

Freon Gas 흡착 및 열처리에 의한 담배조직의 물리적, 역학적 특성변화연구

김 기 환, 유 광 근, 주 영 석

한국인삼연초연구소

Changes in Physical and Mechanical Properties of Freon- Adsorbed and Heat - Treated Leaf Tobacco

Ki Hwan Kim, Kwang Kun Yoo and Young Serg Joo

Korea Ginseng and Tobacco Research Institute

(Received for publication, March 10, 1984)

ABSTRACT

In the tobacco industry, it is important to study the change of mechanical property occurring the expansion process. The purpose of this study is to obtain basic data for development of a tobacco expansion method.

1. Freon gas was adsorbed to tobacco under various conditions of temperature, relative humidity and pressure, and then the amount of freon gas adsorbed was analyzed by GC. Freon adsorption rate of Burley 21 was more than that of By104 at the same condition and about $17 \pm 1\%$ moisture content produced better adsorption rate.
2. Freon adsorbed sample were heated to about 150°C to 230°C in a drying oven and recycle duct form about 2 to 30 seconds, and then the change of mechanical property were measured. Heated leaf was damaged when the tissue was pressed by the force of above $0.5 \times 10^8 \text{ dyn/cm}^2$. The optimum condition of no damage of the sample was below the temperature of 150°C and heating time of 10 seconds. It was more economically advantages to treated sample in a recycle duct than to be in a drying oven. By this process, the specific volume of the heated sample was increased from 80 to 110 percent in comparison to that of untreated sample.

서 론

담배제조공정과 잎담배가공처리시 잎담배조직은 필연적으로 물리적, 기계적 힘을 받게되

어 원료손상과 품질저하를 가져왔고, 이러한 문제점을 해결하기 위한 연구가 다각적으로 많은 연구자들에 의해 연구 되어왔다. ^{16,17)}

본연구의 목적은 자연상태에서 천연적으로 만

들어진 조직의 물리적, 역학적 특성을 최대한 활용할 수 있는 잎담배 조직의 팽화처리 과정에서 원료손상을 방지하고 최상의 팽화제품을 생산하기 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

Mohapatra와 Johnson은¹⁻²⁾ 건조과정중 잎담배 조직의 수축율을 조사한 결과, 황변말기에 20%, 그후 건조에 의하여 52%의 수축이 일어난다고 했다. 반면에 담배제조는 원료의 단위무게당 비용적의 크기에 의해서 권련의 제조수율에 많은 영향을 가져오므로, 건조에 의해서 수축된 담배조직을 수확 당시의 원형으로 회복시켜(팽화) 담배제조에 사용하면 상당한 경제적 잇점이 있다고 본다. 이분야의 담배팽화연구에는 Rainer³⁾, Burde⁴⁻⁶⁾, Rothchild⁹⁻¹⁰⁾, Conrad¹¹⁾, Ohno¹⁵⁾ and Yoo¹⁾ 등의 연구자들과 세계 여러나라 담배제조회사에서 많은 연구를 해왔다. 이들 연구에서는 팽화처리에 의한 잎담배의 부풀성변화 및 일반화학성분변화등에 관해 많은 자료를 제공해 주고 있으나 팽화에 의한 잎담배 조직의 역학적 특성변화에 관해서는 아직 문헌에서 찾아보지 못했고, 단지 Saito¹⁶⁾ 와 Kim¹³⁾ 등에서 무처리 담배조직의 역학특성에 관한 연구에서 담배조직의 역학특성연구는 품질향상, 경제성 및 기술적인 면에서 매우 중요하다고 강조한 바 있다.

본연구는 전보¹³⁾에 이어 앞담배에 대한 저비등점 용매의 흡착특성을 분석하고 저비등점 용매가 흡착된 담배조직을 온도, 습도 및 공기유속등 여러가지 조건하에서 열처리 할경우 처리조건과 담배조직의 역학적 특성변화와의 상관관계를 규명하여 원료담배의 품질을 향상시킬 수 있는 과학적이고 경제적인 원료가공 및 팽화방법 개발에 필요한 기초자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

1. 잎담배 시료제조

본실험에 사용한 시료는 1982년도에 수확한 한국산 미건엽으로 광주지방에서 재배한 Burley

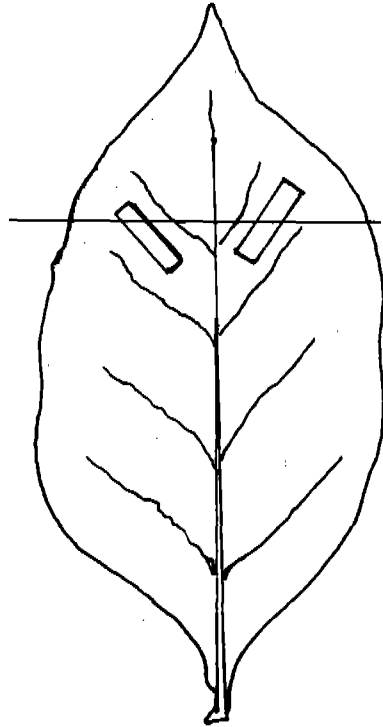


Fig. 1. Sampling method of test piece from a leaf.

