

질소기체를 이용한 잎담배 팽화특성

김병구*, 정한주
한국인삼연초연구원 상품개발부
(1997년 3월 19일 접수)

The Expansive Properties of leaf tobacco by Nitrogen Gas

Byeoung-Ku Kim*, Han-Joo Chung

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

(Received March 19, 1997)

ABSTRACT : The expansive properties of leaf tobacco by nitrogen gas was investigated with cut tobacco AB30-1, CD3L-1(NC82). Major factors for the best expansion of the tobacco by the gas were an impregnated pressure and expansion temperature. The expansion rate for AB30-1 and CD3L-1 at 250°C, 750kg/cm² was 96.6%, 99.4% respectively. The shred size and fineness index at 96.6% of expansion rate for AB30-1 was almost the same as at 58.3% for CD3L-1. The time reaching at equilibrium-moisture under of RH 57% was 36hr in non-treated leaf tobacco, but it was 20hr in expanded tobacco. We confirmed that total sugar contents of leaf tobacco by the expansion was decreased with 9.3~10.9%. Total alkaloid was decreased with 17.5~21.1% and ether extracts was declined with 4.9~9.3%. These results suggest that the expansion method of leaf tobacco by nitrogen gas is a useful method without any serious environmental troubles.

Key words : expansion, nitrogen gas, heat treatment, tobacco.

담배산업의 여러 분야중 상품담배의 품질수준을 결정하는데 가장 중요한 분야로서는 원료의 가공처리 기술이라고 볼수 있다. 이 분야의 기술을 향상시키므로서 고속화, 자동화 관리체계를 갖춘 현대적 개념의 담배가공공정 수준을 달성할 수 있을 것이다. 원료 잎담배 원가절감, 제품결련의 이화학적 품질향상과 연기성분내에서 요구되는 적절한 화학성분의 농도조절 등을 위하여 잎담배를 팽화하는 기술이 James (1973)에 의한 trichlorofluormethane (freon-11)을 사용한 방법이 실용화된 후 Robert (1973)의 carbon dioxide (CO₂)을 사용한 기술이 실용화 되었다. 또한 Wochnowski (1980)의 super steam과 Ziehn

(1981)의 nitrogen에 의한 팽화방법도 개발되어 실용화 되었으며 최근에는 propane에 의한 방법까지도 개발되기에 이르렀다. 이러한 여러 팽화방법들은 잎담배 조직이나 세포내부에 포화되어 있는 팽화제에 전달되는 열의 속도나 양의 변화하는 정도에 따라서 팽화율, 팽화처리 후 물리성과 내용성분의 변화에 영향을 미치게 된다. 이와 같이 잎담배를 팽화하므로써 얻을 수 있는 잇점이 있는 반면 일부의 팽화제 (freon-11등)의 사용은 오존층의 분해를 가져오며 carbon dioxide는 지구의 온난화의 원인이 되는 물질로 밝혀져 이로 인하여 환경보호 법적 규제로부터 제한 받지 않을 수 없으며 최근에 개발이된 propane

* 연락처자 : 304-345, 대전광역시 유성구 신성동 302, 한국인삼연초연구원

* Corresponding author : Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, 302 Sinseong-Dong, Yuseong-Ku, Taejon 305-345, Korea

의 처리 방법도 이러한 문제점을 피할 수 없는 상황이다. 따라서 잎담배를 가장 안정하게 팽화처리하는 방법으로서 super steam 및 nitrogen에 의한 방법을 들 수 있을 것이나, Wochnowski (1980) 및 Hiromi 등의 (1995) 연구에 의하면 super steam은 미건엽 및 하엽 일부의 등급에서는 팽화작용이 잘 일어나나 속성엽 및 상,본엽에서는 팽화율이 저조한 것으로 밝혀졌다. 본 실험에서 사용한 nitrogen기체를 사용한 팽화법은 기존의 trichlorofluoromethane, carbon dioxide (CO₂) 방법에 비하여 안정성 및 팽화효과가 우수하나, 750Kg/cm²의 높은 압력을 사용하여 잎담배를 포화시켜야 하므로 팽화설비를 설치할 경우 비용이 증가할 수도 있다. 본 실험에서는 nitrogen 팽화방법에서 가장 핵심이 되는 팽화시 압력변화 및 팽화율과의 상관 관계와 팽화 후 각초에 대한 이화학적 특성 변화를 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

시료.

