

잎담배의 흡습 및 탈습에 관한 연구

진 학 용 · 최 승 찬 · 이 태 호 · 유 광 근

한국인삼연초연구소 제 조 부

Moisture Sorption and Desorption Isotherms of Various Leaf Tobaccos

H. Y. Chin, S. C. Choi, T. H. Lee, and K. K. Yoo

Cigarette Manufacturing Division,
Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, Seoul, Korea

(Received March 15, 1981)

Abstract

The moisture sorption and desorption isotherms of various tobaccos were obtained over a relative humidity range from 0 to 90% at 20°C and 30°C. The hysteresis effect, constant and rate of moisture sorption and desorption, monomolecular-layer moisture content, and specific surface area were analyzed from the obtained data.

The moisture sorption and desorption isotherms showed a different characteristics for different tobacco varieties. At a lower humidity range below 50% RH, Burley tobacco had higher moisture sorption and desorption figures than Hicks and Basma, while, at a higher humidity range above 50% RH, Hicks had higher values than the others.

The hysteresis effect of tobacco were greater in an intermediate humidity range (40-70% RH), and Basma showed a greater effect than the others. The sorption and desorption constant (K) increased with temperature, but decreased with RH, and Burley tobacco had larger K values, while Hicks had smaller K values than others.

The sorption and desorption rate of Burley tobacco were greater than the other tobaccos. The monomolecular-layer moisture was 27.8 and 51.4mg/g, and the specific surface area was 101 and 186m²/g, for Basma and Burley, respectively.

서 론

잎담배는 수확한 후의 건조과정에서 부터 권련을 생산할 때 까지의 저장, 후숙 그리고 가공 단계에서 건조와 가습의 수분조화과정을 여러번 거치게 된다.

잎담배의 적정수분 조화는 저장과 후숙기간중의 변질, 담배 제조과정에서의 손실 그리고 팽

송성과 연소성등의 물리적 성질과 담배의 맛에 큰 영향을 준다(2, 5-7, 18-23).

잎담배의 수분함량에 따른 이들 여러가지의 문제를 해결할 수 있도록 수분을 적절하게 관리하기 위한 수분관리의 표준설정과 새로운 수분관리 시스템의 개발등을 위해서는 잎담배의 흡습율, 조화시간, 평형수분등에 관한 많은 자료와

이들 성질에 영향을 주는 온습도의 변화, 잎담배 자체의 구조적 특성 및 이화학적 특성과의 상호관계에 관한 많은 정보가 필요하다.

이들 정보를 얻기위해서 Walton과 그의 공동 연구자들(21, 22)은 온도와 상대습도의 변화에 따른 air-cured 잎담배의 수분흡수 상수와 수분 흡수율을 지수방정식을 사용하여 산출하였으며, Young과 Bunn(23)은 일정한 상대습도에서 온도변화에 따른 건조 잎담배의 수분확산율을 증기확산에 관한 수식을 사용하여 분석한 연구결과를 보고한 바 있다.

또한 Samejima 등(20)은 잎담배의 등온 흡수곡선을 구하고, 이 자료를 이용하여 잎담배의 팽창성과 밀접한 관계가 있을 것으로 생각되는 비표면적과, 건조식품의 가장 좋은 저장성을 나타내는 수분함량은 그 식품속에 흡수된 수분이 단일분자막을 형성하는 수분함량과 일치한다는 Salwin(17)의 이론에 근거하여 잎담배의 최적저장 수분함량을 구하기 위해서 상대습도가 5-35% 범위에서의 수분흡수자료를 Brunauer 등(1)의 복수분자흡착 방정식으로 해석하여 단일분자막을 형성하는 최대수분 함량을 보고한 바 있다.

이들 이외에도 잎담배의 수분특성을 연구한 보고는 다수 발표되고 있다(2, 13, 24).

지금까지 발표된 이들 연구결과를 담배제조과정에서 수분관리에 응용하는 데는 몇가지 문제점과 보완되어야 할 사항이 발견된다. 잎담배의 수분변화특성 연구는 한정된 시료와 온습도 등의 실험조건이 제한되어 있을뿐 아니라 연구결과에도 많은 차이를 보이고 있다.

특히 잎담배의 수분특성 가운데서 흡수성질과 마찬가지로 탈습성질이 매우 중요한데, 일반식품과는 달리, 잎담배의 탈습특성에 관한 연구보고와 수분흡수 hysteresis 현상에 관한 연구보고가 없다.

또한 잎담배의 수분특성은 잎담배의 품종과 착엽위치에 따라서도 다른데(18) 지금까지 한국산 잎담배에 관한 수분흡수 및 탈습성질을 체계적으로 연구한 보고가 없고, 다만 陳과 崔(4)가 수분흡수 및 탈습곡선의 변화특성만 보고한 바 있

는데, 역시 몇가지 보완연구가 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 몇가지 원료엽의 온습도 변화에 따른 등온흡수와 탈습곡선의 변화특성을 구하고 이들 특성으로부터 수분흡수 hysteresis 현상의 분석과 상대습도가 5-35% 범위에서의 수분 흡수자료로부터 단일분자막 형성에 필요한 최대수분함량, 비표면적 및 수분의 흡, 탈습 상수 그리고 수분의 흡, 탈습율을 분석하여 담배제조과정의 적정온도와 수분관리에 필요한 자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

① 잎담배 시료 및 실험조건

잎담배 시료(Hicks H3, Burley H3, Basma I/III)는 줄기를 제거하고 작폭을 0.9mm로 짜른 다음 각초의 길이를 일정하게 하기 위해서 4.76mm체를 통과하고 2.38mm체에 걸리는 각초를 시료로 사용하였다. 상대습도(RH)는 황산(95%)에 증류수를 가해서 비중을 조절(13)하여 0-90%까지 10% 간격으로 조제하여 사용하였다.

