

## 종이의 투기도가 담배 물성에 미치는 영향

김영호 · 한영림\* · 이문용 · 이영택 · 김정열

(2000년 8월 28일 접수, 2001년 2월 5일 채택)

### The Effect of Paper Permeability on Cigarette Properties

Young-Hoh Kim, Young-Rim Han\*, Moon-Yong Lee, Young-Taek Lee, and Chung-Ryul Kim

(Received August 28, 2000; Accepted February 5, 2001)

#### ABSTRACT

The cigarette ventilation affects not only the amount of tar and nicotine delivery by a cigarette, but also the composition of the smoke. Therefore, it is important to stabilize of variability in cigarette ventilation that would be affected by changes in cigarette components.

This work was conducted to determine the major factors that influence the cigarette ventilation and also to provide fundamental informations for improving the uniformity of cigarette performances. To evaluate the effect of cigarette ventilation as a dependant variable, the three independent factors were the air permeability of plugwrap, tipping paper and the filter pressure drop. We determined the effect of paper permeability on ventilation variability and the optimum condition in combinations of independent factors.

The mean of cigarette ventilation was increased as plugwrap permeability increases, particularly at 26,000 CU. However, it was exhibited that standard deviation and coefficient of variation of the cigarette ventilation were decreased with increasing plugwrap permeability. At the 600 CU and 1,200 CU of tipping paper permeability, process capability index (Cp) of the cigarette ventilation increased as plugwrap permeability increases. Following the optimum condition of cigarette ventilation induced by fitted regression equation, one way to optimize 50% ventilation level is by combination with plugwrap permeability of 16,000 CU, tipping paper permeability of 810 CU, filter pressure drop of 319 mmH<sub>2</sub>O, respectively.

**Keywords:** Permeability, Cogarette ventilation, Tipping paper, Plugwrap

• 한국인삼연초연구원(Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, Taejon 305-345, Korea).

\*충남대학교 대학원 농과대학 임산공학과(Dept. of Forest Product Technology, College of Agriculture, Graduate School, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea).

# 1. 서론

담배 연기의 유해성이 대두됨에 따라 1960년대부터 연기성분 이행량의 감소를 위한 방법들이 연구되었으며 그 이행량 감소기법으로는 저타르형 엽연초의 육종, 팽화를 통한 담배엽의 특수처리, 판상엽의 사용, 필터에 의한 여과 및 첨가제의 활용 등이 있으며 제품을 구성하는 재료를 활용하는 기법으로 아세테이트 토우의 데니아와 다공성(多孔性) 필터권지(porous plugwrap), 천공(穿孔) 팁페이퍼(perforated tipping paper), 켈런지 등의 조합에 의한 방법들이 연구 활용되고 있다.<sup>1)</sup> 특히, 담배 연기성분을 희석시키기 위하여 다공성 필터권지와 천공 팁페이퍼를 조합하여 바람직한 흡인저항을 유지하면서도 연기 이행량을 감소시키는 제조기법이 가장 널리 연구 활용되고 있다. 제품담배의 연기성분 이행량과 제품품질을 결정하는 가장 중요한 인자가 바로 공기희석률(ventilation)이다. 공기희석률에 영향을 미치는 인자로는 켈런무게, 필터흡인저항, 필터권지의 투기도, 팁페이퍼의 투기도, 팁페이퍼의 천공방법·크기 등 많은 요인들이 존재한다. 공기희석률에 영향을 미치는 요인은 어느 하나의 인자에 의하여 전적으로 지배되지는 않으며 여러 가지 인자가 복합적으로 관련되어 있다. 그러므로 이들 인자를 예측하고 조절하는 것은 공기희석률의 변동을 안정화하는 데 중요하다고 할 수 있다.<sup>2)</sup>

따라서, 본 연구에서는 공기희석률에 영향을 미치는 중요한 인자인 필터권지의 투기도, 팁페이퍼의 투기도, 필터흡인저항 등 3인자를 선정하여 실험분석하였으며, 공기희석률에 미치는 종이 투기도의 기여도 분석, 투기도의 최적수준조합, 투기도에 따른 공기희석

률의 변동을 분석하여 담배제품의 타르 이행량 변동에 직접적인 영향을 미치는 공기희석률 변동을 최소화하여 품질을 균일화하기 위해 가장 중요시해야 할 영향 인자와 그 수준을 파악함으로써 담배품질의 균일화 향상을 위한 종이의 투기도 결정에 관한 기초자료를 얻고자 하였다.

# 2. 재료 및 방법

## 2.1 공시재료 및 실험설계

공기희석률 변동은 담배 구성성분의 변동과 담배의 세부적인 조성에 따라 달라지므로 본 연구에서는 공기희석률을 종속변수( $\hat{Y}$ )로 하였으며 팁페이퍼 투기도, 필터권지 투기도, 필터흡인저항 3가지를 독립변수( $X_{1, \dots, n}$ )로 선정하였다. 실험에 사용된 팁페이퍼와 필터권지의 기본물성과 투기도는 Table 1과 같으며 그에 대한 현미경 관찰결과는 Fig. 1과 같다. 또한 참고로 담배 구성성분에 대한 용어를 Fig. 2에 나타내었다. 분석결과의 변동을 최소화하기 위해 담배무게, 길이, 원주는 상수로서 고정시켰으며 필터권지 투기도와 팁페이퍼 투기도의 수준조합에서 필터흡인저항의 모든 수준별 자료를 얻는 것이 불가능하여 필터흡인저항의 일부 수준에 대해서만 구성하였고 실험설계는 Table 2와 같다.