95년산 NC82 4개등급(AB3O-1, B1O, C1L, CD3L-1)을 사용하였고, 처리전 시료의 수분함수율은 절각수분인 19~21% 수준으로 조화하여 실험하였다.

장치 및 방법.

포화기(impregnator) : high pressure vessel system (95U-00077, 미국PPI사)이며 N₂나 CO₂ 등의 여러 기체들을 최대 상용압 1,000Kg/cm² 까지 사용할 수 있다.

팽화부(sublimator) : 포화증기를 과열증기화 할 수 있는 18KW/h 전기가열기, 질소가스가 포화되어있는 담배를 증발시켜 팽화작용이 일어 나도록하는 steam과 공기가 혼합되어 난류를 발생하며 고속으로 흐르는 팽화관(sublimator)과 팽화후 기체와 고체를 분리할수 있는 cyclone separator로 구성되어 있다.

부풀성촉짐(filling capacity) : 시료 함수분이 11~12% 내로 조화된 각초 5~10g을 Densimeter (DD- 60A, 독일 Heirn Borgwalt사)넣고 단면적 28.26cm² (직경 6cm)에 3kg의 무게로 30초간(압축압력 106g/cm²) 압축한 후 시료통 속의 각초높이 "h"(cm)를 읽고 계산 후 보정값을 적용 환산 하였다.

각초크기(shred size) : 시료 함수분이 11.5~12.5% 내로 조화된 각초 30g을 Sieve Shaker(Tyler사, model RX-24)에서 3.36mm, 1.41mm, 0.5mm체로 10초동안 친후 체의 크기별 4단계로 분리하여 각각의 가중치를 1, 2, 3, 4를 주어 계산 하였다.

부스럼지수(fineness index) : 시료 함수분이 11.5~

12.5% 내로 조화된 각초 10g을 Mixer(Osterizer사)에 넣어 8,000rpm에서 30초간 분쇄한 후 분쇄된 각초 10g을 Sieve Shaker(Tyler사, model RX-24)에서 1.0mm, 0.5mm, 0.25mm체로 60초동안 친후 체의 크기별 4단계로 분리하여 각각의 가중치를 1, 2, 3, 4를 주어 계산 하였다.

평형수분(equilibrium moisture): 20℃의 온도 조건하 sodium bromide(RH57%) 포화용액이 함유된 dessicator 내에서 4시간 마다 흡습되어 증가되는 무게를 측정하여 그 비율을 측정하였다.

엽중내용성분은 김 등의 (1991) 담배성분 분석법에 준하여 분석하였다.

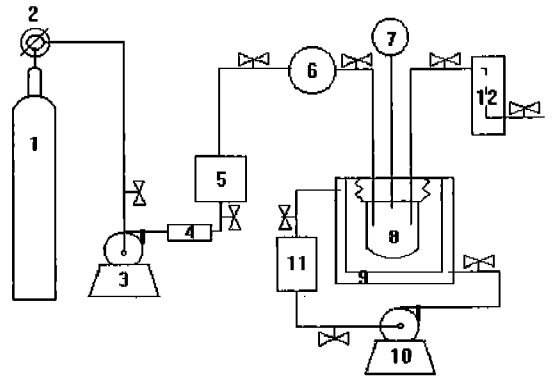


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental apparatus.

