

저장조건과 수분함량에 따른 버어리종 잎담배 수분활성도 및 이화학적 특성 변화

장수원* · 차광호 · 양진철 · 이철환 · 신승구 · 조천준
KT&G 중앙연구원 생물자원연구소
(2007년 11월 16일 접수)

Changes of Water Activity and Physico-chemical Properties of Burley Tobacco as Affected by Storage and Moisture Contents

Soo-Won Jang, Kwang-Ho Cha, Jin-Chul Yang, Chul-Hwan Lee,
Seung-Ku Shin and Chun-Joon Jo

Bio-resources Research Group, KT&G Central Research Institute, Eumseong 369-800, Korea
(Received November 16, 2007)

ABSTRACTS : The study was carried out to investigate water activity, physicochemical properties and color degree of burley tobacco stored in shelf with different moisture content for 56 days. The study was consist of two experimental designs, that is, moisture content in burley tobacco was kept to 13 to 15 %, 17 to 19 %, and 21 to 23 % under ambient temperature of 20 °C with relative humidity of 24 %, and another group of in burley tobacco was only kept in ambient temperature of 3 °C with relative humidity of 50 % for 56 days with same water content of former treatment. Normal leaves were kept for 56 days under 21 to 23% of moisture content with increased water activity and TSNA(tobacco-specific nitrosamine content). It was considered that favorable leaves conditions are due to favorable microbial growth resulting in increased TSNA content. The total nitrogen content has not changed in two experimental groups for 56 days, otherwise the nitrate form nitrogen and total alkaloid contents were only increased by 21 to 23 % of water content. Degree of pH change was slightly decreased in both storage and water treatment. It was more decreased in 21 to 23 % of moisture content than that of other moisture content. In stored leaf tobacco, higher moisture content caused lower brightness, yellow degree, and carbonization quotient.

Key words : Storage and moisture contents, water activity, TSNA

버어리종 잎담배는 건조 직후부터 수매직전까지
의 기간 동안 과도한 흡습을 방지하여 건조엽 본
래의 품질을 유지해야 한다. 그러나 저장실내 저

장조건이 알맞지 않으면 부패 및 발열반응에 의해
잎이 탄화되며(Holt *et al.*, 1985; Walton *et al.*,
1985; 민 등, 1991), 잎담배의 높은 수분함량은 곱

*연락처 : 369-800, 충북음성군 음성읍 신천리 480-3 번지, KT&G 중앙연구원 생물자원연구소

*Corresponding author : Eumsung Experimental Station, Bio-resources Research Center, KT&G Central
Research Institute, 369-800 Shicheon-ri, Eumseong-gun, Chungbuk, 369-800, Korea
(phone : 82-43-872-8648; fax : 82-43-873-1309 ; e-mail : swjang@ktng.com)

팡이엽, 변색엽, 부패엽 및 탄화엽을 발생시킨다 (Akehurst *et al.*, 1981; Mckee *et al.*, 1981; 조 등, 1989). 저장 중 고온, 다습은 잎담배의 품질과 수분함량 증가로 인해 곰팡이류가 발생할 수 있으며, 저장실의 온도(20~30 °C)와 상대습도(75~85 % R.H.)는 균류의 성장에 영향을 주어 잎담배의 화학성분을 변화시킨다(Welty, 1972). 저장실 내 습도조건은 잎담배의 화학성분, 효소 활성, 색소, 향기성분에 많은 영향을 미치며(이 등, 1985), 니코틴, 암모니아 함량과 pH는 잎담배 온도와 수분함량에 따라 달라진다(Albo and Chouteau, 1976). 저장이나 발효 중에 단백질 질소, 전알카로이드 등이 감소되고 nicotine oxide 함량이 증가되어 담배 연기의 aroma와 taste가 부드러워진다(Miyake *et al.*, 1981).

저장 중 잎담배 수분함량이 높으면 유해성분인 TSNA(tobacco-specific nitrosamines)을 생성시키는 원인이되며(Burton *et al.*, 1989), TSNA는 잎담배에 존재하는 nitrosamines류의 질소화합물로서 잎담배 건조 및 저장 중 미생물에 의해 생성된다(Roton *et al.*, 2003).

