

백상고지로부터 표백, 버진펄프와 혼합 및 유연제 처리에 의한 고급화장지 제조

고경무 · 남원석* · 백기현†

(2002년 9월 6일 접수; 2002년 11월 23일 채택)

Manufacture of High Quality Premium Tissue from White Ledger by Bleaching, Blending with Virgin Pulp and the Addition of Softeners

Koh Kyoung Mu, Nam Won Seok*, and Paik Ki Hyon †

(Received on September 6, 2002; Accepted on November 23, 2002)

ABSTRACT

This research was conducted to investigate the feasibility of using deinked pulp of white ledger(DIP) for the manufacture of high quality premium tissue. The three types of tissues were prepared using the softener treated bleached DIP, softener treated mixed pulp of unbleached DIP and virgin pulp, and untreated mixed pulp of bleached DIP and virgin pulp, respectively, and their tensile index, softness, and brightness were measured and compared.

The bulk and surface softness increased only slightly by the addition of softener(0.2% mineral oil) into the bleached DIP. The tensile index was decreased by 15~30%, and the brightness was the range of 86% to 87% ISO. The softener(0.2~0.8% mineral oil or dialkyl imidazoline) treatment of mixed pulp of unbleached DIP and virgin pulp improved the bulk and surface of tissue considerably. However, the brightness was low as 85% ISO or below. Although the softness of the tissue made from bleached DIP blended with virgin pulp was the lowest among three types of tissues evaluated, its tensile index was the highest and brightness was 87~88% ISO. Based on the results, it may be predicted that the bleached DIP blended with virgin pulp is the best raw material for the manufacture of high quality premium tissue if softener treatment is applied to mixed pulp, because the softness can be improved by the addition of softener.

In general, the softness of tissue was improved with the increase in the amount of softener; However,

• 본 연구는 고려대학교 교내연구지원금에 의해 수행되었음.

• 고려대학교 생명환경과학대학 생태공학부 (Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea).

* 삼화제지(주) 기술연구소 충청북도 청원군 옥산면 호죽리 산 135, 363-910

† 주저자: e-mail: khpaik@korea.ac.kr

the tensile index inversely proportional to the amount of softener added. Dialkyl imidazoline was more effective than mineral oil with respect to the improvement in softness, even though the loss in tensile index was severe with the treatment of dialkyl imidazoline.

Keywords: premium tissue, white ledger, bleaching, blending, softener

1. 서론

국내의 경우 화장지(tissue)는 크게 두루마리 화장지(toilet tissue)와 미용화장지(facial tissue)로 구분하는데 전자는 고지 재활용률이 85~100%를 차지하며 국내 백상고지 또는 수입 백상고지가 이용되고 있다. 그러나 후자는 전량 수입하는 고급 침엽수 및 활엽수 천연펄프를 사용하고 있다. 이러한 이유는 미용화장지는 얼굴과 같은 민감한 피부에 직접 접촉되므로 부드러워야하고 또한 사용시 거부감을 피하기 위한 높은 백색도가 요구되기 때문이다. 그럼에도 불구하고 유럽의 경우는 천연펄프에 백색도가 높은 백상고지를 혼합하여 미용화장지를 생산하고 있다¹⁾. 물론 이 경우 백색도를 증진시키기 위한 표백과 섬유유연제의 부드러움을 증가시키는 유연제(softener) 처리가 요구된다. 국내의 경우도 고지를 미용화장지의 원료로 사용한다면 백색도와 부드러움(softness)이 문제점으로 제기될 것이다. 이 경우 백색도 향상은 산소계 표백으로, 그리고 부드러움 향상은 유연제 처리가 유일한 방법이 될 것이다.

백상고지 펄프를 산소계 약품으로 표백하여 백색도가 85% ISO인 펄프를 생산하는데는 큰 무리가 없다. 초기 백색도 72% ISO의 MOW를 오존을 포함한 3단계 표백을 실시하여 85.9% ISO의 펄프를²⁾, 그리고 백색도가 69.5% ISO인 MOW를 과산화수소의 농도와 가성소다의 비율, 온도, 펄프농도 조절을 통해 2단 표백으로 82~85% ISO의 백색도까지 향상시킬 수 있다³⁾. 한편 탈묵 후 82.5% ISO인 백상고지를 산소계 약품으로 표백하여 백색도를 86.0~88.0% ISO까지⁴⁾, 또한 83.0% ISO의 백상고지를 88.0% ISO까지 증가시켰다는 보고도 있다⁵⁾. 즉, 백상고지는 MOW보다도 고지의 초기 백색도가 높으므로 표백과정을 통하여 85% ISO의 백색도는 쉽게 달성될 수 있다.

