채소류 폐기물의 감용장치 개발

Development of Mechanism for Volume Reduction of Vegetable Waste

김상헌* 신범수* 박청용* 남상일**
정회원 정회원 정회원
S.H.Kim B.S.Shin C.Y.Park S.I.Nam

1. 서론

농수산물 시장 또는 중간 집하장에서 발생되는 채소류 폐기물의 경우 대부분 매립에 의해 처리된다. 기존의 처리방식에서 문제점은 폐기물의 부피가 커서 매립장으로의 수송비용이 과다할 뿐 아니라 매립시 빠른 부숙처리가 어려운 점을 들 수 있다. 근래에 들어 매립지의 부족 등 환경문제가 커다란 사회 문제로 제기되고 있는 시점에서 이와같은 방식의 채소류 폐기물 처리는 지양되어야 하며, 단순 매립처리를 한다 해도 채소류 폐기물의 부피를 줄여야할 필요가 있다. 또한 채소류 폐기물은 다량의 섬유질을 포함하고 있으므로 가축의 사료자원으로 재생할 수 있다는 가능성을 갖고 있는데, 사료화를 위해서는 채소류 폐기물을 사일리지화 또는 건조하여 건조사료화하는 방법이 적용될 수 있는 바 이 과정에서도 사료화를 효율적으로 하기 위하여 세척된 채소류 폐기물의 파쇄과정이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 선별·세척된 채소류 폐기물을 수송 및 탈수, 건조에 용이한 형태로 조제 감용하기 위한 감용장치를 개발하는데 그 목표를 두었다.

2. 감용장치의 설계

감용장치는 회전속도가 다른 직선날 형태를 갖는 두 개의 롤을 반대방향으로 회전시켜 그 사이로 재료를 통과시키게 되면 파쇄작용에 의하여 재료의 표면적이 넓어지고 동시에 수분추출이 용이한 형태로 만들 수 있다는 원리(Krutz, 1968)를 이용하여 설계되었다.

두 개의 롤 사이로 재료가 원활하게 투입될 수 있는 유입성능을 조사한 후 롤의 형상 및 크기, 작동조건 등을 결정하여 감용장치를 설계·제작하였다. 채소류 폐기물의 감용과 동시에 파쇄작업을 행하는 장치는 폐기물의 유입 및 압착을 위한 파쇄장치와 직선날형상의 롤로 구성된 메서레이팅장치로 구성되며 두부분이 일체화되어 투입된 폐기물의 파쇄 및 감용작업을 행하게 하였다.

가. 유입 및 압착 파쇄장치

투입되는 폐기물의 크기는 상당히 다양하여 배춧잎 등은 메서레이팅장치로의 유입이 원활하나 배추뿌리, 무 등 재료의 직경이 30㎜이상인 경우에는 메서레이팅장치에 유

* 강원대학교 농업생명과학대학 농업기계공학과
** 동양물산(주) 중앙연구소

입이 어렵다. 따라서 일정한 크기 이상의 재료를 파쇄하는 장치를 개발하였다. 그림 1과 같이 직경 200mm의 강철 실린더에 15 X 15mm의 철재 바를 부착한 두롤(A 와 C)을 기어로 연결하여 서로 반대방향으로 회전시키되 롤 C의 축은 벽면에 고정하고 롤 A의 축은 기어 B의 축에 철재 바와 베어링으로 연결하여 스프링의 장력에 의해 롤 A와 C가 밀착되는 구조를 갖는다. 따라서 롤 A 와 C 사이에 유입된 폐기물의 크기가 클 경우에는 롤 A에 장착된 스프링이 작동하여 롤 A가 뒤로 밀려나서 롤 A 와 C사이가 벌어지며 재료는 압착되고 롤에 부착된 철재 바가 회전하여 재료를 유입하는 동시에 파쇄 한다. 동력원으로는 1마력의 기어부착 모터를 사용하여 저속으로 동력을 공급했다.