건조엽을 저장할 때 건조엽의 수분함량은 대기 중의 상대습도에 의해 크게 영향을 받는다. 상대습도의 수치는 상대습도와 평형을 이루고 있는 저장 시료의 수분활성도에 약 100배가 되므로 미생물의 성장에는 수분함량보다 수분활성도(water activity, a_w)가 더욱 중요하다(김동훈, 1987). 실제로 미생물이 이용 가능한 수분양은 시료의 수분함량보다 수분활성도에 의해서 더 적절히 표시될 수 있다. 보통 수분활성도의 값은 1.0 미만으로 수분활성도 값이 클수록 미생물이 발생하기 쉽다. 곰

팡이, 효모 등 미생물이 성장할 수 있는 수분활성도의 범위는 세균이 0.90~0.94 정도이며 효모는 0.80 이상이며 수분이 적어도 성장할 수 있는 곰팡이는 0.70~0.95 정도이다(Troller *et al.*, 1978).

따라서 본 연구에서는 저장기간 중 버어리종 잎담배 품질향상 유지를 위해 저장시설과 잎담배 수분함량을 달리하여 저장 시 잎담배의 수분활성도, 이화학적 및 색상 변화에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 시료채취

본 연구에 사용한 잎담배는 KT&G 중앙연구원 음성시험장에서 표준경작법에 준하여 재배 및 건조한 2006년산 버어리종(KB111) 본엽 2등을 사용하였다. 저장 전 잎담배 수분함량을 13~15 %, 17~19 %, 21~23 %의 3수준으로 조절하고 지습차단을 위해 비닐과 방한포로 덮은 후 20 °C/24% R.H.로 유지되는 저장실(처리 1)과 3 °C/50 % R.H.로 유지되는 저장실(처리 2)에 각각 56일간

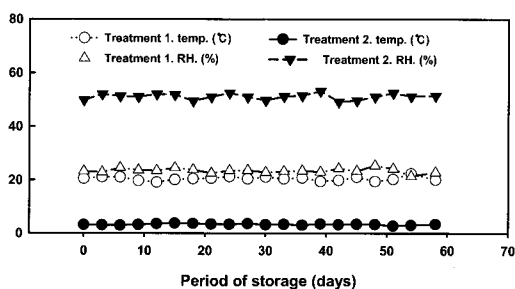


Fig. 1. Changes of temperature and relative humidity in shelf during storage period.

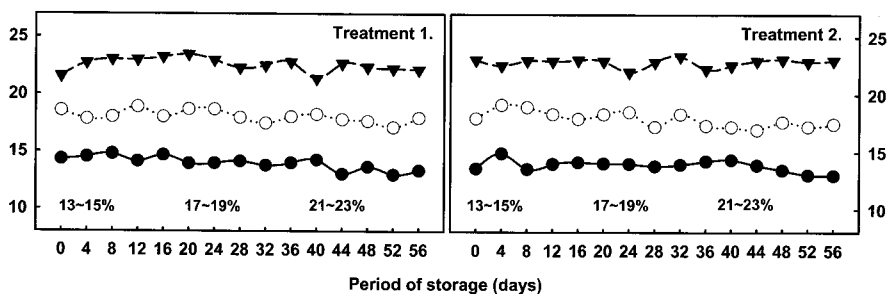


Fig. 2. Changes of moisture content as affected by different storage period.

저장하였다. 저장실 내 온도 및 습도 조사는 Hobo (H08, onset)를 이용하여 2시간 간격으로 56일 동안 조사하였으며(Fig. 1), 저장기간 중 잎담배 수분보정을 위해 가열건조법을 이용하여 4일 간격으로 수분함량을 측정하였다(Fig. 2). 수분활성도, TSNA, 전질소, 질산태 질소, 니코틴 함량 및 pH는 8일 간격으로 총 8회, 색상은 저장 56일 후에 1회 조사하였다.

