

잎담배의 부스러짐 특성에 관한 연구

김기환 · 유광근 · 주영석 · 최영현 · 김병구

한국인삼연초연구소 담배제조부

STUDIES ON THE FRAGILITY OF TOBACCO RAW

MATERIAL

Kim K.H, K.K.Yoo, Y.S.Joo, Y.H.Choi and B.K.Kim

Div.of Product Res.

Korea Ginseng & Tobacco Research Institute

Abstract

The fragility, which express the fineness index, increased linearly with the moisture content for various tobacco shreds and showed a high correlation to the moisture content.

Then, fineness index (FIs) at reference moisture content(12.5%) was obtained by following equation.

$$FIs = FI_m + A(12.5 - M_m)$$

"A" denote the gradient of simple linear regression equation between the fineness index and moisture content. FI_m ; the fineness index measured at the standard moisture content(12.5%).

The characteristics of fragility concerning with some kinds of tobacco raw materials, stalk position, moisture content and stored time were investigated.

The following results were obtained.

1. The moisture content range of less fragile of tobacco raw material was from 16% to 20%. whereas the rolled process sheet tobacco was from 12% to 16%.
2. The Bright yellow and the paper process sheet tobacco were less fragile than that of the other tobacco raw materials.
3. The leaves were more distant from middle stalk position, and its become more fragile.
4. Physical properties of the stored tobacco leaves were determined as a function of each storage

time.

The long-term stored leaves(more than 3 years) were slightly lighter weight, more fragility and lower equilibrium moisture content than those of the mid-term stored leaves.(less than 3 years).

5. Contents of chemical component of the stored leaves were determined every storage time. The long-term stored leaves were slightly lower content of nicotine and chlorine than those of mid-term stored leaves, but contents of crude fiber, total ash and calcium were increased significantly.

서론

담배의 물리성은 제품의 외형적 체제 즉 담배 제품의 경도(firmness), 경연부동, 유연성(smoothness) 및 제조 공정중의 원료손실과 관계가 있으므로 경제적으로 매우 중요하다.

담배의 물리성 중 부스러짐 성질은 담배 제조 공정 중에서도 특히; 1) 담배잎에서 잎줄기를 엽육으로부터 분리하는 과정과, 2) 잎을 잘게 썰어 썰음담배를 만드는 과정 및 3) 썰음담배를 건조하는 과정에서 원료손실이 가장크므로 이들 공정의 최적조건 설정시 신중히 고려되어야 할 중요한 인자이다.

세계 여러 나라에서 많은 연초 과학자들이 담배의 부스러짐 특성에 관해 연구를 해왔다.^{1)2)4)~12)}

부스러짐 측정방법 중에는 우리 나라에서 판상엽의 강인성을 측정하는 Ball Mill 방법⁴⁾과 미국의 Artho²⁾와 일본의 Yoshinori¹²⁾의 Blendor 방법이 있다.

본 연구에서는 1985년 상반기에 제안된 Blendor 방법으로 잎담배와 판상엽에 대해 측정하였다.

원료의 수분은, 일정 온·습도에서 조화할때 잎담배의 종류와 처리조건에 따라 다르며, 잎담배의 부스러짐 특성은 원료의 수분에 따라 크게 좌우되므로, 부스러짐 특성을 일정 수분에서 비교평가할 필요가 있다. 따라서, 부스러짐지수와 수분과의 관계를 밝히므로서 여러가지 수분에서 조화된 시료의 부스러짐 특성치를 일정수분에서

의 부스러짐지수값으로 보정하는 방법을 검토하고, 담배원료의 부스러짐 특성과 이화학적인 특성과의 상관관계를 분석한 결과를 보고 하고자 한다.

재료 및 방법

1. 재 료

1) 각초

황색종 잎담배(By-4)를 80년에서 84년까지 5년간 생산된 시료를 등급별(후엽, 박엽 각각 1, 3, 5등)로 총복, 총주 산지에서 채취하여 부스러짐지수 연구에 사용하였다. 잎담배중 시험부위는 잎줄기를 포함하지 않은 엽육에서 폭이 0.9mm이고, 길이가 50mm인 각초를 hand-cutter로 제조하였다.

