

건식펄프몰드 제조시 임목부산물 적용 효과

이지영¹, 이유진², 소형준³, 이윤노⁴, 성용주^{5†}

접수일(2023년 9월 15일), 수정일(2023년 10월 21일), 채택일(2023년 10월 23일)

Effects of Application of Wood By-products to Hot Pressed Pulp Mold

Ji Yong Lee¹, Yu-jin Lee², Hyung-Jun So³, Yoon-No Lee⁴, Yong Joo Sung^{5†}

Received September 15, 2023; Received in revised form October 21, 2023; Accepted October 23, 2023

ABSTRACT

The hot pressed pulp mold is one of the promising packaging materials as an alternative plastic packaging material since the hot pressed pulp mold not only is made with natural wood fibers but also has relatively high mechanical properties and good surface properties. Although the hot pressing drying process of the hot pressed pulp mold could increase strength properties, the bulk and the bulk related properties such as insulation could be decreased. In order to increase the applicability of the hot pressed pulp mold, this study assessed the effects of application of the different types of wood by-product such as bark and leaves, on the bulk and the tensile strength of hot pressed pulp mold. The addition of wood by-products resulted in the increase of bulk but the decrease of tensile strength. The loss of tensile strength was compensated by the addition of starch as a strength additive.

Keywords: *Pulp mold, press drying, wood by-product, bulk, tensile index*

1 경상국립대학교 환경재료과학과/농업생명과학연구원(Department of Environmental Materials Science/IALS, Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Republic of Korea), 교수

2 충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과(Department of Biobased Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University), 대학원생

3 충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과(Department of Biobased Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University), 학부생

4 주식회사 나누(Nanu Co., Ltd.), 대표이사

5 충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과(Department of Biobased Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University), 교수

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: yosung17@cnu.ac.kr (Address: Department of Biobased Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University, Daejeon, 34134, Republic of Korea)

1. 서론

사회의 발전과 더불어 편의성을 추구하는 생활패턴의 변화와 다양한 상품들의 온라인 유통이 일상화되면서 플라스틱 기반의 일회용품과 포장재의 사용량이 크게 증가하였고,¹⁾ 이에 따른 폐기물의 발생량 증가로 인한 환경오염 문제가 더욱 심각하게 대두되고 있다.²⁾ 이러한 환경오염에 대응하기 위한 방안으로 현재 많은 국가에서는 플라스틱 폐기물의 감축을 위한 탈플라스틱 정책을 주요한 정책으로 시행하고 있는데, 이에 따라 기존 플라스틱 포장재를 대체할 수 있는 친환경 소재로서 펄프몰드 기반의 포장재와 같은 재활용 가능한 일회용품 등에 대한 관심이 더욱 커지고 있다.

펄프몰드는 목재섬유를 기반으로 제조되는 완충·단열 포장재로서 천연물질로 구성됨에 따라 생분해성과 재활용성이 우수할 뿐만 아니라 다양한 형태의 구조로 제품 제조가 가능하여 기존의 플라스틱 용기나 포장재 구조를 대체하여 활용할 수 있어 많은 관심의 대상이 되고 있다.³⁻⁴⁾ 이에 펄프몰드의 품질과 활용성을 증대시키기 위해 펄프몰드 공정 최적화, 원료 다양화 및 구조적 특성 조절 등의 다양한 펄프몰드 관련 연구들이 지속적으로 수행되고 있다.⁵⁻⁹⁾ 펄프몰드는 성형 이후 열풍건조 등의 방법으로 제조되는 습식펄프몰드 제조방식과 압착 건조방식으로 제조되는 건식펄프몰드 제조방식으로 제조될 수 있는데, 건식펄프몰드 제품의 경우 습식펄프몰드 제품과 달리 건조 시 압착역제 건조가 이루어짐에 따라 치수안정성이 우수한 정교한 규격의 제품을 제조할 수 있는 방법으로 기존 플라스틱 제품을 대체할 수 있는 품질을 확보할 수 있는 장점이 있다. 이러한 건식펄프몰드의 품질을 좀더 개선하기 위하여 펄프 종류 및 공정조건에 따른 영향 등을 평가한 연구¹⁰⁾가 보고된 바 있으나, 플라스틱 제품을 대체하여 다양한 용도로의 적용이 가능하도록 건식펄프몰드 품질 및 기능성 강화를 위한 체계적인 기반 연구들이 더욱 필요한 상황이다.

