

## 버어리종 잎담배의 건조과정중 암모니아 함량 변화

김삼곤 · 김영희<sup>\*</sup> · 김도연 · 김근수 · 서철원 · 배성국<sup>1</sup>  
한국인삼연초연구원, 전주시험장<sup>1</sup>  
(1998년 12월 5일 접수)

### Changes of Ammonia Concentration during Air Curing in Burley Tobacco

Sam Kon Kim, Young Hoi Kim<sup>\*</sup>, Do Yeon Kim, Kun Soo Kim,  
Chull Won Seo and Seong Kook Bae<sup>1</sup>  
Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, <sup>1</sup>Chonju Experiment Station  
(Received December 5, 1998)

**Abstract** : This study was carried out to investigate the effects of curing methods on the concentration of ammonia during curing in burley tobacco leaves. The air-cured tobacco(KB108; *Nicotiana tabacum* L.) was grown at Chonju Tobacco Experiment Station in 1998 and the tenth leaves from the top on the stalk were harvested. Half of the harvested leaves were cured in normal air curing facility and the other leaves were cured in excessive curing facility. Stalk cut tobaccos were cured in horizontal curing facility. The leaves were sampled every five days from harvesting time to the end of curing(25 days). Ammonia concentration of leaves increased during curing period with a remarkable increase at yellowing stage. The concentration of ammonia was high in the primed cured leaves, while that of the excessive cured leaves was low. It is considered that the lower increase of ammonia in stalk cured leaves may be caused by the translocation from the leaves to the stalk during curing, while that of excessive cured leaves may be caused by the poor decomposition of protein and amino acid during curing by excessive moisture loss and high temperature condition.

**Key words** : burley tobacco, ammonia, curing methods, HPLC, ammonia selective electrode

잎담배 생엽중의 질소화합물 함량은 건물중량으로 12~25%를 차지하며 (Cousins, 1972), 특히 버어리엽에서 질소화합물은 양적으로 많이 함유되어 있을 뿐 아니라 담배를 흡연할 때 버어리엽 특유의 향끼미 생성과 관련해서 중요한 의미를 지니고 있다. 성숙한 버어리엽을 수확했을 때 알칼로이드를 제외한 대부분의 질소화합물은 단백질의 형태로 존재하는데, 이들의 약 50%는 잎담배를 수확후

건조하는 과정에서 분해되어 각종 아미노산을 생성한다 (Palmer, 1963; Hamilton과 Lowe, 1978). 생엽중에는 여러가지 형태의 단백질이 존재하지만 건조과정에서 분해되는 것은 주로 엽록체중에 존재하는 fraction I 단백질이다 (Dorner, 1957; Kawashima 등, 1967). 이 단백질은 광합성에 관여하는 단백질로서 잎담배 건조과정에서 건조초기에 수분이 기아상태가 될 정도까지 탈수가 되면 엽록

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

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

체가 파괴되고, 엽록체중에 존재하던 fraction I 단백질이 세포질로 용출되면서 단백질 분해효소에 의해 분해되어 아미노산을 생성한다. 이어서 생성된 아미노산의 일부는 탈 아미노화 (deamination) 되어 암모니아를 생성한다. 특히 암모니아는 잎담배에 다량으로 존재할 경우에는 흡연시 자극의 원인이 되기도 하지만 적정량 함유되어 있을 때에는 버어리 특유의 향kick미 (impact) 생성에 기여한다 (Abdallah, 1970; Mendell 등, 1984). 또한 암모니아는 버어리엽의 가공 또는 흡연과정에서 당류와 Maillard type 반응을 하여 향kick미에 바람직한 각종 휘발성 hetero 화합물을 생성하며 (Heckman 등, 1981; Fenner, 1988; Leffingwell과 Leffingwell, 1988), 외국의 일부 담배제품에서는 흡연시 니코틴의 흡수를 촉진시킬 목적으로 담배에 암모니아 유도체를 첨가한다는 것이 알려져 주목을 받고 있다 (Liang과 Pankow, 1996; Pankow 등, 1997). 버어리엽에서 암모니아 생성량은 건조단계나 건조방법 및 건조온도에 따라서도 달라지는데, 특히 버어리엽의 건조과정에서 암모니아는 황변기에 해당하는 건조시작후 3~10일 사이에 급격히 증가하며 건조실내 온도가 높을수록 암모니아 함량은 낮아진다 (Hamilton과 Lowe, 1978).

