

건조에 의한 국산 침엽수재의 재색 변화

강 호 양 · 이 민 경

(충남대학교 농업생명과학대학 임산공학과)

1. 서 론

국내 대표적인 침엽수인 소나무, 잣나무, 낙엽송은 재색이 밝아 건축재와 가구재 등에 오랫동안 사용되었다. 그러나 밝은 재색은 건조하거나 햇볕에 오랫동안 노출되면 짙게 변한다. 건조 방법에 따라 재색의 밝기가 달라지며 (Mottonen and Luostarinen, 2001; 강, 2003), 또 자외선에 의한 변색 정도도 다르다.

이러한 변색을 예방하기 위해 너도밤나무를 벌채직후 증기처리한다는 것은 이미 알려졌다 (Ledig and Seyfarth, 2001). 아까시나무의 증기처리는 재색을 균일하게 하고, 자외선에 대한 안정성을 증가시며, 건조 후에 실시하면 표면경화를 현저히 낮춘다는 결과도 발표되었다 (Tolvaj et al., 2001).

Tarvainen 등(2001)은 노르웨이 스푸루스와 Scots pine을 여러 온도에서 건조하여 온도와 재색이 밀접한 관련 있음과 변재의 재색변화는 70℃ 이상에서 현저하고 겨울에 벌채한 목재의 재색 변화는 다른 계절에 비해 심함을 밝혔다. 무수초산과 포름알데하이드 처리 목재는 무처리에 비해 자외선에 의한 변색이 적다는 연구결과도 있다 (강 등, 2003).

본 연구에서는 여러 방법으로 건조된 국산침엽수재의 재색을 색차계로 측정하여 비교하였으며 증기처리와 태양광 노출에 의한 재색변화를 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2-1 공시재료

소나무는 동해인산물 유통센터에서 잣나무와 낙엽송은 경기도 가평의 한 제재소에서 원목을 구입하여 두께 30mm로 판목제재하였다. 모든 공시판재를 건조실험 장소로 운반한 후에 실험용 건조장치에 맞게 길이를 800mm씩 절단하였다. 건조방법로 각 수종의 공시판재를 12개씩 나누었다.

건조 후에 각 공시판재에서 폭 10cm, 길이 20cm 시편을 2개씩 떼어 하나는 증기처리실험, 다른 하나는 야외폭로실험에 사용하였다

2-2 건조방법

5가지 건조 처리는 다음과 같은 방법으로 실시하였다.

2-2-1 증기건조(ST: Steam Treatment)

증습장치가 부착된 열처리장치에서 실시하였다. 내부 규격은 550(W)×550(H)×1,360(L)mm³이며 온도는 350℃, 내부 압력은 3기압까지 올릴 수 있도록 설계되었다. 내부 압력이 설정 한도를 넘으면 자동으로 열리는 압력조절밸브가 상부에 설치되어 있다. 내부에 송풍기는 설치되지 않았다.

증기에 골고루 노출되도록 공시판재사이에 잔목을 넣고 쌓은 후 문을 닫고 내부온도를 100℃에 맞추었다. 동시에 증습장치를 열어 계속적으로 분무되도록 하였다. 압력조절밸브를 0.3기압에 맞춰 내부압력이 그 이상이 되지 않도록 하였다. 증습장치는 9시간 가동 후에는 자동으로 정지하도록 만들어져 있어 매일 9시간씩 4일간 총 36시간 증기처리하였다.

2-2-2 천연건조(AD/150: Air Drying and Heat Treatment)

잔적을 실내에서 3개월간 방치한 후에 수지제거를 위해 150℃에서 4시간 열처리하였다.

2-2-3 관행열기건조(KD: Conventional kiln Drying)

최고온도 130℃, 최고풍속 5m/s의 고온건조기를 사용하였다.

잔적공간은 700(W)×600(H)×800(L)mm³였다. 두 단계 건조스케줄을 사용하였다. 건구온도 65.5℃, 습구온도 54.5℃에서 91시간 건조한 후에 습구온도는 그대로 두고 건구온도를 82.0℃로 높여 97시간 실시하였다. 재간풍속은 4m/s였다.

