

진동특성을 이용한 고추원료 공급장치 개발

고학균 · 김태연

(서울대학교 농업생명과학대학 농공학과)

Development of Pepper Feeding Unit Using Vibration

H. K. Koh · T. Y. Kim

Dept. of Agric. Eng., Coll. of Agric. & Life Sciences, Seoul National Univ.

적 요

고춧가루 가공장에서 사용되는 고추원료 공급기는 그 성능이 좋지 못함으로 고춧꼭지 제거효율 및 고춧가공기계의 처리효율을 낮추고 있다. 본 연구는 이러한 문제점을 해결하고자 현재 고춧가루 가공공장에서 사용되는 고추공급기를 새롭게 개발하고자 수행되었다. 이 연구의 목적은 다음과 같다.

고춧꼭지제거기에 공급되는 고추의 분산, 길이방향 정렬과 공급, 영킴 해소, 공급속도 향상을 위한 진동판의 형상을 결정하고, 진동판의 작동조건(진동수, 진폭)·기울기를 구한다.

먼저 진동실험을 위해서 진동기를 설계 및 제작하였다. 설계된 실험용 진동기계는 회전 관성형 진동기(eccentricity vibrator)의 형태이며 이 형태로는 최초로 고추진동기에 시도되었다. 회전 관성형 진동기(eccentricity vibrator)의 진동판의 형상, 적절한 진동조건, 진동판 위에서 고추의 이송속도 등에 대한 실험을 실시하였다. 설계된 진동기의 특징은 기존의 회전 관성형 진동기(eccentricity vibrator)와 달리 록커 대신 판스프링을 사용함으로써 진동을 더욱 부드럽게 하였다. 진동기계는 진동판의 교체가 가능하여 진폭, 진동수, 진동판의 경사 등을 바꾸면서 실험할 수 있도록 설계되었다. 시료로 건고추는 소과종인 청랑고추와 대과종인 한초를 사용하였으며 물고추는 대과종인 홍일을 사용하였다.

고추의 정렬공급성과 분산능률을 평가하기 위하여 먼저 공급벨트에 고추를 4그룹으로 나누어놓고 이를 진동기에 공급하고 진동기에서 나오는 고추를 출력컨베이어에 깔리게 함으로써 이를 평가하였다.

고추를 정렬공급하고 좌우로 고르게 펼쳐줄 수 있는 진동판의 형상을 알아보기 위하여 평판, 골판, 평판에 분산판과 유도판을 설치한 판, 골판에 분산판과 유도판을 설치한 판을 사용하여 실험을 하였다. 실험 결과 평판과 골판은 성능이 좋지 못했고, 평판에 분산판과 유도판을 설치한 판은 정렬공급성과 분산능률은 좋았지만 고추가 자주 막히어 이송되지 않았다. 골판에 유도판과 분산판을 설치한 판이 정렬공급도 95%에 가까웠고 분산능률도 좋았다. 또한 간헐적으로 들어오는 고추를 연속적으로 공급시켜주었다.

골판에 분산판과 유도판을 설치한 진동기로 여러 품종에 대하여 실험한 결과는 다음과 같다.

홍고추는 250개중 3개가 비뚤어졌으며 건고추 상태의 한초는 230개중 5개가 비뚤어졌다. 편심6.25mm, 진동수 46Hz 부터 이송이 무리 없이 되었으며 안정성을 높이려면 6.25~7.25mm의 편심과 47~52Hz 의 진동이 필요했다. 진동판의 기울기는 8도까지 실험을 실시하였지만 기울기를 높게 할수록 고추의 이송속도가 빨라졌기 때문에 되도록 높이는 것이 좋을 것으로 판단되었다. 설계된 진동기는 품종에 관계없이 분산성능, 정렬공급성능, 공급되는 고추를 균일하게 공급해주는 성능이 우수하였다. 또한 이 실험에서 제작한 유도판의 설계방법은 경사판의 설계에 대한 좋은자료를 제시해줄 수 있으리라 생각된다. 그러나 고추를 날개로 나누어 공급하는 성능은 좋지 못하므로 이에 대한 연구가 계속 필요할 것이다.

I. 서 론

고추는 우리 식생활에 가장 많이 사용되는 조미 채소류로서 양념류, 김치류, 고추장 등의 가공식품에 널리 사용되고 있으며 국민 일인당 연간 소비량은 고춧가루 기준으로 2.5kg에 이르고 있다. 이를 소비자 기준의 시장 규모로 볼 때 약 9,000-10,000억원으로 추정되고 있다.

또한 고추는 단일작목으로 농업 총생산의 4.5%, 채소류 생산액의 30%를 차지하고 있는 중요한 경제 작물이며 고추의 연간 총생산량은 150-180천 M/T에 이른다. 이는 국내에서 재배되는 농작물 중에서 미곡 다음으로 중요한 위치를 차지하고 있는 것이다. 특히 고추의 재배 농가는 전체 농가의 약 65%로서, 고추는 농가소득에서 주소득원의 하나를 차지하고 있다. 고추의 주요 재배지역은 경북, 충북, 전북, 전남 등으로 이들 지역에 속한 30여 개 군에서 전체 고추 생산량의 65% 이상을 생산하고 있으며 재배 지역이 단지화, 집단지화되어 있어 향후 재배, 수확, 건조, 저장, 가공 등의 고추 재배 및 가공 기술이 주요 산지 중심으로 보급될 수 있는 재배환경을 이루고 있다.

고추는 다른 농작물보다 생산량 증가에 따른 가격 변동이 심하며 매년 증가되는 재배 비용 및 인건비로 인하여 국내산 고추 원료 가격이 상승되고 향후 수입 개방화로 인하여 국내산 고추와 품질이 유사한 중국산 고추가 대량 유입될 경우 생산 농가의 장기적이고 안정된 소득 기반의 구축이 어려운 실정이다.

고추의 최종 소비 형태는 대부분 고추의 1차 가공품인 고춧가루를 사용하기 때문에 고춧가루 가공 공장을 설립하여 생산지에서 다양한 고춧가루 가공 제품을 생산하여 소비지로 직접 공급하면 현행 고추의 생산, 유통 과정의 문제점이 해결될 것이다. 실제로 이를 위하여 생산자 단체(농협)를 중심으로 전국 주요 고추 산지에 7개소가 설립되었으며 앞으로 이러한 가공 공장 설립은 고추 주산지를 중심으로 30여 개 이상 증가할 것으로 예상된다.

이들 청결 고춧가루 제품은 증기 세척으로 고추에 묻어 있는 이물질과 농약을 제거하여 주고 금속검출기로 각종 유해금속성분을 제거하여 위생적이다. 또한 포장 전에 수분 함량을 11%이하로 줄여 장기간 보관이 가능하고 특수 공법에 의하여 살균 처리로 변질을 막아 주며 포장 규격이 다양하여

소비자의 선호도가 매년 크게 증가하고 있다. 그러나 고춧가루 가공장을 성공적으로 운영하기 위해서는 여러 가지 해결해야 할 문제가 많다. 그중 하나는 건설된 고춧가루 가공장에서 원료를 공급할 때 고추들이 서로 엉킴으로 말미암아 일반 벨트 컨베이어나 스크류 컨베이어, 공기 이송 장치 등으로는 균일한 공급이 어려운 실정이다. 따라서 이후의 작업인 원료 선별, 증기 세척, 고추 꼭지 제거 공정의 작업 성능 저하를 가져오고 있는 실정이다.

다음은 고추꼭지제거기의 비효율성과 꼭지제거율의 성능이 높지 않다는 것이다. 유독 고추꼭지제거기의 비효율성으로 인하여 가공장의 시간당 처리할 수 있는 고추의 양이 제한 받고 있다.

처리량을 늘리려 할 때 고추꼭지제거기를 더 달아야하는 부담감을 가공장은 안고 있다. 그러나 만일 균일한 공급을 할 수 있게 된다면 고추 꼭지 제거기의 효율을 높여 전체 가공장의 처리량을 높여줄 수 있다. 또한 고추꼭지제거기의 성능이 높지 않기 때문에 제거되지 않은 고추꼭지를 많은 인력을 이용하여 열악한 환경 가운데서 처리하고 있다. 고추꼭지 제거기는 고추가 일직선으로 들어와야 성능을 높일 수 있다. 그러나 현재의 진동기로는 30% 정도밖에 직선으로 못 보내기 때문에 이의 성능을 높여 주어야 한다. 또한 현재의 진동기는 고추를 빠른 속도로 보내는데 한계가 있기 때문에 처리율이 높지 못하여 빠른 속도로 처리할 수 있는 진동기의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결할 수 있는 진동을 이용한 고추공급기를 개발하는 것을 주목적으로 한다.

본 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

고추를 출력벨트에 끌고루 펼쳐주며, 고추를 직선으로 가게 하며, 고추의 엉킴을 풀어주며, 빠른 속도로 고추를 이송시키는

1. 실험용 진동기를 설계한다.
2. 적절한 진동판의 형상을 찾는다.
3. 적절한 진동판의 기울기의 구간을 찾는다.

II. 고추공급기의 특성과 문제점

1. 고춧가루 가공 공정

현재 상용화된 고춧가루 가공공장의 공정은 공장마다 약간의 차이를 가질 수 있지만 거의 유사한 공정순서를 가진다.

고추에 대한 진동은 원료투입과 원료정선뿐만 아니라 필요할 때마다 공정 사이사이 해주고 있다. 공정간에 농산물을 버킷 엘리베이터로 이송시킬 경우가 많이 있다.

그럴 때마다 고추가 버킷에 담겨서 군(group)을 이루며 움직이며 이후 공정에도 고추는 균일하게 흐르지 않으며 또한 고추끼리 엉켜 있게 되므로 진동은 꼭 필요한 공정이다.

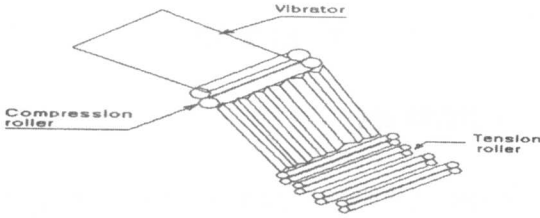


Fig. 1. Pepper stem removing system

원료 고추는 증기세척 이후에 버킷 엘리베이터로 올려진 다음 진동기를 거치며 고추꼭지제거기인 Compression roller와 Tension roller를 지나게 된다. 그림 1은 고추꼭지 제거장치로서 진동기, 압축롤러, 경사판 및 인장롤러로 구성되어 있다.

2. 가공장의 진동기의 특징과 문제점

현재 공장에서 사용하는 진동기는 회전관성형 진동기(eccentricity vibrator)이다. 이의 모습은 그림 2와 같다. 이 진동기는 sliding없이 비산만으로 이동하기 때문에 본 연구에서 제작한 진동기보다 속도가 14배 정도나 느리다.

Vibrator가 갖추어야할 조건은 다음과 같다.

- ① 한꺼번에 들어온 고추를 좌우로, 앞뒤로 골고루 퍼주어야 한다.
- ② 고추꼭지제거기에서의 꼭지제거율의 향상을 위해서 고추가 직선으로 가도록 도와야 한다.
- ③ 또한 한꺼번에 들어온 고추로 인하여 진동기가 막히지 않아야 한다.

그러나 현재 사용되는 진동기는 골고루 넓게 퍼주는데 있어서나 직선으로 운동하게 하는데 있어서 성능이 좋지 못하다. 또한 표면이 오염이 될 때 직선운동의 경향이 현저히 줄어들게 된다.