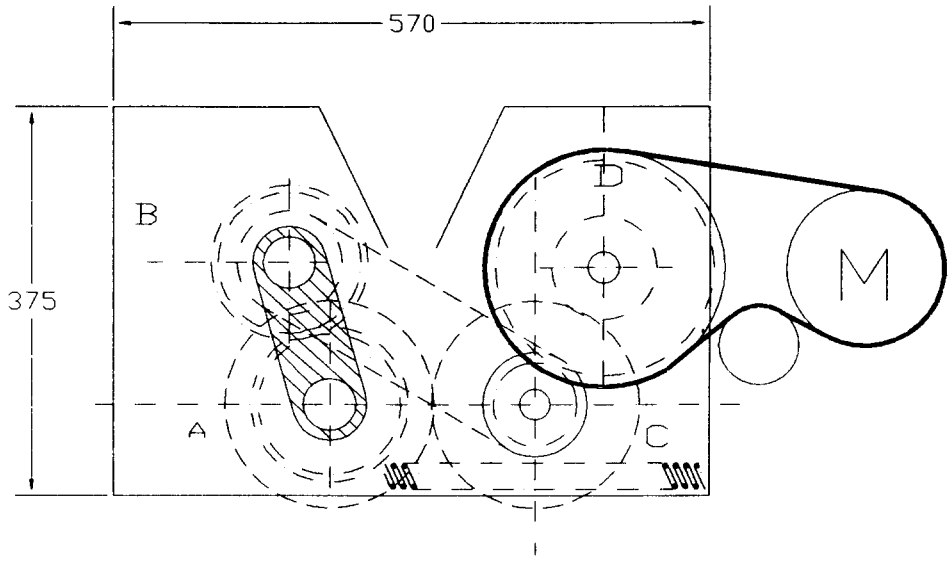

Fig. 1. Side view of the device for inlet and impacting,

나. 메써레이팅 장치

작은 동력으로 연속적인 파쇄작업이 가능한 메서레이팅 방법은 롤표면에 직선날을 가한 두 롤사이의 간격을 0.3mm로 유지하고 두 롤의 회전속도를 달리하여 두 롤 사이에 유입된 폐기물이 비벼지며 파쇄 되는 방식이다. 본 연구에서 개발된 장치는 파쇄효율을 높이기 위해 그림 2에서와 같이 재료가 두 롤사이를 4번 통과할 수 있는 구조로 되어있다. 설계된 장치에는 직경 204mm의 롤과 4개의 직경 150mm의 롤이 옆판에 경사지게 설치되었으며 재료가 통과하는 위쪽에 2개의 150mm롤과 아래쪽에 1개의 204mm롤 및 2개의 150mm롤을 배치했다. 롤간의 간격을 유지하기 위해 각 롤의 축은 120mmX140mm 철판에 베어링으로 고정한 후 옆판에 설치된 간격조정 볼트로 철판의 위치를 조정하여 롤간의 미소한 간격을 유지한 후 4개의 볼트로 120mm X140mm 철판을 옆판에 고정하였다. 204mm롤과 150mm 롤간의 간격은 직경 30mm크기의 무 등의 유입이 가능한 10mm였으며, 150mm롤간의 간격은 0.3mm이었다.

인접한 롤간의 회전방향을 서로 반대로 하기 위해 V벨트를 그림 2와 같이 연결하였

으며 2개의 아이들풀리가 사용되었다. 동력원은 3마력 삼상모터였으며 두롤표면간의 선속도비는 1.7:1을 유지하도록 풀리를 선정하였다.

