

팁페이퍼 및 필터권지 기공도 조합이 제품담배 공기회석율에 미치는 영향

김정열 · 김종열 · 신창호
한국인삼연초연구원 화학부
(2001년 6월 10일 접수)

Effects of Tipping Paper and Plug Wrap on Cigarette Filter Ventilation

Chung Ryul Kim*, Jong Yeol Kim and Chang Ho Shin
Korea Ginseng and Tobacco Research Institute
(Received June 10, 2001)

ABSTRACT : The variability of a ventilated filter cigarette depends on the details of its construction and on the properties of its components and the variations in filter ventilation is effected by many factors such as tobacco column pressure drop, filter pressure drop, tipping paper and plug wrap permeability, and vent position. In this study, the effects of combination of tipping paper and plug wrap on filter ventilation of cigarettes were studied for the target ventilation level under the specific tobacco column and filter tip in order to reduce the variation of filter ventilation. When Nicolas Baskevitch's equation on filter ventilation was used to try out Monte Carlo Simulation, at the combination where tipping paper permeability is high and plug wrap permeability is low, even the small change in tipping paper and plug wrap permeability showed high variation of target ventilation level. Also, according to the analysis data of filter ventilation in cigarettes designed at the level of 45% filter ventilation by the combinations with tipping paper and plug wrap, the variation in cigarette filter ventilation was increased as increasing tipping paper permeability and decreasing plug wrap permeability. As the result of this study, the variation of filter ventilation can be reduced by increasing plug wrap permeability/tipping paper permeability ratio in the cigarette design, considering 2-3% of tipping paper permeability variation(%CV) and about 10% of plugwrap permeability variation.

Key words : ventilation, variation, tipping paper, plug wrap, permeability

서 론

담배 연기성분 이행량 감소를 위하여 담배산업
에서는 지난 30여년 동안 제품담배 설계시 공기로

담배연기를 회석시키는 방법을 사용해 왔다. 제
품담배 공기회석율은 제품담배의 구조와 설계 재
료품의 특성에 의존하며(Keith, 1979; Rasmussen,
1996, 1997) 공기회석율 변동은 각초부와 필터의

*연락처 : 305-345 대전광역시 유성구 신성동 302 번지, 한국인삼연초연구원

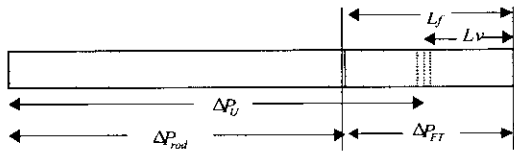
*Corresponding author : Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, 302 Shinseong -Dong, Yusong-Ku,
Taejon 305-345, Korea

흡인저항, 팁페이퍼와 필터권지의 기공도, 천공 위치, 천공 크기 등을 포함한 많은 요인에 의해서 영향을 받는다(Dwyer et al., 1987; Rasmussen, 1996, 1997; Selke, 1978). 제품담배 공기회석율은 흡연시 타르, 니코틴 등 연기 성분 이행량에 직접적인 영향(Voges, 1998)을 미치므로 제품 담배 품질 균일성 유지를 위해서는 공기회석율의 변동율을 최소화하여야만 한다. 그러나 모든 생산공정에는 관리가 어려운 많은 요인들이 존재하고 이들 요인들에 의해 품질의 변동은 존재할 수 밖에 없다(배도선 등, 1999).

제품담배가 목표 공기회석율을 갖게 하기 위하여는 여러 종류의 팁페이퍼 및 필터권지 조합에 의해서 얻을 수 있다. 본 연구에서는 일정한 각초부 및 필터부 흡인저항하에서 목표로 하는 공기회석율을 얻기 위하여 팁페이퍼 및 필터권지 기공도 조합들이 제품담배의 공기회석율 및 변동율에 미치는 영향을 연구하였다.