21과 청주지방에서 재배한 By104중 각각 후엽 3등으로서 엽의 형태, 크기 및 색깔이 비슷한 것을 육안으로 선별하여 이것을 Fig. 1과 같이 잎의 지골에 평행이고, 잎의 끝 2/3인 위치에서 가로 1cm, 세로 5cm 크기로 절단하여 상대습도 60, 70, 80%로 미리 조화된 데시케이터속에 넣어 72시간동안 평형수분에 이루어지도록 조화시킨다음 본시험에 사용하였다.

2. Freon-11의 흡착실험 및 흡착량분석

가. 시험편 실험

Fig. 2와 같은 실험장치를 사용하여 시료 "A"를 7cm크기의 원통형그물 "B"에 넣고 "B"를 다시 밀폐용기 "C"에 넣고, 밀폐용기 "C"에 Freon-11액체 2ml를 시료에 직접 닿지 않도록 넣은후 Table 1과 같은 실험조건으로 시료에 Freon-11을 흡착 시켰다.

시료에 흡착된 Freon-11을 수증기 증류하여

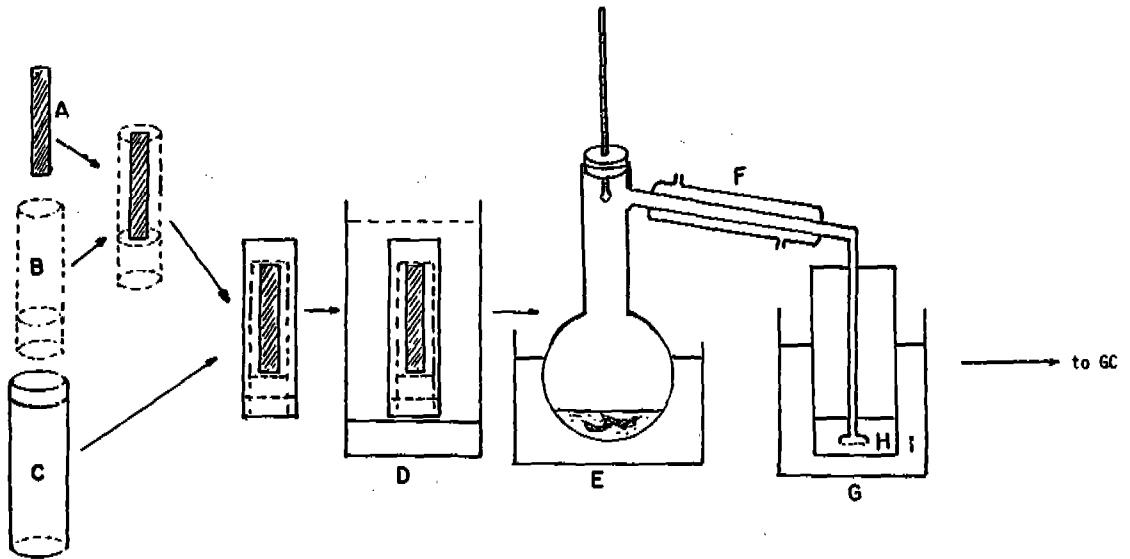


Fig. 2. Apparatus for the Freon adsorption and distillation experiments

- A: sample piece, B: Wire netting cell, C: closed container,
 D: water bath, E: distillation apparatus, F: condenser,
 G: receiver, H: solvent (n-Hexane), I: ice water

Table 1. Materials and conditions of adsorption experiment.

Factors of experiment	levels of experiment
Type of tobacco (variety abbreviation)	Bright yellow 104 (BY 104) Burley 21. (Bu)
Temperature (°C)	25, 35, 45, 50, 54, 58, 61, 70.
Time (min)	10, 20, 30 40.
Humidity % RH	60, 70, 80.
Sampling piece from a leaf	Direction (In parallel to lateral vein) Position in a leaf (Tip side) Leaf position 3rd grade of Upper leaf (U3) in a stalk 3rd grade of Lower leaf (L3)

* Initial sample moisture contents 14%

0 °C의 n-Hexane 용액 100ml에 포집했고, 그 증류물을 Gas Chromatography(Hewlett Packard,

Model 5840A)로 분석하였으며, 분석조건은 다음과 같다.

