

수분 함량별 부풀성 보정식 설정

정한주* · 김용옥
KT&G 중앙연구원
(2005년 6월 1일)

Establishment of Correction Equation for Filling Volumn according to Moisture Content

Han-Joo Chung* and Yong-Ok Kim
KT&G Central Research Institute
(Received June 1, 2005)

ABSTRACT : To correct the difference of filling volumn for various cut tobacco and puffed stem according to moisture contents, correction equation was estamated by a simple regression analysis. The R^2 (coefficient of determination) of correction equation was above 0.95.

To verify the precision of correction equation, we predicted correction equation of other samples. The filling volumns by the difference of 1% moisture content were 0.018 ~ 0.022cc/g (cut tobacco) and 0.060cc/g (puffed stem). The precision of correction equation for various cut tobacco was very high, but that of puffed stem was low due to quality deviation of row stem according to a season.

Key words : filling volumn, correction equation, cut tobacco, puffed stem

각초 부풀성은 절각 각초를 일정한 압력으로 눌렀을 때 단위중량당 차지하는 부피를 말하는 것으로, 최종제품의 품질(경도, 연소성, 흡인저항 등)에 영향을 미치는 중요한 품질요소로서 제품 담배의 제조단계에 결정적인 영향을 준다.

각초의 부풀성은 수분과 온도가 높아질수록 감소하는 것으로 나타나 외국의 경우 팽화주맥, 팽화각초에 대해 수분 및 온도에 따른 부풀성 보정계수를 설정하여 각초 부풀성 조사에 활용하고 있다(Charles R. Ashcraft, 1988 ; D.Randy Mchone, 1994 ; Gail Adams, 1988 ; Margaret L. Carrington, 1987 ; Waldemar F.K. Wochnowski,

1988). 국내의 경우 CO₂팽화기의 도입과 함께 팽화전, 후 각초의 수분에 따른 부풀성 보정계수를 설정하여 활용하고 있으나, 나머지 제품각초에 대한 부풀성 보정계수 설정에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 가공 공정에서 채취한 부풀성 측정용 시료의 수분이 불균일하여 동일수분에서의 부풀성 측정자료가 얻어지지 않아 측정자료의 신뢰성이 떨어지고, 채취된 시료를 조화시켜 측정한다 하여도 조화시설이 부족하고 조화하는 데 시간이 오래걸려 실시간 부풀성 측정이 곤란하다.

본 연구에서는 제품 각초 및 팽화주맥의 수분에 따른 부풀성 차이를 보정할 수 있는 식을 개

*연락처 : 305-805 대전광역시 유성구 신성동 302 번지, KT&G 중앙연구원

*Corresponding author : KT&G Central Research Institute, 302 Shinseong-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-805, Korea

발하여 부풀성을 동일수분(13%)에서의 추정값으로 환산하여 줌으로써 측정자료의 신뢰성을 확보하고 실시간 품질관리가 가능 하도록 하기위해 수행하였다.

재료 및 방법

시료 및 측정

본 시험에 사용된 시료는 현재 각 제조장에서 생산되고 있는 제품담배 각초(Re, EsL, Es, Si, Thp, Ti, Th, Ri, DM, EM, Se)와 팽화주맥인데, 제품각초는 2차 가향후, 팽화주맥은 제품담배 각초에 배합되기 전에 각각 일정량의 시료를 채취하였다.

채취된 시료는 20℃에서 상대습도가 각각 다른 포화염 용액을 사용하여 수분 조절 목표가 11~15%가 되도록 한 후, 수분에 따른 부풀성을 측정하였다. 수분 측정은 Moistuer tester MT-E (Brabender OHG사 제작)을 사용하여 부풀성 측정직후 채취된 일정량의 시료(4~6 g)를 123℃에서 30분동안 건조하여 건조한 후 무게를 평량하여 측정하였다. 부풀성은 22℃, 60% R.H.로 조절된 항온항습실에서 Densimeter DD 60A(Heinr Borgwaldt사 제작)로 측정 하였으며, 부풀성 측정값은 시료 10 g을 일정한 크기의 용기에 담은 후 2 kg의 압력으로 20초간 누른 후의 표시값을 단위무게당 부피로 환산하여 얻었다. 이렇게 얻어진 자료로 팽화주맥 및 제품각초의 부풀성 보정식을 각각 예측하였다.

