

## 반응표면 분석방법에 의한 껌련지 제조 주요인자의 최적화 연구

김영호 · 이근희

한국인삼연초연구소 화학부

### **Optimization of some major factors in cigarette paper manufacturing using response surface analysis**

Young-Hoh Kim and Keun-Hoi Lee

Division of Chemical, Korea Ginseng & Tobacco  
Research Institute, Daejeon, Korea

(Received Oct. 11, 1989)

### **ABSTRACT**

Three major factors, freeness, filler and blend ratio that exercised considerable influence on physical properties of cigarette papers were chosen for the sake of their optimization at this experiment. An optimization of those above factors in paper manufacturing was investigated using response surface analysis.

Optimum beating degree of Kenaf, Flax and NBKP showed around 72 °SR, 68 °SR and 85 SR, respectively, in considering of five quality index such as porosity, tensile strength, stretch, whiteness and opacity. The best blending ratio of reciprocal pulps treated under optimum beating degree were diversified and combination scope of the bast fiber (Kenaf, Flax) to the NBKP was range from 30% to 65% in case of the Kenaf, from 25 to 40% in Flax at the same

receipe. The optimum range of calcium carbonate content revealed 25%~30% in Kenaf mixed NBKP and 24%~31% in Flax mixed NBKP.

## 서 론

켈런지는 1940년대에 개발되어 담배제조에 이용되기 시작한 이래 1960년대까지 권상작업성과 외관을 중요시 했다. 그러나 1970년대 부터는 권상기의 발달과 켈런지의 품질 균일화로 이들 특성의 중요성이 상대적으로 낮아졌고 또한 담배 연기의 유해성이 대두됨에 따라 연기의 생성과 조성변화에 영향이 큰 기공도에 대하여 주목하게 되었으며 고기공 켈런지가 개발되어 활용되고 있다. 최근에는 권상기의 고속화로 다시 작업성과 외관의 중요성이 대두되고 있으나 기공도와 외관은 역상관 관계에 있으므로 외관이 양호한 고기공 켈런지를 제조하기는 힘들다.<sup>2,5,9)</sup>

따라서 이의 개선을 위하여 고충전 종이의 개발 연구가 활발하다. 탄산칼슘의 종이 보유능은 펄프의 종류와 고해기술, 배합에 따라 다르며 탄산칼슘 자체의 입도와 형태, 지료의 Zeta 전위차의 영향이 있음을 보고하고 있다.<sup>1,12,15,16)</sup> 고충전 종이의 연구는 펄프 자원의 절약과 원가절감 측면에

서 이루어지고 있는데<sup>2,14,17)</sup> 켈런지의 경우는 주부원료의 처리에 관한 연구결과를 각 제조회사의 비법으로 공개하지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 켈런지의 주원료인 Flax, Kenaf, NBKP 펄프의 고해조건과 배합율, 부원료인 탄산칼슘의 함량에 따른 물성변화를 규명하여 켈런지의 품질향상에 기여코저 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 재 료

켈런지의 수초지 제조용 펄프는 NBKP (Northwood, 캐나다), Flax (Rossi, 이태리) 및 Kenaf (Phoenix, 태국)을 사용했으며, 탄산칼슘은 태화(주)제품이며 이화학성은 표1,2,3과 같다.

### 2. 실험방법

가. 원료의 처리 및 실험배치

Table 1. Physical properties of hand sheets made from Flax, Kenaf and NBKP which adjusted to 80 schopper riegler beating degree (°SR) under the TAPPI method.

Test Item	Flax	Kenaf	NBKP
Initial Freeness (°SR)	39	37	15
Adjusted Freeness (°SR)	80	80	80
Burst factor	61.7	44.7	99.9
Tear factor	72.7	85.3	75.9
Breaking length (m)	7,757	7,039	10,183
Opacity (%)	50	56	56
Whiteness (%)	65	74	83

Table 2. Particle size distributions of used calcium carbonate as a filler pigment, measured by forced precipitation volume method with X ray and specific gravity of the filler were 2.039 g/cc.

Diameter range ( $\mu\text{m}$ )	Cumulative mass percent
Under 1	24.3
1 ~ 2	27.3
2 ~ 3	32.0
3 ~ 4	8.7
4 ~ 5	1.0
5 ~ 6	1.0
6 ~ 7	1.0
7 ~ 8	1.0
Over 8	3.9

Table 3. Physico-chemical properties of the calcium carbonate filler.

Test item	filler
CaO (%)	54.0
Ignition loss (%)	43.5
Brightness (%)	88.0
Residues on 44 mm sieve (%)	0.3
Precipitation Volume (mm)	13.0
HCl insoluble (%)	0.04
Particle size ( $\mu$ )	2.22
Abrasion loss (mg)	80
Moisture content (%)	0.2
Specific gravity (g/cc)	2.039

필프의 고해는 KSM 7030 에 따라 Niagara beater (Tester 산업; 일본)를 사용했고 고해도 측정은 Schopper Riegler; °SR (Tester

산업; 일본)를 이용하였다. 인피섬유인 Flax와 Kenaf 필프는 고해도 58, 65, 72 °SR, NBKP의 경우 72, 79, 86 °SR로 고해하여 실험배치하였으며 탄산칼슘의 수초지 잔유량은 인피섬유에 20, 26, 32%, NBKP섬유는 16, 22, 28%가 되도록 제조하였다.

