

저장실의 온습도, 제통수분함량 및 제통중량 황색종 가공엽의 탄화에 미치는 영향

김상범^{*} · 안동명 · 이윤환 · 김용규 · 복진영
한국인삼연초연구원
(2001년 6월 10일 접수)

The Influences of Temperature and Humidity in Storage Room, Moisture Content and Packing Weight of Leaf on the Carbonization of Processed Flue-cured Leaf Tobacco

S. B. Kim^{*}, D. M. Ahn, Y. H. Lee, Y. K. Kim and J. Y. Bock
Korea Ginseng & Tobacco Research Institute
(Received June 10, 2001)

ABSTRACT : This study was carried out to investigate the influences of environmental condition in storage room, moisture content and packing weight of leaf on the carbonization of processed flue-cured leaf tobacco, and find out a regression model able to pre-estimate the degree of carbonization. The influence of temperature and humidity in storage room on the carbonization was high, while that of packing weight was relatively low. However, high moisture content and packing weight of leaf accelerated the carbonization under the high temperature and humidity condition. Thus, the leaf tobacco under the condition of 40 °C, 70% R.H. in storage room, 16% moisture content and 286kg/box of packing weight could be carbonized within one month. The pH, total sugar content, lightness(L) and yellowness(b) of leaf were closely related to carbonization of leaf during storage. There were significant regression relationships (logarithmic and power) between the period of storage and pH, lightness and yellowness of leaf. It is considered that the certification and/or pre-estimation of carbonization during storage may be possible by applying the regression equation.

Key words : carbonization, temperature, humidity, moisture content, packing weight

잎담배 저장숙성시 우려되는 것이 부패엽과 탄화엽 발생이다. 그러나 숙성이 촉진되는 조건일수록 부패, 탄화의 우려도 커지므로, 특히 인공숙성 시에는 이에 대한 상당한 주의가 요구된다. 탄화 발생의 주요인은 포장의 밀도 및 수분, 품온이고,

잎의 치밀도, 당함량 등도 탄화에 영향을 미친다 (Holt et al., 1985). 탄화발생의 기작은 pyrogenic reaction으로, 열과 수분의 존재하에서 환원당과 아미노산이 반응하여 주로 aldehydes, melanoidins, CO₂가 생성되는데(Tso, 1990), 이 때에 발생된 열

^{*}연락처 : 305-345 대전광역시 유성구 신성동 302 번지, 한국인삼연초연구원

^{*}Corresponding author : *Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, 302 Shinseong -Dong, Yusong-Ku, Taejeon 305-345, Korea*

과 수분은 반응을 촉진시켜 연쇄반응을 일으킨다.

Holt et al.(1985)은 11%의 낮은 수분함량, 40℃의 품온, 370kg/m³의 제통밀도일 경우에도 황색종 잎담배가 심하게 탄화되었다고 하였다. 탄화현상은 당함량이 높은 황색종에만 국한되는 것은 아니다. 미가공된 버어리종을 봄부터 가을까지 7개월 동안 저장하였을 때(Walton et al., 1985)와 수분함량이 24.5%이상인 Maryland 잎담배를 10월에서 이듬해 봄까지 저장하였을 때(McKee et al., 1984)에도 탄화가 발견되었다. 민 등(1991)은 포장수분이 20.8~22.4%인 황색종 잎담배를 1년간 원료공장 창고에 저장하였을 때, 30~150일에 발열과 부패현상이 나타났으나 탄화현상은 발생되지 않았으며, 1년후 칼슘함량은 10~22% 증가된 반면 전당함량은 40~60% 감소되었다고 하였다.

현재 우리나라 원료공장에는 cooling system이 없고, 황색종의 포장밀도는 290~354 kg/m³(김 등, 1997)으로서 미국의 256~320kg/m³(Bates et al., 1974)보다 높은 편이다.

우리나라의 경우, 저장기간이 오래된 지하잎담배나 수매된 후 가공시기가 늦은 미가공 잎담배에서 탄화가 종종 발생하는 것으로 알려져 있다. 이러한 경우에 대비하여 탄화에 영향을 크게 미칠 것으로 생각되는 저장창고의 온도, 제통잎담배의 수분함량 및 밀도가 저장중 황색종 잎담배의 탄화 및 이화학성 변화에 미치는 영향을 파악하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 잎담배는 '96년산 황색종 B₂O로서, '97년 4월 15일에 한국담배인삼공사 충주원료공장에서 가공, 제통(box size : 1,100(L)x776(W)x728(H)mm)하여 수분함량이 적합한 지하잎담배를 선별, 온도측정감지기를 삽입한 후 4월 21일에 시험을 개시하여 18개월후 종료하였다.

가공엽의 수분함량은 12(현행), 14, 16%의 3수준으로, 제통중량은 220(현행), 253(15% 증량), 286kg/box(30% 증량)의 3수준으로 하였고, 저장온습도환경은 실온습도(관행)와 35℃, 65%R.H. 및 40℃, 70%R.H.로 조절된 항온항습실의 3개 조건

이었다.

분석용 잎담배시료는 1개월마다 시료채취용 파이프를 채취하여 60℃ 건조기에서 건조, 분쇄하여 사용하였다. 잎담배 탄화정도는 육안으로 판별하였으며, 화학성분은 한국인삼연초연구원의 담배성분분석법에 준하였다.

진알칼로이드, 전당, 전질소 함량은 자동분석기(ALPKEM, RFA/2)로 분석하였고, pH는 pH/ion meter(Orion 720A)로 측정하였으며, 수분함량은 가열건조법으로 정량하였다. 색상은 색채색차계(MINOLTA CR-200)로 측정하였고, 탄소함량은 C,N,S 측정기(Leco CNS-2000)로 분석하였다.

결과 및 고찰

탄화 진행정도

저장중 가공엽의 탄화진행정도는 표 1과 같다. 본 조사는 육안관찰로 하였는데, 조사의 객관성을 높이기 위하여 채취한 시료를 냉동보관하였다가 시험종료후 일시에 실시하였다. 탄화정도는 5단계로 표시하였는데, '+'는 초기시료에 비하여 어렵게 변색된 것이 구분될 정도로 아주 경미한 단계, '+++++'는 탄화가 아주 극심하게 진행된 단계이다.

먼저 실온습도조건하에서, 12%의 수분함량일 경우, 220kg/box로 제통하였을 때에는 18개월후까지도 변색이 경미하였고, 286kg/box로 제통하였을 때에는 1개월내에 탄화정후가 나타났지만 그 정도는 18개월까지 유지되었다. 수분함량이 14%일 경우에도 220~253kg/box에서는 3개월, 286kg/box에서는 1개월내에 탄화정후가 나타났지만 그 후에는 큰 변화가 없었다. 수분함량이 16%일 경우 3개 제통중량 모두에서 1개월이내에 탄화정후가 나타났지만, 16%의 수분함량, 286kg/box의 제통중량에서만 탄화가 계속 진행된 것으로 나타났다. 즉 실온습도조건하에서는 수분함량이 16%이상, 제통중량이 286kg/box일 경우에만 탄화의 우려가 클 뿐, 기타 처리구에서는 18개월후까지도 대조구(12.52%, 220kg/box)와 큰 차이를 보이지 않았다.