수분활성도 및 TSNA 함량 분석

수분활성도 측정은 잎담배 중간부분을 1.5 cm × 1.5 cm(가로×세로)의 가량의 원형 모양으로 절편한 다음 측정용 원형 disc에 넣어 수분활성도 측정기 (AW SPRINT TH 500, Novasina)를 이용하여 측정하였으며 TSNA 함량분석은 CORESTA 분석법에 준하였다.

일반화학적 성분 분석 및 색상 측정

일반화학적 성분은 담배성분 분석법에 준하여 전질소는 kjeldahl법, 질산태 질소는 dimethylphenol법, 전알칼로이드는 자동분석기(Alpkem, RFA/2)를 이용하여 분석하였으며 pH는 pH/ion meter(Orion 290A)로 측정하였다. 색상은 색차계(CR-200, Minolta)를 이용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도)

를 측정하였으며 탄화지수는 정 등(2001)의 방법에 따라 색상 조합값($\sqrt{L^2+a^2+b^2}$)을 조사하여 탄화지수로(Carbonization index)로 표기하였다.

결과 및 고찰

저장조건과 수분함량에 따른 잎담배 수분활성도 및 TSNA 함량변화

저장조건과 잎담배 수분함량별 수분활성도 변화는 Fig. 3과 같다. 처리 1과 2의 잎담배 수분활성도 변화는 건조실 환경에 관계없이 잎담배 수분함량에 따라 변화하였다. 수분함량 13~15%와 17~19% 잎담배의 수분활성도는 저장 시부터 저장완료 56일 까지 다소 증가와 감소를 반복하였으나 대체로 일정한 경향으로 유지되었다. 그러나 수분함량 21~23% 잎담배는 처리 1, 2 모두 저장 16일 후부터 큰 폭으로 증가하여 56일까지 지속되었다.

저장조건과 잎담배 수분함량별 TSNA 함량은 수분활성도와 비례하였다(Fig. 3). 수분함량 13~15%와 17~19% 잎담배는 저장 56일 까지 TSNA 함량이 1.6 $\mu\text{g/g}$ 이하로 유지되었으나 수분함량 21~23% 잎담배는 저장 24일 후부터 TSNA 함량이 큰 폭으로 증가하여 56일간 유지되었다. 저장 조건에 관계없이 수분함량 21% 이상인 잎담배의

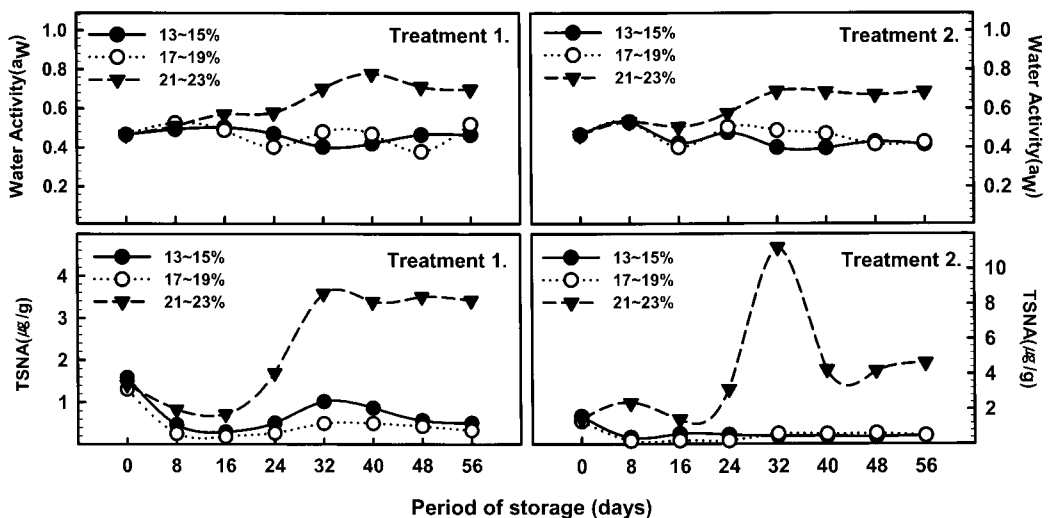


Fig. 3. Changes of water activity and TSNA content as affected by different storage and moisture content.