팽화각초는 84년산 By-4 후엽 5등을 0.9mm 각으로 절삭하여 14±1% 수분으로 조화시킨후 G-13C(Reynold사 제작)로, 팽화주맥은 신탄진 제조장에 설치된(본 연구소 개발) 주맥팽화기에서 전매칭 표준방법으로 시료를 제조하였음.

이 시료를 RH% 별로 조화된 메시케이타에 넣어 21°C에서 72시간동안 조화하여 9~18% 범위의 여러가지 수분으로 조정하고, 모든 시료는 21±1°C, RH65±2%의 평형조건에서 시험하였다.

2) 시제품 제조

2.7/39000 denier 아세테이트 tow(96×

24.7mm)로 팁 길이 24mm인 무친공 필터를 부착하고 컬런전체의 길이가 84mm가 되도록 현행 특급 B권지로 시제품을 제조한후 수분이 12±0.2%가 되도록 조화시키고 중량이 950±30mm인 시료를 채취하여 시제품 시료로 사용하였음.

2. 실험방법

1) 부스러짐지수 측정방법

셀담배 10g씩을 Blendor의 시료그릇에 넣고 30초 동안 분당 8000회의 속도로 분쇄하고 난후 부서진 시험편의 크기를 분류하기 위해 부서진 시험편 20g을 60초간 체로치는 방법으로 실험하였으며 각 시험은 5회 반복 시험하였다. 사용한 체의 눈금크기는 1.0, 0.5, 0.25mm의 KS 표준체(내경 200mm, 깊이 60mm)를 4단계 체눈 크기별로 시료편의 크기를 나눈후 체위에 남은 시료편의 중량을 측정하였다.

체의 진탕기는 rotary식 진탕기(진폭 25mm, 진동수는 매분당 300회)를 사용하였다.

2) 부스러짐지수 측정치의 표시방법

체눈 크기별로 분리된 시험편의 중량%를 눈금 크기에 따라 a.b.c.d라 하면 부스러짐지수는 다음식에 의하여 계산된다.

$$fi = (4a + 3b + 2c + d) / 100 \dots \dots (1)$$

가장 잘 부스러지지 않는 지수의 숫자는 4이고, 가장 잘 부스러지는 지수는 1로 표시된다.

fi = fineness index(분말도 지수, size index)

3) 수분

5회의 부스러짐 지수를 측정할 때, 1회와 4회 측정후 약 2g의 시료를 채취하여, 105°C에서 2시간 건조하여 감량법으로 구하고 평균치로서 시료수분을 나타냈다.

4) 물리성 측정

시료의 두께는 KSM 7021방법으로, 중량은 KSM 7013방법으로, 비중은 단위 중량 대 두께의 비(g/cc)로 계산하였으며, 평형수분은 Artho²⁾의 방법으로, 부풀성은(Heinr Borgwaldt

기계에서) 1.5psig 압력으로 가해진 부피를 측정하였고, 연소성은(Filtrona 연소성 측정기에서) 시제품의 자연 연소속도(Static Burning Rate; S.B.R)를 측정하였다.

5) 화학성분 분석

엽중 니코틴, 조섬유, 조회분, 에틸추출물, 전당, Cl 및 Ca등은 한국연초연구소의 담배성분 분석법³⁾에 준하여 분석하였다.

결과 및 고찰

단엽별 수분에 대한 부스러짐지수와 회귀식과 상관계수 및 t계산치는 표1과 같다.

이 결과로부터 단엽별 수분과 부스러짐지수의 관계는 2차 곡선식 또는 1차 직선식으로 나타낼 수 있다. 이 식중에서도 압연식 판상엽외에는 1차 직선식으로도 상관성이 높고 t계산치와 통계표치를 비교할 때 고도의 유의성이 인정되었다.

