

## 국내 재배 케나프를 이용한 의류 소재 개발 연구

한영숙 · 유혜자\* · 이혜자\*\* · 이전숙\*\*\* · 김정희\* · 송경현\*\*\*\* · 안춘순\*\*\*\*\*

신성여자고등학교, \*서원대학교 의류직물학과, \*\*한국교원대학교 가정교육과,  
\*전북대학교 의류학과, \*\*\*배재대학교 의류학과, \*\*\*\*\*인천대학교 의생활과

### Research for Kenaf Fiber Production in Korea

Youngsook Han · Hyeja Yoo\* · Hyeja Lee\*\* · Jeonsook Rhee\*\*\*  
Jung Hee Kim\* · Kyunghun Song\*\*\*\* · Chooonsoon Ahn\*\*\*\*\*

Shinsung Girls' Highschool, Cheju, \*Dept. of Clothing & Textiles Seowon Univ,

\*\*Dept. of Home Economics Edu., Korea National Univ. of Edu, \*\*\*Dept. of Clothing & Textiles, Chonbuk Univ,

\*\*\*\*Dept. of Clothing & Textiles, Paichai Univ, \*\*\*\*\*Dept. of Clothing & Textiles, Incheon Univ

(2003. 3. 4. 접수)

#### Abstract

Kenaf has been estimated as an economic and environmentally compatible crop. This study purposed to enlarge the use of kenaf as textile materials and to develope high value-added textile fibers. Kenaf has been cultivated successfully and grown fast in Jeju. The height of kenaf stalks was about 220cm at 105 DAP and 400cm at 150 DAP. After harvesting at 105 DAP and seperating the bast from harvested kenaf stalks, decorticated kenaf basts were retted in water at 15~25°C for biological retting and were treated with 1%, 4% and 7% NaOH at 90°C for chemical retting. The properties of extracted fibers were compared: such as fiber diameter. Transversal and longitudinal views, colors, crystallinities , strengths and elongations etc. The diameter of kenaf bast fibers was 15~25 µm. Biologically retted kenaf bast fibers had well developed lumens which were diminished after chemical retting. The degree of crystallinities of biologically retted kenaf bast fiber was about 92~96% showed higher than those of chemically retting. The biologically retted fibers were bright and had creamy color. Yelloweness increased at chemically retted fibers. Fiber bundle strengths were from maximum 98076.9 (gf/g) to minimum 63749.5 (gf/g). Fiber bundle strengths of biologically retted kenaf fibers appeared greater than those of chemically retted fibers. Alkali treatments of chemical retting could make strength lower and elongation higher. Retting method might be one of the most importance factors affecting to final fiber properties.

**Key words:** kenaf cultivation, kenaf bast fiber, biological and chemical retting, environmentally compatibility, fiber and fiber bundle properties; 케나프재배, 케나프인피섬유, 생물/화학적 레팅, 환경친화성, 섬유물성

#### I. 서 론

케나프(Kenaf, *Hibiscus cannabinus L.*)는 일년생

본 연구는 한국과학재단 우수여성과학자 지원연구  
(과제번호 R04-2002-20082-0) 지원으로 수행되었음.

아열대 초본식물로써 우리나라에서는 양마 등으로 불리운다. BC 4000년 경부터 재배되어 온 것으로 알려져 있으며 원산지는 아프리카로 추정되는데 주로 중국, 인도, 태국, 미국 등 아시아, 아메리카 및 아프리카의 열대-아열대 기후에 속하는 전 세계 각지에서 생산되고 있다. 국내재배 기원은 확실치 않으나

이전부터 농가 주변에서 재배 이용되다가 1926년 목포 면작지장(棉作地場)에 도입된 후 시험재배되어 왔으며 1960~1970년대 포낭 및 밧줄 원료용 농가 소득 작물로 개발이 추진되다 화학제품의 이용 증가로 중단된 것으로 보고되었다(강시용 외, 2001).

케냐프 섬유는 천연 셀룰로오스계 인피 섬유로서 일반에게 잘 알려져 있지 않으나 아프리카와 아시아 등지에서 민간 의약품, 동물 먹이, 종자유, 연료, 안료 등으로 사용되어 왔으며 밧줄, 어망, 푸대, 끈 등의 섬유용 재료로 쓰이는 등 실제 그 사용 역사는 길다. 다른 인피 섬유에 비해 섬유장이 상대적으로 짧고 리그닌 함량이 높아 뻣뻣한 촉감을 생성하므로 (Lewin & Pearce, 1985) 고급 의류용 소재로 광범위하게 이용되지는 않았다. 그러나 기후와 토양에 대한 광범위한 적응성, 재배용이성, 내병충해성, 높은 생산량과 짧은 생육기간, 빠른 성장에 따른 높은 탄소고정성, 재생가능성 그리고 생분해성 등의 경제적이고 친환경 작물로 기대되어 윤작 및 대체작물로 재배되고 있으며 여러 분야에서 관심이 증가하고 있다. 아프리카 원산의 케냐프가 1900년 경 중국, 러시아, 타이 등의 아시아와 멕시코 쿠바 등의 남미로 도입 재배되다가 미국에서는 1940년대 농무성(USDA)에 의해 황마 대체 섬유로서 연구 개발되면서 시작되었다. 1950년대에는 미국 농업연구소의 펠프 제지용 비목재 섬유 식물로 선정되었고 1980년대 이후 품종, 품질, 재배, 생산과 관련한 농업적 연구와 그 이용을 확대시키려는 상업적 노력이 계속되고 있다(Kugler, 1990). 특히 펠프 제지 분야에서는 기존 목재 대체 원료로 써 고 품질의 신문용지, 프린트 및 복사용지, 재생 종이로 개발 생산되어 시판되고 있다. 이외에도 식물 재배용 매체, 동물사료, 퇴비 등 식품 농업 분야에서부터 동물 깔개, 카펫재료, 절연재, 섬유복합재, 벽지 및 각종 보드 등 건축 및 실내용 자재까지 이용이 다양해지고 있으며 자동차 부품, 기름 흡착제, 연료, 안료, 햄버거 커버, 패스트푸드 용기 등 산업 전반에서 환경정화용 식물로 이용되는 등 환경분야까지 이용이 확대되고 있다(Rymsza, 1999). 케냐프 관련 연구는 미국, 캐나다, 일본, 중국 등 각지로 확산되고 있으며 국내에서는 품종, 섬유자원, 사료, 종이 및 한지 제조와 관련한 연구 및 실용화(박종문, 1964; 조남석, 최태호, 1996)가 진행되어 왔다.

