

## 참깨 탈립 작업기계 개발에 관한 연구(III) - 최종기 제작 및 평가 -

이종수 김기복

### Development of Shattering Machine for Sesame (III) - Fabrication and Evaluation of the Final Machine -

J. S. Lee K. B. Kim

#### Abstract

The developed final shattering machine for labor-saving mechanization of shattering of sesame consisted of input part, shattering part, re-shattering part for unshattered pod and pneumatic sorter. The bundle of sesame was held as upside down and fed into the machine continuously. Then, the fed bundle of sesame was shattered by side shock and agitation. The performance of shattering for the sun dried bundle of sesame of conventional manual work and final shattering machine was compared. Since the shattering ratio measured by the final machine was 97.2% at the first operation, in case of fully dried sesame by drying stand, the harvest of sesame can be completed by only one time shattering operation. The work hour per area of 10 a for the mechanical work and the manual work were 0.3 hour and 13.9 hour, respectively. The total shattering ratio of the final machine with vertical feedings of bundle of sesames was 97.2%.

**Keywords :** Sesame, Shattering machine, Vibration cam, Capsule, Final machine

#### 1. 서론

우리 식생활에서 참기름과 깨소금 등으로 폭넓게 애용되고 있는 참깨(Ahn, 2000; Cho, 2008)는 재배과정(Kang, 1997)과는 달리 예취후 건조와 탈립과정은 기계화(Hwang, 2008)의 진행이 미진한 실정이다. 이러한 참깨의 탈립작업(Lee, 1990)에서 중요한 것은 건조과정과 그리고 탈립 참깨종자의 회수이다. 예취된 참깨 건조 방법으로서 참깨 비가림 건조대(Lee, 2003)를 이용하여 천일 건조에 의하여 참깨 줄기의 하단에서 꼬투리의 개열이 시작하여 상부 끝단까지 완전 건조 후, 개발된 참깨탈립기를 사용하여 1회 탈립을 종료하는 최종기가 개발되었다.

최종기는 수평 투입 교반 탈립 방법(Lee, 1990; Lee and Kim, 2007)과는 달리 건조된 참깨단을 거꾸로 세워서 수직

으로 연속 투입하는 탈립 방법을 채택하였다. 이 때 연속 투입되는 참깨단은 측면의 교반 충격장치에 의하여 탈립이 이루어진다. 그러나 충분한 개열이 이루어지지 않은 참깨 꼬투리의 일부는 참깨 줄기에서 탈리되어 미탈립된 꼬투리의 탈립이 문제가 되고 있다.

실제 인력에 의한 참깨 탈립의 경우 미탈립 꼬투리는 채차 건조 후 회초리 등에 의한 타력으로 강제 탈립 후 꼬투리와 참깨 종자를 채 또는 킴을 이용하여 선별하는 방법으로 이루어지고 있다. 그러나 본 연구에서는 미탈립 꼬투리는 회전원추 원리(Lee and Kim, 2007)를 이용하여 재탈립 후 체망을 갖는 풍선선별부에서 선별되는 참깨 탈립작업 기계를 개발하고자 하였다. 이를 위하여 참깨의 탈립과 미탈립 꼬투리의 탈립이 가능한 참깨 탈립기계를 설계 제작하였으며 실증시험을 통하여 그 성능을 평가하였다.

This study was conducted by the research fund supported by Agricultural R&D promotion center (ARPC). The article was submitted for publication on 2009-10-09, reviewed on 2009-10-28, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2009-11-10. The authors are Jong Su Lee, Associate Professor, KSAM member, Kundong University, Andong, Korea, and Ki Bok Kim, Principal Research Scientist KSAM member, Korea Research Institute of Standards and Science, Daejeon, Korea. Corresponding author: J. S. Lee, Associate Professor, Dept. of Gas Safety Engineering, Kundong University, Andong, 760-833, Korea; Fax: +82-54-822-7709; E-mail: <jong1708@hanmail.net>.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 공시재료

실증실험에 사용된 공시재료의 품종은 양백개이며, 포장에서 예취 후 관행의 방법으로 묶어서 단을 만들고 참깨 비가림 건조대를 이용하여 천일건조 하였다. 인력에 의한 탈립과 최종기에 의한 탈립을 비교하기 위하여 관행의 막대기 타력 탈립을 위한 시료용 참깨는 4단을 서로 기대어 세워서 천일 건조를 하였다. 예취 후 단으로 묶은 상태에서 시료용 참깨 줄기의 물성은 표 1과 같이 50주 평균에 대하여 예취된 참깨 줄기의 길이는 채취시료의 평균값으로 111.4 cm, 참깨줄기의 폭과 길이는 9.0, 8.8 mm, 꼬투리 평균 개수는 89.3개 이었다. 예취 참깨 줄기의 길이는 최종 시작품에 필요한 탈립 공간의 깊이 값 설계를 위한 인자로 사용되었다.

참깨단의 물성은 표 2와 같으며, 시험포장 내에서 예취하여 묶은 505개 참깨단 중에 약 10%에 해당하는 50개 참깨단을 무작위로 선택하여 측정한 평균값으로서 예취 직후의 참깨 1단의 평균무게는 2.57 kg, 참깨단의 평균 직경은 8.4 cm, 그리고 21주로 결속되어 있다. 이 참깨단은 비가림 건조대에서 천일건조에 의하여 충분히 건조되어 탈립 단계에서 깃단의 평균직경은 7.4 cm로서 건조에 의하여 직경이 1 cm 감소하였다. 감소된 각 단의 직경을 근거로 투입부의 간극을 설계하였다.

참깨 꼬투리의 물성은 표 3과 같다. 참깨 꼬투리의 시료는 50개의 참깨단에서 각각 1주씩 선택하고, 참깨 줄기에서 꼬

투리 1개를 선택하여 공시 재료로 사용하였다. 꼬투리 50개를 대상으로 측정한 평균값은 가로×세로×높이가 각각 8.3×6.6×26.9 mm이며, 꼬투리 1개 내의 참깨 과립 수는 67.2 개였다. 이러한 시료의 측정값을 근거로 하여 탈리된 꼬투리의 재탈립을 위한 회전원추의 투입구와 배출구의 간극을 설계하였다.

