

## 잎담배 종류 및 등급에 따른 담배 연기응축물의 Acid 및 Phenol 화합물 함량 비교

황건중\* · 이문수 · 나도영 · 장기철

한국인삼연초연구원 분석부  
(2000년 6월 5일 접수)

### Comparison of Acid and Phenol Compounds in Smoke Total Particulate Matter by the Different Tobacco Leaves

Keon-Joong Hwang\* · Moon-Soo Rhee · Do-young Ra and Gi-Chul Jang

Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, Taejon 305-345, Korea

(Received June 5, 2000)

**ABSTRACT** : This study was conducted to determine the acid and phenol compounds in smoke total particulate matter(TPM) by the different tobacco variety, and grade of tobacco leaves. Sixteen kinds of tobacco leaves which were flue-cured, burley, orient, reconstituted tobacco, expanded stem, and expanded cut tobacco, were selected for this study. After collecting a TPM by using smoking machine, the concentration of TPM components was analyzed by GC. Acid components of TPM of mainstream smoke were different from the variety and grade. The order of the highest concentration of acid compounds in TPM was flue-cured > orient > burley > expanded cut tobacco > reconstituted tobacco > expanded stem. Though lactic acid and glycolic acid concentrations in flue-cured tobacco were twice higher than those in burley tobacco, the contents of 2-furoic acid and 3,4-dihydroxy butanoic acid in burley tobacco were higher than those in flue-cured tobacco. The content of phenolic compounds in the high grade and thick leaves was higher than that in other tobacco leaves. Phenol and catechol compounds in burley CD3W-2 revealed the least value in concentration among the samples tested. Pyrocatechol and hydroquinone concentrations in flue-cured tobacco were 2-3 times higher than those in burley and orient tobacco.

**Key words** : TPM, acid, phenol, catechol

담배 연기성분의 분포특성은 담배의 맛과 향기를 지배하며, 원료 잎담배의 물리화학적 조성 과 담배제조에 사용된 재료품과 첨가된 각종 향료물

질에 의해서도 매우 복잡한 현상으로 나타난다. 현재까지 담배연기는 3천여 가지의 화합물로 구성되어 있으며 이들 성분이 담배의 맛과

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

\* Corresponding author : Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, 302 Shinsung-Dong, Yusong-Ku, Taejon 305-345, Korea

향기에 어떻게 기여하는지에 대해서는 대부분 잘 알려져 있지 않다. 이들 담배연기를 구성하고 있는 수많은 성분들 중에 특히 TPM 성분은 애연가의 흡연욕구를 일으키는 많은 화합물들로 담배의 질을 결정짓는 중요한 연기성분으로 담배 TPM 성분에 관해 많은 연구가 이루어진 이유는 이들 화합물들이 흡연유해성 논란과 직접적인 관련이 있으며 애연가의 흡연 만족감이나, 담배의 맛과 향에 중요한 요인으로 작용하고 있기 때문이다. Kaburaki 등(1968)은 여러 종류의 잎담배 연기성분을 분석하여 이들 잎담배의 차이점을 밝히고자 하였고, Matsushima 등(1979)은 담배 연기성분을 질소화합물, 휘발성 성분, 비휘발성 성분으로 나누어 분석하고 이들 각 성분과 잎담배 품종과의 상관성을 조사하였다. 한편 Schlotzhauer 등(1979)은 잎담배 품종, 재배조건, 수확방법에 따른 담배연기성분을 분석함으로써 이들의 특성을 파악하고자 하였다. Guerin(1976)은 담배연기중 페놀성분 등의 비휘발성 성분을 분석하기 위하여 최초로 trimethylsilylation 방법을 사용하였으며 이 방법을 이용함으로써 기화점이 높은 물질을 가스크로마토그래피로 분석할 수 있게 되었다. 담배 연기중의 일부 acid 화합물은 담배의 맛과 향에 관련이 있는 것으로 알려지고 있으며 인체의 생물학적 기능과 관련이 있다고 알려지고 있는데, 2-furoic acid는 weak, sweet, nutty한, butyric acid는 smoothening, buttery, fruity한, 그리고 phenylacetic acid는 sweet, honey한 맛과 향을 나타내는 성분으로 보고되고 있다 (Leffingwell, 1972). 페놀계 화합물도 담배연기에서 매우 중요한 화합물이며, 많은 종류의 페놀화합물이 연기응축물을 구성하고 있다. 이들 페놀화합물은 일반적으로 신맛과 쓴맛을 가지는데 대부분의 성분은 담배연기의 맛과 향에 직접 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있으나 몇몇 간단한 페놀화합물은 담배의 맛과 향에 관계하는 특성을 보이고 있는데, Leffingwell(1972)에 의하면 페놀은 sweet, medicinal burnt한, p-cresol은 phenolic, harsh한 향 특성을 나타낸다고 보고하고 있다. 따라서 본 연구는 원료잎담배 종류에 따른 연기응축물 성분의 함량을 비교 조사함으로써 담배연기의 생성 실태를 파악하고 흡연위생과 관련된 기초자