- | | |
|------------------------|----------------------|
| 1. N ₂ Gas | 7. Gauge |
| 2. Regulator | 8. Reactor |
| 3. Pump(gas + liquide) | 9. Insulator |
| 4. Vaporizer | 10. Circulation pump |
| 5. PID Controller | 11. Heater |
| 6. Pressure controller | 12. Vaporizer |

결과 및 고찰

여러 잎담배 팽화방법들 중에서 질소를 이용한 팽화방법은 처리과정중 열에 의한 팽화제 성분의 분해나 잎담배 물질중에 존재하는 많은 화학성분들과의 결합 및 팽화처리 후 잎담배에 일부 잔류하거나 대기에 방출할 경우에도 해를 발생치 않는 환경 비저항적 팽화처리 방법이라 할 수 있다. 이러한 질소기체의 비점은 극히 낮고, 임계압이 높으므로 잎담배에 필요한 양의 가스를 포화시켜 팽화할 때 table 1과 같이 높은 포화 압력이 요구되게 된다.

한편 포화압력과 팽화율과의 여러 상관성을 구명

Table 1. Effect of impregnated pressure on expansion rate of leaves tobacco expanded by nitrogen gas.

| Grade (Flue cured) | Control | filling capacity(cc/g) / expansion rate(%) | | | |
|-----------------------|---------|--|-----------|------------|-------------|
| | | impregnated pressure(kg/cm ²) | | | |
| | | 550 | 650 | 750 | 850 |
| AB3O-1 | 4.75 | 7.49/57.8 | 8.66/82.3 | 9.34/96.6 | 9.76/105.5 |
| CD3L-1 | 5.42 | 8.58/58.3 | 9.92/83.0 | 10.81/99.4 | 11.31/108.7 |

expanded condition: expanding temp. 250(°C), holding time 18(min), fluidize bed velocity 20(m/sec)

하기위한 연구가 Ziehn (1984)에 의하여 연구된 바 있으며 그의 연구에서도 포화압력과 팽화온도는 팽화효과에 주로 관여하는 주 인자로 보았음을 알 수 있다. 질소기체는 CCl₃F나 CO₂등의 팽화제에 비하여 여러 물리적인 특성-분자량, 증기압, 잠열, 용해도, 열민감성등이 다르며 이러한 열역학적 특성 차이에 의한 질소기체를 이용한 팽화결과를 table 1에서와 같이 AB3O-1(NC82, 95년산)의 경우 포화압 550Kg/cm²에서는 부풀성 7.49cc/g과 팽화율57.8%, CD3L-1(NC82, 95년산)에서는 각각 8.58cc/g, 58.3%의 다소 낮은 팽화효과를 보였으나, 650Kg/cm²이상의 포화압에서는 본엽, 중엽 모두에서 좋은 팽화효과를 보였고, 750Kg/cm²의 압력 이상에서는 기존의 CO₂팽화율과 대차 없는 결과를 보였으며 AB3O-1은 부풀성 9.34cc/g과 팽화율 96.6%, CD3L-1은 각각 10.81cc/g, 99.4%의 높은 수치를 얻을 수 있었다. Ziehn(1984)의 연구에서도 포화압력을 상승시킬 경우 부풀성이 증가 하였는데 이는 잎담배 조직이나 세포내에 팽화작용에 유효한 기체질소 농도를 더 많이 포화시키므로써 큰 팽화압을 얻어 포화된 질소가 승화관내에서 일시에 순간적으로 열전달을 받아 기화할 때 부피가 더 크게 팽창되므로 담배의 조직을 확장시킬 수 있는 것으로 설명하였다.