; 유리 Column 1.2^m × 2^{mm} I.D, Porapak Q 80/100mesh, Argon/methane (5%), 100 ml / min, Oven 온도 150°C 항온, 주입구와 검출기의 온도 230, 250°C

나. 각초에 대한 흡착실험

각초에 Freon-11을 흡착시키는 방법은 1ℓ 들이 용기에 5g의 각초와 7ml의 Freon-11을 넣어 완전 밀폐한후 Water bath에서 55°C로 30분간 흡착시키며, 이시료는 Recycle duct 실험에 사용되었다.

3. Freon-11 gas가 흡착된 시료의 열처리

가. Drying Oven에서의 열처리

Fig. 2의 “D”에서 Freon-11이 흡착된 시료를 Table 2와 같은 조건으로 열처리 하였다.

Table 2. Materials and conditions of expansion experiment

(moisture content (16.3%))	
Factors of experiment	Levels of experiment
Type of tobacco	Bright yellow 104 (BY 104)
Temperature (°C)	(150, 170, 200)* 150, 190, 230
Time (sec)	(2. 3. 4. 5. 6. 8)* 10 20.30
Leaf position in a stalk	3rd grade of upper leaf (U ₃)
Shredded tobacco	wide 0.9 mm.

(*) treatment condition in recycle duct.

나. Recycle duct에서의 열처리

“2”의 “나”항에서와 같이 Freon-11이 흡착된 각초 5g을 Fig. 3과 같은 Hot air recycle duct의 주입구에 삽입하여 Table 2의 괄호안과 같은 여러가지 온도와 시간에서 처리한후, 처리된 시료를 꺼내어 평화상태를 분석하였다.

Freon absorbed sample → Recycle duct → Conditioning → Physical properties measurement.

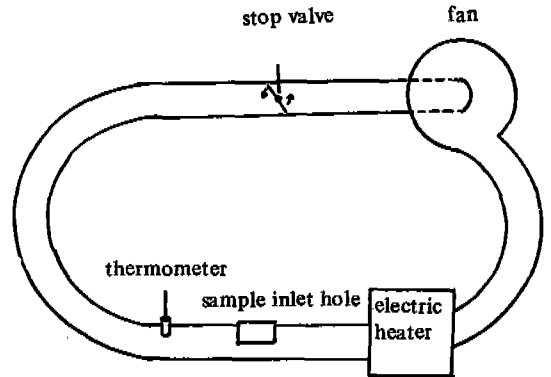


Fig. 3. Apparatus for heating experiment in recycle duct.

4. 시료의 역학특성분석

실험에 사용한 인장강도측정기(Tensile force measurement)는 영국제 J. J LLOYD 5002를 사용했고 측정조건은 100N의 Load cell을 사용했으며, 인장속도 10cm/min, Paper와 cross head의 비율은 10/1과 25/1에서, Load cell의 감도는 0.04로 하였다.

역학특성인 비용적(Sv), 신장율(ε), 탄성율(E) 및 신장력(F)을 구하는 방법은 Kōhei Saito¹⁰⁾와 Kim¹³⁾ 등이 제안한 방법으로 하였다.

각 특성의 계산식은 다음과 같다.

가. 비용적(Sv)

$$Sv = d/Gw$$

d ; 시험편의 두께 (cm)

Gw; 수분을 함유한 시험편의 단위 면적당 중량(g/cm²)

나. 신장율(ε)

$$\epsilon = \lambda m / l_0 \times 100 (\%)$$

λm : 시험편의 신장된길이

l₀ : 시험편의 유효장

다. 탄성율 (E)

$$E = 980 (gf/\lambda m) (\ell_0/b \times d) (\text{dyn/cm}^2)$$

- λm : 시험편의 신장된길이
- gf : 신장력 (gf)
- ℓ_0 : 시험편의 유효장
- b : 시험편의 넓이
- d : 시험편의 두께

라. 신장력 (F)

- N = Newtonian
- gf = gram force

5. 잎담배의 색도측정

색도측정은 D-25-2-A, Sensor (Hunter Lab. U. S. A)를 사용하여 Lightness "L"값과 Yellowness "b"값을 조사하였다. 이때 사용한 Standard는 white C₂-8710 표준판을 사용하였고, 시료입자의 크기를 100mesh로 만든 후 Sample cap에 넣어 두께를 5mm로 만든후 측정하였다.

