

침엽수 낙엽을 활용한 기능성 펄프몰드 제조

김동성 · 김형민 · 성용주[†] · 강석구 · 강호양 · 이준우¹ · 김세빈¹

접수일(2016년 1월 10일), 수정일(2016년 2월 2일), 채택일(2016년 2월 4일)

Manufacturing Functional Pulp Mold with Coniferous fallen leaves

Dong Sung Kim, Hyung Min Kim, Yong Joo Sung[†], Seog Goo Kang, Ho-Yang Kang,
Jun-Woo Lee¹ and Se Bin Kim¹

Received January 10, 2016; Received in revised form February 2, 2016; Accepted February 4, 2016

ABSTRACT

The coniferous fallen leaf is one of the major forestry residues. Since the coniferous fallen leaf would not be easily decayed, the large amount of the coniferous fallen leaves in forestry could be the source of forest fire. The applicability of the fallen leaves to the pulp mold were evaluated for developing new utilization of coniferous fallen leaves. The morphological properties and the chemical composition of the fallen leaves of *Pinus densiflora* and *Pinus koraiensis* were evaluated by the comparison with those of fresh leaves. The applicability of the coniferous fallen leaves to the pulp mold and the effects on the pulp mold properties including the scent diffusion were investigated.

The fallen leaves showed the shrunk structure by losing the hot water extract component, which led to better grinding properties than that of fresh leaves. The pulp mold with fallen leaves showed higher strength properties than the pulp mold with fresh leaves. Although the scent of the pulp mold with fresh leaves was stronger, the pulp mold with fallen leaves had coniferous scent too. The application of fallen leaves to pulp mold for the functional properties could be possible by improving the mechanical properties and the scent lasting treatments.

Keywords: *Coniferous leaf, forest residue, pulp mold, scent*

• 충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과(Dept. of Biobased Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam Natl. Univ. Daejeon, Republic of Korea)

1 충남대학교 농업생명과학대학 산림환경자원학과(Dept. of Environment & Forest Resources, College of Agriculture and Life Science, Chungnam Natl. Univ., Daejeon, Republic of Korea)

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: yosung17@cnu.ac.kr

1. 서론

국내 산림 면적은 국토의 70%, 약 6백 40만 ha로 그 중 약 41.8%가 침엽수 단일림으로 구성되어 있다. 국내에 서식하고 있는 침엽수 중 소나무(*Pinus densiflora*)와 잣나무(*Pinus koraiensis*)의 경우 전략적인 조림 등을 통해 식재량이 많아 전국에 폭넓게 분포하고 있는 수종이다. 국내 산림의 성숙도가 커짐에 따라 숲가꾸기 사업 및 산림자원의 활용과 관리가 중요한 이슈가 되고 있고 다양한 산림자원의 관리 및 활용과정 중에서 다량의 임지부산물이 발생하고 있으나, 현재 뚜렷한 활용방안이 없는 관계로 산림속에 방치되거나 소각용 연료 등의 저급한 용도로 활용되고 있다.

이러한 국내산림에서 발생하는 대표적인 임지부산물 중 하나인 침엽수 잎의 경우 다양한 정유성분(α -pinene, β -pinene, camphene, borneol, phellandrene)과 폴리페놀 및 플라보노이드 류(querctetin, kaempferol) 및 기타 항균 성분들 등을 포함하는 다양한 기능성 유기화합물류가 함유되어 있고 이러한 물질들의 효능의 발굴 및 적용을 위한 많은 연구들이 지속적으로 이루어지고 있다¹⁾. 특히, 침엽수 잎에서 추출되는 대표적인 정유성분인 테르펜(terpenes)의 경우 세균 및 곰팡이 등의 성장을 저해하는 항균능력을 가지고 있는 것으로 알려져 있고, 추출 성분 중 폴리페놀의 경우 항산화제 효능을 가지고 있어 혈중 콜레스테롤을 낮추는 효능이 있는 것으로 알려져 있어 에센셜 오일, 향초, 벽지, 건강식품 등 다양한 용도로 사용되고 있다²⁾.

산림에서 발생하는 낙엽들은 수종의 종류, 생육 환경 등에 따라 물리적 화학적 특성이 상이하기 때문에, 낙엽의 분해과정 및 분해특성 또한 다르다³⁾. 생잎이 낙화한 후 낙엽 초기 상태에서 일차적으로 수용성 물질 소실 및 중량감소, 영양염류의 용탈이 이루어지며, 그 후 분해에 따른 낙엽의 질소함량 증가, 분해 후기에서는 난분해성 물질이 소실되는 것으로 알려져 있다^{4,5)}. 낙엽의 리그닌, 질소, 인의 함량에 따라 낙엽의 분해에 영향을 주게 되는데, 특히 초기 리그닌/질소의 비가 낙엽 분해율에 가장 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 리그닌/질소 비가 낮을 경우 낙엽의 분해속도가 상승하는데, 질소의 함량이 리그닌보다 높을 경우 리그닌의 함량이 낙엽 분해율에 더 큰 영향을 주는 것으로 보고되었다⁶⁾. 이러한 낙엽은 생태계에서 양분의 순환을 위해 꼭 필요한 물질로⁷⁾, 기후, 토양,

