

첨가제가 담배 연기성분에 미치는 영향

나도영* · 제병권 · 이창국 · 조시형 · 이동욱
KT&G 중앙연구원
(2005년 6월 5일 접수)

The Effect of Some Additives on the Components of Cigarette Smoke

Do-Young Ra*, Byong-Kwon Jeh, Chang-Kook Lee, Si-Hyung Cho and Dong-Wook Lee
KT&G Central Research Institute
(Received June 5, 2005)

ABSTRACT : The influence of tobacco additives on the composition of the combustion products in mainstream smoke is discussed. The effect of additives on the chemical composition of smoke have been further evaluated in order to discover additives that would alter the chemical composition of smoke. Tobacco was uniformly treated at a 1-5% level with 8 classes of additives. Group M treated with alkali metal salt and group S, F, O give lower tar, nicotine and CO values than the control. Group AN treated with natural antioxidant gives higher tar and CO values than the control. The increases are most probably due to the high transfer rate of the ingredients to smoke. M3 and P1 reduced above the 50% of TSNA from the smoke. M4 and P1 reduced above the 70% of HCN from the smoke. These results suggest that tobacco additives alter pyrolysis or combustion product distribution and provide fundamental data to lead the development of a RRP(reduced risk product).

Key words : tobacco additive, mainstream, chemical composition, combustion, RRP(reduced risk product)

담배는 오래전부터 광범위하게 사용되어진 농작물중의 하나로 현재는 전세계적으로 고속궤련 제조기에 의해 매년 수조억본의 궤련담배가 생산되어지고 있다. 담배는 전형적으로 성냥이나 라이터에 의해 착화되며 스스로 연소하는 기호품으로 연소나 열분해과정을 거치면서 수천종의 화학물질이 생성된다(Sharma *et al*, 2002). 1950년에 담배의 흡연위생에 관련된 연구결과의 발표(Wynder and Graham, 1950)로 담배 연기성분 및 특정 성분을 분리, 확인하기 위한 집중적인 연구

가 시작된 이래 1996년 Green등은 담배 연기중에서 4800여종의 화합물을 확인하였다(Green and Rodgman, 1996). 이들 담배 연기성분의 구성을 보면 질소등을 포함한 기체상 및 증기상 성분들이 95% 이상을 차지하고 있으며 나머지는 입자상 성분들로 니코틴을 포함한 알카로이드의 다양한 관능기를 갖는 화합물들이 포함되어 있다. IARC(International Agency for Research on Cancer)은 이중에서 69종의 화합물을 animal carcinogen으로 분류하고 있다(IARC Monographs,

*연락처 : 305-805 대전광역시 유성구 신성동 302 번지, KT&G 중앙연구원

*Corresponding author : KT&G Central Research Institute, 302 Shinseong-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-805, Korea

1972-2000). 흡연위생에 관련된 연구결과와 발표를 시작으로 담배 회사 및 미국 정부기관에서는 담배 주류연중 연기성분의 이행량을 줄이기 위해 즉 "less hazardous" cigarette의 디자인을 위한 다양한 연구를 하였고 tobacco blend, filter tip, filter-tip additive, RTS, paper additive, air dilution, expanded tobacco등 담배산업에 있어서 혁신적인 7가지 기술이 개발되었다(Rodgman, 2001). 이 기술들은 담배 회사들 간에 경쟁을 가열시켜 이른바 "tar derby"를 초래하게 만들었고, 보다 안전한 담배 개발을 위해 상당한 노력을 기울여 몇가지 유형의 담배 제품을 시장에 선보였으나 보건단체들이 그 제품들 또한 안전하지 않다는 강한 저항에 부딪혀 시장에서 철수되었다. 담배 산업이 직면한 어려움은 기술적 부분뿐만 아니라 법적 책임이 걸려있으며 1998년에 접어들어 담배 회사들과 미국 주정부들간의 MSA(Master Settlement Agreement)라는 포괄적 화해협약이 체결되어 소송의 위험에서 보다 자유로워진 담배회사들은 다시 보다 안전한 담배 개발에 착수하게 되었다. 최근들어 담배 규제 기본협약(FCTC, Framework Convention on Tobacco Control)이 체결되어 담배에 대한 엄격한 규제에 직면할 것으로 예상되며 특정 성분 함량을 선별적으로 감소시킨 새로운 담배 제품의 제조 및 판매가 의무화될 전망이다. 많은 전문가들은 향후 특정 성분 감소기술이 담배 산업에 있어서 지대한 영향을 미칠것이라 예견하고 있고 이는 특정 성분 감소기술 자체가 매우 중요한 경쟁 우위로서 작용할것이라는 것을 의미 하기도 한다. 일반적으로 담배 연기중 특정 성분 감소를 위한 접근 방법은 selective filtration research, cigarette paper research, tobacco research등 크게 세가지로 구분될 수 있다. Selective filtration research에서는 주로 필터 소재, 구조, 체재별 및 흡착제 연구가, cigarette paper research는 켈런지 기공도 및 무기 첨가제 등에 의한 감소 연구가, tobacco research에서는 특정 성분의 전구 물질을 줄이기 위한 재배 연구, 잎담배 가공 및 처리에 관한 연구, 담배 대체물에 관한 연구, 담배 연소기전을 변화시키기 위한 첨가제 연구등 다양한 분야에

걸쳐서 연구가 이루어 지고 있다(Hoffmann *et al*, 2001). 담배에 첨가제를 사용하는 이유는 향 및 보습효과를 증진시키는등 여러 가지가 있지만 그 중에서도 담배의 연소조건을 변화시키므로써 특정 성분을 감소시키려는 시도가 있었다(Burgon and Benner, 1972). 따라서 본 연구에서는 위에서술한 방법중 담배의 연소기전을 변화시키기 위해 첨가제를 사용하여 담배 연기중 특정 성분을 감소시키기 위한 적용이 가능한지를 검토하였다.

