

담배성분과 연기성분 간의 상관성 연구

나 효 환 · 오 세 열 · 최 승 찬 · 김 신 일

한국인삼연초연구소

The Correlation of Cigarettes and Smoke Components from Non-Blended and Blended Cigarettes

H. W. Rah, S. Y. Oh, S. C. Choi and S. I. Kim

Korea Ginseng and Tobacco Research Institute

(Received for publication, March 28, 1984)

ABSTRACT

The chemical components of non-blended and blended cigarettes and their smoke have been analyzed to investigate the correlation between them.

Some regression of linear equations were obtained based on the simple correlation data(r), for the various smoke components such as tar, nicotine, nitrogen dioxide, steam volatile phenols, formaldehyde, acetaldehyde, acrolein and hydrogen cyanide.

Chi-square tests were carried out to observe the probabilities of the values estimated by the regression of linear equations.

The probabilities of the greater values were 0.900-0.999 to tar, nicotine, formaldehyde, acetaldehyde, acrolein, steam volatile phenols, nitrogen dioxide and hydrogen cyanide of the non-blended cigarettes, and 0.900-0.999 to tar, nicotine, nitrogen dioxide, steam volatile phenols and static burning rate (SBR) of the blended cigarettes.

서 론

담배성분과 연기성분 간의 상관성 연구는 담배연기의 생성기작을 추정하거나 담배 성분들의 분석결과로부터 어느 특정 연기성분의 생성량을 추정할 수 있는 회귀식을 구할수 있어서 담배 연구분야에 편리하게 활용할 수도 있다.

그러나 이러한 상관성 연구는 담배의 연소나 열분해 과정에서 생성되는 여러가지 연기성분의 생성량이 이 담배제조에 사용한 원료 잎담배와 재료품의 이화학적 특성에 따라 결정된다는 이론에 근거를 두고 있지만 현재까지 밝혀진 담배 성분과 연기성분이 수 천개에 달하며, 재료품이나 첨가제 등이 관여하는 여러 인자를 고려한다.

면 우선 담배성분과 연기성분을 분석하는 것은 물론이고, 각 성분과 관여인자 간의 상관성을 분석하는 것이나 상관분석결과를 활용하는 것이 단순하지 않아서 실제로는 활용이 거의 불가능하게 될 것이다.

이러한 이유로 이미 보고된 이 분야의 상관성 연구를 보면 원료 잎담배의 이화학적 특성과 여러 관여 인자들의 범위를 좁히기 위하여 단엽제품의 경우는 황색종과 버어리종을 별도로 상관성을 조사하였으며^(16,17) 황색종과 버어리종을 같이 조사한 보고에서도 그 결과는 품종별로 크게 다른 경향을 나타내었다.⁽⁹⁾

또 한편 담배연기 생성에 관여하는 가장 중요한 인자의 하나인 잎담배의 이화학적 특성은 그 담배의 품종, 재배조건, 착엽위치, 건조방법 등의 여러 인자로 결정되기 때문에 몇 가지 담배성분의 분석결과와 그 담배의 연기성분 분석결과로부터 구한 회귀식의 적용범위는 극히 제한적 이라고 시사한 보고도 있다.^(18, 19)

그러나 일반 제품담배에는 여러 가지 품종의 잎담배와 관상엽, 팽화담배등을 배합하여 제조하므로 제품담배는 단엽담배와는 별도로 상관성을 조사하는 것이 바람직 하다고 본다.

따라서 본 연구에서는 황색종 단엽제품과 배합제품에서 상관 경향의 차이와 두 제품에서 구한 회귀식 중에서 실제 활용 가능한 것을 선별하기 위하여, 황색종 4개 품종에서 잎담배성분을 17개 항목으로 분석하고, 단엽담배의 연기중에서는 Gori 등^(3,4,5) 이 생리적 활성물질 중 중요한 것으로 지적한 tar, nicotine, carbon monoxide, pydrogen cyanide, acrolein, nitrogen dioxide와 기타 4개의 연기성분을 분석한 다음 이들 성분 간의 상관성을 조사하고, 별도로 황색종, 버어리종, orient종, 관상엽과 팽화주막으로 각 원료의 배합비율을 다르게 시험용담배를 만들어 담배성분과 연기성분들을 분석하고 각 성분 간의 상관성을 조사하여 몇 가지 연기성분의 생성량을 추정할 수 있는 회귀식을 구하고 이들 회귀식을 검정해 보기로 하였다.

재료 및 방법

1. 시료 및 조제

(1) 황색종 단엽담배

시료로 사용한 잎담배는 80년도 국내산 flue-cured종 NC2326, By 4, Hlicks, Va115를 선정 하였으며 산지와 등급은 다음 Table의 내용과 같다.

Table 1. Varieties, sites and grades of experimental samples.

Varieties	Sites	Grade*
NC2326	Chungju	H : 1,3,5 L : 1,3,5
By4	Daejeon	H : 1,3,5 L : 1,3,5
Hicks	Andong	H : 1,3,5 L : 1,3,5
Va115	Chungju	H : 1,3,5 L : 1,3,5

* H : High leaf

L : Low leaf

잎담배는 주막을 제거한 다음 각 폭을 0.9mm로 절각하여 Cigarette making machine (Sanjo works, 1960)으로 둘레 25mm, 길이 60mm가 되게 등급별로 단엽권상하여 중량 $0.85 \pm 0.2g$, 흡인저항 $45 \pm 5 mm H_2O$ 로 선별한 다음 상대습도 $60 \pm 5\%$ 조화실에서 48시간 이상 조화시켜 연기성분 분석용 시료로 사용하였다.