화장지는 다른 일반 종이와는 달리 부드러움이 중요한 인자로 작용하고 있다. 부드러움은 사람의 촉각에 의해 인식되는 성질로 심리적·물리적 상호관계의 복잡한 함수로 표시된다⁶⁾. 부드러움은 크게 버크 부드러움(bulk softness)과 표면 부드러움(surface softness)으로 나눌 수 있으며 표면 부드러움은 손가락으로 인식되는 것이고 버크 부드러움은 섬유의 유연성과

관련된 것으로 화장지를 구길 때에 인식되는 것이다^{7,8)}. 이러한 특성을 정량화하기 위해 많은 연구들이 진행되어 왔다. 즉, 상대습도와 부드러움간에 상관관계⁹⁾, 인장 경직도(tensional stiffness)와 부드러움과의 상관관계¹⁰⁾, 그리고 부드러움과 인장강도 또는 버크(bulk)와 높은 상관관계가 있다고 보고되어 있다⁶⁾.

화장지에 사용하는 유연제는 대부분 양이온성 계면활성제로서 그 중에서도 fatty alkyl기를 지닌 4급 암모늄 화합물들이다. 이들은 가격이 저렴하고 섬유에도 잘 작용한다. 4급 암모늄 화합물 중에서 dialkyl 암모늄 화합물들은 부드러움 증가 효과가 가장 높으나 펄프의 인장강도와 밀도를 감소시킨다¹¹⁾. 고지를 이용할 경우에는 고지 처리과정 중에 음이온성 trash함량이 높아지면 첨가한 유연제의 효과를 감소시킬 수도 있다. 그러므로 유연제를 Yankee 건조기 바로 직전에 젖은 시트(web)에 분무하는 방법이 있는데 이 경우 표면 부드러움은 개선되나 버크 부드러움에는 효과가 없다¹²⁾. 국내의 경우 톨에 유연제를 발라놓고 그 곳을 통과하여 건조시키는 방법을 취하는 현상도 있다. 또한 원료의 선택, 고해 조절 및 초지기 선택 방법으로 접근하는 현상도 있다. 즉, 유칼리는 표면 부드러움이 그리고, 미남부 소나무는 버크 부드러움이 높으므로 이들 펄프를 사용하고, 고해시에는 지분발생을 억제시키기 위하여 습강제를 일부 넣고 고해한 후 inclined former에서 초지하여 부드러움을 최대로 부여시키는 현상도 있다.

본 연구에서는 고지를 미용화장지 생산에 사용하기 위한 방법으로 1) 탈묵펄프의 표백, 2) 탈묵 표백펄프에 유연제 처리, 3) 탈묵 표백펄프와 천연펄프의 혼합, 4) 탈묵 펄프와 천연펄프 혼합에 유연제 처리에 의한 섬유의 개질을 통해 재생 미용화장지를 개발하는데 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

고지는 수입 백상고지(white ledger)를 사용하였으며 천연펄프는 신호제지에서 분양받은 침엽수와 활엽

수 표백펄프를 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 시료의 해섬 및 탈묵

고지의 경우, 450 g의 고지시료에 물을 혼합하여 펄프농도를 13%로 조절한 후 고농도 펄퍼에서 온도 45°C, 600 rpm의 로터속도에서 20분간 일차적으로 해섬한 후 1.0% NaOH와 0.2% 비이온성 계면활성제 (DI-100)를 첨가하고 펄프 농도를 11%로 재 조정한 후 1차 해섬에서와 동일한 조건으로 다시 20분간 해섬을 실시하였다. 그 다음 완전 해리된 시료 140 g을 펄프농도 1%로 희석하고, CaCl₂를 첨가하여 부유부상셀에서 잉크를 제거하였다. 한편 천연펄프의 경우는 시료 450 g을 펄프농도 13%, 45°C, 600 rpm 조건에서 30분간 물로만 해섬하였다.

2.2.2 표백

표백은 아래와 같은 방법으로 실시하였으며 표백조건은 Table 1과 같다.

