

수세미외 섬유의 펄프화에 관한 연구 - 섬유의 구조와 펄프화별 특징 분석 -

김종규·노재성*·이종신**

한국조폐공사 기술연구소, *충남대학교 공과대학 정밀공업화학과, **충남대학교 농과대학 임산공학과
(1997년 9월 8일 접수, 1997년 11월 3일 채택)

Studies on Pulping of Sponge Gourd Net Fiber - Analysis of Morphology and Characteristics of Pulps -

Jong-Gyu Kim, Jae-Seong Rho*, and Jong-Shin Lee**

Technical Research Institute, Korea Security Printing and Minting Corporation, Taejon 305-350, Korea

*Dept. of Fine Chemicals Engineering & Chemistry, College of Engineering Chungnam Nat'l University, Taejon 305-764, Korea

**Dept. of Forest Products, College of Agriculture, Chungnam Nat'l University, Taejon 305-764, Korea

(Received September 8, 1997, Accepted November 3, 1997)

요약 : 수세미외 그물 섬유를 크라프트법, 알칼리 아황산법, 아황산법, 알칼리 과산화 수소법과 소오다법으로 펄프화하고, 안트라퀴논의 첨가와 미첨가 조건으로 구분하여 증해하였다. 이들의 고해와 미고해분에 대하여 주사 전자현미경(SEM), 섬유 품질 분석기(FQA), 섬유길이 분류기(Clark 4-Screen Classifier), 화상 분석기(Image Analyzer)를 이용하여 특성과 섬유의 구조를 비교 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 수세미외 섬유의 증해후 해섬 가능 기준의 Pulping 조건은 KP계(160°C, 2시간), ASP계(155°C, 4시간), PAP계(160°C, 1시간)에서 Kappa 값이 각각 12, 25, 10 수준으로 비교적 낮은 Total Alkali(약 20%) 조건에서 적정 증해가 가능했다.
- 2) 각 펄프화별 펄프의 총 증해수율은 KP 50~55, ASP계 60~70, PAP계 45~50%로 SP계의 수율은 매우 높고, KP나 PAP는 일반 비목재나 목재와 비슷한 수준을 나타냈다.
- 3) NaOH의 투입량의 증가는 해섬능을 촉진하고, 섬유길이, Curl, Kink Index 등에서 품질의 형태 변화를 보였다.
- 4) 수세미외 섬유의 펄프화 공정에서 AQ첨가는 탈리그린 촉진으로 해섬능이 현격하게 향상되고 섬유의 산화 분해를 방지하며, 고해 속도 상승과 피브릴화를 촉진하였다.
- 5) ASP계는 KP나 PAP보다 Bulk density가 높고, 섬유간 결합이 치밀하고, 섬유의 세포 손상이 감소되었다.
- 6) 수세미외 섬유는 "C" Stain에 의한 정색 반응으로 청색 또는 청회색의 맑고 투명한 세포벽을 갖는 정색 특성을 나타냈다.

Abstract : Studies were carried out on the preparation of several kinds of pulps from Sponge gourd fiber by KP, ASP, SP, PAP, AP and addition of AQ pulping process. These unbeaten and beaten pulping fibers were observed their characteristics and fiber structure by SEM, FQA, Image analyzer and Micro projector. The results were summarized as follows ;

- 1) The cooking condition which is the possible defibrillation of Shives are KP base(160°C, 2hr.), ASP base(155°C, 4hr.), PAP base(160°C, 1hr.). From the results, the kappa no. had the range of 12, 25, 10 each other.
- 2) The pulp yields of sponge gourd fiber obtained the range of KP 50~55%, ASP & 60~70% and PAP 45~50%. SP base have the highest and contents of KP & PAP base are much the same as woods.
- 3) Increasing amount of NaOH on Pulping was accelerated the defibrillation of Shives and was changed a morphology of pulping fiber quality such as fiber length, curl and kink index.
- 4) Addition of AQ on pulping process of sponge gourd fiber had a affect to raise the rate of delignification while protecting cellulosic components against degradation, especially defibrillation was very excellent, beaten pulp much more easily and increased the fibrillation.
- 5) ASP system have higher bulk density, fiber bonding and protecting cellulosic components against degradation than KP or PAP.
- 6) The color reactions of the "C" stain solution showed blue or blue-gray with clean and transparency thin cell wall.

1. 서 론

본 연구를 통해 특수제지용 펄프의 원료개발을 대상으로 한 수세미외는 박과(*Cucurbitaceae*)에 속하며, 학명은 *Luffa Cylindrica Roem*이며, 약명이 사과(絲瓜) 또는 사과락(絲瓜絡)이다. 원산지 가 열대 아시아인 1년생 만생식물인 쌍자엽 식물(Dicotyledonous plant)이다. 수세미외의 어린 열매는 식용으로, 수액은 화장수로 사용되고 종자는 기름을 짜고 깻묵은 비료 또는 사료로 사용[1]하며, 한방으로는 거담, 광란, 외치, 심장관막증, 인후염, 후두염, 습진 등[2] 의약용으로 쓰이며 수세미외의 주성분은 Gibberlin, Saponin, Oleanolic Acid, Galactose, Xylose, Rhamnose, KNO₃으로 알려져 있다[3, 4].

망상구조의 섬유질은 세척용, 신발갈개, 슬리퍼, 바구니 등 일상용품으로 활용되는 등 수세미외는 성숙재에 따라 용도도 다양함으로 재배의 효율성과 다용도 특성에 관한 연구들이 많이 보고되고 있다[5~12]. 특히 성숙한 열매는 섬유질의 망상구조와 고옥질이 있으며, 본 펄프화를 대상으로 한 것은 이중 고옥질을 제거한 섬유질의 망상구조 부분에 관한 것이다.

미이용 또는 저이용 섬유자원의 활용성 추구라는 관점에서 농산폐물 중 수세미외를 선정하여 제지 적성 여부의 검토로 예비실험 결과 자원으로써 개발의 의미가 있다고 생각되어 망상구조 섬유의 제지 가능성에 대해 보고[13]한 바 있으며, Kraft와 Sulfite, Alkaline sulfite 펄프화에 따른 물성에 대해서도 발표[14]한 바 있다.