1차 회귀식에서 수분 x와 부스러짐지수 Y의 관계; $Y = Ax + b$ 에서 기울기 A는 수분 1% 변화할 때 부스러짐지수의 변화량에 해당하며, 기울기 "A"를 알면, 측정시 각초수분을 Mm, 이때 부스러짐지수를 FIm, 표준수분 12.5% 일때의 부스러짐지수를 FIs라 하면 표준수분 12.5%에 해당하는 부스러짐지수는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$FIs = FIm + A(12.5 - Mm) \dots \dots (2)$$

표1에서 황색종의 기울기 A의 값이 Burley보다 크고 Bruley종에는 미엽이 국내 생산엽보다 큰값이었다. Burley는 판상엽보다 큰값이었다. 또한 2차 회귀식의 함수값을 응용하는 방법은 수분 x와 부스러짐지수 y값에서 y의 값을 대수값(logy)로 바꾼 다음 수분 함량과 logy와의 1차식 관계; $\log y = Bx + C$ 에서 기울기 B값은 수분이 1% 변화할때 부스러짐지수의 대수값의 변화량을 나타내 주며, 이때 기울기 B를 알면 측정 각초수분이 Mm, 일때 부스러짐지수 FIm,

표준수분 12.5%일때 부스러짐지수를 FIs라 하면, 표준수분 12.5%일때 부스러짐지수는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$FIs = FIm / \exp.B(Mm - 12.5) \dots \dots (3)$$

식2와 식3을 수분보정 방법이 통계적으로 어 느 것이 정확 정밀한 방법인가를 확인하기 위하여 표2와 같이 분석하였다.

표2는 식3을 FI-1항에 식3을 FI-2항에 각각 대입하여 표준수분 12.5%일때의 부스러짐 지수 로 보정하여 각 항에 기입하고 각항의 숫자는 같 은 시료에서 분석된 것이므로 오차 Sx나 편차 S, 변동율 CV값이 적은 FI-1의 보정법이 정확 정밀한 방법으로 평가할 수 있다.

표2는 황색종 후엽 3등에 대한 것이고, 다른 원료의 단엽에 대해서도 똑같은 분석방법으로 수행하였다.

식2로 산출된 기울기 Factor A로 보정하였 을 때 통계분석치인 변동율 CV-A와 식3에서 산 출된 기울기 Factor B로 보정하였을 때 통계분 석치인 변동율 CV-B를 표3에 요약해 놓았다.

표3에서 압연식 판상엽의 CV-A 값과 CV-B 값의 비슷할 뿐(CV-B가 반올림하기전 소숫점 4 자리 이하의 값은 낮았음) 다른 단엽에 대해서 는 모두 CV-A 값이 CV-B값보다 훨씬 낮은 변 동율을 나타내 주었다.

이것은 본 시험에서 분석된 수분의 범위가 9

Table 1. Correlation between the fineness index and the moisture content about tobacco shreds

Variety Position & grade	Regression equation Y: Fineness index x: Moisture(%)	Correlation Coefficient R ²	T value
By-4 Leaf 3rd	Y = -0.015x ² + 0.535x - 1.067	0.909	7.72
" "	Y = 0.015x + 1.604		
" Cutter-3rd	Y = -0.019x ² + 0.665x - 2.220	0.881	5.43
" "	Y = 0.142x + 1.306		
Burley Leaf-3rd	Y = -0.001x ² + 0.068x + 2.036	0.950	10.71
" "	Y = 0.099x + 1.834		
" Cutter-3rd	Y = -0.002x ² + 0.131x + 1.762	0.978	14.78
" "	Y = 0.076x + 2.132		
" (USA)C3F	Y = -0.009x ² + 0.356x - 0.003	0.984	13.44
" "	Y = 0.108x + 1.699		
" (USA)C4F	Y = -0.0004x ² + 0.092x - 1.974	0.984	13.46
" "	Y = 0.101x + 1.911		
Expanded stems	Y = -0.017x ² + 0.572x - 0.980	0.803	4.95
" "	Y = 0.945x + 2.110		
" lamina	Y = -0.014x ² + 0.516x - 1.111	0.943	5.77
" "	Y = 0.126x + 1.555		
Tobacco sheet			
Paper process	Y = -0.005x ² + 0.173x + 2.250	0.945	8.28
" "	Y = -0.042x + 3.066		
Rolled process	Y = -0.011x ² + 0.281x + 1.755	0.0014	-0.091
" "	Y = -0.001x + 3.117		