(2) 배합담배

황색종 잎담배는 81년도 국내산 Va115와 Br 21(박엽 1 등)을 주막을 제거하여 사용하였고 Orient엽은 Basma와 Izmir을 1 : 1로 혼합 사용하고 관상엽은 제지식을 팽화주막은 82년 현행품을 사용하였다.

잎담배와 관상엽은 각폭 0.9mm로 절각하고 팽화주막을 배합하여 Molins Mark 9N 권상기로 둘레 25mm, 길이 60mm로 권상하여 24mm acetate filter를 부착 하였으며 엽배합 비율과 연기성

Table 2. Specifications of blended cigarette

Sample No.	Ratio of blends (%)					Weight (mg/cig.)	P.D* (mmH ₂ O)
	Val15	Br-21	Orient	Reconst Tobacco	Puff, Stem		
1	60	10	10	10	10	960 ± 10	110 ± 5
2	50	20	10	10	10	960 ± 10	110 ± 5
3	40	30	10	10	10	960 ± 10	110 ± 5
4	30	40	10	10	10	940 ± 10	110 ± 5
5	20	50	10	10	10	940 ± 10	110 ± 5
6	10	60	10	10	10	940 ± 10	110 ± 5
7	60	10	15	—	15	960 ± 10	110 ± 5
8	50	20	15	10	15	960 ± 10	110 ± 5
9	40	30	15	10	15	960 ± 10	110 ± 5
10	30	40	15	10	15	940 ± 10	110 ± 5
11	20	50	15	10	15	940 ± 10	110 ± 5
12	10	60	15	10	15	940 ± 10	110 ± 5
13	60	10	15	15	—	960 ± 10	110 ± 5
14	50	20	15	15	15	960 ± 10	110 ± 5
15	40	30	15	15	15	960 ± 10	110 ± 5
16	30	40	15	15	15	940 ± 10	110 ± 5
17	20	50	15	15	15	940 ± 10	110 ± 5
18	10	60	15	15	15	940 ± 10	110 ± 5
19	60	10	—	15	15	960 ± 10	110 ± 5
20	50	20	15	15	15	960 ± 10	110 ± 5
21	40	30	15	15	15	960 ± 10	110 ± 5
22	30	40	15	15	15	940 ± 10	110 ± 5
23	20	50	15	15	15	940 ± 10	110 ± 5
24	10	60	15	15	15	940 ± 10	110 ± 5

P.D: Prossure drop.

본 분석에 사용한 쉐련의 중량 및 흡입저항 선별 결과는 Table 2와 같다.

이 배합담배의 조화조건도 황색종 단엽담배와 같이 하였고, 담배성분 분석시료는 권상하기 전의 각초에서 각각 일부를 취하여 60℃ 이하에서 건조한 다음 지름 1mm 이하로 분쇄하여 다시 80±2℃에서 3시간 건조하여 사용했다.

2. 담배성분 및 연기성분 분석

담배중의 nicotine, total sugar, reducing sugar, crude fiber, total nitrogen, protein nitrogen, nitrate nitrogen, starch, Na, Ca,

Mg, Mn은 한국연초연구소 발행 “담배성분 분석법”⁽⁷⁾에 따라 분석하였고, α-amino nitrogen⁽¹¹⁾과 ammonia form nitrogen⁽¹⁰⁾은 자동분석기 (Technicon Autoanalyzer TM II)를 써서 정량 하였으며, fructose, glucose, sucrose⁽²⁰⁾와 chlorogenic acid, rutin⁽¹³⁾은 HPLC를 써서 분리정량 하였다.

담배연기성분 중에서 tar, nicotine 그리고 담배의 연소성은 CORESTA법에 따랐으며, nitrogen dioxide는 Saltzman법으로 정량하였다.

연기중의 formaldehyde, acetaldehyde, ac-

rolein은 한국연초연구소 발행 “담배연기성분 분석법⁽¹⁵⁾”에 따라 HPLC로 분석하였고 steam volatile phenols도 “담배연기성분 분석법⁽¹⁵⁾”으로 정량하였다.

결과 및 고찰

담배성분과 연기성분을 분석한 다음 각 성분 함량 간의 상관성을 조사하여 상관계수 (r)를 구한 결과 황색종 단엽담배의 r값은 Table 3과 같고 배합제품의 r값은 Table 4와 같다.

Table 3에서 담배성분과 연기성분들을 group 별로 구분하여 상관성의 경향을 보면 담배중의 합수탄소류와 연기중의 aldehydes 간에는 (+)의 상관성을 보이고 있으며 담배중의 질소화합물과 연중 aldehydes 간에는 (-)의 상관성이 높은 것으로 나타났다. 이들 성분간의 상관성은 배합제품인 Table 4에서도 같은 경향 이지만 유의수준은 크게 떨어지고 있으며, 담배중의 nicotine과 연기중의 nicotine, 그리고 담배중의 비 알카로이드성 질소와 연기중의 이산화질소간

에는 (+)의 상관성이 높은것으로 나타나고 있는 것은 단엽제품과 배합제품에서 공통적인 경향이었다.