본 보에서는 펄프화법으로 Kraft(K), Alkaline sulfite(AS), Sulfite(SS) 그리고 Hydrogen peroxide alkaline(P)계의 펄프화 조건에 따른 섬유의 구조적 특성을 기기를 통하여 분석하고 펄프별 특성을 비교 검토하였다.

2. 실 험

2.1. 시 료

본 실험에 사용한 공시시료는 시험재배장에서 재배하여 10-11월 사이에 충분히 성숙한 과실을 채취하여 육질을 제거한 수세미외의 그물 섬유를 약 100mm로 단재하여 씨를 제거하고 해리용 비터(용량 70ℓ)에서 1.5% 농도로 투입하고 하중 5kg하에서 망상구조를 해체한 원질 섬유를 햇볕에 건조하여 전체의 원료를 끌고루 섞어 균질화한 것을 실험용 재료로 하였다. 공시재료의 성상은 Table 1, 화학적 성분은 Table 2와 같다.

2.2. 펄프화 방법

2.2.1. Kraft Pulping(KP)

시료 500g을 전기 가열 방식의 회전식 실험용 증해부(Pressure 0-10 Kg/cm³, Temp. 0-200℃, Capacity 40ℓ)에 넣고, 최고 증해 온도 160℃ 조건에서 액비 1:5(물:결건중량 wt/wt)로 고정하고, 예비실험을 통해 결속섬유의 완전 해섬 조건인 증해액 조성을 Total Alkali(TA) 19.5%, Sulfidity 24.5%(as Na₂O) 기준에서 안트라퀴논(AQ) 첨가와 미첨가 조건으로 구분하여 증해하였다. 증해 조건은 Table 3과 같다.

Table 1. Physiognomy of Sample Sponge Gourd

Species	Diameter of net fiber of sponge gourd (mm)	Length of Sponge gourd fruit (mm)
Sponge gourd	60 - 100	200 - 500

Table 2. Proximate Chemical Analysis of Net Fiber of Sponge Gourd

Components	Values
<i>α</i> - Cellulose	75 - 76
Holocellulose	86 - 89
Pentosan	14
Ash	1.2 - 1.4
Kappa No.(Klason Lignin)	45.5 (10 - 14)

Table 3. Kraft Cooking Conditions

Sample Name	Liquor Components (as Na ₂ O,%)	A Q	Time to max. temp. (min.)	Keep at Max. Temp. (hr.)	Cooking Temp. (°C)	Liquor ratio	pH of Liquor	
							White	Black
K2	NaOH 14.7 Na ₂ S 4.8	-	50	2	160	1:5	13.23	12.8
K3	"	0.2	"	2	"	"	"	12.9
K4	"	-	"	3	"	"	"	12.85

Notes : Cooking time 1 hr. was unjustable condition.

Table 4. Alkaline Sulfite Cooking Conditions

Sample Name	Liquor components (as Na ₂ O)(%)			Total Alkali (%)	Time to max. temp. (min.)	Keep at Max. temp. (min.)	Cooking Temp. (°C)	Liquor ratio	pH of Liquor	
	Na ₂ SO ₃	NaOH	AQ						White	Black
AS1	10.5	2.9	-	13.4	50	240	155	1 : 5	12.93	8.21
AS2	"	"	0.2	"	"	"	"	"	"	8.32
SS	25	-	-	25.0	"	"	"	"	9.9	7.44
SSA	25	-	0.1	"	"	"	"	"	"	7.47

2.2.2. Alkaline Sulfite Pulping(ASP)

2.2.1과 같은 실험량과 증해조 조건에서 결속섬유의 최소한의 해섬조건에서 TA 13.4부터 14.3, 15.1, 25.0%의 증해액 조건별로 증해하였다. 증해 조건은 Table 4와 같다.

2.2.3. Hydrogen peroxide alkaline pulping(PAP)

2.2.1과 같은 실험량과 증해조 여건에서 결속섬유의 해섬 조건인 TA 20%를 기준 증해액 조건으로 조성하고, 증해 조건은 Table 5와 같다.

2.2.4. Soda pulping(AP)

다른 펄프화법과 제반 특성을 비교 분석하기 위하여 2.2.1과 같은 실험량과 결속섬유의 해섬 조건에서 증해를 하고, 증해 조건은 Table 6과 같다.

Table 5. Hydrogen Peroxide Alkaline Cooking Conditions

Sample Name	Liquor Components (%)				Time to max. temp. (min.)	Keep at Max. Temp. (hr.)	Cooking Temp. (°C)	Liquor ratio	pH of Liquor	
	NaOH (as Na ₂ O)	H ₂ O ₂	EDTA	AQ					White	Black
P1	20	2.0	0.3	-	50	2	160	1:5	13.33	13.05
P2	"	"	"	0.2	"	1	"	"	"	13.06
P3	"	"	"	-	"	1	"	"	"	13.04

Table 6. Soda Pulping Conditions

Sample Name	Liquor Components (as Na ₂ O)(%)	AQ	Time to max. temp.(min.)	Keep at Max. Temp.(hr.)	Cooking Temp. (°C)	Liquor ratio	pH of Liquor	
							White	Black
A	NaOH 19.3	-	60	4	155	1:6	13.47	11.88

2.2.5. Pulping 수율

각각의 펄프화 조건으로 증해 후 세척하여 섬유해리기로 3,000회 회전시켜 해섬하고, 열풍건조기에서 80°C로 5hr. 건조시킨 후 평량하여 다음 식으로 수율을 구하였다.

$$\text{Yield(\%)} = \frac{\text{Pulp Weight (dry basis)}}{\text{Sample Weight of Sponge gourd Net Fiber(dry basis)}} \times 100$$

2.3. 고해 및 수초지 제조

펄프화한 건조 시료를 30g 취하여 물로 10% wt/wt 농도로 하고 2시간 이상 충분히 침적시킨 것을 TAPPI standard T 248 Pm-74의 방법으로 PFI mill(고해조건; 선압 1.8 Kg/cm², Clearance 0.3mm)로 고해도 40 °SR을 전후의 기준으로 할 때 KP계 및 PAP계는 500회, ASP계는 1100회 고해하여 증해 펄프 조건별 고해 속도를 측정 비교하고, 적정회수를 조정하여 고해도 40 °SR의 지료로 TAPPI Standard (T 205 om-88)방법으로 평량 60g/m²의 수초지를 만들어 압착기로 압착하여 실온 상태에서 건조하였다.

