

GOVP1200134179

633.84

L293

최 종
연구보고서

가공용 홍고추의 꼭지 제거 장치 개발
Development of Calyx Removal System
for Red Pepper

연구기관
경 상 대 학 교

농 립 부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “가공용 홍고추의 꼭지 제거 장치 개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

20001년 10월 19일

주관연구기관명 : 경상대학교

총괄연구책임자 : 이 승 규

세부연구책임자 : 이 승 규(제 1 세부과제)

세부연구책임자 : 나 우 정(제 2 세부과제)

세부연구책임자 : 민 영 봉(제 3 세부과제)

세부연구책임자 : 김 영 복(제 4 세부과제)

연 구 원 : 송 대 빈

요 약 문

I. 제목

가공용 홍고추의 꼭지 제거 장치 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

고추는 벼 다음으로 중요한 경제 작물로 농업총생산액의 5.3%, 재배업 총 생산액의 7.1%, 채소류 생산액의 25%를 차지하고 있다(농림부, 2000). 1999년 기준으로 재배 면적은 전체 채소류 재배 면적의 약 27%에 이르는 80,659 ha 이며, 생산량은 436,646 M/T으로 생산량의 약 77% 정도가 고추의 주산단지인 충북·경북·전북·전남 지역에서 생산되고 있다(농림부, 2000).

현재 국내에는 고추 주산단지를 중심으로 대규모 고춧가루 가공공장이 설치되어 운영되고 있다. 고춧가루 가공공장에서는 생산 농가에서 건조한 건고추를 원료로 사용하고 있으며, 고춧가루의 품질 향상을 위해 꼭지를 완전히 제거하여 고춧가루를 생산하고 있다. 이를 위해 현재 각 가공 공장에는 건고추용 꼭지 제거기가 개발·보급되어 있다. 그러나 꼭지 제거율이 60% 이하로 매우 낮기 때문에 완전한 꼭지 제거를 위해 많은 인력이 투입되고 있는 실정이다.

본 연구는 현재 고춧가루 가공공장에서 사용되고 있는 건고추 꼭지 제거기의 꼭지 제거율을 높일 수 있는 건고추 꼭지 제거 장치 및 향후 수요가 예상되는 홍고추 꼭지 제거 장치를 개발하는데 그 목적이 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 고추(홍고추·건고추)의 물리적 특성 구명과 단위 기구 개발
2. 시작기 개발·제작 및 성능 검증
3. 가공 공장용 꼭지 제거기 개발·제작 및 적용

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 홍고추 꼭지 제거기 개발

홍고추 공급·정렬·꼭지 제거 과정을 일괄 처리하는 꼭지 제거기를 설계·제작하여 성능을 실험하였다. 실험 결과 공급량 48 g/s의 조건에서 꼭지 제거율 66%, 중량 손실을 28%를 나타냈다. 이는 1일 8시간을 기준으로 약 912 kg의 처리량으로 인력에 의한 꼭지 제거량의 약 1.5배에 해당한다.

2. 건고추 꼭지 제거기 개발

건고추 공급·압축·꼭지 제거 과정을 일괄 처리하는 꼭지 제거기를 설계·제작하여 성능을 실험하였다. 실험 결과 원료 함수율 22%의 경우 공급량에 관계없이 꼭지 제거율 74%, 파지 손실을 4.4%이었으며, 원료 함수율 19%인 경우 공급량에 관계없이 꼭지 제거율 95%, 파지 발생을 4.5%의 성능을 보였다. 이는 기존 꼭지 제거 장치의 꼭지 제거율 60% 정도에 비해 대폭 개선된 결과로서 향후 예상되는 고춧가루 가공공장의 꼭지 제거 설비 개선 시 적용이 가능할 것으로 판단된다.

SUMMARY

I . Title

Development of calyx removal system for red pepper.

II . Purpose and Significance

Red pepper is the most important economic crop after rice occupying 5.3% of gross agricultural product and 25% of vegetable production. In 1999, its annual cultivation area reached about 80,659 ha which was occupying 27% of the total vegetable cultivation area. The annual production amount of red pepper in field is about 215,382 M/T and 77% of total production are produced in Chungbuk, Kyeongbuk, Jeonbuk and Jeonnam province.

At present, large scale processing factories for red pepper powder near the major production area are in operation. Each factory uses the red pepper removing its calyx as raw materials to improve the quality of red pepper powder. So calyx-removing facilities were equipped at each factory. However, lots of labor are required to remove the calyx because the removing efficiency of conventional machine is below 60%.

This study was carried out to develop the calyx-removing system of dried and non-dried red pepper.

III. Scope and Content

1. Analysis of physical properties for red pepper and development of unit mechanism for calyx removal.
2. Development, manufacture and performance test of an experimental machine.
3. Development, manufacture and application of actual size machine.

IV. Results and Recommendations

1. Calyx-removing machine for non-dried red pepper

The calyx-removing machine for non-dried red pepper was developed and tested under several conditions. The calyx-removing rate showed 66% and the weight loss showed 28% at 48 g/s of a feeding rate. This is around 1.5 times higher production amount than that of skilled manual operation.

2. Calyx-removing machine for dried red pepper

The calyx-removing machine for dried red pepper was developed and tested under several conditions. In case of 22%(wb) of the initial moisture content, the calyx-removing rate showed 74% and the scrap occurrence rate showed 4.4% regardless of the feeding rate. In case of 19%(wb) of the initial moisture content, the calyx-removing rate showed 95% and the scrap occurrence rate was 4.5% regardless of the feeding rate, too. These results showed the much better removing rate compare to the conventional ones. It is expected that the developed machine could be applied to the conventional facilities along the replacement schedule in the near future.

Contents

Chapter 1. Introduction	13
1. Preface	14
Chapter 2. Physical properties of red pepper	16
1. Preface	17
2. Materials and methods	18
3. Results and discussion	33
1) Physical properties	33
2) Mechanical properties	34
3) Shape factor index	36
4) Analysis of a malformation factor influences to unfolding unit	39
5) Analysis of a malformation factor influences to arranging unit	41
6) Weight distribution of red pepper	43
4. Summary	44
Chapter 3. Development of inlet unit	46
1. Preface	47
2. Materials and methods	48
1) Horizontal-vibrating type inlet unit	48
2) Inclined-vibrating type inlet unit	50
3. Results and discussion	54
1) Horizontal-vibrating type inlet unit	54
2) Inclined-vibrating type inlet unit	62
4. Summary	67

Chapter 4. Development of arranging unit	68
1. Preface	69
2. Materials and methods	70
1) Materials	70
2) Experimental apparatus	70
3) Methods	77
3. Results and discussion	79
1) Arranging characteristics	79
2) Inlet characteristics	88
4. Summary	109
 Chapter 5. Development of cutting unit	 110
1. Preface	111
2. Materials and methods	112
1) Materials	112
2) Design and manufacture of experimental apparatus	112
3) Methods	124
3. Results and discussion	129
1) Manual inlet	129
2) Automatic-inclined type inlet	136
3) Automatic-horizontal type inlet	140
4. Summary	154
 Chapter 6. Development of control unit	 156
1. Experimental control box	157
1) Rotational speed control	157
2) Electric wiring and control box installation	158
2. Experimental control system	160

