

진동특성을 이용한 고추원료공급장치 개발

Development of pepper feeding unit using vibration

김태연*

T.Y.Kim

고학균*

정회원

H.K.Koh

1. 서론

고춧가루 가공장에서 원료를 공급할 때 고추들이 서로 엉킴으로 말미암아 균일한 공급이 어려운 실정이다. 따라서 원료 선별, 증기 세척, 고추 꼭지 제거 공정의 작업 성능 저하를 가져오고 있다. 또한 고추꼭지제거기의 비효율성과 꼭지제거율의 성능이 높지 않음으로 가공장의 시간당 처리할 수 있는 고추의 양이 제한 받고 있다. 그러나 만일 균일한 공급을 할 수 있게 된다면 고추 꼭지 제거기의 효율을 높여 전체 가공장의 처리량을 높여줄 수 있다. 고추 꼭지제거기는 고추가 길이방향으로 정렬공급되어야 성능을 높일 수 있다. 그러나 현재의 진동기로는 처리효율이 30% 정도이기 때문에 이에 대한 개선이 필요하다. 또한 현재의 진동기는 고추를 빠른 속도로 보내는데 한계가 있기 때문에 처리율이 높지 못하여 빠른 속도로 처리할 수 있는 진동기의 개발이 필요하다. 이 연구는 고추꼭지제거기의 효율을 높이기 위한 고추공급기를 개발하고자 수행되었으며 그 구체적인 목적은 다음과 같다.

고추꼭지제거기에 공급되는 고추의 분산, 길이방향 정렬과 공급, 엉킴 해소, 공급속도 향상을 위한 1. 진동판의 형상을 결정 2. 진동판의 작동조건(진동수, 진폭)·기울기를 구한다.

2. 재료 및 방법

2.1 진동기의 설계

실험용 진동기를 설계, 제작하였다. 진동을 줄 수 있는 진동기는 기계적으로 여러 형태가 있을 수 있다. 고추공급기의 실험을 위해서 개발된 진동기는 스크린선별기의 진동형태와 유사하다. 다른 점이 있다면 링커에 가해지는 과중한 관성력을 줄여 주고자 단순한 Locker를 사용하기보다 판스프링을 사용함으로써 진동을 더욱 부드럽게 하였다. 먼저 진동을 얻기 위하여 편심이 있는 축을 다음과 같이 제작하였다.

축의 편심을 사용함으로써 진동을 유도하였는데 그림 7과 같이 편심의 종류는 5mm부터 12.5mm 까지 만들었다. 또한 이와 같은 편심을 한 축에 모두 넣을 수 없기 때문에 실제론 축을 모두 3개 사용하였고 필요할 때마다 축을 교체하였다.

그림 1은 다양한 진폭을 얻기 위하여 편심을 축에 배열한 모습이며 그림 2는 실험용 진동기의 측면도이다.

* 서울대학교 농업생명과학대학 농공학과 농업기계전공

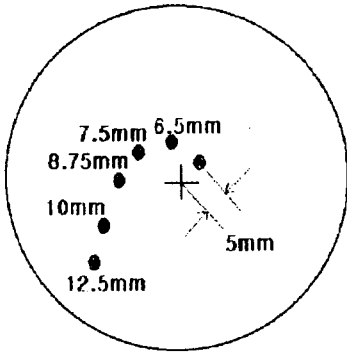


Fig. 1. Eccentricity of the shaft.

