

국산 침엽수재의 재색변화 기술 개발¹

강호양²

Development of Color Changing Technology for Domestic Softwood¹

Ho-Yang Kang²

ABSTRACT

Three major domestic softwoods, Korean red pine, Korean pine and larch, were heat-treated at 220°C and for various treatment times for color changing. A new heat treatment equipment was developed for this study and was revealed working well for changing the colors of the three softwoods. The color difference index of 15 was obtained after 8 hours for Korean red pine and Korean pine, and 10 hours for Larch. The correlations of brightness, redness and yellowness with treatment time were different between species.

Keywords: Heat treatment, *Pinus densiflora*, *Pinus koraiensis*, *Larix leptolepis*, discoloration, hunter colorimeter.

1. 서 론

목재를 열가수분해하면 추출물이 제거되고, 헤미셀룰로오스가 분해되고 셀룰로오스와 리그닌의 변형이 일어나는데, 열처리에 의한 목재재색변화는 헤미셀룰로오스의 감소에 의한 것으로 추정되므로 열처리온도는 헤미셀룰로오스 분해온도인 150-230°C이 적당한 것으로 여겨진다 (Garrote et al., 1999). 통나무를 열처리한 결과 성장응력이 줄었으며, 셀룰로오스의 결정화도 증가와 평형함수율 감소로 치수안정성이 증가하였으며, 재색이 짙어졌다고 보고하였다 (Tejada et al., 1997). 열처리에 의한 목재의 결정화도는 전건상태보다 높은 함수율 상태에서 거의 두 배나 증가하였다 (Bhuiyan et al., 2000).

또 열처리에 의해 목재 흡습성은 현저히 감소하나 100%RH 증습과 100°C증차를 거치면 흡습성이 회복되는데 이러한 열처리에 의한 흡습성 감소는 셀룰로오스의 결정화에 의한 것이라기보다는 비결정물질의 화학변화에 기인한다고 볼 수 있다 (Obataya et al., 2000).

열처리에 의한 재색변화는 여러 가지 인자에 영향을 받는 것으로 알려졌다. beech와 silver birch의 경우 건조온도, 두께, 상대습도 순으로 크게 영향하였다 (Stenudd, 2004). 즉 건조온도가

1. 논문접수: 2008. 01. 03. 본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임.

2. 충남대학교 농업생명과학대학, College of Agriculture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea. E-mail: hykang@cnu.ac.kr.

높을수록, 두꺼울수록. 그리고 습도가 높을수록 짙은 색을 나타냈으며 이러한 재색변화 효과는 birch가 beech보다 컸다. 온도를 높이는 것은 자유수가 있을 때는 가수분해를, 자유수가 없을 때는 산화와 가수분해를 촉진하는 효과가 있는데 이러한 재색변화는 비효소적 Millard 반응이라고 알려져 있다 (Fengel and Wegener, 1989).

노르웨이 spruce와 Scots pine을 여러 온도에서 건조한 결과, 온도와 재색은 밀접한 관련이 있음이 밝혀졌다(Tarvainen et al., 2001). 변재의 재색변화는 70°C 이상에서 현저했으며 겨울에 벌채한 목재의 재색변화가 다른 계절에 비해 심했다. 겨울에 벌채한 목재에서 당 성분이 더 많이 검출되었지만 추출물의 양과 재색변화정도의 상관관계는 밝혀지지 않았다. 자작나무와 scots pine의 열분해는 처리온도와 처리시간에 모두 영향을 받았으며 전자가 후자보다 중량감소가 더 많이 일어났다(Zaman et al., 2000). 또 건조 방식에 따라 차이를 나타내는데, 관행열기건조에 비해 진공건조한 birch의 표면은 짙은 색을 띄어 내층과 표층의 재색차이가 적었다 (Mottonen and Luostarinen, 2001).

이같이 재색변화의 처리조건은 수종에 따라 다르며, 처리시간, 처리온도, 두께, 함수율, 공기 배제 여부 등의 인자에 따라 효과가 다르게 나타나기 때문에 외국 수종의 조건을 국산 수종에 적용할 수 없으므로 개별 수종에 따른 연구가 이루어져야 한다.

본 연구와 관련하여 당 연구기관에서는 은사시나무 건조재 재색을 여러 가지 건조방법과 관련하여 조사하였다 (강, 2001). 고온건조한 목재가 일반 열기건조한 목재보다 짙은 색을 나타냈으며 진공마이크로파 건조한 목재의 재색이 가장 적게 변화하였다. 두께 20와 30mm 판재를 150°C와 220°C에서 열처리한 결과 150°C에서는 12시간 만에 약한 재색변화를 나타냈으나 220°C에서는 4시간 만에 내부까지 변화하였다. (김과 강, 2005).

