

## 궐련의 형태와 물리성변화에 의한 연소성, 흡인저항 및 연기성분의 변화

김천석\*, 안기영, 김기환  
한국인삼연초연구원  
(1995년 10월 24일 접수)

### Effect of Cigarette Design and Physical Variance on the Combustibility, Pressure Drop and Smoke Ingredient

Cheon Suk Kim\*, Key Young An, Ki Hwan Kim  
Korea Ginseng & Tobacco Research Institute,  
(Received Oct. 24, 1995)

**ABSTRACT** : Effect of circumference, net weight, and moisture content on the physico-chemical properties of cigarette were investigated. At the same net weight of cigarette, the pressure drop(E.P.D) of cigarette was increased as the circumference was decreased. Loseend and firmness were improved by reduction of circumference. In this condition, tar, nicotine, and carbon monoxide deliveries were decreased, and the puff count was significantly increased. When the moisture content of the cigarette were decreased, firmness and loseend were increased. Also in this condition nicotine and carbon monoxide tend to be increased.

**Key words** : cigarette design, circumference, net weight.

담배(궐련)의 연기성분과 물리성에 영향을 미치는 중요한 인자로는 궐련중의 함유수분과 충전량으로 알려져 있어 이들 인자를 적절하게 조절하여 궐련의 품질향상을 시도하는 연구결과가 국내

외적으로 활발히 보고되고 있다(Keith 1957, Newsom 1957, Yamamoto 1985, Walker 1979). 궐련의 디자인에 관한 Grise(1984)와 Norman(1982)등의 보고에 의하면 원주는 25mm이상에서 24.5mm이하

\* 연락처자 : 305 - 345 대전광역시 유성구 신성동 302. 한국인삼연초연구원

\* Corresponding author : Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, 302 Shinseong-dong, Youseong-Ku, Taejeon 305 - 345, Korea

로 축소시키면서 권련 길이는 증가시키는 경향이였다. Newsome(1957)등은 권련의 무게와 연기포집량과의 상관성에 관하여 보고하였고 Pederson등(Pederson 1961, Okada 1975, 1978)은 원주의 크기에 따른 air flow의 양과의 관계를 보고한 바 있으며, 최근에 연기성분에 미치는 영향을보고한 바 있다. 담배의 연기성분에 영향을 미치는 요인으로는 연초 품종, 담배의 팽화, 판상엽 배합, 필터에 의한 여과, 첨가제의 영향등을 들 수 있으며, 권련의 원주, 충전량 및 함유수분간에 상호 유기적인 상관관계를 갖고 있으며, 권련의 연기성분에 영향을 미치는 물리적 요인을 들면, 각 원료 잎담배의 혼합비율, 권련길이, 수분함량, 권련의 원주, 충전밀도와 무게, 잎담배의 각폭, 권련지, 필터의 종류등 여러 요인이 있다. 본 연구에서는 Sabri Ergun의 "Packed column 유체흐름 이론"(1952)을 적용시켜 실험하였으며, 충전량, 수분, 원주에 따른 tar, nicotine과 carbon monoxide의 이행(Walker 1979)과의 관계와 흡연횟수, 끝빠짐, 경도, 연소성, E.P.D (encapsulated pressure drop), U.P.D. (unencapsulated pressure drop) 등의 물리성과 체재와의 상관성을 구명하여 권련체재가 연기성분에 미치는 영향을 검토하여 권련의 품질향상을 위한 기초자료로 얻고자한 바 그 결과의 일부를 보고 하는바이다.

## 재료 및 방법

### 1. 재 료

시료담배의 배합은 "아리랑" 제품의 배합방법과 동일하게 하였으며, 그 원주는 25.0mm 와 24.5mm, 담배실량은 670~733mg/cigarette 범위로 다양하게 제조하였다.

