

자외선 노출에 의한 Walnut 베니어의 광 변색 방지 연구¹

박 세 영² · 홍 창 영³ · 김 선 홍⁴ · 최 준 호² · 이 효 진⁵ · 최 인 규^{2,6,7,†}

Studies on Photoprotection of Walnut Veneer Exposed to UV Light¹

Se-Yeong Park² · Chang-Young Hong³ · Seon-Hong Kim⁴ ·
June-Ho Choi² · Hyo-Jin Lee⁵ · In-Gyu Choi^{2,6,7,†}

요 약

본 연구에서는 자외선 노출에 의한 목재베니어의 광 열화를 방지하기 위하여 변색 요인을 제거하여 그 효과를 평가하고자 하였다. 목재 중 추출물함량이 높고 어두운 색상을 나타내며 고급용재로 사용되고 있는 대표 활엽수종인 walnut을 공시재료로 선택하여 광 열화 분석 및 방지법에 관한 연구에 사용하였다. 베니어 내 발색단을 함유하는 물질을 탈리하기 위해 실시한 알코올-벤젠, 과산화수소 및 차아염소산나트륨 수용액 처리 후 광 안정성 평가를 실시하였다. 광 변색인자로 알려진 추출물 성분의 제거 후에는 색 안정화 효과를 보이지 않았다. 한편, 리그닌 성분을 제거하기 위하여 과산화수소를 20, 30% 농도로 하여 75℃에서 1시간 처리하였으며, 그 결과 표면색상에 대한 표백효과는 나타내었으나 추출물 용출에 따른 재색 유지가 어려우며 광 노출에 대한 안정화 효과를 나타내지 않았다. 반면, 차아염소산나트륨 수용액을 1, 2 및 3% 농도로 하여 동일 온도 및 시간 조건에서 처리 한 베니어의 광 노출 평가결과, 추출물 용출에 의한 재색변화는 나타났지만, 광 노출에 의한 색상 변화는 관찰되지 않았으므로 우수한 안정화 효과를 나타낼 수 있었다. 하지만, 3% 이상 농도에서는 베니어 표면의 거칠기와 손상이 발생되므로, walnut 베니어의 경우 적정 농도 조건에서의 처리가 필요한 것으로 사료된다.

¹ Date Received December 19, 2017, Date Accepted April 4, 2018

² 서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부. Department. of Forest Sciences, College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Republic of Korea

³ Department of Forest Biomaterials, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695, USA

⁴ 대상(주) 소재BU 연구기술본부 소재1연구실 산업신소재팀. Advanced Industrial Material Team/Research & Technology Division, Ingredient Business Unit, Icheon-si 17385, Republic of Korea

⁵ 현대자동차 표면처리체결기술개발팀. Surface-Finishing & Fastening Technology Team, Hyundai Motor Company, Hwaseong-si 18280, Republic of Korea

⁶ 서울대학교 농업생명과학연구원. Research Institute of Agriculture & Life Sciences, College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Republic of Korea

⁷ 서울대학교 그린바이오과학기술연구원. Institute of Green-Bio Science and Technology, Seoul National University, Pyeongchang 25354, Republic of Korea

† 교신저자(Corresponding author): 최인규(e-mail: cingyu@snu.ac.kr, ORCID: 0000-0001-5604-6823)

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effect of several chemical treatments to prevent photodegradation of wood veneer by external UV (Ultraviolet) light. Of woods, walnut veneer is selected as a raw material for this study since it is known as a luxurious wood with dark color giving an esthetic effect. Alcohol-benzene, hydrogen peroxide (H_2O_2) and sodium hypochlorite ($NaClO$) solution were used for investigate the effect on color stabilization. Despite the removal of the extractive compounds, which is known as a discoloration component, a significant color change of walnut wood veneer was observed. Meanwhile, the veneers treated by 20 and 30% H_2O_2 solution at $75^\circ C$ for 1 h also showed the no positive effect of color stability exposed to UV light although they have a bleaching effect on wood veneer. Besides, it was difficult to maintain the original color of walnut veneer due to the elution of the extractive compounds. On the other hands, the veneer treated by $NaClO$ solution indicated the good performance on color stability despite of the intensive UV light test. However, when the concentration exceeds 3%, surface roughness and fiber damage occurred simultaneously. Therefore, the walnut species should be treated with proper concentration when sodium hypochlorite is applied to the veneer.