9 < x < 16

Table 2. Statistical comparison of the methods of correcting fineness index for moisture content (By-4, Leaf 3rd)

	Moisture (%)	F.I	FI-LOG	FI-1	FI-2
	9.47	2.64	0.4216	3.0175	2.7795
	11.31	3.06	0.4857	3.2083	3.1225
	13.73	3.35	0.5250	3.1967	3.2807
	14.38	3.55	0.5507	3.3194	3.4420
	15.06	3.59	0.5545	3.2660	3.4323
	15.77	3.59	0.5551	3.1826	3.3959
	17.24	3.65	0.5623	3.0594	3.3674
	17.42	3.66	0.5635	3.0470	3.3663
Total	114.38	27.089	4.2184	25.297	26.187
Average	14.298	3.39	0.5273	3.1621	3.2733
S ² =error variance				0.0120	0.0504
S =standard deviation				0.1095	0.2245
C.V=coefficient of variation				0.0346	0.0686
S \bar{x} =standard error(S/ \sqrt{n})				0.0387	0.0794
Slope				0.1246	0.0170

Slope=regression of moisture on FI

F.I.=fineness index

Table 3. Comparison of two correcting factor of fineness index for moisture content about tobacco raw material

Variety	Position & grade	Factor A	CV-A	Factor B	CV-B
By-4					
"	Leaf 3	0.1246	0.0346	0.0170	0.0686
"	Cutter 3	0.1418	0.0473	0.0194	0.0839
Burley					
"	Leaf 3	0.0999	0.0190	0.0138	0.0499
"	Cutter 3	0.0760	0.0139	0.0103	0.0521
"	(USA) C3F	0.1075	0.0218	0.0140	0.0694
"	(USA) C4F	0.1013	0.0113	0.0135	0.0497
Expanded stems		0.0945	0.0522	0.0124	0.0793
" lamina		0.1246	0.0512	0.0167	0.0173
Tobacco sheet					
Paper process		0.0417	0.0091	0.0050	0.0234
Rolled process		0.0014	0.0265	0.0002	0.0265

Factor A; Slope of linear regression

~16%인 구간에서는 대체적으로 직선 회귀식을 사용하여 보정하여도 기준값에서 크게 벗어나지 않았고, 팽화 원료에서 CV 값인 5%일 경우를 제외하면 약 3~4%의 변동율을 나타내었다.

더 넓은 수분 범위에 대한 단엽별 부스러짐 특성 분석치를 그림 1, 2, 3에 나타내었다.

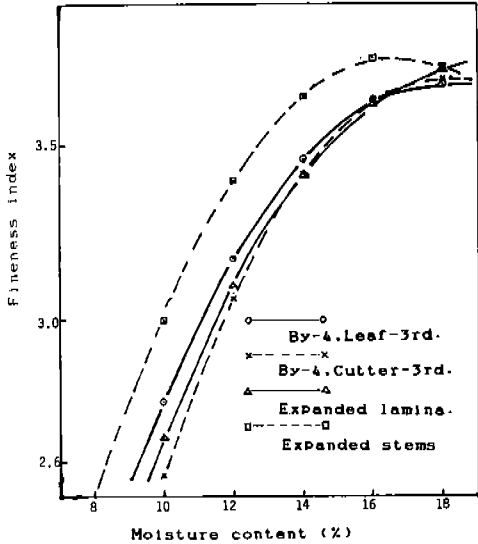


Fig.1 Correlation between the fineness index and the moisture content of the By-4 and the expanded tobacco.

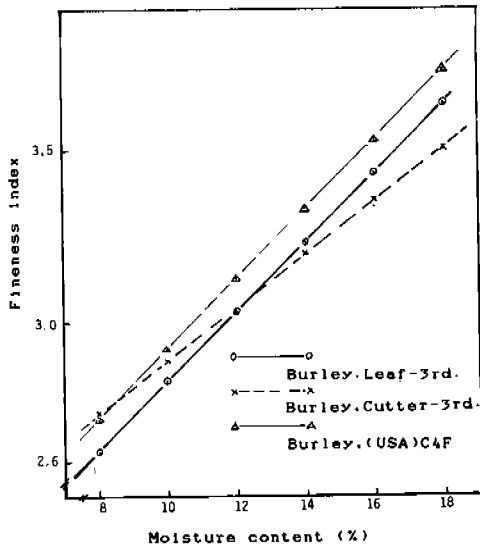


Fig.2 Correlation between the fineness index and the moisture content of the Burley.