필프의 고해도와 배합을 및 탄산칼슘의 수초지 함량은 서로 복합적으로 물성에 영향을 주므로 중심합성법과 회전계 획법으로 반응표면 분석이 가능하도록 (표 4) 2원 배치하였으며 반응표면 분석 프로그램을 이용하여 물성변화를 비교하였다.<sup>6,10,11)</sup>

#### 나. 수초지의 물성 측정

제조된 수초지는 표준 상태 (20 °C, RH 65%)에서 조화시킨 후 중량  $25 \pm 0.1 \text{ g/m}^2$ 로 선 발하여 인장강도, 신장률, 불투명도 및 백색도를 KS에 따라 측정했으며 기공도는 Coresta 방법에 따랐다.<sup>4,7)</sup> 수초지의 탄산칼슘 함량은 산적정법<sup>13)</sup>으로 측정했으며 실험배치수치의 5%범위를 물성측정용 시료로 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 필프별 수초지의 물성

각 필프의 고해도와 탄산칼슘 함량에 따른 필러지 물리성을 표 4에 나타내었으며 반응표면 분석으로 각 물성을 비교하였다. 실험결과와 반응표면 분석시 결정계수  $R^2 = 0.87$  이상이었다.

#### 가. Flax

그림 1은 Flax 필프의 고해도와 탄산칼슘 함량에 따른 인장강도와 백색도의 반응표면 분석 결과이다. 백색도는 탄산칼슘 함량이 높아지면 크게 양호해지며 고해도가 높아질수록 그 영향이 적어졌다. 또한 인장강도는 탄산칼슘 함량이 높아질수록 낮아지나 고해도가 65 °SR 이상에서는 그 영향이 적어지고 있다. 인장강도와 백색도만을 고려할 때 흥미 영역은 고해도 62 ~ 72 °SR, 탄산칼슘 함량 24 ~ 27%가 된다.

Table 4. Physical properties of Hand sheets made from Flax, Kenaf and NBKP by freeness and calcium carbonate content (CCC\*). Other abbreviations were as follow : TS ; tensile strength, ST ; stretch, OP ; opacity, WH ; whiteness and POR ; porosity.

Experimental conditions		Linear transformation		Physical properties (Y)				
Freeness (°SR)	CCC* (%)	Freeness (X <sub>1</sub> )	CCC (X <sub>2</sub> )	TS (kg)	ST (%)	OP (%)	WH (%)	POR (CU)
58	20	-1	-1	1.3	1.4	64.4	85.5	474
58	26	-1	0	1.2	1.4	64.1	85.7	875
58	32	-1	1	1.1	1.4	62.9	85.1	1,081
65	20	0	-1	1.2	1.6	62.4	85.8	696
65	26	0	0	1.2	1.6	65.1	86.0	779
65	32	0	1	0.7	1.3	65.6	87.1	1,171
72	20	1	-1	1.4	1.6	64.0	85.0	364
72	26	1	0	1.1	1.6	65.0	87.0	532
72	32	1	1	0.9	1.3	69.0	87.8	751
58	20	-1	-1	2.2	1.6	63.3	82.8	110
58	26	-1	0	1.7	1.3	67.0	85.0	172
58	32	-1	1	1.2	1.2	68.2	86.2	288
65	20	0	-1	2.2	1.5	63.8	83.8	113
65	26	0	0	1.6	1.1	66.7	86.7	191
65	32	0	1	1.0	0.9	71.6	87.6	338
72	20	1	-1	2.1	1.4	65.6	82.6	68
72	26	1	0	1.6	1.2	64.4	83.4	104
72	32	1	1	1.4	1.3	68.1	84.1	158
72	16	-1	-1	3.2	1.6	55.5	86.5	31
72	22	-1	0	3.3	1.8	59.3	89.1	48
72	28	-1	1	2.2	1.7	64.6	87.9	95
79	16	0	-1	4.2	2.2	57.6	86.8	24
79	22	0	0	3.1	1.9	60.0	88.1	45
79	28	0	1	2.4	1.7	65.4	89.8	64
86	16	1	-1	3.9	1.9	51.0	84.9	15
86	28	1	1	2.6	1.7	64.7	87.4	34

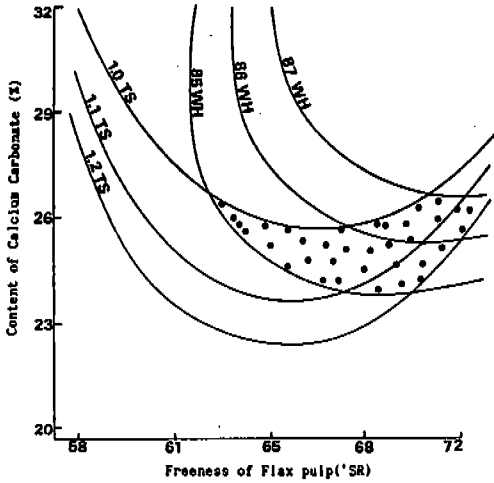


Fig. 1. Iso-tensile strength (TS) and whiteness (WH) curves for Flax pulp in increasing freeness and content of calcium carbonate. Marked area is a region of interesting.

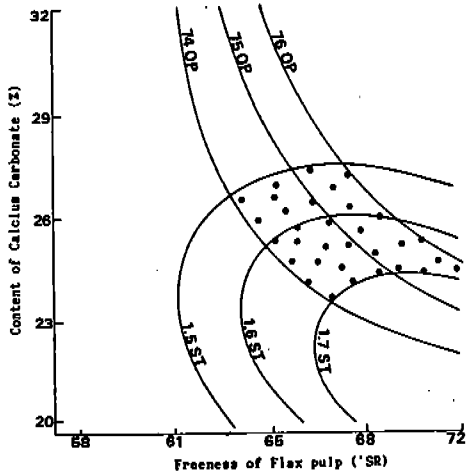


Fig. 2. Iso-stretch (ST) and opacity (OP) curves for Flax pulp in increasing freeness and content of calcium carbonate. Marked area is a region of interesting.