35℃, 65%R.H. 조건하에서 수분함량이 12~14%일 경우에는 제통중량에 관계없이 탄화진행정도는 비슷하였는데, 1개월내에 정후가 나타나 3개월내

저장실의 온습도, 제통수분함량 및 제통중량이 황색증 가공엽의 탄화에 미치는 영향

Table 1. Carbonization degree of processed leaf during storage at each condition.

Storage condition	Moisture content	Packing weight	Months after packing			
			1	2	3	18
Storage room	12.52%	220kg				-
	12.44%	253kg				+
	12.47%	286kg	-	-	+	+
	14.40%	220kg			-	+
	14.46%	253kg			-	-
	15.01%	286kg	-	-	-	-
	16.38%	220kg	-	-	-	+
	16.00%	253kg	-	-	+	+
	16.35%	286kg	-	+	-	++
	35°C, 65%R.H.	13.22%	220kg	-	-	++
12.71%		253kg	-	+	++	+++
12.48%		286kg	-	-	++	+++
14.71%		220kg	-	-	--	+++
14.95%		253kg	-	-	++	+++
14.35%		286kg	-	-	++	+++
16.60%		220kg	++	++	--	+++
15.53%		253kg	++	++	--	+++
16.44%		286kg	--	++	++	+++
40°C, 70%R.H.		13.24%	220kg	--	++	++
	13.10%	253kg	++	++	++	++++
	12.60%	286kg	++	++	++	++++
	14.87%	220kg	++	++	+++	+++++
	14.61%	253kg	++	++	+++	+++++
	14.42%	286kg	++	++	+++	+++++
	16.77%	220kg	++	--	+++	+++++
	15.39%	253kg	++	++	+++	+++++
	16.52%	286kg	+++	+++	++++	+++++

* : - ; Very slight, ++++ ; Very severe

에 2단계로 진행되고 18개월내에 3단계로 진행되었다. 반면, 수분함량이 16%일 경우에는 제통중량에 관계없이 1개월내에 2단계까지 진행되고 18개월내에 3단계로 진행되었다. 즉 35°C, 65%R.H 조건하에서는 수분함량이나 제통중량에 따라 저장중기에서는 어느 정도 차이는 있었지만 18개월후에는 차이가 크지 않은 것으로 나타났다.

40°C, 70%R.H. 조건하에서는 모든 처리가 1개월내에 2단계 정도의 탄화를 보였으며, 16%의 수분함량, 286kg/box의 제통중량일 경우에는 1개월내에 3단계 정도의 탄화를 보였다. 수분함량이 낮은 경우에는 제통중량에 관계없이 18개월 이전에 4단계 정도의 탄화를 보였던 반면, 수분함량이 14%이상일 경우에는 18개월 이전에 이미 5단계에 이르렀다.

이상의 결과로 볼 때, 3개 요인중 저장실의 온습도가 탄화에 가장 크게 영향을 미쳤고, 다음은 수분함량이며, 제통중량은 그다지 큰 영향을 미치지 않았지만 저장실의 온습도나 수분함량이 높으면 제통중량도 탄화를 촉진시키는 인자로 작용한다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 Holt et al.(1985)의 결과와는 유사하였으나 24%의 수분함량에서 1년 저장시 부패염은 발생하였지만 탄화는 되지 않았다는 민 등(1991)의 결과와는 다소 달랐다.

품온 변화

저장중 지하내부 잎담배의 품온변화는 그림 1에서 보는 바와 같이 시험초기에는 제통시에 45°C 전후이었던 품온이 냉각이 덜 되어 30°C 정도를 보였다. 먼저 저장실조건에 따라서는 실온습도조건의 품온이 처리후 15일경에 이르러 실온과 비슷하게 된 후 실온의 변화와 비슷하게 유지되었다. 반면, 35°C, 65% R.H. 조건의 품온은 1개월후에 36°C까지 상승하였으나 그 후 35°C 부근에서 유지되었고, 40°C, 65% R.H. 조건의 품온은 1개월후에 46.5°C 내외까지 상승하였으나 점차 낮아져 3개월경부터는 처리온도보다 약간 높은 상태로 유지되었다. 즉 저장실의 온습도가 높을수록 초기의 품온 상승폭이 크고, 가운처리구의 품온이 초기 약 2개월까지 높았던 것은 탄화의 주된 기작인 열분

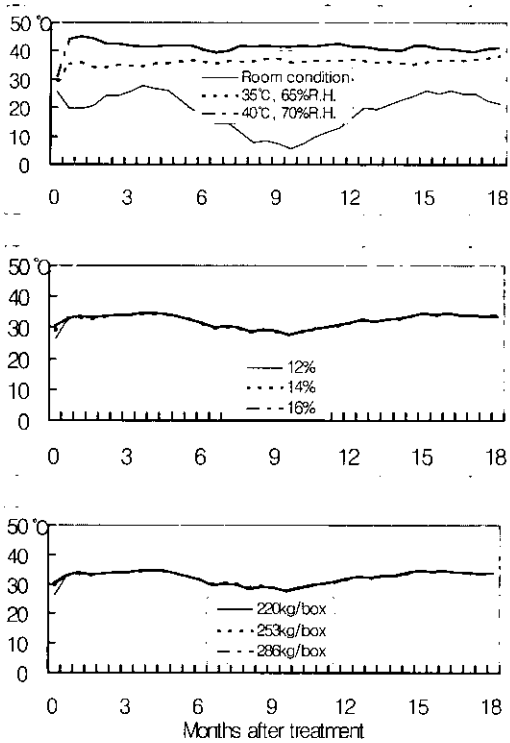


Fig. 1. Changes of temperature of leaf in packing box during storage at different conditions

해반응이 저장실의 온도가 높을수록 빠르고, 그리고 그 반응은 초기에 빨랐던 데 기인된 것으로 생각된다. 그러나 저장중 수분함량이나 제통중량에 따른 잎담배 품은 차이는 크지 않았으며, 품온이 10개월 전후(동절기)에 낮았던 것은 평균치에 실온습도조건 처리가 포함되었기 때문이다.