료를 제공하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

본 실험을 위한 원료엽의 구성은 96년산 황색종 B10, AB30-1, C1L, CD3S-1, 미국 황색종 B3K, C4F; 버어리종 B1T, AB3T-1, C1W, CD3W-1, 미국 버어리 C3F와 함께 오리엔트종인 Basma, Izmir, 제지식 판상엽, 황색종 주맥, 황색종 팽화각 초 등 총 16구를 선정하였다. 시제품 제조는 1999년 8월 24 - 26일 사이에 원료잎담배를 무처리, 무가향으로 0.9 mm 표준절각을 실시한 후 60 mm 양절편상을 하여 24 mm 필터를 부착하였으며, 기공도 45 C.U.인 무처리 권련지를 사용하였고, 필터는 cellulose acetate 단섬유 3.3 /총섬유 35,000 인 무타공 일반 필터를 사용하였으며, 톱페이퍼는 백색, 무천공, 무의장을 사용하였다. 제조된 원료엽 시제품담배는 원료엽 특성에 따라 무게 및 흡인저항의 차이가 현저한 관계로 TPM 측정을 위한 시료는 흡인저항만을 기준으로 하여  $130 \pm 5$  mmH<sub>2</sub>O 인 담배를 선별하였다. 본 실험을 위한 TPM 성분은 lactic acid, glycolic acid, 2-furoic acid, 2-hydroxy butyric acid, levulinic acid, phenylacetic acid, palmitic acid, 3,4-dihydroxybutanoic acid, phenol, 2-hydroxy pyridine, p-cresol, 2,4-xyleneol, 4-vinyl phenol, pyrocatechol, 3-methyl catechol, hydroquinone, 4-ethyl catechol, 4-vinyl catechol, levoglucosan 등 16개 성분이며 이들 성분의 분석을 위한 자동흡연장치는 Heinr. Borgwaldt사 제품의 RM/20CS를 ISO 3308 표준분석방법에 따라 사용하였다. 캄브리지 필터에 포집된 TPM을 -80℃로 동결건조 시킨 후 3 ml L-arabitol 내표준물질이 들어있는 메탄올 150 ml 용액을 넣고 하룻밤 추출한 후 감압농축하고, 1 ml BSTFA/1% TMCS 용액을 넣고 80℃에서 1시간 반응시킨 후 HP 5890 GC를 이용하여 분석하였으며 이때 사용한 column은 30 m x 0.32 mm ID x 0.25 um film 두께의 SPB-5 이었으며, 오븐의 초기온도 및 머무름 시간은 40℃/10 min이고 최종온도 및 머무름 시간은 270℃/100 min이었고 매분 2℃씩 승온하였다. 운반가스는 질소를 1.0 ml/min

속도로 흘러주었으며 감지기는 270℃에서 FID를 사용하였다.

### 결과 및 고찰

TPM을 구성하고 있는 각 성분들의 조성이나 함량은 연소되는 담배의 양과 원료엽 특성 및 재료품 등에 의존적이며, 담배를 흡연하는 시간과 흡연정지시간 사이에 연소점 온도의 차이에 의해서도 차이가 있을 수 있다. 담배의 연기성분 중 TPM 성분은 수많은 화합물로 구성되어 있으며 담배연기중의 acid 화합물은 잎담배 중에 많이 존재하는 유기산이나 지방산 등이 열분해되어 생성되는 것으로 알려져 있으며(Kaburaki, 1969) 원료엽 특성에 따라 상당히 다른 분포특성을 보이고 있다. 황색종 잎담배 특성에 따른 연기 TPM의 acid 성분의 내포준물질에 대한 상대적 함량을 보면 표 1과 같다. Lactic acid 함량은 B10에서 제일 높았고 CD3L-2에서 제일 낮았으며 후엽이 박엽보다 높았고 국내외산의 함량차이는 없는 것으로 나타나고 있다. Glycolic acid 함량은 등급에 따라 차이가 있는 것으로 조사되었으며 외산엽에서의 함량이 높은 경향이었다. 담배의 sweet, nutty한 향과 관련이 있는 2-furoic acid의 함량은 CD3L-2에서 현저하게 높은 수치를 보이고 있었으며, 2-hydroxy butyric acid는 등급에 따라 유의한 함량차이를 나타내고 있었다. Levulinic acid는 AB30-