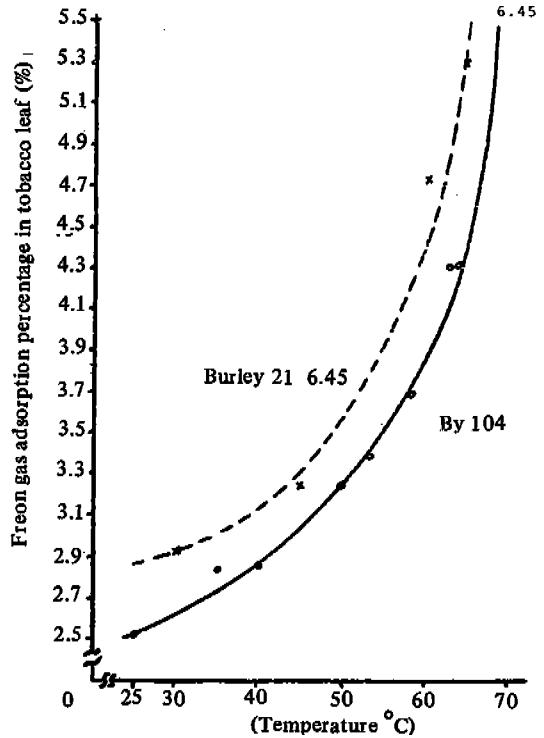
결과 및 고찰

1. 잎담배의 Freon-11 흡착특성

가. 온도 및 압력에 의한 영향

Fig. 2의 "D"에서 각온도에 대한 항온유지 시간을 30분으로 일정하게 하면서 온도와 증기압을 변경시켰을때 Burley21, U₃(후엽 3등)와 By 104, U₃(후엽 3등)의 담배무게당 Freon-11의 흡착율은 Fig. 4와 같다.

Fig. 4에서 보는바와 같이 Burley21, U₃는 By 104, U₃보다 온도와 증기압의 변경에 따른 진구 간에서 흡착율이 높았고, Burley21은 50°C부터, By104는 55°C부터 흡착율이 급격히 증가 하였는데 이것은 Kim¹⁵⁾ 등의 발표에서 Burley21, U₃의 비용적이 By104, U₃보다 크기 때문에 동일 온도에서 Freon-11이 더 많이 흡착된 것이라고 생각한다. 따라서 By104의 흡착율을 증가시키려면 Burley21보다 높은 온도와 증기압력이 필요하다고 본다.



PsiA	20	30	40	45	50	60
PsiG	5.3	15.3	25.3	30.3	35.3	45.3
Kg/Cm ² G	0.37	1.1	1.8	2.1	2.5	3.2
Vapour pressure						

Fig. 4. Effect of Temperature and pressure on Freon gas adsorption percentage in tobacco leaf.

나. 수분에 의한 영향

흡착시간을 30분, 흡착온도를 55°C로 일정하게 하고 시료의 수분만을 변경할 경우에 잎담배별 Freon-11의 흡착량은 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에서 Freon-11의 흡착량은 시료수분이 17%정도에서 가장 많았는데, 이것은 잎담배조직세포가 이수분에서 적당히 부풀게되어 단면적을 높여주기 때문이라고 생각된다.

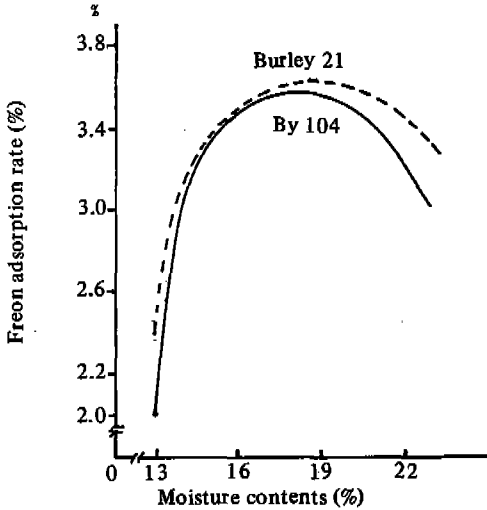


Fig. 5. Effect of sample moisture on Freon adsorption rate of tobacco leaf.

다. 흡착시간의 영향

시료수분을 17%로하고, 흡착온도를 50°C로 일정하게 하면서 흡착시간만을 변경시켰을 경우에 Freon-11의 흡착율과 시간과의 관계는 Fig. 6과 같다.

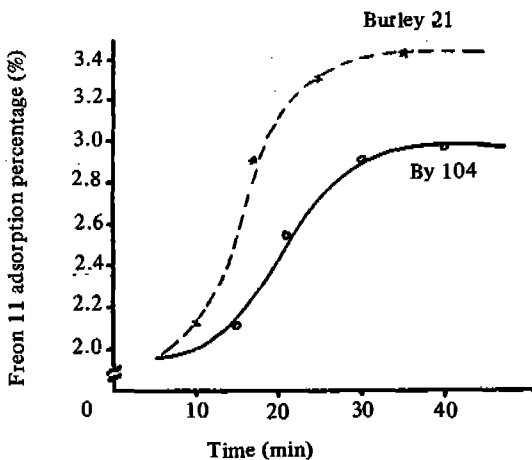


Fig. 6. Effect of retention time on Freon gas adsorption percentage of tobacco leaf.