수분함량 변화

저장중 가공엽의 수분함량변화는 그림 2와 같다. 먼저 저장환경에 따라서는 실온습도조건의 잎담배 수분함량은 저장실내의 상대습도에 따라 변화되었는데, 14개월부터는 증가되는 양상을 보였다. 상대적으로 조건이 안정된 상태인 두 가운데처리구의 저장중 수분함량변화는 크지 않았다. 두 처리 모두 15개월후에는 수분함량이 약간 낮아졌는데, 이는 열분해시 생성된 수분보다 방출된 수분이 많았기 때문인 것으로 생각된다. 제통수분 함량에 따른

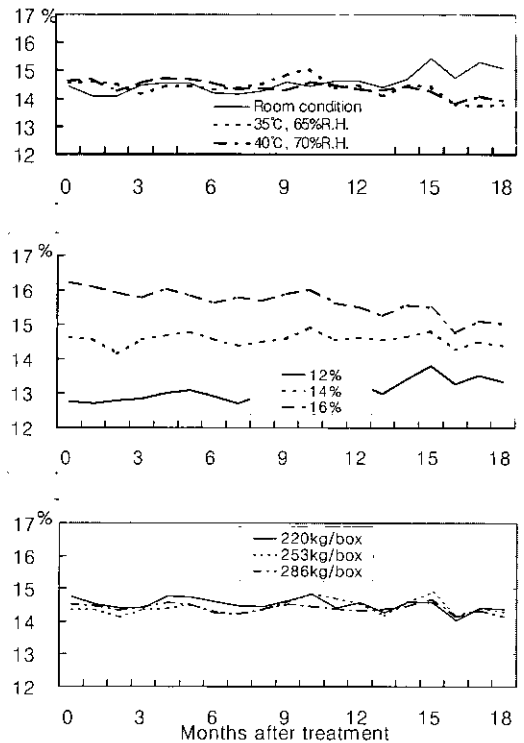


Fig. 2. Changes of moisture content of leaf during storage at different conditions

수분함량은 12%구가 점차 증가되었던 반면 14%구는 변화가 비교적 작았고, 16%구는 점차 낮아졌는데, 14%와 16%구는 변화폭은 달랐으나 변화추세는 비슷한 것으로 나타났다. 즉 35°C, 65%RH. 조건은 평형수분이 유지되는 상태였지만, 40°C, 70%RH. 조건은 잎담배가 건조되는 조건으로 나타났다. 그러나 제통중량에 따른 잎담배 수분함량 변화는 크지 않았다.

pH 변화

저장중 가공엽의 pH변화는 그림 3과 같다. 3개 그림 모두에서 pH는 현저히 낮아지다가 점차 그 정도는 완만하게 되는데(Akehurst, 1981 ; 野川等, 1969, 1968a, 1970a, 1970b, 1968b), 12개월후의 변화는 미미한 것으로 나타나, 저장숙성중 pH 변화는 초기 6개월동안 컸다는 보고(Akehurst, 1981)와 같은 경향이였다. 저장환경에 따른 pH변

저장실의 온습도, 제통수분함량 및 제통중량이 황색종 가공엽의 탄화에 미치는 영향

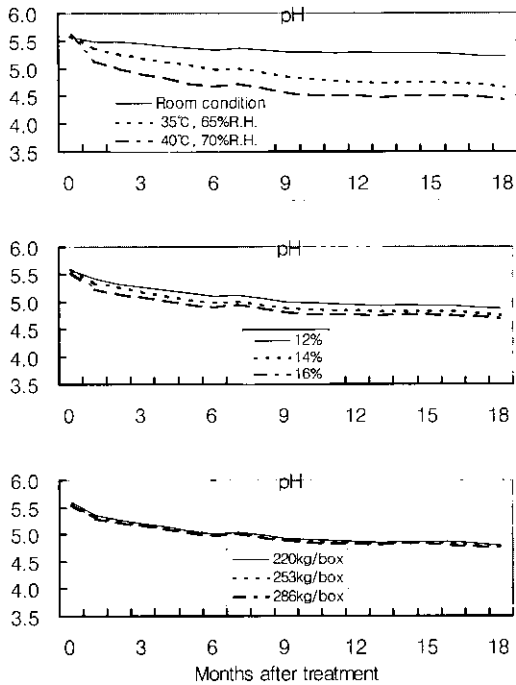


Fig. 3. Changes of pH value of leaf during storage at different conditions

화는 매우 컸는데, 저장실 온도가 높을수록 pH의 하락폭은 컸다. 특히 40°C, 70%RH 조건에서는 초기 1개월간의 pH변화가 그 후 7개월간의 변화폭과 대등하였다. 제통수분함량에 따른 pH하락폭은 16% > 14% > 12%의 순이었고 14%구는 12%구보다는 16%구 쪽으로 치우쳤는데, 이는 12, 14, 16%구의 실제 수분함량은 12.75, 14.64, 16.22%로서 14%구와 16%구간의 차이(1.58%)가 12%구와 14%구간의 차이(1.89%)보다 작았기 때문이다. 제통중량에 따른 pH변화 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 그러나 본 그림에는 제시하지 않았지만, 고온이나 고수분조건에서는 제통중량의 증가가 pH의 하락에 큰 영향을 미치는 것으로 나타나, 제통중량의 증가는 pH하락에 상승작용을 하는 것으로 생각된다. 저장숙성중 잎담배 pH가 하락하는 것은 당류와 아미노산의 산화에 의해 유기산이 생성되며, 비휘발성산의 일부가 소실되더라도 다른 산들이 당으로부터 생성되고, 염기성 아민계 화합물이

암모니아와 같은 기체상 물질로 분해, 소실되기 때문인 것으로 알려져 있다(Akehurst, 1981).

전알칼로이드, 전당 및 탄소 함량 변화

저장중 가공엽의 전알칼로이드함량은 그림 4에서 보는 바와 같이 계속 낮아졌는데, 그 차이는 저장환경조건에 따라 컸고, 제통중량에 따른 차이는 상대적으로 작았다. 저장환경에 따라서는 실온 습도조건에서는 완만하게 감소되었던 반면, 온습도가 높아질수록 감소폭은 컸다. 두 가운데처리구가 4개월까지는 감소폭이 같았으나, 그 후 차이는 커져서 18개월후 35°C, 65%RH.구의 함량은 실온 습도구와 40°C, 65% R.H.구의 중간정도로 나타났다. 제통수분함량에 따라서는 전기간동안 16% < 14% < 12%구의 순으로 낮았는데, 14%구와 16%구의 차이는 크지 않았다. 또한 제통중량에 따른 차이도 크지 않았다.