2에서 제일 높고, 미황 C4F에서 제일 낮았으며 후엽이 박엽보다 높은 경향이었다. 연기중의 palmitic acid 함량은 다른 acid보다 2-3배 높은 것으로 조사되었고 등급에 따라 상이한 함량 분포를 보이고 있었다.

버어리종 잎담배 특성에 따른 연기 TPM중의 acid 성분의 상대적 함량을 보면 표 2와 같다. Lactic acid와 glycolic acid의 함량은 AB3T-2에서 제일 높았으며 CD3W-2에서 제일 낮았고 후엽이 박엽보다 높은 수치를 나타내고 있었다. 2-Furoic acid 함량은 다른 성분의 4-5배 높은 것으로 나타나고 있어 이것이 버어리종의 대표적 acid 성분임을 알 수 있으며 B1T에서 제일 높고, C1W에서 제일 낮았으며 후엽이 박엽보다 높은 경향이었다. Levulinic acid와 palmitic acid 함량도 엽분과 등급에 따라 뚜렷한 차이를 보이고 있으며 후엽이 박엽보다, 1등엽이 3등엽보다 높은 값을 나타내고 있었다. 황색종 및 버어리종 외에 담배엽조시 부원료엽으로 사용되는 오리엔트엽, 판상엽, 팽화각초 및 팽화주맥의 TPM중 acid 성분 함량을 보면 표 3과 같다. 판상엽에서의 lactic acid 함량이 오리엔트엽의 8배 정도 높은 것으로, 오리엔트엽은 팽화주맥이나 팽화각초보다 2배 정도 높은 것으로 조사되었다. 판상엽에서 lactic acid 함량이 매우 높은 것은 판상엽을 제조한 후에 판상엽에서 나는 종이취를 없애기 위하여 첨가되는 향료중에 다량의 lactic acid가 함유되어 있기 때문으로 사료된다.

Table 1. Comparison of the concentration of acid compounds in smoke TPM from flue-cured tobacco (Area/ ISTD area)

Components	B10	AB30-2	C1L	CD3L-2	B3K	C4F
Lactic acid	27.93	23.31	24.04	16.36	21.85	21.53
Glycolic acid	30.20	18.34	28.25	13.94	34.05	32.53
2-Furoic acid	28.10	46.13	23.79	5.51	23.95	17.55
2-Hydroxy butyric acid	15.66	13.00	13.91	8.47	14.60	13.01
Levulinic acid	11.28	13.75	9.86	7.20	9.11	6.58
Phenylacetic acid	3.34	5.94	2.98	2.87	3.29	2.58
3,4-Dihydroxybutanoic acid	3.61	5.24	3.26	5.94	3.55	6.12
Palmitic acid	62.64	42.71	61.48	39.27	45.05	48.45

잎담배 종류 및 등급에 따른 담배 연기용축물의 Acid 및 Phenol 화합물 함량 비교

Table 2. Comparison of the concentration of acid compounds in smoke TPM from burley tobacco (Area/ ISTD area)

Components	BIT	AB3T-2	C1W	CD3W-2	C3F
Lactic acid	10.44	11.72	9.92	7.14	9.98
Glycolic acid	12.00	13.81	1.34	7.87	11.32
2-Furoic acid	51.81	48.81	7.12	23.67	37.74
2-Hydroxy butyric acid	5.79	6.30	5.41	3.71	5.26
Levulinic acid	11.04	10.75	9.43	4.42	7.38
Phenylacetic acid	4.51	5.60	4.02	2.90	4.24
3,4-Dihydroxybutanoic acid	6.47	6.91	6.46	4.88	8.47
Palmitic acid	31.52	27.58	30.53	21.91	21.04

Table 3. Comparison of the concentration of acid compounds in smoke TPM from orient, reconstituted tobacco, expanded stem, and expanded cut tobacco leaves (Area/ ISTD area)

