

향각미종 잎담배의 탈착 엔탈피 변화에 관한 상관성 연구

최 승 찬

한국인삼연초연구소

The Correlation Study on the Desorption Enthalpy Changes of Sun-Cured Tobacco

S. C. Choi

Korea Ginseng and Tobacco Research Institute

(Received for publication, March 10, 1984)

Abstract

The net enthalpy changes for the water desorption of sun-cured tobacco have been studied. In order to compare the values of net enthalpy changes for the samples at the same moisture contents, correlation analyses have been performed. The results are summarized as follows:

1. As temperature and water vapor pressure increased, equilibrium moisture content were approaching to the saturated vapor pressure of water.
2. The values of $\ln P$ against the reciprocal of absolute temperature were linear for the water desorption of samples.
3. Multiple regression was analyzed to calculate the values of $\ln P$ at the same moisture content. The significance of x^2 -test for the multiple regression was 0.5%.
4. The values of net enthalpy changes for Basma were greater than those of Sohyang at the same moisture content.

서 론

Cellulose에 대한 열역학적인 연구는 Babbit⁽¹⁾과 Simril등⁽²⁾에 의하여 시작되었고 최근에 와서 Labuza^(4, 6)는 수착과 탈착과정의 수증기 압력의 대수값($\ln P$)이 절대온도의 역수($1/T$)와 직선관계에 있다고 보고한 바 있다. 또한 Gracieladung⁽³⁾은 사과와 수착반응에 Clausius-Clapeyron식을 이용하여 엔탈피변화를 계산한 바 있다.

잎담배의 평형 수분함량은 상대습도(relative

humidity)에 따라 빠르게 변하며 동일한 상대습도에서도 잎담배의 품종별로 평형 수분함량이 다르게 나타난다.^(5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15)

이 연구는 잎담배의 평형 수증기압력의 대수값과 탈착 절대온도의 역수 간에 직선관계가 성립함을 보이고 동일한 평형 수분함량에서의 $\ln P$ 값을 구하였다. 이 $\ln P$ 값들로부터 탈착 엔탈피변화를 계산하여 외국산 향각미종인 Basma와 국내산 향각미종인 소향의 탈착 엔탈피 변화를 동일한 수분함량에서 비교 고찰하였다.

재료 및 방법

1. 시 료

국내산 향긋미종인 소향 2등과 Greece산 향긋미종인 Basma I / III을 0.9mm로 절삭하여 시료로 하였다.

시료를 충분히 가습한 후 황산 데시케이터에 넣고 25°C 항온에서 일주일 동안 수분조화 하였는데 황산의 농도를 64.5%, 47.7%, 40.8%, 33.6%, 28.8%로 하여 데시케이터 안의 상대 습도를 각각 10%, 40%, 55%, 70%, 80% 가 되도록 하였다.⁽¹¹⁾

수분조화 하기 전에 시료를 가습한 것은 시료의 hysteresis 현상 때문이었다.

2. 장 치

이 실험에 사용한 항온기는 정도 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 의 Forma-3940이고 시료의 평형수분함량은 Fisher-281의 진공오븐과 Hitachi 3VP-C의 진공펌프를 사용하여 측정하였다. 시료의 수증기압력 측정은 그림 1과 같이 U자형 수은압력계(岡野, 대만)에 진공펌프를 연결하여 측정하였다.

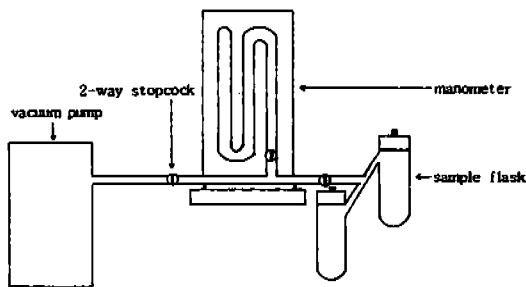


Fig. 1. Diagram for water vapor pressure measurement apparatus.

3. 시료의 평형 수분함량 측정

무게를 알고 있는 50ml 평량병에 수분조화한 시료를 약 2.0g 정확히 평량하여 진공오븐에 넣고 70°C 항온에서 16시간 감압건조 하였다.⁽²⁰⁾ 건조 후 진공오븐에 방치하여 상온까지 냉각시켰다. 충분히 냉각된 시료를 다시 평량하여 건조 전후의 무게차이로 시료의 평형 수분함량을 계산하였다.

4. 시료의 수증기압력 측정

수분조화된 시료를 플라스크에 옮기고 그림 1의 U자형 압력계를 사용하여 일정한 온도에서 시료의 수증기 압력을 측정하였다.

시료 플라스크를 U자형 압력계의 한 끝에 연결하고 0.5torr 이하가 되도록 감압하였다.

감압된 시료 플라스크를 U자형 압력계와 함께 항온기에 넣고 가열하여 30°C에서 평형에 도달한 후 압력계의 눈금을 읽어 시료의 수증기압력으로 하였다.

이와 같은 방법을 40°C, 50°C, 60°C에서 반복하여 각 품종의 수증기 압력을 측정하였다.