Keywords: wood discoloration, photodegradation, wood veneer, lignin, chemical bleaching

1. 서 론

지속적인 에너지 소비와 자원 고갈이라는 환경 문제에 대응하기 위하여 친환경·경량화에 초점을 둔 목재제품에 대한 수요가 증가하고 있다. 최근 목재 자체의 고유 특성을 유지하여 사용되는 리얼우드(real wood)를 소재로 한 건축 및 자동차 내장재 개발이 국외는 물론, 국내 시장에서도 새로운 아이템으로 각광받고 있다. 하지만 태양광 노출에 의한 리얼우드의 변색문제로 인해 내장재 이용측면에서 색상 및 수중 선택이 제한되고 있으며, 이에 따라 소비자들의 만족도를 높이기 위한 연구 개발이 지속적으로 요구되고 있다(Liang & Wang, 2015; Schaller & Rogez, 2007).

다양한 산업에서 내장부품으로 사용되는 목재는 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌 및 추출물의 화학적 조성을 가지며, 복잡한 화학 결합을 통해 구성된 고분자 물질이다. 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스의 경우 광을 적게 흡수하는데 비해, 리그닌은 많은 발색단을 가지고 있으며, 특히 자외선(ultra violet, UV) 영역에서 나오는 빛을 흡수하여 광(light) 산화 과정에 의해서 쉽게 변색된다(Hayoz *et al.*, 2003; Nzokou & Kamdem, 2006). 리그닌은 *p*-coumaryl, coniferyl 및 sinapyl alcohol과 같은 페닐 프로판 단위

로 중합되어 있으며, 수중에 따라서도 구성 비율에 차이를 보인다(Hatakeyama & Hatakeyama, 2009; Ludmila *et al.*, 2015). 광에 의한 목재표면 노출은 리그닌 변색에 영향을 미치며, 특히 라디칼 이동에 의한 리그닌 내 퀴노이드 구조 형성을 통해 광 변색을 야기시킨다. 추출물의 경우도 양적으로는 적은 비율을 차지하나, 리그닌과 유사한 광 흡수기를 지니고 있어 목재 변색에 관여하는 물질로 간주된다(Fan *et al.*, 2009).

일반적으로 목재제품의 변색문제를 해결하기 위해서 산화방지제, 자외선 흡수제 및 HALS (hindered amine light stabilizers) 등을 첨가한 코팅제 및 첨가제의 사용이 해결 방안으로 제시되고 있으며, 이들 제품은 광 안정(photo-protection)을 통해 변색을 방지하는 것으로 알려져 있다(Evans & Chowdhury, 2010; Jirous-Rajkovic *et al.*, 2004). 하지만 현재 국내에서 사용되는 내장용 목재 및 변색방지용 첨가제가 대부분 수입에 의존하고 있으며, 변색제어 전처리 과정에 대한 정보 부재로 인해 리얼우드를 이용한 내장재 사용시 발생하는 문제점에 대한 대응에 어려움을 겪고 있다. 또한, 합성 고분자 소재와 달리 목재는 복잡한 구조를 갖는 천연고분자이므로, 내장부품으로 사용되는 재료로써 단편적인 접근뿐 아니라, 목재구성 성분에 대한 정확한 분석을 통해 광 열화

를 제어하는 연구로 접근해야 할 필요가 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 목재 변색인자의 직접적인 제어를 통해 자외선 노출에 의한 열화를 방지하기 위해서 다양한 처리가 적용되고 있다. Patachia (2012)의 연구에서는 이온성 액체를 포플러 목재에 처리하여 리그닌 구조의 안정화에 따른 변색방지를 보고한 바 있으며, Deca (2008)의 연구에서도 열처리와 구리-에탄올아민 화학적 처리를 통해 가문비나무의 변색제어 효과에 대해 연구한바 있다. 국내에서도 기존의 목재 내 구성성분의 재색제어 및 변색방지 연구가 보고된바 있다. 윤(2008)의 연구에서는 열처리를 통해 삼나무 내 변색요인인 추출성분을 제어하여 광 노출에 의한 황하 현상을 방지하고자 한 연구를 보고하였으며, 김(2010)의 선행 연구에서는 생물 균에 의한 변색을 제어하기 위하여 표백제처리를 통하여 팽나무 재색 유지에 대해 보고된바 있다.

본 연구에서는 얇은 판상의 내장용 목재의 특성에 따른 광 열화현상을 분석하고자 하였으며, 이를 바탕으로 변색제어를 방법을 탐색하고자 하였다. 특히, 목재 내 변색요인의 제거와 더불어 칼라도장이 용이하도록 표백효과를 동시에 나타내는 처리법을 적용하였다. 수행한 여러 처리방법 중, 알코올-벤젠 추출법으로 추출물 제거 처리를 통해 자외선 안정화 효과를 평가하고자 하였으며, 리그닌의 경우는 산소계, 염소계 용액을 이용하여 변색제어 가능성에 대해 평가하였다. 각 처리조건 별 자외선 노출에 따른 색상 변이 및 구조변화는 분광측색계 및 ATR FT-IR를 이용하여 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시수종

본 연구에서는 (주)현대자동차 그룹으로부터 제공 받은 약 1 mm 두께의 walnut 베니어를 5 cm × 8 cm 시편으로 준비하여 변색인자 구멍 및 제어처리 실험을 위해 사용하였다.