1) Control algorithm for driving parts	160
2) Controller	162
3) Interface	165
4) Control box assembly	167
 Chapter 7. Development of calyx-removing unit for non-dried red pepper ..	171
1. Preface	172
2. Design and manufacture of calyx-removing unit	173
1) Inlet unit	174
2). Turning unit	179
3) Conveying unit	181
4) Cutting unit	183
5) Control unit	185
3. Performance test	188
1) Materials and methods	188
2) Results and discussion	190
3) Summary	194
 Chapter 8. Development of calyx-removing unit for dried red pepper	195
1. Preface	196
2. Design and manufacture of calyx-removing unit	197
1) Inlet unit	198
2) Compression unit	200
3) Calyx separating unit	202
4) Control unit	204
3. Performance test	206
1) Materials and methods	206
2) Results and discussion	208

3) Summary	214
Reference	215

목 차

제 1 장 서론	13
제 1 절 서론	14
제 2 장 고추의 물리적 특성	16
제 1 절 서설	17
제 2 절 재료 및 방법	18
1. 실험 재료	18
2. 실험 장치 및 방법	18
제 3 절 결과 및 고찰	33
1. 기하학적 특성	33
2. 기계적 특성	34
3. 형상인자 지수화	36
4. 전개장치에 영향을 끼치는 기형인자 분석	39
5. 정렬장치에 영향을 끼치는 기형인자분석	41
6. 홍고추·건고추의 중량비	43
제 4 절 요약 및 결론	44
제 3 장 공급 기구 개발	46
제 1 절 서설	47
제 2 절 재료 및 방법	48
1. 수평식 진동 공급 장치	48
2. 경사식 진동 공급 장치	50
제 3 절 결과 및 고찰	54
1. 수평식 진동 공급 장치	54
2. 경사식 진동 공급 장치	62
제 4 절 요약 및 결론	67

제 4 장 정렬 장치 개발	68
제 1 절 서설	69
제 2 절 재료 및 방법	70
1. 실험 재료	70
2. 실험 장치	70
3. 실험 방법	77
제 3 절 결과 및 고찰	79
1. 정렬특성	79
2. 공급특성	88
제 4 절 요약 및 결론	109
제 5 장 절단 장치 개발	110
제 1 절 서설	111
제 2 절 재료 및 방법	112
1. 실험 재료	112
2. 실험 장치의 설계·제작	112
3. 실험방법	124
제 3 절 결과 및 고찰	129
1. 수동공급	129
2. 자동 경사공급	136
3. 자동 수평공급	140
제 4 절 요약 및 결론	154
제 6 장 제어 장치 개발	156
제 1 절 각 단위 기구 실험용 제어반	157
1. 회전수 제어	157
2. 전기 배선 및 제어반 설치	158
제 2 절 시작기 제어장치	160

1. 각 부의 가동장치 제어방법	160
2. 컨트롤러	162
3. 인터페이스	165
4. 제어반 구성과 실험	167
제 7 장 홍고추 꼭지 제거기 개발	171
제 1 절 서설	172
제 2 절 홍고추 꼭지 제거기 설계·제작	173
1. 공급 장치	174
2. 좌우 이송 장치	179
3. 이송 장치	181
4. 절단 장치	183
5. 제어 장치	185
제 3 절 성능 실험	188
1. 재료 및 방법	188
2. 결과 및 고찰	190
3. 요약 및 결론	194
제 8 장 건고추 꼭지 제거기 개발	195
제 1 절 서설	196
제 2 절 건고추 꼭지 제거기 설계·제작	197
1. 공급 장치	198
2. 압축 장치	200
3. 꼭지 분리 장치	202
4. 제어 장치	204
제 3 절 성능 실험	206
1. 재료 및 방법	206
2. 결과 및 고찰	208

3. 요약 및 결론	214
참고문헌	215

제 1 장 서 론

제 1 절 서 론

고추는 벼 다음으로 중요한 경제 작물로 농업총생산액의 5.3%, 재배업 총 생산액의 7.1%, 채소류 생산액의 25%를 차지하고 있다(농림부, 2000). 1999년 기준으로 재배 면적은 전체 채소류 재배 면적의 약 27%에 이르는 80,659 ha이며, 생산량은 436,646 M/T으로 생산량의 약 77% 정도가 고추의 주산단지인 충북·경북·전북·전남 지역에서 생산되고 있다(농림부, 2000).

현재 국내에는 고추 주산단지를 중심으로 대규모 고춧가루 가공공장이 설치되어 운영되고 있다. 처리량은 농협에서 운영중인 8개의 고춧가루 가공공장의 경우 고춧가루 기준으로 연간 약 620톤(농협대학 연구소 분석자료)이며, 11개의 민간업체의 경우 고춧가루 기준으로 연간 약 2000톤('97 가공사업추진 평가보고자료, 농협중앙회)으로, 이를 홍고추 기준으로 환산하면 약 15,000톤으로 전체 생산량의 약 7%를 차지한다.

고춧가루 가공공장에서는 생산 농가에서 건조한 건고추를 원료로 사용하고 있으며, 고춧가루의 품질 향상을 위해 꼭지를 완전히 제거하여 고춧가루를 생산하고 있다. 이를 위해 현재 각 가공 공장에는 건고추용 꼭지 제거기가 개발·보급되어 있다. 그러나 꼭지 제거율이 60% 이하로 매우 낮기 때문에 완전한 꼭지 제거를 위해 많은 인력이 투입되고 있는 실정이다.

남제천 농협에서는 고춧가루뿐만 아니라 홍고추를 원료로 하는 고추장용 고춧가루를 생산하고 있다. 홍고추는 건고추와 비교해 물리적 특성이 다르기 때문에 기존의 건고추용 꼭지 제거기로는 꼭지 제거가 불가능하다. 따라서 위 농협에서는 현재 인력으로 홍고추의 꼭지를 제거하고 있으나 작업의 어려움으로 인한 처리량의 제약과 인건비 부담 등으로 홍고추의 꼭지 제거기 개발을 절실하게 요청하고 있다.

고추는 생산 농가에서 건조된 건고추 상태로 유통되고 있다. 그러나 고추의 전

체 생산비중 건조 작업이 차지하는 비중은 약 50% 정도로 매우 크며, 대부분 인력에 의해 이루어지기 때문에 아주 힘든 작업으로 인식되고 있다. 따라서 고춧가루 가공 공장에서 홍고추를 원료로 구입하여 건조작업을 행한다면 기존 농가에서 건조할 때 발생하는 여러 가지 문제점을 해소할 수 있을 뿐만 아니라 고춧가루 중심의 제품 생산에서 탈피하여 보다 다양한 제품의 생산이 가능할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구는 가공용 홍고추와 건고추의 꼭지를 효과적으로 제거할 수 있는 꼭지 제거기를 개발하고자 수행되었다.