② 시료의 초기수분과 평형수분측정

수분흡수 실험용 시료는 80°C의 건조기에서 약 2시간 건조시켜 시료의 수분을 균일하게 예비건조한 후 시료 약 2g을 평량병(36mm×56mm)에 넣어 정확한 무게를 달고, 무게를 단 시료는 각 RH조절용 용액이 든 데시케이터에 넣어 20°C와 30°C로 온도가 유지된 조화기 내에서 흡수조화시켰다.

흡수조화된 시료는 다시 무게를 정확히 달고, 이 시료는 다시 100°C의 건조기에서 3시간 건조한 후 건조후의 무게를 달았다. 이 과정에서 얻어진 예비건조후의 시료의 초기무게와 흡수조화후 그리고 건조후의 시료무게로부터 시료의 초기수분 함량과 평형수분 함량을 구하였다. 수분 탈습 실험용 시료는 흡수실험용 시료와는 달리, 시료를 80°C의 건조기에서 약 2시간 건조시킨 다음 시료 약 2g을 달아 90% RH 데시케이터에 넣어서 96시간 흡수조화하여 수분을 충분히 흡수한 시료를 사용하여 수분흡수 실험과 동일한 방법으로 초기수분과 평형수분을 구하였다.

③ 수분 흡탈습 상수와 흡탈습을 계산.

잎담배 시료의 수분흡습 및 탈습상수(K)는 Walton과 Henson (21)이 인용한 지수방정식을 사용하여 계산하였다.

$$\frac{M - M_e}{M_o - M_e} = e^{-kt} \dots\dots\dots 1$$

- 식에서 Mo=시료의 초기 수분함량(%)
- M = t시간후의 수분함량(%)
- Me=평형수분함량(%)
- K = 흡습 또는 탈습상수.
- t = 조화시간(hr).

을 나타낸다.

수분의 흡습과 탈습율은 방정식 1을 시간 t에 대해서 미분한 다음의 식으로 계산하였다.

$$\frac{dM}{dt} = -K(M - M_e) \dots\dots\dots 2$$

방정식 2에서 $\frac{dM}{dt}$ 는 시간당 수분함량의 변화율을 나타낸다. 이 식을 이용한 계산에서 t시간 후의 수분함량(M)은 실제 계산에서는 시료의 초기수분(Mo)을 사용하였다.

④ 단일분자막 형성 최대수분과 비표면적

상대습도 5 - 35% 범위에서의 등온흡습곡선은 Brunauer등(1)의 복수분자 흡착방정식(B.E.T. 방정식)을 사용하여 해석하였다.

$$\frac{P}{V(P_o - P)} = \frac{1}{V_m \cdot C} + \frac{C - 1}{V_m \cdot C} \cdot \frac{P}{P_o} \dots\dots\dots 3$$

식에서 V=증기압P에서 흡수된 수분량(mg/g)

- Vm=monomolecular-layer 흡착에 필요한 최대수분량(mg/g)
- P = 측정시 수분의 증기압(mmHg)
- Po=주어진 온도에서의 수분의 포화증기압(mmHg)
- C = 흡착열 상수

를 각각 나타낸다.

방정식 3으로부터 Vm을 구하기 위해서 P/Po

에 대해서 P/V(Po-P)를 plot하면 직선이 얻어진다. 이 직선의 기울기는 $\frac{C-1}{V_m \cdot C}$ 이 되고 $\frac{1}{V_m \cdot C}$ 은 절편이 된다. 직선의 기울기와 절편의 값을 사용하여 Vm값을 구하였다.

잎담배의 비표면적은 다음의 식을 사용하여 계산하였다.

$$S = \frac{A \cdot V_m \cdot N}{M} \dots\dots\dots 4$$

식에서 S = Specific Surface Area(m²/g)

A = 물분자의 단면적(Å²)

$$A = (10.8 \text{ \AA}^2)$$

N = Avogadro's Number (6.02 × 10²³ mole cules/g-mole)

M = 물의 분자량(18.0g).

Vm = 단일분자막 흡착에 필요한 수분량(mg/g)

방정식 4에 각 항목에 해당되는 값을 대입하여 계산하면 다음의 식과 같이 된다.

$$S = 3.61x V_m(m^2/g) \dots\dots\dots 5$$

결과 및 고찰

① 등온 흡습 및 탈습곡선과 수분흡수 hysteresis.

잎담배의 등온흡습 및 탈습곡선은 Sigmoid 형의 곡선을 나타내며 Brunauer등(1)이 분류하고 있는 5가지의 곡선형태 중 제 2형과 유사하게 나타나고 있다.