필터부는 원주 24.2 mm의 아세테이트 모노필터(토우, 3.0/37000 denier)에 대하여 투기도가 다른 6수준의 필터권지와 4수준의 팁페이퍼를 Table 2와 같이 조합하여 길이 24 mm, 원주 24.8 mm, 구부로부터

**Table 1. Physical properties of plugwrap and tipping paper**

Physical properties	Plugwrap paper					
Air permeability (CU)	6,500	9,500	12,000	16,000	20,000	26,000
Thickness ( $\mu\text{m}$ )	60	61	62	63	64	65
Basis weight ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	26	25	25	24	24	23
Tensile strength ( $\text{kg}/15 \text{ mm}$ )	3.1	3.0	2.8	2.7	2.4	2.3
Elongation (%)	1.6	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1
Physical properties	Tipping paper (4 line, 18 hole, laser perforation)					
Air permeability (CU)	600	800	1,000	1,200		
Thickness ( $\mu\text{m}$ )	43	46	47	50		
Basis weight ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	35	36	36	38		
Tensile strength ( $\text{kg}/15 \text{ mm}$ )	2.5	2.6	2.5	2.7		
Elongation (%)	1.2	1.3	1.1	1.5		

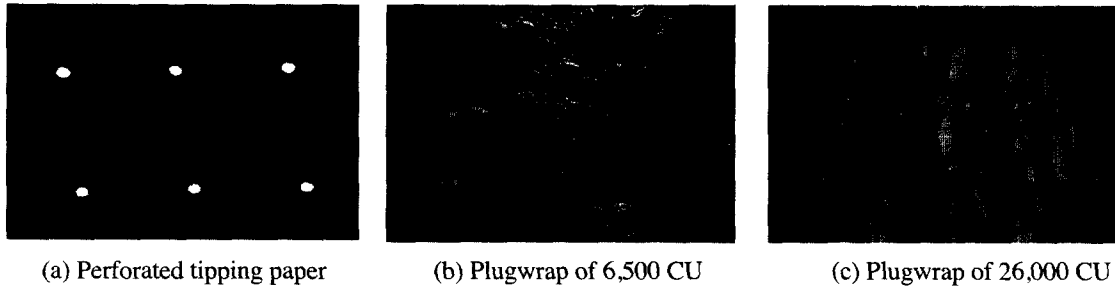


Fig. 1. Micrographs of tipping paper and plugwrap (×100).

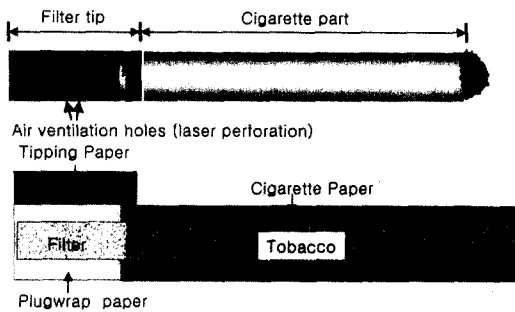


Fig. 2. Diagram of the cigarette's construction.

천공위치 13 mm의 다공성 필터를 제조하였다. 또한 켈런지 투기도 60 CU(cm<sup>3</sup>/min., cm<sup>2</sup> · kPa)를 사용한 켈런부는 길이 60 mm, 원주 24.2 mm, 켈런무게 645 ±10 mg/cigarette, 흡인저항 55±3 mmH<sub>2</sub>O를 선별한 다음 필터를 부착하여 84 mm의 공시담배를 수작업으로 제조하였다.

2.2 실험방법

시험담배는 ISO 3402 표준조건<sup>3)</sup>에 따라 22℃, 60% RH로 조절된 향온습실에서 조화한 후 공기희석률, 필터흡인저항, 투기도를 측정하였다. 공기희석률은 ISO 9512에 따라<sup>4)</sup> 영국 Filtrona사의 QTM5를 이용하여 측정하였으며 측정원리는 일정한 공기흐름

Table 2. Combinations of the experimental design

Plugwrap permeability (CU)	Tipping paper permeability (CU)	Filter pressure drop (mmH <sub>2</sub> O)
6,500	600	300
6,500	800	300
6,500	1,000	300
6,500	1,200	300
9,500	600	300
9,500	800	300
9,500	1,000	300
9,500	1,200	300
12,000	600	350
12,000	800	350
12,000	1,000	350
12,000	1,200	350
16,000	600	315
16,000	800	315
16,000	1,000	315
16,000	1,200	330
20,000	600	300
20,000	800	300
20,000	1,000	300
20,000	1,200	300
26,000	600	325
26,000	800	325
26,000	1,000	325
26,000	1,200	325

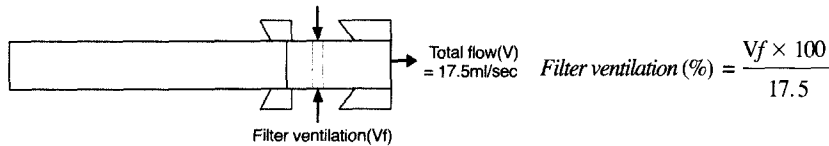


Fig. 3. Principle of the ventilation measurement.

의 17.5 ml/sec하에서 외부로부터 꺾린담배를 통하여 흡입방향으로 유입되는 공기의 양을 측정하며 여기서 측정한 필터부의 공기회석률은 Fig. 2에서와 같이 필터부의 구부쪽과 필터부와 꺾린부의 경계를 sleeve로 잡아 외부로부터 필터부의 천공부위로 공기가 유입되는 양을 측정하여 전체 공기흐름량에 대해 백분율(%)로 표시한 값이다. 필터흡인저항은 ISO 6565 방법<sup>5)</sup>으로 Filtrona사의 QTM6를 이용하여 시험하였으며 공기회석률의 측정조건과 같은 상태에서 필터의 양쪽 끝의 압력차이를 측정하여 mmH<sub>2</sub>O로 표시하였다. 다공성 필터권지와 팁페이퍼 투기도는 ISO 2965에 따라<sup>6)</sup> 독일 Heiner Borgwaldt사의 air permeability tester를 이용하였으며 측정원리는 측정시료 표면과 이면 사이에 일정한 압력차이(1 kPa)를 주었을 때 단위시간(분) 및 단위면적(cm<sup>2</sup>)당 통과하는 공기의 양을 CORESTA unit인 CU(국제표준단위로는 cm<sup>3</sup>/min., cm<sup>2</sup> · kPa)로 표시하였다.

