

국내 재배 케나프 섬유를 이용한 바이오복합재의 제조와 물리적 특성

김대성 · 송경현[†]

배재대학교 의류패션학과

Preparation and Physical Properties of Bio-Composites Using Kenaf Cultivated in Korea

DaeSung Kim · KyungHun Song[†]

Dept. of Clothing & Textiles, PaiChai University

접수일(2010년 10월 14일), 수정일(2010년 10월 25일), 게재확정일(2010년 10월 28일)

Abstract

This study examines the preparation and characterization of Kenaf/Starch bio-composites used as filler and a matrix. Kenaf was cultivated in Chung-ju in Korea, and the Kenaf/Starch bio-composites were prepared under various conditions of kenaf fiber length (1-5 centimeters); the content of Kenaf fiber was 10%, 20%, 30%, and 40%, and the number of composite layers (one-four). Depending on the formation conditions of Kenaf/Starch composites, the physical properties such as tensile strength, elongation, and the young modulus of the Kenaf/Starch composites were measured. In addition, we measured the SEM cross-section images in order to investigate the interfacial adhesion properties of fractured surfaces. As a result, the tensile strength and elongation of the Kenaf/Starch composites were highest in the molding conditions of a hot press at 120°C, 3000PSI of pressure, and for 30 minute periods. The result of measuring the physical properties of the composites manufactured by varying the content of Kenaf fiber when the content of Kenaf fiber was 30% as well the physical properties of the Kenaf/Starch composite was found desirable. It was found that the physical properties improved with more overlapped layers in the composites manufactured by varying the number of overlapped layers. Through the measuring of the SEM cross-section images, we found that the interfacial adhesion state between the filler and matrix of Kenaf/Starch composite greatly affects the physical properties.

Key words: Kenaf fiber, Starch, Kenaf/starch bio-composite, Physical properties, Interfacial adhesive properties; 케나프 섬유, 스타치, 케나프/스타치 바이오복합재, 물리적 특성, 계면접착특성

I. 서 론

최근 환경에 대한 관심이 증대되면서 미국, 일본을 비

롯한 선진국에서는 각종 천연섬유를 이용한 바이오복합재료에 대한 관심이 증대되고 있다. Green-composite 또는 Eco-composite라고 불리는 바이오복합재는 열가소성 또는 열경화성 수지를 매트릭스로 하고, 여기에 보강섬유로서 천연섬유나 바이오섬유를 첨가하여 뛰어난 강도와 탄성을 갖는 새로운 산업소재를 일컫는다. 지금까지 섬유강화복합재료의 보강재는 주로 유리섬유, 탄소섬유, 폴리프로필렌과 같은 합성고분자

[†]Corresponding author

E-mail: khsong@pcu.ac.kr

본 연구는 2009년도 한국학술진흥재단 일반연구자 지원사업(2009S-PT0007-20-0021)의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

섬유가 많이 사용되어 왔다. 그러나 이들은 모두 자연 환경에서 거의 영구적으로 분해가 되지 않기 때문에 여전히 폐기물로 인한 환경오염문제를 안고 있다. 전 세계적으로 2000년 한해에도 500만톤 이상의 섬유강 복합재(FRP)를 사용하고 있는 것으로 알려져 있으며, 이중 상당량이 보강섬유로 유리섬유를 사용하고 있는 것으로 보고되고 있다(조동환 외, 2002; Misra et al., 2003). 따라서 자연 환경에서 수년 내에 생분해 가능한 대체 보강재의 개발이 절실히 요구되고 있다(Wambua et al., 2003). 생분해가 가능하며 우수한 물성과 경제성을 갖는 보강섬유로서 천연섬유 중 아마와 같은 마섬유가 매우 유효한 것으로 알려지면서 Jute(Mubarak et al., 2005), Flax(Lee et al., 2003), Hemp(Mwaikambo & Ansell, 2003)와 같은 마섬유를 보강재로 이용한 복합재 연구가 다수 보고되고 있다.

아프리카가 원산지인 케나프 섬유는 중국, 태국, 미얀마와 같은 동남아시아를 비롯하여 미국, 아프리카와 같은 열대~아열대의 전 세계지역에서 재배되는 식물성 작물이다. 일반 인피섬유와 마찬가지로 셀룰로오스와 펙틴, 헤미셀룰로오스, 리그닌 등의 비셀룰로오스로 구성되어 있으며 양질의 세섬화 된 케나프 섬유를 얻기 위해서는 화학약품이나 효소를 사용한 레팅과정을 통해 비셀룰로오스 물질을 제거해야 한다(송경현 외, 2007; Ramaswamy et al., 1994; Wang & Ramaswamy, 2003). 케나프 섬유는 국내에서도 재배가 가능한 것으로 알려져 있으며(한영숙 외, 2003) 케나프 섬유에 대한 국내연구로 케나프 섬유의 레팅 특성에 관한 연구(유혜자 외 2006; 이혜자 외 2004; 이혜자 외, 2003)와 이를 이용한 혼방직물 연구(이혜자 외, 2004), 그리고 부직포 제직 등에 대한 연구보고가 발표되어 있다. 그러나 케나프 섬유의 리그닌 분석에 관한 연구보고(Pappas et al., 1998; Song & Obendorf, 2006)에 의하면 레팅에 의해서도 리그닌의 제거가 어려우며 이로 인해 섬유가 뻣뻣하고 세섬화가 어려운 것으로 알려져 있다. 이러한 이유로 케나프 섬유는 의류용으로 활용되기 보다는 아직까지 펄프나 종이류를 비롯하여 카펫 뒷판재, 자동차용 매트, 패스트푸드 용기, 벽지 등의 비의류용 재료로 활용되고 있다. 최근에는 케나프 섬유의 높은 강도와 재배의 용이성 및 경제성을 살려 바이오복합재의 보강섬유로 활용하려는 연구가 활발히 이뤄지고 있다(김대성 외, 2008; Nishino et al., 2003; Parikh et al., 2002; Shigetaka et al., 2004; Song & Kim, 2009). 케나프 섬유를 이용한 바이오복

