

제2차 년도  
최종보고서

# 채소류 폐기물의 처리 시스템 개발

## Development of Mechanical Treatment System for Vegetable Waste

1996. 11

연구기관  
강원대학교

농림부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “채소류 폐기물의 처리시스템 개발에 관한 연구”  
과제의 최종 보고서로 제출합니다.

1996. 11. .

주관연구기관명 : 강원대학교

총괄연구책임자 : 김 상 헌

연 구 원 : 신 범 수

연 구 원 : 성 경 일

연 구 원 : 남 상 일

연 구 원 : 김 회 길

연 구 원 : 김 상 래

# 요 약 문

## 1. 제 목

채소류 폐기물의 처리 시스템 개발

## 2. 연구개발의 목적 및 중요성

채소류 폐기물의 처리는 대부분 매립에 의존한다. 이러한 방식의 폐기물 처리는 폐기물 생산지와 매립지 사이의 수송을 필요로 하나, 채소류의 경우는 그 중량에 비해 체적이 지나치게 크기 때문에 수송비의 부담이 매우 크다. 가락동 농수산물시장의 경우 일년간 쓰레기 발생량이 19만 톤에 이르고 폐기에 소요되는 비용이 40억원에 이르고 있다. 또한 강원도의 대단위 고냉지 배추생산지의 경우 생산 출하되지 못하고 폐기되는 채소류의 처리문제가 심각하며 그에 따른 자원낭비뿐만 아니라 후작에도 영향을 미쳐 농가소득에 막대한 지장을 주고 있다.

채소류 폐기물을 처리하기 위해서는 우선 그 체적을 줄이고 중량을 감소시킬 수 있는 장치의 필요성이 제기되어 왔으나, 대량의 채소류 폐기물을 경제적으로 처리할 수 있는 장치가 없는 실정이다. 채소류 폐기물중 가장 체적이 크고, 또한 양이 많은 것은 배추와 무우 등의 폐기물이다. 이런 폐기물은 농산물 집하장, 공판장 및 김치공장 등에서 대규모로 발생하고 있으나, 현재 처리방법은 단순 수거에 이어 매립지로의 수송이다. 따라서 폐기물 발생 현장에서 감용처리와 동시에 수분을 추출하여 사료화하는 경제성 있는 폐기물처리 시스템 개발이 필요한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 채소류 폐기물을 감량화와 동시에 건조 또는 사일리지 과정을 거쳐 사료화하여 매립 등에 의한 환경오염 방지 및 자

원 재활용을 가능케하는 기계 및 일관 작업 시스템을 개발하는데 있다.

구체적으로 시스템을 구성하기 위해 개발된 장치 및 실험내용은 다음과 같다.

- 1) 폐기물의 세척을 위한 수조세척장치
- 2) 폐기물을 수송 및 건조에 용이한 형태로 처리하는 감용화 장치
- 3) 즙액추출을 위한 수분추출장치
- 4) 사료화를 위한 이물질 분리장치
- 5) 건조사료를 위한 건조장치
- 6) 처리된 폐기물의 사료가치측정

### 3. 연구개발 내용 및 범위

개발된 연구개발의 내용 및 범위는 다음과 같다.

#### 가. 수조 세척장치의 개발

채소류 폐기물을 사료화할 경우 폐기물에 부착된 흙 등의 이물질과 폐기물에 혼입된 신문지 및 비닐등이 분리되어야 사료의 품위를 높일 수 있다. 본 세부 과제에서는 흙 등의 이물질을 제거하기 위해 공기방울을 이용한 세척수조를 개발하였다. 투입된 폐기물은 공기방울에 의해 세척과 동시에 출구 방향으로 이송되며 벨트콘베어에 의해 감용장치로 배출된다. 배추폐기물의 이송성능과 세척성능이 측정되었다.

#### 나. 감용장치의 개발

선별 세척된 채소류 폐기물을 탈수 및 건조에 용이한 형태로 조제 감

용하는 장치를 개발하였다. 채소류 폐기물의 처리과정상의 문제점은 부피가 커서 수송비용이 과다하며 매립시 빠른 부속이 어렵다. 또한 폐기물의 사료화를 위해서는 세척된 폐기물의 파쇄과정이 필요하다. 따라서 폐기물의 부피를 최소화하며 동시에 탈수 및 건조성능을 높일 수 있는 파쇄 감용화 장치를 개발하였다.

#### **다. 이물질 분리장치**

채소류 폐기물 중에 포함된 이물질 중 전처리 수조 선별장치에서 분리하기 어려운 신문지, 비닐 등을 분리하여 사료의 품질을 높일 수 있는 이물질 분리장치를 개발하였다. 분리장치는 2단계로 수조 세척전 풍력에 의한 선별과 감용장치 통과후 진동체에 의한 선별이다. 채소류 폐기물은 감용장치를 통과하는 과정에서 적당한 크기로 줄어들지만 신문지, 비닐 등은 형상 및 크기를 일정하게 유지하므로 4절기구로 형성된 진동체 선별장치에 의해 채소류 폐기물을 회수할 수 있는 장치이다.

#### **라. 수분추출장치의 개발**

사료화를 위한 건조 및 사일리지 과정에서 파쇄 및 감용된 폐기물의 수분추출이 요구된다. 개발된 수분추출장치는 수분추출 효율이 높은 스크루타입의 프레스이며 감용장치 밑에 설치되어 배추폐기물의 파쇄 감용과 동시에 수분추출이 이루어질 수 있는 구조이다. 배출된 즙액의 회수 및 즙액이 추출된 고형물을 회수할 수 있는 장치를 부착하였다.

#### **마. 건조장치의 개발**

감용 및 수분이 추출된 폐기물을 건조 사료화하기 위해서는 건조과정

이 필요하다. 기존의 열풍건조방식은 열효율이 낮을 뿐아니라 고온에 의해 폐기물의 영양가치를 저하시키며 또한 재료가 탄화되는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 간접열 건조방식이 채택되어 고품위의 건조사료를 생산할 수 있는 건조기를 개발하기 위해 건조기 전문업체에서 제작된 건조기를 채소류 폐기물 건조에 적합한 건조장치로 개량 개발하였으며 건조기의 적정작동조건 및 경제성을 분석하였다.

#### 마. 사료적 가치 실험

배추 폐기물의 사료적가치를 측정하기 위해 실험실 실험 및 동물실험을 하였다. 배추 폐기물의 사료로서의 특성을 분석하여 사일리지에 의한 사료화방법을 제시하였으며 in situ에 의한 소화율을 측정하였다. 또한 예건 및 첨가제를 처리한 배추폐기물 사일리지의 발효품질과 면양에 의한 섭취량 및 소화율을 측정하였고 대가축을 이용한 생산성 실험에서 한우 및 젖소의 사료 섭취량, 증체량, 산유량 및 유성분을 측정하였다. 채소류 폐기물의 사료로서의 경제성도 분석하였다.

### 4. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

본 연구에서 최종개발된 채소류 폐기물의 사료화를 위한 시스템은 그림 8-1 과 같다.

수거된 채소류 폐기물은 전처리 풍력선별장치①에서 1차 선별후 수조②내에서 세척하여 감용장치③에 투입된다. 감용조제된 폐기물중에 혼입된 신문지 비닐끈 등은 진동 풍력선별장치③에 의해 분리되며 사료화를 위해 수분추출장치④에서 작즙된 채소류 폐기물은 사일리지⑤를 만드는 방법과 건조기⑥을 통과한후 건조사료를 만드는 방법으로 사료화된다.

시스템을 구성하는 각요소 장치의 개발 및 실험결과는 다음과 같다.

## 가. 수조 세척장치

사료의 품위를 높이기 위하여 흙과 같은 이물질을 채소류 폐기물의 표면으로부터 씻어내고 또한 일관작업이 가능하도록 원활한 이송성능을 갖춘 수조세척장치를 개발하였다. 이것의 작동원리는 수중에서 미세한 구멍을 통하여 공기를 분사시킬 때 발생하는 공기방울에 의해 물을 순환시킴으로써 얻어지는 유동력을 이용하여 세척과 동시에 이송이 이루어지게 하는 것이다.

본 장치는 스테인레스 세척수조와 공기방울 발생장치, 배출 컨베이어 등으로 구성되어 있는데, 세척수조의 크기는 폭 600mm, 깊이 600mm, 길이 2500mm 이다. 공기방울 발생장치는 터보 팬과 직경 8mm, 2mm의 공기토출구 11개씩이 설치된 공기토출파이프로 이루어져 있으며, 여기서 첫 번째 공기토출 파이프는 세척수조 선단에 나머지는 적절한 간격을 두고 설치될 수 있도록 하였다. 배출장치는 10개의 V-벨트를 이용하여 길이 1000mm의 컨베이어로서 수평면에 대하여 30° 경사진 상태에서 세척되면서 이송되어 오는 채소류 폐기물을 끌어올릴 수 있도록 하였다.

유리수조를 이용하여 예비실험의 결과를 바탕으로 공기방울에 의한 물의 유동에 대한 이론적 분석을 하여 공기토출구의 직경, 설치 간격 등 적정 작동 조건을 찾을 수 있도록 하였다. 실험 결과 이송성능과 세척성능을 동시에 고려할 때, 공기토출 파이프 조합은 8mm-2mm, 두 공기토출 파이프 사이의 간격은 400mm로 하는 것이 최적인 것으로 판단되었으며 이론적인 분석결과와 일치하였다.

따라서 흙과 같은 이물질의 분리는 가능한 것으로 판단하였으며, 배추 폐기물의 청결도에 따라 두 공기토출 파이프의 설치간격을 조절함으로

써 원하는 이송 및 세척을 할 수 있는 것으로 판단하였다.

## 나. 감용장치

선별 세척된 폐기물을 수송 및 탈수, 건조에 용이한 형태로 조제 감용하는 감용장치를 개발하였다.

개발된 장치는 미국 농무성에서 개발한 목초 단기건조를 위한 조제장치(매서레이팅 장치)를 응용한 것으로(김, 1988) 회전속도가 서로 다른 두개의 직선널 형태의 롤사이에 재료가 통과하여 재료의 표면적이 커지고 동시에 수분추출이 용이한 형태로 조제한다.

재료의 유입성능은 롤의 마찰계수와 관련되며 1차개발된 실험 장치에 사용된 롤의 형상은 150mm 직경의 강철봉 표면에 피치 2mm인 직선널을 한 형상을 선택하고 롤간의 간격은 최소 0.3mm를 유지하였다.

배추뿌리, 무 등 재료의 직경이 30mm이상인 경우에는 매서레이팅장치에 유입이 어렵다. 따라서 일정한 크기 이상의 재료를 파쇄하는 장치를 개발하여 일차 파쇄후 조제장치에의해 감용된다.

감용기를 통과한 후의 폐기물의 형상은 원형이 완전하게 파쇄되어 손으로 압착하여도 수분이 다량 추출될 정도이었다. 3마력이 장착된 매서레이팅장치를 작동하였을 때 2ton/hr의 작업능율을 보여 하루 20톤의 폐기물을 파쇄 감용할 수 있다.

평균적으로 파쇄후 체적이 1/6 정도로 줄었으며 타이어를 프레스로 수분을 추출한 후에는 체적이 1/10정도로 크게 감소하였다.

고온 및 저온의 건조과정에서 감용 파쇄된 채소류 폐기물의 건조속도는 크게 증가하여 건조비용의 감소를 기할 수 있다.

감용기의 막힘현상을 방지하기 위해 투입량이 증가되었을때 롤의 회전속도를 줄여 토크를 향상시키는 장치와 완전히 막혔을 경우에 감용장치



를 역회전시키는 장치를 개발하였다.

최종개발된 감용장치는 구조를 간단화하며 이물질을 선별하는 장치를 부착한 구조이다. 유입성능을 향상시키기 위해 물의 직경을 204mm로 하였으며 파쇄장치는 제거하였다. 개발된 장치를 통과한후의 체적은 82% 감소했으며 밀도는 0.96으로 1차 개발된 감용장치와 비슷한 결과를 보였다.

#### 다. 수분추출장치

채소류 폐기물의 처리방법은 감용처리후 매립장으로 수송하는 방법과 사일리지 혹은 건조과정을 거쳐서 사료화하는 방법이 있다. 수송비의 절감과 사료화과정의 건조비용의 감소를 위해 수분추출장치가 개발되었다.

파쇄된 폐기물을 실험실 수분추출장치로 압착한 결과 전체중량의 78.1%에 해당하는 무게의 수분이 추출되었으며 94.5%(w.b.)인 초기함수율을 기초로 계산된 압착후의 건물량의 함수율은 75%(w.b.)이었다. 폐기물을 항온항습기내에서 일정시간 건조한 결과 감용전의 폐기물은 함수율이 1.5% 포인트 감소하여 92.7%(w.b.)였으나 감용탈수후의 폐기물은 25.7% 포인트 감소한 59.3%(w.b.)로 감소율을 비교할 때 17배의 빠른 건조속도를 보였다.

최종개발된 스크루 프레스는 길이가 500mm, 직경은 150mm이고 스크루 피치는 투입구 쪽이 100mm이며 출구쪽이 70mm이다. 처리능력은 시간당 400kg 이었으며 수분추출후 체적은 초기 체적에 비해 5%정도로 줄었으며 1차 탈수후의 함수율은 82.3%(w.b.) 이었고 2차 탈수후의 경우 71.4%(w.b.)이었다. 따라서 스크루 프레스의 길이를 길게하면 탈수율이 높아진다.

## 라. 이물질 분리장치

채소류 폐기물 중에는 수송을 위해 배추를 포장하는 신문지와 묶는 비닐끈등이 대량으로 포함되어 있어 폐기물을 사료화 하기 위해서는 이러한 이물질의 분리가 필요하다.

이물질을 분리하는 방법에는 대상물질의 종말속도 차이를 이용한 풍력선별방법과 비중과 크기의 차이를 이용한 요동체 선별방법이 있다. 수거된 폐기물을 세척조에 투입하기 전에 폐기물에 포함된 신문지등 가벼운 이물질을 분리하여 처리과정의 량을 줄이며 최종생성물인 사료에 포함될 이물질의 함량을 줄일 수 있는 장치인 풍력선별장치를 개발하였다. 또한 세척후 감용기에 투입되는 재료는 미분리된 신문지와 비닐끈 등이며 비닐끈 등은 그 형상을 유지하므로 요동체의 망을 사용하여 분리가 가능하나 신문지의 경우 잘게 파쇄되어 채소류 폐기물에 혼합되어 배출되므로 요동체만으로 분리가 어렵다. 따라서 세척후 이물질분리를 위해 풍력이 부가된 요동체선별방법이 개발되었다.

개발된 세척조 투입전 선별장치와 감용기 통과후 선별장치의 선별방법에 따라 최종적으로 신문지 및 배추의 분리량을 측정한 결과, 배추 배출량을 적정히 하며 신문지 분리량을 최대화 할 수 있는 선별방법은 분리판의 위치를 38cm로하여 1차 풍력 선별한후 감용기 하단의 선별체에 풍력을 가하는 2차 선별하는 방법이 적정한 것으로 판단되었다. 이때의 신문지분리량은 초기유입량의 83.3%이었으며 배추폐기물은 12.3%정도 배출 되었다.

## 마. 건조장치

탈수된 채소류 폐기물을 사료화하는 방법 중에 하나인 건조사료를 제조하기 위해서는 건조장치가 요구되며, 또한 건조효율이 높

으며 재료의 영양분을 파괴하지 않는 건조장치의 개발이 필요하다. 채소류 폐기물을 기존의 열풍건조방식으로 건조할 경우 열효율이 낮을 뿐 아니라 재료가 탄화되어 재료내부의 건조속도를 떨어뜨리며 동시에 영양분이 파괴되어 사료로서의 가치가 떨어지는 문제점이 있어, 이것을 극복하고 또한 감용장치와 수분추출장치가 연속 공정으로 이루어져야 하므로 연속적으로 건조가 가능한 건조기를 개발하였다. 개발된 건조장치는 회전하는 원통에 재료를 투입하고 스크루에 의해 연속적으로 원통 내에서 반전을 시켜서 재료를 유동하면서 공급된 열량에 의해 건조하는 건조방식이다.

비지를 이용하여 예비 실험을 실시하여 건조기의 적정 작동 조건을 찾았으며, 감용처리한 배추 폐기물에 대해 건조실험을 하였으며 경제성 분석도 실시하였다.

수분추출장치를 1회 통과시켜 함수율이 약 87% 인 배추 폐기물의 경우 kg당 건조비용은 139원이었으며, 수분추출장치를 2회 연속으로 통과시켜 함수율을 약 63%까지 떨어뜨린 후 건조하였을 경우에는 kg당 약 96원의 비용이 드는 것으로 나타났다. 일반 조사료의 kg당 가격과 비교할 때 건조된 배추사료의 건조비용이 다소높은 편이나, 배추 폐기물 처리 비용이 톤당 25,000원인 것을 고려할 때 63% 재료의 1kg당 처리비용이 71원정도이며 10%재료의 경우 208원으로 폐기물처리 비용에 따라 경제성이 높아질 수 있다.

## 바. 사료적 가치

본 연구는 배추 폐기물의 사일리지 제조 기술과 반추가축의 사료로서의 영양가치를 평가하기 위하여 수행되었다. 배추 폐기물은 조단백질함량이나 섬유질함량면에서 우수하여 양질의 조사료원

으로 쓰일 수 있으나, 수분함량이 높아 장기간 저장이 어렵기 때문에 완전 건조로 하든지 또는 사일리지화 할 수 있다. 배추부산물을 사일리지화 할 경우, 예건을 통하여 수분함량을 적어도 70%정도까지로 하는 것이 바람직하다. 건물, 단백질 및 NDF소화율은 고수분 사일리지구보다 예건사일리지구에서 높게 나타났다. 생초의 배추부산물을 사일리지로 조제할 경우는 첨가제를 사용하는 것이 양호한 발효품질의 사료를 얻을 수 있었다.

결론적으로 반추가축사양에 있어서 볏짚중심의 조사료 급여보다는 배추 부산물 사일리지로 대체 급여하는 사양체계가 유리하다고 판단되었다.

# SUMMARY

## 1. Title

Development of mechanical treatment system for vegetable waste

## 2. Objectives of the Research

The vegetable waste has been filled up on the waste collecting field. For the transportation of vegetable waste from one place to the collecting field, the truck is needed. But the transportation cost normally depend on the volume of the vegetable waste, because the bulk density of the vegetable waste is too small. So the big vegetable market has a problem on the cost for the waste treatment. For example, Garakdong vegetable market spent 4 billion won for the waste treatment per year. The vegetable farms have same problem when the vegetable should be trashed in the field because of unbalance on demand and supply.

To treat the vegetable waste, the volume reduction machine is needed. But it is very difficult to treat large amount of vegetable waste with low energy cost. So the vegetable waste treatment system which consumes low energy cost and high capacity should be developed for the treatment of vegetable waste at the place where the waste produced. The mechanically treated vegetable waste can also be used for the animal feed after separation of foreign substances. This system solves the social problem from the vegetable farm and the utilization of agricultural by product.

The objectives of this research are to develop a machine for

volume reduction of vegetable and a system for utilization of vegetable waste to produce the animal feed.

The specific machines and tests for the system are as follows:

- 1) washing equipment for separation of soil from vegetable waste,
- 2) volume-reducing equipment for transportation and drying,
- 3) juice-extracting equipment,
- 4) separation unit,
- 5) drying equipment for dried vegetable waste,
- 6) evaluation of feed value.

### **3. Contents and Scope of the Research**

#### **1) Washing equipment**

For the quality animal feed, the vegetable waste should be cleaned and separated from the soil, newspaper and plastic. The washing bath with air bubble was developed to separate soil from the vegetable waste during washing. The vegetable waste moves to the outlet by the bubble force and a pick-up conveyor takes and supplies the washed vegetable to the next processing machine. The moving and washing capacity was evaluated.

#### **2) Volume-reducing equipment**

The volume-reducing equipment was developed to increase the juice-extracting and drying capacity. To reduce the transportation cost and accelerate the fermentation in a field and produce the vegetable feed, the vegetable waste could be macerated. So the maceration

method was used to develop the volume-reducing machine which can minimize the volume of vegetable waste and maximize the drying and juice extracting capacity.

### **3) Juice-extracting equipment**

To reduce the drying cost and make a silage, the juice has to be extracted by mechanical method. The developed juice-extracting machine is screw type press which locate under the volume-reducing machine. The extracted juice and vegetable are collected at separated boxes.

### **4) Separation unit**

The separation unit was developed to remove the newspaper and vinyl from the vegetable waste for the quality feed. Two steps were used for the separation. First one was a separation by wind at the very first process and second one was a vibrating sieve separation under the volume-reducing machine. The sieve vibrating by four-bar linkage can separate the newspaper and the vinyl which have larger volume than that of the macerated vegetable.

### **5) Vegetable Dryer**

The dryer for the vegetable waste was designed and constructed to produce the dried feed. An existing dryer has problems of low energy efficiency and also produce hard surface which reduces drying rate and nutrition value. The indirect heat source was used for the

developed dryer which was modified from the commercial one. The optimum operation conditions and operating cost were analyzed.

## **6) Evaluation of Feed Value**

The feed value of vegetable waste was analyzed at lab and animal feed test. The characteristics of vegetable waste as an animal feed were analyzed and silage method was suggested. Digestibility of vegetable silage is evaluated in a stomach of ruminant cow with nylon bag. The quality of silage was tested and intake capacity and digestibility of sheep with silage was evaluated. The milk cow was also used for the evaluation of intake, weight gain, milk production, and milk quality by using silage of the vegetable waste. The cost of silage was also evaluated.

## **4. Research Results and Recommendations**

The mechanical treatment system for vegetable waste (Fig. 8-1) was developed for recycling of vegetable waste as an animal feed. The foreign material in vegetable waste was separated at wind separation unit①, and the separated vegetable waste was washed in washing water bath②. The separated and cleaned vegetable waste put in the volume-reducing machine③ and secondary separation process was conducted on a vibrating sieve③. After the juice was extracted by juice-extracting machine④, the extracted vegetable waste became the silage in a bag⑤ or the dried animal feed by the dryer⑥.



## **1) Washing equipment**

For the high quality of cow-feeds from the vegetable waste, first of all, the dirties like soil must be removed before starting the process. A washing equipment was, therefore, developed. In addition to the function of washing, the washing system should have the capability of moving the washed waste through the system for the on-line operation. The principle of the operation is that the water movement induced by the air bubble generated when the air is jetted through the orifice in deep water. The washing system developed in this project consists of the washing-bath, the air-bubble generator, turbo fan and the v-belt conveyor.

Based on the preliminary experiment in the glass water bath, the mathematical model for air-water flow has been developed. By the theoretical analysis, it was possible to obtain the optimum working conditions such as the diameter of holes and distance between air-pipes. The theoretical analysis and the experimental results showed that the good performance of washing as well as moving the waste could be obtained at the combination of 8mm-2mm air-pipes and 400mm of the distance between two. In addition, the distance between two air-pipes could be determined according to the dirties on the vegetable waste for the maximum performance of washing and moving.

## **2) Volume-reducing equipment**

The crushing and macerating machine was developed for the volume reduction and the improvement of juice extracting capacity. The

basic mechanism was developed by the USDA forage lab for the forage harvesting system which can dry forages in a day(Kim, 1988). Two knurled surface rolls are rotated opposite direction each other with small clearance and the vegetable waste is supplied between two rolls. The macerated material has a shape of wide surface and ready to juice extraction.

The inlet capacity is important for the macerating machine. The first developed machine had a roll of 150mm diameter cylinder whose surface had 2mm pitch knurl for the increase of inlet capacity. The crushing part was constructed and attached to the macerating machine to reduce the size of big material.

The macerated material was broken completely so the moisture could be easily extracted even with hand force. The macerating machine can process 20 ton of vegetable waste per day.

The volume of vegetable waste was reduced upto approximately 1/6 of the original volume. When juice extracted, the volume could be reduced even more to 1/10 of the original volume.

The macerated material dries quickly in a dryer oven and a temperature and humid control chamber. This high drying rate can save drying cost for the animal feed production.

The power transmission system was modified to increase the torque when the feed rate increased and to rotate the rolls in opposite direction when the machine was plugged.

The final volume-reducing machine have a simple shape with two 204mm rolls and separation unit under the two rolls. The volume of

vegetable waste was reduced to 18% of the original volume and the density was 0.96 which was almost same as the results of first developed machine.

### **3) Juice-extracting equipment**

The juice extracting equipment is developed for additional volume reduction and animal feed production.

A developed lab testing device can extract juice 78.1% from the macerated material by weight base and when we calculate the moisture content of extracted material, it is 75%(w.b.) moisture content. Drying rate increase about 17 times compared to the drying rate of original vegetable waste.

The final screw press developed has a length of 500mm, a diameter of 150mm, and variable screw pitch decreased from 100mm to 70mm. The pressing capacity was 400 kg/hr and the volume was reduced upto 5% of original volume. The moisture content of extracted material was 82.3%(w.b.) with one pass and 71.4%(w.b.) with second pass. The moisture content of material can be reduced with the length of screw press.

### **4) Separation unit**

The vegetable waste included newspaper and vinyl string which should be separated to make the animal feed from vegetable waste. For the separation, wind or vibrating sieve can be used.

The wind separation unit was developed to remove the newspaper

at the very first process. Also vibrating sieve separation unit with wind was developed to remove the remained newspaper and the vinyl string from the macerated material. When the two separation unit were used in the system, the optimum operating conditions was obtained and the 83.3% of original newspaper was removed and almost all of the vinyl was separated.

## **5) Vegetable dryer**

The dryer for the vegetable waste is designed and constructed. An existing dryer has problem of low energy efficiency and produce hard surface during drying process. The developed dryer rotates the material in the cylinder and moves the material continuously to the outlet without any carbonization.

The optimum operating conditions has been obtained by the preliminary experiment with the bean-curd dregs. Also, the economic analysis for the dryer has been conducted with the macerated and pressed vegetable waste.

The cost for drying was 139won per kg in case of the vegetable waste with the moisture content of 87%, which was pressed only once in the screw press. When the macerated vegetable waste was pressed twice, its moisture content dropped to 64% on the wet basis. In this case, the drying cost was 96won per kg.

Although the drying cost was higher than the cost of normal forage feed, it can be profitable when the cost for the vegetable waste treatment increases.

## **6) Evaluation of Feed Value**

This study was conducted to evaluate the silage making method and the nutritional value of vegetable waste as a ruminant-animal feeds. Since the vegetable waste like Korean cabbage contains the high crude protein and low NDF content, it must be the good feed with the high nutritional value for farm animals. It is, however, very difficult to conserve for long periods because of its high moisture content. In the aspect of fermentation characteristics of silages, it is essential to maintain less than 70% of moisture contents(wilted silage) in vegetable waste silage. Dry matter, crude protein and NDF digestibility were higher for wilted silage than for high moisture silage. Although the intake rate of dry matter was decreased in vegetable waste silage compared to that of rice straw, the daily gain was not affected by treatments. Also it was found that the silage additives to high moist vegetable waste improves the fermentation characteristics of silage.

It is suggested that the vegetable waste have considerable value as feedstuff, especially for ruminants, thereby leading to a reduction in feed costs of animal husbandry.

여 백

# CONTENTS

<b>CHAPTER 1. INTRODUCTION</b> .....	31
Section 1. Background of Research .....	31
Section 2. Necessity of Research .....	32
Section 3. Objectives of Research .....	35
Section 4. Contents and Scope of Research .....	35
<b>CHAPTER 2. WASHING EQUIPMENT</b> .....	41
Section 1. Introduction .....	41
Section 2. Lab. Washing equipment .....	42
Section 3. Theoretical analysis and Simulation .....	64
Section 4. Pilot Washing equipment .....	81
Section 5. Basic study on the separation of foreign matters .....	88
Section 6. Final Washing equipment .....	89
<b>CHAPTER 3. VOLUME-REDUCING EQUIPMENT</b> .....	103
Section 1. Principles of Operation .....	103
Section 2. Design of Volume-reducing equipment .....	110
Section 3. Experimental Material and Method .....	114
Section 4. Results and Discussion .....	114
Section 5. Modification of power transmission .....	130
Section 6. Final Volume-reducing equipment .....	131

<b>CHAPTER 4. JUICE-EXTRACTING EQUIPMENT</b>	
.....	137
Section 1. Laboratory Experiment .....	137
Section 2. Lab. Screw Press .....	139
Section 3. Final Screw Press .....	140
<b>CHAPTER 5. SEPARATION UNIT</b> .....	147
Section 1. Wind separation unit .....	147
Section 2. Vibration separation unit .....	148
Section 3. Experimental materials and Method .....	151
Section 4. Results and Discussion .....	153
<b>CHAPTER 6. VEGETABLE DRYER</b> .....	167
Section 1. Introduction .....	167
Section 2. Design of vegetable dryer .....	167
Section 3. Evaluation of performance .....	174
<b>CHAPTER 7. EVALUATION OF FEED VALUE</b> .....	187
Section 1. Introduction .....	187
Section 2. First year Experiment .....	188
Section 3. Second year Experiment .....	196
<b>CHAPTER 8. RESEARCH RESULTS AND SUGGESTION FOR PRACTICAL USE</b> .....	219
Section 1. Overall Results of Research .....	219



Section 2. Suggestion for Practical Use .....	226
<b>REFERENCES</b> .....	<b>231</b>

여 백

# 목 차

<b>제 1 장</b>	<b>서론</b> .....	<b>31</b>
제 1 절	연구의 배경 .....	31
제 2 절	연구의 필요성 .....	32
제 3 절	연구의 목적 .....	35
제 4 절	연구 개발 내용 및 범위 .....	35
<b>제 2 장</b>	<b>수조세척장치</b> .....	<b>41</b>
제 1 절	서론 .....	41
제 2 절	예비 수조세척장치 .....	42
제 3 절	이론적 분석 및 시뮬레이션 .....	64
제 4 절	Pilot급 수조세척장치 .....	81
제 5 절	이물질 분리·선별에 대한 기초연구 .....	88
제 6 절	최종 개발된 수조세척장치 .....	89
<b>제 3 장</b>	<b>감용장치</b> .....	<b>103</b>
제 1 절	적용원리 .....	103
제 2 절	장치의 설계 .....	110
제 3 절	실험재료 및 방법 .....	114
제 4 절	결과 및 고찰 .....	114
제 5 절	감용장치의 동력전달장치 수정 .....	130
제 6 절	최종 개발된 감용장치 .....	131
<b>제 4 장</b>	<b>수분추출장치</b> .....	<b>137</b>
제 1 절	실험실 예비실험 .....	137

제 2 절	1차 개발된 스크루 프레스 .....	139
제 3 절	최종 개발된 스크루 프레스 .....	140
<b>제 5 장</b>	<b>이물질 분리장치 .....</b>	<b>147</b>
제 1 절	처리전 풍력선별장치 .....	147
제 2 절	진동체 선별장치 .....	148
제 3 절	실험재료 및 방법 .....	151
제 4 절	결과 및 고찰 .....	153
<b>제 6 장</b>	<b>건조장치 .....</b>	<b>167</b>
제 1 절	서론 .....	167
제 2 절	건조장치의 설계 .....	167
제 3 절	건조기 성능실험 .....	174
<b>제 7 장</b>	<b>채소류 폐기물의 사료가치 .....</b>	<b>187</b>
제 1 절	서론 .....	187
제 2 절	1차년도 실험 .....	188
제 3 절	2차년도 실험 .....	196
<b>제 8 장</b>	<b>연구개발 결과 및 활용방안 .....</b>	<b>219</b>
제 1 절	연구개발 결과 .....	219
제 2 절	연구개발사업 성과에 대한 활용방안 .....	226
<b>참고문헌</b>	<b>.....</b>	<b>231</b>

제 1 장  
서 론

여 백

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구의 배경

채소류 폐기물의 처리는 대부분 매립에 의존한다. 이러한 방식의 폐기물 처리는 폐기물 생산지와 매립지 사이의 수송을 필요로 하나, 채소류의 경우는 그 중량에 비해 체적이 지나치게 크기 때문에 수송비의 부담이 매우 크다. 가락동 농수산물시장의 경우 일년간 쓰레기 발생량이 19만톤에 이르고 폐기에 소요되는 비용이 40억원에 이르고 있다. 또한 강원도의 대단위 고냉지 배추생산지의 경우 생산 출하되지 못하고 폐기되는 채소류의 처리문제가 심각하며 그에 따른 자원낭비뿐만 아니라 후작에도 영향 미쳐 농가소득에 막대한 지장을 주고 있다.

채소류 폐기물을 처리하기 위해서는 우선 그 체적을 줄이고 중량을 감소시킬 수 있는 장치의 필요성이 제기되어 왔으나, 대량의 채소류 폐기물을 경제적으로 처리할 수 있는 장치가 없는 실정이다. 채소류 폐기물중 가장 체적이 크고, 또한 양이 많은 것은 배추와 무우 등의 폐기물이다. 이런 폐기물은 농산물 집하장, 공판장 및 김치공장 등에서 대규모로 발생하고 있으나, 현재 처리방법은 단순 수거에 이어 매립지로의 수송이다. 따라서 폐기물 발생 현장에서 감용처리와 동시에 수분을 추출하여 사료화하는 경제성 있는 폐기물처리 시스템이 개발되면 처리비용의 절감과 동시에 자원재활용이 가능케된다. 특히 채소류등은 생산과 소비의 불균형등으로 인하여 생산지에서 폐기되는 경우가 많아 자원의 낭비 및 농업경영의 문제를 유발시키는 킬 수 있으므로 채소류 폐기물의 처리 및 사료화 방안은 국가적인 과업이라 할 수 있다.

## 제 2 절 연구의 필요성

### 1. 기술적 측면

본 연구는 채소류 폐기물을 사료화하는 연구로 채소류의 감용화기술 및 이물질선별, 건조 등의 기술개발이 필요하다.

채소류 폐기물의 단순 건조 등은 그 비용과 시간이 많이 소모되므로 감용화장치를 통해 체적을 줄이는 동시에 채소류 등의 수분을 표면수와 같이 건조할 수 있는 기술개발이 필요하다. 감용화 장치기술은 본 연구 책임자가 부산물 수확기 개발 연구과정에서 예비실험을 통해 가능성을 찾은 기술로서 채소류 등의 체적을 현격히 감소시킬 수 있다.

감용된 채소류는 매립을 목적으로 할 수도 있으나 사료화의 목적으로 활용될 때에는 건조과정을 거쳐야 하며 따라서 기존의 건조기 등을 개량개발하는 기술이 필요하다.

농산물 집하장 등에 폐기된 채소류 중에는 비닐 등의 이물질이 다량 포함되어 있는데 이와 같은 이물질은 감용장치를 통과할 경우 그 크기가 크게 변화하지 않으나 채소류 등은 잘게 파쇄되어 건조후에 조제장치등을 통과하면 분리가 가능해지며 이러한 현상에 적합한 선별장치의 개발이 필요하다.

### 2. 경제적 측면

폐기물을 단순 수거해 매립하는데 드는 비용은 톤당 약 25,000원이다. 가락동 농수산물시장의 경우 1일 약 500여톤, 연간 약 19만톤 정도의 폐기물이 발생하며, 이를 처리하기 위한 연간 비용은 약 40여억원에 달하는 실정이다. 더욱이 폐기물을 매립함으로써 이들을 재활용할 기회를 상실하기 때문에 큰 문제점으로 지적된다.



본 연구에서 개발하는 시스템이 완성될 경우 이들 폐기물 처리비용(수송 및 매립비용)의 상당 부분이 절감될 뿐 아니라, 사료의 생산이 가능해 폐기물의 재활용으로 인한 가치창출 효과가 기대된다.

채소류 폐기물 처리 시스템이 개발되면, 산지에서 채소류 폐기물 또는 재래식 시장이나, 각종의 김치공장 등에서 반드시 필요한 장치로 매립량 및 수송비용의 감소와 에너지 절감효과가 있으며, 폐기물의 사료화를 추진할 수 있어 폐기물의 자원화 기술로 완성될 수 있다.

### 3. 사회적 측면

폐기물을 매립하는 경우 매립지 선정에 따른 문제, 매립에 따른 환경오염문제와 엄청난 매립량때문에 매립지의 수명을 단축시키는 문제등의 사회적 요인이 발생한다.

따라서 본 연구에서 개발하는 시스템이 완성될 경우 이들 폐기물을 매립하지 않고 재활용 자원으로 사용되기 때문에 환경오염, 매립지문제 등을 해결하는데 기여도가 크게 된다.

또한 환경문제에 있어 수처리 부담없이 폐기물의 체적을 감소시킬 수 있는 장치의 필요성은 매우 크며, 채소류 폐기물을 감량처리할 경우 매립비용의 절감뿐 아니라 부속장치 등을 이용하기에 좋은 형태로 되어 재활용의 가능성을 높인다.

채소류 폐기물 감량장치를 개발하면, 이는 재래식 시장이나, 각종의 김치공장등에서 반드시 필요한 장치로 매립량 및 수송비용의 감소와 에너지 절감효과가 있으며, 건조 장치를 포함한 하나의 폐기물처리 시스템을 구성할 경우 폐기물의 사료화를 추진할 수 있어 새로운 폐기물 자원화 기술이 개발될 수 있다고 판단된다.

## 4. 국내.외 기술현황

### 가. 국내 기술 현황

- 채소류 폐기물처리에 관한 감용화 기술은 개발보고된 바 없음.
- 본 연구기관에서 수행한 벧짚 등의 부산물수확기의 기술이 응용가능함.
- 건조과정만을 통한 폐기물처리는 가능하나 경제성등에서 문제가 있음.

### 나. 국외 기술 현황

- 한국과 식생활 패턴이 다른 외국에서는 본 연구와 같은 연구가 보고된 바 없음.
- 목초의 단기건조를 위한 조제방법에 관한 기술이 개발되어 응용가능한 기술이나 채소류 등에 적용한 예가 없으며 아직 상용화되지 않은 기술임.

## 5. 현 기술상태의 취약성

현재의 폐기물 처리는 단순 수거에 의한 매립이기 때문에 비용이 많이 들고, 매립량을 절감하는 방안이 없어 오염물질의 절감에 아무런 기여를 하지 못한다. 이는 환경오염을 가속화 시키고, 매립부지선정이라는 어려운 사회 문제를 야기한다. 따라서 환경 기술이라는 측면에서 가장 원시적인 방법이라고 할 수 있다.

또 채소류 폐기물은 그 중량에 비해 체적이 지나치게 크기 때문에 수송비의 부담이 크다. 따라서 채소류 폐기물의 처리에는 그 체적을 감소시

킬 수 있는 장치의 필요성이 제기되어 왔으나, 이를 효과적으로 처리할 수 있는 장치가 없어, 수처리 부담이 없이 폐기물의 체적을 감소시킬 수 있는 장치의 필요성은 절실하나 현재의 기술로는 해결방안이 없다.

### **제 3 절 연구의 목적**

본 연구팀은 벚짚 등의 농산부산물을 고품위화하고 기계수확이 가능하게 하는 농산부산물 수확기의 개발(1993년에 공업기반기술과제)을 수행하던 중 이 기계의 원리를 시장에서 대량으로 발생하는 채소 폐기물에 적용할 경우 수처리 부담없이 획기적으로 폐기물이 감량화될 뿐 아니라 쓰레기에 섞여있는 비닐 등의 이물질은 선별 가능한 상태로 채소류 폐기물이 조제되는 것을 예비실험결과 확인하였다. 이 결과를 사일리지조제 및 건조기와 일관 시스템화할 경우 사료화를 위한 채소류 폐기물 처리시스템 개발이 가능하다.

따라서 본 연구의 목적은 채소류 폐기물을 감량화 하는 동시에 건조 또는 사일리지과정을 거쳐 사료화하여 매립 등에 의한 환경오염의 방지 및 자원을 재활용할 수 있는 기계 및 일관 작업 시스템을 개발하는데 있다.

### **제 4 절 연구개발 내용 및 범위**

#### **1. 최종연구 개발사업내용**

채소류 집하장이나 산지 등에서 폐기되는 채소류 폐기물을 처리하는 동시에 사료화하는 시스템을 구성하기 위해 개발된 장치 및 실험내용은 다음과 같다.

- 1) 폐기물의 세척을 위한 수조세척장치
- 2) 폐기물을 수송 및 건조에 용이한 형태로 처리하는 감용화 장치
- 3) 즙액추출을 위한 수분추출장치
- 4) 사료화를 위한 이물질 분리장치
- 5) 건조사료를 위한 건조장치
- 6) 처리된 폐기물의 사료가치측정

## 2. 연구개발 사업내용

개발된 연구개발의 내용 및 범위는 다음과 같다.

### 가. 수조 세척장치의 개발

채소류 폐기물을 사료화할 경우 폐기물에 부착된 흙 등의 이물질과 폐기물에 혼입된 신문지 및 비닐등이 분리되어야 사료의 품위를 높일 수 있다. 본 세부 과제에서는 흙 등의 이물질을 제거하기 위해 공기방울을 이용한 세척수조를 개발하였다. 투입된 폐기물은 공기방울에 의해 세척과 동시에 출구 방향으로 이송되며 벨트콘베어에 의해 감용장치로 배출된다. 배추폐기물의 이송성능과 세척성능이 측정되었다.

### 나. 감용장치의 개발

선별 세척된 채소류 폐기물을 탈수 및 건조에 용이한 형태로 조제 감용하는 장치를 개발하였다. 채소류 폐기물의 처리과정상의 문제점은 부피가 커서 수송비용이 과다하며 매립시 빠른 부숙이 어렵다. 또한 폐기물의 사료화를 위해서는 세척된 폐기물의 파쇄과정이 필요하다. 따라서 폐기물의 부피를 최소화하며 동시에 탈수 및 건조성능을 높일 수 있는 파쇄 감용화 장치를 개발하였다.

## 다. 수분추출장치의 개발

사료화를 위한 건조 및 사일리지 과정에서 파쇄 및 감용된 폐기물의 수분추출이 요구된다. 개발된 수분추출장치는 수분추출 효율이 높은 스크루타입의 프레스이며 감용장치 밑에 설치되어 배추폐기물의 파쇄 감용과 동시에 수분추출이 이루어질 수 있는 구조이다. 배출된 즙액의 회수 및 즙액이 추출된 고형물을 회수할 수 있는 장치를 부착하였다.

## 라. 이물질 분리장치

채소류 폐기물 중에 포함된 이물질 중 전처리 수조 선별장치에서 분리하기 어려운 신문지, 비닐 등을 분리하여 사료의 품질을 높일 수 있는 이물질 분리장치를 개발하였다. 분리장치는 2단계로 수조 세척전 풍력에 의한 선별과 감용장치 통과후 진동체에 의한 선별이다. 채소류 폐기물은 감용장치를 통과하는 과정에서 적당한 크기로 줄어들지만 신문지, 비닐 등은 형상 및 크기를 일정하게 유지하므로 4절기구로 형성된 진동체 선별장치에 의해 채소류 폐기물을 회수할 수 있는 장치이다.

## 마. 건조장치의 개발

감용 및 수분이 추출된 폐기물을 건조 사료화하기 위해서는 건조과정 이 필요하다. 기존의 열풍건조방식은 열효율이 낮을 뿐아니라 고온에 의해 폐기물의 영양가치를 저하시키며 또한 재료가 탄화되는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 간접열 건조방식이 채택되어 고품위의 건조사료를 생산할 수 있는 건조기를 개발하기 위해 건조기 전문업체에서 제작된 건조기를 채소류 폐기물 건조에 적합한 건조장치로 개량 개발하였으며 건조기의 적정작동조건 및 경제성을 분석하였다.

## 바. 사료적 가치 실험

배추 폐기물의 사료적가치를 측정하기 위해 실험실 실험 및 동물실험을 하였다. 배추 폐기물의 사료로서의 특성을 분석하여 사일리지에 의한 사료화방법을 제시하였으며 in situ에 의한 소화율을 측정하였다. 또한 예건 및 첨가제를 처리한 배추폐기물 사일리지의 발효품질과 면양에 의한 섭취량 및 소화율을 측정하였고 대가축을 이용한 생산성 실험에서 한우 및 젓소의 사료 섭취량, 증체량, 산유량 및 유성분을 측정하였다. 채소류 폐기물의 사료로서의 경제성도 분석하였다.

## 제 2 장

# 수 조 세 척 장 치

여 백



## 제 2 장 수조 세척장치

### 제 1 절 서 론

#### 1. 연구 배경 및 동향

수조세척장치는 사료의 품위를 높이기 위하여 흙 등의 이물질이 묻어 있는 채소류 폐기물을 세척하고, 또한 신문지, 노끈 등과 같은 일반 쓰레기를 분리하여 다음 단계의 공정인 감용기의 처리 능력에 맞게 적절한 양이 투입되도록 하기 위한 장치이다.

일반적으로 세척장치는 농산물 특히 채소류의 가공처리를 위하여, 전처리 단계로서, 흙 등의 이물질 분리와 소금에 절여진 채소류의 염분제거의 목적으로 사용되고 있다. 국내에는 김치류 가공공장이 있기 때문에 영세한 규모이기는 하나 10여개의 업체에서 세척기를 생산하고 있으며 또한 일본 및 유럽 등 외국에서도 다수의 업체가 채소류 세척기를 생산하고 있는 실정이다. 또한 한국식품개발연구소에서는 김치 가공공장의 공정 자동화를 위하여 배추 세척기를 개발한 바 있는데, 이것은 뿌리 부를 절단한 채 뒤집어진 상태로 이송 컨베이어를 지나가면서 1차로 고압 살수에 의한 세척 및 2차의 압축공기에 의한 세척과정을 거치도록 되어 있다. 또한 절여진 배추의 염분제거용 세척기는 고압의 물을 세척조 내로 투입시켜 물의 유동을 이용하여 배추를 배출구 쪽으로 이송시키는 동시에 세척조 하부로부터 공기를 불어넣어 세척효과를 높이는 방식의 세척기를 개발한 바 있다.(박 재 복 등, 1992)

본 연구의 수조세척장치는, 세척하고자하는 농산 부산물이 사람이 먹는 식용이 아니라 가축의 사료로 사용되는 것이므로 큰 덩어리의 흙, 신문지, 비닐과 같이 가축의 소화에 방해가 되는 이물질을

선별, 분리하고 미관상 너무 더럽지 않은 정도의 세척효과와 세척조 내에서 원활한 이송을 얻을 수 있는 장치이어야 한다.

따라서, 본 연구의 수조세척장치는 수조하부에서 공기방울을 토출하여 물을 강제 순환시킴으로써 와류를 발생시켜 세척효과를 극대화시킴과 동시에 공기 방울에 의해 밀려 올라오는 물이 폭이 좁고 긴 수조에서의 벽면 효과(wall effect)에 의하여 한쪽 방향으로 밀려가는 성질을 이용하여 이송을 원활히 할 수 있도록 하였다.

## 2. 연구 내용 및 범위

실험실용 수조에서 공기토출에 의한 물의 유동 현상을 규명하여 효율적인 세척과 이송에 영향을 미치는 실험 요인들을 찾아내어 Pilot급 수조세척장치를 설계, 제작하는 것이다.

## 제 2 절 예비 수조세척장치

### 1. 작동원리

물 속에서 공기가 미세한 구멍을 통하여 분출되면, 그림 2-1에서 보는 바와 같이, 공기 방울이 생성되며 위로 올라감에 따라 방울의 크기는 커지고 그 부피만큼 물이 밀려나면 위로부터 다시 물이 채워지는 것을 반복하게 된다(Hussain and Narang, 1984). 이 때 대칭을 이루며 생성되는 공기 방울의 중심부, 즉 y축에 벽을 설치한다면 대칭의 한 쪽 부분은 차단되어 있기 때문에 벽면효과에 의하여 물은 다른 쪽 방향으로만 밀려나게 된다. 따라서 폭이 좁은 수조 내에 여러 개의 공기토출 구멍을 설치한다면 충분한 힘으로 물을 유동

시킬 수 있어 수조 내에 떠 있는 물체를 이동시킬 수 있으므로 원활한 이송이 가능해 진다.

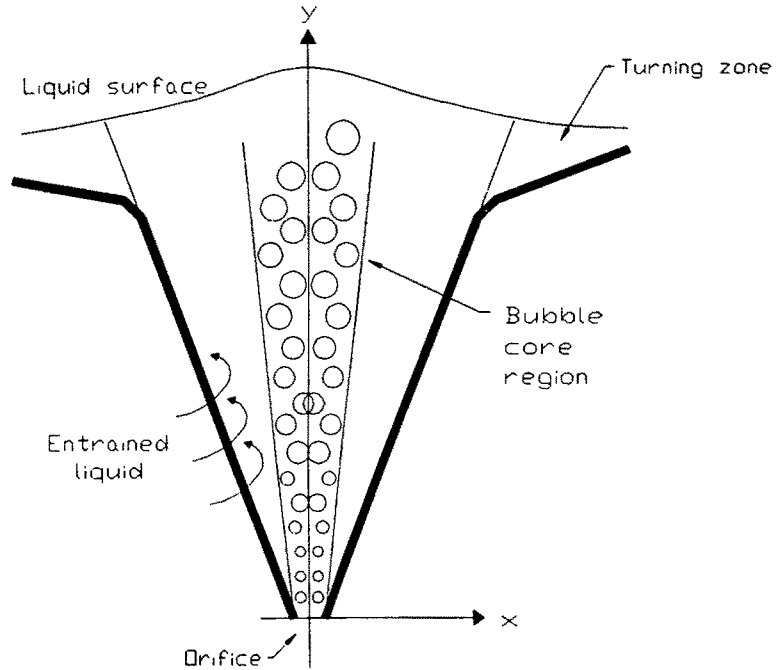


그림 2-1 공기방울 발생에 의한 물의 유동 현상

한편, 수조 내에 제 2의 공기토출 열을 설치하면 그것은 좌우 대칭형으로서 벽면으로 작용하여, 첫 번째 공기토출에 의해 밀려온 물의 흐름에 저항하게 되므로 이 두 개의 공기 토출열 사이에서 물은 순환하게 되고 이에 따라 물체도 순환하게 된다. 이 때, 첫 번째 공기토출에 의한 유동력이 두 번째 열의 공기토출에 의한 저항력보

다 상대적으로 클 때, 일부의 물체는 벽면을 타고 넘어 계속 진행되어 수조의 끝단까지 진행할 수 있게 된다. 따라서, 두 가지의 효과를 적절히 이용하면 세척과 동시에 원활한 이송이 가능할 것이다.

## 2. 실험용 세척 수조의 설계

세척기술을 개발하기 위하여 실험실용 세척장치를, 그림 2-2에서 보는 바와 같이, 수조와 공기방울 발생장치로써 구성하였다.

### 가. 수조

수조는 두께 5mm 의 판유리를 폭 600mm, 깊이 500mm, 길이 900mm의 프레임에 장착하여 물의 유동을 관찰할 수 있도록 하였다. 또한 수조의 끝단 하부에 코크 밸브를 설치하여 배수를 할 수 있도록 하였다.

### 나. 공기방울 발생 장치

그림 2-3에서 보는 바와 같이, 수조 내에서 공기 방울을 형성할 수 있도록 한쪽 끝단이 밀폐된 직경 200mm의 수도관에 작은 구멍을 뚫는 방식으로 공기토출 파이프 3개를 제작하였다. 여기서, 공기 토출구의 직경은 각각 1 mm, 4 mm, 8 mm로 하였으며, 한 개의 파이프에 공기토출구는 50mm 간격으로 11개를 설치하였다.

공기는 최대 토출 압력이 7.5 kg/cm<sup>2</sup> 공기압축기를 사용하여 공기토출 파이프의 한쪽 단으로부터 주입하였다. 공기토출 파이프는 수조의 하부에 설치하되, 최초의 것은 수조 선단에 설치하고, 하나 이상의 공기토출 파이프를 사용하는 경우는 최초의 설치 지점으로부터

터 일정한 간격을 두고 설치하였다.