2.4. 섬유분류실험

1) Classify

펄프화한 건조 시료를 Tappi T 233 hm-82에 의거 측정하였다.

2) Fiber Quality Analysis

펄프화한 건조 시료를 충분히 물에 침적후 해섬하고, 이를 Fiber Quality Analyser LDA 96035로 섬유 빈도수(Events Per Second)를 25-40 범위, 온도 24.9°C, 점도 0.8925 조건에서 Length weighted, Mean curl length weighted, Kink index를 측정하였다.

2.5. 주사 전자현미경에 의한 관찰

원질시료와 2.2의 펄프화 시료를 고해한 상태의 것을 에탄옥 시시리드에 의해 탈수 처리 후 섬유 현탁액으로 커버그라스에 한두 방울 떨어뜨려 진공건조(약 400 mmHg, 온도 60°C) 후 알루미늄판 위에 도전성 카본 양면 접착 테이프로 접착하고, 시료

Table 7. Results of Pulping and Their General Characteristics

Sample Name	Total Pulp yield (%)	Kappa No.	Brightness	Drainage Degree(°SR)	Viscosity
K2	51.40	12.10	41.2	13.7	4.40
K3	55.00	5.50	42.8	14.0	4.00
K4	51.30	8.47	43.2	13.5	3.80
AS 1	64.60	26.01	42.5	11.0	8.43
AS 2	65.10	23.06	42.5	11.5	9.29
SS	72.20	22.81	52.9	11.0	7.09
SSA	63.34	22.41	58.1	12.5	8.15
P1	43.97	10.27	43.3	15.0	3.89
P2	50.24	7.03	46.2	15.3	3.82
P3*	46.17	19.91	36.7	12.0	4.30
A	51.00	13.83	38.0	12.5	3.55

를 Automatic Sputter Coater E 5200 C로 18 mA, 220 Sec. 조건에서 Au코팅을 행하고, 주사 전자현미경을 이용하여 가속전압 10 Kv, 시료 경사각 0°의 조건 하에서 2차 전자상을 관찰하였다.

2.6. 화상분석에 의한 섬유 구조 분석

전자현미경에 의한 섬유의 단면 사진 촬영 결과를 Image Analyzer(Media cybernetics, Image proplus)를 이용하여 세포벽과 루멘을 측정하였다.

2.7. 광학현미경에 의한 관찰

각각의 펄프를 KS M 7018-1995의 방법으로 "C"-Stain을 처리하고 섬유의 형상을 관찰, 사진을 촬영하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 펄프화별 기본물성 비교

KP, ASP, SP, PAP와 AP의 펄프화 결과는 Table 7과 같다 이상의 결과에 따르면 펄프화별 공히 AQ첨가시 수율과 백색도의 증가하고 Kappa값은 낮아지는 효과를 나타냈으며, ASP계는 수율 면에서 유리하며, 탈수 속도와 점도 경향으로부터 섬유 파괴는 상대적으로 적다는 것을 발견할 수 있고, Kappa값은 KP나 PAP보다 높게 나타났으나, 표백가능 수준의 범위로 해섬 조건이 충족되고, 강도 면에서 우수한 펄핑 조건 수처임을 이후 실험을 통해 확인하였다. P3*는 P1의 증해조건에서 증해를 1시간 덜한 경우로 ASP계 보다 낮은 Kappa값을 나타내에도 불구하고 해섬 상태가 불량하여 펄프화의 해섬 조건을 충족치 못한 증해시간의 영향 결과를 나타낸 예로써 이와 같은 경우를 각 펄프화별 조건에서도 해섬 상태의 충족여부 판정 기준으로 설정하여 P3를 제외한 Table 3~6의 해섬 충족조건을 얻었다.

3.2. 섬유 품질 분석

3.2.1. Fiber quality Analyzer에 의한 길이 및 형상 분석

섬유의 길이와 형태는 표백 및 펄프화 공정에서 변화될 수 있고, 종이의 최종 형성 여건에 지대한 영향을 미칠 수 있는 인

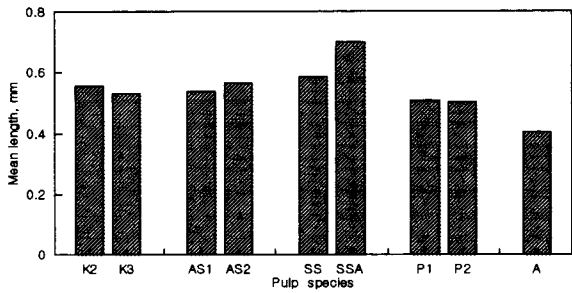


Fig. 1. Comparison of fiber mean length.

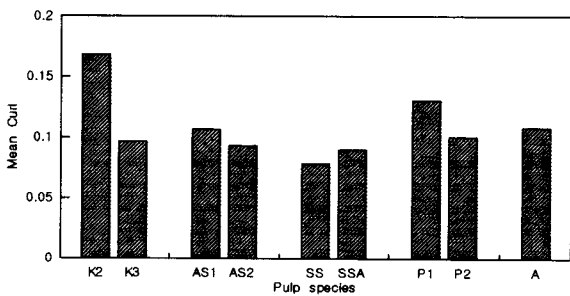


Fig. 2. Comparison of mean curl length weighted.

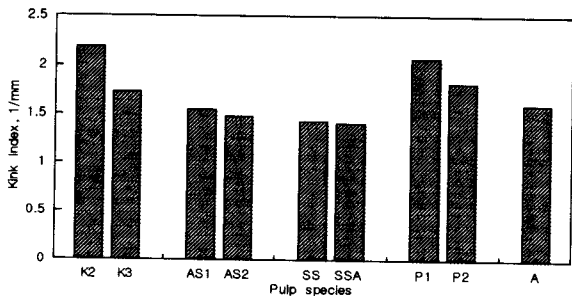


Fig. 3. Comparison of Kink index.