주변 환경 등의 다양한 요인들의 상호작용에 영향을 받는다⁸⁾. 연중 생산이 계속적으로 이루어지는 침엽수 낙엽의 경우, 특히 봄과 가을에 낙엽의 발생이 집중되는데, 봄의 경우 대부분 겨울눈의 비늘과 낙화에 의한 것으로 보고되었다⁹⁾. 이 낙엽이 꾸준히 쌓이면서 특히 3-4월의 계절풍의 영향으로 인해 산림의 건조가 심화되어 함수량이 10% 이하로 낮아지면서, 산불의 가연원에 원인이 되며, 침엽수 낙엽 층이 지속적으로 쌓여 축적되어 산불 대형화에 원인이 될 수 있기 때문에¹⁰⁾, 침엽수 낙엽의 새로운 활용 기술 개발을 통해 숲가꾸기 사업 및 산림자원 활용 등으로 더욱 많은 양이 산림에 방치되고 있는 임지부산물 낙엽의 자원화가 필요한 실정이다. 실제 이러한 낙엽의 활용을 위해 바이오에탄올 원료로의 활용¹¹⁾, 낙엽 분해에 따른 양분 특성¹²⁾, 분해에 따른 영양염류 함량 변화¹³⁾ 등 다양한 연구들이 진행되었으나, 낙엽을 소재로써 활용하고자 진행한 연구는 현재까지 많이 이루어지지 못했다.

본 연구에서는 대표적인 침엽 수종인 소나무와 잣나무로부터 유래되는 침엽수 낙엽을 소재로 활용하기 위한 특성분석 등의 기초연구를 수행하였고 이를 통해 기능성 펄프몰드의 제조를 위한 원료로써 적용가능성을 평가하여 보았다. 특히, 침엽수 낙엽과 생잎의 비교평가를 통하여 형태적, 화학적 특성을 자세히 알아보았으며 표면 관능기 분석, 성분분석을 통해 수종별 생잎과 낙엽의 화학적 특성을 자세히 알아보았다. 또한 펄프몰드 제조 시 수종별 생잎과 낙엽을 적용하여 펄프몰드의 품질변화와 기능성 발현 정도를 평가함으로써 침엽수 낙엽의 소재화 가능성을 모색하여 보았다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에서는 충남대 학술림에서 소나무와 잣나무의 생잎과 낙엽을 채취 및 수집하여 본 실험에 적용하였다. 특성분석을 위하여 23℃, 상대습도 50%의 항온항습 조건에서 24시간 동안 기건시킨 후 분쇄하여 40~60 mesh로 분쇄분을 분급하고 이를 시료로 준비하여 사용하였다.

2.2 구조적 특성 평가

2.2.1 전자주사현미경을 이용한 잎의 형태적 특성 평가

소나무와 잣나무의 생잎과 낙엽의 표면과 단면을 관찰하기 위하여 전자주사현미경(field emission scanning electron microscope, FE SEM, Philips XL30 ESEM TMP)을 이용하여 평가를 실시하였다. 침엽수를 동결시킨 후 횡단면을 절삭 후 초임계 건조기(critical point dryer, CDP 030)로 건조 후 미세 구조를 평가하였다.

2.2.2 분쇄 특성 및 색도 평가

원료의 분쇄적성을 평가하기 위하여, 실험실용 칼날분쇄기로 소나무와 잣나무의 생잎과 낙엽을 약 1분간 분쇄한 후 시료 분급기에 10, 30, 40, 60, 100, 150, 200, 400 mesh를 설치 후 약 10분간 진동을 가하여 각 메쉬별 분급비를 조사하였다. 또한 60 mesh 통과분을 대상으로 시료의 색도를 비교 평가하였다.

2.2.3 원료 별 수분 보수성 평가

원료의 종류에 따라 수분 보수성 정도를 비교평가하기 위하여 분급한 소나무와 잣나무의 생잎과 낙엽을 생잎과 낙엽을 이용하여 보수도(WRV, Water Retention Value)를 평가하였다. 보수도는 일정크기로 분쇄된 시료들을 일정시간동안 물에 침지시켜 포수시킨 후 TAPPI UM 256에 의거하여 시료의 보수도를 측정하여 평가하였는데, 이때 Crucible filter를 이용하여 침지된 시료를 21±3℃, 900G로 30분간 원심 분리 후 원료의 무게(W1)를 측정 한 후 105℃에서 건조시켜 원료의 전건무게(W2)를 다시 측정하여 Eq.1에 의해서 WRV(%)를 도출하였다.

$$WRV(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \text{ ----- Eq. 1}$$

W₁ = 원심분리 후 펄프의 무게(g)

W₂ = 원심분리 후 건조된 펄프의 무게(g)

2.3 화학적 특성 평가

2.3.1 생잎과 낙엽의 화학적 성분분석

소나무와 잣나무의 생잎과 낙엽에서 화학적 조성분의 차이를 비교평가하고자 분쇄된 시료를 각각 40~60 mesh로 분급하여 TAPPI 표준분석법에 의거 화학적 조성 분석을 실시하였다. 우선 온수추출(TAPPI StandardMethod T207 cm-99) 및 알코올-벤젠(50:50)

추출(TAPPI StandardMethod T204 cm-97)을 실시하고, 이어서 셀룰로오스 함량분석(TAPPI Standard Method T203 cm-99)과 리그닌의 함량을 Klason-lignin법(TAPPI Standard MethodT222 om-02)을 이용하여 평가하였다. 시료 내의 ash함량(TAPPI Standard Method T211 om-93)측정은 525℃±25에서 4시간 동안 연소시킨 후 측정하였다.

2.3.2 생잎과 낙엽의 화학적 관능기 평가

소나무와 잣나무의 수종 별 생잎과 낙엽의 관능기를 비교평가하기 위하여 적외선분광분석장치(fourier transform infrared spectroscopy, FT-IR)을 사용하여 관능기 평가를 실시하였다. 소나무와 잣나무의 생잎과 낙엽을 각각 분리 후 분쇄 전처리 한 시료를 이용하여 분석을 실시하였으며, 전반사측정(attenuated total reflectance, ATR) 분석 시 발생하는 peak point를 파악 한 후 관능기를 분석하였다.