저장중 가공엽의 전당함량은 그림 5에서 보는 바와 같이 계속 낮아져, pH와 전알칼로이드함량

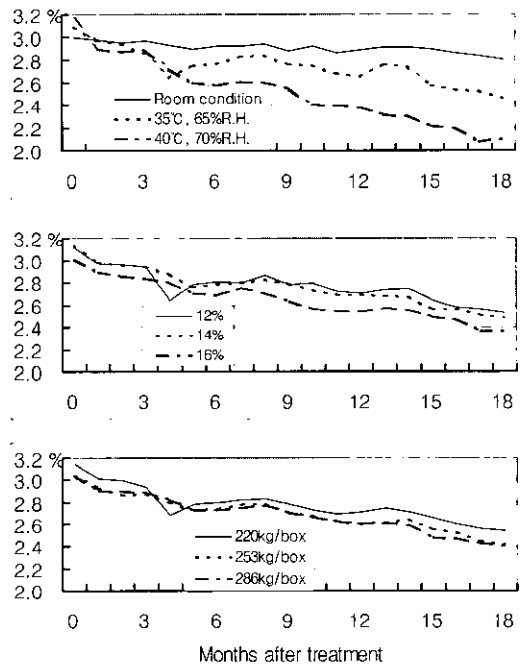


Fig. 4. Changes of total alkaloid content in leaf during storage at different conditions

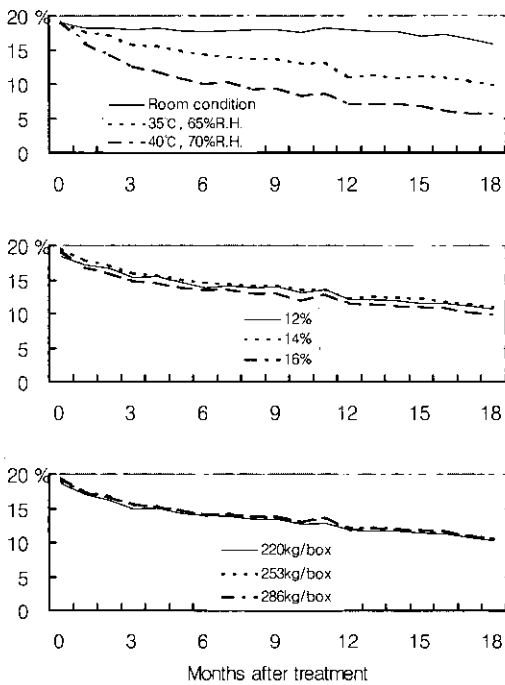


Fig. 5. Changes of total sugar content in leaf during storage at different conditions

변화양상과 비슷하였다. 저장환경에 따라서는 전 기간 동안 35°C, 65%R.H.구는 실온습도구와 40°C, 70%R.H.구의 중간정도로 나타났다. 고온처리구에서 전당함량 감소폭이 컸던 것은, 탄화과정이 당과 아미노산이 열과 수분의 존재하에서 반응하는 열분해반응(Holt et al., 1985)이라는 관점에서 볼 때 당연한 결과라 하겠다. 제통수분함량에 따라서는

16%구가 약간 낮았을 뿐 큰 차이는 없었고, 제통중량에 따른 차이도 거의 없는 것으로 나타났다.

시험전후 가공엽의 탄소함량은 표 2와 같다. 저장환경조건별 평균치로 볼 때, 실온습도조건에서는 18개월후에 약간 낮아졌으나, 40°C, 70%R.H. 조건에서는 증가되었다. 반면, 수분함량이나 제통중량에 따른 차이는 거의 없어서 본 표에는 나타내지 않았다. 그러나 동일한 40°C, 70%R.H. 조건일지라도 수분함량과 제통중량이 높아지면 탄소함량이 더욱 증가되는 것으로 나타났다. 탄화과정중 탄소함량의 증가폭이 비교적 낮았던 것은 탄소함량증가가 일당배중 탄소자체의 증가라기보다는 다른 성분(주로 당류)의 감소에 의하여 상대적으로 높아졌기 때문인 것으로 생각되는데, 당함량의 감소폭이 컸던 고온처리구에서 탄소함량이 높아진 것 이외와 같은 이유로 추정된다.

색상 변화

저장중 가공엽의 명도(L)변화는 그림 6과 같다. 전체적으로 볼 때, 명도의 변화양상은 앞서 언급한 pH, 전당의 경우와 비슷한 것으로 나타났다. 저장환경에 따라서는 실온습도조건에서는 변화가 미미하였지만 온습도가 높은 조건일수록 하락폭은 컸으며, 특히 40°C, 70% R.H. 조건의 초기 1개월 동안의 하락폭은 상당히 커서 35°C, 65%R.H. 조건의 6개월 동안의 하락폭과 대등하였다. 제통수분에 따라서는 수분함량이 높을수록 하락폭은 컸던 반면, 제통중량에 따른 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

Table 2. Comparison of carbon content in leaf before treatment and after 18 months' storage.

Treatment condition	Carbon content (%)		Difference (B-A)
	Before treatment(A)	After 18 months(B)	
Room condition(Mean)	47.19	47.06	-0.13
35°C, 65% R.H.(Mean)	46.75	47.01	0.26
40°C, 70% R.H.(Mean)	46.68	47.53	0.85
40°C, 70% R.H., 16%, 286kg/box	46.74	47.79	1.05

저장실의 온습도, 제통수분함량 및 제통중량이 황색종 가공엽의 탄화에 미치는 영향

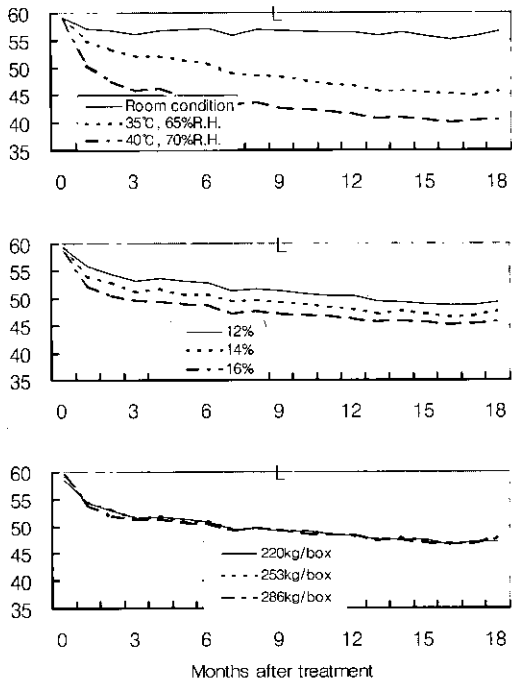


Fig. 6. Changes of lightness degree(L value) of leaf during storage at different conditions

[L : +100 (White) ↔ 0 (Black)]

저장중 가공엽의 적색도(a)변화는 그림 7과 같다. 전체적으로 볼 때, 적색도의 변화양상은 명도와는 반대로 초기 1개월 동안의 상승폭이 컸고, 그 후 3개월까지는 상승폭이 둔화되었고, 그 후에는 완만하게 상승하였다. 먼저 저장환경에 따라서는 실온습도조건에 비하여 고온습도조건에서 높았다. 35°C, 65%R.H.와 40°C, 70%R.H. 조건을 비교하여 볼 때, 40°C, 70%R.H.구가 초기에는 상승폭이 컸다가 5개월이후에는 오히려 35°C, 65%R.H.구보다 낮았는데, 이는 탄화로 잎담배가 검게되어 적색도의 발현이 은폐되었기 때문인 것으로 생각된다. 이와 같은 결과는 제통수분에 따른 적색도가 시간이 경과될수록 16%구에서 낮고, 12%구에서 높게 나타난 것과 같은 이유로 해석된다. 그러나 제통중량에 따른 적색도변화 차이는 없는 것으로 나타났다.