참깨 탈립기계에서 체망(wire screen)은 참깨 종자와 잎을 포함한 협잡물을 선별하며 체망의 규격은 작업기계의 주요 설계 인자중의 하나이며, 체망은 소선 직경에 따라 내부 공간 면적이 변화 될 수 있으므로 메시(mesh)의 정의보다는 실제 체눈의 크기(opening)에 기준을 두었다. 실제 같은 메시라도 소선의 직경에 따라 오프닝 및 공간율이 변화하기 때문이다. 참깨 종자의 기하학적 형상은 럭비공과 같은 형상이며 그 크기는 길이 1.5~4.0 mm, 폭 1~2.0 mm, 두께 0.5~1.0 mm의 범위이다. 이러한 참깨의 크기에 따라서 KS 규격에 따른 최적의 조건의 체망을 선정하기 위하여 체망을 이용한 참깨의 선별능력을 실증실험을 수행하였다.

참깨의 교반 선별에서 참깨 종자의 선별에 필요한 최적 체망을 구하기 위하여 KS 규격 No.6~14의 6개 종류의 표준체를 사용하였다. 이 실증실험에 사용된 시료용 참깨는 안동지역에서 재배된 재래종을 구매하여 사용하였다. 실증실험 방법은 그림 1과 같이 시료용 참깨 1,000 cc를 비이커를 사용하여 계량하여 표준 체망에 부어넣고 실험자가 균일한 조건으로 체망을 좌우로 50회 교반하였을 때에 체망에서 걸러지는 참깨의 종자량을 계량하여 측정하였다.

Table 1 Physical properties of sesame stem

Item	Cutting height (cm)	Width (mm)	Length (mm)	No. of capsule
Maximum	146.0	12.0	12.0	163
Minimum	83.0	5.3	4.8	42
Mean	111.4	9.0	8.8	89.3

Table 2 Physical properties of sesame bundle

Item	Weight after cutting (kg/bundle)	Dia. after cutting (cm/bundle)	Dia. before shattering (cm/bundle)	No. of branch (Ea/bundle)
Maximum	3.34	10.5	9.4	25
Minimum	2.02	6.4	5.6	16
Mean	2.57	8.4	7.4	21

Table 3 Physical properties of sesame pod

Item	Width (mm)	Length (mm)	Height (mm)	No. of granule
Maximum	8.9	9.8	31.0	86
Minimum	4.6	6.2	22.1	47
Mean	6.6	8.3	26.9	67.2



Fig. 1 No. 8 sieve with mesh for sasame.

1체망실험 결과는 표 4와 같다. 표준체 호칭번호 14는 체 눈 크기가 1.4 mm로서 50회 교반에서 25 cc만이 걸려 졌다. No.12(체눈크기 1.7 mm)는 체망 실험결과 325 cc가 걸려 졌다. 그러나 No.10(체눈크기 2.0 mm)는 14회 교반에서 완전히 걸려 졌으며 마찬가지로 No.8(체눈크기 2.36 mm)는 12회 교반으로 완전히 걸러지는 것으로 나타났다. 또한 체눈크기 2.8 mm에서는 9회, 체눈크기 3.35 mm에서는 3회 만에 걸러 지는 것으로 나타났다.

Table 4 Experimental results for No. 4 sieve for sesame

Number of sieve	Size of opening (mm)	Amount of sesame (cc)	No. of agitation	Passed amount of sesame (cc)
14	1.40	1000	50	25
12	1.70	1000	50	325
10	2.00	1000	14	1000
8	2.36	1000	12	1000
7	2.80	1000	9	1000
6	3.35	1000	3	1000

이러한 실증실험에서 표준체 No.10과 No.8 사이의 체망이 적당한 것으로 판단되었으며, 본 연구개발의 시작기에서는 표준체 No.8의 체눈 크기 2.36 mm, 소선 직경1.0 mm의 표준규격 체망을 사용하여 제작하였다.

나. 실증 실험 방법

참깨 탈립 작업의 실증실험은 참깨 시료의 확보, 실증실험의 재현성, 참깨종자의 정량적 분석 등이 타 작물에 비하여 어렵다는 점을 감안하여 실증실험용 참깨단의 시료는 비가림 건조대를 이용하여 예취 작업 후 탈립까지 건조한 상태의 참깨단을 이용하였다. 이때 인력 탈립용 시료는 예취하여 단으로 묶은 후, 4개의 참깨단을 서로 기대어 세워서 건조하는 관행 방법을 사용하였다.

Table 5 Shattering period after cutting of sesame

Item	First shattering (day)	Second shattering (day)	Third shattering (day)
Conventional shattering	7	7	7
Mechanical shattering	14	4	3

탈립회수는 관행의 방법에 기준을 둔 3회의 탈립 작업으로 실증하였으며, 탈립작업 간격은 표 5와 같이 관행작업에 의한 탈립은 7일 간격으로 3회 탈립하였으나, 기계 탈립의 경우 1회 차 탈립은 예취 후 14일 그리고 2회 차 및 3회 차는 관행방법의 경우와 전체건조 일수가 동일하도록 하였다.

탈립 방법은 관행 방법의 경우 포장에서 천막을 펴고, 그 위에 막대기 타력 탈립을 실시한 후, 다시 참깨단의 재 묶음을 하여 포장에 참깨단 4단을 묶고 서로 기대고 세워 건조한 다음 타력작업을 3회까지 반복하였다. 이 때 참깨 종자의 분리를 위하여 헝잡물을 걸어서 폐기한 후, 체망을 이용하여 꼬투리를 분리하고, 풍구장치를 이용하여 참깨종자를 선별하였다. 또한 참깨 줄기로부터 탈립된 꼬투리는 별도로 말려서 타력 탈립을 하였다.

기계 탈립 작업의 경우는 실증용 시료를 그림 2와 같이 이송 체인에 연속 투입하여 탈립 공간의 측면에서 타력에 의한 탈립이 이루어진다. 이 때 이송 체인의 이송속도와 작업의 최적 조건을 고려하여 인력에 의한 투입속도를 21 bundle/min으로 하였다.