양질담배는 제조된 시료의 필터부분을 절단기(Sodium Co. Type C - 04, France)를 사용하여 절단한 것을 시료로 하였으며 제조된 시료는 항온실(20℃)에서 sodium bromide 포화액을 넣은 desiccator(RH 57%)에 7일간 조화후 권련중량, 길이, 원주 및 흡인저항을 측정하여 일정범위인것을 선별하여 항온실(20℃)에서 상대습도(RH %)별로 포화염용액(Rockland 1955)을 넣은 desiccator에서 7일간 조화시킨후 가열건조법(김찬호등 1991)으로 함유분을 정

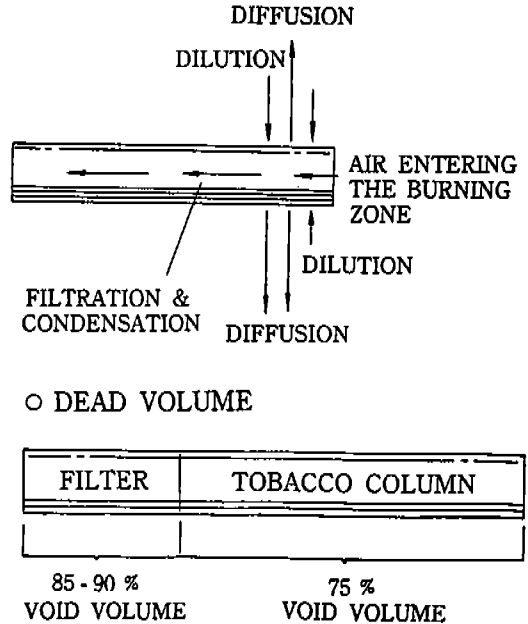


Fig 1. The Elements of dilution and diffusion on cigarette column.

량하였다.

### 2. 기기 및 방법

흡인저항과 원주는 영국제 Filtrona Co. 제품 측정기를, firmness는 densimeter(Heinr Borgwaldt Co.)를 사용하여 측정하였다. 끝빠짐과 연소성측정은 한국인삼연초연구원의 표준측정법(3cm 연소에 소요되는 시간)에 준하였고, nicotine, carbon monoxide, tar 및 puff수등은 CORESTA표준방법으로 측정하였다. 수분조화는 sodium bromide, sodium chloride, magnesium nitrate, lithium acetate, strontium chloride 등의 포화염용액(시약 Fluka, E.P. grade)을 사용하고 상대습도(%)를 조절하여 적정 함유분을 유지시켰다.

## 결과 및 고찰

권련의 원주와 충전량에 대한 이론적 흡인저항을 구하기 위하여 Fig. 1에서 보여주는 여러관계의 이

론적설계를 위하여 Sabri Ergun식(Ergun, 1952)을 도입하였고, practical void volume(Ergun, 1952)의 계산은 다음과 같은 식(1)을 적용하였다.

충진율(공간율)의 산출식

$$1 - E = V_i/V_0 = V_i/ptAL \dots\dots\dots (1)$$

E = 공간율,  $V_i$  : 1분층 각초 전체체적  
 $V_0$  : 1분층 전체용적,  $W_i$  : 진층량  
 pt : 각초의 것밀도, A : 필련의 단면적  
 L : 필련의 길이

Table 1. Actual predicted pressure drop of cigarette by net weight and circumference.

Net Weigth (mg)	circumference (mm)	Pressure drop (mmH <sub>2</sub> O)	Predicted pressure drop (mmH <sub>2</sub> O)
690	24.5	44.6	47.5
690	25.0	37.5	49.7
700	24.5	46.8	49.4
700	25.0	39.5	45.7

1 - E가 적어지면 마찰계수가 적어지고(Yamamoto 1984), 흡인저항도 적어진다. 현재 시판담배의 경우 void volume은 약 75%임으로 1 - E는 대략 0.25정도인데, 식(1)의 공간율E를 구하기 위하여 필요한 여러 값(Yotaka 1971)을 측정, 대입하였으며 이로부터 공간율을 산출하였다.

식(2)는 Ergun식을 이용(Ergun 1952)하여 필련에 적용한것으로, 이 식에서 필련column의 단면적 A와 입자크기  $D_p$ 는 흡인저항에 반비례하고 담배길이 L에는 비례함을 이용하여 필련흡인저항의 실측치와 이론치를 비교하였는데, 이 식은 외적인 요인상수를 고정시켜 계산하는 방법으로 식(2)에서 흡인저항  $\Delta p$ 는 A, L, S, 및  $S_i$ 에의하여 결정된다.