기존의 임목부산물물은 대체로 분쇄 및 분말화하여 펠릿으로 제조해 연료로 사용되거나 분말화 한 후 별도의 처리 없이 퇴비, 깔개 등의 제한적인 용도로 사용되어 왔다. 이러한 용도 이외에 임목부산물물의 활용 확대를 위한 소재화 연구가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 건식펄프몰드의 공정효율과 구조적 특

성을 개선하기 위한 방안으로 다양한 임목부산물물의 적용 효과를 비교평가하여 보았다. 국내 산림자원의 벌목 및 제품화 과정 중 수피와 잎 등의 임목부산물물이 지속적으로 발생됨에 따라 이의 활용 가치 증대를 통한 임목부산물 자원화는 경제적 강화와 친환경적 제품 제조와 관련하여 의미가 클 것으로 판단하여 본 연구를 실시하였다. 임목부산물물의 적용성을 증대시키기 위한 방안으로 물리적 전처리를 실시하여 건식펄프몰드 적용 시 형태적 특성을 조절하고 건식펄프몰드 공정조건을 변화를 통해 적용 효과를 극대화하기 위한 효과들을 비교평가하였다. 이를 통해 임목부산물물의 건식펄프몰드 적용 효과를 최적화하기 위한 방안을 모색하여 보았다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 펄프

본 연구에서는 펄프몰드 제조원료로 P사에서 분양받은 활엽수 표백 크라프트 펄프(hardwood bleached kraft pulp, BKP)를 사용하였다. 건식펄프몰드 제조를 위해 펄프를 실험실용 밸리비터(valley beater)로 30분간 해리하였으며, 이때 해리 펄프 지료의 여수도는 670 mL CSF 수준으로 조성하여 본 연구에 사용하였다.

2.1.2 임목부산물

본 연구에서는 주로 벌목된 국산목재의 제재 및 목재칩 제조과정에서 발생하는 침엽수 잎, 침엽수 수피 및 활엽수 수피를 국내 P사로부터 분양받아 사용하였다. 국내산 임목부산물과 비교평가를 위해 탄성과 신축성, 다공성 등 원물 자체 특성으로 펄프몰드의 특성을 향상시키는데 적절할 것으로 판단되는 활엽수 수피 유래 코르크를 사용하였는데, 미가공된 코르크 수급이 어려워 포르투갈 A사에서 분양받은 분말 코르크를 사용하였고, 각각의 임목부산물물은 건식펄프몰드 제조 시 적용을 위해 분쇄 및 분급 등의 전처리를 실시하여 본 실험에 사용하였다.

분쇄 및 분급은 바이오매스 분쇄에 통상적으로 사용되는 나이프밀을 사용하여 분쇄하였고 이후 분쇄된 임목부산물을 35 mesh, 60 mesh, 100 mesh로 분급처리하였다.

2.1.3 전분

본 연구에서는 임목부산물 적용에 따른 강도 저하 등의 영향을 보완하기 위한 방안으로 천연 지력증강제로서 S사에서 분양받은 전분(옥수수 전분)을 호화시켜 5% 농도로 희석하여 첨가함으로써 적용 효과를 평가하였다.

2.2 건식펄프몰드 제조

2.2.1 임목부산물 적용 건식펄프몰드 제조방법

건식펄프몰드 시편의 제조를 위해 실험실용 펄프몰드 성형기를 사용하여 펄프원료에 임목부산물 및 첨가제를 첨가 후, 충분히 섞이도록 교반하여 평량 $250 \pm 10 \text{ g/m}^2$ 의 펄프몰드 시편을 제조하였다. 습식성형 시 성형 와이어는 60 mesh 와이어를 적용하였으며, 성형 진공압력은 0.04 MPa로 설정하여 진공 성형하였다. 펄프몰드 성형 시 임목부산물 첨가량은 10%, 20%, 30%, 전분 첨가제의 첨가량은 1%, 5%, 10%로 서로 다르게 조절하였는데 공정조건에 미치는 영향을 평가하기 위한 임목부산물의 표준투입량은 전건무게 대비 10%로 하여 시편을 제조하였고, 이후 압착역제 건조 시 압력 조건 0 bar, 1.8 bar, 3 bar, 6 bar로 조절하여 그 영향을 비교평가하기 위한 펄프몰드 시료를 제조하였다.