본 연구에서는 국산 침엽수 대표수종인 소나무, 잣나무 낙엽송 판재를 220°C 온도조건에서 여러 가지 처리시간을 적용하여 재색의 변화를 측정하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 열처리의 제작

아래 모식도와 같이 열처리를 설계하여 외주 제작하였다. 내부 chamber 규격은 1360×550×550 mm³, 최고 도달 온도 350°C, 내부최대압력 3기압이 되도록 설계하였다. 가열된 내부공기를 빼내는 밸브를 상부에, 일정한 압력 하에서 응축수가 자동으로 배수되도록 Ball top type 밸브를 하부에 설치하였다. chamber 내부와 목재의 온도를 측정할 수 있도록 열전쌍 등 온도센서를 연결할 수 있는 단자를 설치하였다. 모식도의 superheated steam generator와 control panel은 chamber 하부에 설치되어 있다.

제작된 처리장치 내 온·습도를 자동으로 조절할 수 있는 장치를 만들고 PC를 이용하여 자동기록 되도록 설치하였으며 시험가동을 통해 문제점을 파악하고 보완하였다.

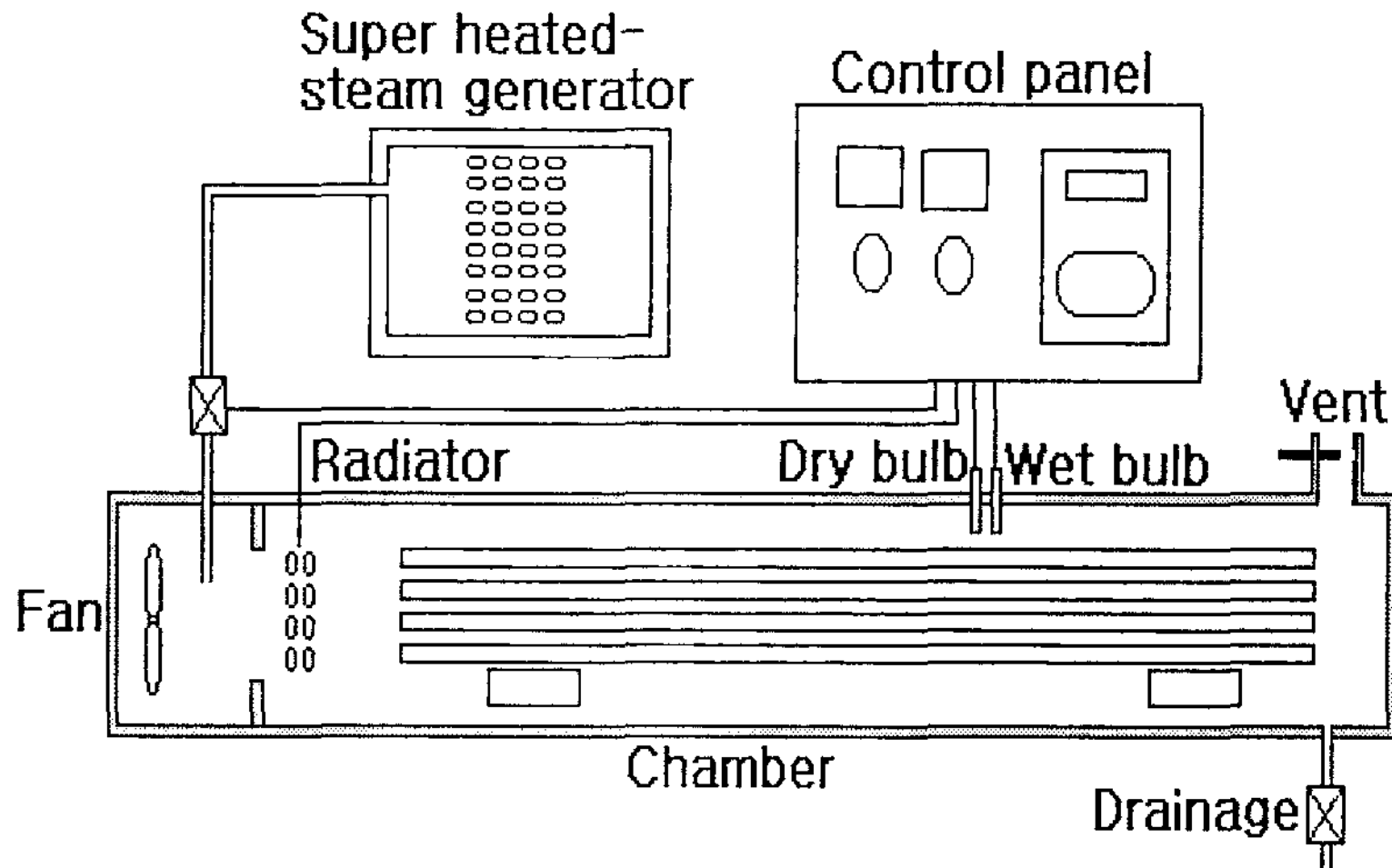


Fig. 1. Diagram of the heat treatment equipment made for this study.