표준흡연조건하에서 흡인저항 계산식

$$\Delta p/L = 4.48 \times 10^{-4} K(1 - E^3) \times 1/D_p A \times \{(1 - E)/D_p + (1.36/A)\} \dots\dots\dots (2)$$

$$D_p = 6/S_v, S_v = S_i/AL(1 - E)$$

$\Delta p$  = 흡인저항(mmH<sub>2</sub>O),  
 $S_i$  = 충진층중의 전체표면적  
 $S_v$  : 비표면적

$$\Delta p \rho_w G_c/L = K[(150 \times ((1 - E)^2/E^3) \times (\mu v/D_p^2)) + \{1.75[(1 - E)/E^3] \times (\rho_a v^2/D_p)\} \dots\dots\dots (3)$$

$\rho_w$  : 물의 밀도(g. cm<sup>3</sup>)  
 $G_c$  : 중력가속도(cm. sec<sup>2</sup>)  
 $\mu$  : 유체의 점성계수(g. cm<sup>-1</sup>.sec<sup>-1</sup>)  
 $\rho_a$  : 유체의 밀도(g.cm<sup>-3</sup>)  
 $v = Q/A$ , Q : 유량(17.5ml/sec)  
 $V = 유속$ , A = column의 단면적

황색종 77%, 버리종 23%로 환산한 "아리랑" 제품의 각초 column을 선택하여 pressure drop의 실측치와 이론치를 비교한 결과는 Table 1과 같다.

흡인저항 측정에 사용한 시료는 양질길이 60mm의 필련으로 실측치와 이론치를 비교하였는데 중량이 같을 때 원주의 0.5mm가 축소되면 흡인저항의 이론

Table 2. Physical variables of cigarettes.

Circumference (mm)	Net weight (mg)	Pressure drop(mmH <sub>2</sub> O)			Firmness (mm)
		Filter EPD*	Cigarette		
			EPD*	UPD**	
25.0	685	108.2	102.3	90.2	1.93
	693	109.5	103.5	89.9	1.88
	702	109.0	104.8	91.2	1.89
	712	106.4	103.7	90.6	1.84
	722	110.7	106.6	92.1	1.71
	731	107.7	105.3	92.3	1.73
24.5	670	109.0	105.0	87.0	1.77
	681	112.4	108.7	89.2	1.69
	687	113.5	107.4	89.0	1.74
	703	115.3	111.7	92.3	1.72
	708	117.3	112.0	90.9	1.63
	720	118.8	113.5	94.1	1.65
	732	118.3	113.1	92.3	1.57

\* E.P.D. : Encapsulated pressure drop  
 \*\* U.P.D. : Unencapsulated pressure drop

치는 7mmH<sub>2</sub>O가 흡인저항의 실측치는 5mmH<sub>2</sub>O가 증가되는 경향을 나타냈다.

한편 원주가 같았을 때에는 중량이 10mg 감소하면 흡인저항은 이론치에서 2mmH<sub>2</sub>O가 감소되었는데 실측치에서도 같은 경향이였다. 이론치와 실측치에서 차이가 나는 가장 큰 이유는 담배각초 입자와 원주의 불균형에 의하는것으로 추정되었다.

원주와 충전량의 차동에 따른 흡인저항과 경도의 변화를 살펴보기 위하여 원주를 25.0mm와 24.5mm로, 충전량을 685~732mg 범위에서 7단계로 설정하여 얻은 결과는 Table 2와 같은데 이 때의 함수분은 12.5%로 하였다.

원주가 작아지면 U.P.D.는 커지고 경도도 증가되었고, 원주가 같을 때는 담배충진량이 증가할수록 권련의 U.P.D.도 증가 하였다.

원주의, 차이에 따른 연기성분과 그 이행량을 충전량에 따라 측정한 결과는 Table 3과 같다.