2-2-4 고온건조 (HD: High temperature Drying)

관행열기건조와 같은 고온건조기를 사용하였다. 건구온도 120℃, 습구온도 70℃의 한 가지 조건에서 60시간 실시하였다.

2-2-5 마이크로파-진공건조 (MW: Microwave-vacuum drying)

실험실용 마이크로파-진공 건조기(강, 2001)를 사용하였다. 내부 규격은 580(W)×580(H)×1,360(L) mm³이며 cavity 상부에 1.5kW, 2450MHz 마그네트론 3개가 설치되어 있다. 잔적 하부에 100kgf load cell을 설치하여 건조 중 잔적 무게 변화를 측정하였으며 공시판재에 6개의 T-type 열전쌍을 설치하여 목재온도를 감지하였다. 내부 압력은 진공압력 400mmHg와 600mmHg 사이를 유지하였다.

공시판재는 잔목없이 쌓았으며 목재온도가 100℃를 넘지 않도록 마이크로파 조사시간을 자동 조절하였다. 건조 중 목재의 평균 온도는 97℃이었으며 총 건조시간은 268시간이었다. 잣나무만 실시하였다.

2-3 증기처리

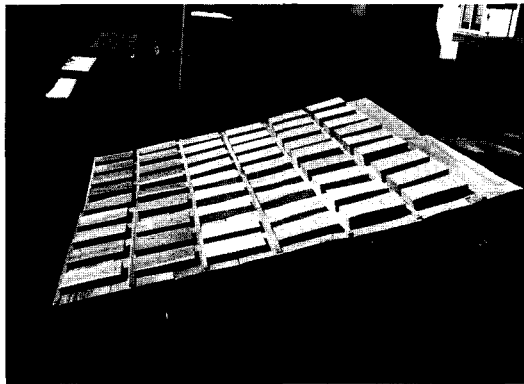
건조된 공시판재에서 폭 10cm, 길이 20cm의 시편 12개를 취하여 6개 증기처리 조건마다 2개씩 나누었다. 증기처리는 autoclave에서 실시하였다.

〈Table 1〉 증기처리 온도와 시간

처리온도	처리기압(기압)	처리시간(시)
100℃	1	4, 6
121℃	2	2, 4
134℃	3	2, 4

2-4 야외폭로

폭 10cm, 길이 20cm 시편을 건물 옥상에 설치하여 2005년 1월 19일부터 5월 13일까지 144일간 야외폭로하였다 <fig. 1>. 시편이 비에 젖으면 마른 후에 재색을 측정하였다. MW시편은 다른 시편보다 늦게 2월 17일부터 폭로하여 총 폭로기간은 85일이다.



〈fig. 1〉 시편의 야외폭로 모습

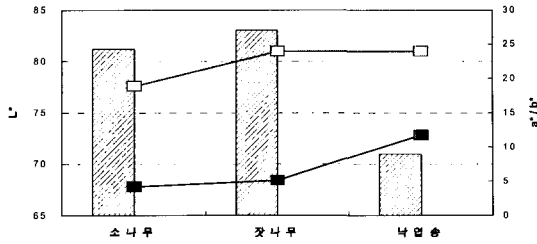
2-5 색차측정

재색변화를 측정하기 위해 사용한 색차계는 휴대용 HunterLab Miniscan XE Plus이다. 분광범위는 400nm에서 700nm, 분광해상도 10nm, 파장정밀도 1nm이며 제논광을 사용한다. 모든 시편의 표면을 수압대패로 2mm정도 깎고 한 시편에서 3지점을 측정하여 평균하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1 세 수종의 재색 비교

실내에서 천연건조된 세 수종의 색상을 비교하면 아래 그림 2와 같다. 소나무와 잣나무는 명도와 적색도(a*)가 비슷하고 황색도(b*)는 잣나무가 약간 높다. 낙엽송은 이 두 수종보다 적색을 더 많이 띠므로 a*가 높으나 명도(L*)는 많이 낮으며 b*는 잣나무와 비슷하다.