3. 고추꼭지 제거의 원리

고추꼭지제거기의 일부인 압축롤러의 모습은 그림 3과 같다. 압축롤러는 2개의 회전롤러로 이루어지며 이곳에 고추가 들어가 압력을 받음으로 고추꼭지와 고추과피와의 축소를 차이로 말미암아 고추꼭지와 고추과피와의 결합력이 작아

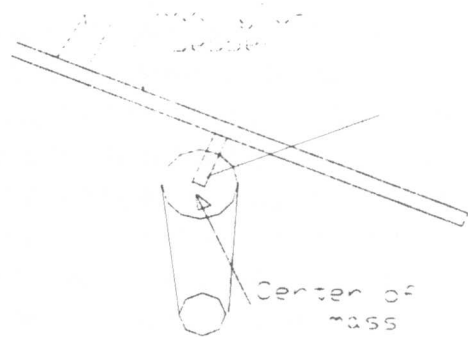


Fig. 2. Diagram of vibrator which is currently used in factory

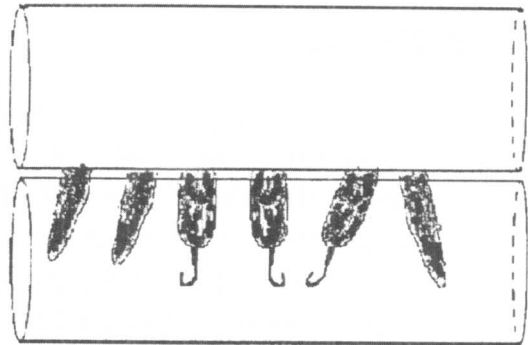


Fig. 3. Diagram of compression roller

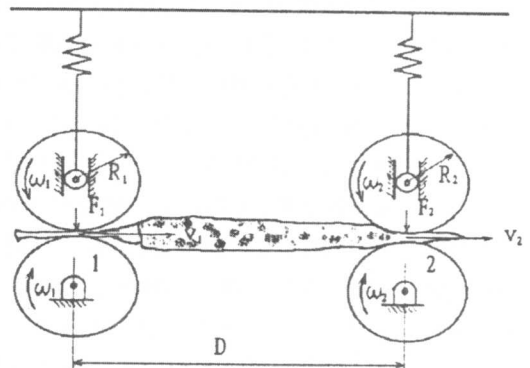


Fig. 4. Diagram of tension roller

지게 된다.

고추는 압축롤러를 지난 다음 인장롤러를 지나게된다. 인장롤러는 그림 4와 같다. 인장롤러는 롤러끼리의 상대속도로 인하여 고추에 인장력이 가해진다. 이러한 인장력으로 압축롤러를 지나며 결합력이 약해진 고추꼭지를 고추과피에서 제거한다.

그림 3은 고추가 압축롤러를 지날 때 직선으로 들어가야 효과적인 압축이 일어난다는 것을 보여주고 있다. 압축롤러에 고추가 겹쳐서 들어가게 되면 고추가 받게되는 압력은 변하게 된다. 한 그림 4는 인장롤러에도 고추가 직선으로 들어가야 하는 것을 보여준다. 인장롤러에 고추가 직선으로 공급되지 않는다면 특히 소과종인 경우는 양쪽 롤러에 고추가 걸리지 못하기 때문에 인장력을 받지 못하고 그냥 지나가게 된다. 또한 고추끼리 겹쳐서 들어가면 고추가 받게되는 인장력이 줄어들게 된다. 따라서 고추는 직선으로 하나씩 날개로 공급되어야 한다. 그러나 현재는 고추가 정렬공급이 되지 못하기 때문에 고추 꼭지 제거 효율이 크게 떨어지고 있다.

4. 원료 흐름의 문제점

현재 고춧가루 가공 공장이 가지고 있는 문제점은 원료가 일정하게 흐르지 않아 (공장에서 고추가 수직적인 이송을 할 때 버킷 엘리베이터로 이송되기 때문에 고추가 연속적으로 흐르지 못하고 그룹이 형성되며 그룹간의 간격만큼 가공기계는 일을 하지 못하게된다.) 작업 성능이 크게 떨어지고 있으며 가공기계에 고추가 막혀서 더 이상 가동하지 못하게되는 현상도 생기고 있다.

또한 고추꼭지제거기에 들어가기 전 고추는 진동판을 거치게 되는데 현재는 진동의 세기가 적절치 못하여 고추가 일정한 모양으로 고추꼭지제거기에 들어가지 못한다. 또한 고추가 습기세척기나 공기세척기에서 걸리어 쌓이다가 뒤에서 미는 힘으로 인하여 한꺼번에 공급됨으로 이후 공정에서도 공급이 불균일해진다. 또한 경사판에서 올바른 각도의 경사와 골의 깊이에 대한 설계가 안되어 있다. 경사판의 경사는 동마찰각보다 조금 커서 인장롤러에 공급해줄 정도만 되어서는 안된다. 왜냐하면 속도는 진동판 < 압축롤러 < 경사판 < 인장롤러 순으로 빨라야 약간 겹쳐있던 고추들도 간격이 벌어지게 됨으로써 압축롤러에서나 인장롤러에서 걸리지 않게된다. 만일 경사판의 속도가 작아서 인장롤러 앞에서 고추

가 쌓이게 되면 인장롤러를 막히게 하는 요인이 될 수가 있다. (실제 영월과, 괴산 고춧가루가공장에서는 경사판에서 고추가 막힘으로 인하여 경사판의 끝부분을 일부 잘라냄으로써 고추의 속도를 높여 막힘을 해소해 주었다.) 골의 깊이는 좀더 깊어야 더욱 많은 양의 고추를 직선으로 보낼 수 있게 된다.

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 진동기의 설계

여기서는 가장 적합한 진동조건에서 작동하는 진동기를 설계, 제작하고자 하였다.

진동을 줄 수 있는 진동기는 기계적으로 여러 형태가 있을 수 있다. 고추공급기의 실험을 위해서 개발된 진동기는 스크린선별기의 진동형태와 유사하다. 다른 점이 있다면 링크에 가해지는 과중한 관성력을 줄여 주고자 단순한 Locker를 사용하기보다 판 스프링을 사용함으로써 진동을 더욱 부드럽

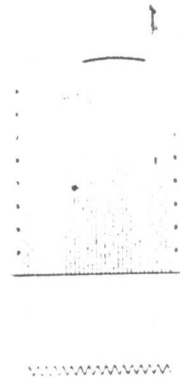


Fig. 6. Vibrating plate

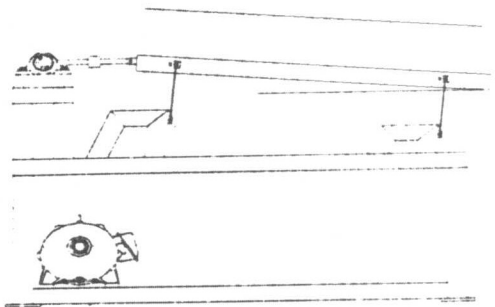


Fig. 7. Design for an experimental apparatus

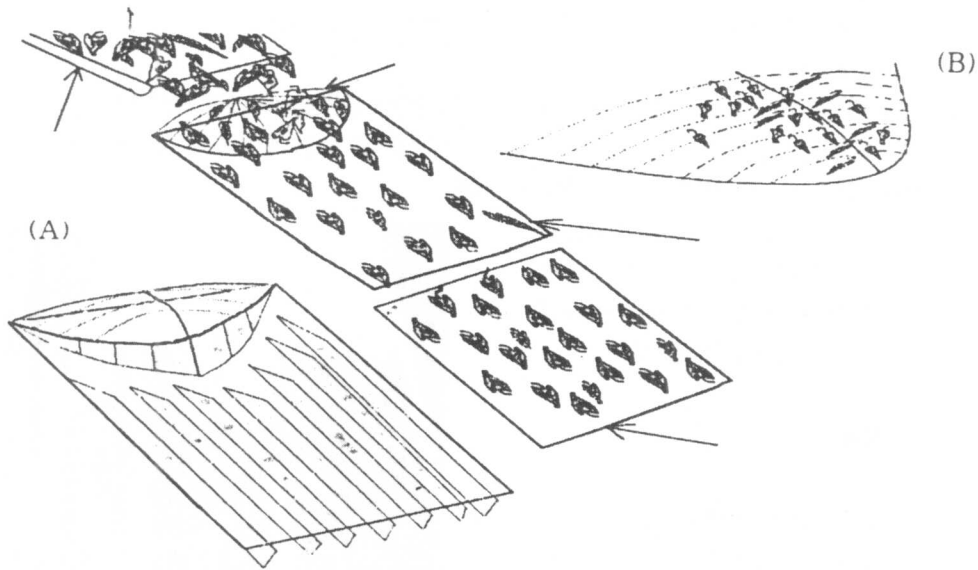


Fig. 8. Experimental set consisting of input conveyor, vibrating Plate and output conveyor and surface configuration

게 하였다. 먼저 진동을 얻기 위하여 편심이 있는 축을 다음과 같이 제작하였다.

축의 편심을 사용함으로써 진동을 유도하였는데 그림 6과 같이 편심의 종류는 5mm부터 12.5mm 까지 만들었다. 또한 이와 같은 편심을 한 축에 모두 넣을 수 없기 때문에 축을 모두 3개 사용하였고 필요할 때마다 축을 교체하였다. 축의 교체는 볼트를 풀어서 할 수 있다.

그림 6은 진동판을 나타낸 모습이며, 그림 7은 진동기의 측면도이다.

2. 공시 재료

가. 고추의 품종

실제 공장에서 사용되는 고추는 한 가지가 아니고 다양한 품종을 취급하며 또한 가공 직전의 고추의 함수율은 15-19%로 다양하다. 그러나 이 실험에서 구하고자 하는 직선운동에 대한 진조건은 함수율에 따라 달라지지 않기 때문에 공장에서 사용하는 것과 같이 15-19%의 함수율을 가진 고추를 그대로 이용하였다. 실험에서 사용된 건고추는 대과종으로는 한초를, 소과종으로 청량고추를 사용하였고 물고추로는 대과종은 홍일을, 소과종은 청량고추를 사용하였다.

나. 고추의 형상조사

스크린 위에서 고추의 걸림을 방지하기 위하여 고추의 형상을 조사하였다. 고추의 다양한 형상을 알게될 때 고추의 가공기에 걸리는 문제점을 해결할 수 있기 때문이다. 실험 대상으로 건고추는 영양산 한초와 청량고추를 사용하였고 물고추로는 홍일 품종과 청량고추를 사용하였다.

3. 실험 장치의 구성

전체적인 실험장치의 모습은 그림 8과 같다. 진동판의 구체적인 형상은 그림 8의 (A)와 같고 진동판에 설치된 분산판의 형상은 그림 8의 (B)와 같다. 실험방법은 먼저 입력벨트에 고추를 4개의 그룹으로 나누어서 깔아놓는다. 그룹간 간격은 30cm이고 길이는 15cm이고 폭은 20cm이다.

진동기의 너비는 40cm이고 출력벨트의 너비는 50cm이다. 입력벨트에 20cm 너비로 깔린 고추가 50cm의 너비를 가진 출력벨트에 어떻게 깔리는가를 관찰하였다. 또한 입력벨트에 놓는 고추의 양을 다양하게 변화시키면서 실험하였다.

기계의 구동순서는 다음과 같다. 순서대로 먼저 출력벨트와 진동기를 구동시키고 입력벨트를 구동시켜서 진동기에 고추를 투입한다. 고추가 진동기를 거쳐서 출력벨트의 끝부분에 도달하게 되면 출력벨트를 꺼버리고 출력벨트에 깔린 고추의 직진성을 측정한다. 그런데 이때 사람이 이동하면서 입력벨트, 진동기, 출력벨트를 개폐한다는 것은 어려운 일이기

때문에 이 기계들의 스위치를 연결하여 공급벨트와 출력벨트 및 진동기를 개폐하는 제어장치를 제작하였다.

또한 고추는 진동판 위에서 빠른 속도로 움직이기 때문에 그 현상을 눈으로는 확인하기가 어려우므로 이것을 비디오 카메라에 담고 고추가 깔려진 모습도 비디오 카메라로 촬영하였다. 이후에 비디오 카메라를 느린 속도로 돌리며 진동판 위에서의 운동을 자세히 관찰하였고, 고추가 진동판에서 어떤 운동을 하며 어떠한 이유로 인하여 진동판에서 막히는가 또한 고추가 출구에 어떻게 깔리는가를 분석하였다

4. 진동판의 결정 방법

고춧가루 가공장에서 진동판으로 사용하고 있는 판의 형상은 평판이다. 현재의 진동기는 정렬공급능력이 좋지 못하기 때문에 이의 성능을 높여주고자 새롭게 골판을 만들었고 단순한 평판과 골판 외에 부속기로서 분산판과 유도판을 개발해 이들을 각각 평판과 골판에 붙여 개선된 평판과 개선된 골판을 만들었다. 실험 대상은 이 4가지의 평판, 골판, 개선된 평판, 개선된 골판이다. 실험에 사용된 스크린의 모습은 다음과 같다.

가. 골판을 설치한 진동판

현재 가공장에서 경사판이나 진동판의 끝 부분에 설치하여 고추의 정렬공급을 유도하고 있는 골판을 진동판 위에 부착하여 실험하였다. 골판의 모습은 그림 9와 같다.

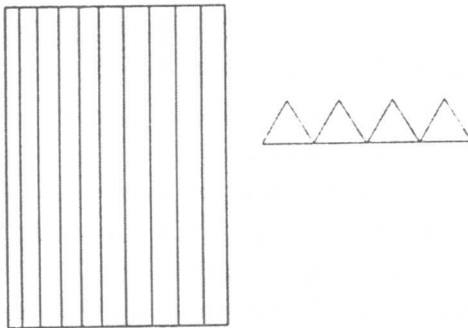


Fig. 9. Corrugation type vibrating plate.