과산화수소 표백(P): 탈묵된 펄프를 펄프농도 10%로 하여 이중 비닐백에 넣어 항온 수조에서 반응시켰다.

차아황산 나트륨 표백(Y): 펄프농도 10%로 하여 highflex한 비닐백에 펄프를 넣은 후 질소를 충전시켜 산화를 방지하였고, 과산화수소 표백과 마찬가지로 항온수조에서 일정시간 반응시켰다.

오존 표백(Z): 오존표백은 오존을 발생시킨 후 외부 공기와 차단하여 펄프와 반응시켰다. 반응시 펄프는

Table 1. The bleaching conditions of white ledger

Sta- ges	Time (min)	Temp. (°C)	Chemical conc.
P ₁	120	70	H ₂ O ₂ 1.0%, NaOH 1.0%, MgSO ₄ 0.5%
P ₂	120	97	H ₂ O ₂ 2.0%, NaOH 1.0%, MgSO ₄ 0.5%
Y	30	70	Na ₂ S ₂ O ₄ 1.0%
Z	3	30	O ₃ 0.65%
Z	3	30	O ₃ 0.65%
Eo	60	60	NaOH 3.0%, MgSO ₄ 0.5%, O ₂ 2.0 kg · f
Eo	60	60	H ₂ O ₂ 1.0%, NaOH 3.0% MgSO ₄ 0.5%, O ₂ 2.0 kg · f Pulp consistency: 10%

초산과 증류수를 첨가하여 산성조건에서 펄프농도를 40%로 조절한 후 용기를 회전시키면서 표백하였다.

산소 첨가 추출표백(Eo, Eop): 산소첨가 추출표백은 3 l 크기의 특수제작한 autoclave형 반응기에서 실시하였다. 반응기는 반응중 펄프의 혼합을 위해 회전식으로 제작되었고 산소 가스를 주입하여 일정한 온도와 압력조건에서 추출 표백하였다.

2.2.3 유연제 처리

유연제로서 Fig. 1에서와 같이 H사로부터 분양받은 cationic quaternary dialkyl imidazoline sulphate¹⁰⁾ (DAIMZ)와 S사로부터 제조 · 분양받은 diethyleneglycol이 주성분인 mineral oil(BL 692)을 사용하였다. 이들 유연제를 0.2, 0.4 및 0.8%(전건 펄프 기준)로 조절하여 해섬된 펄프에 첨가한 후 30분간 교반하였다.

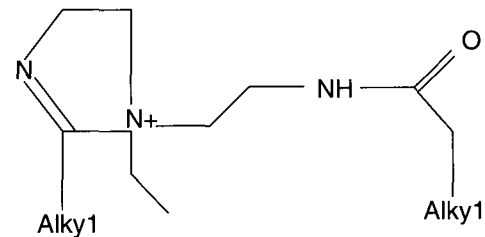


Fig. 1. A cationic quaternary dialkyl-imidazoline sulphate

2.2.4 수초지의 물리적 · 광학적 성질 측정

수초지의 물리적 · 광학적 성질은 다음과 같은 기준에 따라 측정하였다.

Handsheet	TAPPI Standard 205 om-88
Brightness	TAPPI Standard T452 os-58
Tear index	TAPPI Standard T414 om-88
Tensile index	TAPPI Standard T404 om-88
Burst index	TAPPI Standard T403 om-85

경직도는 시험편을 가로, 세로로 각각 1 inch, 2 inch으로 재단하여 5g 추를 1 inch 위치에 걸어 Gurley stiffness (Teledyne Gurley)를 측정하였다. 표면 거칠기는 Parker Print Surface H 1000 (L&W PPS Tester)으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 탈목 표백펄프

백상고지(초기백색도: 76.4% ISO)를 산소계 표백제로 표백하여 미용화장지로의 사용가능성을 실험하였다. 최종 미용화장지의 목표 백색도는 85.0% ISO로 설정하였다. 시판 미용화장지의 백색도는 약 89% ISO이다.