2.2. 기초성분분석

목재베니어를 구성하고 있는 성분의 함량을 분석하기 위하여 분쇄기(Cutting Mill Pulverisette 15, FRITSCHE GmbH, Idar-Oberstein, Germany)를 이용하여 0.5 mm 크기로 분말화 한 후, 기초성분분석에 사용하였다. 베니어 내의 추출물 함량은 알코올-벤젠을 1:2 (v/v) 비율로 하여 혼합한 유기용매에 80℃에서 6시간동안 soxhlet 추출장치로 성분을 추출하고, 나머지 고형 탈지시료는 리그닌 함량 분석에 이용하였다. 미국 NREL법에 따라 리그닌 함량 분석을 실시하였으며, 72% 황산으로 목재 구성당을 단리하고 남은 잔사의 무게를 측정하여 고형 리그닌 함량을 계산하였다(Sluiser *et al.*, 2008; Sluiser *et al.*, 2005). 산 가용성 리그닌의 함량은 UV-visible spectrophotometer (UV-1601 PC, Shimadzu, Japan)로 205 nm 흡광 영역에서 측정하여 계산하였다. 실험을 통해 계산된 walnut의 추출물 및 리그닌 함량은 각각 12.0%, 27.7%의 값을 나타내었다.

2.3. 변색제어 처리

본 연구에서는 자외선에 의한 목재 내 변색요인으로 알려져 있는 추출물과 리그닌 성분에 대한 각각의 변색제어 방법을 통해 그 효과를 평가하고자 하였다.

2.3.1. 추출물제어

추출물 성분 제거 후 자외선 노출에 의한 색상 변화를 확인하고자 2.2에서 수행한 추출물 함량 분석 실험법을 모방하여 알코올-벤젠 용매처리를 실시하였다. Soxhlet 추출장치에 5 cm × 2.5 cm 크기의 베니어시편을 넣고 80℃에서 6시간 동안 추출하였으며, 반응 후 기건 건조된 베니어는 자외선 노출 실험 평가에 사용하였다.

2.3.2. 리그닌제어

자외선 노출에 의한 변색을 방지하기 위한 화학적 처리는 일반적으로 펄프, 제지 산업에서의 표백

공정에서 사용되어오고 있는 산소(oxygen)계 및 염소(chlorine)계 물질인 과산화수소(30% H₂O₂, Daejung, Korea)와 차아염소산나트륨(5% NaClO, Daejung, Korea) 용액을 이용하였다. 먼저, 베니어를 유리 용기에 넣은 후 과산화수소 용액을 20, 30% 농도로 75℃에서 1시간 동안 침지시켜 반응하였다. 반응 종료 후, 증류수로 충분히 세척한 베니어는 24시간동안 기건 건조시켰다. 염소계 차아염소산나트륨 처리는 1, 2 및 3% 농도로 희석하여 사용하였으며, 과산화수소 반응과 동일한 조건에서 실험을 수행하였다. 이후 색상, 구조변화 분석 및 자외선 노출 평가를 위하여 42 및 84 MJ의 최종 광량을 설정하여 광 열화 실험에 사용하였다.

2.4. 분석 기기

앞서 변색제어를 위해 화학처리 된 목재베니어의 자외선에 대한 색 안정화 효과를 평가하기 위하여 자외선 노출 시험 평가를 실시하였다. 이후, 베니어의 색상 및 화학적 구조 변화를 확인하기 위하여 ATR FT-IR 및 분광측색계 측정을 순차적으로 수행하였다. 본 연구의 전체적인 실험과정은 Fig. 1의 그림으로 제시하였다.

2.4.1. 자외선(Ultraviolet, UV) 노출 평가 시험

베니어의 표면 열화 및 변색을 일으키기 위해 자외선 노출 장치인 Xenon arc Weather-Ometer (Ci4000, Atlas, USA)을 사용하였으며, 340 nm 램프가 장착된 기기에서 조사조도를 0.55 W/m²로 설정한 후 총 42, 84 MJ/m²을 각각 조사하여 결과분석을 수행하였다.

2.4.2. 분광측색계(Spectrophotometer)를 이용한 광 변색 측정

자외선 열화 및 화학적 처리에 따른 색차 변화는 L^* (black to white), a^* (red and green), b^* (yellow and blue) 입체좌표를 사용하여, $\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$ 식에 대입한 후, 전체 색차 변화량인 ΔE^* 값을 계산하였다(CM-2600D, MINOLTA, Japan).