나. 평판을 이용한 진동판

현재 고춧가루 가공장에서 사용되고 있는 진동판의 형상은 평판이다. 따라서 여기서는 평판을 실험용 진동기의 진동판

에 부착하여 실험을 실시하였다.

다. 평판에 분산판과 유도판을 붙인 진동판

그림 10과 같이 평판에 분산판과 유도판을 세워서 실험하였다.

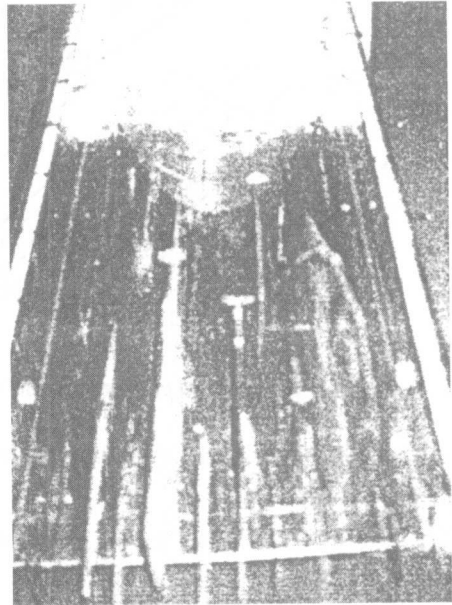


Fig. 10. Modified flat type vibrating plate equipped with distributing plate and vertical guide plates.

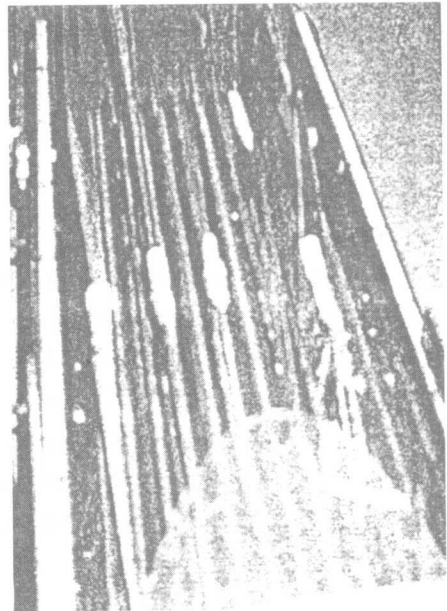


Fig. 11. Modified corrugation type vibrating plate equipped with distributing plate and vertical guide plates.

라. 골판에 분산판과 유도판을 붙인 진동판 골판에 분산판과 유도판을 설치하여 진동용 실험기 위에 부착하여 실험하였다. 이 장치의 모습은 그림 11과 같다.

5. 데이터 측정방법

가. 마찰계수 측정방법

스크린 위의 고추의 운동상태를 시뮬레이션하기 위해서는 스크린과 고추와의 마찰계수를 측정해야 한다.

정마찰계수 측정방법 : 스크린에 고추를 올려놓고 조금씩 기울이다가 고추가 움직이기 시작하는 각도를 반복해서 측정하여 이를 평균해서 구한다.

동마찰계수 측정방법 : 스크린을 기울이고 고추를 스크린의 위에서 10cm 높이에서 떨어트린다. 떨어진 이후에 고추가 계속적으로 움직이기 시작하는 각도를 반복적으로 실험하여 구한다.

나. 진동기의 진폭과 진동수의 조절방법과 측정

실험에서 진폭은 아래 그림과 같이 플라이휠 구멍의 위치를 선택하여 볼트를 조임으로써 조절이 가능하다. (5mm~12.5mm까지 조절가능) 진동수는 모터속도를 조절함으로써 가능하다. 회전속도는 Tachometer로 측정하였다. 이 실험에서 고안한 진동기는 진폭이 작을 때는 고회전으로 회전이 가능하지만 진폭이 커질 때는 고회전에서 운전하면 매우 위험해진다. 그러므로 예비실험을 통하여 안전한 진폭과 진동수 조건을 선택하여 실험하였다. (진폭이 5mm일 때는

650rpm까지 가능하고 진폭이 10mm 이상일 때는 500rpm 정도까지 안전하였다.)

다. 기울기의 조절방법과 측정방법

진동판의 기울기는 구멍을 연결하는 방법에 따라서 조절이 가능하다. 그런데 링크대신 스프링을 사용했기 때문에 스프링과 링크의 변화로 인하여 진동판의 기울기는 그때그때 측정해야 한다.

β 각은 그림 12의 A, B, C의 길이를 측정함으로써 구할 수 있다.

$$\tan^{-1} \frac{A-B}{C} = \beta$$

또한 α 각은 링크와 진동판과의 각이며 α 각이 변하면 기계에 무리가 가기 때문에 α 각을 조절하지는 않았고 α 각은 기구로 측정하기가 어려웠기 때문에 사진을 찍어서 측정하였다.

라. 고추의 정렬공급능률 및 분산능률 측정방법

고추의 분산능률은 측정하기가 어렵고 분산판의 기울기를 10°정도로 할 때 최적화가 항상 가능하기 때문에 측정하지 않았다. 정렬공급능률은 공급방향에 대하여 15°어긋난 고추의 갯수를 세어서 평가하였다. 이유는 15°어긋난 것까지는 고추꼭지제거에 문제가 안되기 때문이다.

마. 고추의 이송속도 측정방법과 진동기의 속도성능 평가방법

한 개의 고추가 주어진 진동조건에서 진동판의 앞머리부터

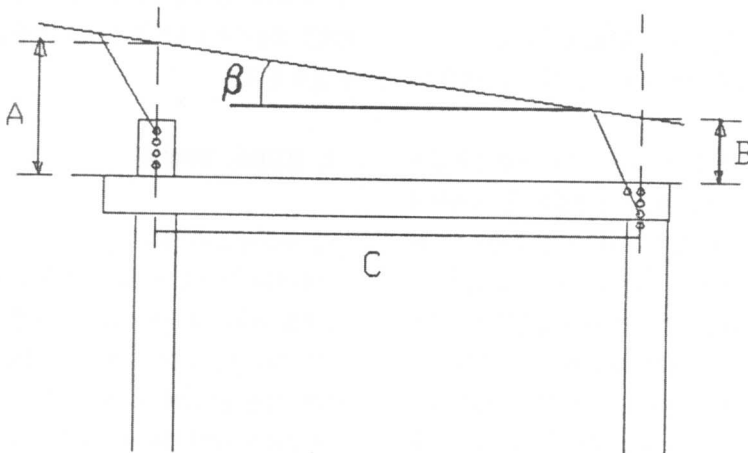


Fig. 12. Diagram showing how to change and measure β .

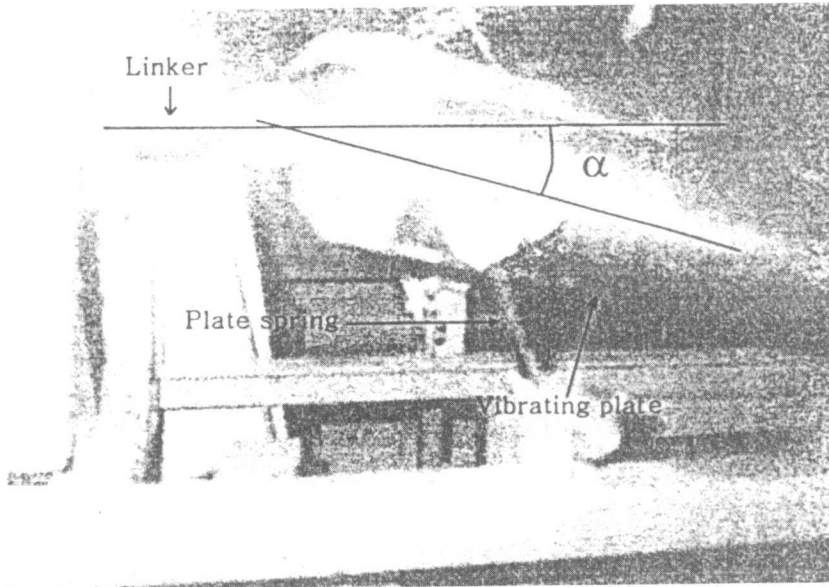


Fig. 13. Photo showing how to get α

진동판의 끝까지 가는데 걸리는 시간을 측정하였다. 진동판의 기울기는 2도와 7.5도 2가지를 하였고 움직이기 시작하는 축의 회전수부터 시작하여 속도를 600rpm정도까지 바꾸어가며 또한 편심은 5mm부터 12.5mm까지 바꾸어가며 측정하였다. 그리고 설계된 진동기의 속도성능을 평가하기 위하여 기존의 스크린선별기의 속도와 비교하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 진동판의 비교

가. 여러 진동판의 분산능률과 직진성능의 비교
적정한 진동판의 형상을 얻기 위하여 4가지의 진동판을 비교하여 실험하였다.

그림 14는 분산판과 유도판을 없는 단순한 평판이나 골판으로 실험한 것이다. 단순한 평판이나 골판은 분산능률이나 정렬공급성능이 모두 좋지 않았다. 그림 15는 평판에 유도판과 분산판을 설치하고 실험한 모습이다. 정렬공급성능과 분산능률은 좋지만 6.25mm의 편심과 510rpm정도의 고진동이어서 고추가 막히지 않고 지나갈 수 있었다. 저진동일 때는 유도판에 고추가 막히어 이송이 불가능하였다. 그림 16은 골판에 유도판과 분산판을 설치하고 실험한 모습이다. 고추 230개에 편심 6.25mm, 진동수 440rpm일 때 6개가 비뚤어

졌다. 저진동에서도 골판에 유도판과 분산판을 설치한 것은 원활하게 지나갔다.

나. 원료공급의 균일성 비교

단순한 골판이나 평판에서는 그림 14와 같이 고추가 균일하게 깔리지 못했지만 분산판과 유도판을 설치했을 때 고추는 그림 15, 16과 같이 균일하게 벨트에 깔리었다. 이러한 특성을 이용한다면 고추가공기계에서 고추가 자주 걸렸다가 한꺼번에 공급되어 가공기계에서 고추가 막히는 현상을 막아 줄 수 있다. 또한 고춧가루가공공장에서 자주 이용되는 버킷 엘리베이터로 인하여 불균일하게 이송됨으로 말미암아 가공기계를 효율적으로 이용하지 못하던 불합리함을 해소시켜줄 수 있게 된다.

2. 진동판의 세부설계

가. 골판의 크기 결정

그림 17과 같이 너비 40cm, 길이 90cm, 골이 11개, 10개, 9개, 8개인 골판에 유도판을 붙여서 실험하였다. 골이 11개일 경우에는 고추가 2개씩 들어가게 되면 유도판 사이에 강하게 끼게 됨으로써 이동이 안되었다. 골이 10개일 때 또한 통로에 2-3개가 들어와 강하게 낚이므로 고추의 이송이 균일하지 못했고 자주 막혀서 이송이 잘 안되었다.