저장중 가공엽의 황색도(b)변화는 그림 8에서

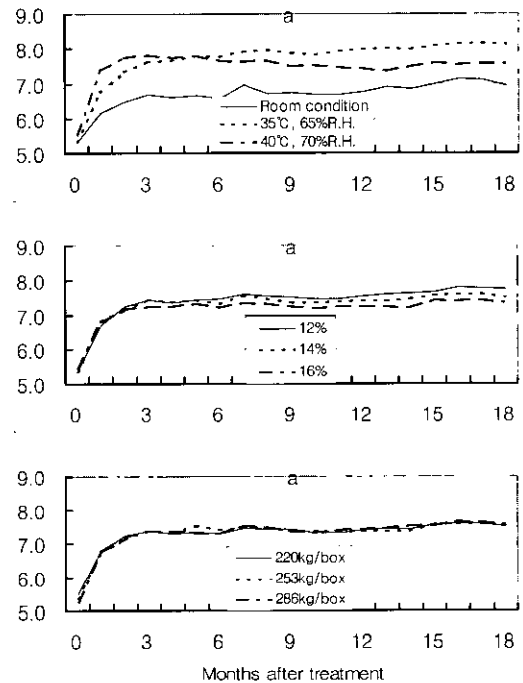


Fig. 7. Changes of redness degree(a value) of leaf during storage at different conditions

[a : (Red) +100 ↔ -80 (Green)]

보는 바와 같이, 명도, pH, 전당함량의 변화양상과 비슷한 것으로 나타났다. 저장환경에 따라서는 고온습도조건일수록 낮았는데, 40°C, 70% R.H. 조건에서는 초기 3개월까지는 하락폭이 컸으나 그 후의 변화는 적색도와 마찬가지로 매우 완만하였다. 제통수분함량에 따라서는 수분함량이 높을수록 낮았는데, 그 차이는 저장환경조건에 비하여 현저하게 작았으며, 제통중량에 따른 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

일반적으로 저장숙성중 잎담배는 황색도가 낮아지고 적색도가 높아져 어두운 색으로 변한다고 하였는데(Akehurst, 1981 ; 野口 等, 1967 ; 김 등, 1995, 1996, 1997 ; 申川 等, 1979), 본 연구에서는 탄화가 일정단계로 진행되면 적색도는 더 이상 증가되지 않는 것으로 나타났다. 또한 결과는 제시하지 않았지만, 탄화발생정도(표 1)와 명도(그림 6), 황색도(그림 8)간에는 0.1%수준의 고도의 상관

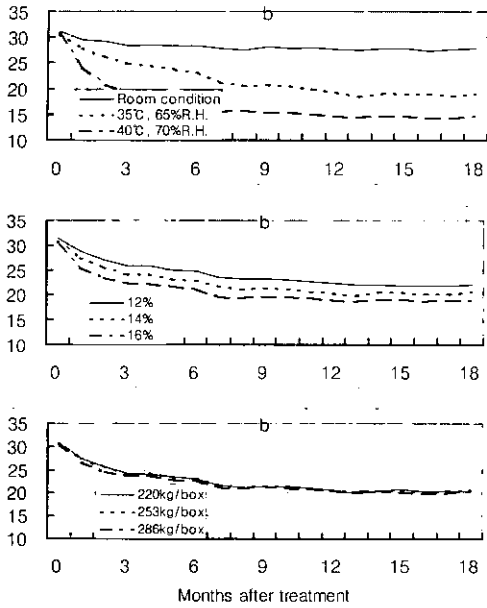


Fig. 8. Changes of yellowness degree(b value) of leaf during storage at different conditions
 [b : (Yellow) + 70 ↔ -70 (Blue)]

관계가 있었다.

제통수분함량과 pH, 명도, 황색도와의 상관관계

제통수분함량과 pH, 명도, 황색도와의 상관관계는 표 3과 같은데, 3개 환경조건에서 4개 회귀식으로 표시하였다. 여기에서 개개의 수치는 8개 상관계수(저장후 1, 2, 3, 6, 9, 12, 15, 18개월)의 평균치인데, 평균치는 각각의 상관계수를 'z'값으로 변환시켜 평균치를 구한 다음 't'로 변형시킨 것이다. 각 상관계수는 동일 환경조건에 속한 9개 처리를 대상으로 산출하였다. 표에서 보는 바와 같이, 모든 상관계수가 1%수준 내외이었고, 이들 상관계수는 적용한 4개 회귀모델에서 거의 같은 수치를 보였다. 즉 본 연구에서는 제통수분함량이 12, 14, 16%로 제한되어 있지만 중간함량인 13, 15%의 경우에도 pH, 명도, 적색도를 산출할 수 있으며, 이를 근거로 탄화진행정도를 예측할 수 있다. 또한 직선회귀의 경우 상관계수가 타 회귀식의 경우와 유사한 것으로 나타나 적용하기에는 더욱 편리할 것으로 생각된다(예를 들면, 제통수분이

Table 3. The correlation coefficients between the moisture content in packed leaf(X) and the pH, lightness and yellowness of processed leaf(Y) at different storage conditions in 4 types of regression analysis.

Regression equation	Storage condition	Correlation coefficient(r)		
		pH	Lightness(L)	Yellowness(b)
Linear Reg.(Y=a+bX)	Storage room	-0.896	-0.890	-0.908
	35°C, 65%R.H	-0.880	-0.903	-0.920
	40°C, 70%R.H.	-0.863	-0.884	-0.892
Logarithmic Reg.(Y=a+blnX)	Storage room	-0.895	-0.886	-0.901
	35°C, 65%R.H	-0.885	-0.909	-0.923
	40°C, 70%R.H.	-0.863	-0.892	-0.899
Exponential Reg.(Y=ab ^x)	Storage room	-0.895	-0.890	-0.905
	35°C, 65%R.H	-0.877	-0.903	-0.917
	40°C, 70%R.H.	-0.862	-0.884	-0.890
Power Reg.(Y=aX ^b)	Storage room	-0.894	-0.885	-0.897
	35°C, 65%R.H	-0.884	-0.909	-0.921
	40°C, 70%R.H.	-0.862	-0.891	-0.894

X : Moisture content of packed leaf, r_{0.01}=0.798, r_{0.05}=0.666 (n=9, d.f.=7)

13%일 경우의 pH는 12%와 14%의 평균 pH로 산출할 수 있음).

