

## 열처리 및 증기처리 라디에타 파인 유령목의 잔류수지율 및 재색변화\*<sup>1</sup>

김수원·강호양\*<sup>2†</sup>

### Effect of Heating and Steaming Treatments on Residual Resin Content and Color Change of Radiata Pine Juvenile Wood\*<sup>1</sup>

Su-Won Kim · Ho-Yang Kang\*<sup>2†</sup>

#### 요 약

라디에타 파인 유령목의 수지를 제거하고 재색을 변화시킬 수 있는 열처리와 증기처리 방법의 적정 조건을 찾기 위해 본 연구를 수행하였다. 공시판재는 두께 20 mm와 30 mm를 사용하였다. 열처리는 150°C와 220°C에서 2, 4, 6시간, 증기처리는 100°C에서 6, 24, 48시간 실시하였다. 잔류수지는 알콜-벤젠 용액으로 추출하였으며 휴대용 분광 색차계를 사용하여 재색을 측정하였다. 두께 20 mm 판재는 150°C 이상에서 2시간 열처리 또는 6시간 증기처리로, 두께 30 mm는 48시간 증기처리로 좋은 수지제거효과를 얻었다. 두께 30 mm 판재의 수지제거에는 처리시간이 가장 영향이 컸다. 판재 두께에 상관없이 백색도는 증기처리가 가장 높았으며 처리온도가 증가할수록, 처리시간이 길어질수록 감소하였는데 후자보다 전자에 더 영향을 받는다고 할 수 있다. 온도 220°C에서 4시간 이상 열처리하더라도 백색도는 더 이상 변화하지 않았다. 온도 220°C의 4시간과 6시간 열처리재는 재색이 분명하게 변하였으나 온도 150°C의 열처리재는 12시간에서만 약하게 변하였다. 따라서 150°C 열처리로는 색상변화를 기대하기 어려울 것으로 생각된다. 열처리를 통해 표층뿐만 아니라 내층까지도 표층과 동일한 색상으로 변화시킬 수 있음이 증명되었다.

#### ABSTRACT

Heating and Steaming treatments were carried for deresinning and color change of radiata pine juvenile wood. The boards of 20 mm and 30 mm thicknesses were heat-treated at 150°C and 220°C for 2, 4 and 6 hours and steamed at 100°C for 6, 24 and 48 hours. For extracting residual resin in treated boards and

\*<sup>1</sup> 접수 2005년 3월 7일, 채택 2005년 6월 20일

이 논문은 농림부 농림기술개발사업의 연구개발 결과임.

\*<sup>2</sup> 충남대학교 농업생명과학대학 College of Agriculture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

† 주저자(corresponding author) : 강호양(e-mail: hykang@cnu.ac.kr)

measuring wood surface color, alcohol-benzene solution and a portable colorimeter were used, respectively. The board of 20 mm thickness were deresined effectively by heating at over 150°C for 2 hours or steaming for 6 hours while that of 30 mm thickness by steaming for 48 hours. For the board of 30 mm thickness treatment time was more influencing on deresinning than treatment temperature. The steamed boards showed higher L\* than the heat-treated for both thicknesses. L\* decreased with the increase of treatment temperature and time, but for the board heat-treated at 220°C it didn't change after 4 hours. The surface color of the boards heat-treated at 220°C for 4 and 6 hours were obviously changed, but those at 150°C were not. It was revealed that the core of the heat-treated board was color changed as well as the surface.

**Keywords:** radiata pine, heat treatment, steaming, deresinning, discoloration, colorimetry

## 1. 서 론

산림자원의 고갈로 점차 양질의 목재자원은 줄어들고 있으나 소비패턴은 여전히 고급화를 추구하고 있기 때문에 낮은 질의 목재를 고품질화하기 위한 방향으로 연구가 진행되고 있다. 근래 전 세계 목재가공분야는 침엽수재의 수지제거와 침·활엽수의 재색변화 연구에 많은 힘을 쏟고 있다. 특히 침엽수 생산이 대부분인 스칸디나비아 국가들에서 1998년 이후에 발표되는 연구의 대부분이 이와 관련된 것들이다.