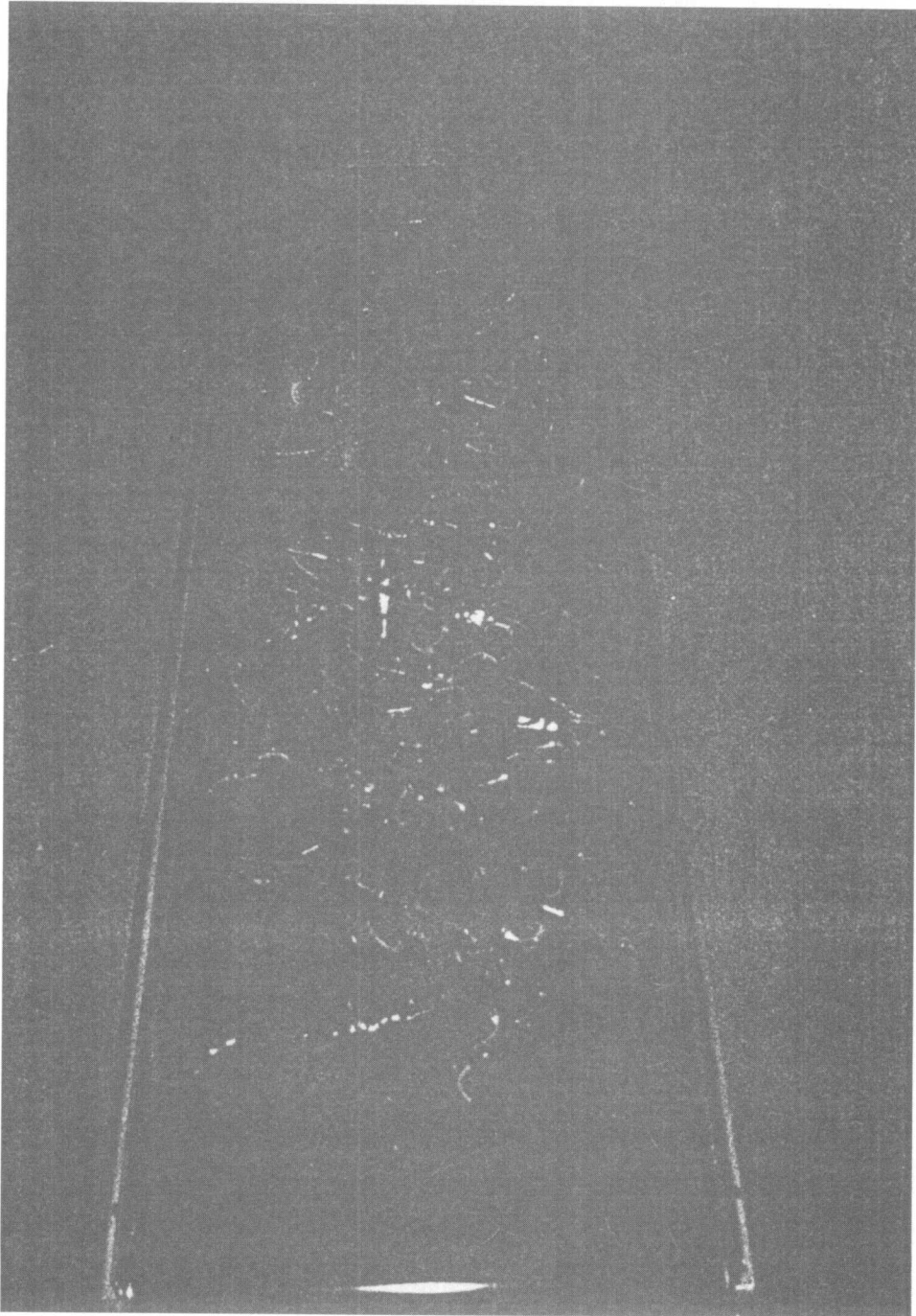


Fig. 14. Distribution pattern of peppers passing through the flat type or corrugation type vibrating plate

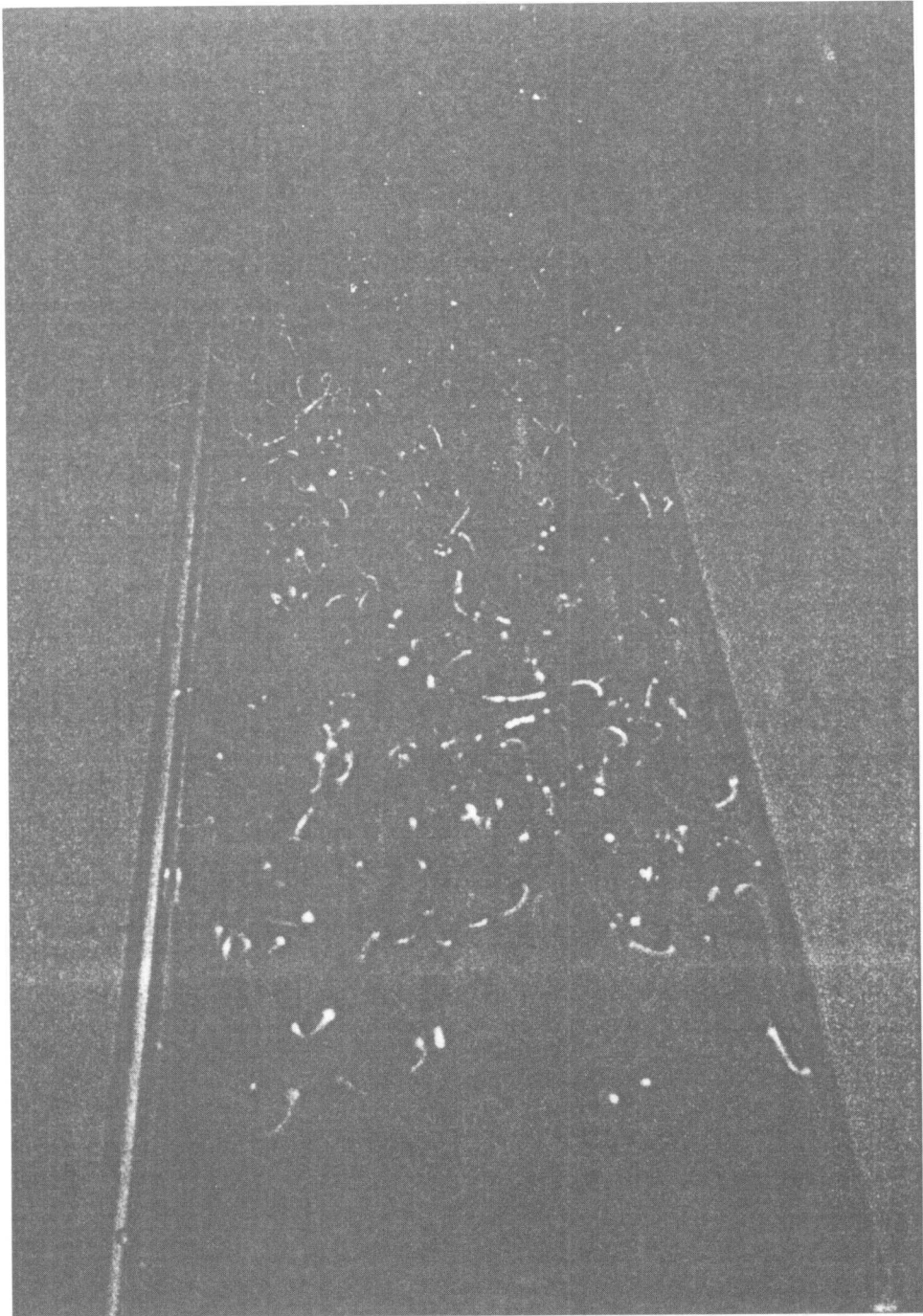


Fig. 15. Distribution pattern of peppers passing through the modified flat type vibrating plate



Fig. 16. Distribution pattern of peppers passing through the modified corrugation type vibrating plate

소과종인 청랑고추를 이용하여 골이 8개일 경우에 대하여 실험을 실시하였는바 정렬공급능력이 300개에 12개가 비뚤어져 놓였다. 골의 간격은 고추의 직선화를 위해서 줄여야한다고 보기보다는 고추를 좀더 낱날이 나누어야하는 필요 때문에 되도록 줄여야한다.

최종 선택된 골판은 전체 옆길이가 40cm에 대하여 삼각형 모양의 골의 수는 8개에 양쪽 측면에 2개가 있으므로 통로가

10개이다. 양쪽 측면에 골을 두지 않은 이유는 여기에 나사를 박아서 다양한 진동판을 진동기에 고정하기 위해서이다. 공장에서는 나사로 고정하는 것이 아니라 진동판을 진동기에 용접하여 고정할 수 있기 때문에 42cm의 길이에 12개의 삼각형모양의 골을 설치할 수 있다. 그림 17의 (e)에 맞는 유도판의 배치는 이 실험에서 사용된 원리를 이용하여 새롭게 설계되어야 할 것이다.

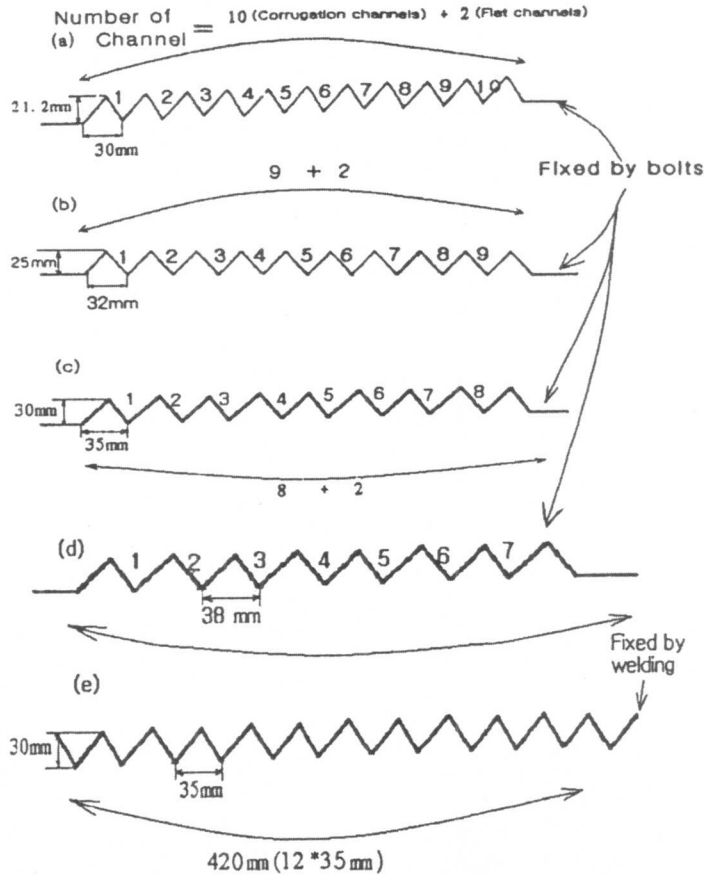


Fig. 17. Determining number and size of corrugation

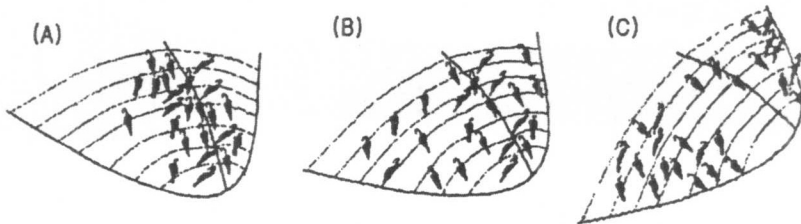


Fig. 18. Distributing plates having different inclination.

나. 분산판의 세부설계

분산판은 고추공급기의 중앙으로 집중적으로 몰려서 공급되는 고추를 좌우로 펼쳐주는 기능을 한다. 분산판의 기울기가 적당해야만 좌우로 고르게 펼쳐주게 된다.

그림 18의 (A)와 같이 분산판의 각도가 급하면 가운데로 몰려 들어온 고추가 좌우로 퍼지지 못하고 가운데로 쏠려서 이동하게 됨으로써 막히는 원인이 될 수도 있고 한꺼번에 몰려서 고추꼭지제거기에 들어가게 되면 꼭지제거율이 나빠진다. 또한 (C)와 같이 경사가 완만해도 좌우에만 고추가 쏠려서 이동하게된다. 설계된 분산판의 모습은 다음과 같다. 분산판의 이상적인 기울기는 9.5도~ 10.5도 사이였다. 이상적인 기울기는 공급조건에 따라서 변화된다. 이 각도는 공급속도에는 큰 영향이 없고 공급되는 고추의 폭과 긴밀한 관계가

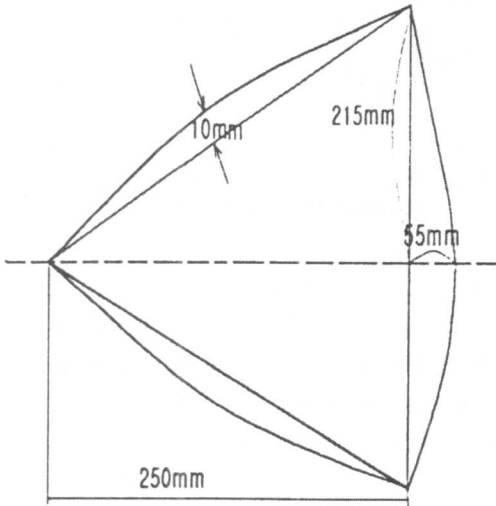


Fig. 19. Manufacturing process of the distributing plate

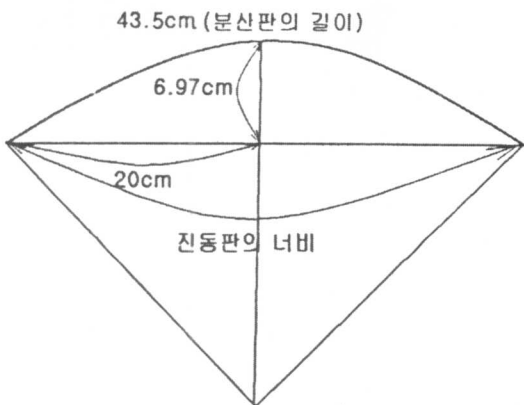


Fig. 20. Curvature of the distributing plate

있다. 따라서 공장에서 공급되는 폭에 따라서 거기에 맞게 분산판의 기울기는 조정되어야한다.