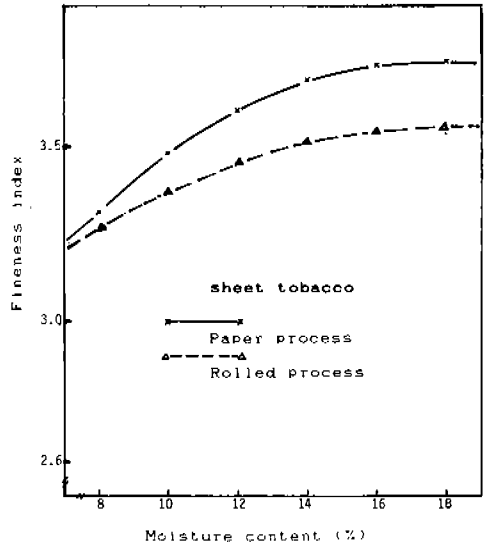


Fig.3 Correlation between the fineness index and the moisture content of the sheet tobacco.

그림1은 황색종과 팽화담배에 관한 것이고, 그림2는 버어리담배, 그림3은 판상엽에 대하여 각 단엽의 수분에 대한 부스러짐 특성을 나타낸 그림이다.

그림1에서 황색종 박엽 3등은 16~20% 수분에서는 지수값이 비슷하나 이 수분 범위외에는 후엽 3등보다 잘 부스러진다. 팽화주맥은 대체적으로 황색종보다 덜 부스러진다. 팽화각초는 16% 이하에서는 황색종 후엽 3등과 박엽 3등간의 중간 정도이나 16% 이상에서는 후엽 3등보다 덜 부스러진다.

그러나 팽화각초나 팽화주맥은 제조공정에서 15% 이하의 수분에서 주로 사용되므로 팽화주맥은 다른 잎담배 단엽에 비해 공정손실이 적을 것으로 생각된다. 또한 그림1의 결과로 보아 황색종 원료의 가공공정중 1차 가향부터 절각후까지의 수분 관리는 현재 1차 가향후 20~25% 인데 1차 가향에 의한 효과를 더욱 연구하여 열 효율과 품질유지면에서 최적조건이 강구되어야 할 것으로 생각된다.

그림2에서 12% 이하에서는 버어리 후엽, 박엽

3등의 지수값이 비슷하였으나 12% 이상에서는 후엽 3등의 박엽보다 덜 부스러졌다.

미엽 C₄F는 8~20% 수분 전 구간에 걸쳐 우리나라 버어리보다 덜 부셔졌다.

표3에서 판상엽의 비교에서는 제지식이 압연 식보다 전체 수분 범위에서 덜 부셔졌다.

이상의 세그림에서 전체적으로 비교해 보면 무처리 단엽중 황색종 후엽 3등은 수분 12% 이상부터 18% 수분 이하까지는 버어리 후엽 3등보다 덜 부셔지는 특성이 있다. 이것으로 볼때 Yoshinory⁵⁾의 발표 내용중 황색종이 가장 잘 안 부셔진다는 결과는 이 수분 범위안에서만 일치한다. 공정중에서는 12~18% 범위를 벗어나는 우리나라 제조공정, 특히 1차 가향 후부터 절각기까지 대부분 20% 이상의 고수분을 유지하고 있는 실정에서는 더욱 세분하여 특성을 파악하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 그러나 본 연구에서 사용된 담배원료는 20% 이상의 수분에서 부스러짐 지수가 평행선으로 유지하거나 또는 하향 곡선으로 접어들고 있기 때문에 과도한 수분은 오히려 원료손실과 품질저하 또는 에너지

손실을 가져오지 않을까 생각되었다.

Scott⁹⁾의 연구 결과에서는 하위엽이 더 잘 부셔진다고 하였는데 후엽 3등과 박엽 3등의 비교에서도 어떤 일정한 구간은 지수값이 비슷한 범위도 있었다.