스웨덴 임업연구원에서는 수지가 많은 노르웨이 소나무(*Pinus resinosa*)를 공기를 배제한 250°C 열처리 장치에서 30분 정도 가열하여 수지를 제거하는 기술을 개발하였다(Moren, 2001). 또 중국에서는 많이 식재되어 있는 Masson's pine의 수지를 제거하기 위한 연구가 최근 수행되고 있다(Guoxing *et al.*, 2001).

건조 전·후에 목재에 과열증기를 쏘여 재색을 변화시키고 안정화시키는 기술은 상당히 많은 진전을 보았다. 유럽에서 많이 생산되는 너도밤나무는 벌채 직후 과열증기 처리하여 변색을 예방하고 균일한 재색을 갖도록 한다는 것은 이미 많이 알려졌다(Ledig and Seyfarth, 2001).

목재를 열가수분해하면 추출물이 제거되고, 헤미셀룰로오스가 분해되고 셀룰로오스와 리그닌의 변형이 일어나는데, 열처리에 의한 목재재색변화는 헤미셀룰로오스의 감소에 의한 것으로 추정되므로 열처리온도는 헤미셀룰로오스 분해온도인 150~230°C가 적당한 것으로 여겨진다(Garrote *et al.*, 1999). 열처리에 의

한 목재의 결정화도는 건조상태보다 높은 함수율 상태에서 거의 두 배나 증가하였다는 보고가 있다(Bhuiyan *et al.*, 2000).

Tarvainen 등(2001)은 노르웨이 스푸루스(*Picea abies* Karst.)와 Scots pine(*Pinus sylvestris* L.)을 여러 온도에서 건조하여 온도와 재색이 밀접한 관련있음과 변재의 재색변화는 70°C 이상에서 현저하고 거울에 벌채한 목재의 재색변화는 다른 계절에 비해 심함을 밝혔다. 자작나무(*Betula pendula*)와 Scots pine (*Pinus sylvestris*)의 열분해는 처리온도와 처리 시간에 모두 영향받았으며 전자가 후자보다 중량감소가 더 많이 일어났다고 발표하였다(Zaman *et al.*, 2000). 또 건조 방식에 따라 차이를 나타내는데, 관행 열기건조에 비해 진공건조한 자작나무의 표면은 짙은 색을 띄어 내층과 표층의 재색차이가 적었다(Mot-tonen and Luostarinen, 2001).

국내에서는 은사시나무를 여러 가지 건조방법으로 건조하여 고온건조한 목재가 일반 열기건조한 목재보다 짙은 색을 나타냈으며 진공-마이크로파 건조한 목재의 재색이 가장 밝았다는 결과를 발표하였다(강, 2003). 또 무수초산과 포름알데하이드를 액상 또는 기상으로 처리한 목재는 태양광선과 촉진열화 상태에서 무처리에 비해 재색변화가 적었다는 연구결과가 있다(강 등, 2003).

본 연구에서는 국내 소비량이 많은 라디에타 파인 유평목에서 수지를 제거하고 재색을 균일하게 변화시킬 수 있는 기술을 개발하기 위해 여러 조건의 열처리와 증기처리를 실시하여 잔류수지율과 재색을 측정하

였으며 고온건조 결과와 비교하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시재료

대전근처 제재소에서 구입한 라디에타 소나무 (*Pinus radiata*) 판목 판재를 사용하였다. 수로부터 연륜이 20개 이하인 판재로 유령목이 대부분이라고 할 수 있다. 판재는 두께 20 mm와 30 mm의 두 가지를 사용하였다. 두께 20 mm 판재로 수지제거실험과 재색변화실험을 먼저 실시하였으며, 두께 30 mm 판재는 수지제거의 추가실험에 사용하였다. 두께 20 mm 판재는 폭 100 mm, 길이 500 mm로, 두께 30 mm 판재는 폭 150 mm, 길이 600 mm로 절단하여 공시판재를 만들었다. 각 처리온도 및 시간 별로 각각 5개의 공시판재를 사용하였다.