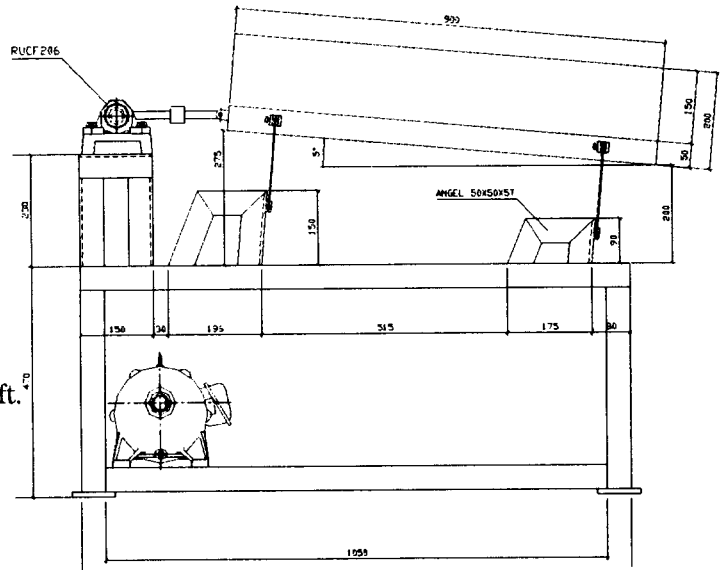


Fig. 2. Design for an experimental apparatus

2.2 공시 재료

실험에서 사용된 견고추는 대과종으로는 한초를, 소과종으로 청량고추를 사용하였고 물고추로는 대과종은 홍일을, 소과종은 청량고추를 사용하였다.

2.3 실험 장치의 구성

전체적인 실험장치의 모습은 그림 3과 같다. 실험방법은 고추를 4개의 그룹으로 나누어서 입력벨트에 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. 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.

2.4 진동판의 결정 방법

고춧가루 가공장에서 진동판으로 사용하고 있는 판의 형상은 평판이다. 현재의 진동기는 정렬공급성능이 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.

2.5 진동기의 진폭과 진동수의 조절방법과 측정

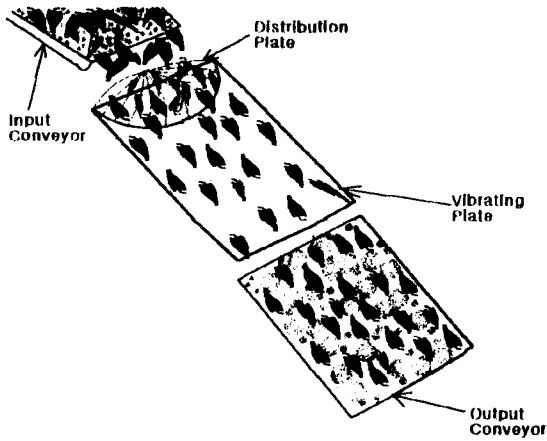


Fig. 3. Experimental set consisting of input conveyor, vibrating plate, and output conveyor, and surface configuration.

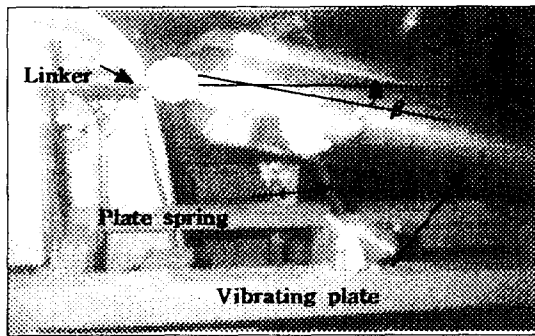


Fig. 4. Photo showing how to get β .

실험에서 진폭은 그림 1과 같이 플라이휠 구멍의 위치를 선택하여 볼트를 조임으로써 조절이 가능하다. (5mm~ 12.5mm까지 조절가능) 진동수는 모터속도를 조절함으로써 가능하다.

2.6 진동기의 기울기의 조절과 측정방법 위의 그림과 같이 A, B, C를 측정함으로써 기울기를 측정할수 있고 판스프링의 연결에 따라서 진동편의 기울기는 조절된다.

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

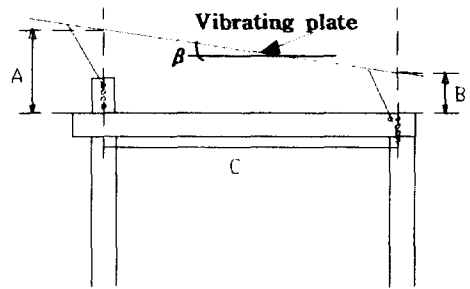


Fig. 5. Diagram showing how to change β and measure its angle.