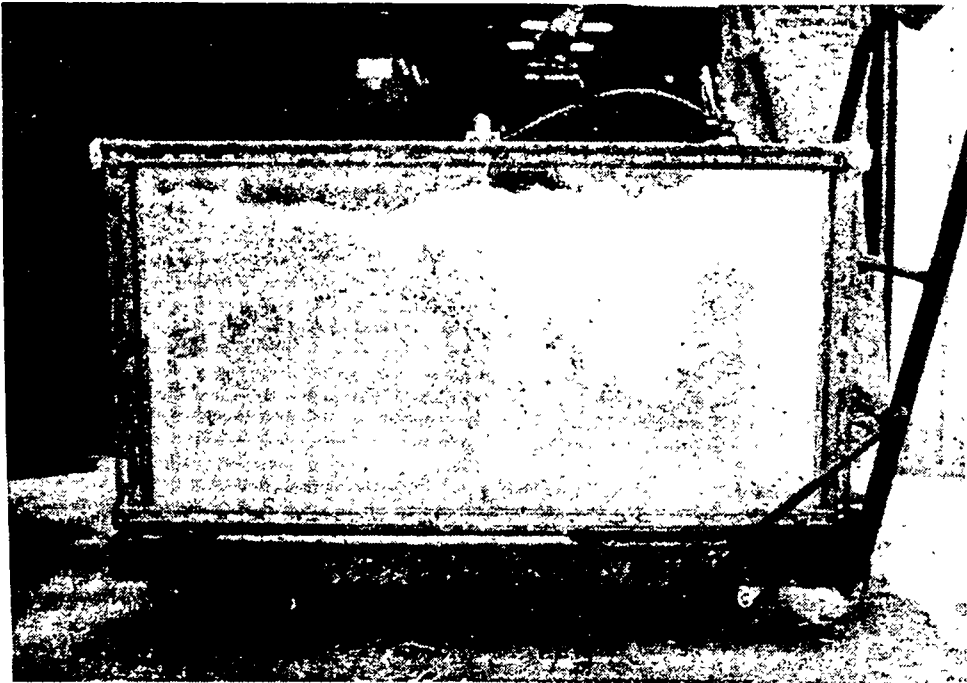


그림 2-2 실험실용 수조 세척장치의 외관도

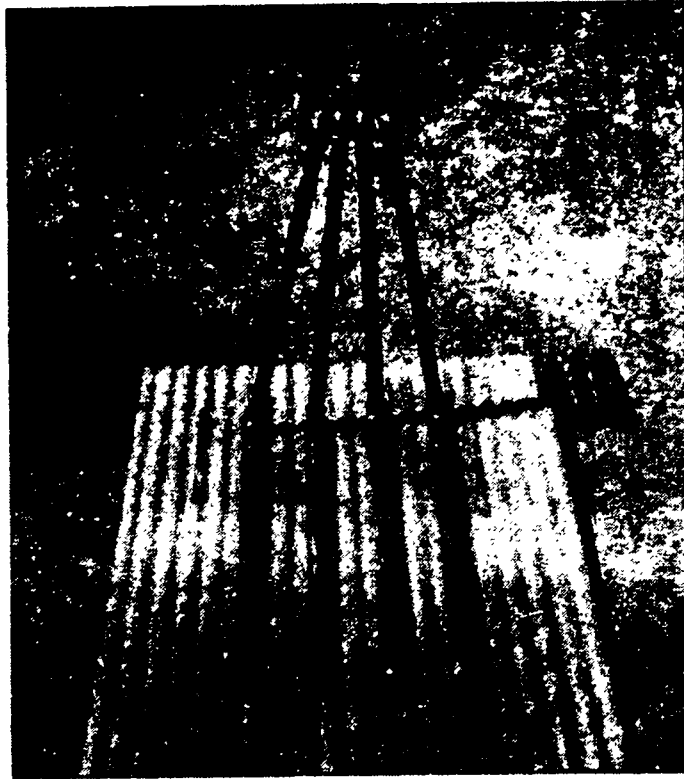


그림 2-3 공기토출 파이프의 외관도

### 3. 실험 방법

공기 방울에 의한 물의 이송 및 순환 효과를 규명하기 위하여, 공기 토출구의 크기, 공기토출 파이프의 설치 조합, 수조내 물의 깊이, 공기 토출압력 등을 변화시키며 물의 유동 상태와 물체의 이송 능력에 관한 일련의 실험을 수행하였다.

#### 가. 이송 성능

공기 방울에 의해 밀려나는 물의 유동에 의한 물체의 이동을 관찰하기 위하여 표 2-1에서와 같은 실험 요인 및 처리 수준에서 직경 100mm, 두께 5mm의 원형 콜크 시편을 수조선단에서 출발시켜 수조 끝단까지 걸리는 시간을 측정하였다.

또한, 두 개의 공기토출 파이프 조합을 사용하였을 때의 영향을 규명하기 위하여 8mm-4mm, 4mm-1mm, 1mm(구멍:11개)-1mm(구멍:6개)의 공기토출구를 갖는 파이프조합에 대하여 간격을 300mm, 400mm, 500mm로 변화시키며, 콜크 시편의 이송시간을 측정하였다.

표 2-1 시료의 수조내 이송 시간을 측정하기 위한 실험 조건

Experimental Factors	Levels
Water-depth	400mm 250mm
Diameter of holes on air-pipe	1mm 4mm 8mm

한편, 물의 유동력을 관찰하기 위하여 공기토출 파이프의 구멍 크기 및 공기압축기의 토출 압력을 조절하며 수조의 측면에서 사진을 촬영하여, 공기 방울이 소멸되기 전까지의 측면적을 측정하고 수조의 폭을 곱해줌으로써 그 체적을 공기방울에 의한 물의 유동량으로 나타내었다. 공기압축기의 토출 압력 조절은 공기압축기의 전원을 끈 채 계속 가동하면 압력이 떨어지게 되므로 압력계가 설정한 압력에 도달하는 순간에 사진을 촬영하였다.

## 나. 세척성능

세척성능은 두 개의 공기토출 파이프를 설치하고 64개의 콜크 시편을 수조 선단의 일정한 위치에서 출발시켜 20초가 경과한 후, 수조를 시편의 진행방향에 대하여 세 지역으로 구분하여 각 구역에 남아 있는 콜크 시편의 개수로써 이송정도를 측정하고 동시에 콜크 시편의 운동상태를 관찰하여 세척 상태를 나타내었다. 일반적으로 이송이 늦어지는 만큼 세척이 잘된다고 간주하였다. 또한, 물의 순환 상태를 정량화하기 위한 수단으로 격자로 형성된 수십 개의 지점에 대하여 각 실험 처리마다 유선을 측정하였다. 유선 측정은 긴 막대기에 길이 100mm의 실을 매달아 수조 벽면으로부터 약 100mm 정도 안쪽에서 실시하였으며 육안으로 확인하여 실이 구부러지는 방향을 각 지점에 대하여 자료 수집지에 표시하였다.

본 실험에서 설정된 실험 요인 및 수준은 표 2-2에서와 같이, 두 개의 공기토출 파이프의 조합과 설치 간격을 조절하며 실험을 수행하였다.



표 2-2 시료의 수조내 이송 정도를 측정하기 위한 실험 조건

Experimental Factors	Levels
Sets of air-pipes	8mm-4mm 8mm-1mm
Distance between air-pipes	300mm 400mm 500mm

## 4. 결과 및 고찰

### 가. 이송성능

한 개의 공기토출 파이프를 수조선단에 설치하여 사용한 경우 수조 선단에서 발생하는 공기 방울에 의한 물의 유동은 수조 전체에 대하여 물을 순환(circulation)시키는 역할을 하는 것으로 관찰되었다. 그림 2-4에서 보는 바와 같이, 콜크 시편의 이송 속도는 공기토출 구멍의 크기에 따른 차이는 거의 없었으나, 수조내 물의 깊이가 큰 경우가 작은 경우 보다 빠른 것으로 나타났다. 표 2-3 은 물 깊이 및 공기토출구의 직경에 따른 이송속도의 영향에 대한 분산분석 결과로서, 수조의 물 깊이 사이에는 1%범위에서 유의차가 있었으나, 공기토출 구멍의 크기 사이에는 유의차가 없었다.

그러나, 한 개의 공기토출 파이프를 수조선단에 설치하여 사용한 경우에는 수조내 물의 유동이 원활하여 충분한 이송효과를 얻을 수 있었으나 대부분의 시편이 수중으로 들어가지 않고 수면에 떠서 이동해 가므로 상대적으로 세척효과는 적은 것으로 판단되었다.

표 2-3 이송속도에 대한 분산분석표

Source	DF	ANOVA SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Water Height	1	5.80166667	5.80166667	28.15	0.0001
Dia. of hole	2	0.22642500	0.11321250	0.55	0.5867
Water Height * Dia. of hole	2	0.36585833	0.18292917	0.89	0.4289

한편, 그림 2-5는 공기 토출구의 직경과 공기압축기의 토출 압력에 따른 공기방울 발생 정도를 나타낸 것이다. 공기방울에 의한 물의 유동량은 공기토출구의 직경에 따라서는 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나 공기토출 압력간에는 현저한 차이를 발견할 수 있었다.

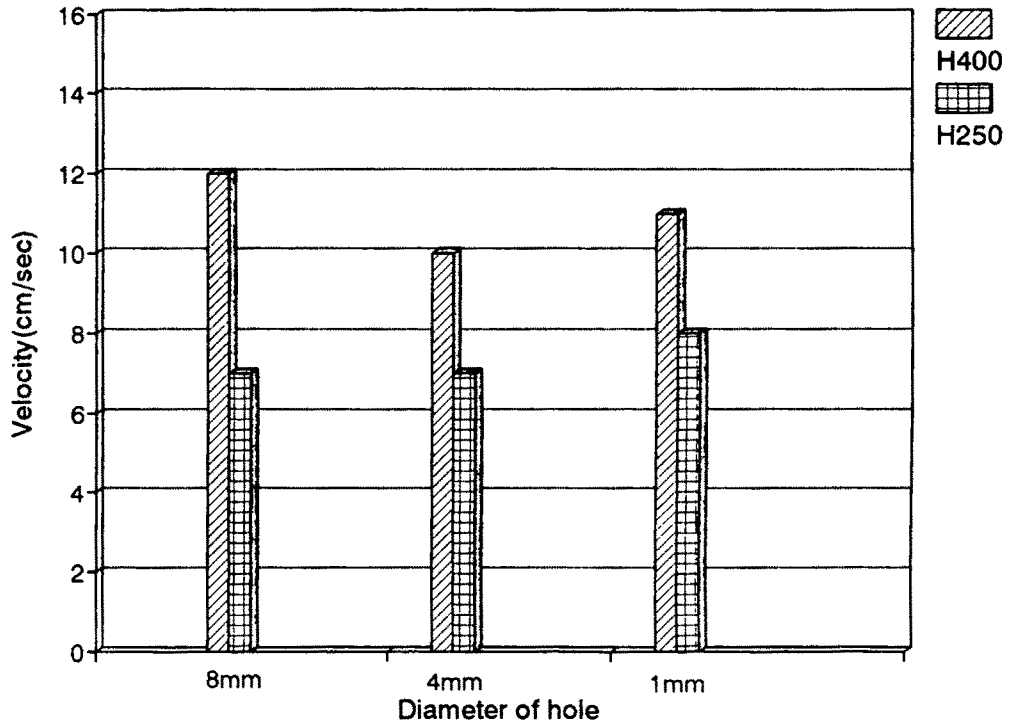
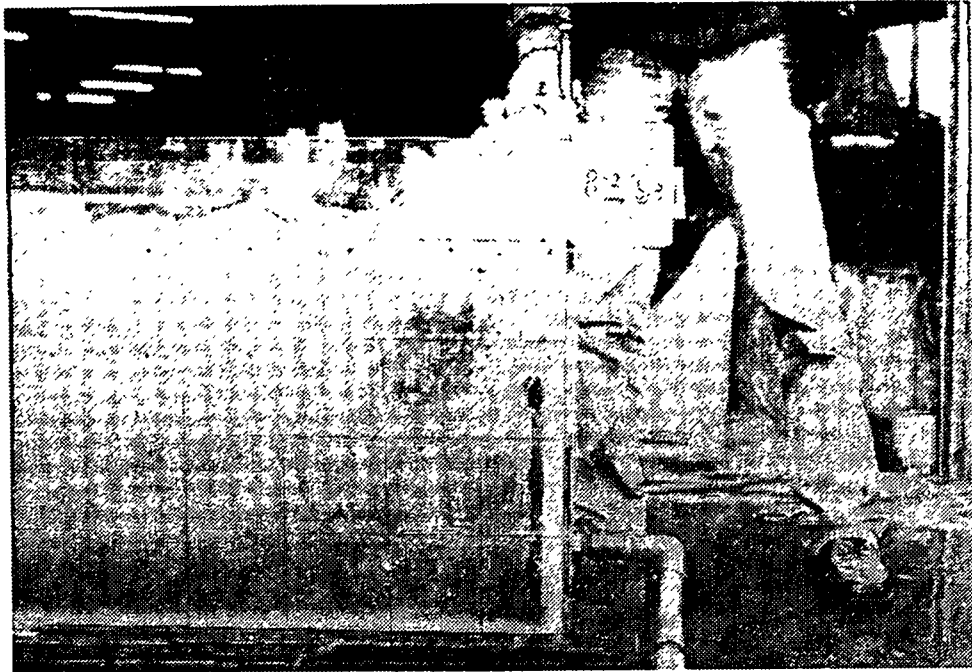
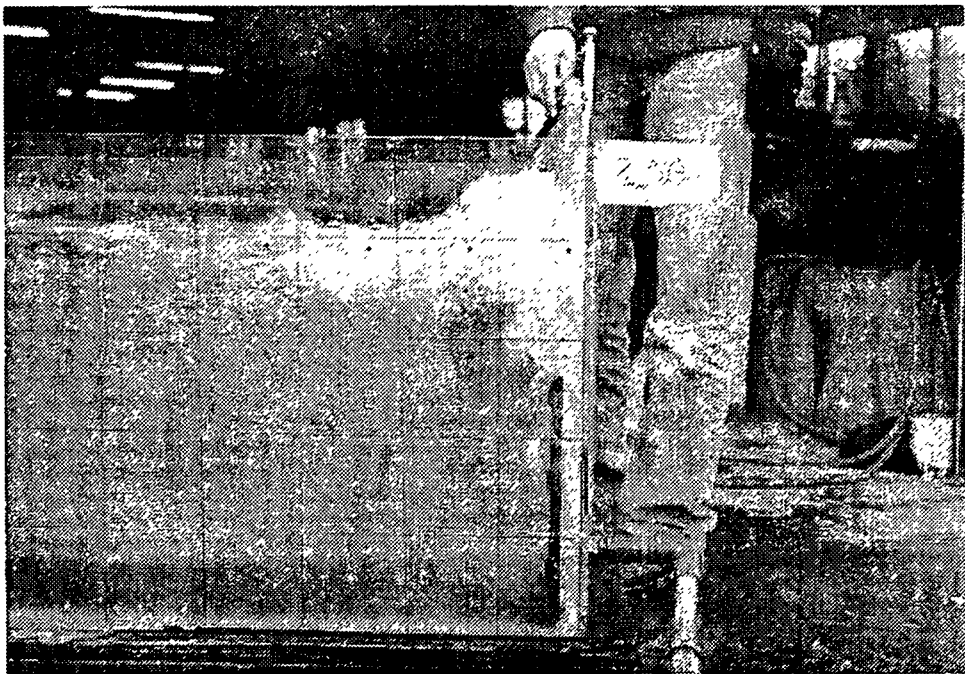


그림 2-4 한 개의 공기토출파이프를 사용할 때 처리별 이송속도

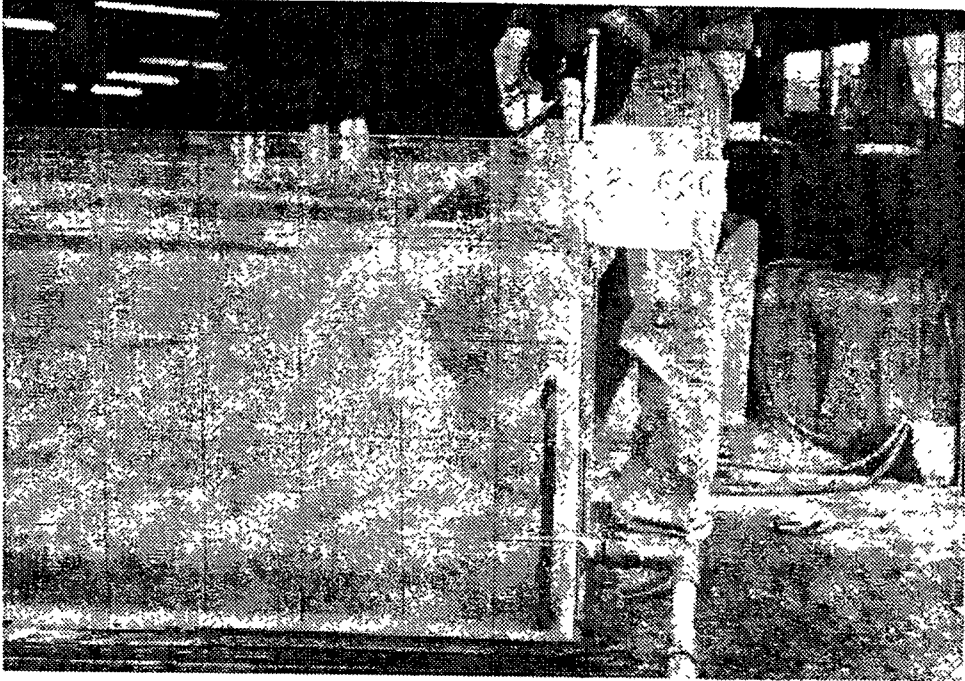


(a) 직경:8mm, 압력:5kg/cm<sup>2</sup>

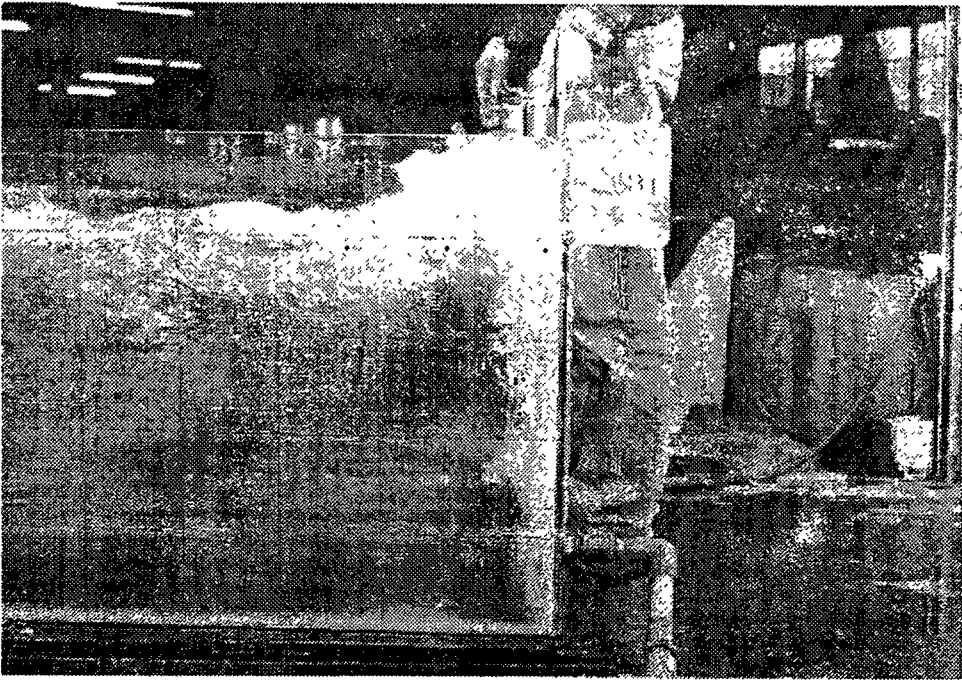


(b) 직경:8mm, 압력:3kg/cm<sup>2</sup>

그림 2-5 공기토출구 직경및 토출압력에 따른 공기방울의 발생정도

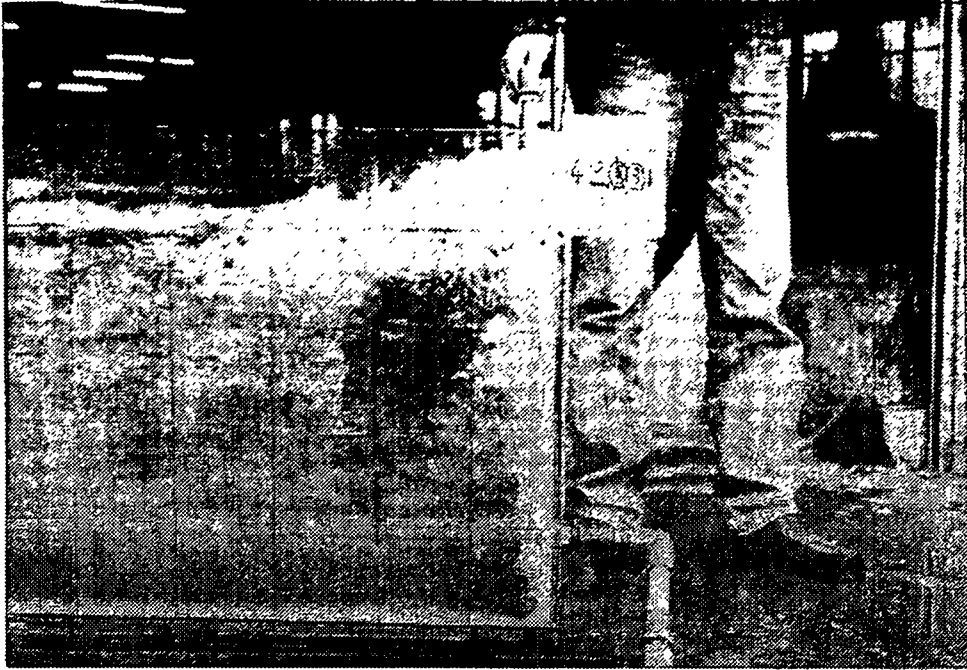


(c) 직경:8mm, 압력:1kg/cm<sup>2</sup>



(d) 직경:4mm, 압력:5kg/cm<sup>2</sup>

그림 2-5 (계속)

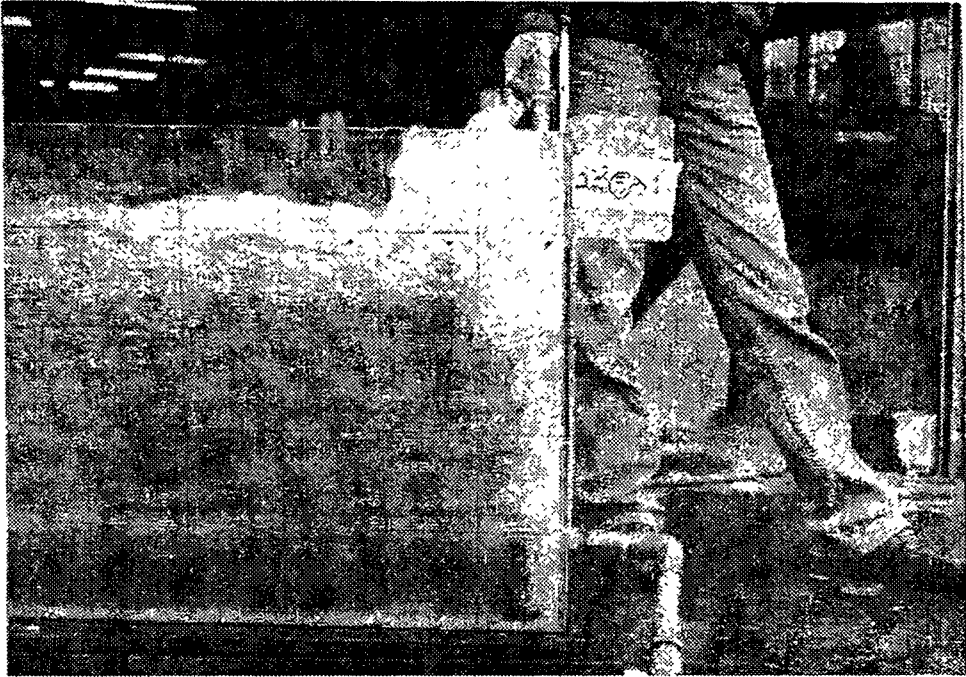


(e) 직경:4mm, 압력:3kg/cm<sup>2</sup>

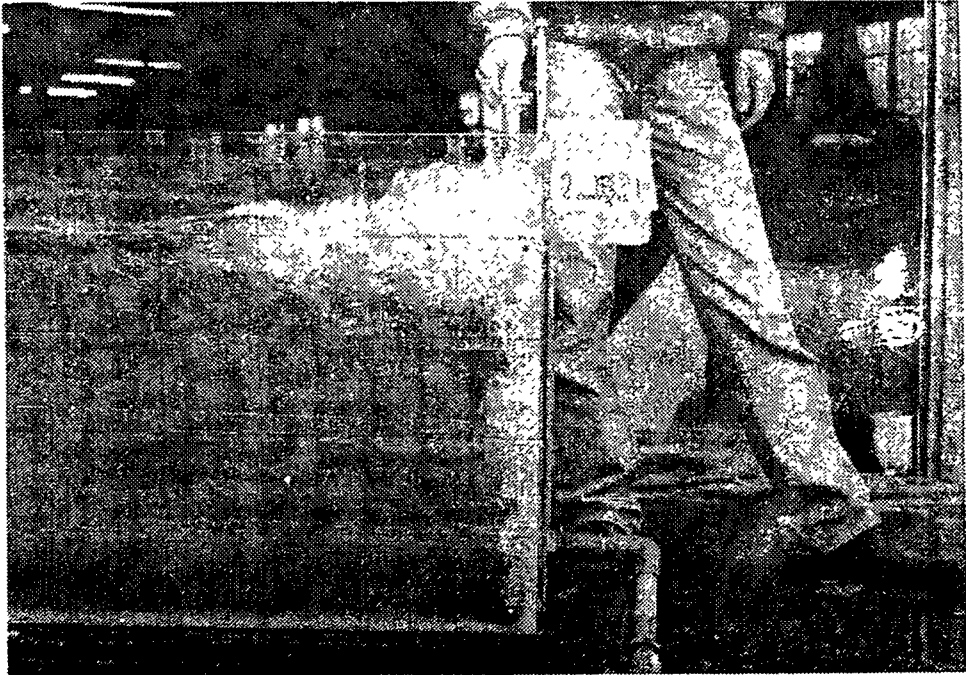


(f) 직경:4mm, 압력:1kg/cm<sup>2</sup>

그림 2-5 (계속)

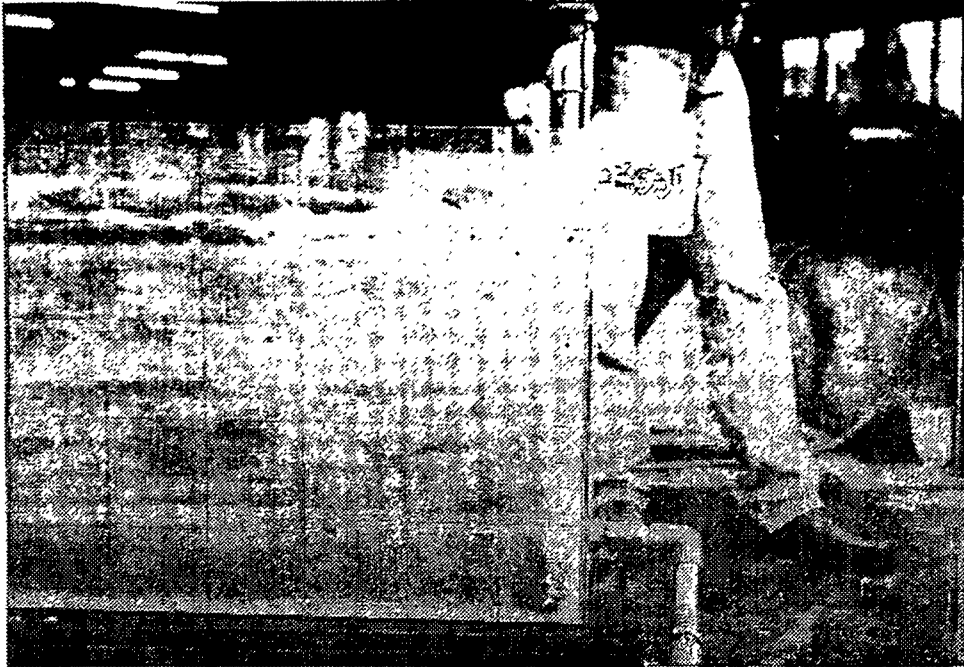


(g) 직경:2mm, 압력:5kg/cm<sup>2</sup>

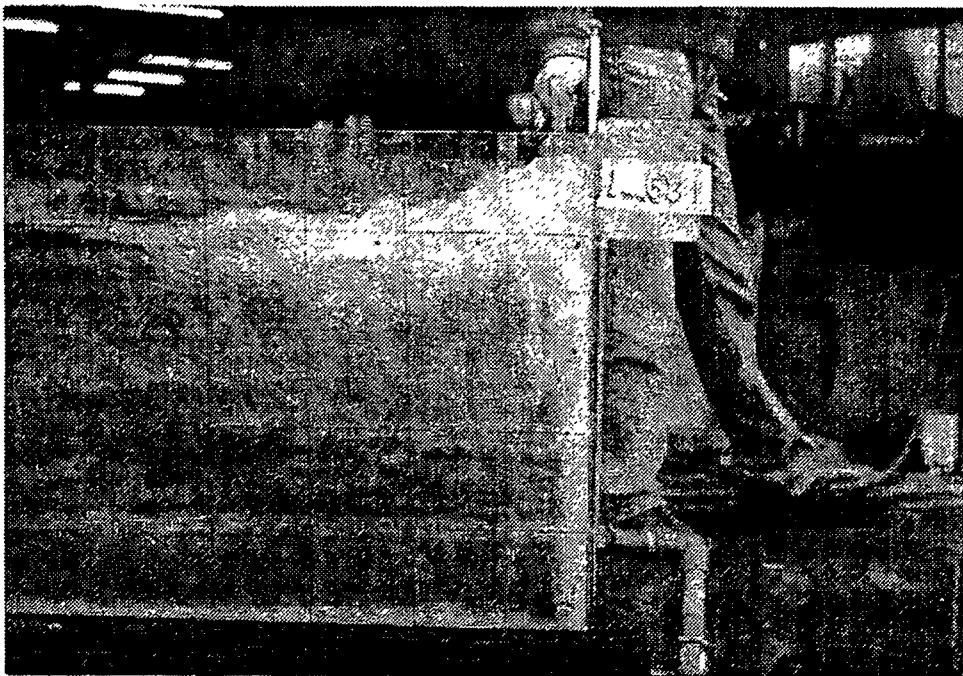


(h) 직경:2mm, 압력:3kg/cm<sup>2</sup>

그림 2-5 (계속)



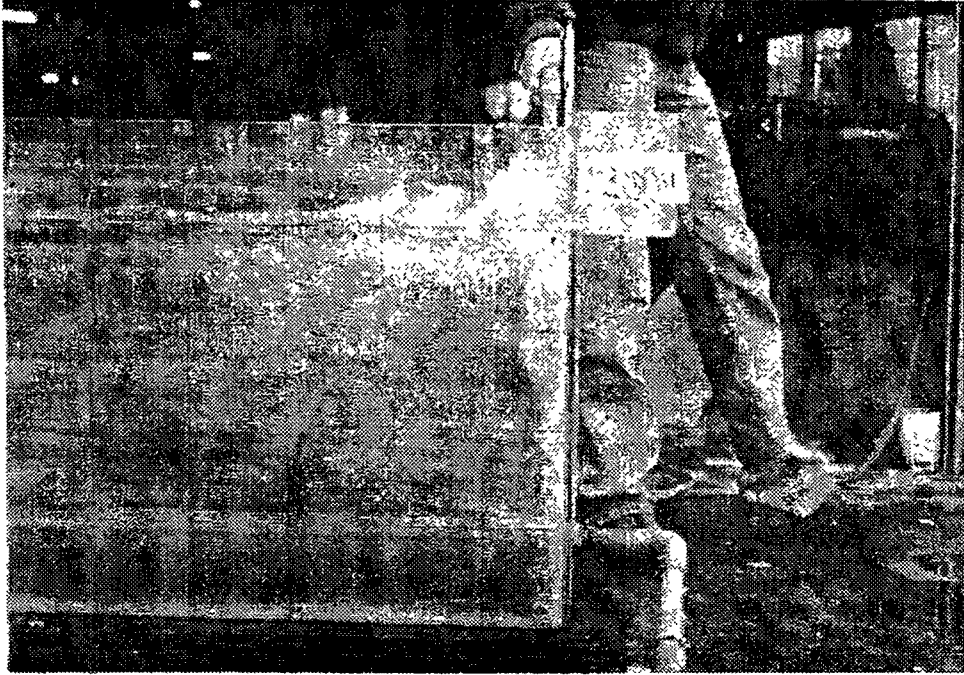
(i) 직경:2mm, 압력:1kg/cm<sup>2</sup>



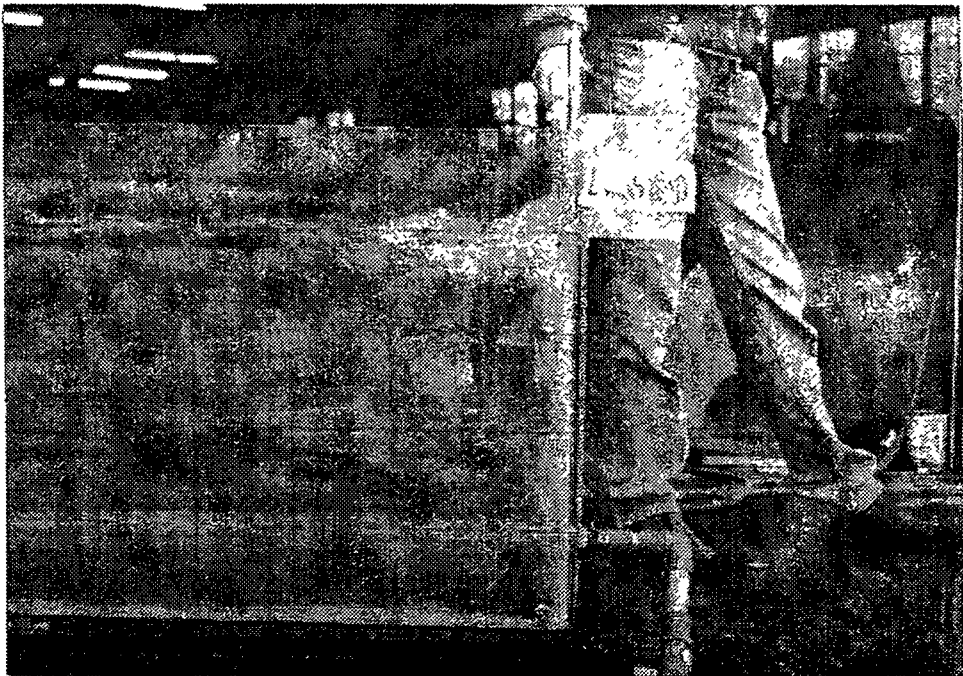
(j) 직경:1mm, 압력:5kg/cm<sup>2</sup>

그림 2-5 (계속)





(k) 직경:1mm, 압력:3kg/cm<sup>2</sup>



(l) 직경:1mm, 압력:1kg/cm<sup>2</sup>

그림 2-5 (계속)

## 나. 세척성능

두 개의 공기토출 파이프 조합을 설치하고 콜크시편의 이송속도를 측정해 본 결과, 그림 2-6에서 보는 바와 같이, 한 개의 공기토출 파이프가 수조 선단에 설치된 경우(그림 2-5 참조)와 비교하여 현격하게 이송속도가 늦어지는 것을 볼 수 있었다. 이 현상은 두 번째 공기토출 파이프로부터의 공기 방울이 벽면으로서 시편의 진행을 방해하는 것으로 판단할 수 있으며 이 때 시편들은 물의 순환에 따라 물 속으로 빨려 들어갔다 나왔다하는 것을 반복하며 진행하는 것을 관찰할 수 있었다. 그림 2-7에 나타낸 유선 측정 결과도 같은 현상으로 설명할 수 있는데, 두 번째 공기토출 파이프로부터의 공기방울에 의한 물의 유동이 벽면과 같은 역할을 하게 되므로, 물의 유동이 첫 번째 파이프와 두 번째 파이프 사이에서 선회하게 된다. 따라서, 물체는 수중에 잠긴 상태로 선회하므로 충분한 세척 효과를 얻을 수 있는 것으로 판단되었다. 이 때, 두 번째 공기토출 파이프에 의해 생성된 공기 방울 기둥보다 첫 번째 파이프의 공기 토출량이 충분히 많게 되면, 유동의 일부는 벽면을 넘어 계속 이동하여 물체의 이송이 가능한 것으로 판단하였다.

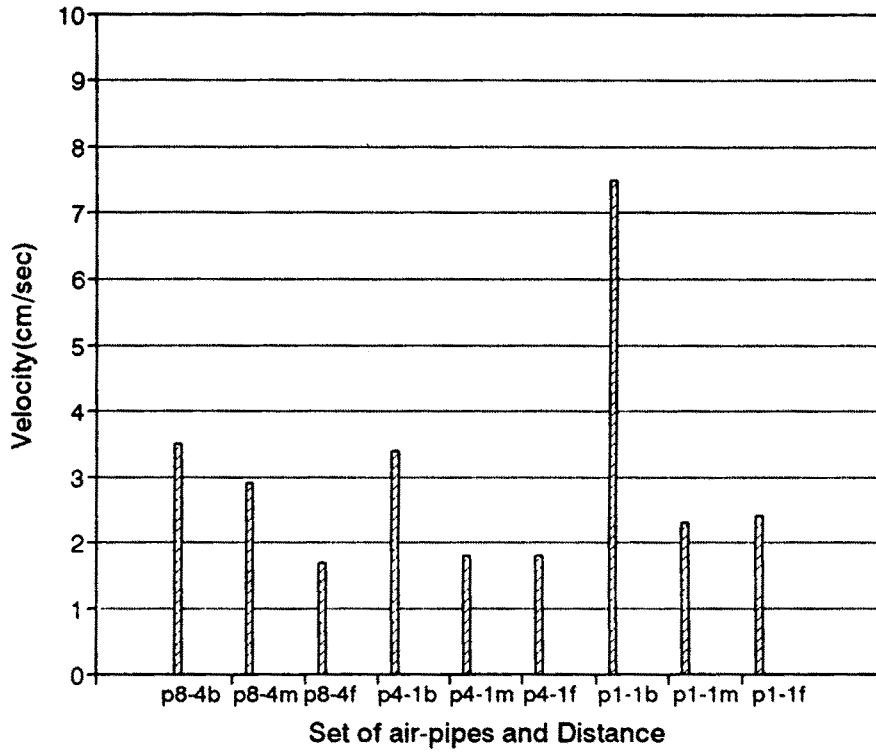
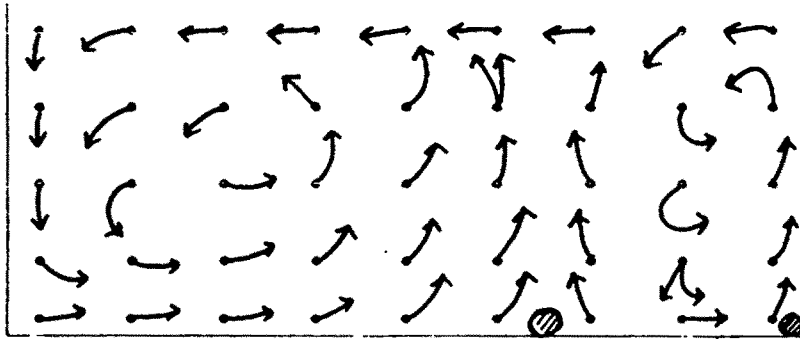
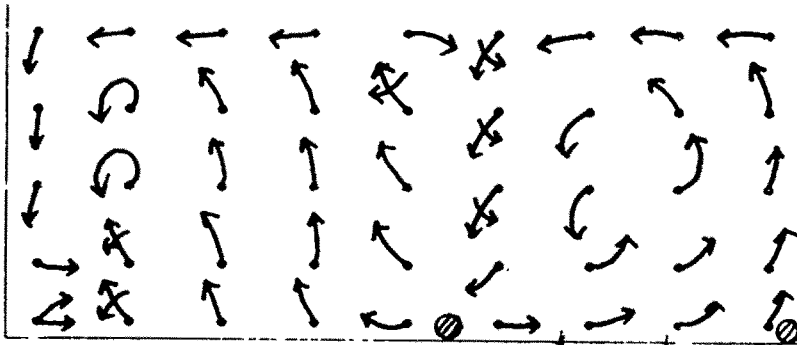


그림 2-6 두 개의 공기토출파이프를 사용할 때 처리별 이송속도

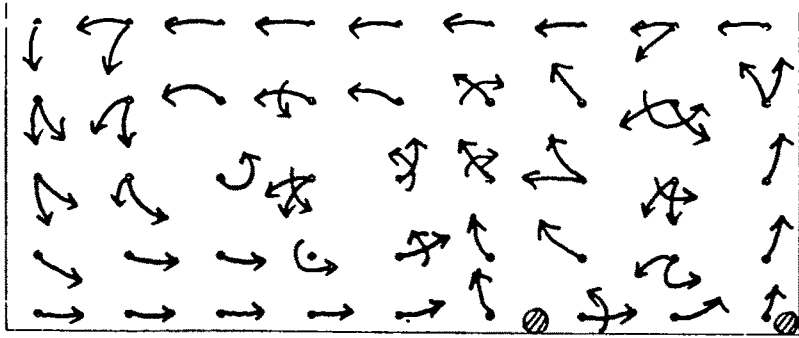


(a) 8mm-4mm조합, 간격:300mm

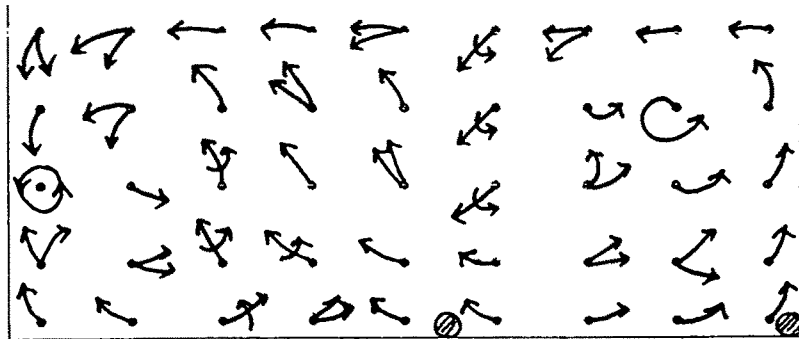


(b) 8mm-4mm조합, 간격:400mm

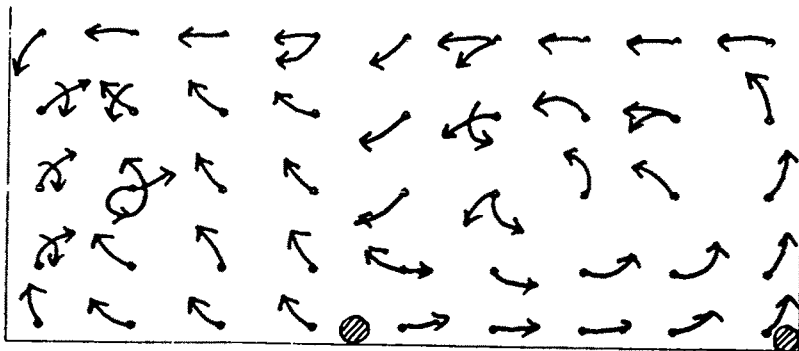
그림 2-7 대표적인 유선 측정 결과



(c) 8mm-1mm조합, 간격:300mm



(d) 8mm-1mm 조합, 간격:400mm



(e) 8mm-1mm 조합, 간격:500mm

그림 2-7 (계속)

그림 2-8은 공기토출 파이프의 조합과 간격에 따라 이송정도를 측정한 실험 결과를 나타낸 것이다. 가장 이송이 잘되는 경우는 8mm-1mm(b), 8mm-1mm(m), 8mm-4mm(b), 8mm-4mm(f) 순으로 나타났다. 대체적으로 두 파이프 사이의 간격이 좁은 경우 순환보다는 이송의 효과가 큰 것으로 나타났으며, 두 번째 파이프에 비하여 첫 번째 파이프의 공기토출 면적이 클 수록 이송효과가 큰 것으로 판단되었다. 그러나, 수중에서 시편이 순환하는 상태는 이송속도가 낮을수록 활발한 것으로 관찰되었으므로 충분한 세척이 필요한 경우는 8mm-4mm 파이프의 조합으로 설치간격은 선단으로부터 500mm 떨어진 (f)의 위치가 바람직한 것으로 판단되었다.

따라서, 채소류 폐기물의 더러움 정도에 따라 보다 오래 세척할 필요가 있는 경우, 두 파이프 사이의 간격을 넓혀주고, 처리속도가 보다 중요하다면 두 파이프 사이의 간격을 좁히는 등 간격 조절을 통하여 시료의 상태에 따라 세척 및 이송이 가능한 것으로 판단할 수 있었다.

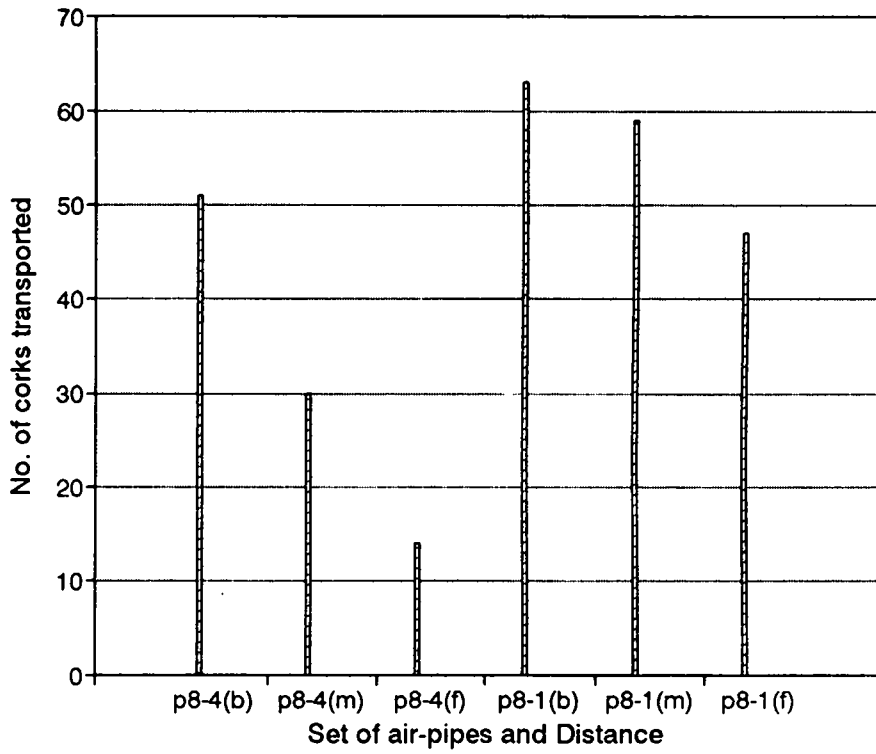


그림 2-8 두 개의 공기토출파이프를 사용할 때 처리별 이송정도

## 5. 결론

실험실용 유리 수조를 이용하여 다양한 이송 및 세척 성능에 관한 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었으며, 이것은 Pilot규모의 세척장치를 설계하는 데 기초자료로 활용할 수 있었다.

수조내의 물의 깊이는 400mm 이상을 유지해야 하며, 공기압축기는 충분한 압력과 유량을 가져야하고, 채소류 폐기물의 청결정도에 따라 파이프 조합의 간격을 조절하여 많이 더러운 경우는 이송보다는 세척에 더 많은 시간이 소요되도록 두 개 공기토출 파이프간의 거리를 멀리하고 이송성능이 중요시된다면 간격을 줄일 수 있도록 파이프 간격 조절이 가능한 시스템의 구성이 바람직할 것으로 판단되었다.

## 제 3 절 이론적 분석 및 시뮬레이션

### 1. 공기방울 세척조의 이론적인 배경

수조하부에 공기 토출구를 설치하고 공기를 분출시키면, 공기의 부력에 의해 세척조내의 물은 상승과 동시에 와류를 발생시킨다. 공기와 물의 밀도차이가 크기 때문에 물의 유동량은 따라서 크다. 이러한 공기펌프는 여러 용도로 쓰이며 특히 호수의 동결방지를 위해 하저에 있는 상대적으로 따뜻한 물을 표면으로 끌어올려 표면의 물의 온도를 높여 호수가 동결되는 것 방지하는 용도로 쓰인다. 또한 정수장의 공기 불어넣는 장치나 폐기물 처리장에 적용되고 상승된 공기방울의 막을 이용하여 파도를 감소시키는 용도로도 쓰이며 김치공장 등에서는 염장된 배추를 씻기 위해 사용하고있



다.

본 장에서는 토출된 공기방울에 의한 와류의 물 유동을 분석하여 이론적으로 수조의 적정조건을 찾고자 한다.

공기방울의 부력은 유체를 끌어올리는 힘이 되며 유체에 상향의 모멘텀을 가하게 된다. 그림 2-1 과 같이 상승되는 흐름 속으로 유체가 유입이 되며 결과적으로 기본적인 상방향의 유체펌프의 역할이 이루어진다. 실험 결과 1.68m 깊이의 물 속에서  $0.000472\text{m}^3/\text{s}$ 의 공기를 분출할 때 상승되는 물의 체적은 공기체적의 120배가됨을 보고한 바 있다(Baines, 1961; Baines et al, 1959). Kobus(1968)에 의하면 4.5m깊이에서 공기를 분출 할 때 공기 유량의 60배 ~ 175배의 유체가 상승됨을 보고하였다. 따라서 유체의 양수 유량은 공기방울의 상승높이와 공기유량에 비례함을 알 수 있다. 또한 그는 공기펌프의 이론적인 분석에서 실험적으로 측정된 양수유량에 근거하여 유입되는 유체의 량을 결정하는 유입계수를 포함한 식을 제시하였다. Balanin 등(1970)은 수조하부의 구멍 뚫린 파이프에서 분출된 공기에 의한 공기펌프를 연구한 결과 양수현상을 이차원으로 분석한 식을 제시하였다.

Hussain(1976)등은 공기펌프에서 유체와 공기의 흐름을 그림2-1과 같이 중앙부의 공기 핵과 외부의 유체흐름층으로 구분하여 유체의 유입현상을 설명하였다. 깊이 0.6m인 수조 바닥에 직경 1.5mm의 구멍을 갖는 유리관을 설치하여 유리관에서 변화된 공기유량에 따라 분출되는 공기방울의 형상을 비디오 카메라로 분석하여 이론적인 모델을 제시하였다. 개발된 모델에서 공기와 유체의 흐름은 두영역으로 그림 2-1과 같이 표현되었으며 전체적으로 중심 축에서 대칭형상을 갖는다. 중앙의 공기핵부는 체인형상으로 상승하는 큰 공기방울과, 공기방울 사이사이에서 함께 상승하는 유체로 구성되며, 중앙 공기 핵의 외부는 공기방울의 부력에 의해 발생된 견인력으로 유입 상승되는 유체흐름층이다. 연구결과 그림 2-9와 같이 공기토

출구의 표면으로부터의 깊이와 공기유량에 따라 유체의 유량이 증대하였다. 공기유량은 깊이에 따라 변화하므로 공기의 중량유량으로 표시된 그림 2-9의 결과에서 유체의 유량( $M_l$ )은 공기의 유량( $M_g$ )의 0.4지수배,  $M_l \propto M_g^{0.4}$ , 깊이의 1.4지수배,  $M_l \propto L^{1.4}$ ,로 변화한다. 일반식으로 표시하면 다음과 같다.

$$M_l = C_1 M_g^{0.4} L^{1.4} \quad (2-1)$$

여기서,  $M_l$ 과  $M_g$ 의 단위는 kg/s이고 L은 m,  $C_1$ 은 상수로 유체의 유입계수에 따라 365와 550으로 변화하였으며 모델을 증명할 다양한 실험자료의 필요성을 제시하였다.