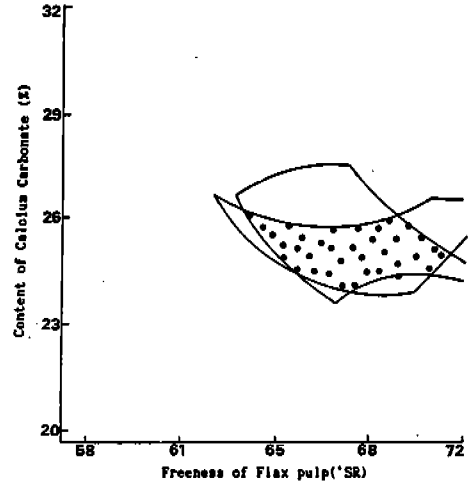


Fig. 3. The satisfied region, marked area which were overlapped fig. 1 and 2 under the limited factors in Flax.

그림 2는 불투명도와 신장율의 반응표면 분석결과이다. 불투명도와 신장율은 고해도가 높을수록 커지며 신장율은 고해도 67 °SR 이상에서 탄산칼슘의 영향이 없어짐을 알 수 있다. 펄프의 고해도가 높아지면 일반적으로 강도와 신장이 높아지며 불투명성은 낮아짐을 보고하고 있으나<sup>3)</sup> Flax 펄프의 경우 고해시 fibrillation의 특이성 때문에 타 섬유에 비하여 미세탄산칼슘의 보유능이 크고, 보유된 미세섬유가 불투명성을 오히려 높게 하는 것으로 판단된다.

흥미영역은 고해도 63 ~ 72 °SR와 탄산칼슘 함량 24 ~ 27 %였다.

그림 3은 그림 1과 그림 2의 흥미영역만을 나타내었다. 고해도 68 °SR과 탄산칼슘함량 25 % 수준이 최적임을 나타내고 있다. 기타 주요인자인 기공도는 Flax 펄프 자체의 탄산칼슘의 보유능이 높고 조화성이 크기 때문에 기공도가 타 섬유에 비하여 현저히 높았다.

#### 나. Kenaf

그림 4, 5, 6에는 Kenaf 펄프의 고해도와 탄산칼슘 함량에 따른 인장강도, 기공도, 불투명도

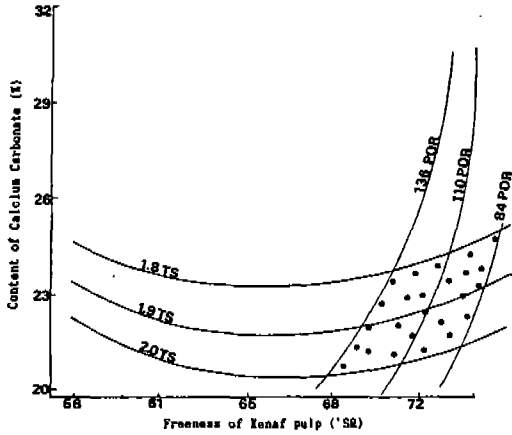


Fig. 4. Iso-tensile strength (TS) and porosity (POR) for Kenaf pulp in increasing freeness and content of calcium carbonate. Marked area is a region of interesting.

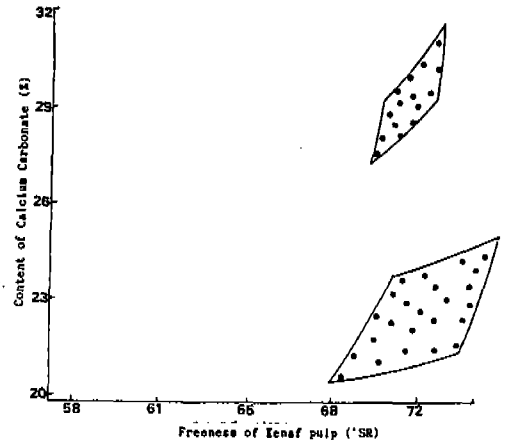


Fig. 6. The satisfied region, marked area which were combined fig. 4 and 5 under the limited factors in Kenaf pulp.

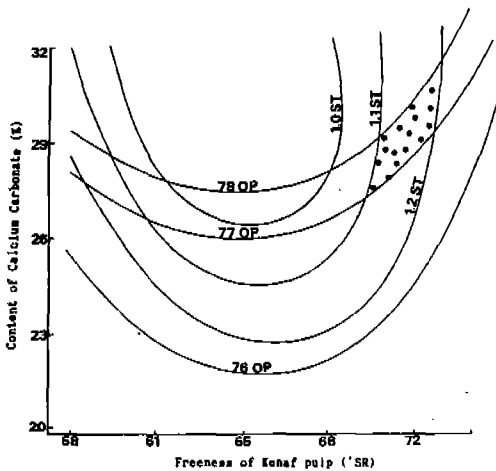


Fig. 5. Iso-stretch (ST) and opacity (OP) for Kenaf pulp in increasing freeness and content of calcium carbonate. Marked area is a region of interesting.

및 신장율의 반응표면 분석결과를 나타내었다. 고해도가 높아지면 기공도가 낮아지며 인장강도가 증가되는 경향이나 이 두 물성 역시 탄산칼슘 함량의 영향이 크게 나타났고 기공도의 경우 특히

지대함을 알 수 있다.