### 2.3 자료분석

공기회석률에 미치는 투기도의 영향과 투기도의 최적수준조합을 찾기 위해 회귀분석과 투기도의 수준에 따른 공기회석률의 분산 동질성을 분석하고자 Levene's Test를 실시하였으며 변동계수(coefficient of variation, CV), 공정능력지수(process capability index, Cp) 등의 통계량을 통해 공기회석

률의 변동을 분석하였다. 회귀모형은 종속변수인 공기회석률과 독립변수인 필터권지 투기도, 팁페이퍼 투기도, 필터흡인저항과의 이차효과(quadratic effect)와 상호작용효과(interaction effect)를 모두 포함하는 모형으로 적합하였으며 적합된 회귀모형을 토대로 각 독립변수의 변화에 의한 공기회석률의 변화 패턴을 분석함으로써 독립변수에 대한 최 수준조합 설정을 하였다. 필터권지 투기도와 팁페이퍼 투기도의 각 수준 조합별 공기회석률의 분산 동질성을 Levene's test를 통해 검정하고, 변동계수와 Cp 값을 통해 공기회석률의 변동이 가장 작은 수준 조합을 찾아내었다. 공정능력지수는 각 투기도의 수준조합별 평균 공기회석률 값을 중심으로 평균값의 10%를 규격의 상하한선(USL, LSL)으로 설정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 공기회석률에 미치는 투기도의 영향 분석

종속변수인 공기회석률에 대해 필터권지 투기도, 팁페이퍼 투기도, 필터흡인저항의 관계를 Fig. 4에서와 같이 각 변수간 산점도를 그려 본 결과, 공기회석률은 필터권지 투기도가 증가함에 따라 비선형적(nonlinear)으로 증가하는 경향을 보이며 팁페이퍼 투기도가 증가함에 따라서는 선형적으로 조금씩 증가하는 경향

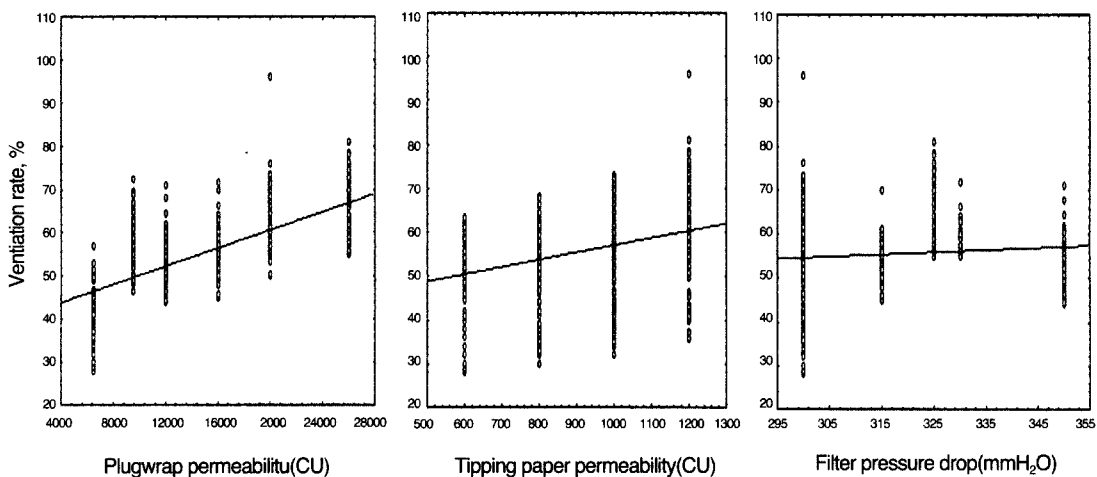
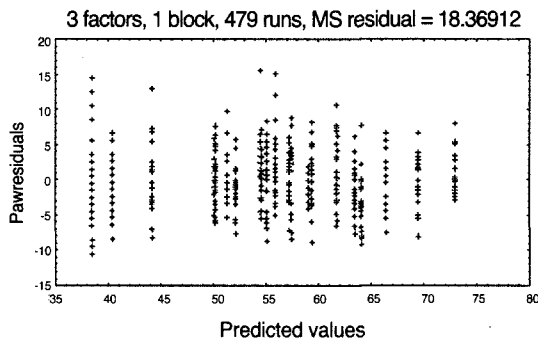


Fig. 4. Scatter plot of permeability of plugwrap, tipping paper and filter pressure drop for cigarette ventilation rate.