이처럼 기체질소의 포화압력이 팽화효과와 정의 상관성이 있는 것으로 나타났으며 포화시 체류시간에 있어서는 table 2에 나타난 결과와 같이 AB3O-1

의 경우 포화체류시간 0.5분에서 6분으로 증가시킬 경우 부풀성이 9.32cc/g에서 9.58cc/g으로 9.7% 소폭 증가하였고, CD3L-1에서도 10.77cc/g에서 11.02cc/g으로 2.3%증가 하는데 그쳤다.

table 2에서 포화 체류시간에 따른 부풀성의 소폭 증가는 팽화공정에 영향을 주는 인자로 보기에는 변화의 폭이 크지 않았다. 이는 N₂ 분자가 CCl₃F와 같이 분자량이 크며 일정한 크기의 유기구조 형태를 가지지 않고 단분자체이므로 잎담배 조직내에 침투시 단순한 인자인 고압력에 의한 효과만으로도 팽화에 필요한 질소기체가 용이하게 침투가 잘 되는 것으로 설명될 수 있을 것이다.

팽화처리 과정에 있어서는 질소 기체가 포화된 잎담배를 높은 온도의 공기와 증기가 혼합된 난류를 형성하며 고속으로 흐르는 매체 내에서 잎담배조직이나 세포에 가압 포화되어 있는 질소기체에 순간적으로 열을 전달시켜 팽화압력을 일으키게 되는데 이때 난류매체의 온도 크기에 따른 팽화효과는 table 3에서와 같이 AB3O-1은 200℃ 처리시에는 팽화율이 83.2%, 250℃에서는 96.6%로 13.4%증가 하였으며 300℃ 이상에서는 105.3%이상의 높은 팽화율을 얻을 수 있었다. CD3L-1에서도 200℃처리시 팽화율 81.0%, 250℃에서는 99.4%로 18.4%증가 되었으며 300℃ 이상에서는 팽화율이 증가가 점점 둔화되기 시작하였다. 그 이상의 온도에서는 잎담배를 구

Table 2. Effect of impregnation times on the expansion rate of tobacco leaves.

| Grade (Flue cured) | Control | unite: filling capacity(cc/g) / expansion rate(%) | | | |
|-----------------------|---------|---|------------|-------------|-------------|
| | | impregnation times (min) | | | |
| | | 0.5 | 2 | 4 | 6 |
| AB3O-1 | 4.75 | 9.32/96.2 | 9.34/96.6 | 9.52/100.4 | 9.58/101.7 |
| CD3L-1 | 5.42 | 10.77/96.8 | 10.81/99.4 | 10.90/101.1 | 11.02/103.3 |

expanded condition: impregnation pressure (kg/cm²), expanding temp. 250(°C), fluidize bed velocity 20(m/sec)

Table 3. Effect of expanding temperature on the expansion rate of tobacco leaves.

unit: filling capacity(cc/g) / expansion rate(%)

| Grade (Flue cured) | Control | expanding temperature (°C) | | | |
|-----------------------|---------|----------------------------|------------|-------------|-------------|
| | | 200 | 250 | 300 | 350 |
| AB3O-1 | 4.75 | 8.70/83.2 | 9.34/96.6 | 9.75/105.3 | 10.42/119.4 |
| CD3L-1 | 5.42 | 9.81/81.0 | 10.81/99.4 | 11.52/112.5 | 12.05/122.3 |

expanded condition: impregnation pressure (kg/cm²), holding time 18(min), fluidize bed velocity 20(m/sec)

성하고 있는 섬유소 및 내용성분의 탄화현상이 발생하기 시작하였다. 그러므로 포화압과 함께 팽화온도는 잎담배를 팽화하는데 있어 주로 관여하는 인자로 볼수 있을 것이다.