자들인 Fiber mean length, Mean curl length weighted, Kink index를 분석 비교한 결과는 Fig. 1~3과 같다.

Fig. 1에서 섬유 평균 길이는 KP계 0.53-0.55, ASP계 0.55-0.56(Sulfite계 0.59-0.70)와 PAP계는 0.50-0.51로 0.4 mm인 Soda 법에서 보듯이 NaOH의 첨가가 섬유길이 보존력에 주는 영향은 크고, AQ첨가시 Kraft는 짧아지고, ASP, SP계는 긴 경향을 나타냈다.

Fig. 2는 섬유의 완만하고 지속적인 굴곡의 형상을 나타내는 Curl length로 Sulfite계가 비교적 완만하며, AQ첨가시 전체적으로 Curl length은 완화된 경향이였다. KP와 PAP계는 Curling 현상이 크고, 이들은 비슷한 형태를 나타냈다. 이는 Fig. 14와 Fig. 17의 Sheet 표면 섬유상태에서 보는 바와 같이 NaOH 첨가반응으로 약해지는 섬유의 특성에서 오는 산화분해 또는 세포벽의 파괴 영향에서 비롯되는 것으로 사료된다.

Fig. 3은 섬유 굴곡의 돌발적인 변형을 가지는 Kink Index는 Curl length과 비슷한 분포 상태를 나타냈다.

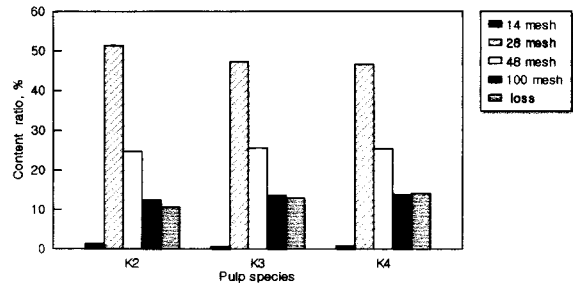


Fig. 4. Classify of unbeated UKP.

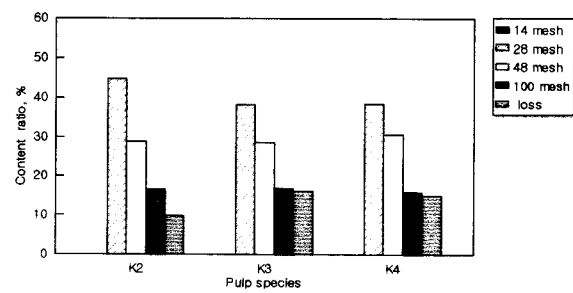


Fig. 5. Classify of beated UKP.

PFI mill 500 Rev. Freeness 36° SR

3.2.2. 펄프별 섬유 길이 분포

수세미의 망상구조 섬유는 펄프화 후에도 마치 일부 Shives 상태로 미해섬된 것처럼 남아있는 형상으로 인하여 적정조건에서의 완성된 해섬 조건을 찾기 어려워 이를 미고해 펄프와 40°SR전후로 고해한 펄프를 섬유길이 분류기로 분포의 변화를 측정하여 Fig. 4~9에 나타냈다.

Fig. 4와 5는 KP의 고해 전과 후에 대한 섬유길이 분포를 측정 한 것이다.

Fig. 4의 미고해의 KP는 AQ를 첨가한 K3에서 14 mesh 잔류분이 거의 없는 분포를 나타내어 해섬 효과 면에서 AQ를 첨가하지 않고, 증해 시간을 1시간 더 늘린 K4보다 좋은 것으로 나타났으며, Fig. 5에서 고해도 36°SR정도에서도 14 mesh의 잔류 섬유없이 해섬은 용이하며, K3, K4가 거의 유사한 형태이며, K2와 비교하여 100 mesh 분포량과 Loss량이 증가한 것은 고해가 용이함을 예측케 한다.

Fig. 6과 7은 ASP와 SP계를 고해 전과 후의 섬유길이 분포를 측정 한 것이다.

Fig. 6에서 KP와는 달리 ASP계에서는 해섬 상태라고는 하나 망상구조의 해체가 완전하지 않은 형상으로 남아 14 mesh 분포량이 많지만 Fig. 7에서와 같이 고해도 40°SR에서 완전한 해섬요건을 가지며, AS2와 SSA와 같이 AQ첨가시 14 mesh 잔류 섬유는 없고, 특히 28 mesh분포량으로 치중된 것은 보다 장섬유화된 섬유들의 유존성이 높다는 점에서 제강도를 증가시키는 인자로 예측할 수 있다.

Fig. 8과 9는 PAP를 고해 전과 후로 섬유길이 분포를 측정 한 것이다.

Fig. 8에서 AQ첨가의 P2는 14 mesh의 잔량없이 해섬이 용이해지고, 1시간 적게 증해한 P3는 14 mesh의 분포가 크고,

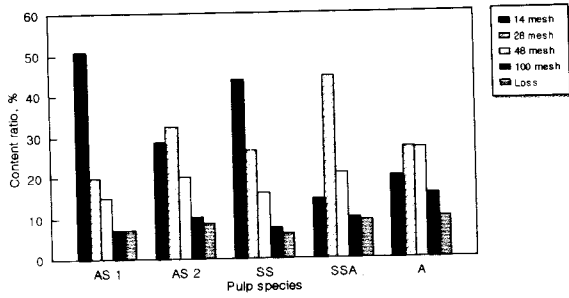


Fig. 6. Classify of unbeaten UASP.