결과 및 고찰

이 실험조건에서 측정한 각 품종의 평형 수분함량을 상대습도에 따라 표 1에 나타냈다.

Table 1. Equilibrium moisture contents of desorption for Sohyang and Basma at 25°C

RH (%)	Moisture content (%)	
	Sohyang	Basma
10	3.8	4.0
40	6.9	5.9
55	10.6	10.7
70	12.8	13.2
80	18.8	19.0

RH: Relative humidity

RH가 증가하면 시료의 평형 수분함량이 증가하였는데 각 RH에서의 평형 수분함량은 Sohyang보다 Basma가 약간 높은 경향을 보였다.

그림 2는 Sohyang에 대한 (lnP vs 1/T)를 그린 것이며 절대온도의 역수와 ln P 간에는 직선 관계가 성립하였다.

그림 2에서 평형 수분함량이 증가할수록 수증기 압력은 포화 수증기 압력에 접근함을 알 수 있다.

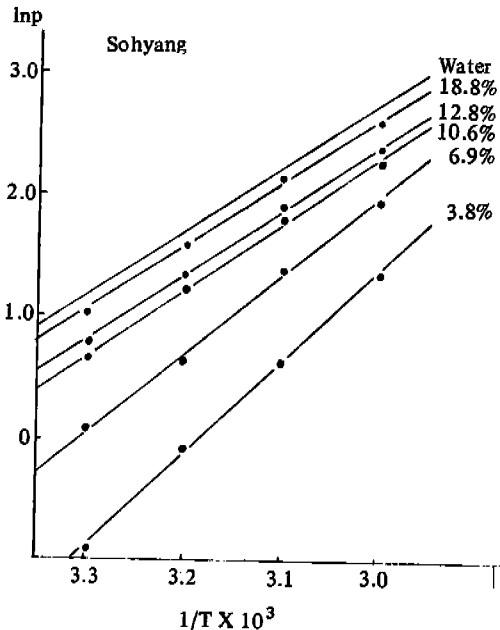


Fig. 2. Plots of [ln P vs 1/T] for Sohyang at various moisture contents.

따라서 그림 2의 직선들은 1/T를 독립변수로 하고 lnP를 종속변수로 하는

$$\ln P = a(1/T) + b \dots \dots \dots (1)$$

와 같은 단상관 회귀식이 성립하였으며, 각 수분함량에 대한 회귀식에서 a, b 및 상관계수 (r)을 표 2로 나타냈다.

표 2에 나타난 바와 같이 직선의 significant level이 0.01이상으로 신뢰도가 매우 높았다. 같은 RH에서 측정한 시료의 평형 수분함량이 각

각 다르므로 (표 1) 동일한 평형 수분함량에서의 (lnP vs 1/T)를 구하기 위하여 다음과 같이 중회귀식을 유도하였다.

Table 2. Simple regression between lnP and lnP for Sohyang at various moisture contents

MC (%)	v	a	b
3.8	-0.999***	-7515	23.9125
6.9	-0.997**	-6106	10.2989
10.6	-0.996**	-5398	18.4862
12.8	-0.999***	-5256	18.1454
18.8	-0.998**	-5144	18.0316

Significant level: ** (0.01), *** (0.001)

T: Temperature

P: Water vapor pressure

MC: Moisture content

r: Correlation coefficient

a: Slope

b: Interception

식(1)의 기울기 (a)는 평형 수분함량의 역수 (1/x₁)을 독립변수로 하고 a의 음수를 log 변환한 log(-a)를 종속변수로 하는 직선 회귀식

$$\log(-a) = a'(1/x_1) + b' \dots \dots \dots (2)$$

가 성립하고 식(1)의 절편 (b)는 평형수분함량의 역수 (1/x₁)을 독립변수로 하는 직선 회귀식

$$b = a''(1/x_1) + b'' \dots \dots \dots (3)$$

을 얻었다.

따라서 식(2)와 (3)의 a, b를 식(1)에 대입하여 $\ln P = -10^{(a'/x_1 + b')} (\neq) + a''/x_1 + b'' \dots \dots \dots (4)$

와 같은 중회귀식을 구하였다.

회귀분석에 대한 x² test 결과는 그림 3에서 보는 바와 같이 소량의 경우 x² 값이 0.611으로서 유의성이 0.5% 이상으로 신뢰도가 매우 높았다.