### 2.2. 실험장치

#### 2.2.1. 증기처리장치

증기처리를 위해 최대온도 130°C, 최고풍속 5 m/s의 고온건조기를 사용하였다. 고온건조기의 잔적 공간은 600×700×800 mm<sup>3</sup>이다.

#### 2.2.2. 열처리장치

본 실험을 위해 새로 제작한 열처리장치의 chamber 규격은 1360×550×550 mm<sup>3</sup>이며 최고 도달 온도는 350°C, 내부최대압력은 3기압이다. 가열된 내부 공기를 빼내는 밸브를 상부에 설치하였으며, 일정한 압력 하에서 응축수가 자동으로 배수되도록 Ball-top type 밸브를 하부에 설치하였다. 장치 내부와 목재의 온도를 측정할 수 있도록 열전쌍 등 온도센서를 연결할 수 있는 단자를 문에 설치하였다. 과열증기발생을 위해 보일러를 부착하였다. 과열증기는 증기처리 뿐만 아니라 열처리 초기 chamber 내 공기를 밖으로 밀어내기 위해 사용된 공기가 있으면 목재는 고온에서

쉽게 탄화되기 때문이다.

#### 2.2.3. 색차계

재색변화를 측정하기 위해 사용한 색차계는 일본 Color Techno System사의 휴대용 분광 색차계 JX777이다. 분광판속도 1/1000초, ΔE의 표준편차 0.05 이내의 정밀도를 가진다. 한 시편에서 3곳을 측정하여 그 평균치를 사용하였다.

### 2.3. 실험방법

#### 2.3.1. 공시판재의 처리

##### 2.3.1.1. 증기처리

증기처리조건은 온도 100°C, 상대습도 100%였으며 내부의 균일한 환경을 위해 2 m/s 이하로 내부송풍을 실시하였다. 실내에서 1개월 정도 천연건조된 공시판재를 사용하여 6, 24, 48의 세 가지 시간조건을 적용하였다.

##### 2.3.1.2. 열처리

모든 열처리 공시판재는 60°C 오븐에서 일주일간 건조시켰다. 열처리에 의해 제거되는 수지량을 측정하려면 먼저 수분만을 제거하여야 하는데 온도가 높으면 수지도 증발하기 때문에 가능한 한 낮은 온도를 적용하였다.

두께 20 mm 공시판재 실험에는 150°C와 220°C의 두 가지 온도와 2, 4, 6 시간의 처리시간을 적용하였으며, 두께 30 mm 공시판재를 사용한 추가실험에는 150°C일 때 6, 12시간, 220°C일 때 4, 6시간을 적용하였다.

##### 2.3.1.3 고온건조

증기처리에 사용하였던 고온건조기에서 건조온도 120°C, 습구온도 70°C로 48시간 건조하였다. 공시판재는 실내에서 천연건조되어 건조초기 약 30%의 함수율을 나타내었다. 본 실험에는 두께 30 mm 공시판재만 사용하였다.

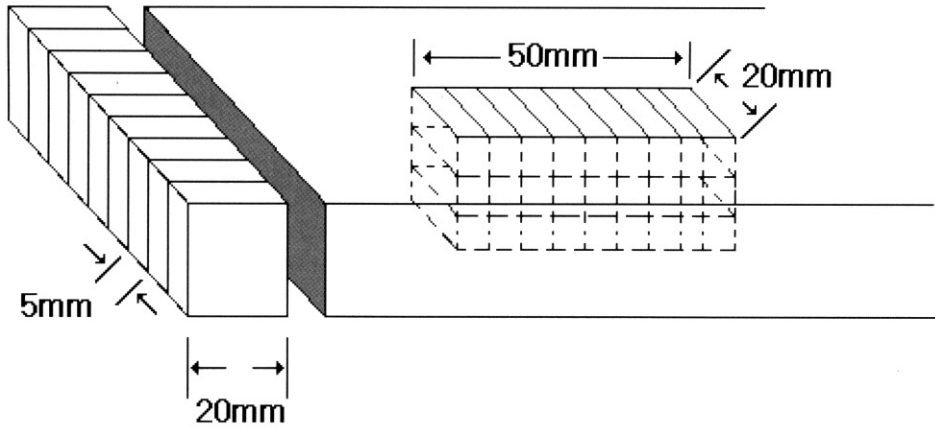


Fig. 1. A schematic diagram of specimen preparation for extracting residual resin in a radiata pine board.