**Table 3. ANOVA table for significance test of regression model**

Experiment design	3 factor, 1 blocks, 479 runs ; MS residual = 18.36912 (A : Plugwrap permeability, B : Tipping paper permeability, C : Filter pressure drop)				
Factor	SS	df	MS	F	p
(1) A (L)	11791.88	1	11791.88	641.9403	0.000000
A (Q)	7374.44	1	7374.44	401.4586	0.000000
(2) B (L)	4898.69	1	4898.69	266.6805	.490335
B (Q)	422.90	1	422.90	23.0226	.000002
(3) C (L)	3675.71	1	3675.71	200.1026	0.000000
C (Q)	6622.71	1	6622.71	360.5351	0.000000
1 L by 2 L	651.40	1	651.40	35.4619	.000000
1 L by 3 L	6251.83	1	6251.83	340.3445	0.000000
2 L by 3 L	61.72	1	61.72	3.3602	.67423
Error	8615.12	469	18.37		
Total SS	46808.18	478			

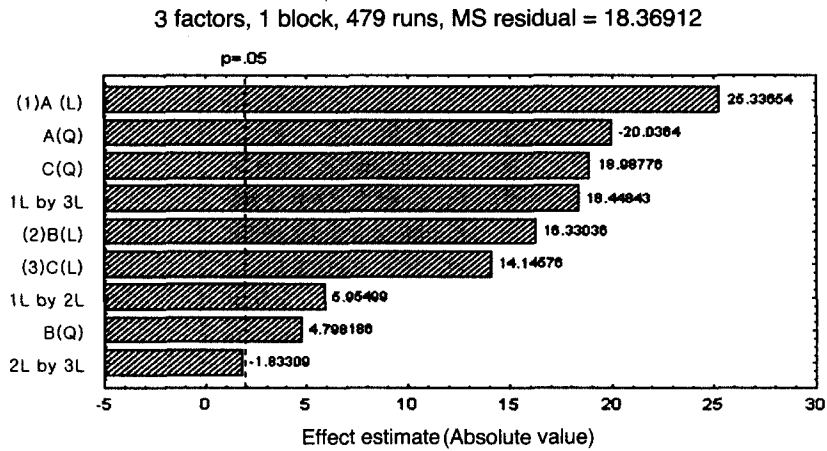
**Fig. 5. ANOVA for significance test of scatter plot for residual.**

을 보인다. 또한, 필터흡인저항에 따른 공기희석률은 2차 곡선의 형태를 나타내고 있다.

주어진 인자간의 모형식을 적합하기 위해 회귀분석을 실시한 결과, 회귀모형은 일차회귀모형, 이차회귀모형, 일차효과와 상호작용효과를 포함한 모형, 이차효과와 상호작용효과를 포함한 모형 중 가장 적합도가 높은 이차효과와 상호작용효과를 포함한 모형으로 설정하였다. Table 3에서와 같이 회귀모형의 적합성 검증에 위한 분산분석표를 살펴보면, P-value가 0에 거의 근접한 값으로 유의수준 5%에서 유의하였다. 즉,

**Table 4. Regression coefficient of goodness of fit for cigarette ventilation rate**

Experiment design	3 factor, 1 blocks, 479 runs ; MS residual = 18.36912 (A : Plugwrap permeability, B : Tipping paper permeability, C : Filter pressure drop)					
Factor	Regression coefficient	Standard error	t(469)	P	-95% Cnf. Limt.	+95% Cnf. Limt.
Mean/Interc.	5798.527	301.8059	19.2128	0.000000	5205.468	6391.586
(1) A (L)	-.052	.0030	-17.7550	0.000000	-.058	-.047
A (Q)	-.000	.0000	-20.0364	0.000000	-.000	-.000
(2) B (L)	<b>-.012</b>	<b>.0171</b>	<b>-.6903</b>	<b>.490335</b>	<b>-.045</b>	.022
B (Q)	.000	.0000	4.7982	.000002	.000	.000
(3) C (L)	-33.586	1.7636	-19.0443	0.000000	-37.052	-30.121
C (Q)	.047	.0025	18.9878	0.000000	.043	.052
1 L by 2 L	.000	.0000	5.9550	.000000	.000	.000
1 L by 3 L	.000	.0000	18.4484	0.000000	.000	.000
2 L by 3 L	<b>-.000</b>	<b>.0000</b>	<b>-1.8331</b>	<b>.67423</b>	<b>-.000</b>	<b>.000</b>



\*A: Plugwrap permeability, B: Tipping paper permeability, C: Filter pressure drop

Fig. 6. Pareto chart of standardized effects for cigarette ventilation rate.

세 가지의 독립변수가 공기회석률에 모두 유의한 영향을 주었으며 결정계수(adjusted R-square)가 0.81로 모형의 적합성이 비교적 높았다. 이 모형에 대한 예측값간의 잔차도는 Fig. 5와 같으며 0을 기준으로 무작위 분포특성을 나타내고 일정한 패턴을 보이지 않으므로 적합한 회귀모형은 타당함을 알 수 있다.

공기회석률에 미치는 각 인자효과에 대한 분산분석 결과는 필터권지 투기도와 필터흡인저항이 공기회석률에 가장 큰 영향을 주었으며, 팁페이퍼 투기도와 필터흡인저항과의 상호작용은 유의하지 않은 것으로 나타

났으며 Fig. 6에서와 같이 각 인자에 대해 표준화된 파레토 분석을 실시하였다. 분석결과는 품질손상의 분포를 의미하는 범주에 따라 히스토그램으로 설명하였고 그 범주는 중요성에 따라 내림차순으로 정리하였다.<sup>7)</sup> 여기에서 알 수 있듯이 필터권지 투기도와 필터흡인저항이 가장 큰 영향을 주며 필터권지 투기도와 필터흡인저항의 일차상호작용이 공기회석률에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