2.4 펄프물드 적용 특성 평가

2.4.1 생잎과 낙엽을 혼합한 펄프물드 제조

생잎과 낙엽의 수종별 펄프물드 적용성을 알아보고자 침엽수 미표백 크라프트(Ubleached Kraft Pulp) 펄프와 일정비율로 배합하고 실험실용 습식물드 성형기를 적용하여 펄프물드 시험편을 제조하였다. 여기서 UKP는 실험실용 Valley beater를 적용하여 약 20분간 해리하였고 준비된 UKP 지료에 40~60 mesh 로 분급된 소나무와 잣나무의 생잎과 낙엽을 각각 무게비로 10%, 20%, 30%로 각각 첨가하여 평량 200±10 g/m²의 조건으로 펄프물드를 제조하였다. 본 실험에서 제조된 각 펄프물드 시험편의 제조조건은 Table 1에 나타내었다

Table 1. Compositions of the pulp mold samples

Sample#	Grammage (g/m ²)	UKP (w.t. %)	Fresh leaves (w.t. %)	Fallen leaves (w.t. %)
1	200	100		
2		80	10	
3		60	20	
Pinus densiflora, 4		40	30	
Pinus koraiensis 5		80		10
6		60		20
7		40		30

2.4.2 펄프몰드의 강도적 특성 평가

침엽수잎의 적용에 따른 펄프몰드의 강도적 특성변화를 평가하기 위하여 인장강도측정기를 적용하여 평가하였다. 제조된 펄프몰드 시료를 각각 24시간 조습처리(온도 23±1℃, RH 50%) 한 후 가로, 세로 각각 2 cm로 절삭 하여 인장강도를 측정하였다.

2.4.3 침엽수 잎 적용에 따른 펄프몰드의 항발현 특성 평가

수종별 생잎과 낙엽의 첨가량에 따라서 제조된 펄프몰드 시료에서 항발현 특성을 관능평가 기법을 통해 비교 평가하였다. 항발현 특성의 관능평가는 각 펄프몰드 시료를 24시간 조습처리(온도 23±1℃, RH 50%) 한 후 약 50명을 대상으로 10점 척도 평가법을 적용하여 항발현 정도를 평가하였다¹⁴⁾.

소나무와 잣나무의 생잎과 낙엽의 잎의 구조적 특성을 비교·평가하고자 세척 및 동결건조를 실시하여 잎의 단면 및 표면 촬영하였다. 소나무 단면은 반원 형태를 나타냈으며, 잣나무의 경우 삼각형의 형태의 단면이 관찰되었다. 낙엽의 경우 생잎과는 달리 건조가 진행되면서 수축하여 소나무와 잣나무 모두 수축하여 찌그러진 형태로 관찰되었다. Fig.1에서 볼 수 있듯이 잎의 겉 층은 큐티클 층이 전체를 감싸고 있었으며, 그 안쪽에는 겉피(epidermis)안에 내표피(hypodermis)가 존재하고 있어 내부의 수분증발을 억제 시키는 구조를 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 그리고 수지구(resin duct), 엽육조직(Mesophyll)이 분포하였고, 그 안쪽에는 사부(phloem)와 목부(xylem) 조직이 분포하는 것을 확인하였다¹⁵⁻¹⁷⁾

3. 결과 및 고찰

3.1 구조적 특성 평가

3.1.1 외관 특성 평가

3.1.2 분쇄적성 및 색도 비교 평가

실험실용 분쇄기를 적용하여 침엽수 잎의 종류별 분쇄적성을 비교평가하였다. Fig. 3에서 보여지는 바와 같이 낙엽의 경우 생잎에 비해 잎 내부의 수분과 추출물 등의 함량이 적어서 분쇄가 상대적으로 쉽게 이루어져서 같은 조건에서 분쇄 시 상대적으로 크기가 큰 분쇄물이 많이

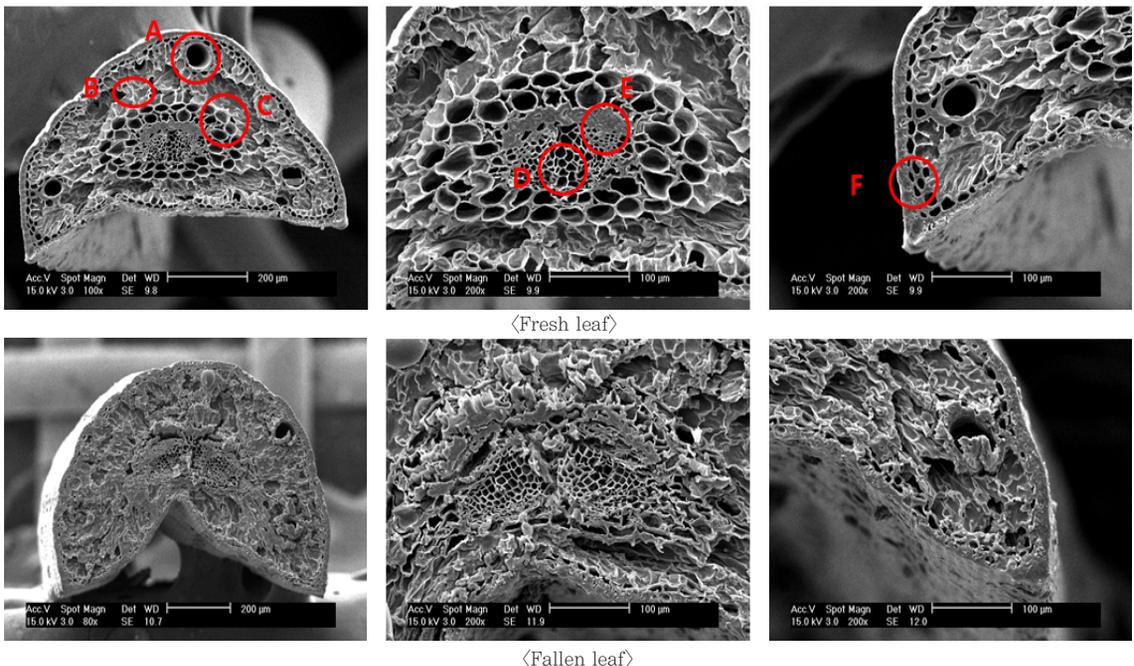


Fig. 1. Scanning electron microscopy image of the cross section of *Pinus densiflora* leaves.

