

◀ 총 설 ▶

주 류 연

황 건 중*

KT&G 중앙연구원
(2008년 6월 2일 접수)

Mainstream Smoke

Keon-Joong Hwang*

KT&G Central Research Institute
(Received June 2, 2008)

1. 서 론

주류연은 흡연자가 담배를 빨아들일 때, 입이나 쉐련의 끝에서 빨려들어 가는 연기로 그 화학적 조성은 원료 잎담배의 종류, 쉐련지, 필터의 종류 및 효과, 공기희석의 정도 등에 의하여 결정된다. 담배가 연소되면 복잡한 혼합물이 기관지를 통하여 사람에게 유입이 되며 담배의 불을 붙이는 순간부터 연기를 흡입하는 순간 동안에도 수많은 화학적, 물리적, 생리학적인 여러 현상들이 일어난다. 담배연기가 발생한 직후에는 이것이 너무 복잡하고 활동적이며 반응성을 갖고 있기 때문에 물리적 특성이나 화학적조성이 변화된다. 담배연기의 이러한 복잡한 특성 때문에 담배연기를 포집하거나 분석할 때 특별한 주의가 필요하며 특히 담배연기의 독성을 평가할 때에는 더욱 그러하다. 담배연기의 화학적 성분이나 물리적 특성을 연구한 과학논문은 수없이 많으며 특히 주류연에 관한 연구가 다수를 차지하고 있다. 주류연의 화학적 조성 및 분포는 흡연과 흡연정지시간 중에 일어나는 다양한 화학작용에 기인하고, 담배에 부착된 필터의 선택적 여과능에 의해서도 크게 영향을 받으며, 특히 흡연 중의 상대습도, 온도 그리고 포집방법, 포집

속도 등이 영향을 받는다. 이 총설에서는 주류연의 화학적 특성 및 조성, 주류연 개별성분들에 관하여 다음의 순서로 서술하고자 한다.

- 주류연의 물리적·화학적 특성
- 주류연의 화학적 조성
- 개별 주류연 성분들

2. 주류연의 물리적·화학적 특성

담배의 연소과정 중 고농도의 증기 및 기체상 물질이 쉐련의 발열연소부위에서 열분해 및 증류에 의해 발생되며, 이러한 증기상 물질 중 휘발성이 약한 화합물은 급격히 응축되어 에어로졸로 되며 주류연의 연기입자를 형성한다. 주류연은 1 cm³ 당 4 × 10⁹개의 입자가 존재하며 평균입자의 크기는 0.2 μm로 알려져 있다. 연기입자의 갯수가 이렇게 많은 것은 연기가 발생된 후에 급격한 응집이 일어나기 때문이며 입자의 크기도 시간의 경과에 따라 커지게 된다. 응집의 속도는 제 2차 함수에 따르는 것으로 알려져 있다. 응축의 효과와 함께 연기입자의 크기는 주위환경의 습도에 영향을 받는 것으로 알려져 있으며 일반적인 주류연의

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

*Corresponding author : KT&G Central Research Institute, 302 Shinseong-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-805, Korea (phone: 82-42-866-5401; fax: 82-42-866-5544; e-mail: kjhwang@ktng.com)

상대적 습도는 60~70%이며 연기입자들의 응축은 모든 환경조건에서 발생하고 있다. 상대습도가 90% 이상이면 입자의 생성이 급격히 증가하고 있는데 습도가 99.5%에서는 입자가 2배이상 빨리 커지고 있다. 수많은 연구결과에 의하면 담배연기의 입자크기는 켈런의 종류나 흡연 행태에 좌우되지 않는 것으로 알려져 있다. 담배 연기입자는 전기적인 전하를 갖고 있는데 30~50%는 중성, 나머지는 양성 및 음성 전하를 균등하게 띠고 있다. 다음 Table 1에서 일반담배에서 발생하는 주류연의 화학적 조성을 보여주고 있다.

Table 1. 일반담배의 주류연의 화학적 조성.