인장강도와 기공도를 고려하면 고해도 68~76 °SR, 탄산칼슘 함량 21~26%가 흥미영역이었다. 그러나 신장율과 불투명도만을 고려할 때 고해도 69~72 °SR로 볼 수 있으며 인장강도를 고려치 않을 경우 탄산칼슘의 최적함량은 29%수준이 된다.

다. NBKP

Flax 및 Kenaf 와 같은 방법으로 물성의 반응표면 분석결과를 그림 7, 8, 9에 나타내었다.

NBKP는 타 섬유에 비하여 강도가 높고 탄산칼슘 함량이 높아도 강도저하가 적으나 기공도가 낮았다. 인장강도는 높고 기공도가 낮기 때문에 탄산칼슘 함량은 26% 이상이 되어야 하며 고해도는 82~86 °SR이 흥미영역이었다. 불투명도와 신장율을 보면 고해도 79 °SR 이상에서는 탄산칼슘의 영향이 커지며 신장율은 고해도 79 °SR까지는 높아지나 그 이상에서는 오히려 감소하고 있다.

이상의 결과와 같이 NBKP는 강도가 높은 반면 불투명도와 기공도가 낮아 탄산칼슘 함량을 26%로 높여야 하나 고해도를 높여도 탄산칼슘 보유량이 타 섬유에 비하여 낮으므로 타 섬유의 혼용

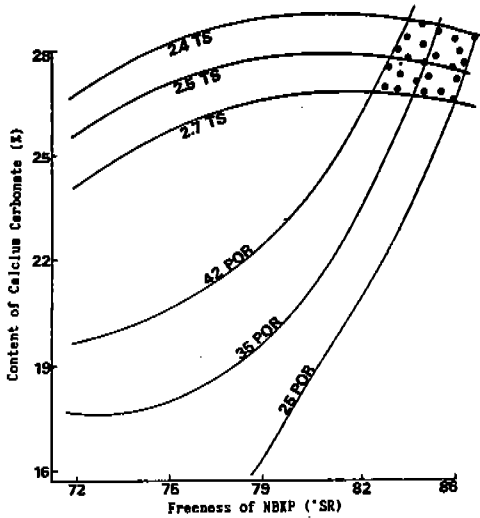


Fig. 7. Iso-tensile strength(TS) and porosity (POR) for NBKP in increasing freeness and content of calcium carbonate. Marked area is a region of interesting.

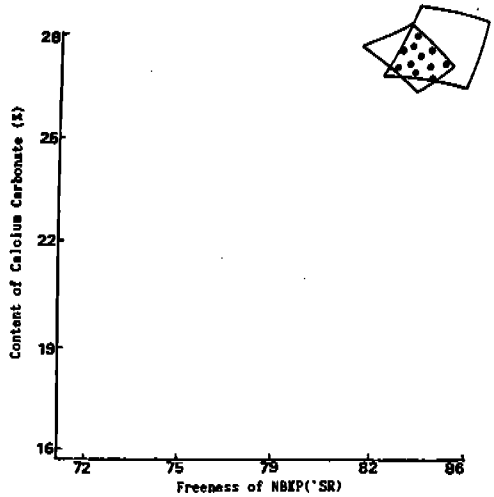


Fig. 9. The satisfied region, marked area which were overlapped fig. 7 and 8 under the limited factors in NBKP.

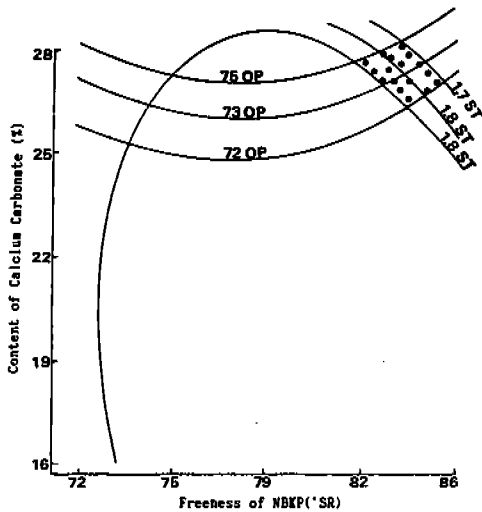


Fig. 8. Iso-stretch(ST) and opacity (OP) curves for NBKP in increasing freeness and content of calcium carbonate. Marked area is a region of interesting.

이 필요하게 된다. NBKP의 최적 고해도는 85 °SR로 판단되었다.

라. 펄프의 최적 고해도시 물리성

각 펄프의 최적 고해도로 판단된 Flax 68 °SR, Kenaf 72 °SR, NBKP 85 °SR과 탄산칼슘함량 23, 26, 29 %로 초치시 물성을 아래 회귀식에서 얻은 이론치를 표 5에 나타내었다.

인장강도는 NBKP가 높으나 백색도와 기공도가 인피섬유인 Flax와 Kenaf에 비하여 떨어지며 Flax 펄프의 경우 기공도는 높으나 인장강도가 타 섬유에 비하여 낮았다. 따라서 Flax 펄프에 NBKP 등의 타 섬유를 배합하면 단점이 보완 될 것으로 판단되었다.

최근 유럽에서도 킬런지 제조시 인피섬유에 목재섬유 및 Espart 등 비목재 섬유를 30~70%배합하는 것으로 알려지고 있다.<sup>2,5,9)</sup>

각 펄프의 고해도  $X_1$ , 탄산칼슘함량  $X_2$ 일 때 총속변수인 각 물성을 Y로 나타내면 반응표면 분석시 회귀방정식과 분산분석시 결정 계수 ( $R^2$ )는 다음과 같다.

Table 5. Theoretical data of physical properties in Flax, Kenaf and NBKP under the optimum beating degree and reasonable calcium carbonate content based upon the results of response surface analysis.