2.2 열처리기 내부 온도

열처리기의 성능을 조사하기 위해 온도상승속도를 측정하였다. 열전쌍을 chamber 내에 설치하고 내부 온도를 350℃ 맞추어 온도상승을 연속적으로 기록하였다.

2.3 판재의 열처리

국산 침엽수의 대표적인 수종인 소나무(*Pinus densiflora*), 잣나무(*Pinus koraiensis*), 낙엽송(*Larix kaempferi*)을 선택하여 인근 제재소에서 원목을 구입한 다음 30mm 판재로 제재하여 함수율 15%까지 건조한 다음 열처리가 있는 곳으로 운반하였다.

열처리기 chamber 높이의 2/3까지 잔적을 이용하여 판재를 쌓았다. 열처리기를 완전히 밀폐한 후 온도를 220℃까지 상승시켰다. 목표온도까지 상승한 후 처리시간 2, 4, 6, 8, 10, 12시간에 따라 처리를 중단하였다.

2.4 색차계 측정

열처리 후 재면을 5mm 정도 수압대패로 깎은 후에 재색을 측정하였다. 사용된 색차계는 Xenon flash lamp를 사용하는 미국 HunterLab사의 휴대용 분광 색차계 MiniScan XE Plus이다. 광원파장은 400-700nm, Reporting interval은 10nm, Photometric range는 0-150%, ΔE의 표준 편차 0.05이내의 정밀도를 가진다. 한 시편에서 3곳을 측정하여 그 평균치를 사용하였다.

2.5 열처리재 제품

220℃, 10시간과 12시간 처리된 판재 중에 재색이 질게 변화된 것을 골라 여주임산물유통센터에서 루바, 몰딩재 등을 생산하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 목재 온도상승속도 및 온도분포 조사

6개 열전쌍을 설치하였으나 chamber 내 온도편차가 크지 않아 대표적인 그래프 하나만 나타내었다. 350℃까지 도달하는데 115분 정도가 걸렸으며 그래프에 나타난 바와 같이 거의 직선적으로 상승하였다.