실험에 이용한 분산판을 만드는 방법은 그림 19와 같다. 먼저 삼각형을 만들고 거기에 10mm 정도의 호를 확장하고 중앙부를 중심으로 너비가 40cm가 되게 접고 진동판에 설치한다. 그림 20은 고추의 효율적인 분산을 위한 분산판의 적정 곡률을 구하는 방법을 나타낸 그림이다. 분산판의 설계도는 그림 21과 같다.



Fig. 21. Design of the distributing plate

$$r^2 = 20^2 + (r-6.97)^2, \quad r=32\text{cm}$$

분산판의 호의 반지름은 32cm이다.

$$\text{곡률} = \frac{1}{\text{반지름}} \quad \text{이므로 곡률은 } 3.125\text{이다.}$$

분산판의 기울기가 적당하지 않을 때 고추는 출구벨트에 좌우로 고르게 깔리지 않게 된다. 기울기가 완만하거나 곡률이 적으면 고추는 가운데로 쏠리게 된다. 이유는 진동판의 경사와 진동판의 곡률의 영향으로 중앙부로 집중적으로 공급되는 고추를 주변으로 고르게 분산시키는데 경사가 완만하거나 곡률이 작게되면 분산능력이 작아지게 되기 때문이다. 실험 결과론 분산판의 각도는 10도가 이상적인 것으로 파악되었으며 이 때 고추는 좌우로 고르게 흩어지게 되며 분산 성능은 벨트의 입력속도와 관계없이 안정을 유지한다. 또한 분산판은 좌우가 대칭이 되어야한다. 그렇지 못하면 한쪽으로 쏠리게 된다. 출구에서 고추가 일정하게 배출되도록 하려면 유도판의 앞부분의 위치배치를 잘 만들어야 하며 분산판의 기울기와 곡률을 잘 조정해야한다. 일단 골에 고추가 들어가면 나눌

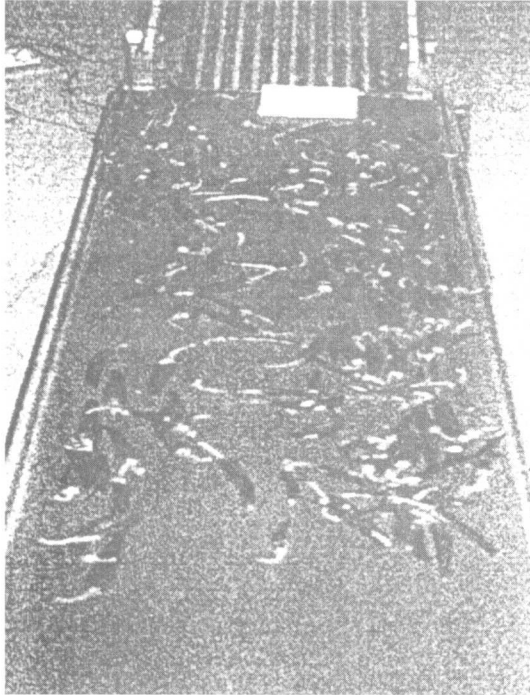


Fig. 22. Distribution pattern of pepper when inclination of distributing plate is 0 deg

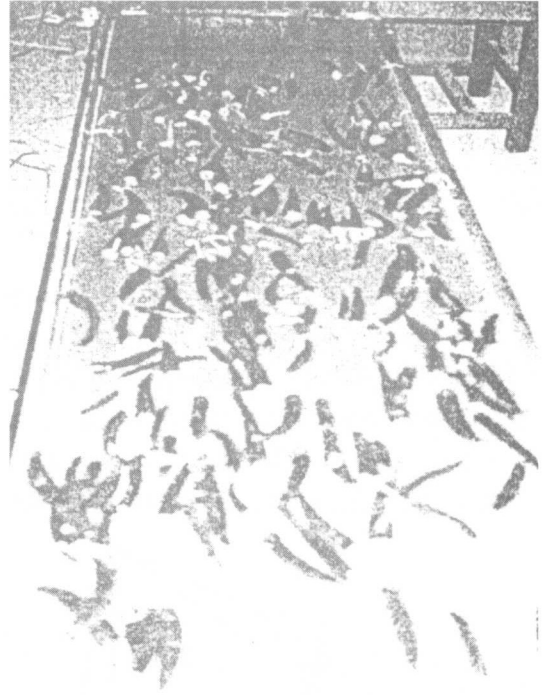


Fig. 23. Distribution pattern of pepper when inclination of distributing plate is 10 deg

수 있는 방법이 없기 때문에 균일하게 들어갈 수 있도록 설계되어야 한다.

다. 유도판의 세부설계

유도판은 평행하게 오는 고추를 회전시켜 직선으로 가도

록 돕는다. 그러나 그림 24의 (A)와 같이 설치할 경우 고추가 걸려서 움직이지 못하게 된다. 따라서 (B)와 같이 경사지게 설치해야 하며 그 경사는 진동수에 따라 진동판의 경사에 의하여 최고값이 결정된다.

또한 유도판은 그림 25의 (B)와 같이 유도판의 시작이 평

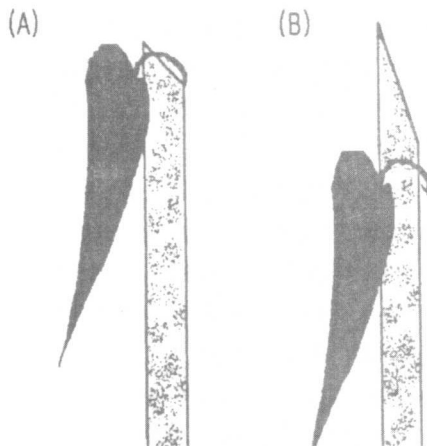


Fig. 24. Pattern of motion when vertical distance of guide plate varies

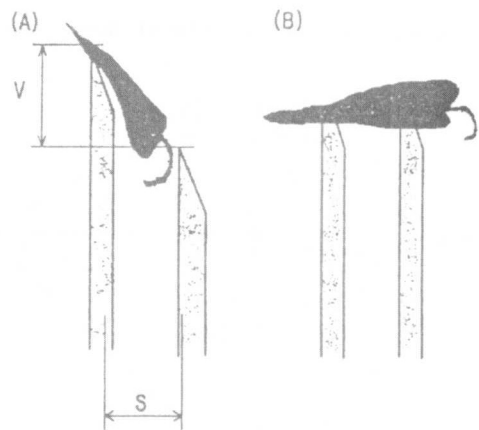


Fig. 25. Pattern of motion when vertical distance of guide plate varies

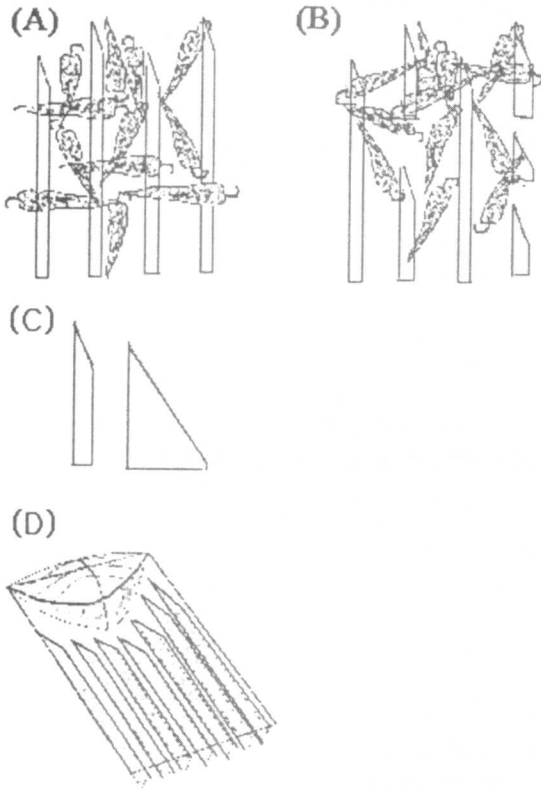


Fig. 26. Pattern of motion when length of guide plate varies

행하게 설계되어서는 안된다. 만일 평행하게 설계될 경우 비록 고추가 막히지 않더라도 고추의 이송을 크게 방해함으로써 고추의 이송속도를 크게 저하시키며 균일한 흐름을 깨게 된다. 따라서 (A)와 같이 일정한 거리를 두고 설치해야하며 V는 S에 따라서 달라지므로 S가 크면 V는 작아져도 된다.

또한 유도판은 그림 26의 (A)나 (D)와 같이 지속적으로 일정하게 늘어놓으면 고추가 평행하게 놓인 유도판 위를 타

고 이동하게 된다. 따라서 (B)와 같이 유도판이 단속적으로 있든지 (C)와 이 유도판의 높이에 차이를 주든지, 유도판의 처음 경사부분의 경사에 서로 차이를 주든지 함으로써 옆으로 들어온 고추를 회전시켜 준다. 또한 유도판의 높이가 낮을 때는 많은 양의 고추가 들어오면 고추가 (A)와 같이 타고 올라가 평행으로 이동하여 고추의 흐름을 직선화시키지 못한다. 따라서 되도록 중간 중간에 높은 유도판을 설치해준다. 그럼으로써 고추가 직선으로 가도록 유도한다. 이와 같은 방법은 되도록 다양하게 또한 되도록 큰 차이를 주면 빠른 시간에 고추를 직선화하며 많은 양을 일정하게 처리할 수 있다.

또한 유도판에 단지 경사만 있다면 고추는 유도판에서 떨어지지 않고 계속적으로 매달려서 이동하게된다. (실험도중에 심지어는 고추가 높이 25cm의 유도판까지 올라가기도 했다.) 이렇게 고추가 유도판에 계속적으로 매달려 있으면 고추의 이송속도가 느려지고, 고추가 막히는 원인이 되기도 하며 높은 경사막대에서 떨어지는 고추는 출력벨트에 떨어지면서 옆으로 돌아가는 현상이 생기게된다. 따라서 그림 26의 (B)와 같이 유도판의 경사보다 더 급한 삼각형의 장애물을 두면 여기에 부딪혀서 고추가 더 이상 유도판을 오르지 못하고 떨어지게 된다. 그러나 이런 현상은 큰 진동에서만 생기고 적은 진동조건에서는 고추가 장애물에 계속적으로 매달려 있음으로 오히려 고추의 이송을 막는 현상이 생기기도 한다. 따라서 (C)와 같이 고추가 유도판을 오르다가 낙차로 인하여 떨어지면서 등근봉에 부딪혀 그때의 충격과 미끄러짐으로 인해서 골에 빠지게된다. 이때 재미있는 현상은 고추꼭지를 뒤로 하여 진행하던 고추가 전도되어 고추꼭지를 앞으로 하여 진행하게 된다. (고추가 꼭지를 앞으로 하고 직선으로 갈 때 가장 꼭지제거율이 높다.) 고추의 꼭지를 뒤로 하여 진행하던 고추를 이렇게 유도판을 사용함으로써 그 방향을 바꾸어줄

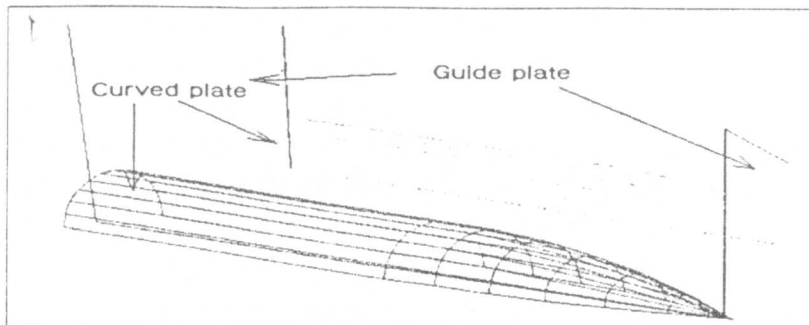


Fig. 27. Example of the curved plate which has an insufficient gap with each other

