분석, 재배법, 유전분석 등)에 대한 결과들은 사업종결 후 1-2년 내에 투고할 계획임.
- 추가연구, 타연구에 활용 계획 등
  - 농가에서 생산되는 염료추출물(니람)에 함유된 인디고 함량이 대체적으로 수입산 보다 낮으므로 니람을 정제하거나 처리를 하여 인디고 함량을 높이는 기술을 시도할 계획이며, elicitor 처리에 의한 인디고 함량 증대가 확인되었으므로 실제 농가에서 사용할 수 있는 처리방법 개발에 대한 연구를 수행할 계획이며, 현재 나주시와 염료유전자원 수집, 평가, 개발에 대한 연구가 수행 중에 있음.

## 8. 인디고 환원 미생물 선발 및 대사공정 개발

- Indigo 환원 미생물 선발 및 대사공정 개발
  - 아래의 그림에서 보는 것처럼 “쪽”의 생산에 이용되는 대청에서 “indigo”의 전구물질인 indican은 indo배당체로 되어있는데 이를 비배당체화 indoxyl로 만들기 위하여  $\beta$ -glucosidase 활성이 높은 미생물을 선발하여야 하고 특히 공정 중 적용되는 55°C에서 그 활성을 유지하는 미생물 선발이 중요하다. 그리고 insoluble인 indigo를 수용성인 leuco-indigo로 전환하면서 공정 중에 적용되는 온도 50-60°C에서 고 활성을 유지하는 미생물 선발이 또한 중요하다.
- Indigo 환원 미생물 선발
  - 실제 한국의 대청을 이용하여 “쪽”을 생산하는 현장 woad vat에서 고온성 혹은 고온 내성 미생물 중  $\beta$ -glucosidase를 갖는 미생물 선발
  - 청색의 불용성 indigo를 수용성 무색의 leuco-indigo를 만드는 고온성 미생물을 “쪽”을 생산하는 현장 woad vat에서 선발
- Indigo 환원 효율성 증대를 위한 생화학적 대사기작 연구 및 Indigo 생성 공정 응용
  - 활성이 우수한 미생물을 분리하여 활성에 관계하는 생화학적 대사기작 규명
  - 분리된 미생물을 이용하여 woad ball에 적용하여 수용성으로 전환하는데 필요한 기타 화학적 환경 요인을 분석하여 미생물 활성을 최적화시키는 생성공정 조건 제시

## 제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

### 1. 일본 도쿠시마의 쪽문화와 산업 현황

- 쪽은 중국에서 한국을 거쳐 도쿠시마에 처음으로 도입 되었다. 일본 시고꾸 섬에 위치한 도쿠시마 현의 요시노 강변은 예로부터 비옥한 토양, 풍부한 일조량 등 쪽의 생육에 적합한 조건을 갖추고 있어서 쪽이 현의 주력산업으로 까지 성장하기도 했다. 합성 쪽의 도입에 의해 천연 쪽은 쇠퇴했지만 도쿠시마에는 여전히 전통의 흔적이 곳곳에 남아 있으며, 현재도 도쿠시마에서 생산된 쪽 염료가 일본 각지에 공급되고 있다.
- 도쿠시마에서 재배하는 쪽의 주력 품종은 배화소상분이다. 2010년도의 재배 농가수는 40호이며, 재배면적은 1,685a로 농가당 0.42ha이다. 쪽은 연 2-3회 수확을 하며, 재배 과정에서 기계의 이용률이 높다. 수확한 쪽은 잎을 건조하여 제람소에 1Kg 당 1,000엔 정도에 판매한다.
- 한국에서는 대부분 쪽의 재배, 염료의 제조 및 염색까지의 과정이 분리되어 있지 않지만 일본에서는 쪽의 재배와 염료인 스쿠모 제조 주체가 분리되어 있다. 이 스쿠모를 제조하는 사람을 랍사라고 하며, 스쿠모를 제조하는 곳에 대해 제람소라고 하는데 5군데가 있다. 스쿠모는 잎을 건조하여 두엄처럼 쌓아 뒤집어 가며 발효를 시키는데 100일 정도 되어야 염료로 쓸 수 있다. 제조된 스쿠모는 가마니에 담겨져 유통된다.
- 일본에서는 농민들이 쪽 재배를 하고 제람소에서는 염료로 만들며, 염색공장에서는 제조된 염료를 이용하여 염색을 한다. 염색에 이용되는 염액은 잣물이나 소석회를 첨가하여 발효한 것을 이용하고 있으며, 염색은 많은 기능이 요구되는 공예적인 염색 위주로 실시되고 있다. 염색공장은 규모화가 되어 있지만 대를 이어오고 있는 곳과 공방차원에서 이루어지는데, 모두 손 염색을 하고 있다.
- 원사를 염색하여 제직을 하면 다양한 무늬 연출이 가능한 장점이 있다. 일본에서는 오래전부터 쪽으로 원사를 염색하여 제직해 왔다. 도쿠시마현 특산의 시지라직물의 제직은 최근 천연쪽으로 염색한 실과 합성염료로 염색한 실을 섞어서 이용하고 있다. 규모화된 시지라직물공장은 세 곳이며 모두 원사염색기가 있으나 쪽 염색만큼은 손 염색을 하고 있다.
- 쪽 염료의 소비는 절반 이상이 전통 의류를 염색하는데 이용되고 있으나 도쿠시마에서는 패션소품, 인테리어 소품 위주로 판매되고 있다. 쪽 염색된 제품은 문양염이 된 원단을 이용하여 제조하였으며, 가격은 합성염료로 염색한 것에 비해 비싼 편이다. 최근에는 청바지 외에 평상복처럼 대중화를 위한 제품의 제조와 판매 등 소비향상을 위해 노력하고 있었다.
- 쪽 염색 제품의 판매는 생산지에서 판매하는 곳, 관광지에서 판매하는 곳 및 쪽염색 제품 전문점에서 판매를 하고 있었으나 특산물로서 취급과 판매가 되고 있었다. 온라인 판매를 하는 곳은 10개 업체였는데, 시지라직물 공장들이 적극적으로 홍보와 판매를 하고 있었다.