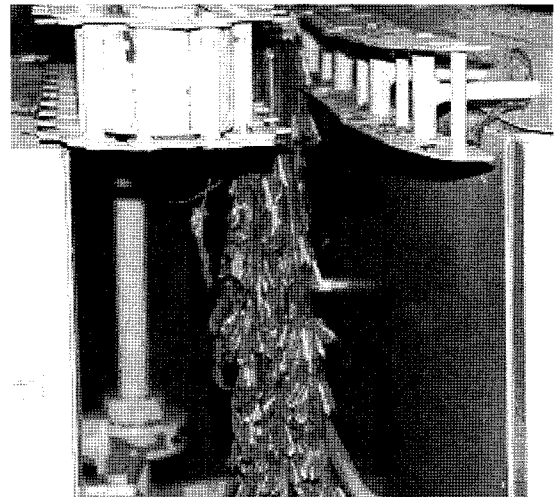


Fig. 2 Shattering of sesame bundle.

탈립 공간에서 탈립이 이루어지면서 탈립된 참깨 종자와 더불어 꼬투리 및 부러진 참깨 줄기 등의 헝잡물이 발생된다. 이 때 1차 탈립부에서 참깨 종자는 탈립공간 하부의 체망에서 선별되어 집하 배출되고, 반면에 꼬투리를 포함한 헝잡물

들은 1차 탈립부에서 버킷엘리베이터로 반송되어 버킷-엘리베이터 배출구에서 재탈립부의 회전원추 탈립부에 투입된다. 회전원추부에서 꼬투리는 탈립되어 종실이 완전 개열상태 또는 분쇄되어 그림 3의 풍선배출구에서 집하된다. 반면 잎 등의 협잡물은 잘게 분쇄되어 기류에 의하여 풍선된다. 이와 같은 방법으로, 인력탈립과 마찬가지로 1차 탈립 작업 후 2회 재탈립 작업을 반복하여 수행하였으며, 그 결과를 인력 탈립 작업과 비교하였다.

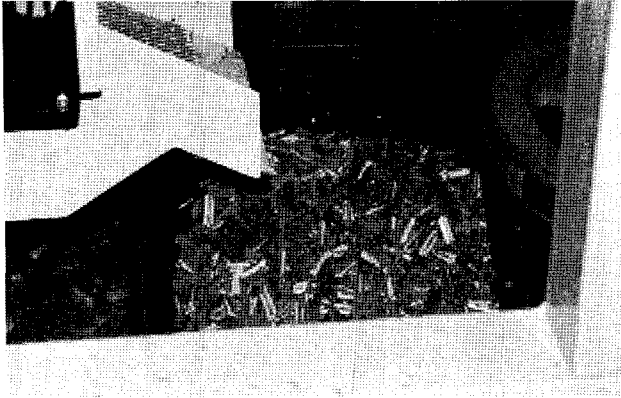


Fig. 3 Outlet of re-shattered capsules.

다. 구성과 동작원리

수직투입 측면 교반 탈립되는 최종 시작기의 계통도는 그림 4와 같다. 그림에서 단상모터와 축이음한 V-벨트 풀리 a1의 외경(Do) 100 mm, 회전수 1760 rpm과 중간축 a2의 외경(Do) 200 mm, 회전수 880 rpm, 축간 거리 250 mm로 전동된다. 이 중간축 상부 스프로킷 휠(b1)의 외경 60mm, 잇수 (Z) 15개, 회전수 880 rpm이며, 내원추축 스프로킷 휠(b2)의 외경 125 mm, 잇수 30개, 회전수 440 rpm이다. 충격 교반장치와 이송장치에 전동되는 d1과 d2의 체인 스프로킷 휠에서 축간 거리는 590 mm이다. 동일축선 상의 h-d2-e1에서 d2-h의 전동은 충격 교반부를 구동시킨다. 체인 컨베이어 이송장치에서 e1과 e2의 축간 거리는 780 mm이고 회전속도는 36 rpm이다. 체인의 이송속도는 4,770 mm/min 이다. 또한 h의 회전에 의하여 요동 캠의 요동높이는 40 mm이며, 요동 캠의 교반회수는 144 rpm이 된다.

별도의 전동장치로 구동되는 버킷-엘리베이터에서는 버킷 엘리베이터 축간 f1, f2 거리는 1,180 mm이며 하부 구동축은 117 rpm, 버킷 수는 12개, 버킷간격은 200 mm 그리고 버킷 엘리베이터의 이송속도는 12 m/min이다.

이러한 계통도에 의한 최종 시작기 정면도와 측면도는 그림 5와 그림 6과 같다. 수직으로 투입된 참깨단이 이송체인에 의하여 공급되면 탈립 공간이 측벽에 제작 설치된 교반부가 충격교반에 의하여 탈립작업이 이루어지는 형태이다.

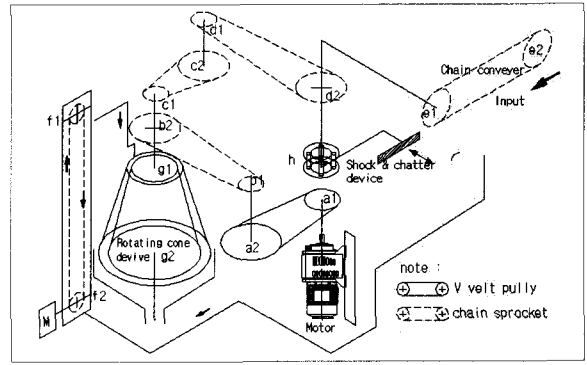


Fig. 4 Diagram of final shattering machine.