저장기간과 pH, 명도, 황색도와의 상관 및 회귀 관계

가공후 경과월수와 잎담배탄화와 관계가 깊은 pH, 명도, 황색도와의 상관계수는 표 4와 같은데, 여기에서 각 상관계수는 27개 처리의 평균치이다. 적용한 4개 회귀모델 모두에서 0.1%수준 이상의 상관계수를 보였는데, 그 중에서 power와 자연대수 회귀식에서 상관계수가 높았다. 3개 형질중 경과월수와 상관관계가 높은 것은 pH이었다.

27개 처리조건의 경우에 있어서, 경과월수와 잎담배 pH, 명도, 황색도와의 관계를 나타낸 회귀식은 표 5(logarithmic regression) 및 표 6 (power regression)과 같다. 'X'를 경과월수에 '1'을 더한 것은 위 함수에 '0'을 사용할 수 없기 때문이다. 두 표에서 거의 모든 상관계수는 0.1%수준 이상이었고, 단 두 경우(명도 : 실온습도조건, 12%와 16%의 수분함량)에서만 5%수준 이하로 나타났다. 또한 두 표 모두 실측치와 기대치의 차이가 표준오차범위 이내로 나타났기 때문에 실제로 적용해도 좋을 것으로 생각된다. 즉 본 표를 이용하여 각 처리조건 및 경과월수에 따른 pH, 명도, 황색도를 산출하여 탄화진행정도를 상호 비교할 수 있으며, 여기에 탄화진행결과(표 1)를 참고한다면 주

어진 조건하에서의 탄화진행정도를 확인 내지는 예측할 수 있을 것으로 생각된다.

결 론

탄화에 영향을 크게 미칠 것으로 생각되는 저장실의 온습도(실온습도 ; 35℃, 65%R.H. ; 40℃, 70%R.H.), 제통수분함량(12, 14, 16 %), 제통중량(220, 253, 286kg/box)이 잎담배 탄화 및 이화학성에 미치는 영향을 조사, 분석하고자 본 연구를 수행하였다.

탄화에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 저장실의 온습도였고, 다음은 수분함량이었으며, 제통중량의 영향은 비교적 작았다. 그러나 저장실의 온습도가 높을 경우 수분함량과 제통중량은 탄화를 촉진시키는 상승작용을 하는 것으로 나타나, 40℃, 70% R.H., 수분함량 16%, 제통중량 286kg/box 조건에서는 저장 1개월내에 잎담배가 탄화되었다. 또한 저장중 잎담배 pH, 전당함량, 명도, 황색도의 변화는 탄화와 밀접한 관계가 있고, 저장기간과 잎담배 pH, 명도, 황색도간에는 고도의 회귀관계(logarithmic and power regression)가 있는 것으로 나타나, 이들 회귀식을 응용하면 잎담배의 탄화정도를 확인 내지는 예측이 가능할 것으로 생각된다.

Table 4. The correlation coefficients between the lapse of months after packing(X) and the pH, lightness and yellowness of processed leaf(Y) in 4 types of regression analysis.

Regression equation	Correlation coefficient(r)			
	pH	Lightness(L.)	Yellowness(b)	Mean
Linear Reg. (Y=a+bX)	-0.902	-0.829	-0.829	-0.858
Logarithmic Reg. (Y=a+blnX)	-0.977	-0.933	-0.949	-0.957
Exponential Reg. (Y=ab ^x)	-0.910	-0.844	-0.856	-0.873
Power Reg. (Y=aX ^b)	-0.978	-0.937	-0.954	-0.960

X : The No. of lapsed months after packing + 1, r_{0.001}=0.693, r_{0.01}=0.590 (n=19, d.f.=17)

Table 5. The logarithmic regression equations between the lapse of months(X) and the pH, lightness and yellowness of processed leaf(Y) at each condition.

Storage condition	Moisture content	Packing weight	pH	Lightness (L)	Yellowness (b)
Storage room	12.52%	220kg	$Y=5.658-0.1010\ln X(-0.860)$	$Y=59.19+0.498\ln X(-0.442)$	$Y=31.44+0.839\ln X(-0.918)$
	12.44%	253kg	$Y=5.615-0.0890\ln X(-0.861)$	$Y=59.38+0.493\ln X(-0.590)$	$Y=31.48+0.845\ln X(-0.903)$
	12.47%	286kg	$Y=5.613-0.0920\ln X(-0.948)$	$Y=58.28+0.272\ln X(-0.249)$	$Y=30.72+0.702\ln X(-0.830)$
	14.40%	220kg	$Y=5.653-0.1286\ln X(-0.973)$	$Y=58.81+0.650\ln X(-0.594)$	$Y=31.38+1.018\ln X(-0.886)$
	14.46%	253kg	$Y=5.580-0.1287\ln X(-0.973)$	$Y=58.43+0.844\ln X(-0.604)$	$Y=30.72+1.194\ln X(-0.880)$
	15.01%	286kg	$Y=5.509-0.1078\ln X(-0.972)$	$Y=57.50+0.903\ln X(-0.720)$	$Y=29.61+1.002\ln X(-0.853)$
	16.38%	220kg	$Y=5.599-0.1457\ln X(-0.971)$	$Y=57.95+1.198\ln X(-0.786)$	$Y=30.01+1.248\ln X(-0.850)$
	16.00%	253kg	$Y=5.482-0.1230\ln X(-0.958)$	$Y=56.16+0.855\ln X(-0.642)$	$Y=28.66+0.965\ln X(-0.800)$
	16.35%	286kg	$Y=5.483-0.1373\ln X(-0.972)$	$Y=57.31+1.309\ln X(-0.760)$	$Y=28.78+1.278\ln X(-0.844)$
35℃, 65%R.H.	13.22%	220kg	$Y=5.558-0.2730\ln X(-0.981)$	$Y=58.06+3.962\ln X(-0.973)$	$Y=30.73+3.790\ln X(-0.948)$
	12.71%	253kg	$Y=5.670-0.2936\ln X(-0.980)$	$Y=61.44+4.489\ln X(-0.979)$	$Y=32.96+4.123\ln X(-0.991)$
	12.48%	286kg	$Y=5.712-0.3169\ln X(-0.984)$	$Y=61.20+4.624\ln X(-0.963)$	$Y=32.88+4.294\ln X(-0.982)$
	14.71%	220kg	$Y=5.641-0.3501\ln X(-0.992)$	$Y=58.82+4.805\ln X(-0.985)$	$Y=31.03+4.626\ln X(-0.936)$
	14.95%	253kg	$Y=5.629-0.3322\ln X(-0.992)$	$Y=59.67+5.159\ln X(-0.983)$	$Y=31.68+4.735\ln X(-0.984)$
	14.35%	286kg	$Y=5.622-0.3230\ln X(-0.991)$	$Y=59.75+5.005\ln X(-0.985)$	$Y=30.84+4.301\ln X(-0.984)$
	16.60%	220kg	$Y=5.578-0.3271\ln X(-0.990)$	$Y=57.76+5.143\ln X(-0.988)$	$Y=30.23+4.879\ln X(-0.983)$
	15.53%	253kg	$Y=5.437-0.2852\ln X(-0.985)$	$Y=56.05+4.489\ln X(-0.981)$	$Y=28.37+4.133\ln X(-0.981)$
	16.44%	286kg	$Y=5.484-0.3159\ln X(-0.986)$	$Y=57.24+4.791\ln X(-0.967)$	$Y=28.68+4.165\ln X(-0.967)$
40℃, 70%R.H.	13.24%	220kg	$Y=5.432-0.3081\ln X(-0.985)$	$Y=55.77+5.169\ln X(-0.978)$	$Y=28.25+4.803\ln X(-0.972)$
	13.10%	253kg	$Y=5.499-0.3551\ln X(-0.989)$	$Y=57.39+5.374\ln X(-0.983)$	$Y=29.68+5.037\ln X(-0.970)$
	12.60%	286kg	$Y=5.522-0.3654\ln X(-0.986)$	$Y=57.88+5.610\ln X(-0.973)$	$Y=29.60+5.016\ln X(-0.969)$
	14.87%	220kg	$Y=5.491-0.3698\ln X(-0.970)$	$Y=55.48+5.472\ln X(-0.981)$	$Y=28.38+5.289\ln X(-0.970)$
	14.61%	253kg	$Y=5.418-0.3682\ln X(-0.975)$	$Y=54.89+5.382\ln X(-0.944)$	$Y=27.26+4.976\ln X(-0.941)$
	14.42%	286kg	$Y=5.378-0.3450\ln X(-0.980)$	$Y=54.06+5.109\ln X(-0.935)$	$Y=26.42+4.695\ln X(-0.939)$
	16.77%	220kg	$Y=5.376-0.3557\ln X(-0.965)$	$Y=54.48+5.596\ln X(-0.949)$	$Y=26.46+5.004\ln X(-0.939)$
	15.39%	253kg	$Y=5.378-0.3452\ln X(-0.976)$	$Y=54.25+5.631\ln X(-0.980)$	$Y=27.03+5.292\ln X(-0.967)$
	16.52%	286kg	$Y=5.276-0.3503\ln X(-0.947)$	$Y=51.45+4.816\ln X(-0.913)$	$Y=23.90+4.377\ln X(-0.901)$