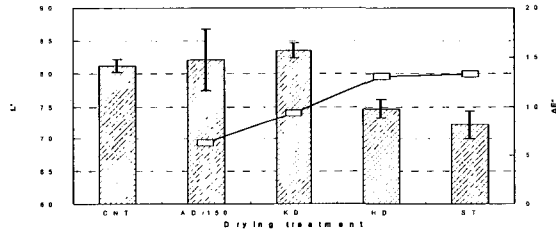
〈fig. 27〉 무처리 소나무, 잣나무, 낙엽송의 L*, a*, b*

3-2 건조 후 재색 비교

건조한 후 autoclave 증기처리 전에 건조방법별 12개 시편의 평균을 비교하였다.

3-2-1 소나무

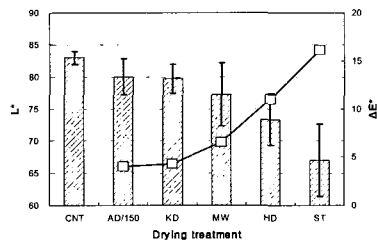
무처리와 비교한 AD/150과 KD의 색차(ΔE^*)는 10이하로 분명한 차이를 보이지 않으나 HD와 ST는 10이상으로 뚜렷한 차이를 보인다. 고온건조와 증기처리가 소나무 재색을 어둡게 한다는 것을 알 수 있다.



〈fig. 28〉 소나무의 명도와 색차

3-2-2 잣나무

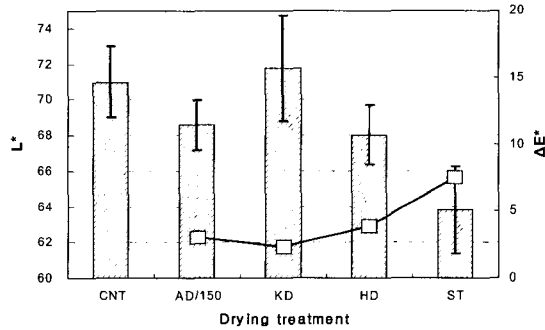
잣나무도 소나무와 같은 경향을 보였다. HD와 ST의 명도가 현저히 낮으며 ΔE^* 는 10 이상으로 무처리와 분명한 차이를 나타냈다. 잣나무만 실시한 MW의 ΔE^* 는 AD/150과 KD보다 높으나 10이하로 무처리와 비교할 때 분명한 차이가 있다고 할 수 없다.



〈fig. 29〉 잣나무의 명도와 색차

3-2-3 낙엽송

낙엽송은 소나무, 잣나무와 달리 건조방법에 따른 명도 차이가 그리 심하지 않았으며 무처리와 비교한 ΔE^* 도 10이하로 분명한 차이를 나타낸다고 할 수 없다. 그러나 증기처리가 L^* 을 현저히 낮춘다는 것은 부인할 수 없다.



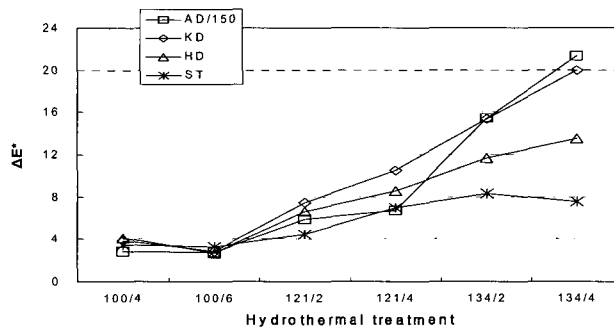
<fig. 30> 낙엽송의 명도와 색차

3-3 증기처리 후 재색 비교

건조목을 증기처리한 후에 재색을 비교하였다.