담배중의 질소화합물, 당류, Phenol 등을 단일 화합물이나 radical을 기준하여 형태별로 분석한 결과에서 상관성을 보면 (Table 4)nicotine을 제외하고 α -amino nitrogen, ammonia nitrogen, nitrate nitrogen 등이 모두 연기중의 nitrogen dioxide와 (+)의 상관성이 높았고, 담배중의 fructose, glucose, sucrose와 연중 nitrogen dioxide 간에는 유의수준 0.1%의 (-)의 상관성을 보이는데 이는 담배중의 이들 질소화합물이 연소과정에서 nitrogen dioxide로 연기중에 이행되는 비율이 가장 큰 때문인 것으로 생각된다. 이 nitrogen dioxide가 생성될 때에 연소성과의 관계를 보면 담배의 연소성 (static burning rate, SBR)이 담배중의 K, Mg, Mn등의 금속원소와 0.1% 수준의 (-)의 상관성이었으며, 담배중의 fructose, glucose, sucrose, 같은 당류와는 0.1% 수준의 (+)의 상관성을 보이고 있어 조연성을 가진 금속원소와 당류의 합

Table 3. Sample correlation coefficients between variables of tobacco smoke and leaf components

Smoke component Leaf components	Dry smoke condensate (Tar)	Nicotine (Total Alkaloid)	Carbon Monoxide (CO)	Formaldehyde (HCHO)	Acetaldehyde(CH ₃ CHO)	Acrolein (CH ₂ CHO)	Steam, Vol. Phenols (Phenol)	Nitrogen Dioxide (NO ₂)	Hydrogen Cyanide (HCN)
Total Sugar	0.249	-0.138	-0.114	0.046	0.931 ^{***}	-0.679 ^{***}	0.186	-0.677 ^{***}	0.100
Reducing Sugar	0.284	-0.090	-0.122	-0.012	0.758 ^{**}	0.615 ^{**}	0.455 ^{**}	-0.653 ^{**}	0.185
Crude Fiber	-0.227	-0.098	-0.229	0.872 ^{**}	-0.013	0.851 ^{**}	-0.222	0.221	-0.048
Ether Extract	-0.001	0.243	-0.102	-0.350	-0.198	0.146	-0.337	0.083	-0.286
SBR	0.422 [*]	0.391	0.165	-0.077	0.531 ^{**}	0.307	0.771 ^{**}	-0.277	0.559 [*]
Total Nitrogen	0.125	0.662 ^{***}	0.334	-0.047	-0.582 ^{**}	-0.588 ^{**}	0.187	0.771 ^{***}	0.501 [*]
Protein Nitrogen	-0.165	0.366	0.158	0.137	-0.517 ^{**}	-0.697 ^{**}	0.219	0.599 ^{***}	0.292
Total Alkaloid	0.670 ^{**}	0.903 ^{**}	0.261	-0.556 ^{**}	-0.192	-0.177	0.221	0.478 ^{**}	0.702
Non, Alkaloid, N	-0.095	0.435 ^{**}	0.305	0.001	-0.653 ^{**}	-0.625 ^{**}	0.143	0.756 ^{**}	0.196
Potassium	-0.650	-0.437	-0.340	0.244	-0.553 ^{**}	-0.470	-0.458 ^{**}	0.238	0.629 [*]

n = 24 (n : xx)

Significant level: * 0.05 (5%)

** 0.01 (1%)

*** 0.001 (0.01%)

Table 4. Simple correlation coefficients among smoke and tobacco components

Smoke Components	Tar	Nicotine	Nitrogen Dioxide	Hydrogen cyanide	Volatile phenols	Formaldehyde	Acetaldehyde	Arcrolein	SBR
Total N	-0.47624*	-0.60957**	0.74289**	0.37014	-0.44806*	-0.42953*	-0.35438	0.06445	-0.58272**
Nicotine	0.39074*	0.66283**	-0.33465	-0.08677	0.24008	0.27045	0.03125	0.01752	0.25743
Protein. N	-0.24739	-0.02976	0.19329	0.15103	-0.36654	0.01371	-0.03538	-0.51690**	-0.42680*
α -Amino. N	-0.28374	-0.20994	0.59087**	0.52825**	-0.32454	0.16644	-0.36625	0.08415	-0.36151
Ammonia. N	-0.37887	-0.30541	0.67045**	0.34244	-0.47713*	0.04443	-0.56527**	-0.03763	-0.42865*
Nitrate. N	-0.52267**	-0.66797**	0.87525**	0.50150*	-0.57785**	-0.17950	-0.40512*	-0.18864	-0.44063*
acid	0.51640**	0.53591**	-0.79016**	-0.61546**	0.52377**	0.108366	0.48747*	0.26515	0.44150*
Rutin	0.62702**	0.65361**	-0.58390**	-0.37941	0.53635**	0.25094	0.32430	0.10984	0.55061*
K	-0.83129	-0.81587**	0.74937**	0.18337	-0.78747**	-0.24395	-0.25217	-0.48634*	-0.73338**
Ca	-0.23561	-0.38785	0.70121**	0.60321**	0.05892	-0.08756	-0.62587**	0.32764	-0.21890
Mg	-0.70911**	-0.71584**	0.89338**	0.40606*	-0.60968**	-0.32605	-0.51008	-0.22799	-0.70706**
Mn	-0.67936**	-0.68831**	0.90896**	0.43110*	-0.64307**	-0.20933	-0.47421*	-0.19488	-0.70112**
Crude Fiber	-0.65825**	-0.75277**	0.61063**	0.07186	-0.70092**	-0.70132**	0.11938	-0.58507**	-0.71936**
Starch	0.61348**	0.59596**	-0.34378	-0.02207	0.53976**	-0.26238	0.03423	0.25615	0.41135*
Tot Sugar	0.70634**	0.80116**	-0.78513**	-0.38136	0.55812*	0.26791	0.42515*	0.17884	0.69450**
Red Sugar	0.73327**	0.82796**	-0.74853**	-0.36441	0.58525**	0.28773	0.33923	0.21688	0.69450**
Fructose	0.80861**	0.85061**	-0.73366**	-0.31791	0.62050**	0.24941	0.34334	0.23619	0.75722**
Glucose	0.78984**	0.88626**	-0.70794**	-0.28393	0.52423**	0.28745	0.28208	0.18429	0.68306**
Sucrose	0.36531	0.46022*	-0.68861**	-0.20780	0.41462*	0.67061**	0.16783	0.14320	0.56215**
SBR	0.87637**	0.73101	-0.60856**	-0.20934	0.77406**	0.30103	0.15335	0.49259*	1.00000