같은 충전량에서 원주가 줄면 연기성분의 이행량은 감소하고 puff수는 증가하는 경향이였다. 원주가 같고 충전량이 증가하면 tar은 감소되었는데 이같은

Table 3. Effect of cigarettes circumference and net weight on smoke component.

Circumference (mm)	Net weight (mg)	Smoke component(mg/cig)			Puff count Number
		Tar	Nicotine	CO	
25.0	675	12.8	1.15	16.2	9.4
	685	13.0	1.16	16.1	9.1
	693	12.8	1.14	15.8	9.1
	702	13.0	1.17	15.8	9.3
	712	12.5	1.14	15.8	9.3
	722	12.2	1.12	16.0	9.4
	731	12.2	1.16	16.4	9.8
	732	12.2	1.16	16.4	9.8
24.5	670	11.2	1.05	12.6	9.9
	681	11.0	1.07	13.0	9.6
	687	11.0	1.07	13.5	9.5
	704	11.0	1.12	13.3	9.7
	709	11.0	1.09	13.3	9.8
	720	10.6	1.07	13.6	10.0
	733	10.6	1.07	13.7	10.2

결과는 Newsome(1957), Okada(1978)등의 보고와 일치하였으며 nicotine은 700mg/cigarette 이하에서는 증가하다가 700mg을 초과하면서 부터는 감소하는 경향이였다.

결련의 물리적성질에 따른 수분함량의 영향은 Table 4와 같은데 수분함량이 같았을 때는 충전량이 증가하면 경도의 끝빠짐은 향상되었으나 연소성은 저하하는 경향이였다.

수분함량과 충전량에 따른 연기성분량의 변화는

Table 4. Effect of moisture content on physical propertise of cigarettes.

Moisture content (%)	Net weight (mg)	Loss end (%)	Firmness (mm)	Pressure drop(EPD) (mmH <sub>2</sub> O)
13.5	697	3.31	2.82	114.5
	695	1.47	2.74	117.9
	714	1.04	2.64	121.8
11.1	662	3.92	2.15	113.9
	678	1.58	2.07	117.2
	700	1.22	1.96	121.7

Table 5. Effect of moisture content variables on smoke component and burning rate.

Moisture content (%)	Net weight (mg)	Smoke component(mg/cig)			SBR <sup>†</sup> (m, s/3cm)
		Tar	Nicotine	CO	
11.1	670	13.9	1.07	15.4	5'34"
	695	13.6	1.14	16.4	5'53"
	715	13.3	1.20	17.2	6'17"
12.6	670	13.3	0.95	14.0	6'42"
	695	12.9	1.02	15.0	7'00"
	715	12.6	1.08	15.8	7'15"
13.5	670	12.9	0.88	13.1	7'23"
	695	12.6	0.95	14.1	7'41"
	715	12.3	1.01	14.9	7'56"

\* SBR : Statistic burning rate

Table 6. Equation to Physical properties and smoke components due to the cigarette circumference variables.

Property and component	Regression X=net weight(mg)	T value	Correlation coefficient
CIRCUMFERENCE	25.0mm	-5.789	R <sup>2</sup>
LOOSE END(%)	= 41.339 -0.0548x	-5.789	.89
FIRMNESS(mm)	= 5.2251+0.0048x	-4.918	.86
UPD (mm/H <sub>2</sub> O)	= 55.217+0.0506x	4.164	.81
SBR (MS/3cm)	= -242.6+0.9689x	3.277	.84
SMOKE COMPONENT (mg/cig)			
TAR	= 21.771 -0.0130x	-3.001	.64
NICOTINE	= 1.545982+0.00000056xx -0.0009591x		
CO	= 224.76715+0.00042689xx -0.5972844x		
CIRCUMFERENCE	24.5mm		
LOOSE END(%)	= 3.8827 -0.0047x	-5.22	.85
FIRMNESS(mm)	= 3.5389-0.0027x	-4.02	.76
CI EPD(MM/H <sub>2</sub> O)	= 9.4739+0.1506x	7.08	.91
FI EPD(MM/H <sub>2</sub> O)	= 16.347+0.1341x	5.88	.87
UPD(MM/H <sub>2</sub> O)	= 22.928+0.0968x	4.32	.79
SBR(MS/H <sub>2</sub> O)	= 665.21-0.3625x	-1.86	.41
SMOKE COMPONENT (mg/cig)			
TAR	= 17.18 -0.009x	-4.23	.78
NICOTINE	= -14.70915 -0.0000317xx+0.04477612x		
CO	= 3.168+0.01445x	3.61	.72