3-3-1 소나무

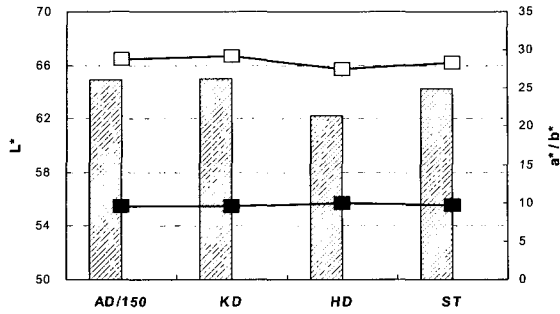
100°C에서는 4시간과 6시간의 ΔE^* 차이가 거의 없으나 121°C와 134°C에서는 처리시간에 따라 ΔE^* 이 증가하였다. AD/150가 가장 크게 증가했으며 ST가 가장 적게 증가하였다. 이는 증기처리 전 AD/150와 KD 재색이 가장 밝았으며 ST가 가장 어두웠던 것이 원인으로 생각된다.



<fig. 31> 소나무의 autoclave 증기처리 온도와 시간에 따른 색차

그러나 134°C/4시간 증기처리 후 재색은 아래 그림과 같다. HD의 L^* 이 약간 낮은 것을 빼곤

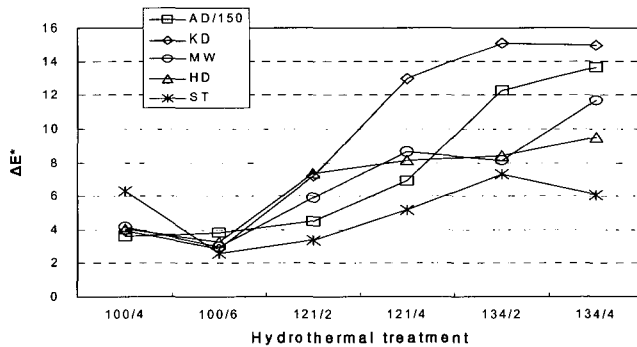
모든 건조재의 L*, a*, b*가 거의 같아졌다. 건조에 의한 재색 차이가 증기처리에 의해 사라졌다.



〈fig. 32〉 소나무의 autoclave 증기처리 온도와 시간에 따른 명도, 적색도, 황색도

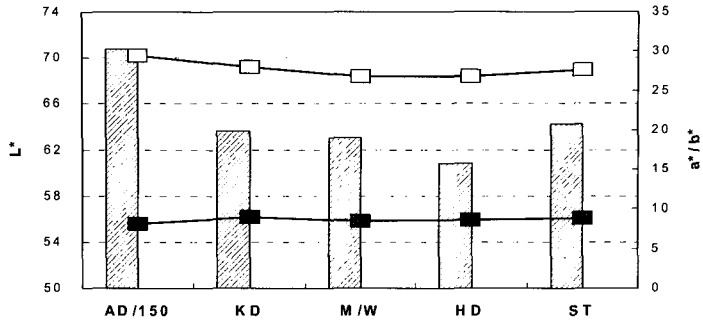
3-3-2 잣나무

소나무와 마찬가지로 100℃는 처리시간에 상관없이 ΔE* 변화가 거의 없었으나 121℃와 134℃에서는 처리시간에 따라 ΔE*이 증가하였다. KD와 AD/150의 ΔE*증가가 큰데 반해 ST는 적었다. 그 이유는 소나무와 마찬가지로 증기처리 전 전자의 재색이 밝았던데 반해 후자는 어두웠기 때문이다.



〈fig. 33〉 잣나무의 증기처리 온도와 시간에 따른 색차

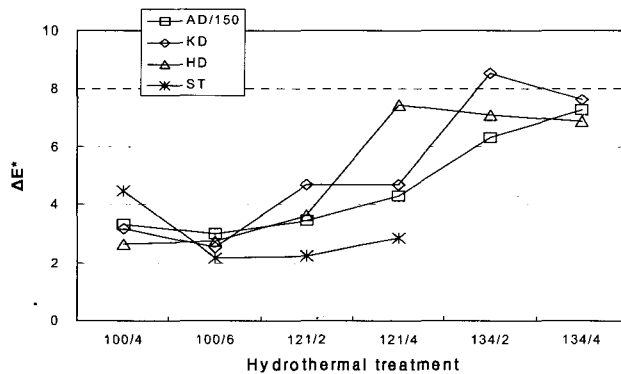
134℃/4시간 증기처리 후 재색은 아래 그림과 같다. a*와 b*는 모든 건조재가 거의 같은 값을 나타냈으나 L*는 AD/150이 타 건조재에 비해 높은 것이 특이한 점이다. 소나무와 마찬가지로 HD의 L*는 다른 것보다 낮았다.