수분함량에 따른 부풀성 보정식 설정 방법

수분 함량에 따른 부풀성 보정식 설정 방법은 ① 채취된 시료를 포화염 용액을 사용하여 수분이 11~15%가 되도록 조절 한 후 ② 수분에 따른 부풀성을 측정하고 1차 회귀식을 이용하여 부풀성 예측식을 먼저 작성한 후 ③ 측정수분과 수분 13% 및 측정 부풀성값과 수분 13%일 때의 예측 부풀성값과의 차이를 보정하고 ④ 이 보정값에 의한 부풀성 보정식을 다시 작성하여 이 보정식에 의해 수분 13% 환산 부풀성값을 계산하였다.

결과 및 고찰

Fig. 1은 제품담배 각초 "Ti"의 수분함량에 따른 부풀성값을 나타낸 것으로 수분함량이 증가할수록 부풀성은 직선적으로 감소하는 경향을 갖는다는 것을 알 수가 있다. 이러한 경향은 "Ti" 제품뿐 아니라 팽화주맥 및 모든 제품담배 각초에서 비슷한 경향을 보였다.

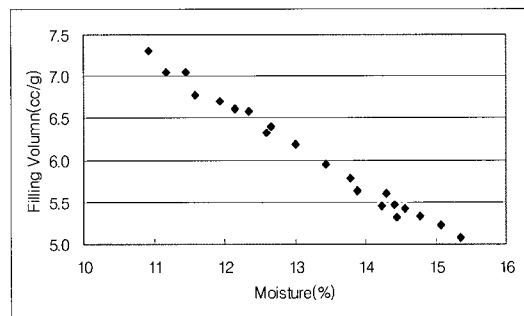
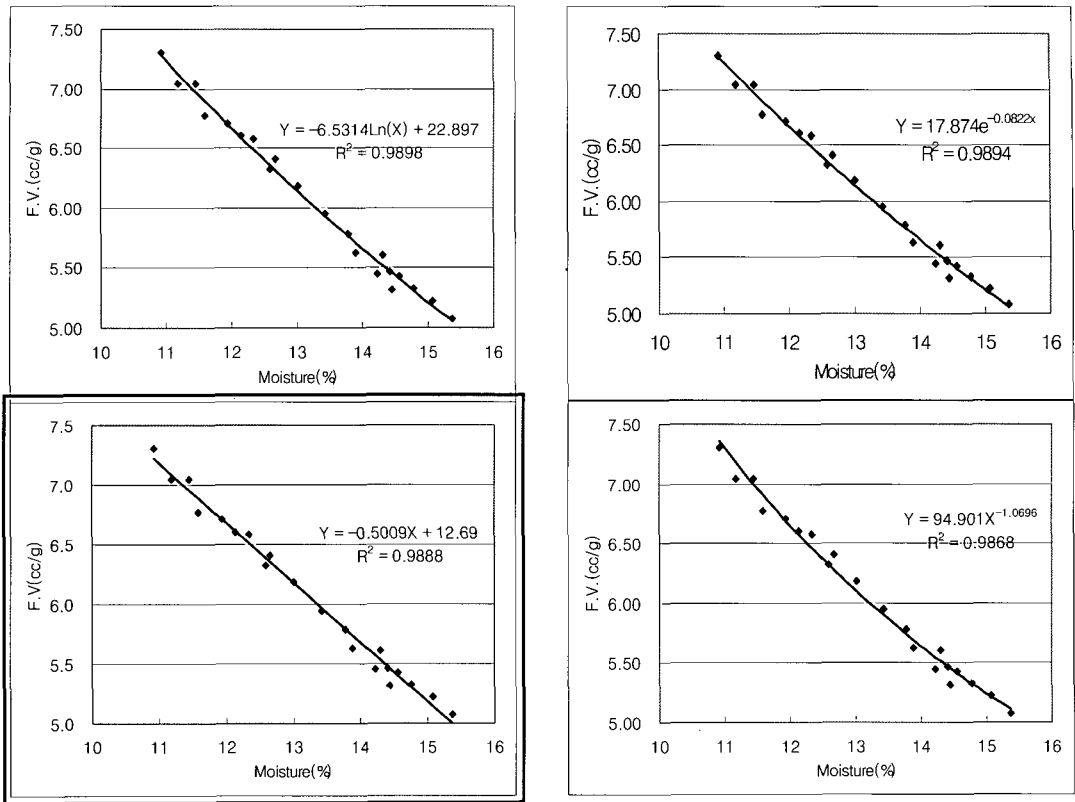


