

## 적정수분 관리를 위한 담배흡습속도에 관한 연구

정한주, 김기환, 민영근, 김병구, 양광규, 오인혁\*  
한국인삼연초연구소 담배제조부, 연구기획부\*

### Studies on Absorption Ratio of Tobacco for Optimum Moisture Control

H.J. Jung, K.H. Kim, Y.K. Min, B.K. Kim, K.K. Yang, and I.H. Oh\*  
Division of tobacco manufacturing, division of research planning\*, KGTRI

#### ABSTRACT

1. Average moisture content of tobacco in B/B silo was about  $19 \pm 1\%$  until 4hours conditioned time, and then moisture variation of tobacco after 2hr conditioned was very small.
2. Application of mathematical model for ordering system.
  - 1) The constant K in the exponential equation varies inversely with both relative humidity and equilibrium moisture.
  - 2) Time needed to order blending tobacco leaves with standard moisture from bulking and blending silo was 4 hours.
  - 3) Reconstituted tobacco sheet had higher moisture absorption ratio than Oriental and Burley tobacco.
  - 4) For minimize of conditioning time in B/B silo, the values of K and  $M_o$  given in this study can be used in equation(1) to calculate moisture absorption ratio and optimum conditioning time.
3. Average moisture content and water activity of conditioned tobacco for 4 hours in B/B silo was about 20% and 0.65. In this condition, microbial life will inhibit
4. Physical properties of conditioned tobacco in bulking and blending silo for 4hours was virtually no change.

## 서 론

애연가들의 요구와 고급화 추세에 부응하기 위하여서는 제품의 다양화와 고급화가 필요하지만 현재의 silo사정으로 4시간으로 규정된 조화시간을 유지하기가 어려운 실정이다. silo는 투입된 원료 담배의 가향, 가습이 균일하도록 조화시키는 목적을 가지고 있다. 그러나 김등<sup>4)</sup>은 조화만으로는 가향의 균일화가 어려우며 Nakanishi<sup>6)</sup>는 가향공정에서 spraying 하거나 mixing하는 단독공정으로는 향료의 균일한 분포를 이룰수가 없다고 지적하였고, 김등<sup>4)</sup>은 silo내에서 일정시간동안에 수분의 조화는 한계가 있기 때문에 silo에 투입하기전 원료의 종류별 흡습성을 고려하여 가습을 달리할 필요가 있다고 한바있어 본 시험에서는 수분의 균일화에 초점을 맞추고 원료의 흡습성을 고려하여 silo투입전 적정 가습수분을 제시하므로써 조화시간을 단축하고자 하였다. Walton<sup>10)</sup>의 Burley담배의 수분흡습에 관한 연구, Shimizu<sup>9)</sup>의 수분이동에 관한 연구, Furusawa<sup>11)</sup>의 수분의 흡습에 관한 연구, 국내에서는 진<sup>2,3)</sup>등의 잎담배 흡방습에 관한연구등 담배수분의 흡방습에 관한 연구결과<sup>5, 7, 8)</sup>들이 발표된바가 있다. 그러나 이러한 연구에서는 대부분 무가향상태의 원료를 시료로한 잎담배의 흡방습 특성에 관한 연구였다.

일반적으로 건조재료중의 수분이 액상으로 이동할 경우는 건조재료의 수분분포상태가 중요한 의미를 가진다. 표피세포와 내부세포의 함수상태에 관한 Shimizu<sup>9)</sup>의 실험에서 건조가 진행되며는 엽편의 함수를 감소와 표피세포의 함수율 감소는 거의 직선적인 비례관계로 나타났다. 이것은 표피세포에 처음부터 있던 수분만이 이동하지 않고 표피세포가 내부로부터 수분과 항상 밀접한 관계를 가지고 이

동하는 것으로 추측되며 가습 후 퇴적silo에서의 수분 이동에 관한 이론을 적용할 경우 담배잎 조직의 내, 외부 수분을 별도로 취급할 수 없고 외부 환경조건에 대한 수분의 이동은 담배조직 내외에서 동시에 일어난다고 생각되어진다. 따라서 잎담배의 수분조화를 위한 수학적 모델과 모델을 이용한 실제 제조창에서의 퇴적silo의 적정 조화시간과 주어진 조화시간에서 퇴적전의 적정수분함량의 이론적 계산을 위하여 조직의 내, 외부를 구분하지 않다.