2.7 고추의 이송속도 측정방법과 진동기의 속도성능 평가방법

한 개의 고추가 주어진 진동조건에서 진동판의 앞머리부터 진동판의 끝까지 가는데 걸리는 시간을 측정하였다. 진동판의 기울기는 2도와 8도를 하였고 움직이기 시작하는 축의 회전수부터 시작하여 속도를 600rpm정도까지 바꾸어가며 또한 편심은 5mm부터 12.5mm 까지 바꾸어가며 고추의 이송속도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 진동판의 형상

적정한 진동판의 형상을 얻기 위하여 4가지의 진동판을 비교하여 실험하였다. 그림 6은 분산판과 유도판이 없는 단순한 평판이나 골판으로 실험한 것이다. 단순한 평판이나 골판은 분산능률이나 정렬공급성능이 모두 좋지 않았다. 그림 7은 평판에 유도판과 분산판을 설치

하고 실험한 모습이다. 정렬공급성과 분산능률은 좋지만 6.25mm의 편심과 510rpm 정도의 고진동이야 고추가 막히지 않고 지나갈 수 있었다. 저진동일 때는 유도판에 고추가 막혀 이송이 불가능하였다. 그림 8은 골판에 유도판과 분산판을 설치하고 실험한 모습이다. 고추 230개에 편심 6.25mm, 진동수 440rpm일 때 6개가 비뚤어졌다. 저진동에서도 골판에 유도판과 분산판을 설치한 것은 원활하게 지나갔다.



Fig. 6. Distribution pattern of peppers passing through the flat type or corrugation type vibrating plate.

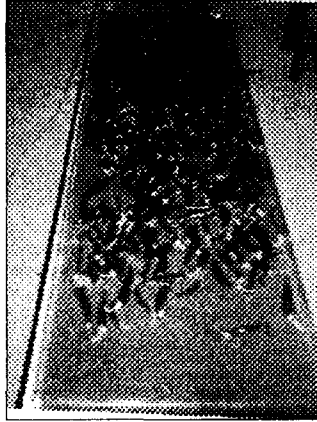


Fig. 6. Distribution pattern of peppers passing through the modified flat type vibrating plate.



Fig. 8. Distribution pattern of peppers passing through the modified corrugation type vibration plate.

3.2 진동판의 세부설계

3.2.1 골판의 크기 결정

그림 9와 같이 너비 40cm, 길이 90cm, 골이 11개, 10개, 9개, 8개인 골판에 유도판을 붙여서 실험하였다. 골이 11개, 10개일 때는 통로에 고추가 2-3개가 함께 들어와 강하게 낚으로 고추가 막혀서 이송이 잘 안되었다. 실험을 통해서 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 그림 (e)와 같이 42cm의 길이에 12개의 삼각형모양의 골을 설치할 수 있다.(통로가 많을수록 더 많은 고추를 이송시킬 수 있다.)

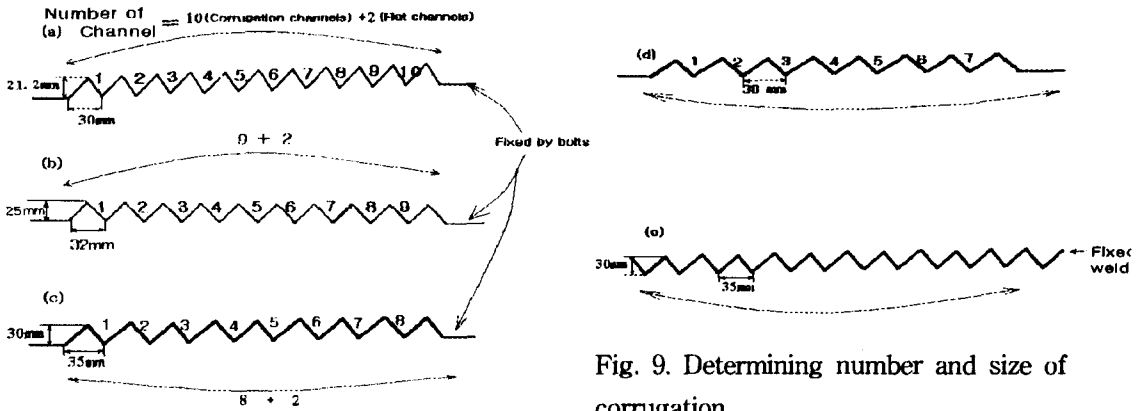


Fig. 9. Determining number and size of corrugation.