그림 1은 20℃와 30℃에서의 RH 변화에 따른 잎담배 시료의 등온흡습곡선을 나타낸 것이다. 이 그림에 의하면 동일한 RH에서는 온도가 높아지면 곡선이 낮게 나타나고 있다. 잎담배 시료간의 흡습곡선 변화의 특징은 RH가 낮은 범위(50%이하)에서는 Burley엽의 곡선이 가장 높음에 비해서 높은 RH범위에서는(50%이상) Hicks 엽의 곡선이 가장 높게 나타나고 Basma, Burley 엽의 순서로 낮아지는 특성을 보이고 있다.

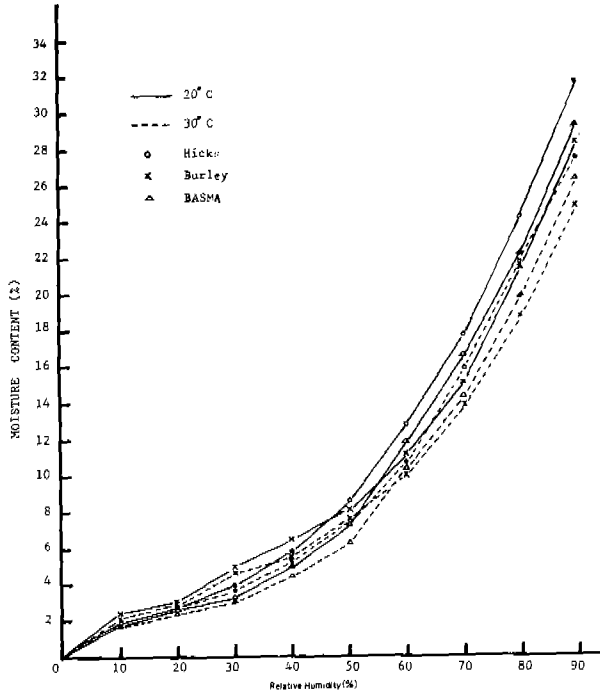


Fig. 1. Moisture sorption isotherms of various tobacco leaves at 20°C and 30°C.

흡수곡선변화의 이와같은 일반적인 특성은 이미 보고된 연구결과(19, 20)와 일치하고 있는데, 잎담배의 품종과 RH에 따라서 흡수곡선이 다르게 나타나는 원인을 Samejima 등(20)은 잎담배종의 수용성 성분의 함량차이에 의한 현상으로 설명하고 있다. 잎담배종의 여러가지 수용성 성분 중 가장 함량이 많은 것이 당인데, 황색종 잎담배의 평균 당함량은 20%정도로서 Burley엽의 1%미만이나 Basma엽의 6-8%보다 훨씬 많다. 잎담배종의 당은 RH가 낮은 상태에서는 수분의 흡수에 영향을 주지 못하나 RH가 높아지면 당이 용해하면서 더 많은 수분을 흡수하기 때문에 황색종의 흡수곡선이 높은 RH범위에서는 높게 나타나는 것이다. 이외에도 흡수곡선이 시료에 따라서 다르게 나타나는 원인으로 추정되는 것은 잎담배의 두께, pore space, 엽밀도등의 영향을 받을 것으로 생각되나, 이에 관한 연구결과는 발표된 바가 없다.

잎담배의 등온탈습곡선(그림 2)은 흡수곡선의 변화와 유사한 특성을 나타내고 있다. 그러나

있으며, 온도가 높아지면 이 hysteresis 현상의 크기는 감소되고 있다(그림 1과 그림 2). 잎담배 시료간의 hysteresis현상의 크기는 Basma엽이 가장 크게 나타났고 Hicks, Burley엽의 순서로 작아지는 현상을 보였다.

이와같은 hysteresis 현상이 일어나는 원인에 대해서는 정확하게 알려져 있지 않으나, 이 현상을 유발하는 원인으로 생각되는 것은 탈습과정 중 잎담배의 조직을 형성하고 있는 분자 조직체의 수축에 의해서 흡착표면에서의 물분자가 이용할 수 있는 흡착표면이 감소되므로서 수분의 가역적인 흡수가 어렵게되는 현상이 중요한 원인의 하나로 생각된다(9, 10, 25).

동일한 온습도의 조건에서 흡수곡선보다 높게 나타나고 있는것이 다른 특성이다. 이와같이 동일한 조건에서 흡수곡선과 탈습곡선이 일치하지 않는 현상은 수분흡수 hysteresis 현상으로 알려져 있다.