한편 식물체나 식품에 함유된 암모니아를 분석하는 데는 ammonia selective electrode (ASE)법, HPLC법, 적정법 또는 glutamate dehydrogenase를 이용한 효소적 방법이 사용되고 있고 담배중의 암모니아 분석에는 ASE법이 많이 사용되고 있다 (Sloan과 Morie, 1974). 그러나 ASE법의 경우 시료중에 존재하는 단백질이나 휘발성 아민류가 분석값에 영향을 미치기 때문에 정확한 분석이 어려운 단점이 있다 (Parris, 1984). 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Parris (1984)는 육류중에 함유된 암모니아를 분석하는데 있어 시료를 dansyl 유도체화한 다음 HPLC로 분석하는 방법을 시도하였다. 시료를 dansyl 유도체화후 HPLC로 분석하는 방법은 전처리가 간편하고 휘발성 아민류에 의한 간섭을 받지 않는 등의 장점이 있는 것으로 알려져 있으나 실제로 잎담배중의 암모니아 분석에 활용된 예는 보고되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 버어리엽 품질개선을 위한 기초자료로 활용할 목

적으로 버어리엽을 줄말림과 대말림법으로 건조하는 과정에서 암모니아 생성량을 HPLC법과 ASE법으로 분석하고, 아울러 건조방법이 버어리엽중 암모니아 생성량에 미치는 영향을 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료 및 재배조건

공시품종은 버어리종인 KB 108로서 잎담배의 재배와 건조는 한국인삼연초연구원 전주시험장에서 수행하였다. 연초는 98년 2월에 파종하여 4월 17일에 본포에 이식한 다음 절충말침법으로 재배하였고, 재식거리는 120 cm x 40 cm(2,200 주/10 a)로 하였다. 시비는 전량기비로서 연초용 복합비료(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=18.2-9.8-35.0)를 10 a당 140 kg 사용하였으며, 기타 재배조건은 버어리종 표준 재배법에 준하였다. 잎담배는 적신후 30일이 경과하여 하위로부터 9~10매가 성숙한 시기인 7월 20일에 수확하여 줄말림과 대말림으로 나누어 건조하였다.

### 시료채취 및 건조

줄말림 시료는 상위로부터 10매째 위치의 엽만을 수확하여 달줄로 엮어 건조하였다. 대말림 시료는 오후 3시경에 대를 베어 예비 탈수한 다음 다음날 9시경에 대걸기에 사용하였으며, 분석용 시료는 줄말림 시료와 같이 상위로부터 10매째 엽만을 채취하였다. 줄말림은 지붕을 슬레이트로 하여 햇빛을 차단한 20평형 음건실에서 실시하고, 대말림은 수평 대말림으로 50평형 대말림실에 3.3 m<sup>2</sup>당 90~100주가 들어가도록 하였다. 또한 산지 건조조건을 감안한 급건은 15평형 비닐하우스에서 실시하였다. 분석용 시료는 예비탈수후 건조시작에서 건조가 완료되는 단계인 25일까지 사이에 5일 간격으로 채취하였으며, 산지 건조조건을 감안한 급건시료는 건조단계를 구분하지 않고 건조시작후 17일이 경과하여 건조가 완료된 엽을 채취하였다.

또한 95년산 및 97년산 버어리 잎담배는 98년산 잎담배와 같은 방법으로 재배한 것을 전주시험장에서 입수하여 사용하였고, 황색종은 96년산 B20를 사용하였다.