일부 중국제품도 판매되고 있었는데, 도쿠시마에서 생산된 것에 비해 품질이 떨어지고 가격도 저렴하였다.

- 쪽 전시관은 쪽과 관련된 역사적인 주제를 활용하고 있었으며 법인에서 운영하고 있었다. 체험장은 쪽 체험만 하기 보다는 시지라직물 공장, 염색공장, 공방 등에서 견업으로 하고 있었는데, 모두 도쿠시마 전통 쪽에 대해 알리고, 문화를 계승하는데 기여하고 있었다.
- 쪽 관련 행정기관으로는 도쿠시마현, 도쿠시마현 농업시험장, 도쿠시마현립 공업기술센터가 있었는데, 전통문화의 계승 측면에 초점이 맞춰져 있었다. 민간단체 중 쪽 재배 단체는 없으며, 염료제조는 아파람제조 기술보존회가 활동하고 있고, 염색은 도쿠시마현 쪽염색 연구회 및 일본람염문화협회가 활동하고 있다.

## 2. 인도의 쪽염색 문화와 산업 현황

- 인도의 정식 명칭은 인도공화국이며, 면적은 세계 제7위, 인구는 세계 2위의 공화국이다. 위치는 북반구에 위치하며, 기후는 거의 열대성 기후대에 속한다. 쪽의 영어이름 인디고는 인도라는 말이 어원이며, 인도와 밀접한 관련이 있다. 인도에서 수 천 년 전부터 사용이 되어 왔던 천연 쪽은 합성 쪽의 발명에 의해 쇠락의 길을 걷고 있으며, 현재 인도의 남단 타밀나두주에서 주로 생산되고 있다.
- 인도에서 재배되고 있는 쪽 종류는 콩과의 인디고페라팅토리아(*Indigofera tinctoria*)이다. 인디고페라는 종자로 번식을 하고, 파종 후에 90-110일 후에 수확을 한다. 수확횟수는 1년에 3-4번 정도인데, 3월부터 7월까지 수확한 것은 잎을 건조하여 머리염색용의 분말을 제조하는데 사용하며, 비가 많은 시기인 8-12월에 수확한 것은 쪽 염료를 만드는데 주로 사용한다. 인도에서 인디고페라를 재배하는 곳은 10여 곳 정도이며, 재배면적은 400만평 이하로 추정된다.
- 인도에서는 침전법이라는 방법으로 쪽 염료를 만들며, 콘크리트로 된 대형 수조를 이용하여 쪽을 추출한다. 인도에서 대형 콘크리트 수조가 사용되게 된 것은 유럽의 상인들이 영국 및 프랑스 식민지인 인도에서 쪽을 대량적으로 생산하기 위해 18세기경에 건설한 것이다. 인도에서 쪽의 추출 과정은 ‘인디고페라의 수확→추출조에 넣기→추출→추출액의 분리→산화→침전→침전된 쪽의 분리→소독→여과 및 탈수→건조와 보관→가공’순이다. 최근에는 인디고페라 잎을 건조하여 분말로 만든 것들의 제조량과 유통량이 증가하고 있다.
- 인도에서 쪽 염액은 발효에 의해 환원을 시킨 다음 염색에 이용하고 있다. 발효는 한국에서 전통적으로 발효환원을 하여 염색하는 것과 같은 방법으로 실시하고 있으며, 쪽의 발효에 사용하는 항아리는 주로 600L 정도의 것이다. 항아리는 입구가 지면과 같도록 매립하고 있으며, 염액의 조제는 석회수와 함께 결명자를 넣어 발효촉진과 산화방지 효과를 얻고 있다.
- 인도에서 제조 및 판매되는 천연염색 상품은 다양하다. 판매 주 대상은 현지인 보다는 관광객들이며, 같은 제품이라도 관광객들이 많은 곳에서는 상대적으로 비싸게 판매되고 있다.