(A: Resin duct // B: Mesophyll // C: Endodermis // D: Xylem // E: Phloem // F: Cuticle, Epidermis, Hypodermis)

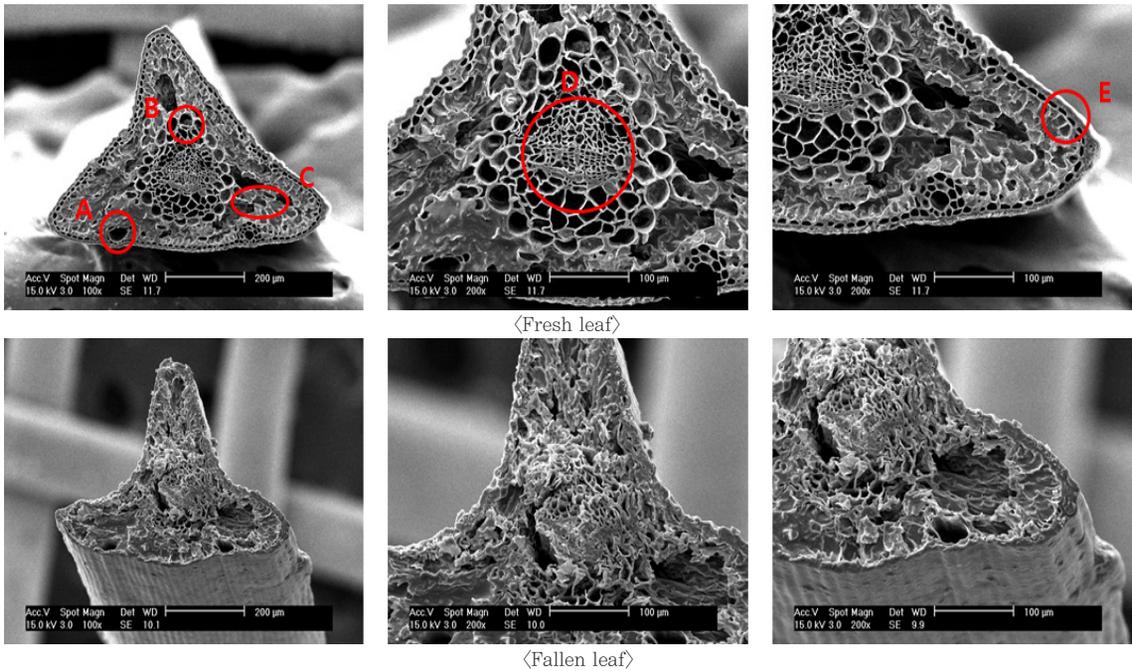


Fig. 2. Scanning electron microscopy image of the cross section of *Pinus koraiensis* leaves.
 (A: Resin duct // B: Endodermis // C: Mesophyll // D: Xylem, Phloem // E: Cuticle, Epidermis, Hypodermis)

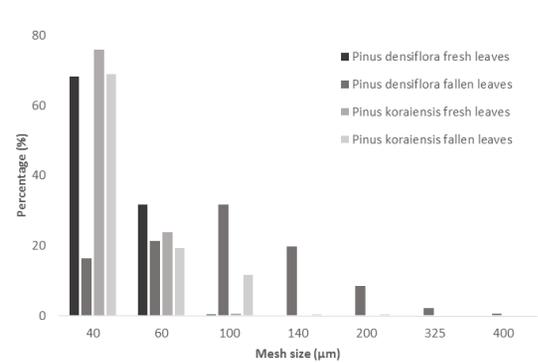


Fig. 3. Particle size distribution as the milling characteristics of the fresh leaves and the fallen leaves depending on the tree types.

존재함을 확인할 수 있었다. 또한 각 시료의 선풍성을 평가하여 정리한 Table 2에서 볼 수 있듯이 낙엽의 경우 표면이 건조되고 부숙되는 과정을 거치면서 생잎에 비해 짙은 색을 나타내는 것을 알 수 있다.

3.1.3 침엽수 잎의 수분 보수성

소나무와 잣나무의 생잎과 낙엽을 각각 40~60 mesh로 분급된 시료의 수분흡수특성을 보수도를 통해 비교분석하였다. Fig. 4에서 나타난 바와 같이 잣나무 생잎의 수분 보수성이 가장 높은 것으로 나타났는데, 이는 Fig. 6에 나타난 FT-IR 분석과 비교하였을 때, hydroxyl group의 피크가 가장 크게 나타나는 결과와 일치하는 것으로 판단하였다. 침엽수 생잎의 경우 낙엽에 비하여 소나무와 잣나무 모두 높은 수분 보수성을 가지고 있는 것으로 나타났는데,

Table 2. The color of each samples

Sample		Brightness (%)	L*	a*	b*
Pinus densiflora	Fresh leaves	13.37	55.24	- 1.36	20.88
	Fallen leaves	11.49	49.05	9.88	16.23
Pinus korainsis	Fresh leaves	13.07	54.04	- 0.51	19.28
	Fallen leaves	11.15	48.99	10.27	15.34

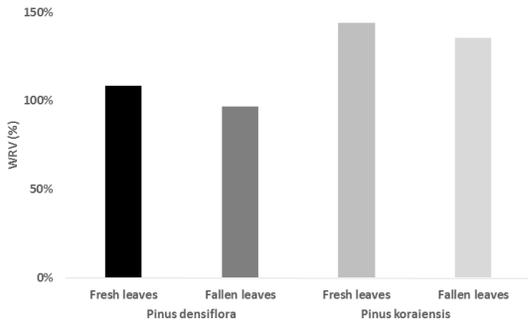


Fig. 4. Water retention values of the fresh leaves and the fallen leaves depending on the tree species.