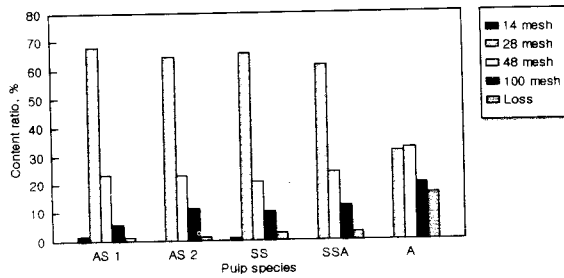


Fig. 7. Classify of beaten UASP.
PFI mill 1100 Rev. Freeness 40° SR

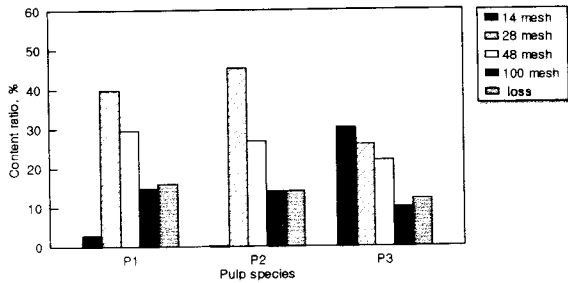


Fig. 8. Classify of unbeaten UPAP.

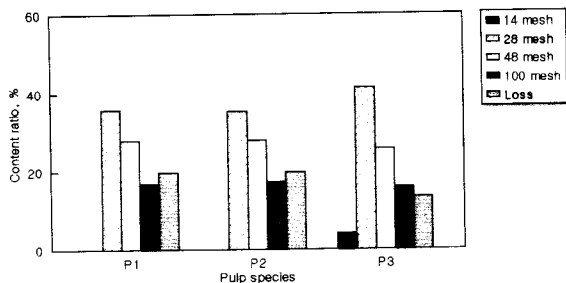


Fig. 9. Classify of beaten UPAP.
PFI mill 500 Rev. Freeness 38° SR

Fig. 9에서와 같이 고해 후에도 14 mesh의 잔량(Shives)이 많은 것은 증해가 충족되지 않은 상태를 확인케한 것으로 증해 조건이 불충분하면 Refining방법으로도 해소되지 않는 특성을 지닌 섬유임을 말해준다. 반면에 P1이나 P2를 고해도 38°SR로 고해

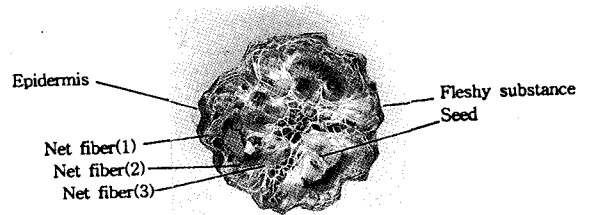


Fig. 10. Cross section(Net fiber of Sponge gourd).

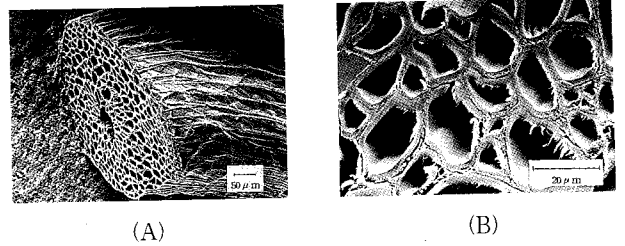


Fig. 11. Cross section of Shives.

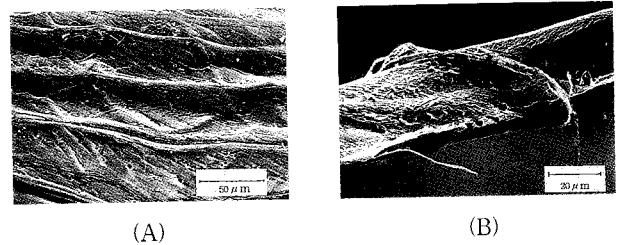


Fig. 12. Non-separate fiber(A) and separated into individual fiber(B).

시 100 mesh와 Loss량이 증가하는 것은 고해의 용이성을 나타내는 반면에 강도는 저하되는 원인으로도 예측할 수 있다.

3.3. 주사 전자현미경에 의한 섬유 및 펄프의 관찰

3.3.1. 수세미의 섬유 원질의 구조

Fig. 10은 성숙된 수세미의 열매의 단면을 사진촬영한 것이다. 표피에 접근된 형성층에서는 가로 배열로 배향된 표피 그물 섬유(1), 세로 배열의 내피 그물 섬유층(2)과 불규칙 세로 배열인 씨방을 중심으로한 받침 그물 섬유(3)로 되어 있으며, 이들 섬유는 하나로 연결되어 있고, 내부에는 육질로 채워져 있다. Fig. 11은 그물 섬유의 단면을 촬영한 것으로 A는 결속 섬유를, B는 세포간의 결합 상태를 보여주고 있다. Fig. 12는 이들 섬유 측면에서의 세포간 결합(A)과 단세포를 분리(B)하여 주사 전자현미경으로 촬영한 것이다.

다수의 섬유 세포로 구성되어 있고, 섬유의 세포 구성 형태는 야자껍질 섬유와 아주 유사한 구조를 가진다[15].

3.3.2. 섬유의 세포벽과 루멘의 측정

Fig. 13은 섬유의 단면을 주사현미경으로 촬영한 다음 화상 분석기를 이용하여 수세미의 섬유의 세포벽과 루멘을 측정하는 위치를 도식한 것이며, Table 8에 그의 평균 값을 나타냈다.

이 방법은 증전의 광학현미경 측정 방법의 눈금자 이용법과

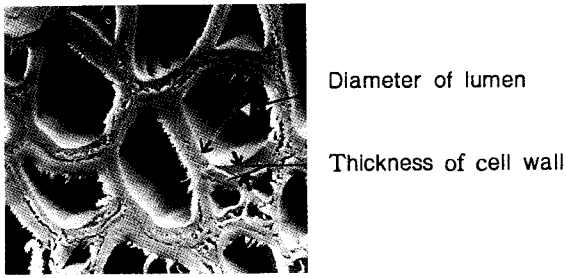


Fig. 13. Calculating position of cell dimension by image analyzer.

Table 8. The Size of Cell Wall Thickness and Lumen Perimeter

		Cell wall thickness	Lumen perimeter
Calculated value	Average	45.91	483.05
	Minimum	16.49	199.04
	Maximum	84.85	982.81

* Fiber number calculated : 40 L : 212.1509 = 20 μ m

비교하여 보다 정확한 측정치와 평균값을 얻을 수 있는 장점이 있는 것으로 판단되었다.