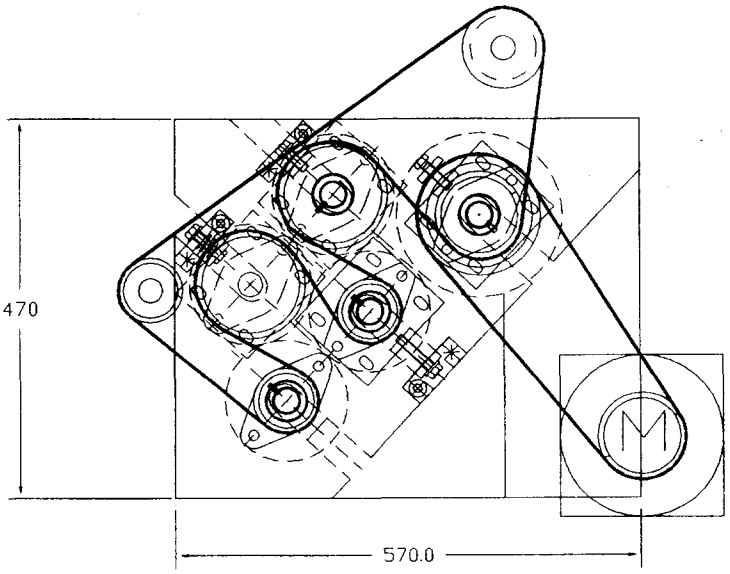

Fig. 2. Roll arrangement and power transmission for macerator.

3. 재료 및 방법

설계된 감용기의 성능을 측정하고 최적 작업조건을 구하기 위하여 춘천지역의 채소류 집하장의 폐기물을 폐기당일 수집하여 실험재료로서 사용하였다. 감용기의 성능을 나타내는 지표로써 파쇄 횟수에 따른 채소류 폐기물의 체적감소율, 건조속도 및 수분추출량을 측정하였으며, 작동조건으로는 기준 롤의 회전속도를 600rpm, 1000rpm, 1400rpm으로 변화시키며 건조속도를 측정 비교하였다.

파쇄 횟수는 설계된 감용기가 구조상 재료가 유입되어 배출되기까지 세 쌍의 롤 사이를 통과하게 되므로 1회 통과하는 처리는 최초의 롤 만을 간격이 0.3mm 로 유지시키고 나머지는 두 쌍은 각각 10mm 이상으로 간격을 조절하여 파쇄효과가 나타나지 않도록 하는 방식으로 설정하였다. 재료가 3회 통과하는 경우는 세 쌍의 롤 모두 0.3mm의 간격을 유지하도록 하였다. 각 처리마다 시료를 채취하여 체적 감소율, 건조속도 및 수분 추출량을 측정하였다.

체적감소율은 감용기에의해 처리되기 전후의 산물밀도로서 나타내었는데, 투입하기 전 재료의 산물밀도는 ASAE Standard(S269.4)에 따라 측정장치를 제작하여 구하였으며 처리후의 재료의 산물밀도는 매스실린더를 이용하여 구하였다.

건조속도는 항온항습기(한백과학사)와 드라이 오븐(국제과학사)을 이용하여 측정하였는데, 대기중에서 자연상태의 건조를 가상하여 항온항습기의 온도를 30℃, 상대습도를 40%로 설정하였다. 또한 드라이 오븐의 경우는 건조기를 사용하여 건조하는 경우를 가상하여 온도를 60℃ 와 110℃로 설정하여 건조속도를 비교하였다.

파쇄된 폐기물을 김(1995)등이 개발한 타이어롤 프레스에서 수분을 추출한 후 함수율을 측정하여 수분 추출정도를 나타내었다.

4. 결과 및 고찰

채소류 폐기물이 감용기를 통과한 후의 재료의 형상은 원형이 완전하게 파쇄 되어 손으로 압착하여도 수분이 다량 추출될 정도이었다. 3마력이 장착된 메서레이팅장치를 작동하였을 때 시간당 약 2 톤의 작업능률을 보여 하루 20 톤의 폐기물을 파쇄 감용 할 수 있었다.

가. 체적 감소율 및 수분 추출

표 1은 감용기에서 폐기물이 파쇄된 횟수에 따라 폐기물의 체적 감소율을 표시한 것으로 파쇄횟수에 따른 차이는 보이지 않았으며 평균적으로 파쇄후 체적이 1/6 정도로 줄었다. 타이어롤 프레스로 압착하여 수분을 추출하고 난 후에는 1/10정도로 체적이 크게 감소하였다. 폐기물을 단순매립할 때 주로 부피를 기준으로 수송비를 산출함으로 본 감용기를 적용할 경우 수송비를 획기적으로 절감할 수 있다. 파쇄횟수는 체적감소율에 영향을 미치지 않으므로 단순한 체적감소만이 목적일 경우에는 파쇄 롤의 수를 줄일 수 있음을 알 수 있었다.