Compound or class of components	Relative amount W/W(%)
Nitrogen	58
Oxygen	12
Carbon dioxide	13
Carbon monoxide	3.5
Hydrogen, argon	0.5
Water	1
Volatile organic substances	5
Particulate phase	8

(Source : Borgerding, *Experimental and Toxicologic Pathology* 57, 2005, pp43-73)

현재까지 약 4,700개의 물질이 담배연기에서 확인되고 있는데 대부분의 유기화합물과 함께 극소량의 금속이 확인되며, 담배 한개피 당 주류연의 성분함량은 수분, 일산화탄소, 이산화탄소, 니코틴과 같이 mg 수준에서부터 다환성아민 및 중금속과 같은 100 pg(100×10^{-12} g)수준을 나타낸다. 담배에 존재하는 성분들 중 잎담배에만 존재하는 성분은 1,414개이고 연기 중에만 존재하는 성분은 2,740개이며 잎담배와 담배연기에 함께 존재하는 성분은 1,135개로 전체 연기성분의 약 30%는 잎담배로부터 직접 전이되는 물질이고 나머지 70%는 담배가 연소되면서 새롭게 생성되는 성분들임을 알 수 있다.

주류연에 존재하는 성분들을 다시 세밀하게 재분류하면 다음 Table 2과 같으며 대부분의 성분들이 유기화합물 계열이고 그 중에서도 다환계열의 화합물과 탄수화물 계열의 성분이 가장 많고, 기타 성분 중에는 중금속을 비롯한 성분들이 포함되어 있다.

Table 2. 주류연에 존재하는 성분들의 세부 분류.

Class	Number
Neutral gases	>5
Carbon oxides	2
Nitrogen oxides	1 (2)
Amides, imides, lactames	~240
Carboxylic acids	~230
Lactones	~150
Esters	~470
Aldehydes	~110
Ketones	~520
Alcohols	~380
Phenols	~280
Amines	~200
Volatile N-nitrosamines	4
Tobacco specific nitrosamines	4
N-Heterocyclics	~920
Hydrocarbons, aliphatic, acyclic, aromatic	~760
Nitriles	~100
Anhydrides	~10
Carbohydrates	~40
Ethers	~310
Nitro-compounds	>10
Metals	~30
Short- and long-living radicals	???

(Source : Borgerding, *Experimental and Toxicologic Pathology* 57, 2005, pp43-73)

3. 주류연의 화학적 조성

여러 가지 이유에 의해서 수십년동안 담배연기의 화학적 조성에 의한 측정과 연구가 이루어져왔다. 담배연기의 일반적 특성에 따른 효과뿐만 아니

라 담배연기의 관능적 특성과 관련한 성분에 대한 연구가 수행되었다. 이러한 연구의 목적은 가능한 많은 연기성분을 확인하고자 하였으며 표준조건에서 켈련을 흡연했을 때에 존재하는 성분들을 측정하고 이들의 정성적 특성을 조사 하고자 하였다. 담배연기 성분분석과 관련한 연구결과들은 기계적 흡연조건, 시료준비조건 및 기기적 분석조건에 의해 좌우되고 있다. 담배연기의 성분은 크게 입자상 성분과 가스상 성분으로 구분된다. 입자상 성분과 가스상 성분의 구분은 캠브리지 필터 패드에 포집되는지의 여부에 따라서 결정한다. 캠브리지 필터는 유리섬유로서 유기화합물에 안정한 것으로 알려져 있으며 0.1 um 이상의 입자성분을 99.9%

포집하는 효능이 있고 분자량이 200 g/mol 이상의 입자를 포집하며, 분자량이 60 g/mol 이하의 입자들은 가스상에 존재하게 된다.

3.1. 입자상 성분

입자상의 정의 : 실내온도에서 캠브리지 필터 패드에 포집되는 연기성분으로 분자량이 200 g/mol 이상되는 것

담배연기의 화학적 조성과 생물학적 특성을 조사하기 위해서 담배연기는 입자상(particulate phase)과 증기상(vapor phase)으로 구분된다. 담배 연기 그 자체는 쉽게 변화되는 매우 복잡한 기체 혼합물질로 입자상과 증기상에 대한 정의는 캠

표 3. 주류연의 입자상에 존재하는 주요 성분 및 함량.