2.4.3. ATR FT-IR을 이용한 관능기 변화 분석

베니어 내의 목재 구성성분의 화학구조 변화를 관찰하기 위하여 ATR FT-IR spectrophotometer (Nicolet 6700, Thermo Scientific, USA)를 사용하였으며, 스펙트럼은 중간적외선(Mid-infrared) 영역인 4,000~650 cm⁻¹에서 얻었다. 스펙트럼 분석은 OMNIC 9.2 소프트웨어를 이용하여 실시하였다(Thermo Fisher Scientific Inc., USA).

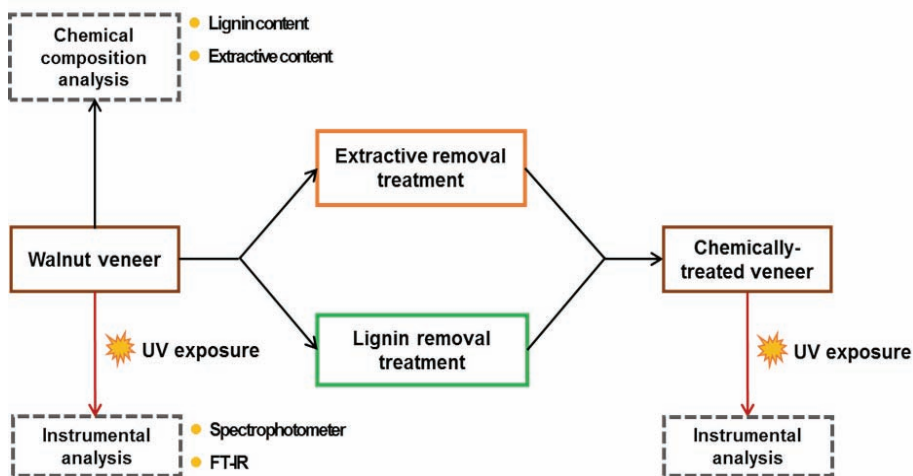


Fig. 1. Schematic diagram of overall experimentation in this study.

3. 결과 및 고찰

3.1. 추출물제거 처리

본 연구에서 사용된 walnut 베니어의 기초성분 분석 결과 12%의 추출물이 함유되어 있었으며, 이러한 추출성분은 목재 내에서 페놀, 지방산, 왁스 등으로 존재하며 리그닌과 더불어 이중결합 구조를 가지고 있어 외부 자외선에 의한 발색을 일으키는 성분으로 또한 알려져 있다(Moya *et al.*, 2012; Shebani *et al.*, 2008). 따라서 변색인자로 작용하는 추출성분을 제거한 후 자외선 열화 평가를 통해 변색제어 효과를 관찰하고자 하였으며, 알코올-벤젠 용매로 추출한 베니어의 색상변화를 비교하였다. Fig. 2(D)와 같이 추출물제거 반응 후, 베니어 내 추출물질 용출에 의한 색차 변화가 1차적으로 관찰되었으며, 이는 Fig. 2(A)의 전처리 하지 않은 베니어보다 밝은 색상을 나타내었다. 한편, 자외선 노출 시험 후의 색차 변화를 관찰한 결과, 전처리 하지 않은 베니어의 경우 자외선에 의해 붉은 색상으로 변화한 것이 육안으로 관찰되었으며(A→C), 총 84 MJ/m² 광량을 조사하였을 때 그 정도가 심하게 나타났다. 추출물제거 처리를 한 베니어의 경우도 상당한 색상 차를 나타냈으며, 이는 추출물 용출뿐 아니라 자외선에 의해 베니어 내 화합물질의 산화반응이 일어나 황색화(yellowing) 현상이 급속히 진행된 것으로 판단되었다. Table 1은 자외선 열화에 의한 색상 차를 *L*, *a*, *b*, 및 ΔE 로 수치화하여 나타낸 결과로, 전처리를 하지 않은 베니어의 경우 ΔL 9.6의 정도의 감소와 Δa 4.9의 적색화로 총 색차 변화량 ΔE 이 11.2로 측정되었다. 추출물이 제거된 walnut 베니어의 자외

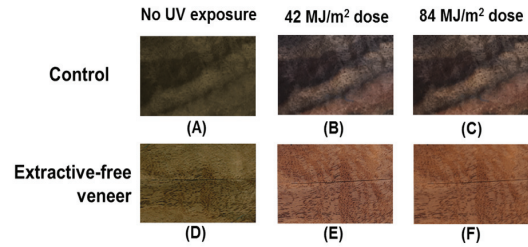


Fig. 2. Color changes of extractive-free walnut veneer after UV exposure test.

선 조사에 의한 색차 분석 결과에서는 *a*, *b* 값이 동시에 증가하여 황색화 현상이 심화된 것으로 관찰되었으며, 총 색차 변화량인 ΔE 도 전처리를 하지 않은 베니어의 경우와 유사하게 나타났다.