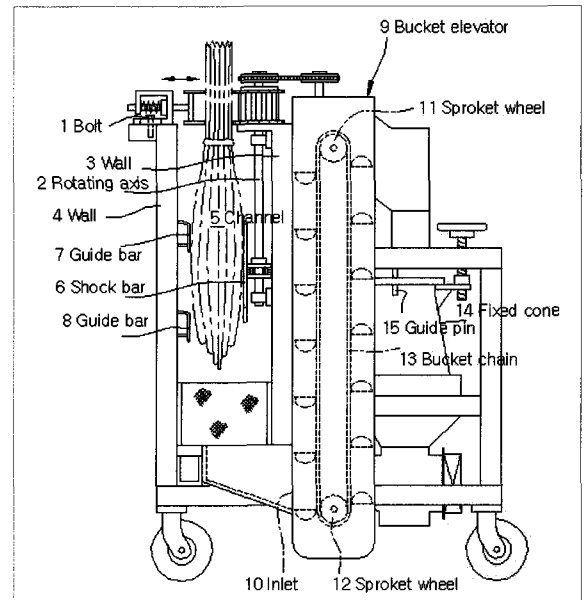


Fig. 5 A front view of shattering machine.

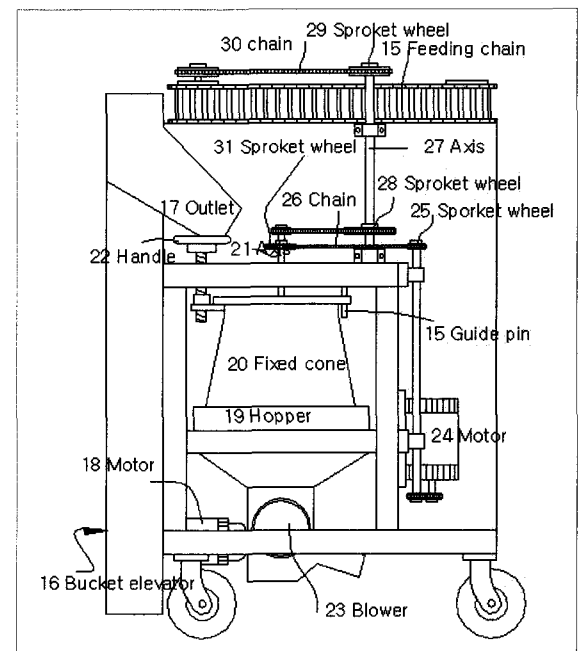


Fig. 6 A side view of shattering machine.

또한 컨베이어 이송장치 시제품의 검증을 거쳐서 설계된 버킷엘리베이터 장치를 추가하였다. 수직방향 연속 투입된 참깨단은 탈립부 측벽에 레버 크랭크기구에 의하여 좌우 교반방식의 충격장치에 의하여 탈립이 이루어진다. 또한 참깨 재배지역 농가에 따라 참깨단을 묶는 굵기에 차이가 있는 점을 고려하여 고정브라켓을 고정하는 볼트(1)의 관통구멍을 슬롯형상으로 하여 가이드레일의 위치를 변경하여 이송체인과의 간격을 조절할 수 있도록 하였다.

그림 7은 투입부 이송체인의 이송라인을 따라서 이송되는 참깨단에 교반충격을 가하여 참깨를 탈립하는 장치이다. 탈립장치는 그림 5 및 그림 6에 나타난 바와 같이, 이송체인(15)이 설치된 측벽의 안쪽 중간지점에 이송라인을 따라 약간 경사지게 설치된 긴 형상의 타격 바(6)와, 이 타격 바로 참깨단을 타격하기 위해 타격 바를 요동시키는 요동기구(2)로 구성되며, 요동기구는 요동레버(4)와 회전 캠(5)으로 구성되어 있다.

또한 그림 5에서 지지바가 설치된 측벽(4)의 안쪽에는 2개의 가이드 봉(7,8)이 이송라인을 따라 길게 설치되고, 이 2개의 가이드 봉은 타격 바의 상하에 배치되어 있다. 상기 타격 바는 측벽(3)과의 사이에 설치된 스프링(그림 7의 1)에 의해 탄력설치 되고, 중간지점에서 요동 축(그림 7의 3)을 중심으로 요동하는 요동레버(4)의 일단과 움직임이 자유롭게 연결되어 있다.

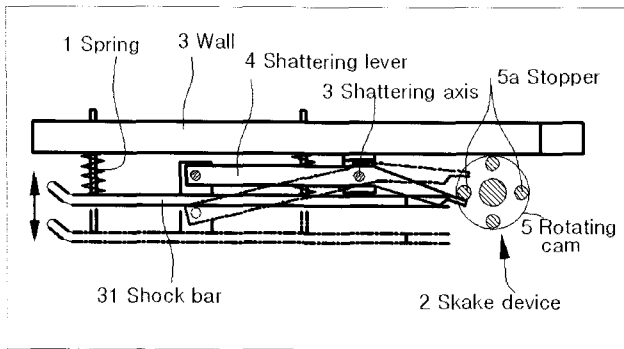


Fig. 7 Shattering device.

요동레버는 다른 끝단이 회전 캠(5)에 형성된 복수개의 걸림돌기(5a)에 순차적으로 걸림 유지 및 걸림 해제되는 것에 의해, 요동 축을 중심으로 요동하도록 되어 있다. 상기 회전 캠은 이송체인(그림 6의 15)의 회전축과 동일한 축으로 하여 이송체인과 함께 회전하도록 되어 있다. 회전 캠의 걸림 핀은 그림 7에 나타난 바와 같이 회전 캠의 원주방향에 90° 등 간격으로 4개 설치되어 회전 캠(5)이 1회전할 때, 요동레버는 4회 요동하게 된다.

탈립부의 하부는 참깨와 협잡물을 분리하는 장치이다. 분리장치는 양 측벽 사이 전체에 걸쳐 설치된 수집대와, 그 위

에 설치된 체망으로 구성된다. 버킷-엘리베이터 배출부는 제 2 탈립장치의 회전원추 탈립장치의 상부에 연결된다. 이 버킷 엘리베이터는 한 쌍의 스프로킷 휠을 상하에 배치하여 버킷 체인(그림 5의 13)을 연결하고, 하부측 스프로킷 휠을 구동모터(그림 6의 18)로 회전시키는 구성이다.