### 2.3.2. 잔류수지율 및 재색의 측정

#### 2.3.2.1. 처리재의 잔류수지율

증기처리, 열처리, 고온건조된 공시판재는 60°C 오븐에서 향량에 도달할 때까지 건조시킨 후 한쪽 마구리에서 섬유방향으로 50 mm를 잘라 내고, 20 mm 수지시편을 Fig. 1과 같이 잘라내었다. 수지추출이 쉽도록 20 mm 수지시편의 폭을 5 mm 씩 잘라 무게를 측정하고 알콜-벤젠 1 : 2용액이 담긴 12리터 둥근플라스크에 넣고 heating mantle에서 가열하였다.

용액의 비점(약 50°C)에서 24시간 추출한 후 새 용액으로 바꾸고 24시간 더 추출하였다. 추출 후에 모든 5 mm 수지시편을 100±3°C 오븐에서 건조시켜 건건무게를 측정하였다. 잔류수지율은 다음과 같이 계산하였다.

$$R = \frac{Wg - Wd}{Wd} \times 100\% \quad (1)$$

R: 잔류수지율(%)

Wg: 알콜-벤젠 추출 전 시편의 무게(g)

Wd: 알콜-벤젠 추출 후 시편의 건건무게(g)

#### 2.3.2.2. 깊이에 따른 잔류수지율 비교

열처리 후 두께별 잔류수지율을 알기 위해 150°C로 열처리된 20 mm 두께 공시판재에서 Fig. 1과 같이

50 mm×20 mm 크기의 시편을 떼어내어 두께 방향으로 3등분하였다. 앞의 잔류수지율 측정과 마찬가지로 폭을 5 mm 씩 잘라 무게를 잰 다음 동일한 방법으로 추출하고 전진하였다.

#### 2.3.2.3. 처리재의 재색

재색은 증기처리와 열처리 전후에 공시판재에서 잔류수지율 측정 시편을 떼어낸 나머지 부분에서 측정하였다. 표면을 수압대패로 약 2 mm 정도 깎아 표면에 묻은 오염을 제거한 다음 색차계로 측정하였다. 재색은 백색도(L\*), 적색도(a\*), 황색도(b\*)와 색차(ΔE)로 표기하였다. 고온건조 공시판재는 재색을 측정하지 않았다. 고온건조는 열처리나 증기처리와 달리 함수율 변화가 크므로 건조 전후의 재색 비교는 아무 의미가 없다.

#### 2.3.2.4. 깊이에 따른 재색 비교

열처리에 의한 재색변화가 단지 표면에 국한된 것인지를 알기 위해 재면을 수압대패로 2 mm 씩 깎으면서 색차계로 두 지점의 재색을 측정·비교하였다. 본 실험에는 220°C에서 6시간 열처리된 20 mm 두께 공시판재가 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 처리재의 평균 잔류수지량

두께 20 mm와 30 mm 공시판재의 열처리 또는 증기처리 후 잔류수지율을 Fig. 2에 나타내었다. 특별히 낮은 값을 나타내는 두께 30 mm 48시간 증기처리재(ST-48)를 제외하고 두께 30 mm 처리재의 잔류수지율이 두께 20 mm보다 모두 높았다. 이는 두께가 두꺼울수록 수지제거가 어렵다는 것을 의미한다.