X : The No. of lapsed months after packing + 1

* The numeral in the brackets are correlation coefficients

$r_{0.001}=0.693$, $r_{0.01}=0.575$, $r_{0.05}=0.456$ ($n=19$, $d.f.=17$)

저장실의 온습도, 제통수분함량 및 제통중량이 황색종 가공엽의 탄화에 미치는 영향

Table 6. The power regression equations between the lapse of months(X) and the pH, lightness and yellowness of processed leaf(Y) at each condition.

Storage condition	Moisture content	Packing weight	pH	Lightness (L)	Yellowness (b)	
Storage room	12.52%	220kg	$Y=5.660X^{-0.01843}(-0.944)$	$Y=59.20X^{-0.0086}(-0.443)$	$Y=31.46X^{-0.0280}(-0.914)$	
	12.44%	253kg	$Y=5.617X^{-0.01633}(-0.862)$	$Y=59.38X^{-0.0084}(-0.589)$	$Y=31.50X^{-0.0280}(-0.901)$	
	12.47%	286kg	$Y=5.660X^{-0.01690}(-0.946)$	$Y=58.27X^{-0.0046}(-0.245)$	$Y=30.72X^{-0.0236}(-0.829)$	
	14.40%	220kg	$Y=5.656X^{-0.02346}(-0.970)$	$Y=58.82X^{-0.0113}(-0.591)$	$Y=31.39X^{-0.0340}(-0.886)$	
	14.46%	253kg	$Y=5.583X^{-0.02399}(-0.972)$	$Y=58.44X^{-0.0148}(-0.601)$	$Y=30.75X^{-0.0413}(-0.877)$	
	15.01%	286kg	$Y=5.510X^{-0.02020}(-0.972)$	$Y=57.50X^{-0.0160}(-0.717)$	$Y=29.61X^{-0.0353}(-0.852)$	
	16.38%	220kg	$Y=5.603X^{-0.02718}(-0.971)$	$Y=57.94X^{-0.0211}(-0.787)$	$Y=29.99X^{-0.0437}(-0.854)$	
	16.00%	253kg	$Y=5.485X^{-0.02325}(-0.958)$	$Y=56.14X^{-0.0154}(-0.637)$	$Y=28.64X^{-0.0349}(-0.797)$	
	16.35%	286kg	$Y=5.486X^{-0.02611}(-0.972)$	$Y=57.30X^{-0.0234}(-0.761)$	$Y=28.77X^{-0.0468}(-0.846)$	
	35℃, 65%R.H.	13.22%	220kg	$Y=5.592X^{-0.03331}(-0.980)$	$Y=58.45X^{-0.0178}(-0.967)$	$Y=31.47X^{-0.1579}(-0.977)$
		12.71%	253kg	$Y=5.691X^{-0.05700}(-0.977)$	$Y=61.93X^{-0.0842}(-0.973)$	$Y=33.77X^{-0.1606}(-0.984)$
		12.48%	286kg	$Y=5.737X^{-0.06155}(-0.980)$	$Y=61.74X^{-0.0876}(-0.956)$	$Y=33.88X^{-0.1715}(-0.971)$
14.71%		220kg	$Y=5.666X^{-0.06352}(-0.991)$	$Y=59.33X^{-0.0581}(-0.982)$	$Y=32.12X^{-0.2420}(-0.900)$	
14.95%		253kg	$Y=5.653X^{-0.06569}(-0.990)$	$Y=60.27X^{-0.1018}(-0.978)$	$Y=32.80X^{-0.2321}(-0.977)$	
14.35%		286kg	$Y=5.643X^{-0.06357}(-0.990)$	$Y=60.26X^{-0.0976}(-0.982)$	$Y=31.60X^{-0.1830}(-0.979)$	
16.60%		220kg	$Y=5.598X^{-0.06388}(-0.989)$	$Y=58.31X^{-0.1046}(-0.987)$	$Y=31.33X^{-0.2218}(-0.981)$	
15.53%		253kg	$Y=5.451X^{-0.05720}(-0.985)$	$Y=56.44X^{-0.0921}(-0.982)$	$Y=29.14X^{-0.1924}(-0.981)$	
16.44%		286kg	$Y=5.500X^{-0.06339}(-0.987)$	$Y=57.55X^{-0.0961}(-0.972)$	$Y=29.24X^{-0.1879}(-0.973)$	
40℃, 70%R.H.		13.24%	220kg	$Y=5.445X^{-0.06210}(-0.988)$	$Y=56.16X^{-0.1082}(-0.985)$	$Y=29.06X^{-0.2320}(-0.986)$
		13.10%	253kg	$Y=5.520X^{-0.07196}(-0.991)$	$Y=57.85X^{-0.1068}(-0.988)$	$Y=30.54X^{-0.2319}(-0.980)$
		12.60%	286kg	$Y=5.543X^{-0.07386}(-0.988)$	$Y=58.31X^{-0.1130}(-0.980)$	$Y=30.43X^{-0.2212}(-0.980)$
	14.87%	220kg	$Y=5.507X^{-0.07488}(-0.976)$	$Y=55.98X^{-0.1188}(-0.987)$	$Y=29.43X^{-0.2349}(-0.984)$	
	14.61%	253kg	$Y=5.434X^{-0.07565}(-0.981)$	$Y=55.14X^{-0.1140}(-0.960)$	$Y=27.84X^{-0.2509}(-0.962)$	
	14.42%	286kg	$Y=5.395X^{-0.07114}(-0.984)$	$Y=54.29X^{-0.1083}(-0.951)$	$Y=26.96X^{-0.2419}(-0.965)$	
	16.77%	220kg	$Y=5.389X^{-0.07322}(-0.971)$	$Y=54.74X^{-0.1243}(-0.966)$	$Y=27.04X^{-0.2531}(-0.966)$	
	15.39%	253kg	$Y=5.393X^{-0.07099}(-0.982)$	$Y=54.79X^{-0.1242}(-0.986)$	$Y=28.24X^{-0.2865}(-0.976)$	
	16.52%	286kg	$Y=5.285X^{-0.07314}(-0.957)$	$Y=51.51X^{-0.1067}(-0.932)$	$Y=24.05X^{-0.2449}(-0.932)$	