Table 8로부터 섬유의 Runkel ratio 0.65, Fiber width 26.6 μ m 그리고 Lumen width가 18.0 μ m임을 계산해 내었다.

3.3.3. 펄프화별 상태 및 고해 특성 비교

KP, ASP, SP, PAP 그리고 AP법에 의한 펄프화 결과로부터 얻은 펄프에 대한 미고해시와 고해시의 상태를 비교하고, Sheet 상의 단면을 촬영하여 각각의 변화 특성을 주사현미경을 이용하여 관찰하였다.

Fig. 14는 KP계로 세포벽이 약간 거칠고, 구부러지고 접힌 상태로 되며, 고해시 세포가 으깨어진 것 같이 보일 정도로 피브릴화가 높고, 매우 박박의 상태로 치밀한 결합 층을 갖는다. AQ 첨가시 세포벽은 보다 얇으며, 덜 둔탁하고 구부러지고 접힌 상태가 다소 완화되는 것으로 보인다.

단면 층의 경우 세포공이 보이지 않을 정도로 세포층간의 결합이 치밀하다. AQ첨가시 보다 치밀하고 섬유층간의 분리현상이 적고, AS계보다는 다소 Bulk한 것으로 관찰되었다.

Fig. 15는 ASP계로 AQ첨가시 Shives의 해섬능이 뛰어나고, 세포벽은 얇고 투명하며, 대부분의 세포벽의 길이가 끊고, 고해시 피브릴화되어도 세포는 손상되지 않고 매우 치밀하게 결합된다. 단면층의 경우 KP와 마찬가지로 세포공이 보이지 않을 정도로 층간 결합이 치밀하며 층간 분리현상도 매우 적게 관찰되었다.

Fig. 16은 SP계로 가성소다를 첨가하지 않은 경우로 AQ첨가시 역시 해섬능이 뛰어나고 세포벽이 ASP계 보다는 다소 거칠게 보이며 피브릴화와 섬유결합은 다소 떨어져 치밀도가 떨어지는 것으로 관찰되었다.

Fig. 17은 PAP계로 KP계와 거의 비슷하나 세포가 구부러지고 접힌 상태와 세포벽의 손상이 KP계 보다는 심한 것으로 관찰되었다.

Fig. 18은 가성소다만으로 증해한 AP법으로 알카리 자체만으로는 섬유의 손상이 심하고, 세포의 심하게 접히고 구부러지는

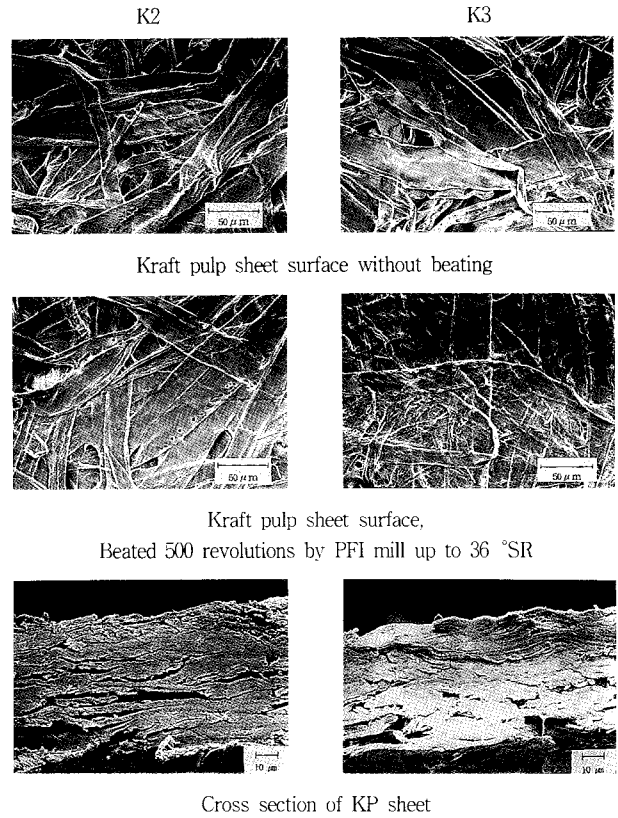


Fig. 14. Scanning electron micrographs of kraft pulp.

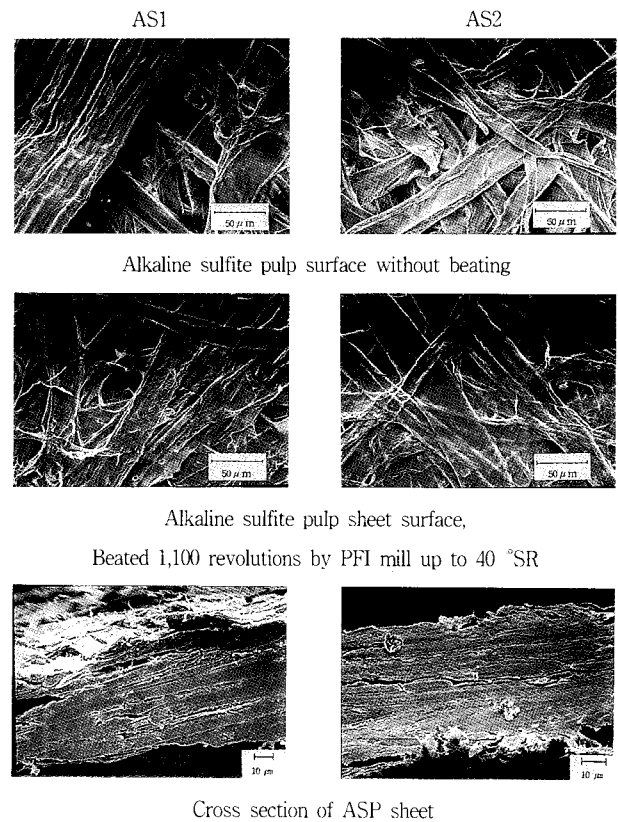


Fig. 15. Scanning electron micrographs of alkaline sulfite pulp.