판매처는 타밀나두주의 주도인 첸나이 등의 도시에서도 이루어지고 있지만 대부분은 오로빌 공동체의 기념품점에서 많이 판매되고 있다.

- 인도에서 수입된 쪽의 재배에서 생산까지의 이해는 교육적으로 활용하는데 도움이 될 것이다. 천연염색 문화를 풍부하게 하려면 다양한 염재에 대한 이해가 필요하며, 쪽 염색시 인도산의 쪽을 사용하는데 대한 질책보다는 한국산 쪽을 사용할 수 있는 기술보급이 우선되어야 할 필요가 있다. 한국산 쪽을 능숙하게 사용을 할 수 있는 환경이 되면 인도산 쪽이 저렴하더라도 자국의 쪽을 사용하는 사람들이 증가할 것이다. 산업적인 측면에서도 다른 나라의 쪽이라고 무조건 배척하기 보다는 생산성을 예의주시하면서 활용방안에 대한 검토가 필요하다.

### 3. 대만 · 타이완의 쪽염색 문화와 산업 현황

- 대만의 고식국호는 중화민국이다. 구석기 시대 말기에 이미 사람이 거주한 것으로 추정되며, 16세기까지 오스트로네시아어족 원주민들이 대만 섬 전역에 널리 분포하였다. 대만의 기후는 북부의 경우 아열대성, 남부지역은 열대성 기후로 쪽 색소 함량이 높은 식물의 재배와 발효환원에 좋은 환경조건이다. 언어는 북경어가 공용어이기 때문에 아시아권에서 쪽 상품을 유통시키고자 할 때에는 유리한 입장에 있다.
- 대만에서 쪽을 재배하기 시작한 것은 네덜란드 동인도회사가 1624년에 대만 서남부에 상업지구를 건설한 이래부터이나 대량 재배와 염료 생산에는 실패를 하였다. 대만에서 쪽을 본격적으로 재배하기 시작한 것은 중국 청나라 때 중국 복건지구에서 대만으로 이민을 온 사람들에 의해서이다. 1800년대 말에 쪽 염료는 대만의 주요 수출 상품이었으나 1940년대 중반에는 쪽 염료를 만들고 염색하는 문화가 소실되었다. 국립대만공예연구발전센터에서는 1990년대 중반부터 쪽 염료의 제조와 염색 문화를 복원하였으며, 문화산업으로 발전시키고 있다.
- 대만에는 목람과 산람 두 종류가 자생 및 재배되고 있다. 목람은 소청, 인도람이라고도 하며, 1600년대 중반 네덜란드 사람들이 처음 식재한 것으로 추정된다. 산람은 마람, 대청이라고도 하면, 중국 복건 지구 사람들이 대만으로 들여 온 것으로 추정된다. 현재 목람은 대만 중부와 남부의 평야지대에서 많이 재배되고 있으며, 산람은 중부와 북부 지역 산간지대에서 많이 재배되고 있다.
- 대만에서 쪽의 수확은 두 종류 모두 5월 중하순과 9월 중하순 2회에 걸쳐 수확한다. 수확한 쪽은 물에 하루 정도 침지하여 인디칸을 추출한다. 쪽의 산화 및 침전은 석회 희석액을 첨가하여 교반하는 방식으로 한다. 대만에서 1년간 니람의 생산량은 5,000Kg 정도 되며, 1Kg에 32,000-40,000원에 거래되는데, 쪽의 함량은 상당히 많은 편이다.
- 대만에서 쪽 염액의 발효 환원은 기술이라고 할 수 없을 정도로 대중화 되고 있다. 쪽물의 발효를 위한 조제는 잣물의 1/10 정도의 니람과 맥아당, 쌀로 만든 술을 혼합한다. 쪽물의

발효까지 소요일 수는 여름에는 2-3일, 겨울에는 5-7일 정도이다. 사용하고 난 염액에는 맥아당을 첨가하여 발효를 촉진시키며, 환원제에 의한 속성환원은 거의 실시되지 않고 있다.