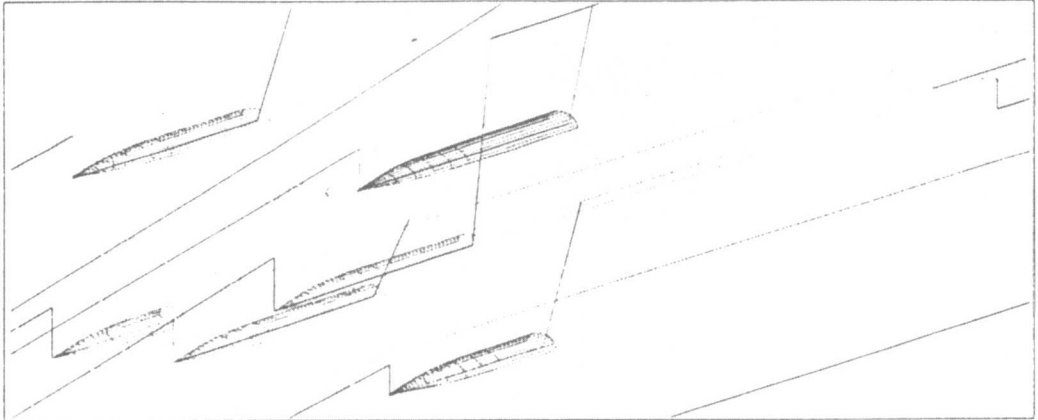


Fig. 28. The example of curved plates which have a sufficient distance with one another

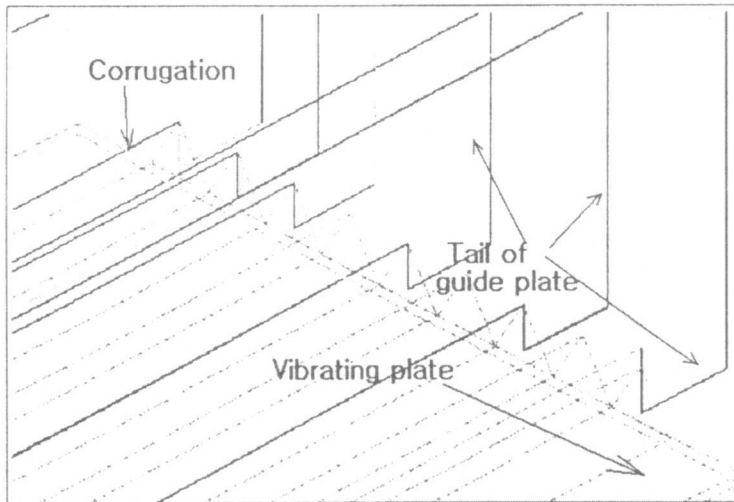


Fig. 29. Tail of the guide plate

수 있다.

등근봉은 다음 그림 27과 같이 설치하면 고추가 이동하면서 등근봉으로 인하여 지나가는 통로가 좁아져 고추가 등근봉 사이에 끼는 원인이 될 수가 있다. 따라서 그림 28나 그림 29와 같이 되도록 등근봉을 설치하는 높이나 좌우의 거리에 차이를 두어 고추의 이송에 방해를 주지 않도록 해야 한다. 그림 28은 진동판에 등근봉을 설치한 모습이다.

또한 유도판은 진동판의 영역에만 설치되는 것이 아니라 진동판 밖으로까지 그림 29과 같이 유도판을 연장해 주어야 한다. 고추는 출력벨트에 깔릴 때 진동판에서 벨트로 1cm정도 낙하하며 깔리게 된다. 이때 낙하하면서 생기는 충격력으로 고추의 방향이 틀어지게되므로 이것을 방지해주고자 진동판의 출구부분에 유도판의 꼬리를 만들어 주었다. 길이는 상

황에 맞게 충분히 길게 해주되 적어도 15cm 이상은 해주는 것이 좋다.

또한 분산판 이후부터 유도판을 설치하는데 처음 유도판을 어떻게 배열하느냐는 중요한 문제이다. 유도판이 잘못 배열되면 입구저항이 고르지 못하게되어 고추가 저항이 작은곳에 몰려서 지나가게 된다. 그렇게되면 고추를 날개로 나누는 작업이 매우 힘들어지게 되고 압축물이나 인장물리에 2~3개가 한꺼번에 들어가는 일이 생기게 된다. 따라서 유도판의 입구 압력을 균등하게 배열해주고 되도록 입구저항이 없도록 해주어야 한다. 그림 30에서 고추가 분산판의 분산효과로 인하여 좌우로 펼쳐지기는 하였지만 고추가 벨트의 가운데 몰려서 깔리게 된다. 이것은 가운데 쪽의 입구저항이 작기 때문에 생긴 결과이다.



Fig. 30. Distribution of peppers when entrance resistance of guide plate is not uniform

라. 진동판의 기울기

기울기가 너무 작게 되면 속도가 느려지게 되고 유도판에 걸리는 경우가 많았다. 진동판의 기울기가 작아지면 고추의 이송속도가 떨어져서 유도판의 경사면을 오르는 힘이 작아지기 때문이다. 반면에 실험에서 진동판의 기울기가 증가함에 따라서 속도의 증가가 생겼지만 진동기는 이에 관계없이 직선화의 능률이나 분산능률이 좋았다. 따라서 지나친 비산만 피한다면 진동판의 기울기를 최대한 높여서 설계하는 것이 좋을 것이다. (이 실험에서는 진동판의 기울기를 8도까지 하여 실험을 실시하였다.) 기울기가 높으면 저진동으로도 빠른 속도를 낼 수 있게 되고 유도판의 경사를 높여줄 수 있게 된

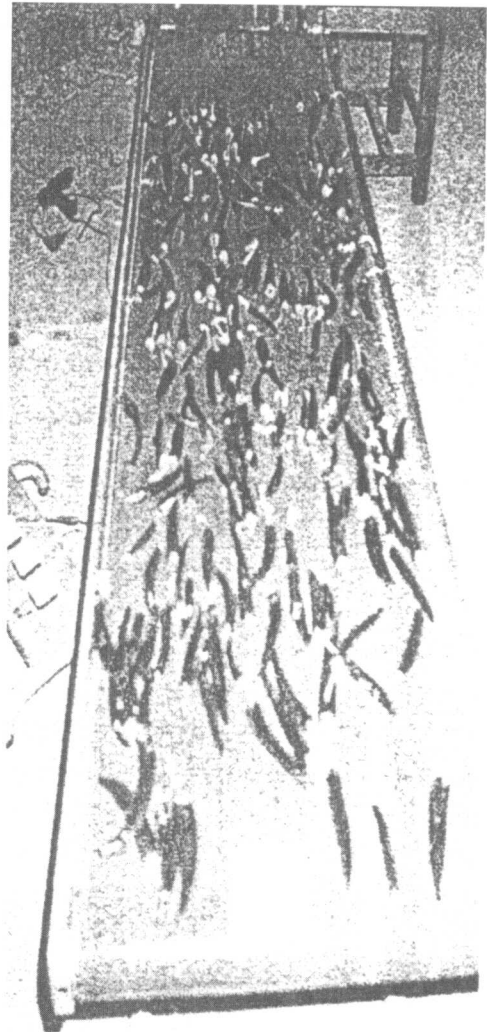


Fig. 31. Distribution of peppers when entrance resistance of guide plate is uniform

다. 또한 유도판의 경사를 높여줄 수 있으면 그림 32와 같이 고추가 유도판을 오를 수 있는 최대각은 커지게 되며 그림으로써 유도판의 기울기를 좀더 다양하게 해줄 수 있게 되고(진동판 위에 설치되는 유도판의 경사인 β 는 0도에서부터 고추가 유도판을 오를 수 있는 최대의 각도 사이의 범위를 가질 수 있다.) 또한 유도판의 입구저항을 작게 할 수 있다.

마. 진동판의 전체적인 설계

먼저 분산판을 진동판에 설치하기 위해 I 면을 만들고, 고추가 진동중에 밖으로 나가는 것을 막고자 II, III 면을 융접하여 진동판의 몸체를 만들었다.

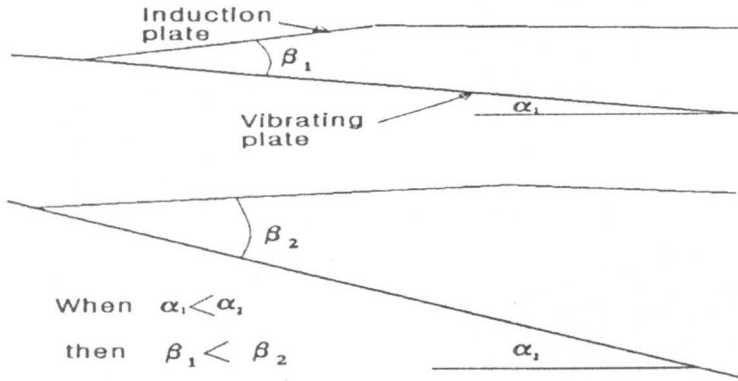


Fig. 32. Angle between vibrating plate and guide plate

진동판의 몸체에 분산판과 유도판을 설치한 전체적인 설계 모습은 그림 33~35와 같다. 그림 35는 비스듬하게 본 모습을 CAD에서 면처리를 함으로써 유도판의 모습을 잘 보여주고 있다. 그림 33은 진동판의 평면도이다. 유도판이 진동판 밖으로 좀더 길게 나온 것을 볼 수가 있다. 이렇게 함으로써 진동기를 거치며 정렬화된 고추가 출력벨트에 깔릴 때 고추가 계속적으로 방향을 유지하도록 도와준다. 그림 34를 보면 유도판이 분산판의 위로 올라간 것을 볼 수가 있다. 이것은 되도록 고추가 분산판을 지나서 유도판에 들어갈 때 유도판 간의 간격을 크게 해줌으로써 무더기로 들어오는 고추가 유도판 사이에 걸리지않고 쉽게 분할되어 통로에 빠르게 들어가게 하기 위한 것이다. 또한 유도판이 분산판 위에 지나

치게 깊숙이 들어가 있으면 고추의 분산을 막게 된다.

따라서 분산판을 더욱 높여 유도판간의 높이 차이를 크게 함으로써 분할이 쉽게 되도록 하는 것이 바람직할 것이다. 이처럼 진동판의 설계에서 가장 중요한 것이 유도판의 입구 설계이므로 유도판들을 적정하게 배열해야 한다. 그림 34는 옆에서 본 모습으로서 유도판과 분산판과의 높이관계를 잘 보여주며 유도판들의 다양한 기울기와 등근봉의 배열을 보여준다. 유도판의 기울기를 다양하게 함으로 고추의 이송에 대한 저항을 줄여주었다. 또한 등근봉의 위치가 높이에 있어서나 좌우의 거리에 있어서나 멀리 떨어지게 함으로써 고추가 등근봉 사이에 끼지 않도록 하였다.

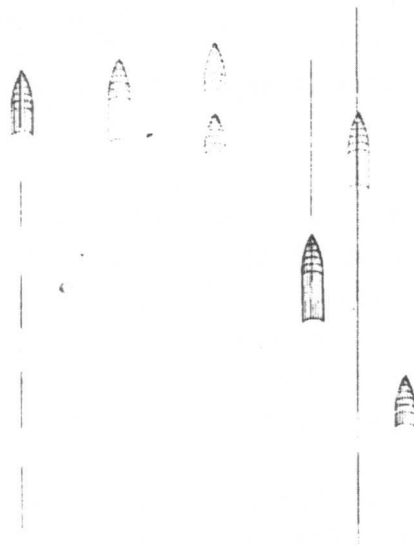


Fig. 33. Design of the vibrating plate (XY plane view)

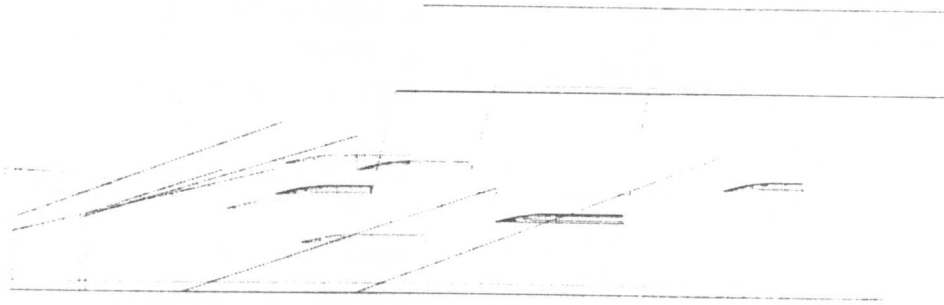


Fig. 34. Design of the vibrating plate (YZ plane view)

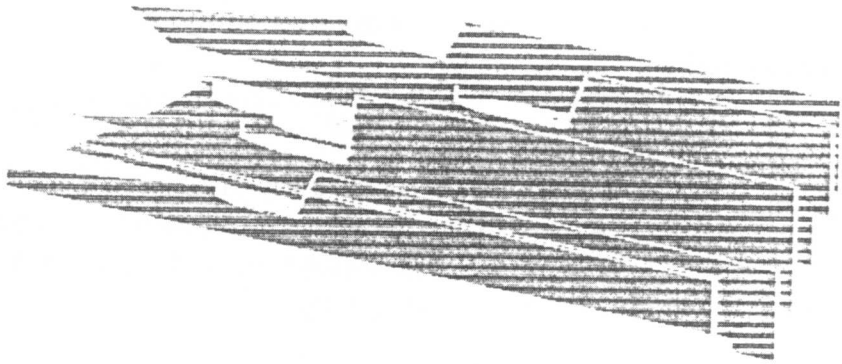


Fig. 35. Design of the vibrating plate (top view, drawn by Acad's shade tool)

3. 고추 형상의 영향

가. 고추의 형상

고추의 형상은 매우 다양하다. 그중 대표적인 고추의 형상을 몇 가지로 유형화하여 그림 40에 나타내었다.