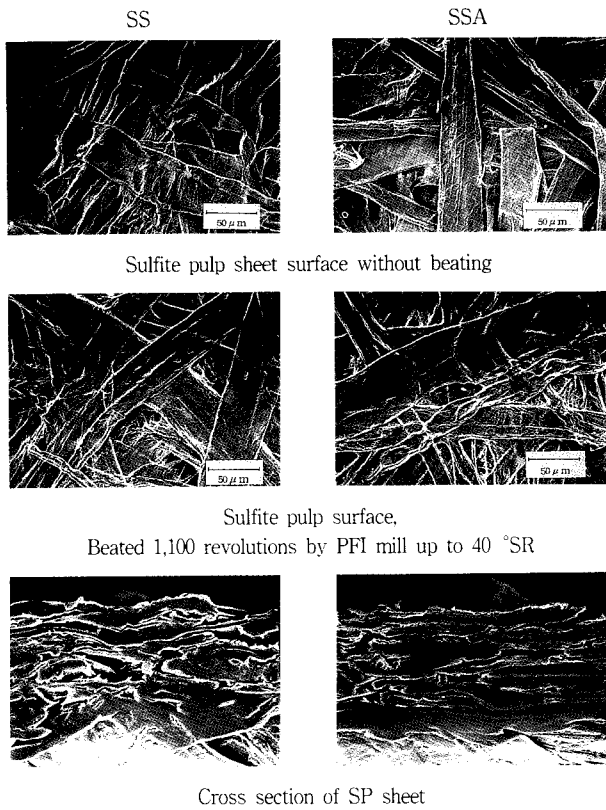


Fig. 16. Scanning electron micrographs of sulfite pulp.

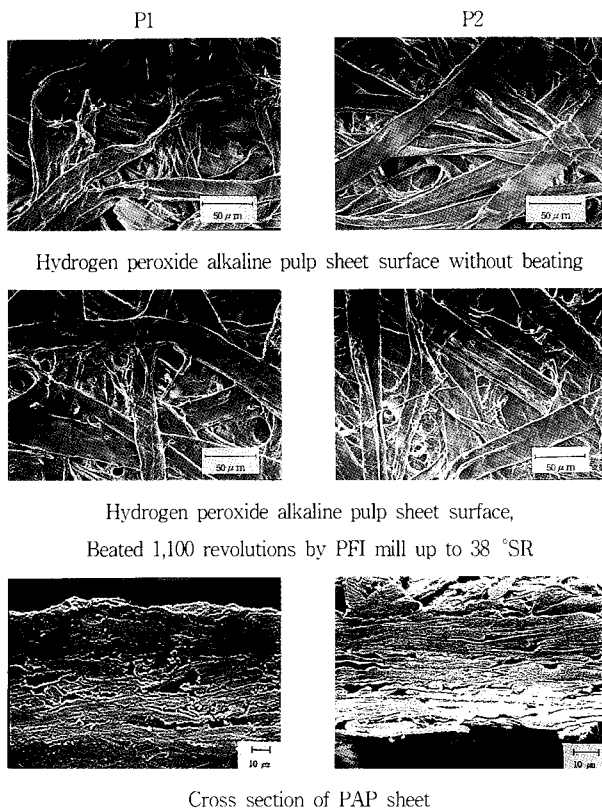


Fig. 17. Scanning electron micrographs of hydrogen peroxide alkaline pulp.

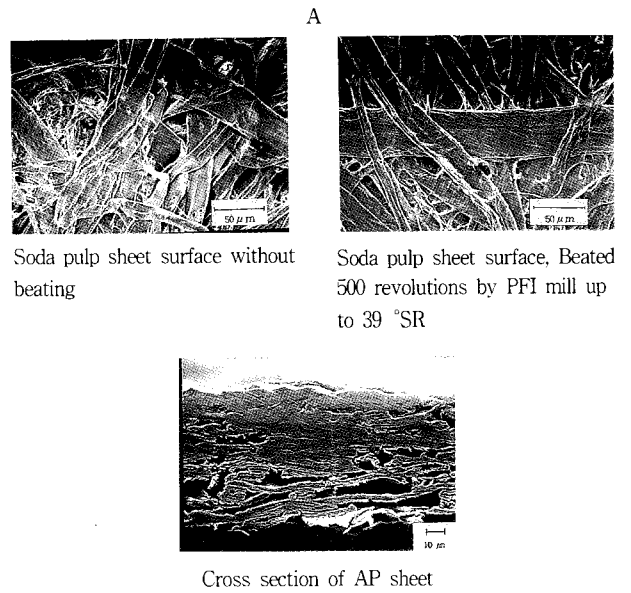


Fig. 18. Scanning electron micrographs of soda pulp.

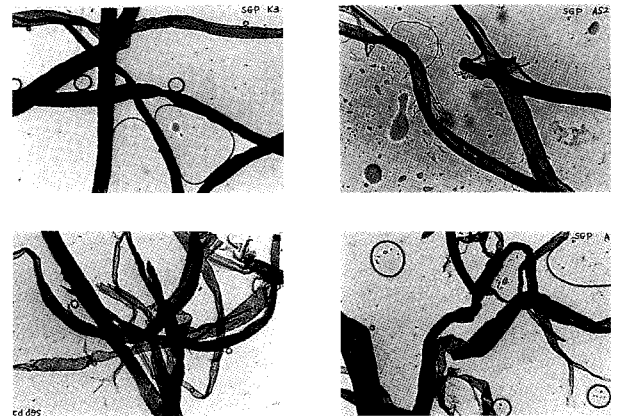


Fig. 19. Observation of cells by Graff "C" stain.

현상들이 보이며, 고해시 퍼브릴화 정도는 높으나 단면층의 경우 다른 방법과 비교하여 보다 Bulk하고 섬유간 결합은 거칠은 것으로 관찰되었다.

3.3.4. 정색반응에 의한 섬유의 감별

섬유는 종류에 따라서 여러 가지 물리적 성질, 화학적 성질이 다르게 나타나며, 특수한 약품으로 처리하면 섬유의 종류에 따라서 특유한 색을 갖는다. 이런 정색의 차이점을 이용하여 몇 가지 섬유 재와 Graff "C" staining의 감별 방법으로 비교하고 그 비교특성을 Table 9에, 형태비교의 사진을 Fig. 19에 나타냈다.