재료 및 방법

첨가제

첨가제중 chemical은 Aldrich사 제품을 구입하여 사용하였고 촉매는 화학연구원 그린화학촉매 연구센터에서 개발된 촉매를 사용하였다.

담배 시료

담배 시료는 균일한 data 확보를 위해 버어리(B2T, 99년산, 옥천원료공장)를 확보하였고 습점 후 0.9 mm로 절각하여 첨가제 시료로 사용하였다. 첨가제 적용 및 수분 조화후 Haumi사 pilot 켈런 제조기로 담배 시료(84 mm체제)를 제조하였다. 이때 켈런지는 기공도 35 cu를 사용하였으며 필터는 모노아세(2.7/35,000, PD 380 mmH₂O, 27mm체제)를 사용하였고 무천공의 tip paper를 사용하였다.

첨가제 적용

본 실험에 사용된 첨가제는 water soluble, ethanol soluble, non-soluble등 크게 세가지의 형태로 나누어 지는데 water soluble의 첨가제는 증류수에 용해시켜 각초에 spray한 후 각초 건조기로 건조하였고 대조구는 같은 양의 증류수를 각초에 처리하여 같은 방식으로 건조하였다. Ethanol soluble의 첨가제는 ethanol에 용해시켜 각초에 spray한 후 조화하였고 대조구도 같은 양의 ethanol을 spray한 후 조화하여 사용하였다. Non-soluble의 첨가제는 200 mesh체를 통과시켜 PG와 ethanol에 분산시킨후 spray하여 조화하였

고 대조구도 같은양의 PG와 ethanol을 각초에 spray한 후 조화하여 사용하였다.

분석 시료선별 및 분석

분석용 시료의 선별은 대조구 및 시험구 모두 동일한 켈런 무게(± 10 mg)와 흡인저항(± 5 mmH₂O)으로 선별하여 분석용 시료로 사용하였고 ISO 3402에 따라 조화시킨 후, ISO 3308에 의거하여 생성되는 연기 성분을 KT&G 중앙연구원 In-House manual법에 준하여 분석하였다. 시험구의 열분해에 미치는 첨가제의 영향을 분석하기 위해 열중량분석기(SDT-2960, TA instruments, USA)를 사용하였다.

결과 및 고찰

지금까지 많은 연구자들이 다양한 첨가제를 담배에 처리하여 담배 연기중 특정 성분을 감소시키는데 관심을 가져왔고 첨가량은 각초 무게당 대개 2-5%로 이는 첨가제의 영향을 확인할 수 있는 수준으로 알려졌다(Greene, 1971). 따라서 본 실험에서도 이 범위에서 첨가량을 결정하였으며 첨가제에 대한 분류와 첨가량, 적용방법등을 Table 1에 나타내었다.

첨가제 처리후 시험구의 분석 결과에 대한 data 처리는 대조구 대비 시험구의 감소율/증가율을 %로 나타내었다. 타르, 니코틴, CO, HCN은 개피당으로 계산하였고 TSNAs는 total TSNAs의 양을 TPM으로 나눈후 대조구 대비 시험구의 비율로 환산하여 계산하였다.

금속염(M)

담배 연소온도를 변화시키기 위해 첨가제를 사용한 초기의 연구 결과를 살펴보면 첨가제로 flame/fire retardant, free radical initiator/inhibitor, 유기산염, 알칼리 무기염등 다양한 종류의 첨가제들이 사용되어 졌다(Miller *et al.*, 1968; Terrell and Schmeltz, 1970). 그러나 대부분의 첨가제가 담배의 연소 특성에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 그러나 최근에 alkali earth metal에 대한 관심이 고조되면서 이에 관련

한 연구 결과들이 발표되었고 이들 금속염은 담배 연기성분중 타르, 니코틴, CO 생성에 영향을 미치며 연소온도도 변화시키는 것으로 보고되었다(Ihrig and Smith, 1994). 따라서 이들 결과를 토대로 alkali earth metal 뿐만 아니라 다른 organic salt가 치환된 9가지 첨가제에 대한 연기 성분을 분석하였고 그 결과를 Fig. 1에 나타내었다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 대부분의 M 그룹에서 타르의 경우 6-22%, 니코틴 3-33%, CO 5-19%의 감소 효과가 있었다. 타르의 감소 효과는 M3에서, 니코틴의 감소효과는 M5에서 가장 크게 나타났다. M9의 경우 가장 낮은 감소 효과를 나타냈는데 이유는 non-soluble의 첨가제로 켈런 제조시 첨가제의 손실에 기인하는 것으로 판단된다. 담배 개피당 CO는 6-19%의 감소 효과가 있었으나 CO/tar ratio로 볼때 대부분의 첨가제는 7%이내에서 증가하는 경향이였다. 담배가 저타르화함에 따라 각미 측면에서 T/N ratio가 중요한 요인으로 대두되었는데 대부분의 금속염에서 타르 보다는 니코틴의 감소가 두드러짐에 따라 T/N ratio는 M5에서 최고 39%까지 증가함을 알 수 있었다. TSNAs의 담배 주류연중 이행량은 TSNAs의 비휘발성 성질로 인하여 타르의 이행량과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있다(Adams *et al.*, 1981). 따라서 대부분의 금속염에서 타르의 감소로 인해 TSNAs의 이행량도 감소하는 경향을 보였으며 M8을 제외하고 19-52%의 감소효과가 있었다. M8의 경우 TSNAs의 함량이 20%정도 증가했는데 이는 금속 종류의 차이에서 오는 결과로 보인다. HCN의 경우 30-75%의 감소 효과가 있었으나 M5와 M9에서 각각 54%와 56%가 증가 되었다. M1, M4, M5와 M9는 같은 organic salt를 처리했는데도 불구하고 HCN에서 서로 상반된 결과를 보여 주었다. M1과 M5가 같은 금속 이온과 같은 organic salt임에도 이와 같은 결과를 보여준것은 organic salt에 치환된 금속의 수가 달랐기 때문인 것으로 판단되며 M9에서 HCN의 증가는 M1과 같은 organic salt라도 금속의 종류에 따라 차이가 있음을 보여준다.