추출물질의 제거에 따른 변색인자 제어 효과는 미미하였으며, 이는 유기용매 탈치처리 과정에 의한 베니어 표면의 불안정한 상태로 인한 반응성 증가가 원인으로 자외선에 의한 산화반응이 가속화된 것으로 사료된다. 따라서, 본 연구에서 실시한 walnut 수종의 추출물 제거에 따른 변색제어 법은 효과적이지 않은 것으로 판단되었다.

3.2. 리그닌제어 처리

3.2.1. 과산화수소(Hydrogen peroxide, H₂O₂) 처리

일반적으로 실내건축 내장재에 사용되는 목재의 경우 표면 질감, 고유무늬 및 색상의 선호도에 따라 소비가 결정된다. 이 중 목재색상의 경우, 표백처리를 통해 바탕색상을 밝게 하여 도료처리를 용이하게 한다. 대표적으로 사용되고 있는 과산화수소는 리그닌 성분 내 발색단 구조의 변화를 유도하는 것

Table 1. Total color changes of extractive-free walnut veneer exposed to UV light

Treatment condition	Total UV dose (MJ/m ²)	Color components			
		ΔE^*	<i>L</i> [*]	<i>a</i> [*]	<i>b</i> [*]
No treatment	42	11.4	-9.6	4.9	-0.2
	42	8.8	1.6	5.2	6.8
	84	9.2	-0.4	5.9	7.0

으로 알려져 있다. 따라서, 본 연구에서도 과산화수소 용액을 walnut 베니어에 처리하였으며, 자외선 열화에 대한 안정화 평가를 실시하고자 하였다. Walnut 베니어를 20, 30% 농도 과산화수소 용액으로 처리한 결과 Fig. 3(D), (G)와 같이 전처리를 하지 않은 베니어(A)와 상당한 색상 차를 띄었다. 이는 과산화수소의 표백 효과는 물론, 화학처리에 의한 추출물질의 용출이 발생되어 walnut 수종이 가지는 고유한 재색 유지가 어려운 것으로 판단되었다. 과산화수소 처리 베니어에 42, 84 MJ/m² 광량으로 자외선 노출 평가를 실시한 결과, 상당한 색상 변화가 관찰되었으며, 베니어 표면의 열화 또한 자외선 노출 정도에 따라 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 3 (E), (F), (H), (I)).

Table 2에서 나타낸 색차 분석 결과, 명도 감소폭의 증가 및 황색으로의 변화가 관찰되었으며, 이에 따라 전체적인 색차 변화 값인 ΔE값 또한 전처리를 하지 않은 베니어보다 증가하는 것으로 나타났다.

과산화수소 처리의 경우는 Herstedt (2016)의 유사 연구에서도 walnut의 표백효과를 효과적으로 나타내어 추가 컬러도장 작업이 용이하도록 밝은 베니어 색상을 부여한다고 보고되었다(Herstedt & Herstedt, 2016). 하지만, 본 연구결과에서 과산화수소의 농도조건에 따른 자외선 노출에 대한 색상 안정화 효과는 없는 것으로 나타났다. 이는 과산화수소가 리그닌 내 구조적 변화를 가져왔으나, 불안정한 상태로 유도되어 자외선에 의한 반응성이 증가한 것으로 판단되었다.

3.2.2. 차아염소산나트륨(Sodium hypochlorite, NaClO) 처리

Walnut 베니어에 차아염소산나트륨 용액을 농도에 따라 처리한 결과를 Fig. 3(J~R)에 나타냈으며, 과산화수소 처리와 같이 반응 중의 추출물 용출로 인하여 본래 재색과 상당한 색상 차이를 보였다. 자외선 노출 시험 결과, 차아염소산나트륨 용액 2, 3% 농도에서는 열화에 따른 색상의 변화가 육안적으로는 확인이 되지 않았으며, 이에 따라 자외선에 대한 안정화 효과를 기대할 수 있었다. 하지만, 3% 농도에서 베니

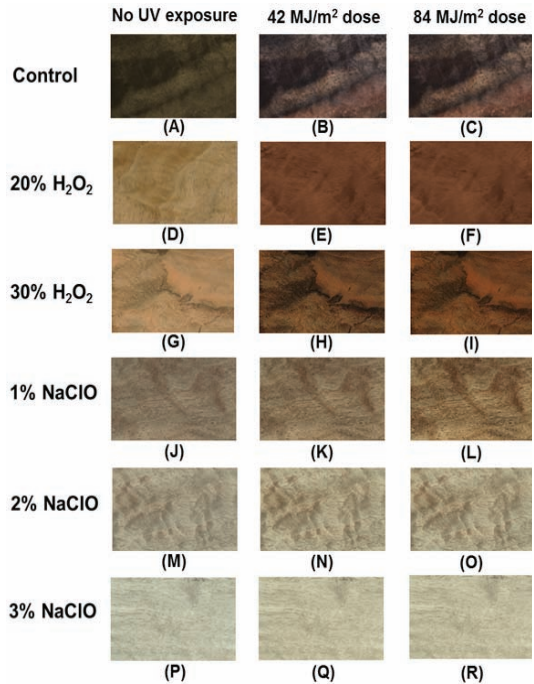


Fig. 3. Color changes of walnut veneer treated by hydrogen peroxide and sodium hypochlorite after UV exposure test.