잎담배의 수분흡수 hysteresis 현상은 일반적으로 RH가 40-70%의 범위에서 크게 나타나고

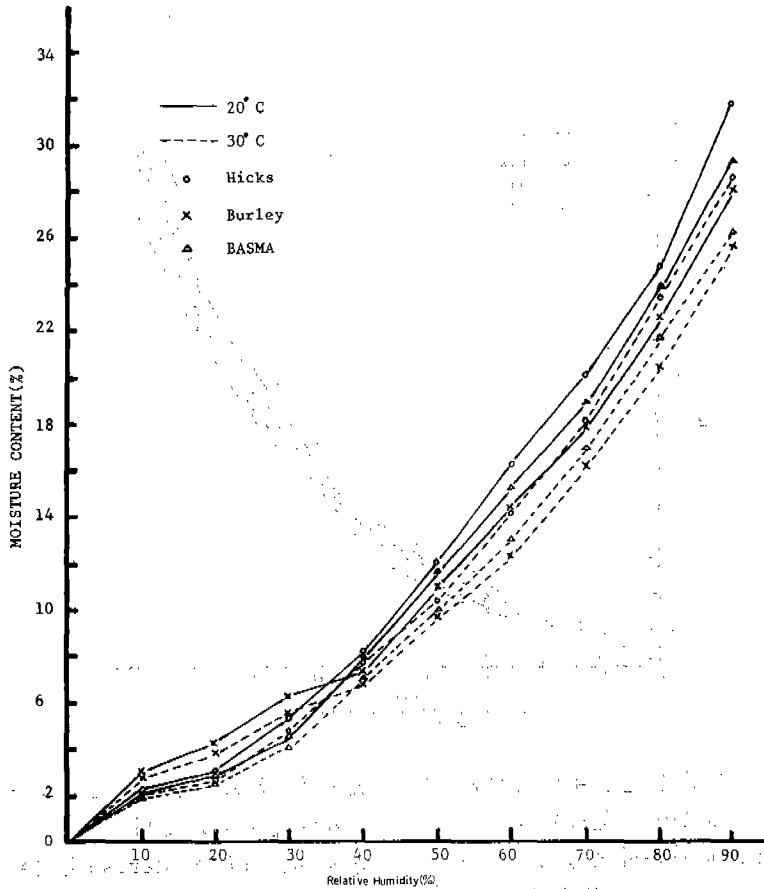


Fig. 2. Moisture desorption isotherms of various tobacco leaves at 20°C and 30°C

② 수분의 흡습과 탈습상수

잎담배의 hysteresis 현상은 담배의 제조 또는 저장에 있어서 품질에 큰 영향을 줄 것으로 생각된다.

예를 들어 잎담배의 가공과정중 가습을 하거나 건조를 하는 과정에서 동일한 온·습도의 조건에서도 흡습과 탈습수분이 다르기 때문에 과건이나 과습현상이 일어날 우려가 있어 적정수분 관리에 어려움이 있을 것으로 생각된다.

수분의 흡습과 탈습상수(K)는 방정식 1을 이용하여 계산하였고 계산된 K값은 표 2와 표 3과

같다. K값의 계산에서 시료의 초기수분(M_0)은 표 1에 나타낸 값을 사용하였으며, t 시간후의 수분함량(M)은 본 연구에서는 25시간 흡습 또는 탈습조화한 후의 수분함량으로 하였고, 평형수분(M_e)은 96시간 조화한 후의 수분함량의 측정 값을 사용하였다.

표 2의 흡습상수 K값은 RH가 증가하면 작아지고, 온도가 증가하면 커지는 뚜렷한 경향을 나타내고 있다. RH가 증가하면 시료의 흡습량이 증가되고, 온도가 증가하면 흡습량은 감소하는 사실을 고려하면 흡습상수 K값은 수분의 흡습량과는 반대의 의미를 갖는다.

즉, K값이 크면 흡습량은 작아지고 K값이 작으면 흡습량은 많아진다. RH와 온도의 변화에 따른 K값의 변화를 좀더 자세히 살펴보면 RH

가 증가할 때의 K값의 감소는 RH가 낮은 범위에서는 그 차이가 크지 않으나 RH가 높아지면 이 차이가 커지고 있음을 알 수 있다.

특히 70% 이상의 RH에서는 이 차이가 현저하게 나타나고 있다. 또한 온도가 20°C에서 30°C로 높아질 경우의 K값의 차이는 일반적으로 RH변화에 따른 K값의 차이보다 크게 나타나고 있다.

Table 1. Initial moisture content (%) of tobacco samples.

Type of Experiment	Temp. (°C)	Tobacco		
		Hicks	Burley	Basma
Sorptions	20	1.329	0.983	0.969
	30	1.222	0.987	0.955
Desorption	20	31.92	28.62	29.58
	30	28.78	25.93	26.47

잎담배 시료간의 흡습상수 K 값은 20°C에서는 일반적으로 Burley엽이 가장 크고 Hicks와 Basma의 두 시료사이에는 K값의 크기에 일정

한 경향을 찾을수가 없다. Burley엽의 K값은 RH가 50%이하에서는 Hicks나 Basma 엽보다 작으나, 50%이상에서는 이들 두 시료보다 커지는 것이 변화의 특징으로 나타나고 있다. 온도가 30°C로 높아지면 20°C에서와는 달리 Hicks 엽의 K값이 가장 낮고, Basma, Burley 엽의 순으로 K값이 커져 시료간의 특성이 뚜렷이 나타나고 있다. 이와같은 결과는 온도의 변화는 잎담배의 수분흡수에 미치는 영향이 예민할 뿐만 아니라, 잎담배 품종간의 특징도 뚜렷하게 한다는 사실을 암시하는 것으로 고찰된다.

흡습상수 K값에 대한 Walton과 Henson (21) 연구 결과에 의하면 Burley 엽의 K 값은 21°C, 93%RH에서 0.102로 보고하고 있는데, 본 연구 결과에는 20°C 90%RH에서 0.0864로 나타나고 있어 비슷한 실험조건에서도 K값에는 약간의 차이를 보이고 있다. 이 두 결과의 차이는 실험에 사용한 시료의 품질과 실험조건 및 실험방법의 차이 때문인 것으로 생각된다.