제 2 장 고추의 물리적 특성

제 1 절 서설

현재까지의 고추에 관한 연구를 살펴보면 주로 효과적인 건조장치의 개발을 위한 고추의 건조특성에 관한 연구와 수확기 개발에 필요한 기본적인 물성 측정 에 관한 연구가 주를 차지하였을 뿐 아직까지 가공장치 개발에 필요한 실제적인 고추의 물리적 특성이나 기계적 특성에 관한 연구는 찾아보기 힘들었다.

농산물의 물리적 특성은 운송, 건조, 저장 등을 위한 각종 농산 가공 기계의 설계에 중요한 요소 중의 하나이며, 농산물에 대한 물리적 특성의 구명은 절실히 요구되고 있다. 하지만 이전까지의 농산물의 물리적 특성에 관한 연구는 주로 곡물과 같은 Particle Statics에 국한되어지는 경향이 있었으나 현재는 곡물류뿐 만 아니라 기타 다른 작물의 물리적 특성에 관한 연구도 점차 중요시되고 있다.

본 연구에서는 홍고추 꼭지 제거기 개발에 필요한 물리적 특성들 중 기하학적 형상을 측정하여 꼭지 및 몸통의 기형지수를 정의하고, 꼭지와 몸통의 기형인자가 전개부, 정렬부 및 절단부에서 미치는 영향을 분석하고, 꼭지부와 몸통부 사이의 인장강도 및 절단저항, 그리고 각 표면의 정마찰계수, 함수율 등을 측정하고 이를 바탕으로 가공공장용 꼭지제거기의 성능을 최대로 하기 위한 설계방안을 확립하는데 그 목적을 두었다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 실험 재료

실험에 사용한 홍고추 품종은 대과종에 속하는 녹광으로 함수율은 80~85%(wb)였다. 함수율 측정방법은 오븐건조법을 사용하여 105 ℃, 24시간 동안 건조한 후 중량을 측정하여 이를 함수율로 환산하였다.

2. 실험 장치 및 방법

가. 기하학적 특성

홍고추의 기하학적인 특성을 나타내는 측정 항목을 꼭지부를 기준으로 그림 2-1과 같이 규정하였으며 각 항목의 명칭과 측정 방법은 표 2-1에 나타냈다.

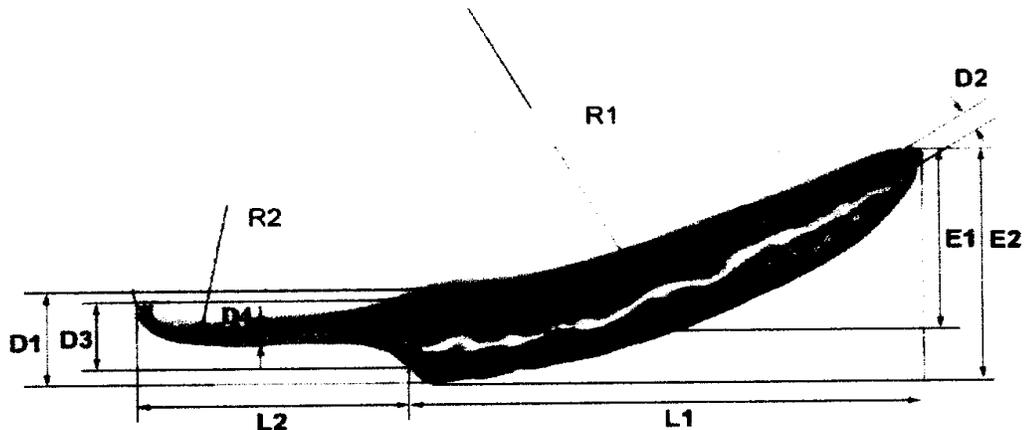


그림 2-1. 홍고추의 기하학적 특성 측정 치수

표 2-1. 홍고추 기하학적 특성 정의

기호	명칭	측정 방법
L ₁	몸통 길이	방안지
L ₂	꼭지 길이	방안지
D ₁	몸통 최대 직경	버니어 캘리퍼스
D ₂	몸통 최소 직경	버니어 캘리퍼스
D ₃	꽃받침 최대 직경	버니어 캘리퍼스
D ₄	꼭지 직경	버니어 캘리퍼스
E ₁	몸통 굽음 길이	버니어 캘리퍼스
E ₂	몸통 최대 굽음 길이	방안지
R ₁	몸통 휨 반경	방안지, AutoCAD
R ₂	꼭지 휨 반경	방안지, AutoCAD
W	중량	전자저울

나. 기계적 특성

인장 및 절단강도를 측정하기 위해 그림 2-2와 같이 물성 분석기(TA-XT2i, Stable Micro Systems)를 사용하였다. 상세한 기계 규격은 표 2-2와 같다.

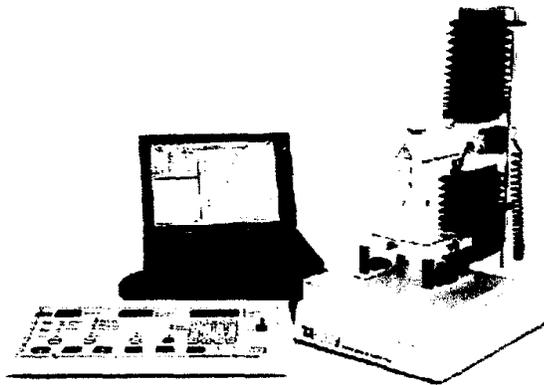


그림 2-2. 물성 분석기(TA-XT 2i)

표 2-2. 물성 분석기 규격

항목	규격
베드 규격	280×395(mm)
베드 높이	660 mm
하중	20 kg
거리 조절 정도	250~0.1 mm
거리 조절 정도	0.0025 mm
속도 조절 범위	10~0.1 mm/s
시간 지연 정도	999999s ~ 0.1 s

1) 인장강도

꼭지와 몸통사이의 인장강도를 측정하기 위해서 꼭지와 몸통을 고정시킬 수 있도록 물성 분석기에 부착할 수 있는 고정 장치를 그림 2-3과 그림 2-4와 같이 제작했다.

