

화상분석기를 이용한 어저귀 섬유의 형태학적 특성과 물성연구

정선화 · 조남석

(2003년 6월 26일 접수; 2003년 10월 15일 채택)

Study of Morphology and Physical Properties of Indian Mallow(*Abutilon avicennae Gaertner*) Fibers by Image Analyzer

Seon-Hwa Jeong and Nam-Seok Cho

(Received on June 26, 2003; Accepted on October 15, 2003)

ABSTRACT

A kind of image analysis system is used to investigate the structural features of the papers made from Indian mallow. The screen mark on the paper was identified and analyzed. The dusts, shives and fiber bundles were manifested and calculated. In the aspect of Indian mallow hanji's surface characteristics analyzed by an Image analyzer, the average of gray level and its standard deviation hanji from the woody core were rather lower than of bast fiber pulp because of better sheet formation of the formers. Hower, high brightness hanji showed high value of gray level. The sheet formation and paper opacity were increased with the decrease of standard deviation of gray level. From these results, gray level measurement could be used to predict the paper opacity as well as sheet formation.

Keywords : *Indian mallow, Structural features, Screen mark, Shives, Formation, Brightness, Gray level, opacity, Imageanalyzer*

1. 서론

종이제품의 용도를 측정하는데 사용되는 측정방법은 주로 물리적인 방법들이 사용되어져 왔으나 최근에는 전자공업의 발전으로 컴퓨터의 성능이 향상되면서 광학현미경이나 전자현미경, CCD(change couple drive)카메라, X-선 등의 입력매체를 통하여 얻어진 신호를 컴퓨터가 처리할 수 있는 디지털 값으로 변환할 수 있게 되었다.

화상 처리는 원 화상에 인위적인 조작을 가하여 인간의 시각능력 보완을 목적으로 하고 있는데, 이 화상 처리는 또한 화상을 포함한 정보를 최종적으로 인간이 판단하는 처리와 기계가 판단하는 처리 두 종류로 구분된다¹⁾.

화상의 그레이 레벨 평균은 종이의 평량, 지합과 표백정도에 영향을 받는다. 평량이 증가할수록 그레이 레벨 평균은 감소하고, 동일 평량일 때 지합이 우수할수록 그레이 레벨 평균은 낮게 나타난다. 미표백 펄프

로 초지한 종이 표백 펄프로 초지한 종이보다 그레이 레벨 평균이 낮게 나타난다. 미표백 펄프로 초지한 종이 표백 펄프로 초지한 종이보다 그레이 레벨 평균이 낮게 나타난다. 분석 히스토그램에서는 X-축은 그레이 레벨 값을 Y-축은 화상의 화소(pixel)수를 나타낸다²⁾.

종이는 섬유간 결합을 이루고 있고, 섬유간에 공극이 존재하는데 섬유가 많은 부분은 그레이 레벨 값이 낮고, 공극이 많은 부분은 그레이 레벨 값이 높게 나타난다. 그레이 레벨 표준편차는 각 화소가 나타내는 그레이 레벨 값과 그레이 레벨 평균의 편차를 나타내는 것으로써 종이 내에 섬유가 응집체를 형성하지 않고 잘 분산되어 있다면 그레이 레벨 표준편차의 값이 낮게 나타난다.

이와 같이 화상 분석 시스템은 펄프 및 제지 분야에서 보다 많은 정보와 지식을 얻는데 매우 강력한 기구이다³⁾. 그동안 화상분석기를 이용해서 펄프와 제지 특성에 관련된 논문들이 발표되었는데⁴⁻⁹⁾, 본 연구에서도 화상분석기는 종이의 구조적 특성들을 연구하는데 이용되었다.

화상 분석 시스템은 디지털타이저 보드(digitizer board)가 부착된 컴퓨터로 구성되어 있다.

컴퓨터는 CCD(charge coupled device) 카메라와 줌렌즈 또는 광학현미경(light microscope)으로부터 디지털 형태로 비디오 시그널(video signal)에 전송된다.