팽화처리에 의하여 잎담배 세포나 조직과 조직간에 있는 간극을 크게하고 기공층을 확대 형성하여 겉보기 부피를 증가시키므로 팽화효과를 가지게끔 되는데 이때 증가하는 부피에 의하여 잎담배의 팽화를 위한 본래의 목적이 달성되기도 한다고 볼수 있을 것이다. 그러나 이에 반해 잎담배가 가지는 여러 특성인 각초의 크기나 부스럼지수에 의한 강도 등은 감소하여 나빠지게도 된다. 팽화 전 후의 각초 크기는 table 4에서와 같이 미처리구에 비하여 팽화각초는 장각(3.36mm이상)이 감소하여 그 감소된 량이 중각(3.36~1.14mm)과 단각(1.41~0.5mm)등 작은 크기의 각초로 각각 이행되었으며, AB3O-1의 경우 팽화를 96.6%에서 장각은 52.1%로 크게 감소한 반면 중각은 34.2%, 단각은 13.3% 수준으로 크게 증가 되었다. CD3L-1의 경우 팽화를 58.3% 수준에서 장각이 53.5%로 감소되었고 중각과 단각은 32.6, 13.6%로 상승하였는데 이는 당 및 유기물들의 연쇄 분자구조와 수분과의 결합으로 인한 유연성 및 강

도가 확보되게 되는데 박 등 (1995)이 연구한 결과에 의하면 중엽의 내용성분 구성상 이러한 내용성분들의 부족으로 인하여 본엽에서 보다 단각이 증가하고 부스럼지수가 나빠지게 되는 것으로 추정된다. AB3O-1의 부스럼지수는 팽화를 82.3%에서 3.37로 나타난 반면 CD3L-1의 경우 58.3%에서 3.38로 나타남을 보였다.

팽화 전 후 각초의 시간별 평형 함수율은 table 5의 결과와 같이 팽화율이 평형 함수율(90%수준)에 도달하는 데 걸리는 시간은 16-20(시간)으로써 미처리구의 36-40(시간)에 비하여 흡수속도가 크게 빨라졌음을 보였으며 각 엽분의 차에 따른 평형함수율 유지시간은 CD3L-1이 약간 빨랐음을 보였으나 함수율 11% 이상의 수분조화 조건에 있어서는 AB3O-1이 약간 높은 수분 함수율을 유지하는 것으로 나타났다. 팽화각초는 table 1의 결과에서와 같이 부풀성이 57.8-108.7%까지 증가하므로 수분의 흡착 및 흡수는 팽화각초의 조직내에 확장되는 기공들의 크기나 수, 면적 등의 물리적 인자들과 상호 관련되게 된다. 그래서 평형수분의 도달 과정은 처음의 빠른 시간대에서는 수분 흡수율이 급격히 상승하는 16시간까지는 팽화된 잎담배의 기공에 의한 물리적

Table 4. Changes of the tobacco size and finess index according to the different expansion rate.

| AB3O-1 expanded rate (%) | shreded length (mm), (%) | | | | fineness (index) | CD3L-1 ER(%) | shreded length (mm), (%) | | | | fineness (index) |
|--------------------------------|--------------------------|----------------|----------------|-------|---------------------|-----------------|--------------------------|----------------|----------------|--------|---------------------|
| | >3.36 | 3.36 ~ 1.41 | 1.41 ~ 0.50 | 0.50< | | | >3.36 | 3.36 ~ 1.41 | 1.41 ~ 0.50 | 0.50 < | |
| control | 66.5 | 24.7 | 8.7 | 0.1 | 3.51 | control | 62.1 | 27.4 | 10.2 | 0.2 | 3.42 |
| 57.8 | 58.2 | 31.0 | 10.6 | 0.2 | 3.40 | 58.3 | 53.5 | 32.6 | 13.6 | 0.3 | 3.38 |
| 82.3 | 55.7 | 32.3 | 11.8 | 0.2 | 3.37 | 83.0 | 50.2 | 34.3 | 15.2 | 0.3 | 3.32 |
| 96.6 | 52.1 | 34.2 | 13.3 | 0.4 | 3.29 | 99.4 | 47.6 | 36.1 | 15.8 | 0.5 | 3.24 |
| 105.5 | 49.4 | 35.9 | 14.2 | 0.5 | 3.26 | 108.7 | 43.8 | 38.5 | 17.1 | 0.6 | 3.20 |

expanded condition : impregnation pressure (kg/cm²), expanding temp. 250(°C), holding time 18(min), fluidize bed velocity 20(m/sec)