2.2.2 건식펄프몰드 압착역제건조 방법

건식펄프몰드 시편 제조를 위해 성형 후 압착역제 건조를 실시하였고 이때 공정조건을 조절하여 공정에 미치는 영향 등을 비교평가하였다. 압착역제 건조 시 압착프레스의 압력은 각각 1.8 bar, 3 bar, 6 bar로 설정하여 시편을 제조하였으며, 이때 프레스 양면의 열판온도는 150°C로 유지하여 시편을 제조하였다. 물성 평가를 위한 표준시편의 제조 시 압착압력 6 bar, 1분 30초 압착건조를 표준 압착조건으로 하여 건식펄프몰드 시편을 제조하였다.

2.3 건식펄프몰드 물성 평가

2.3.1 벌크 평가

건식펄프몰드 시편은 온도 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $50 \pm 2\%$ 의 조건에서 24시간 동안 조습처리하였으며, 조습처리 이후 평량은 KS M ISO 536에 의거하여 측정하였고 밀도 및 벌크는 KS M ISO 534에 의거하여 평가하였다. 벌크를 측정하기 위해 두께 측정기(Dial indicator, Mitutoyo, 2046-08, Japan)를 사용하였다.

Table 1. Manufacturing condition of pulpmold according to application of wood by-product

Sample#	Type of wood by-product	size (mesh)	Amount of wood by-product(%)	Addition amount	Pressure condition (bar)
Control	-	-	-	-	6
A-1	Hardwood bark	35-60	10	-	6
A-2	Softwood leaf	35-60	10	-	6
A-3	Softwood bark	35-60	10	-	6
A-4	Cork	35-60	10	-	6
B-1	Softwood bark	< 35	10	-	6
B-2	Softwood bark	60-100	10	-	6
B-3	Softwood bark	> 100	10	-	6
C-1	Hardwood bark	35-60	20	-	6
C-2	Hardwood bark	35-60	30	-	6
D-1	Softwood bark	35-60	10	1	6
D-2	Softwood bark	35-60	10	5	6
D-3	Softwood bark	35-60	10	10	6
E-1	Softwood bark	35-60	10	-	1.8
E-2	Softwood bark	35-60	10	-	3

2.3.2 인장강도 평가

조습처리된 건식펄프물드 시편을 TAPPI Standard T494 om-88에 의거하여 인장강도를 측정 및 평가하였다. 인장강도 측정을 위해 인장강도 측정기(STB-1225S, AND)를 사용하였다.

2.3.3 표면구조 평가

제조한 건식펄프물드 샘플의 표면구조를 평가하기 위해 광학현미경(Optical microscope, GLOBAL4U, GB-882)을 사용하여 관찰하였다.

2.3.4 단열성 평가

건식펄프물드 시편을 일정한 온도로 설정된 열판위에ంచి하고 열판과 접촉되지 않은 시편의 반대편 표면온도의 변화를 '비접촉식 적외선 온도계(Infrared thermometer, Bosch, GIS 500)'로 측정하였다. 적용한 열판의 온도와 시편 반대편으로 전달되는 온도의 차이를 통해 시편의 단열성을 평가하였다.¹¹⁾

수 잎의 경우 얇고 긴 형태를 가지고 있었으며, 코르크 분말입자는 균일한 모양으로 구성되어 있으며 입자 내에 공극이 많은 특성을 보였다.

임목부산물 입자의 형태적 특성을 자세하게 확인하기 위해서 바이오매스 분쇄에 통상적으로 사용되는 나이프 밀을 사용하여 분쇄하였고 이후 분쇄된 임목부산물을 분급처리하여 35-60 mesh 분급분을 현미경으로 관찰하여 Fig. 2에 나타내었다. 각각의 분급분의 이미지에서 볼 수 있듯이 활엽수 수피 분급분의 경우 침엽수 수피 분급분에 비해 상대적으로 섬유상 형태의 입자들이 일부 존재하는 것을 확인할 수 있었고 침엽수 잎의 경우는 대체로 섬유상의 구조를 가지는 것을 확인할 수 있었다. 코르크의 경우 분쇄가 잘 이루어지지 않는 특성을 가지며 입자상의 형태를 가지고 있는 것을 확인할 수 있었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 임목부산물의 기계적 전처리 및 분급 특성평가

본 연구에서 사용된 활엽수 수피, 침엽수 수피, 침엽수 잎 및 코르크 분말의 종류에 따른 형태적 특성을 Fig. 1에 나타내었다.