본연구에서는 공정중 toast 혹은 가향된 원료에 대한 흡방습특성을 측정하고 이를 ordering system의 수학적 모델에 적용하여 적정조화시간 및 적정수분을 수리적으로 분석하고 실측치와 비교분석한 결과를 보고코자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 시료의 채취

제조창의 퇴적 silo에서의 시간에 따른 수분함량과 편차 및 각초의 물리성 측정시료는 오리엔트종엽과 판상엽은 가습만하고 1차 가향을 하지않는 C제조창과 오리엔트엽은 가습후 황색종엽과 함께 1차가향을 하고 판상엽은 가습한 후 퇴적 silo에 직접투입하는 W제조창의 퇴적 silo에서 각각 채취하였다.

### 2. 시료의 전처리

시료는 연구소 절각기를 이용하여 각폭이 0.9 mm로되게 절각하였고 상대습도 조절은 유무기염의 포화용액을 Desiccator에서 용해시킨 후 실온(28-32℃)에서 조제하여 사용하였다.

### 3. 시료의 시간별 흡수량 측정방법

흡습속도는 Toyo No 5A여지에 절각된 시료를 3g정도씩 담아 상대습도가 조절된 Desiccator내에 넣고 매6시간 간격으로 96시간까지 중량의 변화를 측정하여 수분의 흡습량으로 환산하였다.

### 4. 시료별 흡습 상수 및 평형함수를 계산

$$\frac{M - M_e}{M_o - M_e} = \exp(-kt) \dots\dots\dots (1)$$

M : t시간 후의 수분함량

M<sub>o</sub> : 초기 수분함량(Initial moisture contents)

M<sub>e</sub> : 평형 수분함량(Equilibrium moisture contents)

k : 흡수상수(Wetting constant ; hr<sup>-1</sup>)

t : 흡습시간(hr)

수분의 흡탈습율은 방정식(1)을 시간t에 관해 미분하면 얻을 수 있는데

$$\frac{dM}{dt} = -k(M - M_o) \dots\dots\dots (2)$$

### 5. 물리성 측정방법

#### 1) 수분활성도

- 기기 : NOVASINA. HT/RTD Type. Swiss, Thermocontanter제.

- 측정온도 : 31℃

#### 2) 각초크기 지수

수분함량이 12.5%로 조절된 각초 20g을 Sieving하여 3.36mm이상과 3.36-2.00mm사이, 2.00-1.41mm사이, 1.41-0.5mm사이와 0.5mm이하의 5 단계로 구분하여 각각의 중량에 5, 4, 3, 2, 1의 가중치를 두어 계산하였다.

#### 3) 부스럼지수

수분함량이 12.5%로 조절된 각초 10g을 Blender로 8,000rpm으로 30초간 분쇄한 후 Sieving하여 1.00mm이상, 0.50-1.00mm, 0.25-0.50mm, 0.25mm이하의 4단계로 구분하여 각각의 가중치를 1, 2, 3, 4를 주어 계산하였다.

## 결과 및 고찰

본시험에서 측정된 조화시간별 수분 흡수량을 적용하여 퇴적전 잎담배의 흡수상수 k값과 평형함

Table 1. Value of coefficient k from equation(1) for various tobacco

R.H(%)	Flue-cured	Burley	Oriental	Blended	Sheet Tob.	
					Paper	Rolled
11	0.0814	0.0813	0.1657	0.1307	0.1052	0.1364
22	0.1226	0.0468	0.0654	0.2633	0.1172	0.0912
43	0.1057	0.1016	0.0832	0.0829	0.0439	0.1072
57	0.1083	0.1008	0.0811	0.0653	0.0651	0.0955
75	0.0621	0.0754	0.0636	0.0590	0.0840	0.0802
85	0.0691	0.0575	0.0708	0.0633	0.0783	0.0574
96	0.0475	0.0560	0.0607	0.0639	0.0600	0.0599

Table 2. Equilibrium moisture content calculated from the equation(1) for various tobacco