Test item	Unit	Flax			Kenaf			NBKP		
		23*	26	29	23	26	29	23	26	29
TS	kg	1.16	1.08	0.97	1.86	1.64	1.46	3.12	2.93	2.39
Stretch	%	1.62	1.57	1.46	1.27	1.20	1.15	1.85	1.75	1.67
Opacity	%	86.0	86.6	87.1	82.0	84.0	85.0	86.6	87.2	87.7
Whiteness	%	74.0	75.0	75.9	74.0	76.0	77.0	65.5	70.4	73.4
Porosity	CU	652	770	870	85	110	136	25	30	42

\* Each figure marked as a content of calcium carbonate.

1) Flax 펄프

불투명도  $Y = 64.356 + (1.1333 * X1) + (1.15 * X2) + (.56665 * X1^2) + (.0166473 * X2^2) + (1.675 * X1 * X2)$   
 결정계수  $R^2 = 0.894$

기공도  $Y = 863.667 + (-130.5 * X1) + (244.833 * X2) + (-202.5 * X1 + (27.5 * X2^2) + (-55 * X1 * X2))$   
 결정계수  $R^2 = 0.963$

인장강도  $Y = 1.0778 + (-.0333 * X1) + (-.2 * X2) + (.1333 * X1^2) + (-.0667 * X2^2) + (-.075 * X1 * X2)$   
 결정계수  $R^2 = 0.882$

백색도  $Y = 86.5334 + (.75 * X1) + (.7833 * X2) + (-.45 * X1^2) + (-.35 * X2^2) + (.55 * X1 * X2)$   
 결정계수  $R^2 = 0.927$

신장율  $Y = 1.5667 + (.05 * X1) + (-.1 * X2) + (-.1 * X2^2) + -.75 * X1 * X2)$   
 결정계수  $R^2 = 0.875$

2) Kenaf 펄프

불투명도  $Y = 66.8778 + (-.06666 * X1) + (2.53 * X2) + (-1.26668 * X1^2) + (.7333 * X2^2) + (-.6 * X1 * X2)$   
 결정계수  $R^2 = 0.812$

기공도  $Y = 198.333 + (-40 * X1) + (82.1667 * X2) + (-64 * X1^2) + (23.5 * X2^2) + (-22 * X1 * X2)$   
 결정계수  $R^2 = 0.954$

인장강도  $Y = 1.56667 + (-7.9472E-08 * X1) + (-.48333 * X2) + (.099999 * X1^2) + (.0499999 * X2^2) + (.075 * X1 * X2)$   
 결정계수  $R^2 = 0.966$

백색도  $Y = 85.8556 + (-.55 * X1) + (1.51667 * X2) + (-1.58334 * X1^2) + (-.183334 * X2^2) + (-.425 * X1 * X2)$   
 결정계수  $R^2 = 0.969$

신장율  $Y = 1.08889 + (-.03333 * X1) + (-.18333 * X2) + (.16666 * X1^2) + (.11666 * X2^2) + (.075 * X1 * X2)$   
 결정계수  $R^2 = 0.882$



Table 6. Physical properties of handsheets made from mixed pulp by blending ratio (BR<sup>\*\*</sup>) versus calcium carbonate content (CCC<sup>\*</sup>) and the abbreviations were identified in Table 4.

Experimental conditions		Linear transformation			Physical properties (Y)				
Flax (%)	NBKP (%)	CCC <sup>*</sup> (%)	BR <sup>**</sup> (X <sub>1</sub> )	CCC (X <sub>2</sub> )	TS (kg)	ST (%)	OP (%)	WH (%)	POR (CU)
100	0	25	1	0	1.10	1.44	67.2	85.1	1,328
0	100	25	-1	0	2.83	1.57	68.2	86.4	25
50	50	40	0	-1	1.00	1.39	72.7	87.6	511
50	50	10	0	1	3.00	1.25	58.1	84.7	41
85	15	36	0.707	0.707	0.80	1.30	72.3	87.2	766
15	85	36	-0.707	0.707	1.77	1.30	71.4	88.9	76
15	85	14	-0.707	-0.707	3.83	1.53	61.8	85.1	16
85	15	14	0.707	-0.707	1.93	1.53	62.6	84.7	315
50	50	25	0	0	1.73	1.39	67.1	87.2	129

Table 7. Physical properties of handsheets made from mixed pulp by blending ratio (BR<sup>\*\*</sup>) versus calcium carbonate content (CCC<sup>\*</sup>) and the abbreviations were identified in Table 4.

Experimental condition		Linear transformation			Physical properties (Y)				
Kenaf (%)	NBKP (%)	CCC <sup>*</sup> (%)	BR <sup>**</sup> (X <sub>1</sub> )	CC (X <sub>2</sub> )	TS (kg)	ST (%)	OP (%)	WH (%)	POR (CU)
100	0	25	1	1	1.77	2.33	67.8	83.0	71
0	100	25	-1	-1	3.20	3.33	69.2	83.4	11
50	50	40	0	0	1.23	2.25	73.8	85.1	92
50	50	10	0	0	4.33	3.42	57.5	82.9	4
85	15	36	0.707	0.707	1.43	3.22	70.9	85.0	98
15	85	36	-0.707	0.707	1.83	2.67	72.6	85.8	37
15	85	14	-0.707	-0.707	4.07	3.50	61.9	83.4	5
85	15	14	0.707	-0.707	3.20	2.75	59.8	82.6	21
50	50	25	0	0	2.73	2.83	66.9	85.5	30