Fig. 2에서와 같이 1단계 표백에서는 P₂(85.9% ISO)의 경우만, 그리고 2단 표백의 경우는 P₂Y(88.4% ISO), YP₂(88.2% ISO) 및 ZP₂(86.8% ISO)에서 목표 백색도인 85.0% ISO를 상회하였다. 특히 Eo 및 Eop 단계가 적용된 표백에서는 백색도 상승효과가 저조한데 이것은 시료인 백상고지의 경우 잔존 리그닌이 거의 없기 때문에 탈리그닌화를 목적으로 하는 표백효과는 거의 나타나지 않기 때문이다¹²⁾. 또한 목표 백색도를 달성하기 위해서는 최소한 H₂O₂는 2%(전건 펄프기준) 이상이 요구되며, 표백전·후 펄프가 알칼리성을 지니고 있으므로 처리 과정을 고려한다면 P₂Y가 YP₂보다 더 유리하다.

Fig. 3은 표백 후에 유연제(mineral oil 0.2%)로 처리한 펄프의 백색도를 나타내고 있다. 표백후 펄프

의 백색도가 약 80% ISO 주위에 속한 펄프(1단 표백, P₁Y, YP₁, ZP₁, EoY, EopY)들은 유연제 처리로서 백색도가 증가하였고, 본래 백색도가 85% ISO 이상이던 펄프(P₂Y, YP₂, ZP₂)에 유연제를 처리하면 백색도가 반대로 86% ISO 근처까지 감소하였다. 백색도의 이러한 변화에 대하여 명확한 해석은 현재로서는 어려우나 미세섬유의 생산량 그리고 이로 인한 광산란의 차이에 기인하는 것으로 생각된다. 앞으로 좀더 명확한 해석이 요구되는 부분이다.

Table 2는 2단계 표백 펄프, 그리고 Table 3은 2단계 표백펄프를 유연제로 처리한 후의 펄프의 몇가지 기계적 성질을 나타내고 있다.

Table 2에서와 같이 표백 과정을 거치면서 펄프의 인장지수, 파열지수 및 인열지수가 모두 감소하였다. 특히 오존 표백이 포함된 ZP₂ 단계로 표백된 펄프의 강도가 가장 낮았다. 유연제를 처리할 경우 제반 강도들은 Table 3에서 보는 바와 같이 급격히 감소하였다. 펄프강도가 하락하는 이유는 유연제가 섬유간의 결합을 절단하며 지방기의 부여로 인한 마찰을 통하여 미세섬유의 생성을 억제하기 때문이다^{10,13)}. 유연제로 mineral oil 0.2%를 첨가함에 따라 인장지수는 약 15~20% 감소되었다. 그러나 EopY 단계에서는 유연제 처리로 인장지수가 약 30%나 감소하였다. 그 이유

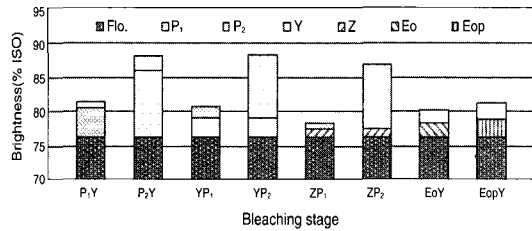


Fig. 2. The effect of the 1st and 2nd stage bleaching on brightness.

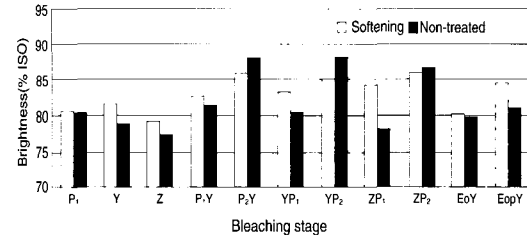


Fig. 3. The effect of softener treatment on brightness of the 1st and 2nd stage bleached pulps.

Table 2. The effect of two stages bleaching on the mechanical properties

Bleaching stage	Tensile index (N · m/g)	Tear index (m · N · m ² /g)	Burst index (K · Pa · m ² /g)	Stiffness (mg)	Roughness (micron)
Flo.	20.50	14.25	1.90	30.63	10.12
P ₂	11.66	10.85	0.99	35.72	10.80
P ₂ Y	10.42	13.11	0.68	29.19	10.81
YP ₂	10.61	12.46	0.77	28.71	10.82
ZP ₁	11.51	12.08	1.11	35.79	11.04
ZP ₂	9.97	10.80	0.70	26.61	10.49
EopY	13.13	14.54	1.16	28.00	10.91