어 표면의 찢어짐과 거칠기가 2% 처리에 비해 뚜렷하게 나타났다. 이러한 결과는 Liang (2015)의 연구에서도 유사한 결과를 보고하였으며, 차아염소산나트륨에 의한 birch 베니어의 표면 손상이 일어났음을 언급하였다. 따라서, 차아염소산나트륨 처리의 경우 농도 및 반응시간 조절이 필요할 것으로 판단되었다.

한편, 육안적으로 관찰이 어려운 색차 변화량을 확인하기 위하여 Table 2와 같이 측색계를 이용한 색차 값을 나타내었다. 전처리를 하지 않은 베니어에 비해, 2, 3% 농도로 처리하였을 때 황색변화와 명도변화 폭이 감소되는 것으로 나타났다. 이에 따라 차아염소산나트륨 처리가 자외선에 의한 안정화 효과를 나타내는 것으로 관찰되었으나, walnut 수종 고유의 재색 유지가 어렵고 농도의 증가에 따라 표면 손상이 발생하므로 2% 이내의 농도 선택과 베니어 용도에 따른 선호 색상 선택을 위한 추가 도장작업이 필요할 것으로 사료된다.

Table 2. Total color changes of walnut veneer treated by hydrogen peroxide and sodium hypochlorite after UV irradiation test

Treatment condition	Total UV dose (MJ/m ²)	Color components			
		ΔE^*	L^*	a^*	b^*
No treatment	42	11.4	-4.0	4.5	10.6
	84	15.0	-7.5	9.2	9.0
20% H ₂ O ₂	42	17.5	-15.9	6.1	3.0
	84	15.8	-9.3	8.3	8.5
30% H ₂ O ₂	42	14.0	-6.7	6.7	10.3
	84	18.8	-13.3	8.3	10.4
1% NaClO	42	4.3	-1.2	1.7	1.5
	84	8.2	-4.4	3.7	5.5
2% NaClO	42	6.7	-0.8	2.9	5.9
	84	6.5	0.1	3.4	5.3

3.3. 관능기 분석을 통한 리그닌 구조 변화 관찰

자외선 열화 및 변색제어 방지를 위하여 화학적 처리된 베니어 표면의 구조적 변화를 FT-IR 분석을 통해 관찰하였다. 특히, 목재 내 변색인자의 주된 원인으로 알려져 있는 리그닌 화합물의 특징적인 피크를 클라손 법을 이용한 리그닌 성분 추출을 통해 특정하였다. Fig. 4의 하단에 클라손 리그닌의 FT-IR 스펙트럼을 나타내고 있으며, 파장범위 1600 및 1515 cm⁻¹에서 방향족 골격에 대한 피크가, 1415 및 1456 cm⁻¹에서는 C-H 관능기를 나타내는 피크가 뚜렷하게 나타났다. 선행연구에서 제시하는 리그닌의 특징적인 피크 위치와 유사하였으며, 이를 중심으로 각 처리에 따른 자외선 노출 전, 후의 변화를 비교하였다 (Deborah and James, 2011; Zhou *et al.*, 2011).

Fig. 4의 A의 전처리를 하지 않은 베니어의 자외선 열화 평가 결과, 색차 변화와 더불어 앞서 언급한 리그닌 화합물 구조를 나타내는 1400-1550 cm⁻¹ 영역에서 피크 강도(intensity)가 다소 감소하였으며, 1730 cm⁻¹의 C=O 구조의 피크 강도는 반대로 증가하였다. 이는 자외선에 의해 유도된 라디칼 반응 및 퀴논(quinone)구조의 저분자 분해 물질의 형성에 기인한 것으로 판단되었다(Nuopponen *et al.*, 2004).

과산화수소 처리에 따른 베니어 표면 구조 관찰을 위해, 30% 농도에서 처리한 베니어의 FT-IR 분석결과를 Fig. 4(B)와 같이 나타내었다. 베니어 표면 관찰과 색차변화량 분석을 통해 살펴 본 바와 같이, 과산화수소에 의한 자외선 안정화 효과는 나타나지 않았으며, FT-IR 결과에서도 자외선 노출 후 리그닌 구조를 나타내는 피크 변화와 C=O 피크의 강도 증가가 관찰되었다. 이 또한, 화학적 처리에도 불구하고 베니어 내의 리그닌 구조의 파괴보다 불안정한 상태 유도로 인한 구조 변화가 나타난 것으로 판단되었다.