Compound	µg/cig.	Compound	µg/cig.
Nicotine	100 - 3,000	Scopoletin	15 - 30
Nornicotine	5 - 50	Other polyphenols	
Anatabine	5 - 15	Cyclotenes	40 - 70
Anabasin	5 - 12	Quinones	0.5
Other alkaloids		Solanesol	600 - 1,000
Bipyridyls	10 - 30	Neophytadienes	200 - 350
n-Hentriacontane	100	Limonene	30 - 60
Non-volatile HC	300 - 400	Other terpenes	
Naphthalene	2 - 4	Palmitic Acid	100 - 150
Naphthalenes	3 - 6	Stearic Acid	50 - 75
Phenanthrene	0.2 - 0.4	Oleic Acid	40 - 110
Anthracenes	0.05 - 0.1	Linoleic Acid	150 - 250
Fluorenes	0.6 - 1.0	Linolenic Acid	150 - 250
Pyrenes	0.3 - 0.5	Lactic Acid	60 - 80
Fluoranthenes	0.3 - 0.45	Indole	10 - 15
Carcinogen PAH	0.1 - 0.25	Skatol	12 - 16
Phenol	80 - 160	Other Indols	
Other Phenols	60 - 180	Quinolines	2 - 4
Catechol	200 - 400	Other aza-arenes	
Other Catechols	100 - 200	Benzofuranes	200 - 300
Dihydroxybenzenes	200 - 400		

(표시 함량은 필터가 없는 담배에서 측정된 수치임)

(Source : European Commission, Institute for Health and Consumer Protection, Tobacco, Cigarettes and Cigarette Smoke, 2007, EUR 22783 EN)

브리지필터패드(cambridge filter pad, CFP)로부터 시작되며, CFP는 담배연기 분석 과정에서 사용된다. CFP는 뉴욕 Syracuse의 캠브리지 필터 회사에 의해 제조된 유기 바인더를 사용하여 유리 섬유(glass fiber)를 안정하게 고착시킨 제품이다. 필터는 직경 0.1 μm 이상의 에어로졸 입자 포집에 99.9%의 효율을 가지며, 200 g/mol 이상의 분자량을 가진 물질들은 모두가 입자상에 존재하는 경향이 있다. 일반적으로 담배연기의 입자상 물질을 타르(tar)라고 칭하고 있으며 타르(Nicotine Free Dry Particulate Matter, NFDPM)는 흡연장치에 의해서 생성된 담배 주류연 중 CFP에 포집된 전

체 입자상 물질(Total Particulate Matter, TPM)에서 수분(water)과 니코틴(nicotine)함량을 뺀 나머지로 정의된다. 주류연 입자상에 존재하는 주요 성분과 함량은 Table 4와 같다.

3.2. 가스상 성분

가스상의 정의 : 실내온도에서 캠브리지 필터 패드를 통과하는 연기성분으로 분자량이 60 g/mol 이하되는 것

주류연의 가스상 성분들에는 알데하이드, 카보닐, 벤젠 화합물 등 약 2,000 여종의 화학성분이 존재하고 있으며 직경 0.1 μm 의 캠브리지 필터로

Table 4. 주류연의 가스상에 존재하는 주요 성분 및 함량.

Compound	Content/cig.	Compound	Content/cig.
Nitrogen	280 - 120 mg	Methyl formate	20 - 30 μg
Oxygen	50 - 70 mg	Formaldehyde	20 - 100 μg
Carbon dioxide	45 - 65 mg	Acetaldehyde	400 - 1,400 μg
CO	14 - 23 mg	Acrolein	60 - 140 μg
Water	7 - 12 mg	Other volatile aldehydes	80 - 140 μg
Argon	5 mg	Acetone	100 - 650 μg
Hydrogen	0.5 - 1.0 mg	Methanol	80 - 100 μg
Ammonia	10 - 130 μg	Acetonitrile	100 - 150 μg
NO _x	100 - 680 μg	Other volatile nitriles	50 - 80 μg
HCN	400 - 500 μg	Furan	20 - 40 μg
H ₂ S	20 - 90 μg	Other volatile furanes	45 - 125 μg
Methane	1.0 - 2.0 mg	Pyridene	20 - 200 μg
Isoprene	0.2 - 0.4 mg	Picolines	15 - 80 μg
Butadiene	25 - 40 μg	3-Vinylpyridine	7 - 30 μg
Acetylene	20 - 35 μg	Other volatile pyridines	20 - 60 μg
Benzene	6 - 70 μg	Pyrrole	0.1 - 10 μg
Tolulene	5 - 90 μg	Pyrrolidine	10 - 18 μg
Styrene	10 μg	Volatile pyrazines	3.0 - 8.0 μg
Other aromatic hydrocarbon	15 - 35 μg	Methylamine	4 - 10 μg
Formic acid	200 - 600 μg		
Acetic acid	300 - 1,700 μg		
Propionic acid	100 - 300 μg		