Table 5. The time for equilibrium moisture of expanded tobacco samples under the conditions of RH 57%, 20°C moisture contents(%)

| Grade | treat | holding time(hrs) | | | | | | | | | | | | | |
|--------|----------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 60 | 72 |
| AB3O-1 | Control | 3.3 | 7.5 | 8.7 | 9.5 | 10.4 | 11.1 | 11.4 | 11.6 | 11.7 | 11.8 | 11.8 | 11.9 | 12.0 | 11.9 |
| | Expanded | 8.3 | 10.4 | 11.0 | 11.4 | 11.7 | 11.8 | 11.8 | 11.9 | 11.9 | 12.0 | 12.0 | 12.1 | 12.1 | 12.1 |
| CD3O-1 | Control | 3.8 | 7.7 | 8.8 | 9.5 | 10.4 | 10.9 | 11.3 | 11.5 | 11.7 | 11.7 | 11.8 | 11.8 | 11.8 | 11.9 |
| | Expanded | 8.6 | 10.6 | 11.3 | 11.5 | 11.6 | 11.7 | 11.8 | 11.8 | 11.9 | 11.9 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 |

expanded condition : impregnation pressure (kg/cm²), expanding temp. 250(°C), holding time 18(min), fluidize bed velocity 20(m/sec).

Table 6. Comparison of chemical components of expanded tobacco with non-expanded tobacco samples. control / expanded, (%)

| Grade (Flue cured) | total sugar | total alkaloid | total nitrogen | ether extracts | crude ash |
|-----------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|
| AB3O-1 | 13.36/12.22 | 2.75/2.34 | 2.81/2.79 | 6.47/5.92 | 11.39/11.41 |
| B1O | 18.65/16.82 | 2.64/2.18 | 2.28/2.27 | 6.01/5.58 | 11.77/11.79 |
| C1L | 20.50/18.54 | 1.41/1.17 | 1.73/1.70 | 5.36/5.05 | 12.42/12.47 |
| CD3L-1 | 18.03/16.31 | 0.98/0.81 | 1.65/1.64 | 5.11/4.87 | 13.80/13.93 |

expanded condition : impregnation pressure(kg/cm²), expanding temp. 250(°C), holding time 18(min), fluidize bed velocity 20(m/sec).

흡착이 일어나는 단분자층 흡착이 진행된 다음 그 후 다분자층 흡착과 잎담배 내부에 구성되어 있는 내용성분들 중에 친수성 관능기를 가진 화합물들과의 결합에 의한 화학적 흡착이 진행된다는 Furusawa 등 (1966)의 연구결과와 같은 형태를 보였다.

잎담배에 질소기체를 포화시킨 후 저온고압 및 높은 온도의 혼합증기와의 반응 단계를 거치는 과정으로 인하여 잎담배의 성분은 변화하게 되는 바 그 결과는 table 6과 같이 나타났다. Total sugar는 팽화 후 AB3O-1은 9.3%로 B1O, C1L, CD3L-1은 10.9, 10.6, 10.5%로 각각 감소하였으며, total alkaloid도 AB3O-1은 17.5%로 B1O, C1L, CD3L-1은 21.1, 20.5, 20.9%로 각각 감소함을 보였다. ether extracts 에서는 팽화 후 AB3O-1은 9.3%로 B1O, C1L, CD3L-1은 7.7, 6.1, 4.9%로 각각 감소하였으며, total nitrogen과 crude ash의 무기성분에 있어서는 변화의 정도가 거의 나타나지 않았다. 구성성분이 유기물질인 total sugar 나 alkaloid에 있어서는 팽화처리시 고속의 난

기류 속에서 많은 열과 순간적으로 접촉하여 반응하는 과정에서 팽화작용이 일어나므로 시료의 내부층에까지 열이 전달되기 때문에 물질이동이 유발되게 되며 이때 잎담배 물질내에 포함되어 있는 여러 휘발성 내용 성분들이 영향 받게 되는 것으로 Kwang 등(1993)의 보고와도 유사한 결과를 보였다.