## 2. 공기방울 세척조의 이론적인 분석

공기방울 세척조의 특성에 관한 예비실험 결과와 비교 분석하기 위하여 공기토출구에서의 공기유량을 압력과 구멍의 크기를 변화하여 구하였다.

실험실용 세척수조에 적용된 공기토출 파이프의 구멍을 통과한 공기의 유량을 측정한 결과 공기량은 공기압축기의 압력이 증가함에 따라 증대되었으며 일정한 압력에서 공기토출구의 크기에 따라 증가하는 경향을 보였으나 압력 변화의 효과에 비하여 작았다. 이러한 현상은 예비실험결과인 그림 2-5에서 보는바와 같이 구멍의 크기에 따라 이송속도의 차이가 크지 않은 결과와 일치하였다.

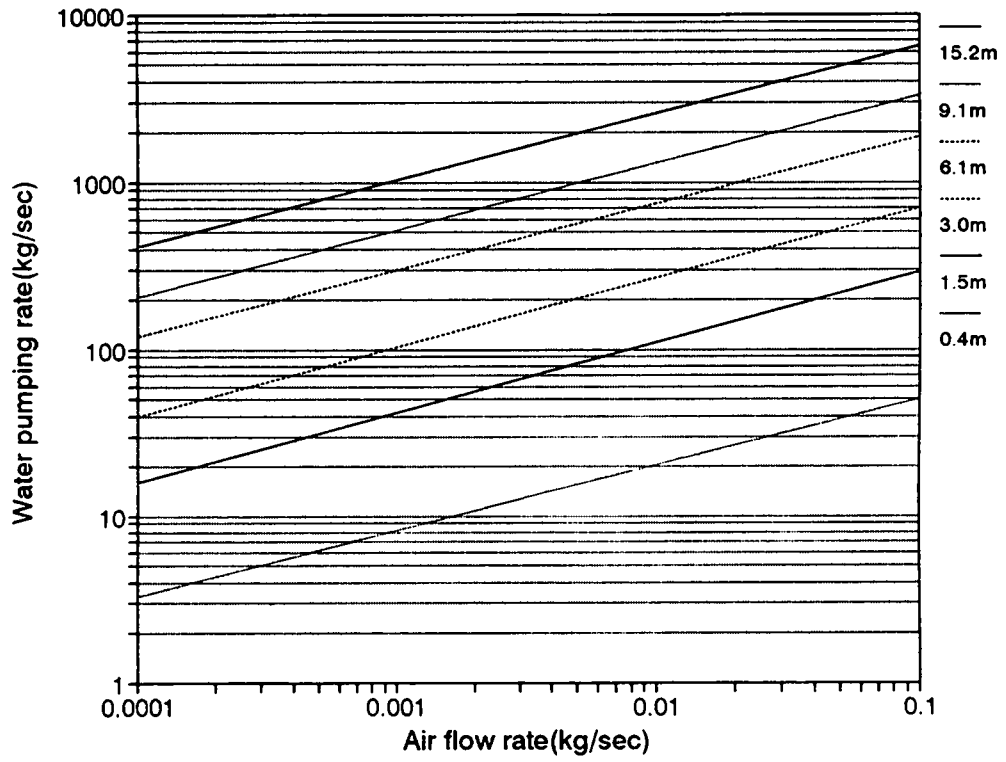


그림 2-9 수조의 물깊이와 공기질량유량에 따른 유체질량유량의 변화

압력의 변화에 따라 유체의 유동량을 장치를 사용하여 정확히 측정하
 기가 어려우며 본 연구에서는 세척수조내의 유체의 유동형태를 비디오 카
 메라와 사진촬영을 통하여 구하였다. 토출 파이프에서 공기가 토출 되어
 상승하는 현상을 살펴보면 구멍을 통하여 배출된 공기는 유체 내에서 공기
 기동을 형성하지 못하고 토출후 일정량의 공기가 방울을 형성하면 부력에
 의해 상승하므로 다음순간의 공기와 분리되어 일정길이의 간격을 갖고 공
 기방울이 연속적으로 형성되어 상승한다. 이때 공기방울 사이의 일정한 간
 격에 포함된 유체는 공기방울의 상승과 함께 상부로 이송된다. 공기압축기
 의 압력에 의해 형성된 공기방울은 상승과정에서 서로 합쳐지거나 분리되
 어 작게 나누어져서 전체적으로 원추의 형상을 이루며 일정한 압력에서 옆
 면이 중심 축과 일정한 각도를 형성하며 유체를 상부로 이송한다. 실험수
 준의 공기의 압력이  $1\text{kg}/\text{cm}^2$  이상으로 높아서 수조하부에서 20cm정도 이상
 의 높이에서는 공기방울이 서로 잘게 나뉘어 혼합된 형태로 상승하며 유체
 의 상승속도는 비디오 카메라로 분석한 결과  $1.2\text{m}/\text{sec}$ 였다. 공기와 유체의
 혼합체는 수면위로 솟아올랐다가 양쪽으로 퍼져나가는 형상을 이룬다. 본
 세척조는 공기방울에 의해 재료를 세척함과 동시에 한쪽방향으로 이송함을
 목적으로 하기 때문에 첫 번째 공기배출 파이프는 출발벽면 하부에 부착하
 여 분출된 공기의 부력으로 유체를 출구방향으로 이송시키는 구조이며 공
 기와 유체의 수평방향으로의 유동형상은 사진촬영에 의해 구하였다. 분출
 되는 공기에 의해 유동되는 유체의 량은 공기분출후 일정시간동안 공기가
 이송될 때 함께 움직인 유체의 량으로 정의 될 수 있으며 그림 2-4와 같이
 유리수조의 옆면에서 공기의 분출에 의해 유체의 유동이 정상상태일 때 촬
 영한 사진을 판독하여 그 체적과 유동길이를 구할 수 있다. 공기가 토출
 되어 상승후 옆으로 이송되어 소멸되는 시간은 0.67초 정도였으며 전체 유
 동된 공기 및 유체의 체적은 사진의 옆면의 공기 점유면적에 수조 폭을 곱

려하여 구할 수 있으므로 단위시간당의 공기 및 유체 유동량을 계산할 수 있다.

공기 및 유체의 총 유량을 공기압력 및 토출구의 직경에 따라 구한 결과는 표 2-4와 같다. 공기 및 유체의 총유동량은 압력에 따라 차이를 보였으며 공기토출구의 직경에 따라서는 큰 차이를 보이지 않았다. 공기토출구의 직경에 따라 총유동량의 차이를 보이지 않은 결과는 토출된 공기의 유량이 토출구의 직경에 따라 큰 차이를 보이지 않은 결과(표 2-5)와 일치하며 공기유량에 따라 총유동량이 변화하는 문헌(Hussain, 1976)의 결과와 일치한다.

표 2-4 공기유체의 총 유동량

Pres.(kg/cm <sup>2</sup> ) Diameter(mm)	5	3	1
8	59,705	42,646	17,592
4	55,973	42,646	22,389
2	62,370	45,845	28,253
1	46,911	30,918	15,992

표 2-5 공기 토출구의 공기유량(대기압)

Pres.(kg/cm <sup>2</sup> ) Diameter(mm)	1	2	3	5
8	2,000	4,308	7,883	15,217
4	1,978	3,266	6,992	14,310

Hussain이 유도한 식을 기초로 공기유량에 따른 유체의 유동량을 식 (2-1)에 의해 구하기 위해 측정된 공기의 체적유량을 질량유량으로 환산하며, 이때 대기압에서 측정된 공기의 밀도를 0.4m깊이의 압력 하에서의 밀도로 환산하여 구하였다. 식 (2-1)의 C값은 550, 수조 깊이를 0.4m로 하여 계산된 유체의 질량유량을 부피로 환산하고 공기의 체적을 합하여 총 공기 및 유체의 유동량을 계산하였다. 계산 결과와 측정치의 오차는 평균적으로 1.24배의 차이를 보였으며 이러한 차이는 Hussain의 유도된 식이 토출구가 하나인 경우로, 본 실험장치의 다수 토출구인 경우와 차이가 있기 때문으로 판단되어 수정계수( $C_2=1.24$ )를 사용하였다. 계산결과와 측정치를 비교한 결과  $R^2$  가 0.97 이었다.

이상의 계산과정을 정리하면 다음과 같다.

측정치: 공기압축기의 압력 -  $5\text{kg/cm}^2$

공기토출구 직경 - 8mm

공기토출구의 수 - 11개

공기토출구의 평균유속 - 27.7m/s

계산과정

$$\begin{aligned} \text{대기압에서 공기토출량}(Q_g) &= 27.7\text{m/s} * 5.5\text{cm}^2 \\ &= 15219 \text{ cm}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{수조하단에서의 공기질량유량}(M_g) &= Q_g * 1.26\text{kg/m}^3 \\ &= 0.019176 \text{ kg/sec} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{공기유동에 의한 유체질량유량}(M_l) &= C_1 * M_g^{0.4} * L^{1.4} * C_2 \\ &= 38.874 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\text{유체의 체적유량}(Q_l) = 38,874 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\text{총 유동체적유량}(Q_t) = Q_g + Q_l$$

$$= 54,091 \text{ cm}^3/\text{s}$$

따라서, 수조의 물깊이와 토출 공기유량을 측정하면 공기 및 유체의 총유동량을 예측 할 수 있다.

### 3. 공기방울에 의한 세척 및 이송성능

공기방울을 이용하여 세척과 이송을 동시에 수행하기 위해서는 공기 토출파이프를 수조하부에 적절히 배치하여 이송과 동시에 유체의 와류에 의해 재료를 유동시켜서 세척하는 작업이 필요하다. 따라서 공기 토출파이프를 둘 이상 설치하여 첫 번째 파이프에서 토출된 공기의 힘으로 재료를 두 번째 파이프의 토출된 공기의 저항을 이기고 앞으로 진행시켜 그 과정에서 공기방울의 유동에 의해 재료를 세척 할 수 있는 방법이 요구된다. 예비실험에서 두개의 공기 토출파이프를 설치하여 이송성능을 측정한 결과 공기구멍의 크기에 따라서 적절한 파이프 간격이 제시되었으며 본 장에서는 이론적인 계산을 통해 이송성능에 관한 분석을 하고자 한다.

공기 토출파이프 두개를 하나의 공기압축기에 T관으로 연결하여 대기압에서 공기유량을 측정한 결과는 표 2-6과 같다. 예비실험에서 비교되었던 토출파이프의 조합은 8mm-4mm와 8mm-1mm 이었으며 표 2-6에서와 같이 공기유량의 분배비가 1.9:1 및 34:1로 공기토출구의 면적비인 4:1 및 64:1인 경우와 비교할 때 약 절반정도 크기의 비율을 보였다. 각 조합에서 측정된 공기의 유량을 기초로 유체의 유동량 및 총 공기유체 유동량을 계산할 수 있다. 총 공기유체의 유동량이 커지면 수조 표면에서 단위시간당 공기유체의 유동거리가 길어지며 따라서 재료의 이송속도가 빨라진다. 총 공기유체 유량과 공기유체의 수평 유동길이와의 상관관계를 사진 판독자료에서 측정하여 다음과 같은 식을 구하였다( $R^2 = 0.985$ ).

$$L_h = 0.028645 Q_t^{0.66267} \quad (2-2)$$

여기서,  $L_h$  = 유동길이(cm)

$$Q_t = \text{총 공기유체의 유량}(cm^3/sec)$$

총 공기유체 유량은 그림 2-10과 같은 파이프 위치에 따라 두종류의 단면을 형성하며 공기토출구에서 수면까지는 삼각형을 이루고 수면에서는 한 변이 유동길이인 직사각형으로 가정할 수 있다. 따라서 삼각형의 꼭지각이 결정되면 그림 2-10의 유동높이도 계산되어진다. 삼각형의 꼭지각은 공기유량에 따라 변화하며 사진 판독자료에서 상관관계식을 다음과 같이 구하였다( $R^2 = 0.989$ ).

$$Q_g = 118.4 \theta^2 - 41.7 \theta \quad (2-3)$$

여기서,  $Q_g$  = 공기토출 유량( $cm^3/sec$ )

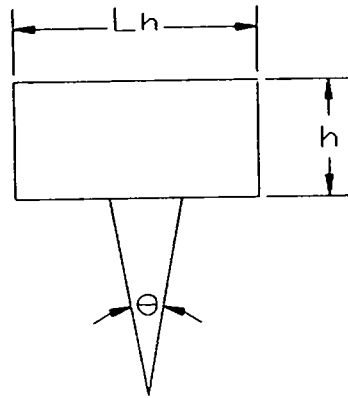
$\theta$  = 꼭지각 (deg)

그림 2-10의 형상은 공기방울을 이용하여 재료를 이송할 때 공기유체의 유량이 영향을 미치는 범위를 결정 할 수 있는 모형이며, 설계된 공기 토출 파이프의 공기유량이 측정되면 계산을 통해 모형이 결정된다.

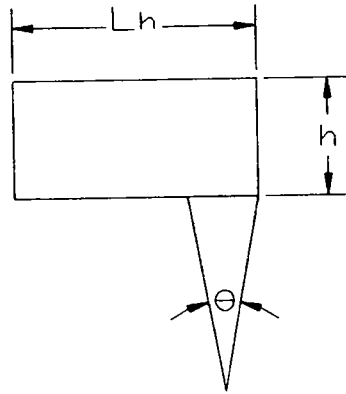
수조 내에 두개의 공기토출파이프를 설치할 때 구멍 크기를 달리한 것은 공기토출 유량의 차이를 이용하여 첫 번째 파이프와 두 번째 파이프의 유체의 유동량을 조정하여 재료의 이송 및 세척정도를 달리 할 수 있다. 즉 첫 번째 파이프의 공기유량이 두 번째 파이프의 공기 유량보다 상대적으로 크면 두 번째 파이프의 유동저항을 적게 받으며 이송되는 반면 와류의 영향을 적게 받게된다. 그러나 두 파이프의 공기 토출유량의 차이가 적으면 이송이 원활치 않은 반면 와류에 의한 세척성능이 높아진다. 한편 첫 번째 파이프와 두 번째 파이프의 간격을 조정할 경우 공기토출유량에 의한 효과



가 달라진다. 비록 두 파이프의 공기유량의 차이가 크지 않아도 두 파이프의 위치가 근접할 경우 첫 번째 파이프에 의한 유체의 유동력에 의해 재료는 두 번째 파이프의 저항을 이기고 이송이 가능하다. 그러나 두 파이프의 공기유량 차이가 큰 경우에도 두 파이프의 간격이 일정한 길이 이상으로 멀어지면 두 번째 파이프의 공기유체의 유량에 의해 벽이 형성되어 재료의 이송이 어렵게 된다. 이러한 현상은 예비실험을 통해 고찰되었으며 본 장에서는 개발된 모형을 기초로 해석 하고자 한다.



(a)



(b)

그림 2-10 공기토출 파이프 설치 위치에 따른 공기-유체 유동의 유동길이 및 유동높이에 대한 모델 ; (a) 수조 중간부, (b) 수조 선단부

실험에 사용된 8mm-4mm와 8mm-1mm 두 경우에 5kg/cm<sup>2</sup> 압력의 공기압축기에서 각 공기토출 파이프에 분배되어 토출된 공기유량을 표 2-6에 표시하였으며 동시에 계산된 유체의 체적, 공기유체의 총 유동량, 유동 길이, 폭지각 및 유동높이의 값도 표시하였다. 계산된 각 수치를 기초로 공기유체의 유동형상을 그림으로 표시한 결과는 그림 2-11과 같다. 공기토출 파이프 조합 8mm-4mm일 때 유동길이는 32.8cm, 26.3cm이고 유동 높이는 17.1cm, 15.2cm로 두 유동형상이 서로 맞닿는 경우 파이프의 간격은 46cm이다. 이와 동일한 조건의 실험실 실험에서 파이프 간격이 30cm인 경우와 40cm인 경우의 수조내 유체의 유동을 관찰한 결과(그림 2-7) 30cm인 경우에는 수조 표면의 유체가 진행방향으로 이동되었으나 40cm 인 경우에는 첫 번째 파이프에 의해 분출된 공기유체가 두 번째 파이프의 공기유체 유동의 저항으로 인해 진행방향으로 이송되지 못하고 첫 번째 파이프 쪽으로 순환하는 현상을 볼 수 있다.

표 2-6 공기압축기에 연결된 파이프 조합의 공기유량 및 공기-유체 유동형상치

Set of air-pipes	8mm-4mm		8mm-2mm		8mm-1mm		4mm-2mm	
Airflow rate (cm <sup>3</sup> /sec)	9,350	4,909	13,200	1,464	9,405	276	5,225	1,316
Air-Liquid flow rate (cm <sup>3</sup> /sec)	41,334	29,626	49,700	17,000	41,464	8,091	30,595	15,916
Length of flow (L <sub>h</sub> /cm)	32.8	26.3	37.1	18.2	32.9	11.1	26.9	17.4
Cone angle(deg)	9	6.6	11.0	3.6	9	1.6	6.8	3.5
Height of flow (cm)	17.2	15.3	18.2	12.8	17.2	10.1	15.4	12.4

파이프 조합 8mm-1mm일 때 유동길이는 32.9cm, 11.1cm이고 유동높이는

17.2cm, 10.1cm로 두 유동형상이 맞닿는 경우 파이프의 간격은 38.5cm이다. 같은 조건에서 실험실 수조내의 유체의 유동을 관찰한 결과(그림 2-7) 30cm인 경우에는 표면의 유체가 진행방향으로 이동되었으나 40cm인 경우에는 표면에 저항력이 발생되었고 50cm인 경우에는 표면의 유체가 첫 번째 파이프 쪽으로 순환되는 현상이 발생되었다. 8mm-4mm조합과 달리 8mm-1mm일 때 40mm인 경우에도 진행방향의 유동이 가능하였던 바는 유동높이의 차이가 컸기 때문인 것으로 판단되며 유동길이에 의한 이송가능 한계에 유동 높이의 차이도 동시에 고려됨이 필요하다.

유동높이에 수조의 폭을 곱하면 유동 단면이 계산되어 재료를 이송시키는 유동력을 산출할 수 있다. 8mm-4mm 일 때는 두 번째 파이프의 유동력은 첫 번째의 89%이나 8mm-1mm인 경우에는 59%로 두 파이프 각각의 공기유체의 유동형상이 맞닿는 경우에도 유동력의 차이가 큰 경우에는 재료를 이송할 수 있는 파이프의 간격의 한계가 다소 커지며 유동력의 차이가 작은 경우에는 원활한 이송을 위해서는 유동형상이 맞닿는 위치보다 파이프 간격이 줄어들어야 함을 알 수 있다.

공기압축기의 유량이 설계된 수조에 비해 작아서 터보 팬을 이용한 실험을 하였으며 이때의 파이프의 구멍의 크기는 8mm-4mm 와 8mm-2mm이었다. 각 조합에서 터보 팬에 의해 각 공기토출 파이프에 분배되어 토출된 공기유량을 표 2-7에 표시하였으며 동시에 계산된 유체의 체적, 공기유체의 총 유동량, 유동길이, 꼭지각, 및 유동높이의 값도 표시하였다. 계산된 각 수치를 기초로 공기유체의 유동형상을 그림으로 표시한 결과는 그림 2-12와 같다. 공기토출 파이프 조합 8mm-4mm일 때 유동길이는 43.4cm, 27.6cm이고 유동 높이는 22.8cm, 15.6cm로 두 유동형상이 서로 맞닿는 경우 파이프의 간격은 58.2cm이며 8mm 파이프의 유동력은 4mm의 68%이었다. 파이프조합 8mm-2mm인경우의 유동길이는 45.2cm,

18,2cm이고 유동높이는 20.4cm, 12.7cm로 두 유동형상이 서로 맞닿는 경우 파이프의 간격은 54.3cm이었으며 8mm 파이프의 유동력은 2mm의 62%이다. 두종류의 파이프조합에서 파이프 간격 40cm인 경우에는 이송에 어려움이 없으며 파이프 간격을 50cm 이상으로 증가하면 유동력의 차이가 상대적으로 작은 8mm-4mm인 경우에는 유동형상이 맞닿는 부분에서 와류가 발생이 되어 8mm-2mm에 비하여 같은 간격에서 이송속도가 낮아지는 현상이 발생될 것이다.

표 2-7 터보 팬에 연결된 파이프 조합의 공기유량

Set of air-pipes	8mm-4mm		8mm-2mm		4mm-2mm	
Airflow rate (cm <sup>3</sup> /sec)	19,800	5,658	22,000	1,518	5,106	1,208
Air-Liquid flow rate (cm <sup>3</sup> /sec)	62,980	31,820	67,038	16,975	30,215	15,315
Length of flow (L <sub>b</sub> , cm)	43.4	27.6	45.2	18.2	26.7	17.0
Cone angle(deg)	13.0	7.1	14.0	3.7	6.7	3.3
Height of flow (h, cm)	20.0	15.6	20.4	12.7	15.4	12.3

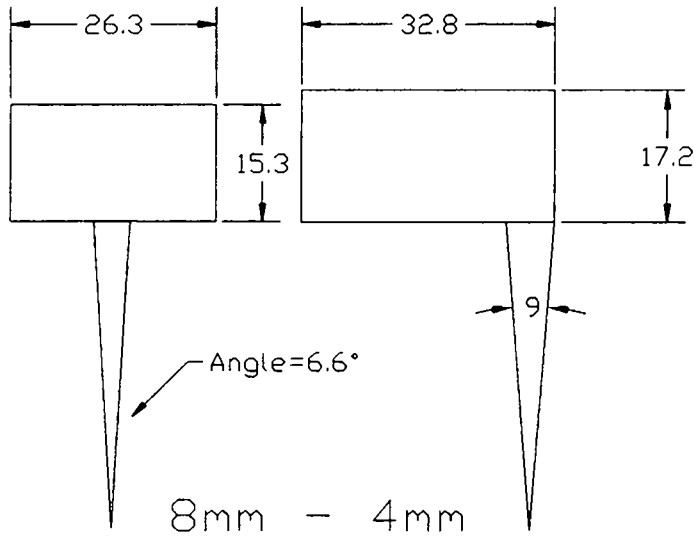
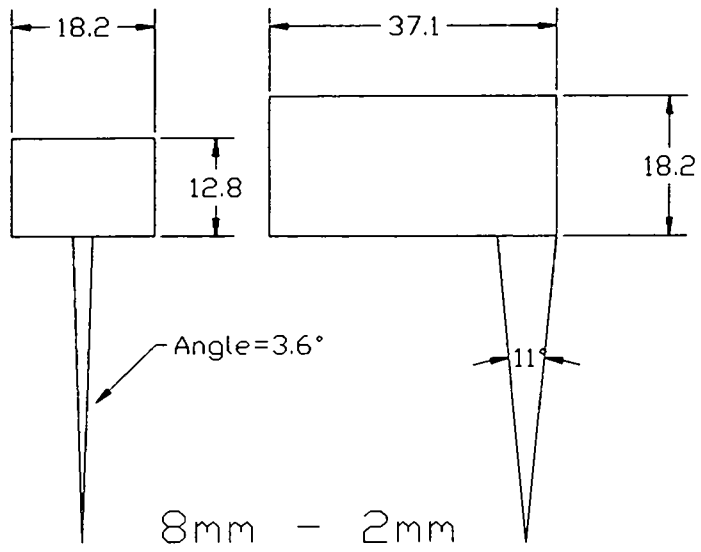


그림 2-11 여러 공기토출 파이프 조합에서의 유동 형상치(공기압축기)

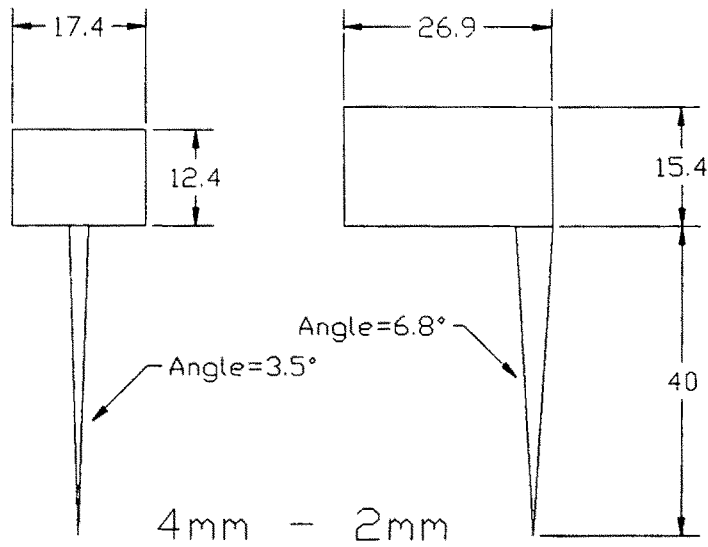
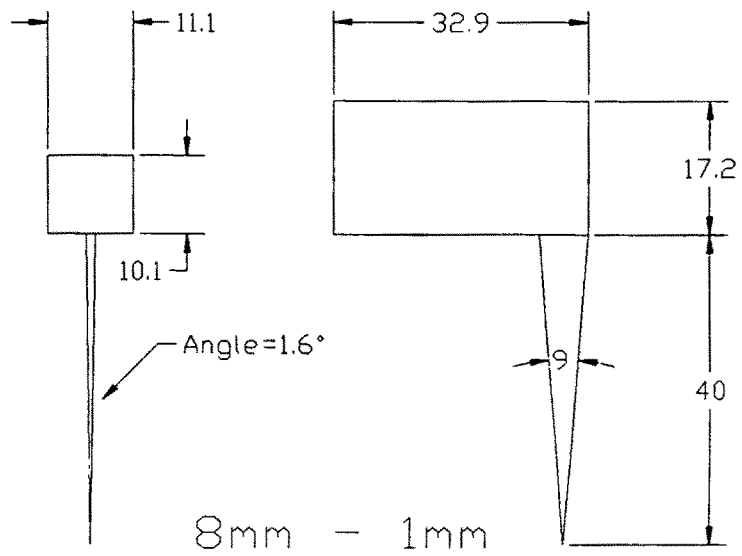
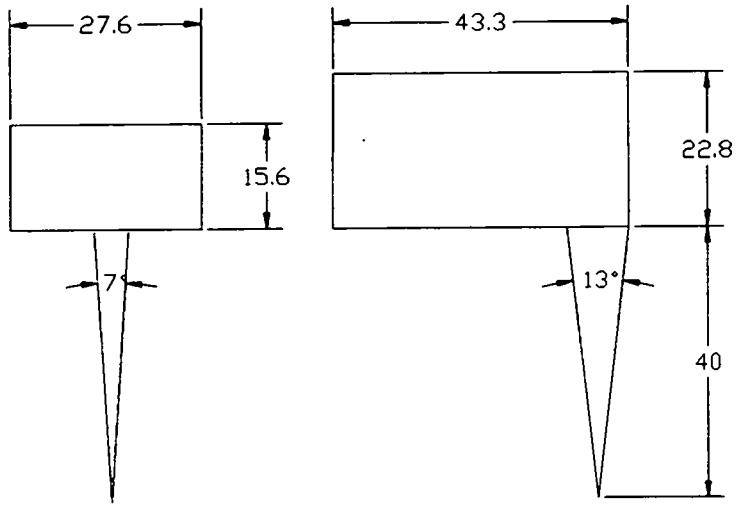
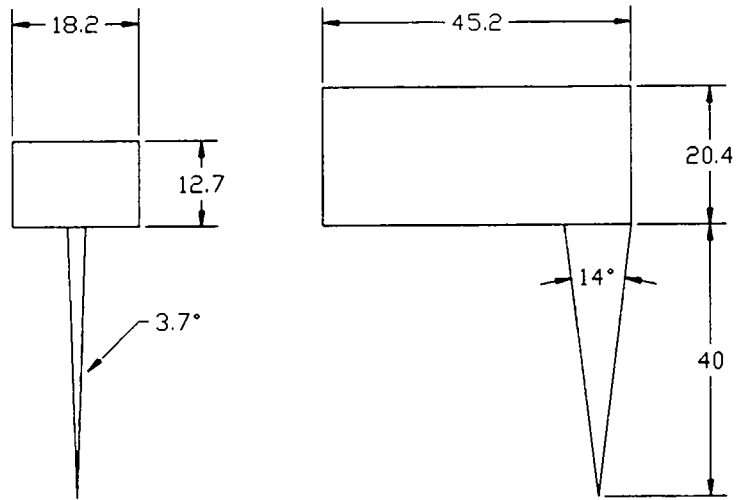


그림 2-11 (계속)



8mm - 4mm



8mm - 2mm

그림 2-12 여러 공기토출 파이프 조합에서의 유동 형상치(터보 팬)



## 제 4 절 Pilot급 수조세척장치

실험실용 유리수조에서의 예비 실험 결과 및 이론적 분석, 시뮬레이션을 토대로 하여 Pilot급 규모의 세척수조를 설계, 제작하였다.

### 1. Pilot급 세척 수조 설계 인자의 결정

#### 가. 세척수조

수조의 폭은 원활하게 물을 진행방향으로 유동시킬 수 있도록 좁고 길어야 하고 또한 다음 공정인 감용기로의 투입을 원활하게 하기 위하여 감용기 투입부의 폭과 비슷하도록 폭을 600mm로 하였다.

수조내 물의 깊이는 충분히 깊어야만 공기방울에 의해 원활한 유동력을 얻을 수 있으므로, 물깊이를 최소 400mm 이상으로 유지할 수 있도록 수조의 깊이는 500mm로 하였다.

수조의 길이는 감용기의 처리능력에 따라 결정될 수 있는 설계 인자로서 최소 1500mm 이상으로 최소한 3개의 공기토출 파이프의 설치가 가능하도록 하였다.

#### 나. 공기토출 파이프

수조 선단에 설치하는 파이프의 공기토출구는 직경 8mm로 하고, 끝단으로 갈수록 공기방울 발생에 의한 물의 유동력을 줄일 수 있도록 공기토출구의 직경을 4mm, 1mm로 하였다.

구멍의 간격은 실험용 수조에서 사용했던 50mm간격이 적정할 것으로 판단되었다.

## 다. 공기토출 파이프의 설치 간격

첫 번째와 두 번째 파이프 사이의 간격은 500mm를 유지하여 초기에 충분한 세척이 이루어지고, 수조 끝단으로 갈수록 파이프 사이의 간격을 줄여줌으로써 세척보다는 이송을 원활하게 할 필요가 있는 것으로 판단되어 간격을 자유롭게 조절할 수 있도록 하였다.

## 2. Pilot 수조세척장치의 구성

Pilot 수조세척장치는 그림 2-13에서 보는 바와 같이 구성하였으며, 세척된 배추 폐기물은 배출장치에 의하여 다음 단계의 공정인 감용기로 투입하게 되어 있다. 각 구성 부를 살펴보면,

### 가. 수조

수조의 크기는 폭이 600mm, 깊이 600mm, 길이 2500mm로서, 물에 의한 부식을 방지하기 위하여 스테인레스 판으로 제작하였다. 배출구는 수조 끝단의 하단 부 양 쪽에 직경 25mm의 배수구를 내고 코크밸브를 설치하였으며, 공기토출 파이프는 수조내 이동이 가능하도록 파이프 holder를 제작하여 원하는 위치에 장착이 가능하도록 하였다.

### 나. 투입장치

예비 실험 단계에서는 속도조절이 가능한 이동식 컨베이어 벨트를 설치하여 배추 폐기물을 투입할 수 있도록 하였다.

## 다. 배출장치

배출장치는 그림 2-14에서 보는 바와 같이 컨베이어 벨트와 동력전달장치로 구성하여 세척용 수조의 끝단에 부착하였다. 각 부분의 제원 및 기능은 다음과 같다.

### 1) 컨베이어 벨트부

건어올러지는 배추로부터 물의 배수를 용이하게 하기 위하여 V벨트를 이용하여 폭 400mm, 길이 약 1000mm의 컨베이어 벨트를 제작하였으며, 각 부의 특징은 다음과 같다.

양 끝단의 축은 직경 100 mm인 특수 플라스틱 환봉에 19개의 A형-V벨트 홈을 내고, V벨트를 10개만 걸어서 벨트간 간격이 약 32mm를 유지할 수 있도록 하여 건어올러지는 배추로부터의 배수를 용이하게 하였다. 배출장치의 경사각은 30° 와 45° 로 조절할 수 있도록 하였으며, 배출시 미끄러져 흘러내리는 것을 방지하기 위하여 컨베이어 벨트에 미끄럼 방지 격막을 설치하였다. 격막은 높이 50mm의 스테인레스 다공판으로서 컨베이어 벨트의 길이 방향으로 1000mm 간격마다 총 3개를 미세 볼트를 사용하여 벨트 위에 고정하였다. 또한, 컨베이어 벨트 하단 축의 지지 베어링은 물 속에 잠겨 있으므로 부식 방지를 위하여 무주유 베어링(oilless bearing)을 알루미늄으로 제작한 UCF205 케이스에 끼워 사용하였다.

### 2) 동력전달장치

1 마력의 단상모터에 감속기를 붙여 컨베이어 벨트의 상단 부의 축에 구동폴리를 설치하고 V 벨트로 동력을 전달할 수 있도록 하였다. 이 때, 컨베이어 벨트의 이송속도는 약 3 mm/sec로 하였다.

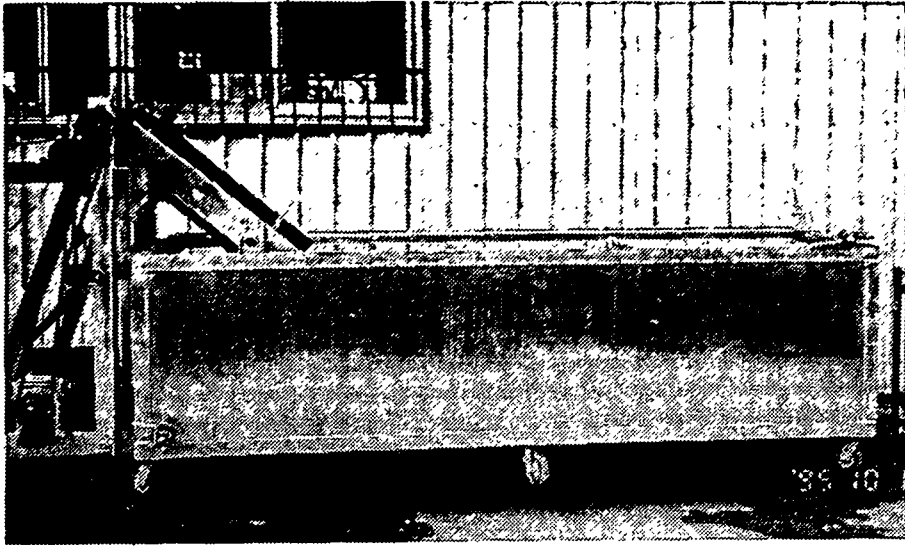


그림 2-13 Pilot 수조세척장치의 외관도

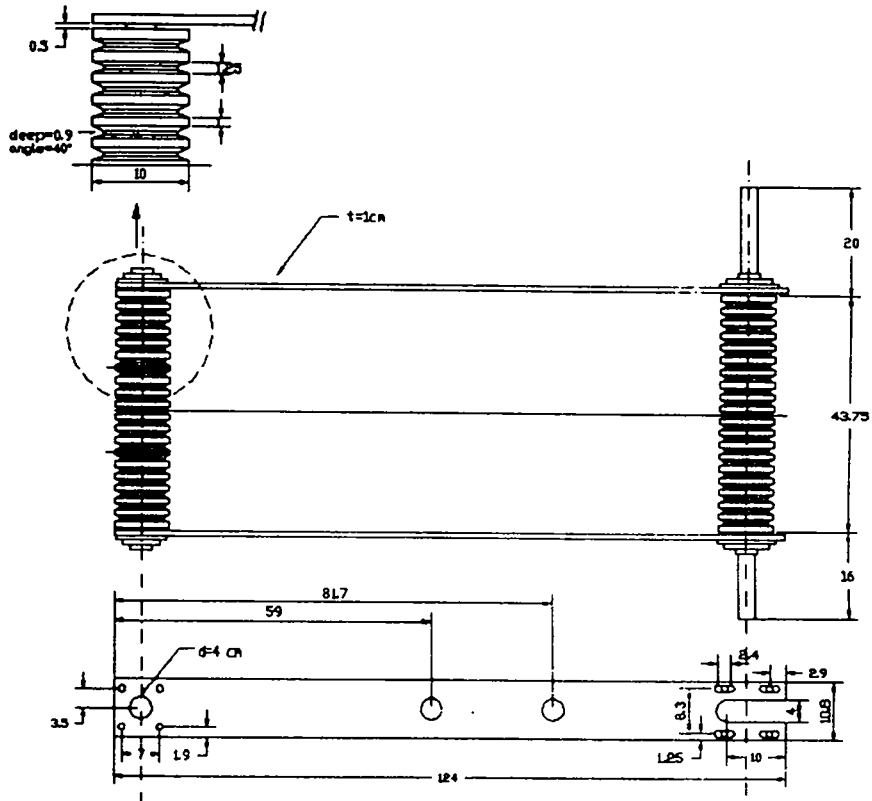


그림 2-14 배출 컨베이어 벨트의 설계도

### 3. Pilot 수조세척장치의 성능 실험

#### 가. 실험 방법

예비 실험에서 발견된 제 문제점들을 수정 보완한 후 Pilot급 수조세척장치의 성능실험을 실시하였다.

배출 컨베이어의 경사도는  $30^\circ$ , 벨트 이송속도는 3 mm/sec로 고정하고 배추 폐기물을 시료로 하여 이송정도 및 세척정도를 측정하였다. 여기서, 투입하는 배추 폐기물은 9kg의 양을 약 20초에 걸쳐 수조에 투입되었으며, 매 처리마다 같은 양의 새 배추 폐기물을 사용하였다.

성능 실험은 두 개의 공기토출 파이프 조합과 두 파이프간의 간격을 요인으로 하여 모두 4 처리의 실험을 수행하였다. 처리는 8mm-1mm 공기토출 파이프 조합과 8mm-4mm 공기토출 파이프 조합에서 파이프간 간격을 각각 400mm, 600mm로 설정하였다.

이송정도는 배추 폐기물을 투입후 30초가 경과할 때까지 배출된 배추 폐기물의 양, 그 다음 30초 동안에 배출된 배추 폐기물의 양 그리고 배출 컨베이어 벨트의 구동을 정지한 후의 잔유 배추 폐기물의 양을 측정하였다. 배출되는 배추는 물에 잠겼던 관계로 물의 무게가 부가되었으므로 배출된 배추 폐기물의 양을 비교할 때는 절대적인 양보다는 배출되어 나온 배추 폐기물 양의 상대적 비율로 나타내었다.

한편, 세척정도는 배추 폐기물의 시료가 최초 투입되기 전의 깨끗한 물과 비교하여 매회 실험이 끝난 후 더러워진 물의 탁한 정도로서 나타내었다. 탁도는 매회 실험이 완료된 후 비이커로 샘플을 채취하여 색도계(Color Reader : CR-10, Minolta Co.,Japan)로 L값을 측정하여 차이를 보는 방식을 시도하였다.

## 나. 결과 및 고찰

이송성능에 대한 실험결과를 표 2-8에 나타내었다. 첫 번째 공기토출 파이프에 비하여 두 번째 공기토출 파이프의 공기토출구 면적이 상대적으로 작은 경우, 즉 8mm-1mm의 조합에서 우수한 이송성능을 나타내었고 공기토출 파이프간의 간격이 벌어지면 이송성능은 저하하는 것으로 나타나 예비 실험 결과와도 일치하였다. 8mm-1mm의 조합으로 간격이 400mm인 경우와 8mm-4mm의 조합에서 간격이 600mm인 경우의 이송성능은 거의 비슷하였으며 다만 초기 이송속도가 8mm-4mm의 조합이 빠른 것으로 나타나 세척측면을 고려할 때 8mm-1mm 조합에서 간격이 600mm인 경우가 바람직할 것으로 판단되었다.

표 2-8 각 처리별 배출 컨베이어 벨트에 의한 이송량

Treatment		Quantity of Output (%)		
		0 - 30 sec	30 - 60 sec	Remaining
8mm-1m m	400mm	42	49	9
	600mm	21	34	45
8mm-4m m	400mm	33	23	44
	600mm	9	9	82

세척정도를 나타내기 위한 탁도는 매 처리마다 물을 완전히 배수하고 깨끗한 물을 채울 수 없었기 때문에 한 처리가 끝나고 난 후의 샘플을 채취하여 탁도 검사를 하였는데 새로운 처리의 실험을 수

행할 때마다 세척 수는 현저하게 혼탁해져감을 육안으로도 식별할 수 있었으며, 색도계에 의한 L값도 최초의 처리에서 네 번째 처리까지 각각 13.2, 16.1, 18.0, 21.4로 증가하여 세척이 이루어지고 있음을 판단할 수 있었다. 절대적인 세척 성능을 나타내기 위하여는 배추 폐기물의 청결정도에 따른 세척수의 오염도간과 또한 탁도 측정장비와의 사이에 측도 설정이 이루어져야 하나, 배추 폐기물에 대한 제어 가능한 청결정도를 설정하는데 어려움이 있어 지속적인 연구가 요망되고 있는 부분이다.

## 다. 결론

Pilot 수조세척장치는 배출 컨베이어 벨트의 설치 경사각이 30°, 이송벨트의 속도는 3 mm/sec에서 공기 토출구가 8mm-1mm인 파이프가 400mm 의 간격으로 설치되어 있을 때에 가장 원활한 이송성능을 나타내었으나, 세척성능을 고려한다면 8mm-1mm 조합에서 간격이 600mm인 경우가 가장 바람직할 것으로 판단되었다

## 제 5 절 이물질 분리·선별에 대한 기초 연구

세척작용에 의하여 분리된 흙 또는 이물질 등은 비중에 의하여 수조 바닥으로 침전되므로 별도의 분리장치에 의하여 제거가 가능한 것으로 판단되었다. 즉, 수조 밑바닥으로부터 탁해진 물을 배수하여 경사진 체에 통과시킴으로써 흙과 이물질을 분리하고 체에 쌓이는 퇴적물은 일정한 시간마다 4절 링크를 이용한 기계적 장치로 제거하고, 깨끗해진 물은 다시 수조로 유입하여 재사용이 가능할 것으로 판단되었다.



그러나, 여름철에는 이동시에 배추의 짓무름을 방지하기 위하여 포기마다 신문지로 포장하여 반입되고 있는 실정으로 폐신문지의 양이 과도한 상태라서 수조세척장치인 세척수조에 배추 폐기물과 함께 그대로 투입될 시에는 선별 및 세척 성능을 현저히 떨어뜨릴 것으로 판단된다. 또한 가을철에는 배추를 한 포기 씩 노끈으로 묶어서 집하장으로 반입하기 때문에 과도한 양의 노끈을 수조세척장치에서 모두 처리한다는 것은 지극히 비효율적이라 판단되었다. 이와 같이 배추 폐기물이 다량의 신문지 또는 노끈 등과 엉켜 있는 상태로는 비중 차이에 의한 선별은 어려울 것으로 판단되어, 수조세척장치에 투입하기 전에 분리수거를 실시하고, 배추 폐기물과 함께 투입되는 신문지, 노끈 등은 세척 수조에 투입하기 전에 풍력 및 진동에 의한 분리 선별을 하였다. 한편, 분리되지 않고 세척수조에 투입된 신문지 등은 감용장치를 통과할 때 롤 사이에서 배추와 신문지의 선속도가 달라지는 특성을 이용하여 분리하는 방식도 연구되었다.

## 제 6 절 최종 개발된 수조세척장치

### 1. 1차 개발된 수조세척장치의 수정

세척 및 이송 성능을 향상시키기 위하여 공기압축기를 터보 팬으로 교체하여 공기유량을 증가시켰다. 본 연구에서 사용한 터보 팬의 사양은 표 2-9와 같다.

또한, 세척이 완료되어 컨베이어 벨트 배출장치를 통하여 배출될 때에 작은 조각의 배추 폐기물이 벨트 사이로 빠지는 것을 방지하기 위하여 플라스틱 다공망으로 컨베이어 벨트 전체를 감쌌다. 세척 수조내 깊이 250mm 지점에서 직경 100mm의 관을 설치하여 오염된 물 및 배추 찌꺼기

등을 수조 밖으로 배출하여 망을 이용하여 이물질을 걸러내고 깨끗해진 물은 펌프를 사용하여 세척수조로 재투입할 수 있도록 하였다.

직경 30mm의 플라스틱 다공망으로 된 날개가 4개 달린 수차를 제작하여 세척수조의 수면에 설치하였으며, 이송되어 가는 배추 폐기물의 양이 많을 경우 표면에 떠 있는 재료를 물속으로 밀어 넣어 세척성능을 향상시킬 수 있도록 하였다.

표 2-9 터보 팬의 사양

Maker		DONG BU Ltd.
Model		DBR030-3A
Air pressure(max)		2300 mmAq
Vaccum pressure(max)		2200 mmAq
Displacement(max)		4.8 m <sup>3</sup> /min
Motor (220/380-3P)	Rated RPM	3400 rpm
	Rated Power	2.2 kW

## 2. 최종 개발된 수조세척장치의 성능 실험

수정 보완된 수조세척장치를 이용하여 이송성능과 세척성능을 검증하기 위한 일련의 실험을 수행하였다.

### 가. 실험 방법

#### 1) 이송성능

이송 성능은 세척될 시료의 이송속도로서 나타낼 수 있는데, 콜크를

사용한 실험의 경우는 64개의 콜크가 수조 선단에서부터 일정시간동안 진행한 양을 측정하였고, 배추 폐기물을 시료로 사용한 경우는 세척수조내 투입후 일정시간 경과 후 배출되어 나오는 양과 미배출량을 측정하였다. 또한, 날 개의 시료가 수조를 통과하는데 걸리는 시간을 측정하여 이송성능으로써 나타내었다. 실험조건 및 재료는 표 2-10에서와 같다.

표 2-10 이송성능 평가를 위한 실험요인 및 재료

	Set of Air-pipes	Distance between Air-pipes	Air pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Feed rate (kg/sec)	Material	Remarks
Exp.#1	8mm-4mm	400mm	0.04	-	corks	64 pieces
		500mm	0.09			
		600mm				
Exp.#2	8mm-4mm 8mm-2mm	400mm	0.09	-	corks	50 pieces
		500mm	0.04			
		600mm				
Exp.#3	8mm-4mm 8mm-2mm	400mm	0.09	0.45	cabbage	2x2 factorial design
		600mm				
Exp.#4	8mm-4mm 8mm-2mm	400mm	0.09	-	cork	1 piece
		600mm				

## 2) 세척 성능

세척 정도를 정량화하기 위하여 직경 50mm크기의 콜크에 검정색 유성 페인트를 칠하여 표면을 일정하게 한 후 물에 갠 석회석을 일정한 두

계로 도포 하여 세척수조내로 투입되었을 때, 씻김의 정도에 따라 석회석이 씻겨나가 원판인 검정색이 나타나는 정도를 측정하여 상대적인 세척 성능을 나타내었다. 실험요인 및 재료는 표 2-11에서와 같으며, 하나의 실험 처리에 콜크 재료 8개씩을 투입하여 건조시킨 후 각각의 재료에 대한 명도 수준을 측정하였다. 각 처리는 3번씩 반복하였다.

표 2-11 세척성능 평가를 위한 실험요인 및 재료

	Set of air-pipes	Distance between air-pipes	Air pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Feed rate	Experimental material
Exp. #4	8mm-4mm 8mm-2mm	400mm 500mm 600mm	0.09	-	Cork covered with lime powder

명도수준은 광량을 일정하게 유지할 수 있는 밀폐된 공간 내에서 CCD 카메라(Plunix TMC-7, Panasonic, Japan)를 사용하여 image를 획득한 후 화상처리보드(Oculus, Canada)가 장착된 컴퓨터에서 화상처리기법을 이용하여 구하였다. 획득한 image를 흑백image로 변환한 후, 콜크의 전체 크기에 상당하는 관심영역(Area Of Interest)을 설정하여 그 부분에 대하여 히스토그램을 구하여 명도(Gray level)의 평균값을 구하였다. 여기서, 100% 흰색의 명도값은 0 이고, 100% 검정의 명도 값은 255로 설정하였다.

## 나. 결과 및 고찰

### 1) 이송성능

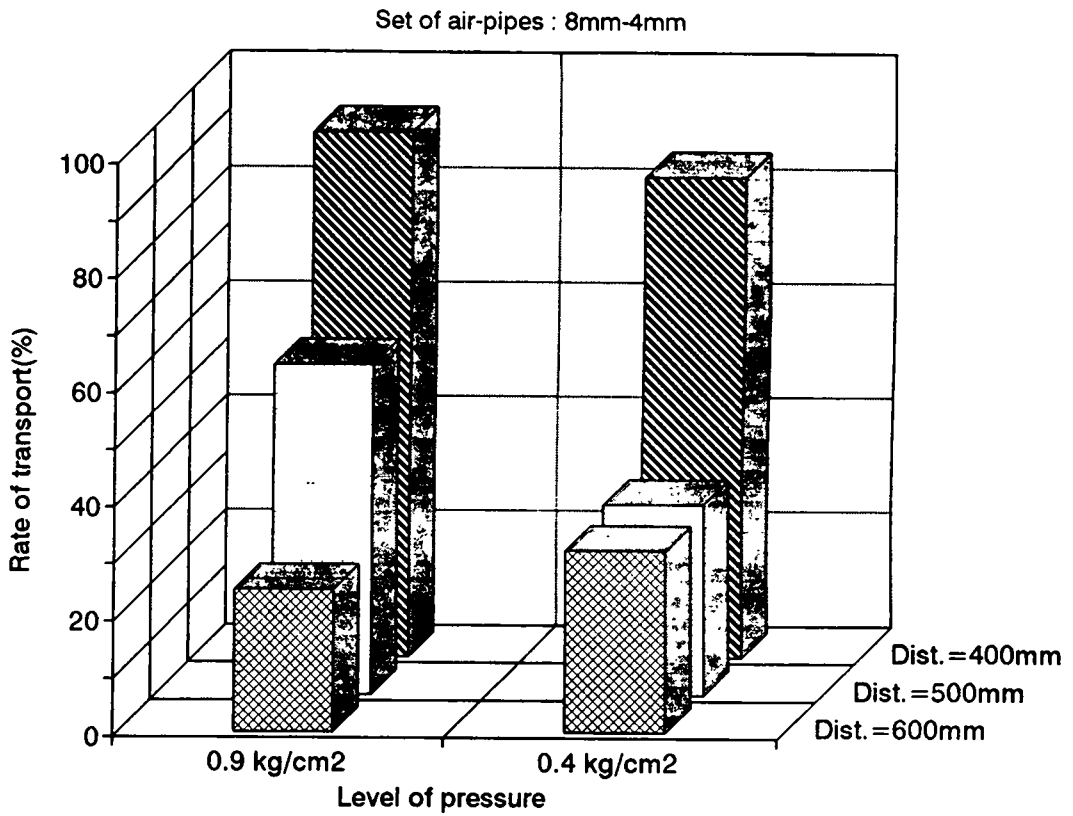
Exp. #1 : 공기토출압력의 차이는 공기토출 파이프의 공기유량 차이

를 나타내며  $0.9\text{kg/cm}^2$ 일 때 공기유량은  $0.0299\text{ m}^3/\text{sec}$ 이었으며  $0.4\text{kg/cm}^2$ 일 때는  $0.0229\text{m}^3/\text{sec}$ 이었다. 공기유량이 커지면 이론분석 결과 공기유체 유동길이도 커지는 결과를 보여 이송 가능한 공기토출 파이프간 설치간격도 달라진다. 이론적인 분석에 의해 공기유체 유동거리에 따른 이송가능 공기토출 파이프 간격을 계산하면, 공기토출압이  $0.9\text{kg/cm}^2$ 일 때 8mm 파이프의 공기유체 유동길이는 43.4cm 이고 4mm 파이프의 경우 27.6cm이므로 두 파이프의 간격이 570mm까지 이송이 가능하며, 공기토출압이  $0.4\text{kg/cm}^2$ 일 때 8mm 파이프의 경우 39.1cm, 4mm파이프의 경우 25.2cm로 파이프 간격 520mm까지 이송이 가능하였다. 파이프 간격이 이송가능 간격보다 작아질수록 이송률은 증대한다. 표 2-12의 실험결과를 비교하면 이론적인 이송가능 간격보다 큰 600mm에서는 두 압력의 경우 이송률이 80% 이하로 저조한 결과를 보여 이론 분석이 실험결과를 잘 설명하고 있다. 또한, 공기토출압력이 낮은 경우 공기유량이 작고 따라서 이송가능 간격이 작아지므로 압력이 높은 경우와 같은 이송률을 갖기 위해서는 파이프 간격을 상대적으로 작게 해야 하며 이러한 현상은 표 2-12에서  $0.4\text{kg/cm}^2$ 의 압력의 경우 간격이 400mm인 경우의 이송률이  $0.9\text{kg/cm}^2$ 압력의 간격 500mm인 경우와 비슷한 결과에서 잘 설명된다.