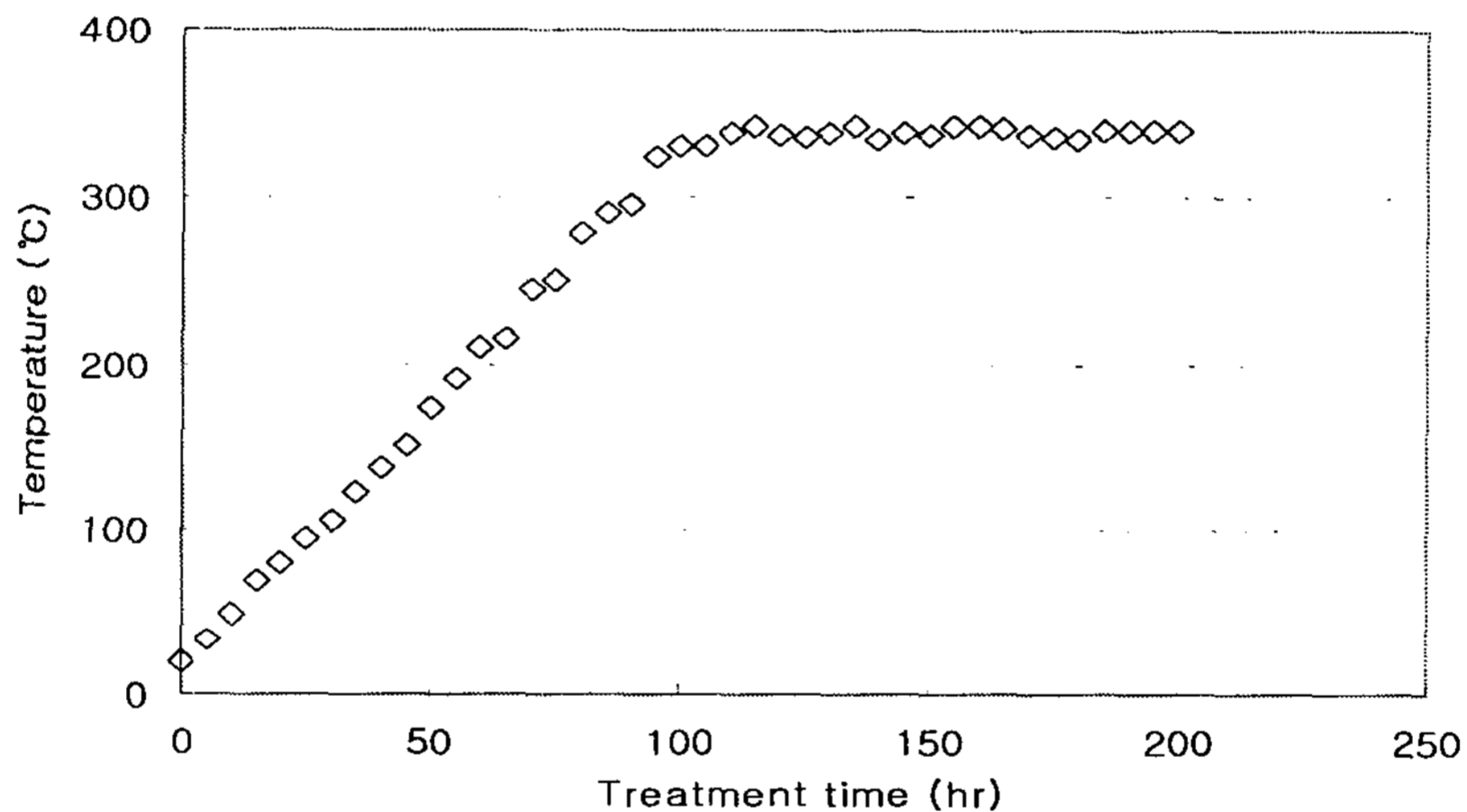


Fig. 2. Temperature curve in the chamber of the heat treatment equipment.

3.2 재색변화

220℃조건에서 시간에 따른 시편의 재색은 아래 사진과 같다. 세 수종 모두 처리시간이 길수록 짙은 색을 나타내었는데 이 재색변화는 표면만 변화된 것이 아니라 내부까지 균일하게 변화되었다.

세 수종 공히 8시간까지는 처리시간에 따른 재색차이가 그리 크지 않았으나 10시간 처리에 의해 분명한 재색차이를 나타냈다.

이들 재색을 색차계로 측정하여 수치로 나타낸 그래프는 다음과 같다. 소나무의 경우, 처리시간에 따라 명도와 적색도는 꾸준

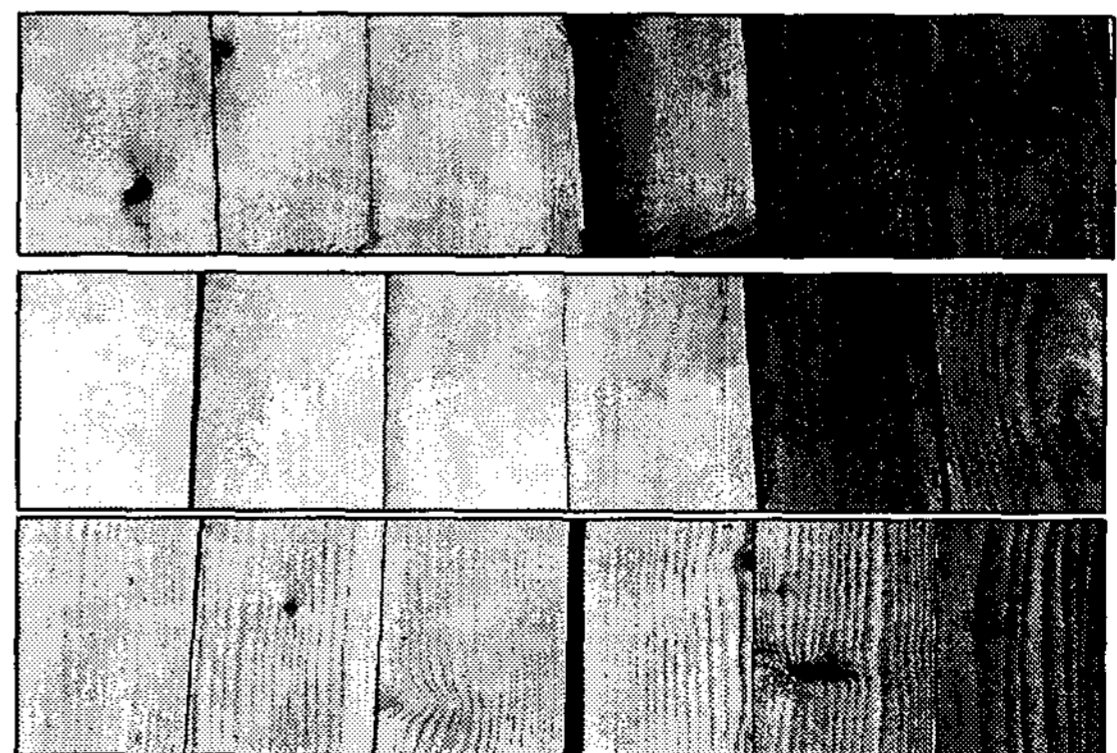


Fig. 3. Discoloration of three Korean softwoods heat-treated at 220℃ and for 2, 4, 6, 8, 10, 12 hours. From the top, Korean red pine, Korean pine and larch.