두께 30 mm의 150°C 열처리재와 증기처리재는 처리시간이 길수록 잔류수지율이 분명히 감소하였으나 220°C 열처리재는 반대로 증가하였다. 감소하는 것이 정상이나 220°C 열처리재의 경우는 공시판재의 초기 수지함유율의 차이가 심하였기 때문에 밝혀졌다. 6시간 열처리재(220-6)의 평균 초기 수지함유율은 13.9%로 4시간 열처리재의 5.8%보다 매우 높았다. 열처리시간이 6시간 밖에 되지 않았기 때문에 잔류수지율이 초기 수지함유율의 영향을 받은 것으로 볼 수 있다.

만일 열처리 시간이 충분히 길었다면 초기 수지함유율에 의한 차이는 무시할 수 있었을 것으로 예상할 수 있다. 그 예가 두께 30 mm의 48시간 증기처리재(ST-48)와 고온건조재(HT drying)이다. 전자는 초기 수지함유율에 상관없이 24시간 증기처리재(ST-24)에 비해 잔류수지율이 매우 낮았으며, 후자도 120°C에서 건조하였음에도 불구하고 150°C 열처리재(150-12)보다 낮았다. 고온건조는 48시간 실시하였다. 이 결과를 종합하면 두께 30 mm의 경우 잔류수지율은 처리방법과 온도에도 영향을 받지만 무엇보다 처리시간의 영향이 크다고 할 수 있다. 따라서 본 실험조건만 볼 때 증기처리 48시간이 수지제거 효과가 가장 좋았다고 할 수 있다.

Fig. 2에서 두께 20 mm의 결과를 보면 두께 30 mm와는 달리 동일 처리온도에서 처리시간이 길수록 잔류수지율이 증가하였다. 초기 수지함유율의 처리재간 편차가 1%를 넘지 않았으므로 초기 수지함유율 차이에 기인한다고 할 수 없다. 그러나 두께 20 mm 공시판재의 평균 잔류수지율은 최하 4.5%, 최고

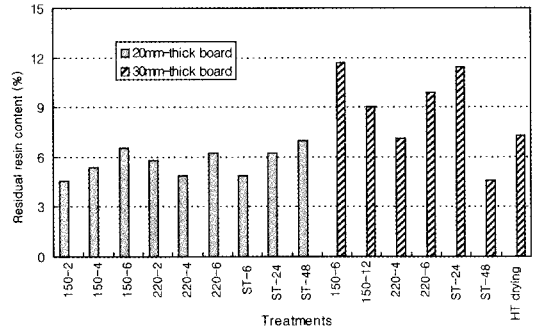


Fig. 2. Residual resin contents of 20 mm and 30 mm-thick radiate pine boards steamed, dried at high temperature or heat-treated at various temperature and time.

7.0%로 실험오차 범위가므로 처리방법 또는 처리온도 간 차이를 나타낸다고 할 수 없다. 즉 두께 20 mm 이하의 얇은 판재는 150°C 이상에서 2시간 또는 증기처리 6시간이면 수지제거효과를 충분히 나타낸다고 볼 수 있다.

#### 3.2. 깊이에 따른 잔류수지량 비교

두께 20 mm 열처리재의 깊이에 따른 잔류수지율은 Fig. 3과 같다. 앞의 3.1항에 언급한 바와 같이 두께 20 mm 공시판재의 잔류수지율이 처리시간과 함께 증가하는 현상은 설명하기 곤란하나 본 실험에서도 같은 현상을 나타냈다. 본 실험에 사용된 시편에서도 6시간 열처리재의 잔류수지율이 2시간과 4시간 열처리재보다 높았다.

이러한 평균 잔류수지율 차이를 무시하고 각 처리재의 양 표층(Top과 Bottom)과 내층(Core)의 잔류수지율을 비교하였다. 모든 처리재는 양 표층의 잔류수지율이 비슷하여 대칭을 나타냈다. 2시간 열처리 후에는 표층과 내층의 차이가 거의 없다가 4시간 때는 그 차이가 심하게 나타났으며 처리시간이 길어져 6시간 후에는 그 차이가 줄어들었다. 즉 수지의 증발은 표층에서 일어나며 수분과 마찬가지로 수지도 건조경과에 따라 경사를 나타낸다는 것을 알 수 있다. 따라서 수지제거를 위한 열처리나 증기처리는 이러한

