

## 필터 종류에 따른 Semi-volatile 화합물 이행 특성

김정열 · 신창호 · 김종열 · 김영호 · 이근희

한국인삼연초연구원

(1997년 11월 20일 접수)

### A study on the Delivery of Semivolatile Components in Cigarette Main Stream Smoke with the Filters

Chung Ryul Kim\*, Chang Ho Shin, Jong Yeol Kim, Yuong Hoh Kim and Keun Hoi Lee

*Korea Ginseng & Tobacco Research Institute*

*(Received November 20, 1997)*

**Abstract** : Semivolatile components in mainstream smoke of cigarette attached the different type filter were analyzed. Based on the main peak of GC profile, benzene, toluene, acetic acid, limonene, acetamide, pyridine, nicotine, phenol, pyrrole, and furfuryl alcohol were identified. The amount delivered of semivolatile components by each filter was evaluated with the ratio of area% of sample vs area% of ISTD. By comparing dual and triple filter to mono filter, the delivery amounts were 52% benzene, 62% toluene and 74% benzene, 84% toluene, respectively. The delivery amount of limonene which was known of tobacco taste component, were 52%, and 93% by dual and triple filter, respectively. Also, delivery amounts of acetic acid which was one of acidic compounds in smoke, were 86% and 83% by dual and triple filter, respectively. When adding the same amount of active carbon, the amounts delivered of vapour phase such as benzene and toluene by dual filter were lower than that of triple filter. But the delivery amounts of acetic acid and phenol by dual filter were higher than that of triple filter. This results assume that the pH of active carbon in filter affect to the adsorption or absorption of triacetin during filter making process.

**Key words** : active carbon, dual filter, triple filter, benzene, toluene, limonene, acetic acid

흡착제가 담배 필터에 이용된 것은 1954년 미국의 American Tobacco사에서 활성탄이 첨가된 필터를 개발하여 Tareyton이란 제품에 부착한 것이 시초일 것이다(Schur와 Hillsmans, 1957). 일본은 전매공사 중앙 연구소에 의하여 1964년부터 연구가 시작되어 1969년 2월에 Seven Star 담배에 활성탄

이 첨가된 이중 필터를 사용하였으며 우리나라는 은하수 제품에 부착함으로써 흡착제를 필터에 이용하기 시작했다. 이후 흡착제로서 활성탄 뿐만 아니라 천연 제올라이트를 함께 첨가한 삼중필터가 개발되어 88라이트 및 88딜럭스 신제품이 등장하게 되어 애연가들로부터 절대적 호응을 받았다. 또

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

\* Corresponding author : *Korea Ginseng and tobacco Research Institute 302 Shinsong-Dong, Yusong-Ku, Taejeon 305-345, Korea*

한 일본의 담배시장은 탄소복합 필터 제품인 Mild seven 제품이 전체 매출액의 상당 부분을 차지하고 있다. 활성탄 복합 필터를 처음 개발한 나라는 미국임에도 불구하고 미국 및 유럽에서는 아세테이트 단일 필터가 주류를 이루고 있는 반면 우리나라와 일본은 흡착제 특히 활성탄이 첨가된 이중 또는 삼중필터 제품을 애연가들이 대부분 선호하고 있는 실정이다. 또한 최근에는 세계적으로 흡연 유해론의 확산과 애연가 건강 보호라는 측면에서 담배 연기 성분중 유해 성분을 억제시키고자 흡착제 특히 활성탄의 첨가 방법을 변형한 Coaxial core 필터, Hidden Segment 필터, Active Patch 필터등 수많은 타입의 필터를 연구 개발하였으며(Shepherd, 1994, 1995, 1996), 특히 스위스 Baumgartner 사에서는 같은량의 활성탄을 첨가하더라도 활성탄의 흡착 효과를 극대화시킨 Caviflex 필터를 개발하였다(Raker 등, 1996). 이영택 등(1992)과 김 등(1994, 1997)도 흡착제 및 필터종류별 담배 연기 aldehyde 류와 암모니아와 같은 vapour phase 성분 이행에 관하여 연구하였다. 그러나 Formella(1992)에 의하면 담배 연기중 semi-volatile fraction에는 중요한 aroma와 taste 화합물들이 포함되어 있으며 이들 화합물의 조성은 필터에 의하여 영향을 받는다고 설명하고 있다. 그러므로 본 연구에서는 탄소 복합 필터와 삼중필터가 담배연기 성분중 semivolatile 화합물 이행에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

필터 제조는 아세테이트 토투(3.0/37.000)을 사용하였으며 흡착제는 (주)한일 그린텍에서 생산한 담배용 활성탄(30×80 mesh)과 (주)제오빌더에서 생산한 복합과립을 사용하였다. 단일, 이중 및 3중

필터와 담배 제조는 다음과 같은 조건으로 제조하였으며 시험에 이용된 시료는 조화시킨후 CORESTA 표준조건 하에서 연소시켰다.