첨가제가 담배 연기성분에 미치는 영향

Table 1. Symbol, amount and application method of additives

Group	Additives	Amount/Tob. weight	Application	
Alkali metal salts (M)	M1	5%	water	
	M2	5%	water	
	M3	5%	water	
	M4	5%	water	
	M5	5%	water	
	M6	5%	water	
	M7	5%	water	
	M8	5%	water	
	M9	5%	ethanol+PG	
Antioxidants(A)	Chemical (AC)	AC1	10mmol	ethanol
		AC2	10mmol	ethanol
		AC3	10mmol	water
		AC4	10mmol	water
		AC5	10mmol	water
	Natural Extract (AN)	AN1	5%	water
		AN2	4%	water
		AN3	4%	water
		AN4	4%	water
		AN5	3%	water
AN6	3%	water		
AN7	4%	water		
AN8	5%	water		
AN9	3%	water		
AN10	5%	water		
Scavenger(S)	S1	1%	ethanol	
pH modification(P)	P1	5%	water	
	P2	5%	water	
	P3	5%	water	
Filler(F)	F1	5%	ethanol+PG	
Catalysts(C)	C1	1.5%	ethanol+PG	
	C2	1.5%	ethanol+PG	
	C3	1.5%	ethanol+PG	
	C4	1.5%	ethanol+PG	
Others(O)	O1	3%	ethanol+PG	
	O2	3%	ethanol+PG	
	O3	3.5%	water	

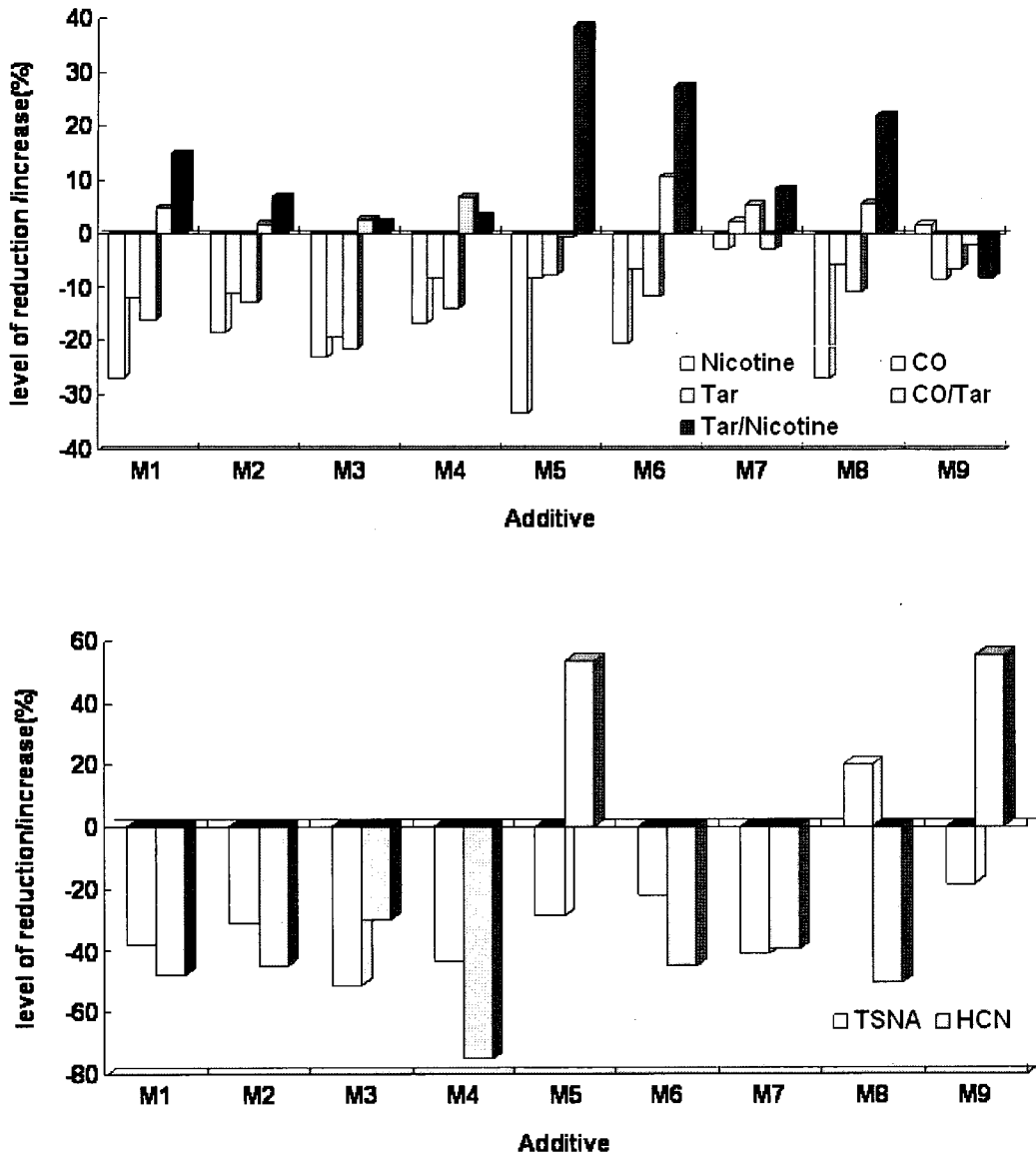


Fig. 1. Level of reduction/increase in mainstream smoke delivery treated alkali metal salts(M group).