(표시 함량은 필터가 없는 담배에서 측정한 수치임)

(Source : European Commission, Institute for Health and Consumer Protection, Tobacco, Cigarettes and Cigarette Smoke, 2007, EUR 22783 EN)

통과하는 성분들을 총칭하는데 일반적으로 60 g/mol 이하의 분자량을 가진 물질들이 가스상에 존재하고 있다. 이들 가스상 성분들은 담배의 맛보다는 냄새를 유발하는 성분들로 구성되어 있으며 흡연과 동시에 애연가가 느끼는 초기 자극과 밀접한 관련이 있다고 알려져 있다. 대표적인 성분으로는 포름알데하이드, 아클로레인, 벤젠, 1,3-부타디엔, 톨루엔 등이 있으며 에탄, 에탄 프로판 등의 휘발성 유기화합물도 가스상으로 분류된다. 주류연 가스상에 존재하는 주요 성분과 함량은 Table 5와 같다.

3.3. Hoffmann List 성분

흡연에 의한 질병과 관련한 담배 연기성분 리스트 중 가장 보편적으로 사용하는 것이 미국 보건협회의 연구원이었던 Dr. Dietrich Hoffmann과 그의 동료들이 만든 것이 Hoffmann's list이다. Hoffmann 등은 담배연기의 독성을 담배연기에 존재하는 개별 독성물질의 농도를 가지고 판단하고자 하였다. 그러나 담배연기 독성물질에 의한 유해성은 특정 연기성분들이 인체 내에서 서로 상이한 생물학적 활동을 하고 매체에 따라 매우 상이한 제한점이 있다. Hoffmann 성분과 규제성분간의 차이는 실제적으로 적용할 수 있는 성분들인가의 판단이 필요하며, 연기성분 중에는 실제제품에서 분석방법의 제한 등으로 인하여 정량분석 할 수 없는 성분들이 있다. 또한 Hoffmann 성분들에 대한 국제적이고 적절한 측정방법이 아직 확립되어 있지 못하며 따라서 규제와 관련한 측정은 Hoffmann 성분 중에서 담배연기의 독성에 심각하게 기여하는 몇 가지 성분들에 대하여 집중되고 있다. Hoffmann 성분과 관련하여 대부분의 시판제품의 주류연에 존재하고 있음이 확인되었으나 특정제품에 따라서 존재하는 양이 많거나 적게 나타나고 있다. 담배연기 중의 Hoffmann 성분은 원료인담배의 종류 및 형태에 따라 상대적인 함량이 달라진다. 버어리엵은 산화질소, HCN 및 TSNA와 같은 질소화합물이 상대적으로 높은 수치를 나타낸다. 황색종이나 오리엔트종 담배는 페놀화합물, 저분자 카보닐 및 PAH와 같은 성분들이 상대적으로 높은 경향을 나

Table 5. Hoffmann List 연기성분들의 함량, 상태 및 독성.

Components	content /cig.	Phases	Toxicity
PAHs			
Benzofalpyrene	ng	P	C
Aza-arenes			
Quinoline	ng	P	C
Heterocyclic compounds			
Nicotine	mg	P	T
Pyridine	µg	P	T
Aromatic Amines			
2-Naphthylamine	ng	P	C
4-Aminobiphenyl	ng	P	C
N-Heterocyclic amines			
Amino pyridoindoles and imidazoles	ng	P	C
	ng	P	C
N-Nitrosamines			
NNK	ng	P	C
Volatile nitrosamines	ng	V	C
Aldehydes			
Formaldehyde	µg	V	C
Acetaldehyde	µg	V	C
Acrolein	µg	V/P	T
Crotonaldehyde	µg	V/P	T
Volatile Hydrocarbons			
1,3-Butadiene	µg	V	C
Isoprene	µg	V	C
Benzene	µg	V/P	C
Styrene	µg	P	SC
Miscellaneous Organic Compounds			
Ethylene Oxide			
Methanol	µg	V	C
Phenol, Catechol	µg	V	T
Acetamid, Maleic	µg	P	TP
Hydrazide	µg	P	SC
Inorganic Compounds			
CO	mg	V	T
NOx, CS ₂ , HCN, H ₂ S	µg	V	T
Metals(Ni, Cd, Co, Cr, Pb)	ng	P	C