Semivolatile 화합물 분석을 위한 담배 연기 포집은 Sakuma(1984)의 실험 장치를 참고하여 그림 1과 같이 장치한 후 TPM을 cambridge filter에 포집하였으며 vapour phase는 internal standard로 ethyl laurate(50mg/ml)가 50 µl포함되어 있는 아세톤 용액 5ml에 포집하였다. 연소후 cambridge 필터를 holder로 부터 분리하여 위 아세톤 용액에 넣은 다음 24 시간 용출시키고 여과하여 여과액의 일부를 GC에 직접 주입하여 분석하였다. 담배 주류연중 semivolatile화합물 확인은 GC/MS(Finnigan GCQ)를 이용하였으며 GC(HP 5890 II)를 사용하여 분석하였다.

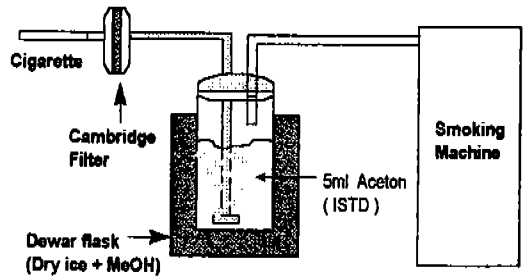


Fig. 1. Semivolatile 성분 포집 장치.

GC 분석 조건은 다음과 같다.

- Column: HP-FFAP, 0.25mm × 0.25 µm × 50m
- Detector: FID
- Carrier Gas: He
- Flow rate: 0.3ml/min

Table 1. Physical properties of filter and cigarette manufactured

	필터		제품						비고
	토우테나아 (d)	흡인저항 (mmH <sub>2</sub> O)	팁페이퍼 (cu)	권련지 (cu)	각초	공기회색율 (%)	UPD (mmH <sub>2</sub> O)	EPD (mmH <sub>2</sub> O)	
Mono Filter	3.0/37,000	330	4열 L800	45	This	30~35	100±3	134±5	
Dual Filter [A+(A+활성탄)]	3.0/37,000	330	4열 L800	45	This	30~35	100±3	134±5	
Triple Filter (A+복합과립+A)	3.0/37,000	330	4열 L800	45	This	30~35	100±3	134±5	

Injector temperature: 240°C  
 Detector temperature: 240°C  
 Ramping temperature  
 35°C (5min)  $\xrightarrow{1.5^\circ\text{C}/\text{min}}$  210°C (10min)  
 $\xrightarrow{10^\circ\text{C}/\text{min}}$  240°C (120min)  
 Split ratio: (20:1)

### 결과 및 고찰

단일, 이중 및 삼중 필터 담배의 물성 즉 공기 희석율을 30-35%, 제품 흡인 저항 UPD는 100±5mmH<sub>2</sub>O, EPD 134±5mmH<sub>2</sub>O로 선별한 각 제품 담배 5 개피를 그림 1에 제시한 장치를 이용하여 연소 시킨후 담배 연기를 포집하였으며 GC에 의하여 얻어진 chromatogram상의 peak는 GC/MS에 의해서 11종의 화합물을 확인하였으며 확인된 semivolatile 화합물을 그림 2에 나타냈다.

제시하였다. 그림에서 보면 휘발성이 비교적 높은 benzene 및 toluene에 대해서는 mono 필터 보다 dual 및 triple 필터 제품에서 이행량이 낮았으며 필터 종류에 따른 흡착효과를 살펴보면 benzene 이행량의 경우 dual필터 제품은 단일 필터 제품에 대해서 49%, triple 필터 제품은 74%의 이행량을 나타냈으며 toluene 이행량 역시 mono 필터 제품의 이행량을 기준으로 할때 dual 필터 제품은 62%, triple 필터 제품 이행량은 84%로 나타났다. 이러한 이행량 감소 결과는 비록 정도 차이는 있으나 Clarke 등(1992)의 연구 결과와 일치하는 결과이다.