n = 24

Significance Level: *: 0.05 ** : 0.01 *** : 0.001

량이 nitrogen dioxide의 생성량에 크게 관여하는 것으로 해석된다.

한편 K, Ca, Mg, Mn등의 음이온 형태가 nitrate일 가능성을 추정해 보기 위하여 배합제품에서 담배중의 K, Ca, Mg, Mn과 nitrate nitrogen 간의 상관계수(r)를 하여본 결과 Table 5와 같이 모두 0.1% 수준의 (+)의 상관성이 있는 것으로 나타나 담배중의 nitrate는 이들 금속원소

의 염류 형태로 들어있는 양이 가장 많고 이 nitrate nitrogen이 연소과정에서 nitrogen dioxide로 연기중에 이행될뿐만 아니라 다른 질소 화합물의 연소에도 관여하여 질소의 산화를 촉진하는 것으로 추정된다. 이는 담배중의 ammonia성 질소나 α -amino nitrogen과 연중 nitrogen dioxide 간에는 0.1% 수준의 상관성이 있으며 Table 5에서 각 금속원소 함량의 평균

Table 5. Simple correlation coefficients among tobacco components in the sample I (Blended cigarette)

	K x:3.70	Ca 1.72	Mg 1.70	Mn 0.04(%)
Nitrate N. X:0.073(%)	0.793***	0.652***	0.844***	0.841***

n = 24

x : Mean

Significant level: ***0.001

값을 보면 Mn이 가장 적지만 그 함량이 많은 K나 Ca보다 높은 (+)의 상관성이 있는 것으로 보아서 알 수 있겠다.

황색종 단엽 제품에서는 (Table3) 담배 중의 Protein nitrogen과 연중 nitrogen dioxide 간에 (+)의 상관성이 (+)0.1% 수준인데 비하여 배합제품에서는 (Table4) 이들 두 성분 간의 상관성이 유의수준 이하로 떨어지고 담배종의 함수탄소류(당류)와 연중 aldehydes 간의 상관성도 크게 떨어지는 것은 배합제품에 부착한 acetate filter의 흡착특성이 각 연기성분별로 다른데에서 오는 영향도 있겠으나 배합제품에 배합한 Burley엽과 평화주맥종의 nitrate nitrogen의 함량이 황색종에 비하여 많을 뿐만 아니라, 연소성이 좋은 제지식 관상엽을 배합 한데서 오는 연소특성이 관하여 연소과정에서 NO_x가 많이 생성될 것으로 추정된다. 연기를 분석하기 위하여 연기를 포집하기 이전에 연기중의 일부 NO_x가 저급 aldehyde류와 같이 반응성이 큰 다른 연기성분들과 반응하여 분석한 성분 이외의 연기성분으로 이행되는 량이 단엽제품의 경우보다 많아지는 데에도 원인이 있는 것으로 본다.

Tar의 경우도 단엽제품과 배합제품에서 상관성이 크게 다른 경향으로 나타났는데 배합제품 (Table4)에서는 total sugar, reducing sugar 등의 당류와 tar간의 상관성이 (+)0.1% 수준인데 비하여 단엽제품 (Table3)의 유의수준은

그 이하였다. 이것은 Table2와 같이 배합제품이 단엽제품에 비하여 당함량과 연소성이 개별 시료 간에 뚜렷한 차이로 배합되어 있어서 Table4에도 연소성과 Tar 간에 0.1% 수준의 (+)의 상관성이 보이는 원인이 되는 것으로 보며, Tar은 당류의 불완전연소로 생성되는 비율에서 가장 높으며 이때에 연소성이 중요한 인자로 작용한 결과로 해석된다.

연중 steam volatile phenol은 담배중의 phenol을 대표할 수 있는 Chlorogenic acid, rutin과 0.1% 수준의 (+) 상관성이 있고 담배중의 함수탄소류와도 (+)의 상관성이 높은 것으로 나타나 연중 phenol은 담배중의 phenol이 직접 증류 이행되는 한편 함수탄소중 환원당의 열분해에서도 생성되는 것으로 생각된다.

담배중의 polysaccharide, lignin, protein 등이 연중 phenol의 Precursors라고 제안한 보고^(6,12)도 있으나 Table4를 보면 담배중의 crude fiber와 연중 steam volatile phenol간에는 0.1% 수준의 (-)의 상관성이 있으며 Table3에서도 이들 성분간의 상관성이 유의수준 이하인 것으로 보아 이 실험결과로는 담배중의 Polysaccharide를 연중 phenol의 precursor로 보기 어려우며 보다 면밀한 조사가 연구가 필요한 것으로 본다.