한편, 차아염소산나트륨 수용액 처리에 의한 자외선 안정화 효과는 육안 관찰 및 색차 분석을 통해 우수한 것으로 확인되었다. 실제 리그닌 내 구조의 변화를 관찰하기 위하여 3% 농도의 차아염소산나트륨 용액 처리를 실시한 베니어의 FT-IR 측정 결과 화학적 처리에 의한 리그닌 구조의 특징적 피크가 상당히 감소된 것으로 나타났다(Fig 4(C)). 이는 추가적으로 실시한 기초성분분석 결과, 차아염소산나트륨 처리에 의해 약 10%의 리그닌 성분이 소실된 것으로 확인되었다. 따라서, 자외선에 의한 변색인자로 작용하는 주된 요인인 리그닌 구조를 파괴시킴으로써, 자외선 노출에 의한 변색을 방지하는 효과를 나타내어 Fig. 4(C)의 그림과 같이 자외선 노출 후에도 리그닌 특정 피크의 변화가 나타나지 않은 것으로 사료된다.

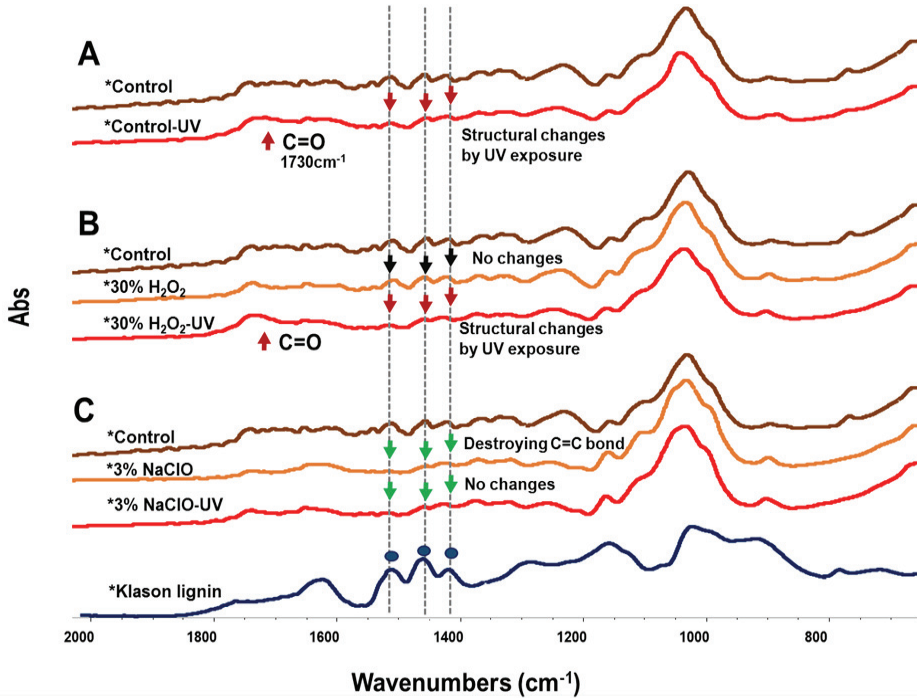


Fig. 4. Structural changes of walnut veneers treated by hydrogen peroxide and sodium hypochlorite solutions after UV exposure test.

4. 결 론

본 연구결과를 통해 목재 베니어 내 리그닌 성분의 제어를 통해 자외선 노출에 의한 색 안정화 효과가 나타남을 알 수 있었다. 한편, 변색인자 요인으로 제시되었던 추출물의 경우, 추출물 제거 실험을 통해 그 영향을 확인하였으나, 실제 자외선 노출 후 상당한 색상 변화가 발생되어 추출물 제거에 따른 효과는 미미한 것으로 판단되었다. 특히, 어두운 색상의 walnut의 경우는 화학처리에 의한 변색제어와 더불어 표백의 영향을 나타내었으므로 추후 칼라도장 공정을 도입하여 소비자가 선호하는 색상 선택의 폭을 넓힐 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 본 연구 결과를 바탕으로 해외 수입에 의존하는 목재 베니어 및 베니어 전처리 공정에 대한 기초 자료를 획득할 수 있으며, 더 나아가 다양한 수종 및 밝은 색상의 리얼우드 적용 가능성을 검토할 수 있을 것

이다. 따라서 경제성 및 미관적 요소 등을 고려하여 건축용 또는 자동차 내장재로써 리얼우드의 활용 범위를 확대하고 그 이용가치를 높일 수 있을 것이라 기대된다.