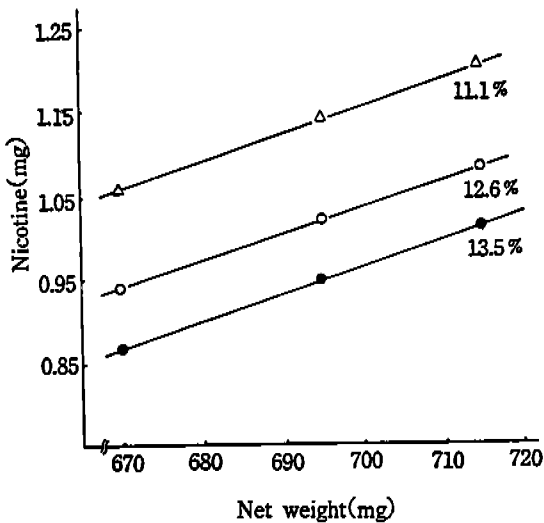


Fig 2. Effect of moisture content and net weight on nicotine in smoke.

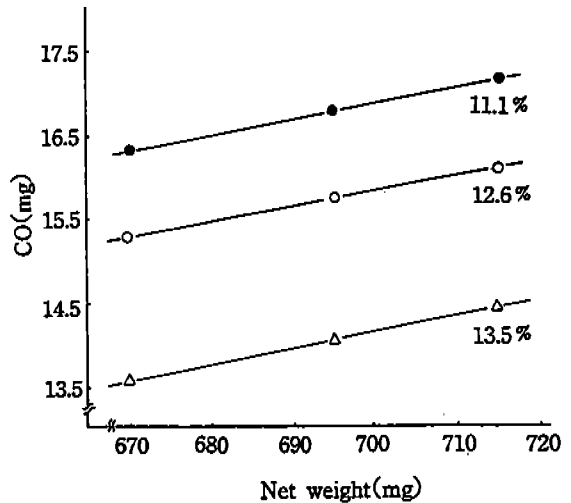


Fig 3. Effect of moisture content and net weight on carbon monoxide in smoke.

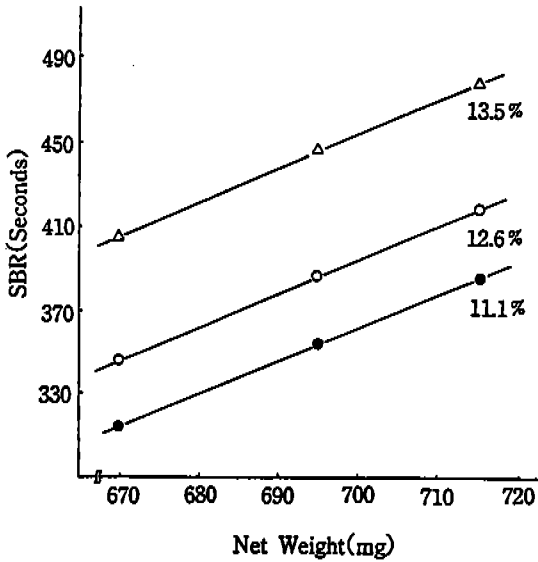


Fig 4. Effect of moisture content and net weight on S. B. R.

Table 5와 같다. 수분함량이 증가함에 따라 tar, nicotine 및 carbon monoxide는 감소하는 경향을 보였고, 연소성은 저하하였는데, Hartung(Hartung 1986)등의 보고와 일치하는 결과로서 수분의 영향, 즉 수분조화의 중요성을 입증하는것으로 이들의 상관성을 살펴본 결과는 Fig 2.3 및 4와 같았다. 이에서 얻은 결과를 종합하여 산출한 상관관계식은 Table 6과 같이 유의성을 보였다.