Components	Basma	Izmir	Reconstituted tobacco	Expanded stem	Expanded cut tobacco
Lactic acid	18.86	23.28	158.87	11.50	13.13
Glycolic acid	14.45	16.46	8.03	8.49	10.74
2-Furoic acid	27.64	16.04	7.13	4.29	12.61
2-Hydroxy butyric acid	9.04	10.78	3.05	2.96	4.86
Levulinic acid	8.84	6.95	2.78	1.65	3.88
Phenylacetic acid	3.06	1.70	1.40	1.26	1.57
3,4-Dihydroxybutanoic acid	4.98	2.43	2.18	1.12	2.57
Palmitic acid	50.15	57.48	12.67	9.41	26.43

Glycolic acid 함량은 Izmir에서, 2-furoic acid 함량은 Basma에서 제일 높았으며, 관상엽이나 팽화엽의 2-3배 수준이었다. 대부분의 acid 함량은 오리엔트엽 > 팽화각초 > 관상엽 > 팽화주맥의 순서였으며 황색종보다는 낮은 수치를 나타내고 있었다. 전체적인 acid 함량은 원료엽 종류에 따라 5배 이상의 차이를 보이고 있고 후엽이 박엽보다, 황색종엽이 버어리엽보다 높았으며 부 원료엽인 팽화주맥에서 함량이 가장 낮았고 전반적으로 황색종 > 오리엔트엽 > 버어리엽 > 부원료엽의 순서로 함량이 높은 경향이었다. Lactic acid 및 glycolic acid 함량은 황색종이 버어리엽에 비하여

2배정도 높은 반면, 2-furoic acid와 3,4-dihydroxy butanoic acid는 버어리엽이 높은 것으로 조사되어 이들 성분이 각각의 원료엽 특성을 나타내고 있는 것으로 생각된다. 외산엽과 국산엽의 acid 함량차이는 보이지 않고 있으나 국내 버어리엽인 CD3W-2의 많은 acid 성분의 함량이 낮은 것으로 조사되어 담배의 충분한 각미와 흡연감을 고려할 때 이 원료엽의 품질개선이 요구된다.

담배연기의 TPM중에 많은 부분을 차지하는 성분이 phenol화합물과 질소화합물이며 이들 성분은 담배의 각미 뿐만아니라 담배의 자극성 및 흡연감 과도 직접적인 관련이 있다. 담배연기중의 phenol

류의 생성은 잎담배중에 존재하는 cellulose, pigment, lignin 등에 기인하는 것으로 이들 성분들이 담배연기의 품질을 좌우하는 중요 인자중의 하나이다. TPM 중의 phenol화합물 함량도 원료 잎담배의 종류 및 등급에 따라 차이가 있는 것으로 조사되었는데 황색종 잎담배 특성에 따른 함량 차이는 표 4와 같았다. TPM중의 phenol 및 4-vinyl

phenol의 함량은 AB30-2에서 제일 높았으며 후엽이 박엽보다 높은 경향을 보이고 있고 국내, 국외간의 차이는 나타나지 않았다. Pyridine은 AB30-2에서 제일높고 미황 C4F에서 제일 낮았으며 후엽이 박엽보다 높은 경향을 보이고 있다. Catechol 화합물은 잎담배 중의 chlorogenic acid와 cellulose가 열분해되어 형성되며(Ishiguro, 1978; Matsushima,

Table 4. Comparison of the concentration of phenol compounds in smoke TPM from flue-cured tobacco (Area/ ISTD area)

Components	B10	AB30-2	C1L	CD3L-2	B3K	C4F
Phenol	18.93	25.57	15.68	12.09	15.56	11.06
2-Hydroxy pyridine	13.53	15.82	10.70	7.82	11.34	8.76
p-Cresol	10.75	9.26	6.17	9.30	8.34	5.70
2,4-Xylenol	3.89	5.43	3.34	2.86	3.48	2.58
4-Vinyl phenol	7.49	9.32	7.05	6.03	6.69	5.09
Pyrocatechol	85.31	59.44	76.32	46.79	70.52	54.39
3-Methyl catechol	14.00	12.21	12.23	7.48	12.69	8.68
Hydroquinone	77.26	48.24	75.94	46.02	69.14	51.90
4-Ethyl catechol	23.33	14.25	22.02	13.92	19.49	16.31
4-Vinyl catechol	45.59	33.42	44.10	34.40	43.08	39.75
Levoglucozan	70.81	60.95	52.79	34.55	68.47	63.98