적합된 이차효과와 상호작용효과를 포함한 회귀모형식을 Table 4에서 보여 주고 있다. Fig. 4의 산점도

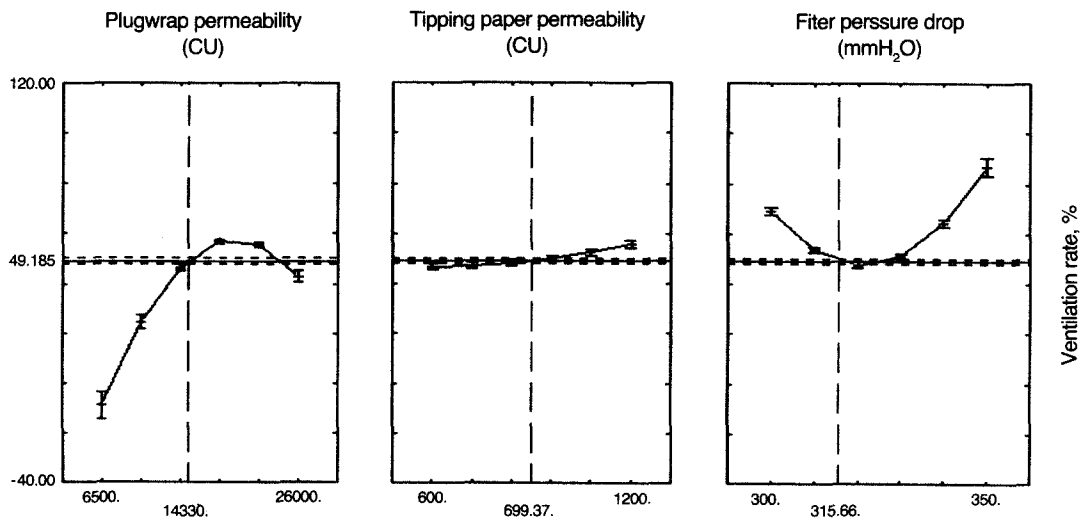


Fig. 7. Comparison of pattern distribution by independent variables on cigarette ventilation rate.

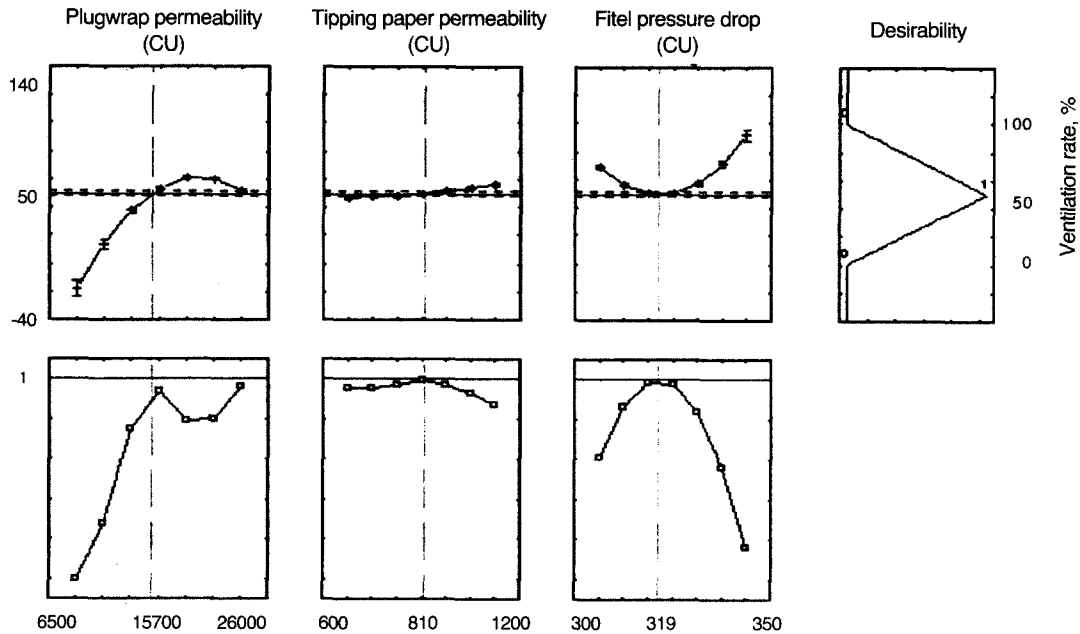


Fig. 8. Predicted value optimizing pattern distribution by independent variables for 50% cigarette ventilation rate.

결과에 따르면 필터권지 투기도가 증가함에 따라 공기 희석률이 증가하는 경향을 보여 주었으나 적합된 일차 회귀계수와 이차회귀계수는 음수로서 역의 경향을 가지는 값을 갖는 것으로 적합되었다. 한편 필터권지 투기도와 팁페이퍼 투기도, 필터권지 투기도와 필터흡인 저항의 상호작용계수는 양의 계수로써 전체 모형에서는 필터권지 투기도가 증가할수록 공기희석률은 증가할 것으로 예측되었다.<sup>8)</sup>

적합된 회귀모형식을 토대로 독립변수들의 변동에 따른 공기희석률의 변화 패턴을 분석한 결과(Fig. 7)에 의하면, 필터권지 투기도의 변화에 따른 공기희석률의 변동률은 크며 필터권지 투기도가 증가함에 따라 공기희석률도 증가하는 경향을 보이다 다시 감소하는 2차식의 경향을 보이는데 이는 필터의 원주가 고정되어 있는 반면 필터권지의 두께가 기공도가 높아짐에 따라서 0.060 mm에서 0.065 mm로 두꺼워짐으로 인해 필터 내부의 밀도가 높아져서 나타나는 현상이다.

팁페이퍼 투기도에 대한 공기희석률의 변동폭은 작으나 팁페이퍼 투기도가 클수록 공기희석률이 증가하는 패턴을 보이며 필터의 흡인저항은 값이 커질수록 공기희석률은 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보인

다. 이 또한 일반적으로 필터흡인저항이 커질수록 공기희석률이 높아지지만 필터권지와와의 복합적인 관계로 인해 2차식으로 적합된 이유라고 생각된다.