연중 hydrogen cyanide가 담배중의 α-amino nitrogen과 0.1% 수준의 (+)의 상관성이 있으며 담배중의 nitrate nitrogen과는 5% 수준의 (+)의 상관성이 있는 것으로 나타나는 것은 nitrate nitrogen, protein nitrogen, amino acid 등이 hydrogen cyanide의 Precursor라는 보고⁽⁸⁾와 잘 일치되며, 담배중의 다른 금속 원소와는 달리 Calcium만이 연중 hydrogen cyanide와 0.2% 수준의 (+)의 상관성이 있는 것으로 보아 담배중의 Calcium이 연중 hydrogen cyanide 생성을 촉진할 가능성을 시사하는 것으로 추정된다. 이는 담배의 연소성과 연중 hydrogen cyanide간의 상관성이 유의수준 이하인 것으로 보아 담배의 연소성이 연중 hydrogen cyanide 생성에 관여할 가능성을 배제할 수 있

기 때문이다.

Table 3, 4의 결과를 종합하여 보면 담배의 연소 과정에서 연기가 생성될 때에 어느 연기성분 이든 한개의 특정한 Precursor나 어느 한 인자만이 관여하지 않고 여러가지 담배성분과 인자들이 복합적으로 관여함을 알 수 있다.

담배성분과 연기성분 간의 상관성이 높은 분석 결과로서 담배성분 분석 결과로부터 각 연기성분 함량을 산출 추정할 수 있는 단상관 및 중상관 회귀식들을 구하고, 이들 회귀식으로 추정 한 각 연기성분 값의 신뢰도를 X^2 tests로 검정하여 단엽제품과 배합제품을 별도로 구분하여 본 결과는 Table 6, 7, 8과 같다.

단엽제품에서 구한 회귀식들을 X^2 tests한 결과 그 신뢰 확율이 전부 $P > 0,900$ 으로 높았고

배합제품에서 단상관회귀식으로 구한 연기성분 값을 X^2 tests한 결과에서 보면 (Table 7) tar, nicotine, nitrogen dioxide, steam volatile phenol, static burning rate는 $P > 0,900$ 으로 신뢰확율이 높았으나 기타 성분에서는 크게 떨어졌다. 이 결과는 중상관 회귀식에 대한 결과 (Table 8)에서도 대체로 같은 경향이었으며 nitrogen dioxide의 경우 신뢰확율이 크게 높아졌는데 이것은 상관계수가 높게 나온 분석결과만으로 회귀식을 구하는 것보다 분석결과를 Computer로 Principal component analysis를 하여 우선 연기생성에 관여하는 담배성분과 기타 관여 인자의 중요도 순위를 결정한 다음 그 순위에 따라 적절한 담배성분과 인자의 범위를 결정하고 이들 성분과 인자들을 써서 중상관 회귀식

Table 6. Linear formulas for the estimation of particulates in smoke from the chemical values of tobacco leaf' (Fule-cured).

X_1 X^2	Y	Regression Equation	n	ΣX^2	P >
Crude fiber	Formaldenye	Y= 109.7954 + 10.7830X ₁	22	0.769	0.999
Total sugar		Y= 94.0548 + 11.3031X ₁ + 0.5334X ₂ (eq. a)		0.651	0.999
Total sugar	Acetaldehyde	Y= 385.5553 + 16.1222X ₁	22	5.063	0.999
Crude Fiber		Y= 240.1150 + 17.0589X ₁ + 15.1604X ₂ (eq. b)		3.721	0.999
Crude Fiber	Acrolein	Y= -47.0978 + 28.3398X ₁	11	2.860	0.9555
Total sugar		Y= -55.2226 + 32.1358X ₁ -1.4471X ₂		2.663	0.955
Total sugar	Acrolein	Y= 149.8052 + 4.7006X ₁	24	9.008	0.999
Red. sugar	Acrolein	Y= 155.4073 + 5.6307 X ₁	24	8.354	0.999
Total Alkaloid	Dry condensate	Y= 14.0001 + 4.1004X ₁	24	0.917	0.999
Reducing sugar		Y= 19.6698 + 0.0475X ₁ + 0.2879X ₂		1.421	0.999
Total Alkaloid	Nicotine	Y= -0.6971 + 1.1855X ₁	24	0.134	0.999
Non Alkaloid. N		Y= -0.9577 + 1.1454X ₁ + 0.1980X ₂		0.127	0.999
SBR	Steam Vol. Phenols	Y= 20.2300 + 0.4192X ₁	24	8.430	0.999
Feducing Suger (X1)	Steam Vol. Phenols	Y= 115.6783 + 4.8181X ₁	24	16.471	0.900
Protein. N.		Y= -157.6669 + 4,5050X ₁ + 266.5041X ₂		13.773	0.950
Non Alkaloid N.	NO ₂	Y= 1.4090 + 6.0585X ₁	24	0.475	0.999
Nicotine		Y= 7.6030 + 0.2696X ₁ + 1.7494X ₂		0.827	0.999
Nicotine (Total Alkaloid	RCN	Y= 207.9661 + 45.3990X ₁		3.763	0.975
Total. N.		Y= 193.3660 + 40.5879X ₁ + 11.3890X ₂		3.696	
Total N. (X1)	NO ₂	Y= 5.1439 + 0.8399X ₁	24	0.451	0.999

Table 7. Linear formulas for the estimation of particulates in smoke from the chemical values of blended tobacco.