Table 5. Comparison of the concentration of phenol compounds in smoke TPM from burley tobacco (Area/ ISTD area)

Components	BIT	AB3T-2	C1W	CD3W-2	C3F
Phenol	16.54	17.34	11.94	6.21	11.76
2-Hydroxy pyridine	9.81	9.49	8.30	4.63	7.33
p-Cresol	5.87	6.77	5.38	4.96	5.14
2,4-Xylenol	2.38	3.35	1.72	1.06	1.64
4-Vinyl phenol	4.14	4.67	3.79	2.63	4.05
Pyrocatechol	24.83	26.88	20.75	18.43	23.01
3-Methyl catechol	8.07	8.28	6.69	4.16	7.10
Hydroquinone	47.06	44.91	35.19	22.62	37.77
4-Ethyl catechol	5.12	5.38	4.06	2.39	4.24
4-Vinyl catechol	11.24	11.92	10.37	5.75	10.95
Levoglucozan	18.30	23.33	23.03	15.92	19.13

잎담배 종류 및 등급에 따른 담배 연기응축물의 Acid 및 Phenol 화합물 함량 비교

1979), hydroquinone은 carbohydrate가 열분해 될때 형성되는 것으로서 잎담배 특성과 깊은 관련이 있다(Tso, 1982). 대표적인 catechol 화합물인 pyrocatechol, 4-ethyl catechol 및 4-vinyl catechol 함량은 B10에서 제일 높았으며 등급 및 엽분에 따라 유의한 차이를 나타내고 있었다.

Pyrocatechol과 유사한 구조와 성질을 갖는 hydroquinone함량은 B10 및 C1L에서 높게 나타나고 있으며 p-cresol 및 2,4-xyleneol은 엽분과 등급에 따른 차이를 나타내지 않고 있었다. 버어리종 잎담배 특성에 따른 연기 TPM 중의 phenol 화합물 함량을 보면 표 5와 같다. Phenol 및 4-vinyl phenol 함량은 후엽이 박엽보다 높았으며 박엽중 CD3W-2의 함량은 현저하게 낮았다. Pyrocatechol, 3-methyl catechol, 4-ethyl catechol, 4-vinyl catechol 및 hydroquinone의 함량도 후엽이 박엽보다 높았으며 국내외산의 차이는 미미하였다. 2-Hydroxy pyridine, p-cresol, 2,4-xyleneol 함량 모두 후엽에서 높았으며 박엽 중에서는 특히 CD3W-2의 에서 현저하게 낮았다. 오리엔트엽, 판상엽, 팽화각초 및 팽화주맥의 TPM중 phenol 성분 함량을 보면 표 6과 같다. Phenol 및 4-vinyl phenol의 함량은 Basma가 Izmir보다 높은 반면 pyrocatechol

을 비롯한 모든 catechol 화합물의 함량은 Izmir가 Basma보다 높은 것으로 조사되었다. 대부분의 phenol화합물은 오리엔트엽 > 팽화각초 > 판상엽 > 팽화주맥의 순서로 높게 나타나고 있었으나 황색종이나 버어리종 보다는 낮은 수치를 보이고 있었다. 전체적으로는 등급이 높은 원료엽과 후엽의 phenol화합물 함량이 높은 경향이며, 국내엽과 외산엽과의 차이는 없는 것으로 조사되었다. 황색종에서 pyrocatechol 및 hydroquinone이 버어리종 및 오리엔트종보다 2-3배 많이 존재하는 것으로 조사되고 있는데 이는 이 성분의 전구물질로 알려진 carbohydrate 화합물의 함량이 다른 잎담배 보다 황색종에서 높기 때문으로 사료된다. 이들 TPM 성분은 담배의 맛과 향에 관여할뿐더러 직연위생학적 측면에도 관여하기 때문에 더욱 관심을 기울여야 할 것이다.