침엽수 수피는 두께가 두껍고 상대적으로 크기가 큰 형태로 수급되었으며, 활엽수 수피는 침엽수 수피에 비해 폭이 좁고 얇은 형태를 나타내는 것을 확인하였다. 침엽

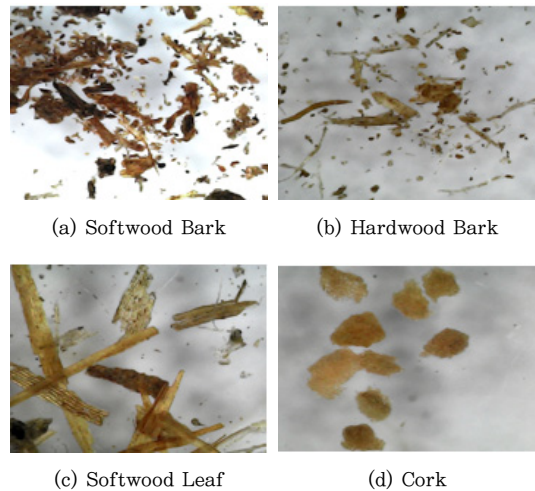


Fig. 2. The microscope images of 35-60 mesh fraction of the wood by-products.



Fig. 1. Morphological properties of wood by-products.

3.2 임목부산물 적용에 따른 건식펄프몰드 특성변화

3.2.1 임목부산물 종류별 적용에 따른 건식펄프몰드 구조변화

임목부산물의 종류에 따른 건식펄프몰드 적용효과를 비교평가하기 위하여 각각의 임목부산물을 분쇄하고 분쇄물을 35-60 mesh로 분급하여 분급분을 각각 전건무게 대비 10% 씩 적용하여 표준조건으로 건식펄프몰드 시험편을 제조하였다. 각각의 임목부산물을 적용한 건식펄프몰드의 구조를 현미경으로 확인하여 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3의 표면사진과 확대된 현미경 사진에서 볼 수 있듯이 침엽수 잎, 침엽수 수피 및 활엽수 수피는 상대적으로 균일하게 건식펄프몰드 제품에 분포되어 제품화되는 것을 확인할 수 있었으나, 코르크의 경우 습식성형 시 지료 속으로 분산이 용이하게 이루어지지 않아 제품상에서 뭉침이 두드러지게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 각각의 임목부산물들은 건식펄프몰드 구조 내에 펄프섬유와 섞여서 존재하는 것을 확인할 수 있었으나 코르크의 경우 균일한 배합이 이루어지지 않고 비중이 낮아 물속에서 뜨는 현상으로 인해 제품의 표면에 집중되는 현상을 나타내었다. 이러한 코르크 적용 시 발생하는 펄프지료와의 비균질 혼합의 문제는 Fig. 4에서 볼 수 있듯이 습식성형방법을 기반으로 하는 펄프몰드 제품의 제조에서 표면에 코르크가 집중되어 표면 양면 불균일 문제를

가져온 것으로 확인되었다.

임목부산물 적용에 따른 건식펄프몰드의 벌크와 인장강도 변화는 Fig. 5에 나타내었다. 펄프섬유에 비해 상대적으로 큰 형태를 가지는 임목부산물의 적용은 건식펄프몰드의 벌크를 크게 증가시키는 것을 확인할 수 있었다. 분쇄 후 일정크기의 분급분을 적용하였으나, 분쇄특성 등이 각 임목부산물별로 다르게 나타남에 따라 벌크 및 인장강도에 미치는 영향은 각 임목부산물에서 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있었는데, 침엽수 수피의 경우 코르크와 유사하게 3차원 입자상의 구조를 가지는 특성으로 높은 벌크 증가율을 확인할 수 있었고, 침엽수 잎의 경우 섬유화되는 특성으로 다른 임목부산물에 비해 펄프섬유와의 결합과 접촉이 다양하게 이루어짐에 따라 상대적으로 높은 인장강도를 나타내는 것을 확인할 수 있었

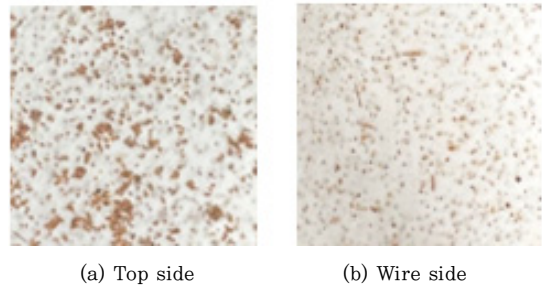


Fig. 4. The surface images of pressed pulp mold made with cork.