수분활성도 증가는 미생물의 활발한 생장으로 인해 TSNA 함량이 증가된 것이라 생각되며 수분활성도가 증가함에 따라 미생물 작용으로 잎담배 TSNA 함량이 증가한다는 연구결과(Roton *et al.*, 1999 and 2005)와 수분함량이 높은 잎담배를 21일 동안 저장 시 TSNA 함량이 7~8배 정도 증가한다는 연구결과(Burton *et al.*, 1989)와 일치하였다.

저장조건 및 수분함량에 따른 건조엽 이화학적 분석

저장조건과 잎담배 수분함량별 전질소 함량변화는 Fig. 4와 같다. 잎담배 수분함량별 전질소 함량은 저장조건과 관계없이 저장 56일까지 일정한 경향으로 유지되거나 약간 감소하는 경향이였다. 저장기간 중 잎담배 전질소 함량은 영향을 받지 않는다는 연구결과(Burton *et al.*, 1989, 김 등, 1995)

와는 일치하였으나 저장기간 중 전질소 함량이 감소(Palmer, 1963; Akehurst, 1981; Tso, 1990) 또는 증가(정 등, 2001)한다는 결과와는 다소 차이가 있었다.

질산태 질소는 처리 1에서(저장 56일) 수분함량 21~23 %의 잎담배가 수분함량 13~15 %와 17~19 % 잎담배에 비해 약 1.6배, 처리 2는 약 4.1배 증가하였다. 처리 1은 저장 16일 후부터 증가하였으며, 처리 2는 저장 8일 후부터 급격히 증가하였다(Fig. 5).

저장조건과 잎담배 수분함량별 전알칼로이드 함량변화는 Fig. 6과 같다. 저장 56일 후 처리 1과 2의 수분함량 21~23 % 잎담배가 수분함량 13~15 %와 17~19 % 잎담배에 비해 전알칼로이드 함량이 각각 약 1.5배, 1.3배 증가하였다. 전알칼로이드

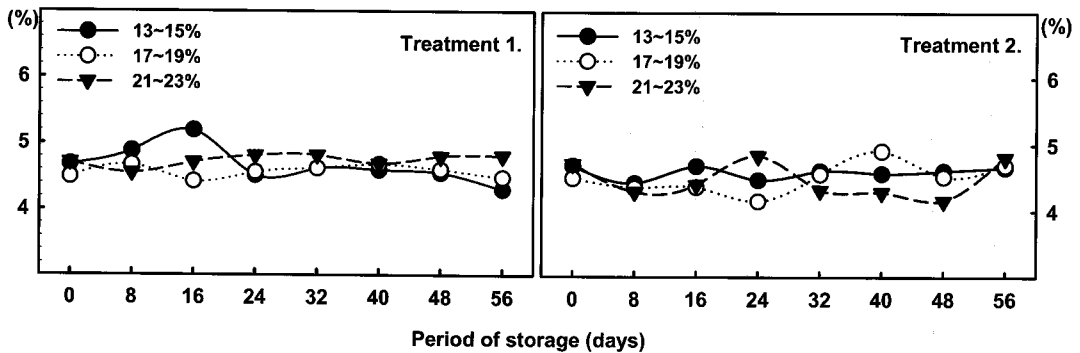


Fig. 4. Changes of total nitrogen content as affected by different storage and moisture content.

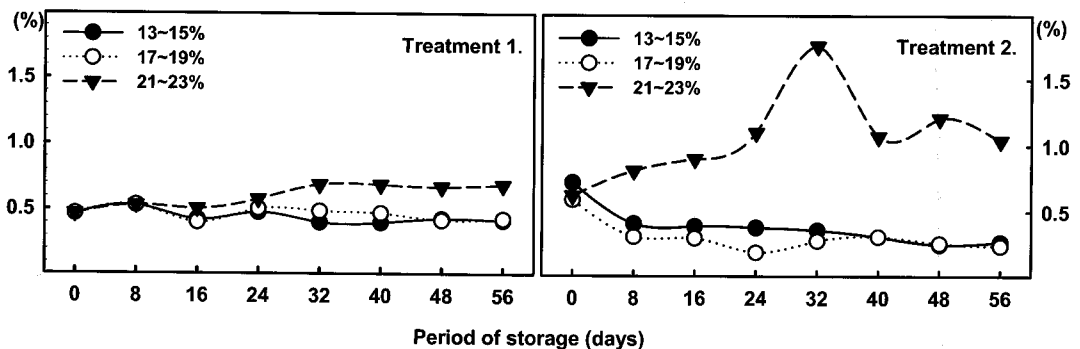


Fig. 5. Changes of nitrate content as affected by different storage and moisture content.