Fig. 1은 이런 연구에 이용되는 화상 분석 시스템의 간략한 모식도이다. 실험에는 형광(fluorescent light)이 균일한 광원(light source)으로 공급되고, 빛의 신호가 전송된 종이(light signal transmitted paper)나 섬유 샘플들이 CCD 카메라에 의해 포착된다. CCD 카메라에 의해 얻어진 화상은 화소라 불리는 매우 작은 영역으로 나뉘게 된다. 화소값은 색과 백색도로 표시된다. 위치의 선택과 화소값은 화상의 모

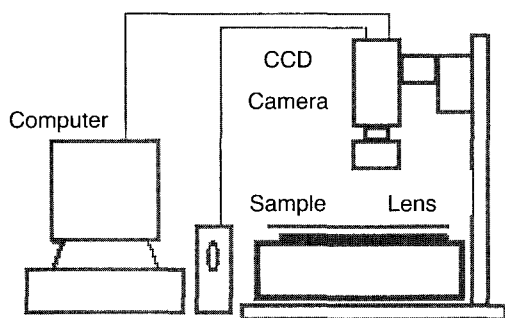


Fig. 1. Schematic drawing of image analysis system.

든 정보를 제공한다. 이러한 화소들(디지털 시그널이 전송된)은 화상분석 소프트웨어로 처리된다.

그러므로 화상처리는 화상계수화(image digitization)와 분석처리(analysis processing)로 불리어진다.

이처럼 강력한 기구로써 화상 분석 시스템은 크기를 측정하거나 그밖에 다른 응용 분야에서 증명을 목적으로 하는 많은 연구 분야에 사용되고 있다. 다양하게 진보된 현미경 시스템들이 시스템의 기능을 향상시키기 위해 화상 분석기에 함께 부착되어져 있다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

알칼리 펄프화법 및 설포메탈 펄프화법으로 제조한 펄프를 전보¹⁰⁾에 발표한 배합비에 의거하여 초지한 어저귀 한지를 화상분석 시료로 사용하였다.

2.2 실험방법

전보¹⁰⁾에 발표한 공시한지를 화상분석기를 이용하여 3×4 cm 크기의 화상을 입력받아 ImagePro(Ver. 2.0, Media Cybernetic) 프로그램으로 분석하고, 그레이 레벨 평균 및 표준편차를 구하여 한지의 물리적 성질과 화상분석자료와의 관계를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 한지의 물리적 특성

소정의 배합비로 제조한 어저귀 한지의 각 펄프화 방법별 물리적·광학적 성질을 측정한 결과를 Table 1에 나타내었다. 목질부 펄프의 혼합비에 따른 겉보기 밀도의 변화는 설포메탈 펄프화법이 알칼리 펄프화법에 비하여 약간 상승하는 경향을 나타냈으며, 두 펄프화법 모두 단섬유인 목질부 펄프 혼합량이 증가할수록 밀도가 증가하였고, 목질부 단독초지시 최대값을 나타냈다. 이는 초지시 장섬유들에 의해 형성된 섬유간의 공극을 목질부인 단섬유가 메워주기 때문에 섬유간 결합면적이 증가하여 밀도가 증가된 것으로 생각된다.

Table 1. The properties of Hanji samples

Samples	Mixing ratio (%)	Grammage (g/m ²)	Thickness (mm)	Apparent density (g/cm ³)	Brightness (ISO, %)	Opacity (ISO, %)
AK1	B100:C0	62	0.16	0.39	27	97
AK3	B60:C40	62	0.13	0.48	29	98
AK4	B40:C60	59	0.12	0.51	29	98
AK6	B0:C100	57	0.09	0.61	29	98
SM1	B100:C0	62	0.17	0.36	47	80
SM3	B60:C40	60	0.14	0.44	49	88
SM4	B40:C60	60	0.12	0.50	50	88
SM6	B0:C100	56	0.09	0.61	52	88

* B: bast fiber, C: woody core

백색도는 두 펄프화법 모두 단섬유인 목질부의 혼합량이 증가할수록 상승하였으며, 펄프화법에 따라서는 설포메틸 펄프화법이 높게 나타났다. 불투명도는 설포메틸 펄프화법으로 제조한 어저귀 한지가 더 낮은 값을 나타냈는데, 이는 설포메틸 펄프화법으로 제조한 펄프의 결합력이 증가하였기 때문에 불투명도가 낮아진 것으로 생각된다.

3.2 한지의 Image analyzer 화상분석

Fig. 2는 화상분석기를 이용하여 입력한 한지의 화상과 그 화상을 분석한 히스토그램을 나타낸 것이다. 그 중 A~D는 알칼리 펄프화법으로 제조한 어저귀 한지의 화상과 그 화상을 분석한 히스토그램이고, E~H는 설포메틸 펄프화법으로 처리한 어저귀 한지의 화상과 분석 히스토그램이다.