항산화제(A)

담배 주류연중 TSNAs는 주로 endogeneous TSNAs의 이행과 담배 연소시 열합성에 의하여 생성되며 따라서 담배 주류연중 TSNAs를 감소

시키기 위하여 TSNAs의 생성을 효과적으로 감소시킬 수 있는 항산화제를 각초에 처리하는 방법이 알려져 있다. 항산화제는 TSNAs의 열합성이나 이행을 억제시키는 것으로 알려져 있으며

첨가제가 담배 연기성분에 미치는 영향

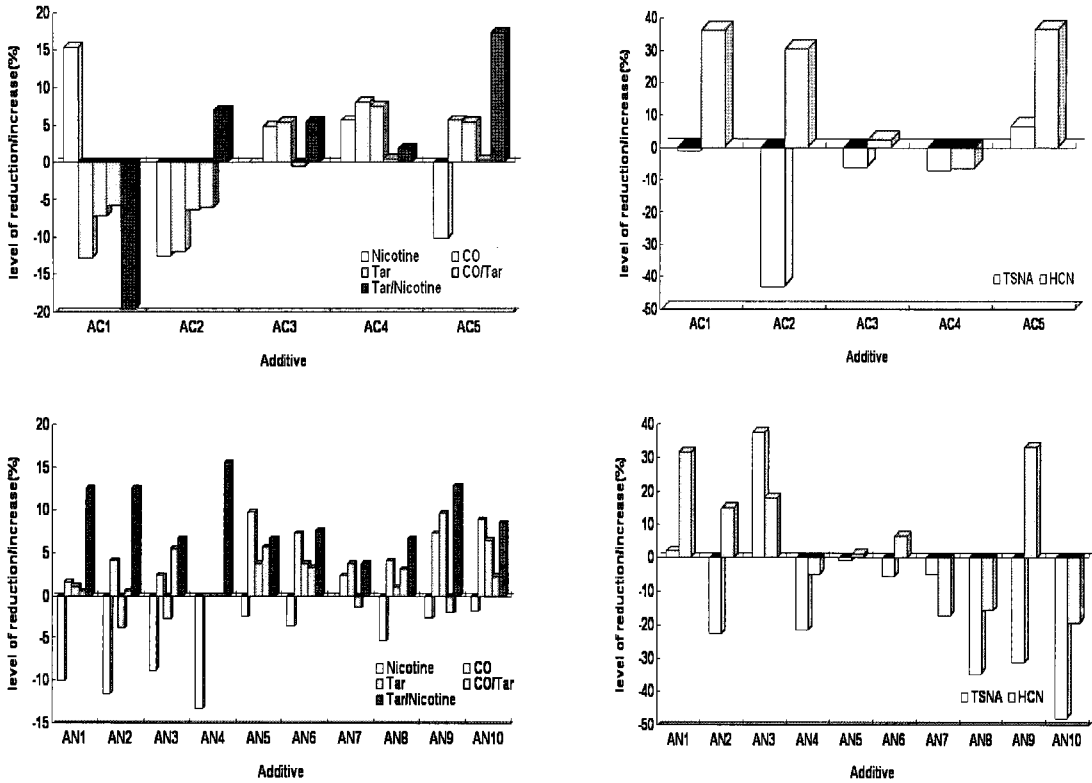


Fig. 2. Level of reduction/increase in mainstream smoke delivery treated antioxidant (A group).

담배연소시 낮은온도에서 TSNAs의 분해를 촉진시키는 것으로 알려져 있다(Morgan *et al*, 1988). 본 실험에서는 항산화제를 chemical과 천연 추출물로 분리해 버어리 각초에 처리하였고 분석 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 항산화제중 chemical 처리시 타르, 니코틴, CO의 이행에는 큰 영향이 없는 것으로 판단되며 다만 AC5에 금속 이온이 치환된 AC4는 니코틴이 증가한 반면 AC5는 감소하는 경향이었다. AC5에 알킬기가 도입된 AC1의 경우 CO 및 타르에서 AC5와는 서로 상반된 결과를 보여주었다. 특히 AC1에서 니코틴의 증가는 T/N ratio에서 20%의 감소 효과를 나타내었다. 항산화제중 천연 추출물 처리시 니코틴은 대부분 감소하는 경향이었으나 CO, 타르, T/N ratio는 증가하여 이전의 연구 결과와도 일치하였다(Richard *et al*, 2003). 이는 천연 추출물

에 존재하는 휘발성 성분과 타르 및 CO생성의 전구 물질인 유기물과 당이 많이 함유되어 있기 때문인 것으로 판단되며 니코틴의 감소는 추출물에 의한 각초 중량의 감소 효과로 보인다. TSNAs의 경우 AC3와 AC4에서 감소 효과가 있었으나 매우 미미하였고 AC2에서는 43%의 감소 효과가 있었으나 반면에 HCN은 30% 증가하였다. 또한 AC1과 AC5에서도 HCN의 경우 36%가 증가되었다. AN10에서 TSNAs는 41%의 감소 효과를 보여주었고 HCN은 20%의 감소 효과를 보여주었다. AN9의 경우 TSNAs는 31%의 감소 효과가 있었으나 HCN은 33% 증가하였고 대부분의 AN 계열의 경우 HCN은 증가하는 경향이었다. 이와 같은 결과는 pH 및 천연 추출물인 AN계열에서 HCN의 전구 물질이 되는 아미노산등과 관련이 있을 것으로 판단된다.