Smoke Comp.	Regression Equation	ΣX^2 (n=24)	P >
Tar	Y = -1.9505 + 2.6438 x SBR	0.39	0.999
	= 11.3777 + 0.492 x Glucose	0.70	0.999
	= 11.3699 + 0.4169 x Fructose	0.71	0.999
	= 11.3699 + 0.4169 x Fructose	0.71	0.999
	= 11.4102 + 0.4140 x Red. Sugar	0.79	0.999
	= 11.1677 + 0.1361 x Total Sugar	0.82	0.999
	= 11.0314 + 1.4537 x Starch	0.85	0.999
	= 11.2279 + 0.8333 x Chlorogenic Acid	1.28	0.999
Nicotine	Y = 0.9178 + 0.0783 x Glucose	0.09	0.999
	= 0.9251 + 0.0639 x Fructose	0.11	0.999
	= 0.9219 + 0.0319 x Red. Sugar	0.12	0.999
	= 0.8751 + 0.0006 x Tot. Sugar	0.15	0.999
	= -0.6506 + 0.312 x SBR	0.19	0.999
	= 0.0703 + 0.5157 x Nicotine	0.23	0.999
	= 1.0416 + 1.6191 x Rutin	0.24	0.999
NO ₂	Y = -37.4318 + 1.277.9180 x Mn	14.36	0.900
	= -5.4306 + 29.403 x Nitrate. N	19.43	0.509
	= -19.7655 + 50.1376 x Mg	27.97	0.350
	= -33.085 + 14.4537 x Tot. Nitrogen	33.78	0.100
HCN	Y = 130.0306 + 62.9721 x C ₂	39.02	0.025
	= 101.9853 + 299.2254 x α -Amino. N	44.57	0.006
Steam Volatile: Phenols	Y = -23.9698 + 10.7066 x SBR	5.63	0.999
	= 30.6224 + 1.4683 x Fructose	8.49	0.999
	= 30.5975 + 0.7083 + Red. Sugar	9.05	0.999
	= 28.6268 + 5.3640 x Starch	9.85	0.955
	= 25.2065 + 5.2181 x Chlorogenic Acid	10.78	0.990
SBR	Y = 5.1212 + 0.1294 x Fructose	0.19	0.999
	= 7.5477 - 0.5539 x K	0.20	0.000
	= 7.5937 - 0.1976 x Crude Fiber	0.21	0.999
	= 5.7107 - 1.7329 x Mg	0.22	0.999
	= 5.1295 + 0.0609 x Red. Sugar	0.23	0.999
	= 5.0330 + 0.0693 x Tot. Sugar	0.31	0.999
	= 7.377 - 0.5344 x Tot. N	0.33	0.999
	= 5.3572 + 3.1041 x Rutin	0.37	0.999
Formaldehyde	Y = 1079.0637 - 77.8721 x Crude Fiber	827.18	-
	= 111.7915 + 968.9398 x Sucrose	906.64	-

담배성분과 연기성분 간의 상관성 연구

Smoke Comp.	Regression Equation	ΣX^2 (n=24)	P>
Acetaldehyde	Y = 1147.8043 - 172.3872 x Ca	42.71	0.010
	= 923.4967 - 193.2258 x Ammoaia. N	48.55	-
	= 805.5053 + 5.7609 x Tot. Sugar	57.81	-
Acrolein	Y = 726.2368 - 44.4240 x Crude Fiber	550.83	-
	= 358.2129 - 102.8868 x Protein. N	589.88	-

Table 8. Linear formulas for the estimation of particulates in the smoke from the chemical values of particulates in the smoke from the chemical values of blended tobacco

Smoke Components	Regression equation	ΣX^2 (n=24)	P>
Tar	Y = -1.9505 + 2.6438 x SBR	0.39	0.999
	= 11.3777 + 0.4792 x Glucose	0.70	0.999
	= 11.3699 + 0.4169 x Fructose	0.71	0.999
	= 11.4102 + 0.1940 x Red. Sugar	0.79	0.999
	= 11.1677 + 0.1861 x Total Sugar	0.82	0.999
	= 11.0314 + 1.4537 x Starch	0.85	0.999
	= 11.2279 + 0.8333 x Chlorogenic Acid	4.28	0.999
Nicotine	Y = 0.9178 + 0.0783 x Glucose	0.09	0.999
	= 0.9251 + 0.0639 x Fructose	0.11	0.999
	= 0.9219 + 0.0319 x Red. Sugar	0.12	0.999
	= 0.8751 + 0.0306 x Tot. Sugar	0.15	0.999
	= -0.6506 + 0.3212 x SBR	0.19	0.999
	= 0.0703 + 0.5157 x Nicotine	0.23	0.999
	= 1.0416 + 1.6191 x Rutin	0.24	0.999
NO ₂	Y = -37.4318 + 1,277.9180 x Mn	14.36	0.900
	= -5.4306 + 29.4043 x Nitrate. N.	19.43	0.500
	= -19.7655 + 50.1376 x Mg	27.97	0.250
	= -33.085 + 14.4537 x Tot. Nitrogen	33.78	0.300
HCN	Y = 30.0306 + 62.9721 x Ca	39.02	0.025
	= 101.9853 + 289.2254 x α-amino. N	44.57	0.005
S.V Phenol	Y = -23.9698 + 10.7066 x SBR	5.68	0.999
	= 30.6224 + 1.4688 x Fructose	8.49	0.999
	= 30.5975 + 0.7098 x Red. Sugar	9.05	0.999
	= 28.6268 + 5.8640 x Starch	9.85	0.955
	= 25.2065 + 5.2481 x Chlorogenic Acid	10.78	0.990

을 구하는 것이 보다 바람직한 방법임을 보이고 있는 것이다.