표 2-12 공기토출압력 및 공기토출파이프 설치간격에 따른 이송률

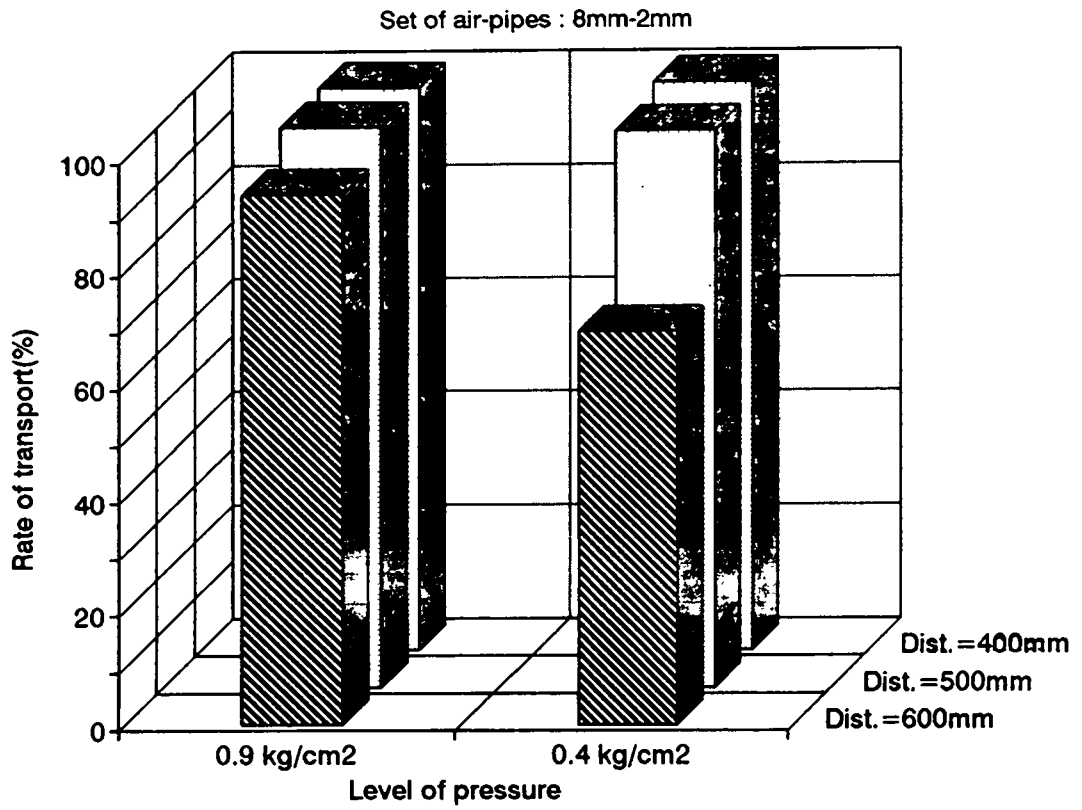
		Air pressure	
		$0.4\text{ kg/cm}^2$	$0.9\text{ kg/cm}^2$
Distance between air-pipes	400mm	88.0%	92.2%
	500mm	85.9%	89.6%
	600mm	79.2%	79.7%

Exp. #2 : 그림 2-15에서 보는 바와 같이, 8mm-4mm 공기토출 파이프 조합의 경우에는 이송률이 설치 간격에 의해 크게 영향을 받은 것으로 나타나 이론분석의 결과 및 Exp.#1의 결과와도 잘 일치하였다. 8mm-2mm 공기토출 파이프 조합의 경우에는 압력이 높고 두 파이프사이의 거리가 멀다 하여도 원활한 이송성능을 보였는 데, 이것은 8mm-2mm 파이프 조합에서의 유동높이가 8mm-4mm 조합의 유동높이보다 컸기 때문으로 판단되었다.



(a) 8mm-4mm 공기토출 파이프 조합

그림 2-15 공기토출 파이프 조합, 설치간격 및 압력에 따른 배추 폐기물의 이송률



(b) 8mm-2mm 공기토출 파이프 조합

그림 2-15 (계속)



Exp. #3 : 실제 배추 폐기물을 사용하여 이송하였을 경우, 8-2mm 공기토출 파이프 조합에서는 파이프 간격에 관계없이 원활하게 이송되었으나, 8-4mm의 공기토출 파이프 조합에서는 파이프 간격이 커질수록 현저하게 이송능력이 저하하였다. 이것은 물의 유동에 대하여 장벽 역할을 하는 두 번째 공기토출 파이프로부터 발생된 공기방울이 2mm공기토출 파이프보다 직경 4mm의 공기구멍을 갖는 파이프에서 보다 강력했기 때문이다. 이론분석 계산 결과 8mm-4mm 조합의 유동높이 차이가 4.4cm인 경우에 비하여 8mm-2mm 조합인 경우에는 유동높이의 차이가 7.7cm으로 커서 공기토출 파이프 간격이 큰 경우에도 두 번째 파이프의 저항을 쉽게 이기고 진행했기 때문으로 판단된다.

Exp. #4 : 표 2-13에 나타난 바와 같이, 파이프 간격이 400mm에서는 8mm-4mm 와 8mm-2mm 파이프 조합간의 이송속도 차이는 없었으나, 파이프 간격이 600mm에서는 8mm-2mm 인 경우가 이동속도가 빨랐다. 이러한 경향은 배추를 재료로한 이송성능 결과와도 잘 일치한다.

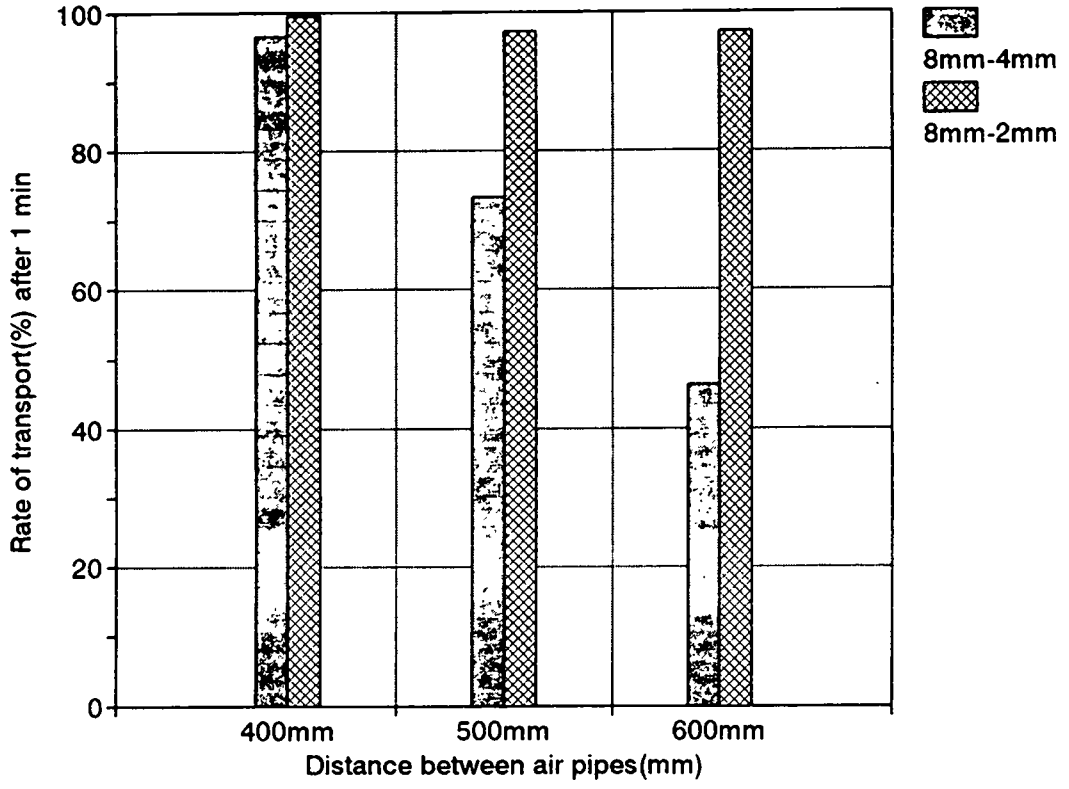


그림 2-16 공기토출 파이프 조합과 설치 간격에 따른 배추 폐기물의 이송  
량

표 2-13 공기토출 파이프 조합과 설치 간격에 따른 이송속도

Sets of air-pipes	Distance between air-pipes	Moving velocity (cm/sec)
8mm-4mm	400mm	64.5
	600mm	35.1
8mm-2mm	400mm	66.7
	600mm	50.0

2) 세척성능

석회로 도포한 콜크의 명도는 약 140 정도의 값을 나타냈으며, 흐르는 물에 도포된 석회석을 깨끗이 씻어낸 후 콜크의 명도 값은 약 14 정도의 값을 보였다. 공기토출 파이프 조합간과 설치 간격에 따른 세척정도의 실험결과를 표 2-15에 나타내었다.

표 2-15의 표에서 보는 바와 같이, 8mm-2mm 공기토출 파이프 조합이 8mm-4mm 조합보다 세척정도가 높은 것으로 나타났으나 처리간 명도 값의 표준편차가 커서 통계적인 유의차는 없다고 할 수 있다.

표 2-15 세척된 콜크의 명도값

Sets of air-pipes	Distance between air-pipes	Gray level
8mm-4mm	400mm	82.1
	500mm	76.5
	600mm	76.5
8mm-2mm	400mm	72.5
	500mm	73.4
	600mm	72.6

## 다. 결론

실험 결과 이송성능과 세척성능을 동시에 고려할 때, 공기토출 파이프 조합은 8mm-2mm, 두 공기토출 파이프 사이의 간격은 400mm로 하는 것이 최적인 것으로 판단되었으며 이론적인 분석결과와 일치하였다.

제 3 장  
감 용 장 치

여 백

## 제 3 장 감용장치

채소류 폐기물의 기존 처리 과정상의 문제점은 폐기물의 부피가 커서 매립장으로의 수송비용이 과다하고 매립시 빠른 부속처리가 어려운 점을 들 수 있다. 또한 채소류 폐기물의 사료화를 위해서는 사일리지화와 건조사료화의 방법이 적용되며 이 과정에서 세척된 폐기물의 파쇄과정이 필요하다. 따라서 선별 세척된 폐기물을 수송 및 탈수, 건조에 용이한 형태로 조제 감용하는 감용장치를 개발하였다.

개발된 장치는 미국농무성에서 연구책임자가 연구원으로 참여하여 개발한 목초 단기건조를 위한 조제장치를 응용한 것으로(김, 1988) 회전속도가 서로 다른 두개의 직선널 형태의 롤사이에 재료가 통과하여 재료의 표면적이 커지고 동시에 수분추출이 용이한 형태로 조제한다.

### 제 1 절 적 용 원 리

#### 1. 재료의 유입성능

채소류 폐기물의 조제를 위해 한 쌍의 롤을 사용할 경우 폐기물 직경과 롤의 직경의 관계는 폐기물 유입에 영향을 미친다. 따라서 재료의 유입성능은 롤과 폐기물의 직경에서 결정되는 유입각과 마찰계수와의 관계로 설명되어 진다.

폐기물을 원통으로 가정할 때 그림 3-1에서 알 수 있듯이 재료가 롤과 접촉하는 점인 P 와 P' 에서의 접선과 수평선과 이루는 각도  $\delta/2$ (유입각)는 롤의 직경이 증가할수록 작아진다.

유입각  $\delta/2$  와 재료의 롤에 대한 마찰계수  $\mu$  와의 관계는 그림 3-1에서와 같이 힘 분석에 의해 얻어진다.

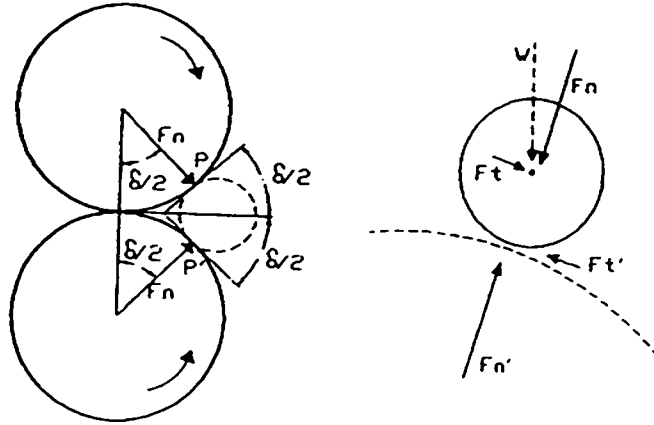
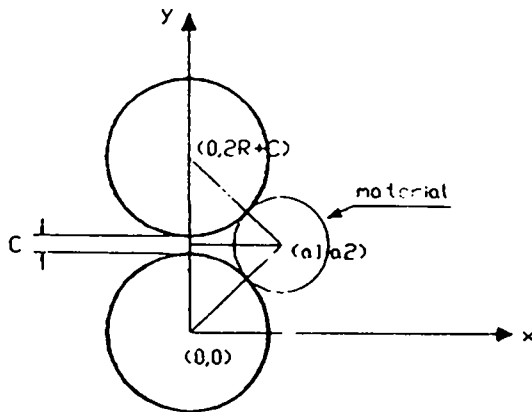


그림 3-1 두 롤사이로 유입되는 부산물에 작용하는 힘



Where,  $R$  = radius of macerator roll  
 $r$  = radius of material  
 $C$  = Clearance between two rolls

그림 3-2 X-Y좌표계에서 두 롤과 부산물의 위치



롤의 표면이 마찰에 의해 재료에 가해진 접선력(Feeding Force)은  $F_T' = \mu F_N$  이며 재료 무게의 접선방향의 분력은  $F_T = F_N \tan(\delta/2)$  이므로 재료가 롤 사이에 공급되기 위한 조건을  $F_T' \geq F_T$  이어야 하며 따라서  $\mu \geq \tan(\delta/2)$ 의 관계식이 성립된다. 즉 유입각  $\delta/2$ 가 재료의 롤에 대한 마찰계수  $\mu$ 보다 작아질 때 재료의 유입이 가능하다.

설계 제작된 실험 장치의 두 롤 사이에 일정한 직경의 재료를 투입할 때 설계 치수에 따라 유입각의 관계를 구하기 위해 그림 3-2와 같이 좌표계에서 분석했다.

$$a_2 = \frac{2R + C}{2}$$

$$a_1 = \{ (R + r)^2 - a_2^2 \}^{1/2}$$

여기서, 유입각  $\delta/2$  는 다음과 같이 유도 할 수 있다.

$$\frac{\sin(\pi/2)}{R + r} = \frac{\sin(\delta/2)}{a_1}$$

$$\delta/2 = \left( \frac{a_1}{R + r} \right)$$

여기서, 개발된 장치의 경우  $R = 76\text{mm}$  이고  $C = 0.2\text{mm}$  이며 그리고 재료의 반경이  $1\text{mm}$  로 가정할 때,  $a_2 = 78.1$  ,  $a_1 = 11.89075$  이고 유입각  $\delta/2 = \sin^{-1}(11.89075/78.1) = 8.6568$  이다. 그리고 재료의 무게가  $W$  일때 법선력( $F_N$ ) 과 접선력( $F_T$ ) 은

$$F_N = W \cdot \cos(\delta/2)$$

$$F_T = W \cdot \sin(\delta/2)$$

이다. 따라서,

$$F_N = W \cdot \cos(8.8588) = 0.988 \cdot W$$

$$F_T = W \cdot \sin(8.8588) = 0.154 \cdot W$$

로 계산되어 앞에서 유도된 마찰계수  $\mu$  와 유입각  $\delta/2$  의 관계식  $\mu \geq \tan(\delta/2)$  에서  $\tan(\delta/2) = 0.155859$  이므로 재료의 물에 대한 마찰계수가 0.16 이면 재료의 유입이 가능하다.

## 2. 롤 간격과 재료의 크기

두개의 롤사이에 유입가능한 재료의 크기를 그림 3-3과 같은 실험장치를 제작하여 폐기물의 일종인 무우를 조제하여 실험한 결과 롤간 간격의 3배정도의 직경을 갖는 재료는 롤사이로 유입됨을 확인하였다. 본 실험에 사용된 롤의 형상은 그림 3-4와 같이 150mm의 강철봉의 표면에 피치 2mm인 직선널을 한 형상으로 그림 3-3과 같은 모양의 두롤을 서로 반대 방향으로 회전시키며 회전속도를 달리하여 유입된 재료가 파쇄되는 구조를 갖는다. 롤표면형상은 재료를 유입하기에 적합한 형태였으며 상기 계산과정에 따라 구해진 재료와 롤간의 마찰계수는 0.9정도였다. 위의 계산과정에 근거하여 재료의 반경과 롤간의 간극간의 관계를 마찰계수에 따라 구한 결과를 그림 3-5에 표시하였다. 그림 3-5에서 보는 바와 같이 재료와 롤표면의 마찰계수가 유입성능에 큰 영향을 미쳐서 마찰 계수가 상대적으로 큰 롤 표면의 형상이 유입성능을 향상시킴을 알 수 있다.

무우 등과 같이 일정한 직경이상의 재료가 두 롤사이에 유입되는 현상을 관찰한 결과 재료와의 마찰력이 커서 미끌림이 없는 경우의 유입과정은 일차적으로 재료의 모양이 물의 표면과 같은 형태로 변형되어 롤사이에서 압착이 되고, 점차 재료가 변형되어 썰기와 같이 롤사이에 박히며 롤의

회전토크가 충분할 경우 재료를 롤사이로 끌고 들어와 파쇄 시킨다. 그러나 재료의 크기가 유입가능한 크기 이상일 경우 롤표면의 마찰력에 의해 유입되던 재료는 미끄러지며 표면이 각여나가고 이때 배출되는 즈액에 의해 롤표면과의 마찰계수가 작아져서 더이상 롤사이에서 압착되지 못하고 밖으로 배출된다. 롤사이에서 롤간격보다 큰 직경의 재료가 유입되는 과정은 마찰력에 의해 유입된재료가 썩기효과에 의해 압착되어 일정한 변형을 이상이 될 때 파괴되어 일부분이 롤사이에 유입되면 나머지 부분도 점차적으로 파쇄되는 동시에 유입된다.

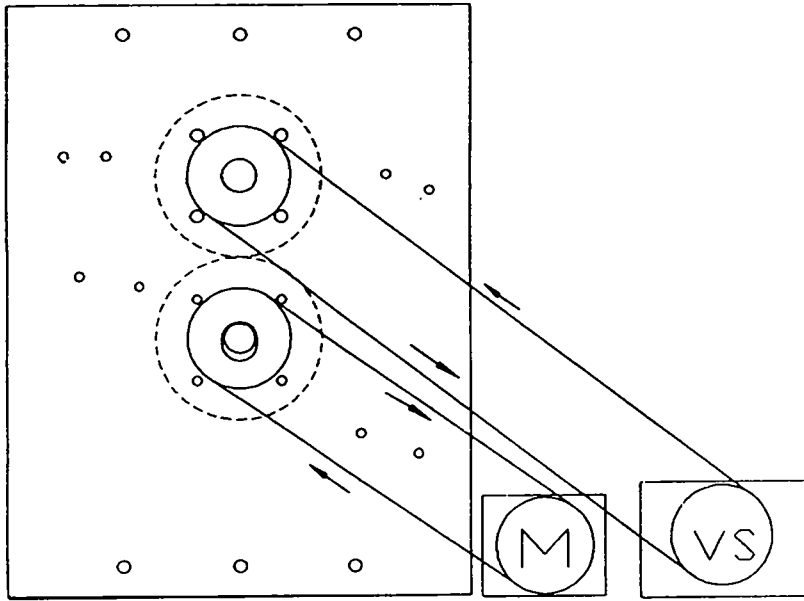


그림 3-3 두 롤 실험장치

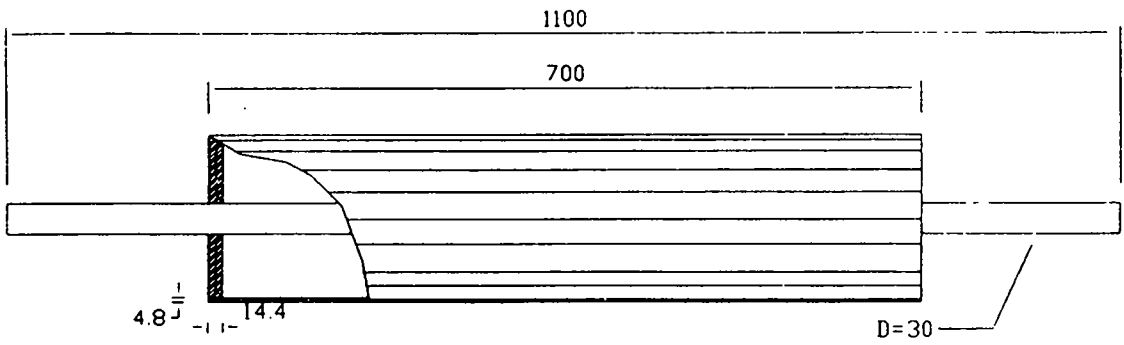
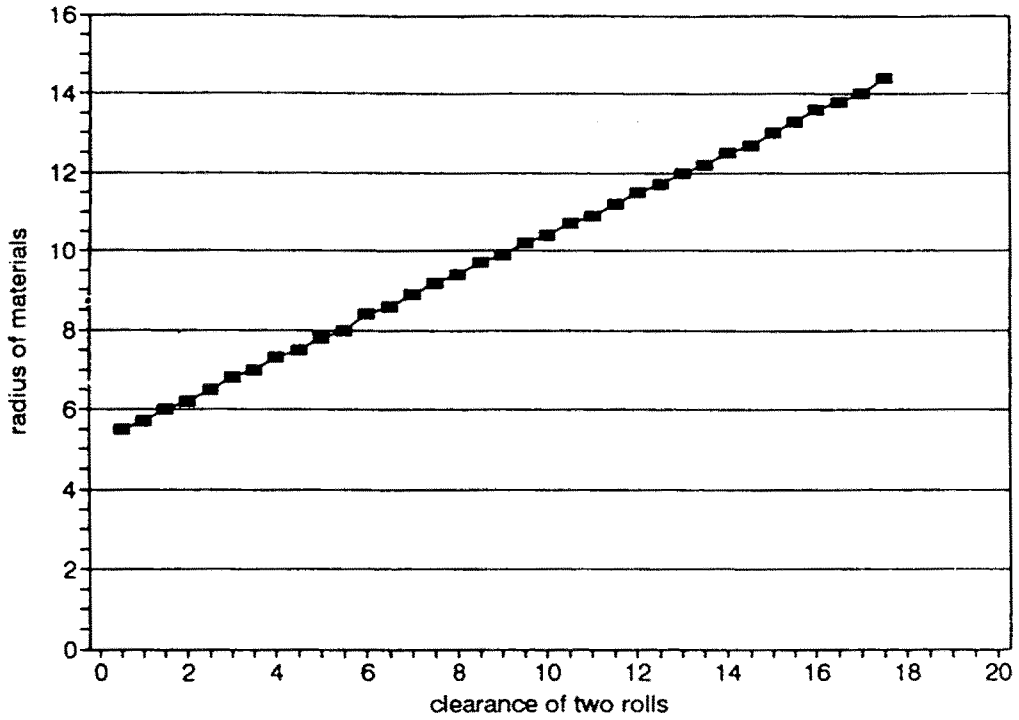
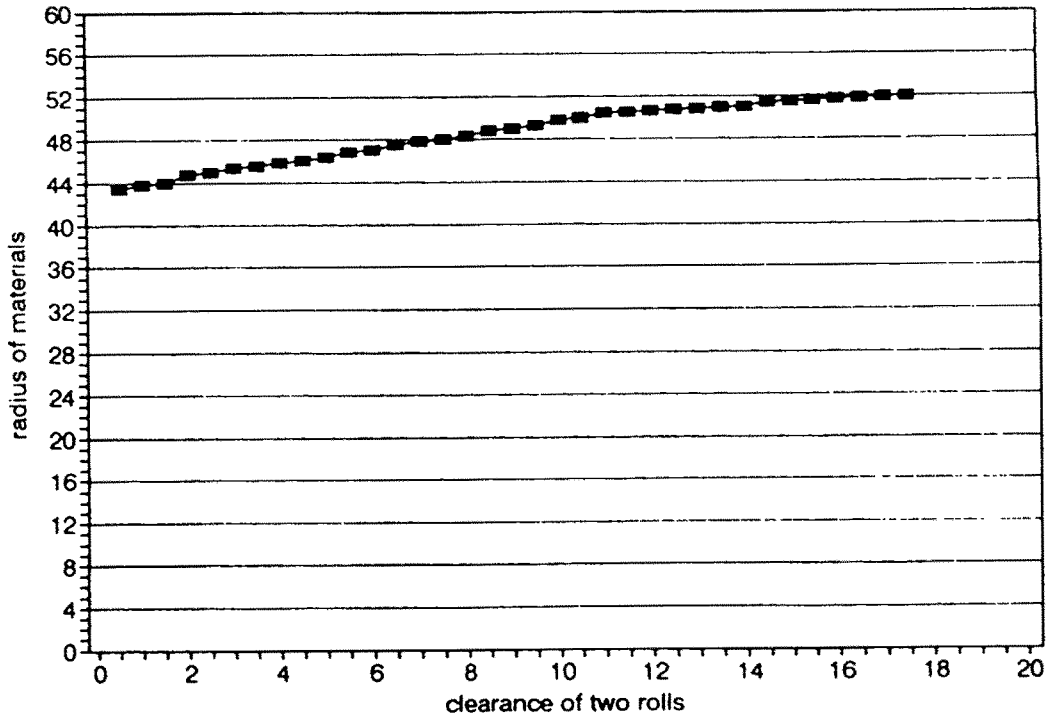


그림 3-4 직선 롤의 형상



(a) 마찰계수 = 0.3



(b) 마찰계수 = 0.9

그림 3-5 두 롤간의 간격과 마찰계수가 유입성능에 미치는 영향

## 제 2 절 장치의 설계

채소류 폐기물의 감용과 동시에 파쇄작업을 행하는 장치는 폐기물의 유입 및 압착을 위한 파쇄장치와 직선널형상의 롤로 구성된 메서레이팅장치로 구성되며 두부분이 일체화되어 투입된 폐기물의 파쇄 및 감용작업을 행한다.

### 1. 유입 및 압착 파쇄장치

투입되는 폐기물의 크기는 상당히 다양하여 배춧잎 등은 메서레이팅장치로의 유입이 원활하나 배추뿌리, 무 등 재료의 직경이 30mm이상인 경우에는 메서레이팅장치에 유입이 어렵다. 따라서 일정한 크기 이상의 재료를 파쇄하는 장치를 개발하였다. 그림 3-6과 같이 200 mm 직경의 강철 실린더에 15X15mm의 철재 바를 부착한 두롤(A,C)을 기어로 연결하여 서로 반대방향으로 회전시키되 롤 C 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,C 사이에 유입된 폐기물의 크기가 클 경우에는 롤 A에 장착된 스프링이 작동하여 롤 A가 뒤로 밀려나서 롤 A,C사이가 벌어지며 재료는 압착되고 롤에 부착된 철재 바가 회전하여 재료를 유입하는 동시에 파쇄 한다.

동력원은 1마력의 기어부착모터를 사용하여 저속으로 동력을 공급했다.

### 2. 메서레이팅 장치

작은 동력으로 연속적인 파쇄작업이 가능한 메서레이팅 방법은

롤표면에 직선널을 가한 두롤사이의 간격을 0.3mm로 유지하고 두롤의 회전속도를 달리하여 두롤사이에 유입된 폐기물이 비벼지며 파쇄되는 방식이다. 본 연구에서 개발된 장치는 파쇄효율을 높이기 위해 그림 3-7(a)와 같이 두롤사이를 4번 통과할 수 있는 구조로 되어있다. 설계된 장치에는 직경 204mm 롤과 4개의 직경 150mm 롤이 옆판에 경사지게 설치되었으며 위쪽에 2개의 150mm롤과 아래쪽에 2개의 150mm롤, 1개의 204mm롤을 배치했다. 롤간의 간격을 유지하기 위해 각 롤의 축은 120mmX140mm 철판에 베어링으로 고정된 후 옆판에 설치된 볼트로 철판의 위치를 조정하여 미소한 간격을 유지한 후 4개의 볼트로 120mm X140mm 철판을 옆판에 고정되었다. 204mm롤과 150mm 롤간의 간격은 직경 30mm크기의 무 등의 유입이 가능한 10mm였으며, 150mm롤간의 간격은 0.3mm이었다.

인접한 롤간의 회전방향을 서로 반대로 하기 위해 V벨트를 그림 3-7(a)와 같이 연결하였으며 2개의 아이들풀리가 사용되었다. 동력원은 3마력 삼상모터였으며 두롤표면간의 선속도비는 1.7:1을 유지하도록 풀리를 선정하였다(그림 3-7, b).

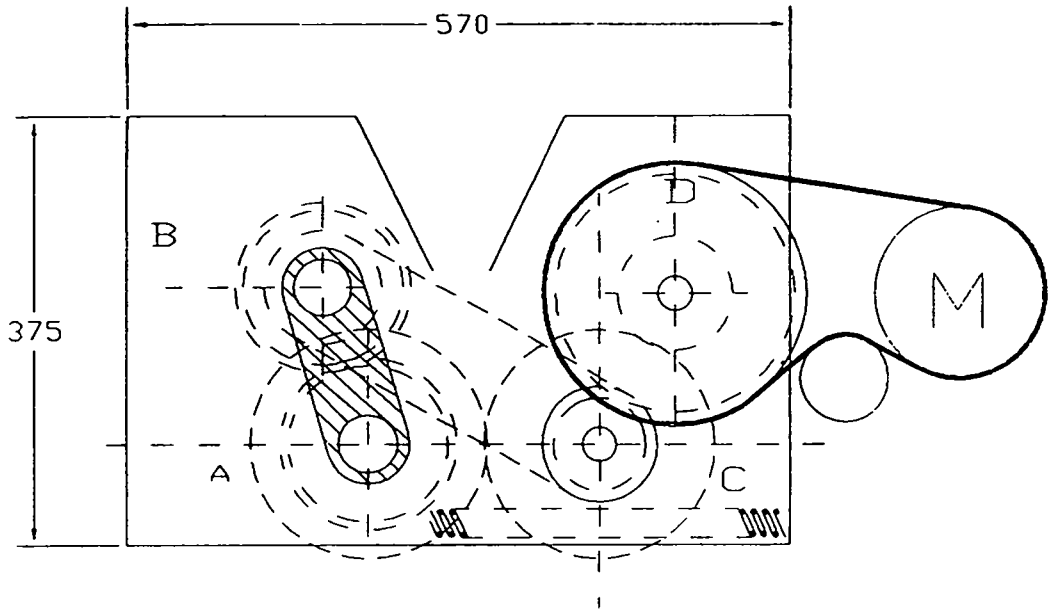


그림 3-6 유입 및 압착 파쇄장치

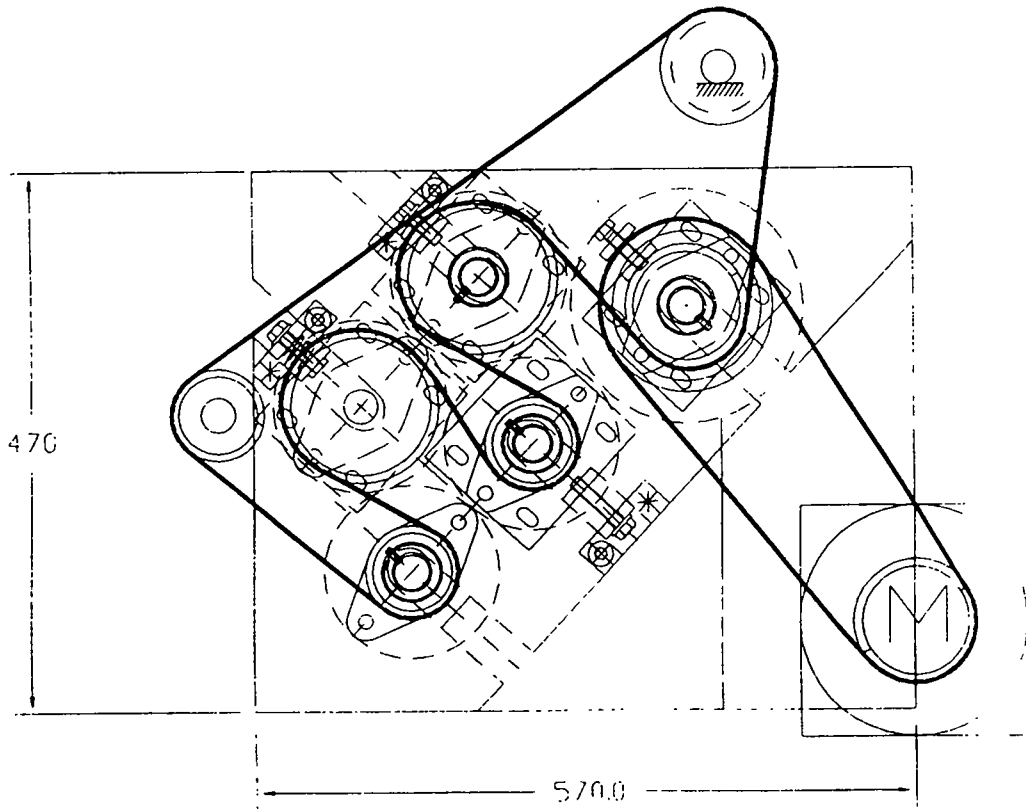


그림 3-7(a) 메쉬레이팅 장치



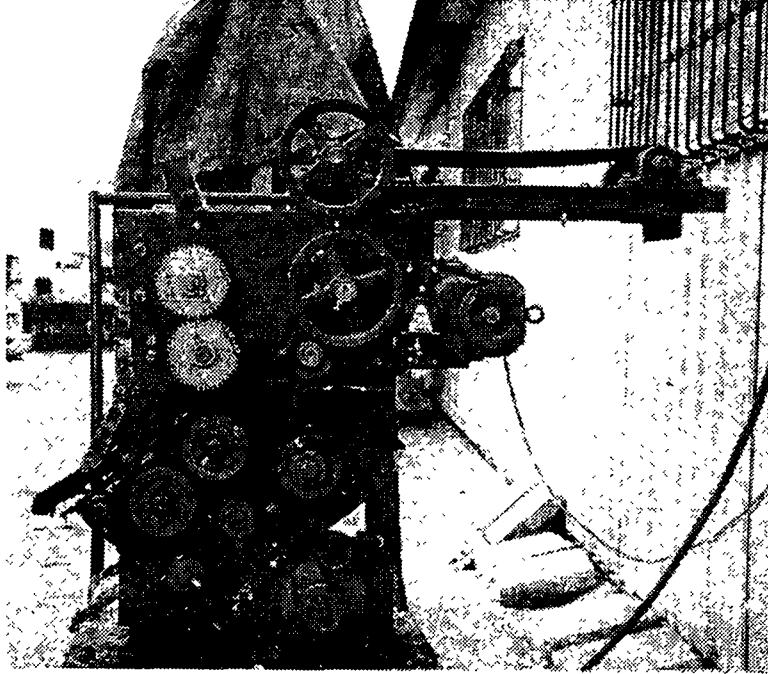


그림 3-7(b) 최종 개발된 메씨레이팅 장치

### 제 3 절 실험재료 및 방법

설계된 감용기의 성능을 측정하고 최적작업조건을 찾고자 하였다. 춘천의 채소류 집하장의 폐기물을 폐기당일 수집하여 실험재료로 사용하였다. 설계된 감용기의 성능중 폐기물의 체적감소율, 밀도, 및 건조속도, 함수율 등을 측정하였다. 처리전의 재료의 산물밀도는 ASAE Standard(S269.4)의 1/3크기로 측정장치를 제작하여 구하였으며 처리후의 재료의 산물밀도는 매스실린더로 구하였다. 재료의 함수율은 건조오븐에서 60°C로 48시간 건조하여 구했으며 건조속도는 항온항습기 ( 30°C ,40% r.h.)와 건조오븐(110°C)내에서 측정하였다. 설계된 감용기의 구조에서는 재료가 유입되어 배출되기까지 롤간의 간격이 0.3mm 인 틈을 3번 통과하여 파쇄 된다. 파쇄횟수가 감용 및 건조속도에 미치는 영향을 분석하기 위하여 재료를 0.3mm 인 간격을 1번, 2번, 3번 통과한 경우의 각 시료를 채취하여 분석하였다. 1번 통과한 시료를 구하는 방법은 한 쌍의 롤간격이 0.3mm이고 나머지 롤간격은 10mm이상으로 조정된 경우이다.

파쇄된 폐기물을 김(1995)등이 개발한 타이어롤 프레스에서 수분을 추출하여 함수율을 측정하였다.

### 제 4 절 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 2ton/hr의 작업능률을 보여 하루 20톤의 폐기물을 파쇄 감용 할 수 있다.

## 1. 파쇄횟수의 효과

표 3-1은 감용기에서 폐기물이 파쇄된 횟수에 따라 폐기물의 체적 감소율을 표시한 것으로 파쇄횟수에 따른 차이는 보이지 않았으며 평균적으로 파쇄후 체적이 1/6 정도로 줄었다. 타이어를 프레스의 수분추출후에는 1/10정도로 체적이 크게 감소하였다. 폐기물을 단순매립할때 주로 부피를 기준으로 수송비를 산출함으로 본 감용기를 적용할 경우 수송비를 획기적으로 절감할 수 있다. 파쇄횟수는 체적감소율에 영향을 미치지 않으므로 단순한 체적감소만이 목적일 경우에는 파쇄 룰의 수를 줄일 수 있음을 알 수 있다.

표 3-2는 감용기의 파쇄 횟수에 따라 감용후 및 수분추출후의 함수율을 표시한 것으로 재료의 감용후에는 파쇄 횟수에 따른 함수율의 차이가 없었으나 압력 4.9kg/cm<sup>2</sup>의 타이어를 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.

표 3-3은 감용전후 및 수분추출후의 밀도를 파쇄횟수에 따라 표시한 것으로 파쇄횟수간의 차이는 없었으나 감용후 밀도가 1에 가까워져서 폐기물의 상태가 유체와 비슷해졌으며 수분추출후에는 밀도가 낮아졌다.

표 3-1 감용기의 파쇄횟수에 따른 폐기물의 체적 감소율 (%)

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

표 3-2 감용기의 파쇄 횟수에 따른 폐기물의 함수율 (% 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

표 3-3 감용기의 파쇄횟수에 따른 폐기물 밀도 (g/ml)

	One time	Two times	Three times
Control	0.18	0.21	0.19
Macerated	0.98	1.00	1.00
Pressed	0.91	0.84	0.84

## 2. 건조속도

그림 3-8은 매쉬레이팅 기준률의 회전속도가 파쇄된 폐기물의 항온항습기내에서의 건조속도에 미치는 영향을 나타낸 것으로 기준률의 회전속도는 건조속도에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

감용기에서 파쇄 및 매쉬레이팅된 폐기물의 건조속도를 오븐에서(60°C) 비교한결과를 그림 3-9에 표시하였다. 폐기물의 파쇄 횟수

에 따른 차이를 보여 3회 파쇄한 경우가 1회 파쇄한 경우보다 빠른 건조속도를 보였다.

건조실험 과정에서 시료의 부위, 건조샘플의 량 및 두께등이 건조성능에 큰영향을 미치므로 본 실험에서는 비교기준이 되는 처리하지 않은 배추의 크기와 무게를 측정하여 처리된 시료도 동일조건으로 건조기내에 설치하여 실험하였다.

그림 3-10 ~ 그림 3-18은 감용기를 통과한 폐기물과 통과하지 않은 폐기물(Control)의 건조속도를 항온항습기내에서 측정한 결과이며 표 3-4는 요인들의 효과를 비교하기 위해 일정시간 경과후 함수율의 감소율을 비교한 것으로 배추의 부위를 구분하고 파쇄횟수를 변화하여 구하였다. 건조실내의 위치에 따라 건조상태가 달라질 수 있으므로 실험과정에서 각 처리 시료가 위치한곳에서 파쇄하지 않은 시료( Control) 를 함께 건조하여 함수율 감소율의 기준을 삼았다. 전체적으로 감용 및 수분추출후의 건조속도는 빨라졌으며 특히 앞부분의 건조속도가 현저하게 증가되었다. 실제적인 상황에게 가까운 잎과 줄기가 혼합된 폐기물을 감용 처리한 경우 건조개시 30분 경과후 무처리와 비교할 때 함수율의 감소량이 4 ~ 7.7배로 증가했으며 수분추출후에는 20 ~ 50배로 증가했다. 또한 파쇄횟수가 많아짐에 따라 건조속도가 현격하게 증가했다(표 3-6).

그림 3-19 ~ 그림 3-27과 표 3-5는 건조방법을 건조오븐으로 했을 때의 경우로 30분 경과후 감용 탈수된 앞부분은 거의 건물량에 가까워 졌다. 고온건조에서도 감용처리 및 수분추출한 폐기물의 건조속도가 증가되었으나 파쇄횟수에 따른 효과는 Control에 대한 비로 표시할 때 크게 나타나지 않았다(표 3-6).

고온 및 저온의 건조과정에서 감용 파쇄된 채소류 폐기물의 건

조속도는 크게 증가하여 건조비용의 감소를 기할 수 있으며 특히 저온건조시 파쇄횟수를 증가할수록 건조속도가 높아져서 사료화를 위한 파쇄의 경우 기존의 설계조건인 3회 파쇄방법이 적합한 것으로 판단되었다.

표 3-4 향은·항습기내의 채소류 폐기물 건조

		Moisture & Temp. Control (30℃,40% r.h.)		
		Moisture Drop(% w.b.) for 4hr		
		ONE	TWO	THREE
Stem	C1	0.449	0.387	0.472
	Macerator	2.505	2.469	6.513
	Press	10.198	12.253	34.066
Stem & Leaves	C2	0.679	0.828	0.638
	Macerator	2.951	4.855	4.891
	Press	13.366	35.978	31.099
Leaves	C3	5.238	6.25	3.359
	Macerator	6.815	19.281	12.812
	Press	57.955	75.0	52.857

표 3-5 건조 오븐내의 채소류 폐기물 건조

		Temperature Control (110℃)		
		Moisture Drop(% w.b.) for 0.5hr		
		ONE	TWO	THREE
Stem	C1	0.641	1.866	7.027
	Macerator	2.105	6.115	16.802
	Press	5.113	7.709	31.516
Stem & Leaves	C2	1.203	2.214	14.881
	Macerator	2.653	7.201	9.559
	Press	7.319	18.704	46.621
Leaves	C3	35.357	22.222	34.118
	Macerator	38.188	70.341	62.938
	Press	92.582	90.909	91.486

표 3-6 감용 처리된 채소류 폐기물의 건조 속도 증가 (무처리와 비교한 속도)

		Moisture & Temperature Control (30℃, 40% r.h.)			Temperature Control(110℃)		
		ONE	TWO	THREE	ONE	TWO	THREE
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

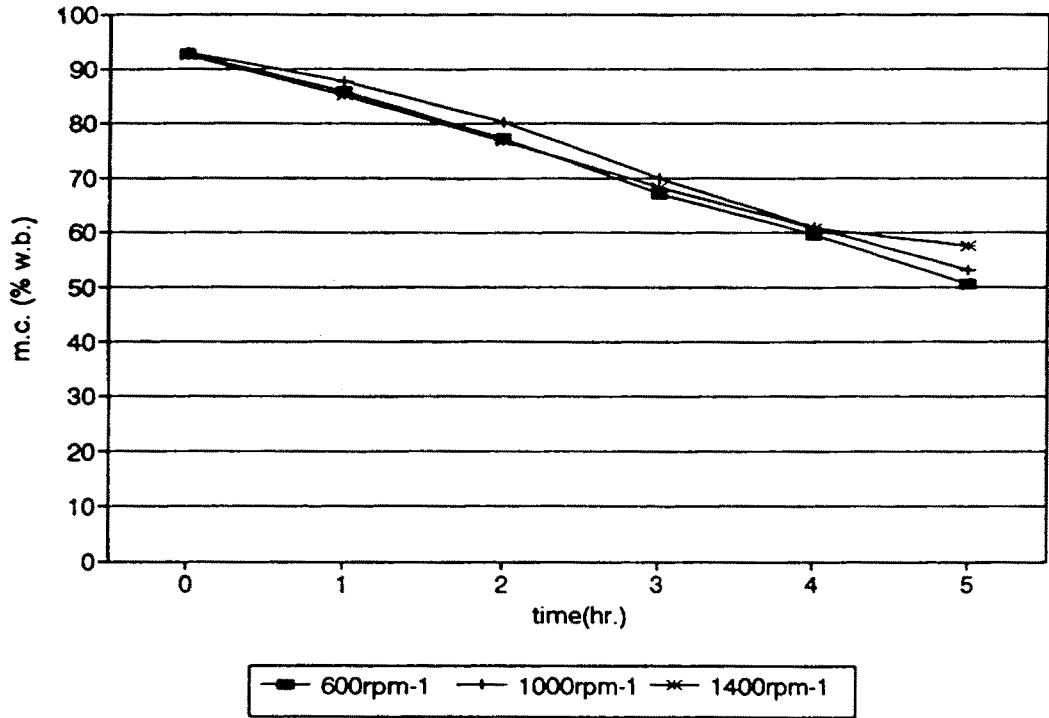


그림 3-8 감용기 기준 물의 회전속도가 건조속도에 미치는 영향

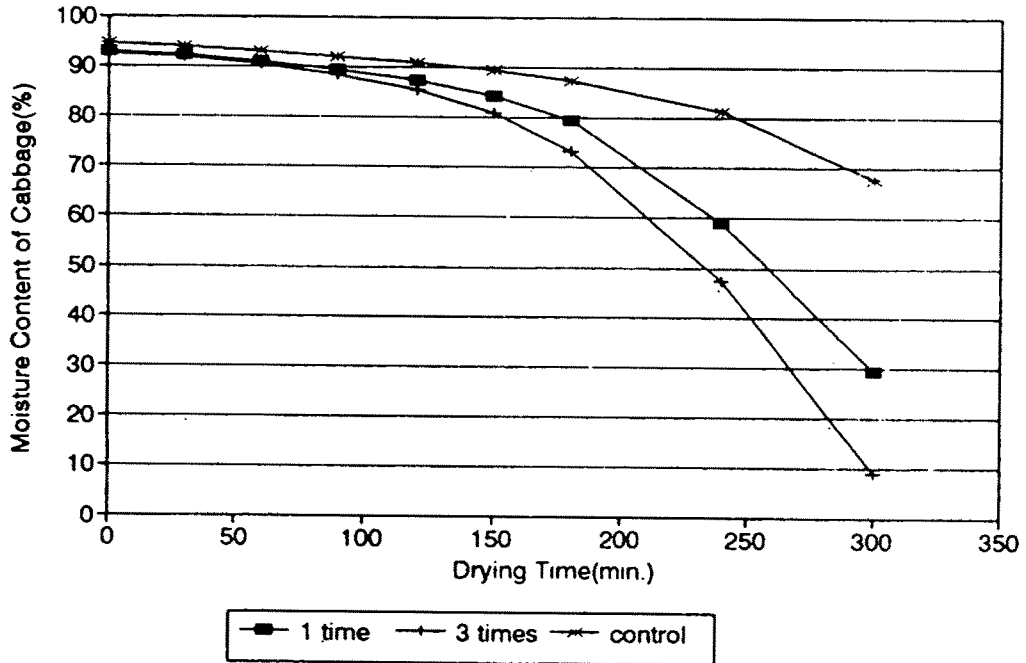


그림 3-9. 향온항습기내에서 감용된 폐기물의 파쇄횟수에 따른 건조속도



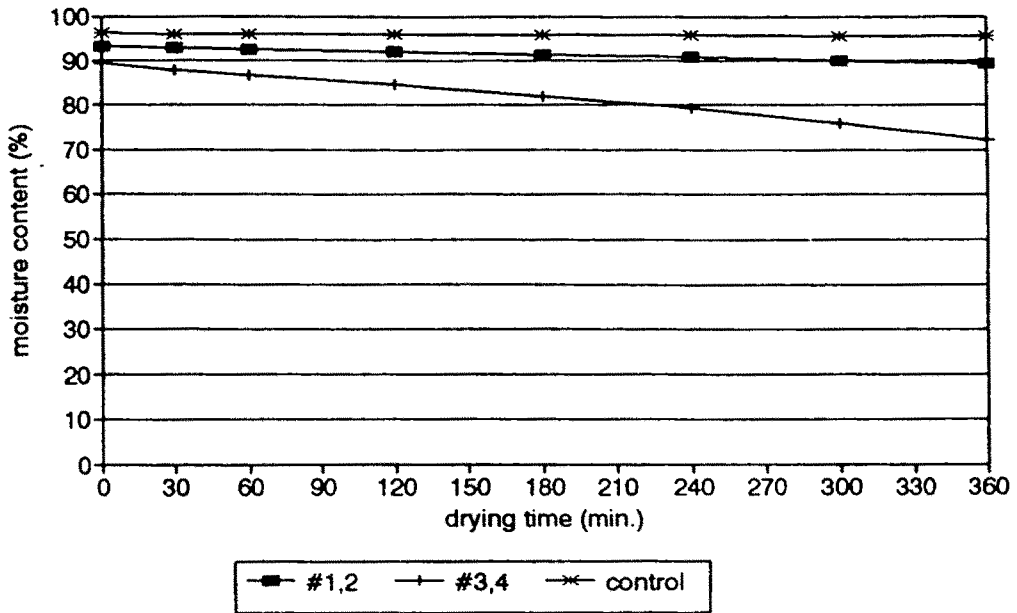


그림 3-10 향온항습기내에서 1회 파쇄된 줄기의 건조속도  
 (#1,2 : macerated, #3,4 : pressed)