Table 3. The effect of softener on the mechanical properties

Bleach-ing stage	Tensile index (N · m/g)	Tear index (m · N · m ² /g)	Burst index (K · Pa · m ² /g)	Stiffness (mg)	Roughness (micron)
P ₂ Y	6.83	8.03	0.25	27.84	10.86
YP ₂	8.83	9.57	0.47	28.00	10.13
ZP ₁	9.62	8.90	0.42	29.02	10.83
ZP ₂	8.58	8.88	0.54	24.99	10.82
EopY	9.22	9.67	0.77	21.28	10.47

Table 4. The effect of blending with virgin pulp and bleached pulp on the mechanical properties

Bleaching stage	Tensile index (N · m/g)	Tear index (m · N · m ² /g)	Burst index (kPa · m ² /g)	Stiffness (mg)	Roughness (micron)
P ₂ Y	20.97	16.53	2.57	32.41	10.35
YP ₁	22.85	15.45	2.46	32.59	10.21
YP ₂	16.04	14.63	1.98	32.89	10.82
ZP ₁	20.21	15.07	2.43	34.33	10.35
ZP ₂	18.77	16.05	2.03	35.89	10.49

는 EopY 표백에서는 백색도 증진효과가 가장 낮았으며 표백전 펄프의 강도도 다른 표백방법보다도 높았기 때문이다. EopY의 경우 유연제 처리 전·후 모두 다른 표백방법에 비하여 인장지수가 높았다.

버크 부드러움과 역의 관계에 있는 경직도는 감소하였는데 이것은 버크 부드러움이 증가하였다는 것을 의미한다. 또한 표면 부드러움과 역의 관계에 있는 표면 거칠기는 큰 변화가 없었다(Table 2 참조). 한편 경직도는 유연제 처리로서 더욱 감소하였다. 이것은 유연제 처리로서 버크 부드러움이 증가되었음을 의미한다. 한편 표면 부드러움은 큰 변화가 없었다(Table 3 참조). 부드러움의 증가는 섬유간 결합이 깨지면서 겉보기 밀도가 낮은 섬유로 변하기 때문이다. 또한 유연제 처리 시에는 낮은 에너지로서도 펄프를 보풀게 할 수 있으며 정전기 방지 특성을 증가시키는데도 기인한다¹⁰⁾.

3.2 버진펄프와 혼합초지

3.2.1 버진펄프와 탈묵 표백펄프의 혼합

백색도 90.4% ISO인 침엽수 천연펄프를 여수도 600 CSF로 조절하여 고해한 후 백상고지를 2.2.2에서와 같이 표백하여 얻은 펄프와 혼합하여 초지하였다. 천연펄프와 탈묵 표백펄프의 혼합비율은 30 : 70 이었다.

Fig. 4에서와 같이 버진펄프와 각각의 표백펄프를 혼합하여 초지한 바, 수초지의 백색도는 전부 증가하였다(Fig. 2 참조). 혼합 전에 백색도가 높은 표백펄프의 경우, 백색도가 약 88~89% ISO로서 높았으며 표백 후 초기 백색도가 낮은 EopY, EoY 및 P1Y 단계로 표백된 펄프에 천연펄프를 혼합함에 따라 백색도가 증가하여 86% ISO 이상을 나타내었다.

Table 4는 유연제 처리가 없는 혼합펄프의 기계적 성질을 나타내고 있다. 펄프를 혼합하므로써 인장, 인열 및 파열 지수가 표백펄프(Table 2 참조), 유연제 처리 표백펄프(Table 3 참조)의 강도보다 현저히 높다. 그러나 강직도는 더 높아짐으로 미루어보아 버크 부드러움의 증가는 나타나지 않았다. 또한 표면 부드러움도 변화가 없었다.