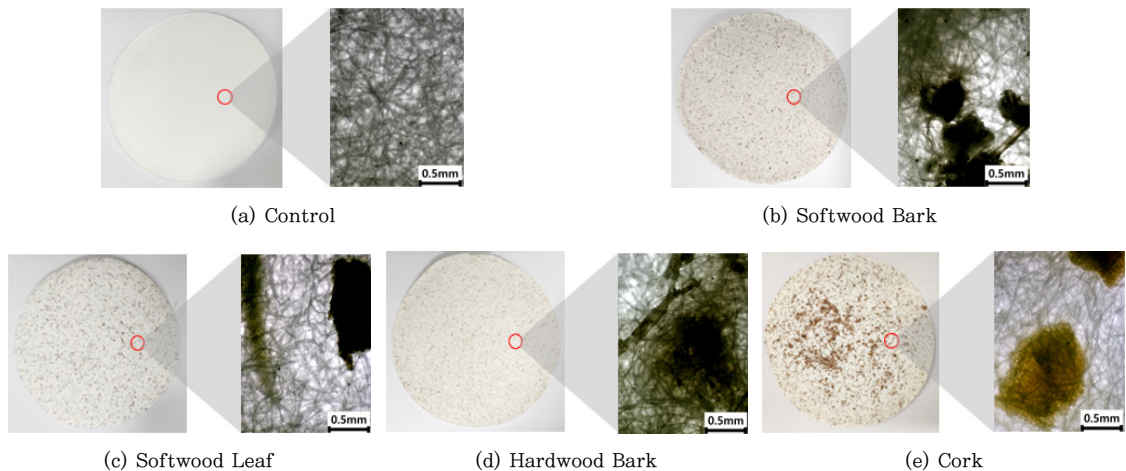


Fig. 3. The surface images of hot pressed pulp mold samples depending on the type of wood by-products.

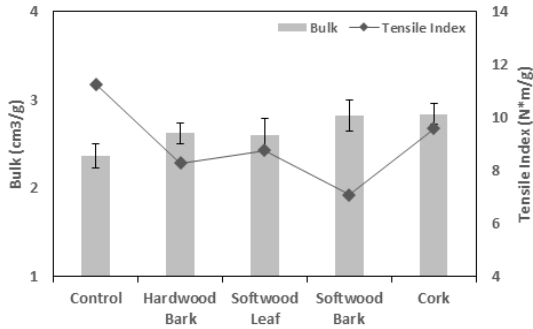


Fig. 5. The changes in bulk and tensile index of hot pressed pulp mold samples according to the addition of various wood by-products.

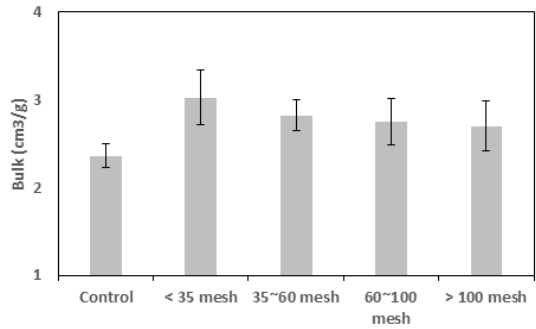


Fig. 6. The changed in the bulk of hot pressed pulp mold depending on the fraction size of softwood bark.