3.2.2 분산판의 세부설계

분산판은 고추공급기의 증상으로 집중적으로 몰려서 공급되는 고추를 좌우로 펼쳐주는 기능을 한다. 분산판의 기울기가 적당해야만 좌우로 고르게 펼쳐주게 된다. 분산판의 기울기가 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 경사가 완만해도 좌우에만 고추가 쏠려서 이동하게 된다. 분산판의 이상적인 기울기는 9.5도~ 10.5도 사이였다.

3.2.3 유도판의 세부설계

유도판은 평행하게 오는 고추를 회전시켜 직선으로 가도록 돕는다. 유도판의 앞부분에 경사가 없다면 고추는 걸려서 이동하지 못하게 된다. 고추는 유도판의 경사를 타고 계속 이동하게 된다. 또한 유도판의 앞부분이 서로 평행하게 되면 고추가 평행한 유도판에 걸려서 이동되지 못한다. 이런 현상으로 인하여 고추는 유도판에서 떨어지지 아니하고 유도판을 계속 타게 되는데 이것을 막으려고 그림 10의 (B)와 (C)처럼 하였다. 그림 (C)처럼 할 때 작은 진동에서도 고추가 유도판에서 떨어지게 된다. 이때 재미있는 현상은 고추꼭지를 뒤로 하여 진행하던 고추가 전도되어 고추꼭지를 앞으로 하여 진행하게 되며 고추꼭지가 앞으로 갈 때 고추꼭지제거율은 극대화가 된다.

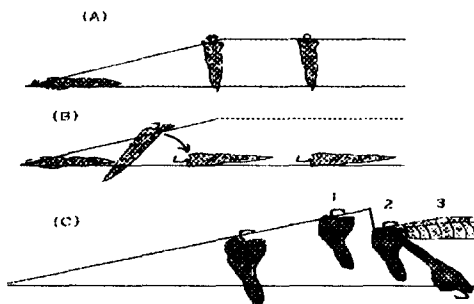


Fig 10. Need of curved plates.

또한 분산판 이후부터 유도판을 설치하는데 있어서 처음 유도판을 어떻게 배열하느냐는 중요한 문제이다. 유도판이 잘못 배열되면 입구저항이 고르지 못하게 되어 고추가 저항이 작은 끝에 몰려서 지나가게 된다. 그렇게 되면 고추를 날개로 나누는 작업이 매우 힘들어지게 되고 고추꼭지 제거기에 2~3개가 한꺼번에 들어가는 일이 생기게 된다.

다. 따라서 유도판의 입구 압력을 균등하게 배열해주고 되도록 입구저항이 없도록 그림 11, 12처럼 설계해주어야 한다.

3.2.4 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 토싱만 피한다면 진동판의 기울기를 최대한 높여서 설계하는 것이 좋다.

3.2.5 진동판의 전체적인 설계

분산판을 진동판에 설치하고 고추가 진동중에 밖으로 나가는 것을 막고자 진동판의 case를 만들었다. 진동판의 case에 분산판과 유도판을 설치한 전체적인 설계모습은 그림 11, 12와 같다.

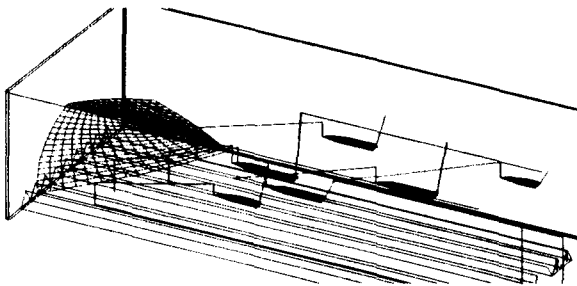


Fig. 11. Design of the vibrating plate (side view).

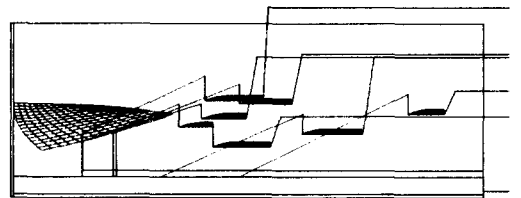


Fig. 12. Design of the vibrating plate (YZ plane view).