- 공방에서 쪽의 활용은 염료 생산, 체험, 쪽 염색 제품생산, 쪽 염색작품 제작과 판매, 쪽 염색 강의, 쪽 염색 체험 제품생산, 음식점 및 펜션과 결부된 공방 운영 등 다원화 되어 있다. 쪽 염색 상품은 다른 제품에 비해 가격이 다소 높은 편이나 수준 높은 문양염 등이 되어 있어 예술적인 느낌이 가미되어 있는 것들이 대부분이다. 쪽 염색 작품은 그것 자체가 예술품으로 유통되고 장식되는 사례가 많다.
- 대만에서 천연염색을 가르치는 곳은 대부분 공방을 겸하고 있다. 쪽 염색만을 전업으로 하는 교육장은 극소수이며, 대규모의 시설 체험장도 없다. 과거 쪽 문화와 산업이 발달했던 삼협의 중원초등학교에서는 역사교육 차원에서 대규모 쪽 염색 체험시설을 갖춰 놓고 1학년부터 6학년까지 쪽 염색 교육을 실시하고 있다.
- 대만에서 판매되고 있는 쪽 염색 제품은 의류와 패션 소품 및 관광 상품이 큰 비중을 차지하고 있다. 제품의 판매는 전문 유통경로가 없이 공방을 통해 이루어지고 있으며, 작품은 작가의 인지도에 의해 판매가 되고 있다. ‘탁야소옥’이라는 펜션에서는 쪽 염색물로 펜션을 꾸미고, 체험장, 기념품 판매 등 쪽을 테마로 해서 성공한 곳으로 쪽의 새로운 이용 모델을 제시해 주고 있다.
- 삼협은 1930년대까지만 해도 대만에서 쪽 염색이 가장 번성 한 지역이다. 쪽 염색을 했던 가게는 일본 통치 시대 중기에 들어서면서 양복이나 옷가게로 변했다. 1940년대 이후에는 퇴색 해 버렸지만 지금도 삼협의 거리에 남아 있는 옛날 염색집의 상호와 인근의 하천은 삼협 지역민들에게 대만 쪽 염색의 일번지였다는 자부심으로 작용하고 있다. 삼협의 옛 거리에는 람염공원과 유물 등이 복원되어 있으며, 매년 쪽 축제를 하고 있는 등 쪽 염색 부활의 중심지 역할을 하고 있다.
- 대만의 쪽 염색은 국립대만공예연구발전센터에서 주도하고 있다. 쪽 염색의 부활을 위한 연구, 인력양성 그리고 조직화에 이르기까지 국립대만공예연구발전센터에서 주도 및 지원을 하고 있다. 쪽 관련 조직으로는 국립대만공예연구발전센터에서 지원하고 있는 대만람사계연구회가 있으며, 삼협의 쪽 문화의 부활과 보급을 위한 삼각용문화협진회가 대표적이다. 이외에 대만람염학회, 대만염직예술협회 등이 있다.
- 대만의 쪽 문화의 부활역사는 한국에 비해 짧지만 현재의 염색 수준은 매우 높고, 참여자들의 열의도 많은 편이다. 쪽 염색 작품들은 수준이 높아 예술품으로 거래가 되고 있는 점들은 좋은 본보기라 할 수 있다. 그러나 한편으로는 천연염색 중 쪽의 비중이 지나치게 높고, 쪽 염색의 예술적인 측면을 강조하다 보니 상업적인 측면에서는 다소 문제점이 있다. 따라서 교류를 통해 서로의 장점을 배우고 단점을 보완해야 할 필요성이 크다.



## 4. 인디고 생합성에 대한 연구 현황

- 인디고를 비롯한 indigoid 의 생물활성은 활발하게 연구되었다. 대청에서 얻은靑黛에서 항암성분으로 indirubin이 발견되었고, 최근 항암 메카니즘까지 알려졌다 (Meijer et al., 2006). 또한 대청, 쪽과 같은 인디고 식물에서 발견된 tryptanthrin이 항염증 및 항암 효과까지 있음이 밝혀졌다 (Kimoto et al., 2001). 또한 전술한 바와 같이 대청의 재배에 대한 연구가 Spindigo 연구에 힘입어 보고된 바 있다 (Tozzi et al., 2005). 그러나 인디고의 생합성에 대하여는 2000년도 이후 본 연구 이외에 보고된 바가 없다. Salvini et al. (2008)은 대청에서 IGL 분리를 시도하였으나 tryptophan synthase alpha-subunit를 동정하는데 그쳤다. 그러므로 아직 인디고 생산 식물에서 IGL을 동정하는 것은 미지의 연구 분야라고 할 수 있으며, 이와 관련한 식물에서의 인디고 생산에 대한 연구는 Spindigo 이후에 알려진 것이 없다.

## 5. 천기저귀 산업 현황

### 가. 천기저귀 산업현황

- 연간 20억 개 정도 사용.
- 전체 기저귀 시장이 약 4,000억 원 정도, 그 중 10%인 400억 정도가 천 기저귀 시장.
- 전체 기저귀 구매자 중 70%가 천 기저귀와 일회용 기저귀를 병행해서 사용함.
- 한 번 구매 시, 오래 사용하기 때문에 회전율이 낮음(재 구매율 약 2회).
- 진입장벽이 낮음.
- 아이에게 최고로 해주고 싶어 하며 환경을 생각하는 마인드를 갖춘 신세대 엄마들이 등장하고 있음.