백색도가 높은 설포메틸 펄프로 제조한 어저귀 한지의 화상이 알칼리 펄프로 제조한 어저귀 한지의 화상보다 밝은 화상을 보였고, 히스토그램의 피크의 형태 또한 알칼리 펄프 제조 한지는 넓고 낮은 피크의 형태를 보여주는 반면, 설포메틸 펄프화법으로 제조한 어저귀 한지는 높고 좁은 형태의 피크를 나타냈다. 이와 같이 설포메틸 펄프로 제조한 한지가 높고 좁은 히스토그램을 나타내는 바는 화상의 대비가 낮고, 화상 내 화소들이 밀집되어 그레이 레벨 값(gray value)이 어떠한 특정 지점에 집중되어 있는데, 이러한 상태의 종이는 지함이 우수함을 나타낸다.

3.3 그레이 레벨과 물성

3.3.1 지료조성에 따른 그레이 레벨 특성

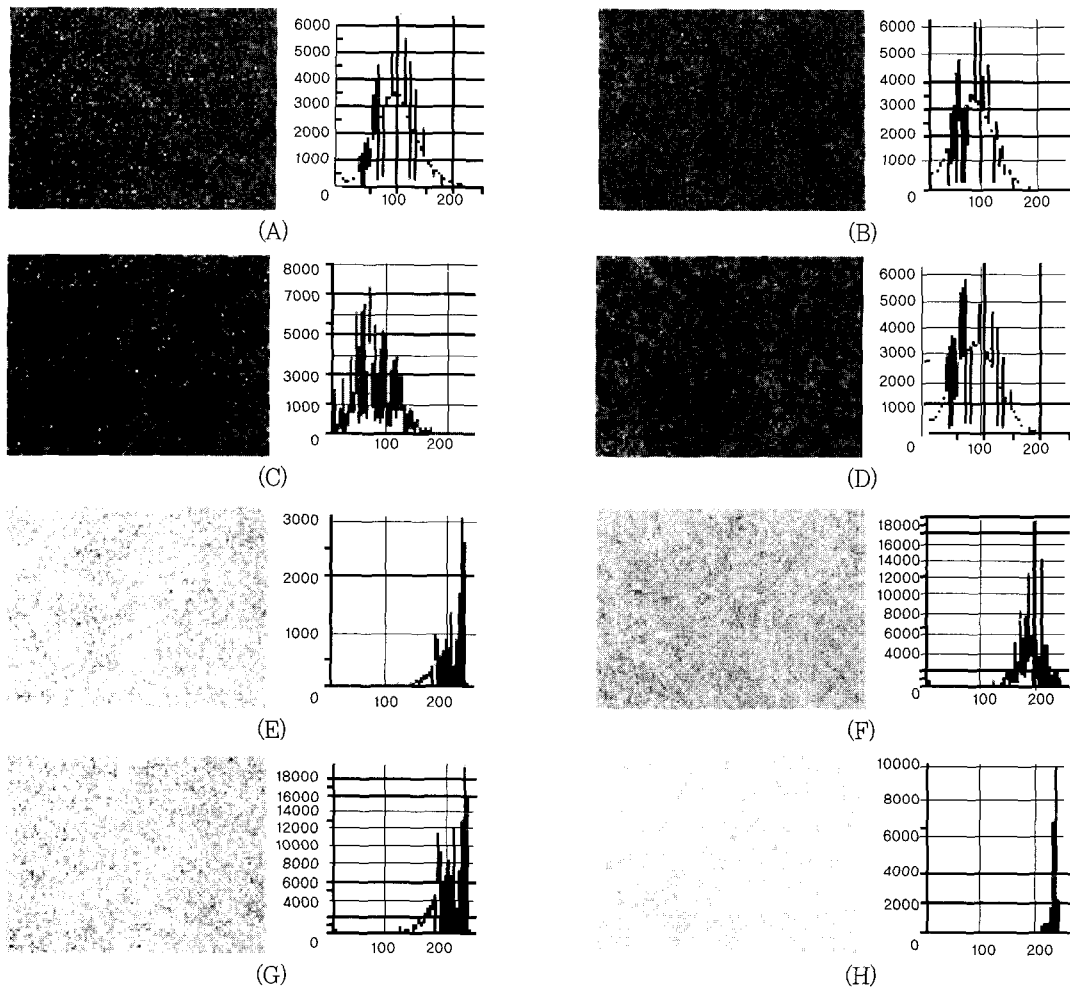
화상분석기를 이용하여 그레이 레벨로 입력받은 어저귀 한지의 그레이 레벨과 그레이 레벨 표준편차를 측정하였다.