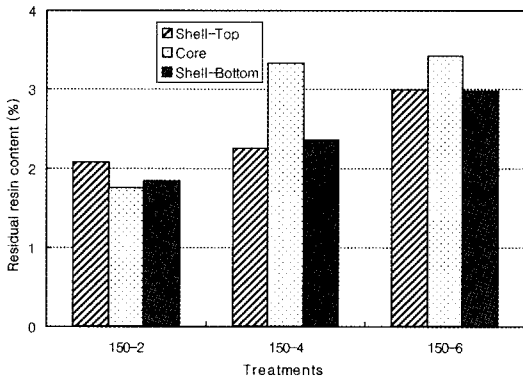


Fig. 3. Gradient of residual resin content in radiata pine boards heat-treated at 150°C as a function of time.

수지경사를 낮출 수 있도록 충분히 실시하여야 할 것으로 판단된다.

### 3.3. 처리재의 재색

#### 3.3.1. 백색도(L\*)

두께 20 mm 처리재의 백색도는 증기처리가 가장 높았으며 처리온도가 증가할수록, 처리시간이 길어질수록 감소하였다(Fig. 4). 두께 30 mm 처리재도 같은 경향을 보였다.

백색도는 처리시간보다 처리온도에 더 영향을 받는다고 할 수 있다. 증기처리 온도는 95~98°C이므로 150°C와 220°C 열처리에 비해 높은 백색도를 나타냈지만 증기처리시간 24시간과 48시간 간에는 차이가 크지 않았다. 150°C와 220°C 열처리재에서도 처리시간 간 차이는 크지 않았다.

이를 반대로 말하면 재색을 변화시키려면 처리시간을 늘리기보다 처리온도를 높여야 한다고 할 수 있다. 그림 4의 두께 20 mm의 220°C 열처리재는 4시간일 때 2시간보다 백색도가 급격히 떨어지지만 6시간일 때는 4시간과 별 차이가 없다. 이 같은 사실은 두께 30 mm에서도 확인되었다. 따라서 라디에타 파인은 220°C에서 4시간 이상 열처리하더라도 백색도는 더 이상 변화하지 않는다고 할 수 있다.

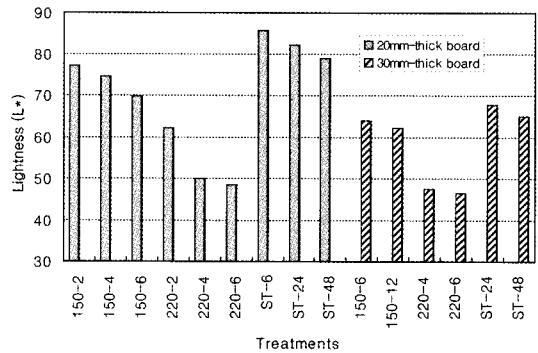


Fig. 4. Lightness(L\*) of 20 mm and 30 mm-thick radiata pine boards steamed or heat-treated at various temperature and time.

#### 3.3.2. 적색도(a\*)와 황색도(b\*)

두께 20 mm와 30 mm 처리재의 적색도와 황색도를 X-Y좌표에 표기하였다(Fig. 5). 화살표는 처리시간의 증가방향을 나타내는 것으로 모든 처리재의 적색도는 처리시간에 따라 증가하였다. 황색도도 같은 경향을 보였으나 두께 20 mm의 220°C 열처리재는 오히려 감소하였다. 이 예외의 원인은 알 수 없으나 220°C 열처리재의 재색은 두께에 상관없이 처리시간이 길어짐에 따라 점차 그래프의 오른쪽 중간으로 모인다. 또 두께 30 mm의 150°C 12시간 열처리재의 재색도 이곳에 근접해 있다. 이것은 열처리시간이 길어질수록 재색이 균일해진다는 것을 의미한다. 또 두께 20 mm의 220°C 열처리재를 보면 적색도는 어느 정도 시간이 경과하면 더 이상 증가하지 않는다는 것을 알 수 있다.