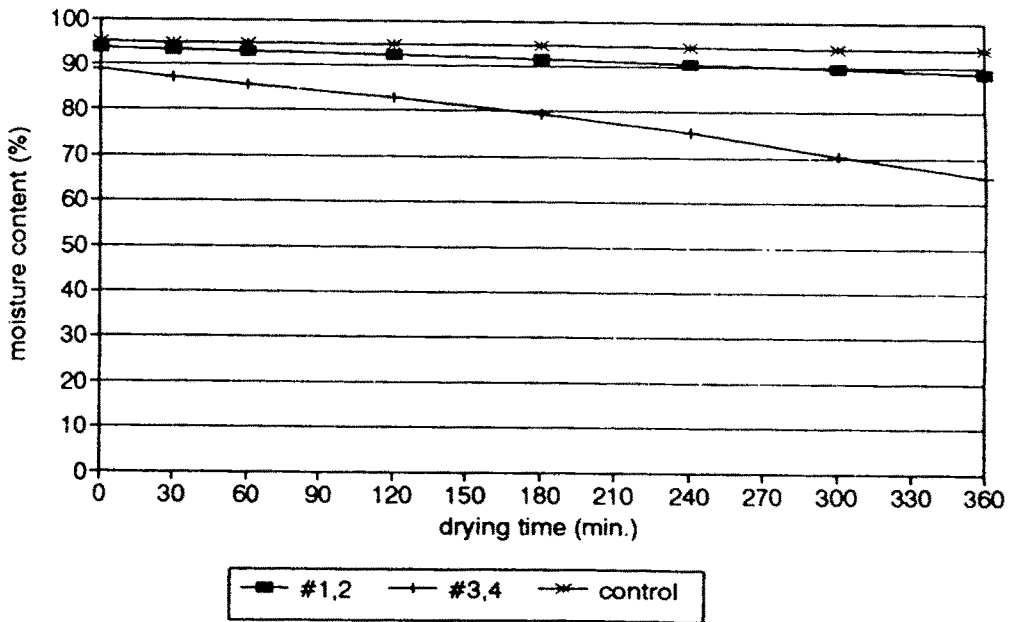


그림 3-11 향온항습기내에서 1회 파쇄된 줄기 및 잎의 건조속도  
 (#1,2 : macerated, #3,4 : pressed)

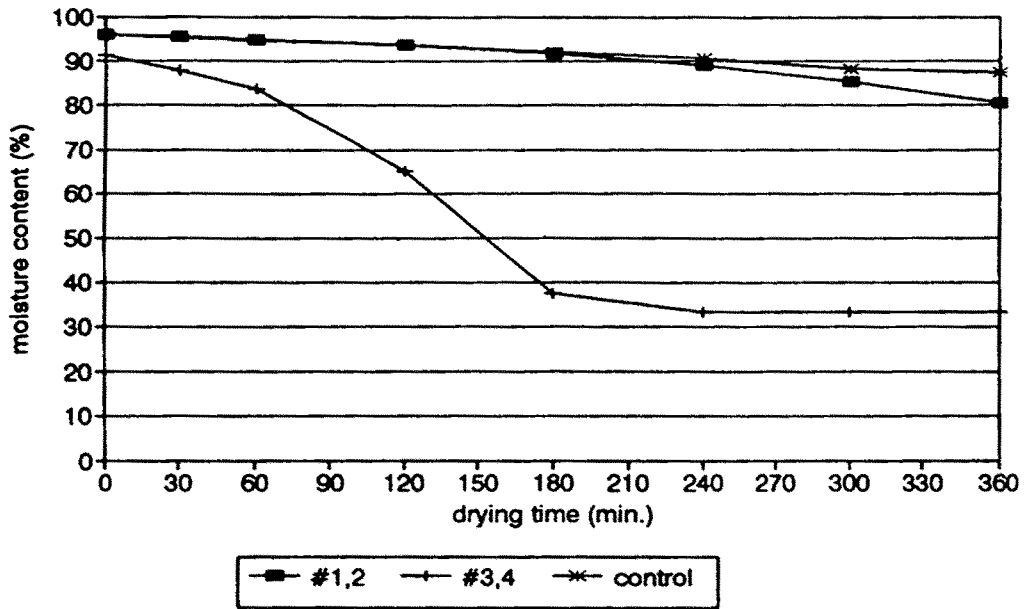


그림 3-12 항온항습기내에서 1회 파쇄된 잎의 건조속도

(#1,2 : macerated, #3,4 : pressed)

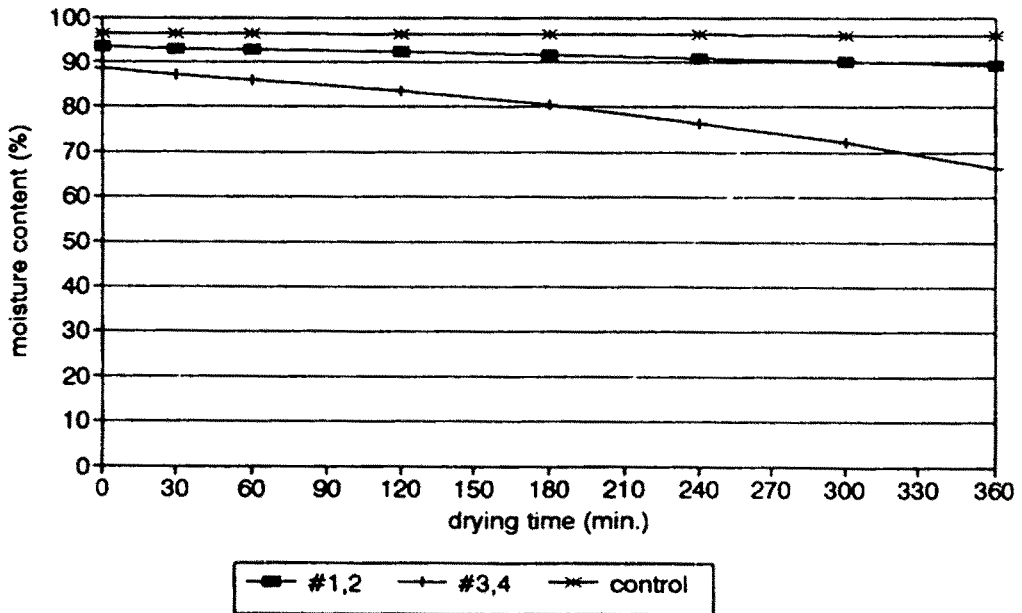


그림 3-13 항온항습기내에서 2회 파쇄된 줄기의 건조속도

(#1,2 : macerated, #3,4 : pressed)

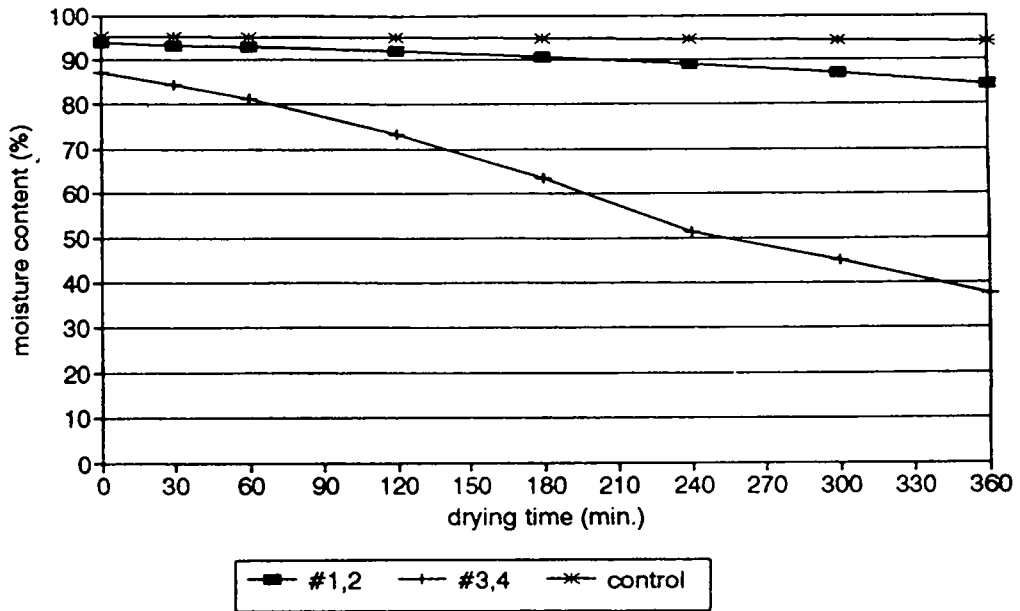


그림 3-14 향온항습기내에서 2회 파쇄된 줄기 및 잎의 건조속도  
 (#1,2 : macerated, #3,4 : pressed)

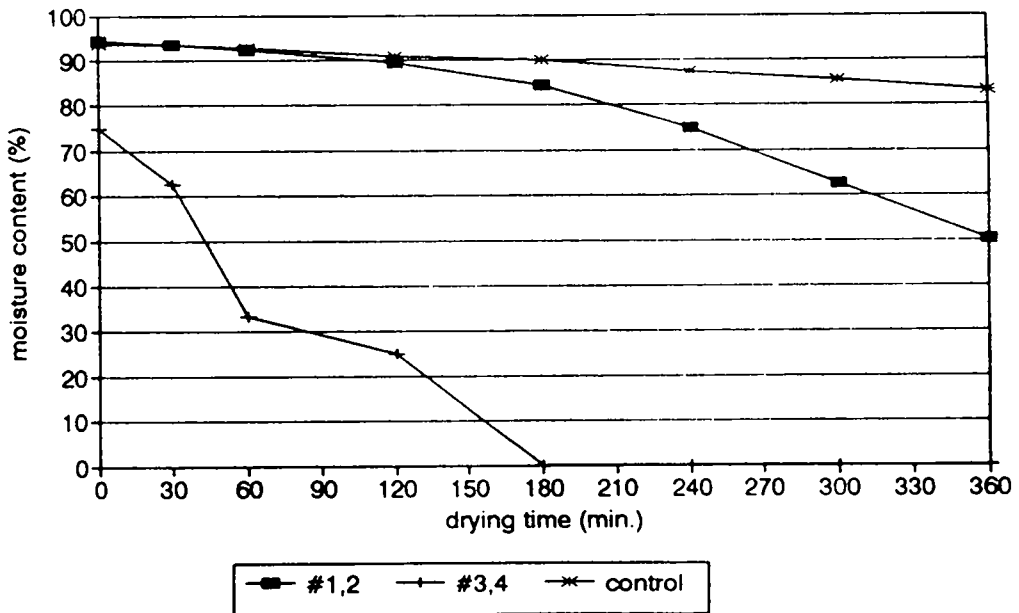


그림 3-15 향온항습기내에서 2회 파쇄된 잎의 건조속도  
 (#1,2 : macerated, #3,4 : pressed)

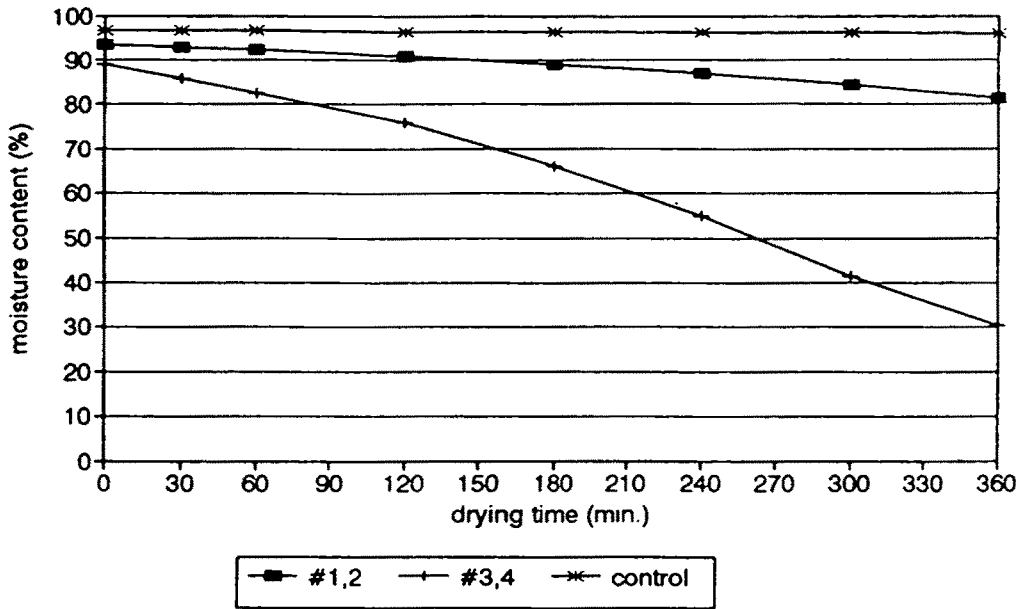


그림 3-16 향온항습기내에서 3회 파쇄된 줄기의 건조속도  
 (#1,2 : macerated, #3,4 : pressed)

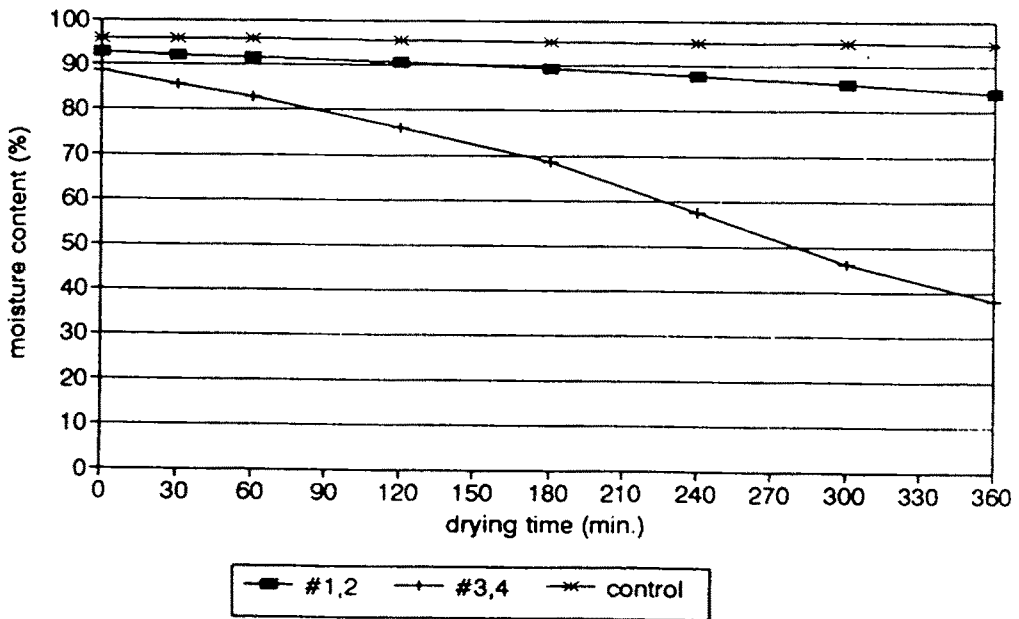


그림 3-17 향온항습기내에서 3회 파쇄된 줄기 및 잎의 건조속도  
 (#1,2 : macerated, #3,4 : pressed)

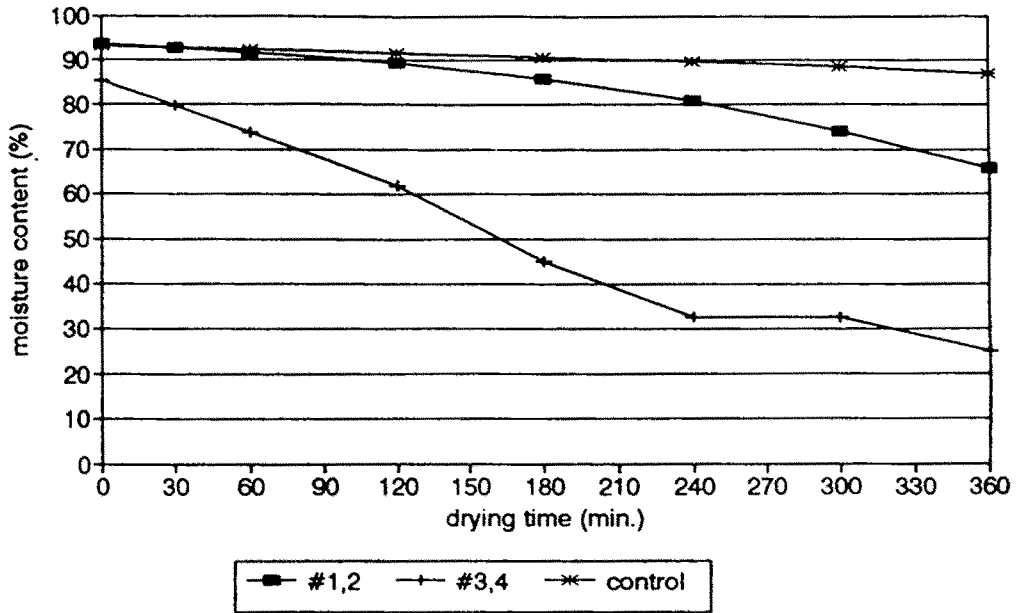


그림 3-18 항온항습기내에서 3회 파쇄된 잎의 건조속도

(#1, 2 : macerated, #3, 4 : pressed)

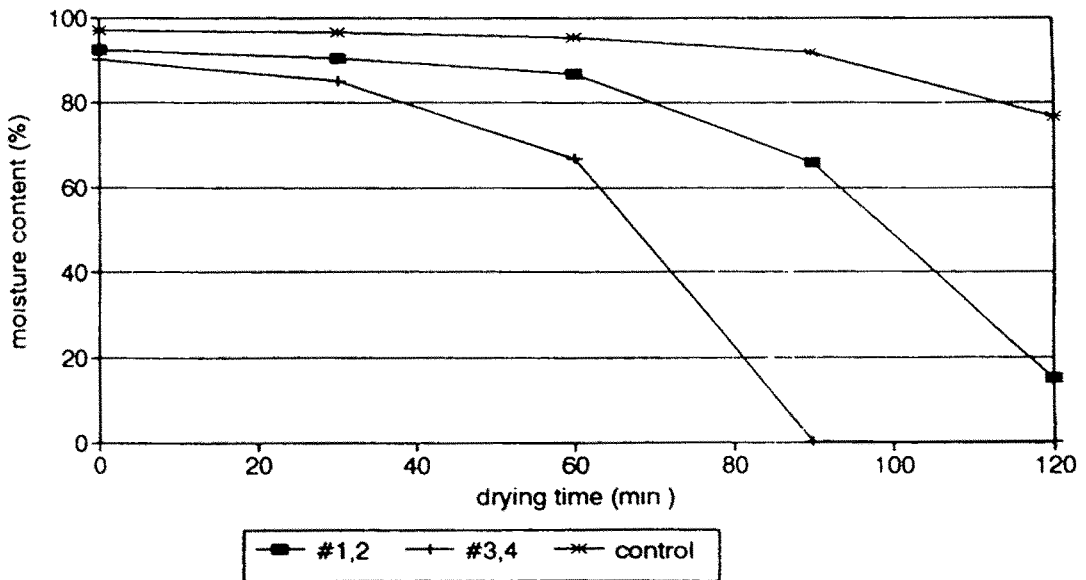


그림 3-19 건조오븐내에서 1회 파쇄된 줄기의 건조속도

(#1, 2 : macerated, #3, 4 : pressed)

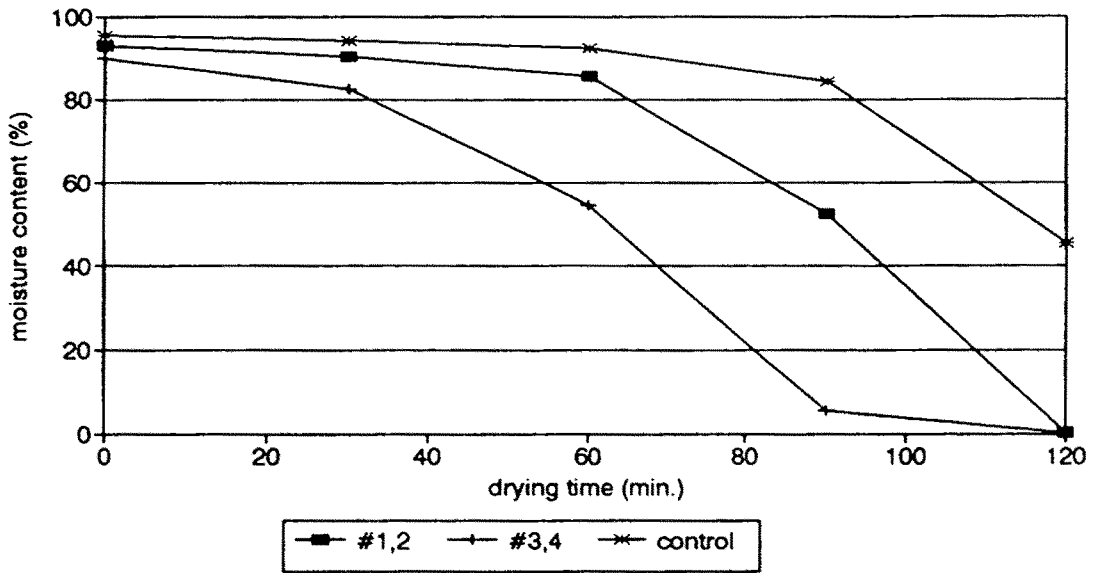


그림 3-20 건조오븐내에서 1회 파쇄된 줄기 및 잎의 건조속도  
(#1,2 : macerated, #3,4 : pressed)

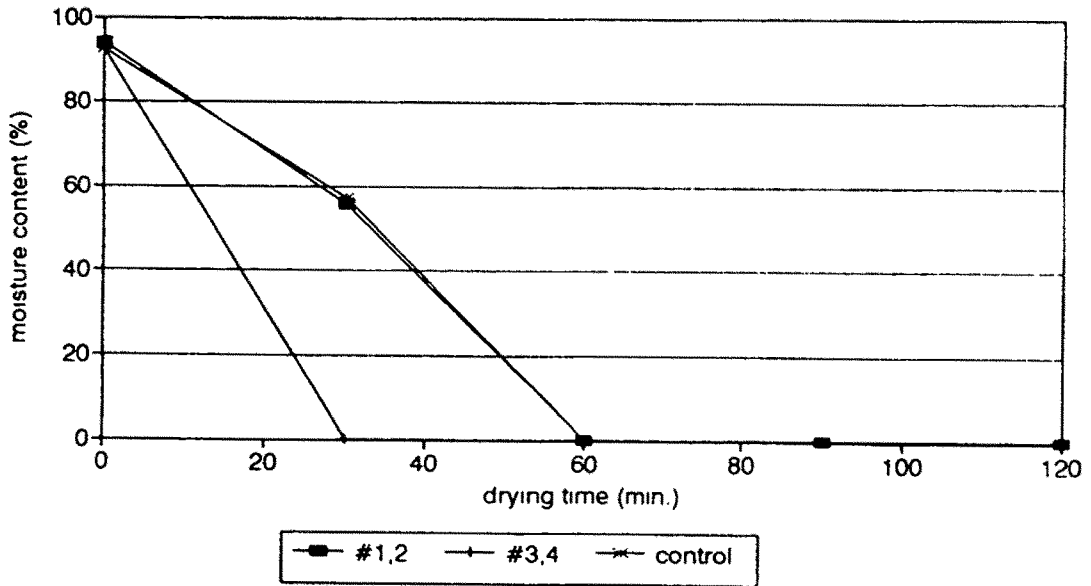


그림 3-21 항온항습기내에서 1회 파쇄된 잎의 건조속도  
(#1,2 : macerated, #3,4 : pressed)

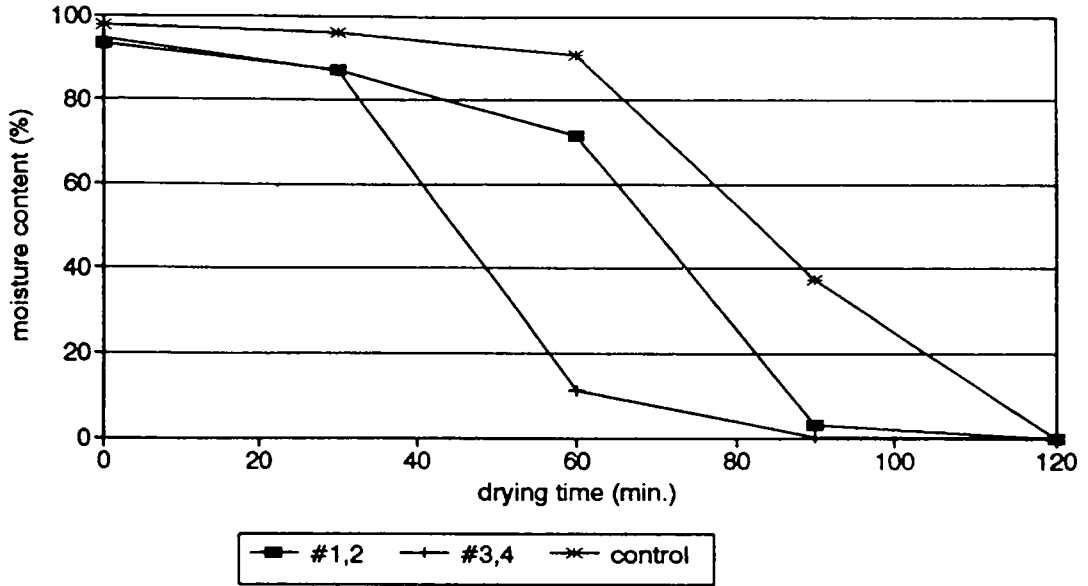


그림 3-22 건조오븐내에서 2회 파쇄된 줄기의 건조속도  
 (#1,2 : macerated, #3,4 : pressed)

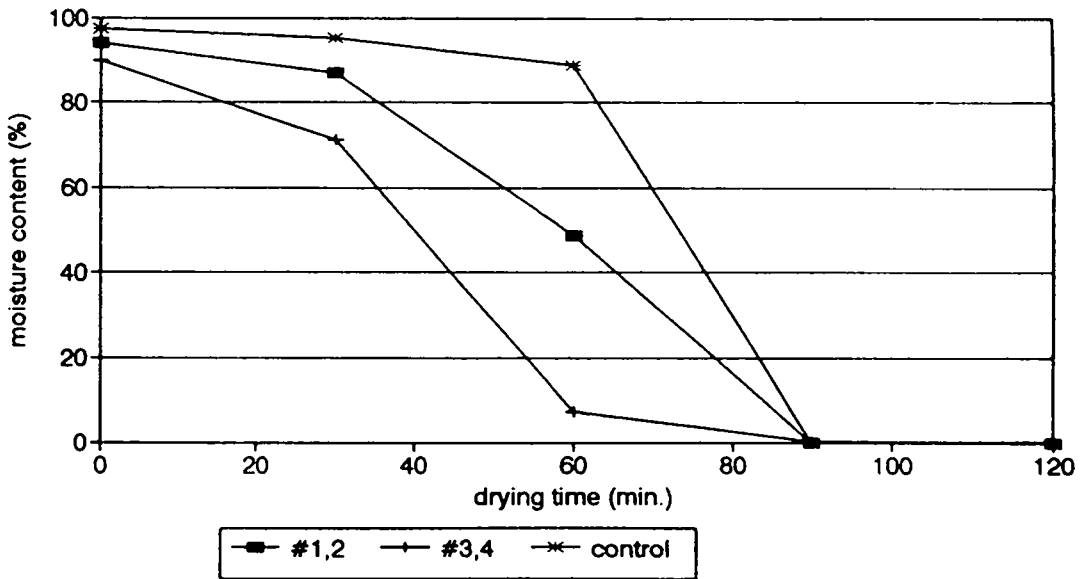


그림 3-23 건조오븐내에서 2회 파쇄된 줄기 및 잎의 건조속도  
 (#1,2 : macerated, #3,4 : pressed)

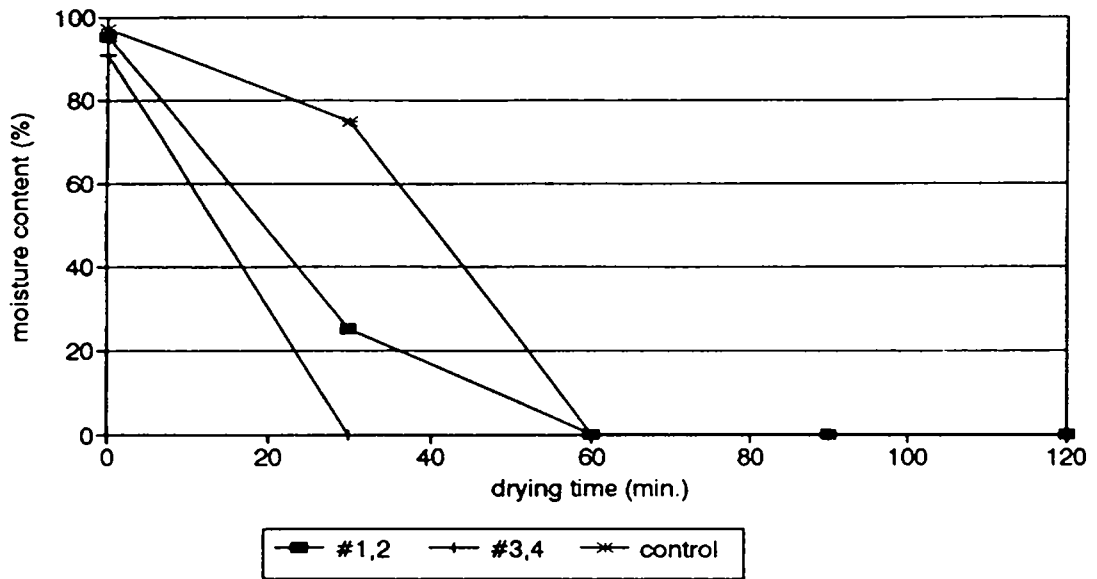


그림 3-24 향온항습기내에서 2회 파쇄된 잎의 건조속도

(#1,2 : macerated, #3,4 : pressed)

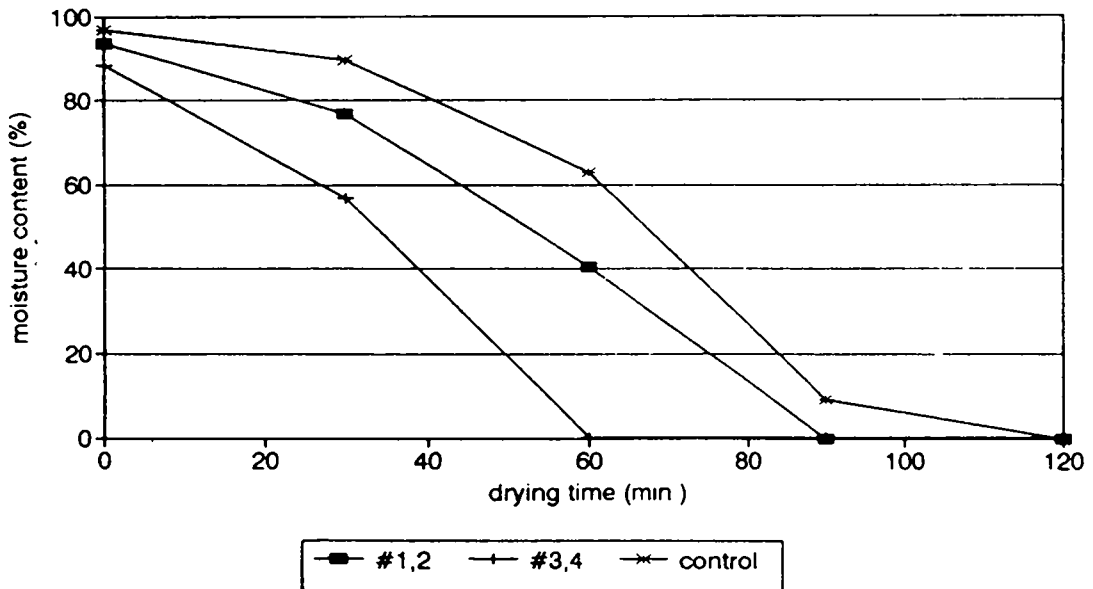


그림 3-25 건조오븐내에서 3회 파쇄된 줄기의 건조속도

(#1,2 : macerated, #3,4 : pressed)



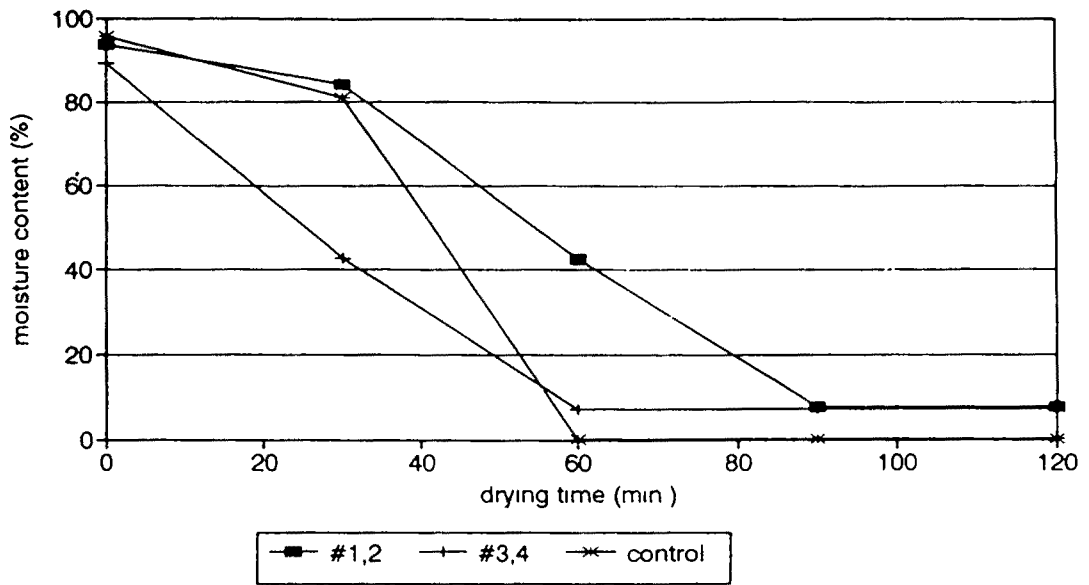


그림 3-26 건조오븐내에서 3회 파쇄된 줄기 및 잎의 건조속도  
(#1,2 macerated, #3,4 pressed)

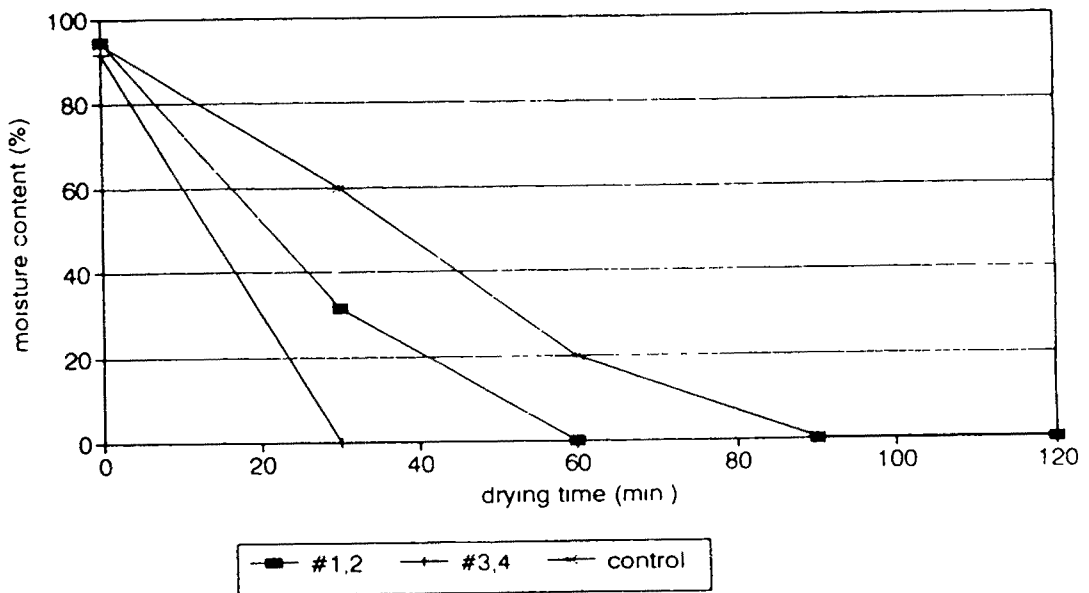


그림 3-27 항온항습기내에서 3회 파쇄된 잎의 건조속도  
(#1,2 : macerated, #3,4 pressed)

## 제 5 절 감용장치의 동력전달장치 수정

1차 개발된 장치의 실용화를 위해 충북 청원군 초정리 농협 김치 제조공장 및 강원도 횡성에 위치한 대단위 김치 제조공장에서 연속적으로 감용 및 파쇄작업을 행하였다. 본작업기의 성능을 최대한 유지하기 위해서는 일정 공급율(시간당 1톤미만)로 폐기물이 투입되어야 하나 작업과정에서 감용기에 배추 폐기물이 과다하게 투입량될 경우, 감용장치에서 막힘 현상이 일어나거나 투입 불능상태가 발생하였다. 이것은 작업시 투입된 배추 폐기물이 첫 번째 쌍의 롤 사이에서 배출되지 못하고 브릿지 현상을 나타내어 두 개의 롤 사이의 공간에 떠 있는 상태가 되어 더 이상 투입을 불가능하게 하였다. 또한 그 중 일부는 롤을 통과하려다가 썬기 효과를 일으켜, 모터로부터의 토크가 충분치 못해 감용장치의 운전을 정지시키는 경우가 생겼다.

따라서, 그 대책으로서 변속기를 통하여 롤의 회전속도를 줄여줌으로써 토크를 향상시켜 막힘 현상을 방지하거나, 완전히 막혔을 경우에는, 감용장치를 역회전시켜 막혀 있는 채소류 폐기물을 역류시켰다가 다시 정회전하여 배출될 수 있는 장치를 개발 하였다.

첫 번째 대책으로 변속장치는 핸들을 돌려 피치 직경을 변화시킴으로써 변속을 하는 벨트 타입 무단 변속기를 모터와 감용기의 구동 풀리 사이에 설치하여 구성하였다. 변속을 시키기 위해 조작하는 핸들부를 제거하고 스프로킷을 부착하여 소형 직류 모터로서 핸들을 조작할 수 있도록 하였다. 이 직류 모터는, 변속 개시 스위치와 변속 핸들 조작부의 한계 위치를 감지할 수 있는 근접 스위치로부터의 신호를 입력으로 하여 PLC에 의하여 제어되었다.

감용장치의 정·역회전 장치는 3개의 마그네틱 접촉기와 두 개의 릴레이를 사용하여 내부결속(Interlock)회로로 구성하여, 정회전시에는 1회의

스위치 조작으로 정상 작동을 하고, 역회전 시에는 조작자가 스위치를 계속 누르고 있는 동안만 역회전이 작동될 수 있도록 하였다. 과부하가 걸려 감용기의 회전속도가 떨어지기 시작하면, PLC는 직류 모터를 작동시켜 최저의 변속비를 갖도록 변속 핸들을 조작하며, 이때, 변속 핸들이 최대 또한 최저 변속비 까지 작동할 수 있는 범위는 근접 스위치를 설치하여 양단의 최종 위치를 감지하여 PLC가 직류 모터의 회전을 제어할 수 있도록 하였다. 과부하가 걸린 상황이 해제되면, 직류 모터는 무단 변속기의 핸들을 조작하여 최대의 변속비를 갖는 원위치로 복귀시킬 수 있도록 하였다.

## 제 6 절 최종개발된 감용장치

그림 3-28에서 보는 바와 같이, 장치의 구조를 간단화 하며 동시에 이물질을 선별하는 장치를 부착한 감용장치를 개발 하였다. 1차 개발된 장치의 기본적인 성능을 유지하며 막힘등의 문제를 근본적으로 해결할 수 있는 한쌍의 롤로 구성된 감용장치이다. 그림 3-29에 나타난 것과 같이 직선형상의 롤 직경을 210mm로 크게하여 유입성능을 향상 시켰다.

폐기물에 포함된 이물질중 신문지의 일부는 풍력에 의해 처리전 선별되며 선별후 남은 신문지와 비닐끈등은 채소류 폐기물과 함께 감용장치에 유입되어 처리된다. 따라서 한쌍의 롤을 통과 한 후 신문지와 비닐을 선별 할 수 있는 장치를 롤 하부에 설치 하였다. 롤 사이에서 파쇄된 채소류는 마쇄되어 빠른속도로 배출되므로 롤 하부에 철선으로 이루어진 망을 설치하면 파쇄된 채소류와 신문지 및 비닐끈등을 분리 할 수 있다. 따라서 이물질을 분리하여 배출구 쪽으로 이송할 수 있는 철선망 형상의 진동체를 제작하여 부착하였다. 개발된 장치를 통과한 후에 체적은 82% 감소 했으며 밀도는 0.96 으로 1차 개발된 감용장치의 경우와 유사했다( 표3-1, 3-3). 이물질 분리성능은 이물질 분리장치 항목에서 분석되었다.

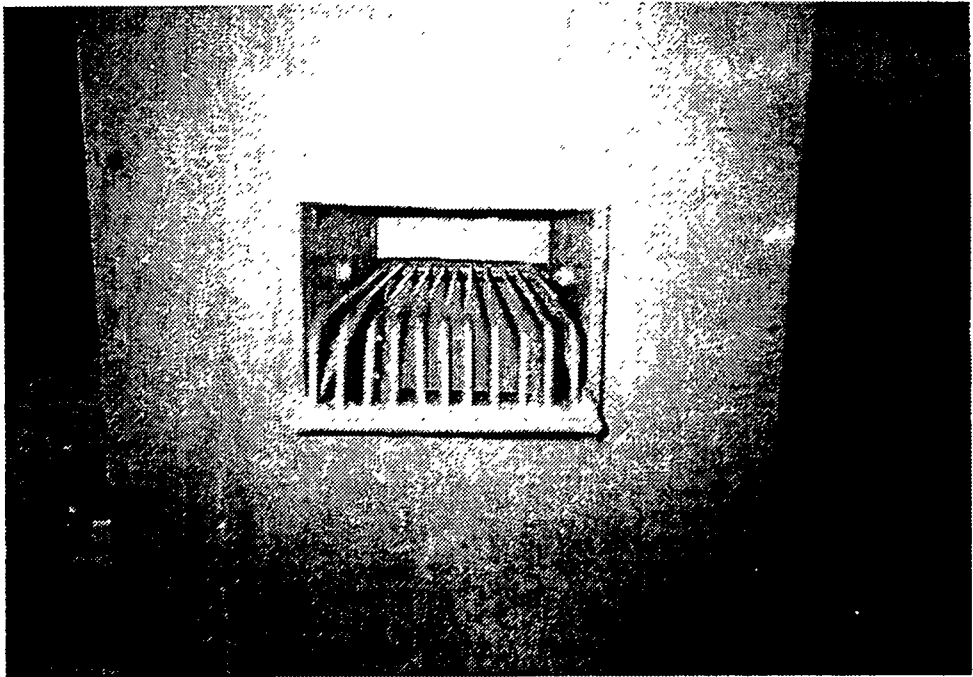
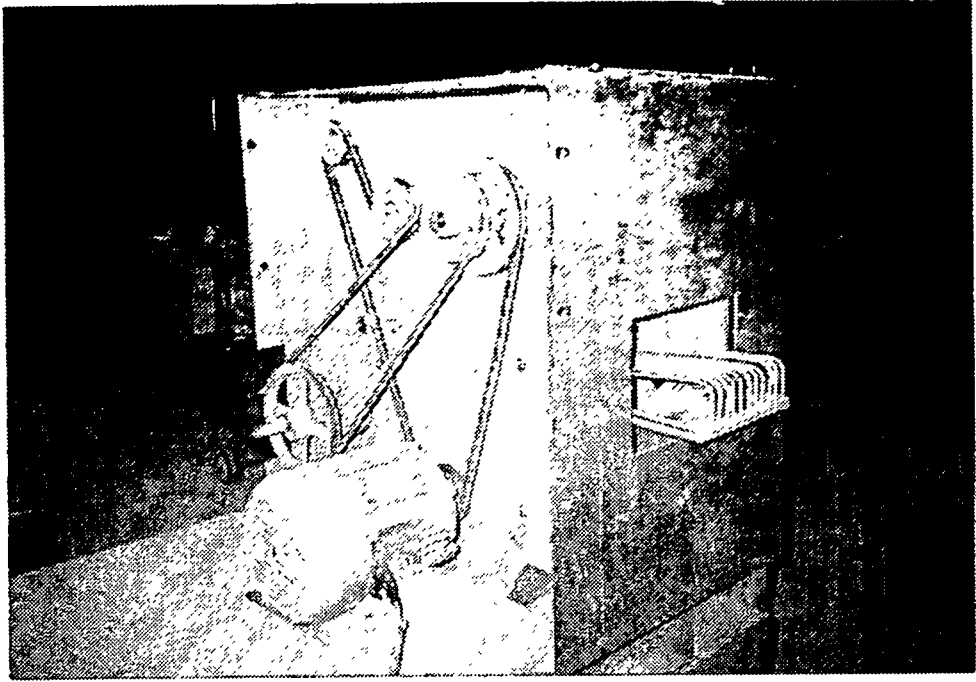


그림 3-28 최종 개발된 감용장치의 외관도

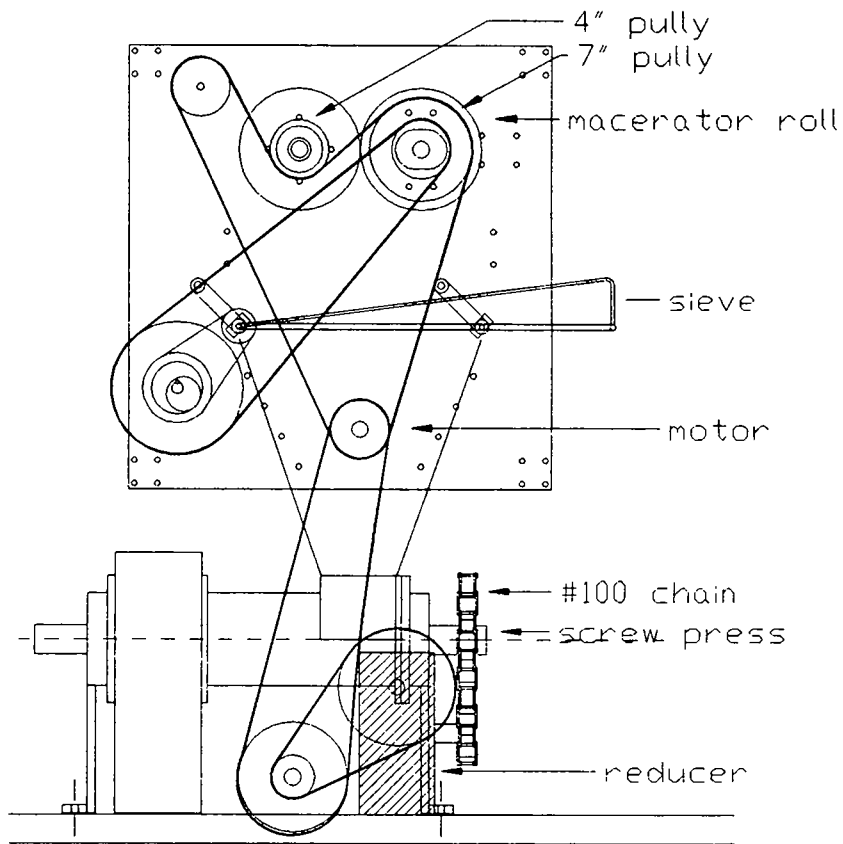


그림 3-29 최종 개발된 감용장치와 이물질 선별장치의 개략도

# 여 백

제 4 장  
수 분 추 출 장 치

여 백



## 제 4 장 수분추출장치

채소류 폐기물의 처리방법은 감용처리후 매립장으로 수송하는 방법과 사일리지 혹은 건조과정을 거쳐서 사료화하는 방법이 있다. 매립장으로서의 수송시 김치공장등과 같이 수처리 장치가 있는 경우 수분을 추출하여 무게 및 부피를 감소하는 방법이 채택될 수 있으며 사료화의 경우에는 고수분의 재료를 일부 또는 안전 저장함수율 까지 건조하여야 하므로 건조비용의 감소를 위해 수분추출장치의 개발이 필요하다.

### 제 1 절 실험실 예비실험

수분추출장치의 설계에 필요한 요인을 결정하기 위해 실험장치를 개발하여 기초실험을 하였다.

#### 1. 장치설계

그림 4-1과 같은 스크루 타입의 프레스를 설계 제작하기 위해 실험실에서 그림 4-2와 같은 실험장치를 이용하여 기초실험을 하였다. 실험실 수분추출장치의 구조는 그림 4-2의 (4)와 같은 0.5mm 스크린과 철판으로 단면이 삼각형인 구조를 갖는 수분추출통으로 구성되어 감용된 재료가 수분추출통속에 투입되면 공압실린더에 의해 최대 1100 kg의 하중을 25mm x 90mm 누름판에 가할 수 있도록 설계되었다.

수분추출통의 수직 단면이 삼각형구조로 제작되어 실험한 이유는 스크루타입 프레스를 설계할 때 문제점중의 하나인 스크린의 선정 및 가공제작을 용이하게 하기 위해서였다.

## 2. 실험재료 및 방법

스크루 프레스 설계에 필요한 작동조건 및 수분추출성을 구하고자 하였다. 채소류 폐기물을 집하장에서 당일 수집하여 감용기로 파쇄한 시료 700g을 실험실 수분추출장치에 투입하여 수분추출량과 건물량을 측정하고 건물량중 50g의 시료를 채취하여 60°C의 건조오븐에서 함수율을 측정하였다. 수분추출장치는 7kg/cm<sup>2</sup>의 압축공기로 작동되는 공압실린더를 50mm 축의 양끝 단에 설치하고 그림 6과 같이 중앙부위에서 누름판을 통해 재료를 압착하여 최대 44.5 kg/cm<sup>2</sup>의 압력을 가한다. 파쇄된 폐기물은 수분추출이 용이한 형태여서 압축초기에 수분추출량이 많으며 압착속도가 높을 때 수분이 비산되어 손실이 발생되므로 재료를 수분추출통에 투입하기 전에 손으로 압착하여 일정량의 수분을 제거하였다.

## 3. 결과 및 고찰

파쇄된 폐기물은 수분추출이 용이한 형상이어서 손으로 압착하여 전체중량의 32%에 해당하는 수분을 제거할 수 있었다. 파쇄된 폐기물을 수분추출장치로 압착한 결과 전체중량의 78.1%에 해당하는 무게의 수분이 추출되었으며 94.5%(w.b.)인 초기함수율을 기초로 계산된 압착후의 건물량의 함수율은 75%(w.b.)이었다. 그러나 건조오븐에서 측정된 압착후의 건물량의 함수율은 86%(w.b.)으로 차이를 보였다. 이러한 결과는 다량 추출된 수분중에 2 ~ 3%정도의 미세한 건물이 포함되었기 때문이며 스크린의 개구면적을 조정할 경우 함수율이 낮은 건물량을 구할 수 있을 것으로 판단된다.

그림 4-3은 항온항습기내에서 파쇄전후의 폐기물의 건조속도를 비교한 것으로 3시간 건조후 조제전의 폐기물은 함수율이 1.5% 포인트 감소하여 92.7%(w.b.)였으나 조제 압착후의 폐기물은 25.7% 포인트 감소한

59.3%(w.b.)로 감소율을 비교할 때 17배의 빠른 건조속도를 보였다.