Table 2. Moisture sorption constant (K) calculated from the equation 1 for various tobaccos

Relative Humidity (%)	20°C			30°C		
	Hicks	Burley	Basma	Hicks	Burley	Basma
40	·1237	·1228	·1237	·1390	·1378	·1440
50	·1199	·1196	·1185	·1369	·1362	·1417
60	·1084	·1185	·1091	·1170	·1345	·1342
70	·0978	·1157	·0967	·1098	·1319	·1224
80	·791	·0986	·0823	·0951	·1284	·0986
90	·0756	·0864	·0737	·0915	·1265	·0930

Table 3. Moisture desorption constant (K) calculated from the equation 1 for various tobaccos

Relative Humidity (%)	20°C			30°C		
	Hicks	Burley	Basma	Hicks	Burley	Basma
40	·0267	·0869	·0701	·0865	·1198	·1044
50	·0240	·0787	·0674	·0837	·1155	·0986
60	·0238	·0745	·0628	·0828	·1108	·0938
70	·0227	·0718	·0593	·0813	·1074	·0865
80	·0189	·0664	·0519	·0794	·1026	·0791

표3의 탈습상수 K값은 흡습상수 K 값보다는 현저하게 낮게 나타나고 있다. RH가 증가하면 K값이 작아지고, 온도가 증가하면 값이 커지는 경향은 흡습 K값의 변화 경향과 같으나, 온도의 증가에 따른 K값의 증가는 RH의 증가에 따른 K 값의 감소보다 그 경향이 뚜렷하게 나타나는 것이 흡습 K값의 변화와는 다른 특징이다.

또한 동일 온도에서의 각 시료의 탈습 K값에도 뚜렷한 차이를 나타내고 있는데, 20°C와 30°C의 온도에서 이 값은 Hicks가 가장 작고, Basma, Burley의 순으로 K값이 커지고 있다. 온도가 20°C에서 30°C로 높아질 때의 각 시료의 K값의 변화는 Hicks엽이 Burley나 Basma보다 매우 큰 증가를 보이고 있다.

일담배의 탈습현상은 동일 온도에서 RH가 증가하면 감소하고, 동일RH에서 온도가 높아지면 증가한다는 사실을 고려하면, 탈습 K값은 흡습 K값과는 달리 K값이 커지면 탈습량이 많아지고 값이 작아지면 탈습량이 작아진다는 의미를 갖는다는 사실을 알 수 있다. 따라서 일담배의 탈습 및 흡습 K값이 갖는 의미와 K값의 크기를 비교해보면 일담배는 흡습은 비교적 쉽게 하지만, 탈습은 흡습만큼 쉽게 되지 않는다는 사실을 알 수 있다.

③ 흡습율과 탈습율

방정식 1을 시간에 대해서 미분한 방정식 2를 이용해서 단위시간에 대한 흡습율과 탈습율을 계산한 값은 표4 및 표5와 같다.

표4의 결과를 보면 흡습율의 일반적인 변화 경향은 흡습상수 K값의 변화와는 달리, 온도와 RH가 증가하면 흡습율은 증가하는 경향을 보이고 있다.

또한 온도와 RH가 일정한 조건에서의 일담배 시료별 흡습율은 Burley엽이 가장 크게 나타나고 Hicks, Basma엽의 순서로 흡습율이 낮게 나타나고 있다.

다음에 RH가 일정한 조건에서 온도가 20°C에서 30°C로 높아지면 일부 RH에서 예외는 있으나, 일반적으로 흡습율이 증가하고 있는데, 온도상승에 따른 흡습율의 증가는 Burley가 가장 높게 나타나고 Basma, Hicks의 순으로 낮아지고 있다.

이와같은 결과는 Burley엽이 수분의 흡습율이 가장 높으면서 온도와 RH의 변화에 예민한 영향을 받는데 비해서 Hicks엽은 RH변화에 대한 영향은 크게 나타나나, 온도 변화에 대한 영향은 크지 않고, Basma엽은 RH 변화에 대한 흡습율의 변화영향은 크지 않지만 온도에 의한 영향은 Hicks보다 크게 받는다는 사실을 설명하는 것으로 고찰 된다.

Burley엽의 흡습율에 대해서 Walton과 Henson(21)은 21°C, 93%의 실험 조건에서 3.5%로 보고하고 있는데, 본 연구 결과에는 20°C, 90% RH에서 2.4%로 나타나고 있어 흡습율에 약간의 차이가 있으나, 이 차이는 시료의 상태와 실험조건 및 방법의 차이에서 오는 결과로 생각된다.

Table. 4. Moisture sorption rate (percent per hour) of various tobaccos, calculated from the equation 2.

Relative Humidity (%)	20°C			30°C		
	Hicks	Burley	Basma	Hicks	Burley	Basma
40	0.517	0.673	0.492	0.539	0.622	0.500
50	0.866	0.851	0.745	0.881	0.887	0.774
60	1.221	1.238	1.197	1.172	1.230	1.276
70	1.614	1.640	1.539	1.618	1.718	1.664
80	1.839	2.042	1.801	1.957	2.306	1.877
90	2.313	2.388	2.109	2.522	3.155	2.373

Table 5. Moisture desorption rate (Percent per hour) of various tobaccos calculated from the equation 2.