다. 대체로 임목부산물의 적용은 벌크증가와 인장강도의 저하를 가져오게 되나, 코르크의 경우에는 인장강도의 저하가 상대적으로 낮게 나타나는 것으로 확인할 수 있었다. 이는 Fig. 4에서 확인된 바와 같이 코르크의 적용 시 표면에 집중적으로 존재하게 됨에 따라 지필구조내의 섬유간 결합이 그대로 유지됨에 따라 나타나는 현상으로 판단되었다. 분쇄처리에 의해 개별 섬유상 구조를 나타내는 침엽수 잎의 경우 인장강도를 유지하며 벌크증가를 가져오는 효과를 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

3.2.2 임목부산물 크기별 적용에 따른 영향평가

건식펄프몰드의 벌크 특성은 제품의 단열성과 완충성 등에 영향을 미치는 포장소재로서 매우 중요한 특성이며 불균일성이 높은 코르크를 제외하고 상대적으로 벌크 향상 효과가 우수한 침엽수 수피의 크기별 적용을 통해 벌크조절 효과를 알아보았다. Fig. 6에서 나타난 바와 같이 분급을 통해 크기가 큰 입자를 적용할수록 벌크의 상승효과가 큰 것을 확인할 수 있었으나 35 mesh 이상의 상대적으로 조대한 분급분을 적용하는 경우 시편의 불균일성이 시각적으로 두드러지게 나타나 분쇄처리를 통한 35 mesh 이하의 분급분을 적용하는 것이 적절할 것으로 판단되었다.

침엽수 수피 분급분별 적용에 따른 구조변화가 건식펄프몰드 품질 특성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 각 시편의 단열성 변화 평가하였다. Fig. 7에서 나타난 바와 같이 임목부산물이 첨가되지 않은 대조구의 경우 단열에 의해 온도차이가 가장 낮게 나타났으며, 임목부산

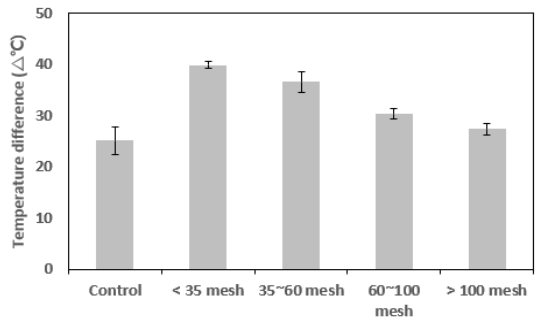


Fig. 7. The changes in the temperature differences as insulation property depending on the fraction size of softwood bark.

물의 크기별로 벌크가 높을수록 단열성이 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이는 벌크가 높을수록 펄프몰드 사이에 공극이 증가하여 열전도율을 감소시킨 것으로 판단된다.

3.2.3 임목부산물 첨가량에 따른 영향 평가

건식펄프몰드 제조 시 임목부산물의 적절한 첨가를 위하여 첨가량이 벌크와 인장강도에 미치는 영향을 알아보았다. 활엽수 수피 35-60 mesh 분급분을 전건무게 대비 10%, 20%, 30%로 각각 첨가하여 건식펄프몰드 시편을 제조하고 벌크와 인장강도를 평가하여 Fig. 8에 나타내었다. 임목부산물의 첨가량이 증가할수록 벌크는 증가하고 인장강도는 감소하는 경향을 나타내는 것을 확인할 수 있었고, 임목부산물의 적용량 증가를 통한 벌크의 향상을 가져오기 위해서는 이러한 인장강도의 저하를 상쇄

할 수 있는 방법이 필요함을 확인할 수 있었다.

3.2.4 전분적용에 따른 영향

임목부산물 적용에 따른 강도저하를 보완하는 방법으로 천연 지력증강제로서 전분의 첨가에 따른 영향을 평가하였다. 침엽수 수피 10% 첨가한 건식펄프몰드 제조 시 Fig. 9에서 나타난 바와 같이 첨가량이 증가할수록 인장강도의 증가 효과가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 5% 수준의 첨가에서 인장강도는 임목부산물이 적용되지 않은 건식펄프몰드 정도의 인장강도를 나타내는 것으로 나타났으며 이러한 전분의 첨가가 펄프몰드 형성 시 보류특성에 영향을 미침에 따라 벌크의 상승효과도 가져올 수 있음을 확인하였다.

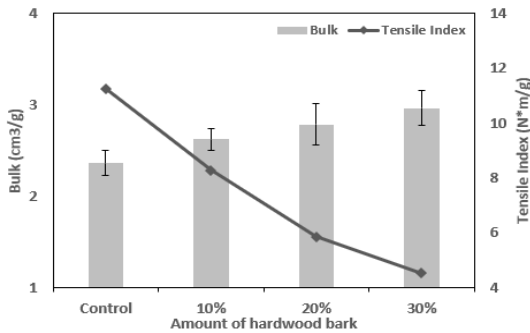


Fig. 8. The changes in bulk and tensile index depending on the addition amount of hardwood bark.