재료 및 방법

일정한 각초부 및 필터부 흡인저항하에서 팁페이퍼 기공도 및 필터권지 기공도에 따른 공기회석율 예측은 Baskevitch(1995)의 공기회석율에 대한 다음의 모델을 이용하였다.



$$V = \frac{[\Delta P_{Cig} - \Delta P_{FT} \times \frac{L_v}{L_f}]}{K \left(\frac{1}{\alpha_{TP}} + \frac{5}{\alpha_{PWP}} \right) + [\Delta P_{Cig} - \Delta P_{FT} \times \frac{L_v}{L_f}]} \quad (1)$$

ΔP_{Cig} = Pressure drop of cigarette with encapsulated filter

ΔP_{FT} = Pressure drop of encapsulated filter

L_f = Filter length

L_v = Length of vent position from mouth end

α_{TP} = Tip paper permeability

α_{PWP} = Plug wrap permeability

또한 팁페이퍼 및 필터권지 기공도 조합이 제품담배 공기회석율 및 변동율에 미치는 영향을 분석하였다. 일반적으로 제품담배 공기회석율이 45%가 되도록 팁페이퍼 및 필터권지 기공도를 설계하는데는 여러 가지 방법이 있을 수 있다. 그러나 본 연구에서는 레이어 4열 18홀로 천공방법 및 흡수를 제한한 기공도 540CU에서 1,240CU의 팁페이퍼를 사용하였으며, 필터권지는 3,900CU로부터 23,400CU의 기공도를 조합시켜 제품담배 공기회석율이 45%가 되도록 설계하였다. 그 외의 공기회석율에 영향을 미치는 인자인 각초부 흡인저항, 필터 흡인저항, 천공 위치 등은 동일 조건으로 하였다. 조합에 따른 팁페이퍼 및 필터권지는 제조업체의 협조하에 제조되었으며, 각각의 필터권지를 이용하여 아세테이트 모노 필터폴러를 만든 후 설계에 따라 각각의 팁페이퍼를 적용하여 제품담배를 제조하였다.

Table 1. The combinations of tipping and plug wrap papers to achieve 45% cigarette ventilation

Plug wrap permeability (CU)	Tipping paper permeability (CU)	Expected ventilation (%)
4,000	1,300	45.3
6,500	800	45.2
10,000	650	45.4
13,000	600	45.1
23,000	500	45.3

* Filter pressure drop: 83mmH₂O;

Tobacco column pressure drop : 50mmH₂O

결과 및 고찰

팁페이퍼 및 필터권지 기공도에 따른 목표 공기회석율 변화 예측

팁페이퍼 및 필터권지 기공도에 따라 제품담배 공기회석율이 어떻게 변하는지 조사하였다. 제품담배의 필터 흡인저항은 83mmH₂O, 각초부 흡인저항은 50mmH₂O으로 일정하게 하고 팁페이퍼 및

필터권지 기공도에 따른 공기회석율 변화를 Baskevitch(1995)의 공기회석율에 대한 모델식을 이용하여 예측하였고 그 결과를 그림 1에 나타냈다.

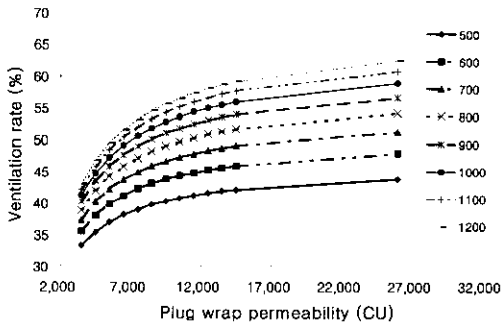


Fig. 1. The effect of tipping paper and plug wrap permeability on the tip ventilation rate calculated with Baskevitch's equation

팁페이퍼 기공도를 500CU로 고정시키고 필터권지 기공도를 3,000CU에서 26,000CU로 변화시킬 경우 그림 1에서 보는 바와 같이 필터권지 기공도를 증가시키에 따라 공기회석율은 33%에서 44%로 증가하나 15,000CU 이상의 기공도 영역에서는 공기회석율 증가가 둔화됨을 나타냈다. 한편 동일 필터권지 기공도를 사용하고 팁페이퍼 기공도를 500CU에서 1,200CU로 변화시킬 경우도 팁페이퍼 기공도 증가에 따라서 공기회석율도 증가하였다. 필터권지 기공도 변화에 따른 공기회석율 변화 즉, $\Delta V/\Delta PWP$, 는 팁페이퍼 기공도가 증가할수록 크게 나타났다. 이러한 결과는 목표 공기회석율을 얻기 위한 제품담배 설계에서 높은 기공도의 팁페이퍼를 사용할 경우에 목표 필터권지 기공도가 조금만 벗어나더라도 제품담배 공기회석율이 큰 폭으로 변화함을 의미한다.