한편 몇가지 연기성분에 대하여 실제 분석한 값과 담배성분 분석결과를 회귀식으로 계산한 추정값을 plot 하여 본 결과 Fig. 1~6 와같이 전부 표준편차가 0인 $Y=X$ 선상에 대부분의 점들이 접근하고 있는 것으로 나타나 이들 회귀식의 실제 활용이 가능할 것으로 본다.

이상의 상관분석 결과와 이미 보고된 문헌⁽¹⁾

들을 근거로 각 연기성분의 생성기작과 main precursor들을 추정하여 보면 Table 9와 같다.

그러나 각 연기성분에 대한 precursor를 찾아내고 이 precursor로부터 연기가 생성되는 기작이나 그 경로 등을 완전하게 규명하는 것은 대단히 어려운 일이며 Precursor로 추정되는 담배성분을 동위원소로 표지하여 시험담배에 첨가하며 방사화학 분석법으로 각 연기성분 등을 종합 분석하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

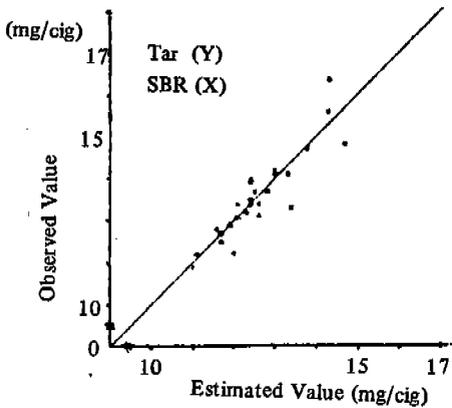


Fig. 1. Plots of observed value and estimated value of tar in cigarette smoke.

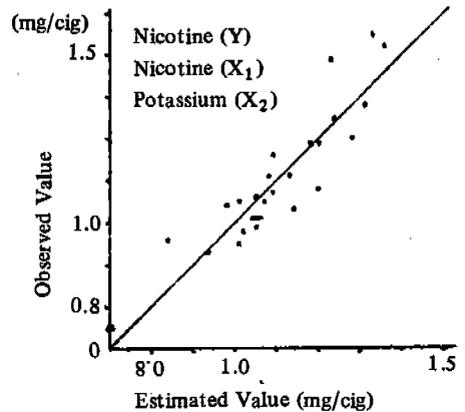


Fig. 2. Plots of observed value and estimated value of nicotine in cigarette smoke.

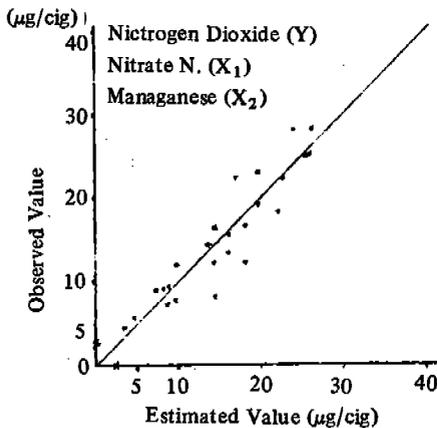


Fig. 3. Plots of observed value and estimated value of nitrogen dioxide in cigarette smoke.

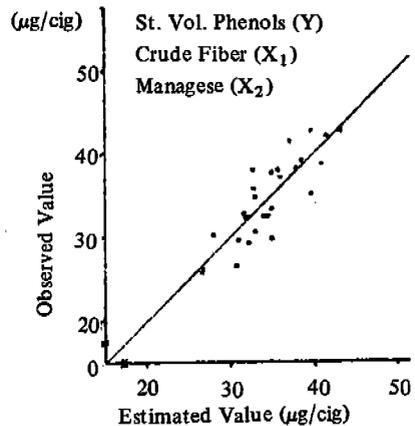


Fig. 4. Plots of observed value and estimated value of steam volatile phenols in cigarette smoke.

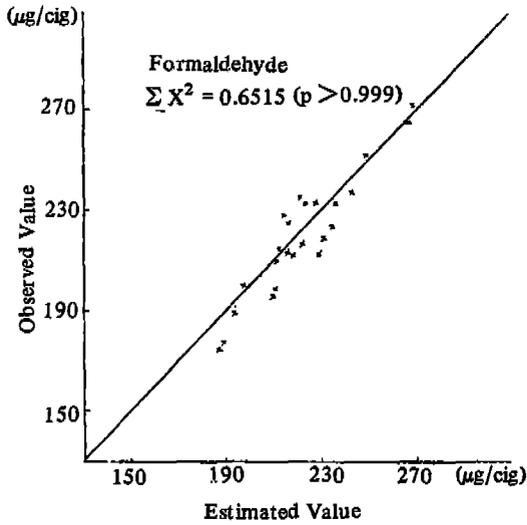


Fig. 5. Plots of observed value and Estimated value of formaldehyde in cigarette smoke.