합재는 생분해성이 높아 실내용 건축자재를 비롯하여 포장재, 판넬 등 친환경 산업용 자재로 활용이 기대된다. 특히 케나프 섬유는 흡음성과 내열성이 좋아 인슐레이터(insulator)와 같은 내장재용 판넬이나 package tray, 시트백, 헤드라이너, 콘솔커버 등의 자동차 산업분야에의 용도 활용이 기대된다(조동환 외, 2002; Parikh et al., 2002).

따라서 본 연구에서는 매트릭스로서 기존의 폴리프로필렌(PP)섬유나 유리섬유와 같은 합성고분자 대신 천연수지인 전분(Starch)을 사용하고, 국내에서 재배한 케나프 섬유를 보강섬유로 사용하여 양 성분 모두 분해 가능한 친환경 바이오복합재료의 개발을 시도하였다. 복합재 제조 시 몰딩(Molding) 조건 즉, 온도, 시간, 압력 등에 따른 물성특성을 측정하여 몰딩 시의 최적 조건을 설정하였으며, 보강섬유로 사용된 케나프 섬유의 길이와 케나프 섬유의 함량, 그리고 복합재 제조 시 적층매수를 달리하여 각 조건에 따른 Kenaf/Starch 복합재의 주요 물리적 특성(인장특성, 굴곡특성, 파단특성)을 조사연구함으로써 케나프 섬유의 산업용 복합재로서의 이용 가능성을 연구검토하고자 하였다.

II. 실험방법

1. 케나프 섬유

충청북도 청주시 소재 밭에서 직접 재배한지 105일이 되는 케나프를 줄기의 인피 부(Bark)와 목질 부(Core)를 분리하여 인피 부를 건조시켜 보관한 후 시료로 사용하였다.

2. 레팅

케나프 인피 부 10g을 40°C의 0.85% Triton X-100 수용액에 액비 1:50으로 20분간 침지한 후 찬물로 수세하여 100mmol의 K₂CO₃ 수용액 90°C에서 60분간 각각 처리하였다. 1% 초산용액으로 중화시킨 후 차가운 물로 수차례 수세한 후 자연 건조하였다.

3. Kenaf/Starch 복합재의 제조

먼저 레팅한 섬유번들 2g을 13.5×13.5cm 크기의 플라스틱에 길이 및 굵기가 일정하도록 배열한 후 PVA (10wt%)를 첨가하여 물에 용해시킨 전분(1급 시약, mp

256-258°C, YAKURI PURE CHEMICAL CO., LTD/KYOTO, JAPAN)을 부어 Oven 온도 약 35°C에서 24시간 건조시켰다. 건조시킨 프리프레그를 Hot press 를 이용하여 온도 100, 120, 140, 시간 20, 30, 40분, 압력 2,000, 3,000, 4,000PSI의 다양한 몰딩(molding) 조건에서 열처리하여 복합재를 완성하였다. 복합재 제조시 케나프의 함량(10, 20, 30, 40%) 과 케나프 섬유의 길이(1, 5cm), 그리고 복합재 적층매수(1~4매)에 따른 다양한 복합재를 제조하였다.

4. Kenaf/Starch 복합재의 인장 및 굴곡강신도

1) 인장강신도

제조한 Kenaf/Starch 복합재를 DIN 53455에 의거하여 UTM(Instron Corporation Series IX Automated)을 사용하여 인장시험을 수행하였다. 측정된 시편은 길이 150mm, 너비 15mm, 두께 5mm로 하였으며, load cell 은 30kN, crosshead speed는 분당 10mm이었다. 시편은 각 조건의 Kenaf/Starch 복합재마다 10회 측정하여 평균치를 사용하였다.

2) 굴곡강신도

제조한 Kenaf/Starch 복합재를 ASTM D790M-86에 의거하여 UTM(Instron Corporation Series IX Automated)을 사용하여 3점 굴곡(Three-point bending) 시험을 수행하였다. 측정된 시편은 길이 50mm, 너비 25mm, 두께 2mm의 크기에 span-to-depth 비율은 16:1로 하였으며, load cell은 30kN, crosshead speed는 분당 0.85mm

이었다. 시편은 각 조건의 Kenaf/Starch 복합재마다 10회 측정하여 평균치를 사용하였다.

5. SEM측정

Tensile strength 측정 시 파단된 Kenaf/Starch 복합재의 표면을 진공상태에서 Gold Coating 처리하여 주사형전자현미경(SEM, ABT-32, Topcon co., Japan)을 사용하여 500배로 확대해 절단특성 및 섬유와 매트릭스 간의 접착특성을 조사하였다.