최근 섬유 의류 분야에서도 환경친화적이고 인체친화적인 섬유를 사용하려는 욕구가 증가하면서 경제성

을 수반한 고-부가가치의 케냐프 섬유를 얻기 위한 노력을 하고 있다. 부직포로서의 이용, 섬유 추출을 위한 레팅과 카딩 연구, 배향성향상 및 훈방과 그라프팅 등과 관련한 연구가 진행 중이며 그 결과 작업복, 실내장식용 직물, 부직포 등 의류 및 산업용 소재로 사용 가능성이 확인되었고 상품화되어 시판되는 등 긍정적인 성과도 얻고 있다(Ramaswamy & Easter, 1997; Yang et al., 2001). 그러나 다른 분야에서의 활발한 연구 및 관심과 비교하면 몇 분야로 국한되고 있고 특히 국내에서 괴복 소재와 관련한 연구는 전무하다. 현재 국내에서는 천연 섬유 원료를 수입에 의존하며 무역개방화로 중국 등 주변국의 저가의 섬유원료 및 직물의 유입이 증가하고 있고 국내에서 재배된 인피섬유인 모시나 저마는 그 수량도 풍부하지 않으며 수작업으로 진행되어 고가로 생산된다. 따라서 환경친화적이고 경제적이면서 괴복소재로서 적합한 물성을 지니는 섬유 작물 개발이 필요한 시점이다. 케냐프 섬유는 이러한 섬유자원의 개발 요구에 부합될 수 있는 21세기의 친환경적이면서 경제적인 속성 섬유 소재이다. 따라서 천연소재의 우수성을 재현하여 괴복 소재로서의 이용을 확대하고 고 부가가치 섬유 소재를 개발하기 위한 기초 연구로서 첫째, 케냐프를 직접 재배하고 재배에 따른 성장 특성을 관찰하여 국내의 지리 및 기후적 여건에 적합한 섬유 작물로서 국내 생산 가능성을 확인하고자 하였다. 둘째, 천연 인피 섬유가 함유한 리그닌 등 목질부를 제거하는 레팅 공정을 실시하여 레팅 방식과 조건에 따른 효과를 관찰하고 섬유 추출 가능성성을 알아보았다. 셋째, 이상의 공정을 거쳐 얻은 섬유의 외관과 물성을 측정하여 괴복소재로서의 이용 가능성을 알아보았다.

## II. 실험

### 1. 케냐프 재배 및 수확

진주(농업기술원)에서 분양받은 케냐프 씨를 제주시 삼양동 소재 밭에서 재배하였다. 2002년 5월 23일 파종하여 물성 실험에 사용할 시료는 9월 7일 105 DAP(Days after planting. 이하 DAP라 칭함)에 일부 수확하였고 이후 채종과 2차 수확을 실시할 때까지 식물의 성장 특징을 계속 관찰하였다. 수확은 수작업으로 진행되었으며 줄기 밀동을 자르고 잔가지를 제거한 뒤 다시 상하 약 20cm를 제거하고 남은 약 2m 정도의 줄기를 인피 섬유를 추출하기 위한 재료로 이

용하였다. 수확된 각 재료를 줄기 방향에 수직으로 절단하여 단면의 특성을 살펴보았다.

## 2. 케냐프 인피부 분리

수확한 줄기의 인피부(bark)와 목질부(core)를 분리하는 박괴작업(decorticating)은 수작업으로 간단한 작업 도구인 칼을 이용하여 케냐프 줄기로부터 인피부를 벗겨내었다. 뿌리로 부터 수직으로 일정한 간격으로 떨어진 각각 다른 거리에 있는 8군데 인피부 두께를 측정하였다. 동일 수직거리 상에서 각각 10곳을 선택하여 측정하고 평균값을 구하였다.

## 3. 레팅

### 1) 생물적 레팅

수확하여 분리한 케냐프 인피부를 물에 침지시켜 자연 상태에서 생물적 레팅(biological retting)을 진행 시켰다. 레팅하는 동안 수온이 15~25°C 유지되도록 하였다. 레팅기간은 5일에서 20일까지 실시하여 시간에 따른 생물적 레팅의 진행 상태를 살펴보았다. 레팅이 종료된 시점에서 흐르는 물에 수회 세척하여 가용 물질을 제거한 뒤 수용액에서 100°C로 5분간 가열한 뒤 자연 건조하였다.

### 2) 화학적레팅

본 실험에서 화학적 레팅(chemical retting)은 케냐프를 40°C의 0.85% Triton X-100 수용액에 10 분간 침지한 후 냉각기가 설치된 플라스크에서 1%, 4% 그리고 7% NaOH 수용액으로 90°C로 60분간 각각 처리하였다. 1% 초산 용액으로 중화시킨 후 뜨거운 물과 찬물로 수차례 수세한 후 자연 건조하였다.

### 3) 정련

레팅이 끝난 케냐프를 0.5% HCl 용액에 30분간 상온에서 침지한 후 냉각기가 설치된 플라스크에서 1% NaOH 수용액으로 90°C로 60분간 처리하였다. 1% 초산 용액으로 중화시킨 후 뜨거운 물과 찬물로 수차례 수세한 후 자연 건조하였다.

## 4. 케냐프섬유 물성측정

### 1) 시료

**Table 1. Retting Conditions of Specimens**

Specimens	Retting method	Retting medium
NR	unretted	-
CR1	chemical	1% NaOH
CR4	chemical	4% NaOH
CR7	chemical	7% NaOH
BR5	biological(for 5days)	water
BR5/CR7	biological/ chemical	water/7% NaOH
BR5/CR7/S	biological/chemical/ scouring	water/7% NaOH
BR10	biological(for 10days)	water
BR10/CR1	biological/chemical	water/ 1%NaOH
BR10/CR4	biological/chemical	water/ 4%NaOH
BR10/CR7	biological/chemical	water/ 7%NaOH
BR10/CR7/S	biological/chemical/ scouring	water/ 7%NaOH

레팅하지 않은 시료(NR)와 생물적 레팅만 실시한 시료(BR), 화학적 레팅만 실시한 시료(CR), 생물적 레팅 후 화학적 레팅을 실시한 시료(BR/CR), 이들 시료를 다시 정련(S)한 시료 등 총 12종의 시료 중 선택하여 섬유의 특성을 측정하였다. 시료 종류 및 레팅 조건은 <Table 1>과 같다.