일반적으로 물고추는 비교적 똑바르고 꼭지쪽도 심하게 휘어지지 않았는데 건고추는 과피의 모양이 다양하고 꼭지의 모양도 다양하고 심하게 휘어진 것도 많았다. 이는 물고추가 건조되면서 휘어지기 때문이다. 진동실험을 해본 결과 물고추는 유도판에 잘 걸리지 않았는데 건고추는 세심하게 유도판을 설계하지 않으면 유도판에 걸려서 이송이 불가능하였다. 이와 같이 다양한 고추의 형상은 유도판의 설계를 어렵게 한다. 실제로 고춧가루공장에서 처리하게 되는 고추는 한 품종만이 아니고 그 지방에서 생산되는 다양한 품종의 고추를 처리하게 된다. 따라서 더욱 다양한 품종의 고추에 대한 물성의 연구가 필요하다.

나. 고추의 마찰계수

고추의 마찰계수는 고추의 운동특성을 시뮬레이션 하는데 필요한 물성이다. 고추는 진동판(재질: 스테인레스)과 유도판(재질: 아크릴) 위에서 미끄러지며 운동하기 때문에 스테인레스와 아크릴 사이의 동마찰계수와 정마찰계수를 측정하였다.

다. 고추가 유도판에 깔 때 생기는 마찰력의 크기

고추의 구부러진 L길이를 고추의 원래 직경인 S로 줄이는데 드는 힘은 구부러진 고추를 저울 위에 올려놓고 퍼질 때까지 눌러서 그때 읽혀지는 저울의 무게로 구하였다. 또한 이 수직하중은 $F=\mu N$ 의 식에서 알 수 있듯이 유도판과의 마찰력을 유도하여 고추의 이동을 방해하게 한다.

Table 1을 참조하면 $\mu=0.7$ 이다. N(수직하중) =250g중이라고 하면

$\text{Max}(F_f)=0.7 \times 250 \times 9.81=(1.72N)$ 에 해당한다.

고추는 진동판이 주는 관성력의 영향으로 말미암아 관성력의 방향으로 이동한다. 관성력은 팬스프링에 대하여 수직방향으로 작용한다.

고추가 유도판 사이에 끼었을 때 위쪽으로 관성력을 받을

Table 1. Pepper's length and bending force

유형	L의 길이(cm)	수직하중(g·중)
(A)	2.5~3	170
(B)	7	150
(C)	4	-
(D)	4.5	250
(E)	6	360
(F)	4.5	250
(G)	4.5	170
(H)	3	-

Table 2. Friction coefficient of pepper

	스테인레스와 고추와의 마찰각	아크릴과 고추와의 마찰각
동마찰각	35°	36°
정마찰각	40°	38°

때의 운동방정식은 다음과 같다.

$$m d^2(\xi) / dt^2 = -T + P \cos \alpha - mg \sin \beta - F_f \dots\dots(1)$$

m : 고추의 무게, T : 유도판과 고추와의 마찰력, F_f : 진동판과 고추와의 마찰력, α : 링크와 진동판과의 사이각, β : 진동판과 수평면과의 사이각, P : 관성력 고추가 유도판 사이에 끼었을 때 아래쪽으로 관성력을 받을 때의 운동방정식은 다음과 같다.

$$m \frac{d^2(\xi)}{dt^2} = T - P \cos \alpha - mg \sin \beta + F_f \dots\dots(2)$$

관성력 P = ma_p = mr ω² cos ωt 으로 표현된다.

고추의 질량인 m은 보통 0.0025kg 이다. (건고추의 경우) r ω² = 17 m/s² 이라고 하면 관성력의 최대값은 다음과 같다.

$$Max(P) = mr \omega^2 = 0.0025 \times 17 = 0.0425N$$

r : 편심의 크기, ω : 축의 회전속도

중력의 분력인 수직항력은 mg sin β = 0.0034 이다.

고추의 진동판에서 생기는 마찰력의 크기는 다음과 같다.

$$T = \mu mg \sin \beta = \tan \phi mg \sin \beta = \tan 35^\circ \times 0.0025 \times 9.81 \times \sin 8^\circ = 0.00234N$$

μ : 수평면과 고추와의 마찰계수, φ : 마찰각,

g : 중력가속도

따라서 식 (1)에 대하여 정리하면 다음과 같다.

$$m \frac{d^2(\xi)}{dt^2} = -0.00234 + 0.0425 \times \cos 13.2 + 0.0034 - [1.72] = -0.0424 - [1.72]$$

오른쪽 값이 (양)가 되어야 위쪽으로 이동하게 되는데 고추가 유도판에 끼는 마찰력이 너무나 크기 때문에 위쪽으로 이동할 수가 없다.

식 (2)에 대하여 정리하면 다음과 같다.

$$m \frac{d^2(\xi)}{dt^2} = + 0.00234 - 0.0425 \times \cos 13.2 - 0.0034 + [1.72] = -0.0424 + [1.72]$$

오른쪽 값이 (음)가 되어야 아래쪽으로 이동하게 되는데 고추가 유도판에 끼는 마찰력이 너무나 크기 때문에 아래로 이동할 수가 없다.

4. 공급 장치의 성능 평가

가. 고추의 이송속도

개발된 고추공급기의 성능을 구명하기 위하여 기존의 편심형 진동기의 성능과 비교하였다.

1) 기존의 스크린선별기 위에서의 곡립의 속도

그림 37과 38은 편심형 진동기가 스크린선별기위에서 진동판의 기울기와 축의 가속도를 변화시키면서 곡립의 이송속도를 측정하여 나타낸 그래프이다. 그림 38에서 보는 바와 같이 축의 가속도와 진동판의 기울기가 증가할수록 진동판 위의 물체의 이송속도는 빨라진다.

그림 36은 편심식 진동기인 기존의 스크린선별기에서 축의 편심이 커질수록, 가속도가 커질수록 진동판 위의 물체의 이송속도는 증가한다는 사실은 나타내고 있다. 그러나 가속도 보다는 축의 편심에 더욱 많은 영향을 받는 것을 알 수가 있다.

2) 개발된 진동기 위에서의 고추의 속도

그림 36은 진동기의 기울기와 축의 편심을 바꾸면서 개발된 진동기 위에서의 고추의 이송속도를 측정하여 나타낸 그래프이다. 그림 36과 같이 진동판의 기울기가 2도일 때에 고

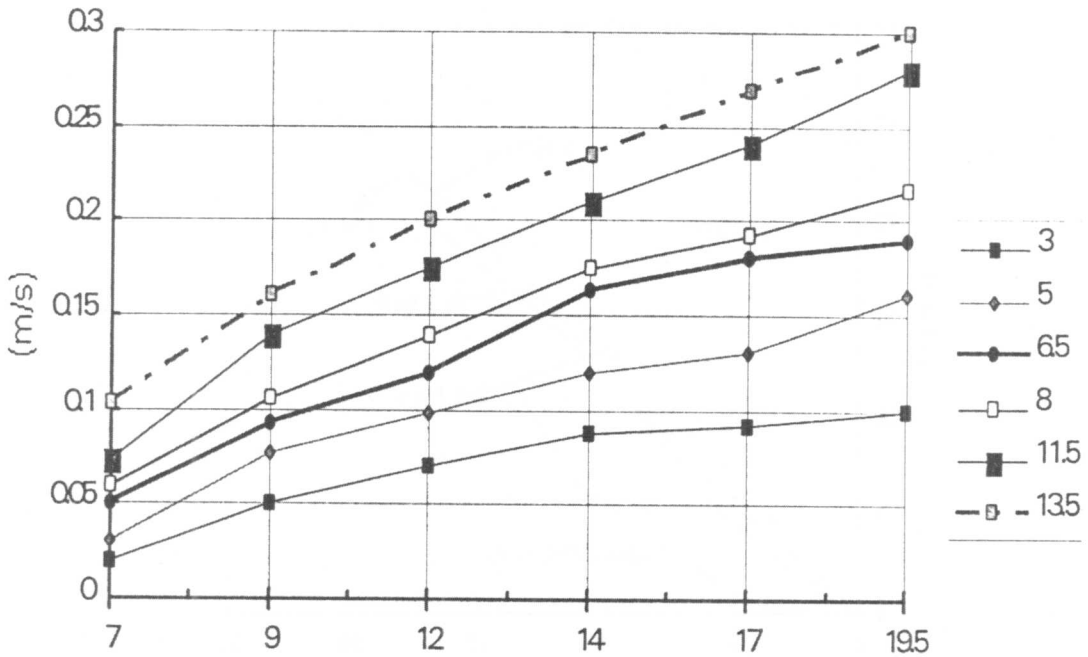


Fig. 36. The speed performance of screen separator (when inclination varies)

축의 이송속도는 진동판이 8도일 때보다 이송속도가 크게 떨어졌다. 진동판의 기울기가 클수록 기존의 이송속도가 증가함을 알 수 있다. 또한 그림을 볼 때 편심의 크기가 커질수록 약간씩 고추의 이송속도가 빨라지나 크게 차이점을 보이지 않음을 알 수 있다.

그림 38의 새롭게 개발된 진동기와 그림 36, 37의 기존 스크린선별기와 비교하면 유사한 점으로는 설계된 진동기는 기존의 스크린선별기와 동일하게 진동판의 기울기가 커질수록 이송속도가 증가되었다. 다른 점으로는 스크린선별기는 축의 가속도보다 축의 편심에 의해 크게 영향을 받으나 설계된 진

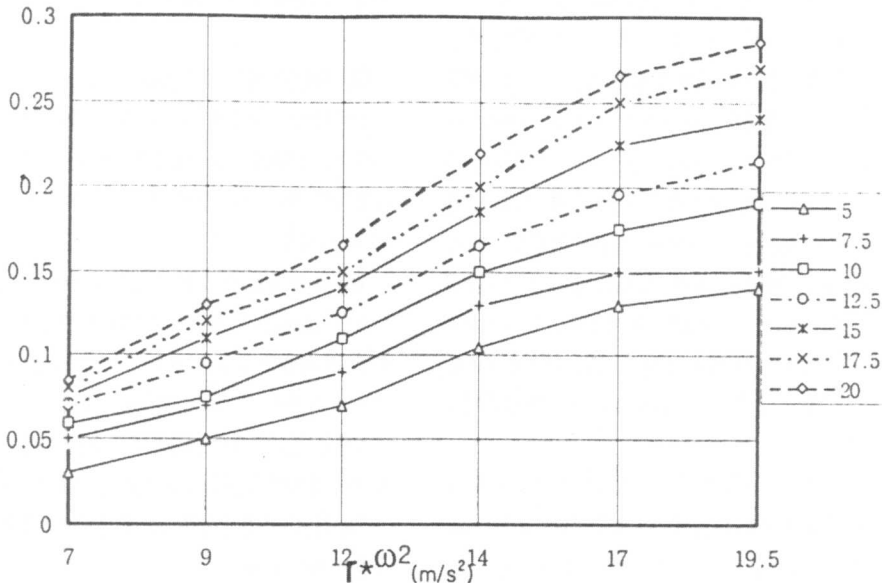


Fig. 37. The speed performance of screen separator (when eccentricity varies)