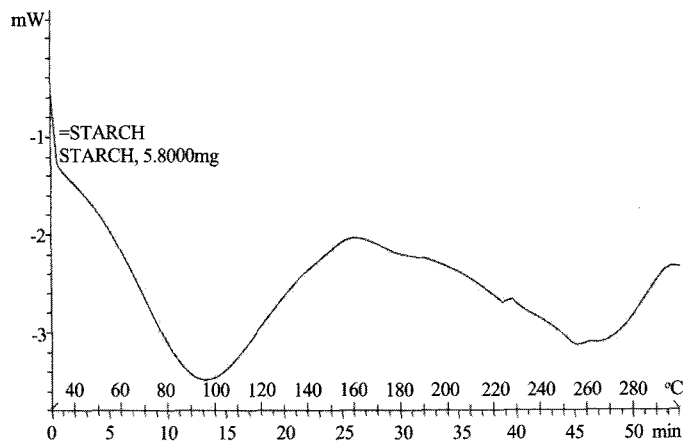
6. 열분석

Differential scanning calorimeter(DSC: 2010DSC, TA Instrument)를 이용하여 유리전이온도(Tg) 및 녹는점(Tm)을 측정하였다. 시료는 각 복합재로부터 약 5~8mg을 취하여 상온에서부터 280°C까지 분당 5°C의 속도로 승온하였다.

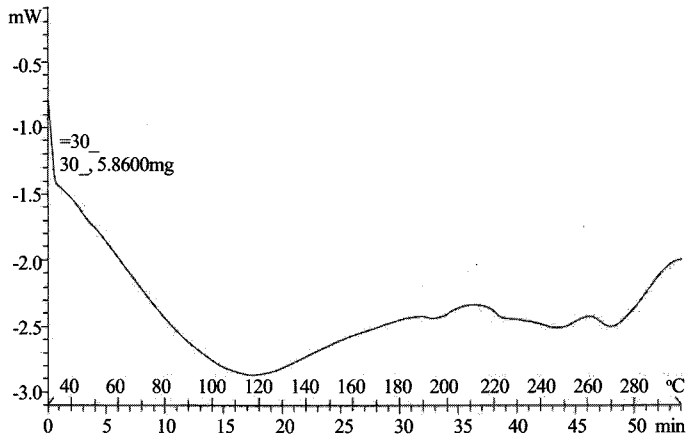
III. 결과 및 고찰

1. Kenaf/Starch 복합재의 열적특성

<그림 1>-<그림 2>는 DSC로 Kenaf/Starch 복합재의 열적특성을 측정 한 결과이다. <그림 1>은 Kenaf/Starch 복합재의 매트릭스로 사용한 전분의 DSC 분석결과인데, 전분은 약 95°C 부근에서 유리전이온도가 나타났으며 녹는점은 약 260~270°C 부근에서 관



<그림 1> 전분의 DSC



<그림 2> Kenaf/Starch 복합재의 DSC

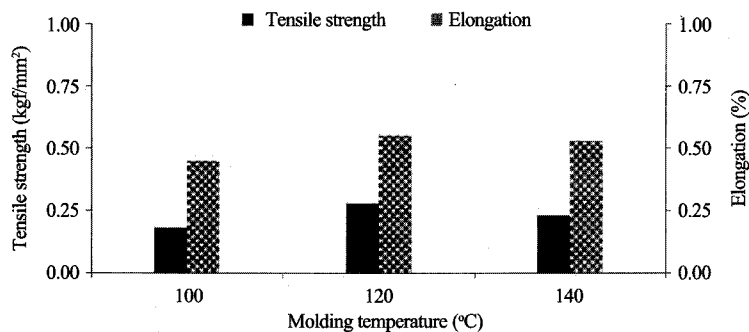
찰되었다. <그림 2>는 케나프 섬유 함량 30% Kenaf/Starch 복합재의 DSC 분석결과이다. 복합재의 유리전이온도는 약 115~120°C 부근에서 나타났으며, 녹는점은 약 270~275°C 부근에서 관찰되었다. 이는 보강섬유로 삽입된 케나프 섬유가 전분의 유동성을 저하시켰기 때문으로 보여지며, 따라서 복합재 제조 시 몰딩의 온도는 120°C 이상의 온도가 적합할 것으로 기대된다.

2. 몰딩조건에 따른 Kenaf/Starch 복합재의 물성 특성

Kenaf/Starch 복합재 제조 시 몰딩의 최적조건을 설정하기 위하여 압력은 3000PSI, 시간은 30분으로 동일하게 유지하고 온도를 100°C, 120°C, 140°C로 변화시키면서 처리한 Kenaf/Starch 복합재의 인장강도와 신

도를 측정하였고 그 결과를 <그림 3>에 나타내었다.

몰딩 시 온도조건에 따른 인장강도는 100°C의 온도 조건에서 0.18kgf/mm²를 나타내었고 120°C의 온도 조건에서는 0.28kgf/mm²로 증가하였다가 140°C의 온도 조건에서는 0.23kgf/mm²로 다시 인장강도가 감소하였다. 이는 전분의 Tg보다 높으면서 복합재의 Tg와 유사한 온도인 120°C의 온도에서 매트릭스 수지의 유동성이 원활하여 보강섬유의 함침이 잘 이뤄졌기 때문에 복합재의 강도가 크게 나타난 것으로 보여진다. 이에 반해 140°C의 온도에서는 매트릭스의 유동성이 높아 매트릭스와 섬유 간의 결속력이 오히려 떨어졌기 때문에 풀이된다. 신도 역시 인장강도와 같은 경향을 보였으며, 몰딩온도 100°C에서 0.45%, 120°C에서 0.53%로 증가하였으며, 140°C의 온도조건에서 0.52%로 몰딩온도에 따라 미미한 차이만 보였을 뿐 Kenaf/Starch 복합재의 신도는 0.5% 내외로 낮은 신도를 나



<그림 3> 몰딩온도에 따른 복합재의 강도와 신도

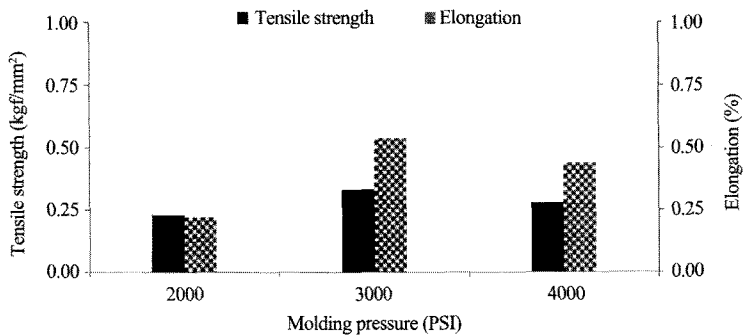
타내었다. 따라서 Kenaf/Starch 복합재 제조 시 몰딩 온도는 120°C로 setting하여 제조하였다.