### 2) 섬유의 단·측면 측정

SEM(Scanning Electron Microscope, Hitachi S-2500, Japan)을 통해 추출된 케냐프 섬유의 단면과 측면을 측정하여 섬유의 미세구조를 확인하였다.

### 3) 결정화도 측정

X-Ray 회절분석기(XD-S-2000, Scintact)를 이용하여 각 시료의 결정화도를 측정하였다.

### 4) 색측정

카딩 후 분광측색계(JS555 Co., Color Techno System, Japan)를 이용하여 각 케냐프 섬유의 L\*, a\*, b\* 값 측정하고 Lightness 와 Yellowness를 평가하였다.

### 5) 강신도

단섬유 상태의 수집이 어려운 경우 플랫번들테스트를 시행하므로(Ramaswamy, et al., 1994) 본 실험에서 케냐프 섬유는 단사를 사용하지 않고 섬유번들 상

태에서 인장시험기(Instron 4302 CRE type, USA)를 이용하여 Load cell: 10 Newton, Speed: 20mm/min, Gauge Length: 100mm의 조건에서 KS K 0409 Test Method에 따라 강신도(Fiber Bundle Strength and Elongation)를 측정하였다.

본 실험에서 강도 측정에 사용된 각 시료는 15cm로 일정하게 채취가 가능하였으나 섬유번들 상태의 굵기가 불균일함을 고려하여 단위섬도(d)를 대신하여 단위무게(g)를 사용하였다. 각각 10회 측정된 시료 무게의 평균 값을 구하고 절단시 하중의 평균값을 구한 뒤 다음의 식(A)와 같이 단위무게(g)당 절단하중(gf)의 평균 값으로 환산하여 케냐프 섬유의 번들 강도를 비교하였다.

$$\text{절단강도 (gf/g)} = \frac{\text{절단시 평균 하중 (gf)}}{\text{시료의 평균 무게 (g)}} \text{ 식(A)}$$

각 시료별 측정된 절단 강도(gf)와 평균 무게(g)는 다음<Table 2>와 같다.

**Table. 2 Average weights and breaking loads of the tested kenaf fiber bundles (\*SD: standard deviation)**

Specimen	Breaking load (gf)		Weights(g)	
	Mean	SD*	Mean	SD*
CR1	1649.5	539.3	0.01835	0.00398
CR4	1713.5	538.7	0.02024	0.00449
CR7	1485.5	351.6	0.02331	0.00664
BR5	1683.4	374.3	0.01716	0.00295
BR10	1191.8	414.9	0.01322	0.00276
BR10/CR1	922.5	323.8	0.01276	0.00153
BR10/CR4	1018.6	402.3	0.01517	0.00478
BR10/CR7	1077.3	589.4	0.01802	0.00417



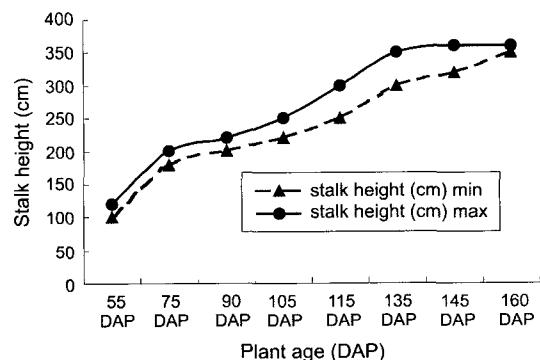
**Fig. 1. Growing of Kenaf**

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 케냐프 재배 및 수확

케냐프는 약 240여 개의 다양한 품종(Francois, Donovan, Mass, 1990)이 개발되었다. 품종이 섬유 품질에 영향을 준다는 확인된 보고는 없으므로 본 실험에서 품종을 구별하지 않고 전주 농업 기술 센터로부터 케냐프 씨를 분양받아 재배하였다.

케냐프의 파종 시기는 생육, 수확량, 섬유비율 및 강도에 영향을 미치므로 최적기는 4~5월 중순으로 보면 국내에서도 동일하다. 제주 지역에서는 생산량을 고려할 때 5월 중순경 파종이 적당하다는 연구 결과(강시용 외, 2001)에 따라 본 실험에서는 5월 23일에 파종을 실시하였다. 파종 후 성장이 순조로워 성장 일수에 따른 길이 성장을 관측했을 때 약 55 DAP에 100cm, 105 DAP에 대부분 250cm의 범위에 있었고 <Fig. 1>, 145 DAP에 350cm까지 빠른 성장을 유지하였으며 이 후 160일까지 지속적으로 성장하였다. 줄기 성장이 4~5개월 사이에 12~14 feet 성장해서 최대 6m까지도 성장된 경우가 있으며(Duke, 1983) 성숙 후 일반적으로 1.5~3m 길이에서 수확하는데 본 재배에서도 파종~이식 후 줄기의 성장에 문제가 없었고 105 DAP에서 2m 이상의 줄기를 얻을 수 있었다<Fig. 2>. 케냐프재배 조건은 열대 아열대 기후로 온난 다습 해야 하고 냉해를 받지 않도록 무상일수가 120~150 일 이상, 강수량 24~36인치일 때 적합하다고 보고하고 있다(Rymsza, 1998). 이를 고려하면 제주시는 연평균 기온 16.2°C, 연평균 상대습도 73%이며, 특히 6월부터 9월 말까지 월평균기온이 21.2~26.5°C를 기록하는 온대에서 아열대 전이지대로서 무상기간이 275