제 2 탈립장치인 회전원추 탈립장치는 그림 8과 같이 호퍼(1)과 이 호퍼의 상부에 설치된 외원추부(2)와 회전축(3)을 중심으로 회전하는 내원추부(4)로 구성되어 있다. 내외원추 사이의 틈새 크기는 외측 원추에 설치된 간극 조절 핸들(5) 및 가이드 핀(6)에 의해 외원추를 상하 방향으로 이동 조절이 가능하다. 또한 회전원추 탈립장치의 하부에는 선별장치가 있으며, 호퍼(1)로부터 낙하하는 참깨와 협잡물을 분리한다. 호퍼 하부에 설치된 수직통로와 이 통로에 형성된 제1~제3 배출구(7b~7d)의 분리케이스가 있으며, 수직통로의 제 2 배출구(7c)쪽으로 경사지게 설치된 체망과 제1 배출구(7b)의 반대쪽에 설치된 송풍기(그림 6의 23)로 이루어진다.

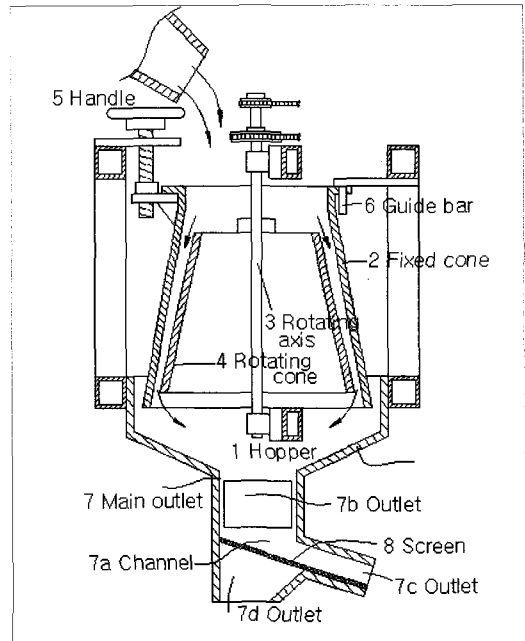


Fig. 8 Shattering device of rotating cone type.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 설계 제작

참깨 탈립기는 1차 참깨단 탈립부와 2차 미탈립 꼬투리 탈립을 위한 회전원추 탈립장치로 구성되어 있다. 그림 9에서 우측부분의 1차 탈립부는 350×850×1500 mm이며, 좌측의 꼬투리 탈립부는 600×850×1500 mm으로서 전체의 크기는 950×850×1500 mm이다. 이때 프레임은 50×50 mm의 사각파이프로 제작되었다.

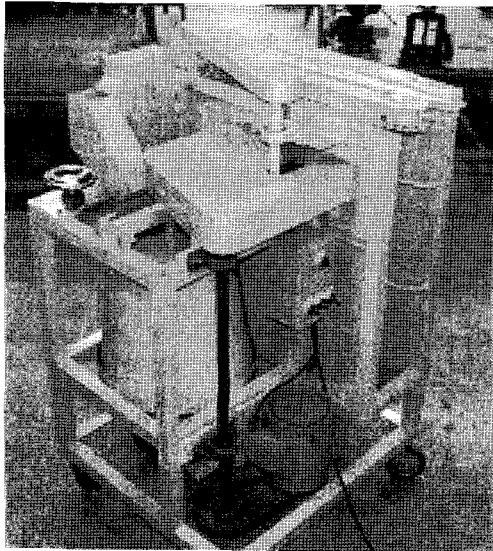


Fig. 9 Final fabricated shattering machine.

전동장치는 프레임 하부에 모터 베이스를 용착시키고 벨트 장력을 조절하기 위하여 볼트 직경을 폭으로 하는 슬롯을 만들어서 조정하였다. 모터는 단상 220 V 2 HP, 1760 rpm 이다. 모터에서의 동력은 중간축에 의하여 모터하부에서 상부로 전동된다.

참깨단을 거꾸로 세워서 수평방향으로 이송시키는 참깨의 투입과 이송을 위한 이송체인은 양쪽의 스프로킷 휠을 회전하는 이송체인 대향측에 설치된 가이드 레일은 이송되는 참깨단의 미소한 굽기 변화에 따라 이송체인과의 간격을 탄력적으로 조절 가능하도록 고정 브라켓에 스프링과 너트로 탄력 대응되도록 제작하였다(그림 10). 또한 참깨 재배지역에 따라 참깨단을 묶는 굽기에 차이가 있는 점을 고려하여 고정 브라켓을 고정하는 볼트의 관통구멍을 볼트 직경만큼을 폭으로 슬롯을 제작하여 가이드레일의 위치를 변경하여 이송체인과의 간격을 조절할 수 있도록 하였다. 이러한 투입부의 이송체인과 지지 가이드 바는 참깨단의 이송 통로를 따라 양쪽 측벽의 상부에 설치된다.

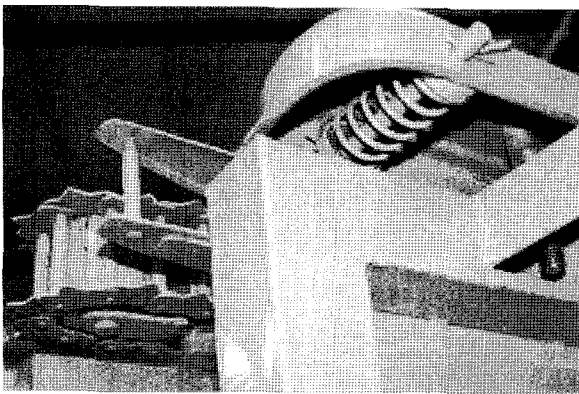


Fig. 10 Adjustment of clearance with tension.

요동 캠과 돌기 그리고 타격 바를 나타낸 그림 11에서 탈립장치는 이송체인이 설치된 측벽의 안쪽 중간지점에 이송 통로를 따라서 설치된 긴 형상의 타격 바와, 요동레버와 회전 캠으로 구성된다. 또한 가이드레일이 설치된 측벽의 안쪽에는 2개의 가이드 봉이 이송라인을 따라 길게 설치되고, 이 2개의 가이드 봉은 타격 바의 상하에 배치되어 있다. 타격 바는 측벽과의 사이에 설치된 탄성 스프링에 요동 캠의 걸림 돌기의 걸림과 해제가 반복 될 때 스프링(자유길이 10 cm, 소선 직경 2 mm, 스프링 직경 16 mm)은 압축 탄성팽창을 반복하게 된다. 고정 측벽을 기준으로 압축 시에는 스프링은 5 cm, 탄성반발에 의한 팽창 시 10 cm로 뛰어나므로 결국 요동장치의 타격 바는 5 cm 만큼 전후로 요동하게 된다.