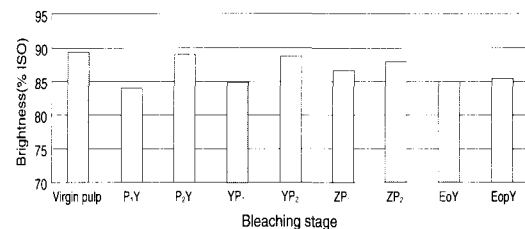
**Fig. 4. The effect of blending with virgin pulp and bleached pulp on brightness.**

Table 5 Brightness and mechanical properties of blended pulp with virgin and unbleached DIP pulp

Sample	Mixed ratio of pulps			Brightness (ISO)	Tensile index (N · m/g)	Tear index (m · N · m ² /g)	Burst index (kPa · m ² /g)	Stiffness (mg)	Roughness (micron)
	SW	HW	DIP						
A	70	30	0	89.9	14.3	11.72	0.88	36.46	6.98
B	50	20	30	84.5	19.3	13.51	1.08	46.10	7.24
C	40	10	50	81.4	21.5	13.93	1.20	53.80	7.46

The brightness of virgin pulps: SW(89.4% ISO), HW(91.1% ISO), DIP(76.2% ISO)

Table 6. The effect of softener treatment and blending with virgin and unbleached DIP pulp on the mechanical properties

Sample No.	Softener	Tensile index (N · m/g)	Tear index (m · N · m ² /g)	Burst index (kPa · m ² /g)	Stiffness (mg)	Roughness (micron)
A		5.8	3.87	0.88	26.40	5.86
B	DI	6.5	4.39	1.08	28.60	6.09
C	0.4%	8.1	5.03	1.20	31.46	6.27
A		6.0	4.24	0.49	24.65	5.70
B	DI	6.5	4.07	0.44	24.39	5.99
C	0.8%	6.5	4.07	0.49	27.43	6.29
A		6.8	4.22	0.39	31.63	6.05
B	MO	9.8	6.40	0.39	36.80	6.34
C	0.4%	11.8	6.62	0.39	44.68	6.71
A		5.8	5.42	0.45	30.15	5.96
B	MO	6.8	5.30	0.52	28.00	6.16
C	0.8%	7.3	5.49	0.52	37.03	6.14

DI: DAIMZ

MO: Mineral oil

3.2.2 버진펄프와 탈묵 미표백펄프의 혼합 초지

Table 5는 미표백 탈묵펄프와 버진펄프(침엽수 및 활엽수 BKP)를 일정비율로 혼합하여 초지한 후 펄프의 백색도와 몇가지 기계적 특성을 측정한 결과이다.

Table 5에서와 같이 탈묵 미표백 펄프의 함량이 높아질 수록, 백색도는 낮았다. 탈묵 백상고지의 백색도는 76.2% ISO이므로 버진펄프를 섞어도 백색도가 85% ISO 이하였다. 펄프의 제반 강도는 탈묵 미표백 펄프의 함량이 높을 수록 증가하였으며 강직도와 표면 거칠기도 함께 증가하였다. 즉, 탈묵 미표백 펄프의 함량이 높을 수록 수초지의 부드러움은 감소하였다. 탈묵미표백 펄프의 함량이 높을 수록 강도가 높았는데, 이것은 미표백 탈묵펄프에는 미세섬유의 함량이 높기 때문이다^{10,13)}.

Table 6은 유연제 처리가 버진펄프와 탈묵 미표백 펄프를 혼합한 펄프의 기계적 성질을 나타내고 있다.

유연제 DAIMZ나 광물유를 처리함에 따라 인장, 파열 그리고 인열지수가 감소하였다. 또한 시료 조합면에서는 원료 펄프의 강도순서와 마찬가지로 C>B>A 순으로 강도가 높았다. 특히 인장지수는 광물유 0.4% 처리시에 45.1~52.4%, 광물유 0.8% 처리에서는 59.4~66.0% 감소하였다. 한편 DAIMZ 0.4%에서는 인장지수가 56.4~62.3% 그리고 DAIMZ 0.8%에서는 인장지수가 58.0~71.4%나 감소하였다. 동일량의 첨가량에서는 DAIMZ가 광물유보다 인장강도 감소가 더 높았다.

한편 탈묵 미표백펄프 첨가량이 높을 수록 인장강도가 높았다. 동일농도의 유연제 첨가시에 DAIMZ가 광물유보다 강직도 감소효과가 높았다. 또한 0.4%보다는 0.8% 첨가에서 강도 감소현상이 크게 나타났다. 유연제 첨가량이 많을 수록 섬유간 절단이 크게 일어나며 소수성인 fatty aliphatic 기들이 섬유표면에 집적되어 섬유의 물흡수 능력을 억제하므로 펄프는 버크해지고 강도도 더 낮아진다¹⁰⁾. 표면거칠기도 유연제 처리

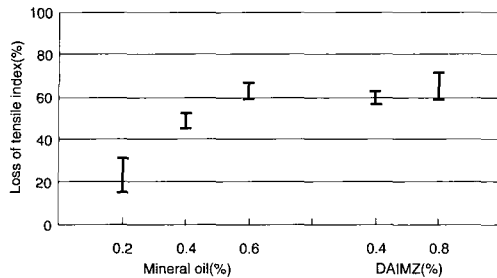


Fig. 5. Tensile index reduction by the addition of softeners.