**Fig. 2. Growing of the height of kenaf stalks**

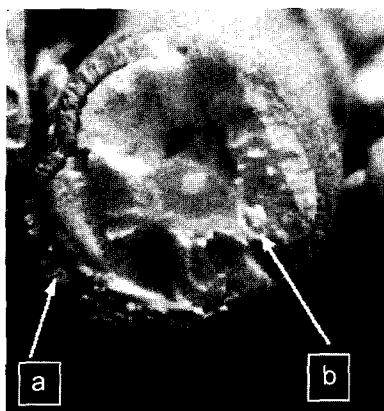


Fig. 3. Feature of the cutting stems: (a) bast (b) core

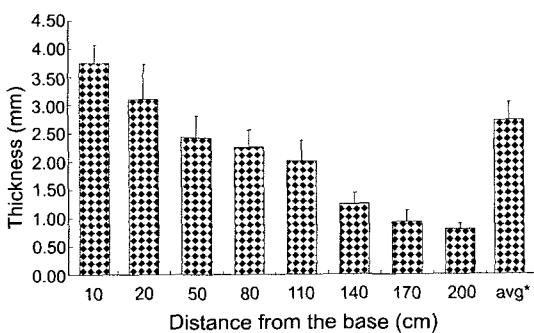


Fig. 4. Thickness of kenaf stalks at 105 DAP(avg\*: average thickness)

일(제주지방기상청, 2002)로 국내에서 가장 길어서 케냐프 재배지로 매우 적합한 기후 조건을 가지고 있었다. 이러한 기후 조건이 케냐프의 성장을 높이는 요인으로 작용하여 국내에서 속성 천연 섬유 소재 자원으로 재배가 가능함을 확인할 수 있었다.

105 DAP의 키가 220cm인 케냐프 줄기를 절단하고 단면 특징과 직경을 관측하였다. 케냐프 줄기 단면을 보면 저밀도로 스폰지 형상의 내부인 목질부 (core)와 고밀도 층을 이루는 외부인 인피부(bast)가 육안으로도 쉽게 구분되었다<Fig. 3>. 건조 중량비로 비교할 때 심부가 전 줄기의 60%, 인피부가 40%이며 각 섬유의 길이, 구성 성분 및 비율이 다르다고 보고(Duke, 1983)되고 있는데 본 실험에서는 인피부의 두께가 평균 2.7mm로서 직경의 약 1/10에 해당함을 확인할 수 있었다<Fig. 4>. 직경의 크기를 살펴보면 하부 직경 최대 52mm에서 점차 좁아져 뿌리에서 약 80cm 떨어진 부분은 약 25mm, 200cm 떨어진 부위

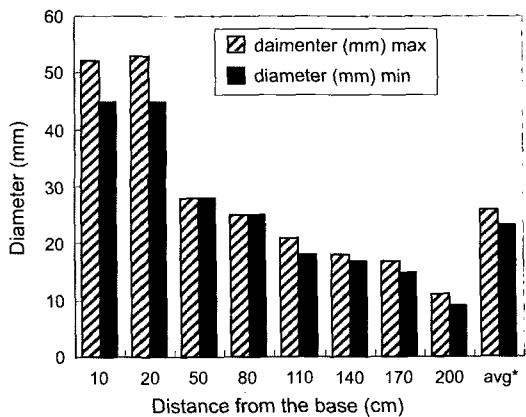


Fig. 5. Diameters of the kenaf stalks at 105 DAP(avg\*: average diameters)

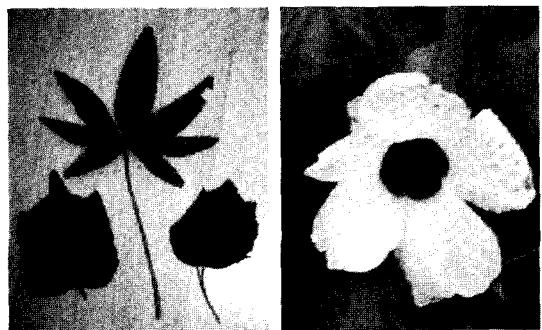


Fig. 6. Kenaf leaves and flowers

는 약 10mm로 감소하였고 이를 평균하면 약 26mm로 성장이 충실했다<Fig. 5>.

본 실험에서 관측된 케냐프 성상<Fig. 6>을 보면 곧은 1가닥의 줄기이며 잎은 초기의 not-lobed 형태와 대마의 잎과 유사한 변종의 deeply-lobed의 두 가지 형태가 발견되어 다른 두 품종임이 확인되었다. 꽃은 기부에 짙은 붉은색의 반접이 있는 5매 크림색 꽃잎으로 75 DAP에 이미 개화되었고 10월 이후 채종이 가능하였으며 씨는 짙은 회갈색의 삼각형으로 확인되었다. 케냐프 채종 실패가 농가의 케냐프 섬유 작물의 지속적인 재배를 어렵게 만드는 원인임을 감안할 때 희망적인 결과였다.

케냐프 수확 방식은 수작업, 기계작업이 가능한데 본 실험에서는 수작업으로 진행되었으며 장섬유를 얻기 위해 가능한 줄기 전체를 긴 상태로 수확하는 시도를 하였다. 낫을 이용한 줄기의 절단이 어렵지 않았고 뿌리째 뽑는 과정도 비교적 용이하였다. 그러

나 대량 수확에서는 기계적이고 자동적인 수확기의 개발이 필요하다고 본다. 수확시기(harvest age)에 따라 섬유 길이와 화학적인 조성이 변화하며 섬유의 물성에도 영향을 미친다는 점(Han, 1998)을 고려하면 용도에 맞는 케나프 섬유를 얻는데 중요한 요인이 된다. 개화 기간 동안 수확하는 경우 고품질의 섬유를 얻을 수 있으며 파종 후 90~125일이 적기인 것으로 보고되었다. 생물적 레팅을 실시하여 줄기를 침수할 경우 수온이 20°C 이하에서는 침수 기간이 길어지고 분리가 어려워지므로 국내에서 9월 상, 중순경을 적기로 본다(김희태 외, 1976). 이러한 점을 고려하여 본 실험에서 개화 시기인 9월 상순 105 DAP에 1차 수확을 시도하여 길이 200~250cm 정도의 케나프를 수확할 수 있었다. 그러나 5월 23일 파종한 본 실험에서 수확 적기로 여겨지는 90일~120일 사이인 7~8월에 수차례의 태풍이 지나가면서 태풍으로 인한 피해가 우려되었다. 따라서 파종 시기 및 수확 시기 조절이 필요하며 파종 일수에 따른 줄기의 성장 특징과 화학적 성분 변화 그리고 그에 따른 섬유물성의 변화 등을 비교하여 최적의 케나프 섬유를 얻기 위한 수확 시기를 규명할 필요가 있었다. 국내 재배에서 파종 시기와 수확시기에 따른 케나프 섬유 특성 연구가 이루어진다면 경제적이고 우수한 품질의 섬유 재료가 확보될 수 있을 것으로 본다.