Fig. 3과 Fig. 4는 알칼리 펄프화법과 설포메틸 펄프화법으로 제조한 어저귀 한지의 그레이 값과 표준편차를 나타낸 것이다. 그레이 레벨 표준편차는 평균값에 오차범위로 나타났다.

알칼리 펄프화법으로 제조한 한지의 화상의 그레이 레벨 값에 있어서 인피부에 대한 목질부 혼합 초지한 그레이 레벨 값은 인피부 단독 초지시에는 100에서 목질부 혼합량이 증가함에 따라 점점 감소하여 60%의 목질부를 혼합하였을 때는 78까지 감소하다가 목질부 단독초지시에는 74로 가장 낮은 값을 나타냈고, 표준편차는 35~38사이로 그레이 레벨 값과 같은 경향을 나타냈다.

설포메틸 펄프화법으로 초지한 한지 화상의 그레이 레벨 값은 인피부 단독 초지시 221.12로 알칼리 펄프화법에 비해 상당히 높게 나타났고, 목질부 혼합량이 증가하면서 감소하다가 목질부 단독초지시에는 180을 나타냈고, 표준편차는 21~33으로 인피부를 단독으로 초지하였을 때 목질부 혼합량이 증가하면서 점점 낮은 표준편차를 나타냈다.

이상과 같이 설포메틸 펄프화법으로 초지한 한지가 알칼리 펄프화법으로 초지한 한지보다 그레이 레벨 평균은 높고 표준편차는 낮게 나타난 이유는 설포메틸 펄프화법으로 초지한 한지의 백색도가 높은 것이 그레이 레벨 평균에 영향을 미치는 것으로 생각된다.



X axis : gray level value, Y axis : number of pixel

- A : bast fiber alkali pulp(AK1, B100)
- B : mixed alkali pulp(AK3, B60:C40)
- C : mixed alkali pulp(AK4, B40:C60)
- D : woody core alkali pulp(AK6, C100)
- E : bast fiber sulfomethylated pulp(SM1, B100)
- F : mixed sulfomethylated pulp(SM3, B60:C40)
- G : mixed sulfomethylated pulp(SM4, B40:C60)
- H : woody core sulfomethylated pulp(SM6, C100)

Fig. 2. Image and analysis histogram of Hanji.

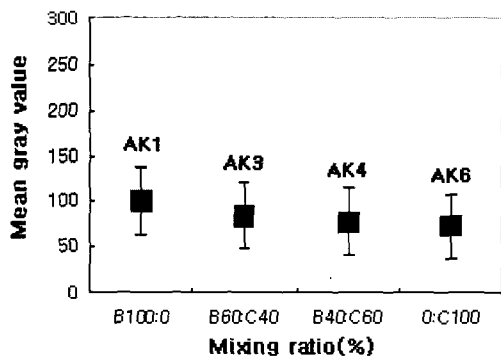


Fig. 3. Mean gray value and Mixing ratio(AK).

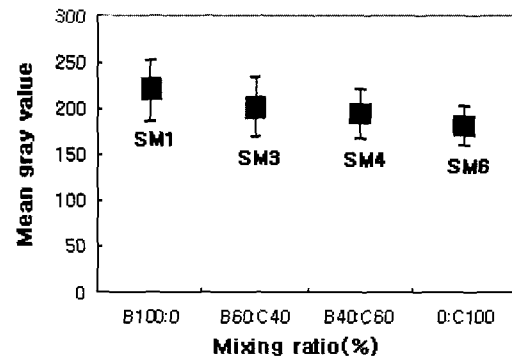


Fig. 4. Mean gray value and Mixing ratio(SM).

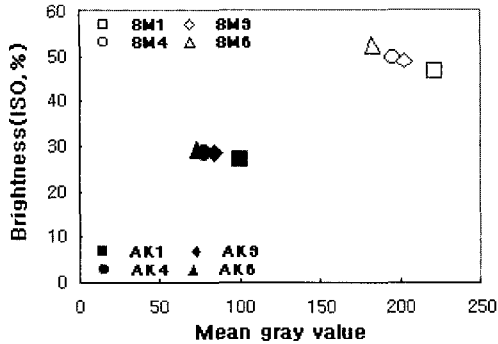


Fig. 5. Brightness and Mean gray value.