사 사

본 연구는 (주)현대엔지니어링의 민간지원사업 지원에 의하여 이루어진 것입니다. 연구에 도움주신 서울대학교 농업생명과학공동기기원(NICEM) 나노이미징센터 소속 권오경박사님께 감사드립니다.

REFERENCES

Deca, M., Humar, M., Rep, G., Kricej, B., Sentjurc, M., Petric, M. 2008. Effects of UV light irradiation on colour stability of thermally modified, copper

- ethanolamine treated and non-modified wood: EPR and DRIFT spectroscopic studies. *Wood Science Technology* 42: 5-20.
- Evans, P.D., Chowdhury, M.J.A. 2010. Photoprotection of Wood Using Polyester-Type UV-Absorbers Derived from the Reaction of 2-hydroxy-4(2,3-epoxypropoxy)-benzophenone with Dicarboxylic Acid Anhydrides. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 30(2): 186-204.
- Fan, Y., Gao, J., Chen, Y. 2009. Colour responses of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) to solvent extraction and heat treatment. *Wood Science and Technology* 44(4): 667-678.
- Hatakeyama, H., Hatakeyama, T. 2009. Lignin Structure, Properties, and Applications. 232, 1-63.
- Hayoz, P., Peter, W., Rogez, D. 2003. A new innovative stabilization method for the protection of natural wood. *Progress in Organic Coatings* 48(2-4): 297-309.
- Herstedt, L., Herstedt, M. 2016. Chemical bleaching of wood: an investigation into the bleaching of mahogany, walnut, rosewood, padauk, and purpleheart. *Studies in Conservation* 62(3): 162-172.
- Jirous-Rajkovic, V., Bogner, A., Radovan, D. 2004. The efficiency of various treatments in protecting wood surfaces against weathering. *Surface Coatings International Part B: Coatings Transactions* 87: 15-19.
- Kim, S.-H., Ra, J.-B. 2010. Optimization of bleaching conditions for stain removal in japanese hackberry (*Celtis sinensis* Persoon) using reponse surface methodology. *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 38(3): 191-198.
- Liang, T., Wang, L. 2015. An environmentally safe and nondestructive process for bleaching birch veneer with peracetic acid. *Journal of Cleaner Production* 92: 37-43.
- Ľudmila, H., Michal, J., Andrea, Š., Aleš, H. 2015. Lignin, Potential Products and Their Market Value. *WOOD RESEARCH* 60(6): 973-986.
- Moya, R., Soto Fallas, R., Jimenez Bonilla, P., Tenorio, C. 2012. Relationship between wood color parameters measured by the CIELab system and extractive and phenol content in *Acacia mangium* and *Vochysia guatemalensis* from fast-growth plantations. *Molecules* 17(4): 3639-3652.
- Nuopponen, M., Wikberg, H., Vuorinen, T., Maunu, S.L., Jämsä, S., Viitaniemi, P. 2004. Heat-Treated Softwood Exposed to Weathering. *Journal of Applied Polymer Science* 91: 2128-2134.
- Nzokou, P., Kamdem, D.P. 2006. Influence of wood extractives on the photo-discoloration of wood surfaces exposed to artificial weathering. *Color Research & Application* 31(5): 425-434.
- Patachia, S., Croitoru, C., Friedrich, C. 2012. Effect of UV exposure on the surface chemistry of wood veneers treated with ionic liquids. *Applied Surface Science* 258: 6723-6729.
- Schaller, C., Rogez, D. 2007. New approaches in wood coating stabilization. *Journal of Coatings Technology and Research* 4(4): 401-409.
- Shebani, A.N., van Reenen, A.J., Meincken, M. 2008. The effect of wood extractives on the thermal stability of different wood species. *Thermochimica Acta* 471(1-2): 43-50.
- Sills, D. L., Gossett, J. M. 2011. Using FTIR to Predict Saccharification From Enzymatic Hydrolysis of Alkali-Pretreated Biomasses. *Biotechnology and Bioengineering* 109(2): 353-362.
- Sluiter, A., Hames, B., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., Templeton, D., Crocker, D. 2008. Determination of structural carbohydrates and lignin in biomass. Laboratory Analytical Procedure. National Renewable Energy Laboratory.
- Sluiter, A., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., Templeton, D. 2005. Determination of extractives in biomass. Laboratory Analytical Procedure. National Renewable Energy Laboratory.

Yoon, K.-J., Eom, C.-D., Park, J.-H., Lee, Y.-W., Choi, I.-G., Lee, J.-J., Yeo, H. 2008. Control of discoloration of cedar wood (*Crytomeria japonica*) by heat and UV treatment. *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 36(6): 33-40.

Zhou, G., Taylor, G., Polle, A. 2011. FTIR-ATR-based prediction and modelling of lignin and energy contents reveals independent intra-specific variation of these traits in bioenergy poplars, *Plant Methods* 7(9): 1-10.