Relative Humidity (%)	20°C			30°C		
	Hicks	Burley	Basma	Hicks	Burley	Basma
40	1.270	1.796	1.584	1.793	2.274	2.006
50	1.078	1.459	1.310	1.526	1.865	1.598
60	0.782	1.093	0.922	1.192	1.451	1.200
70	0.543	0.742	0.613	0.833	1.045	0.811
80	0.220	0.325	0.192	0.380	0.526	0.327

표 5의 탈습율은 RH가 증가하면 현저히 감소하고 있고, 온도가 높아지면 증가하고 있다. 동일온도와 동일RH에서 탈습율은 Burley가 가장 높게 나타나고 Basma, Hicks의 순으로 탈습율이 낮게 나타나고 있다. 일정한 온도에서 RH가 증가할 경우의 탈습율의 감소는 매우 현저하게 나타나는데 20°C의 온도에서 RH가 60%에서 70%로 증가하면 탈습율은 약 31%에서 34

%까지 감소되며, RH가 70%에서 80%로 되면 61%에서 69%까지 감소하는 현상을 보이고 있다. 이와같은 RH증가에 따른 탈습율의 감소는 온도가 30°C로 높아지면 더욱 커지고 있다. 일정한 온도에서 잎담배 시료의 탈습율이 RH변화로 받는 영향은 세 시료간에 큰 차이를 찾을 수 없으나 Basma 잎이 약간 높은 경향을 보이고 있다.

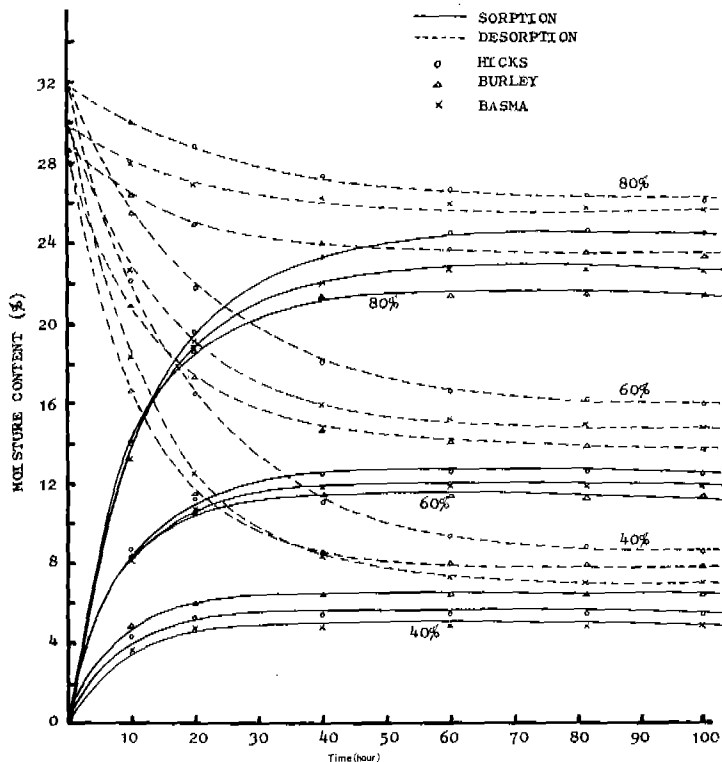


Fig. 3. The calculated regression curve of moisture sorption and desorption from the equation 1 for various tobaccos at 20°C.

다음에 일정한 RH에서 온도가 20°C에서 30°C로 높아지면 탈습율은 흡습율과는 달리 현저한 증가현상을 보이고 있다. 예를 들어 60% RH에서는 20°C에 비해서 30°C에서의 탈습율은 약 30%에서 50%까지 증가하고 있으며, 이와같은 증가는 RH가 높아질수록 더욱 커지고 있다.

잎담배 시료의 탈습율이 온도변화에 따라서 받은 영향은 Hicks 엽이 가장 높게 나타났고 Bur-

ley, Basma 엽의 순으로 감소하고 있다.

잎담배 시료의 흡습 및 탈습상수K값과 시료의 초기수분 및 평형수분의 값을 이용하여 온도도 변화 및 시간변화에 따라서 시료의 흡습 및 탈습 현상이 어떻게 일어나는가를 알기 위해서 방정식(1)을 이용하여 시간변화에 따른 수분함량의 변화를 계산하고 계산된 값을 그림으로 나타내었다.

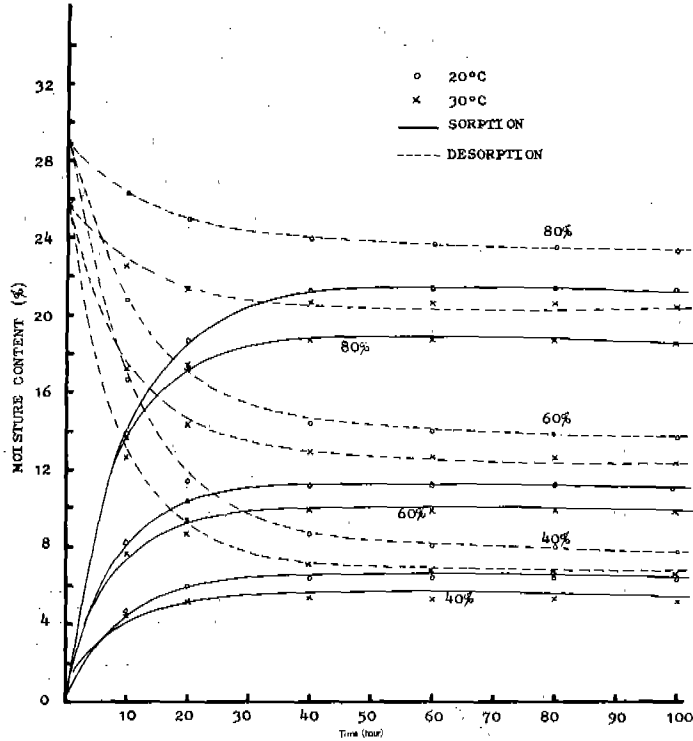


Fig. 4. The calculated regression curve of moisture sorption and desorption from equation indicating the effect of temperature for BURLEY tobacco at 20°C and 30°C