**HPLC법에 의한 분석**

HPLC에 의한 암모니아 분석은 Parris의 방법 (1984)을 다소 변형시켜 적용하였다. 즉 시료 0.5 g에 70% acetonitrile 용액 10 ml를 가한 다음 20분씩 2회 초음파 처리하여 여지(Toyo, 5A)로 여과하였다. 여과액 0.1 ml에 dansyl chloride 용액 (3.5 mg/ml acetone) 0.1 ml와 0.1 M KHCO<sub>3</sub> 용액(pH 8.0) 0.2 ml를 가한 다음 25℃에서 15분간 방치하였다. 이어서 반응액에 15분 간격으로 dansyl chloride 용액 0.1 ml씩을 3회 더 첨가하여 dansyl 유도체화 하였다. 1시간후 반응액에 formic acid 0.05 ml를 첨가하여 반응을 종결시키고 HPLC 용리액(A액)을 사용하여 4 ml로 조정하였다. 기기는 Hewlett Packard(HP) 1050형 HPLC를 사용하였다. 칼럼은  $\mu$  Bondapak C<sub>18</sub> (3.9 mm x 300 mm)을 사용하였으며, mobile phase는 30 mM K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (pH 7.20)와 acetonitrile을 사용하여 gradient mode (linear curve)로 분석하였고, flow rate는 분당 1.0 ml로 하였다. 검출기는 HP 1046형 형광 검출기 (excitation: 320 nm, emission: 500 nm)를 사용하였고, 시료는 20  $\mu$ l씩 주입하였다. 검량선은 NH<sub>4</sub>Cl을 사용하여 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 이온농도가 200, 400, 600, 800, 1500 ppm이 되도록 작성하였다.

**ASE법에 의한 분석**

500 ml 용량의 Griffith형 수증기 증류 플라스크에 시료 0.2 g, 0.05 M K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>-borax 완충용액 20 ml, 0.5 M NaOH 용액 5 ml 및 증류수 150 ml를 가한 다음 수증기 증류하였다. 증류액은 0.1 M HCl 용액 10 ml가 함유된 메스 실린더에 80 ml가 될 때까지 받은 다음 증류수를 사용하여 100 ml로 희석하였다(Sloan과 Morie, 1974). 희석액은 150 ml의 비이커에 옮겨 pH 조정용액(Orion 951112)을 2 ml 첨가한 다음 ammonia electrode로 분석하였다. Electrode는 Orion 95-12를 사용하였고, pH meter는 Orion 720A를 사용하였다. 검량선은 NH<sub>4</sub>Cl을 사용하여 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 이온농도가 100, 200, 500, 1,000, 1,500, 2,000 ppm이 되도록 작성하였다.

**결과 및 고찰**

**분석방법의 비교**

식품이나 잎담배중의 암모니아 함량 분석을 위해서 여러가지 방법이 개발되어 있지만 최근에 가장 보편적으로 이용되고 있는 것이 ASE를 이용하는 방법이다. 그러나 ASE법에 의한 분석법은 시료중에 함유된 단백질이나 휘발성 아민류 또는 이와 유사한 성질을 지닌 성분들에 의해 영향을 받는 단점이 있다(Parris와 Foglia, 1983). 반면에 dansyl chloride를 사용하여 암모니아를 dansyl 유도체로 만든 다음 HPLC와 형광검출기로 분석하는 경우 암모니아와 아미노산 또는 휘발성 아민류가 서로 분석값에 영향을 주지 않을 정도로 충분히 분리되기 때문에 ASE법보다 더 효과적인 것으로 알려져 있다(Parris, 1984).

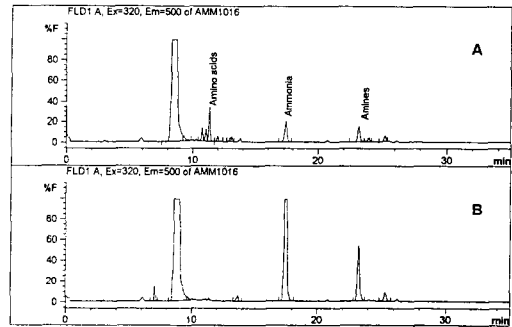


Fig. 1. HPLC chromatograms of dansyl derivatives in green(A) and cured(B) burley tobacco leaves. Column:  $\mu$  Bondapak C<sub>18</sub>. Detector: fluorescence(excitation: 320 nm, emission: 500 nm). Mobile phases: A = 30 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, B = CH<sub>3</sub>CN. Gradient; 10% - 95% (linear curve). Flow rate: 1.0 ml/min.