## 2. 케나프 인피부 분리

수확 후 완전 건조가 되지 않은 상태에서 칼 등을

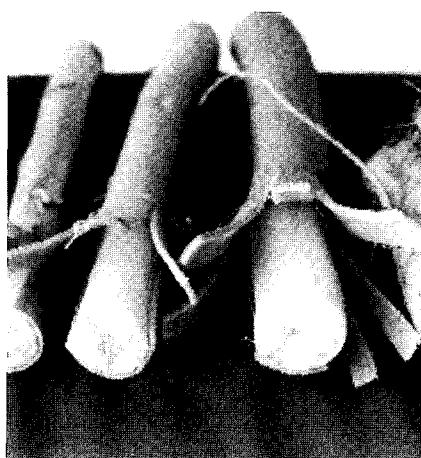


Fig. 7. Decorticated kenaf

이용한 수작업으로 줄기에서 목질부가 섞이지 않은 상태의 길이가 긴 인피부를 분리할 수 있었다<Fig. 7>. 다만 줄기 중 상부는 잘 분리되지 않아 낮은 수율의 인피부를 얻을 수밖에 없었다. 길이가 긴 인피부를 얻지 않아도 되는 경우라면 적당한 길이로 케나프 줄기를 절단한 뒤 벗기면 탈피가 용이하고 넓은 폭의 인피부도 얻을 수 있으리라 생각된다. 타 인피섬유에 비해 최외피를 제거한다거나 삶고 찌는 공정 없이 분리가 용이하다는 점은 대량 생산화 및 경제적인 공정에 기여할 것으로 보인다.

## 3. 레팅

분리된 케나프 인피는 셀룰로오스 약 65~75%, 리그닌 약 7~22%, 기타 페틴 등으로 구성되어 아마 등의 인피 섬유에 비해 검류의 함량이 높다고 보고되었다(Tao et al., 1995). 특히 리그닌을 함유한 섬유는 뺏뻣하고 조악하며 응집성이 낮아 고급 피복 소재로 응용에 한계가 있다. 리그닌을 제거하면 굽기가 감소하고 유연성이 증가하여 고·부가 가치의 길고 정교한 섬유를 얻을 수 있는 반면 섬유 길이가 감소하고 강도 저하가 일어날 수 있다. 따라서 피복 소재로의 이용성을 높이기 위해서는 용도에 따라 리그닌 등의 검류 함량을 조절해야 하며 레팅에 의한 검류의 제거 효과와 이들이 섬유의 구조와 물성에 미치는 영향이 우선적으로 검토되어야 한다.

케나프 레팅 방식은 크게 생물적 레팅과 화학적 레팅 2 가지가 이용되고 있다. 생물적 레팅은 식물체에 고유하게 존재하는 미생물에 의해 리그닌을 분해하는 경제적이고 간단한 전통적 방식이며 화학적 레팅 방식은 알카리 등의 약품을 처리하여 섬유를 추출하며 처리 속도가 빠르나 강도 저하가 야기되며 환경 친화성이 떨어지는 단점이 있다. 본 실험에서는 두 가지 레팅 방식으로 섬유를 추출하면서 그 특징을 관찰하였다.

### 1) 생물적 레팅의 진행

105 DAP의 케나프 인피부를 물에 침지하여 온도와 시간 변화에 따른 레팅의 진행 상태를 관찰하였다. 동일 시간에서도 40°C에서 레팅한 경우가 상온에서 방치하여 온도가 15~25°C로 유지한 경우에 비해 불순물의 용해 효과가 떨어지는 것으로 나타났다. 생물적 레팅은 온도에 의존적임을 확인할 수 있었고 기온이

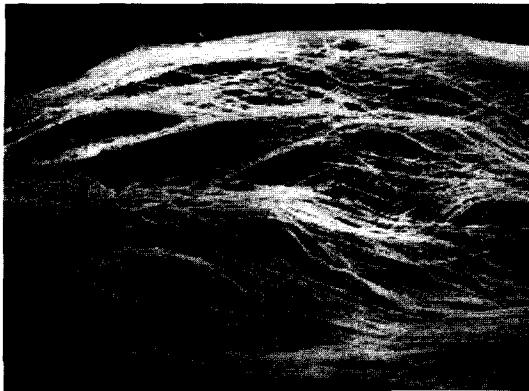


Fig. 8. 105 DAP Kenaf bast fiber bundles after biological retting for 10 days

낮은 시기에 생물적 레팅을 하는 경우 가온 장치가 필요할 것으로 생각된다. 일반적으로 15°C~30°C에서 짧게는 5일에서 22일까지 처리하여 섬유를 얻는다 (Duke, 1983; Ramaswamy et al., 1994). 본 실험에서 레팅시간 약 10일까지 거품이 생기고 미끈한 물질이 생성되었으며 악취가 매우 심해서 미생물에 의한 분해가 진행됨을 알 수 있었다. 10일 이후 이러한 현상이 완화되어 15~25°C에서 5~10일이면 레팅이 완료된다고 결론지을 수 있었다. 레팅 종료 후 물로 수세하여 가용성 분해 물질을 제거할 수 있었고 탈수 자연 건조한 케냐프 인피부<Fig. 8>에서 불순물인 검류가 제거된 후 생성된 섬유 사이에 빈 구멍들과 분리된 섬유 다발을 확인할 수 있었다. 섬유들이 망처럼 얹혀있으며 폭 방향으로 잡아당기면 늘어나고 길이 방향으로 나누어지며 여기에 기계적인 빗질을 추가되면 섬유 가닥을 쉽게 분리할 수 있다.