## 제 2 절 1차 개발된 스크루 프레스

실험된 수분추출통의 구조가 적용된 스크루 프레스의 설계도는 그림 4-1(a)와 같다. 파쇄감용된 폐기물은 7번 공급장치에서 스크루내에 유입된다. 스크루 축의 형상은 재료의 투입구에서 배출구로 진행함에 따라 축경이 80mm에서 100mm로 커지며 스크루 날의 피치는 40mm에서 22mm로 점차적으로 작아진다. 따라서 투입구 6번 날에서 3번 날로 재료가 이송되는 과정에서 재료의 체적이 50%정도 줄어 수분을 일정량 추출할 수 있도록 설계되었다. 1번은 단면이 실험실 실험장치와 동일한 구조로 3번 끝날이 재료를 외부 스크린과 내부 원추형 사이로 공급함과 동시에 압착력을 가하여 재료가 1번의 끝단을 통과하여 배출되는 과정에서 10번 스크린 망을 통하여 수분이 추출된다. 1번의 구조는 그림 4-1(a)와 같이 재료의 통과 단면적이 줄어들게 설계되었으며 원주방향으로 8개의 칼날을 설치하여 재료의 배출을 용이하게 했다. 또한 1번의 축방향 축력을 지지하기 위해 8번과 같은 지지바를 설치하고 1번을 외부 스크린에 용접하였다. 배출되는 폐기물을 1번에서 원활하게 이탈시키기 위해 2번 칼날을 축에 고정하여 축의 회전력으로 작동하여 배출된 재료를 절단할 수 있도록 하였다. 탈수된 폐기물은 9번 통로를 통해 수거된다.

설계 제작된 스크루 프레스를 제작하여 실험한 결과 몇 가지 문제점이 발생되었다. 재료투입구의 면적이 좁아 감용기에서 처리된 채소폐기물을 처리할 수 없었으며 스크루날의 피치가 작아서 재료가 스크루 날개사이에 끼어서 이송되지 않고 중간에 멎어있는 현상이 발생되었다. 또한 설계된 스크루 프레스의 배출간격이 고정되어 있어 배출되는 폐기물의 탈수정도를 조정하기 어려운 문제점이 있었다.

### 제 3 절 최종 개발된 스크루 프레스

1차 개발된 스크루 프레스의 문제점을 보완하여 수정된 스크루 프레스를 설계제작 하였다. 스크루 축 및 스크린 등은 1차 개발된 장치와 동일 하였으나 입구는 스크린의 상부 절반을 절개하여 넓혔으며 스크루 피치는 투입구 쪽이 100mm이고 출구 쪽이 70mm인 구조로 변경하였다. 스크루 프레스의 출구는 그림 4-4와 같이 원추형의 압력판을 외부에서 볼트로 조정하여 폐기물이 배출되는 출구간격을 조정 할 수 있는 구조로 제작되었다. 개발된 스크루 프레스는 감용장치의 하부에 놓이고 감용장치와 스크루 프레스를 5마력 삼상모터 하나로 동력을 전달하였다. 실험결과 스크루 프레스의 작업가능 회전수는 10-15rpm이었으며 모터에서 감속기를 통과하여 동력을 전달하였다. 개발된 스크루 프레스의 처리능력은 시간당 400kg이었으며 처리능력은 스크린의 직경의 제곱에 비례하여 커진다. 실험결과, 감용 처리된 채소류 폐기물을 개발된 스크루 프레스로 착즙한 경우 체적과 함유율 및 밀도는 표 4-1, 4-2, 4-3과 같다. 밀도는 착즙전 후 차이가 없었다. 착즙후 체적은 감용처리전 체적의 5% 정도였으며 감용장치만을 통과한 경우의 18%에 비해 현격한 감소율을 보였다. 1차 탈수후의 폐기물 함유율은 82.3% 이었으며 2차 탈수후의 경우 함유율이 71.4%로 감소되었다. 따라서 스크루프레스의 길이를 길게 하면 착즙효율도 높일 수 있다.

표 4-1 체적 감소율 (%)

	macerated (1 pass)	pressed (1 pass)	pressed (2 pass)
체적감소율	82	95	97

표 4-2 함수율 (% w.b.)

	control	macerated (1 pass)	pressed (1 pass)	pressed (2 pass)
함 수 율	94.7	92.1	82.3	71.4

표 4-3 밀도

	control	macerated (1 pass)	pressed (1 pass)	pressed (2 pass)
밀 도 (g/ml)	0.17	0.96	0.97	0.98

# SCREW PRESS

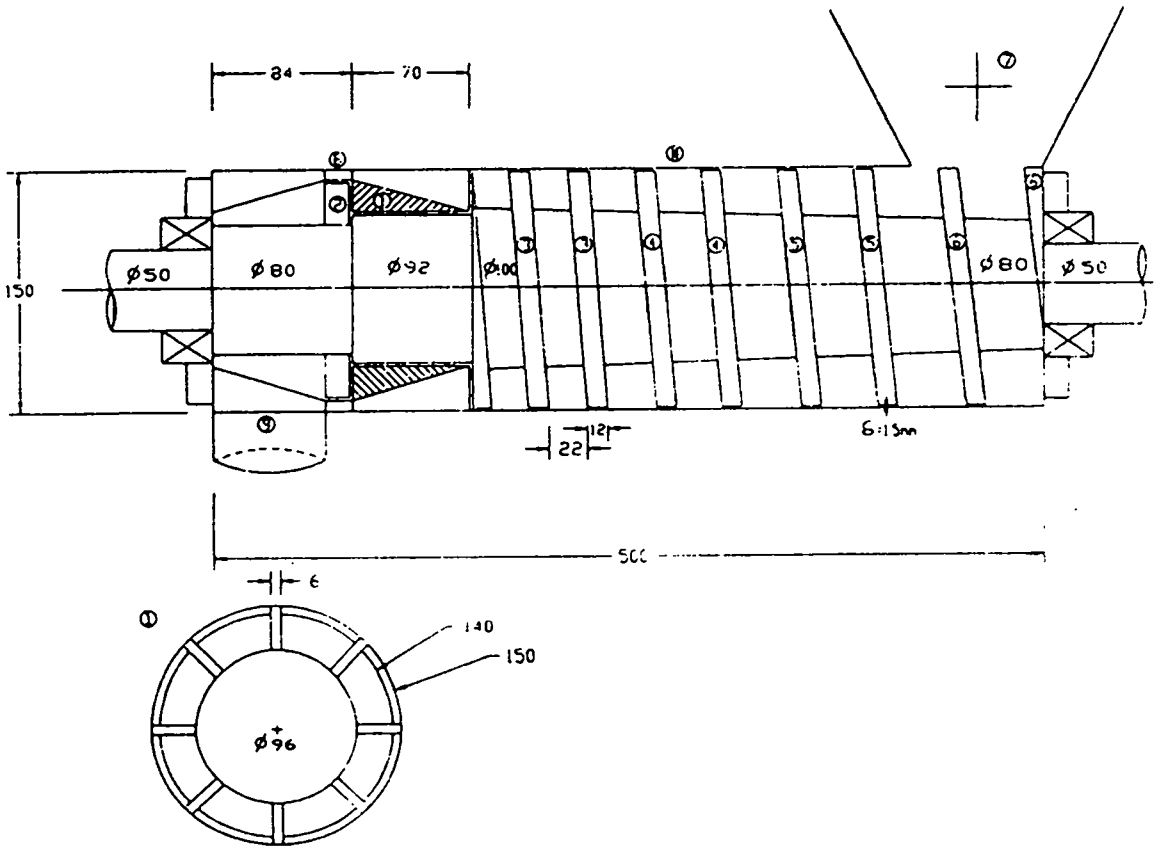


그림 4-1 스크루 프레스의 설계도

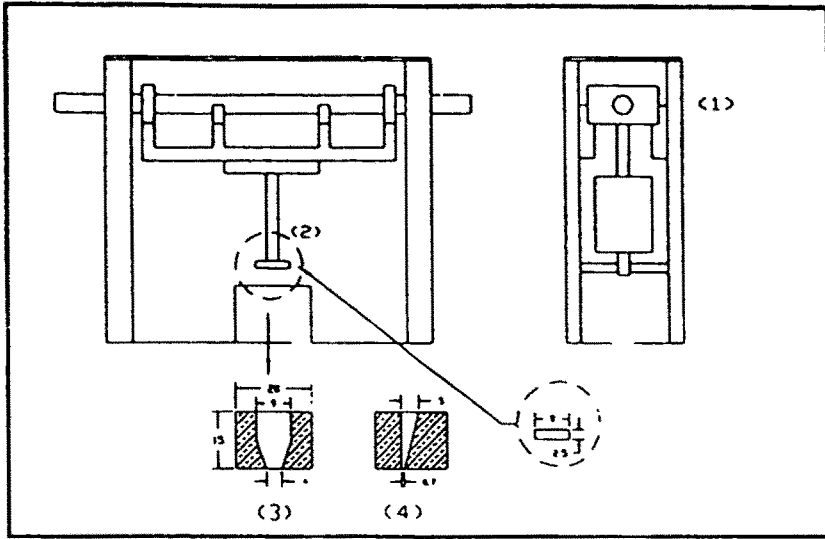


그림 4-2 수분추출 실험장치

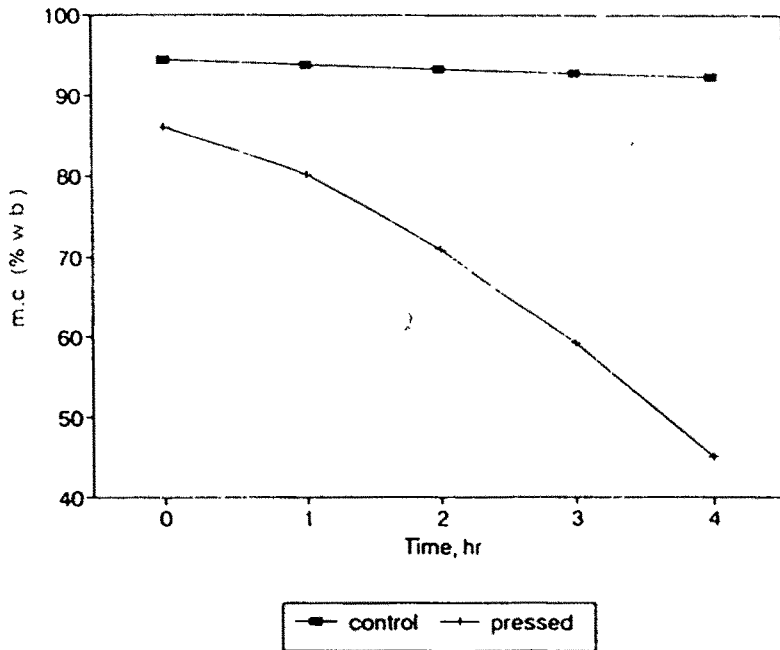


그림 4-3 항온항습기내에서 수분이 추출된 채소류 폐기물의 건조속도

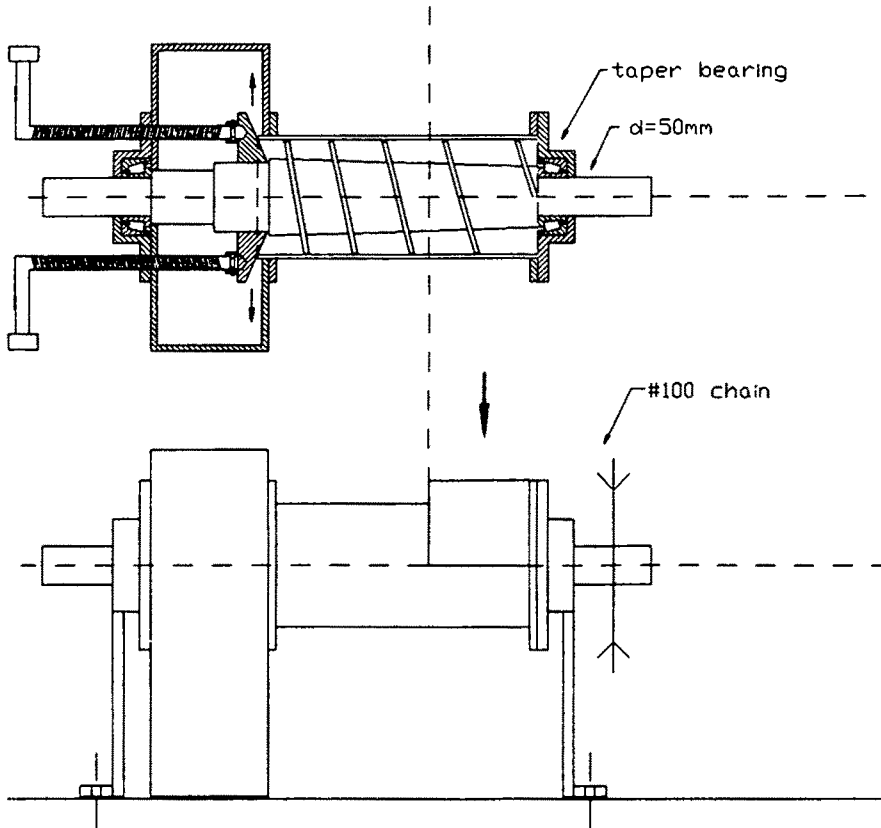
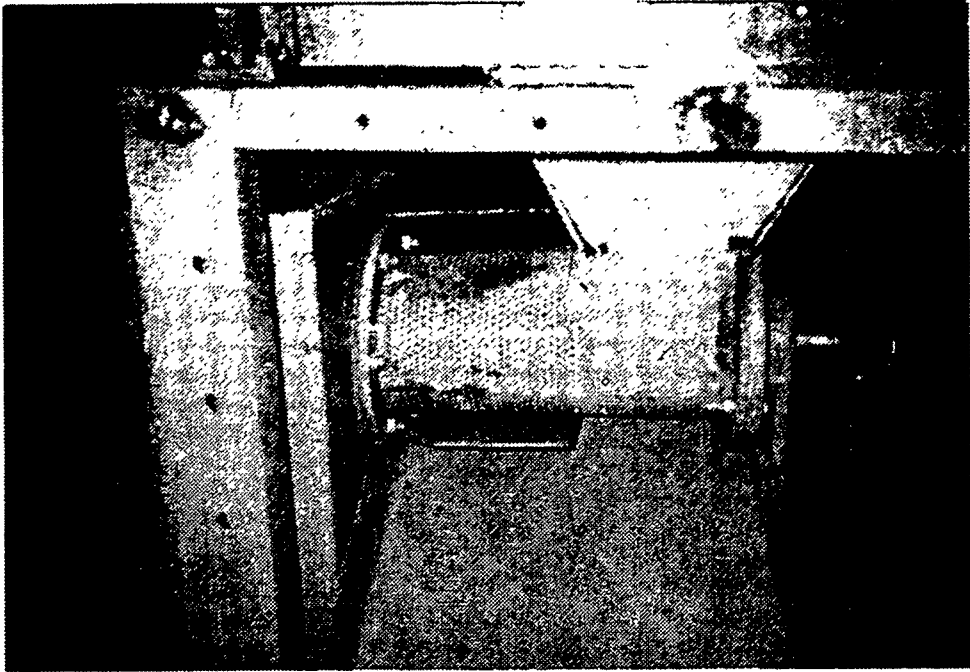


그림 4-4 최종 개발된 수분추출장치



제 5 장  
이 물 질 분 리 장 치

# 여 백

## 제 5 장 이물질 분리장치

채소류 폐기물 중에는 이송과정에 배추를 포장하는 신문지와 묶는 비닐끈 등이 대량으로 포함되어 있어 폐기물을 사료화 하기 위해서는 이러한 이물질의 분리가 필요하다.

이물질을 분리하는 방법에는 대상물질의 종말속도 차이를 이용한 풍력선별 방법과 비중과 크기의 차이를 이용한 요동체 선별방법이 있다.

수거된 폐기물을 세척조에 투입하기 전에 폐기물에 포함된 신문지 등 가벼운 이물질을 분리하여 처리과정의 량을 줄이며 최종생성물인 사료에 포함될 이물질의 함량을 줄일 수 있는 장치인 풍력선별장치를 개발하였다. 또한 세척후 감용기에 투입되는 재료는 미분리된 신문지와 비닐끈 등이며 비닐끈 등은 그 형상을 유지하므로 요동체의 망을 사용하여 분리가 가능하나 신문지의 경우 잘게 파쇄되어 채소류 폐기물에 혼합되어 배출되므로 요동체만으로 분리가 어렵다. 따라서 세척후 이물질분리를 위해 풍력이 부가된 요동체선별방법이 개발되었다.

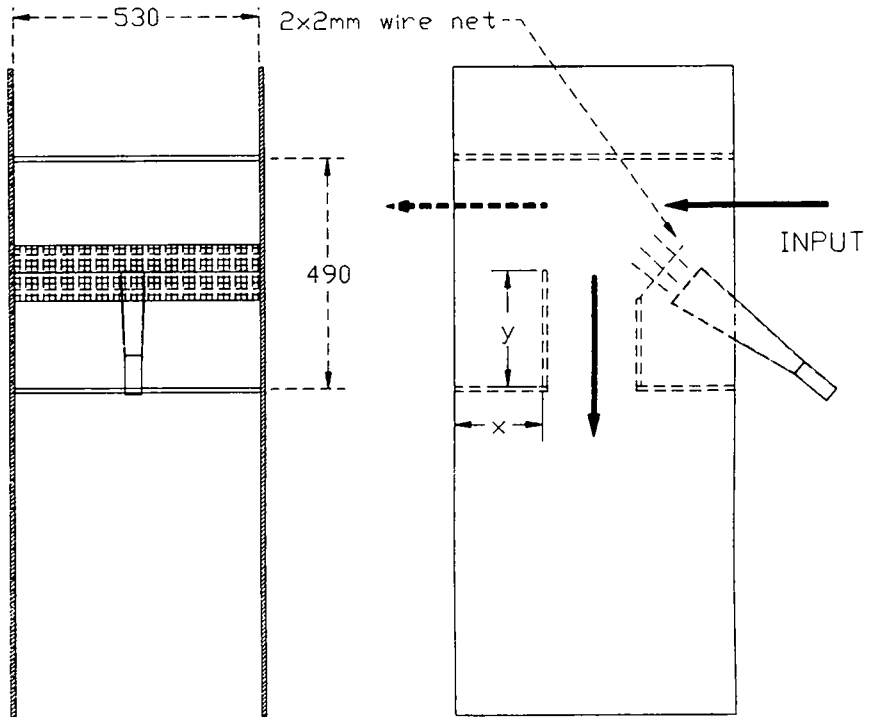
### 제 1 절 처리전 풍력선별장치

세척조 투입전 폐기물에 포함된 신문지를 풍력으로 분리하기 위해 배추 및 신문지의 종말속도를 측정한 결과 배추는 7.5 m/s 이고 신문지는 4.5m/s 이었다. 따라서 풍속을 두 종말속도의 중간으로 유지할 경우 신문지는 풍력에 의해 분리 배출되고 배추 등은 세척조로 투입될 수 있다. 풍력선별 장치를 개발하기 위한 예비 실험장치는 기울기가 50도인 경사를 갖는 덕트의 중간을 망으로 구성되고 망을 통해 팬의 풍력이 폐기물에 가하여 신문지는 덕트 밖으로 배출되고 배추는 덕트면을 따라 용기에 담기는 구조이다. 풍력은 터보 팬을 사용하였으며 망 부분의 평균 풍속은 10m/s로

선별되는 순간에는 5 - 7 m/s 의 범위에 있었다. 실험 재료는 채소류 집하장에서 배출된 폐기물로서 신문의 비율이 전체 무게의 10 - 15% 정도였으며 부피는 50% 정도를 차지했다. 실험결과 공급율을 10kg/min로 했을 때 신문지는 50%정도 분리되었으나 배출시 배추폐기물의 함유량이 높았다. 배출된 신문지 및 배추 폐기물의 수거과정에서 재료에 따라 비산거리의 차이를 보여 신문의 경우 배추보다 멀리 비산되므로 배출된 재료의 분리 수거를 위해서는 분리판이 필요하였다. 따라서 그림 5-1과 같은 장치를 개발하였으며 구조는 가로 50cm, 세로 53cm, 길이 60cm의 통에 선별망과 분리판을 설치한 모양으로 신문지와 배추폐기물을 분리할 수 있다. 컨베이어를 통해 이송된 시료는 분리장치에 설치된 선별망을 통과하게 되는데 이때의 선별망의 기울기는 50도 였다.

## 제 2 절 진동체선별장치

그림 5-2와 같이 요동체는 길이 60cm, 폭 40cm이며 4mm 철선이 길이방향으로 20mm간격을 유지하며 설치되었다. 요동체는 원호운동을 하며 진폭은 30mm이고 진동수는 300 에서 600 rpm으로 변경 할 수 있다. 철선의 간격은 좁을수록 이물질 분리성능이 높으나 배추폐기물의 손실이 커지고 철선의 간격이 크면 이물질 유입량이 많아지므로 적정수준의 간격인 20mm로 결정되었으며 체에 걸린 신문의 배출이 원활하게 하기 위해 체의 옆모양은 ㄱ자로 제작하여 부착하였다. 또한 파쇄과정에서 크기가 작아진 신문지 등은 배추폐기물과 함께 철선망을 통과하므로 이때 이물질을 분리하기 위해서 풍력을 사용하였다. 파쇄된 배추폐기물과 신문지는 풍력에 의한 종말속도(Terminal Velocity)가 크게 차이가 남으로 적정수준의 풍속을 유지하면 신문지를 분리 할 수 있다. 따라서 요동체 하부에서 철선망 상부로 풍력을 가할 수 있는 풍력 선별장치를 설치하였다.



x; width of separation  
y; height of separation

그림 5-1 처리전 풍력 선별장치

(unit : mm)

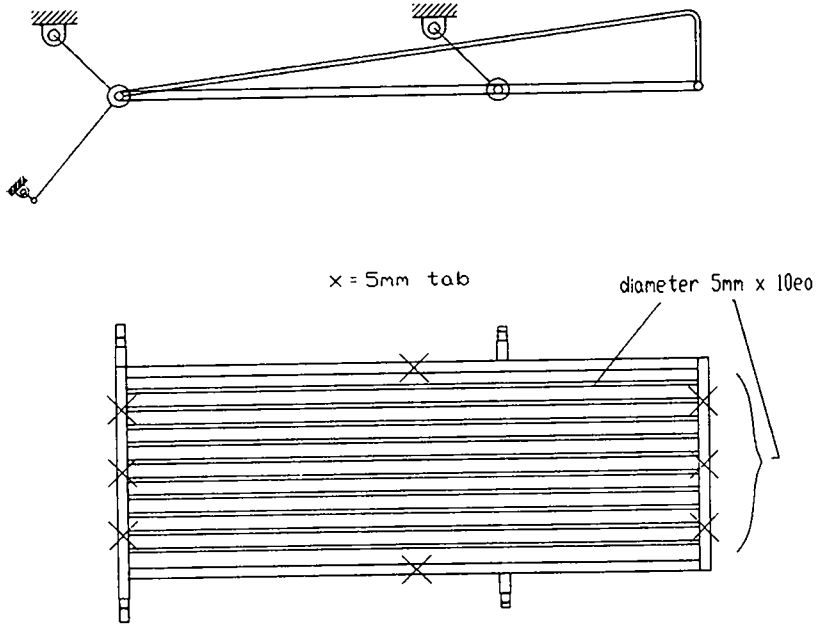


그림 5-2 진동체 선별장치

### 제 3 절 실험재료 및 방법

#### 1. 처리전 풍력선별장치

장치의 풍력선별 성능을 측정하기 위해 가변속 벨트 컨베이어에 배추 폐기물과 신문지를 무게비 10:1의 비율로 균일하게 혼합하여 놓은 후 1.2 kg/min의 공급율로 장치에 공급하였다. 재료는 선별망위를 통해 낙하하며 이때 망을 통과한 바람의 힘에 의해 재료는 비산된다. 비산된 재료중 신문지를 분리하기 위해 그림 5-1과 같은 분리판을 19 cm 와 38 cm 의 두수 준으로 실험하였으며, 풍속은 팬의 공기 분출구에서 20 m/s 이었으며 선별 실내에서는 7 - 10 m/s이었다. 재료의 분리량을 측정하기 위해 분리판 밖으로 배출된 신문지 및 배추의 량을 투입량의 중량비로 표시하여 선별된 분리량으로 정의했다.

#### 2. 감용기 통과후의 재료의 분포

풍력에 의한 1차 선별후 세척한 재료를 감용기에 투입하여 파쇄한후 신문지 등을 선별하기 위해 재료의 누하분포를 실험하였다. 실험의 재료 및 방법은 표 5-1과 같다.

표 5-1 감용기통과후의 재료 분포 실험

실 험	투 입 량 (g)		물 수 (물직경,mm)		물 속 도 rpm (물직경,mm)	
	배추	신문지	150	205	150	205
1	2000	100	2		1200,705	
2	2000	100	1	1	1180	1200
3	2000	200		2		1800,1058

### 3. 감용기 통과후의 선별

1) 감용기 통과후의 재료를 선별하는 선별체 철선의 간격을 결정하기 위한 실험을 행하였다. 배추폐기물의 량은 8000g, 신문지의 량은 580g이었고 체간격은 20mm 와 30mm이었으며 선별체의 진동수는 714rpm으로 고정하여 분리량을 측정하였다. 선별체의 체간격은 예비실험에서 10, 20, 25, 30mm의 간격으로 실험한 결과 10mm 에서는 배추 및 신문지의 전량이 배출되며 30mm에서는 상당량의 재료가 체를 통과하였던 결과에 의해 위의 두수준에서 실험되었다.

2) 선별체의 선별성능은 진동수에 따라 변화한다(김동, 1991). 개발된 장치의 진동수의 효과를 분석하기 위해 진동수를 571, 714, 및 857rpm으로 변화하고 배추량을 8000g, 신문지를 1000g으로 혼합하여 감용장치를 통과한 후 분리량을 측정하였다.

3) 선별체에서 감용된 재료를 선별할 때 체 밑의 신문지 및 배추의 낙하 분포를 측정하기 위해 철선망 간격 20mm와 진동수 571rpm로 고정하여 실험하였으며 신문지의 분리성능을 향상시키기 위해 위의 작동조건에 부가적으로 선별체 밑의 중앙부에 입구의 크기가 10 X 15 cm인 풍구를 설치하고 출구 풍속을 20m/s로한 경우와 비교하였다. 재료중 배추와 신문지의 중량비는 10:1 이었다.

4) 선별체의 유무 와 풍속 10m/s 및 20m/s인 경우의 선별체 밑의 배추 및 신문지의 분포 및 배출량을 종합적으로 분석하기 위해 재료의 배추 및 신문지 중량비율 10:1인 조건에서 실험하였다.



## 제 4 절 결과 및 고찰

### 1. 처리전 풍력선별

선별판에 의한 신문지 분리율이 다소 낮은 경우에도 감용기에 투입되는 신문지의 총량이 작은 경우에는 최종 수거되는 배추에 포함된 신문지의량은 줄어들 수 있다. 배추폐기물에 섞여있는 신문지 등을 기계적인 처리 이전에 풍력에 의해 분리하는 장치를 개발하기 위해 덕트를 제작하고 기울기에 따라 재료의 분리율을 측정한 결과 덕트의 기울기가 클수록 분리가 잘되었다.

예비실험결과에 의해 덕트를 통해 낙하하는 재료는 풍력에 의해 비산되는데 배추와 신문지는 종말속도의 차이에 의해 도달거리의 차이가 있다. 신문지를 분리하기 위해 분리판을 일정 길이로 구분하여 분리된 신문지와 함께 배출된 배추의량을 분석한 결과는 표 5-2와 같다.

표 5-2 풍력 선별에 의한 분리량

분리폭(cm)	재 료	분리량(%)
38	배 추	1.12
	신 문	30.7
19	배 추	10.6
	신 문	57.2

배출되는 신문지를 수거할 분리판의 위치에 따라 신문지분리량은 차이를

보여 바람입구에서 분리판의 위치가 멀어질수록 신문지 분리량이 줄었으며 동시에 배추 배출량도 줄어드는 경향을 보였다. 따라서 본 결과는 배추의 배출에 의한 손실량을 적정히 하는 조건에서 신문지 배출량을 최대화하는 선별방법을 선택하는 기준이 된다.

## 2. 감용기를 통과후의 재료의 분포

감용기의 한 쌍의 롤(파쇄롤)을 통과한 후의 재료의 분포는 물질에 따라 달랐다. 실험실 실험에서 감용기 롤의 직경이 150mm인 한 쌍의 롤을 통과할 경우 배추의 경우에는 두 롤 사이를 통과한 후 감용기 밑의 중앙에 20-30cm범위에 집중적으로 떨어진 반면 신문지는 한 쌍의 롤 중 저속으로 회전하는 롤 쪽으로 더 많은 양이 분포되는 현상이 나타났다.(그림 5-3)

이러한 분포는 선 속도가 서로 다른 한 쌍의 롤이 재료를 파쇄할때 재료가 롤 표면에 접촉하는 시간이 고속롤 쪽보다 저속롤 쪽이 길어지며 이때에 신문지는 파쇄공간 통과시 순간적으로 저속롤 표면에 일정시간 점착되었다가 롤의 회전에 의한 원심력으로 수직선과 큰 각을 이루면서 하부로 배출되어 출구로 더 많은 양이 분포된다. 이러한 현상은 신문지를 분리하기 위한 방법으로 고려되어졌으나 파쇄롤의 크기에 따라 그 효과가 차이가 있었다. 파쇄롤의 유입성능향상을 위해 고속롤의 직경을 204mm, 저속롤의 직경을 150mm로 하는 롤 조합으로 변경하여 실험한 결과를 그림 5-4에 표시하였다. 그림 5-4에서 보는 바와 같이 신문지의 분리성능이 두 개의 작은롤의 조합인 경우 보다 낮아졌으나, 저속롤 쪽으로 편중된 분포를 볼 수 있다. 두 롤의 직경을 204mm로 증대시켜 파쇄 후 신문지 및 배추를 실험한 결과는 그림 5-5와 같다. 즉 롤의 직경이 증대함에 따라 롤에 점착되었다가 원심력으로 배출되는 각도가 작아져서 그림 5-5와 같이 중앙부에 재료가 집중되어 분리효과가 낮아진다. 시작기의 성능향상을 위해 파

쇄물의 직경이 150mm로 결정됨으로 인해 감용기 파쇄물 통과후의 신문지 분리효과를 극대화할 수 없었으나 체 선별시 저속롤의 위치를 신문지 배출구 쪽으로 배치하여 선별효과를 높이는 방안이 제시되었다.

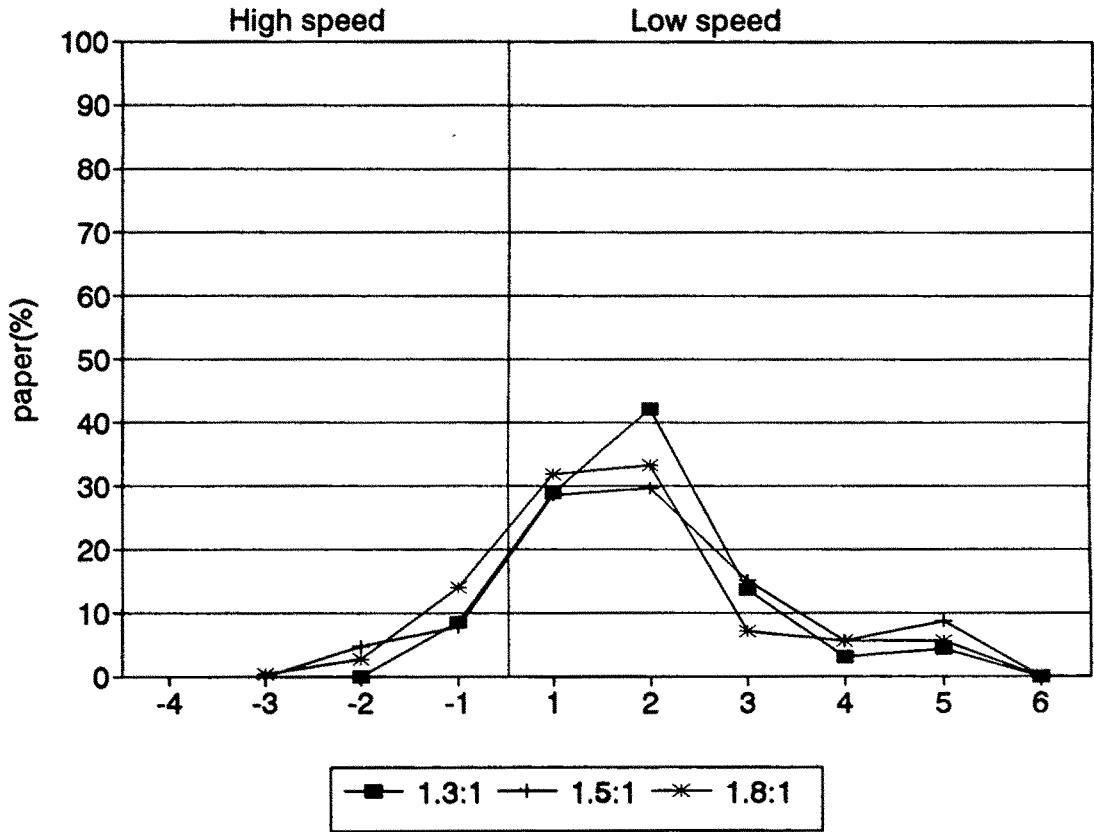


그림 5-3 메쉬레이터 선속도 차이에 따른 배추의 낙하 분포

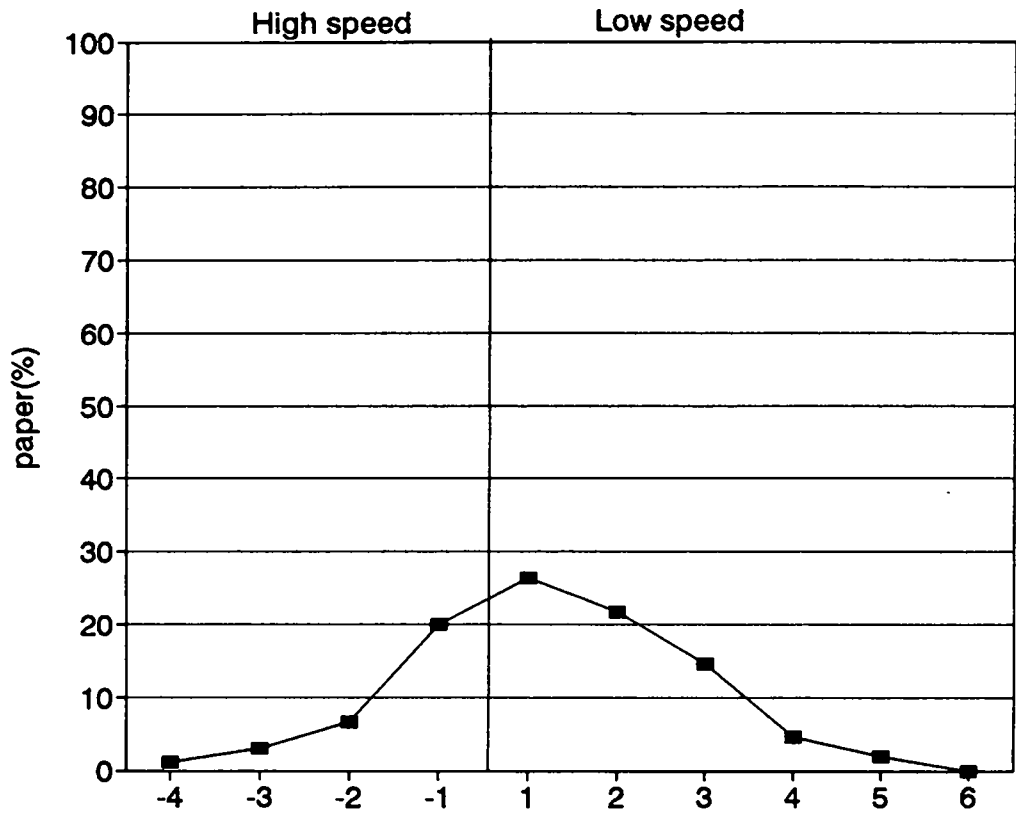


그림 5-4 고속롤 직경 204mm, 저속롤 직경 150mm일 때의 낙하 분포

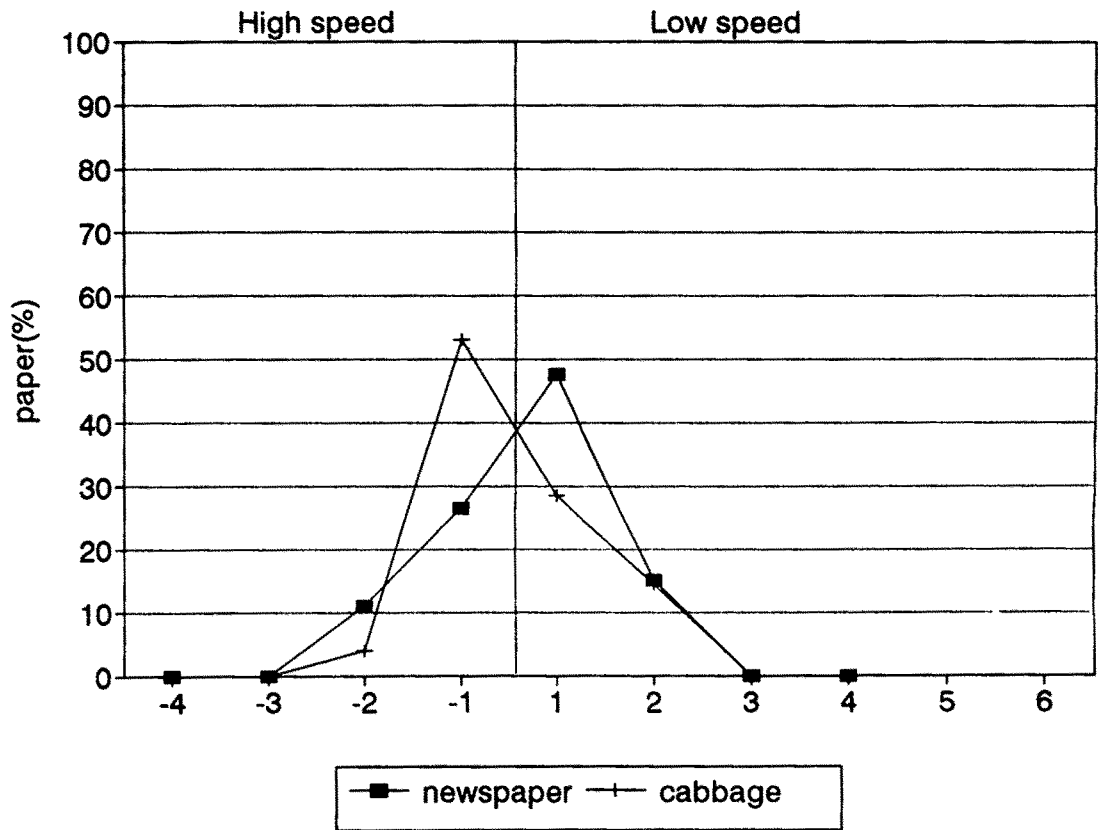


그림 5-5 두 롤의 직경이 204mm일 때의 낙하 분포

### 3. 감용기 통과한 후의 선별

감용기에 의해 파쇄된 폐기물에는 신문지와 배추가 섞여 있으며 신문지는 흡습되어 함수율이 높아진다. 분리방법으로 4절기구의 선별방법을 사용했다. 4절기구 선별판의 구조는 파쇄된 채소류 폐기물과 신문지 분리를 위한 철선망 구조이므로 선별판의 진동수는 선별선능을 좌우하는 요인이다. 표 5-3은 선별판의 진동수가 714rpm일 때 파쇄된 신문지 및 배추분리 성능을 표시하였다. 망 간격이 20mm보다 작은 경우에는 파쇄된 배추 및 신문 등이 선별망을 통과하지 못하고 대부분이 배출망 간격이 20mm보다 작은 경우에는 배추 및 신문 등이 선별망을 통과하지 못하고 대부분이 배출되었으며 20mm 인 경우에는 신문지 분리가 69%이고 함께 배출된 배추량은 5.8%정도였다.

표 5-3 체간격에 따른 재료의 분리량

체 간 격	배추 분리량(%)	신문 분리량(%)
30 mm	1.7	26
20 mm	5.8	69

표 5-4 선별체의 진동수에 따른 분리량

Frequency	배추 분리량(%)	신문 분리량(%)
6"(857rpm)	51	94
5"(714rpm)	37	97
4"(571rpm)	20	81

망 간격이 30mm이상인 경우에는 신문지 분리량이 26%로 선별판의 효과가 없었다. 표 5-4는 진동선별판의 진동수를 변화할 때 배출된 신문지 및 배추의 량을 비교하기 위해 신문지 혼입량을 표 5-3의 경우보다 1.7배로 늘려서 실험한 결과를 표시하였다.

신문지의 량이 많아짐에 따라 선별판의 신문지 선별능력이 증대하였으나 배추 배추량도 따라서 증대되었다. 이러한 현상은 선별과정에 망을 통과하지 못한 신문지 위에 배추가 함께 섞여서 배출되었기 때문이다. 선별판의 진동수가 증가됨에 따라 신문지 배출량은 증대하였다가 감소하였으나, 배추의 배출량은 계속해서 늘어났다. 선별판은 신문지의 분리에 목적이 있으나 회수되어야 할 배추의 량이 과다하게 배출되는 조건은 적합치 않으므로 선별판 작동조건을 571rpm으로 고정하였다.

신문지 분리성능을 증대시킬 수 있는 철선망 간격 20mm 와 진동수 571rpm에서 풍력유무에 따른 요동체의 선별성능을 측정하기 위해 요동체 밑의 신문지 낙하분포(그림 5-6)와 배추의 낙하분포(그림 5-7)를 구하였다. 풍력이 있는 경우가 풍력이 없는 경우에 비해 신문지를 13%이상 더 분리하는 효과가 있었으나 동시에 배추폐기물이 10%정도 더 배출되어 배추폐기물의 손실은 커졌다. 감용처리된 배추는 체를 통과하여 중앙부에 집중되었으나 신문지는 체의 진동에 의해 출구 쪽으로 이송되어 배출되는 현상을 볼 수 있다.

표 5-5는 감용기 하부에 선별판 및 풍력의 유무와 장치의 조합에 따른 재료의 분포에 대해 표시하였다. 선별판과 함께 풍력을 이용하면 신문지의 분리량이 늘어나 풍력 20m/sec일 때 선별된 신문지의 량은 98.4%로 대부분이 분리되었으나 배출된 배추량이 23.7%로 높은 편이었다. 선별판 및 풍력을 이용한 신문지 분리는 가능하나 상대적으로 배추의 배출량이 늘어나는 문제점이 있다. 따라서 배추 배출량을 적정화하며 신문지 배출량을

늘리는 조건을 선정할 필요가 있어 선별판과 풍력 10m/sec인 조합이 선정 되었다.

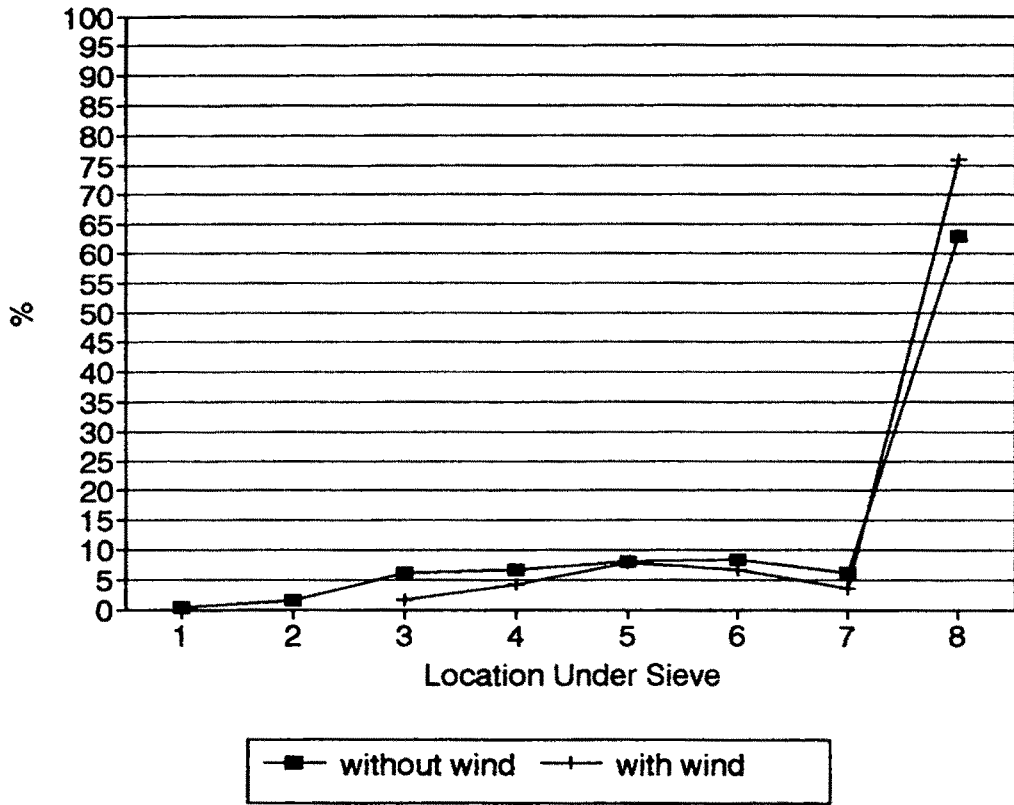


그림 5-6 요동체 밑의 신문지 낙하 분포



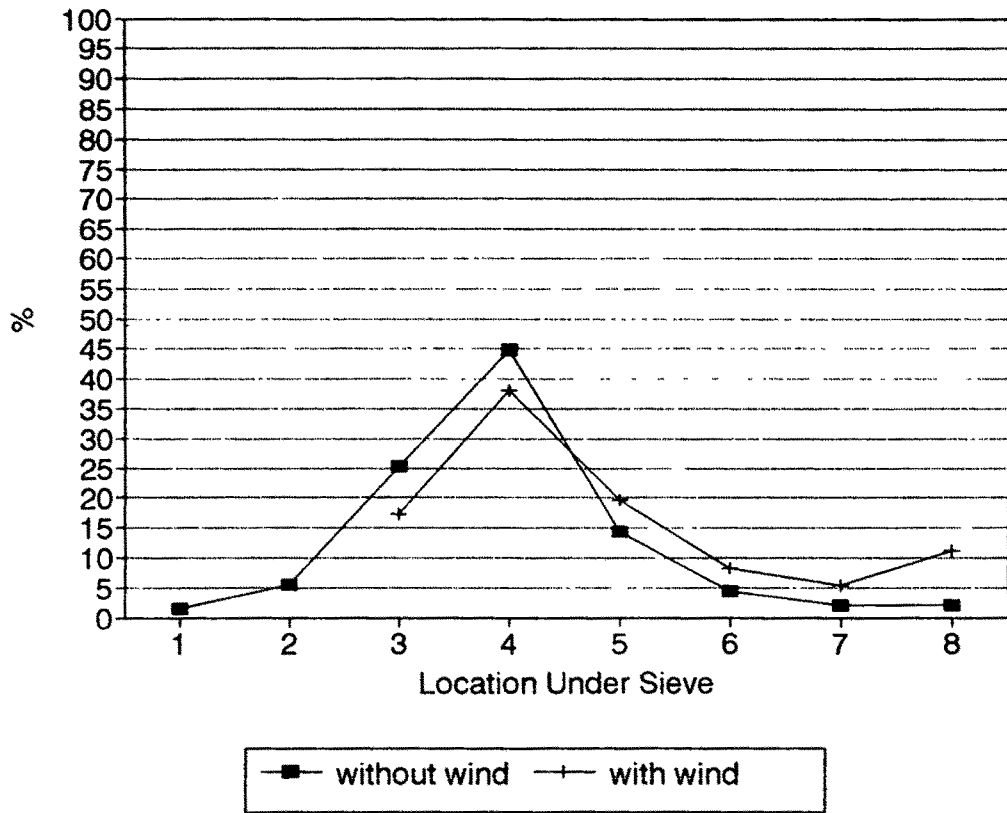


그림 5-7 요동체 밑의 배추 폐기물 낙하 분포

표 5-5. 선별판의 유무 및 풍력의 유무에 따른 재료의 분포

장치	선별판밀의 위치		-4	-3	-2	-1	1	2	3	배출
	시료종류									
없음	배 추		0.7	1.7	11.7	69.1	12.2	2.5	0.7	0
	신 문		2.1	10.8	33.8	39.1	14.1	7.2	1.3	0
선별판	배 추		0.9	3.1	12.3	40.9	20.7	7.9	3.7	10.6
	신 문		0	1.2	2.8	3.4	9.1	6.1	6.5	70
선별판 풍력(10m/s)	배 추		0	0	17.4	38.1	19.7	8.3	5.3	11.2
	신 문		0	0	1.7	4.2	7.9	6.7	3.7	75.9
선별판 풍력(20m/s)	배 추		1.9	7.1	17.4	21.1	12.1	9.3	7.4	23.7
	신 문		0	0	0	0	0.4	0.4	0.8	98.4

#### 4. 처리전 및 감용기 통과후 선별방법

이물질 중 신문지 분리를 위해 처리전 풍력에 의한 1차 선별과 감용기를 통과한 후 선별판에 의한 2차 선별한 결과를 선별 방법에 따라 표 5-6에 정리하였다.

표 5-6 처리전 풍력선별과 선별체의 선별결과

선 별 방 법		분 리 량 (%)		선별기호
		신문지	배추	
풍력만에 의한 선별처리전 풍력	분리폭 19	57.2	10.6	1
	분리폭 38	30.7	1.12	2
감용기 하단의 선별판	풍력 무	70	10.6	3
	풍력 유	75.9	11.2	4

처리전 및 감용기 통과후의 선별방법에 따라 최종적으로 신문지 및 배추의 분리량을 계산한 결과는 표 5-7과 같으며 선별조합 1-4와 같이 처리전 풍력에 의한 신문지 분리량이 크면 최종 배추 폐기물 중 포함된 신문지량을 줄일 수 있으나 유용한 배추의 량이 20.7%정도 배출되어 손실이 커진다. 따라서 배추 배출량을 적정히 하여 신문지 분리량을 최대화 할 수 있는 선별조합 2-4의 경우로서 분리판의 위치를 38cm로 하여 1차 선별한 후 감용기 하단에 선별판에 풍력을 가하여 2차 선별하는 방법이 적합한 것으로 판단된다.

표 5-7 선별조합에따른 재료의 분리량

선별번호	재 료	잔여량(%)	분리량(%)
#1-3	배 추	79.9	20.1
	신 문	12.8	87.2
#1-4	배 추	79.3	20.7
	신 문	10.3	89.7
#2-3	배 추	88.4	11.6
	신 문	20.4	79.2
#2-4	배 추	87.7	<b>12.3</b>
	신 문	16.7	<b>83.3</b>

여 백

제 6 장  
건 조 장 치

여 백

## 제 6 장 건조장치

### 제 1 절 서론

탈수된 채소류 폐기물을 사료화하는 방법 중에 하나인 건조사료를 제조하기 위해서는 건조장치가 요구되며, 또한 건조효율이 높으며 재료의 영양분을 파괴하지 않는 건조장치의 개발이 필요하다.

채소류 폐기물을 기존의 열풍건조방식으로 건조할 경우 열효율이 낮을 뿐 아니라 재료가 탄화되어 재료내부의 건조속도를 떨어뜨리며 동시에 영양분이 파괴되어 사료로서의 가치가 떨어지는 문제점이 있어, 이것을 극복하고 또한 감용장치와 수분추출장치가 연속 공정으로 이루어져야 하므로 본 연구에서 사용할 건조기는 연속적으로 건조가 가능하여야 한다.