〈fig. 34〉 잣나무의 증기처리 온도와 시간에 따른 명도, 적색도, 황색도

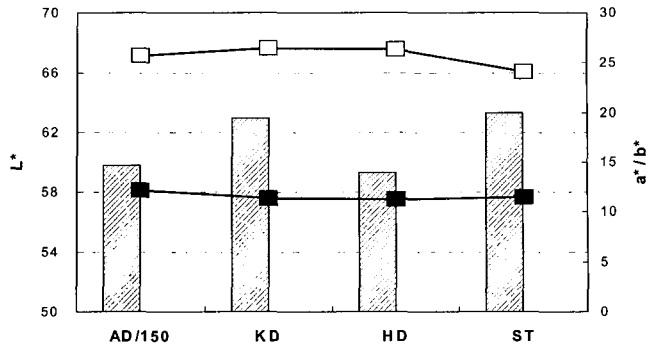
3-3-3 낙엽송

사고로 인해 134°C 증기처리 결과를 분실하였기 때문에 ST의 나머지 온도만 비교해 보면 처리온도와 시간에 따른 ΔE^* 변화는 거의 없다고 할 수 있다. AD/150, KD, HD는 처리온도와 시간에 따라 ΔE^* 도 증가하였으나 모든 값이 9.0 이하로 채색변화가 뚜렷하다고 보기 힘들다. 낙엽송 채색은 원래 붉은데 건조에 의해 더욱 짙어졌기 때문에 증기처리에 의해 더 이상의 변화가 나타나지 않았다.



〈fig. 35〉 낙엽송의 증기처리 온도와 시간에 따른 색차

134°C/4시간 증기처리 후 색상은 아래 그림과 같다. ST 134°C/4시간 시편은 분실되어 134°C/2시간 데이터를 넣어 비교하였다. a*와 b*는 모든 건조재가 거의 같은 값을 나타냈으나 ST의 b*만 타 건조재에 비해 낮았다. L*은 건조방법에 따라 차이를 보이나 그 차이는 크지 않았다.



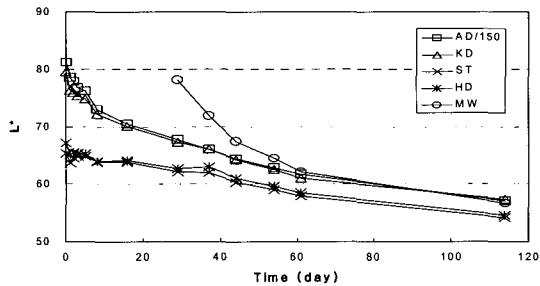
〈fig. 36〉 낙엽송의 증기처리 온도와 시간에 따른 L*, a*, b*

3-4 야외폭로

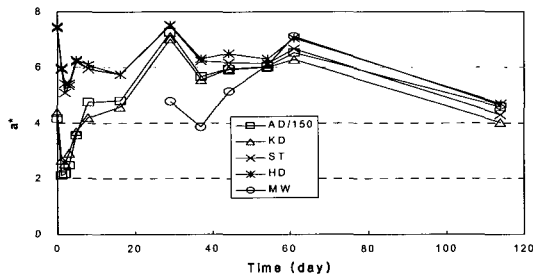
3-4-1 소나무

AD/150, KD의 L*는 처음부터 ST, HD와 차별을 보였으며 이것은 마지막까지 유지되었다. 늦게 폭로된 MW는 AD/150, KD와 같은 경향을 보였다. 건조방법에 따라 야외폭로에 의한 L*가 다르게 나타남을 알 수 있다.