## 2) 화학적 레팅 진행

섬유들을 결합하고 있는 리그닌의 C-C 간 결합, C-O간 결합을 분해하고 제거하기위해 수산화나트륨 등의 알칼리, 유연제 및 계면활성제, 유화제 등을 이용 화학적 레팅을 한다 (Tao et al., 1997). 유연제 및 계면활성제 처리 효과로서 탈검화 및 불순물 제거효과, 흡수 흡습성, 점도 및 웹 형성능 등이 증가되는 것으로 보고되고 있으며(Yang et al., 2001) 특히 유화제 처리는 섬유 다발의 크기를 감소시켜 섬세해지고 유연성 증가시키며 이때 처리제의 농도와 반응 시간이 처리 후 섬유 물성에 영향을 준다는 결과가(Tao et al., 1995, 1997) 보고된 바 있다. 본 실험에서는



Fig. 9. 105 DAP Kenaf bast fiber bundles after chemical retting with 7% NaOH

NaOH 수용액을 처리하고 몇몇 시료는 유연제 처리도 병행하였는데 1시간 boiling에서 리그닌이 제거되고 섬유 가닥이 분리됨을 확인할 수 있었다<Fig. 9>.

## 4. Characteristics of Kenaf fiber

### 1) 전자현미경을 통한 관찰

케냐프 줄기의 인피부 단·측면을 전자현미경으로 관찰하였다. 레팅 전의 인피부 단·측면도에서는 단섬유가 분리되지 않고 여러 개의 섬유 다발(fiber bundle)이 전체적으로 엉켜 한 덩어리로 결합되어 있고 측면에서는 불순물이 부착된 여러 줄의 선을 발견 할 수 있었다<Fig. 10>. 레팅 후 섬유 결속 물질인 리그닌 등이 분해되어 빠져나가면서 불균일한 크기의 다변형 섬유 다발로 분리되었는데 이는 생성된 다발 사이에 존재하는 검은 빈 공간으로 확인할 수 있다. 대부분의 섬유다발은 수 개에서 수십개의 단섬유로

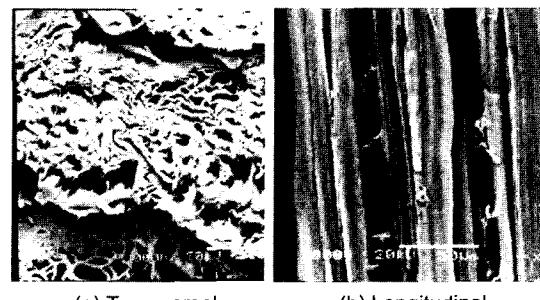


Fig. 10. Transversal and longitudinal scanning electron microographies ( $\times 500$ ) of unretted kenaf basts

이루어져있는데 각 단섬유를 묶고있는 middle lamellae(Morrison et al., 1996)의 존재로 분리가 덜 되어서 다발의 형태로 생성된다고 볼 수 있었다. 또한 레팅 전 측면에서 발견되던 불순물은 레팅으로 감소되고 측면의 가는 줄이 많이 나타나며 똑바른 선형으로 바뀌고 있음이 확인되었는데 역시 리그너의 분해 때문으로 보인다<Fig. 10, 11>. 섬유 다발 내부에 크기가 불균일한 단섬유들이 결합되어 있고 측면에 나타난 가는 선은 단섬유를 구분하는 것임을 알수 있었다. 대체로 섬유직경이 15~25 $\mu\text{m}$ 의 범위에 드는 것으로 확인되었고 약 11~20 $\mu\text{m}$ 으로 조사된 Ramaswamy, Boyd(1995) 등의 실험 결과와 유사했다. 각 단섬유의 단면의 모양은 둥글거나 다소 긴 타원형이며 생물적 레팅에서 뚜렷이 나타난 중공(Lumen)을 확인할 수 있었다<Fig. 11>.

본 SEM 사진에서 흥미있는 결과는 레팅 전에는 납작한 상태의 놀려있는 불규칙한 형상으로 확인이 어려웠던 중공이 생물적 레팅으로 둥글고 크게 발달했으나 화학적 레팅을 한 시료에서는 중공을 관찰할

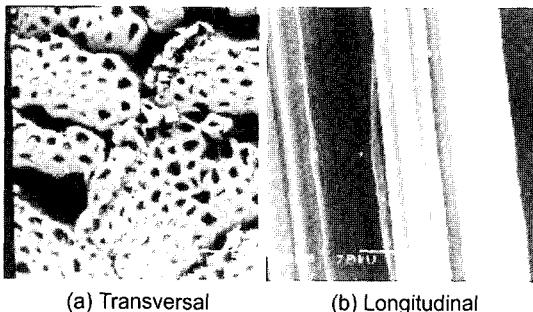


Fig. 11. Transversal and Longitudinal scanning electron microographies ( $\times 500$ ) of biologically retted kenaf bast fiber bundles for 10days

수 없었고 알칼리의 농도를 1, 4, 7% 모두에서 중공이 사라졌고 정련 과정에서 유연제나 추가적인 알칼리 처리에 의해서도 동일한 현상이 나타났다는 점이다<Fig. 12>. 뿐 만 아니라 알칼리의 농도 증가와 정련에 의해 섬유다발 간 간격이 넓어지면서 섬유 다발의 세분화되며 굵기가 더욱 감소한 것이 나타났으며 검은 빈 공간의 크기로 확인할 수 있었다. 알칼리 처리로 섬유가 섬세해지고 화학적 레팅에서 탈검화 효과가 증가한다는 주장(Tao, et al., 1997)과 일치하는 결과였다. 중공의 소멸 현상은 알칼리를 처리에 의해 불순물이 급격히 빠져나가고 셀룰로즈 섬유가 팽윤(swelling)되면서 나타나는 일종의 며어서화현상으로 추측된다.

실험에서 관측된 SEM 측정 결과를 고려할 때 레팅 방식의 차이가 불순물의 제거, 섬유의 팽윤, 단면형에 영향을 주며 이러한 변화가 섬유의 굵기, 광택, 강도, 촉감, 부피감 등의 차이를 유도할 수 있다고 판단된다. 따라서 케냐프 섬유를 추출하기 위해서 레팅은 필수적인 단계이며 원하는 특성을 소유한 섬유를 생산하기 위해 섬유의 특성에 영향을 미치는 레팅 방식과 조건을 확립하기 위한 후속적인 연구가 필요하다고 생각된다.