원료별 공정 Line이 별도로 설치된 현 가공공정에서는 품종별 특성을 정확하게 분석하여 원료별, 공정별 가공 최적조건을 재정립하기 위한 계속적인 연구가 필요하다고 본다.

년산별(80~84)황색종 단엽의 부스러짐지수 값을 엽분 등급별로 분석한 결과는 표4와 같다.

표4에서 우리나라 황색종 부스러짐 지수값의 범위는 표준수분 12.5%에서 3.56~2.42였다. 엽분 등급별로, 저장년도가 길수록 부스러짐 지수값이 더 감소하였고 같은 품종에서도 착엽위치가 중앙인 1등엽에서 지수값이 높고, 중앙에서 먼 위치의 잎 즉 3등과 5등에서 지수값이 낮았다. 이는 일본의 Yoshinory⁵⁾의 착엽위치와 부스러짐지수와의 상관관계 연구발표와 일치하는 결과였다. 5등엽중에서도 박엽 5등의 경우는 지수값이 매우 떨어지는 결과였다. NC2326의

Table 4. Effect of leaf position and stored time on relative fragility of tobacco leaf(1982-1984)

Variety	Leaf position	Grade	Fineness index*		
			82	83	84
By-4	Leaf	1	3.42	3.43	3.56
"	(upper)	3	3.25	3.38	3.47
"	"	5	3.21	3.12	3.40
"	Cutter	1	3.27	3.35	3.46
"	(lower)	3	3.24	3.29	3.44
"	"	5	2.84	2.86	2.72
NC 2326	Leaf	1	3.36	3.43	3.47
"	(upper)	3	3.35	3.21	3.44
"	"	5	3.34	2.78	3.36
"	Cutter	1	3.42	3.31	3.53
"	(lower)	3	2.93	2.67	3.30
"	"	5		2.42	3.13

Fineness index; higher value indicate less fragility.

Moisture content; 12.5%

Table 5. Physical and chemical characteristics of stored tobacco leaves.

Physical characteristics of tobacco leaf.

Year	L.T. (mm)	F.I.	E.M.C. (%)	Weight (mg/cm ²)	Gravity (g/cc)	F.V. (cc/g)	S.B.R. (ms/3cm)	pH
'80	0.15	3.26	13.19	8.3	0.56	4.45	7'45"	4.9
'81	0.15	3.31	13.74	9.3	0.62	4.71	7'47"	4.9
'82	0.16	3.42	15.45	8.9	0.56	3.70	8'47"	5.2
'83	0.17	3.43	15.44	10.0	0.59	3.94	8'25"	5.1
'84	0.18	3.56	14.85	10.6	0.58	4.32	7'52"	5.3

* F.I; Fineness index(higher values indicate less fragility.)

L.T.; Leaf thickness.

E.M.C.; Equilibrium moisture content.

FV; Filling value.

S.B.R; Static burning rate.

Chemical characteristic of tobacco leaf.

(on oven dry basis)

Year	Nicotine	Crude fiber	Total ash	Pet. extract	Total sugar	Cl	Ca
'80	2.28	8.1	10.9	6.80	17.5	0.23	1.35
'81	2.75	8.4	11.9	6.84	17.0	0.30	1.43
'82	2.58	6.9	10.6	7.28	24.7	0.50	1.25
'83	2.71	6.7	9.9	8.63	25.8	0.57	1.33
'84	2.90	7.3	10.7	6.83	23.5	0.60	1.17

unit; %

황색종 By-4 후엽 1동 단엽의 년산별 부스러짐 지수와 이화학적 분석 결과는 표5와 같다.

표5에서 부스러짐 지수와 평형 함수율, 비중 및 PH 등은 처음 3년간은 비슷하며 잎담배의 물리성이 유지되고 있다고 할수 있으나 4년 이상이 되면 이들 물리성이 급격히 변하고 있었으며, 물리적 품질이 열화되고 있다고 생각되었다. 이 결과는 일본의 Yukio⁶⁾ 연구중 발효후 잎담배의 평형수분과 부스러짐 지수가 떨어진다는

결과와 비교해 볼때 저장기간이 길면 발효 잎담배와 비슷한 결과를 가져 온다고 생각되었다.