P = 입자상 V = 증기상 V/P = 입자상 및 증기상의 중간
 C = 발암물질 SC = 발암 의심물질 T = 독성물질
 TP = 종양 유발물질

(Source : European Commission, Institute for Health and Consumer Protection, Tobacco, Cigarettes and Cigarette Smoke, 2007, EUR 22783 EN)

타낸다. 판상엽 및 팽화엽은 니코틴이 적은 반면 일산화탄소 등을 증가시킨다. 또한 원료잎담배의 화학적조성은 담배의 종류, 착엽위치, 재배지역, 기후조건, 재배방법, 건조방법과 같은 여러 가지 조건에 의해 달라진다. Hoffmann 성분들도 이러한 여러 가지 조건 중에 몇 가지에 의해 달라지고 있다. 대부분의 Hoffmann 성분들은 연기중에 μg 또는 ng 정도 존재한다. 최근에 담배첨가물이 Hoffmann 성분에 미치는 화학적 및 생물학적 활동도를 연구한 바에 의하면 통상적인 첨가제는 Hoffmann 성분의 증가나 생물학적 활동도를 증가시키지 않는 것으로 보고하고 있다. 개별 Hoffmann 성분의 함량은 일반적인 연기성분 이행량과 높은 상관관계가 있으며, 일반성분인 타르, 니코틴, 일산화탄소의 함량으로부터 이들 Hoffmann 성분의 함량을 합리적으로 예측할 수가 있다. 타르와 Hoffmann 성분과의 관계를 연구한 결과 매우 높은 직선성의 상관값을 나타내고 있었으며, 예를들면 타르와 아세톤($R^2=0.9959$), 증기상 성분과 카테콜($R^2=0.9947$) 등과 같이 높은 수치를 나타내고 있다. 다음 Table 5는 Hoffmann 성분들의 담배연기 중에서의 개략적 함량과 존재상태 및 독성학적 특성 등을 나타내고 있다.

4. 개별 주류연 성분들

4,000 여종의 담배 연기성분 중에 미국 암연구센터(IARC)에서 발암성이 있거나 발암성이 의심된다고 발표한 성분은 모두 66개 성분으로, 그 중 1그룹(발암물질)에 해당하는 성분이 9개, 2A 그룹(발암 가능물질)에 해당하는 성분이 9개이며, 나머지 48개 성분은 2B 그룹(발암 의심물질)에 속하여 있다.

이들 성분에 대한 자세한 특성 및 유해성에 대해서는 미국 암연구센터(IARC), 미국 환경부(EPA), 미국 정부 산업위생 협회(ACGIH), 국가 독성 프로그램(NTP), 건강 역학조사 그룹(HHAG), 직업 안전 및 건강 협회(OSHA), 직업안전 및 건강을 위한 국가기관(NIOSH), 독성 화학산업 기관(CIIT) 등의 보고서에서 자세하게 언급하고 있다.

Table 6. IARC 분류에 따른 담배연기 성분 구분

Group 1	Group 2A
4-Aminobiphenyl	Formaldehyde
Benzene	Benzo[<i>a</i>]pyrene
Vinyl chloride	Debenz[<i>a,h</i>]anthracene
2-Naphthylamine	N-Nitrosodiethylamine
Arsenic	Benzo[<i>a</i>]anthracene
Beryllium	N-Nitrosodimethylamine
Cardmium	Acrylamide
Chromium	1,3-Butadiene
Nickel	2-Amino-3-methyl-3H-imidazo[4,5- <i>f</i>]-quinoline

(Source : Smith et al., Food and Chemical Toxicology 35, 1997, pp1107 & 38, 2000, pp371)

4.1. 니코틴(Nicotine)

니코틴은 대표적인 담배성분으로서 담배연기의 입자상에 주로 존재하며 주류연 뿐만아니라 부류연에도 존재하고 환경담배연기(ETS)에도 존재한다. 일반적으로 잎담배에는 10 - 20 mg/g의 니코틴이 존재하고, 담배연기 중에는 0.1 - 1.5 mg/cig 이 존재하고 있다. 니코틴은 잎담배 속에 존재하는 양의 약 15%가 주류연을 통하여 인체에 도달하며 나머지 85%는 공기 중의 유출되거나 필터에 포집되는 것으로 알려져 있다.