## 2) 색

케냐프 섬유는 광택이 좋고 특히 생물적 레팅이 더 우수한 광택과 밝은 색이 나타낸다고 보고되고 있다 (Morrison et al., 1996; Ramaswamy et al., 1994). 본 실험의 색도 측정 결과 <Table 3>를 보면 생물적 레팅이 화학적 레팅 섬유에 비해 밝았으며 화학적 레팅은 yellowness를 증가시켰음을 알 수 있었다. 생물적 레팅을 거친 케냐프 섬유는 whiteness가 높게 나타나 표

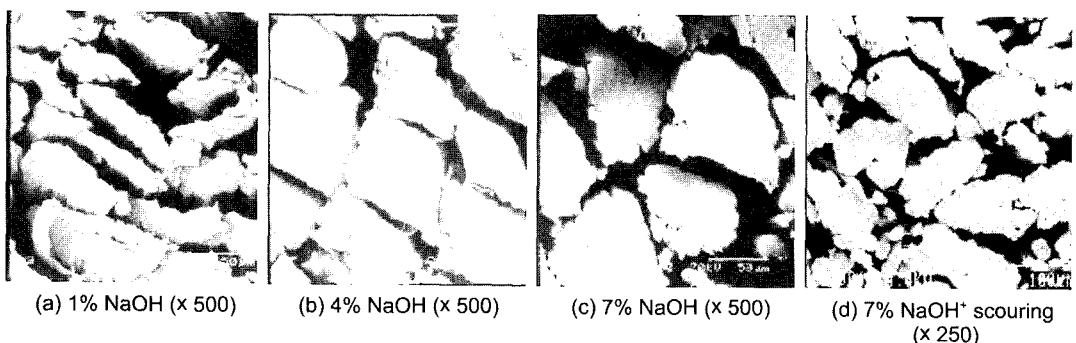


Fig. 12. Transversal scanning electron microographies( $\times 250\sim 500$ ) of chemically and biologically retted kenaf bast fiber-bundles: (a) BR10/CR1 (b)BR10/CR4 (c)BR10/CR7 (d)BR10/CR7/S

**Table 3. L,a,b values of 105 DAP kenaf fiber after retting**

Specimens	L*	a*	b*
CR	65	2	20
BR5	77	1	13
BR5/CR7	75	0	22
BR5/CR7/S	78	0	25
BR10	76	2	14
BR10/CR7	73	2	23
BR10/CR7/S	73	2	24

**Table 4. Crystallinities of 105 DAP kenaf after retting**

Specimens	Crystallinity (%)
CR4	90.25
CR7	85.41
BR5	95.46
BR5/CR7	88.30
BR5/CR7/S	85.05
BR10	91.99
BR10/CR7	88.33
BR10/CR7/S	90.76
BR10/S	89.57

백제 등을 처리하지 않고도 천연 상태에서 별다른 조작 없이 사용할 수 있을 것으로 사료되며 경제적이고 친환경적 공정에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3) 결정성

생물적, 화학적 레팅을 실시한 후의 케나프 섬유 결정화도 측정 결과는 <Table 4>와 같다. 생물적 레팅만을 실시한 후의 케나프 섬유의 결정화도는 약 92~96%로서 화학적 레팅을 만을 실시한 경우인 약 85~90%에 비해 높게 나타났다. 생물적 레팅을 실시한 후 추가로 화학적 레팅을 실시하거나 알칼리로 정련 처리한 경우 85~88% 까지 결정화도가 감소하였다. 이러한 결과를 볼 때 알칼리를 이용한 화학적 레팅이나 정련은 결정화도를 저하시킬 수 있다고 고찰된다. 만약 알칼리의 농도를 높였을 때 결정화도는 더욱 감소할 수 있을 것으로 예상되며 고 결정성 섬유를 얻어야하는 경우 알칼리를 이용한 레팅에서 극히 주의가 필요하다고 사료된다. 일반적으로 결정화도는 80% 이상으로 면에 비해 우수했고 생물적 레팅만을 실시한 경우 마섬유와 유사한 우수한 결정화도를 소유한 섬유를 얻을 수도 있어 섬유 소재로서의

**Table 5. Fiber bundle strengths and elongations of 105 DAP kenaf fiber after retting**

Specimens	Fiber bundle strength (gf/g)	Elongation (%)
CR1	89891.0	2.4
CR4	84659.1	2.5
CR7	63728.0	3.4
BR5	98100.2	1.8
BR10	90151.3	1.9
BR10/CR1	72296.2	2.0
BR10/CR4	67145.7	2.2
BR10/CR7	59783.6	2.6

이용에 긍정적으로 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

### 4) 강신도

섬유 번들 상태에서 측정한 케나프 섬유다발의 강신도를 <Table 5>에 나타냈다. 강도는 굽기의 불균일성을 고려하여 앞절 II의 4-5)에 제시한 식(A)에 따라 단위 무게(g)당 절단하중(gf)으로 환산하였다.

생물적 레팅을 한 경우 약 90,000~98,000 (gf/g)로 일반적으로 화학적 레팅이 약 64,000~90,000 (gf/g)인 것과 비교하면 강도가 높았다. 화학적 레팅의 경우에서도 NaOH 처리 농도를 증가시킬수록 오히려 강도가 감소하였다. 생물적 레팅을 하고 다시 화학적 레팅을 한 경우 약 72,000~60,000 (gf/g)까지 강도가 감소하였고 역시 NaOH 처리 농도를 증가시킬수록 그 저하현상이 심화되었다. 파열강도를 조사한 Morrison et al.,(1996)의 결과와 유사하게 알칼리 처리에 의해 강도가 저하됨을 확인할 수 있었다. 신도에서는 화학적 레팅을 한 경우 생물적 레팅보다 우수했고 NaOH 처리 농도가 증가할수록 더욱 증가하였다. 섬유의 강도와 신도 모두 레팅의 영향을 받았음을 확인할 수 있었으며 특히 레팅 방식의 변화로 섬유 번들의 강신도 조절이 가능하였다. 피복소재의 용도에 적합한 재료의 창출을 위해서 레팅 방식은 매우 중요한 요인이 될 수 있음을 확인할 수 있었다.