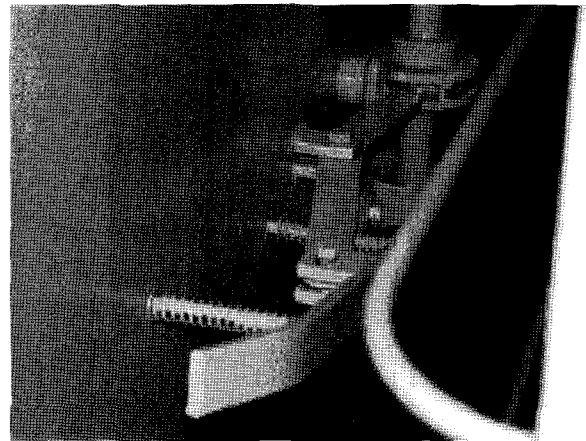


Fig. 11 Rotating cam and hitting part.

1차 탈립부에서 탈립된 참깨 종자는 탈립부 하부에 설치된 체망을 통과하여 수집대로 집하된다. 반면에 탈립된 참깨를 미탈립 꼬투리 및 잎 등의 협잡물과 분리장치는 이송라인의 아래 위치이고, 양 측벽 사이 전체에 걸쳐 설치된 수집대와 체망으로 구성된다. 체망(No.8 체눈 2.36 mm)은 참깨만 통과하는 오프닝을 가지고 있어서 참깨만 수집대로 걸러지고, 미탈립 꼬투리와 잎 등의 협잡물은 체망위에서 기계장치의 흔들림과 참깨줄기의 이송에 따른 쓸어내림에 의하여 경사를 따라 출구쪽으로 흘러내려 가도록 제작되었다. 수집대의 출구측 끝단에는 분리된 참깨가 배출되는 배출구와, 미탈립 꼬투리와 협잡물이 분리되어 버킷 엘리베이터로 유인 배출되는 배출통로가 있다. 버킷-엘리베이터는 1차 탈립 장치에서의 생성된 미탈립 꼬투리와 협잡물을 유도 투입구(1차 탈립부에서는 배출구)에서 2차 탈립 장치인 회전원추부로 이송시키기 위한 장치이다. 버킷-엘리베이터는 유도배출형으로서 하부에서 꼬투리와 협잡물을 떠올려 상승되어 하강으로 되는 시점에서 버킷이 뒤집어 지면서 배출한다. 이때 배출구로 배출되는 꼬투리 등은 직전 버킷의 뒷면을 슈트로 하여 미끄러져서 배출구로 들어간다.

2차 탈립 장치인 회전원추는 버킷-엘리베이터로부터 투입된 미탈립 꼬투리는 탈립하여 종실로부터 참깨 종자를 분리하고, 잎 등의 헝겍물은 회전원추를 지나면서 잘게 부셔서 풍선장치에서 쉽게 풍선되도록 한다. 이러한 탈립 및 분쇄 기능을 위하여 그림 12와 같은 탈립장치는 상부의 전동장치에 의하여 내부의 원추는 회전하고 바깥쪽 원추는 고정되어 있어서, 투입된 작업 대상물은 상부에서 하부로 회전 비틀림 작용에 의하여 탈립 작업이 이루어진다. 이때 꼬투리의 기하학적 형상의 크기 변화에 유연하게 대응 하기 위하여 그림12에서 좌측 틸트조절핸들을 회전시키면 외측 원추는 가이드 바에 의하여 상하로 이동되어 투입부와 배출부의 간격이 기준 위치에서 외원추가 30 mm하강하면 투입부와 배출부 간격이 각각 26 mm와 15 mm로 된다. 이 때 설계기준의 참깨의 꼬투리가 길이, 폭, 높이를 25×8×5 mm를 기준으로 설계하였다.

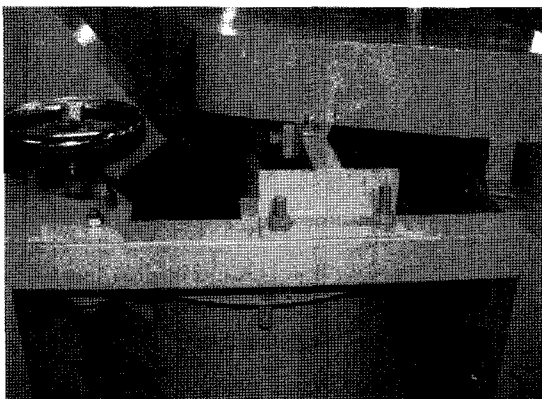


Fig. 12 Second shattering device.

2차 탈립장치의 회전 원추에서 발생하는 탈립된 꼬투리와 참깨 종자 그리고 분쇄된 헝겍물 등이 배출된다. 이들을 참깨 종자와 꼬투리 파편과 분쇄된 잎 등의 부분으로 분리하는 기능이 풍선장치이다. 회전원추부의 배출부 하단의 호퍼에 연결된 풍선장치는 그림 13과 같다. 이 그림에서 풍선 팬에서는 기류가 사각형 유동 덕트에 대하여 수평 방향으로 유동

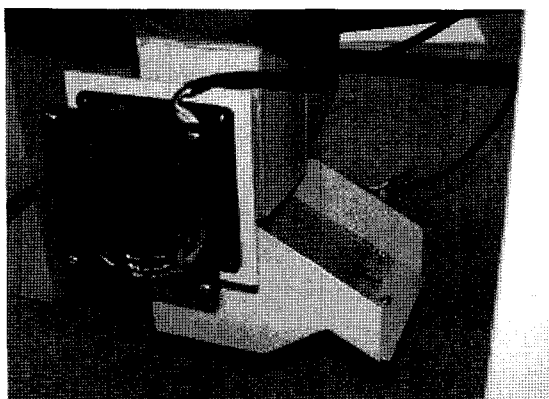


Fig. 13 Pneumatic sorter.