표 2는 감용기의 파쇄 횟수에 따라 감용처리만 한 경우 및 감용처리후 타이어 롤 프레스에 의한 수분추출후의 재료의 함수율을 나타낸 것으로, 감용처리만을 한 경우에는 파쇄 횟수에 따른 함수율의 차이가 없었으나, 4.9kg/cm^{2}의 압력이 가해진 타이어롤 프레스로 탈수한 후의 함수율은 파쇄횟수에 따라 차이를 보여 3회 파쇄의 경우 함수율이 85.1%(w.b.)정도로 낮아졌다. 또한 파쇄과정에서 수분의 추출은 거의 발생되지 않았다.

Table 1. Volume reduction rate on the number of maceration(%)

	One time	Two times	Three times
Maceration only	17.4	19.3	17.5
Pressed	10.3	11.3	10.2

Table 2. Moisture content on the number of maceration(%w.b.)

	One time	Two times	Three times
Control	94.6	94.7	94.0
Macerated	94.2	94.2	93.5
Pressed	88.0	87.1	85.1

나. 건조속도

먼저 매써레이팅 기준롤의 회전속도가 파쇄된 폐기물의 건조속도에 미치는 영향을 규명하였는데 기준롤의 회전속도는 건조속도에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

폐기물의 파쇄 횟수에 따른 건조속도는 그림 3에서 보는 바와 같이, 전혀 파쇄하지

않은 채소류 폐기물 원형인 무처리구에 비교하여 나타내었다. 3회 파쇄한 경우가 1회 파쇄한 경우보다 빠른 건조속도를 보였다.

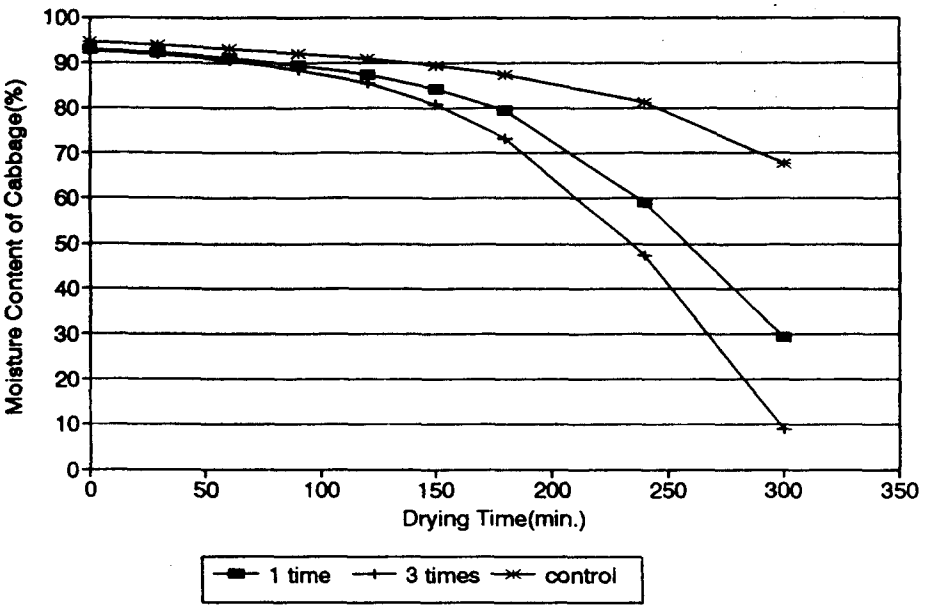

Fig. 3 Drying rate of reduced waste on the number of maceration (in temperature and moisture controlled chamber).