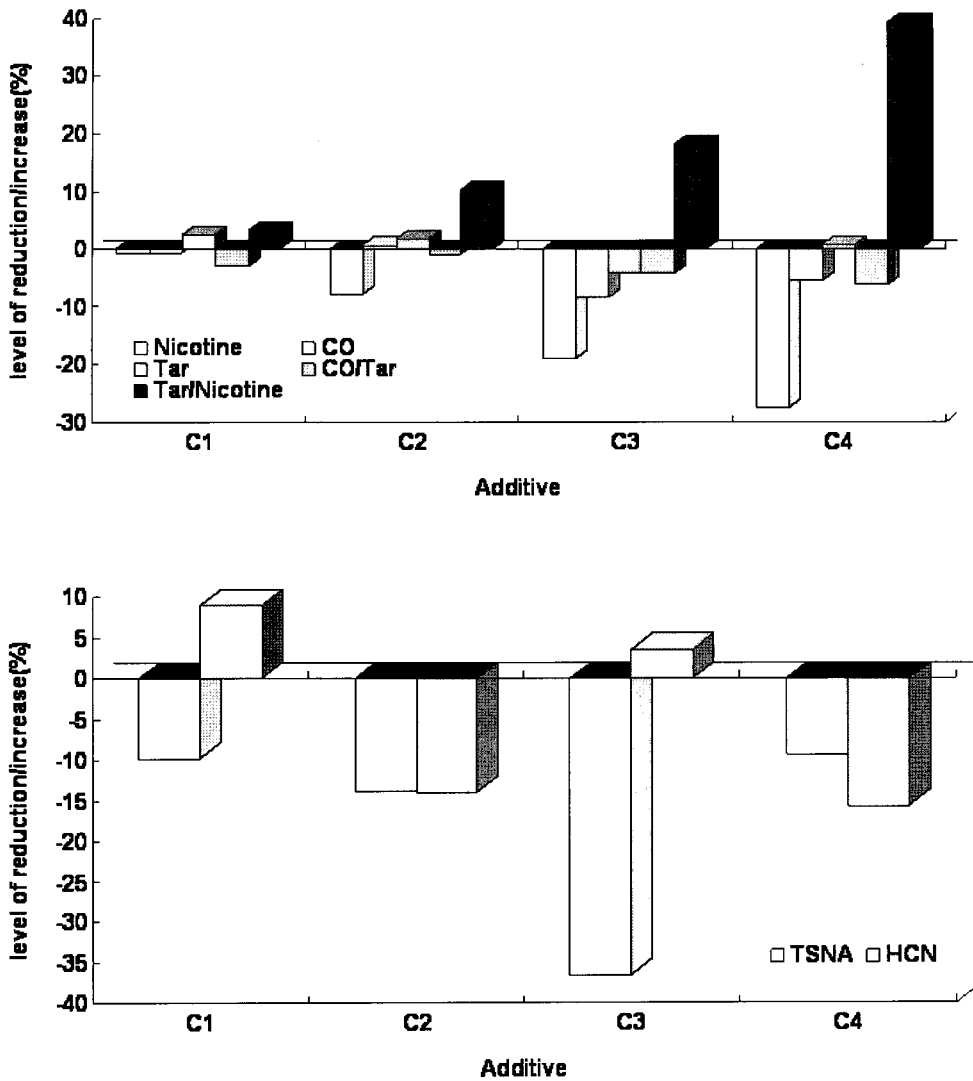


Fig. 3. Level of reduction/increase in mainstream smoke delivery treated catalyst(C group).

촉매(C)

Molecular sieve를 base로 전이 금속이 침착된 C1과, C1에 noble metal이 농도별로 침착된 촉매를 각초에 처리한 분석 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 일반적으로 촉매의 사용분야는 산업 및 환경에 이르기 까지 매우 다양하지만 특수 성분 제거를 위해 담배에도 필터의 흡착제 및 각초에 적용한 많은 연구 결과가 있다(Robert, 2004). 촉매

는 고온에서 활성화되므로 보통 상온의 환경에서는 촉매의 효과가 미미하여 필터에 흡착제로 촉매를 적용할 때에는 그 효과를 기대하기가 어렵다. 따라서 촉매의 활성을 극대화 하고자 담배 연소시 발생하는 고온을 이용하기 위하여 대개 각초에 적용하게 되는데 이때 촉매는 특수 성분의 분해와 산화를 촉진시켜 특수 성분들의 이행을 감소시키는 것으로 알려져 있다. 본 실험에

첨가제가 담배 연기성분에 미치는 영향

서도 이들 축매의 성질을 이용하여 각초에 적용하였으나 CO 및 타르에서는 일정한 경향을 보여 주지 않았다. 다만 니코틴에서 noble metal의 첨착과 농도에 따라 27%까지 감소하였다. 타르의 함량은 축매에 따라 거의 일정한 반면 니코틴이 감소함에 따라 T/N ratio는 증가하는 경향이였다. TSNA는 C3에서 37% 감소하였고 HCN은 약간

증가하였으나 증가폭은 매우 미미하였다. C2와 C4에서 TSNAs 및 HCN은 약간 감소 하였으나 감소폭은 15% 이내로 감소 효과는 크지 않았다. 이들 축매들은 불용성의 작은 입자들로서 각초에 첨가된 후 켈런 제조시 공정상의 문제로 각초에 축매의 잔존율이 감소하므로 효과가 미미한 것으로 여겨지며 앞으로 적용 방법등에 대한 심도있는 검토가 있어야 할 것으로 판단된다.