Fig. 1. Change of filling power in "Ti" cut tobacco according to moisture content.

"Ti" 담배 각초의 부풀성 예측식을 작성하기 위하여 수분별로 측정된 부풀성 자료를 활용하여 여러 가지 함수(지수, 로그, 1차 등)를 적용하여 회귀식을 작성해 본 결과 Fig. 2에서와 같이 4가지 방법 모두 높은 결정계수값을 가져 어떤 방법을 사용하여 작성해도 신뢰성이 높은 예측식을 도출 할 수 있었으나, 본 연구에서는 계산하기가 비교적 용이한 1차 회귀식을 이용하여 예측식을 작성하였으며, 팽화주맥 및 나머지 제품담배 각초도 같은 방법을 사용하였다.

실제로 예측식을 사용하여 "Ti" 제품담배 각초의 13% 환산 부풀성을 계산해 본 결과 6.18(cc/g)정도의 부풀성 값을 갖는 것으로 추정되었다.

Table 1은 1차 회귀식을 이용하여 팽화주맥 및 여러 가지 제품담배 각초의 예측식을 작성한 것인데 제품담배 각초의 부풀성 예측식의 결정계수는 상당히 높았으며 팽화주맥의 경우 제품각초보다는 낮았으나 비교적 높은 결정계수 값을 가져 예측식의 신뢰도가 높은 것으로 나타났다.



* F.V. : Filling Volumn

Fig. 2. Comparison of various regression model to determine predicted equation.

Table 1. Predicted equation and R² followed by tobacco brands

Brands	Predicted equation	R ²
Re	Y = -0.5575 X + 14.067	0.991
EsL	Y = -0.5198 X + 13.261	0.984
Es	Y = -0.5171 X + 13.159	0.989
Si	Y = -0.4918 X + 13.159	0.984
Thp	Y = -0.5244 X + 13.126	0.993
Ti	Y = -0.5009 X + 12.690	0.989
Th	Y = -0.5296 X + 13.621	0.993
Ri	Y = -0.5437 X + 13.505	0.970
DM	Y = -0.4768 X + 12.207	0.970
EM	Y = -0.5508 X + 14.313	0.979
Se	Y = -0.5484 X + 14.085	0.973
Puffed Stem(K)	Y = -0.4712 X + 11.963	0.953
Puffed Stem(W)	Y = -0.4750 X + 12.141	0.965

수분 함량별 부풀성 보정식 설정

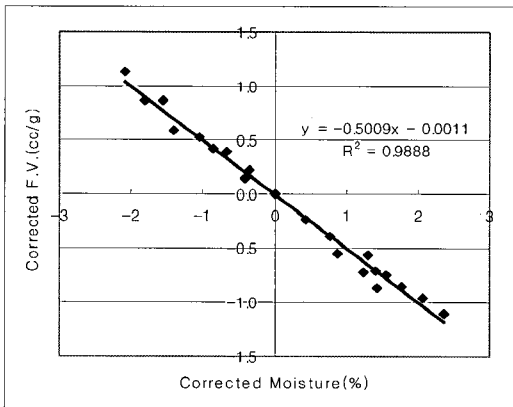
Table 2. Correction value of filling volumn calculated by predicted equation according to moisture contents

Measured data		Data calculated by predicted eq.	Corrected data	
Moisture(%)	F.V.(cc/g)	Y = aX + b Y : F.V.(cc/g) X : Moisture(%)	Moisture(%)	F.V.(cc/g)
.	.	Moisture : 13% F.V. : 6.18(cc/g)	.	.
.	.		.	.
12.66	6.41		-0.34	0.23
14.41	5.47		1.41	-0.71
14.56	5.43		1.56	-0.75
14.77	5.32		1.77	-0.86
15.07	5.22		2.07	-0.96
.	.	.	.	
.	.	.	.	