### 3.2 투기도의 최적수준조합

앞에서 적합된 1, 2차 함수식을 기초로 원하는 공기 희석률을 얻기 위해 각 독립변수들의 수준들에 대한 최적조합을 시도한 결과는 Fig. 8과 같으며 이때 반응 표면분석(response surface analysis)기법을 적용하여 최적화하였다. 그 결과 공기희석률이 50%가 되기 위해서는 필터권지 투기도 15,700 CU, 팁페이퍼 투기도 810 CU, 필터흡인저항 319 mmH<sub>2</sub>O를 만족해야 함을 알 수 있었다.

### 3.3 투기도에 따른 공기희석률의 변동분석

각 필터권지의 투기도에 대한 공기희석률의 평균과 표준편차를 구하고 Box & Whisker plot을 이용하여 자료분포의 특성을 분석한 결과는 Fig. 9와 같으며 필

**Table 5. Levene's test for the cigarette ventilation rate by the plugwrap permeability**

General ANOVA	(ANOVA on absolute within-cell deviation scores) Degrees of freedom for all F's : 5, 474			
Ventilation	MS effect	MS error	F	p-level
	39.79580	12.68456	3.137341	.008492

**Table 6. Levene's test for cigarette ventilation rate by the permeability of plugwrap and tipping paper**

Visual GLM	Effect : Plugwrap permeability * Tipping paper permeability Degrees of freedom for all F's : 23, 456			
Ventilation	MS effect	MS error	F	p
	18.7	7.10	2.64	.00

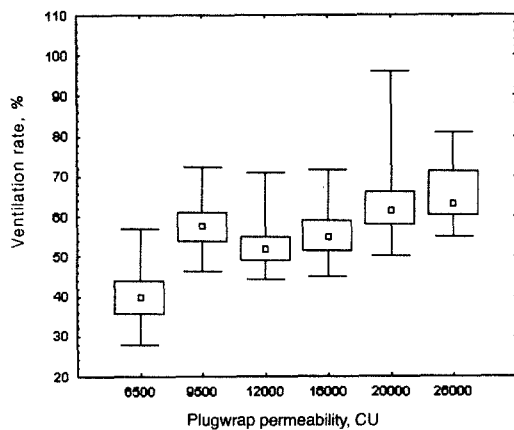
터권지 투기도가 클수록 공기희석률은 증가하며 6,500 CU인 경우보다 26,000 CU인 경우에 평균 공기희석률이 25% 정도 더 증가하였으며, 필터권지 투기도가 9,500~16,000 CU인 범위의 경우는 평균 공기희석률이 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다.

Table 5는 각 필터권지 투기도에 대한 공기희석률의 분산동질성 분석(Levene's test) 결과로 필터권지 투기도 수준에 따라 공기희석률의 분산은 동일하지 않았으며, 필터권지 투기도별 공기희석률의 평균과 표준편차에 대한 산점도 분석결과(Fig. 10)는 평균이 커질수록 분산도 같이 증가하는 경향을 보여 주고 있다. 그러나 투기도가 6,500 CU의 경우에는 평균 공기희석

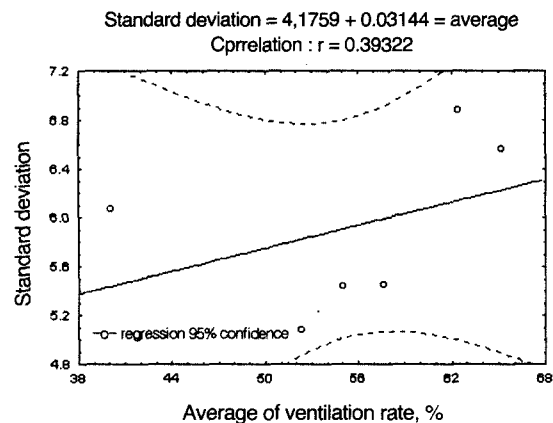
률이 낮은 값을 가지며 표준편차는 높은 값을 나타내어 변동폭이 큼을 알 수 있었다.

팁페이퍼의 투기도 역시 공기희석률에 영향을 미치는 주요 인자로 필터권지 투기도와 팁페이퍼 투기도의 수준조합별 공기희석률의 분산동질성에 대하여 분석(Levene's test)하였다(Fig. 11). 그 결과 각 수준조합에 따라 공기희석률의 분산이 동일하지 않은 것으로 나타났다. 선그림에서 팁페이퍼 투기도가 커질수록 평균 공기희석률이 선형적으로 증가하는 경향이 뚜렷하며 필터권지 투기도가 6,500 CU보다 26,000 CU인 경우에 공기희석률 값이 25% 정도 차이가 발생하였다.

이상의 결과를 종합할 때, 필터권지 투기도와 팁페



**Fig. 9. Box & Whisker plot of the cigarette ventilation rate by the plugwrap permeability.**



**Fig. 10. Scatter plot for the average of cigarette ventilation rate by the plugwrap permeability.**



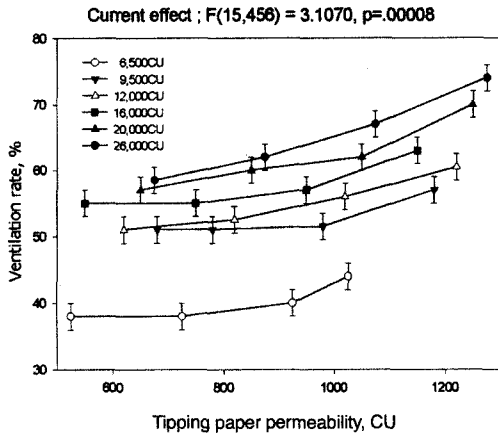


Fig. 11. Line plot for cigarette ventilation rate by the permeability of plugwrap and tipping paper.