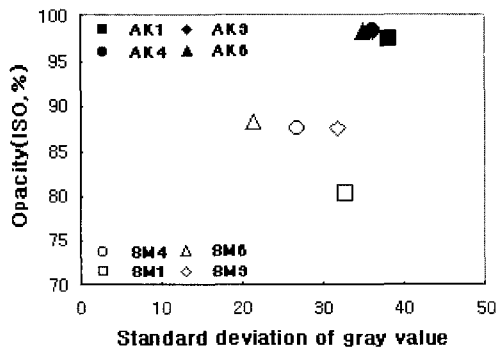


Fig. 6. Opacity and Standard deviation value of gray.

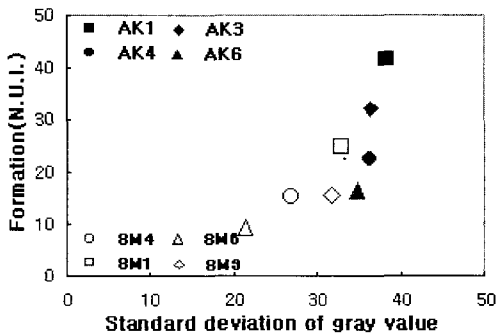


Fig. 7. Formation and Standard deviation value of gray.

3.3.2 그레이 레벨 평균과 백색도

그레이 레벨 평균을 측정할 때 영향을 미치는 인자로 종이의 평량, 지합, 백색도 등이 있다. 평량이 높을수록, 지합이 우수할수록, 백색도가 낮을수록 그레이

레벨 평균은 낮게 나타난다. 각각의 펄프화법으로 초지한 어저귀 한지의 그레이 레벨 평균과 백색도의 관계를 Fig. 5에 나타내었다.

알칼리 펄프화법에서는 미미하지만 목질부 펄프의 혼합량이 증가할수록 백색도 값도 약간 증가하는 것으로 나타났고, 설포메틸 펄프화법에서도 같은 경향을 나타냈으며, 설포메틸 펄프화법에 의하여 인피부 및 목질부 펄프로 초지한 한지가 알칼리 펄프화법에 비해 높은 그레이 레벨 평균값과 높은 백색도를 나타내고 있다. 이는 한지의 백색도가 그레이 레벨 측정치에 영향을 주는 것으로 동일 평량, 동일 지합일 때 백색도가 증가하면 그레이 레벨 평균도 증가하는 것으로 나타났다.

3.3.3 그레이 레벨 표준편차와 불투명도

각 펄프화법으로 제조한 어저귀 한지의 그레이 레벨 표준편차와 불투명도의 관계를 Fig. 6에 나타내었다.

단섬유의 혼합량이 증가함에 따라서 불투명도가 높게 나타났으며, 화상분석기로 측정된 그레이 레벨 표준편차는 낮게 나타났다. 인피섬유에 비해 상대적으로 단섬유의 함량이 많고, 섬유간 공극이 적은 목질부 펄프로 초지한 한지는 빛의 투과량이 적어 높은 불투명도를 나타내며, 화상분석기에 나타난 화상에서는 각 화소간의 그레이 레벨 차이가 적어 낮은 표준편차를 나타냈다. 알칼리 펄프화법에 비해 설포메틸 펄프화법으로 초지한 어저귀 한지의 표준편차가 더 낮고 불투명도도 낮게 나타났다.

3.3.4 그레이 레벨 표준편차와 지합

지합은 한지의 균일성을 측정하여 지합의 좋고 나쁨을 평가할 수 있는 지표이다. 지합이 우수한 종이는 화상분석기에 나타난 화상의 그레이 레벨 분석에서 각 화소간의 편차가 작기 때문에 그레이 레벨 표준편차의 값이 낮게 나타난다.

Fig. 7은 인피부 펄프에 대한 목질부 펄프 혼합량 증가에 따른 그레이 레벨 값의 표준편차와 지합과의 결과를 나타낸 것이다.

펄프화법에 따라 설포메틸 펄프로 초지한 어저귀 한지의 그레이 레벨 표준편차가 알칼리 펄프로 초지한 한지에 비해 다소 낮은 값을 보였는데, 이는 펄프 중의 리그닌에 설포기가 도입되어 섬유의 친수성 및 유연성이 증대되어 지합이 양호하였기 때문이다.