히 감소하거나 증가하는데 황색도는 증가하다가 감소하였다(그림 3). 무처리와 비교한 색차(ΔE^*)는 8시간부터 15를 넘게 되므로 무처리와 비교하여 뚜렷한 재색변화가 있음을 보인다. 명도(L^*)는 처리시간 10시간과 12시간이 그보다 짧은 처리시간에 비해 현저하게 감소하였다. 한편 황색도(b^*)는 처리시간이 경과함에 따라 증가하였다 감소함을 보이는데 반해 적색도(a^*)는 처리시간에 따라 꾸준히 증가함을 보였다.

잣나무는 소나무와 달리 황색도는 적색도와 함께 꾸준히 증가하였다 (그림 5). 이는 잣나무가 소나무보다 재면이 희기 때문으로 생각된다. 무처리와 비교한 색차는 소나무와 마찬가지로 처리시간 8시간부터 15를 넘게 되므로 뚜렷한 재색변화가 있음을 보인다. 명도는 소나무와 마찬가지로 처리시간 10시간과 12시간에서 심한 감소를 보인다.

낙엽송은 소나무와 잣나무와는 약간 다른 재색변화과정을 나타낸다 (그림 6). 낙엽송의 자연색이 소나무와 잣나무보다 짙다는 것이 주요한 원인인 것으로 파악되었다. 무처리재의 재색이 짙기 때문에 처리재와 색차는 두수종보다 적게 나타났다. 색차는 처리시간 10시간부터 15를 넘게 되었으며 명도는 처리시간 8시간까지 차이를 나타내지 않다가 처리시간 10시간부터 감소하나 12시간을 처리하여야 뚜렷한 감소를 나타냈다. 황색도도 처리시간 8시간까지 변화가 없다가 비로소 10시간과 12시간 처리 후에 비로서 증가하였다. 처리시간 8시간까지 변화없는 것은 적색도도 마찬가지이나 처리시간 10시간과 12시간에서 황색도와는 반대로 감소하였다.

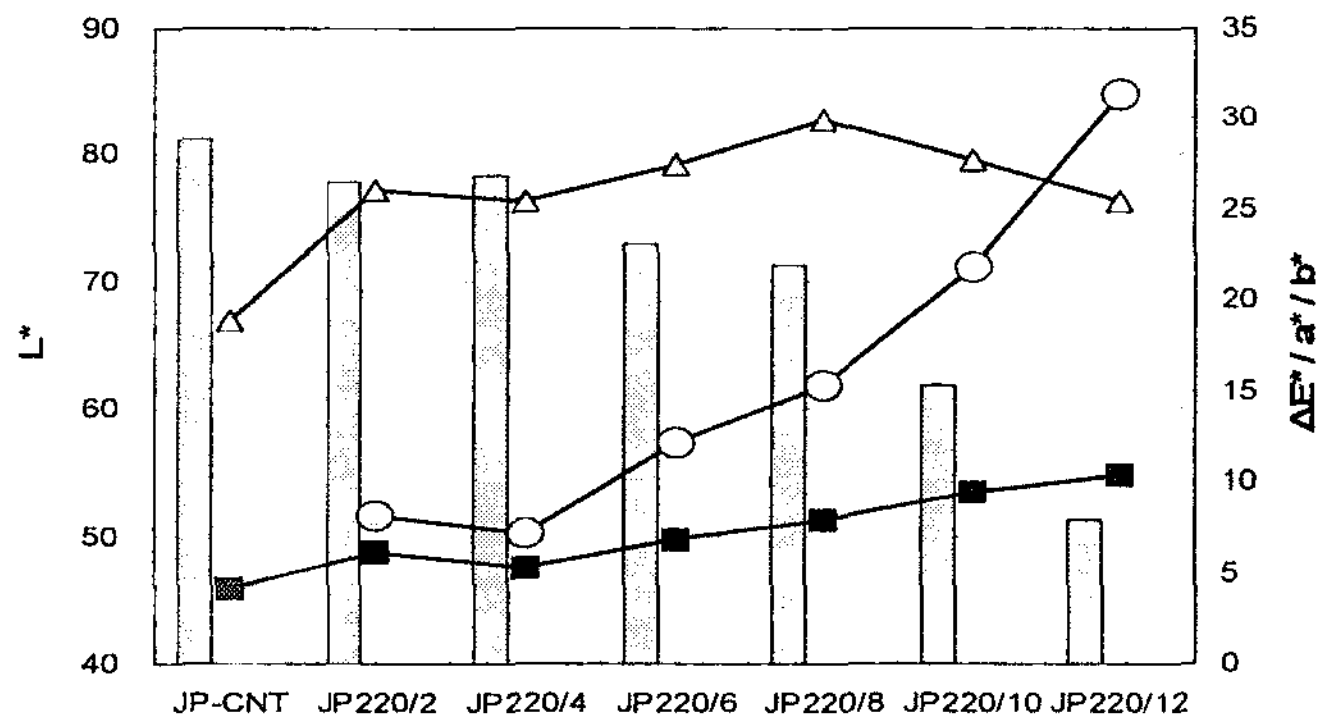


Fig. 4. Color indexes of Korean red pine heat-treated at 220°C. Bars, squares, triangles and circles indicate brightness(L^*), redness(a^*), yellowness(b^*) and color difference(ΔE^*), respectively.