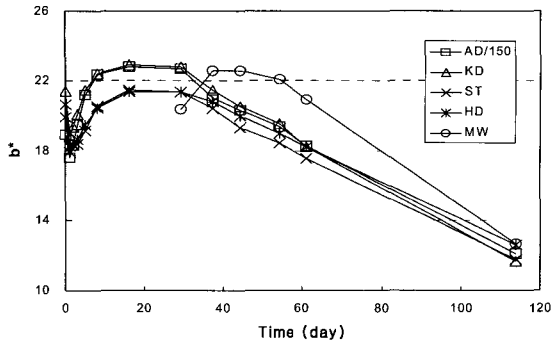
a*는 초기에 증감을 반복하였으나 결국엔 감소하여 모든 건조목이 비슷한 값으로 모아졌다. 하지만 초기와 말기의 a*가 거의 비슷한 수치를 나타냈다. b*는 폭로 초기 약 30일 동안 증가하다가 그 후엔 감소하여 모든 건조목이 비슷한 값으로 모아졌다.



〈fig. 37〉 야외폭로 소나무 건조목의 L*변화



〈fig. 38〉 야외폭로 소나무 건조목의 a*변화

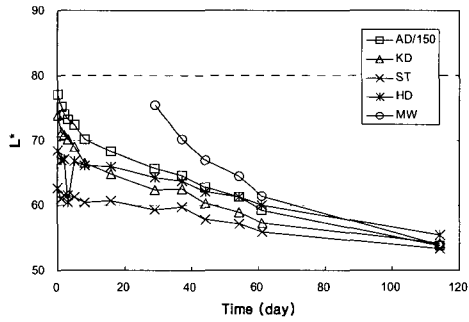


〈fig. 39〉 야외폭로 소나무 건조목의 a*변화

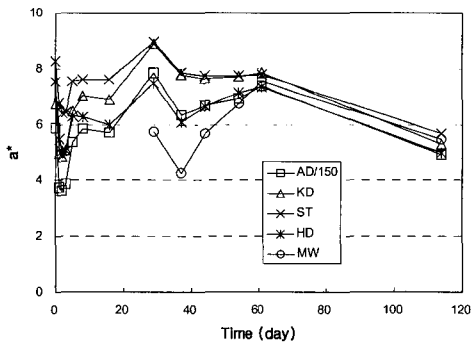
3-4-2 잣나무

잣나무의 L*는 초기에는 건조 방법에 따라 차이를 나타냈으나 점차 감소하여 말기에는 비슷한 값으로 모아졌다. 소나무가 건조방법에 따라 차이를 나타낸 것과는 달랐다.

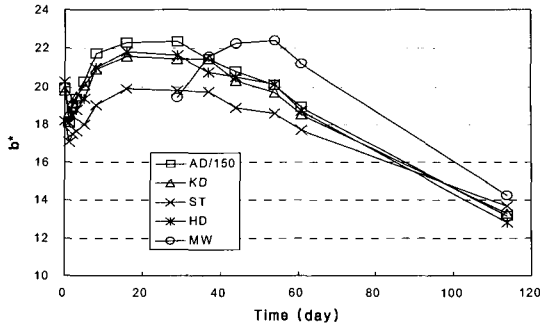
a*와 b*의 변화는 소나무와 비슷하였다.