4. 결론

본 연구는 어저귀에 대한 기초적인 자료와 인피부, 목질부 펄프로 초지한 한지의 특성을 분석하기 위해 화상분석기를 이용하여 제조된 한지의 지합 특성을 분석하였다. 연구에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 화상분석기를 이용하여 살펴본 한지의 화상과 히스토그램의 변화에서는 설포메틸 펄프화법으로 초지한 한지의 화상이 알칼리 펄프화법으로 초지한 한지의 화상보다 밝은 화상을 보였고, 히스토그램의 피크 또한 높고 좁은 형태를 나타내 설포메틸 펄프화법으로 제조한 한지의 화상이 밝고 어두운 면에서의 대비가 낮고, 화상내 화소들이 밀집되어 그레이 레벨 값이 어떤 지점에 집중되어 그로 인한 종이의 지합이 우수함을 알 수 있었다.

2. 자료 구성에 따른 그레이 레벨 값과 표준편차는 두 가지 펄프화법 모두 인피부를 단독으로 초지하였을 때보다 단섬유인 목질부 펄프를 혼합하여 초지하였을 때가 더 낮게 나타났다. 펄프화 방법에 있어서는 설포메틸 펄프화 방법으로 초지한 한지가 알칼리 펄프화법보다 그레이 레벨 평균은 높고 표준편차는 낮게 나타났는데, 이는 백색도가 그레이 레벨 평균에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

3. 광학적인 성질에 있어서의 백색도는 단섬유(목질부)의 혼합량이 증가함에 따라 백색도 또한 증가하였고, 설포메틸 펄프화법으로 초지한 한지가 알칼리 펄프화법에 비해 높은 그레이 레벨 평균값과 높은 백색도를 나타냈다.

4. 그레이 레벨 표준 편차와 불투명도는 단섬유의 혼합량이 증가함에 따라서 불투명도가 높게 나타났으며, 화상분석기로 측정된 그레이 레벨 표준 편차는 낮게 나타났다. 펄프화법별로는 설포메틸 펄프화법으로 초지한 어저귀 한지의 표준편차와 불투명도가 더 낮게 나타났다.

5. 그레이 레벨 표준편차와 지합의 상태를 나타내는 지표인 불균일지수에 있어서, 지합이 우수한 종이가 그레이 레벨 분석에서 각 화소간의 편차가 작아 그레이 레벨 표준편차의 값이 작게 나타나는데, 두 가지 펄프화법 모두 장섬유인 인피부 펄프로 초지한 한지의 불균일지수가 단섬유인 목질부 혼합초지 및 단독초지

시 보다 높게 나타났고, 그레이 레벨 표준편차는 낮게 나타났다. 펄프화법별로는 설포메틸 펄프화법으로 초지한 어저귀 한지의 표준편차와 지합이 더 낮게 나타났다.

인용 문헌

1. 金太均, 崔亭振., 화상 처리, 正益社(1990).
2. 曹溶敏., 光透過 走査機의 畫像分析法에 의한 종이의 物性 評價, 서울대학교 農學 博士學位 論文(2000).
3. Kai-Tang Hu, Il-Rho Yi, Seon Hwa Jeong, Tae-Ho Choi, Nam-Seok Cho., Studies on structural features of traditional handmade paper using Image analyzer, Proceeding of Pre-symposium of the 10th ISWPC, KTAPPI:315-318(1999).
4. Wager, J.R., Uniformity of wet laid non-wovens using an image analyzer. Tappi J. 76(4):190-198(1993).
5. Bresee, R.R. and Daniluk, T.S., Characterizing non-woven web structure using image analysis techniques. Tappi J.80(7):133-138(1997).
6. Luukko K., Pia, K.K. and Paulapuro H., Characterization of mechanical pulp fines by image analysis. Appita J. 50(5):387-392(1997).
7. Moss, C.S., Image analysis standardization. Tappi J. 76(10):117-122(1993).
8. Hall D. and Pruett D.J., "A statistical study of dirt-count measurement system variation using optical-scanner-based image analysis" Tappi J. 79(1):189-202(1996).
9. Ohsawa, J. and Naito, T., Evaluation of sheet formation with light transmission image. Japan Tappi J. 46(7):78-84(1992).
10. 정선화, 조남석., CLSM을 이용한 어저귀 섬유의 형태학적 특성과 물성연구(제1보)-인피 및 목질부 섬유를 이용한 한지제조, J. Korea Tappi 34(2):61-66(2002).