그림 3은 20°C에서의 세가지 잎담배 시료에 대해서 40, 60, 80%의 RH에서 시간변화에 따른 수분의 흡습 및 탈습현상을 나타낸 것이다. 이 그림에 의하면 수분의 흡습은 RH가 낮아질수록 평형수분에 도달하는 시간이 짧아지며 RH가 높아지면 이와 반대 현상이 일어난다는 사실을 알 수 있다. 또한 시료간에는 40%의 RH에서는 Burley 엽의 흡습량이 가장 높고, RH가 60% 이상에서는 이와는 반대로 Burley가 가장 낮으며 Hicks가 가장 높게 나타나고 있다.

이 원인에 대해서는 이미 고찰한 바 있다.

탈습곡선은 흡습과는 달리 시간이 경과할수록 서서히 탈습되는 현상을 보이고 있으며 어느 시간에서나 항상 흡습곡선 보다는 높게 나타나고 있다. 시료별로는 40% RH에서 예외는 있으나, Burley 엽의 탈습이 가장 빠르게 나타나며 Basma, Hicks의 순으로 탈습이 늦어지고 있다.

시간변화에 따른 흡습 및 탈습현상에 온도가 미치는 영향을 쉽게 볼 수 있도록 20°C와 30°C에서의 흡습과 탈습곡선의 변화를 Burley 엽 시

료를 예를 들어 그림 4에 나타내었다.

이 그림에 의하면 흡습곡선은 온도가 높아지면 낮게 나타나나, 탈습 현상은 온도가 높아지면 빨리 일어난다는 사실을 알 수가 있다.

○ 잎담배의 단일분자막 형성 최대수분과 비표면적

농작물이나 일반 자연식품의 수분흡습 또는 탈습곡선에 관한 자료는 식품의 품질유지와 저장의 안전성에 관한 많은 정보를 제공 한다. 특히 건조식품과 농작물에 대한 흡습 또는 탈습곡선을 구하고 단일분자막 형성 최대수분을 결정하면 저장조건이나 포장조건등을 결정하는데 매우 유용하게 활용할 수 있다 (10-13, 15-17). 단일분자막 형성 최대수분함량은 RH가 5-35

%의 낮은 범위에서의 농작물이나 일반식품의 수분 흡습 또는 탈습에 관한 자료를 BET방정식 (방정식 3)을 이용하여 해석하므로써 구할 수 있다. 그림 5는 20°C에서의 잎담배 시료의 수분흡습 자료를 사용하여 얻은 BET 방정식을 p/p_0 에 대해서 $p/v(p_0 - p)$ 를 plot한 것이다.

이 그림에 나타난 직선의 기울기 $(\frac{C+1}{V_m \cdot C})$ 와 절편 $(\frac{1}{V_m \cdot C})$ 의 값을 사용하여 계산한 단일 분자막 형성 최대수분 함량(V_m)은 Hicks엽의 경우 31.7, Burley엽이 51.4 그리고 Basma 엽은 27.8mg/g을 나타내었다.

잎담배의 V_m 값에 대해서 Samejima 등 (20)은 BY-4엽이 26.0, Burley가 44.0 그리고 오리엔트엽 (Kraumougard)은 23.3mg/g으로 보고한 바 있는데, 본 연구결과의 V_m 값 보다 약간 낮다.

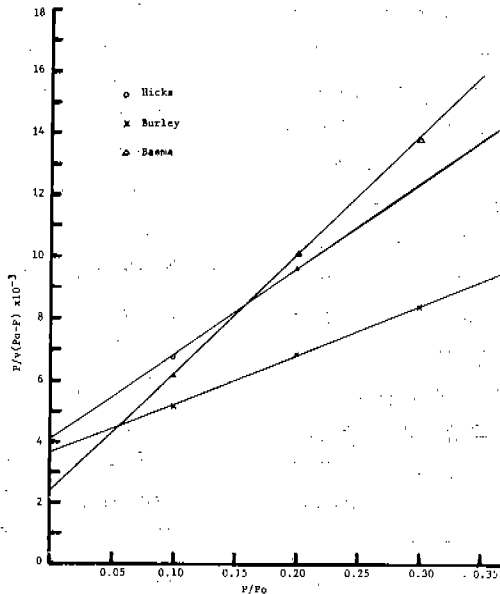


Fig. 5. Plot of $P/v(P_0 - P)$ VS. P/P_0 at 20°C

Salwin(17)은 건조식품이 가장 안전한 저장성을 나타내는 수분함량은 그 식품이 단일 분자막을 형성하는 수분함량과 일치한다는 보고를 한 바 있고, 이 결과와 이론은 오늘날 건조식품의 저장의 안전수분을 논할 때 자주 적용되고 있다.