따라서, 본 연구에서는 사료 가치를 유지하며, 건조효율도 높고 또한 연속적인 건조가 가능한 새로운 건조기를 개발하는 것을 연구 목표로 하였다. 1차년도에는 건조장치를 설계, 제작하고, 2차년도에는 개발된 건조기의 성능 실험을 실시하였다.

### 제 2 절 건조장치의 설계

#### 1. 작동원리

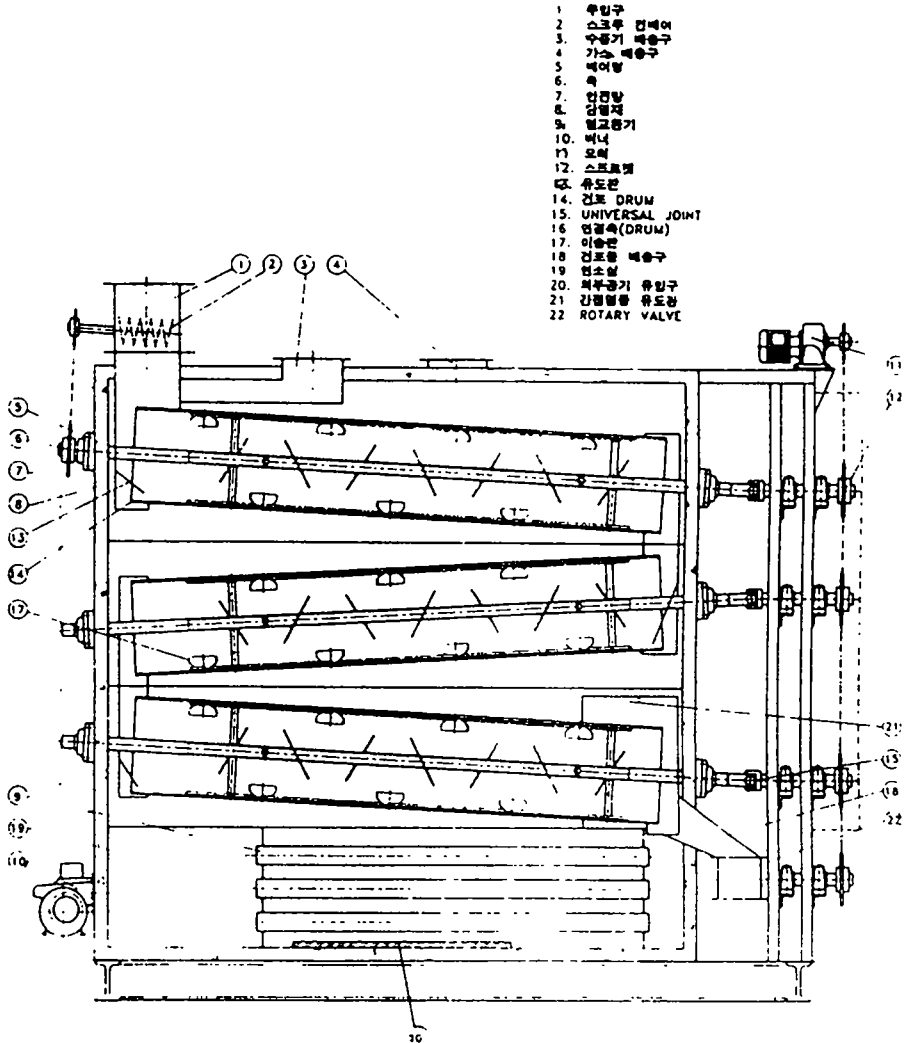
본 연구에서 개발된 건조장치는 회전하는 원통 내에 재료를 투입하면 패들에 의해 연속적으로 반전이 이루어지며, 동시에 원통을 약 3도 정도 경사지게 설치함으로써 원활하게 이송도 될 수 있도록 하여 공급된 열량에 의해 연속적으로 건조하는 건조방식을 채택하였다. 건조열은 회전하는 원통의 외부에 가하는 직접열과 열교환기를

통과한 열풍으로 원통내부의 재료에 공급되는 간접열의 두 가지 형태로 공급하도록 하였다. 그림 6-1과 같이 투입용 버켓 엘리베이터에 의해 상부로 이송된 폐기물은 건조기 상부의 호퍼에 저장되고 호퍼에 부착된 정량투입 스크루 컨베이어에 의해 건조기내의 건조실로 유입된다. 스크루 컨베이어에서 유도관을 통과한 재료는 상부의 회전하는 원통에 유입되어 원통내의 패들에 의해 반전, 유동하며 하부로 이송되어 순차적으로 3개의 원통을 거친 후에 배출된다. 이러한 구조에서는 재료가 가열된 원통 내에서 유동하며 건조되므로 부분적으로 고온에 의해 탄화되는 현상이 발생되지 않으며 재료의 투입량, 내부온도, 함수율에 따라 이송속도를 조정하여 건조속도를 최적화할 수 있다. 건조기의 버너에 의해 열량이 공급되면 건조기 하부에 설치된 열교환기의 관 내부를 통과하면서 열교환기를 가열한 후 건조원통의 외부를 하부에서 상부로 순차적으로 통과하면서 가열하고 직접열 출구를 통하여 팬에 의해 배출된다. 또한 상부 팬에 의해 하부 유입구에서 외부의 공기가 유입됨과 동시에 열교환기를 통과한 후 가온되어 건조원통내의 열풍으로 유입된다. 이 열풍이 3개의 원통내를 통과하며 재료를 건조시킨 후 간접열 출구를 통하여 배출된다.

원통은 3마력 220V 3 상 모터에 의해서 구동되며 원통 자체가 경사져서 설치되어 있으므로 각각의 구동 스프로킷과 원통 구동축은 유니버설 조인트로 연결하였으며, 최상부의 원통이 모터에 의해 구동되며 가운데 원통은 최상부의 원통으로부터 순차적으로 동력을 전달받는다. 모터와 원통 구동 스프로킷 사이에는 무단 변속기를 설치하여 원통의 회전속도를 변화시킬 수 있도록 하였다.

그림 6-2는 개발된 건조기의 외관도이다.





- 1 투입구
- 2 스크류 커버
- 3 수증기 배출구
- 4 가스 배출구
- 5 제어봉
- 6 축
- 7 인접방
- 8 인접재
- 9 열교환기
- 10 모터
- 11 오일
- 12 스프링
- 13 유동관
- 14 건조 DRUM
- 15 UNIVERSAL JOINT
- 16 열교환기(DRUM)
- 17 이송관
- 18 건조용 배출구
- 19 연소실
- 20 배수장치 유입구
- 21 강철형용 유동관
- 22 ROTARY VALVE

그림 6-1 채소류 폐기물 건조기의 설계도

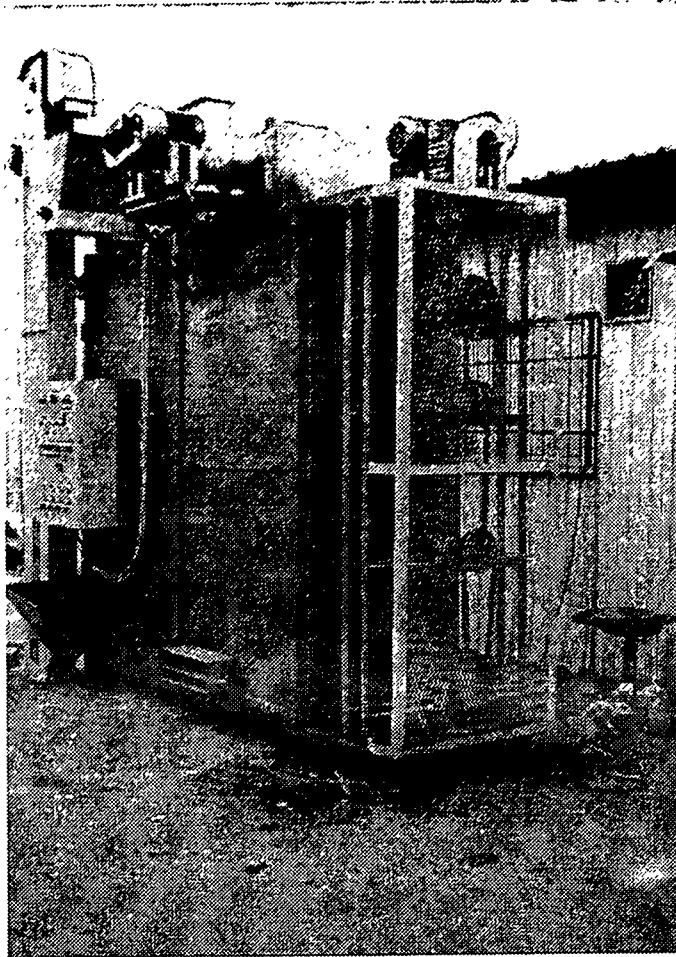


그림 6-2 채소류 폐기물 건조기

버킷 엘리베이터는 높이가 약 3m 로 투입구의 재료를 공급호퍼로 이송하는 데 사용하였으며, 1마력의 소형 모터로 작동하였다. 호퍼에 이송된 재료가 충만 되면 리미트 스위치가 작동하여, 버킷 엘리베이터의 작동을 정지시킴으로써 재료의 이송을 정지할 수 있도록 하였다.

공급 스크루는 호퍼내의 재료를 건조기내로 균일하게 투입시키는 역할을 하는데, 공급 스크루는 0.5 마력 변속모터를 사용하며 제어판에서 모터의 속도를 조절할 수 있도록 하여 그 공급량을 조절할 수 있도록 하였다.

송풍 팬은 간접열과 직접열의 출구가 하나로 합쳐지고 난 후의 지점에 설치하여 습공기를 배출할 수 있도록 하였다. 이때 간접열과 직접열의 출구는 배출 공기량을 조절할 수 있도록 통로를 개폐할 수 있는 장치를 부착하였다.

## 2. 제어장치

건조기는 크게 완전자동과 수동 방식으로 운전이 가능하도록 하였다. 완전 자동 운전 방식을 선택하면, 원통, 팬, 호퍼 스크루, 버킷 엘리베이터 및 버너 등의 작동이 건조기의 내부 온도의 최저한계와 최고한계 등의 설정치 및 호퍼내의 재료 공급량에 따라 자동으로 제어되며, 수동 방식의 스위치를 설치하여 필요시 요구되는 부분만 작동을 시킬 수 있도록 하였다. 그림 6-3은 제어장치의 블록선도를 나타낸 것이다.

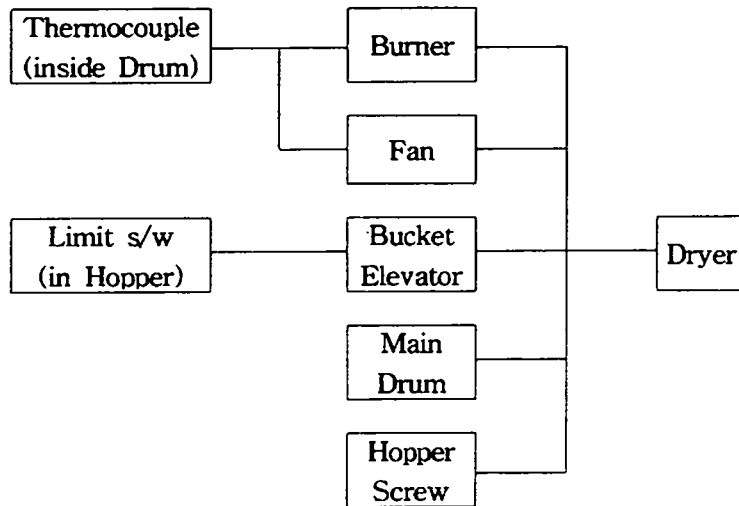


그림 6-3 건조기의 제어장치

### 3. 1차년도에 개발된 건조기의 보완

메세레이팅된 수분함량이 85%정도인 배추 폐기물에 대한 예비실험을 수행한 결과, 배추의 섬유질이 서로 길게 엉켜서 건조기가 막히는 현상을 보였다. 또한, 공급 호퍼에 설정 공급율 이상의 시료가 투입되면 브릿지 현상이 발생하여 공급 스크루가 정상적으로 작동을 해도 시료가 투입되지 못하는 경우가 발생하였다. 설치된 버너의 공급열량이 부족하여 건조기의 온도를 100℃이상으로 올릴 수 없었다. 따라서 문제점이 발생된 부분에 대하여 수정, 보완한 후 건조 성능을 평가하였다.

#### (1) 공급부

예비 실험에서 재료의 막힘 현상이 발생되어 공급률의 회전속도의 최고치를 제한하여 실험하였으며 설정기준 공급율을 50kg/hr 로 하였다.

## (2) 버너열량

건조열의 공급을 위해 버너의 노즐크기를 변화하는 실험을 하였으며 노즐에 따른 건조온도의 최대 설정온도가 차이를 보였다. 노즐의 직경은 0.3mm로 결정하였다.

## (3) 환기 팬

건조부위에 가온 공기를 통과시키는 유량은 배기 통로에 부착된 팬의 속도와 통로의 열림 정도로 결정된다. 팬의 회전속도는 벨트식 무단 변속 장치를 조정하여 구하였으며 통로의 열림 정도는 통로를 개폐하는 장치를 조정하여 4등분으로 구분하였다. 건조공기의 통로는 크게 둘로 나뉘어지며 직접열과 간접열의 통로이다. 본 실험에서는 1/4의 열림 정도로 실험되었다.

## (4) 버켓엘리베이터

재료를 건조기에 투입하기 위해 상부로 이송하는 장치인 버켓엘리베이터에서 하부 재료의 일부분은 이송되지 않고 누적되는 현상을 보완하였다. 버켓의 이송속도는 버켓이 부착된 벨트의 이송속도로 상하부의 벨트구동 롤러의 회전속도로 조정하였다. 이송성능은 50kg/hr의 성능을 기준으로 하였다.

## (5) 스크루 피더

상부로 이송된 재료를 일정하게 건조기내로 이송하기 위해 스크루 이송장치를 설치하였으며 공급된 재료의 양이 많은 경우 버켓엘리베이터의 작동을 단속할 수 있는 리미트 스위치를 장착했다. 기준 이송성능을 만족

하는 회전속도를 구하기 위해 DC 모터를 장착하여 1rpm 까지 속도를 조정하여 공급할 수 있도록 하였다.

### 제 3 절 건조기 성능 실험

건조에 소요되는 에너지의 최소화를 위한 건조방법인 에너지의 환수장치를 부착한 연속건조기에 대하여 채소류 건조에 적합한 건조기의 적정 작동조건을 찾기 위한 일련의 실험을 실시하였다.

#### 1. 측정 시스템

건조현상을 파악하기 위한 기본적인 항목에 대한 측정이 이루어질 수 있도록 측정장치 시스템을 구성하였다.

##### 1) 건조기내로 유입되는 공기 및 배출되는 공기의 건구온도

K-type thermocouple 2개를 공기 유입구와 출구쪽에 고정 설치하였다. 이것을 자료수집장치(DaqBook 100, IO Tech, U.S.A.)를 통하여 노트북 컴퓨터에 저장한 다음 온도를 분석하였다. 온도 측정은 1분마다 1회씩 측정하여 수십시간동안 연속적으로 측정이 가능하며 실시간으로 컴퓨터 모니터를 통하여 표시되는 동시에 화일로도 저장이 가능하게 하였다.

##### 2) 건조기내로 유입되는 공기 및 배출되는 공기의 습구온도

습구온도는 건조 시작 전과 건조작업중에, 즉 건조기가 정상상태가 되었다고 판단하였을 때 수동으로 측정하였다.

##### 3) 건조기내로 유입되는 공기 및 배출되는 공기의 유량

공기 유입구와 출구에서 열선풍속계를 이용하여 공기의 풍속을

측정하여 공기량을 계산하였다. 공기량은 출구쪽의 팬에 의해서만 영향을 받았으며, 따라서 팬의 세팅이 바뀔 때마다 한 번씩 측정하였다.

#### 4) 연료소모량

버너에 공급되는 연료공급 라인을 연료탱크로부터 오는 것과 피펫장치로부터 오는 것을 별도로 설치하여, 연료 소모량을 측정할 때는 연료탱크로부터의 공급라인을 차단하고 피펫장치로부터 연료가 공급되게 하여 일정량(16ml)이 소모되는 시간을 측정하였다.

예비실험 결과 버너가 작동하는 동안에는 항상 2ml/sec의 일정량의 연료가 소모되었으므로 버너의 작동 시간만을 측정하여 연료소모량을 구하였다.

## 2. 예비실험

### 가. 실험목적

예비 실험에서는 배추 폐기물을 대량으로 확보하는 것이 어려워 비지를 이용하여 건조기의 적정작동조건을 찾는 실험을 행하였다.

### 나. 실험재료 및 방법

실험재료는 춘천시 소재 두부 공장에서 폐기되는 비지를 수거하여, 한 실험처리 당 30kg씩을 건조기에 투입한 후 투입완료시간, 배출시작시간, 배출완료시간 등을 측정하였으며 정상적인 작동상태에서 나오는 건조된 비지의 샘플을 채취하여 함수율을 측정하였다.

출구 팬 및 건조온도가 건조성능에 미치는 효과를 규명하기 위하여, 함수율이 83%인 비지 30 kg씩을 건조하였다. 이때, 팬 속도는 5, 공급율은 1 (1kg/min)로 세팅되어 있다.

출구 팬, 드럼내 이송속도 및 시료 투입률 등이 건조성능에 미치는 효과를 규명하기 위하여, 팬 속도 2 수준, 이송속도 2 수준 및 투입률 2 수준으로 2x2x2 요인실험계획법에 의해, 함수율이 83%인 비지 30 kg씩을 건조하였다. 이때, 건조기의 설정온도는 150℃ 로 고정하였다.

간접열 출구 및 직접열 출구의 개폐 정도가 건조 성능에 미치는 영향을 규명하기 위하여 팬 속도 2 수준(2.5, 7)에서 직접열 출구 개폐도 2 수준(25%, 50% 열림), 간접열 출구 개폐도 2 수준(75%, 100% 열림)을 설정하여 건조 성능을 측정하였다. 이때, 공급율은 1 kg/min이었으며, 설정온도는 150℃, 원통의 회전속도는 8 이었다.

#### 다. 결과 및 고찰

출구 팬 및 건조온도가 건조성능에 미치는 효과는 표 6-1에서 보는 바와 같이, 일반적으로 건조온도가 높일수록 건조가 잘되는 것으로 나타났다. 또한 팬 속도도 저속으로 세팅한 경우에 건조가 잘되었는데, 이것은 팬 속도가 너무 크게 되면, 건조기내의 뜨거워진 공기를 외부로 급속하게 빨아내기 때문으로 판단된다. 한편, 건조온도가 높다하여도 팬 속도가 너무 크게 되면 건조온도의 상승효과를 얻을 수 없는 것으로 나타났다.

표 6-1 팬 속도와 출구온도가 건조에 미치는 영향

Fan speed Temp.	2.5	7
110 ℃	63%	74%
150 ℃	61%	68%



출구 팬, 드럼내 이송속도 및 시료 투입률 등이 건조성능에 미치는 효과를 규명하기 위하여, 팬 속도 2 수준, 이송 속도 2수준 및 투입률 2수준으로 2x2x2 요인실험계획법에 의해, 함수율이 83%인 비지 30 kg씩을 건조하였다. 이때, 건조기의 설정온도는 150℃ 로 고정하였다.

표 6-2 팬 속도, 드럼 속도, 시료 투입율이 건조에 미치는 영향

Exp. No.	Fan Speed	Drum Spd	Feed rate	Moisture Content (% wb)	Temp. at steady-state	
					In (℃)	Out (℃)
1	2.5	2	1	65	30	121
2	2.5	7	1	57	32	126
3	2.5	7	5	79	33	101
4	2.5	2	5	77	42	116
5	6	2	5	69	40	135
6	6	7	5	73	32	132
7	6	7	1	55	36	150
8	6	2	1	62	34	150

표 6-2에서 보는 바와 같이, 시료의 공급율은 최종 함수율에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 공급율 세팅 1은 공급율이 1 kg/min 이며 세팅 5는 6 kg/min으로 공급율이 커지면 건조는 잘되지 않았다. 드럼의 회전속도, 즉 건조기내에서 시료의 이송속도는 큰 차이를 보이지 않았다. 앞의 실험과는 달리 Fan 속도가 빠른 경우 오히려 건조가 잘되는 것으로 나타났으나, 배출구 쪽의 온도 변화에서 보는 바와 같이, 건조실험이 계속되면서 건조후반부에는 배출공기의 온도가 너무 상승하여 팬 속도 변화에 의한 효과보다는 건조 온도가 높아졌기 때문에 건조가 잘된 것으로 판단되었다.

특히 Exp. 7과 Exp. 8의 경우는 비지가 탄화하는 경향을 보여, 건조 온도가 너무 높았음을 보여 주고 있다.

한편, 연료 소모량은 버너가 연속해서 작동한다고 하면 시간당 약 7.2ℓ가 소모된다. 그러나, Exp. 7 과 Exp. 8의 경우는 건조기가 이미 충분히 달아 있는 상태로 건조기의 건조온도가 150℃로 세팅되어 있기 때문에 버너가 작동하지 않으므로 연료 소모는 훨씬 적어질 수 있다.

직접열 및 간접열 출구의 개폐정도는 표 6-3에서 보는 바와 같이 배추 폐기물의 건조에 영향을 미치게 되는 데, 간접열 출구를 과다하게 열고, 직접열 출구를 과다하게 닫았을 경우 출구에서의 배출 공기의 온도가 높았음에도 불구하고 평균 건조율은 떨어졌으며 비지가 탄화하는 경향을 나타내었다.

표 6-3 직접열 및 간접열 출구 개폐정도에 의한 효과

		Fan speed	
		2.5	7
Outlet opening	direct heat : 50% indirect heat : 75%	49.04%	48.51%
	direct heat : 25% indirect heat : 100%	56.9%	54.73%

#### 라. 결론

비지를 사용하여 건조기의 작동조건을 결정한 결과는 다음과 같다.

(1) 공급량이 과다하면 건조 성능을 현저하게 저하시키므로 시간당 50 kg 정도를 투입하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

(2) 건조온도도 또한 건조성능에 큰 영향을 미치는 것으로 판단되며, 대체적으로 높을수록 유리하며, 건조기 내부온도를 일정한 온도로 유지하는 단계에서 작업하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

(3) 팬 속도는 2.5로 세팅하는 것이 유리하다.

(4) 드럼 속도의 세팅은 건조성능에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되므로 가급적 건조기 작동시간을 단축하기 위하여 빠르게 세팅하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

### 3. 배추 폐기물 건조 실험

#### 가. 실험목적

비지를 이용한 예비 실험에서 구한 건조기의 적정작동 조건에서 메쉬 레이더를 이용하여 감용되고, 스크루 프레스에서 수분을 추출한 배추 폐기물에 대한 건조 성능을 측정하였다.

#### 나. 실험재료 및 방법

실험재료는 배추 폐기물로서 춘천시 소재 농수산물 시장에서 폐기하는 배추 폐기물을 수거하여 사용하였다.

건조기는 표 6-4에서 보는 바와 같이 예비실험에서 결정된 작동조건에 맞추어 운전하였다.

표 6-4 건조기의 기본 작동 조건

Fan speed		2.5
Main Drum speed		5
Temperature(High)		150 ℃
Temperature(Low)		50 ℃
Feeding rate		1 kg/min
Openings	direct heat	50%
	indirect heat	75%

실험 방법은 예비 실험에서와 같이 초기 함수율이 94%인 배추 폐기물을 감용처리하여 30kg씩 건조기에 투입한 후, 총 건조시간, 건조 전 및 정상 상태의 건조 상태에서의 공기 유입부 및 배출부 공기의 건, 습구 온도 및 유량을 측정하고 건조가 완료된 재료의 함수율을 구하였다.

효율적인 건조방법을 규명하기 위하여 감용기를 통과시킨 배추 폐기물을 스크루 프레스에서 1회 통과시킨 후 여러 번 다단계로 건조시키는 방법과 스크루 프레스를 2단 연속으로 통과시킨 후 건조시키는 방법을 주요 실험처리로 설정하여 비교 실험을 수행하였다.

① 스크루에서 1회 통과시킨 배추 폐기물을 건조기에 연속적으로 3회 통과시켜 건조성능을 측정하였다. ② 스크루에서 2회 통과시킨 배추 폐기물을 건조기에서 연속적으로 2회 통과시켜 건조 성능을 측정하였다.

#### 다. 결과 및 고찰

표 6-5에서 보는 바와 같이 스크루 프레스의 통과 횟수는 건조 성능에 큰 영향을 미쳤다. 스크루 프레스를 단 1회만 통과한 배추 폐기물은 함수율이 약 87%에 달해 연속해서 3회 건조기를 통과시킨다하여도 40%까지 함수율을 떨어뜨리기까지는 약 53분이 소요되었다. 그러나, 스크루 프레스를 2단 연속으로 통과시켜 배추 폐기물의 함수율을 63.05%로 떨어뜨린 후,

건조기를 연속해서 2회 통과시켰을 경우 약 22분만에 거의 완전 건조에 이르렀다.

표 6-5 건조기 통과횟수에 따른 함수율

Screw press		1 passing		2 passing	
		M.C. (%w.b)	Total drying time (min/kg)	M.C. (%w.b)	Total drying time (min/kg)
control		86.78	-	63.05	-
No. of passing in dryer	1	75.74	16	31.98	13
	2	57.01	5	1.35	9
	3	39.78	7		

라. 결론

표 6-4에서와 같은 건조기 작동 조건에서, 2단 스크루 프레스에 의해 수분이 추출되고 난 후 재료를 건조기에 투입할 경우 63% 함수율의 배추 폐기물을 분 당 약 0.23 kg을 완전 건조시킬 수 있었다.

#### 4. 경제성 분석

배추 폐기물을 감용처리한 후 건조하여 함수율10%(w.b.)의 건조사료를 조제하는데 소요되는 건조기 이용분석을 표 6-5의 실험결과에 의해 계산하였다. 감용후 수분추출장치를 1회 및 2회 통과한 후의 시료 10kg을 건조기에 투입하였으며 건조방법에 따라, 경우 I) 수분추출장치를 1회 통과한 재료의 수분함량은 86.8%(w.b.)였으며 건조기를 3회 통과한 후 재료의 함수율이 39.8%(w.b.)가 되었으며 총 건조에 소요된 시간은 28분이었고, 경우 II) 수분추출장치를 2회 통과한 재료의 수분함량은 63.1%였으며 건조기를

2회 통과한 후 재료는 완전건조에 가까운 1.4%(w.b.)가 되었고 총 건조에 소요된 시간은 22분이었다.

각각의 경우에서 건조기의 분당 수분 제거량을 계산하면, 경우 I) 재료 10kg내 건물량 1.3kgd, 수분량 8.7kgw이었고 40%시료의 건물량 1.3kgd, 수분량 0.87kgw이므로 분당 수분제거량은  $7.83\text{kg}_w / 28\text{min} = 0.279\text{kg}_w/\text{min}$ 이다.

경우 II) 재료 10kg내 건물량 3.7kg, 수분량 6.3kg이 있으며 1.35%시료의 건물량은 3.7kg, 수분량 0.05kg 분당수분 제거량은  $6,25\text{kg}_w/22\text{min} = 0.284\text{kg}_w/\text{min}$ 이다. 따라서 두 경우 분당 수분제거량을 평균적으로  $0.2825\text{kg}_w/\text{min}$ 로하여 시료를 10%의 시료로 조제하는데 걸리는 시간을 계산하면, 경우 I) 시료를 84%에서 10%로 만들기 위해 제거되어야 할 수분량은  $8.56\text{kg}_w$ 이므로 소요시간은 30.4min이었다. 경우 II) 시료를 6.31%에서 10%로 만들기 위해 제거되어야 할 수분량은  $5.89\text{kg}_w$ 이므로 소요시간은 20.9min이었다.

건조과정에서 연료소비율은 실험결과  $2\text{ml}/\text{sec}$ 이었으며 사용된 경유비용이 200l 당 76,400원 이므로 분당 연료비는

$$2\text{ml}/\text{sec} \times \frac{76,400}{200,000} \text{ml} \times 60 \frac{\text{sec}}{1} \text{min} = 45.8\text{won}/\text{min} \text{ 이다.}$$

따라서 각 경우에서 수분함량 10%로 시료를 조제할 때 10% 재료 1kg당 건조비용과 원재료의 1kg당 건조비용을 표 6-6에 표시하였다.

표 6-6 건조비용

초기함수율(w.b.)%	건조비용(원)	
	초기재료 1kg당	10%(w.b.)건조된 재료 1kg당
86.8	139	967
63.1	96	233

일반 조사료의 kg당 가격과 비교할 때 건조된 배추사료의 건조비용이 다소 높은 편이나, 63% 배추폐기물처리 비용이 톤당 25,000원인 것을 고려할 때 63.1% 재료의 1kg당 처리비용이 71원정도이며 10%재료의 경우 208원으로 폐기물처리 비용에 따라 경제성이 높아질 수 있다.

## 5. 건조기 성능에 관한 이론적 분석

건조기 전체 시스템을 고려하여 열효율을 분석하기 위해서는 측정장치를 새로 개발해야 하는 어려움이 있으며 따라서 본 연구에서는 표 6-7의 실험자료에 근거해서 공급된 열량과 계산 및 실제 수분 제거량을 기초한 증발잠열과의 비를 구하였다.

표 6-7 건조과정중의 측정치

Exp. No		배출구			유입구			팬 공기량 (m <sup>3</sup> /sec)	함수율 (% w.b)	건조시간 (분)	습비용적 cum/kg
		건구	습구	절대습도	건구	습구	절대습도				
1	건조전	117	41	0.01877	26	23	0.01645	0.367	65	12	1.217
	건조중	115	52	0.06652	31	26	0.01919				
2	건조전	125	45	0.02974	31	24	0.01589	0.367	57	7	1.219
	건조중	120	51	0.05882	32	22	0.01245				
3	건조전	99	38	0.01721	27	24	0.01758	0.367	79	4	1.142
	건조중	98	48	0.05378	33	23	0.01351				
4	건조전	103	43	0.03132	34	24	0.01463	0.367	77	8	1.213
	건조중	109	53	0.07506	42	22	0.00831				
5	건조전	132	50	0.04842	40	24	0.01212	0.699	69	8	1.267
	건조중	132	53	0.06461	40	22	0.00913				

6	건조전	135	47	0.03338	32	22	0.01245	0.699	73	5	1.276
	건조중	126	55	0.07973	32	22	0.01245				
7	건조전	134	49	0.04273	34	22	0.01162	0.699	55	8	1.330
	건조중	144	56	0.07819	36	23	0.01226				
8	건조전	139	50	0.04541	34	23	0.01309	0.699	62	12	1.346
	건조중	145	57	0.08478	34	22	0.01162				

표 6-8 건조기 효율을 구하기 위한 계산

Exp. No.	버너의 총 공급열량 (kcal)	계산된 수분제거량 (kg)	실제 수분제거량 (kg)	실제 총 수분증발잠열 (kcal)	계산된 총 수분증발잠열 (kcal)
1	15,840	10.27	15.43	8,887	5,916
2	9,240	5.87	18.14	10,499	3,381
3	5,280	3.11	2.81	1,619	1,791
4	10,560	9.69	4.92	2,834	5,581
5	10,560	14.69	10.65	6,134	8,461
6	6,600	11.06	8.21	4,729	6,371
7	10,560	16.63	15.77	9,084	9,579
8	15,840	27.35	13.68	7,880	15,753
총계	84,480	98.67	89.61	51,616	56,834

표 6-7의 측정치에 의해 계산된 수분제거량과 함수율을 기초로 한 실제 재료의 수분제거량과의 차이는 10% 정도의 차이를 보였으며 실제 버너의 공급열량중 수분 증발에 직접 소요된 열량은 계산 결과 값에 의하면 67.3%였으나 실제 함수율을 기초로 한 값에 의하면 72.9%로서 평균 공급열량이 70% 정도가 수분제거 열량에 직접 소요되는 특성을 보인 건조기이다.



제 7 장  
채소류 폐기물의 사료가치

여 백

## 제 7 장 채소류 폐기물의 사료가치

### 제 1 절 서 론

낙농산업에 있어서 사료비절감은 경쟁력을 향상시키는 가장 중요한 요인이며, 특히 사료의 대부분을 수입에 의존하는 우리나라에서는 사료비절감이 가장 중요한 문제이다. 반추가축이 조사료섭취 부족으로 생기는 질병 및 생산능력저하는 아주 심각한 문제라고 할 수 있으며, 이러한 현상은 사료, 특히 조사료원의 절대적 부족에 기인한다. 농산물의 폐기처분은 반추가축의 절대적인 사료부족과 사료의 자원화라는 축산의 입장에서 보면 아주 비효율적이며 자원의 낭비라고 할 수 있고 환경오염원이 되기도 한다.

농산 부산물의 가축사료화에 대한 연구는 국내외적으로 상당히 이루어지고 있다(NRC, 1989 ; West등, 1993 ; 최등,1993 ; Macgregor, 1989 ; De Boer and Bickel, 1988). 농산 부산물의 특징은 일반적으로 양적으로 제한되고 수분함량이 높아 장기간 저장이 어려우며 특정영양소가 편중되어 함유되어 있는 경우가 많다. 그러므로 농산 부산물은 그 특성에 따라 반추가축에 관한 이용방법 및 사료적 가치가 달라 질 수 있으므로 사료로 이용할 경우는 특징파악과 저장이용방법의 개발이 중요하다.

대표적인 농산 부산물에는 배추부산물(배추깍대기)이 있으며 강원도의 고냉지지역을 중심으로 고냉지배추가 다량 재배, 생산되어 배추외피 등의 부산물도 상당히 나오고 있다. 생산된 배추부산물은 수분함량이 다른 채소류나 사료작물보다 수분함량이 높아 가축에게 장기간 급여, 이용하기가 어렵다. 실제로 농가에서는 조제방법의 어려움과 노동력부족등으로 대부분 밭에 그대로 방치, 폐기하고 있는 실정이다. 일부 축산농가에서는 배추부산물을 조사료의 대체용으로 이용하고 있으며, 반추가축에게 충분한 사료적 가치가 있을 것으로 예측되나 이에 관한 영양가치나 사양기술 등의

사료화에 관한 연구는 물론 기초적인 자료조차 없는 실정이다. 배추 부산물의 사료화기술이 개발된다면 지역내의 배추재배농가와 축산농가가 상호 보완적인 유기체계를 이루어 새로운 부가가치를 창출할 수 있다(De visser and Steg,1988 ; 이병오, 1991).

따라서 1차년도 연구에서는 기초적 연구로 배추부산물의 사료로서의 특성 파악, 사일리지에 의한 사료화방법 및 in situ에 의한 영양가치에 관하여 검토하였으며, 2차년도에서는 예건 및 첨가제를 처리한 배추부산물 사일리지의 발효품질과 면양에 의한 섭취량 및 소화율에 미치는 영향에 대하여 검토하였으며 대가축에 의한 가속생산성실험을 실시하였다.

## 제 2 절 1차년도 실험

### 1. 목적

배추부산물의 사료적 특성, 사일리지에 의한 사료화방법 및 in situ에 의한 영양가치에 대하여 검토하였다.

### 2. 재료 및 방법

춘천시내의 야채시장에서 나오는 배추 및 배추부산물(배추외피와 배추의 밑등부분이 포함)을 이용하였다. 배추부산물을 사일리지로 조제함에 있어서는 농기계학과의 김상헌교수가 개발한 감용기를 이용하여 파쇄 및 부피를 줄인 후 각 실험에 공시하였다.

#### 실험 1. 배추부산물의 수분함량에 따른 사일리지조제

감용기로부터 파쇄되어 나온 배추부산물을 이용하여 수분함량을 50%, 70% 및 90%로 하여 실험용 사일로에 넣어 사일리지를 조제하였다. 조제된 사일리지에 대한 발효품질 및 사료성분을 실시하였다.

## 실험 2. in situ 소화시험

배추부산물물의 수분함량 50, 70% 및 90%로하여 조제한 사일리지를 공시하였다. 실험은 200메쉬의 나이론백(7.5 x 10cm)에 풍건사료 3g을 넣고, 쇠구슬 2개를 같이 넣어 캐놀라를 통하여 반추위 내에 투입하였다. 투입 72시간 후에 꺼내어 흐르는 물로 색깔이 없어질 때까지 씻어냈다. 남은 잔사를 이용하여 건물소화율, 조단백질 소화율 및 NDF소화율을 구하였다.

## 실험 3. 한우를 이용한 배추부산물물의 건물섭취량, 증체량 및 경제성분석

공시동물은 일반농가에서 사육되고 있는 번식용 한우 10두(8두는 임신우로 평균체중 578kg, 2두는 육성우로 평균체중 385kg)를 이용하였다. 시험기간은 예비시험기간을 7일 본 시험기간 30일의 총 37일간을 실시하였다. 실험은 조사료로서 볏짚을 급여한 처리구(대조구)와 배추부산물을 급여한 처리구(처리구)의 2처리로 나누어 실시하였다. 농후사료는 시판용 농후사료와 쌀겨를 50:50비율(건물기준)로 혼합한 사료를 두 처리구 공히 동등하게 급여하였다. 그 외에 알곡부분을 제외한 후 만든 옥수수 사일리지를 일정량 급여하였으며, 농후사료에는 소금이 첨가되어 있었다. 조사항목은 시험기간동안 농후사료 및 조사료섭취량과 체중을 측정하였다.

## 실험 4. 배추부산물물의 첨가제에 따른 사일리지 조제

실험은 파쇄한 배추부산물에 첨가제를 처리하지 않은 무첨가구, 유산균(호상 요구르트원액)을 배추부산물중량의 1%를 처리한 1%유산균처리구, 2%를 처리한 2%유산균처리구, 알코올(에칠알코올)을 물로 3배 희석하여 배추부산물중량의 2%를 처리한 2%알코올처리구 및 4%알코올처리구의 5처리로 하여 사일리지를 조제하였다. 조사항목은 사일리지의 발효품질로

관능검사법(高野와 安宅,1986)에 의하여 실시하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### (1) 배추부산물의 수분함량이 사일리지의 발효품질 및 사료성분에 미치는 영향

고수분 사일리지인 수분 90%구에서는 pH가 6.5로 높았으며 유산함량은 나타나지 않은 반면 낙산함량은 현저하게 높아 부패한 상태였으며, 관능검사 결과 가축에게 급여 불가능한 품질의 사일리지였다(표 7-1). 중수분 사일리지인 70%구 및 저수분 사일리지인 50%구에서도 pH는 높고 유산함량은 낮게 나타났는데 이것은 예건(건조에 의하여 수분함량을 저하)으로 인하여 배추부산물의 발효가 전반적으로 억제된 것에 기인하고 있다. 또한 발효품질에 악영향을 주는 낙산함량도 발효의 억제로 낮게 나타났다. 성(1992)은 고수분의 목초로 사일리지를 조제할 경우 수분함량이 높아 양질의 사일리지조제가 어려워 저수분화(예건)가 발효품질이 양호한 사일리지를 만드는데 필수적이라고 하였다. 본 실험에서도 수분함량이 낮았던 70% 및 50%구에서 발효품질이 양호한 사일리지로 나타나고 있어 같은 결과를 보였다.

이상에서 배추부산물을 사일리지화 할 경우, 예건을 통하여 수분함량을 적어도 70%정도까지로 하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 그러나 배추부산물의 저수분화 작업은 건조화보다는 쉽지만 이러한 정도의 예건도 실제 농가에서는 어렵다는 문제가 있다.

#### (2) 수분함량을 달리한 배추부산물 사일리지의 반추위내 소화율에 미치는 영향

반추위내 건물소화율(표 7-2)은 발효품질이 불량했던 수분90%구가

수분70% 및 수분50%구보다 낮은 경향을 보여 저수분사일리지에서 높았다. 그러나 수분70%구와 수분50%구간에 차이는 없었다. 조단백질 소화율은 수분90%구 63.2%, 수분70%구 68.3% 및 수분 50%구 67.9%로 예건을 한 수분70% 및 수분50%구에서 높았다. 발효과정중 사일리지의 낙산발효가 진행 되면 사일리지의 에너지손실은 물론 단백질을 분해하는 능력이 높아져서 아미노산을 분해하고 아민이나 탄산가스를 생성하기 때문에 사일리지가 부패한다(McDonald 등, 1991). 본 실험에서 수분90%구의 조단백질 소화율이 낮았던 것은 낙산함량이 높은 불량한 발효품질로 단백질의 분해가 일어난 것에 기인한다고 판단된다. NDF소화율도 수분90%구 58.7%, 수분70%구 63.4% 및 수분 50%구 63.0%으로 수분70%구와 수분 50%구간에 차이는 없었지만 수분90%구보다 높게 나타났다. 이것은 볏짚과 같은 농산 부산물보다 현저히 높은 소화율이며 일반목초에 떨어지지 않는 것이다. 한편 본 실험에서 수분90%구의 경우 반추위내 영양소 소화율을 측정하였지만 실제로 가축에게는 급여 불가능하므로 이용할 수 없다.

이상에서 사일리지조제시 배추부산물은 최소한 70%정도까지 예건 하는 것이 영양소 소화율 면에서 바람직하며, 이러한 예건 배추 사일리지는 반추가축의 조사료원으로서 충분한 활용가치가 있음을 시사하고 있다.

### (3) 한우를 이용한 배추부산물의 건물섭취량, 증체량 및 경제성

#### 가. 건물섭취량 및 증체량

표 7-3에는 번식용 한우에 있어서 배추부산물의 건물섭취량을 나타냈다. 대조구의 볏짚섭취량은 2.13kg, 처리구의 배추 부산물 섭취량은 1.01kg으로 처리구에서 낮았다. 그러나 배추부산물의 경우 고수분상태로 급여하고 있어 as-fed로서의 섭취량은 15kg이상으로 많은 양이라고 할 수 있다. 일반적으로 조사료의 수분함량이 높을 수록 섭취량은 저하하므로 예건한

배추부산물외의 경우 건물섭취량은 현저히 증가할 것으로 사료된다 (McDonald 등, 1991). 농후사료 및 옥수수 사일리지의 건물섭취량은 대조구 및 처리구에서 차이가 없었다. 총건물섭취량은 대조구 4.63kg, 처리구 3.51kg로 대조구가 높았다.

증체량은 대조구 0.68kg, 처리구 0.65kg으로 차이가 없다. 이것은 배추부산물처리구가 건물섭취량에서는 대조구보다 적은 반면 영양소소화율이 대조구보다 높아 증체량에 차이가 없었음을 간접적으로 시사한다.

#### 나. 농가 소득액의 추정(경제성분석)

표 7-4에서는 대조구와 배추부산물급여인 처리구간의 두당 농가소득액에 대하여 표 7-3을 이용하여 추정하였다. 여기서 농후사료는 시판용 배합사료와 쌀겨를 50:50으로 혼합하여 급여하였으며, 급여사료의 1kg당 가격(1995년 11월기준)은 배합사료 220원, 쌀겨 100원, 볏짚 150원, 알곡을 제외하고 만든 옥수수 사일리지 85원, 배추부산물 0원(무상)으로 하였으며, 증체 1kg당 경매가격은 6000원으로 하여 계산하였다. 1일 두당 사료비는 대조구가 700원, 처리구가 380원으로 배추 부산물 급여구에서 320원 낮게 나타났으며, 증체에 따른 가격이 대조구 및 처리구가 각각 4,080원 및 3,900원으로 처리구가 180원 낮은 경매가격이었지만 대조구의 사료비를 고려한다면 처리구는 1일 두당 180원, 임신기간을 280일로 하여 계산을 하면 1두당 50,400원의 사료비 절감효과를 가져오게 된다.

#### (4) 고수분 배추부산물에 있어서 첨가제 첨가 사일리지의 발효품질에 미치는 영향

처리수준에 따른 차이는 뚜렷하지 않았으나(표 7-5), 무첨가구에 비해 유산균 또는 알코올첨가구에서 우수한 발효품질을 나타내고 있다. 사일리



지 조제시 유산균의 첨가는 호모형 발효를 하며 식물중의 당을 발효하고 유산의 생성력이 강하여 양질의 사일리지를 만드는데 효과적이라고 보고하고 있다(增子,1993). 또한 阿久등(1990)은 알코올을 농산제조박류나 고수분 사료와 같이 변패하기 쉬운 사료에 첨가하면 변패를 억제하여 이용성을 향상시키며, 고수분사료의 경우 조제후 변패가 아주 빠르지만 현물중량비로 1-2%의 알코올을 첨가하여 밀봉하면 부패 및 곰팡이의 억제로 장기간 저장이 가능하다고 하였다. 또한 고온시에 사료급여중 2차발효를 억제하거나 사료의 기호성저하를 방지하는 효과도 있다고 하였다.

따라서 생초의 배추부산물을 사일리지로 조제할 경우는 첨가제를 사용하는 것이 양호한 발효품질의 사료를 얻을 수 있다.

표 7-1 수분함량에 따른 배추사일리지의 발효품질

	수분 90% 구	수분 70% 구	수분 50% 구
pH	6.5	5.3	5.7
유산, %	-	0.23	0.20
초산, %	0.35	0.37	0.22
낙산, %	0.54	0.21	0.14
관능검사	급여불가	우수	우수

표 7-2 배추부산물사일리지의 반추위내 소화율

	수분 90%구	수분 70%구	수분 50%구
건물 소화율	70.1	75.4	73.6
단백질 소화율	63.2	68.3	67.8
NDF 소화율	58.7	63.4	63.0

표 7-3 번식용 한우에 있어서 배추부산물의 건물섭취량

	대조구	처리구
건물 섭취량	kg DM/일/head	
농후사료	1.24	1.24
벼 짚	2.13	-
옥수수사일리지	1.26	1.26
배추부산물	-	1.01
총 건물 섭취량	4.63	3.51
증체량	0.68	0.65

표 7-4 배추부산물사일리지급여에 따른 경제성

	대조구	처리구
사료비(원/두)		
농후사료	273	273
볏짚	320	-
옥수수사일리지	107	107
배추부산물	-	0
총액	700	380
중체가격 (원/두)	4,080	3,900

표 7-5 배추의 첨가제처리가 사일리지의 발효품질에 미치는 영향

	무첨가구	1%유산균 구	2%유산균 구	2%알코올 구	4%알코올 구
pH	4.7	4.02	4.10	3.96	4.05
관능검사	급여불가	우수	우수	보통	우수

## 4. 결론

배추부산물을 사일리지화 할 경우, 예건을 통하여 수분함량을 적어도 70%정도까지로 하는 것이 바람직하며, 고수분의 상태로 사일리지로 조제할 경우는 유산균을 2-4%정도 첨가하면 양호한 발효품질의 사료를 얻을 수 있다. 배추부산물사일리지는 조단백질함량이나 섬유질함량면에서 우수하며, 건물, 단백질 및 NDF소화율도 높게 나타나 볏짚 등의 기존의 부산물을 대체할 수 있는 양질의 조사료원으로 사료된다. 또한 한우 및 젖소에 게 조사료원으로 볏짚대신 급여하였을 경우 현저한 사료비 절감효과를 가져온다.

이상으로부터 배추부산물을 감용기와 수분추출장치를 이용한 예건 사일리지기술은 장기간저장이 가능하고 사료가치가 우수하므로 축산농가에게 쉽게 보급될 수 있는 것이라고 결론지을 수 있다.

## 제 3 절 2차년도 실험

### 1. 목적

1차년도에서는 기초적 연구로서 배추부산물(상품가치가 없는 배추, 배추외피, 배추뿌리부를 포함)의 사료적 특성파악, 사일리지에 의한 사료화 방법 및 영양가치에 관하여 검토하였다. 결과에서 배추부산물은 조단백질 함량이나 섬유질함량면에서 우수하여 양질의 조사료원으로 쓰일 수 있으나, 수분함량이 높아 장기간 저장이 어려워, 배추부산물을 사일리지화 할 경우, 예건을 통하여 수분함량을 적어도 70%정도까지로 하는 것이 바람직하다고 보고하였다. 또한 원료배추부산물을 사일리지로 조제할 경우는 첨가제를 사용하는 것이 양호한 발효품질의 사료를 얻을 수 있었다. 또한 번식용 한우를 이용한 실험에서는 건물섭취량은 배추부산물급여구가 대조구

보다 적었지만 영양소소화율이 대조구보다 높아 증체량에 차이가 없어 사료비절감이 가능하여 농가소득면에서도 배추부산물을 급여하는 것이 유리하다고 판단되었다.

따라서 2차년도에서는 저수분(혹은 예건)처리한 배추부산물사일리지의 발효품질과 면양에 의한 섭취량 및 소화율에 미치는 영향과, 첨가제처리에 따른 발효품질 및 사료성분의 변화 그리고 배추부산물사일리지의 급여가 젖소의 산유량, 유성분함량, 사료효율 및 경제성에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

## 2. 연구내용, 결과 및 고찰

### (1) 실험 1 : 배추부산물 사일리지가 사료성분, 발효품질 및 면양에 의한 섭취량 및 소화율에 미치는 영향

#### 가. 목적

1차년도에서 배추부산물을 사일리지로 조제할 경우 수분함량을 70%이하로 하는 것이 품질이 양호한 사일리지를 만들 수 있었다고 보고하였다. 본 실험에서는 감용장치와 수분추출장치를 이용하여 수분함량을 70%로 조절(예건사일리지)하여 조제한 배추부산물의 예건사일리지(배추부산물 사일리지)가 사료성분, 발효품질 및 면양에 의한 섭취량 및 소화율에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

#### 나. 재료 및 방법

##### 1) 배추부산물 사일리지조제

배추부산물 사일리지는 각각 장소가 다른 2곳에서 조제하였다. 96년 1월 춘천시 번개시장에서 수집한 배추부산물은 감용장치를 통과한후 건조기에서 인위적으로 수분함량 70%를 목표하여 건조한 후 비닐 백에 30kg정도

의 크기로 예건 사일리지를 조제하였다(배추부산물사일리지 1). 또한 96년 5월에 황성 종가집 김치공장에서의 배추부산물은 감용장치와 수분추출장치를 통과한 후 비닐 백에 30kg정도의 크기로 사일리지를 조제하였다(배추부산물사일리지 2). 수분조절은 김상헌교수(농업기계학과)가 개발하고 있는 건조기, 감용장치 및 수분추출장치를 이용하여 사일리지조제의 수분함량을 70%전후로 하였다.

## 2) 소화시험 및 섭취량조사

소화시험 및 섭취량조사에 이용한 공시사료는 배추부산물사일리지 2(이하 사일리지라고 칭한다)와 세절된 벯짚이었다. 공시동물은 면양 4두(체중 약 44-50kg)이며, 시험기간은 1996년 4월 1일 - 6월 30일까지였다. 사일리지 및 벯짚의 사료급여량은 에너지의 유지필요량을 기준으로 하였다. 소화시험은 분과 뇨의 분리가 가능한 대사케이지에 면양을 수용하여 전분채취법에 의하여 실시하였다. 분은 전량의 무게를 측정 후 배분량의 10%를 채취하여 냉동고에 보존, 혼합하여 통풍건조후 분쇄하여 분석에 이용하였다. 사료는 1일급여량을 오전 8시와 오후 6시에 1/2씩 나누어 급여하였다. 물과 미네랄브락은 자유 채식토록 하였다.

사일리지 및 벯짚의 섭취량을 구하기 위하여 소화시험 종료후 면양에게 사료를 자유채식시킨후 예비기간 7일, 본시험기 4일로 하여 배추부산물사일리지의 섭취량을 구하였다.