로서 강직도의 변화와 거의 동일한 경향으로 감소하였다. 즉, 유연제 처리로서 버크 부드러움과 표면 부드러움 모두 증가하였다.

4. 결론

표백 DIP에 유연제로 mineral oil을 0.2% 첨가할 경우 인장지수는 15~30% 감소하였다. 버크와 표면 softness는 미약하게 증가하였다. 백색도는 PY 또는 YP 표백과 유연제 처리과정을 거친 후 86~87% ISO를 나타내었다.

미표백 DIP에 버진펄프를 혼합한 후 유연제로 mineral oil 또는 dialkyl imidazoline을 0.2~0.8% 첨가할 경우, 버크와 표면 softness는 현저하게 증가되었다. 미표백 DIP량을 높일수록 인장지수의 감소는 적었으나 백색도가 85% ISO 이하로서 낮았다.

표백 DIP에 버진펄프를 혼합한 경우 백색도는 87~88% ISO 그리고 인장지수도 다른 어떤 조합보다도 높았다. 그러나 유연제 처리가 없었으므로 softness는 다른 조합보다 낮았다.

첨가 유연제량을 증가시키면 인장지수는 감소하였다. 그러나 softness는 더욱더 증가하였다. 동일한 첨가량(0.2~0.8%)에서 dialkyl imidazoline은 mineral oil에 비하여 인장지수를 현저히 감소시키나 버크와 표면 softness는 반대로 더 증가시킨다.

인용 문헌

- Liu, J., Hsieh, J., Softness of tissue paper, Proceedings of 1998 TAPPI International Engineering Conference Poster Book, pp. 48-52(1998).
- Kogan, J., Bleaching deinked pulp with ozone-based reductive-oxidative sequences. 1995 TAPPI Recycling Symposium.: 139-148(1995).
- Szczucki, C. L., Kilgannon, R. R., Peroxide - reductive bleaching of mixed office waste to high brightness. 1996 TAPPI Recycling Symposium.: 57-62(1996).
- Paik, K.H., Ahn, B.J., Comparison between PY and YP on bleach efficiency of white ledger according to deinking method, KTappi J. 33(3): 37-43(2001).
- Ahn, B.J., Paik, K.H., Chlorine-free bleaching of mixed office wastepaper, J. Korean Ind. Eng. Chem., 12(7): 724-729(2001).
- Liu, J., Hsieh, J., A novel method of understanding the softness of tissue paper, Preparing for the next millenium, PCE & I joint conference; Atlanta, March 1-4, 1999. TAPPI PRESS, Prod code: PM9977, Item: 18014(1999).
- Hollmark, H., Evaluation of tissue paper softness. Tappi J. 63(2): 97-99(1980).
- Mark, P. E., Murakami, K.(ed.), "Handbook of Physical and Mechanical Testing of Paper and Paperboard", Dekker, pp. 497-521(1983).
- Lashof, T. W., Note on the performance of the Handel-O-Meter as a physical test instrument for measuring the softness of paper. Tappi J. 43(5): 175A-178A(1960).
- Poffenberger, C., Jenny, N., Evaluation of cationic debending agents in recycled paper feedstocks, TAPPI Recycling Symposium: 289-304 (1996).
- Andersson, A. A new concept for tissue softening, Valmet tissue making seminar, Karlstad, Sweden, In: Technology of paper recycling, Edited by R.W.J. Mckinney, An Imprint of Chapman & Hall p. 328(1991).
- Sharpe, E. P., TCF bleaching of mixed office waste compositions. 1995 TAPPI Recycling Symposium.: 157-187(1995).
- McPherson, W.H., Tappi J 33(11):531-537(1950). In: Pulp and Paper Chemistry and Chmical Technology, Edited by Casey, J. P. 3rd. John Wiley & Sons, p. 1764(1981).