비교를 위해 저자가 가지고 있는 느티나무(*Zelkova serrata*), 오리나무(*Alnus japonica*), 자작나무(*Betula platyphylla*) 재감의 재색을 색차계로 측정하여 같은 그래프에 표기하였다. 두께 20 mm의 150°C 6시간과 220°C 2시간 처리재가 이 세 수종과 비슷한 적색도(a\*)와 황색도(b\*)를 나타내고 있다(Fig. 5).

#### 3.3.3. 색차(ΔE)

열처리전후의 재색을 비교한 색차 결과는 Fig. 6과 같다. 증기처리재는 생재상태에서 처리하였기 때문에

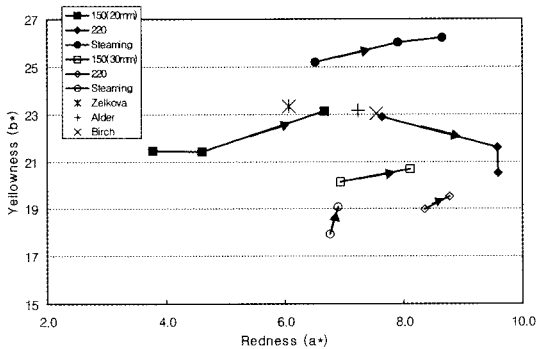


Fig. 5. Color changes of radiata pine boards steamed or heat-treated at various temperature as a function of time as compared with three hardwoods. Arrows indicate the direction of increasing treatment times.

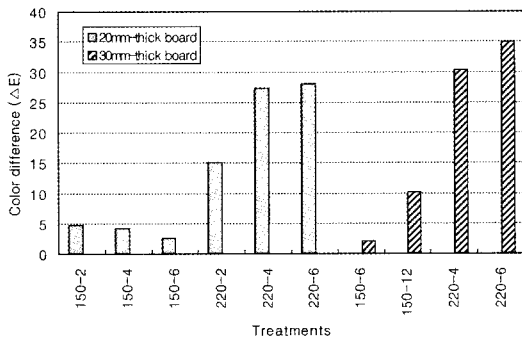


Fig. 6. Color differences of 20 mm and 30 mm-thick radiata pine boards between before and after heat treatments at various temperature and time.

증기처리 전후에 큰 함수율 차이를 나타낸다. 함수율에 의해 재색이 변하기 때문에 처리전후의 색차를 비교한다는 것이 무의미하여 제외하였다.

두께 20 mm와 30 mm 모두 220°C 열처리는 4시간과 6시간 모두 분명한 색차를 나타냈으나 150°C 열처리는 12시간에서만 약한 색차를 나타냈다. 따라서 150°C 열처리로는 색상변화를 기대하기 어려울 것으로 생각된다. 한편 220°C 열처리에서는 6시간이 4시간보다 색차가 크나 차이가 심하지 않았다.

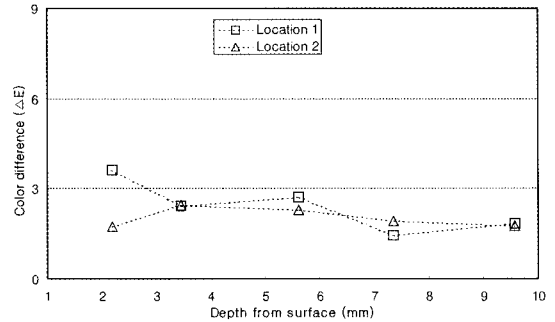


Fig. 7. Color differences between core and surface of a radiata pine board heat-treated at 220°C for 6 hours indicating color homogenization at various depths.

### 3.4. 깊이에 따른 재색 비교

내층 재색은 표층과 약간 차이가 있었으며 위치에 따라서 차이를 나타내지만 한 지점의 내층은 거의 비슷한 색차를 나타냈다(Fig. 7). 색차 값이 9보다 작을 때는 동일한 색상이라고 볼 수 있으므로 표층과 내층의 재색차이는 없다고 할 수 있다. 따라서 열처리를 통해 표층뿐만 아니라 내층까지도 표층과 동일한 색상으로 변화시킬 수 있음이 증명되었다.