## 3) 조사항목

사료의 일반성분은 AOAC(1984)방법, neutral detergent fiber(NDF), acid detergent fiber(ADF)는 Goering and Van Soest(1970)의 방법에 의하여 분석하였다. 사일리지의 발효품질중 pH는 pH meter, 유산함량은 액체크로

마토그래피, 휘발성지방산은 가스크로마토그래피로 측정하였다.

#### 다. 결과 및 고찰

##### 1) 사일리지 1과 사일리지 2의 사료성분 비교

사일리지 1은 수분함량이 77.1%로 고수분사일리지였으며 목표로 했던 70%전후보다 높았는데 이는 개발중인 건조기의 건조성능의 차이에 기인한 것으로 사료되었다. 조회분함량이 상당히 높은 것으로 나타났으며, 조단백질함량이 22.4%로 영양성장기의 양질의 알팔파건초(NRC,1988)정도로 나타났다.

사일리지 2의 수분함량은 71.8%로(표 7-6), 70%전후로 예견을 하는 것이 바람직하다는 보고(1차년도 보고서,1995,12)와 일치하고 있으며 이것은 수분함량이 높은 배추부산물을 김상헌교수가 개발한 감용장치와 수분추출장치에 의하여 사일리지로 조제하기 쉬운 적정 수분함량까지 낮출 수 있다는 것을 입증하고 있다. 조회분함량은 27.8%로 1차년도 보고(1995,12)의 회분함량 10% 및 일반 목초류보다 훨씬 높은 것으로 나타났다. 조단백질함량은 15.8%로 예취적기에 예취한 화본과 목초와 비슷하며, NDF함량은 29.6%로 볏짚보다 낮았다.

이상에서 사일리지 1 과 사일리지 2간에 사료성분에 차이가 현저하게 나타나고 있다. 이러한 원인으로는 첫째로 배추부산물의 경우 배추외피 및 배추뿌리 및 배추뿌리의 흙 등의 혼입과, 둘째로 조단백질함량의 경우 사일리지 2가 사일리지 1보다 낮은 것은 감용장치통과후 건조기에서 수분을 조절한 사일리지(사일리지1)와 감용장치와 수분추출장치를 통과하여 수분을 조절한 사일리지(사일리지 2)간의 수분조절방법의 차이를 들 수 있다. 즉 사일리지 1은 감용장치만 통과후 건조기로 수분을 조절하였으므로 가용성영양소물질의 배급에 의한 손실이 없으나 사일리지 2는 수분조절장치를

통과하는 과정에서 가용성영양소물질이 배즙액과 같이 용해되어 없어져버리기 때문에 사료된다(MacDonald 등, 1991)

표 7-6 예건배추부산물사일리지의 사료성분

	수분	조회분	조단백질	조지방	NDF	ADF
	DM %					
사일리지1	77.1	44.8	22.4	3.5	15.7	10.3
사일리지2	71.8	27.8	15.8	3.2	29.6	17.2
볏짚	13.0	18.8	5.3	1.9	67.4	46.7

배추부산물사일리지의 사료성분이 원료나 수분조절방법에 따라 차이를 보이고 있으나 조단백질함량, NDF 및 ADF함량 면에서 전반적으로 적기에 예취한 화분과 목초와 비슷한 함량으로 나타났으며, 볏짚보다는 현저히 양호한 반추가축의 양질의 조사료원으로 쓰일 수 있을 것으로 사료된다.

## 2) 사일리지 1과 사일리지 2의 발효품질 비교

표 7-7에는 예건배추부산물사일리지의 발효품질을 나타내고 있다. pH는 사일리지 1이 4.01이고, 유산함량이 높고 낙산함량이 낮았으며 수분함량 77.1%의 고수분사일리지에서는 비교적 발효품질이 양호한 사일리지였다. 사일리지 2는 pH가 4.77로 표 7-6에서 수분함량이 71.8%의 예건사일리지라는 것을 고려한다면 양호한 pH를 나타냈다. 또한 유산 및 초산함량은 전반적으로 낮으며 낙산함량도 아주 낮아 전반적으로 발효가 억제된 사일리지로 이것은 수분함량이 낮은 경우에 나타나는 일반적인 발효양상이다.



이상에서 배추부산물물의 경우 수분함량에 따른 사일리지품질의 차이는 없어 수분함량 70%에서부터 80%정도까지에서도 발효품질이 양호한 사일리지조제가 가능하다는 것을 시사하고 있다.

표 7-7 예건배추부산물사일리지의 발효품질

	pH	유산	초산	낙산	프로피온산
	신선물 중 %				
사일리지 1	4.01	1.56	1.13	0.15	0.04
사일리지 2	4.77	0.20	0.25	0.10	0.02

### 3) 영양소 소화율 및 TDN함량

표 7-8에는 배추부산물사일리지 및 볏짚의 소화율을 나타냈다. 건물, 유기물, 조단백질, 조지방, NDF 및 ADF소화율 등 모든 영양소 소화율이 볏짚보다 월등히 높게 나타났다. 이것은 成(1885)이 영양생장기의 티모시건초 및 티모시사일리지를 면양에게 급여한 실험에서의 각 영양소소화율과 비슷한 것으로 TDN함량이 티모시건초가 76.7%, 티모시사일리지가 75.0%였다고 보고하였다. 본시험에서는 TDN함량을 산출하지 않았지만 成(1985)의 각 영양소 소화율이 본 시험의 결과와 유사하다는 것을 미루어 본다면 배추부산물사일리지의 TDN함량도 75%전후일 것으로 쉽게 추측할 수 있다. 이 정도의 TDN함량은 일반적으로 젓소에게 급여하는 농후사료수준의 것으로 상당히 영양가치가 높은 것으로 판단된다.

표 7-8 배추부산물사일리지의 영양소소화율

	건물	유기물	조단백질	조지방	NDF	ADF
	DM %					
사일리지	74.2	81.5	81.0	81.3	77.3	84.0
볏짚	57.5	62.8	47.1	53.1	56.9	49.6

이상의 결과는 배추부산물사일리지가 반추가축의 조사료원으로 충분히 대체 가능하다는 것을 시사하고 있다. 또한 배추부산물사일리지를 급여하여 각 영양소의 소화율을 측정한 보고는 본 시험이 처음으로 중요한 자료가 될 것으로 사료된다.

## (2) 실험 2 : 고수분 배추부산물에 유산균처리가 사일리지의 사료성분 및 발효품질에 미치는 영향

### 가. 목적

1차년도에서는 고수분의 배추부산물을 사일리지로 조제할 경우 수분 함량을 감소시키지 않으면 양질의 사일리지조제가 어려우므로 첨가제처리가 필요하다고 보고하였다.

한편 배추부산물의 처리에 있어서 가장 중요한 것은 용적과 무게를 줄이는 것으로 본 연구에서는 연구책임자인 김상현교수가 개발하고 있는 감용기와 수분추출장치를 이용하는 것을 기본system으로 하고 있다.

따라서 본 실험은 “채소류 폐기물의 처리 시스템 개발”의 일환으로 고수분의 배추부산물이 감용기와 수분추출장치를 통과한 후 유산균을 처리하였을 때 발효품질, 사료성분에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

### 나. 재료 및 방법

원료인 배추부산물은 감용기만 통과후 유산균을 첨가하지 않은 고수

분합량의 M구, 감용기 1회통과후 수분추출장치를 1회통과시켜 유산균을 2%처리한 M2%구 및 4%처리한 M4%구, 또한 감용기통과후 수분추출장치를 2회통과시켜 유산균을 2%처리한 MP2%구 및 4%처리한 MP4%구의 5구로 나누었다. 감용기와 수분추출장치는 연구책임자인 김상현교수가 개발한 것을 이용하였다. 감용기와 수분추출장치를 통과해서 나온 배추부산물은 골고루 혼합하여 유산균처리에 사용하였으나, 혼합량이 많아 충분히 혼합이 되지 않은 경우가 있었으며 기계적인 성능을 측정하기 위하여 감용기와 수분추출장치의 조건조정등으로 사일리지조제시간이 길어져 배추부산물의 원료(이물질이 혼합된 것과 혼합되지 않은 것)에 따른 차이도 있었다.

유산균은 H/M F 이나큐란트(Medipharm사)를 이용하였다. 사일리지는 개봉후 발효품질 및 사료성분에 대하여 실험1과 동일한 방법으로 실시하였다. 간이처리방법에 의한 발효품질방법은 高野 및 安宅(1986)의 관능법에 의하여 판정하였다

#### 다. 결과 및 고찰

##### 1) 사료성분합량

유산균처리에 따른 사일리지의 사료성분에 있어서 무처리인 M구의 경우 완전히 부패하여 가축사료로서 이용할 수 없는 것으로 판단되어 폐기하였으며 분석시료로도 이용이 불가능하여 측정을 하지 않았다.

각처리구에서 조단백질합량 12.3 - 14.4%, NDF합량 33.3 - 41.6% 및 ADF합량24.6 - 31.6%는 NRC사양표준(1988)에서 출수초기의 orchardgrass건초의 조단백질합량 15.0%와는 비슷한 수준이며, NDF합량 61% 및 ADF합량 34%보다 낮은 것이다(표 7-9). 이러한 사료성분합량은 실험 1의 배추부산물사일리지의 사료성분과 비슷한 경향을 보였다.

유산균처리에 따라 사료성분함량이 유기물, 조단백질 및 NDF함량에서 차이를 보이고 있으며, 또한 MP2%구에서의 조단백질 함량, MP2%구 및 MP4%구에서의 NDF함량이 다른 처리구보다 높았다. 유산균처리에 따른 각 사료성분의 변화가능성, 예를 들면 Muck(1993)는 유산균첨가에 의하여 섬유질소화율이 향상한다는 보고에 대하여 pH가 Hemicellulose분해에 관여할 것으로 사료되지만 완전히 설명할 수 없다고 하고 있다. 본 시험의 경우 이러한 차이는 처리에 의한 영향이라기보다는 원료인 배추부산물에 기인한다고 사료된다. 즉, 일반적으로 부산물은 사료성분의 변동이 심하나, 특히 배추부산물의 경우는 부산물이외에 지역에 따라 배추꽂다리의 흙이나 배추를 포장하는 신문지 등의 이물질의 혼합이 많아 사료성분의 변동이 심한 것으로 사료된다.

표 7-9 유산균처리에 따른 배추부산물사일리지의 사료성분함량

	M구	M2%구	M4%구	MP2%구	MP4%구
수분	측정불가	80.9	81.2	67.8	68.7
유기물	측정불가	66.8	69.7	78.5	73.8
조단백질	측정불가	13.4	12.3	17.4	14.4
조지방	측정불가	2.8	2.9	3.0	2.7
NDF	측정불가	36.2	33.3	40.2	41.6
ADF	측정불가	29.1	24.6	32.1	31.6

고수분인 배추부산물의 경우 감용기와 수분추출장치통과후 유산균을 처리하므로서 가축에게 급여 가능한 사료성분의 사일리지를 얻을 수 있으

나, 유산균처리에 따른 사료성분의 차이는 없다고 할 수 있다.

## 2) 발효품질

유산균처리에 따른 사일리지의 발효품질은 무처리인 M구의 경우 완전히 부패하여 분석시료로 이용이 불가능하여 측정을 하지 않았다. 즉 고수분상태로 배추부산물을 사일리지로 조제한다는 것은 불가능하는 것을 의미하고 있다.

표 7-10는 발효품질에 대하여 나타냈다. M2%구와 M4%구의 발효품질은 수분함량이 높다는 것을 고려한다면 보통품질의 사일리지였다. 유산균처리수준별로 보면 pH는 수분함량이 80%정도의 M2%구가 M4%구보다 높았으며, 유산함량과 낙산함량에서는 M2%구보다 M4%구에서 높은 유산함량과 낮은 낙산함량을 보였다. MP2%구와 MP4%구는 70정도의 수분함량으로 인하여 전반적으로 발효가 억제된 사일리지였다. MP2%구와 MP4%구간 비교에서 pH는 MP2%구와 MP4%구간에 차이가 없었으며, 유산함량과 낙산함량에서는 M2%구보다 M4%구에서 양호한 것으로 나타났으나 처리에 따른 차이는 없었다. MP2%구와 MP4%구의 경우 수분함량이 낮아 유산균등의 첨가제 처리 없이도 사일리지조제가 가능하며, 실제로 실험 1에서 예견 만으로도 양호한 발효품질을 나타내고 있어 이것을 입증하고 있다.

표 7-10 유산균처리에 따른 배추부산물사일리지의 발효품질

	M구	M2%구	M4%구	MP2%구	MP4%구
	신선물중 %				
pH	측정불가	5.61	5.18	4.71	4.73
유산함량	측정불가	0.24	0.29	0.29	0.36
초산함량	측정불가	0.42	0.33	0.23	0.41
낙산함량	측정불가	0.27	0.25	0.17	0.15
등급 <sup>1)</sup>	측정불가	B	B	A	A

<sup>1)</sup> A 등급 : 안전(우수), B등급 : 안전(급여가), C 등급 : 위험(요주의)  
D등급: 위험(급여불가)

또한 Mahanna(1993)는 유산균첨가에 의하여 유산함량이 증가하고 낙산과 같은 불량균이 억제되어 양질의 사일리지조제가 가능하다고 하였으나, 예건(저수분화)하였을 경우는 유산균의 첨가 없이도 사일리지조제가 가능하다고 보고하고 있어 본시험과 같은 결과를 나타내고 있다.

등급에서는 유산균처리수준에 따른 발효품질에 차이는 없었고 각처리구 모두가축에게 안전하다는 범위의 A와 B등급이었으며 M2%구와 M4%구보다 MP2%구와 MP4%구에서 양호하게 나타났으나 각 처리구의 사일리지 모두 급여 가능한 것으로 나타났다.

이상의 결과는 고수분의 배추부산물을 사일리지로 할 경우 첨가제로서 유산균을 첨가하면 발효품질이 우수한 사일리지조제가 가능하다는 것을 시사하고 있다. 또한 유산균처리수준에서는 사일리지조제시 감용기 및 수분추출장치 1회 통과한 후 4%정도의 유산균첨가로 발효품질이 양호한 사일리지를 만들 수 있으며, 감용기 및 수분추출장치 2회 통과한 경우의 유산균처리수준은 사일리지품질에 영향을 주지 않는 것으로 사료된다.

### (3) 실험 3 : 젖소에 배추부산물 사일리지급여가 산유능력 및 경제성에 미치는 영향.

#### 가. 목적

1차년도 보고와 실험 1과 2에서 배추부산물은 사료성분면에서 조사료 원으로 이용할 수 있으며 사일리지로 만들면 장기간 저장이 가능하며 반추가축에게도 연중 급여할 수 있음을 시사하였다. 본 실험에서는 젖소에 예견한 배추부산물 사일리지급여가 산유량, 유성분함량 및 경제성 대하여 검토하였다

#### 나. 재료 및 방법

실험은 젖소사육 농가를 대상으로 실시하였으며 처리는 농가의 관행 조사료 급여방법을 대조구로 하고 저수분화한 배추부산물사일리지를 급여하는 처리구로 나누어 실시하고 있다. 공시동물은 홀스타인 젖소 10두로 대조구에 6두(시험개시시 평균체중 563kg), 처리구에 4두(시험개시시 평균체중 571kg) 를 배치하였다.

농후사료는 대조구 및 처리구 공히 산유량에 따라 1일두당 6-14kg (as-fed)을 급여하였으며, 호밀사일리지는 대조구와 처리구 모두 자유채식토록하였다. 볏짚은 대조구에서 1일 두당 5kg(as-fed기준)을 정량 급여하였으며, 처리구는 볏짚대신 배추부산물 사일리지를 1일 두당 4kg 급여하였다. 처리구는 배추부산물 사일리지의 양이 적어 예비기에는 배추부산물자체를 급여하여 적응토록 하였다.

농후사료는 1일 급여량을 2회에 나누어 아침과 저녁 착유시에 급여하였으며, 사일리지는 야외사조에서 놓아 항상 섭취 가능토록 하였다. 볏짚은 草架에서 섭취토록 하였다.

조사항목은 각 사료의 사료성분, 사료섭취량, 산유량 및 유성분에 대

하여 정기적으로 실시하였다.

#### 다. 결과 및 고찰

##### 1) 사료성분 및 발효품질

배추사일리지와 벯짚의 사료성분은 실험 1의 사일리지 2와 벯짚과 동일하였다. 조단백질함량은 배추부산물사일리지와 벯짚보다 현저히 높았으며, NDF 및 ADF함량은 낮은 영양가 높은 사일리지였다(표 7-11).

호밀사일리지는 조단백질함량이 11.6%로 배추부산물사일리지보다 낮았으나 관능법에 의한 발효품질은 아주 양호하여 안전의 A등급이었다.

표 7-11 공시사료의 사료성분

	수분	조회분	조단백질	조지방	NDF	ADF
	DM %					
사일리지	71.8	27.8	15.8	3.2	29.6	17.2
벯짚	13.0	18.8	5.3	1.9	67.4	46.7
호밀사일리지	71.2	6.7	11.6	2.6	62.9	46.1
농후사료	87.2	11.2	19.8	3.2	20.5	12.4

<sup>1)</sup> 관능법에 의한 발효품질 : A등급(안전, 우수)

##### 2) 사료섭취량

처리에 따른 사료의 1일 두당 건물섭취량은 표 7-12와 같다. 호밀사일리지 및 농후사료섭취량에는 차이가 없었으며, 대조구의 벯짚섭취량이



2.4kg, 처리구의 배추부산물사일리지가 1.1kg으로 처리구가 2kg정도 낮게 나타났다. 배추부산물사일리지의 섭취량이 적었던 것은 급여량이 제한되어 4kg(as-fed기준)밖에 급여할 수 없었던 것에 기인한다고 할 수 있으며, 실제로 급여량은 전부 채식하는 상태였다. 그러므로 배추부산물의 사일리지의 급여량이 충분하다면 적어도 호밀 사일리지 정도의 섭취가 가능할 것으로 사료된다.

총건물섭취량은 대조구 17.8kg, 처리구 17.1kg이며, 체중비로는 대조구 및 처리구가 각각 3.16 및 3.00%로서 유의적인 차이는 없었으나 처리구에서 낮은 경향을 보였다.

표 7-12 처리에 따른 사료섭취량

		대조구	처리구
두수		6	4
건물섭취량 (kg/일/두)	호밀 사일리지	7.2	7.6
	배추폐기물 사일리지	-	1.1
	볏짚	2.4	
	농후사료	8.2	8.4
총건물 섭취량		17.8	17.1
총건물섭취량/체중, %		3.16	3.0

### 3) 산유량 및 유성분합량

산유량 및 유성분합량(표 7-13)을 보면 실제 산유량은 대조구가 16.4kg, 처리구가 17.0kg으로 유의차가 없었으나 처리구가 높았으며, 4%FCM량에서도 유의적인 차이는 없었으나 처리구에서 높은 경향을 보였다.

사료중 조단백질합량은 산유량에 영향을 주는 하나의 요인으로 Kung and Huber(1983)는 사료중의 조단백질합량이 11%, 14% 및 17%의 사료를 급여하여 행한 실험결과, 조단백질합량의 증가에 따라 유량은 증가하였으며 유량의 차이는 14%와 17%보다도 11%와 14%에서 크다고 보고하고 있다. 본 시험에서도 처리구의 조단백질합량이 대조구에 비하여 높고 조단백질합량의 증가분이 1.2%의 증가에 지나지 않았지만 낮은 수준에서의 조단백질합량이 유량에 미치는 영향이 크다는 것으로부터 처리구의 건물섭취량이 대조구보다 낮았음에도 불구하고 산유량이 증가하였다고 사료된다. Polan등(1976)도 사료중 조단백질합량이 높을수록 유량이 높다고 같은 보고를 하고 있다. 한편 유지방합량, 유단백질합량 및 무지고형분합량 모두 대조구와 처리구간에 차이가 없었다.

표 7-13 처리에 따른 산유량 및 유성분함량

	대조구	처리구
두수	5	4
실제산유량 (kg/일/두)	16.4	17.0
4%FCM량 (kg/일/두)	15.1	15.4
유지방함량 (%)	3.45	3.39
유단백질함량 (%)	3.15	3.17
무지고형분함량 (%)	8.78	8.79
조단백질섭취량 (kg/일/두)	2.59	2.72
조단백질섭취량/ 총건물섭취량 (%)	14.6	15.9

이상에서 착유소에 있어서 배추부산물사일리지는 급여조사료중의 조단백질함량을 증가시켜 유량을 향상시킬 수 있다는 것이 인정되었으며, 젖소사양에 있어서 볏짚중심의 조사료급여보다는 배추부산물사일리지로 대체 급여하는 사양체계가 유리하다고 판단되었다.

#### 4) 경제성분석

본 연구에서 얻어진 4%FCM량(표 7-13)은 대조구 15.1kg, 처리구 15.4kg으로 1유기 305일로 환산하면 대조구 4606kg(15.1kg x 305일), 처리구 4697kg(15.4kg x 305일)이 되며, 이 농가에서 우유 1kg당 판매가격은 490

원이었다. 또한 건물섭취량에 있어서 각사료의 1kg당 단가는 농후사료 268원, 볏짚 160원, 호밀사일리지 60원이었으며, 배추사일리지의 경우는 쓰레기로 간주하여 오히려 처리비를 받으므로 사일리지조제에 필요한 경비는 전혀 없다고 볼 수 있으므로 0원으로 하였다.

표 7-14 배추부산물사일리지급여에 따른 1두당 농가소득

	대조구	처리구
4%FCM량/305일/두	4,606kg	4,697kg
우유판매액	2,256,940원	2,301,530원
사료비	919,148원	825,696원
이익	1,337,792원	1,475,834원
배추부산물사일리지로 인한 두당 농가소득	138,042원	

처리구는 우유판매액이 대조구보다 44,590원 많았으며, 사료비는 93,452원 적었다. 이상에서 착유우 1두당 1유기동안(305일)에 기대되는 이익(표 7-14)은 대조구 1,337,792원, 처리구 1,475,834원 이었다. 즉 조사료급여원으로 볏짚대신 배추부산물사일리지를 급여할 경우 생기는 농가소득은 1두당 138,042원 향상되는 것으로 나타났다.

한편 본 시험은 배추부산물사일리지의 양적인 제한으로 급여량을 제한하여 실시하였으나, 앞으로 자유채식하에서의 연구가 요구된다.

### 3. 요약

본 실험은 배추부산물을 감용기와 수분추출장치를 이용하여 용적과 무게를 감소시키고 이렇게 처리된 배추부산물을 사일리지화하여 반추가축의 사료원으로 이용하고자 실시하였다. 본 실험의 구성은 저수분(혹은 예건)처리한 배추부산물사일리지의 발효품질, 영양가치향상 측정과, 첨가제처리에 따른 발효품질 및 사료성분의 변화 그리고 배추부산물 사일리지의 급여가 젖소의 산유량, 유성분함량, 사료효율 및 경제성에 미치는 영향에 대하여 검토하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 배추부산물사일리지의 사료성분은 원료나 수분조절방법에 따라 차이를 보이고 있으나 조단백질함량, NDF 및 ADF함량면에서 전반적으로 적기에 예취한 화본과 목초와 비슷한 함량으로 나타났으며, 볏짚보다는 현저히 양호한 것이었다.

2) 수분함량에 따른 사일리지품질의 차이는 없어 수분함량 70%에서부터 80%정도까지에서도 발효품질이 양호한 사일리지조제가 가능하였다.

3) 면양에 의한 배추부산물사일리지의 소화율은 건물, 유기물, 조단백질, 조지방, NDF 및 ADF소화율 등 모든 영양소 소화율이 볏짚보다 월등히 높게 나타났다.

4) 고수분인 배추부산물의 경우 감용기와 수분추출장치통과후 유산균을 처리하므로써 가축에게 급여 가능한 사료성분의 사일리지를 얻을 수 있으나, 유산균처리에 따른 사료성분의 차이는 없었다.

5) 유산균 처리수준에 따른 발효품질에 차이는 없었고 각처리구 모두가

축에게 안전하다는 범위의 A와 B등급이었으며, M2%구와 M4%구보다 MP2%구와 MP4%구에서 양호한 품질이었다.

6) 착유소에 의한 총건물섭취량은 대조구 17.8kg, 처리구 17.1kg이며, 체중비로는 대조구 및 처리구가 각각 3.16% 및 3.0%로서 유의적인 차이는 없었으나 처리구에서 낮은 경향을 보였다.

7) 실제산유량은 대조구 16.4kg, 처리구 17.0kg이었으며, 4%FCM량은 대조구 15.1kg, 처리구 15.4kg으로 유의적인 차이는 없었으나 처리구에서 높은 경향을 보였다.

8) 유지방함량, 유단백질함량 및 무지고형분함량 모두 대조구와 처리구간에 차이가 없었다.

9) 착유우 1두당 1유기동안에 기대되는 이익은 대조구 1,337,792원, 처리구 1,475,834원 이었다. 따라서 조사료급여원으로 벃짚대신 배추부산물사일리지를 급여할 경우 생기는 농가소득은 1두당 138,042원 향상되는 것으로 나타났다.

#### 4. 결론

배추부산물사일리지는 조건에 따라 사료성분에 차이는 있으나 영양가치가 높아 반추가축의 조사료원으로 충분히 이용 가능하다는 것을 시사하고 있다. 고수분의 배추부산물을 사일리지로 할 경우 첨가제로서 유산균을 첨가하면 발효품질이 우수한 사일리지조제가 가능하다는 것을 시사하고 있으나, 감용기 및 수분추출장치 2회 통과한 경우는 유산균처리없이도 품질

이 양호한 사일리지조제가 가능한것으로 사료되었다. 착유소에 있어서 배추부산물사일리지는 급여조사료중의 조단백질함량을 증가시켜 유량이 증가하며, 농가소득도 향상되는 것으로 사료되었다.

이상의 결과로부터 반추가축사양에 있어서 볏짚중심의 조사료급여보다는 배추부산물사일리지로 대체 급여하는 사양체계가 유리하다고 판단되었다. 또한 배추부산물사일리지를 급여하여 각 영양소의 소화율 및 산유량 조사에 대한 보고는 본 시험이 처음으로 중요한 자료가 될 것으로 사료된다.

여 백



**제 8 장**  
**연구개발 결과 및 활용방안**

# 여 백

## 제 8 장 연구개발 결과 및 활용방안

### 제 1 절 연구개발 결과

본 연구에서 최종 개발된 채소류 폐기물의 사료화를 위한 시스템은 그림 8-1 과 같다.

수거된 채소류 폐기물은 전처리 풍력선별장치①에서 1차 선별후 수조 ②내에서 세척하여 감용장치③에 투입된다. 감용조제된 폐기물중에 혼입된 신문지 비닐끈 등은 진동 풍력선별장치③에 의해 분리되며 사료화를 위해 수분추출장치④에서 작즙된 채소류 폐기물은 사일리지⑤를 만드는 방법과 건조기⑥을 통과한후 건조사료를 만드는 방법으로 사료화된다.

시스템을 구성하는 각요소 장치의 개발 및 실험결과는 다음과 같다.

#### 1. 수조 세척장치

사료의 품위를 높이기 위하여 흙과 같은 이물질은 채소류 폐기물의 표면으로부터 씻어내고 또한 일관작업이 가능하도록 원활한 이송성능을 갖춘 수조세척장치를 개발하였다. 이것의 작동원리는 수중에서 미세한 구멍을 통하여 공기를 분사시킬 때 발생하는 공기방울에 의해 물을 순환시킴으로써 얻어지는 유동력을 이용하여 세척과 동시에 이송이 이루어지게 하는 것이다.

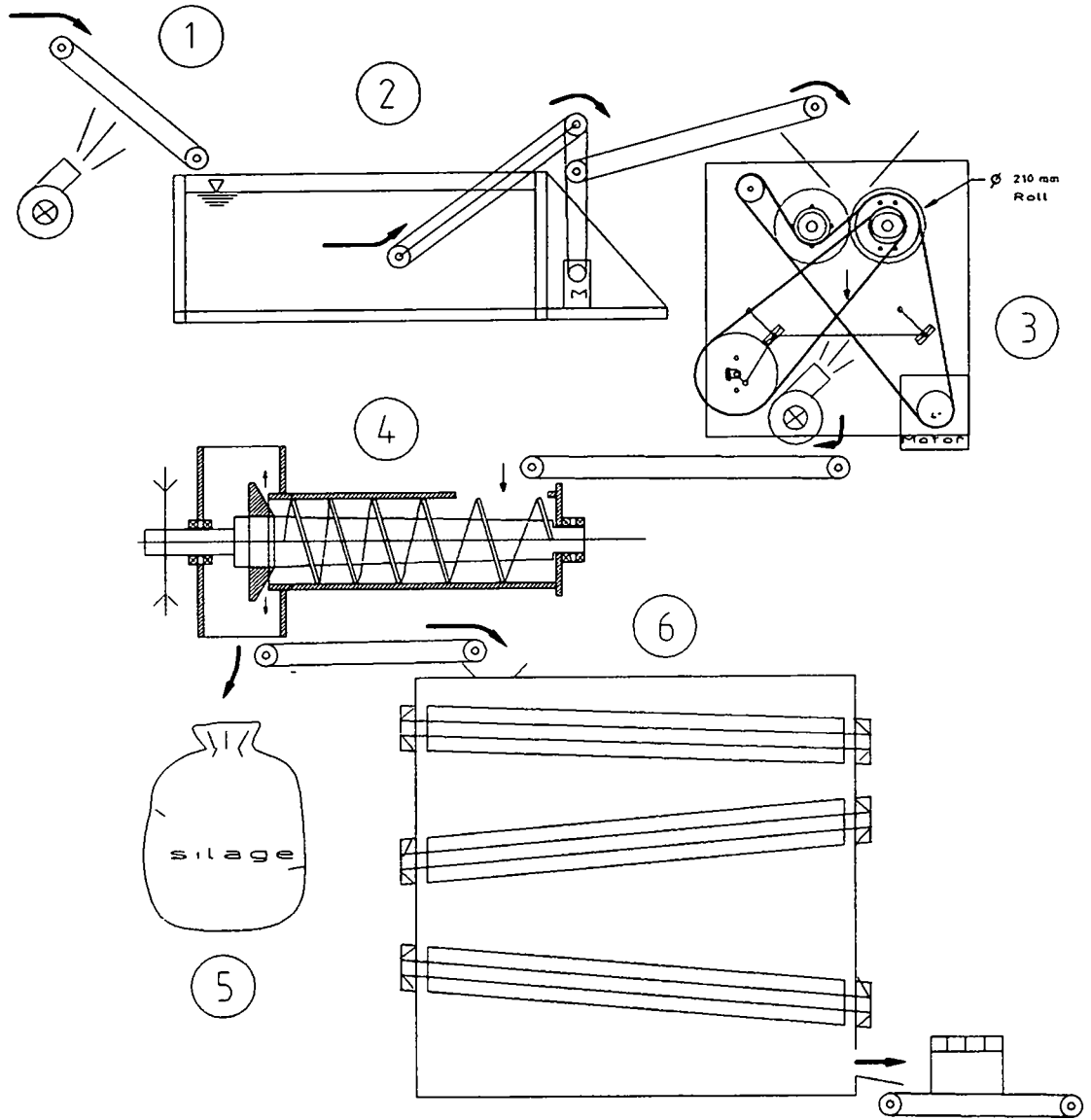


그림 8-1 최종 개발된 채소류 폐기물 처리 시스템

본 장치는 스테인레스 세척수조와 공기방울 발생장치, 배출 컨베이어 등으로 구성되어 있는데, 세척수조의 크기는 폭 600mm, 깊이 600mm, 길이 2500mm 이다. 공기방울 발생장치는 터보 팬과 직경 8mm, 2mm의 공기토출구 11개씩이 설치된 공기토출파이프로 이루어져 있으며, 여기서 첫 번째 공기토출 파이프는 세척수조 선단에 나머지는 적절한 간격을 두고 설치될 수 있도록 하였다. 배출장치는 10개의 V-벨트를 이용하여 길이 1000mm의 컨베이어로서 수평면에 대하여 30° 경사진 상태에서 세척되면서 이송되어 오는 채소류 폐기물을 끌어올릴 수 있도록 하였다.

유리수조를 이용하여 예비실험의 결과를 바탕으로 공기방울에 의한 물의 유동에 대한 이론적 분석을 하여 공기토출구의 직경, 설치 간격 등 적정 작동 조건을 찾을 수 있도록 하였다. 실험 결과 이송성과 세척성을 동시에 고려할 때, 공기토출 파이프 조합은 8mm-2mm, 두 공기토출 파이프 사이의 간격은 400mm로 하는 것이 최적인 것으로 판단되었으며 이론적인 분석결과와 일치하였다.

따라서 흙과 같은 이물질의 분리는 가능한 것으로 판단하였으며, 배추 폐기물의 청결도에 따라 두 공기토출 파이프의 설치간격을 조절함으로써 원하는 이송 및 세척을 할 수 있는 것으로 판단하였다.

## 2. 감용장치

선별 세척된 폐기물을 수송 및 탈수, 건조에 용이한 형태로 조제 감용하는 감용장치를 개발하였다.

개발된 장치는 미국 농무성에서 개발한 목초 단기건조를 위한 조제장치(매써레이팅 장치)를 응용한 것으로(김, 1988) 회전속도가 서로 다른 두개의 직선널 형태의 롤사이에 재료가 통과하여 재료의 표면적이 커지고 동시에 수분추출이 용이한 형태로 조제한다.

재료의 유입성능은 롤의 마찰계수와 관련되며 1차개발된 실험 장치에 사용된 롤의 형상은 150mm 직경의 강철봉 표면에 피치 2mm인 직 선널을 한 형상을 선택하고 롤간의 간격은 최소 0.3mm를 유지하였다.

배추뿌리, 무 등 재료의 직경이 30mm이상인 경우에는 메서레이팅장치에 유입이 어렵다. 따라서 일정한 크기 이상의 재료를 파쇄 하는 장치를 개발하여 일차 파쇄후 조제장치에의해 감용된다.

감용기를 통과한 후의 폐기물의 형상은 원형이 완전하게 파쇄 되어 손으로 압착하여도 수분이 다량 추출될 정도이었다. 3마력이 장착된 메서레이팅장치를 작동하였을 때 2ton/hr의 작업능율을 보여 하루 20톤의 폐기물을 파쇄 감용할 수 있다.

평균적으로 파쇄후 체적이 1/6 정도로 줄었으며 타이어를 프레스로 수분을 추출한 후에는 체적이 1/10정도로 크게 감소하였다.

고온 및 저온의 건조과정에서 감용 파쇄된 채소류 폐기물의 건조속도는 크게 증가하여 건조비용의 감소를 기할 수 있다.

감용기의 막힘현상을 방지하기 위해 투입량이 증가되었을때 롤의 회전속도를 줄여 토크를 향상시키는 장치와 완전히 막혔을 경우에 감용장치를 역회전시키는 장치를 개발하였다.

최종개발된 감용장치는 구조를 간단화하며 이물질을 선별하는 장치를 부착한 구조이다. 유입성능을 향상시키기 위해 롤의 직경을 204mm로 하였으며 파쇄장치는 제거하였다. 개발된 장치를 통과한후의 체적은 82% 감소했으며 밀도는 0.96으로 1차 개발된 감용장치와 비슷한 결과를 보였다.

### 3. 수분추출장치

채소류 폐기물의 처리방법은 감용처리후 매립장으로 수송하는 방법과 사일리지 혹은 건조과정을 거쳐서 사료화하는 방법이 있다.

수송비의 절감과 사료화과정의 건조비용의 감소를 위해 수분추출장치가 개발되었다.

파쇄된 폐기물을 실험실 수분추출장치로 압착한 결과 전체중량의 78.1%에 해당하는 무게의 수분이 추출되었으며 94.5%(w.b.)인 초기함수율을 기초로 계산된 압착후의 건물량의 함수율은 75%(w.b.)이었다. 폐기물을 항온항습기내에서 일정시간 건조한 결과 감용전의 폐기물은 함수율이 1.5% 포인트 감소하여 92.7%(w.b.)였으나 감용탈수후의 폐기물은 25.7% 포인트 감소한 59.3%(w.b.)로 감소율을 비교할 때 17배의 빠른 건조속도를 보였다.

최종 개발된 스크루 프레스는 길이가 500mm, 직경은 150mm이고 스크루 피치는 투입구 쪽이 100mm이며 출구쪽이 70mm이다. 처리능력은 시간당 400kg이었으며 수분추출후 체적은 초기 체적에 비해 5%정도로 줄었으며 1차 탈수후의 함수율은 82.3%(w.b.)이었고 2차 탈수후의 경우 71.4%(w.b.)이었다. 따라서 스크루 프레스의 길이를 길게하면 탈수율이 높아진다.

#### 4. 이물질 분리장치

채소류 폐기물 중에는 수송을 위해 배추를 포장하는 신문지와 묽은 비닐끈등이 대량으로 포함되어 있어 폐기물을 사료화 하기 위해서는 이러한 이물질의 분리가 필요하다.

이물질을 분리하는 방법에는 대상물질의 종말속도 차이를 이용한 풍력선별방법과 비중과 크기의 차이를 이용한 요동체 선별방법이 있다. 수거된 폐기물을 세척조에 투입하기 전에 폐기물에 포함된 신문지등 가벼운 이물질을 분리하여 처리과정의 량을 줄이며 최종생성물인 사료에 포함될 이물질의 함량을 줄일 수 있는 장치인 풍력선별장치를 개발하였다. 또

한 세척후 감용기에 투입되는 재료는 미분리된 신문지와 비닐끈등이며 비닐끈 등은 그형상을 유지하므로 요동체의 망을 사용하여 분리가 가능하나 신문지의 경우 잘게 파쇄되어 채소류 폐기물에 혼합되어 배출되므로 요동체만으로 분리가 어렵다. 따라서 세척후 이물질분리를 위해 풍력이 부가된 요동체선별방법이 개발되었다.

개발된 세척조 투입전 선별장치와 감용기 통과후 선별장치의 선별방법에 따라 최종적으로 신문지 및 배추의 분리량을 측정한 결과, 배추 배출량을 적정히 하며 신문지 분리량을 최대화 할 수 있는 선별방법은 분리판의 위치를 38cm로하여 1차 풍력 선별한후 감용기 하단의 선별체에 풍력을 가하는 2차 선별하는 방법이 적정한 것으로 판단되었다. 이때의 신문지분리량은 초기유입량의 83.3%이었으며 배추폐기물은 12.3%정도 배출 되었다.

## 5. 건조장치

탈수된 채소류 폐기물을 사료화하는 방법 중에 하나인 건조사료를 제조하기 위해서는 건조장치가 요구되며, 또한 건조효율이 높으며 재료의 영양분을 파괴하지 않는 건조장치의 개발이 필요하다. 채소류 폐기물을 기존의 열풍건조방식으로 건조할 경우 열효율이 낮을 뿐 아니라 재료가 탄화되어 재료내부의 건조속도를 떨어뜨리며 동시에 영양분이 파괴되어 사료로서의 가치가 떨어지는 문제점이 있어, 이것을 극복하고 또한 감용장치와 수분추출장치가 연속 공정으로 이루어져야 하므로 연속적으로 건조가 가능한 건조기를 개발하였다. 개발된 건조장치는 회전하는 원통에 재료를 투입하고 스크루에 의해 연속적으로 원통 내에서 반전을 시켜서 재료를 유동하면서 공급된 열량에 의해 건조하는 건조방식이다.

비지를 이용하여이 예비 실험을 실시하여 건조기의 적정 작동 조건을



찾았으며, 감용처리한 배추 폐기물에 대해 건조실험을 하였으며 경제성 분석도 실시하였다.

수분추출장치를 1회 통과시켜 함유율이 약 87% 인 배추 폐기물의 경우 kg당 건조비용은 139원이었으며, 수분추출장치를 2회 연속으로 통과시켜 함유율을 약 63%까지 떨어뜨린 후 건조하였을 경우에는 kg당 약 96원의 비용이 드는 것으로 나타났다. 일반 조사료의 kg당 가격과 비교할 때 건조된 배추사료의 건조비용이 다소높은 편이나, 배추 폐기물 처리 비용이 톤당 25,000원인 것을 고려할 때 63% 재료의 1kg당 처리비용이 71원정도이며 10%재료의 경우 208원으로 폐기물처리 비용에 따라 경제성이 높아질 수 있다.

## 6. 사료적 가치

본 연구는 배추 폐기물의 사일리지 제조 기술과 반추가축의 사료로서의 영양가치를 평가하기 위하여 수행되었다. 배추 폐기물은 조단백질함량이나 섬유질함량면에서 우수하여 양질의 조사료원으로 쓰일 수 있으나, 수분함량이 높아 장기간 저장이 어렵기 때문에 완전 건조로 하든지 또는 사일리지화 할 수 있다. 배추부산물을 사일리지화 할 경우, 예건을 통하여 수분함량을 적어도 70%정도까지로 하는 것이 바람직하다. 건물, 단백질 및 NDF소화율은 고수분 사일리지구보다 예건사일리지구에서 높게 나타났다. 생초의 배추부산물을 사일리지로 조제할 경우는 첨가제를 사용하는 것이 양호한 발효품질의 사료를 얻을 수 있었다.

결론적으로 반추가축사양에 있어서 볏짚중심의 조사료 급여보다는 배추 부산물 사일리지로 대체 급여하는 사양체계가 유리하다고 판단되었다.

## 제 2 절 연구성과 활용실적 및 계획

### 1. 특허 및 상품화

가. 개발된 시스템중 감용장치는 특허출원 했으며 기술이전을 받은 농업기계 생산업체인 동양물산(주)에서 상품화하였다. (상품 카다록 첨부)

나. 감용장치에 관한 기술은 우리 나라와 식생활패턴이 비슷한 일본에서 관심을 갖고 있으며 일본 북해도에 위치한 S 농기에서 기술이전의 요청이 있어 상담 중에 있다. 기술이전에 대비한 일본 특허출원 준비를 완료했다.

다. 개발된 시스템중 건조기는 상품화의 문제점인 적정 작동조건이 결정되어 동양물산(주)에서 상품화를 위한 준비단계에 있다.

### 2. 연구결과 발표

가. 한국농업기계학회 1996년 학술논문 발표대회 논문집

제목 : 채소류 폐기물의 감용장치 개발

수록면 : 102 - 107

발행일자 : 1996년 3월 9일

개최장소 : 서울대학교 농생대

나. 유럽농업기계학회 국제학술대회 논문집

(Rational use of renewable energy source in the agriculture)

제목 : The vegetable waste treatment system for animal feed

수록면 : 27 - 28

발행일자 : 1996년 6월 2일

개최장소 : 헝가리 부다페스트

다. 한국농업기계학회개최 국제학술회의

ICAME 96

제목 : Mechanical treatment of vegetable waste for animal  
feed

일자 : 1996년 11월 13일

개최장소 : KOEX, Seoul Korea

### 3. 연구성과 활용계획

현재 채소류 집하장 및 김치공장 등에서는 대량으로 배출되는 채소류 폐기물의 처리가 문제시되고 있으나 자원화 할 수 있는 처리방안이 없는 실정이다. 본 연구에서 개발된 감용기를 기업의 도움을 받아 충북 청원군 초정리 김치공장 및 강원도 횡성 대단위 김치공장에서 실험을 한 결과 본 연구의 결과가 김치공장 등에서 필수적인 처리기계가 될 수 있음을 인정받았다.

따라서 본 연구결과 개발될 시스템은 단계적인 활용방안을 채택할 수 있다. 즉 개발된 기술을 김치공장 등의 폐기물을 감용화하여 처리수송비용을 감소시킬 수 있는 방법에 적용한다. 이 과정에서 기업은 감용기 생산기술을 완성하며 현장에서 계속 생산되는 폐기물을 건조사료화 또는 사일리지화하여 근접한 축산농가에 사료를 공급하면서 사료의 수요처를 확보하는 동시에 본 연구의 실용화의 기초를 구축한다. 다음단계는 규모가 큰 채소류 집하장에 연구개발된 시스템을 적용하여 채소류 폐기물 처리 및 사료화

를 체계적으로 공장화한다. 다음단계는 소규모의 집하장 및 대단위 채소류 생산단지에서 적정규모의 개발된 시스템을 적용한다. 이와 같은 활용방안은 기업에서 적극적인 관심을 갖고 있다.

폐기물처리에 관한 새로운 개념의 기계를 개발하여 상품화하는데는 많은 어려움이 있다. 필요성과 그 가치를 인정하지만 사용자는 현재 폐기물의 처리비용이 저렴함으로 매립 등의 비용과 기계비용을 비교하는 실정이다. 기업과의 상품화를 위한 지속적인 실용화 연구가 필요하며 또한 신기술에 대한 관계기관의 제도적인 지원이 절대적으로 필요한 실정이다.

## 참 고 문 헌

여 백

## 참 고 문 헌

Ajibola, O., R. Koegel, and H. D. Bruhn. 1980. Radiant energy and its relation to forage drying. *Trans ASAE* 23(5):1297-1300.

Association of Official Analytical Chemists. 1984. Official methods of analysis. 13th ed. AOAC. Washington, D.C.

Baines, W. 1961. The principles of operation of bubbling system. *Proceedings Symposium on air bubbling, Ottawa, Canada*

Baines, W. and G. F. Hamilton. 1959. On the flow of water induced by a rising column of air bubbles. *Proceedings of eighth congress, International Association for Hydraulic Research*

Balanin, V. V., B. S. Borokin and G. I. Melkonyan. 1970. Utilization of deep water heat in reservoirs for the maintenance of unfrozen water areas. *Cold Regions Research and Engineering Laboratory*

Barrington, G. P. and H. D. Bruhn. 1970. Effect of mechanical forage harvesting device on field curing rates and relative harvesting losses. *Trans ASAE* 13(6):874-878.

Blaxter, H.D., and J. I. Clapperton 1965. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *Br. J. Nutr.* 19 : 511.

Bruhn, H. D. 1955. Status of hay crushing development. *J. Agr. Res.* 36(3):165-170.

De Boer, F. 1985. Availability and utilization of by-products and wastes in EC countries. In *feeding value of by-products and their use by beef cattle*. edited by Ch. V. Boucque, L. O. Fiems and B. G. Cottyn pp.5-18 Luxembourg: EC

De Boer, F. and H. Bickel. 1988. *Livestock feed resources and feed evaluation in Europe*. Elsevier science publishing company.

Dernedde, W. 1985. Vorwelken Von Gras. Halmgutertetechnik. VDI-Kolloquium Landtechnik Heft 2.

De Visser, H. and A. Steg. 1988. Utilization of by products for dairy cows feeds. In nutrition and lactating in the dairy cow. edited by P. C. Garnsworthy. pp.378-394

Feldman, M., E. Z. Jan. 1977. Gathering Cereal Straw and Chaff for Feed. Grain and Forage Harvesting : Proceedings first international grain and forage conference. ASAE.

Goering, H. K.,and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, Reagents, Procedures, and some Applications). Agric. Handbook 379. ARS-USDA, Washington,D.C.

Hall, C. W. 1957. Drying farm crops. Edwards Brothers, Ind., Ann Arbor, MI, 327 p.

Henderson, S. M. and Perry, R. L. 1966. Agricultural process engineering. The AVI Publishing company, Inc. Westport, CT.

Hussain, N.A. and B.S. Narang. 1984.Simplified analysis of air-bubble plumes in moderately stratified environments. ASME Journal of Heat Transfer, V.106, pp.543-551

Kim, S. H. 1988. Factors affecting the strength of forage mat. University of Wisconsin, USDA Forage Lab. Report

Kobus, H. E. 1968. Analysis of the flow induced by air bubble systems. Coastal Engineering Conference, V.II

Koegel, R. G., R. J. Straub, and R. P. Walgenbach. 1985. Quantification of mechanical losses in forage harvesting. Trans ASAE 28(4):1047-1051.

Kraus, T.J., K.J.Shinners, R.G.Koegel, and R.J.Straub. 1993. Evaluation of a Crushing-Impact Forage Macerator. Trans ASAE 36(6):1541-1545.



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

Kung,L.Jr. and J.H.Huber.1983. Performance of high producing cows in early lactation fed protein of vary amounts,sources and digestibility. *J. Dairy Science.* 66:227-234

Macgregor, C. A. 1989. Directory of feeds and feed ingredients. *Heard's Dairyman.*

McDonald. P., N. Henderson and S. Heron. 1991. The biochemistry of silage. Chalcombe publications.

National Research Council. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th rev. ed. *Natl. Acad. Sci. Washington,D.C.*

Pedersen, T. T. and W. F. Buchele. 1960. Dyring rate of alfalfa hay. *Agr. Engr.* 41(2):86-89.

Polan,C.E.,C.N.Miller and M.L.McGillard. 1976. Variable dietary protein and urea for intake nad production in Holstein cows. *J.Dairy Science* 59:1910-1914

Priepke, E. H. and H. D. Bruhn. 1970. Altering physical characteristics of alfalfa to increase the drying rate. *Trans. of ASAE* 13(6):827-831.

Risser, P. E., R. G. Koegel, K. J. Shinnors, and G. P. Barrington. 1985. Factors affecting the wet strength of macerated forage mats. *Trans. of ASAE* 28(3):711-715, 721.

Savoie, P., C. A. Rotz, H. F. Buchltz, and R. C. Brook. 1982. Hay harvesting system losses and drying rates. *Trans ASAE* 25(3):581-585, 589.

Shinnors, K. J., G. P. Barrington, R. J. Straub, and R. G. Koegel. 1985. Forming mats from macerated alfalfa to increase drying rates. *Trans ASAE* 28(2):374-377, 381.

Shinners, K. J., R. G. Koegel, and R. J. Straub. 1986. Drying rates of macerated alfalfa mats. ASAE Paper 86-1033.

Shinners, K.J., R.G.Koegel and R.J.Straub. 1988. Design consideration and performance of a forage maceration device. Applied Engineering in Agriculture 4(1):13-18

West, J. W., G. M. Hill and P. R. Utley. 1993. Peanut skin as a feed ingredient for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 76 : 590 - 599

Wolfgang Fritz. 1986. Redesign of the Macerator of an Experimental Mat Harvesting Machine. University of Wisconsin-Madison.

阿久津猛,矢口長彦,針生程吉. 1990. アルコール添加による混合飼料の變敗防止と乳汁中への影響. 日本畜産學會第83回大會講演要旨. p 108.

増子孝義. 1993. サイレージの科學. テーリイジャパン社.

高野信雄,安宅一夫. 1986. サイエージバイブル.酪農學園出版部

成慶一. 1985. 羊による刈取時期を異にする乾草,サイレージ攝取量がその消化性におよぼす影響

安宅一夫, 増子孝義. 1995. サイレージプロダクション. In R. E. Muck,1993. 高品質サイレージ調製のための添加物の役割.Dairy Japan.

安宅一夫, 増子孝義. 1995. サイレージプロダクション. In W. C.Mahanna. 1993. 北アメリカにおけるサイレージ醗酵と添加物の利用. Dairy Japan.

김상헌. 1993. 벵짚용 사각 베일러. 중도기업 Seed Company 선정 세미나 자료.

농협중앙회. 1987. 우리나라 농수산물 무역현황.

박재복 등. 1992. 주요 농산물 가공기계 개발에 관한 연구. 한국식품개발연구원 보고서

삼양축산개발(주). 1982. 초지와 축산.

성경일. 1992. 사일리지의 연간급여와 사료성분의 안정성. 한국초지학회지.12:19-25.

이병오. 1991. 강원도 지역 농업의 경쟁력 제고 방안. In 농산물 수입 개방에 대응한 강원도 지역 농업의 발전 방향 연구. 하서현의 4명. 강원도 강원대학교 농촌 개발 연구소. 277-330.

육종육 등. 1982. 신고축산학개론. 향문사.

최상숙, 조 용범, 김 동식, 맹 원재. 1993. 반추가축에 있어서 한약제 부산물의 사료적 가치에 관한 연구. 축산분야종합학술대회요지. 21233