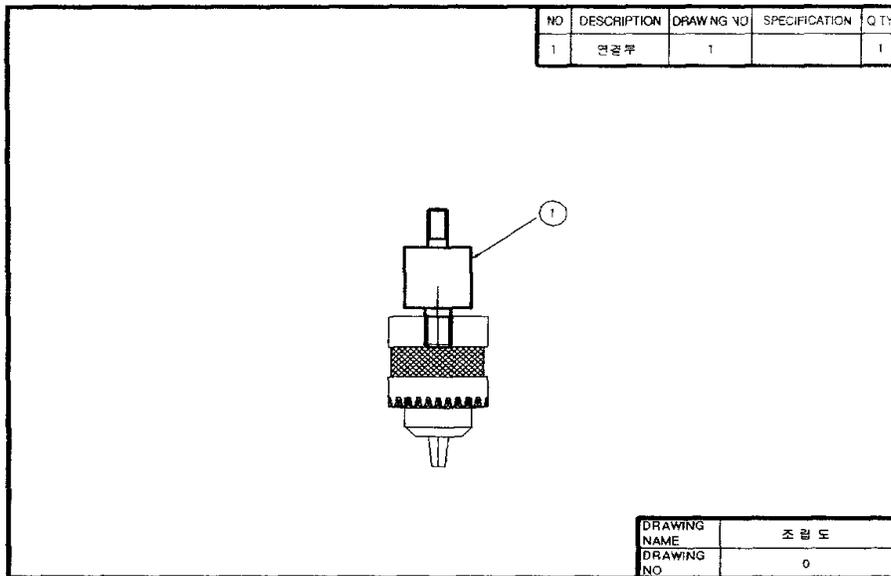


그림 2-3. 꼭지 고정장치

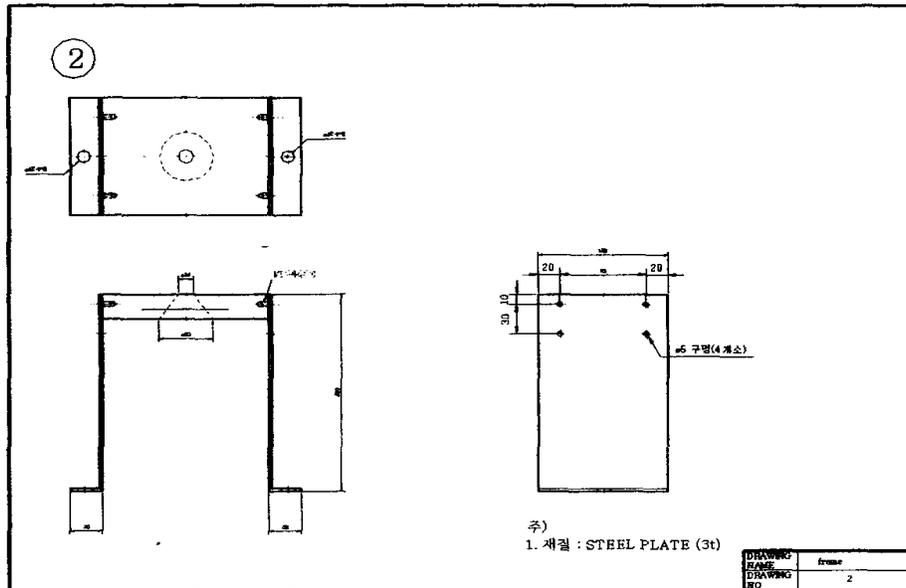


그림 2-4. 몸통 고정 장치

그림 2-5와 같이 고정장치를 이용하여 고추의 꼭지와 몸통을 고정시킨 후 30 mm/min(ASAE S368.3)의 재하 속도로 꼭지와 몸통을 분리시켰다. 40개의 시료를 이용하여 실험하였으며 실험 시 시료의 평균 함수율은 84.9%(wb)였다.

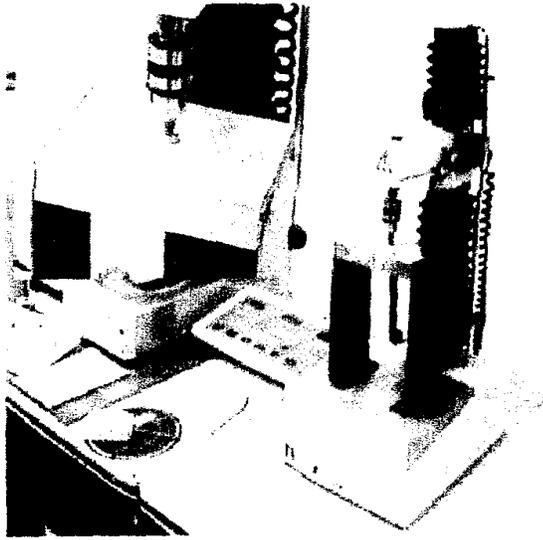


그림 2-5. 인장 실험 장치

2) 절단저항

꼭지와 몸통을 고정시킬 수 있도록 고정 장치를 그림 2-6과 같이 제작하였으며 몸통의 절단저항과 꼭지와 몸통사이의 절단저항으로 나누어 측정하였다. 꼭지와 몸통사이의 절단 저항은 꽃받침과 몸통이 만나는 지점에 절단하였으며 몸통의 절단저항은 몸통의 중간지점을 절단하였다. 절단 칼날은 두께 3 mm, 칼날 각은 80° 였으며 40개의 시료를 이용하여 그림 2-7과 같이 측정하였으며 재하 속도는 5 mm/min(ASAE S459), 평균 함수율은 85.4%(wb)였다.