잎담배의 수분 탈착반응은 수착된 물 분자가 액체상으로 되는 과정과 액체상의 물분자가 기화하는 두 과정을 생각할 수 있고 탈착과정의 전체 엔탈피변화, ΔH_T (cal/g), 는 액체상으로의 탈착 엔탈피변화, ΔH_N, 과 물분자의 기화에

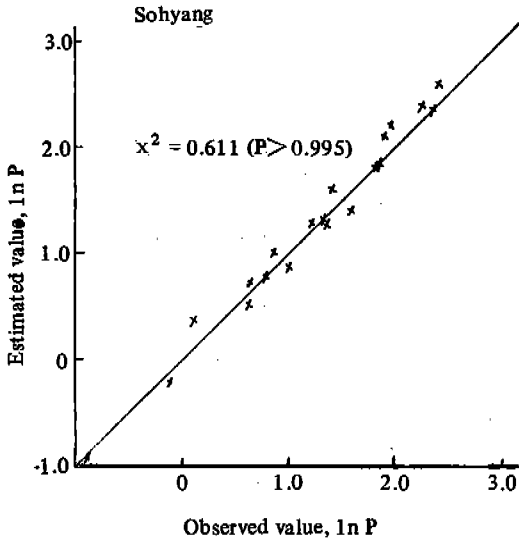


Fig. 3. Plots of the observed and the estimated value for Sohyang.

의한 엔탈피변화, ΔH_v , 의 합으로서 ΔH_N 이 곧 순 탈착 엔탈피변화 (net enthalpy change of desorption)이며 이 실험에서 구하고자 하는 것이다.

ΔH_N 을 구하기 위하여 Clausius-Clapeyron식

$$\frac{\partial \ln P}{\partial (\neq)} = -\frac{\Delta H_T}{R} \dots\dots\dots (5)$$

을 적용하였으며 이 식은 다시

$$\frac{\partial \ln(P/P_0)}{\partial (\neq)} = -\frac{\Delta H_N}{R} \dots\dots\dots (6)$$

으로 쓸 수 있다. 식(6)에서 P_0 는 그림 2에 표시된 물의 포화 수증기 압력이며 R 은 기체상수 (1.987 cal/mole/deg)이다.

향kick미종 잎담배의 수증기 압력을 온도에 대하여 그렸을때 직선을 얻었으며 Labuza^(4,6) Graciela등⁽³⁾의 보고와 일치하였다.

직선의 기울기로부터 구한 시료의 탈착 엔탈피 변화는 표 3와 같다.

Table 3. Net enthalpy changes of desorption for Sohyong and Basma at different moisture contents

MC (%)	Enthalpy change (cal/g)	
	Sohyang	Basma
2	698.8	800.9
5	168.6	184.9
7	96.3	103.8
10	46.7	48.8
12	28.5	28.7
15	10.8	9.2

MC: Moisture content

탈착 엔탈피변화는 낮은 수분함량(10%이하)에서는 소향이 Basma보다 낮았으나 수분함량 10% 이상에서는 소향과 Basma가 거의 동일하였다.

평형 수분함량이 증가하면 탈착 엔탈피 변화가 급격히 감소하며 이것은 평형 수분함량이 낮을수록 물분자가 잎담배에 강하게 수착하고 있음을 의미한다.

잎담배는 일반적인 수착, 탈착 이론이 성립하고 온도에 따른 수분 탈착과정의 열량변화를 계산할 수 있으므로 잎담배의 건조를 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

결 론

향kick미종 잎담배의 수분 탈착 엔탈피 변화를 동일한 수분함량에서 비교하기 위하여 평형 수분함량과 평형 수증기압력을 측정하여 중회귀 분석을 한 결과

1. 평형 수분함량과 온도가 증가 할수록 수증기 압력은 포화 수증기 압력에 접근하였다.
2. 향kick미종의 수분 탈착에서 수증기압력의 대수값과 절대온도의 역수 간에 직선관계가 성립하였다.
3. $\ln P$ 에 대한 중회귀식을 x^2 검정한 결과 신뢰 확률이 99.5%였다.

4. 순 탈착 엔탈피변화는 Clausius-Clapeyron 식을 이용하여 계산하였으며 Basma의 순 탈착 엔탈피변화가 소량의 순 탈착 엔탈피보다 크게 나타났다.

REFERENCES

1. Babbit, J.D., Can J. Res., 20A:143 (1942).
2. 진 학 용, 최 승 찬, 이 태 호, 유 광 근, 한국연초학회지, 3 : 30 (1981).
3. Graciela, N.R., J.U. Martin and R. Enrique, Food Sci., 47:1484 (1982).
4. Labuza, T.P., Food Technol., 22:263(2968).
5. Labuza, T.P., S.R. Tannenbaum and M. Karel, *ibid*, 24:543 (1970).
6. Labuza, T.P., *ibid*, 34:67 (1980).
7. Rockland, L.R., *ibid*, 23:1241 (1969).
8. Rockland, L.R. and S.K. Nishi, *ibid*, 34:42 (1980).
9. Salwin, H., *ibid*, 17:1114 (1963).
10. Simril, V.L. and S. Smith, Ind. Eng. Chem., 34:226 (1942).
11. Stokes, R.H. and R.A. Robinson, *ibid*, 41:2013 (1949).
12. Viollaz, P., J. Chirife and H.A. Iglesias, J. Food Sci., 43:606 (1978).
13. 古沢勝, 野沢和子, 일본전매연구보고서, 107 : 101 (1965).
14. 古沢勝, 野沢和子, *ibid*, 108 : 129 (1966).
15. 朴永徹, 黒沢和子, *ibid*, 107 : 283 (1965).