R.H.(%)	Flue-cured	Burley	Oriental	Blended	Sheet Tob.	
					Paper	Rolled
11	5.2	4.8	4.0	5.3	5.6	4.9
22	6.3	6.0	5.7	6.9	6.8	6.3
43	11.1	10.6	9.7	11.2	12.3	12.4
57	12.8	11.5	12.0	14.3	13.1	16.7
75	20.7	20.6	23.5	24.0	24.2	23.7
85	27.8	26.1	25.6	28.6	27.2	30.0
96	31.1	29.6	32.7	35.1	35.4	34.2

unit : %

수율을 방정식(1), (2)에 의해 계산하면 표 1, 2와 같다. 상대습도가 높아질수록 평형흡수율은 높아 지지만 흡수상수 k값은 낮아지는 반대의 현상을 나타내어 평형흡수율과 수분흡습속도와는 부의 상관관계를 나타내었다. 이결과는 일본의 M. Furusawa<sup>9)</sup>와 R. Walton<sup>10)</sup>의 연구결과와도 일치한다는 것을 알수있다.

이러한 결과를 김등<sup>4)</sup>에 의해 보고된 단엽별 적정절각수분(표 3)을 목표수분으로 하고 퇴적전 수분함량을 현재상태로 하였을 경우, 적정조화시간을 방정식(2)을 이용하여 계산한 결과 표 4에서 보는 바와 같이 8시간에서 12시간정도 조화하여야만 목

표수분에 도달할 수 있음을 나타내어주고 있다. 만일 현재의 제조장 여건상 충분한 시간동안 퇴적 조화할 수 없는 상황이라면 역설적으로 4시간 조화하여 적정절각 수분에 도달하도록 퇴적 silo전 잎담배의 종류별로 일정수준의 수분조건으로 가습

Table 3. Optimum cutting moisture content

Sample variety	Optimum cutting moisture content(%)
Flue-cured tob.	18-19
Sheet tob.	18-19
Oriental tob.	18-20

Table 4. Time needed to order toasted leaves and reconstituted sheet tobacco from initial moisture to cutting moisture content using values of K and equilibrium moisture content as given in this study

Sample variety	Initial moisture(%)	E.M.C* (R.H75%)	Cutting moisture(%)	Calculated time(hr)	Adsorption ratio(%/hr)
Toasted tob.	17.9	20.6	19.5	11.6	0.2
Paper Sheet tob.	12.8	24.2	18.5	8.2	1.0
Rolled Sheet tob.	12.8	23.7	18.5	9.2	0.9

\* E.M.C : Equilibrium moisture content(%)

Table 5. Initial moisture content to order toasted leaves and reconstituted sheet tobacco calculated using values of k, equilibrium moisture content and cutting moisture content as given in this study

Sample variety	E.M.C* (R.H75%)	Cutting moisture(%)	Calculated time(hr)	Absorption ratio(%/hr)
Toasted	20.6	19.5	4.0	19.1
Paper sheet	24.2	18.5	4.0	16.2
Rolled sheet	23.7	18.5	4.0	16.5

\* E.M.C : equilibrium moisture content (%)

하는 것이 유리할 것으로 판단되어, 4시간조화 할 경우 퇴적 silo전에 잎담배종류별로 어느정도의 가습이 필요한가를 표 5에 나타내었으며 그 결과는

toast엽 19% 이상 관상엽은 16.2% 이상의 수분함량이 되도록 각각 가습하여 퇴적silo에 투입하여야만 수분의 균일화가 가능함을 보여주고 있다.

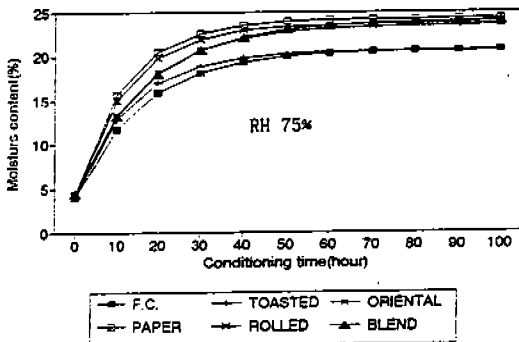


Fig.1 The calculated regression curve of moisture absorption from the EQ.(1)

Fig. 1은 상대습도 75%에서 방정식(1)에 의해 계산된 황색종엽, toast엽, 오리엔트엽, 제지식판상엽, 압연식판상엽 및 이들원료의 배합엽의 조화시간에 따른 수분함량을 나타낸 것으로 약 12시간까지는 수분의 흡수속도가 매우 빠르게 진행되나 그 이후에는 거의 수분의 평형을 나타낸다는 것을 알 수 있으며 흡수속도는 제지식판상엽이 가장 빠르며 압연식판상엽, 오리엔트엽, 배합엽, 황색종엽, toast엽순임을 알수가 있다. Fig. 2는 황색종엽에 있어서 식(1)에 의해 계산된 수분흡수속도와 실제로 시험에 의하여 측정된 수분흡수속도를 비교한 그림으로 계산된 값과 시험에 의해 측정된 값이 거의 일치한다는 것을 알 수 있다.