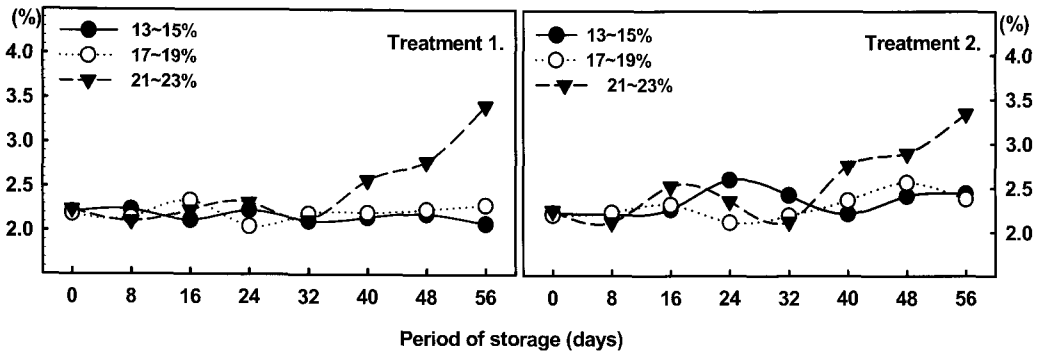


Fig. 6. Changes of total alkaloids content as affected by different storage and moisture content.

함량이 증가하는 것은 저장기간 중 높은 수분함량이 미생물 활성을 증가시켜 잎담배를 발효, 부패시키면서 불안정한 화합물들이 분해 또는 휘산됨에 따라 나타나는 중량감소에 대하여 안정적인 화합물인 니코틴의 상대적인 비율이 높아지는 것으로 생각된다(Watkins *et al.*, 1964; 민 등, 1991).

저장조건과 잎담배 수분함량별 pH 변화는 Fig. 7과 같다. 수분함량 13~15%와 17~19% 잎담배는 저장완료까지 약간 감소하거나 저장 시와 대등한 수준이나 수분함량 21~23% 잎담배는 pH 함량이 급격히 감소하는 하였다. 저장기간 중 ammonia에 비해 상대적으로 증가된 산성의 glucose 중간대사물질에 의해 pH가 저하(Anderson *et al.*, 1993)된다고 하였으며 고온, 고습조건에서 pH는 낮아지며 경과일수가 길수록 그 차이는 커진다는 연구결과(김 등, 1996)와 유사하였다.

저장조건과 수분함량에 따른 잎담배 색상변화

저장조건과 잎담배 수분함량별 색상변화는 Table. 1과 같다. 저장 58일 후 처리 1의 명도(L)는 수분함량 21~23%의 잎담배가 수분함량 13~15%와 17~19% 잎담배에 비해 약 8.4% 정도 낮아졌으며 황색도는 약 10.2% 정도 감소하였다. 처리 2는 명도가 9.3%, 황색도는 12.3% 정도 감소하였다. 탄화지수는 처리 1에서 수분함량 21~23%의 잎담배가 수분함량 13~15%와 17~19% 잎담배에 비해 약 23% 감소하였으며 처리 2는 34% 감소하였다. 정 등(2001)은 탄화정도가 심할수록 잎담배의 명도, 황색도 및 탄화지수가 낮아진다고 하였다.