Dual 필터 제품에 활성탄을 충전함에 있어 비록 triple 필터 보다는 적은 양의 활성탄이 충전되어 있지만 비교적 높은 흡착능을 나타내었다. 이러한 결과는 우선 triple 필터 경우 입도가 16×35mesh 입에 비하여 dual 필터는 30×80mesh로서 입도 효과를 고려할수 있다. 즉 활성탄 입자가 작을수록

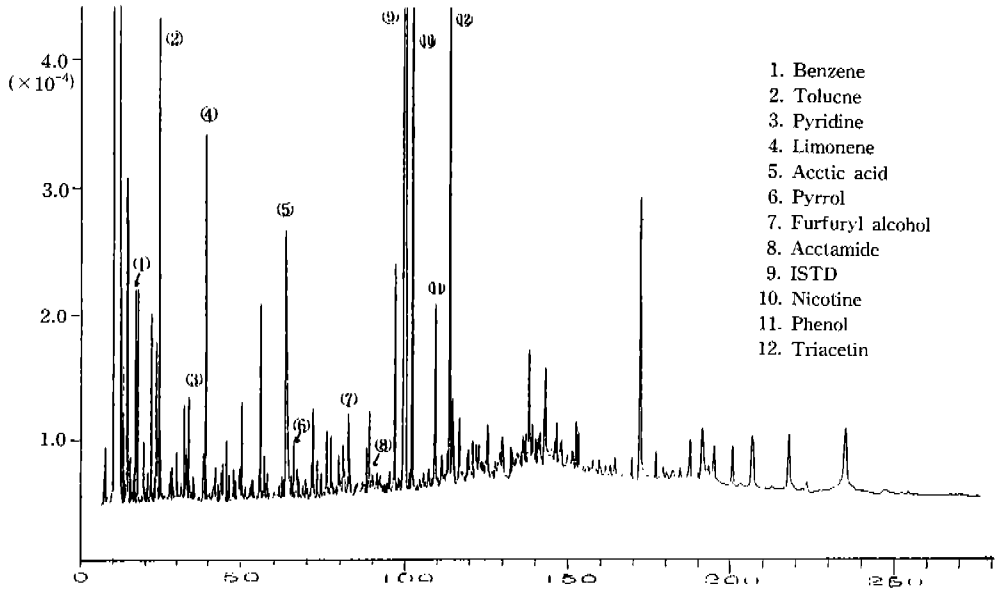


Fig. 2. Gas chromatograms of semivolatile compouents in cigarette mainstream smoke

이에 근거하여 각 필터 종류에 따른 담배 연기 mainstream중 semivolatile 화합물 이행량을 mono 필터 담배의 area% of sample 대 area% of ISTD 비를 100으로 환산하여 비교한 data를 그림 3에

흡착효과는 증가한다는 이론과 잘 일치한다(野間省一, 1978). 그 다음 생각할수 있는 원인은 triple 필터의 경우 cavity 전체에 충전되지 않고 v/v비로 55%밖에 충전되어 있지 않음으로해서 흡연시 담

## 필터 종류에 따른 Semi-volatile 화합물 이행 특성

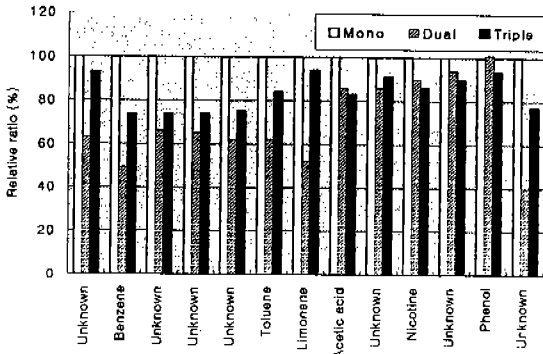


Fig. 3. Comparison of semivolatile components in cigarette mainstream smoke with the filter type

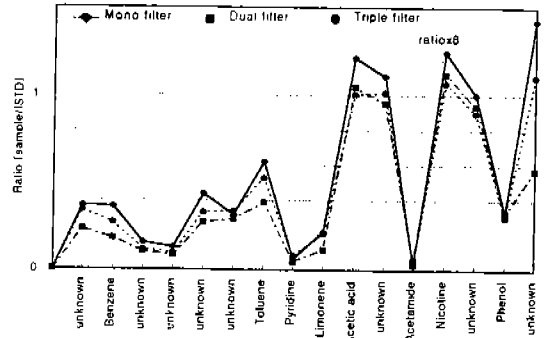


Fig. 4. Comparison of semivolatile components in cigarette mainstream smoke with the filter type