3) NBKP 펄프

불투명도  $Y = 59.2889 + (-1.8833 * X1) + (5.1 * X2) + (-3.0833 * X1^2) + (2.5667 * X2^2) + (1.15 * X1 * X2)$   
 결정계수  $R^2 = 0.944$

기공도  $Y = 39.8555 + (-19.45 * X1) + (21.6167 * X2) + (-5.7833 * X1^2) + (6.7167 * X2^2) + (-9.575 * X1 * X2)$   
 결정계수  $R^2 = 0.984$

인장강도  $Y = 3.3778 + (.2167 * X1) + (-.6833 * X2) + (-.1167 * X1^2) + (-.2167 * X2^2) + (-.075 * X1 * X2)$   
 결정계수  $R^2 = 0.901$

백색도  $Y = 88.4 + (-1.15 * X1) + (1.25 * X2) + (-1.55 * X1^2) + (-.25 * X2^2) + (.425 * X1 * X2)$   
 결정계수  $R^2 = 0.882$

신장율  $Y = 1.9778 + (.0667 * X1) + (-.1 * X2) + (-.1667 * X1^2) + (-.0667 * X2^2) + (-.075 * X1 * X2)$   
 결정계수  $R^2 = 0.679$

각 펄프의 회귀방정식에서 Kenaf 펄프의 신장율은 결정계수 0.68로 정도가 적었고 Flax와 Kenaf의 경우 불투명도와 신장율이 결정계수 0.81~0.8로 회귀식의 정도가 약간 떨어지고 있으나 기타 기공도와 인장강도의 회귀식 정도는 높은 편이었다.

탄산칼슘의 입자 크기가 작을수록 산란계수가 높아 불투명도가 높아지며 보유시 신장 특성이 변하는 것으로 알려져 있는데<sup>3)</sup> 위 회귀식에서 불투명도와 신장율의 정도가 약간 떨어지는 것은 섬유 의 고해특성이 상이해 미세 입자의 보유능이 다르기 때문인 것으로 생각된다.

2. 인피섬유와 NBKP의 배합시험

표 6, 7은 NBKP 펄프에 Flax와 Kenaf를 배합(0~100%)하고 탄산칼슘 함량 10~40% 보유하도록 수초지를 제조하여 그 물성을 분석한 결과이다. 이 물성을 반응표면 분석하여 최적 배합율과 탄산칼슘 함량을 추정하였다.

가. Flax + NBKP

그림 10에서 보는 바와 같이 Flax 펄프 50% 이상과 탄산칼슘 함량 21% 이상이 되면 기공도와 불투명도가 양화되었다. 그러나 신장율, 인장강도 및 백색도를 고려할 때(그림 11, 12) Flax 25~40% 배합, 탄산칼슘 함량 24~30%가 최적임을 알 수 있다.

나. Kenaf + NBKP

기공도, 인장강도 및 백색도를 볼 때는 Kenaf 배합을 25~60%, 탄산칼슘 함량 25~30%가 적당하다.(그림 13) 또한 불투명도와 신장율을 고려하면 NBKP 함량이 높고 탄산칼슘 함량이 20% 이상이어야 됨을 알 수 있다.(그림 14, 15)

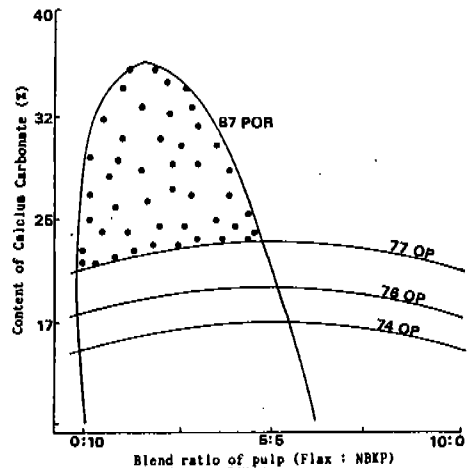


Fig. 10. Response surface contour graph of blended pulp (Flax : NBKP) versus calcium carbonate content at the limited factors; porosity (POR), opacity (OP) and marked area is a region of interesting.

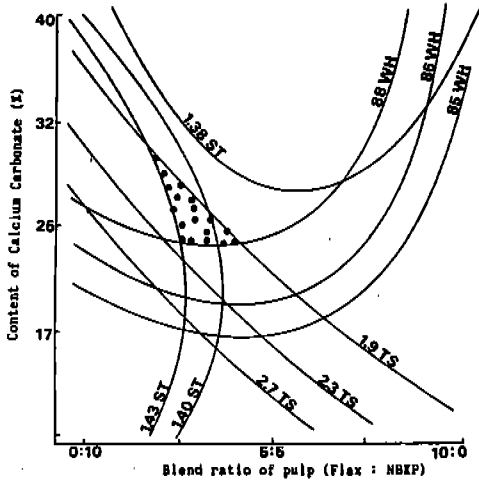


Fig. 11. Response surface contour graph of blended pulp (Flax : NBKP) versus calcium carbonate content at the limited factors ; stretch (ST), whiteness (WH) and tensile strength (TS) and marked area is a region of interesting.

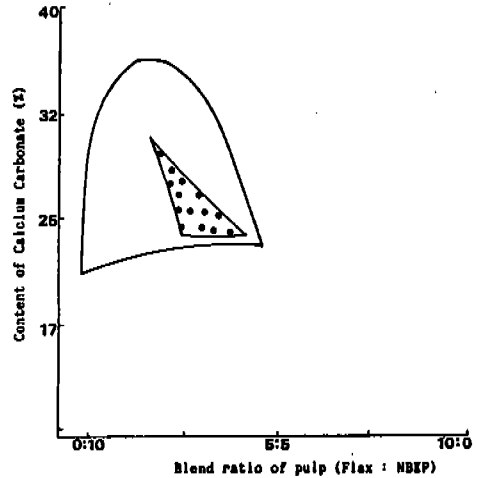


Fig. 12. The marked area which were overlapped fig. 10 and 11 in blended pulp (Flax : NBKP).