<그림 4>는 압력조건에 따라 몰딩한 Kenaf/Starch 복합재의 인장강도를 알아보기 위하여 몰딩온도와 시간을 120°C, 30분으로 동일하게 유지하고 처리압력을 2,000 PSI, 3,000 PSI, 4,000 PSI로 변화시켜 압력 조건에 따른 Kenaf/Starch 복합재의 인장강도를 측정하여 나타낸 것이다.

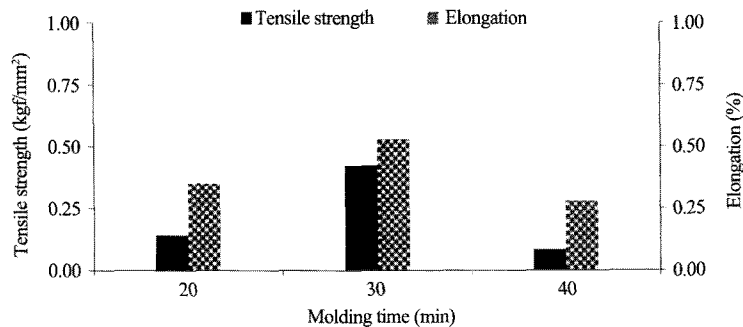
인장강도의 경우 2,000 PSI의 압력조건에서 0.23kgf/mm²로 가장 낮게 측정되었으며, 3,000 PSI의 압력조건에서는 0.33kgf/mm²로 증가하였다가 4,000PSI 압력 조건에서 다시 0.28kgf/mm²로 약간 감소하였다. 압력 조건을 달리하여 제조한 Kenaf/Starch 복합재의 신도는 인장강도와 비슷한 경향으로 역시 2,000 PSI의 조건에서 가장 낮은 0.22%의 신도를 나타냈고, 3000 PSI에서 0.52%, 그리고 4,000 PSI에서 0.43%의 신도를 나타내었다. 이와 같은 결과는 몰딩온도 120°C, 3,000 PSI의 압력조건에서 매트릭스인 전분의 유동성이 적당하여 효율적으로 Kenaf/Starch 복합재에 고르게 분포되면서 인장강도와 신도가 높게 나타난 것으로 추정된

다. 따라서 Kenaf/Starch 복합재 제조 시 몰딩의 압력은 3,000 PSI로 제조하였다.

몰딩시간조건에 따른 Kenaf/Starch 복합재의 인장강도와 신도를 알아보기 위하여 온도와 압력을 120°C, 3,000 PSI으로 동일하게 유지하고 처리시간을 20분, 30분 40분으로 변화시켜 시간조건에 따른 Kenaf/Starch 복합재의 인장강도와 신도를 <그림 5>에 나타내었다. 인장강도는 20분의 시간조건에서 0.14kgf/mm²의 강도를 보였으며, 30분의 조건에서 0.42kgf/mm²로 증가하였다가 40분의 시간조건에서 가장 낮은 0.08kgf/mm²을 나타냈다. 몰딩시간조건에 따른 Kenaf/Starch 복합재의 신도 역시 인장강도와 같은 경향으로 20분에서 0.35%의 신도를 나타냈고, 30분에서 0.53%로 신도가 증가하였으며, 40분의 조건에서 다시 0.28%로 감소하였다. 이와 같은 결과는 몰딩온도 120°C, 압력 3,000PSI, 그리고 몰딩시간 30분의 조건에서 매트릭스인 전분의 유동성이 적합하여 섬유를 적절하게 함침시킴으로써 매트릭스와 보강섬유 간의 결속력이 커졌기 때문으로 사료된다. 따라서 Kenaf/Starch 복합재 제조 시 몰딩의 최적시간인 30분으로 하여 제조하였다.



<그림 4> 몰딩압력에 따른 복합재의 인장강도와 신도



<그림 5> 몰딩시간에 따른 복합재의 인장강도와 신도

3. 케나프 섬유 길이에 따른 물성특성

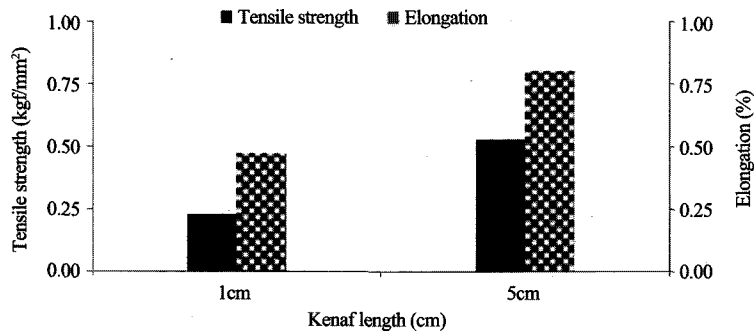
케나프 섬유의 길이에 따른 Kenaf/Starch 복합재의 물성특성을 확인하기 위하여 Kenaf/Starch 복합재 제조 시 삽입된 케나프 섬유의 길이를 1cm와 5cm로 달리해서 복합재를 제조하여 인장강도와 신도의 측정 결과를 <그림 6>에 나타내었다. 이때 케나프 함량은 20wt%로 하였다.