본 실험에서 dansyl 유도체화후 HPLC법에 의한 잎담배중의 암모니아를 분석한 chromatogram은 Fig. 1과 같으며, 잎담배에 있어서도 아미노산이나 아민류가 암모니아 분석값에 영향을 주지 않을 정도로 잘 분리되고 있음을 알 수 있다. 또한 암모니아 농도를 달리하여 dansyl 유도체화한 다음 HPLC로 분석한 결과는 Fig. 2와 같으며, peak area와 표준용액의 농도를 변수로 하여 검량선을 작성한 결과 Y=35.823 + 0.8107X의 회귀직선이 산출되었으며 이때의 회귀계수는 R<sup>2</sup>=0.995\*\*이었다.

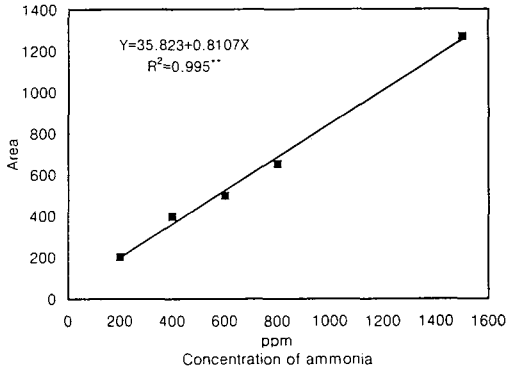


Fig. 2. Calibration curve of ammonia standard solution by HPLC.

또한 잎담배에 암모니아를 첨가한 다음 HPLC법과 ASE법에 의해 회수율을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 두 분석방법이 공통적으로 98~103%의 회수율을 보여 분석방법에 따른 차이를 보이지 않았지만, ASE법으로 분석했을 경우 HPLC법의 경우보다 암모니아 함량이 높게 나타났다. Parris와 Foglia (1983)는 식용 육류중에 함유된 암모니아의 분석에 glutamate dehydrogenase를 이용한 효소적

방법과 ASE법을 적용한 결과 ASE법으로 분석했을 때가 효소법보다 분석값이 높았는데, 이는 시료중에 휘발성 아민류가 암모니아 분석값에 영향을 미치기 때문이라고 하였으며, Parris(1984)는 HPLC법과 효소법은 거의 유사한 분석결과를 나타냈다고 보고하였다.

특히 버어리엽중에는 암모니아 이외에도 휘발성 아민류가 많이 함유되어 있기 때문에 (Kaburaki등, 1973; Singer와 Lijinsky, 1976) ASE법으로 분석하는 과정에서 영향을 받을 것으로 판단된다. 따라서 잎담배중 암모니아 분석과정에서 휘발성 아민류가 분석값에 영향을 미치는지 알아보기 위하여 버어리 잎담배에 존재하는 휘발성 아민류중에서 양적으로 많이 함유되어 있는 dimethylamine을 첨가한 다음 두 가지 방법으로 비교 분석한 결과는 Table 2와 같다. HPLC법으로 분석한 결과에 있어서는 dimethylamine 첨가구가 대조구와 유사한 결과를 나타내었는데, 이러한 결과는 HPLC chromatogram (Fig. 1)에서 보는 바와 같이 암모니아와 휘발성 아민의 검출 영역이 다르기 때문에 휘발성 아민류의 영향을 받지 않음을 알 수 있다. 반면에 ASE법

Table 1. Comparison of ammonia recovery by HPLC and ASE method

Ammonia added ( $\mu$ mol/g)	HPLC method			ASE method		
	Total ( $\mu$ mol/g)	Found ( $\mu$ mol/g)	Recovery (%)	Total ( $\mu$ mol/g)	Found ( $\mu$ mol/g)	Recovery (%)
Control <sup>a)</sup>	22.0	-	-	43.7	-	-
29.4	51.4	51.8	100.7	73.1	72.0	98.5
58.8	74.9	82.9	102.5	102.5	105.9	103.3
117.6	139.6	136.5	97.8	161.3	157.8	97.8

a) Flue-cured(grade: B20, 1996).