SEM 측정 결과와 <Table 4>의 결정화도, <Table 5>의 절단강도의 결과를 종합적으로 고찰할 때 레팅을 위한 알칼리 처리는 리그닌 등의 불순물 고분자 주체를 급속히 절단 분해시켜 용출시켰다. 이로 인해 셀루로즈 고분자의 배열과 배향을 변화시켜 중공의 소멸 현상과 이의 심화 및 결정성의 변화를 유도하고 강도의 감소를 초래할 수 있다고 판단된다.

## IV. 결 론

경제적이고 특히 친 환경적인 작물로 평가되며 다양한 산업 분야에서 연구 개발되고 있는 케나프의 의류 소재로서 사용을 확대하고 고 부가가치 섬유를 얻기 위한 시도로서 본 연구를 실시하였다. 케나프를 직접 재배 생산하고 수확하였으며 인피부 분리와 레팅 과정을 거쳐 섬유를 얻었고 추출된 섬유의 물리적 특성을 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 제주는 케나프 재배가 용이하였고 성장 속도도 매우 빨라 105 DAP에서 220cm 이상의 줄기를 수확하였으며 145 DAP에 최대 360cm 까지 성장하였다. 채종도 가능하여 지속적으로 섬유 원료를 생산할 수 있을 것으로 생각된다.

2. 105 DAP에서 케나프 줄기를 수확하여 인피부와 목질부를 분리하였다. 생물적 레팅은 15~25°C의 물에 침지하였고 화학적 레팅은 NaOH로 처리하여 섬유를 추출하였다. 추출된 섬유는 섬유 다발 형태로 존재하며 내부 단섬유의 굽기는 직경이 약 25~15μm의 범위였다.

3. 생물적 레팅과 화학적 레팅으로 추출된 케나프 섬유는 형태의 차이를 나타냈으며, 특히 화학적 레팅의 경우 알칼리 작용으로 단면의 중공이 감소하거나 소멸하였다.

4. 생물적 레팅으로 얻은 섬유의 색은 밝은 크림색이었고 화학적 레팅에 의해 yellowness가 증가하였다. 추출된 섬유의 결정화도는 약 80% 이상으로 면보다 우수하였고 생물적 레팅에서는 최대 약 95%로 화학적 레팅보다 높았다. 케나프 섬유 다발의 강도는 생물적 레팅에서 최대 98100.2 (gf/g)였고 화학적 레팅에서는 최소 63728.0 (gf/g)까지 측정되어 생물적 레팅이 일반적으로 높은 강도를 나타냈다. 알칼리 처리로 섬유 강도가 저하되고 신도는 증가하였다.

## 참고문헌

- 강시용, 김문철, 강영길. (2001). 원예작물의 생산기술 개발 II. 아열대원예산업연구서 연구보고서, 5, 53.
- 김희태, 박차노, 손세호 편저. (1976). 궁예작물학. 향문사.
- 박종문. (1964). *Genus Hibiscus*의 품종에 관한 연구 I. 한국 재래종 및 남방형 양마의 개화와 수정. *한국작물학회지*, 2(2), 50~56.
- 조남석, 최태호. (1996). 속성 섬유자원인 양마로부터 전통 한지제조특성. *펄프 종이 기술*, 28(4), 7~16,
- 제주도기후특성, 제주지방기상청. (2002). 자료검색일 2002, 11. 1, 자료출처. <http://jeju.kma.go.kr>
- Duke, J. A. (1983). *Hibiscus cannabinus L. Handbook of Energy Crops*, from [http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke\\_energy/Hibiscus\\_cannabinus.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Hibiscus_cannabinus.html)
- Francois, L. E., Donovan, T. J., & Mass, E. V. (1990). Salt Tolerance of Kenaf. *Advances in New Crops*. Timber Press, Portland, OR., 300~301.
- Han, J. S. (1998). Properties of Nonwood Fibers. *Proceedings of the Korean Society of Wood Science and Technology Annual Meeting*, 3~12.
- Kugler, D. E. (1990). *Non-wood Fiber Crops; Commercialization of Kenaf for Newsprint, Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR, USA, 289~292.
- Lewin, M., & Pearce, E. M. (1985). *Fiber Chemistry Handbook of Fiber Science and Technology: Volume*. Marcel Dekker Inc., 723~724.
- Morrison, W. H., Akin, D. E. Ramaswamy, G. N., & Baldwin, B. (1996). Evaluating Chemically Retted Kenaf Using Chemical, Histochemical and Microspectrophotometric Analyses. *Textile Research Journal*, 66(10), 651~656.
- Ramaswamy, G. N., & Boyd C. R. (1995). Kenaf/Cotton Blend for Textiles. *Family and Consumer Sciences Research Journal*, 424(2), 180~190.
- Ramaswamy, G. N., & Easter, E. P. (1997). Durability and Aesthetic Properties of Kenaf/Cotton Blend Fabrics. *Textile Research Journal*, 67(11), 803~808.
- Ramaswamy, G. N., Ruff, C. G. & Boyd, C. R. (1994). Effect of Bacterial and Chemical Retting on Kenaf Fiber Quality. *Textile Research Journal*, 64(5), 305~308.
- Rymsza, T. A. (1998). Utilizing Kenaf for High Value Paper Applications in the USA, *High Performance Paper Society*, Takamatsu City, Japan, from <http://visionpaper.com/library.html>
- Rymsza, T. A. (1999). Utilization of Kenaf Materials. *Forest Products Society*, June 30, Boise, Idaho, from <http://visionpaper.com/library.html>
- Tao, W., Moreau, J. P., & Calamari, T. A. (1995). Properties of Nonwoven Mats from Kenaf Fiber. *Tappi Journal*, 78(8), 165~169.
- Tao, W., Calamari, T. A. Shih, F. F., & Cao, C. (1997). Characterization of Kenaf Fiber Bundles and their Nonwoven Mats. *Tappi Journal*, 80(12), 162~166.
- Tao, W., Calamari, T. A., & Crook, L. (1998). Carding Kenaf for Nonwovens. *Textile Research Journal*, 68(6), 402~406.
- Yang, Q., Morisawa, J., & Sameshima, Y. O. (2001). Kenaf Bast fiber Treatment for Nonwoven Fabrics, *Sen'l Gakkaiichi*, 57(3), 88~93.