인장강도와 신도의 경우 1cm 케나프 섬유를 삽입한 Kenaf/Starch 복합재보다 5cm 케나프 섬유를 삽입한 Kenaf/Starch 복합재의 인장강도와 신도가 훨씬 컸다. 이는 Kenaf/Starch 복합재 제조 시 케나프 섬유를 배열할 때 일정한 규칙 없이 랜덤하게 배열하였는데 1cm 케나프 섬유보다 5cm 케나프 섬유가 섬유 간에 서로 엉키는 면적이 많아지면서 서로 간의 응집력이 더 커져 인장강도와 신도 그리고 인장탄성률이 더 높게 측정된 것으로 생각된다. 따라서 Kenaf/Starch 복합재 제조 시 삽입하는 케나프 섬유의 길이는 어느정도 길이 이상의 것이 바람직하다고 사료된다.

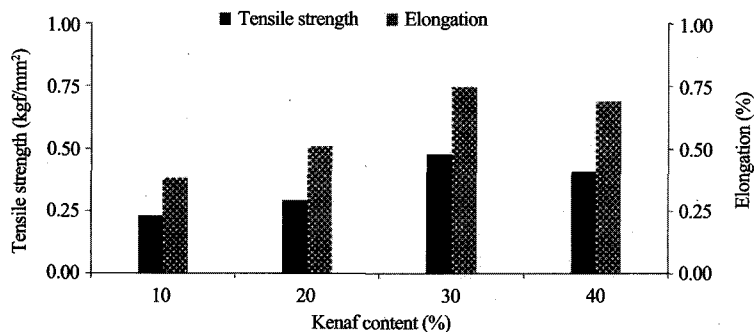
4. 케나프 섬유 함량에 따른 물성특성

Kenaf/Starch 복합재 제조 시 케나프 섬유의 함량에 따른 물성의 차이점을 조사하기 위하여 케나프 섬유의 함량을 10, 20, 30, 40%로 달리하여 복합재를 완성한 후 복합재의 인장특성과 굴곡특성을 알아보았으며, 케나프 섬유의 함량에 따른 인장강도와 신도를 <그림 7>에 나타내었다.

케나프 섬유의 함량에 따른 인장강도는 10%의 함량에서 0.23kgf/mm²로 가장 낮은 인장강도를 나타냈으며, 함량이 증가할수록 인장강도도 증가하여 30%의 함량에서 0.48kgf/mm²로 가장 높았으며 40%의 함량에서 약간 감소하였다. 신도 역시 강도와 마찬가지로 30%의 함량까지는 신도가 증가하였고 40%의 함량에서 소폭 감소하였다. 인장탄성률의 경우는 인장강도 및 신도와는 반대로 10%의 함량에서 275kgf/mm²로 가장 높았으며 함량이 증가할수록 인장탄성률은 감소하는 경향을 보였다. 이와 같이 케나프 섬유의 함량이 증가할수록 인장강도가 증가하나 인장탄성률은 케나프 섬유의 고유의 성질인 팽팽함과 낮은 탄성 때문



<그림 6> 케나프 섬유의 길이에 따른 복합재의 인장강도와 신도



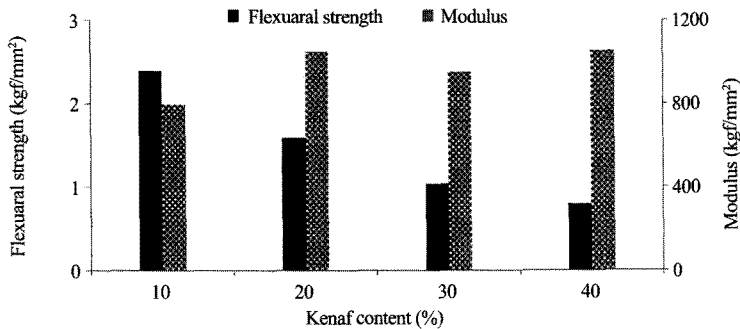
<그림 7> 케나프 섬유 함량에 따른 복합재의 인장강도와 신도

에 섬유함량이 증가할수록 감소하는 것으로 생각된다. 따라서 인장강도가 좋은 Kenaf/Starch 복합재를 제조하려면 복합재 구성조합 비율이 케나프 섬유 함량 30%인 것이 적절하다고 사료된다.

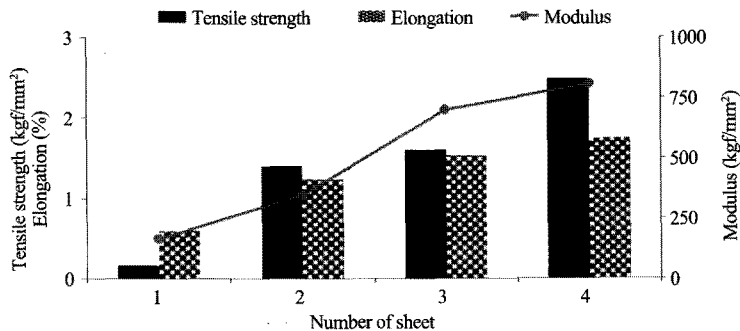
<그림 8>은 Kenaf/Starch 복합재 제조 시 삽입된 케나프 섬유의 함량에 따른 굴곡강도와 굴곡탄성률을 측정된 결과이다. 케나프 섬유의 함량에 따른 굴곡강도는 인장강도와는 반대의 경향으로 10%의 함량에서 가장 높은 굴곡강도를 보였으며, 섬유함량이 증가할수록 굴곡강도는 감소하였다. 이는 케나프 섬유의 함량이 많아질수록 뻣뻣함 때문에 굴곡강도가 오히려 떨어지는 결과를 초래한 것이라 보여 진다. 굴곡탄성률의 경우 10%의 함량에서 가장 낮은 굴곡탄성률을 보였고 20%의 함량에서 증가하였다가 30%의 함량에서는 소폭 감소하였으나 40%의 함량에서는 다시 증가하는 모습을 보였다.

