

배추의 압축탈수특성에 관한 연구

Compression and Dewatering of Chinese Cabbage

김영중*

이동현*

이용범*

Y.J. Kim

D.H. Lee

Y.B. Lee

ABSTARCT

An experiment on the expression and dewatering of chinese cabbage was conducted in order to investigate its dewatering behavior. Chopped cabbage was packed into cylinder and pressed by piston upto the predetermined pressure on Instron-1000. The rates of dewatering were affected domintantly by the applied pressure, but not significantly by the packed amount of cabbage in the cylinder. The pressure effect was increased very abruptly at first, but the increase rate was very low at high pressure greater than 20 MPa, showing great deviation from linear dependence of flow rate on pressure in Darcy's Law. Therefore, water expression from cabbage was not Newtonian flow of water through cell wall. In fact, the squeezed water contained a lot of solid particles, about 3% of solid cabbage particles, showing destruction of cell wall. It appeared that compression and dewatering of vegetable wastes in the low pressure, under 20 MPa, is more desirable for later treatment of the dewater. More researches are needed in order to develop a treatment method for the solid particles in the expressed water before an expeller treatment system can be applied to vegetable wastes.

Key Word : Compression, Dewatering, Cabbage, Pressure

1. 서론

현재 우리나라 대도시지역의 농수산물도매시장에서는 매일 채소쓰레기가 대량으로 발생된다. 서울 가락동농수산물 시장의 경우 하루 채소쓰레기 생산량은 약 630톤 정도이고 수원권선동 농수산물 시장에서는 30여톤이 매일 생산되고있다. 이는 채소, 주로 무,배추,가 생산지에서 일차적 가공작업이 없이 바로 대도시지역으로 수송

되기 때문에 농산물도매시장에서 채소다듬기작업이 행해지기 때문이다. 채소쓰레기중에서 약 70%를 무, 배추쓰레기가 차지한다고 보고되었다(Anonymous, 1992). 서울가락동농수산물 시장에서는 1992년도 기준으로 채소쓰레기의 수거, 운반 매립처리비용으로 톤당 15,000원 지불하고 있으며 쓰레기처리 비용으로 연간 약 20억 원을 지불하였다고한다. 이러한 채소쓰레기의 매립처리는 비료나 사료로서의 재생가능한 자원

* 농업기계화연구소

의 낭비일 뿐만아니라 환경공해에도 일익을 담당하리라 사료된다.

일반적으로 배추쓰레기도 다른 채소쓰레기와 마찬가지로 함유율이 90% 이상이다. 고함수율의 바이오매스는 파일(pile)을 이루는 상태에서 혐기성발효과정을 거치므로 자연분해되는 시간이 상당히 소요된다. 이는 혐기성발효 초기에 lactic acid 발효가 급속하게 진행되어 pH를 저하시켜 다른 분해미생물의 활동을 정지시켜버리기 때문이다(Kim, 1989). 이것은 엔사일지 생산과 같은 바이오매스의 보존적 측면에서는 바람직스러운 현상이겠지만 환경적 측면에서는 공해유발의 요인이 될 수 있을것이다. 따라서 채소쓰레기의 처리에 있어서 탈수작업은 재활용과정에서와 마찬가지로 환경오염 최소화 측면에서도 필수적 작업이라 할 것이다. 여기서 탈수작업은 축산분뇨의 고액분리작업에 사용되는 엑스펠라를 이용하면 상당한 양의 수분을 제거할수 있으리라 사료된다.

Figure 1은 채소쓰레기의 처리과정을 도식적으로 나타내었다.

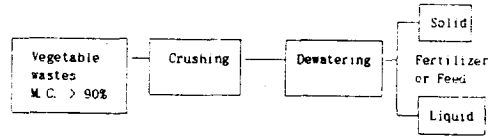


Fig 1. Schematic diagram of vegetable wastes treatment process

본 연구의 목적은 채소쓰레기의 압착탈수 특성을 규명하고 탈수처리를 위한 엑스펠라 설계시 중요한 요소라 여겨지는 압력 및 적재량과 탈수율과의 관계를 규명하고자 하는 데 있다.

2. 재료 및 방법

가. 실험장치

압력 및 적재량과 탈수율과의 관계를 규명하고자 Instron-1000 압축시험기와 2 세트의 피스톤-실린더를 제작하여 사용하였다. Figure 2는 전체적 탈수시험장치를 나타낸 것이며 탈수시험 장치의 사양은 Table 1에 표시되어 있다.