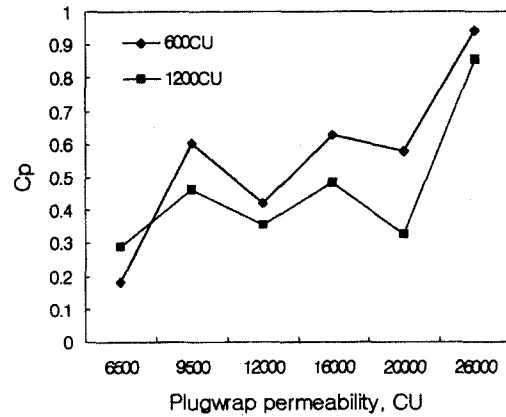


Fig. 12. Line plot of process capability index (Cp) by the permeability of plugwrap and tipping paper (600 CU, 1,200 CU).

이퍼 투기도가 증가할수록 공기회석률은 증가함을 알 수 있으며, 분산도 증가하므로 필터권지 투기도와 팁 페이퍼 투기도별 공기회석률의 변동비교를 위해 평균, 표준편차와 변동계수를 Table 7과 같이 정리하였다. 여기서 변동계수는 (표준편차/평균)\*100으로 표준화 시킨 값으로서 각 수준별 변동을 비교할 수 있도록 하였다. 필터권지 투기도가 6,500 CU인 경우에는 팁 페이퍼 투기도별 평균 공기회석률이 45% 이하이며, 표준편차는 4 이상의 큰 값을 갖는다. 반면 26,000 CU 인 경우는 평균 공기회석률이 58% 이상의 값을 가지며 표준편차는 모두 4 이하의 값을 갖는다. 즉, 필터권

지 투기도가 26,000 CU의 경우 변동계수가 6 이하의 값으로 변동의 폭이 가장 작음을 알 수 있다. 이는 균 일한 공기회석률을 요구하는 담배 설계시 가능한 필터 권지 투기도를 최대한 높이고 팁페이퍼의 투기도를 이 용하여, 담배의 공기회석률을 조정해야 제품담배의 연 기 이행량 및 제품의 일반 물성에 대한 편차를 축소할 수 있다는 이론<sup>9)</sup>과 유사하였다.

한편, 공정능력을 평가하는 척도로서 공정능력지수 (Cp, Cpk)를 분석한 결과는 Fig. 12와 같다. 이때 중 심은 표본평균으로 설정하였으며 허용오차는 표본평 균의 10%로 설정하였다. 팁페이퍼 투기도가 600 CU

Table 7. Basic statistics of the cigarette ventilation rate by the permeability plugwrap and tipping paper

Plugwrap permeability (CU)	Tipping paper permeability (CU)	Ventilation average (%)	Ventilation standard deviation	Ventilation coefficient of variation
6,500	600	38.01	6.978	18.361
6,500	800	38.15	5.941	15.572
6,500	1,000	39.75	4.051	10.190
6,500	1,200	44.25	5.130	11.594
16,000	600	50.30	2.677	5.323
16,000	800	52.20	3.488	6.683
16,000	1,000	56.65	4.332	7.647
16,000	1,200	60.62	4.178	6.892
26,000	600	58.40	2.062	3.531
26,000	800	61.85	2.681	4.334
26,000	1,000	66.70	3.988	5.979
26,000	1,200	73.97	2.877	3.890

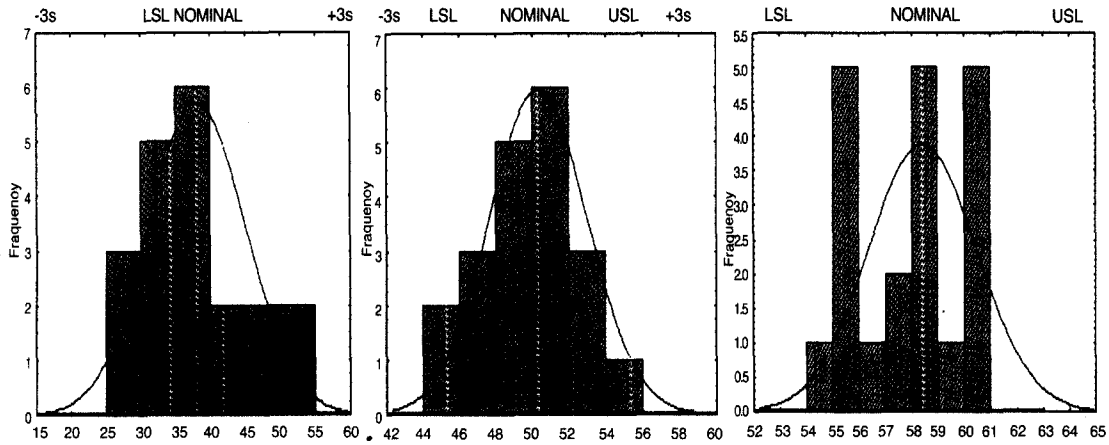


Fig. 13. Histogram of process capability index for cigarette ventilation rate by the plugwrap permeability (6,500 CU, 16,000 CU, 26,000 CU) in tipping paper permeability of 600 CU.