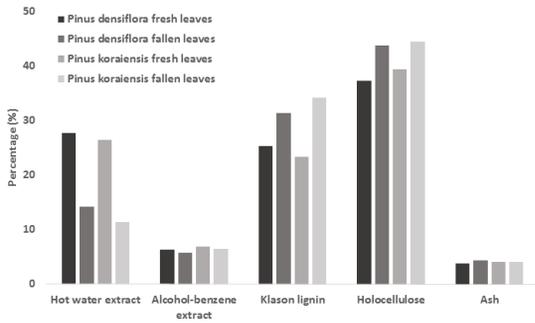


Fig. 5. Chemical compositions of the fresh leaves and the fallen leaves depending on the tree species.

낙엽의 경우 건조에 의한 수축, 표면 경화로 인해 세포조직의 경화로 수분 보수성이 생잎에 비하여 낮게 된 것으로 판단하였다.

3.2 화학적 특성 평가

3.2.1 화학적 구성 성분 비교평가

소나무와 잣나무의 수종별 생잎과 낙엽의 화학적 구성 성분을 각각 평가한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 온수 추출물이 소나무와 잣나무 생잎에서 각각 27.7%, 26.4%로 소나무와 잣나무 낙엽의 각각 14.2%, 11.4%의 온수 추출물에 비하여 높게 추출되었는데, 이는 생잎에서 낙엽이 되면서 수용성 물질이 소실되어 생기는 현상으로 판단하였다. 주요 구성성분의 비교평가에서 소나무와 잣나무의 생잎의 리그닌 함량이 각각 25.3%, 23.4%로

소나무, 잣나무 낙엽의 31.3%, 34.1%에 비하여 낮게 나타났다으며, 소나무와 잣나무 생잎의 홀로셀룰로오스 함량이 각각 37.3%, 39.3%로 낙엽의 43.8%, 44.4%에 비하여 낮은 것으로 평가되었는데 이는 낙엽의 경우 추출물 함량의 변화가 상대적으로 크게 나타나고 나머지 셀룰로오스 및 리그닌 등의 주요구성성분의 함량에서는 큰 변화가 없기 때문에 상대적으로 그 구성성분비가 높아진 결과인 것으로 판단되었다.

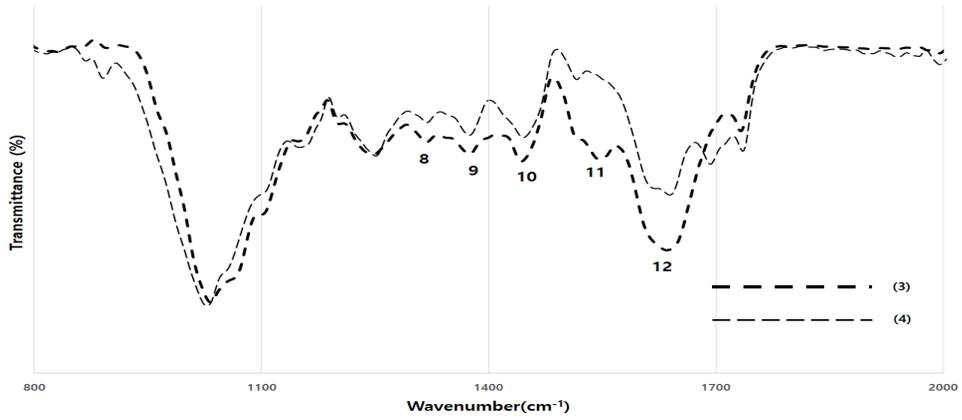
3.2.2 FT-IR를 이용한 표면특성 평가

소나무와 잣나무 잎의 표면화학적 특성을 FT-IR로 분석한 결과를 Fig. 6에 나타냈으며, 특정 관능기를 나타내는 파장의 경우에는 스펙트럼 내 피크 위치에 숫자를 넣어 기입하였다. FT-IR은 특정 파장에서의 화학적 관능기의 존재여부를 확인할 수 있으며, 스펙트럼에서 1(1241 cm^{-1})은 aromatic CO- 와 phenolic -OH stretch^{18~20}), 2, 3, 8, 9(1320 cm^{-1} , 1367 cm^{-1} , 1317 cm^{-1} , 1376 cm^{-1})는 1326 cm^{-1} 부근은 C-O 페놀의 신축, 1378 cm^{-1} 부근은 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스의 C-H 결합 진동²¹), 4, 5, 10, 11(1442 cm^{-1} , 1609 cm^{-1} , 1445 cm^{-1} , 1546 cm^{-1})은 1400~1600 cm^{-1} 부근에서 aromatic C=C 성분²²), 이중 1610 cm^{-1} 부근은 C=C 신축 진동은 β -diketone²³), 6, 12(1690, 1641 cm^{-1})은 1650~1700 cm^{-1} 로 카르복실기와 방향족 케톤에 의한 C=C 신축 진동²³), 7(1731 cm^{-1})은 C=O, C-O의 에스테르 결합의 신축진동¹⁸), 13(3316 cm^{-1})은 3100~3600 cm^{-1} 로 수소결합의 O-H stretch²⁴)를 존재를 나타내는 것을 확인하였는데, 소나무 잎의 주된 흡착 기능기는 -OH로 판단 보고한 자료를 참조 할 때²⁵), 생잎과 낙엽의 OH기 함량차이 및 시료내에 포함 된 수지, 수분 등의 함량으로 인해 차이가 난 것으로 판단되었다.