배 연기가 cavity상의 dead volume 부분에서 흡착이 일어나지 않고 그대로 통과되기 때문으로 이미 Raker 등(1996)의 연구에서도 밝혀진 바와 같이 충전된 흡착제 량 만큼의 흡착 효과를 기대할 수 없다. 즉 활성탄을 필터에 이용시 가능한 작은 입도의 활성탄 충전과 흡착제와 담배연기의 접촉을 최대로 하는 형태의 필터가 가장 높은 흡착 효과를 보여준다는 사실을 제시해준다. 반면 담배 연기 성분중 비교적 많은 이행량을 보이는 acid 화합물인 acetic acid 이행량을 보면 dual 필터의 경우는 mono 필터 제품의 이행량과 비교시 86%, triple 필터는 83%로 benzene 및 toluene과 같은 vapour phase 흡착에서와는 반대로 triple 필터 제품의 이행량이 dual 필터 제품보다 적었다. 이는 acetic acid의 흡착이 흡착제의 량 및 접촉면적 요인 보다는 활성탄의 성질에 의존함을 나타낸다고 해석된다. 현재 시험에 사용한 활성탄의 pH는 10-11의 알칼리 성질을 갖는다. 그러나 dual 필터의 필터 제조 과정을 보면 가소제가 처리된 acetate tow상에 활성탄을 분산시킨다. 이때 가소제가 활성탄에 상당량 흡착 또는 흡수되어 활성탄 성질이 중성 또는 약 산성으로 변한다. 반면 triple 필터 경우는 제조 공정상 활성탄이 어떠한 변화도 받지 않아 알칼리성을 그대로 유지하게 되며 이러한 성질이 흡착을 일으킬 때에도 그대로 반영된다. 즉, 활성탄이 acetic acid를 흡착하는 mechanism은 물리 흡착 현상에 의해서도 흡착이 일어나지만 한편 화학 흡착에 의해서도 흡착이 일어난다고 볼 수 있다.

그림 4에는 아직 확인하지 못한 semivolatile 화합물을 포함하여 각 필터 종류에 따른 주류연중의 semivolatile 화합물 이행 패턴을 나타내었다. Acetic acid와 phenol을 제외하고는 대체적으로 tripe 필터 제품 보다는 dual 필터 제품에서 semivolatile 화합물 이행량이 비교적 적음을 알수 있었다.

## 결론

흡착제가 충전된 이중, 삼중 필터 제품 담배의 semivolatile 화합물 이행량을 mono 필터 제품의 이행량과 비교 분석하였다. 본 실험을 통해서 main stream 중 semivolatile 화합물에 대한 GC-profile에서 주 peak로 나타난 화합물중 benzene, toluene, limonene, pyridine, furfuryl alcohol, pyrrole, acetic acid, acetamide, nicotine, phenol등 11종의 화합물을 GC/MS에 의하여 확인하였으며, 확인된 화합물중 benzene과 toluene과 같은 vapour phase의 이행량은 mono 필터 > triple 필터 > dual 필터 순이었다. 또한, acidic한 성분인 acetic acid와 phenol의 이행량은 mono 필터 > dual 필터 > triple 필터 순이었다. 즉, 활성탄과 같은 흡착제를 필터에 적용할시는 benzene과 toluene과 같은 vapour phase 흡착은 dual 필터로 필터를 제조하면 흡착효과가 triple 필터에 충전할 때보다는 효과적이라는 사실을 확인하였다. 그러나, 필터 제조시 가소제 일부가 활성탄에 흡착되어 활성탄 pH에 변화를 주기 때문에 acetic acid와 같은 극성화합물 흡착이 감소된다.

## 참 고 문 헌

- 김정열, 서문원, 신창호, 김영호, 이근회, 지상운 (1994) 활성탄의 표면 구조 변화에 따른 흡착 특성, 한국연초학회지, 16(2), 191-197.
- 김정열, 신창호, 서문원, 김종열, 김영호, 이근회 (1997) 활성탄 pH에 따른 ammonia, hydrogen sulfide 및 methylmercaptan 흡착특성, 한국연초학회지, 19(1), 46-50.
- 이영택, 김성한, 신창호, 임광수(1992) 흡착제 세공 특성이 담배 연기 성분에 미치는 영향, 한국연초학회지, 10(2), 87-93.
- 野間省一(1978) 活性炭:基礎와 應用, 3rd ed., p54-78, 炭素材料學會, 講談社, 日本.
- Clarke, P.F., M. Dunn, P.J.K, Shepherd and M.J, Taylor(1992) Micropore capillary gas chromatographic determination of semivolatiles and its use in efficiency measurement of carbon filters, *Filtrona International*.
- Formella, K., Th. Braumann and H. Elmenhorst (1992) The influence of different parameters on the semivolatile composition of mainstream smoke, *Beitrage zur Tabakforschung International*, 15(3), 123-128.
- Raker, M, P. Jadot and P. Jaccard(1996) Carbon Action, *Tobacco Report*, Sept, 38-42.
- Sakuma, H., M. Kusama, S. Munakata, T. Obsumi and S. Sugawara(1983) The distribution of cigarette smoke components between mainstream and sidestream smoke, *Beitrage zur Tabakforschung International*, 12(2), 63-71.
- Schur, M.O. and O.L. Hillsmans(1957), USP 2,801,638.
- Schepherd, R.J.K(1994) New charcoal filter, *Tobacco Report*, 121(2), 40-41.
- Schepherd, R.J.K(1995) Hidden segment filter, *Tobacco Report*, 122(9), 74-78.
- Schepherd, R.J.K(1996) Filtrati quality assured, *Tobacco Report*, 123(6) 43-46.