니코틴은 천연물 중 알칼로이드 계열의 화합물로 커피에 존재하는 카페인, 코코아의 주성분인 theobromine 등과 같이 사람의 신경계를 자극하는 물질로 알려져 있다. 니코틴은 중독성을 유발하는 주요물질로 알려져 있으나, 실제적으로는 흡연자의 흡연행태라든지 건강상태 등의 차이로 인하여 중독효과에 대해서는 아직도 불확실한 상태로 결론을 내지 못하고 있다. 담배연기 중의 니코틴은 타르 함량과 매우 높은 상관을 나타내고 있는데 일반 쉐련제품의 경우 타르 함량의 1/10 정도 존재하고 있으며 유럽연합에서는 모든 시판제품의 니코틴 함량을 쉐련당 1 mg 이하로 규제하고 있다.

4.2. PAHs(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, 다환형 탄수화물)

1950년대 이후 담배연기 성분에 대한 분석적인 연구가 급진적으로 수행되었으며 이 때 담배연기 중에 존재하는 PAH 화합물의 정량 및 정성분석이 이루어지기 시작하였다. 1957년 RJRT에서 11개의 PAH를 분석하여 발표하였으며, 그 이후 200여종의 PAH가 담배연기 중에 존재한다는 것을 보고하고 있다. 이들 PAH 화합물 중에는 benzo[a]pyrene, benz[a]anthracene 및 dibenz[a,h]anthracene 등 3개가 발암 가능물질로 분류(IARC 그룹 2A)되어 있고, benzo[b]fluoranthene 등 9개의 성분이 발암 의심물질로 분류(IARC 그룹 2B)되어 있다. 그럼에도 불구하고 수많은 PAH 화합물 중에는 발암을 억제하는 물질도 들어 있는데 phenanthrene, fluoranthene, pyrene, benzo[e]pyrene 및 7,12-dimethylbez[a]anthracene 가 그것이다. 담배연기 중의 PAH는 연소과정에서 충분한 산소가 공급되지 않는 불완전 연소조건에서 형성되며, 주류연과 부류연에 모두 존재한다. 연소 과정 중의 PAH의 형성 메카니즘은 복잡한 분자들이 먼저 분해되면서 작은 분자들로 만들어지며, 이들 분자들이 서로 반응하여 새로운 물질을 형성하는 과정을 나타내고 있다. 담배연기 PAH의 전구 물질로는 잎담배 중의 solanesol, phytosterols, terpenes, 아미노산, 니코틴, 지방, 섬유소 등이다.

4.3. 나이트로스아민(Nitrosamines)

담배 특이성 나이트로스아민은 1970년대에 처음 발견된 이후 약 35종이 보고 되고 있으며 담배연기 중에 존재하는 대표적인 물질로는 N-nitrosodimethyl-amine(NDMA), N-nitrosodiethylamine(NDEA), N-nitrosopyrrolidine(NDYR), N-nitrososnormicotine(NNN), 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone(NNK), N-nitrosoanabasine(NAB), 및 N-nitrosoanatabine(NAT) 등이다. 이들 연기 중 나이트로스아민은 원료엽에 존재하는 것들이 연기로 이행되거나, 담배잎에 들어있는 알칼로이드 계열의 화합물이 연소과정 중에 열분해되어 생성되는 것으로, 원료 잎담배와 TSNA의 종류별로 생성되는 메카니즘이 다른 것으로 알려져

있고 평균적으로 열에 안정한 TSNA 성분들의 약 50%는 원료엽에서, 나머지는 열분해과정에 의하여 생성되는 것으로 보고되고 있으며, 원료엽 중에는 버어리엽에 많이 존재하고 있다. 이들 성분 중 NDMA 및 NDEA가 IARC 2A 그룹(발암 가능물질)으로 분류되어 있고, NNN 등 8개의 성분이 IARC 2B 그룹(발암 의심물질)으로 분류되어 있다. 담배연기 중에 존재하는 이들 성분들의 함량은 다음 Table 7과 같다.

Table 7. 주류연 중의 TSNA 함량.