5. 적층시켜 제조한 복합재의 물성특성

Kenaf/Starch 복합재를 적층시켜 제조한 복합재의



<그림 8> 케나프 섬유 함량에 따른 복합재의 굴곡강도와 굴곡탄성률



<그림 9> 적층매수에 따른 복합재의 인장강도, 신도, 인장탄성률

적층매수에 따른 물성을 비교해 보기 위하여 1~4매의 적층 Kenaf/Starch 복합재의 인장특성과 굴곡특성을 측정하였다.

<그림 9>는 1~4매까지 겹쳐 적층한 Kenaf/Starch 복합재의 인장강도, 신도 그리고 인장탄성률의 변화를 관찰한 결과이다. Kenaf/Starch 복합재를 1~4매까지 겹칠수록 인장강도 및 신도 그리고 인장탄성률 모두 향상됨을 보였다. 특히 Kenaf/Starch 복합재 4매 적층의 경우 1매 적층의 것에 비해 인장강도 및 신도 그리고 인장탄성률 모두 두드러지게 향상된 것으로 나타났다.

<그림 10>은 1~4매까지 겹쳐 적층한 Kenaf/Starch 복합재의 굴곡강도와 굴곡탄성률을 나타낸 것이다. 굴곡강도 역시 복합재의 적층매수가 증가할수록 굴곡강도가 향상되었으며, 굴곡탄성률은 약간 감소하였다.

이와 같은 결과는 산업용 소재로서 Kenaf/Starch 복합재를 사용함에 있어 높은 인장강도와 굴곡강도가 동시에 요구되는 용도에는 적층 Kenaf/Starch 복합재의 사용이 바람직할 것으로 사료된다.

6. 복합재의 파단특성

1) 케나프 섬유 길이에 따른 복합재의 파단특성

<그림 11>은 케나프 섬유 길이에 따른 Kenaf/Starch 복합재의 파단거동을 SEM으로 관찰한 결과이다. 사진의 파단특성은 복합재를 구성하고 있는 케나프 섬유와 전분 매트릭스의 계면결합상태를 좀 더 세밀하게 관찰하기 위하여 전분 매트릭스를 둘러싸고 있는 케나프 섬유 가닥에 초점을 맞추었다.

1cm의 케나프 섬유를 삽입하여 제조한 Kenaf/Starch 복합재의 경우 짧은 섬유길이 때문에 케나프 섬유와 전분 매트릭스 사이에 계면접착상태가 좋지 않아 케나프 섬유가 전분 매트릭스에 결합되지 않고 빠져나갔음을 확인할 수 있었고, 이와는 반대로 5cm의 케나프 섬유를 삽입하여 제조한 Kenaf/Starch 복합재의 경우는 탈결합이 일어나는 부분이 적고 비교적 계면접착상태가 양호하였다.

이러한 사실은 매트릭스와 보강섬유 간의 계면접착

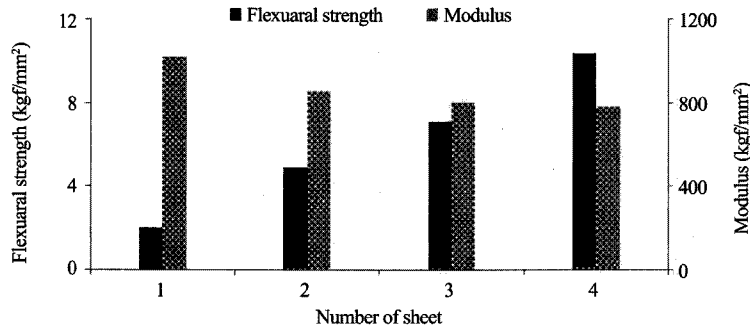
특성이 복합재의 물리적 특성에 영향을 주고 있음을 시사하는 결과로(Lee et al., 2005) 앞의 케나프 섬유 길이에 따른 Kenaf/Starch 복합재의 물성특성에서 1cm의 케나프 섬유를 삽입하여 제조한 복합재보다 5cm의 케나프 섬유를 삽입하여 제조한 복합재가 인장강도, 신도 및 인장탄성률이 높다는 분석결과를 잘 뒷받침해 준다고 생각된다.

2) 케나프 섬유 함량에 따른 복합재의 파단특성

<그림 12>는 케나프 섬유 함량에 따른 Kenaf/Starch 복합재의 파단거동을 SEM으로 관찰한 결과이다.

10% 케나프 함량의 복합재가 케나프 섬유와 전분 매트릭스 사이에 탈결합이 일어나 가장 좋지 않은 계면결합상태를 보였으며 30% 케나프 함량의 복합재가 가장 양호한 계면결합상태를 보였다.

케나프 함량에 따른 Kenaf/Starch 복합재의 물성특성 중 특히 인장강도와 신도에서 10% 케나프 함량의 복합재가 가장 낮고 30% 케나프 함량의 복합재가 가장



<그림 10> 적층매수에 따른 복합재의 굴곡강도와 굴곡탄성률



<그림 11> 케나프 섬유 길이에 따른 복합재 파단면의 SEM 사진

높게 측정된 분석결과는 SEM 촬영에 의한 파단표면의 계면결합상태를 통해 잘 뒷받침되고 있다고 사료된다.