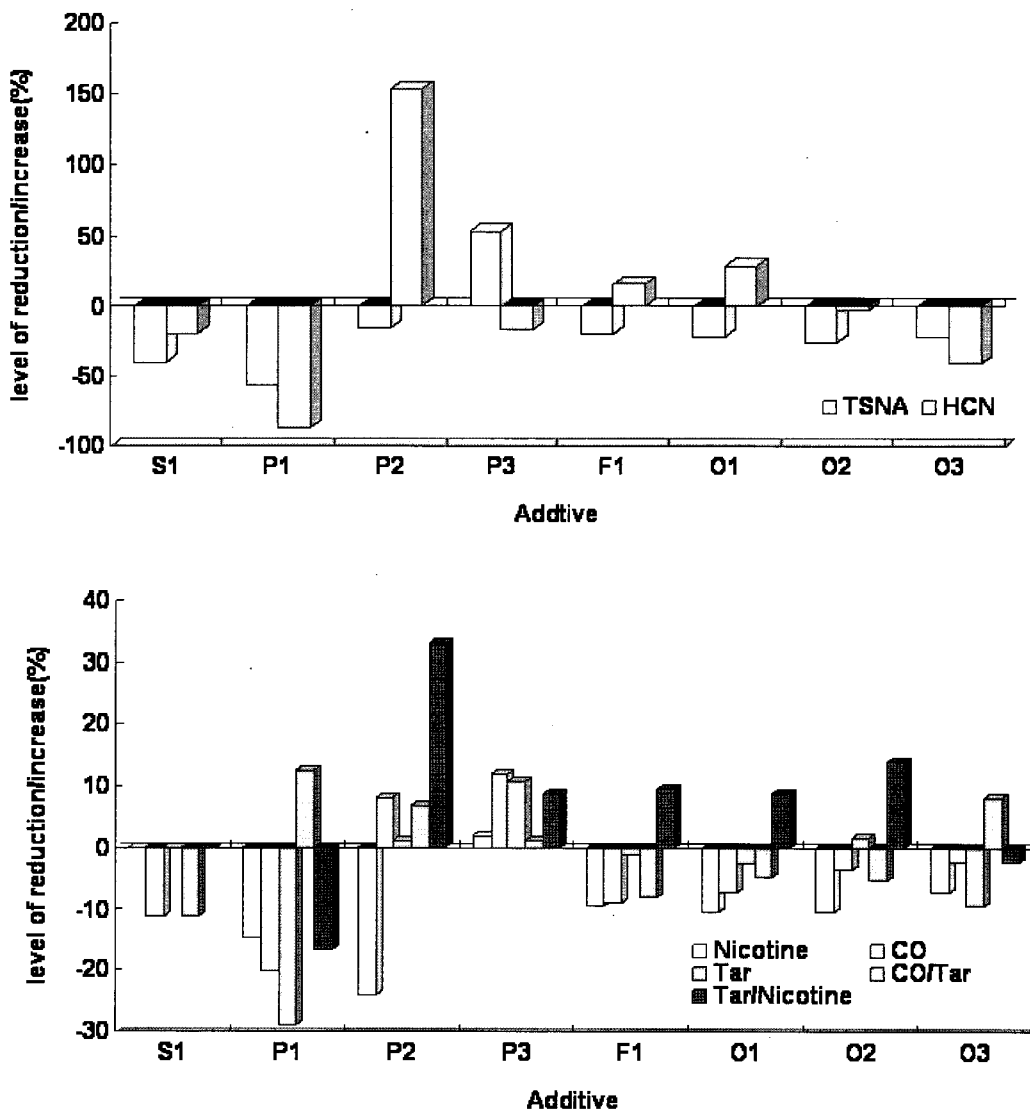


Fig. 4. Level of reduction/increase in mainstream smoke delivery treated others(Group S, P, F, O).

기타(S, P, F, O)

담배 연소시 발생하는 고온은 담배 구성 성분에 많은 열반응을 일으키게 하며 많은 유해 성분들이 생성하게 되는데 이들의 생성 메카니즘은 주로 라디칼 반응에 의해서 이루어진다. 또한 담배 연기성분은 연중 및 엽중 pH에 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Lakritz *et al*, 1969). 따라서 담배 연소시 생성되는 라디칼 반응을 억제시키기 위해 자유 라디칼 포착제 및 pH조절을 위한 첨가제, 기타 첨가제에 대한 분석결과를 Fig. 4에 나타내었다. P3를 제외한 대부분의 첨가제에서 타르, 니코틴 및 CO의 감소 효과가 있었다. P2의 경우 24%의 니코틴 감소 효과가 있었지만 타르는 약간 증가하여 상대적으로 T/N ratio는 33%까지 증가하였다. 이와는 상반되게 P1의 경우는 타르가 29% 감소되어 니코틴의 감소에도 불구하고 T/N ratio가 17%정도 감소하였다. TSNAs의 경우 P1과 P2에서 각각 57%, 16%의

감소효과가 있었으나 HCN의 경우는 P1에서 88%가 감소한 반면에 P2에서는 반대로 153%가 증가하여 매우 큰 차이를 보여주었는데 이는 pH가 HCN 생성에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. P3의 경우 니코틴과 TSNAs의 증가는 담배 연소시 P3에서 발생하는 휘발성 염기가 니코틴과 TSNAs의 이행에 영향을 미치는 것으로 판단된다. S1의 경우 TSNAs와 HCN에서 각각 41%와 20%의 감소 효과가 있었다. 무기 보충제로 사용하는 F1의 경우 TSNAs의 감소 효과는 19%로 크지 않아 F1역시 촉매와 마찬가지로 불용성의 첨가제로 각초 적용의 문제점으로 판단된다. O1-3의 경우 TSNAs는 22-26%의 감소 효과가 있었고 O1에서 HCN이 29%가 증가한 반면 O3에서는 41%의 감소 효과가 있었다.