Table 2. Influence of added  $\text{NH}_4^+$  ion and dimethylamine on the ammonia determination

Sample <sup>a)</sup>	HPLC method		ASE method	
	Found ( $\mu$ mol/g)	Recovery (%)	Found ( $\mu$ mol/g)	Recovery (%)
Control(C)	22.0	-	43.7	-
C+ $\text{NH}_4^+$ ion(1000 ppm)	82.8	102.5	105.9	103.3
C+dimethylamine(1000 ppm)	22.4	101.9	60.7	138.9

a) Flue-cured(grade: B20, 1996).

으로 분석했을 때에는 dimethylamine 첨가구의 회수율이 138.9 %로서 대조구보다 약 40 % 정도 높았다. 본 실험결과에서 ammonia electrode를 사용하여 암모니아를 분석할 경우 시료중에 존재하는 휘발성 아민류가 분석값에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났는데, ammonia electrode에 대한 휘발성 아민류의 감도(response)는 화합물의 종류에 따라 암모니아의 0.3~3.5배까지 차이가 나는 것으로 알려져 있다(Parris와 Foglia, 1983).

**건조과정에서 암모니아 생성량 비교**

버어리종 잎담배를 줄말림과 대말림으로 건조하면서 5일 간격으로 시료를 채취하여 HPLC법으로 암모니아 함량을 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 버어리엽의 건조과정에서 단백질 분해에 의한 아미노산 생성과 아미노산 분해에 의한 암모니아 생성은 황변기에 해당하는 건조시작후 5~10일 사이에 활발히 일어나며, 갈변기이후 암모니아 생성량은 둔화된다(Hamilton과 Lowe, 1978; Burton 등, 1983). 본 실험에서 수확직후 버어리엽의 암모니아 함량은 36.3  $\mu$  mol/g 이었으나 건조시작후 5일이 경과했을때 줄말림이 61.6  $\mu$  mol/g, 대말림이 44.7  $\mu$  mol/g, 10일이 경과했을 때에는 각각 79.4  $\mu$  mol/g, 73.8  $\mu$  mol/g로서 모두 건조초기에 급격히 증가한 다음 그 이후에는 완만한 증가추세를 보였다. 건조방법별로는 줄말림이 대말림보다 건조과정에서 암모니아 생성량이 많은 경향을 보여 Burton과 Wright(1961)의 결과와 같았다. 버어리엽을 대말림법으로 건조한 경우, 줄말림에 비해 전질소, 단백질

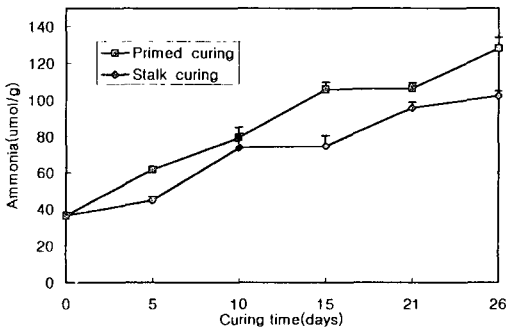


Fig. 3. Change of ammonia concentration of burley tobacco during air curing by HPLC method.

질소, 아미노산 등 질소화합물의 함량이 낮다. 그 원인은 대말림은 잎이 줄기(stalk)에 붙어있는 상태로 건조하기 때문에 건조과정에서 엽중에 존재하는 질소화합물의 일부가 줄기로 이동하기 때문인 것으로 알려져 있는데(Burton 등, 1983), 실제로 국산 버어리엽을 줄말림과 대말림으로 건조한 후 엽중 질소화합물을 분석한 결과 줄말림보다 대말림엽에서 질소화합물의 함량이 낮은 것으로 보고되어 있다(배 등, 1998; 김, 1998).

줄말림과 대말림의 건조과정별 암모니아 함량을 ASE법으로 측정한 결과는 Fig. 4에 나타내었다. HPLC법과 마찬가지로 암모니아함량은 줄말림과 대말림과정에서 공통적으로 건조시작후 10일 이내에 급격히 증가한 다음 그 이후 건조 완료단계까지 완만한 증가추세를 보였으며 역시 대말림엽보다 줄말림엽의 암모니아 함량이 높아, 앞에서의 HPLC법에 의한 결과와 비슷하였다.