Fig 6에서와 같이 Burley21은 처음20분 동안은 Freon-11의 흡착율이 급격히 증가 하였으나 그후로는 점차 완만하게 증가했으며, By104도 처음 30분 동안은 급격히 증가하다가 그후부터 점차 완만하게 증가 하였다.

2. 조직에 대한 Freon-11의 흡착량과 열처리 후 부풀성 증가와의 관계

Fig. 7에서 보는바와 같이 Freon-11의 흡착량이 많을수록 열처리후 부풀성 증가율이 향상되었다.

이것은 더많은량의 Freon gas를 흡착한 세포는 가열함에 있어서 세포내의 Freon gas가 더 큰 부피로 팽창되기 때문이라고 생각된다.

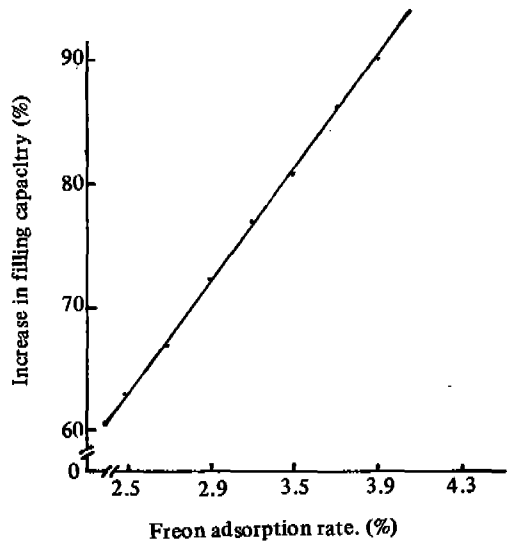


Fig. 7. Correlation between freon adsorption rate of tobacco leaf and filling capacity of heated to the tobacco.

Experiment condition

- Treatment temperature 190°C
- Treatment time 20 sec.

3. 열처리조건과 역학특성과의 상관관계

가. Drying Oven에서 열처리 조건에 따른 역학 특성변화

1) 열처리시 온도 및 시간과 각 역학특성과의 관계

가) 비용적

잎담배에 Freon-11을 55°C, 30분간 흡착시킨후 이를 Drying Oven에서 온도와 시간별로 열처리 하였다.

이것을 RH. 70%인 데시케이터에서 72시간동안 조화시킨후 역학적특성을 조사하였다.

열처리시 담배의 비용적 변화는 Fig. 8과 같다.

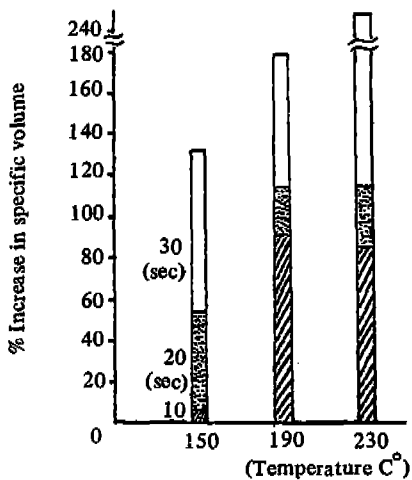
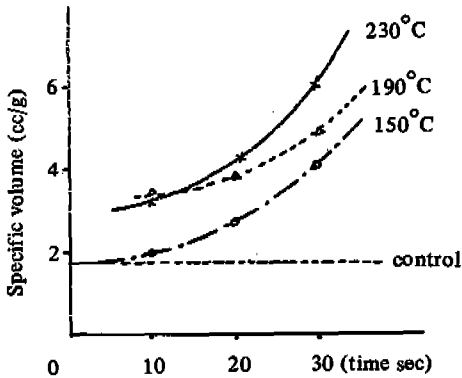


Fig. 8. Effect of heat treatment on specific volume.

Fig. 8에서 높은온도와 처리시간이 길수록 비용적이 증가되었으며, 230°C에서 30초동안 처리할 경우에는 비용적이 약250% 증가 하였다.

나) 신장율

Drying oven에서 주어진 모든 조건으로 처리한 잎담배의 신장율은 Fig. 9와 같이 대조구보다 낮아졌다. 그이유는 열처리에 의해 조직이 팽창되어 약화되었다는 증거이며, 특히 30초이상 열처리시에는 신장율이 현격하게 낮아졌는데 이