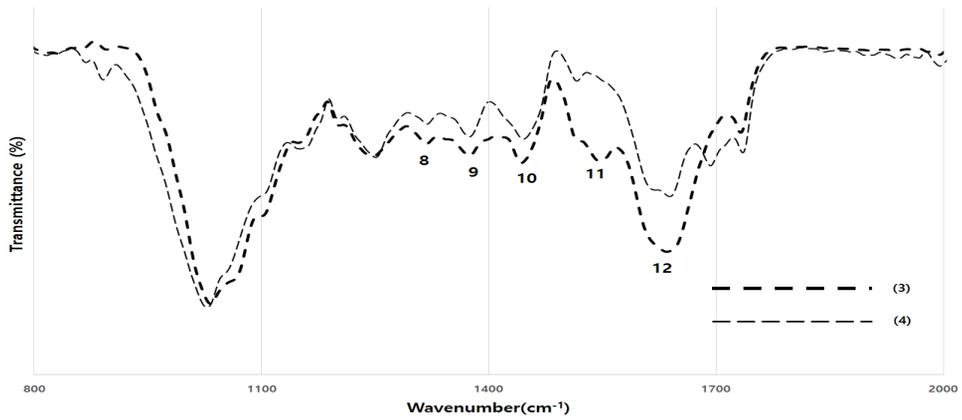
3.3 침엽수 잎의 펄프몰드 적용성 평가

3.3.1 침엽수 잎 투입에 따른 펄프몰드의 물성변화

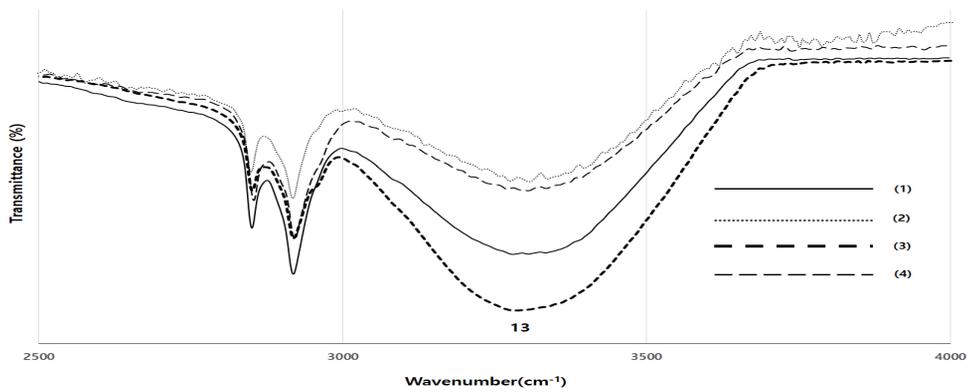
기능성 펄프몰드의 제조를 위하여 펄프몰드 제조시 침엽수 잎의 적용 가능성을 평가하였다. 소나무와 잣나무의 생잎과 낙엽을 각각 분쇄 및 40~60 mesh로 분급한 시료를 기존의 펄프몰드 제조용 원료인 미표백 펄프와 혼합하여 펄프몰드를 제조하고 그 물성 변화를 비교평가



〈a. *Pinus densiflora*〉



〈b. *Pinus koraiensis*〉



〈c. FT-IR spectrum between 2500~4000 nm range〉

Fig. 6. FT-IR spectrum of the fresh leaves and the fallen leaves depending on the tree species,
 (1) *Pinus densiflora* fresh leaves, (2) *Pinus densiflora* fallen leaves, (3) *Pinus koraiensis* fresh leaves, (4) *Pinus densiflora* fallen leaves.)

하였다. Fig. 7에서 나타난 바와 같이 침엽수 잎의 투입량에 비례해서 펄프몰드의 강도는 낮아지는 것을 볼 수 있고, 이러한 현상은 생잎의 투입시 낙엽에 비해 더 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이는 생잎의 경우 다양한 정유성분이^{26,27)} 낙엽에 비하여 많이 포함되어 있어서 펄프몰드 제조시 목재섬유와의 수소결합 등이 원활하게 이루어지지 않은 결과로 판단되었다. 소나무 잎의 적용시 잣나무 잎의 경우보다 강도적 특성의 저하가 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

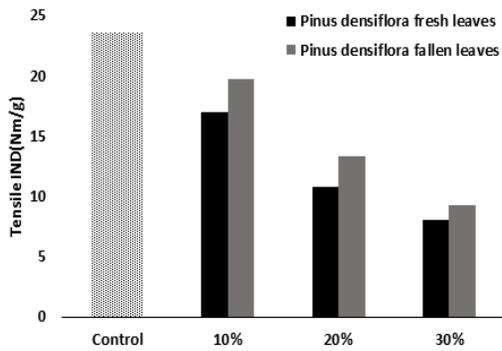


Fig. 7. Change in tensile index and bulk depending on *Pinus densiflora* leaves contents.