### 나. 천 기저귀 해외 진출

- 전 세계적으로 그린시티, 그린벨리 등 그린 트렌드(Green Trend)가 확산되고 있음.
- 친환경적인 육아용품인 천 기저귀 판매가 늘어남과 동시에 다양한 친환경 기저귀 제품을 선호하는 고객들의 소비욕구 증가.

### 다. 영국 시장

- 전체 기저귀 이용자의15%가 천 기저귀를 이용함.
- 연간 30억 개의 일회용 기저귀가 사용되며 이 중 90%가 매립되고 있음. (매일 800만개의 일회용 기저귀가 버려지고 있음)
- 매년 4월에 천 기저귀 사용주간(Real Nappy Week)이 선포됨.
- Nappy Line이라는 천 기저귀 관련 안내전화를 통해 시민들의 문의를 받음.

## 라. 독일 시장

- 뮌헨에서는 일회용 기저귀 대신 천 기저귀를 사용하는 시민에게 세금혜택을 줌.

## 마. 미국 시장

- 연간 일회용 종이기저귀 소비액 \$274억.
- 미국 유아들은 태어나자마자 30개월까지 화학물질로 만들어진 일회용 기저귀를 2,200시간 이상 차면서 평균 \$2,000의 구입비가 지출됨.
- 모유 수유보급 확대와 유리 젓병 사용 증가, 유기농 식품 구매증가 추이 등이 맞물리면서 그런 트렌드 확산.
- 영아 건강에 해로운 다이옥신, TBT 등 화학성분 함유한 일회용 기저귀에 대한 소비자들의 구매패턴이 변하고 있음.

## 바. 캐나다 시장

- 연간 16억 개의 일회용 기저귀가 사용됨.(매일 400만개의 일회용기저귀가 버려지고 있음)

## 제7장 참고문헌

- 김규범 외. 2000. 누구나 알기 쉬운 천연염색. 학사원.
- 김상률, 김왕식, 김윤희, 노은희, 박지혜, 박진아, 유창오, 이재연, 장홍기, 최정락, 허북구, 황수환. 2008. 천연염색 이론과 실무. 나주시천연염색문화재단 출판부.
- 김성훈, 손영아, 배진석. 2005. 염료화학. 도서출판 그린.
- 김애순. 1994. 천연염료의 염색특성 연구 I; 쪽물에 의한 면 및 견 염색, 군산대논문집 21:232-333.
- 김애순. 1995. 천연염료(쪽물)의 염색 특성 연구 II. 쪽 생엽 추출액에 의한 면 및 견 섬유 염색성. 한국염색가공학회지 25:16-24.
- 김재필, 이정진. 2003. 한국의 천연염료. 서울대학교 출판사.
- 김진만, 장홍기, 박상언, 류화원. 2006. Polyamine이 쪽 모상근배양에서 인디고 생합성에 미치는 영향. 한국작물학회지 51:247-250.
- 나재운, 강영의, 양숙향. 2004. 보성 쪽 염색 가공 기술 및 소재 연구 개발. 연구최종보고서. 과학기술부.
- 남성우. 2001. 천연염색의 이론과 실제. 보성문화사.
- 박동조. 2006. 쪽빛 염색에 대한 화학반응 연구와 탐구 모듈 개발. 한국교원대학교 박사 학위 논문.
- 박복규. 1977. 한국쪽물 염색에 대한 고찰. 홍익대학교 석사학위논문.
- 박윤점, 윤재길, 장홍기, 허북구. 2005. 쪽 생즙액을 이용한 천연염색에서 염색조건이 견직물의 염색 특성에 미치는 영향. 한국자원식물학회지 18(3):417-423.
- 박정상. 1998. 쪽물들이기. 태학원. 서울.
- 송성원. 2008. 쪽 염료의 제조와 염색법에 관한 연구. 신라대학교 석사학위논문.
- 우지형. 1994. 쪽의 전통염색과 바이오테크놀로지의 응용. 의류기술 52:12-23.
- 유송옥, 이연주. 1994. 천연 염색에 대한 연구 ; 람염의 방법에 있어서 한·일 비교를 중심으로. 성균관대인문과학 24:213-228.
- 유혜자, 이혜자. 2003. 쪽과 홍화를 이용한 색상배합 염색. 한국염색가공학회지 15(4):32-38.
- 이송주, 장홍기, 허북구, 박동원. 2005. 인디고 염료의 전기 화학적 특성 연구. 한국염색가공학회지 17(4):171-176.
- 이종남. 2004. 우리가 정말 알아야 할 천연염색. 현암사.
- 임용진, 박수민. 2000. 천연염료의 안정화 및 염색의 재현성 확립기술 개발. 최종보고서. 경북대학교 염색가공기술연구소.
- 임형탁, 박수영. 1996. 쉽게 구할 수 있는 염료식물. 대원사.
- 장홍기, 허북구, 김선호, 송채은. 2006. 니람(인디고)염료 생산 기술개발 및 천연염색 산업화. 최종연구보고서. 농림부.