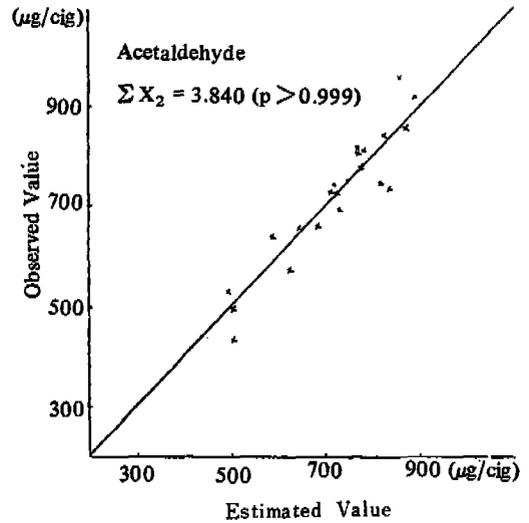


Fig. 6. Plots of observed value and estimated value of Acetaldehyde in cigarette smoke.

Table 9. Suggested smoke formation mechanism & precursors

Smoke comp.	Main precursors.	Formation Mechanism	Remarks*
Tar	Red. Sugar Starch.	Pyrolysis & Distillation	K, Mg, Mn
Nicotine	Nicotine. Nicotine deriv.	Distillation & Some degradation	K, Mg, Mn
NO ₂	Nitrate N. α-Amino N. Ammonia, N.	Pyrolysis & Pyrosynthesis	K, Mg, Mn Ca.
HCN	α-Amino N. Nitrate N.		Ca.
St. Vol. Phenols	Fructose Chlorogenic Acid Rutin etc.	Distillation &	K, Mg, Mn.

* Elements involved in smoke formation mechanism.

결 론

황색종 단엽제품과 배합제품을 대상으로 담배 성분과 연기성분 간의 상관성을 조사하여 그 경향의 차이를 보고, 담배성분의 분석결과로부터 몇가지 중요한 연기성분의 생성량을 산출 추정할 수 있는 회귀식들을 구한 다음 이들 회귀식으로 추정한 연기성분 값의 신뢰도를 X^2 Tests로 검정하여 실제 활용 가능한 회귀식을 선별하였다. 이 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 황색종 단엽제품에서는 담배중의 당류 및 조섬유와 연중 aldehydes 간에는 (+)의 상관성이 높았고, 담배중의 질소화합물과 연중 aldehydes 간에는 (-)의 상관성이 높았다.

2. 배합제품에서는 담배중의 당류와 연중 tar 간에 0.1% 수준의 (+)의 상관이었으나 단엽제품에서는 유의수준 이하였으며, 배합제품 중의 K, Mg, Mn과 tar, nicotine 간에는 전부 0.1% 수준의 (-)의 상관성이 있는 것으로 나타났다.

3. 담배중의 질소화합물과 연중 nitrogen dioxide 간에는 두 제품에서 모두 (+)의 상관성이 높았다.

4. 단엽제품의 경우 연기성분중 회귀식에 의한 측정치의 신뢰확률이 0.900~0.999가 되는 것은 tar, nicotine, formaldehyde, acetaldehyde, acrolein, steam volatile phenols, nitrogen dioxide, hydrogen cyanide 이었고, 배합제품에서는 tar, nicotine, nitrogen dioxide, steam volatile phenols 이었다.

REFERENCES

1. Baker, R.R., Recent Avences in Tobacco Science, 6:184 (1980).
2. Brunemann, K.D. and D. Hoffman, *ibid*, 8:103 (1982).
3. Gori, G.B., Science, 194:1243 (1976).
4. Gori, G.B., Tabak-Journal International, 3: 336 (1978).
5. Gori, G.B. and J. Lynch, J. American Medical Association, 12:1255 (1978).
6. Johnson, W.R., D.H. Powell, R.W. Hale and R.A. Kornfeld, Chem. Ind. (London), 521 (1975).
7. Kim, C.H., "담배성분 분석법" 한국인삼연초 연구소 p. 85 (1979).
8. Kim, C.H., *Ibid*, p. 15 (1979).
9. Kim, J.O., K.H. Park and E.S. Park, Journal of the Korean Society of Tobacco Science, 1:93 (1979).
10. 김신일, 황건중, 담배연구보고서 한국인삼연초연구소 P 460 (1979)
11. Kim, S.I., K.J. Hwang and C.H. Kim, Journal of the Korean Society of Tobacco Science, 4:51 (1982).
12. Neurath, G. and H. Ehmke, Beitr. Tabakforsch, 2:116 (1964).
13. 박진우, 김용태, 담배연구보고서 한국인삼연초연구소 P 373 (1981).
14. Saltzman, B.E., Anal. Chem., 26:1949 (1954).
15. 신영국, 채쾌, "담배연기 성분분석법" 한국연초연구소 (1980).
16. Tso, T.C., G. Rathkamp and D. Hoffman, Beitrage zur Tabakforschung, Band 7, Heft. 3, 190 (1973).
17. Tso, T.C., J.H. Chaplin, J.D. Adams and D. Hoffman, Beitrage zur Tabakforschung, Vol. 11, No. 3, 141 (1982).
18. Yoshida, D., 奏野たばこ試報, 67: 79 (1970).
19. Yoshida, D., *Ibid*, 63:17 (1969).
20. 飯田交吉, 松山晋, 일본전매연보 P 89 (1978).