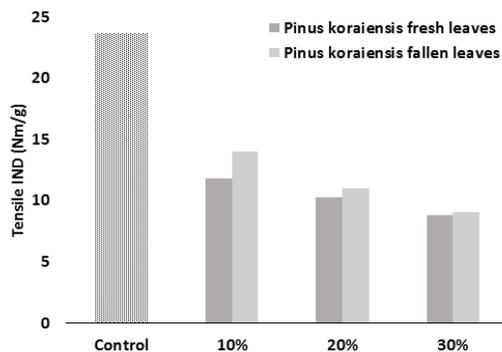


Fig. 8. Change in tensile index and bulk depending on *Pinus koraiensis* leaves content.

3.3.2 침엽수 잎의 첨가에 따른 펄프몰드의 기능성 발현 특성

침엽수 잎이 포함하고 있는 다양한 기능성을 가진 정유성분은 지속적으로 발산이 이루어지는, 이러한 침엽수 잎을 투입하여 제조된 펄프몰드에서 기능성 성분의 발산 정도를 평가하기 위하여 각 펄프몰드의 침엽수 향 발현 특성의 관능평가를 실시하였다. Fig. 9에서 나타난 바와 같이 소나무와 잣나무의 생잎을 첨가하였을 때 낙엽에 비해 향 발현특성이 높았으며, 잣나무가 소나무에 비해 향 발현특성이 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 실제 소나무와 잣나무 잎의 정유성분 함량을 평가한 기존의 보고에 따르면 소나무와 잣나무가 각각 0.12, 0.20%²⁶⁾로 잣나무의 정유 함량이 더 높은 것으로 보고되었는데 이러한 영향에 의해 차이가 나타나는 것으로 판단되었다.

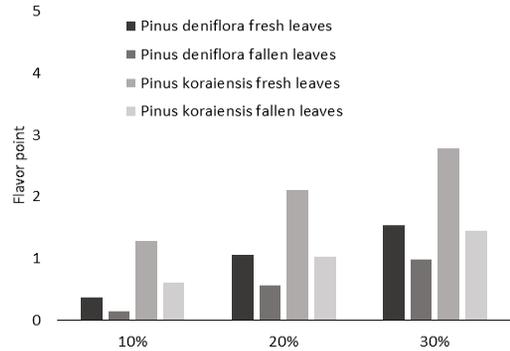


Fig. 9. Comparison of Flavor intensity of the pulp mold samples made of the fresh leaves and the fallen leaves.

4. 결론

본 연구에서는 국내 산림에서 발생되는 임지부산물 중 침엽수 낙엽의 고도활용을 위한 방안을 모색하고자 침엽수 잎의 수종별 생잎과 낙엽의 특성을 비교평가하였고 이를 바탕으로 친환경 포장소재인 펄프몰드의 기능성 부여를 위한 소재로서 적용성을 평가하여 보았다. 소나무와 잣나무 수종 별 생잎과 낙엽의 형태적 특성 비교 결과, 침엽수 낙엽의 경우 생잎에 비해 건조 등이 진행되면서 전체적으로 수축된 구조를 가지고 있는 것을 확인하였고 실제 건조 및 부식 등이 이루어진 낙엽의 경우 분쇄가 생잎에 비해 쉽게 일어남으로써 가공성이 우수한

것을 확인할 수 있었다. 화학적 구성비 등을 비교평가한 결과 침엽수 생잎의 경우 추출물의 함량이 낙엽에 비해 온수추출물의 경우 약 2배 정도 많은 것을 확인할 수 있었는데 이러한 추출물의 소실로 인해 낙엽에서 셀룰로오스 및 리그닌 함량이 상대적으로 높게 평가되었다. 또한 FT-IR을 활용하여 침엽수 잎의 관능기를 평가한 결과 소나무와 잣나무 생잎의 경우 낙엽에 비해 추출성분의 함량의 peak 가 더 강하게 나타나고 수분보수성도 높은 것을 확인할 수 있었다. 기능성 정유성분이 포함된 침엽수 잎의 투입을 통해 펄프몰드의 기능성 부여가능성 여부를 평가한 결과 실제 침엽수 잎의 투입에 의해 펄프몰드 자체의 강도는 감소하지만 낙엽의 경우 감소폭이 상대적으로 낮은 것을 확인할 수 있었다. 침엽수 잎이 포함된 펄프몰드에서 기능성 발현을 평가하기 위한 방안으로 향발현 특성의 관능평가를 실시한 결과 침엽수 낙엽이 침엽수 생잎에 비해 향 발현 특성이 낮게 나타났지만, 낙엽이 포함된 경우에도 일정 정도의 향이 지속적으로 발현 되는 것을 확인할 수 있었다. 침엽수 잎의 다양한 적용성을 평가한 결과들을 종합해볼 때 가공성이 우수한 낙엽의 투입으로 펄프몰드의 기능성 부여가 가능할 것으로 판단되며 향후 기능성의 발현을 강화시키기 위한 침엽수 잎 처리방안 및 펄프몰드 품질개선 기술이 보완된다면 그 활용가능성을 증진시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

사 사

본 연구는 산림청 '임업기술개발사업(과제번호: S211415L010130)'의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