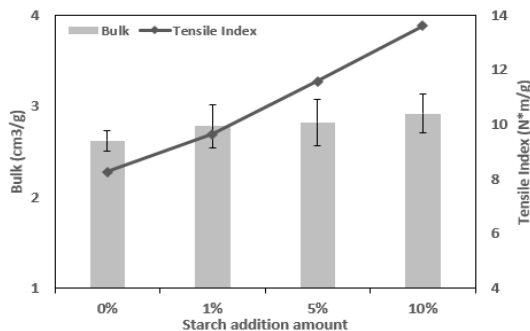


Fig. 9. The changes in bulk and tensile index of hot pressed pulp mold samples made with softwood bark depending on starch addition amount.

3.3 압착건조공정 조건에 따른 임목부산물 적용 효과 평가

건식펄프몰드 제조 시 압착건조공정에서 압착 압력의 변화가 건식펄프몰드 특성에 미치는 영향을 알아보았다. 임목부산물은 침엽수 수피를 적용하여 비교평가하였다. 침엽수 수피를 첨가하지 않은 표준조건에서 압착압력을 증가시키며 벌크와 인장강도의 변화를 평가하였을 때 Fig. 10에서 나타난 바와 같이 압착압력이 증가함에 따라 벌크는 감소하고 인장강도는 증가하는 결과를 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

건식펄프몰드 제조 시 압착건조는 건조 중 제품의 뒤림 등을 제한함으로써 제품의 치수안정성을 증가시키고 인장강도를 향상시키는 장점을 가지지만 제조된 펄프몰드의 벌크를 감소시켜 단열성 등의 품질적 특성을 저하시키는 단점이 있다. 이때 임목부산물의 적용을 통해 건식펄프몰드의 벌크감소를 상쇄할 수 있는지 여부를 확인해보았다. 이를 위해 침엽수 수피를 10% 첨가하여 제조하는 건식펄프몰드 시험편 제조 시 압착압력을 조절하여 이에 따른 벌크변화를 평가하였다. Fig. 11에서 보여주는 것과 같이 침엽수 수피를 첨가하는 경우 그렇지 않은 경우에 비해 모든 압력조건에서 벌크가 향상되는 것을 확인할 수 있었고 이러한 효과는 압착건조를 실시하지 않고 건조하는 경우에 더욱 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 압착건조시에는 침엽수 수피 첨가에 따른 벌크 증대효과가 상대적으로 낮게 나타났으며 일정압력 조건에서 형성된 벌크의 차이는 압착압력이 높아져도 그대로 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 향후 건식펄프몰드

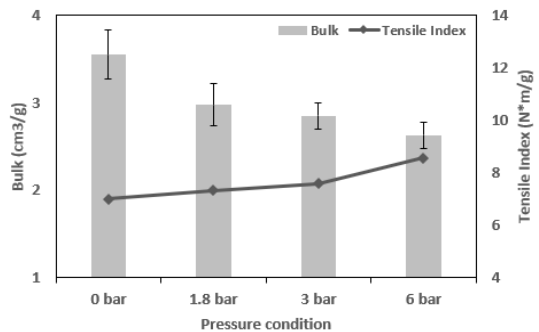


Fig. 10. The bulk and tensile index of hot pressed pulp mold samples depending on the pressure condition.

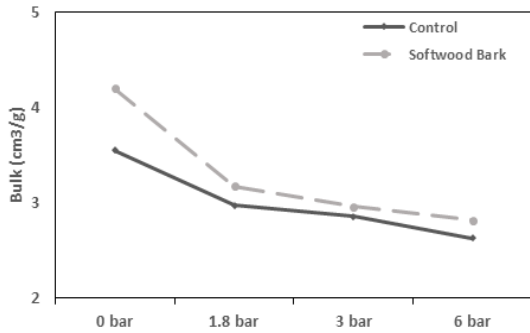


Fig. 11. The bulk of hot pressed pulp mold samples depending on the pressure condition and the addition of softwood bark.

의 단열성과 완충성 등 벌크특성과 관련된 품질특성 개선은 압착건조 공정조건에서 벌크특성을 효과적으로 발현할 수 있는 추가적인 첨가제 또는 공정기술이 필요할 것으로 판단되었다.