TSNA	Contents
N-Nitrosodimethylamine	10~40 ng
N-Nitrosodiethylamine	nd~25 ng
N-Nitrosopyrrolidine	6~30 ng
N-Nitrosodiethanolamine	0~70 ng
N-Nitrososnormicotine	0.2~3 ug
NNK	0.1~1 ug
N-Nitrosoanatabine	0.3~5 ug

(Source : Davis, Tobacco: Production, Chemistry and Technology Chapter 12, Smoke Chemistry, 1999)

참 고 문 헌

Baker, R.R. and Robinson, D.P. (1990) Tobacco combustion-the last ten years. *Rec. Adv. Tob. Sci.*,16, 3-71.

Borgerding, M.F. and Winkler, L.S. (1995) Effect of alternative puffing regimes on relative cigarette performance. In: *Proceedings of the CORESTA Smoke and Technology Groups Meeting*, ienna, Austria. pp. 167-8.

Borgerding M. and Klus H. (2005) Analysis of complex mixtures - Cigarette smoke, *Experimental and Toxicologic Pathology* 57, 43-73.

Brunnermann, K.D. and Hoffmann, D. (1991)

- Analytical studies on N-nitrosamines in tobacco and tobacco smoke. *Rec. Adv. Tob. Sci.*, 17, 71-112.
- Brunnermann, K.D., Kagan, M.R., Cox, J.E. and Hoffmann, D. (1990) Analysis of 1, 3-butadiene and other selected gas-phase components in cigarette mainstram and sidestream smoke by gas chromatography mass selective detection. *Carcinogenesis*. 11, 1863-8.
- Brunnermann, K.D. Yu, L. & Hoffmann, D.(1977) Assessment of carcinogenic volatile N-nitrosamines in tobacco and mainstream and sidestream smoke. *Cancer Res.*, 37, 3218-22.
- Davis D. L. (1999) Tobacco: Production, Chemistry and Technology Ch 12, Smoke Chemistry, Blackwell Science.
- Dube, M.F. and Green, C.R. (1982) Methods of collection of smoke for analytical purposes. *Rec. Adv. Tob. Sci.*, 8, 42-102.
- European Commission, Institute for Health and Consumer Protection(2007) Tobacco, Cigarettes and Cigarette Smoke, EUR 22783 EN
- Ferron, G.A. (1977) The size of soluble aerosol particles as a function of the humidity of the air: application to the human respiratory tract. *F. Aerosol Sci.*, 8, 251-67.
- Hoffmann, D. and Hecht, S.S. (1990) Advances in tobacco carcinogenesis. In: *Chemical Carcinogenesis and Mutagenesis*, (eds C.S. Cooper & P.L.Grover). pp. 63-102. Springer-Verlag, Berlin.
- Ingebrethsen, B.J. (1986a) Aerosol studies of cigarette smoke. *Rec. Adv. Tob. Sci.*, 12, 54-142.
- Ingebrethsen, B.J.(1986b) Evolution of the particle size distribution of mainstream cigarette smoke during a puff. *Aersol Sci. Technol.*, 5, 423-33.
- International Agency for Research on Cancer (IARC) (1985) Chemistry and analysis of tobacco smoke. In: *IARC Monograph on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Volume 38, Tobacco Smoking* pp. 83-126. IARC, Lyon.
- Kalaitzoglou M. and Samara C. (2005) Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons between the particulate and the gas phase of mainstream cigarette smoke in relation to cigarette technological characteristics, *Beitr. Tobakforsch.*, 21(6), 331-344.
- Klus, H. (1990) Distribution of mainstream and sidestream cigarette smoke components. *Rec. Adv. Tob. Sci.*, 16, 189-232.
- McRae, D.D. (1990) The physical and chemical nature of tobacco smoke. *Rec. Adv. Tob. Sic.*, 16, 233-323.
- Smith C. J., Livingston S.D. and Doolittle, D. J. (1997) An International literature survey on "IARC Group I Carcinogens" reported in mainstream cigarette smoke, *Food and Chemical Toxicology* 35, 1107-1130.
- Smith C. J., Perfetti, T. A., Rumole, M. A. and Doolittle, D. J. (2000) "IARC Group 2B Carcinogens" reported in cigarette mainstream smoke, *Food and Chemical Toxicology* 39, 183-205.