Literature Cited

- Zhoh, C.K., Kim, K. R. and Kim, J.C., The effect of antibacteria and antioxidant activities from needle leaf tree, J. Soc. Cosmet. Scientists Korea, 33(4):269-273 (2007).
- Ham, K.J., Park, K.Y., Kim, M.S., Song, J-M., Lee, S.S. and Ok, Y.S., Research of monoterpenes content in the atmosphere of forest, Korea J. Soil Sci, Fert, 44(6):1226-1231 (2011).
- Moretto, A.S., R.A. Distel and N.G. Didoné, Decomposition and nutrient dynamic of leaf litter and roots from palatable and unpalatable grasses in a semi-arid grassland, App. Soil Eco, 18(1): 31-37(2001).
- Laskowski, R., M. Niklinska and M. Maryanski, The dynamics of chemical elements in forest litter, Eco, 76(5): 1,393-1,406(1995).
- Bockheim, J.G., E.A. Jepsen and D.M. Heisey, Nutrient dynamics of decomposing leaf litter of four tree species on soil in northern wisconsin, Can. J. For. Res, 21: 803-812(1991).
- Swift, M.J., O.W. Heal and J.M. Anderson, Decomposition in terrestrial ecosystems, Studies in Ecology Vol 5, Univ of California Press, Berkley and Los Angeles(1979).
- Gartner, T.B. and Cardon, Z.G., Site of leaf origin affects how mixed litter decomposes, Soil Biology and Biochemistry, 38:2307-2317(2006).
- Salamanca, E.F., Kaneko, N. and Katagiri, S., Effects of leaf littermixtures on the decomposition of *quercus serrata* and *pinus densiflora* using field and laboratory microcosm methods, Ecological Engineering10:53-73(1998).
- Mun, H. T. and Joo, H. T., Litter production and decomposition in the *quercus acutissima* and *pinus rigida* forests, Korean J. Ecol, 17(3) : 345-353(1994).
- Park, H. J., Kim, E. S., Kin, J. H. and Kim, D. H., A Combution characteristic analysis of *quercus variabilis* and *pinus densiflora* fallen leaves using radiation heat flux, J. of Korean Institute of fire Sci. & Eng, 21(3) : 41-46(2007).
- Choi, H. Y., Kim, J. H. and Pak, D. W., Comparison of pretreatment of fallen leaves for application evaluation by bio-ethanol raw material, Journal of Energy Engineering 23(3)

12. Lee, I. K., Lim, J. H., Kim, C. S. and Kim, Y. K., Nutrient dynamics in decomposing leaf litter and litter production at the long-term ecological research site in mt. gyebangsan, *J. Ecol. Field Biol.* 29(6) : 585-591(2006).
13. Won, H. Y., Oh, K. H., Pyo, J. H. and Mun, H. T., Decay rate and nutrient dynamics during litter decomposition of *quercus acutissima* and *quercus mysinaefolia*, *Kor. J. Env. Eco.* 26(1) : 74-81(2012).
14. Oh, K. H. and Song, H. S., Sensory evaluation of seasoned soy sauce with hutgae (*Hovenia dulcis* Thunb) fruit and pear extracts, *Korean J. Food & Nutr.* 26(2) : 323-328(2013).
15. Lin, J., Jach, M. E. and Ceulemans, R., Stomatal density and needle anatomy of scots pine(*Pinus sylvestris*) are affected by elevated CO₂, *New phytologist* 15:665-674(2001).
16. ÜLO NIINEMETS, ALJONA LUKJANOVA, MATTHEW H. TURNBULL and ASHLEY D. SPARROW, Plasticity in mesophyll volume fraction modulates light-acclimation in needle photosynthesis in two pines, *tree physiology* 27 : 1137-1151(2007).
17. Keng, H. and Elbert L. Little Jr., Needle characteristics of hybrid pines, *Silvae Genet* 10(5) : 131-146(1961).
18. Chen, B., Zhou, D. and Zhu, L., Transitional adsorption and partition of nonpolar and polar aromatic contaminants by biochars of pine needles with different pyrolytic temperatures, *Environ. Sci. Technol.*, 42:5137-5143(2008).
19. Abrial, H., Kadriadi, D., Rodianus, A., Mastariyanto, P., Ilhamdi, Arief, S., Sapuan, S. M. and Ishak, M. R., Mechanical properties of water hyacinth fibers - polyester composites before and after immersion in water, *Materials and Design* 58:125-129 (2014).
20. Fiol, N., Escudero, C. and Villaescusa, I., Chromium sorption and Cr(VI) reduction to Cr(III) by grape stalks and yohimbe bark, *Bioresource Technology* 99:5030-5036 (2008).
21. Ghosh, M. K. and Ghosh, U. K. Utilization of pine needles as bed material in solid state fermentation for production of lactic acid by lactobacillus strains, *Bioresources* 6(2) : 1556-1575(2011).
22. Nam, K. Y. and Lee, J. S., Characteristics and dyeability of juniperus chinensis Extracts, *Korean Journal of Human Ecology*, 21(5) : 989-1004(2012).
23. Woo, H. J. and Lee, J. S., Dyeability and functionality of pine needles extract (part I) - characteristics of pine needles extract and dyeing Properties of cellulose fiber-, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 35(2) : 218-229(2011).
24. Lim, S. F., Zheng, Y. M., Zou, S. W. and Chen, J. P., Characterization of copper adsorption onto an alginate encapsulated magnetic sorbent by a combined FT-IR, XPS and mathematical modeling study, *Environmental Science and Technology* 42(7):2551-2556 (2008).
25. Kwon, T. N., Kim, H. A., An, S. J., Lee, C. H. and Jeon, C., Characteristics for removal of As(V) using phosphorylated pine needles, *J. of KORRA*, 19(1) : 79-85(2011).
26. Yun, M. S., Cho, H. M., Yeon, B. R., Choi, J. S. and Kim, S. M. Herbicidal activities of essential oils from pine, nut pine, larch and khingan fir in Korea, *Weed Truf. Sci.* 2(1) : 30-37(2013).
27. Hwang, H. J., Yu, J. S., Lee, H. Y., Kwon, D. J., Han, W., Heo, S. I. and Kim, S. Y., Evaluations on deodorization effect and anti-oral microbial activity of essential oil from *pinus koraiensis*, *Korean J. Plant Res.* 27(1) : 001-010(2014).