4. 결 론

수세미의 섬유의 각 펄프화별 특성에 따른 섬유의 구조적 형태 변화를 기기를 통해 분석, 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 수세미의 섬유의 증해후 해섬 가능 기준의 Pulping 조건은

Table 9. Comparison of Colors Developed by Graff "C" Staining

Pulp	Characteristics of fiber colors	Reference
Softwood	SP 밝은 회록색에서 회핑크색	KS M 7018 - 90
	KP 노랑을 띤 갈색에서 갈색	"
Hardwood	엷은 자색에서 회청색	"
Linnen	탁한 적색에서 회적자색	"
Cotton	적갈색 또는 회적색	"
Sponge-gourd	맑고 투명한 회청색 또는 흑청색	AQ첨가여부에 별 영향이 없고, 펄프화 조건 변경에도 색깔면에서는 큰 차이가 없으나 세포벽이 대단히 얇아서 세포벽이 꺾여 겹쳐 지기 쉽다. AS계는 매우 맑고 투명하며, KP나 PAP계는 약간 탁한 색조를 띠는 정도다. 세포벽 공은 일렬배열이며, 불규칙하다. 부분적으로 나선도관 보인다.

Kraft계(160°C, 2시간), ASP계(155°C, 4시간), PAP계(160°C, 1시간)에서 Kappa값이 각각 12, 25, 10 수준으로 비교적 낮은 Total Alkali(약 20%) 조건에서 적정 증해가 가능했다.

2) FQA에 의한 섬유길이의 품질 측정 결과 NaOH 첨가량에 따라 섬유길이가 형태 변화에 영향을 미치며, AQ첨가시 KP와 PAP의 섬유길이가 짧아지는 반면에 ASP계는 길어지고, KP와 PAP의 Curl과 Kink가 심한 반면에 ASP계는 비교적 완만하며, 공히 AQ첨가시 이들의 완화 정도는 커진다.

3) 섬유길이 분류기로 각 펄프화별로 분포를 측정 한 결과 AS계는 Pulping 후 다소의 미해리 섬유는 가벼운 Refining으로도 해섬이 용이하며, NaOH 첨가량이 증가할 수록 해섬능은 향상되며, 특히 AQ 첨가시 해섬력은 탁월하였다.

4) 주사 전자현미경을 통하여 수세미의 그물 섬유의 원질과 펄프화 결과를 관찰한 결과 원질(原質)은 야자나무와 비슷한 세포벽 구조를 가지며, KP와 PAP 섬유 상태는 다소 Bulk하며, Curl length과 Kink index가 크게 나타나고 반면에 ASP계는 섬유 손상이 적고, Bulk density가 높다. 또한 ASP를 고해시 Sheet 표면의 피브릴화 상태는 섬유의 비표면적이 매우 높은 것으로 관찰되고, 단층면 관찰에서 ASP계의 대상섬유(帶狀纖維)지층 형성의 고밀도의 섬유간 결합 상태를 확인하였다.

5) 원질 섬유의 단층을 주사현미경으로 촬영한 사진을 Image Analyzer를 통해 세포벽 두께 45 μm, 루멘 48.3 μm와 Runkel ratio 0.65임을 산출하여 얻었다.

6) Graff "C" Stain법으로 수세미의 섬유는 아마나 침엽수재와 비슷한 청색 또는 청회색의 맑고 투명한 세포벽을 갖는 정색성을 확인하였다.

참고 문헌

1. 동아출판사 백과사전부, "원색세계대백과사전", 18, 96(1983).
2. 이종문, "알기 쉬운 가정합방 동의보감", 국일문화사, 251~663.
3. 宋柱澤, "植物學大辭典", 거북출판사, 1002(1986).
4. 赤尾好夫, "學習圖鑑(植物)", 旺文社, 988(1982).
5. Castillo, A. V. and Cajucom, M. T. Q.; "Phytochemical investigation on *Luffa Cylindrica (Linne) Roemer*", NRCP Res. Bullo (Phillipines) 36, 328~334(1981).
6. Arora, S. K., Pondita, M. L., Partap, P. S. and Sidhu, A. S., "Variability and correlation studies in sponge gourd", Haryana Agr. Univ. J. og Res.(India), 13, 146~149(1983).
7. Joshi, S. S., and Shrivastava, R. K., "Chemical examination of *Luffa cylindrica* seeds", Proc. Nat. Acad. Sci. (India) 48, 211~214(1978).
8. Lee, J. I., Kim, K. J., and Lee, H. S., "Variety test of sponge gourd", Ann. Report Agr. Sci. Inst. R. D. A. Suweon (Korea), 157~164(1978).
9. Prasad, S. S. and Ambasta, K. K., "Fruit rot of sponge gourd", Indian J. of Mycology & Plant Pathology, 17, 235 (1987).
10. Nanking Institute of Materia Medica, "A note on the chemical study on the vines (leaves) of *Luffa cylindrica (L.) Roem*", Chung Ts'ao Yao, 11, 55~64(1980).
11. Omini, M. E. and Hossain, M. G., "Modification of sex expression in sponge gourd (*Luffa cylindrica L. Reom*) by mineral nutrient treatments Genetica", 74, 203~209(1987).
12. Shin, B. W., Song, N. H., Kim, H. K., Seo, K. S. and Lee, H. D., "Variety test of sponge-gourd", Ann. Report Chungnam Provincial, R. D. A. (Korea), 105~106(1988).
13. 김종규, "수세미의 섬유(Sponge gourd fiber)를 이용한 펄프 및 종이 물성에 관한 연구", 충남대학교 대학원 석사논문 (1992).
14. 김종규, 박용환, 노재성, "수세미의 섬유의 펄프화에 관한 연구, - Kraft와 Sulfite Pulping에서 AQ 첨가 영향", 한국 공업화학회, '95 추계 연구논문 발표집 초록, p. 171 (1995).
15. 品川俊一, 紙ハ技協誌, 39, 51(1985).