한편, 처리 및 파쇄횟수의 효과를 비교하기 위해 일정시간 경과후 채소류 폐기물의 함수율의 감소율을 측정하였다. 건조실내의 위치에 따라 건조상태가 달라질 수 있으므로 실험과정에서 각 처리 시료가 위치한곳에 파쇄 하지 않은 시료인 무처리구를 함께 건조하여 함수율 감소율의 기준을 삼았다. 이 때, 배추의 부위별로 파쇄횟수 및 처리에 따른 건조속도를 무처리구에 대비하여 표 3에 나타내었다. 전체적으로 감용 및 수분추출후의 건조속도는 빨라졌으며, 파쇄횟수가 많아짐에 따라 건조속도가 현격하게 증가함을 알 수 있었다. 특히, 잎부분의 건조속도가 현저하게 증가하였는데 드라이오븐에서 건조하였을 때는 건조개시 30분 경과후 감용 탈수된 잎부분은 거의 건물량에 가까워 졌다. 실제적인 상황에 가까운 잎과 줄기가 혼합된 폐기물을 감용 처리한 경우에도 건조개시 30분 경과후 무처리와 비교할 때 함수율의 감소량이 4 ~ 7.7배로 증가했으며 수분추출후에는 20 ~ 50배로 증가했다. 다만, 110℃로 설정된 고온건조에서는 감용처리 및 수분추출한 채소류 폐기물의 건조속도는 증가하였으나 파쇄횟수에 따른 효과는 무처리구에 대한 비로 표시할 때 크게 나타나지 않았다. 고온 및 저온의 건조과정에서 감용 파쇄된 채소류 폐기물의 건조속도는 크게 증가하여 건조비용의 감소를 기할 수 있으며 특히 저온건조시 파쇄횟수를 증가할수록 건조속도가 높아져서 사료화를 위한 파쇄의 경우 기존의 설계조건인 3회 파쇄방법이 적합한 것으로 판단되었다.

Table 3. Increasing rate of drying rate for reduced waste on the number of maceration

		Temperature & Moisture Controlled chamber (T=30℃, R.H.=40%)			Drying Oven (T = 110℃)		
		One time	Two times	Three times	One time	Two times	Three times
Stem	Macerator	5.58	6.38	13.80	3.28	3.28	2.39
	+ Press	22.71	31.66	72.17	7.98	4.13	4.48
Stem & Leaves	Macerator	4.35	5.86	7.67	2.21	3.25	0.64
	+ Press	19.68	43.45	48.74	6.08	8.45	3.13
Leaves	Macerator	1.30	3.08	3.81	1.08	3.17	1.84
	+ Press	11.06	12.00	15.74	2.62	4.09	2.68

5. 요약 및 결론

채소류 폐기물의 감용 및 사료화를 위하여 폐기물을 파쇄처리할 수 있는 감용장치를 개발하였다. 주요 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 감용장치를 통과한 채소류 폐기물은 파쇄횟수에 관계없이 1/6로 감용되었으며, 타이어 롤 프레스를 이용하여 수분을 추출할 경우에는 1/10까지 감용시킬 수 있었다.

2) 파쇄횟수에 따른 감용효과의 차이는 거의 발견되지 않았으나, 감용후 타이어롤 프레스를 이용하여 수분 추출을 하는 경우에는 파쇄횟수가 많을수록 조제된 채소류 폐기물의 함수율이 낮아졌다.

3) 파쇄횟수가 많을수록 조제된 채소류 폐기물의 건조속도는 빨라졌다.

따라서, 본 연구에서 개발된 감용장치는 단순 매립처리를 위한 경우에 현격하게 채소류 폐기물을 감용시킬 수 있었을 뿐 아니라 사료화를 위하여 건조를 하는 경우에도 파쇄횟수를 늘림으로써 건조비용을 현저하게 낮출 수 있는 것으로 판단되었다.

6. 참고문헌

1. 김상헌 등. 1995. 채소류 폐기물의 처리 시스템 개발. 제1차년도 중간보고서. 농수산부

2. Krutz, P.J. and W.K.Bilanski. 1968. Mechanically treating hay for moisture removal. Can. Agr. Engr. 10:60