- 정관채. 2000. 한국 전통 람염색의 현대적 이용방법. 대구효성가톨릭대학교 석사학위논문.
- 정인모, 김인희, 남성우. 1998. 쪽풀에서 추출한 인디고 색소의 구조분석. 한국염색가공학회지 10(3):20-28.
- 정인모. 1997. 쪽풀 색소를 이용한 견섬유의 염색에 관한 연구. 성균관대학교 석사학위논문.
- 조경래. 2000. 천연염료와 염색. 형설출판사.
- 조경래. 2002. 염료식물사전. 현암사.
- 한광석. 1997. 쪽물들이기. 대원사.
- 한신영, 최석철. 2000. 발효 쪽 추출물의 생리적 기능과 염색특성 제2보. 한국의류학회지 97:1146-1154.
- 한신영. 1998. 발효쪽 추출물의 생리적 기능과 염색특성. 부산대학교 석사학위논문.
- 허복구, 장흥기, 이재연. 2009. 쪽 재배 이론과 실제. (재)나주시천연염색문화재단 출판부.
- 권오정. 1999. 텍스타일 디자인의 이론과 실제. 서울: 미진사.
- 김지희. 1993. 한국전통직물 염색-고문헌 및 기능보유자의 구전을 중심으로. 대구: 영남전통식물 염색보존회.
- 김춘희. 1996. 일본 시보리(문염)에 관한 연구. 홍익대학교 대학원 석사학위논문.
- 나주시. 2003. 천연염색문화관 건립사업 타당성 분석 및 기본계획 연구. 나주: 나주시.
- 나주시천연염색문화재단출판부. 2008. 천연염색 이론과 실무. 나주: 나주시천연염색문화재단 출판부.
- 노의경, 유명남. 2006. 텔파이법을 이용한 천연염색에 관한 기초 연구(제3보). 한국의류학회지, 30(5):733-741.
- 다나카 히데호. 2008. 텍스타일 표현과 기법. 봉경선, 고소미 옮김. 서울: 미진사.
- 박지희, 소황옥. 2004. 한·중·일 남염(藍染)의 비교 연구. 한복문화 7(1): 29-40.
- 서미아. 1985. 의복의 무늬 기호도에 관한 연구. 한국생활과학연구 3:207-226.
- 송안나. 2006. 조선시대 후기와 에도시대 직물에 표현된 봉황문양. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.
- 이은옥. 2007. 국내 텍스타일 디자인의 분류 유형에 관한 연구. 한국디자인문화학회지 13(3):271-280.
- 이일심, 이수철. 1997. 일본 남염직물에 나타난 전통문양의 미적 특성. 한국디자인문화학회지 2(1):57-71.
- 이종남. 2004. 우리가 정말 알아야 할 천연 염색. 서울: 현암사.
- 이행화. 1999. 일본 고소데(小袖)에 나타난 문양에 관한 연구. 경성대학교 대학원 석사학위논문.
- 이해영. 2007. 전통염색 힐 기법에 관한 연구: 교힐, 협힐, 납힐을 중심으로. 성신여자대학교 대학원 박사학위논문.
- 장수경. 1994. 한국 전통 문양의 유형에 따른 분류에 관한 연구. 복식 2(2):283-295.

- 전남테크로파크전략산업기획단. 2008. 전라남도천연염색산업기술지도; TRM. 나주: 전남테크로파크전략산업기획단.
- 정인모. 1997. 쪽풀 색소를 이용한 견직물의 염색에 관한 연구. 성균관대학교 대학원 박사학위논문
- 정재만. 2008. 소비자의 천연염색 선호도와 지불의사에 관한 연구. 고려대학교 대학원 박사학위논문.
- 조영아. 2007. 천연염색 의류제품의 구매실태 조사 연구제 1보: 보유 현황과 착용이미지를 중심으로. 패션 비즈니스 11(4):1-17.
- 최승연, 이미숙, 신윤숙. 2006. 전통 문화상품에 나타난 문양 분석: 서울 지역과 광주 지역을 중심으로. 대한가정학회지 44(1):101-113.
- 한국패션센터. 2009. Slow Fashion Trend: 친환경자연염색을 활용한 패션디자인 개발. 대구: 한국패션센터.
- 한기창. 2009, 브랜드이미지에 의한 텍스타일 디자인의 감성적 동화에 대한 연구, 한국디자인문화학회지 14(4):520-533.
- Aino K, Narihiro T, Minamida K, Kamagata Y, Yoshimune K, and Yumoto I. 2010. Bacterial community characterization and dynamics of indigo fermentation. *FEMS Microbiol Ecol* 74:174-183.
- Delcher AL, Bratke KA, Powers EC, and Salzberg SL. 2007. Identifying bacterial genes and endosymbiont DNA with Glimmer. *Bioinformatics* 23:67-69.
- Eddy SR. 1998. Profile hidden Markov models. *Bioinformatics* 14:755-763.
- Gilbert KG and Cooke DT. 2001. Dyes from plants: Past usage, present understanding and potential. *Plant Growth Regul* 34:57-69.
- Goris J, Konstantinidis KT, Klappenbach JA, Coenye T, Vandamme P, and Tiedje JM . 2007. DNA-DNA hybridization values and their relationship to whole-genome sequence similarities. *Int J Syst Evol Microbiol* 57:81-91.
- Kim OS, Cho YJ, Lee K, Yoon SH, Kim M, Na H. 2012. Introducing EzTaxon-e: a prokaryotic 16S rRNA gene sequence database with phylotypes that represent uncultured species. *Int J Syst Evol Microbiol* 62:716-721.
- Kulandainathan MA, Patil K, Muthukumaran A, and Chavan RB. 2007. Review of the process development aspects of electrochemical dyeing: its impact and commercial applications. *Color Technol* 123:143-151.
- Lowe TM and Eddy SR. 1997. tRNAscan-SE: a program for improved detection of transfer RNA genes in genomic sequence. *Nucleic Acids Res* 25:955-964.
- Mathema VB, Thakuri BC, and Sillanpaa M. 2011. Bacterial mer operon-mediated detoxification of mercurial compounds: a short review. *Arch Microbiol* 193:837-844.