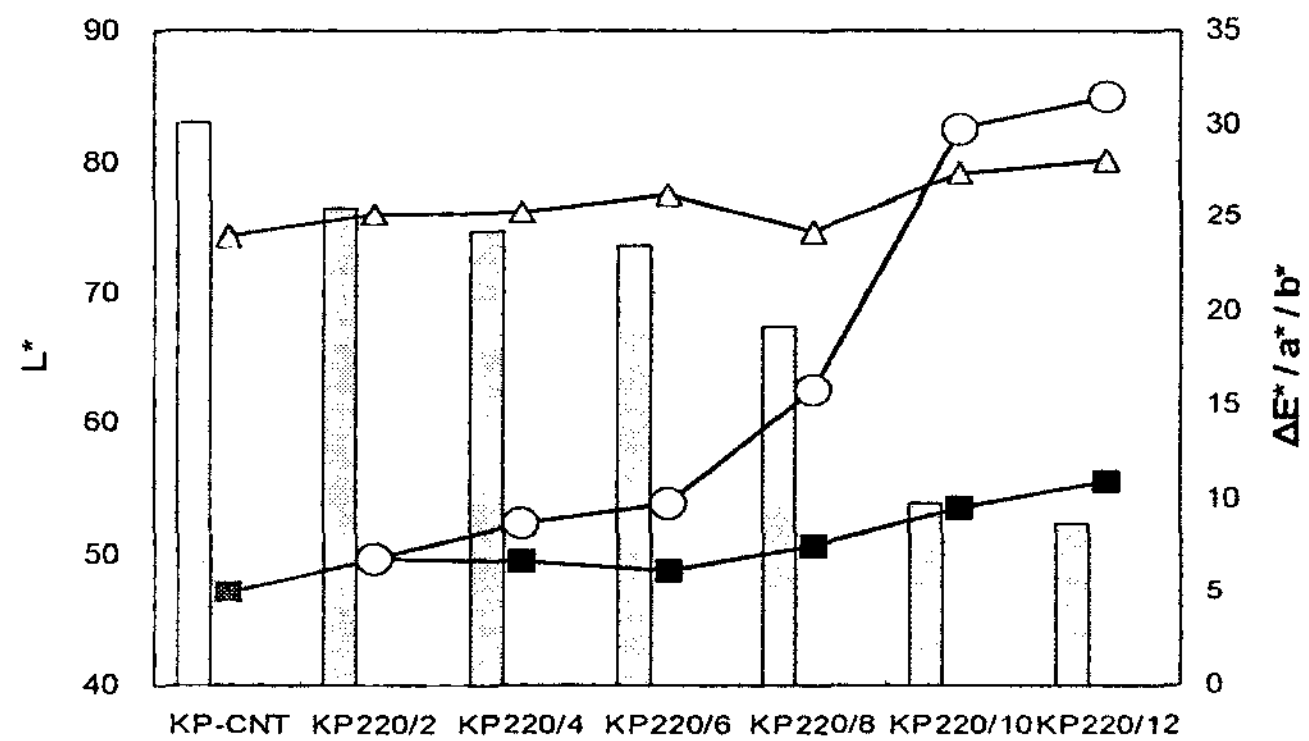


Fig. 5. Color indexes of Korean pine heat-treated at 220°C. Bars, squares, triangles and circles indicate brightness(L^*), redness(a^*), yellowness(b^*) and color difference(ΔE^*), respectively.