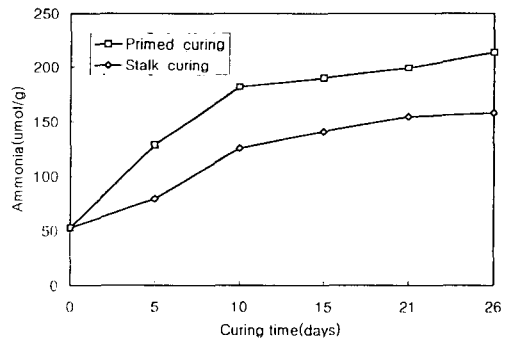


Fig. 4. Change of ammonia concentration of burley tobacco during air curing by ASE method.

**건조방법별 비교**

버어리엽을 줄말림과 대말림 및 급건조건으로 건조한 다음 암모니아 함량을 분석한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같이, 줄말림엽중의 암모니아 함량이 높았던 반면 급건엽에서 가장 낮았다. 줄말림엽에 비해 대말림엽에서 암모니아 생성량이 낮았던 것은 앞에서 언급한 바와 같이 생성된 암모니아의 일부가 줄기(stalk)로 이동되는데 기인하는 것으로 추정된다(Burton 등, 1983).

반면에 급건엽의 경우 대말림엽에서와 같이 건조과정에서 생성된 암모니아의 일부가 줄기로 이

Table 3. Effects of curing methods on the concentration of ammonia in burley tobacco

Year	HPLC method			ASE method		
	Primed curing	Stalk curing	Excessive curing	Primed curing	Stalk curing	Excessive curing
( $\mu$ mol/g )						
1995	257.1	204.5	78.6	586.8	457.7	165.9
1997	193.7	166.5	60.1	370.2	295.5	125.4
1998	128.1	105.4	75.1	213.0	165.3	173.2

The samples were stored at room temperature, and analyzed in 1998.

동하는 현상으로는 암모니아 함량이 낮은 원인을 설명할 수가 없으며, 따라서 건조과정에서 암모니아 생성량이 적거나 생성된 암모니아의 일부가 휘산되어 소실될 가능성을 예상할 수 있다. 이와 관련하여 배 등(1998)은 급건엽이 줄말림엽이나 대말림엽에 비해 전질소 함량이 높았다고 보고하였고, 김(1998)은 급건엽이 줄말림엽이나 대말림엽에 비해 전질소 함량은 물론 암모니아 생성의 전구물질인 단백질과 아미노산 함량이 높았다고 보고한 바 있다. 이러한 결과로 볼 때 급건엽에서 암모니아 함량이 낮은 원인은 잎담배 건조과정중 단백질에서 아미노산을 거쳐 암모니아로 분해되는 생화학적 대사가 줄말림이나 대말림에 비해 활발하지 않기 때문인 것으로 판단된다.

### 결 론

버어리종 잎담배의 건조과정에서 암모니아 함량 변화 및 건조방법을 달리한 버어리종중의 암모니아 함량을 HPLC와 ASE법으로 분석하여 비교하였다. 분석방법을 비교했을 때 ASE법은 HPLC법에 비해 암모니아 분석값이 높았으며 이는 잎담배중에 존재하는 휘발성 아민류가 분석값에 영향을 미치기 때문인 것으로 확인되었다. 건조과정에서 엽중 암모니아의 함량은 황변기에 해당하는 건조시작후 10일 이내에 급격히 증가한 다음 그 이후 건조 완료단계까지는 완만한 증가추세를 보였다. 건조 방법별로는 줄말림엽이 암모니아 함량이 가장 높았고 급건엽이 가장 낮았다. 대말림엽이 줄말림엽보다 암모니아 함량이 낮은 원인은 건조과정에서 생성된 암모니아의 일부가 줄기로 이동하기 때