### 결론

담배제품의 품질향상을 위한 기초자료를 얻고져, 켈련의 원주, 충전량과 수분함량등이 연기성분에 미치는 영향에 관하여 실험한 바, 이에 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 담배의 충전량이 동일할 때에는 원주가 작아지면 흡인저항(E.P.D)이 증가하며, 끝빠짐, 경도와 연소성이 향상되었고, 주요 연기성분인 tar, nicotine 및 carbon monoxide의 이행량은 감소되고, 흡연횟수는 증가하는 경향이였다.

2. 원주의 크기가 같은 조건에서 충전량이 증가하면 tar은 감소했고, 충전량 700mg을 초과할때는 오히려 감소되었다. 한편 carbon monoxide와 puff수는 nicotine의 증가현상과는 반대되는 경향을 보였다.
3. 수분함량이 감소하면 경도는 향상되고, 끝빠짐은 증가하였고, nicotine과 carbon monoxide의 연기중 이행량도 증가하는 현상을 보였는데, 원주를 25.0mm에서 24.5mm로 축소하면 연기성분의 이행량을 감소시키는 결과를 얻었는데 이는 켈련체제의 개선에 적용할 수 있을것으로 본다.

### 참고문헌

1. Ergun, Sabri(1952) Fluid flow through packed columns. *Chem. Engi. Progr.* 48 : 89 - 94
2. Grise, V.N.(1984) *Recent Advances in Tobacco Science* 10 : 4 - 14
3. Hartung, R. (1986) *Report on the 32nd Tobacco Chemist Research Conference.* 108 - 125
4. Keith, C.H. and J.R. Newsome(1957) Quantitative studies on cigarette smoke. (An automatic smoking machine) *Tobacco Science* : 51 - 57
5. 김찬호 등(1991) 한국인삼연초연구소, 담배성분 분석법, 가열건조법 p.19 - 20
6. Norman, V.(1982) *Recent advances in tobacco Science* 8 : 141 - 177
7. Newsome, C.H. and J.R. Newsome(1957) Quantitative studies on cigarette smoke. (The effect of physical variables on the weight of smoke) *Tobacco Science* : 58 - 63
8. Okada, T. and Kazuyo, Ota(1978) Change in the particle size and the concentration of cigarette smoke through the column of cigarette. *J. Aerosol Science* 9 : 25 - 28
9. Okada, T. and Kazuyo, Ota(1975) On the draw resistance of the cigarette. *Scientific Papers of the Central Research Institute, Japan Tobacco & Salt public Co.,* 118 : 11 - 16
10. Pederson, P.N. and E.S. Harlow(1961) A study of resistance of flow of air through a cigarette.

- Tobacco Science* : 11 - 14
11. Rockland, G.N. and R.S. Maltus (1955) Salts for static control of humidity at relatively low levels. *J. Appli. Chem.*, 5 : 557 - 558
  12. Tamaoki, A. and Minoru Uehara (1973) The automatic instrument for cigarette weight and draw resistance. *Scientific Papers of the Central Research Institute, Japan Tobacco & Salt public Co.*, 115 : 45 - 47.
  13. Terrell, J.H. and I.Schmelts (1970) Altertion of cigarette smoke composition II. Influence of cigarette design. *Tobacco Science* : 82 - 85
  14. Yamamoto, T. (1985) Effect of cigarette circumference on formation rates of various components in main stream smoke. *Beitr. Tabakforsch. International* 13 : 81 - 87.
  15. Yamamoto, T. and T. Okada (1984) Effect of cigarette circumferance on weight loss during puffs and total delivery of tar and nicotine *Tabakforsch. International* 12(5) : 259 - 269.
  16. Yotaka, M. and Y. Katayama (1971) Methodes for the measurement of the apparent density of tobacco leaves. *Scientific Papers of the Central Research Institute, Japan Tobacco & Salt public Co.*, 113 : 17 - 23.
  17. Walker, E.K. and B.F. Zikey (1979) Effect of cigarette perssure drop and weight and tobacco stalk position of smoke tar and nicotine yield. *Tobacco International* 10 : 87 - 91.