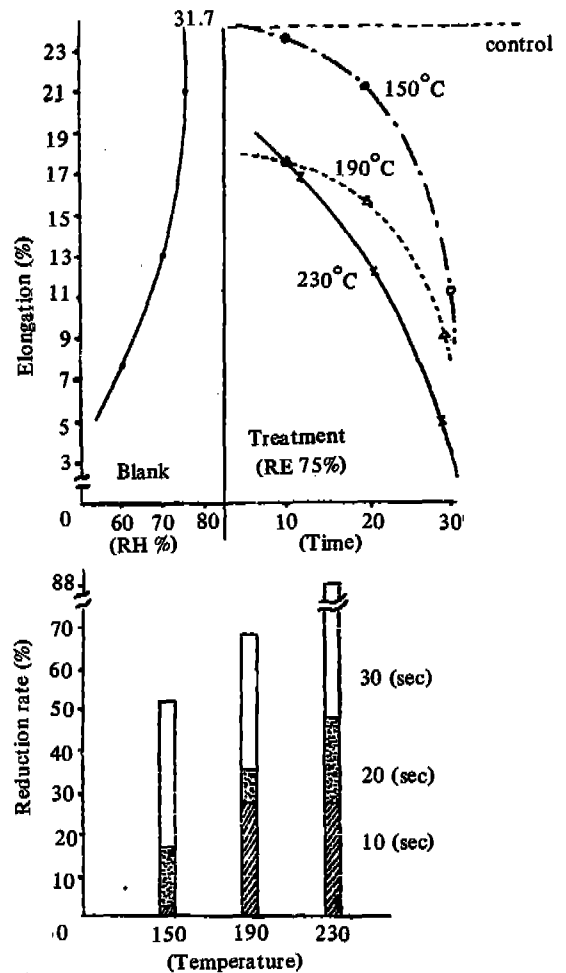


Fig. 9. Effect of heat treatment on Elongation of tobacco leaf.

것은 탄화가 시작되어 조직의 본래특성이 열화되고, 제품자체의 흡습율이 떨어져 신장율이 낮아진 것으로 생각된다. (탄화현상은 처리일담배의 색도측정으로 확인할 수 있었음)

다. 신장력

처리조건에 따라 신장력의 변화는 Fig. 10과 같다.

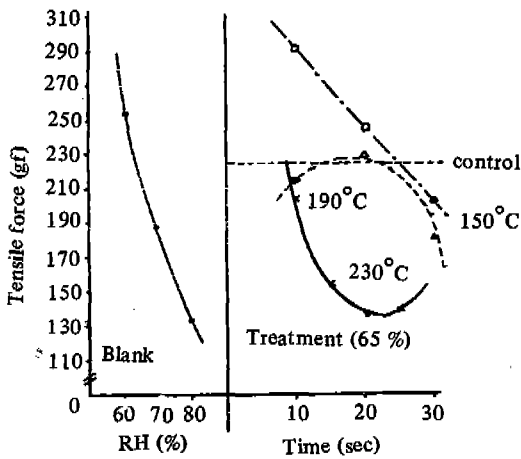


Fig. 10. Effect of heat treatment on tensile force of shredded tobacco piece.

150°C에서 20초이내의 처리에서는 대조구보다 신장력이 향상되었으며, 150°C 20초 이상의 온도에서는 대조구보다 신장력이 낮아졌다. 이것도 역시 조직의 열화 및 조직성분의 변성에 기인한다고 생각한다.

라) 탄성율

대조구에 대하여 상대습도별로 탄성율을 측정하고, 이를 여러조건으로 열처리 했을 때 탄성율의 변화는 Fig. 11과 같다.

대조구의 상대습도가 증가될수록 탄성율은 떨어졌으며, 150°C, 10초동안 열처리한 시료는 대조구와 탄성율이 비슷하였고, 그외의 조건에서는 시료의 탄성율이 대조구보다 떨어졌다. 따라

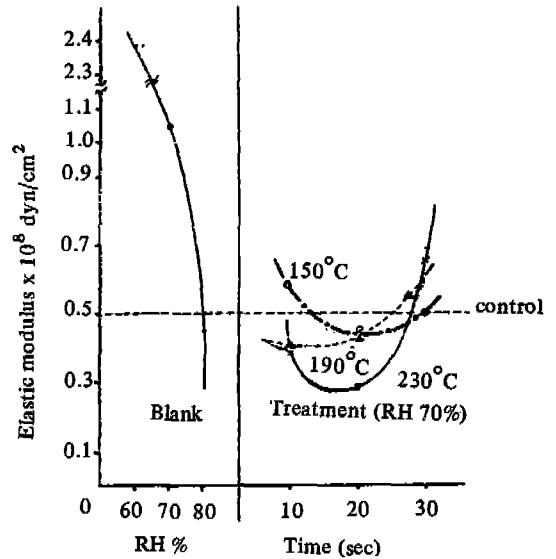


Fig. 11. Effect of heat treatment on elastic modulus of tobacco sample piece.

서 이시료들은 가해진 힘에 대해 복귀되는 특성이 줄어졌다고 볼 수 있고, 이들 팽화각차는 $0.5 \times 10^8 \text{ dyn/cm}^2$ 이상의 힘을 가하면 팽창된 조직이 파괴된다는 결론을 얻었다.