결 론

질소기체를 이용하여 잎담배를 팽화하는데 주로 관여하는 인자는 포화압력과 팽화온도 였다. AB3O-1(NC82, 95년산)의 경우 750kg/cm², 250°C에서 팽화율 96.6%였으며 CD3L-1은 99.4%의 적절한 팽화효과를 얻었다. 각 팽화율별 각초 크기 및 부스럼 지수를 측정된 결과 AB3O-1의 경우 팽화율 96.6%에서 측정된 값과 CD3L-1의 팽화율 58.3% 수준에서의 값이 대등함을 보였다.

RH 57%조건하에서 평형함수율에 도달하는 시간은 미처리구는 36시간 팽화각초는 20시간으로 팽화

각초가 크게 빨랐다. 잎담배 구성내용 성분의 변화에 있어서는 total sugar는 AB3O-1에서 9.3~10.9% 감소하였고, alkaloid 는 17.5~21.1%, ether extracts 는 4.9~9.3%로 각각 감소함을 보였다. 이와 같은 결과를 종합하여 보면 탄산가스나 그 외의 팽화제를 이용한 팽화방법에서 처럼 질소에서도 높은 팽화율을 얻을 수 있었으며, 특히 인체 및 환경에 아무런 장애를 일으키지 않는 차세대 적합한 대체 팽화기술이라 생각 된다.

참 고 문 헌

1. Kwang H. C., T. J. Clarke Midlothain, and J. M. Dobbs (1993) Process for impregnation expansion of tobacco. U.S. Patent 5,251,649.
2. Conrad, L. J. (1978) Recovery system for use with a batch process for increasing the filling capacity of tobacco. U.S. Patent 4,095,605.
3. Furusawa, M. and K. Nozawa, (1966) Studies on sorption and desorption of moisture on tobacco (III) Japan Tobacco and Salt Public Corporation Report 108: 129-135.
4. Hiromi Uematsu, Masanori Wakui, Toshio Iden, Toshio Takahashi, Kensuke Uchiyama (1995) Method and system for expanding tobacco. U.S. Patent 5,379,780
5. James, G. Ashburn (1973) Tobacco expansion process. U.S. Patent 3,753,440.
6. 김병구, 김기환, 정한주, 유광근, 이태호 (1995) 고온증기를 이용한 잎담배의 팽화연구. 한국연초학회지 17: 68-78.
7. 김병구, 김기환, 정한주, 이경구, 이태호 (1996) 잎담배의 팽화방법에 따른 팽화율 및 내용성분 특성. 한국연초학회지 18 : 76-84.
8. 김찬호, 나효환, 박영수, 한상빈, 이문수, 이운철, 김용옥, 복진영, 안기영, 김용하, 백순옥, 장기철, 지상운 (1991) 담배성분분석법, p.30-148, 한국인삼연초연구소.
9. 박태무, 이운환, 안동명, 김상범, 이경구 (1995) 원료 잎담배 품질분석 및 개선에 관한연구. 한국인삼연초연구원 담배연구보고서: 경작분야재배편, p.7-122.
10. Robert, G. A., J. D. Edward and W. M. John (1973) Process for puffing tobacco. U.S. Patent 3,77,533.
11. Wochnowski, W. (1980) Method and apparatus for increasing the volume of tobacco or the like. U.S. Patent 4,195,647.
12. Ziehn, K. D. (1981) Process for improving the filling capacity of tobacco. U.S. Patent 4,289,148.
13. Ziehn, K. D. and Pinneberg, Fed. (1984) Process for improving the filling capacity of tobacco. U.S. Patent 4,461,310.
14. Ziehn, K. D. and Pinneberg, Fed. (1986) Process for improving the fillability of tobacco. U.S. Patent 4,577,646.