하고 원추하부의 작업물은 직하한다. 꼬투리로부터 탈립된 참깨 종자는 체망을 통과하여 하방의 수집통에 집적되고 분쇄된 잎은 참깨나 꼬투리에 비하여 가볍기 때문에 기류에 편승하여 분류된다. 반면 참깨보다도 무거운 꼬투리 파편은 체망을 통과하지 못하고 측면 배출구로 분류된 다음 선별되도록 제작하였다.

#### 나. 성능평가

비가림 건조대를 이용하여 기계 탈립과 관행의 건조방법에 의한 막대기 타력 탈립에서 관행의 3회 탈립을 기준으로 실증 실험 결과를 비교하였다. 실제 막대기 타력에 의한 관행작업에서는 참깨 줄기로부터 탈리된 꼬투리를 재탈립하기 위하여 건조 후 꼬투리만 탈립작업을 별도로 수행하고, 기계 탈립 작업에서는 미탈립 꼬투리는 재탈립 원추분리부에서 탈립 작업에 의하여 종실이 분리되어 탈립시키는 방법이다.

실제 실증실험에서 관행 작업의 탈리 꼬투리와 비가림 건조대에 의한 탈리 꼬투리는 색상이 매우 다르게 표현되었다. 관행 작업의 꼬투리는 건조 중에 강우와 밤이슬에 젖은 상태이고, 반면에 비가림 건조대에 의한 꼬투리는 갈변된 색이 매우 깨끗하게 나타났다. 실제 이러한 이유에서 수확된 참깨의 경우도 비가림 건조대를 이용한 기계 탈립 종자의 색상이나 품질이 관행작업보다 매우 우수한 것으로 사료된다.

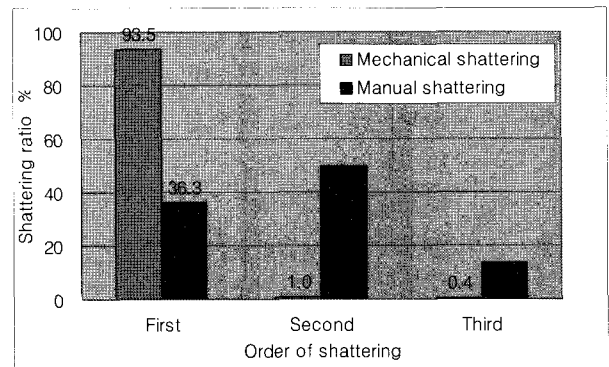


Fig. 14 Comparison of shattering ratio.

관행 탈립작업과 기계 탈립작업에서 그림 14는 참깨 줄기로부터 떨어져서 탈리된 꼬투리의 탈립량을 제외한 순수 탈립율(Lee, 2007)을 1회 차에서 3회 차까지 비교한 그림이다. 기계 탈립의 경우 1회 차에서의 탈립율이 98.5%로서 수평연속투입 방법(Lee, 2007)의 시작기에 비하여 매우 높은 탈립 효과를 나타내고 있다. 기계 탈립의 1회차 순수 탈립율 98.5%는 1회 차 인력 탈립율에 비하여 2.7배, 2회 차 인력 탈립의 1.97배의 탈립 효과를 나타내었다. 관행의 탈립작업은 1회 차에 36.3%에 비하여 2회 차 탈립이 50%가 탈립되었으며 3회 차에도 13.7%의 탈립율을 나타내었다.

그림 15는 3회에 걸친 탈립작업에서 참깨줄기로부터 이탈되어 떨어져 나온 참깨 꼬투리를 별도로 탈립작업하여 기계 및 인력 탈립작업에서 탈립된 꼬투리탈립율을 나타내고 있다. 기계 탈립의 경우 꼬투리에서 탈립되는 참깨의 총량에서 1회 차 탈립작업에서 64.7%, 2회 차에서 22.2% 그리고 3회 차에서 13.1%를 나타내고 있어서 탈립회차가 증가하면 꼬투리로부터의 탈립종자는 감소하였다. 그러나 관행 탈립 작업에서는 2회 차에서 46.4%로 가장 많고, 1회 차에서 35.2% 그리고 3회 차에서 18.4%를 나타내었다.

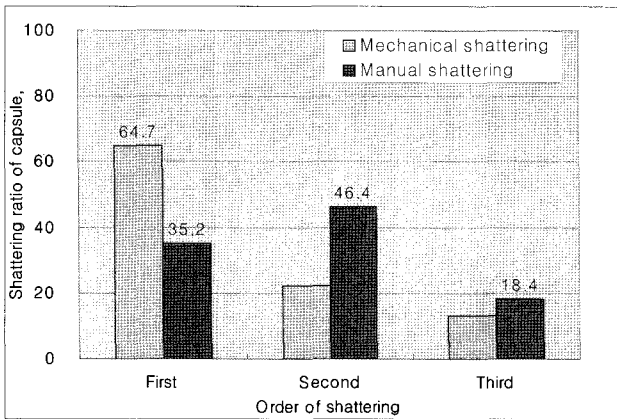


Fig. 15 Comparison of shattering ratio of capsule.

그림 16은 관행작업과 기계 탈립작업에서 순수 탈립종자의 양과 미탈립된 꼬투리에서 탈립된 참깨종자를 합한 경우에 탈립율을 나타내고 있다. 기계 탈립작업의 경우 1회 차 탈립작업에서 수확참깨종량의 97.2%에 해당하는 매우 높은 탈립효과를 나타내고 있으며, 2~3회 차에서는 2.8%의 탈립율을 나타내었다. 반면 관행탈립의 경우는 2회 차에 탈립율이 49.9%이고 1회 차에 36.3% 그리고 3회 차에 13.8%를 나타내었다.