열중량 분석

담배 연소연구에서 열중량 분석기는 담배의

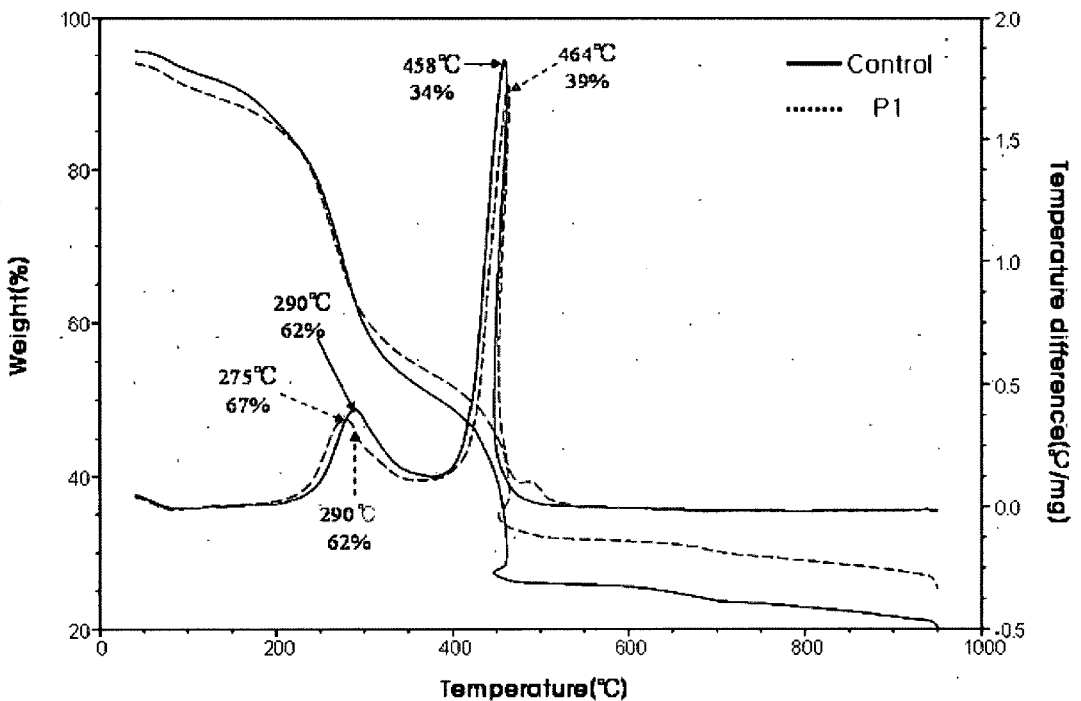


Fig. 5. TGA curve and DTA curve from a control and P1.

열분해에 대한 첨가제의 효과를 분석하는 중요한 분석 기법중의 하나이다(Burdick *et al*, 1969). 담배의 열분해 과정을 보면 전형적으로 150-350°C (A) 영역과 350-500°C (B) 영역에서 가장 많은 중량 감소가 일어난다. 이 두 개의 온도 영역에서 대조구와 첨가제가 처리된 시험구의 결정화 온도와 중량 감소의 비로 담배 첨가제에 대한 효과를 분석하고자 대조구와 P1으로 처리된 시험구의 열중량 분석을 하였고 그 결과를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5에서 보는데와 같이 낮은 온도의 영역(A)에서 대조구의 결정화 온도는 290°C였고 시험구는 275°C로 대조구에 비해 15°C정도 낮은 온도에서 열분해가 일어남을 알 수 있다. 즉 첨가제가 처리된 시험구는 대조구에 비해 낮은 온도에서 열분해 및 가스화 반응이 촉진되어 상대적으로 대조구에 비해 TPM의 이행량이 감소함에 따라 연기 성분에 많은 영향을 미치는 것으로 판단된다. 각각의 결정화 온도에서 연소 잔류량은 대조구에서 62% 시험구에서 67%로 5%의 중량 차이를 보이지만 이는 분해되지 않는 첨가제(5% 적용)의 무게를 감안하면 같은 양의 중량 감소로 볼 수 있다. 높은 온도 영역(B)에서 결정화 온도는 시험구가 대조구에 비해 6°C 정도 높은 온도에서 열분해가 일어남을 알 수 있는데 이는 P1의 첨가제가 생성된 char를 안정화시키므로 대조구에 비해 더 높은 온도에서 결정화 온도가 나타나는 것으로 여겨진다. 대조구의 결정화 온도인 290°C와 같은 온도에서 시험구의 연소 잔류량은 62%이지만 첨가제의 무게를 감안하면 실제로는 57%가 잔류하게 된다. 즉 같은 온도에서 대조구는 38%, 시험구는 43%의 중량 감소가 일어나 그 비가 1.13으로 나타났다. Burdick 등(1969)에 의하면 이와같이 같은 온도에서 대조구와 시험구의 중량 감소비로 첨가제의 효과를 확인하는 방법이 있는데 그 비가 0.95보다 적거나 1.05보다 클때 첨가제의 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 이와 같이 열중량 분석기에 의해서도 P1의 첨가제 효과를 확인할 수 있었고 담배 주류연의 연기성분에도 크게 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