3.3 공급 장치의 성능 평가

3.3.1 고추의 이송속도

개발된 고추공급기의 성능을 비교하고자 기존의 편심형진동기와 현재 공장에서 쓰고 있는 고추진동기와 성능을 비교하였다. 실험 결과 기존의 편심형 진동기보다 2.7배 정도 빨랐고 현재 공정에서 쓰고있는 고추진동기보다 15배 빨랐다. 아래 그래프는 진동기의 진폭과 기울기와 회전수를 변화시키며 고추의 진동판위에서의 속도를 나타낸다.

3.3.2 개발된 진동기의 용량

진동기의 최대용량 = 통로의 수 * 고추의 속도 / 고추의 평균 길이

설계된 진동판의 통로는 12개이다. 고추의 속도는 50cm/s라 하자. 고추의 평균 길이는

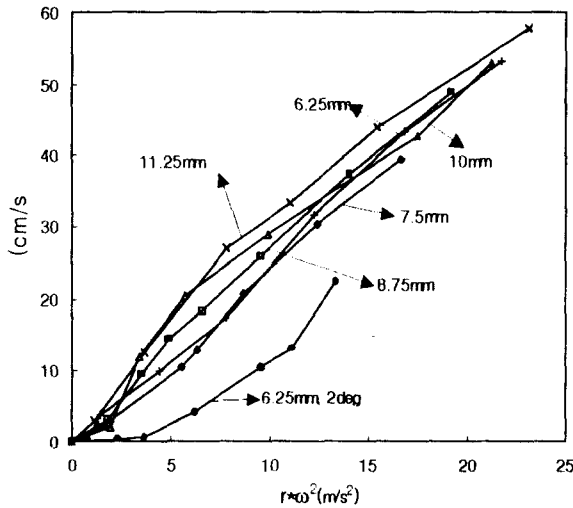


Fig. 13. Speed of pepper on vibrating plate.

4. 요약 및 결론

본 연구는 고춧가루 가공장에서 사용될 수 있는 고추공급기를 개발하고자 수행되었다. 진동실험을 위해서 진동기를 설계 및 제작하였다. 진동판의 형상으론 골판에 유도판과 분산판을 설치한 판이 가장 적당함을 알아냈고 분산판과 유도판의 적절한 형상이나 배치는 실험을 통해서 알아냈다. 개발된 진동기로 실험한 결과는 다음과 같다. 물고추는 250개중 3개가 비뚤어졌고 건고추 상태의 한초는 230개중 5개가 비뚤어졌다. 설계된 진동기는 품종에 관계없이 분산성능, 정렬공급성능, 공급되는 고추를 균일하게 공급해주는 성능이 우수하였다. 또한 설계된 고추공급기는 처리속도면에 있어서도 기존의 편심형 진동기보다 2.7배 정도 빨랐고 현재 공장에서 쓰고있는 고추진동기보다 15배 빨랐다. 그러나 아직 고추를 날개로 공급되는 성능이 좋지 못하기에 지속적인 연구가 필요하다.

5. 참고문헌

1. 고학균, 금동혁, 김만수, 노상하, 문성홍, 박경규, 장동일. 1990. 농산가공기계학. 향문사
2. 박재복, 조용진, 황성희. 1991. 고추분말의 가공기술개발에 관한 연구 (2차년도) : 고추분말 제조공정의 개발 및 시범가공공장의 설립. 한국식품개발연구원연구보고서 : 13~22.
3. 박재복, 조용진, 황성희. 1995. 고춧가루 가공공장의 제조설비 성능개선에 관한 연구(고추과피 선별장치의 적정 설계방안 및 분쇄과정중 고춧가루 변색요인 분석) : 11~13

9cm이며 고추의 평균무게는 2.5g이다. 이럴 때 진동기의 최대용량은 초당 66.67개 이다. 1일 작업시간을 8시간으로 환산해보면

$$66.67 \times 500 / 200 \text{ g/sec} \times 3600 \text{ sec}$$

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

진동기의 하루 처리 용량은 4.8 ton이다.

보통 고춧가루 가공장에서 진동기를 2개이상 사용하므로 고춧가루가공장의 설계용량인 5톤은 무난히 처리할 수 있을 것이다.