목표 공기회석율을 얻기 위한 팁페이퍼 및 필터권지 조합

제품담배 목표 공기회석율을 35%, 40%, 45%, 50%가 되도록 하기 위한 팁페이퍼 및 필터권지 기공도 조합은 여러 방법이 있을 수 있다. 위에서

와 같이 제품담배의 필터 흡인저항은 83mmH₂O, 각초부 흡인저항은 50mmH₂O으로 일정하게 하고 Baskevitch의 공기회석율에 대한 모델식을 이용하여 공기회석율 35%, 40%, 45%, 50%를 얻기 위한 팁페이퍼 및 필터권지 기공도 조합 곡선을 그림 2에 나타냈다.

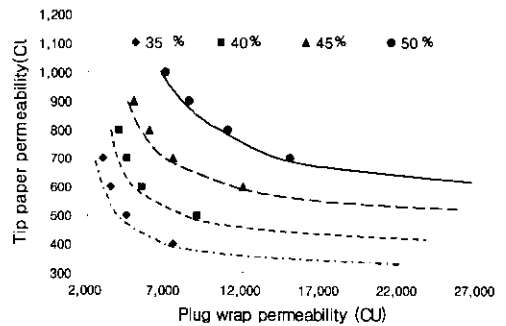


Fig. 2. The relationship between tipping paper permeability and plug wrap permeability at the specific ventilation rate

우선 공기회석율 35% 조합 곡선을 살펴보자. 팁페이퍼 기공도를 낮게 설계하면 필터권지 기공도가 일정 수준 이상으로 증가하더라도 설계 곡선이 일직선으로 나타나고 있으며, 필터권지 기공도가 낮은 영역에서는 설계 곡선의 기울기가 급격히 변하고 있다. 이 의미는 일정 공기회석율을 얻기 위한 팁페이퍼 및 필터권지 기공도 설계에서 필터권지 기공도와 팁페이퍼 기공도 비가 클수록 제품담배 공기회석율 변화가 작음을 나타낸다.

팁페이퍼 및 필터권지 기공도 조합에 따른 공기회석율 변동

팁페이퍼 및 필터권지 기공도 조합이 제품담배 공기회석율의 변동율에 미치는 영향을 연구하였다. 조합에 따른 팁페이퍼와 필터권지의 물성, 제품담배 공기회석율 및 변동율 분석값은 표 2에 제시하였다.

표 2에서 팁페이퍼 기공도 1,240CU와 필터권지 기공도 3,900CU 조합의 경우 이론적 공기회석율이 44.4%로 예측되었으나 실측값은 42.1%로 예측값

Table 2. The effect of tipping paper permeability and plug wrap permeability on the variation of tip ventilation

Tipping paper permeability(CU)		Plug wrap permeability(CU)		Ventilation rate (%)			
				Theoretical		Experimental	
Mean	%CV	Mean	%CV	Mean	%CV	Mean	%CV
1,240	2.7	3,900	7.4	44.4	3.9	42.1	11.8
780	3.8	6,200	6.5	44.4	3.7	41.0	8.0
630	3.7	10,300	7.3	44.7	3.5	41.0	7.1
610	4.3	13,200	5.6	45.0	4.0	43.1	4.8
540	5.1	23,400	7.0	44.7	3.9	43.6	4.5

* Filter pressure drop : 83 mmH₂O, Tobacco column pressure : 48 mmH₂O

으로 부터 2.3%의 벗어남을 알 수 있다. 그러나 팁페이퍼 기공도 540CU와 필터권지 기공도 23,400CU 조합의 경우는 이론적 공기회석율이 44.7%였으며, 실측값은 43.6%로 예측값으로 부터의 벗어남이 1.1%로 분석되었다. 전체적 경향을 보면 팁페이퍼 기공도는 낮게 그리고 필터권지 기공도는 높게 조합할수록 목표 공기회석율의 벗어남이 적게 나타나고 있다. 그림 3은 팁페이퍼와 필터권지 조합에 따른 공기회석율 변동을 나타냈다.

그림 3을 보면 팁페이퍼와 필터권지 조합에 따른 공기회석율 변동도 목표 공기회석율과 같이 팁페이퍼 기공도 1,240CU와 필터권지 기공도 3,900CU 조합의 경우 이론적 공기회석율 변동은 4.7%이나 실측 공기회석율 변동은 11.8%로 나타나고 있으며, 팁페이퍼 기공도 540CU와 필터권지 기공도 23,400CU 조합의 경우는 이론적 공기회석율 변동이 3.6%였으나 실측 값은 4.5%로 팁페이퍼 기공도는 낮게, 그리고 필터권지 기공도는 높게 조합할 수록 공기회석율 변동이 감소하는 경향을 보여주고 있다.