문으로 판단되며, 급건엽에서 암모니아 함량이 낮은 것은 건조과정에서 급격한 탈수로 단백질에서 아미노산을 거쳐 암모니아로 분해되는 생화학적 대사가 줄말림이나 대말림에 비해 활발하지 않기 때문으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- 김도연 (1998) 버어리종 잎담배의 건조방법이 내용 성분 변화에 미치는 영향. 충남대학교 석사학위논문.
- 배성국, 조천준, 임해건, 김요태 (1998) 버어리종 건조방법이 건엽의 품질에 미치는 영향. 한국연초학회지. 20(1); 26-32.
- Abdallah, F. M. (1970) Can tobacco quality be measured?. pp. 10-16. Lockwood Publishing Co. Inc., New York. USA.
- Burton, W. W. and H. E. Wright, Jr. (1961) Effects of harvesting and curing procedures on the composition of the cured leaf. *Tob. Sci.* 5; 49-53.
- Burton, H. R., L. P. Bush and J. L. Hamilton (1983) Effect of curing on the chemical composition of burley tobacco. *Rec. Adv. Tob. Sci.* 9; 91-153.
- Cousins, A. R. (1972) Nitrogen complexes in tobacco. *Chem. Ind.* 1; 19-20.
- Dorner, R. W., A. Kahn and S. G. Wildman (1957) The proteins of green leaves. VII. Synthesis and decay of the cytoplasmic proteins during the life of the tobacco leaf. *J.*

- Biol. Chem.* 299; 945-949.
- Fenner, R. A. (1988) Thermoanalytical characterization of tobacco constituents. *Rec. Adv. Tob. Sci.* 14; 82-113.
- Hamilton, J. L. and R. H. Lowe (1978) Changes in the concentration of proteins, amino acids and ammonia in burley tobacco during air curing. *Tob. Sci.* 12; 89-93.
- Heckman, R. A., M. F. Dube, D. Lynn and J. M. Rivers (1981) The role of tobacco leaf precursors in cigarette flavor, *Rec. Adv. Tob. Sci.* 6; 107-152.
- Kaburaki, Y., Y. Mikami, Y. Saida and M. Nakamura (1973) Lower bases of tobacco smoke. *Nippon Nogeikagaku Kaishi.* 47(12); 799-806.
- Kawashima, N., H. Fukushima and E. Imaki (1967) Studies on protein metabolism in higher plant leaves. II. Variation in amino acid composition of protein in autolyzes tobacco leaves. *Phytochemistry.* 6; 339-344.
- Leffingwell, J. C. and D. Leffingwell (1988) Chemical & sensory aspects of tobacco flavor-An overview. *Rec. Adv. Tob. Sci.* 14; 169-218.
- Liang, C. and J. F. Pankow (1996) Gas/particle partitioning of organic compounds to environmental tobacco smoke: Partition coefficient measurements by desorption and comparison to urban particulate material. *Environ. Sci. Technol.* 30; 2800-2805.
- Mendell, S., E. C. Bourlas and M. Z. Debardelebem (1984) Factors influencing tobacco leaf quality: An investigation of the literature, *Beitr. Tabakforsch.* 12(3); 153-167.
- Palmer, J. K. (1963) Changes in the nitrogenous constituents of burley tobacco during curing and aging. *Tob. Sci.* 7; 93-96.
- Pankow, J. F., B. T. Mader, L. M. Isabelle, W. Luo, A. Pavlick and A. C. Liang (1997) Conversion of nicotine in tobacco smoke to its volatile and available free-base form through the action of gaseous ammonia. *Environ. Sci. Technol.* 31; 2428-2433.
- Parris N. and T. A. Foglia (1983) A simplified alcoholic extraction procedure for ammonia in meat tissue. *J. Agric. Food Chem.* 31; 887-889.
- Parris N. (1984) An improved fluorometric method for the determination of ammonia and volatile amines in meat tissue by high-performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 32; 829-831.
- Singer, G. M. and W. Lijinsky (1976) Naturally occurring nitrosable amines. II. Secondary amines in tobacco and tobacco smoke. *J. Agric. Food Chem.* 24(3); 553-555.
- Sloan, C. H. and G. P. Morie (1974) Determination of ammonia in tobacco and tobacco smoke with an ammonia electrode, *Anal. Chim. Acta.* 69; 243-247.