마) 색도와 처리조건과의 관계

색도와 처리조건과의 관계는 Fig. 12와 같고, 색도는 150°C로 열처리한 전체와 190°C, 10초로 처리한 시료는 대조구보다 밝고 황색으로 변화되었으나, 190°C, 30초 및 230°C 처리에서는 대조구보다 어둡고 회색빛이 많아졌다. 이것으로 보아 190°C 이상의 높은 온도 처리시에는 10초 이하의 짧은 시간에 처리하지 않으면 조직의 탄화 내지는 조직성분의 변성이 유발되어 원료담배 본래의 물리성 및 탄성율이 떨어진다고 생각된다.

이상의 결과에서와 같이 황색종일담배 팽화 및 열처리공정에서 조직에 주어지는 힘은 $0.5 \times 10^8 \text{ dyn/cm}^2$ 이하 이어야하고, 150°C에서 20초 이하, 190°C에서 10초 이하의 처리시간으로 하여야만이 신장율, 신장력 및 탄성율을 대조구와 비슷하게 유지할 수 있고, 색도와 비용적을 향상시킬 수 있

다. (이조건에서의 비용적 증가는 80-110% 이었다)

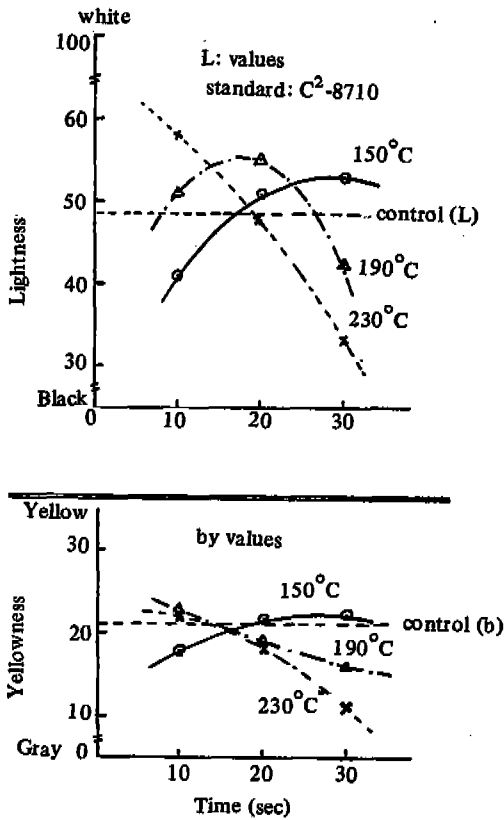


Fig. 12. The L, b color values of the Hunterlab color meter to heat treatment tobacco leaves.

2) Recycle duct에서 열처리시 팽화율과 경 제성 분석

150°C~200°C 범위의 Hot air를 3~10m/sec 의 속도로 Blowing시키면서 Freon-11이 흡착 된 시료를 열처리하고 이때 열처리조건과 팽화 율과의 관계에서 경제성을 비교분석한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3에서 각온도별로 duct속에서의 Hot air속도와 담배시료의 Holding time으로 열처 리시료에 사용된 Hot air의 중량을 계산하고 이 것을 토대로하여, 각온도에 대해 팽화효과가 80 % 이상이며 가열공기 사용량이 가장 적은것을 조사한 결과, 가장 에너지 소비가 적은것은 200 °C 였다. 또한 각온도별 유체적조건과 처리시간 에 대해서 같은 팽화효과를 얻을수 있었던 조건 을 비교해볼때 Oven처리보다 Recycle duct 처 리가 150°C에서 1/5, 170°C에서 1/4, 200°C 에 서 1/2만큼 처리시간이 단축되었으며, 이런경 우 담배조식의 역학적특성은 더 잘 유지될 수 있 다고 생각된다.

유체적 조건하에서의 처리시간이 단축되는 것 은 시료보다 빠른속도로 통과되고 있는 Hot air 에 의해서 조직속에 흡착된 Freon-11기체가 더 쉽게 팽창할 수 있는 조건을 주기 때문이라고 생 각된다.

즉; Recycle duct(본 저자제작품)에서 열처리 실험결과 6초이내의 짧은 시간에서 비용적으 증 가시킬 수 있었고 Oven과 같은 정지된 상태에 서 처리한 것보다 품질면과 경제적인 면에서 유 리하다고 생각되었다.

앞으로 담배의 열처리공기 기술의 열효율 향 상과 부산물 생출억제, 원료손상억제 및 원료담 배의 품질을 향상시킬 수 있는 공정개선의 새로 운 방법모색을 위해 이분야에 더많은 연구를 계 속해야 한다고 생각한다.