4. 결론

본 연구에서는 산림자원의 활용과정에서 발생하는 수피, 잎 등의 임목부산물을 적용하여 현재 플라스틱 대체 포장소재 등으로 많은 관심의 대상이 되고 있는 건식펄프몰드의 특성변화를 알아보았다. 특히, 압착건조방식으로 제조됨에 따라 치수안정성과 강도특성 등이 우수하지만 벌크가 상대적으로 낮은 건식펄프몰드의 품질조절을 위한 기반연구를 실시하였다. 침엽수 수피, 활엽수 수피, 침엽수 잎, 코르크 분말을 각각 분쇄 및 분급처리하여 건식펄프몰드 제조시 첨가하였을 때 벌크의 향상효과가 나타나는 것을 확인할 수 있었으나 코르크 분말의 경우 지료와 혼합이 원활하게 이루어지지 않아 펄프몰드 표면에 불균일하게 분포되는 것으로 확인되었다. 임목부산물 첨가에 의한 벌크향상 효과는 인장강도의 감소를 가져왔으나 이의 보완을 위한 호화전분의 첨가로 추가적인 인장강도의 향상효과가 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 건식펄프몰드 제조 시 압착건조공정의 압착력에 의해 펄프몰드의 벌크가 크게 감소됨에 따라 이러한 임목부산물의 첨가로 벌크감소를 일정정도 상쇄할 수 있으나 추가적인 벌크의 향상을 통한 건식펄프몰드 기능성 강화를 위해서

는 추가적인 공정기술과 첨가제 개발이 필요할 것으로 판단되었다.

사사

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업(FTIS 2022456B10-2324-AC02)의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

Literature Cited

- Kim, D. H., Jo, H. M., Lee, S. H., and Lee, J. Y., Development of shock-absorbing packaging paper using bulking agent, *Journal of Korea TAPPI* 54(5):32-38 (2022).
- Zhang, Y., Duan, C., Bokka, S. K., He, Z., and Ni, Y., Molded fiber and pulp products as green and sustainable alternatives to plastics: A mini review, *Journal of Bioresources and Bioproducts* 7(1):14-25 (2022).
- Kim, D. S., Sung, Y. J., Kim, C. H., and Kim, S. B., Changes in the process efficiency and product properties of pulp mold by the application of oil palm EFB, *Journal of Korea TAPPI* 48(1):67-74 (2016).
- Sung, Y. J., Kim, H. M., Kim, D. S., and Lee, J. Y., Evaluation of water resistance properties of pulp mold depending on the types of raw materials and the additives, *Journal of Korea TAPPI* 47(5):112-119 (2015).
- Kim, D. S., Kim, S. H., and Sung, Y. J., Changes in Properties of Pulp Mold Depending on the Forming Conditions of Wet Pulp Mold Manufacturing, *Journal of Korea TAPPI* 52(4):81-88 (2020).
- Kim, D. S., Choi, G. S., Noh, J. H., and Sung, Y. J., Study of Water Absorption Properties of Water Absorption Core Made of Pulp Mold, *Journal of Korea TAPPI* 52(3):67-76 (2020).
- Kim, D. S., Go, S. M., and Sung, Y. J., Stud

- ies on Manufacturing Methods for High-bulk Structure at Local Area Of Pulp Mold, *Journal of Korea TAPPI* 52(5):117-126 (2020).
8. Kim, D. S., Choi, G. S., and Sung, Y. J., Study of method for bulkier structure of wet pulp mold manufacturing process by using low polarity solvent, *Journal of Korea TAPPI* 51(6):76-83 (2019).
 9. Sung, Y. J., Kim, D. S., Lee, J. Y., Baek, S. M., and Lee, J. Y., Study of the changes in the structure and the water absorption properties by the pulp mixing ratio, *Journal of Korea TAPPI* 50(5):141-151 (2018).
 10. Kim, D. S., Yoon, S. A., Song, C. R., and Sung, Y. J., Changes in the properties of hot pressing pulp molded products depending on the pulp types and manufacturing conditions, *Journal of Korea TAPPI* 54(5):39-48 (2022).
 11. Wang, K., Yang, L., and Kucharek, M., Investigation of the effect of thermal insulation materials on packaging performance, *Journal of Packaging Technology and Science* 33(6): 227-236 (2020).