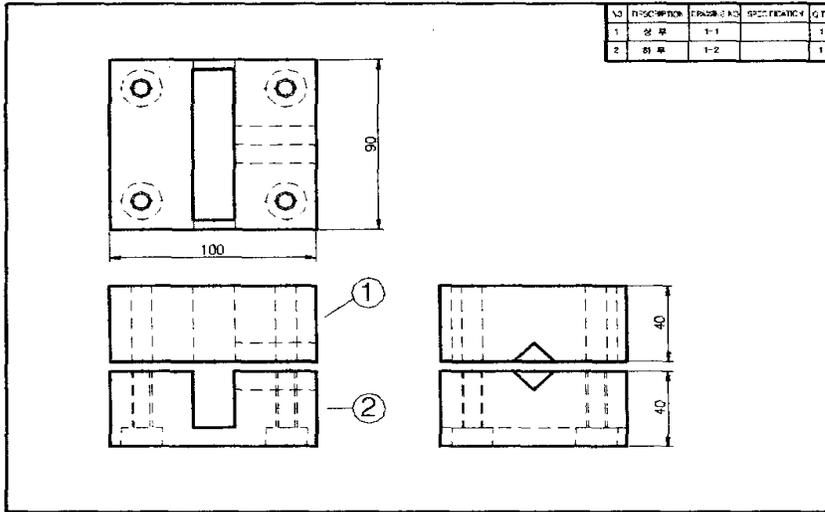


그림 2-6. 몸통·꼭지 고정 장치

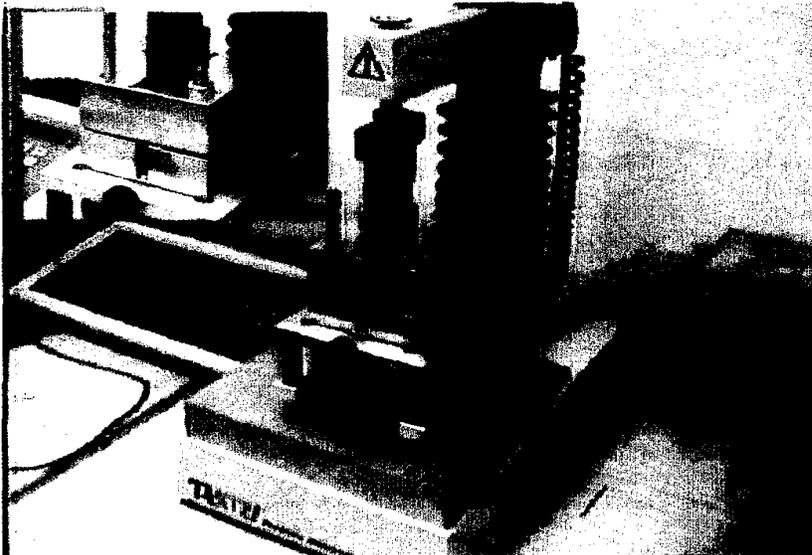


그림 2-7. 절단저항 실험 장치

3) 정마찰계수

그림 2-8과 같이 경사각 조절과 각도측정이 가능한 경사판을 제작하여 경사판 위에 ASAE규정(ASAE D251.1)에 따라 아연도금 강판(합석판 : SBHG-I-R)을 설치한 후 그 위에 고추를 올려놓고 천천히 각도를 증가시켜 최초로 미끄러지는 시점에서 경사판의 각도(θ)를 각 25회씩 측정, 이때의 $\tan \theta$ 값을 정마찰계수로 하였다. 그리고 고무판, 합판, 아크릴판의 정마찰계수를 측정하여 합석판의 경우와 비교해보았다. 합판의 경우 나무결 방향으로 홍고추를 길이방향으로 놓고 실험하였으며 합석판, 아크릴판, 고무판은 실험시작 전과 5개 측정 후 표면의 이물질을 제거하기 위해 면수건으로 표면을 닦아주고 실험하였다. 측정시 평균 함수율은 85%(wb)였다.

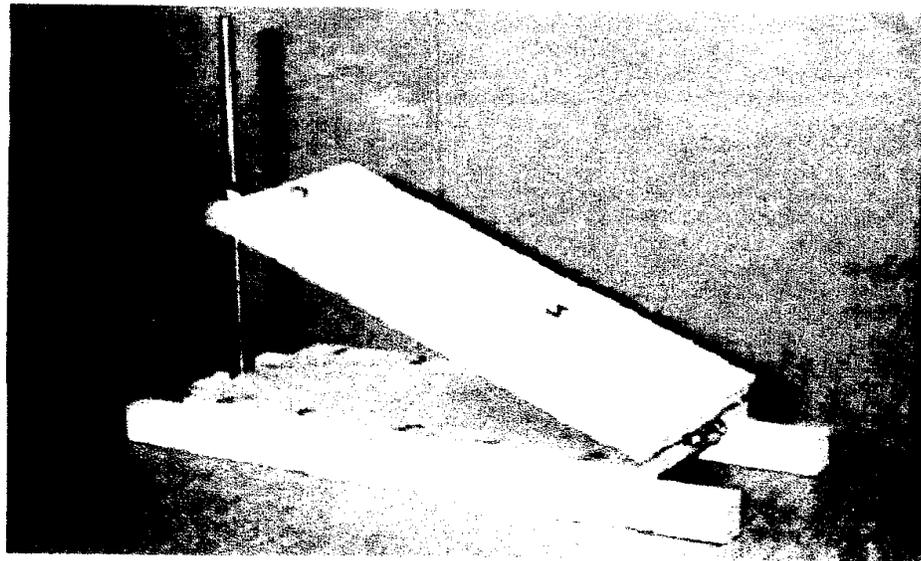


그림 2-8. 정마찰계수 측정 장치

다. 형상인자 지수화

1) 형상인자 지수화를 위한 기하학적 형상 측정

형상인자를 지수화하기 위해 먼저 꼭지 및 몸통의 굽음 정도를 측정하였다. 총 50 kg, 2,789개의 홍고추를 시료로 하여 몸통길이, 몸통굽음길이, 꼭지길이, 꼭지굽음길이, 꼭지부직선길이를 임의로 정의하여 각각을 측정하고, 굽음 정도를 지수화하기 위해 몸통굽음길이/몸통길이, 꼭지굽음길이/꼭지길이, 꼭지부 직선길이/꼭지길이를 지수화하였다. 각 측정부위는 그림 2-9와 같으며 측정항목에 대한 설명은 표 2-3과 같다.

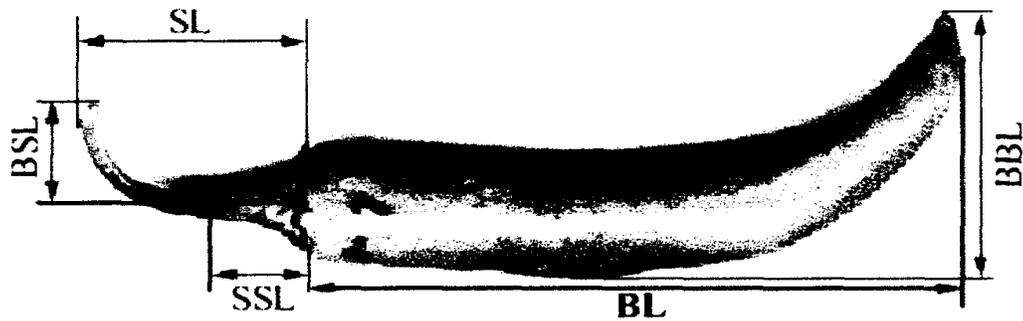


그림 2-9. 홍고추 기형인자 치수

표 2-3. 홍고추 기형인자 치수 정의

항목	Description
몸통 길이(BL)	꽃받침 부에서 몸통 끝까지 길이
몸통 굽음 길이(BBL)	몸통 바닥 부에서 반대편 몸통 끝까지 길이
꼭지 길이(SL)	꽃받침 부에서 꼭지 끝까지 길이
꼭지 굽음 길이(BSL)	꽃받침 중심에서 꼭지 끝까지 길이
꼭지 직선부 길이(SSL)	꽃받침에서 꼭지 직선 부까지 길이

2) 형상인자 지수화를 위한 절단 장치 및 실험방법

형상인자 지수화를 위한 기하학적 형상 측정을 마친 홍고추를 이용하여 절단 실험을 행하였다. 실험에 사용된 절단장치의 구조는 그림 2-10과 같다.