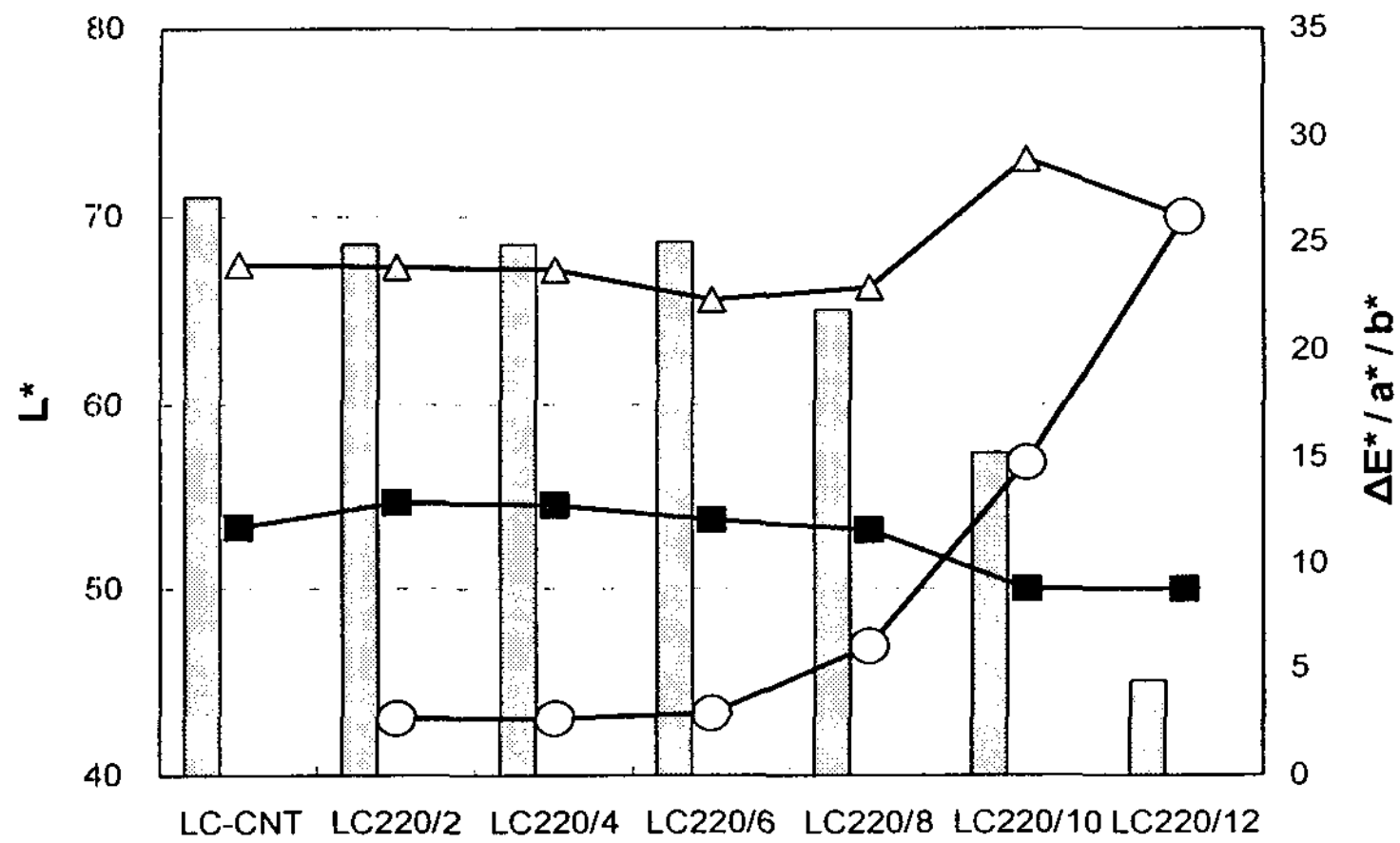


Fig. 6. Color indexes of larch heat-treated at 220°C. Bars, squares, triangles and circles indicate brightness(L*), redness(a*), yellowness(b*) and color difference(ΔE*), respectively.

3.3 열처리재 제품

제품으로 생산된 여러 제품 중에 몰딩재 사진을 아래에 제시하였다. 무처리재에 비해 짙은 색이 품격이 있어 보인다. 무처리재는 오염이 눈에 잘 띄고 시간이 갈수록 재색이 검어지나 열처리재는 오염이 있더라도 보이지 않으며 초기의 짙은 색 때문에 더 이상 변화하지 않는 장점이 있다.