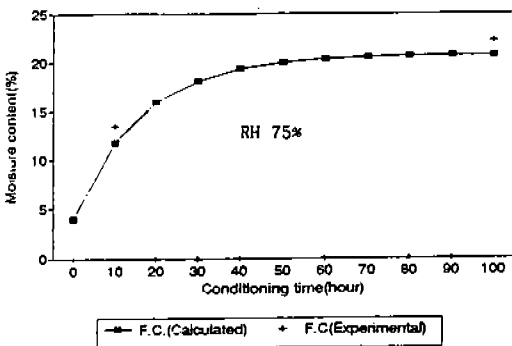


Fig.2 The calculated regression curve of moisture absorption from the EQ.(1)

실제로 제조창에서의 퇴적시간에 따른 수분함량의 변화를 측정한 결과 표 6에서와 같이 퇴적시간이 길어질수록 표준편차와 변이계수의 감소율이 낮아 지는데 3시간에서 5시간까지는 표준편차와 변이계수의 감소율이 약 25% - 30%로 처음 1시간후의 약 20%와 거의 비슷한 감소율을 나타내었으나, 약 16시간 38분 silo에 퇴적하였을 경우는 감소율이 약 2배정도인 65% 이상이 되었다. 퇴적시간의 경과에

Table 6. Moisture content and fluctuation according to conditioning time

Conditioning time(hr)	Item	Mean (%)	S.D	Variation coefficient
1 : 03 (63min.)	Before con.	19.78	0.89	4.51
	After con.	19.74	0.91	3.58
	Fluctuation(%)	-0.04	-0.18	-0.93
	Fluc. ratio(%)	-0.20	-20.23	-20.62
3 : 03 (183min.)	Before con.	20.26	1.05	5.16
	After con.	19.80	0.77	3.91
	Fluctuation(%)	-0.46	-0.28	-1.25
	Fluc. ratio(%)	-2.27	-26.67	-24.23
5 : 03 (303min.)	Before con.	20.25	0.90	4.44
	After con.	20.01	0.63	3.15
	Fluctuation(%)	-0.24	-0.27	-1.29
	Fluc. ratio(%)	-1.19	-30.00	-29.05
16 : 38 (998min.)	Before con.	20.46	1.10	5.37
	After con.	20.20	0.37	1.82
	Fluctuation(%)	-0.26	-0.73	-3.55
	Fluc. ratio(%)	-1.27	-66.36	-66.11

따라 수분함량의 최고치는 낮아지고 최소치는 높아지는데 그 경향은 편차의 변화와 같았으며 최고치와 최소치의 차이는 초기의 약 3% 정도에서 3-5 시간 퇴적으로 1.5% 정도 낮아지고 16시간 이상 퇴적하여야만 1%로 낮아질 수 있음을 보여주고 있다. 이는 앞에서 도시한 Fig 1, 2의 결과와도 일치한다는 것을 알수있다.

수분활성도(Aw)는 임의의 온도에서 그 물체의 수증기압(Ps)에 대한 그 온도에 있어서의 순수한 물의 수증기압(Po)의 비율인  $Aw=Ps/Po$ 로 표시되는 것으로서 임의의 온도에서 수증기압(P)에 대한 같은 온도에서의 포화수증기압(Po)의 백분율로 표시되는 상대습도(R.H)와의 관계를 볼때 물체의

수증기압은 물체표면에서의 수증기압을 의미하기 때문에  $Ps=P$ 로  $R.H=P/Po \times 100 =$  수분활성도 ( $Aw=Ps/Po \times 100$ )의 관계식이 된다. 잎담배의 수분함량과 수분활성도는 잎담배에 따라 약간의 차이는 있지만 대체로 20% 이하의 수분함량에서는 수분 활성도가 약 0.65이하로서 0-40°C범위에서 저장하는 식품에서 미생물발생의 피해로부터 안전한 수분활성도가 0.65이하라는 결과와 비교할때 표 7에서와 같이 2시간까지는 안정하며 4시간퇴적의 경우 판상염은 약간의 위험이 있는 것으로 나타났는데 이는 앞에서 지적한 바와 같이 퇴적 silo 투입시 판상염의 수분함량을 16% 정도로 낮추면 4시간 퇴적으로 18-19%의 수분함량을 보이기 때문에 수