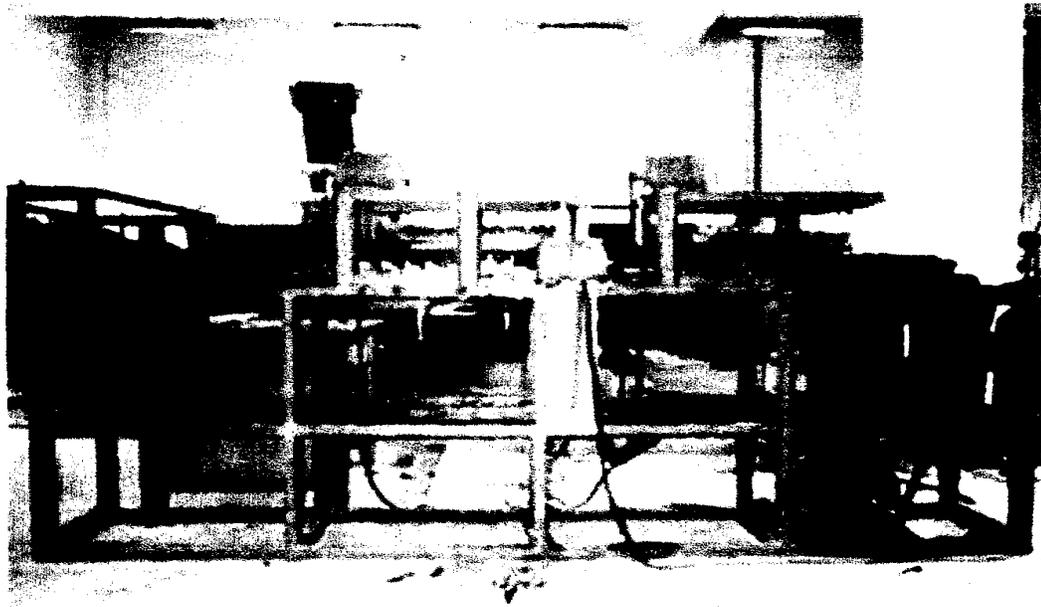


그림 2-10. 꼭지 절단 장치

절단장치의 크기는 3.3(L)×1.1(W)×1.5(H) m 로 총 소요동력은 9마력(PS)이며 90개의 절단가이드와 절단 롤러까지 고추를 이송시켜주는 이송솔과 인장력에 의해 꼭지를 제거하는 절단 롤러로 구성되어있으며 상세한 구조는 그림 2-11과 같다.

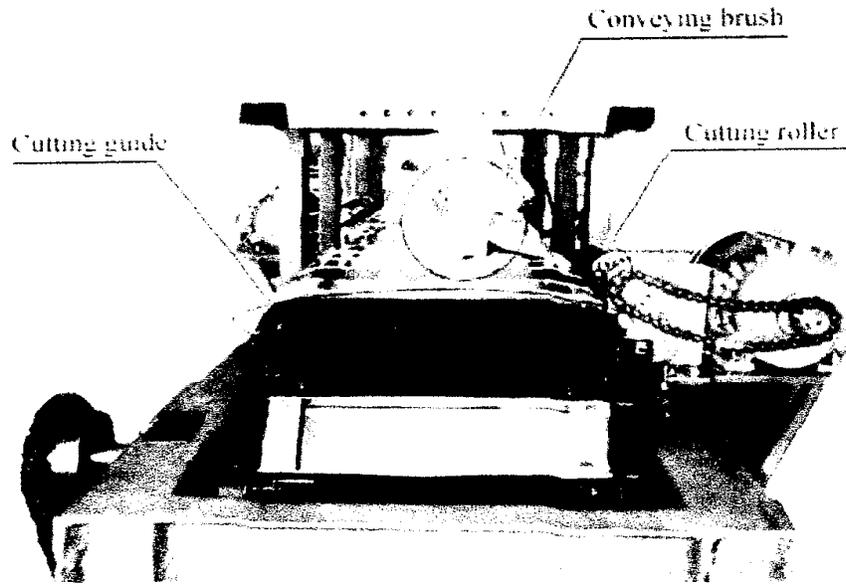


그림 2-11. 꼭지 절단부

먼저 기하학적 형상측정을 마친 홍고추를 식별이 가능하도록 고추 표면에 번호를 기입하고 길이 2 m의 공급용 벨트 컨베이어에서 손으로 약 30 cm 간격으로 5~6개씩 홍고추를 공급하였다. 벨트 컨베이어에 의해 공급된 홍고추는 정렬판을 거쳐 길이방향으로 정렬된 상태로 절단장치의 절단가이드에 투입되고 이송솔에 의해 롤러부까지 이송된다. 이러한 과정을 거쳐 절단장치에서 통과한 홍고추 중 이송솔의 회전에 의해 절단장치 밖으로 튀어나가는 홍고추와 롤러부까지

이송되었으나 롤러에 의해 꼭지가 절단되지 않은 홍고추를 선별하여 각각의 형상측정치를 확인하고 다시 20 kg의 홍고추를 이용하여 1차 투입에서 꼭지가 잘린 것, 꼭지가 잘리지 않은 것, 튀어나온 것으로 분류하고, 꼭지가 잘리지 않은 것과 튀어나온 것을 각각 재투입하여 다시 세 가지로 분류, 잘리지 않은 것과 튀어나온 것의 기하학적 형상을 측정된 후 형상인자의 지수를 분석하여 몸통부 기형과 꼭지부 기형을 판정할 수 있는 한계지수를 설정하였다.

라. 전개 장치에 영향을 끼치는 형상인자 분석실험의 장치 및 방법

몸통과 꼭지의 기형을 판정할 수 있는 각각의 굽음 지수를 이용하여 홍고추를 정상과 기형으로 분류한 다음, 형상인자가 전개장치에 끼치는 영향을 살펴보았다. 전개장치의 구성은 그림 2-12 및 2-13과 같다. 전개장치는 길이 700 mm, 폭 235 mm의 전개판, 편심캠, 모터로 구성된 진동장치로 구성하였으며 경사각 0~180° 까지 조정할 수 있도록 제작하였다. 홍고추를 각각 2 kg씩 정상과 기형으로 분류하고, 분류한 정상고추와 기형고추를 컨베이어 벨트로 전개판까지 연속적으로 투입하여 고추가 최초로 전개판에 투입된 시간과 마지막으로 투입된 고추가 전개판을 통과할 때까지의 시간을 측정하여 정상고추와 기형고추의 전개판 통과 시간을 비교하였다. 이 때 투입량을 조절하기 위해 컨베이어 이송속도를 0.06~0.11 %으로 변화시켰으며 전개판 경사각을 10° 와 20° 그리고, 진동수를 6.7 Hz, 7.5 Hz, 8.3 Hz로 조정하였다. 측정 중 고추들간의 상호운동에 의한 얽힘으로 적체되어 전개 또는 이송이 안될 경우 '전개 불량'으로 정의하였다.