표5의 화학성분 분석치에서 니코틴과 염소성분은 저장기간이 길면 감소되는 경향이었고, 조섬유와 조회분 및 Ca는 증가되는 경향이 있다. 에틸추출물과 전당은 처음 3년동안은 상당히 높은 수준으로 유지하다가 3년후에는 감소되는 경향이 있다.

이러한 결과는 유기성분이 3년동안 변화를 일

으며 3년후부터는 감소되는 반면 무기성분은 상대적으로 중량 비율이 증가된 것으로 판단되었다.

결 론

담배의 부스러짐 특성은 담배(원료) 각초의 수분함량과 정의 상관 관계가 있고, 수분에 대하여 높은 상관성이 있었다.

표준수분 12.5%에 대한 부스러짐지수 FIs는 다음과 같은 식으로 얻어졌다.

$$FIs = Fm + A(12.5 - Mm)$$

A는 부스러짐지수와 함수분 사이의 직선 회귀 방정식의 기울기이고 Fm은 측정시 수분 Mm에서 측정된 부스러짐지수이다.

또한 여러가지 담배원료, 착엽위치, 함수분 및 저장기간에 따른 부스러짐 특성을 연구한 결과는 다음과 같다.

1. 원료담배에서 가장 덜 부스러지는 수분 범위는 16~20% 였고, 압연식 판상엽은 12~16% 였다.
2. 황색종 잎담배와 제지식 판상엽은 다른 담배원료보다 덜 부스러졌다.
3. 착엽위치가 중위엽에서 먼 잎담배일수록 더 쉽게 부스러졌다.
4. 저장 잎담배에 대한 물리성을 측정된 결과 장기저장(3년이상) 잎담배는 중기저장 잎담배보다 더 쉽게 부스러졌고, 중량이 가벼워 졌으며, 평형함수율이 낮았다.
5. 저장 잎담배의 화학성분을 분석한 결과 장기저장 잎담배는 니코틴과 염소성분이 감소되었고, 조섬유, 조회분 및 Ca는 중기저장 잎담배보다 약간 증가되었다.

참 고 문 헌

1. Anon. Internal Report, Imperial Tobacco Co.(Canada)Ltd. 15~18 April(1959).
2. Artho A.J., R.J. Monroe and J.A. Weybrew., Tob. Sci. 191~197(1963).
3. 김찬호, 담배성분분석법, 한국연초연구소 (1979).
4. 김용태, 신충치, 담배 연구보고서(한국인삼연초연구소발행) 421~429(1974).
5. Murty K.S.N., J.A.V. Prasad Rao and S.S. Prasad, Tob. Res. 3(2):101~107(1978).
6. Samfield D.M., Tob.J. Int. 6:506~510(1980).
7. Saito K., Japan Monopoly Corp. Central Res. Inst. Sci. Paper 122:33~95(1980).
8. Scott W.A., The Lighter 41(3):15~18(1971).
9. Scott W.A., The Lighter 38:10~16(1968).
10. Taylor S.M., Proc. Amer. Chem. Soc. Symposium 173rd 217~232(1977).
11. Walker E.K., Tob. Sci. 86~90(1968).
12. Yoshinori K. and R.Aoki., Japan Monopoly Corp. Central Res. Inst. Sci. Paper 113:25~31(1971).
13. Yoshinori K., Y.Masuo, K.Shimada and T.Imazu, Japan Monopoly Corp. Central Res. Inst. Sci. Paper 108:17~22(1966).
14. Yoshinori K., R. Aoki and Y.Masuo, Japan Monopoly Corp. Central Res. Inst. Sci. Paper 113:33~41(1971).
15. Yoshinori K., R. Aoki and I.Abe., Japan Monopoly Corp. Central Res. Inst. Sci. Paper 114:9~15(1972).
16. Yukio K., N. Katsuyama, Y. Kikuchi, Y. Miyake, S. Chiba and N. Kawashima., Utsunomiya Tob. Shikenjo Hokoku 17:61~69(1979).