Table 1. Specification of the experimental apparatus

Item	Specification	Remark
Instron-1000	force range : 0~4.9KN crosshead speed : 10-500mm/min.	Plotter attached
Piston-cylinder-1 cylinder	diameter : 1.5cm length : 23.3cm	
piston	section area : 1.767cm ² maximum pressure : 27.73MPa	
Piston-cylinder-2 cylinder	diameter : 2.845cm length : 27.8cm	
piston	section area : 6.357cm ² maximum pressure : 7.7MPa	

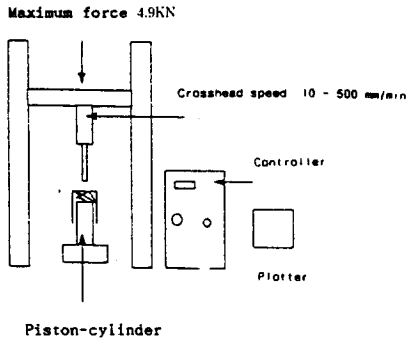


Fig 2. Schematic diagram of the compression and dewatering test set-up

나. 실험설계

채소쓰레기의 압축특성을 규명하고자 3 수준의 압력 및 3 수준의 적재량을 정하여 3반복 실험을 하였다. Table 2는 각 실험요인과 수준에 관한 사항을 나타낸다.

다. 시험방법

본 연구에서 사용된 채소는 배추로서 수확한 후 2~3 일이 경과하였으며 0.5×0.5cm로 절단하여 사용하였다. 사용 배추의 함유율은 오븐건조 방법으로 습량기준으로 94%로 나타났다. 절단배추는 미리 정해진 무게만큼씩 피스톤-실린더에 적재된 다음 Instron-1000 압축시험기로 탈수시험을 하였다. 압축시험기의 crosshead 속

도는 전 시험구간에 걸쳐 10mm/min.로 고정시켰으며 압력은 60초 동안 지속시켰다. 따라서, crosshead가 내려오면서 피스톤-실린더내에 형성된 압력에 의해 수분이 실린더 내벽을 타고 또는 피스톤 상단면의 구멍을 통해 탈수작업이 수행되었다. 압력은 힘으로 표시된 수치를 피스톤 단면적으로 나누어 구하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 배추의 탈수특성

Table 3은 탈수시험 데이터를 보여준다. 압력은 크로스헤드가 피스톤-실린더를 누르면서 표시된 힘을 피스톤의 면적으로 나눈 값이며 초기 부피(initial volume)는 시험작동전 피스톤-실린더에서 시료량의 부피를 측정된 값이고 최종 부피는 탈수작업을 완료한 후 압착배추의 두께를 측정하여 계산한 수치이다. 탈수량(amount of dewater, Dew)은 초기무게와 최종무게와의 차이를 탈수량으로 산정했다. 탈수율은 탈수량 대비 초기적재량과의 비로 규정하였다. Table 3을 살펴보면 최고탈수율은 52%로서 압력 27.73 MPa에서 최저탈수율은 26%로서 7.7MPa에서 각각 발생되었다. 탈수된 배추액은 저압에서는 비교적 맑은액이었으며 고압으로 갈수록 혼탁하여 배추의 cell wall이라고 사료되는 고형물이 약 3% 정도 포함되어 있었다.

Table 2. Experimental variables and their levels

Variables	Levels	No.of levels
For piston-cylinder-1(section area=1.767cm ²)		
Pressure	27.73, 16.64, 8.31 MPa	3
Packed amount	2.16, 4.31, 6.46Grams	3
For piston-cylinder-2(section area=6.357cm ²)		
Pressure	7.7 MPa	1
Packed amount	13.69, 27.43, 41.11Grams	3

Table 3. Compression data at different force levels and different sample amount (average of three replications)