현 국산 킬런지는 Kenaf 60%를 NBKP에 배합하여 제조하고 있으나 펄프의 고해가 적절하지 못하며 탄산칼슘의 보유량이 낮아 품질이 미흡한 실정이다. 탄산칼슘의 킬런지 보유능을 높이기 위해서는 초지기의 개선과 아울러 펄프의 고해 및 탄산칼슘의 입도 등의 검토가 필요하다.

다. 최적 펄프 배합비와 탄산칼슘함량시 물성 비교

각 펄프를 최적 고해하고 최적 배합비로 판단된 Kenaf : NBKP를 47 : 53, Flax : NBKP를 33 : 67로 배합하여 탄산칼슘 함량을 28%를 보유시킬 경우 아래 회귀식에서 각 물성을 계산하여 표 8에 나타내었다. Kenaf 사용시 인장강도와 신장율은 양호하나 기공도가 낮았고 Flax 배합시는 반대로 기공도는 높으나 인장강도와 신장율이 낮았다. 따라서 고기공 킬런지는 Flax 펄

Table 8. Theoretical data of physical properties in blended pulp under the optimum blend ratio as the result of Response Surface Analysis. The content of calcium carbonate were 28% each as a filler pigment.

Test Item	Unit	Pulp blend ratio (%)	
		Kenaf : NBKP (47 : 53)	Flax : NBKP (33 : 67)
Tensile Strength	kg	2.55	1.79
Stretch	%	2.90	1.40
Opacity	%	78.6	78.8
Whiteness	%	85.4	87.6
Porosity	CU	28.5	72.0

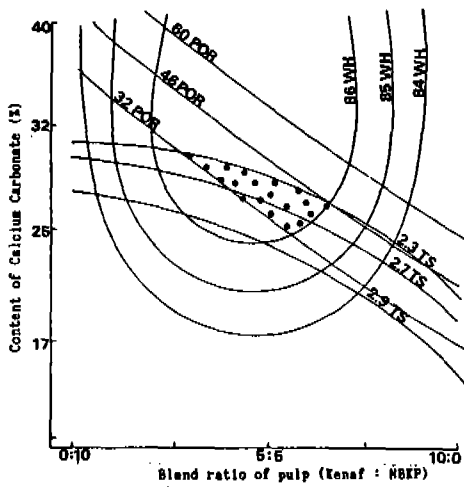


Fig. 13. Response surface contour graph of blended pulp (Kenaf : NBKP) versus calcium carbonate content at the limited factors; tensile strength (ST), whiteness (WH) and porosity (POR) and marked area is a region of interesting.

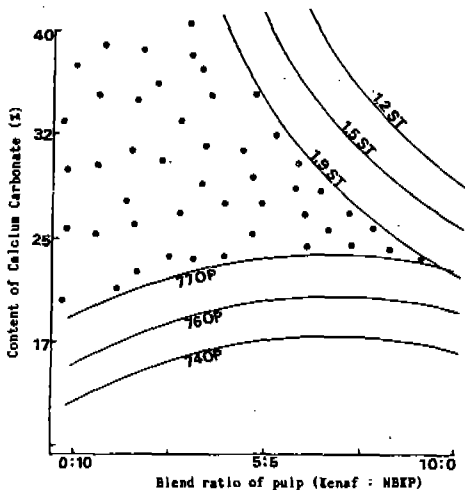


Fig. 14. Response surface contour graph of blended pulp (Kenaf : NBKP) versus calcium carbonate content at the limited factors; stretch (ST) and opacity (OP) and marked area is a region of interesting.

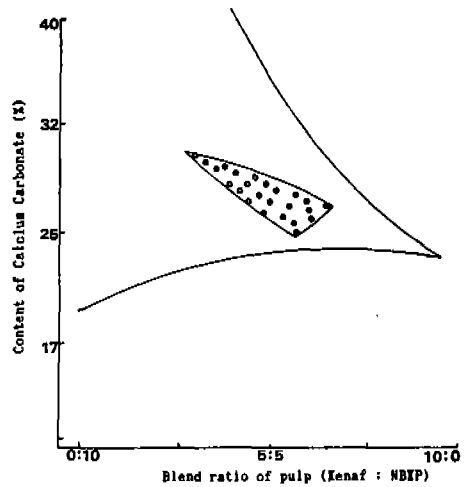


Fig. 15. The satisfied region, marked area which were overlapped fig. 13 and 14 in blended pulp (Kenaf : NBKP).

프배합이 필요하며 기공도 30 CU 수준 제조시는 Kenaf 배합으로도 제조 가능하다고 판단되었다.

이상의 결과는 수초지에 의한 것이므로 외관을 검토할 수 없었고 실제 공장제조시에는 펄프의 고해와 배합을 및 적정 탄산칼슘 함량외에 초지적성이 가장 중요하므로 이의 연구검토가 필요하다.

각 펄프의 배합비  $X_1$ , 탄산칼슘 함량을  $X_2$  일 때 각 물성을 Y로 나타내어 반응표면 분석시 회귀방정식과 분산분석시 결정계수 ( $R^2$ )는 아래와 같다.