* F.V. : Filling Volumn

수분함량에 따른 각초 부풀성값을 좀더 정확하게 예측하기 위해서 실제로 측정된 수분 및 부풀성값과 앞에서 구한 예측식에 의한 수분 및 부풀성 계산값과의 차이를 이용하여 부풀성 보정식을

구하였는데, Table 2는 “Ti” 제품각초의 보정수분(측정 수분 - 13%) 및 보정 부풀성(측정 부풀성 - 6.18(cc/g))을 각각 계산한 것으로 이 결과를 그래프로 그리면 Fig. 3과 같은데 그림에서도 알수 있듯이 보정수분과 보정 부풀성은 직선적인 관계를 가지며 1차 회귀식에 의해 예측식을 구해보면 식(1)과 같이 나타난다.



$$y = -0.5009x - 0.0011 \quad (R^2 = 0.9888) \quad \text{eq. (1)}$$

여기서 절편값은 매우 작아서 무시가 가능하며 결정계수는 아주 높은 것을 알 수가 있다.

Table 3은 팽화주맥 및 다른 제품각초들의 보정값에 의한 각초 부풀성 보정식을 나타낸 것으로 “Ti” 제품담배 각초와 마찬가지로 결정계수의 값이 아주 높은 것으로 나타나 신뢰성 있는 보정식을 얻을 수가 있었으며, 각 보정식의 절편값은 역시 무시할 정도로 아주 작았다.

보정값에 의해 계산된 부풀성 보정식은 일반적으로 식 2와 같이 표현을 할 수 있는데, 여기서 a는 식의 기울기 b는 절편을 각각 나타낸다.

$$y = ax + b \quad \text{eq. 2}$$

앞에서 설명한 바와 같이 식 2에서의 절편값 b

* Corrected F.V.(Filling Volumn) = Measured F.V. - 6.18(cc/g)

* Corrected Moisture (%) = Measured Moisture - 13%

Fig. 3. Change of filling volume in Ti” cut tobacco according to correction value.

Table 3. Correction equation and R² followed by tobacco brands

Brands	Regression equation	R ²
Re	Y = -0.5575 X + 0.0008	0.991
EsL	Y = -0.5198 X + 0.0008	0.984
Es	Y = -0.5171 X + 0.0003	0.989
Si	Y = -0.4918 X + 0.0001	0.984
Thp	Y = -0.5244 X + 0.0015	0.993
Ti	Y = -0.5009 X + 0.0011	0.989
Th	Y = -0.5296 X + 0.0005	0.993
Ri	Y = -0.5437 X + 0.0007	0.970
DM	Y = -0.4768 X + 0.0006	0.970
EM	Y = -0.5508 X + 0.0008	0.979
Se	Y = -0.5484 X + 0.0008	0.973
Puffed Stem(K)	Y = -0.4712 X + 0.0018	0.953
Puffed Stem(W)	Y = -0.4750 X + 0.0044	0.965

는 무시가능할 정도로 작은 값으므로 수분 함량에 따른 부풀성 예측식은 최종적으로 식 3과 같이 표현이 된다.

$$y = ax \quad \text{eq. 3}$$

식 3을 이용하여 수분함량에 따른 13% 환산 제

품각초 부풀성을 계산하기 위해 y 대신에 d-Z, x 대신에 c-13를 각각 대입하면 최종적인 부풀성 계산식은 아래식 4와 같이 표현이 된다.

$$Z = ax(13-c) + d \quad \text{eq. 4}$$

여기서 Z는 13%환산 부풀성(cc/g), c는 측정 수분(%), d는 측정 부풀성(cc/g)를 각각 나타낸다.