〈fig. 40〉 야외폭로 잣나무 건조목의 L*변화



〈fig. 41〉 야외폭로 잣나무 건조목의 a*변화



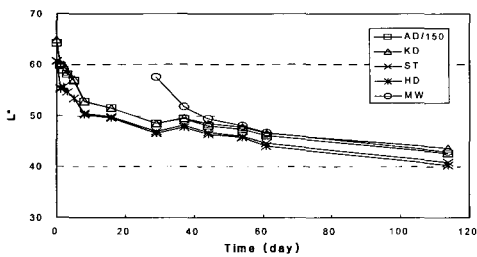
<fig. 42> 야외폭로 잣나무 건조목의 b*변화

3-4-3 낙엽송

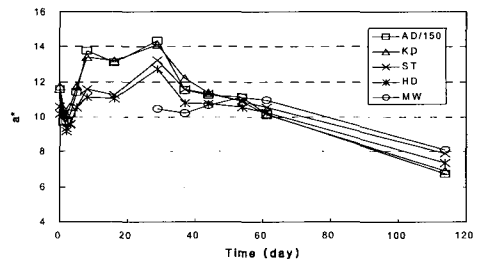
최종 L*는 건조방법 간 약간의 차이를 보였다. AD/150, KD, MW가 한 그룹을 이루었으며 ST, HD가 다른 그룹을 이루었다. 소나무와 마찬가지로 건조 온도에 따라 구별된 것으로 생각된다.

a*는 초기에 증가하였다가 마지막에는 감소하여 초기보다 낮은 값을 나타냈다. 이는 낙엽송의 재면이 약간 붉은 색을 띠고 있기 때문에 폭로에 의해 퇴색되어 초기보다 낮아진 것으로 생각된다.

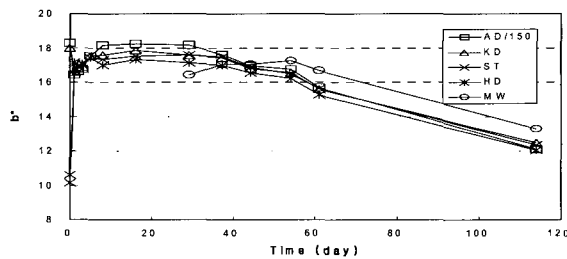
b*도 소나무, 잣나무와 달리 초기 상승 국면이 보이지 않는다. 40일 정도까지 초기 값을 유지하다가 점차 감소하였다.



<fig. 43> 야외폭로 낙엽송 건조목의 L*변화



<fig. 44> 야외폭로 낙엽송 건조목의 a*변화



<fig. 45> 야외폭로 낙엽송 건조목의 a*변화

4. 결 론

주요 국산 침엽수 3수종을 5가지 건조방법으로 건조하여 색차계로 재색차이를 조사하였다. 또 건조목에 증기를 쐬거나 야외폭로하여 재색변화를 비교하였다. 이 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 소나무와 잣나무의 고온건조와 증기건조 시편은 무처리와 분명한 재색차이를 나타냈으나 낙엽송은 건조방법 간 차이를 나타내지 않았다.
- 2) 소나무와 잣나무 건조목은 증기처리에 의해 재색이 변하였으나 낙엽송은 변하지 않았다.
- 3) 증기처리 조건 중 온도가 시간보다 재색변화에 더 큰 영향을 미쳤다.
- 4) 모든 시편의 백색도는 야외폭로시간에 따라 감소하였으며 건조방법 간 백색도 차이는 야외 폭로 초기부터 말기까지 동일한 차이를 나타냈다.
- 5) 144일 야외폭로 후에 소나무의 재색은 건조방법간 차이를 보였으나 잣나무와 낙엽송은 차이가 없었다.

5. 인용문헌

- Ledig, S. F. and R. Seyfarth. 2001. Charaterization of surface color during wood processing. Proceedings of 7th International IUFRO Wood Drying Conference July 9-13, Tsukuba, Japan: 288-293
- Mottonen, V. and K. Luostarinen. 2001. Discoloration of siver birch wood from plantation forests during drying. Proceedings of 7th International IUFRO Wood Drying Conference July 9-13, Tsukuba, Japan: 426-429
- 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
- Tolvaj, L., S. Molnar, H.G.Richter and T. Riehl. 2001. Hydrothermal treatment (steaming) under atmospheric and pressure conditions. In "Technology for High Quality Productions from Black Locust" by BFH, Hamburg.
- 강호양, 김수원, 박상진. 2003. 무수초산 및 포름알데하이드 기상처리 산벚나무의 야외폭로 및 축진열화. 목재공학 31(5):57-64
- 강호양. 2003. 은사시나무 판재의 열기건조, 고온건조, 마이크로파-진공 건조. 목재공학 31(4):31-37