## 4. 결론

두께 20 mm와 30 mm 라디에타 파인 유령목을 이용하여 수지제거와 재색변화 기술을 개발하고자 하였다. 열처리와 증기처리 방법의 적정 조건을 찾기 위해 수행한 본 연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 두께 30 mm 처리재의 잔류수지율이 두께 20 mm보다 대부분 높았다. 이는 두께가 두꺼울수록 수지제거가 어렵다는 것을 의미한다.
- 2) 두께 20 mm 이하의 얇은 판재를 150°C 이상에서 2시간 열처리하거나 6시간 증기처리하여 좋은 수지제거효과를 얻었다.
- 3) 두께 30 mm의 수지제거는 처리방법과 온도에도 영향을 받지만 무엇보다 처리시간의 영향이 크다고 할 수 있다. 본 실험조건 중에서 증기처리 48시간이 가장 좋았다.

4) 판재 두께에 상관없이 백색도는 증기처리가 가장 높았으며 처리온도가 증가할수록, 처리시간이 길어질수록 감소하였는데 후자보다 전자에 더 영향을 받는다고 할 수 있다.

5) 온도 220°C에서 4시간 이상 열처리하더라도 백색도는 더 이상 변화하지 않았다.

6) 모든 처리재의 적색도는 처리시간에 따라 증가하였으며 황색도도 두께 20 mm의 220°C 열처리재를 제외하고 같은 경향을 보였다.

7) 두께에 상관없이 220°C 열처리재는 4시간과 6시간 모두 분명한 색차를 나타냈으나 150°C 열처리재는 12시간에서만 약한 색차를 나타냈다. 따라서 150°C 열처리로는 색상변화를 기대하기 어려울 것으로 생각된다.

8) 열처리를 통해 표층뿐만 아니라 내층까지도 표층과 동일한 색상으로 변화시킬 수 있음이 증명되었다.

## 참 고 문 헌

1. Bhuiyan, M. T. R., N. Hirai, and N. Sobue. 2000. Changes of crystallinity in wood cellulose by heat treatment under dried and moist conditions. *Journal of Wood Science* 46(6): 431~436.
2. Garrote, G., H. Dominguez, and J. C. Parajo. 1999. Hydrothermal processing of lignocellulosic materials. *Holz als Roh- und Werkstoff* 57(3): 191~202.
3. Guoxing, Du, D. Huijun, and C. Jiabin. 2001. The process of deresinping and drying of Masson's pine. *Proceedings of 7th International IUFRO Wood Drying Conference July 9-13, Tsukuba, Japan:* 106~109.
4. Ledig, S. F. and R. Seyfarth. 2001. Characterization of surface color during wood processing. *Proceedings of 7th International IUFRO Wood Drying Conference July 9-13, Tsukuba, Japan:* 288~293.
5. Molen, T. J. 2001. Personal communication.
6. Mottonen, V. and K. Luostarinen. 2001. Discoloration of silver birch wood from plantation forests during drying. *Proceedings of 7th International IUFRO Wood Drying Conference July 9-13, Tsukuba, Japan:* 426~429.
7. Tarvainen, V., P. Saranpaa, and J. Repola. 2001. Discoloration of Norway spruce and Scots pine timber during drying. *Proceedings of 7th International IUFRO Wood Drying Conference July 9-13, Tsukuba, Japan:* 294~299.
8. Zaman, Anis, Raimo Alen, and Risto Kotilainen. 2000. Thermal behavior of Scots pine (*Pinus sylvestris*) and silver birch (*Betula pendula*) at AT 200~230°C. *Wood and Fiber Science* 32(2): 138~143.
9. 강호양. 2003. 은사시나무 판재의 열기 건조, 고온 건조, 마이크로파-진공 건조. *목재공학* 31(4): 31~37.
10. 강호양, 김수원, 박상진. 2003. 무수초산 및 포름알데하이드 기상처리 산벚나무의 야외폭로 및 촉진열화. *목재공학* 31(5): 57~64.