Initial wt.* (g)	Final wt.* (g)	Travel dist.* (mm)	Initial vol.* (cm ³)	Final vol.* (cm ³)	Initial den. (g/cm ³)	Final den. (g/cm ³)	Dew* (g)	Dew/MPa (g/MPa)	Dew/I.W. (g/g)
Cylinder area = 1.767cm ²									
P = 27.73MPa									
2.16	1.25	7.8	2.44	1.06	0.88	1.19	0.9	0.033	0.418
4.32	2.34	14.47	4.41	1.85	1.01	1.29	1.97	0.071	0.457
6.46	3.09	24.3	6.7	2.4	0.97	1.28	3.38	0.121	0.522
P = 16.64MPa									
2.16	1.06	6.17	1.91	0.82	1.15	1.34	1.09	0.065	0.506
4.31	2.63	15.07	4.76	2.09	0.93	1.26	1.69	0.101	0.390
6.64	2.63	20.4	6.41	2.81	1.04	1.27	3.08	0.185	0.463
P = 8.31MPa									
2.16	1.53	7.03	2.37	1.13	0.92	1.36	0.62	0.075	0.289
4.31	2.77	13.37	4.54	2.18	0.95	1.28	1.55	0.186	0.358
6.46	4.41	14.07	6.29	3.8	1.03	1.16	2.06	0.247	0.318
Cylinder area = 6.457cm ²									
P = 7.7MPa									
13.69	9.9	13.67	18.55	9.86	0.74	1	3.8	0.493	0.277
27.43	20.3	25.53	36.61	20.37	0.75	7.13	0.926	0.259	
41.11	29.48	27.77	46.81	29.16	0.89	1.01	11.63	1.510	0.283

1. * are measured values, others are calculated.

나. 요인분석

탈수율에 미치는 두가지 요인, 압력과 적재량,의 유의성 검정을 위해 SAS GLM(General Li-

near Model) Procedure에 의해 통계분석을 하였다. Table 4는 종속변수를 탈수율로 하고 독립변수를 적재량 및 압력으로 두어 GLM 분석방

Table 4. Statistical analysis of dewatering rate model, $(rDew)_i = (Pre)_i + (IW)_j + E$

Dependent Variables : rDew					
Source	DF	S.S.	M.S.	F value	Pr>F
Model	7	827.37	118.19	3.58	0.1176
Error	4	132.06	33.01		
Corrected Total	11	959.43			
	R-Square	C.V.	Root MSE	Dew Mean	
	0.862	15.20	5.745	37.78	

범으로 적재량과 압력이 탈수율에 미치는 영향을 조사하였다. 통계분석 모델은 다음과 같다.

$$(rDew)_i = (Pre)_i + (IW)_j + E$$

여기서, $rDew$ =탈수율, $(Pre)_i$ =압력수준,

$(IW)_j$ =적재량수준 E=실험오차 통계분석 모델 $(rDew)_i = (Pre)_i + (IW)_j + E$ 은 F값 3.58로 11% 수준에서 유의성을 보였으며 이 때 R^2 의 값은 0.862로 나타났다. 각 요인수준 사이에서의 평균탈수율의 유의성 검정을 위해 Duncan 다중검정을 하였으며 그 결과는 Table 5 와 6에 나타나 있다.

Table 5. Comparison of means of dewatering rate in the different pressure by Duncan's multiple test (Alpha=0.05, df=4, MSE=33.01)

Pressure	27.73	16.64	8.31	7.7
Means of rDew	46.67	44.93	32.10	27.32
Duncan Grouping	AAAAA	BBBBB	CCCCC	DDDD

* Means with the same letter are not significantly different

Table 6. Comparison of means of dewatering rate in the initial weight by Duncan's multiple test (Alpha=0.05, df=4, MSE=33.01)

IW	2.16	4.31	6.46	13.69	27.73	41.11
Means of rDew	40.74	40.19	42.93	27.68	25.99	28.69
Duncan Grouping	AAAAA	BBBBB	CCCCC	DDDD	EEEEE	FFFFFFF

* Means with the same letter are not significantly different

다. 압력효과

탈수율에 미치는 요인중에서 압력효과는 Duncan의 다중시험결과(Table 5)와 Figure 3에서 보는 바와 같이 유의성 있는 차이가 있었다. Fi-

gure 3에서 탈수율에 미치는 압력의 영향은 20 MPa이하에서는 탈수율의 증가가 뚜렷이 나타났지만 20 Mpa 이상에서는 탈수율에 미치는 압력효과는 비례하지 않았다. 시험압력범위내에서 압력과 탈수율과의 관계는 다음과 같은 수학적 모델로 표시될수 있었다: $Y = 14.69 \cdot \log(X)$, $R^2 = 0.989$. 이것은 탈수과정에서 이루어지는 cell wall을 통한 유체의 이동이 압력에 비례하지 않으며, 즉 Darcy의 법칙에 따르지 않으며 따라서 비뉴턴유체라는 것을 의미한다고 할수있다. 사실 탈수된 액체에는 약 3% 가량의 고형물질이 포함되어 있었고 압력이 높을 수록 더 많은 고형물이 함유되어 있는 것을 관찰할수 있었다. 이러한 현상을 보전대 채소의 탈수처리에는 20Mpa 이하에서 압착탈수처리하는것이 바람직스럽고 또 탈수액의 2차처리가 요구된다.