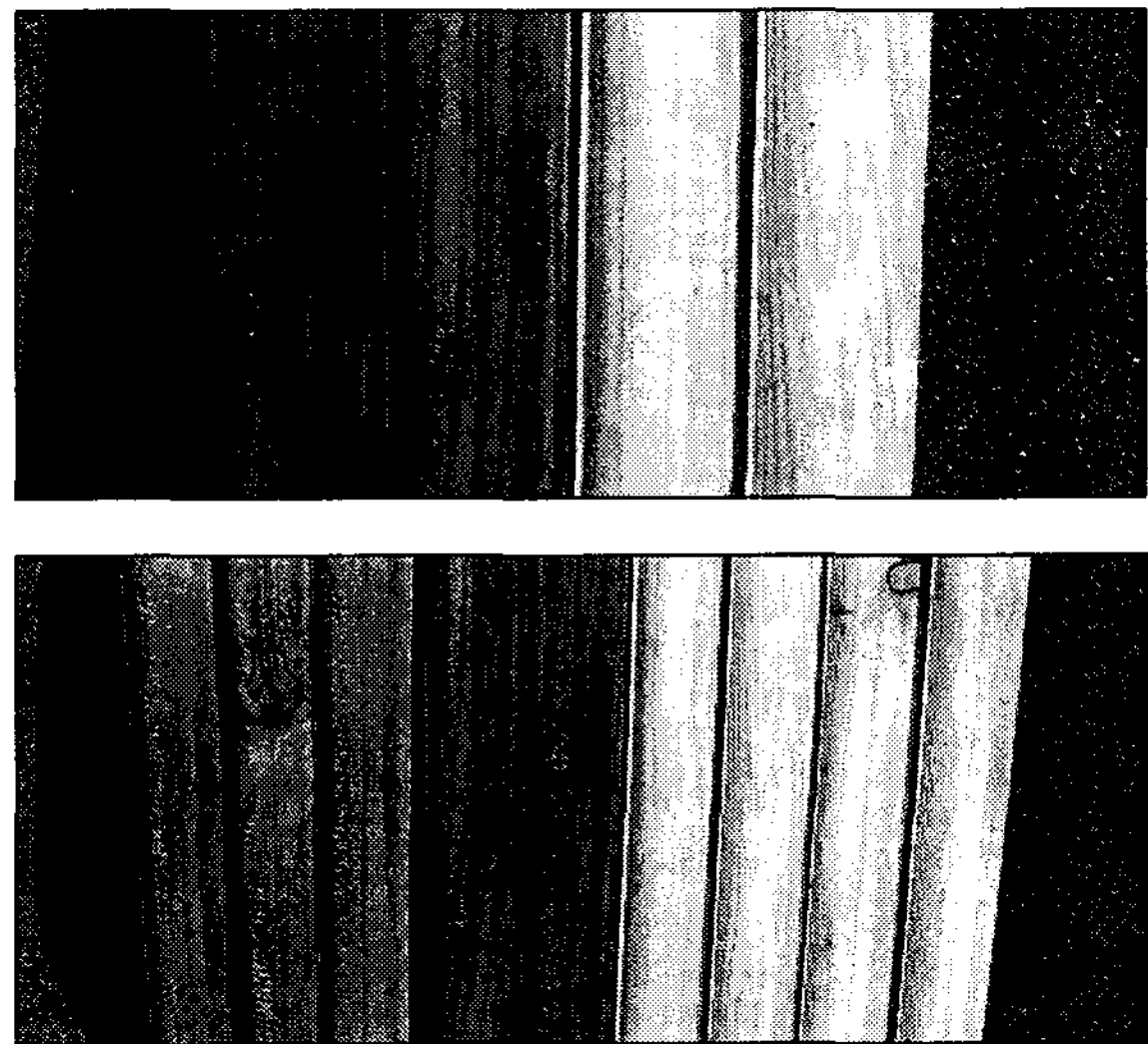


Fig. 7. Mouldings made of the heat-treated softwoods used for this study.

4. 결론

국내의 주요 침엽수 수종인 소나무, 잣나무, 낙엽송을 220°C 온도조건에서 처리시간을 달리하여 재색변화를 조사하였다. 본 연구를 위해 열처리기를 새로 제작하였으며 본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 새로 제작된 열처리기는 침엽수 3수종을 열처리하는데 적당하였다.
- 2) 소나무와 낙엽송은 8시간, 낙엽송은 10시간 처리 후에 무처리와 색차가 15에 도달하여 분명한 재색변화를 얻을 수 있었다.
- 3) 소나무와 잣나무의 명도는 2시간 처리부터 꾸준히 감소하다 처리시간 10시간과 12시간에

서 더 많이 감소하나 낙엽송은 8시간까지 거의 변화가 없다가 그 후에 감소함을 보였다.

4) 시간에 따른 적색도와 황색도 변화는 수종에 따라 다른 경향을 나타냈다.

인용문헌

- 강호양. 2001. 은사시나무의 건조특성. 한국목재공학회 정기총회 (2001년 4월 20일), 임업연구원, 서울: 50-55.
- 김수원, 강호양. 2005. 열처리 및 증기처리 라디에타 파인 유령목의 잔류수지율 및 재색변화. 목재공학 33(4): 30-37.
- 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.
- Fengel, D. and G. Wegener. 1989. Wood Chemistry, ultrastructure, reactions. De Gruyter, Berlin.
- Garrote, G., H. Dominguez and J. C. Parajo. 1999. Hydrothermal processing of lignocellulosic materials. Holz als Roh- und Werkstoff. 57(3): 191-202.
- 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.
- Obataya, Eiichi, F. Tanaka, M. Norimoto and B. Tomita. 2000. Hygroscopicity of heat-treated wood I: Effects of after-treatments on the hygroscopicity of heat-treated wood. Mokuzai Gakkaishi. 46(2): 77-87.
- Stenudd, Stefan. 2004. Color response in silver birch during kiln-drying. Forest Products Journal. 54(6): 31-36.
- 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.
- Zaman, Anis, Raimo Alen, 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.