Salwin의 이론을 잎담배에 적용하면, Hicks

엽의 경우 약 3.2%, Burley엽은 5.1% 그리고 Basma 엽은 2.8%의 수분에서 저장하는 것이 여러가지의 품질저하 반응을 방지하는 적정 수분 함량이라고 할 수 있다.

잎담배의 비표면적은 담배의 품질중 팽창성, 연소성, 수분의 흡탈습 및 파쇄성등의 여러가지

물리성에 큰 영향을 줄 것으로 생각된다. 잎담배 시료의 수분흡습 자료를 이용하여 방정식 5로 계산한 비표면적은 Hicks 엽이 114, Burley 엽이 186, Basma 엽은 $101\text{m}^2/\text{g}$ 으로 나타나고 있다. 본 연구에서 구한 잎담배의 비표면적은 역시 Samejima 등 (20)이 보고한 결과보다 약간 높게 나타나고 있는데, 잎담배의 품종과 경작지 등에 따른 잎담배 자체의 품질 차이에서 오는 결과로 생각된다.

잎담배의 수분흡습과 탈습에 관한 자료는 잎담배의 품질과 가공조건등을 결정하는데 필요한 많은 정보를 제공하고, 또 이들 자료를 활용하므로서 품질 저하의 원인을 규명함은 물론, 온습도의 가공조건을 개선할 수 있을 것으로 생각되며, 이를 위해서는 여러가지의 원료엽에 대한 많은 연구가 계속 되어야 할 것으로 생각된다.

결 론

잎담배의 수분흡습과 탈습곡선을 20°C 및 30°C 의 온도와 0-90%의 상대습도 범위에서 구하고, 이 자료로부터 잎담배의 수분흡수 hysteresis, 흡·탈습상수, 흡·탈습율 및 단일분자막 형성 최대 수분함량과 비표면적을 분석하였다.

잎담배의 수분흡습 및 탈습곡선은 상대습도가 50% 이하에서는 Burley 엽이 가장 높았고 Basma가 가장 낮았으며, 50% 이상에서는 Hicks 엽이 가장 높았고 Burley 엽이 가장 낮았다. 수분흡수 hysteresis는 상대습도가 40-70%의 범위에서 크게 나타났으며, 시료간에는 Basma가 가장 컸고 Burley가 가장 낮았다. 흡습 및 탈습상수는 상대습도가 증가하면 감소하고 온도가 증가하면 증가 하였으며, 상수의 크기는 Burley가 가장 크거나 타났고 Hicks가 가장 작게 나타났다. 잎담배의 흡습율은 Burley가 가장 컸고 Basma가 가장 낮았으며, 탈습율은 Burley, Basma, Hicks의 순으로 낮게 나타났다. 잎담배의 단일분자막 형성 최대수분은 $27.8(\text{Basma}) - 51.4(\text{Burley})\text{mg/g}$ 으로 분석되었고, 비표면적은 $101(\text{Basma}) - 186(\text{Burley})\text{m}^2/\text{g}$ 의 분포를 보였다.

인 용 문 헌

1. Brunauer, S., P. H. Emmett, and E. Teller. J. Am. Chem. Soc. 60:309 (1938).
2. Chang, C. S. and W. H. Johnson. Tob. Sci. 17:115 (1973)
3. 陳鶴鎔, 李台鎬. 韓國煙草學會誌. 2:28(1980).
4. 陳鶴鎔, 崔承燦. 담배研究報告書. 72(1980).
5. 古沢 勝, 野沢和子. 日專研報. 107:101 (1965).
6. 古沢 勝, 野沢和子. ibid. 107:109(1965).
7. 古沢 勝, 野沢和子. ibid. 108:129(1966).
8. Henderson, S. M. Agriculture Engineering Jan:29(1952).
9. King, C. H. Food Technol. 22:509(1968).
10. 金東勳. 食品化學, 探永堂 (Seoul) PP1:22 (1979).
11. Labuza, T. P., S. R. Tannenbaum, and M. Karel. Food Technol. 24:543(1970).
12. Labuza, T. P. ibid. Apr:36(1980).
13. Landrock, A. H. and B. E. Proctor. J. Modern Packaging Feb:123(1951).
14. 村永徹, 黒沢つお子. 日專研報, 107:283 (1965).
15. Rockland, L. B. Food Technol. 23:1241 (1969).
16. Rockland, L. B. and S. K. Nishi. ibid. Apr:42(1980).
17. Salwin, H. ibid. 17:34(1963).
18. Stinson, J. B., J. M. Young, and T. B. Whitaker. Paper No. 74-3036, Am. Soc. Agric. Engineers meeting(1974).
19. Samejima, T., Y. Soh, and T. Yano. Agric. Biol. Chem. 41 (6) :983- (1977).
20. Samejima, T., Y. Soh, and T. Yano. ibid. 42 (12) :2285 (1978).
21. Walton, L. R. and W. H. Henson, Transactions of ASAE. P:466(1970).
22. Walton, L. R. L. A. Henry, and W. H. Henson. ibid. P:796(1976).
23. Young, J. H. and J. M. Bunn. Humidity and Moisture 2:231(1965).