1) Flax + NBKP

$$\begin{aligned} \text{불투명도 } Y = & 67.1001 + (.0548 * X_1) + \\ & (7.0623 * X_2) + (.8373 * X_1^2) \\ & + (-1.4628 * X_2^2) + (-.05 * \\ & X_1 * X_2) \end{aligned}$$

$$\text{결정계수 } R^2 = 0.991$$

$$\begin{aligned} \text{기공도 } Y = & 128.89 + (500.702 * X_1) + \\ & (207.921 * X_2) + (456.112 * X_1 \\ & X_1^2) + (55.6128 * X_2^2) + \\ & (195.359 * X_1 * X_2) \end{aligned}$$

$$\text{결정계수 } R^2 = 0.899$$

$$\begin{aligned} \text{인장강도 } Y = & 1.7301 + (-.9399 * X_1) + \\ & (-1.064 * X_2) + (.285 * X_1^2) \\ & + (.32 * X_2^2) + (.4651 * X_1 * \\ & X_2) \end{aligned}$$

$$\text{결정계수 } R^2 = 0.993$$

$$\begin{aligned} \text{백색도 } Y = & 87.2002 + (-.6963 * X_1) + \\ & (1.8388 * X_2) + (-1.1879 * \\ & X_1^2) + (-.7879 * X_2^2) + \\ & (-.6502 * X_1 * X_2) \end{aligned}$$

$$\text{결정계수 } R^2 = 0.933$$

$$\begin{aligned} \text{신장율 } Y = & 1.39 + (-.0325 * X_1) + (-.0463 \\ & * X_2) + (.1163 * X_1^2) + \\ & (-.0687 * X_2^2) + (0 * X_1 * X_2) \end{aligned}$$

$$\text{결정계수 } R^2 = 0.449$$

## 2) Kenaf + NBKP

$$\begin{aligned} \text{불투명도 } Y = & 66.8995 + (-1.0218 * X_1) + \\ & (7.9294 * X_2) + (1.213 * X_1^2) \\ & + (-1.637 * X_2^2) + (.2 * X_1 * \\ & X_2) \end{aligned}$$

$$\text{결정계수 } R^2 = 0.993$$

$$\begin{aligned} \text{기공도 } Y = & 29.9974 + (28.6141 * X_1) + \\ & (41.272 * X_2) + (8.8781 * X_1^2) \\ & + (15.8798 * X_2^2) + \\ & (22.5068 * X_1 * X_2) \end{aligned}$$

$$\text{결정계수 } R^2 = 0.993$$

$$\begin{aligned} \text{인장강도 } Y = & 2.73 + (-.582061 * X_1) + \\ & (-1.48399 * X_2) + (-.245012 * \\ & X_1^2) + (.049987 * X_2^2) + \\ & (.235071 * X_1 * X_2) \end{aligned}$$

$$\text{결정계수 } R^2 = 0.992$$

$$\begin{aligned} \text{신장율 } Y = & 2.8297 + (-.8163 * X_1) + \\ & (-.887 * X_2) + (-.2738 * X_1^2) \\ & + (-.2689 * X_2^2) + (-.8518 * \\ & X_1 * X_2) \end{aligned}$$

$$\text{결정계수 } R^2 = 0.829$$

단일펄프에서와 같이 회귀식의 정도는 신장율에서 떨어지며 기타 물성의 결정계수는 0.9 이상으로 정도가 높았다.

## 결 론

킬런지 제조시 물성에 큰 영향을 주는 주요인자인 Pulp의 고해도, Pulp의 배합비 및 충전제로 사용하는 탄산칼슘의 함량에 관해 반응표면 분석방법을 이용하여 최적화한 결과, Pulp의 고해도는 제조된 킬런지의 물성 즉, 인장강도, 신장율, 백색도, 불투명도 및 기공도를 품질지표로 하여 평가했을 때 Kenaf 72°SR, Flax 68°SR, NBKP는 85°SR가 각각 최적이었으며 이를 근거로한 NBKP와의 적정배합비는 Kenaf의 경우 30~60% 범위이며 Flax는 25~40%로 나타났는데 이때 충전제인 탄산칼슘의 최적함량은 Kenaf : NBKP의 경우 25~30%, Flax : NBKP의 경우 24~31% 범위를 나타냈다.

## 참 고 문 헌

1. Alinec, B. and P. Lepoutre, TAPPI, 64(11):17(1981)
2. Baskevitch, N., World Tobacco, 46 June (1986)
3. Casey, J.P., Pulp and Paper Chemistry and Chemical technology, 3: 1526-1789 (1981)
4. Coresta Standard, No. 3(1975)
5. Grau, D. J., World Tobacco, 77 June (1985)
6. Hill, W. J. and W.G. Hunter, Technometrics, 8(4): 571 (1966)
7. KSM 7012, 7024, 7030, 7026, 7014, 7015, 7036, 7038
8. 김봉태, 조육기, 이범순, TAPPIK, 5(1): 31 (1973)
9. Papeteries de Mauduit, Tobacco International, 29 Nov. (1985)
10. 박성현, 실험계획법, 박영사, 575(1982)

11. 박용환, 한순교, 남기대, TAPPIK, 19(3):  
17 (1987)
12. Scott, W. E., TAPPI, 67(11): 94  
(1984)
13. Smell-Ettre, Encyclopedia of in-  
dustrial chemical analysis, 10: 938  
(1979)
14. 山口徳一, 戸田敬, 吉田泰二, Japan  
TAPPI, 19: 14(1964)
15. Tanaka, H., P. Luner and W. Cote.
16. Waech, T.G., TAPPI, 66(3): 137  
(1983)
17. 原啓志, 大江札三, Japan TAPPI, 30:  
37 (1979)