Table 7. Variation of water activity according to conditioning time

Grade	Conditioning Time		1hour		2hour		3hour	
	M.C(%)	W.A	M.C(%)	W.A	M.C(%)	W.A	M.C(%)	W.A
Flue-cured tob.	20.07	0.659	19.06	0.647	19.03	0.653		
Oriental tob.	18.32	0.660	17.82	0.663	17.81	0.658		
Paper Sheet tob.	17.88	0.622	18.29	0.651	18.99	0.650		
Rolled Sheet tob.	18.42	0.626	19.21	0.626	19.45	0.650		
Toasted tob.	18.70	0.626	18.29	0.644	17.96	0.651		
Blended tob.	19.08	0.659	19.04	0.656	18.85	0.666		
Cuttet tob.	18.97	0.634	18.92	0.630	18.52	0.631		

M.C : Moisture content  
W.A : Water activity

Table 8. Physical properties of cutted tobacco according to conditioning time

Conditioning time	Moisture content(%)	F.I	Size index
After 1hour	19.08	3.006	4.33
After 2hour	19.04	2.980	4.14
After 4hour	18.85	2.986	4.22

\* F.I : Fineness index

분활성도도 0.65정도로 낮아져서 안정한 범위내에 있게된다. 퇴적시간에 따른 각초물리성은 표 8에 서와 같이 퇴적시간이 경과함에 따라 각초의 크기가 작아지고 부스러짐성이 커지는 경향이 있지만 차이가 매우 적어 퇴적시간을 달리하여도 물리성의 변화는 없다는 것을 알수있었다.

## 결 론

1. 퇴적 silo의 퇴적 조화 4시간까지 원료의 평균 수분함량은 약 19%로 변화가 적었고, 수분편차도 조화 2시간후부터 안정화하는 경향이였다.
2. 담배를 적정수분으로 조화하기 위한 수학적 모델

## 적용 결과

- 1) 수분흡수 상수 k값은 흡수조건 RH%와 평형 수분과 역상관이였다.
- 2) 제조창의 표준 작업조건 수분에서는 4시간에서 조화가 일어날 수 있었다.
- 3) 동일조건에서 원료별 평형수분에 도달하는 조화시간 순서는 제지식 관상엽-암연식 관상엽-배합제품-오리엔트엽-Burley엽 순 이였다.
- 4) 적정조화 시간을 단축시키려면 퇴적 silo전 원료의 수분을 원료 종류별로 調節하면 可能 하다.
3. 퇴적 silo에서 4시간동안 조화한 원료의 평균수

분은 약 20% 이하였고 이 때 수분활성도는 0.65로서 미생물에 의한 피해를 막을 수 있을 것으로 생각된다.

4. 퇴적 silo에서 4시간동안 조화한 원료의 물리성은 큰변화가 없었다.

## 참고문헌

1. Furusawa, M. and Nozawa, K. 일본연구보고, 108, 129- (1966)
2. 진학용, 최승찬, 담배연구 보고서. 72-94(1980)
3. 진학용, 최승찬, 이태호, 유광규. 한국연초 학회지. 3(1) : 30-40 (1981)
4. 김기환, 한정성, 민영근, 김병구, 김천석, 정한주, 양광규, 담배연구 보고서(1991)
5. Muranaga, T. and Kurosawa, T. 일본전매 연보, 107 : 283-. (1965)
6. Nakanish, Y., Mizuno, Y. and Kobari, M. 화학공업 논문집. 14(6) : 794-802 (1988)
7. Samejima, T., Nishikata, Y. and Yano, T. Agri. Biol. Chem. 48 : 439-443 (1984)
8. Samejima, T., Nishikata, Y. and Yano, T. Agri. Biol. Chem. 49(6) : 1809-1812(1985)
9. Shimizu, Y. 농업기계 학회지. 31(3) : 244-, (1970)
10. Waltonm, L.R. and Henson, H. Transactions of ASAE, 446-469(1970)