위의 식 4에 의해 계산된 팽화주맥 및 여러 가지 제품담배 각초의 부풀성 계산식은 Table 4과 같이 각각 나타낼 수가 있다.

Table 4. Calculated equation followed by tobacco brands

Brands	Calculated equation
Re	Z = -0.5575(13-c) + d
EsL	Z = -0.5198(13-c) + d
Es	Z = -0.5171(13-c) + d
Si	Z = -0.4918(13-c) + d
Thp	Z = -0.5244(13-c) + d
Ti	Z = -0.5009(13-c) + d
Puffed Stem	Z = -0.4750(13-c) + d

* Z : Calculated Filling Volumn (13% moisture content)

c : Measured Moisture(%)

d : Measured Filling Volumn(cc/g)

이렇게 추정된 부풀성 계산식의 정확도 확인을 위하여 몇 개의 제품담배 각초에 대해 부풀성 보정식에 사용하지 않은 별도 시료를 채취하여 수분함량별 부풀성을 조사하여 지금까지의 부풀성 보정식 추정방법과 동일하게 또다른 보정식을 추정하여 정확도를 검정해 본 결과 Table 5에서와 같이 제품담배 각초는 수분 1%차이에 부풀성값이 0.018~0.022(cc/g)정도의 차이를 보여 정확도가 아주 높은 것으로 나타났으나, 팽화주맥은 0.060(cc/g)정도의 차이를 보여 제품담배에 비해 정확도가 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 팽화주맥의 경우 계절별 원료주맥의 품질이 원료공장에서의 잎담배 제맥업의 가공등급에 따라 다르르

수분 함량별 부풀성 보정식 설정

Table 5. Filling volumn by the difference of 1% moisture content followed by tobacco brands

Brands	Re-calculated eq.	Filling volumn by the difference of 1% moisture content(cc/g)
Re	$Z = -0.5394(13-c) + d$	0.0181
EsL	$Z = -0.5152(13-c) + d$	0.0046
Es	$Z = -0.5386(13-c) + d$	-0.0215
Si	$Z = -0.5024(13-c) + d$	-0.0106
Thp	$Z = -0.5460(13-c) + d$	-0.0216
Ti	$Z = -0.5046(13-c) + d$	-0.0037
Puffed Stem	$Z = -0.4147(13-c) + d$	0.0603

로 이로 인한 품질편차가 컸던데 기인된 것으로 생각 된다.

결 론

제품담배 각초 및 팽화주맥의 수분에 따른 부풀성 차이를 보정하기 위하여 수분함량별 부풀성을 측정한 후 1차 회귀식을 이용하여 보정식을 추정해 본 결과 결정계수의 값이 0.95이상으로 높은 신뢰도를 갖는 부풀성 보정식을 얻을 수 있었다.

추정된 보정식의 정확도를 확인하기 위하여 부풀성 보정식에 사용하지 않은 별도 시료를 채취하여 정확도를 검정해 본 결과 제품담배는 수분 1%차이에 부풀성값이 0.018~0.022(cc/g)차이를 보여 정확도가 아주 높은 것으로 나타났으나, 팽화주맥은 0.060(cc/g)의 차이를 보여 제품담배에 비해 정확도가 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 팽화주맥의 경우 계절별 원료주맥의 품질이 원료 공장에서의 잎담배 제맥엽의 가공등급에 따라 다르므로 이로 인한 품질편차가 컸던데 기인된 것으로 생각 된다.

참 고 문 헌

Ashcraft(1988) C., R. Tobacco moisture dynamics study. R.J.R document : 1-9.
 Mchone D. R.(1994) The effect of particle size and degradation on filling capacity. R.J.R document : 1-12.
 Adams G.(1988) Moisture correction study second blend of VRP. R.J.R document : 1-10.
 Carrington(1987) M. L. Temperature correction study for G-13/23. R.J.R document : 1-8.
 Waldemar F.K. and Wochnowski(1988) Cause of fluctuations in tobacco filling power and their influence on quality of cigarettes. CORESTA : 1-8.