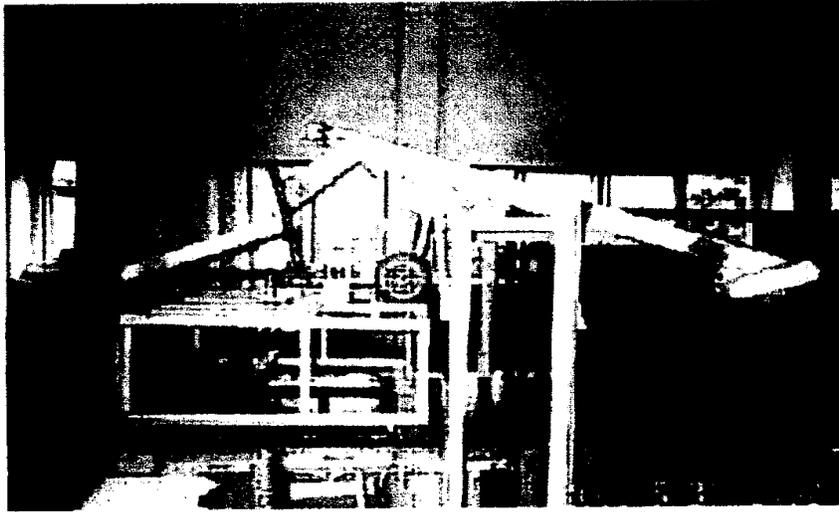


그림 2-12. 전개 장치(측면)

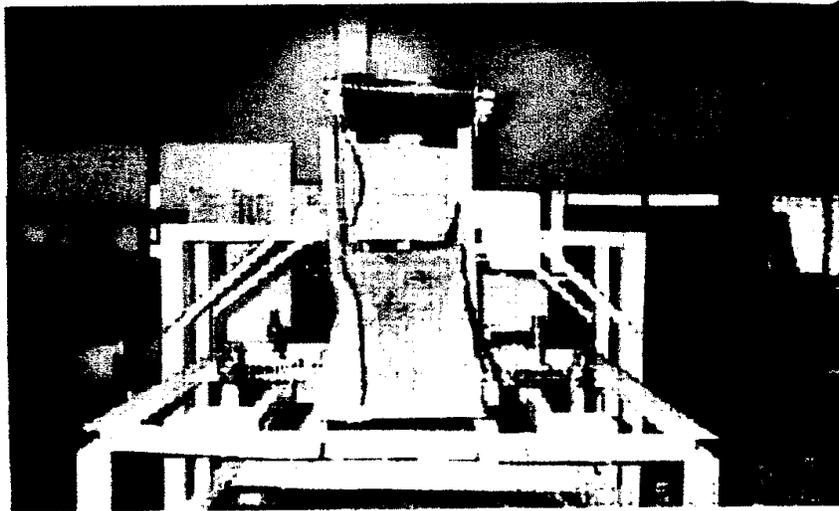


그림 2-13. 전개 장치(전면)

다. 정렬장치에 영향을 끼치는 형상인자 분석 실험의 장치 및 방법

정렬장치에 영향을 주는 형상인자를 분석하기 위한 측정장치의 구성은 그림 2-14 및 2-15와 같다. 정렬장치는 길이 700 mm, 폭 235 mm, 홈각이 48° 로 된 2줄 V자형 정렬판과, 편심캠과 모터로 구성된 진동장치로 되어 있으며, 경사판은 0~180° 까지 조정 가능하도록 제작하였다. 전개장치와 마찬가지로 홍고추 및 건고추를 정상과 기형으로 각 2 kg 씩 분류하고, 이들 고추를 컨베이어 벨트로 정렬판에 연속 투입하여, 정렬판에 정렬된 고추가 절단부의 공급상자까지 이송되어 절단부를 완전히 통과할 때까지의 시간을 측정하여 정상과 기형고추의 통과시간을 비교하였다. 투입량을 조절하기 위해 컨베이어 이송속도를 0.06~0.1 %에서 변화시켰으며, 정렬판 경사각은 20° 와 30° , 정렬판 진동수는 6.7 Hz, 7.5 Hz, 8.3 Hz의 3단계로 변화시켜 각각 측정하였다. 측정 중 적체 또는 이송 불량일 때는 '정렬 불량'으로 정의하였다.

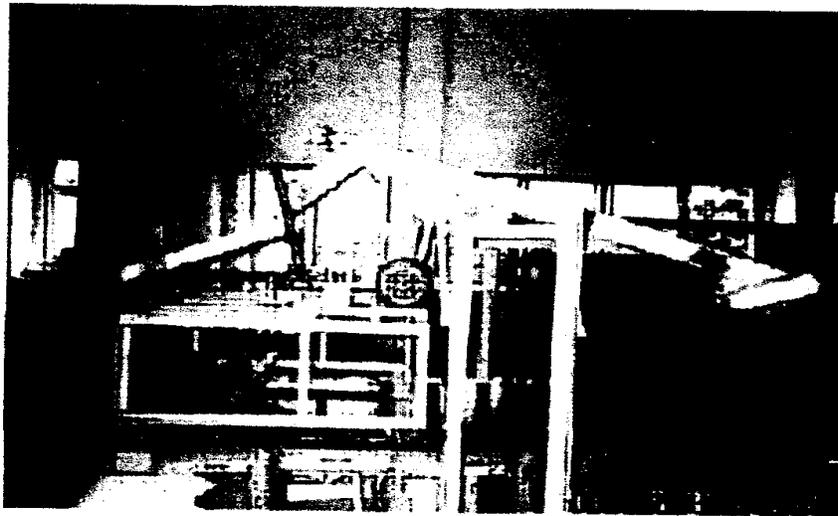


그림 2-14. 정렬 장치(측면)

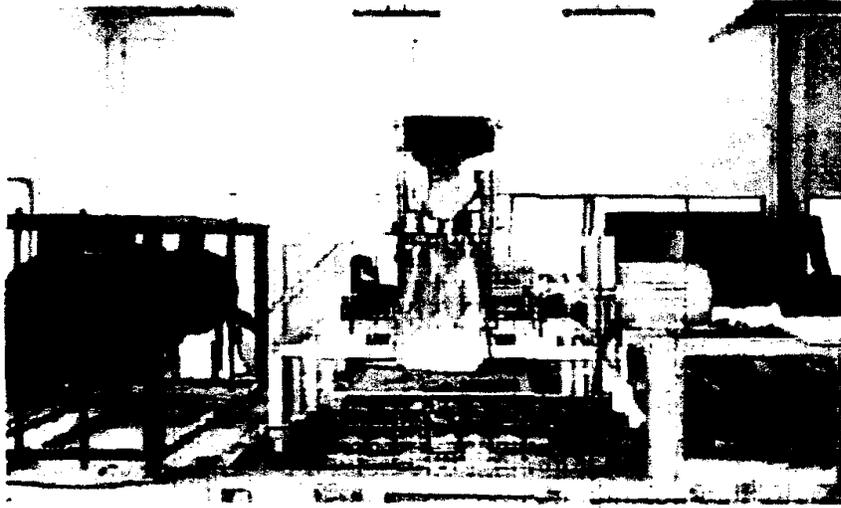


그림 2-15. 정렬 장치(전면)

바. 홍고추·건고추의 중량비

1) 재료 및 방법

가) 실험 재료

실험에 사용된 홍고추는 진주 인근 노지에서 재배·수확된 대과종인 녹광을 사용하였다. 실험 당일 농협에서 공판된 고추를 구입하였다. 건고추는 진주 인근 노지에서 재배·수확·건조된 대과종인 녹광을 사용하였다.