결 론

본 연구는 국내외산 원료 잎담배의 종류 및 등급에 따른 연기응축물중 acid 및 phenol 화합물 19개 성분의 함량을 비교하기 위하여 실시하였다. 사용된 원료엽은 96년 국내산 황색종 B10, AB30-2

Table 6. Comparison of the concentration of phenol compounds in smoke TPM from orient, reconstituted tobacco, expanded stem, and expanded cut tobacco leaves (Area/ISTD area)

Components	Basma	Izmir	Reconstituted tobacco	Expanded stem	Expanded cut tobacco
Phenol	8.18	5.29	2.59	2.23	3.75
2-Hydroxy pyridine	7.12	6.68	1.68	0.96	3.00
p-Cresol	5.70	5.92	2.17	1.93	3.65
2,4-Xylenol	4.41	1.82	1.16	0.67	1.25
4-Vinyl phenol	9.03	6.21	0.97	0.74	3.93
Pyrocatechol	46.33	61.30	22.37	16.02	28.23
3-Methyl catechol	6.46	7.47	3.47	2.15	4.61
Hydroquinone	33.14	37.88	21.57	20.80	25.43
4-Ethyl catechol	10.69	15.01	4.05	2.57	7.89
4-Vinyl catechol	23.48	26.52	3.19	17.77	30.15
Levoglucozan	49.40	88.72	17.97	17.39	31.64

C1L, CD3L-2; 버어리종 BIT, AB3T-2, C1W. CD3W-2; 미국 황색종 B3K, C4F; 미국 버어리종 C3F, Basma, Izmir, 제지식판상엽, 주맥, 팽화각초 등 총 16구에 대하여 단엽 담배를 제조하여 연기 성분을 분석하였다. 원료 잎담배에 따른 연기응축물 중의 acid 함량은 잎담배 종류 및 등급에 따라 차이가 있었으며 전반적으로 황색종 > 오리엔트엽 > 버어리엽 > 팽화각초 > 판상엽 > 팽화주맥의 순서로 함량이 높은 경향이였다. Lactic acid 및 glycolic acid 함량은 황색종이 버어리엽에 비하여 2배정도 높은 반면, 2-furoic acid와 3,4-dihydroxy butanoic acid는 버어리엽이 높은 것으로 조사되었다. 연기응축물 중의 phenol화합물 함량도 원료 잎담배의 종류 및 등급에 따라 차이가 있는 것으로 조사되었으며 등급이 높은 원료엽과 후엽의 phenol화합물 함량이 높은 경향이였다. 버어리엽 중 CD3W-2의 페놀화합물 함량이 다른 품종, 엽분, 등급에 비하여 현저하게 낮은 수치를 보이고 있으며, 황색종에서 pyrocatechol 및 hydroquinone 이 버어리종 및 오리엔트종보다 2-3배 많이 존재하는 것으로 조사되었다.

### 참 고 문 헌

- Baker, R. R. and D. P. Robinson (1990) Tobacco combustion : The last ten years. *Recent Adv. in Tob. Sci.*, 16; 3-71.
- Guerin, M. R. and G. Olerich (1976) Direct gas chromatographic determination of catechol in cigarette smoke. *Tob. Sci.*, 20; 17-18
- Ishiguro, S. and S. Sugawara (1978) Gas chromatographic analysis of cigarette smoke by trimethylsilylation method. *Beitr. Tabakforsch Int.*, 9(4); 218-221
- Johnson, W. R., R. W. Hale, J. W. Nedlock, H. J. Grubbs and C. H. Powell (1973) The distribution of products between mainstream and sidestream smoke. *Tob. Sci.*, 17; 141-144.
- Kaburaki, Y., H. Kusakabe and H. Shigematsu (1968) Lower bases of tobacco smoke. *Japan Tob. salt Pobl. Corp. Central Research Institute Sci. Paper*, 110; 121-128
- Leffingwell, J. P. (1977) Nitrogenous compounds of leaf and their relationship to smoke quality and aroma. *Proc. Tob. Chem. Res. Conf.* 30th, 1-40
- Matsushima, S., S. Ishiguro and S. Sugawara (1979) Composition studies on some varieties of tobacco and their smoke. *Beitr. Tabakforsch Int.*, 10(1); 121-126
- Sakuma, H., M. Kusama, K. Yamaguchi and S. Sugawara.(1984) The distribution of cigarette smoke components between mainstream and sidestream smoke, III. Middle and higher boiling components. *Beitr. Tabakforsch. Int.*, 12; 251-258
- Schlotzahauer, W. S., O. T. Chortyk and R. F. Severson (1979) Rapid pyrolytic method for evaluating effect of tobacco variety, growing, harvesting, and post-harvest treatment on smoke composition. *Tob. Sci.* 23; 103-106
- Tso, T. C., J. F. Chaplin and J. D. Adams (1982) Simple correlation and multiple regression among leaf and smoke characteristics of burley tobacco. *Beitr. Tabakforsch Int.*, 11(3); 141-150