결론

본 연구는 버어리종 잎담배 품질 향상을 위한 안

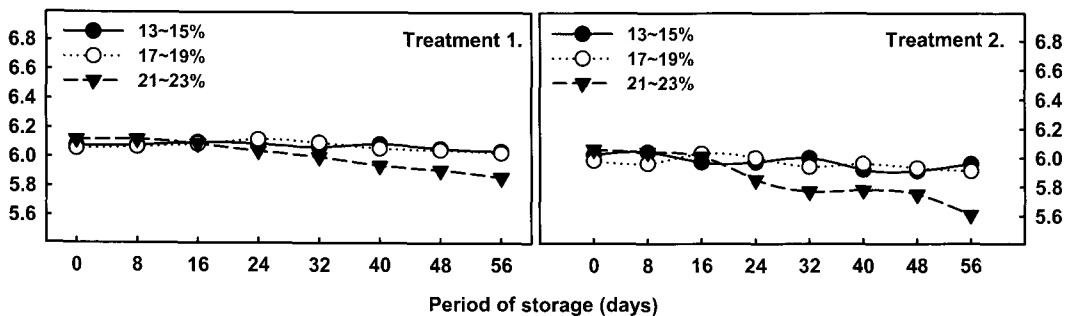


Fig. 7. Changes of pH as affected by different storage and moisture content

Table 1. Changes of color as affected by different storage and moisture content stored for 58 days

Storage condotion	Moisture contents (%)	Lightness (L) ¹⁾	Redness (a) ²⁾	Yellowness (b) ³⁾	Carbonization Index (C.I.) ⁴⁾
Treatment 1 (20°C/24%RH)	13~15	43.2	13.8	26.0	52.3
	17~19	44.4	14.4	28.6	54.7
	21~23	35.4	13.9	20.8	43.3
Treatment 2 (3°C/50%RH)	13~15	43.1	13.9	36.1	57.9
	17~19	44.1	14.6	29.7	55.4
	21~23	34.4	13.8	20.6	42.2

¹⁾ L: (White)+100 ~ 0(Black)

²⁾ a: (Red)+100 ~ -80(Green)

³⁾ b: (Yellow)+70 ~ -70(Blue)

⁴⁾ C.I.: $\sqrt{L^2 + a^2 + b^2}$

정 저장법을 개발하고자 저장시설과 잎담배 수분 함량을 달리하여 저장한 후 잎담배의 수분활성도, 이화학성 및 색상변화를 조사하였다. 저장 전 버어리종 잎담배 수분함량을 13~15 %, 17~19 %, 21~23 %로 조절하고 20 °C, 24 % R.H.로 유지되는 저장실(처리 1)과 3 °C, 50 % R.H.로 유지되는 저장실(처리 2)에서 각각 56일간 저장하였다. 처리 1과 처리 2에서 잎담배 수분함량 21~23 % 이상일 경우 수분활성도 및 TSNA 함량이 증가하여 저장 58일까지 지속되었으며 수분활성도가 증가함에 따라 미생물의 생장으로 인해 TSNA 함량도 증가하였다. 전질소 함량은 처리 1과 2에서 저장 56일 후까지 큰 변화는 없었으며 질산태 질소와 전알칼로이드 함량은 잎담배 수분함량 21~23 % 이상일 경우 증가하였다. pH 변화는 저장 처리와 수분 처리구 모두 약간 감소하였는데 잎담배 수분 함량 21~23 %에서는 감소의 폭이 컸다. 저장 잎담배의 색상변화는 처리 1과 2에서 잎담배 수분함량이 21~23 % 이상일 경우 명도와 황색도가 낮았으며 탄화지수도 감소하였다. 따라서 버어리종 잎담배를 안정하게 저장하려면 저장 전 잎담배 수분함량을 19 % 이하로 유지하고 비닐과 방한포로 완전히 밀폐하여 외습을 차단해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Akehurst, B. C. (1981) Tobacco, 2nd ed. p. 566-577, Longman Inc, New York, U.S.A.
- Albo, J. P. and Chouteau, J. (1976) In vitro study of the processes responsible for the loss of nicotine during fermentation of moist tobacco. COREST, Congr. Tokyo, p. 131, abstr. G 003.
- Anderson, R. A., Fleming, P. D. and Hildebrand, D. F. (1993) pH Changes in smokeless tobacco undergoing nitrosation during prolonged storage. Effects of moisture, temperature and duration. *J. Agric. Food Chem.* 41: 968-972.
- Burton, H. R., Bush, L. P. and Mirjana, M. V. (1989) Influence of temperature and humidity on the accumulation of tobacco-specific nitrosamines in stored burley tobacco. *J. Agric. Food Chem.* 37: 1372-1377.
- Holt, B. S., Chilton, D. M. and Sampson, J. A. (1985) Factors effecting discoloration and carbonization of unmanufactured flue-cured tobacco, *Beitr. Tabakforsch Int.* 13(2): 95-99.
- Mckee, C. G., Frey, B. C. and Hoyert, J. H.