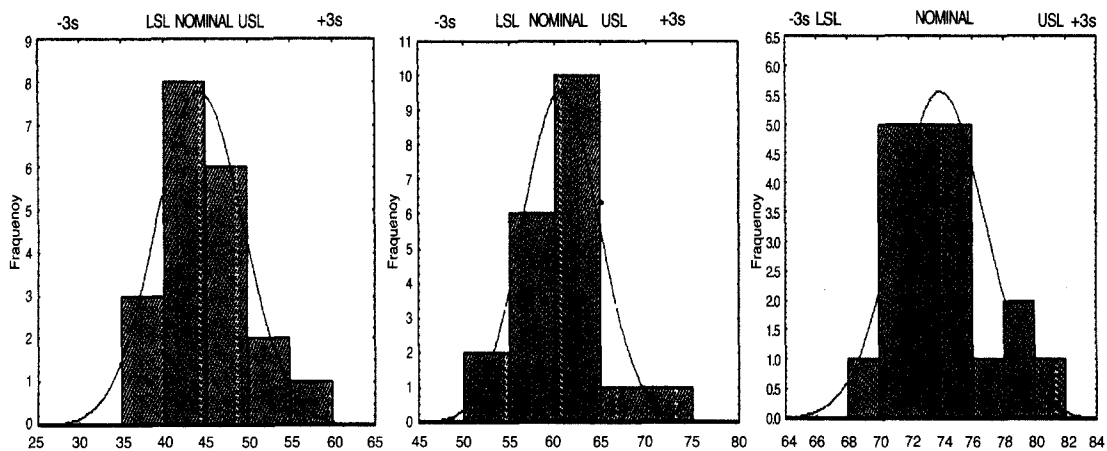


Fig. 14. Histogram of process capability index for cigarette ventilation rate by the plugwrap permeability (6,500 CU, 16,000 CU, 26,000 CU) in tipping paper permeability of 1,200 CU.

인 경우 필터권지 투기도에 따른 공정능력지수를 살펴 보면, 공정능력지수가 모두 1.00 이하로 공정능력은 좋지 못하였으나 필터권지 투기도가 6,500 CU( $C_p=0.1815$ )보다 26,000 CU( $C_p=0.9440$ )인 경우에  $C_p$  값이 훨씬 큰 값을 가져 필터권지 투기도가 클수록 규격에 맞는 제품 생산능력이 더 안정해짐을 알 수 있었다. 팁페이퍼 투기도에 따른 공정능력지수는 필터권지 투기도가 6,500 CU인 경우를 제외하고는 필터권지 투기도의 크기와 상관없이 600 CU인 경우가 1,200

CU인 경우보다 다소 큰 경향을 보였다.

필터권지 투기도와 팁페이퍼 투기도별 공기희석률의 변동을 히스토그램을 이용하여 분석한 결과를 Fig. 13과 Fig. 14에 나타내었다. 팁페이퍼 투기도가 각각 600 CU, 1,200 CU일 때 필터권지 투기도별 공기희석률에 대한 공정능력지수를 보여 주고 있는데, 필터권지 투기도가 26,000 CU인 경우에는 대부분의 분석치가 규격한계선 내에 존재하나 6,500 CU인 경우에는 규격한계를 벗어난 이상점 데이터가 많음을 확인할

수 있으며, 이는 틱페이퍼 투기도가 600 CU이면서 필터권지 투기도가 커질수록 균일한 제품생산이 가능할 것이라고 판단되었다.

#### 4. 결론

본 연구는 담배의 공기희석률에 영향을 미치는 중요한 종이재료 인자로써 필터권지의 투기도, 틱페이퍼의 투기도, 필터부의 흡인저항 등 3가지 인자를 독립변수로 선정하여 담배의 공기희석률에 미치는 종이재료의 투기도의 영향도 분석, 투기도의 최적수준조합, 투기도에 따른 공기희석률의 변동을 분석하여 제품의 공기희석률 변동을 최소화하고 품질을 균일화하기 위해 가장 중요시해야 할 영향인자와 수준을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

필터권지 투기도와 틱페이퍼 투기도의 각 수준조합별 공기희석률의 평균과 표준편차, 변동계수를 분석할 때, 필터권지 투기도가 증가할수록 공기희석률의 평균은 증가하며 표준편차와 변동계수는 감소하는 경향을 나타내며 틱페이퍼 투기도가 증가할수록 평균 공기희석률은 증가하나 표준편차나 변동계수의 변동은 뚜렷한 경향을 보이지 않았다.

틱페이퍼 투기도가 600 CU, 1,200 CU인 경우에 필터권지 투기도에 따른 공기희석률의 공정능력지수는 필터권지 투기도가 클수록 Cp 값이 증가하는 경향을 나타내었다.

적합된 회귀 함수식으로부터 유도된 공기희석률의 최적화 결과, 공기희석률이 50%일 경우 필터권지 투기도가 16,000 CU, 틱페이퍼 투기도가 810 CU, 필터흡인저항이 319 mmH<sub>2</sub>O로 조합되어야 하는 것으로 분석되었다.

#### 인용 문헌

1. 한국연초학회, 담배 제조용 재료품, 담배과학 총설, 제일문화사, 511 (1987).
2. 김영호, 이영택, 김성한, 김윤동, 임광수, 김용태, 반응표면 실험 계획법에 의한 Mono-Acetate 필터담배 설계의 물리성 예측, 한국연초학회지, 16(1):3 (1994).
3. ISO 3402, Tobacco and tobacco products- Atmosphere for conditioning and testing, 1991(E).
4. ISO 9512, Cigarettes - Determination of ventilation, 1993(E).
5. ISO 6565, Tobacco and tobacco products-Draw resistance of cigarettes and filter rods, 1999(E).
6. ISO 2965, Materials used as cigarette papers, filter plugwarp and filter joining paper, including materials having an oriented permeable zone Determination of air permeability, 1997(E).
7. Gregory T. Rasmussen, Pressure drop and filter ventilation variability in cigarettes by monte carlo analysis, Eastman chemical company, Kingsport (1996).
8. 김영호, 이문용, 이규서, 이동욱, Practical modeling of cigarette ventilation rate, 한국연초학회지, 21(2):109 (1999).
9. Baskevitch, Dilution of cigarettes at the filter level, Papetries De Mauduit, Kimberly-Clark Corp. (1978).