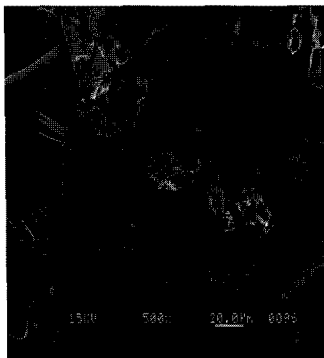
3) 적층시켜 제조한 복합재의 파단특성

SEM 측정을 통해 적층시켜 제조한 Kenaf/Starch 복합재의 파단거동을 관찰한 결과를 <그림 13>에 나타냈다. 4매를 적층시켜 제조한 복합재의 경우 전분 매트릭스가 케나프 섬유를 잘 감싸고 있었으며 이는 복합재 매수가 적층되면서 가해진 열과 압력에 의해 매트릭스와 보강섬유 간의 밀착성이 크게 향상되었기 때문으로 사료된다, 이에 반해 1매 적층하여 제조한 복합재의 경우 케나프 섬유와 전분 매트릭스 사이의 결합이 완전하지 않음을 보였고 섬유와 매트릭스 사이에 탈결합이 일어나 벌어진 작은 틈을 확인할 수 있

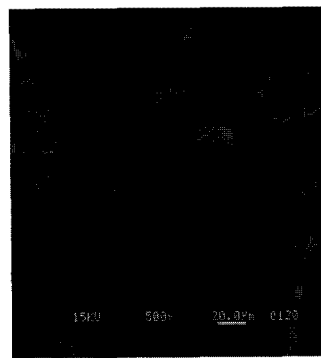
었다. 이러한 탈결합은 복합재의 물성저하를 가져오며 따라서 복합재 제조 시 사용되는 섬유와 매트릭스의 고유한 성질 외에 매트릭스와 섬유 간의 계면접착 특성도 복합재의 물성에 큰 영향을 미치고 있다고 사료된다(Lee et al., 2005).

IV. 결 론

국내에서 재배된 케나프 섬유를 보강섬유로 사용하고 열가소성 천연수지인 전분을 매트릭스로 사용하여 양 성분 분해 가능한 새로운 친환경 바이오복합재료를 제조하였다. Kenaf/Starch 복합재 제조 시 물딩조건(온도, 압력, 시간)에 따른 복합재의 물성특성과 또한 복합재 제조 시 삽입되는 케나프 섬유의 길이(약 1cm, 약 5cm)와 케나프 섬유의 함량(10, 20, 30, 40%), 그

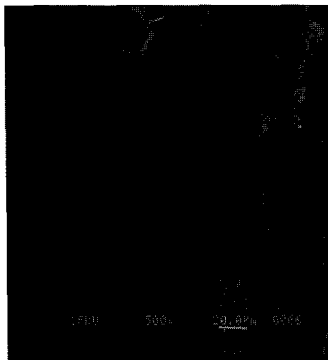


10%

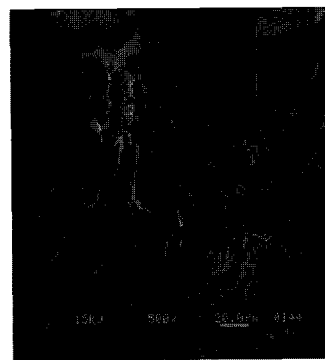


30%

<그림 12> 케나프 섬유 함량에 따른 복합재 파단면의 SEM 사진



1매



4매

<그림 13> 적층매수에 따른 복합재 파단면의 SEM 사진

리고 복합재의 적층매수(1~4매)를 달리하여 각각의 조건에 따른 물성특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

Kenaf/Starch 복합재의 DSC 열분석결과 유리전이 온도는 약 115~120°C 부근에서 나타났으며, 용점은 약 270~275°C 부근에서 관찰되었다.

복합재 제조 시 몰딩 시의 열처리조건을 달리하여 제조한 결과, 온도 120°C, 압력 3000PSI, 열처리시간 30분 처리 시 Kenaf/Starch 복합재의 인장강도와 신도와 같은 물성치가 가장 우수 하였다. 이는 위의 조건에서 전분의 유동성이 가장 적당하여 복합막에 고르게 분포되면서 복합막의 인장강도와 신도가 높게 나타난 것으로 사료된다.

Kenaf/Starch 복합재에 삽입된 케나프 섬유 길이 를 약 1cm와 약 5cm로 달리하여 Kenaf/Starch 복합재의 물성특성을 측정 한 결과, 약 5cm 길이의 케나프 섬유로 제조한 복합재가 인장강도와 신도 모두 높게 나타났다. 이는 섬유의 길이가 길면 섬유 간의 응집력도 커져 복합재의 물성도 좋아진 것으로 보여 진다. Kenaf/Starch 복합재 제조 시 케나프 섬유의 함량을 달리한 결과, 케나프 섬유의 함량이 증가할 수 록 인장강도와 신도가 증가하여 30%일 때 가장 우수한 것으로 나타났다. 이와는 반대로 케나프 섬유의 함량이 증가 할수록 굴곡강도와 굴곡탄성률은 감소하였다. 이는 케나프 섬유의 함량이 많아질 수 록 케나프 섬유의 고유 특성인 뻣뻣한 성질 때문에 굴곡강도와 굴곡탄성률이 저하한 것이라 사료된다. 복합재의 적층매수를 달리하여 제조한 Kenaf/Starch 복합재의 물성측정 결과, 4매를 적층한 복합재의 인장강도 및 신도, 인장탄성률, 굴곡강도 모두 두드러지게 향상된 것으로 나타났다.