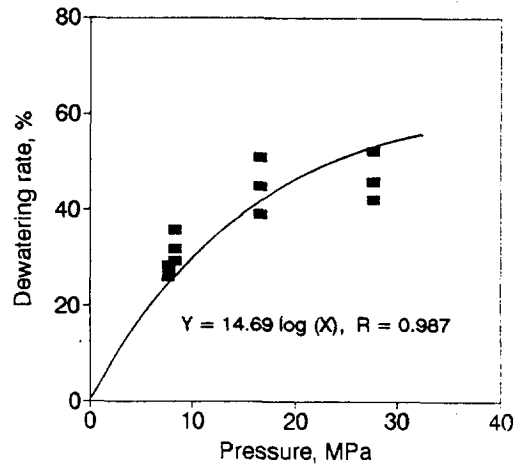


Figure 3. Dewatering rates of chinese cabbage in the different pressure

라. 적재량효과

탈수율에 미치는 적재량효과는 Table 6와 Figure 4에서 나타난바와 같이 적재량 수준간에는 어떤 유의성을 발견하지 못하였다. 이것은 압력 지속시간 60초가 충분하였다는 것을 의미하며 압력지속시간 60초 이내에 탈수가 가능한 탈수가 충분히 이루어졌다는 것을 의미한다고 할수 있다.

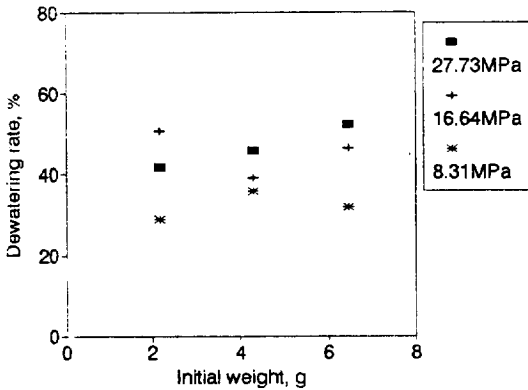


Figure 4. Dewatering rates of Chinese cabbage in the different initial weight

4. 결론

본 연구에서 채소쓰레기의 압착탈수 특성을 규명하고 탈수처리장치를 개발하기 위하여 인스트론 압축시험기와 피스톤-실린더를 사용하여 배추의 압착탈수시험이 행해졌다. 압력과 적재량을 압착탈수에 미치는 요인으로 가정하여 요인시험을 하였다. 시험 및 요인통계분석결과에 의하면 시험조건내에서 압력은 탈수율에 유의성 있는 영향을 미치지만 적재량은 탈수율과 무관하다는 것이 발견되었다. 배추의 탈수율은 압력 20 MPa 이하에서는 급격한 증가를 보였지만 20 MPa 이상에서의 탈수율 증가는 뚜렷하지 못했다. 시험압력범위내에서 탈수율과 압력과의 관계는 $Y=14.69 \cdot \log(X)$ ($R^2=0.989$)라는 수학적 모델로 표시될 수 있었다. 탈수액에는 약 3%의 배추고형물이 포함되어 있었고 압력이 높을수록 탈수액의 혼탁정도가 심했다. 채소쓰레기 탈수액의 정화처리방법만 강구된다면 환경오염과 자원의 재활용 측면에서 매립처리 대신 압착처리

방법이 보다 바람직스러울 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Esaki, H., T. Satake, K. Guo and M. Yashiro. 1985. Research on the pelletization of biomass (Part 1). J. Japanese Society of Agricultural Machinery. 47(3) : 279-284
2. Esaki, H., T. Satake and K. Guo. 1986. Research on the pelletization of biomass (Part 2). J. Japanese Society of Agricultural Machinery. 48(1) : 83-90
3. Faborode, M.O. and J.R. O'Callaghan. 1986. Theoretical analysis of the compression of fibrous agricultural materials. J. agric Engng Res. 35 : 175-191
4. Kim, Y.J., C.R. Engler, C.G. Coble and R.P. Egg. 1988. Clostridial fermentation of high energy sorghum. ASAE Paper No. 88-6005, St. Joseph, MI.
5. O'Dogherty, M.J. and J.A. Wheeler. 1984. Compression of straw to high densities in closed cylindrical dies. J. agric. Engng Res. 29 : 61-72
6. Anonymous. 1992. 가락시장 25시. 상업농경영. 12 : 182-183

Fig 3. Dewatering rates of Chinese cabbage in the different pressure

Fig 4. Dewatering rates of Chinese cabbage in the different initial weight