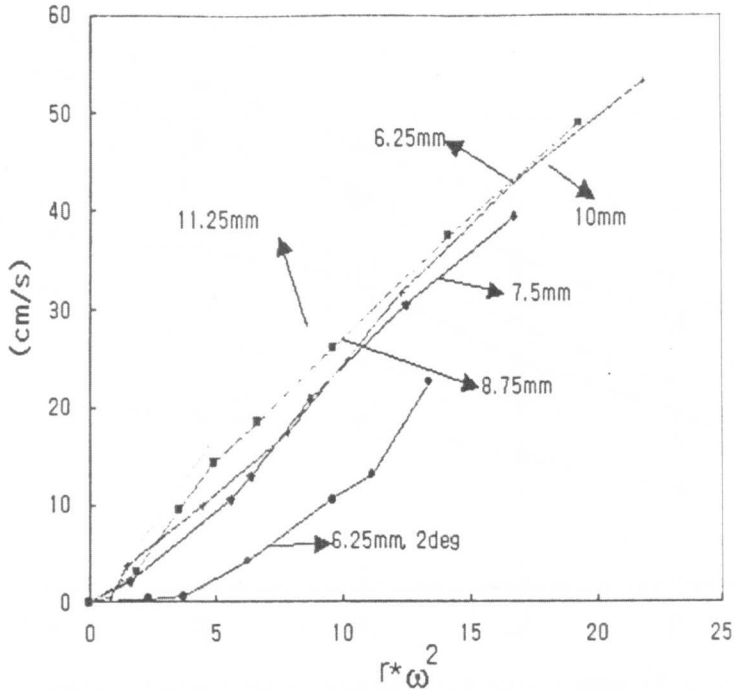


Fig. 38. Speed performance on the developed vibrator

동기는 편심보다 축의 가속도에 큰 영향을 받았다. 또한 스크린선별기는 가속도 20%에서 수렴하여 가속도가 더 이상 커져도 이송속도를 크게 증가시키지는 못한다. 반면에 개발된 진동기는 가속도 20% 이상에서도 이송속도의 둔화경향이 작음으로 회전속도를 증가시켜서 축의 가속도를 높여주면 빠른 이송속도를 얻을 수 있었다. 또한 동일한 조건에서 이송속도의 크기를 비교하면 개발된 진동기가 더욱 빠른 이송속도를 갖고 있는 것을 알 수가 있다. 예를 들면 스크린선별기의 가속도가 17이고 경사가 8도, 진폭이 7.5mm일 때 스크린선별기의 이송속도가 13cm/s인데 반하여 개발된 진동기의 이송속도는 35cm/s로 2.7배였다. 또한 스크린선별기의 경사가 3도, 가속도가 15, 진폭이 7.5mm일 때 이송속도가 8cm/s이었는데 반하여 개발된 진동기는 경사가 2도, 가속도가 14, 진폭이 6.25일 때 이송속도가 22cm/s로 스크린선별기의 2.75배나 되었다.

고추의 이송속도가 중요한 이유는 이송속도가 빠를수록 그만큼 고추공급기의 처리량이 늘어나기 때문이다. 물론 처리량을 늘이는 다른 방법도 있다. 진동판의 폭을 늘이거나, 진동기를 하나 더 설치할 수도 있지만 이러한 방법들은 가공공

장의 라인까지 수정해야 하는 큰 작업이므로 고추의 이송속도를 증가시키는 것이 가장 효율적이다. 그러므로 본 연구에서 개발한 진동기는 고추를 빠른 속도로 이송시킴으로써 고추의 처리량을 쉽게 늘일 수 있다.

다. 개발된 진동기의 용량

진동기에서 고추가 겹치지 않고 출력벨트로 보낼 수 있는 이론적인 진동기의 최대용량은 다음과 같이 구할 수 있다. 진동기의 최대용량=골의 갯수×고추의 속도/고추의 평균길이 이(3)

새롭게 설계할 수 있는 진동판의 출구는 12개이다. 고추의 속도를 50cm/s라 하자. 고추의 평균길이를 대략 9cm라고 하면 (소과종은 7.7cm 이하이고 대과종은 평균 10cm이다.) 진동기 최대용량은 66.67개/sec 이다..

고추는 평균적으로 200개가 500g에 해당하기 때문에 무게로 환산해보면 66.67×500/200= 166.67 g/sec 이다.

1일 작업시간을 8시간으로 환산해보면 진동기의 하루 처리용량은 다음과 같다.

$$166.67 \text{ g/sec} \times 3600 \text{ sec} \times 8 \text{ hour} / 10^6 = 4.8 \text{ ton/day}$$

보통 고춧가루 가공장에서 진동기를 2개 이상 사용하므로 고춧가루가공장의 설계용량인 5톤은 무난히 처리할 수 있을 것으로 판단된다.

라. 안정성 실험

여기서는 입력속도, 고추의 공급량, 진동판의 기울기를 변화시키면서 진동판의 성능이 안정한 가를 검증하였다. 진동판의 기울기를 변화시켜도 성능은 일정하였지만 기울기가 작을 때 고추의 이송속도가 느려졌고 고추가 막히는 현상이 생겼다. 또한 공급량을 늘리고 공급속도를 빨리 하였을 때도 고추의 정렬공급성능, 분산능률, 배열의 균일성도 변하지 않았다. 단지 공급량을 증가시키에 따라서 고추가 분할이 되지 않고 2~3개 정도씩 묶여서 이동하는 것이 관찰되었다. 또한 양을 늘릴 때는 진동의 크기를 크게 해야만 진동판에서 막히지 않음을 발견할 수 있었다.

마. 고추의 막힘 요인

현재 고춧가루 가공장에서는 고추원료 이송중에 고추가 자주 막히기 때문에 가공기계의 효율이 크게 저하되고 있다. 이를 해결하고자 유도판과 분산판을 설계하면서 여러 가지 실험을 통하여 관찰된 고추의 막힘 요인을 분석하였고 이의 해결방안을 다음과 같이 정리하였다.

1. 진동판에 구멍이 뚫려있을 때 그곳에 고추꼭지가 걸려서 움직이지 못하였다.
2. 유도판의 간격이 좁을 때 고추가 끼게되는데 한 출구에 고추가 하나씩 들어가는 것이 아니라 2-3개씩 들어감으로 충분히 큰 간격을 주어야 한다.
3. 각이진 물체가 중간에 놓일 때 고추가 걸리었다. (바다에 진동판을 교환할 수 있도록 나사로 진동판을 고정시켰는데 나사가 육각일 때는 계속 그 곳에 고추꼭지가 걸려서 움직이지 못하였다. 육각나사 대신에 둥근 머리나사를 사용할 때 고추가 더이상 걸리지 않게 되었다.)
4. 유도판을 골판에 매끄럽게 붙여야 한다. (유도판을 실리콘으로 접착하였다. 실리콘 총의 출구가 미세하지 않음으로 실리콘을 섬세하게 붙이는데 어려움이 많았다. 유도판 밖으로 새어나온 실리콘에 고추꼭지가 걸려서 자주 막히게 되었다. 공장에서는 유도판을 골판에 용접하여 가공하게 될 것이므로 용접한 이후에 깔끔하게 뒷처리를 해주는 것이 필요하다.)

5. 유도판의 경사가 너무 높게 되면 고추가 걸려서 이동하지 못하게 된다. (이는 유도판의 높이에는 관계가 없고 유도판의 기울기에만 관여를 한다.) 유도판의 기울기는 스크린의 기울기와 편심과 진동수에 맞게 설계되어야 한다.

6. 유도판을 골판에 수직으로 세워서 붙이지 못하면 고추의 원활한 이송에 장애가 되었다. 좌우에 치우침이 없이 똑바로 세워서 붙여야 한다.

V. 요약 및 결론

고춧가루 가공장에서 사용되는 고추원료 공급기의 성능이 좋지 못함으로 고추꼭지 제거효율 및 고추가공기계의 처리효율을 낮추고 있다. 본 연구는 이러한 문제점을 해결하고자 현재 고춧가루 가공장에서 사용되는 고추공급기를 새롭게 개발하고자 수행되었다. 이 연구의 목적은 다음과 같다.

고추를 날개로 분리하여 정렬 공급해 주고, 고추의 흐름을 연속적으로 유지해 주며, 가운데로 몰려서 공급되는 고추를 좌우로 고르게 분산시키는 진동을 이용한 고추공급기를 개발하여 고추꼭지 제거효율을 높여주고 가공기계의 처리율을 높여준다.

진동실험을 위해서 진동기를 설계 및 제작하였다. 설계된 실험용 진동기계는 편심진동기의 형태이며 이 형태로는 최초로 고추진동기에 시도되었다. 편심진동기의 진동판의 형상, 적정한 진동조건, 진동판 위에서의 고추의 속도 등에 대한 실험을 실시하였다. 설계된 진동기의 특징은 기존의 편심진동기와 달리 록커 대신 판스프링을 사용함으로써 진동을 더욱 부드럽게 하였다. 진동기계는 진동판의 교체가 가능하여 진폭, 진동수, 진동판의 경사, 등을 바꾸면서 실험할 수 있도록 설계되었다. 시료로서 건고추는 소과종인 청량고추와 대과종인 한초를 사용하였으며 물고추는 대과종인 홍일을 사용하였다.

고추의 정렬공급성능과 분산능률을 평가하기 위하여 먼저 공급벨트에 고추를 4그룹으로 나누어놓고 이를 진동기에 공급하고 진동기에서 나오는 고추를 출력컨베이어에 깔리게 함으로써 이를 평가하였다.

고추를 정렬공급하고 좌우로 고르게 펼쳐줄 수 있는 진동판의 형상을 알아보기 위하여 평판, 골판, 평판에 분산판과 유도판을 설치한 판, 골판에 분산판과 유도판을 설치한 판, 등 4가지를 비교하였다. 실험 결과 평판과 골판은 성능이 좋

지 못했고 평판에 분산판과 유도판을 설치한 판은 정렬공급 성능과 분산능률은 좋았지만 고추가 자주 막히어 이송되지 않았다. 골판에 유도판과 분산판을 설치한 판이 정렬공급도 95%에 가까웠고 분산능률도 좋았다. 또한 간헐적으로 들어오는 고추를 연속적으로 공급시켜주었다.

골판에 분산판과 유도판을 설치한 진동기로 여러 품종에 대하여 실험한 결과는 다음과 같다.

홍고추는 250개중 3개가 비뚤어졌고 건고추 상태의 한츠는 230개중 5개가 비뚤어졌다. 편심 6.25mm, 진동수 440rpm부터 이송이 무리 없이 잘 진행되었으며 안정성을 높이려면 6.25~7.25mm의 편심과 450~500rpm의 진동이 필요했다. 진동판의 기울기는 8도 이상 실험하지 못했지만 기울기를 높게 할수록 고추의 이송속도가 빨라졌기 때문에 되도록 높이는 것이 좋을 것으로 판단되었다. 설계된 진동기는 품종에 관계없이 분산성능, 정렬공급성능, 공급되는 고추를 균일하게 공급해주는 성능이 우수하였다. 또한 이 실험에서 제작한 유도판의 설계방법은 경사판의 설계에 대한 좋은 자료를 제시해줄 수 있으리라 생각된다. 그러나 고추를 날개로 나누어 공급하는 성능은 좋지 못하므로 이에 대한 연구가 계속 필요할 것이다.

참고문헌

1. 박재복, 조용진, 황성희. 1991. 고추분말의 가공기술개발에 관한 연구 (2차년도) : 고추분말 제조공정의 개발 및 시범가공공장의 설립, 한국식품개발연구원 연구보고서 : 13~22.
2. 박재복, 조용진, 황성희. 1995. 고춧가루 가공공장의 제조설비 성능개선에 관한 연구(고추과피 선별장치의 적정 설계방안 및 분쇄과정중 고춧가루 변색요인 분석), 한국식품개발연구원 연구보고서 : 11~13
3. 신현경 외 6인. 1990. 고추분말의 가공기술개발에 관한 연구 (1차년도) : 가공기술의 기초연구와 제조공정의 기본 설계방안, 한국식품개발연구원 연구보고서.
4. 이원석. 1988. 고추의 건조모델에 관한 연구. 서울대학교 농공학과 석사학위논문.
5. 조용진. 1991. 고추의 건조과정 모형화 및 최적화에 관한 연구, 서울대학교 농공학과 박사학위논문.
6. Arthur, G. E. and N. S. George, 1991.

- Mechanism Design : Analysis and Synthesis. Prentice-Hall International. Volume I : 70~108
7. Brennan, J. G. 1976. Food Engineering Operations. 2nd ed. Applied Science Publishers, LTD.
 8. Frank, C. 1992. Autocad Tutor Release 12. New Riders Publishing.
 9. Jozef, G. 1980. Machines for Cleaning and Sorting of Seeds. : 170~240
 10. Kalman, P. 1990. Produce Handling, Packing and Distribution. Israel AVI Publishing Company, : 426~493.
 11. Rao, S. S. 1990. Mechanical Vibrations. 2nd ed. Addison-Wesley Publishing Company.