SEM 사진을 통해 Kenaf/Starch 복합재의 파단표면의 파단거동을 조사해 본 결과 섬유길이 5cm, 케나프 섬유 함량 30%, 그리고 4장을 적층한 복합재가 케나프 섬유와 전분 매트릭스 간의 계면접착이 가장 우수 하였다. 이와 같은 결과는 각 조건별 복합재의 물성특성 결과와 일치하는 경향을 보임으로써 케나프 섬유와 전분 매트릭스 간의 계면접착특성이 Kenaf/Starch 복합재의 물성에 큰 영향을 미치고 있음을 알았다.

따라서 Kenaf/Starch 복합재의 물성향상을 위해서는 계면특성에 대한 분석학적 연구와 계면접착성 향상을 위한 보강섬유의 개질연구 등이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 김대성, 하현민, 송경현. (2008). Kenaf/starch 복합재의 제조와 물리적 특성. *한국의류학회 춘계 학술대회 초록집*, 201.
- 송경현, 이해자, 한영숙, 유혜자, 김정희, 안춘순. (2007). K₂CO₃에 의한 케나프 섬유의 레팅효과. *한국의류학회지*, 31(11), 1565-1573.
- 유혜자, 이해자, 김정희, 안춘순, 송경현, 한영숙. (2006). 화학처리에 의한 케나프 섬유의 물리적 특성의 변화. *한국의류학회지*, 30(7), 1025-1033.
- 이혜자, 안춘순, 김정희, 유혜자, 한영숙, 송경현. (2004). 효소 레팅에 의한 케나프 섬유의 분리. *한국의류학회지*, 28(7), 873-881.
- 이혜자, 한영숙, 유혜자, 김정희, 송경현, 안춘순. (2003). 케나프 섬유 분리에 대한 화학적 레팅효과. *한국의류학회지*, 27(9/10), 1144-1152.
- 이혜자, 안춘순, 김정희, 유혜자, 한영숙, 송경현. (2004). 케나프/레이온 혼방직물의 특성에 관한 연구. *한국의류학회지*, 28(9/10), 1282-1291.
- 조동환, 이승구, 박원호, 한성우. (2002). 바이오섬유를 이용한 친환경성 바이오복합재료. *고분자 과학과 기술*, 13(4), 460-476.
- 한영숙, 유혜자, 이해자, 김정희, 송경현, 안춘순. (2003). 국내 재배 케나프 이용한 의류 소재 개발 연구. *한국의류학회지*, 27(7), 862-871.
- Lee, S. G., Choi, S. S., Park, W. H., & Cho, D. H. (2003). Characterization of surface modified flax fibers and their biocomposites with PHB. *Macromolecular Symposia*, 197, 89-99.
- Lee, S. M., Cho, D. H., Park, W. H., Lee, S. G., Han, S. O., & Drzal, L. T. (2005). Novel silk/poly (butylenes succinate) biocomposites: The effect of short fiber content on their mechanical and thermal properties. *Composites Science and Technology*, 65, 647-657.
- Misra, S., Mohanty, A. K., Drzal, L. T., Misra, M., & Nayak, S. K. (2003). Studies on mechanical performance of biofiber/glass reinforced polyester hybrid composites. *Composite Science and Technology*, 63, 1377-1385.
- Mubarak, A. K., Masudul, M. H., & Lawrence, T. D. (2005). Effect of 2-hydroxyethyl methacrylate on the mechanical and thermal properties of jute-polycarbonate composite. *Composite: Part A*, 36, 71-81.
- Mwaikambo, L. Y., & Ansell, M. P. (2003). Hemp fiber reinforced cashew nut shell liquid. *Composites Science and Technology*, 63, 1297-1305.
- Nishino, H. K., Kotera, M., Nakamae, K., & Inagaki, H. (2003). Kenaf reinforced biodegradable. *Composite Science and Technology*, 63, 1281-1286.
- Pappas, C. P., Tarantilis, A., & Polissiou, M. (1998). Determi-

- nation of kenaf lignin in crude plant material using diffuse reflectance infrared fourier transform spectroscopy. *Applied Spectroscopy*, 52(11), 1399–1402.
- Parikh, D. V., Calamari, T. A., Swahney, A. P. S., & Blanchard, E. J. (2002). Thermoformable automotive composites containing kenaf and other cellulosic fabric. *Textile Research Journal*, 72(8), 668–672.
- Ramaswamy, G. N., Cynthia, G. R., & Catherine, R. B. (1994). Effect of bacterial and chemical retting on kenaf fiber quality. *Textile Research Journal*, 64(5), 305–308.
- Shigetaka, K., Teruo, K., & Hiroshi, I. (2004). Applicability of kenaf bast fiber as reinforcement for thermoplastic composite. *Journal of American Kenaf Society*, 4(26), 4–5.
- Song, K. H., & Obendorf, S. K. (2006). Chemical and biological retting of kenaf fibers. *Textile Research Journal*, 76(10), 751–756.
- Song, K. H., & Kim, D. S. (2009). Preparation and mechanical properties of kenaf/starch bio-composites. *Proceeding of The 10th Asian Textile Conference, Nagano, Japan*, 217.
- Wambua, P., Ivens, J., & Verpoest, I. (2003). Natural fibres: Can they replace glass in fibre reinforced plastics. *Composites Science and Technology*, 63, 1259–1264.
- Wang, J., & Ramaswamy, G. N. (2003). One-Step processing and bleaching of mechanically separated kenaf fibers: Effects on physical and chemical properties. *Textile Research Journal*, 73(4), 339–344.