- Nicholson SK and John P. 2005. The mechanism of bacterial indigo reduction. *Appl Microbiol Biotechnol* 68:117-123.
- Overbeek R, Begley T, Butler RM, Choudhuri JV, Chuang H-Y, Cohoon M. 2005. The Subsystems Approach to Genome Annotation and its Use in the Project to Annotate 1000 Genomes. *Nucleic Acids Res* 33(5):691-702.
- Padden AN, Dillon VM, Edmonds J, Collins MD, Alvarez N, and John P. 1999. An indigo-reducing moderate thermophile from a woad vat, *Clostridium isatidis* sp. nov. *Int J Syst Bacteriol* 49:1025-1031.
- Park S, Ryu JY, Seo J, and Hur HG. 2012. Isolation and Characterization of Alkaliphilic and Thermotolerant Bacteria that Reduce Insoluble Indigo to Soluble Leuco-indigo from Indigo Dye Vat. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 55:83-88.
- Pruitt KD, Tatusova T, Klimke W, and Maglott DR. 2009. NCBI Reference Sequences: current status, policy and new initiatives. *Nucleic Acids Res* 37:32-36.
- Takara Y, Takasaki Y, and Tanabe O. 1962. Studies on the reduction of indigo in industrial fermentation vat (XXI). *J Ferment Technol* 40:103-107.
- Tamura K, Peterson D, Peterson N, Stecher G, Nei M, and Kumar S. 2011. MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods. *Mol Biol Evol* 27:31-39.
- Tatusov RL, Fedorova ND, Jackson JD, Jacobs AR, Kiryutin B, Koonin EV. 2003. The COG database: an updated version includes eukaryotes. *BMC Bioinformatics* 4:441-444.
- Yu C, Zavaljevski N, Desai V, and Reifman J. 2009. Genome-wide enzyme annotation with precision control: catalytic families (CatFam) databases. *Proteins* 74:449-460.
- Fox M. R., and J. H. Pierce. 1990, Indigo: past and present. *Textile Chemist and Colorist* 22:13-15
- Guillon, S., J. Trémouillaux-Guiller, P. K. Pati, M. Rideau, and P. Gantet. 2006. Hairy root research: recent scenario and exciting prospects. *Curr Opin Plant Biol.* 9: 341-346
- Hamill J. D., A. J. Parr, M. J. C. Rhodes, R. J. Robins, and N. J. Walton. 1987. New routes to plant secondary products. *Biotechnology* 5:800-804
- Hoessel R., S. Leclerc, J. A. Endicott, M. E. Nobel, A. Lawrie, P. Tunnah , M. Leost, E. Damiens, D. Marie, D. Marko, E. Niederberger, W. Tang, G. Eisenbrand, and L. Meijer. 1999. Indirubin, the active constituent of a Chinese antileukaemia medicine, inhibits cyclin-dependent kinases. *Nat Cell Biol.* 1:60-67.
- Iriti M., Mara Rossoni, Michele Borgo, and Franco Faoro. 2004. Benzothiadiazole enhances resveratrol and anthocyanin biosynthesis in grapevine, meanwhile improving resistance to *Botrytis cinerea*. *J. Agric. Food Chem.* 52:4406-4413