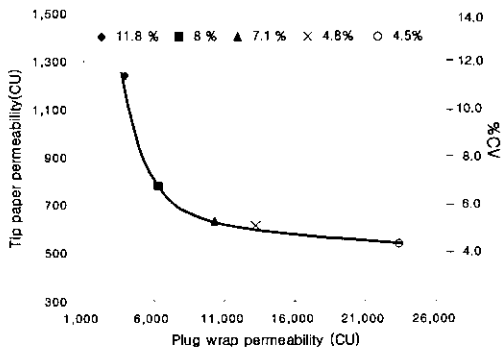


Fig. 3. The effect on the coefficient of variance (%CV) of the tip ventilation rate with the combination between various tipping papers and plug wraps

결 론

제품담배 공기회석율 설계를 위한 팁페이퍼 및 필터권지 기공도 조합에는 여러 가지의 조합 방법이 있을 수 있다. 팁페이퍼 및 필터권지 기공도 조합에 따른 공기회석율은 Baskevitch의 공기회석율에 대한 모델식을 이용하여 예측하였고, 공기회석율 변동은 Monte Carlo Simulation에 의해서 분석한 결과 팁페이퍼의 기공도가 높고 필터권지 기공도가 낮은 조합에서는 비록 팁페이퍼 및 필터권지 기공도 변화가 적더라도 목표 공기회석율이 크게 벗어나는 것으로 분석되었다. 또한 제품담배 공기회석율이 45%가 되도록 팁페이퍼 및 필터권

지 기공도를 설계한 후 제품담배를 제조하여 각각의 조합에 따른 공기회석율을 분석한 결과 시뮬레이션에서와 같이 톱페이퍼의 기공도가 높고 필터권지 기공도가 낮을 수록 제품담배의 목표 공기회석율에서의 벗어나는 정도 및 변동폭이 크게 분석되었다. 이 연구 결과는 톱페이퍼 및 필터권지 자체의 품질 변동을 감소에 의해서 제품담배 공기회석율의 변동을 줄일 수 있지만 제조 공정에는 한계가 있어 현재의 톱페이퍼 기공도 변동율(%CV) 2~3% 및 필터권지 기공도 변동을 10% 수준을 고려할 때 제품담배 설계시 필터권지 기공도/톱페이퍼 기공도 비를 되도록 크게 설계함으로써 보다 정확한 목표 공기회석율을 얻을 수 있고, 제품담배의 공기회석율 변동폭 또한 감소시킬 수 있음을 제시해 주는 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국담배인삼공사의 출연 연구비(과제 연구비)로 수행되었으며 이에 감사의 뜻을 포함한다.

참고 문헌

- Baker R. R. (1989) The viscous and inertial flow of air through perforated papers, *Beitr. Tabakforsch. Inter.*, 14(5) : 253-260.
- Dwyer R. W., K. A. Cox, and J. E. Bickett (1987) Source of pressure drop and ventilation variability in cigarettes, *Recent Advances in Tobacco Science*, Vol. 13, pp 82-118.
- Keith C. H. (1979) The use of pressure drop measurements for estimating ventilation and paper porosity, *Beitr. Tabakforsch. Inter.*, 10(1) : 7-16.
- Kim CH. R., J. Y. Kim, C. H. Shin, H. J. Chung (2000) The effects of cigarette component variability on filter ventilation variability by Monte Carlo Analysis, *Journal of the Korea Society of Tobacco Science*, Vol. 22, No. 2. p151-156.
- Markus Voges (1998) The influence of filter on quality, *Tobacco Journal International*, May, pp 95-100
- Nicholas Baskevitch (1995) Reducing variability, *Tobacco Reporter*, March pp 40-44
- Rasmussen G. T. (1996) Pressure drop and filter ventilation variability in cigarettes by Monte Carlo Analysis, 50th Tobacco Chemists Research Conference, Richmond, VA, October
- Rasmussen G. T. (1997) The effects of cigarette component variability on filter ventilation variability by Monte Carlo Analysis, paper presented at the Meeting of CORESTA Smoke and Technology Groups, pp 79-86, Hamburg, Germany, 7-11, September.
- Selke W. A. (1978) Dilution of cigarette smoke through ventilation of filters, *Beitr. Tabakforsch. Inter.*, 9(4) : 190-192.
- Selke W. A. and J. H. Mathews (1978) The permeability of cigarette papers and cigarette ventilation, *Beitr. Tabakforsch. Inter.*, 9(4) : 193-200.