결 론

첨가제에 의한 담배 연기성분의 변화를 살펴보고자 총 36개의 첨가제를 8개 그룹으로 분류하여 담배 적용 후 분석한 결과 일반적으로 대부분의 첨가제들은 담배 연기 조성의 양적인 변화를 주는데 매우 효과적인 방법으로 여겨지며 특히 니코틴의 감소는 거의 모든 첨가제에서 나타났다. 알카리 금속염으로 처리된 M 그룹에서는 타르 6-22%, 니코틴 3-33%, CO 5-19%의 감소 효과가 있었고, TSNAs는 19-52%, HCN은 30-75%의 감소 효과가 있었다. 황산화제가 처리된 A 그룹의 경우 타르, 티코틴, CO 이행량에는 큰 영향이 없는 것으로 판단되며 TSNAs는 48%의 감소 효과가 있었고 HCN은 대부분 증가하는 경향이였다. 촉매로 처리된 C 그룹에서는 CO 및 타르에서는 일정한 경향을 보여주지 않았다. 다만 니코틴에서 noble metal의 첨착과 농도에 따라 27%까지 감소하였다. TSNAs는 37% 감소하였고 HCN은 약간 증가하였으나 증가폭은 매우 미미하였다. 라디칼 포착제로 처리된 S 그룹 및 pH조절을 위한 첨가제로 처리된 P 그룹, 기타 첨가제에 대한 분석결과 S 그룹에서는 TSNAs와 HCN에서 각각 41%와 20%의 감소 효과가 있었고, P 그룹의 경우 TSNAs는 P1과 P2에서 각각 57%, 16%의 감소 효과가 있었으나 HCN의 경우는 P1에서 88%가 감소한 반면에 P2에서는 반대로 153%가 증가하여 매우 큰 차이를 보여주었다. 기타 첨가제로 처리된 O 그룹의 경우 TSNAs는 26%의 감소 효과가 있었고 HCN은 41%의 감소 효과가 있었다. 열중량 분석기를 통한 분석 결과, 첨가제가 처리된 시료는 담배의 열분해 양상에 많은 영향을 미침을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- Adams, J. D., Castonguay, A., Lee, S. J., Vinchkoski, N. and Hoffmann D. (1981) Formation and transfer of NNK during smoking. 35th Tob. Chem. Res. Conf., Paper No. 49.

- Burdick, D., Benner, J. F. and Burton, H. R. (1969) Thermal decomposition of tobacco IV. *Tobacco Sci.* 13 : 138-141.
- Burgon, H. R. and Benner, J. F. (1972) Effect of chemical modifiers on tobacco and tobacco smoke. *Tob. Health Workshop Conf. Proc.* 341-364.
- Green, C. R. and Rodgman, A. (1996) The Tobacco Chemists' Research Conference ; A half-century of advances in analytical methodology of tobacco and its products. *Recent Adv. Tob. Sci.* 22 : 131-304.
- Greene, H. L.(1971) Catalytic modification of tobacco pyrolyzates. A proposal to the council for tobacco. research(<http://tobacco-documents.org/ctr/50090835-0859.html>).
- Hoffmann, D., Hoffmann, I. and El-Bayoumy, K. (2001) The less harmful cigarette. *Chemical research in toxicology* 14(7) : 767-790.
- IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks of Chemicals to Humans.(1972-2000). International Agency for Research on Cancer Vol 1-77.
- Ihrig, A. M and Smith, S. I. (1994) The role of alkali and alkaline earth metal ions in cellulosic smouldering. *J. Fire Sci.* 12 : 357-375.
- Lakritz, L., Bradley, H. D., Terrell, H. and Stedman, R. L. (1969) Composition Studies on Tobacco. *Beitr. Tabakforsch Int.* 4 : 71-73.
- Miller, F., Freeman, W. J. and Stedman, R. L. (1968) The effect of additives on the combustion temperature of cigarettes. *Beitr. Tabakforsch Int.* 4 : 269-274.
- Morgan, W. R., Kinser, R. D. and Ellis, C. K. (1988) Studies of TSNA pyrosynthesis : Past, Present and Future. PM Report 6908(smoke condensate studies).
- Richard, R. B., Jose, R., Pereira D. S. and Graham, S. (2003) The effect of tobacco ingredients on smoke chemistry. *Food and Chemical Toxicology* 42 : 3-37.
- Robert, D. B. (2004) Method of making a smoking composition. US patent NO. 6,789,548.
- Rodgman, A. (2001) Studies of polycyclic aromatic hydrocarbons in cigarette mainstream smoke. *Beitr. Tabakforsch. Int.* 19 : 361-379.
- Sharma, R. K., Wooten, J. B., Baliga, V. L., Martoglio-Smith, P. A. and Hajaligol, M. R. (2002) Characterization of char from the pyrolysis of Tobacco. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50 : 771-783.
- Terrell, J. H. and Schmeltz, I. (1970) Alteration of cigarette smoke composition: I. Influence of certain additives. *Tob. Sci.* 14 : 78-81.
- Wynder, E. L. and Graham, E. A. (1950) Tobacco smoking as a possible etiologic factor in bronchiogenic carcinoma. *J. Am. Med. Assoc.* 143 : 329-336.