- Kohda, H., A. Niwa, Y. Nakamoto, and O. Takeda. 1990. Flavonoid glucosides from *Polygonum tinctorium*. *Chem. and Pharma. Bull.* 38:523-524
- Murashige, T., and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15:473-497.
- Parr, A. J., and J. D. Hamill. 1987, Relationship between *Agrobacterium rhizogenes* transformed hairy roots and intact uninfected *Nicotiana* plants. *Phytochemistry* 26:3241-3245.
- Petit, A., C. David, G. A. Dahl, J. G. Ellis, P. Guyon, F. Casse-Delbart, and J. Tempe. 1983. Further extension of the opine concept: plasmids in *Agrobacterium rhizogenes* cooperate for opine degradation. *Mol. Gen. Genet.* 190:204-214.
- Xia, Z. Q., and M. H. Zenk. 1992. Biosynthesis of indigo precursors in higher plants. *Phytochemistry* 31:2695-2697.
- Bae, J.S. 2009. Fabric dyeing with indigo and japanese pagoda tree for color mixture. *J. Kor. Soc. Dyers & Finishers.* 21(2):29-39.
- Chung, I.M. and S.O. Woo. 2002. Effect of reducing agent, sodium hydrosulfite on the natural indigo dyeing of silk fabric. *Kor. J. Seric. Sci.* 44(2):93-98.
- Chung, I.M., K.G. Lee, G.B. Sung, H.B. Kim, S.H. Nam, and I.P. Hong. 2007. Structural analysis of natural indigo colorants extracted from *Polygonum tinctorium*. 49(1):8-13.
- Han, S.Y. and S.C. Choi. 2000. A study on the physiological effects and dyeing properties of the extract of fermented. *J. Kor. Soc. Clothing Textiles.* 24:96-104.
- Jung, J.S. and J.H. Sul. 2002. Color development of combination dyeing of indian indigo and turmeric extracts, gardenia extracts. *J. Kor. Soc. Clothing Textiles* 26:325-336.
- Kang, J.Y. and H.S. Ryu. 2001. Natural indigo dyeing on wool fibers. *J. Kor. Soc. Dyers & Finishers.* 13(4):241-248.
- Park, Y.J., J.G. Yun, H.G. Jang, and B.G. Heo. 2005. Effect of dyeing condition on dyeing characteristics in silk during natural dyeing using the raw juice of indigo plants. *Kor. J. Plant Res.* 18:417-423.
- Shin, Y.S., K.H. Son, and D.I. Yoo. 2009. Dyeing properties and storage stability of leaf powder prepared from dyer's knotweed; by freeze drying method. *J. Kor. Soc. Dyers & Finishers.* 21:10-20.
- Yoo, H.J. and H.J. Lee. 2003. Color-matching of fabrics by natural dyeing using indigo and safflower. *J. Kor. Soc. Dyers & Finishers.* 15(4):32-38.
- Bae, J.S. 2009. Fabric dyeing with indigo and japanese pagoda tree for color mixture. *J. Kor. Soc. Dyers & Finishers.* 21(2):29-39.
- Eisenbrand, G, Hippe F, Jakobs S, and Muehlbeyer S. 2004. Molecular mechanisms of

indirubin and its derivatives: novel anticancer molecules with their origin in traditional Chinese phytomedicine. *J Cancer Res Clin Oncol* 130:627 - 635.

- Epstein E, Nabors MW, Stowe BB. 1967 Origin of indigo of woad, *Nature* 216:547-549.
- Gilbert KG and Cooke DT. 2001. Dyes from plants: Past usage, present understanding and potential. *PlantGrowthRegul* 34:57 - 69.
- Gillam EMJ, Notley LM, Cai H, De Voss JJ, and Guengerich FP. 2000. Oxidation of indole by cytochrome P450 enzymes. *Biochemistry* 39:13817-13824.
- Kim SU, Song KS, Jung DS, Chae YA, and Lee HJ. 1996. Production of indoxyl derivatives in indole supplemented tissue cultures of *Polygonum tinctorium*. *PlantaMed* 62:54-56.
- Koren ZC. 2005. The first optimal all-murex all-natural purple dyeing in the Eastern Mediterranean in a millennium and a half. *Dyes History Archaeol* 20:136-149.
- Maier W, Schumann B, and Groger D. 1990. Biosynthesis of indoxyl derivatives in *Isatis tinctoria* and *Polygonum tinctorium*, *Phytochemistry* 29:817-819.
- McLafferty FW. 1980. Interpretation of Mass Spectra, (3rd ed.), p.15. University Science Books, Mill Valley, CA.
- Schraudolf H. 1968. Studies on the biogenesis of isatan B, the indigo precursor in the dyer's woad *Isatis tinctoria* L.). (in German) *Z Naturforsch* 23:572-573.
- Schullehner K, Dick R, Vitzthum F, Schwab W, Brandt W, Frey M, and Gierl A. 2008 Benzoxazinoid biosynthesis in dicot plants. *Phytochemistry* 69:2668 - 2677.
- Xia ZQ and Zenk MH. 1992. Biosynthesis of indigo precursors in higher plant. *Phytochemistry* 31:2695-2697.



## 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 기술사업화지원사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 기술사업화지원사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.