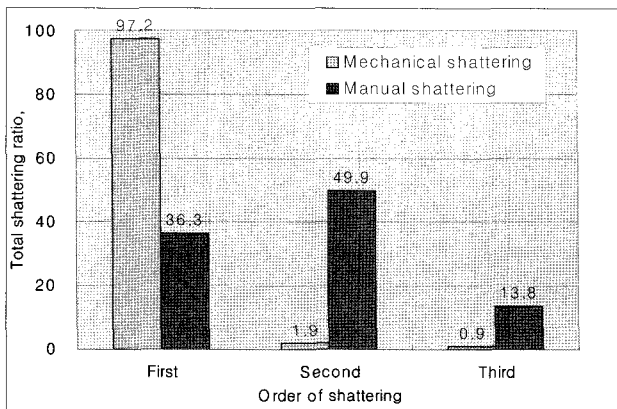


Fig. 16 Comparison of total shattering ratio

이러한 탈립결과 분석에서 볼 때, 관행방법의 탈립은 최소 3회 이상의 탈립작업이 필요하지만, 기계탈립의 경우는 비가림 건조대를 이용하여 충분히 장시간 건조하여 탈립작업을 하는 경우에, 전체 수확량의 2.8%의 수확량을 포기한다면 1회 탈립만으로 수확을 완료할 수 있다.

그림 17은 본 연구개발에서 개발한 탈립방법으로서 연속으로 참깨단을 투입하는 경우에, 투입 참깨 단이 수평으로 투입되고 상하 충격교반에 의한 수평투입방법과, 참깨단을 90° 거꾸로 세워서 수직방향으로 투입하고 투입되는 참깨단의 측면에서 교반충격에 의한 수직투입방법과의 탈립율을 비교한 것이다. 이 그림에서 1차 기계탈립에서 수평투입의 경우 전체 탈립율이 90.3%이지만 수직투입 방법에 의한 경우는 97.2%로서 수평 투입보다 6.9% 탈립효과가 매우 높게 나타났다. 수평투입의 경우 2차와 3차 탈립에서 6.3%, 3.5% 탈립율이지만 수직투입방법에서는 각각 1.9%와 0.9%로서 수평 투입보다 매우 낮은 탈립율이다. 따라서 수평 투입의 경우 1차 탈립에 의한 탈립율이 매우 높기 때문에 1회에 탈립작업을 완료하는것이 가능한 것으로 나타났다.

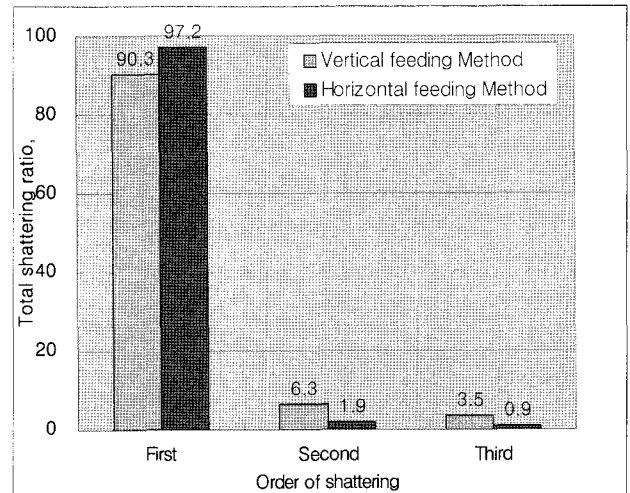


Fig. 17 Comparison of total shattering ration between horizontal and vertical feedings

#### 4. 요약 및 결론

참깨탈립작업의 생력기계화를 위하여 개발된 최종기는 참깨단을 거꾸로 세워서 수직연속 투입에 의한 측면 충격교반 방식으로서 투입부 탈립부 미탈립 꼬투리 탈립부 그리고 풍선부로 구성된다. 또한 비가림 건조대를 이용하여 예취된 참깨단을 천일 건조하여 충분히 건조시킨 후 탈립작업을 기계탈립과 관행의 인력탈립 작업과 비교 연구한 결과 다음과 같은 결과를 도출하였다.



- (1) 참깨 단을 거꾸로 세워 수직으로 연속으로 1분에 21단 투입하고, 참깨단의 측면에서 타격 탈립하는 최종 시작기의 순수 탈립율(참깨 줄기에서 탈리된 꼬투리에서의 탈립양을 제외한 량)은 1회 차에서 98.5%를 나타내었으며 1회 차 인력탈립에 비하여 2.7배의 탈립성능을 나타내었다.
- (2) 순수 탈립종자의 양과 미탈립된 꼬투리에서 탈립된 참깨 종자를 합하여 나타낸 전체 탈립율은 1회차 탈립작업에서 97.2%의 매우 높은 탈립율을 나타내었다.
- (3) 탈립 결과 분석에서, 인력탈립은 최소 3회 이상의 탈립작업이 필요하지만, 기계 탈립의 경우는 비가림 건조대를 이용하여 장시간 건조하여 탈립작업을 하는 경우에 1회 탈립만으로 수확을 완료할 수 있는 것으로 나타났다.
- (4) 탈립에 소요되는 시간 역시 10a(129개 참깨단)에 18분 정도가 소요되어 13.9시간의 관행(인력)작업에 비해 효율적인 것으로 나타났으며 1차 기계탈립에서 수평투입의 경우에 본 연구자가 실험한 연구 결과에 의하면 전체 탈립율이 90.3%이지만, 수직투입 방법에 의한 경우는 97.2%로서 수평 투입보다 6.9% 탈립효과가 높게 나타났다.

### 참 고 문 헌

1. Ahn, B. E. 2000. The Science of Sesame. pp. 3-18. Hanlim Publisher, Seoul, Korea.
2. Cho, E. G. 2008. The Research of Korean Traditional Food. pp. 301-304. Sungshin Women's University, Seoul, Korea.
3. Hwang, J. D. 2008. Studies on the mechanized transplanting and harvest techniques of sesame. Report of National Institute of Crop Science. pp. 576-580. (In Korean)
4. Kang, C. W. 1997. Integrated mechanization system on polyethylene film mulching culture in sesame. Journal of Crop Science 42(5):489-496. (In Korean)
5. Lee, J. S. 2003. Drying Stand for Sesame. Patent No.0334064. Korean Intellectual Property Office.
6. Lee, J. S. and K. K. Kim 2007. Development of shattering machine for sesame(I) - Design and fabrication of prototype machine -. Journal of Biosystems Engineering 32(5):301-308. (In Korean)
7. Lee, S. H. 1990. Sesame Thresher. Patent No.0169293. Korean Intellectual Property Office.