Table 3. Economic condition

Temp (°C)	Retention time (sec)	Air velocity (m/sec)	Expansion percents (%)	Air Volume (m ³)	Energy (Kcal/5g)	Economic save order
150	2	8.5	20	0.133		
150	4	8.5	20	0.268		
150	6	8.5	86	0.402		3
150	5	9-10.5	100	0.373		2
150	6	7	95	0.330	12.9	1
170	2	5.5	5	0.086		
170	4	5.5	5	0.172		
170	5	5.5	100	0.215	13.5	1
180	6	5.5	100	0.258		2
170	6	7.0	95	0.0330		3
170	6	4.0	10	0.188		
200	2	3.9	88	0.061		2
200	3	3.9	90	0.093		3
200	4	3.9	100			
200	3	1.2	86	0.028	3.8	1
200	2	5.0	20	0.079		
200	3	5	80	0.118		

(Shredded tobacco moisture contents: 18%)

결 론

원료담배의 부풀성은 제조담배의 경제성과 밀접한 관계가 있으므로 원료담배의 부풀성 증가를 위한 특수처리 과정에서 일어나는 조직의 물리적 역학적 특성 변화를 연구하여 천연적인 조직 특성을 최대한 활용할 수 있는 앞담배 조직 팽창 기술개발에 필요한 기초자료를 제공하고자 하였다.

1. 앞담배의 Freon gas 흡착특성을 파악하기 위하여 온도 20~70°C, 상대습도 60~80%로 하여 각온도에 해당하는 Freon의 증기 압력조건별로 Freon gas를 흡착시키고 G.C로 그흡착량을 분석한 결과, Burley21은 50°C부터, By 104는 55°C부터 흡착율이 급격히 증가하였고, Burley21은 By104보다 동일 조건에서 Freon 흡착율이 더 많았으며, 두 품종 공히 시료수분 17%에서 흡착율이 가장 많았다.

2. Freon gas가 흡착된 시료를 Oven에서 열처리 한후 신장력 측정기를 이용하여 역학적 물리적 특성변화를 분석한 결과, 조직에 가해지는 힘이 0.5×10^8 dyn/cm² 이상이 되면 조직의 손상이 일어났다.

또한 처리품의 신장율 탄성을 및 신장력을 대조구와 같이 유지시키면서 부풀성(비용적)을 증가시킬 수 있는 조건은 온도 150°C이하, 처리시간 10초(190°C까지)이하이었다. 이러한 조건에서 비용적의 증가율은 80~110% 이었다.

3. 150~200°C의 Hot air를 3~10m/sec의 속도로 Blowing시키면서 Freon이 흡착된 시료를 Recycle duct(본저자제작품)에서 열처리 실험을 한 결과 6초이내의 짧은 시간에서 비용적을 증가시킬 수 있었고, Oven과 같은 정지된 상태에서 처리한것 보다 품질면과 경제적인 면에서 유리 하다는 결론을 얻었다.

REFERENCE

1. S.C. Mohapatra and W.H. Johnson, *Tob. Sci.*, 1 (1972).
2. S.C. Mohapatra and W.H. Johnson, *Tob. Sci.*, 33 (1973).
3. N.B. Rainer and D.M. Siwec, U.S. Patent No. 4366823 (1983).
4. Roger Z. de la Burde, U.S. Patent No. 4340073 (1982).
5. Roger Z. de la Burde, U.S. Patent No. 4333483 (1982).
6. Roger Z. de la Burde and H.B. Merritti, U.S. Patent No. 4388932 (1983).
7. Roger Z. de la Burde and P.E. Aument, U.S. Patent No. 4258729 (1981).
8. Roger Z. de la Burde and F.V. Utseh, U.S. Patent No. 4250898 (1981).
9. R.D. Rothchild, U.S. Patent No. 4377173 (1983).
10. R.D. Rothchild, U.S. Patent No. 4308876 (1982).
11. L.J. Conrad, U.S. Patent No. 4270553 (1981).
12. K.H. Kim, K.K. Yoo and T.H. Lee, U.S. Patent No. 4418706 (1983).
13. K.H. Kim, Y.S. Joo, K.K. Yoo, *Journal of the Korean Society of Tobacco Science*, Vol. 5(2) 63 (1983).
14. Kohei Saito, Central Research Institute, The Japan Tobacco and Salt Public Corporation No. 122. 133 (1980).
15. M. Ohno, K. Akutagawa, H. Inui, Y. Nishizawa, N. Tsukada and T. Akao, U.S. Patent No. 4211243 (1980).
16. J.H. Casada, J.N. Walker and L.R. Walton, *Tob. Sci.*, 37 (1976).
17. J.E. Morrison, J.R. and E.E. Yoder, *Tob. Sci.*, 99 (1978).