X : The No. of lapsed months after packing + 1

* The numeral in the brackets are correlation coefficients

$r_{0.001}=0.693$, $r_{0.01}=0.575$, $r_{0.05}=0.456$ (n=19, d.f.=17)

참 고 문 헌

- Akehurst, B. C. (1981) Tobacco, 2nd ed., p.566-577. Longman Inc. New York, U.S.A.
- Bates, W. W. Jr., R. Mitchem and D. Rogers (1974) Influences of ageing and processing in production factors affecting properties of the flue-cured leaf, *Recent Advances in Tobacco Science*(Inaugural) : 79-80.
- Holt, B. S., D. M. Chilton and J. A. Sampson (1985) Factors effecting discoloration and carbonization of unmanufactured flue-cured tobacco, *Beitr. Tabakforsch. Int.* 13(2) : 95-99.
- 김상범, 박태무, 안동명, 이경구, 이운환 (1995) 건엽과 가공엽의 저장시 이화학성 변화, *한국연초학회지* 17(2) : 126-138.
- 김상범, 박태무, 안동명, 이경구, 이운환 (1996) 고온, 고습조건이 저장중 가공 잎담배의 pH, 색상 및 화학성분에 미치는 영향, *한국연초학회지* 18(1) : 66-75.
- 김상범, 안동명 (1997) 담배연구의 최근동향(한국연초학회), 원료 잎담배의 숙성과 발효, p.33-50.
- 串田幸雄, 勝山則男, 菊池祥夫, 三宅嘉之, 千葉聖一, 川島伸磨 (1979) 葉たばこの發酵に關する研究(第4報), 發酵葉の物理性と通氣乾燥特性, *宇都宮煙試報* 17 : 61-69.
- Mckee, C. G., B. C. Frey and J. H. Hoyert (1984) The effects of leaf moisture content on farm storage ability of Maryland tobacco packed in bales, *Tob. Sci.* 28 : 159-162.
- 민영근, 이경구, 안동명, 이완남 (1991) 잎담배의 수분함량이 부패 및 탄화엽 발생에 미치는 영향, *한국연초학회지* 13(1) : 61-68.
- 野口正雄, 高橋計之助, 船岡紘子, 山口典子, 横山美智子, 大城靖子, 大山佳代子, 西田 耕, 玉置英之助 (1969) 葉たばこの貯藏熟成に關する研究(第5報), 産地區分 A,C,D 各本葉1等の 熟成促進比較試験, *專賣中研報* 111 : 1-4.
- 野口正雄, 高橋計之助, 山口典子, 船岡紘子, 横山美智子, 山本恭子, 浜島衝男, 西田 耕, 玉置英之助 (1968a) 葉たばこの貯藏熟成に關する研究(第3報), 慣行貯藏中における熟成指標 の變化について, *專賣中研報* 110 : 1-6.
- 野口正雄, 西田 耕, 高橋計之助, 佐藤靖子, 大山佳代子, 野村美次, 玉置英之助 (1970a) 葉たばこの貯藏熟成に關する研究(第7報), 4年間の慣行貯藏中における熟成指標および香喫味の變化について, *專賣中研報* 112 : 1-5.
- 野口正雄, 西田 耕, 佐藤靖子, 大山佳代子, 野村美次, 玉置英之助 (1970b) 葉たばこの貯藏熟成に關する研究(第8報), 葉位を異にするA·4本葉1等, 本葉3等, 中葉3等の熟成促進比較試験, *專賣中研報* 112 : 1-5.
- 野口正雄, 浜島衝男, 山本恭子, 高橋計之助, 大城靖子, 船岡紘子, 山口典子, 横山美智子, 西田 耕, 玉置英之助 (1968b) 葉たばこの貯藏熟成に關する研究(第4報), 實用規模試験における内容成分變化について, *專賣中研報* 110 : 7-15.
- 野口正雄, 浜島衝男, 山本恭子, 齊藤憲二, 高橋計之助, 大城靖子, 船岡紘子, 山口典子, 横山美智子, 星野和子, 西田 耕, 玉置英之助 (1967) 葉たばこの貯藏熟成に關する研究(第2報), 香喫味料黄色種葉熟成促進試験, *專賣中研報* 109 : 9-24.
- Tso, T. C. (1990) Production, Physiology and Biochemistry of Tobacco Plant. p.125-134. IDEALS, Inc. Beltsville, Maryland, U.S.A.
- Walton, L. R., M. E. Casada, J. L. Taraba, J. H. Casada, W. H. Henson and L. D. Swetnam (1985) Storage of burley tobacco in bales and bundles, *Transactions of the USAE (American Society of Agricultural Engineers)* 28 : 1301-1304.