- (1984) The effects of leaf moisture content on farm storage ability of Maryland tobacco packed in bales. *Tob. Sci.* 28: 114-117.
- Miyake, Y., Gamou, K. and Kawashima, N. (1981) Studies on forced fermentation of tobacco leaves. VII. Changes in chemical constituents of tobacco leaves during forced fermentation process. *Bull. Utsunomyia Tob. Exp. Sta.*, No. 18, p. 35-47.
- Palmer, J. K. (1963) Changes in the nitrogenous constituents of burley tobacco during curing and aging. *Tob. Sci.* 7: 93-96.
- Roton, C. D., San, L. H. and Vidal, B. (1999) Influence of curing procedures and normicotine potential on TSNA formation in three varieties of dark tobacco. CORESTA Agronomy and Phytopathology Study Group, Suzhou, China, October 10-14.
- Roton, C. D., Wahlberg, I., and Wiernik, A. (2003) burley variety, curing environment, normicotine conversion and TSNA accumulation. CORESTA Agronomy and Phytopathology Study Group, Bucharest, Romania, October 12-17.
- Roton, C. D., Wiernik, A., Wahlberg, I. and Vidal, B. (2005) Factors influencing the formation of tobacco-specific nitrosamines in french air-cured tobaccos in trials and at the farm level. *Beitr. Tabakforsch. Int.* 21(6): 305-320.
- Troller, J. A. and Christian J. H. B. (1978) Water activity and food. p. 52, Academic Press, New York, U.S.A.
- Tso, T. C. (1990) Production, Physiology, and Biochemistry of tobacco plants. p. 125-134, IDEALS, Inc. Beltsville, Maryland, U.S.A.
- Walton, L. R., Casade, M. P., Taraba, J. L., Casada, J. H., Henson, W. H. and Swetnam, L. D. (1985) Storage of burley tobacco in bales and bundles. *Transaction of the USAE(American Soci. of Agri. Engin.)* 28(4): 1301-1304.
- Watkins, R. W. and F. J. Hassler (1962) Effect of oxygen stress on tobacco discoloration. *Tob. Sci.* 6: 92-97.
- Welty, R. E. (1972) Fungi isolated from flue-cured tobacco sold in Southeast United States, 1968-1970. *Appl. Microbiol.* 24(3): 518-520.
- 김동훈 (1987) 식품화학, p. 4-10, 탐구당, 서울
- 김상범, 박태무, 안동명, 이경구, 이운환 (1995) 건엽과 가공엽의 저장시 이화학적 변화. *한국연초학회지* 17(2): 126-138.
- 김상범, 박태무, 안동명, 이경구, 이운환 (1996) 고온, 고습조건이 저장 중 가공 잎담배의 pH, 색상 및 화학성분에 미치는 영향. *한국연초학회지* 18(1): 66-75.
- 민영근, 이경구, 안동명, 이완남 (1991) 잎담배의 수분함량이 부패 및 탄화염 발생에 미치는 영향. *한국연초학회지* 13(1): 61-68.
- 이상하, 민영근, 이미자, 서철원, 이완남, 이경구 (1985) 잎담배 저장 및 숙성연구. *담배연구보고서(담배제조분야)* p. 409-459.
- 정기택, 안대진, 김미주, 이종철 (2001) 저장 중 원료 잎담배의 탄화발생과 색상 및 화학성분과의 관계. *한국연초학회지* 23(2): 149-155.
- 조대휘, 안동명, 민영근, 이완남, 이경구, 이상하 (1989) 저장 중 황색증 잎담배의 수분 함량이 곰팡이 발생에 미치는 영향. *한국연초학회지* 11(2): 241-246.