나) 실험 방법

홍고추의 경우 100개 시료의 과피와 꼭지를 손으로 분리하였다. 분리된 과피와 꼭지 각각의 중량을 전자 저울($1,000\text{g} \pm 0.01\text{g}$)로 측정하였다. 측정된 중량을 기준으로 전체 중량에 대한 꼭지와 과피의 중량비를 계산하였다. 건고추의 경우는 100개 시료의 과피와 꼭지를 손으로 분리한 후 과피를 길이 방향으로 절개하고 씨를 분리하였다. 분리된 꼭지, 씨, 과피 각각의 중량을 전자 저울($1,000\text{g} \pm 0.01\text{g}$)로 측정하였다. 측정된 중량을 기준으로 전체 중량에 대한 꼭지, 씨, 과피의 중량비를 계산하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 기하학적 특성

총 145개의 시료를 이용하여 꼭지부를 기준으로 홍고추의 기하학적 특성을 살펴본 결과는 표 2-4와 같다. 표에서 각 측정값의 편차가 매우 크다는 것을 알 수 있다. 이는 동일 품종, 동일 재배지역에서 생산된 고추간에도 형상의 차이가 크며, 생산시기에 따라서도 그 차이가 크다는 것을 나타내고 있다. 형상측정치의 최대값을 살펴보면 몸통길이는 158.0 mm, 최대직경은 26.9 mm, 꽃받침 최대지름은 22.0 mm, 몸통부 중심선에서 최원점까지 거리는 89.0 mm, 중량은 31.9 g 등이었다.

표 2-4. 홍고추의 기하학적 특성

항목	L1 (mm)	L2 (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	D4 (mm)	E1 (mm)	E2 (mm)	R1 (mm)	R2 (mm)	W (g)
최대	158.0	74.0	26.9	9.7	22.0	5.1	89.0	99.0	775.7	102.8	31.9
최소	63.0	12.0	11.3	3.0	8.6	1.8	6.0	15.0	34.0	2.0	6.7
평균	118.2	43.6	18.9	4.9	15.0	3.0	41.0	51.1	166.3	19.3	17.6
표준 편차	18.7	10.9	2.3	1.0	1.9	0.71	20.8	20.4	113.5	17.6	4.2

몸통과 꼭지 사이의 길이 비를 살펴보면 표 2-5와 같다. 대체적으로 몸통과 꼭지는 각각 전체길이(L1+L2)의 약 70%와 30%를 차지했다. 전체길이는 150~200 mm 사이에서 많이 나타났으며 최대값은 205 mm를 나타냈다.

표 2-5. 홍고추의 몸통 꼭지 길이 비

항목	L1+L2(mm)	L1/(L1+L2)	L2/(L1+L2)	L2/L1
최대	205.0	0.9	0.5	1.0
최소	92.0	0.5	0.1	0.1
평균	161.8	0.7	0.3	0.4
표준편차	20.0	0.1	0.1	0.1

2. 기계적 특성

가. 인장강도

평균 함수율 84%에서의 꼭지부와 몸통부 사이의 인장강도 측정결과는 표 2-6과 같다. 최대 88.1 N, 최소 32.2 N으로 측정값의 편차가 크게 나타났다. 꼭지부와 몸통부를 분리시키기 위한 평균 인장력은 50.7 N이 필요했다.

표 2-6. 홍고추의 인장 강도

항목	인장력(N)
최대	88.1
최소	32.2
평균	50.7
표준편차	12.4

나. 절단저항

홍고추의 꼭지와 몸통사이의 절단저항과 몸통부의 절단저항은 표 2-7과 같이 나타났다. 인장강도와 마찬가지로 측정값의 편차가 크게 나타났으며 몸통부의 절단저항이 꼭지와 몸통사이의 절단저항에 비해 높은 절단저항을 나타냈다. 홍고추의 꼭지와 몸통사이의 절단저항은 최대 92.1 N, 몸통부의 절단저항은 최대 94.9 N으로 나타났다.

표 2-7. 홍고추 절단 저항

항목	절단저항(N)	
	꼭지-몸통 연결부	몸통부
최대	92.1	94.9
최소	18.1	40.9
평균	43.2	60.5
표준편차	15.8	11.6

다. 정마찰계수

각 마찰표면에서의 홍고추의 정마찰계수 측정결과는 표 2-8과 같다. 마찰계수는 고무판에서 제일 큰 값을 나타냈고, 합판에서 제일 작은 값을 나타냈다. 각 표면에서의 평균 정마찰계수를 살펴보면 합석판에서는 0.62, 합판에서는 0.3, 그리고 고무판에서는 0.99로 나타났으며 아크릴판에서는 0.59를 나타냈다.

표 2-8. 홍고추 정마찰계수

항목	합석판	합판	고무판	아크릴판
최대	0.78	0.40	1.19	0.75
최소	0.49	0.21	0.81	0.49
평균	0.62	0.30	0.99	0.59
표준편차	0.07	0.04	0.10	0.06

3. 형상인자 지수화

가. 형상인자 지수화를 위한 기하학적 형상 측정

50 kg의 시료를 가지고 측정한 홍고추의 기하학적 형상 측정의 결과는 표 2-9와 같다. 몸통길이는 최대 180.0 mm, 최소 12.0 mm, 몸통 굽음길이는 최대 125.0 mm, 최소 1.0 mm, 꼭지길이는 최대 144.0 mm, 최소 12.0 mm, 꼭지 굽음길이는 최대 67 mm, 최소 0.0 mm, 꼭지부 직선길이는 최대 76 mm, 최소 0.0 mm로 측정되었으며, 몸통굽음길이/몸통길이의 비와 꼭지굽음길이/꼭지길이의 비는 각각 평균 0.47과 0.32를 나타냈다.

표 2-9. 홍고추 기하학적 형상 특성

항목	BL (mm)	SL (mm)	BBL (mm)	BSL (mm)	SSL (mm)	BBL/BL	BSL/SL
최대	180	144	125	67	76	3.33	3.20
최소	12	12	1	0	0	0.01	0.00
평균	103.4	47.3	43.5	13.6	21.6	0.47	0.32
표준편차	24.2	11.4	20.4	9.0	12.8	0.34	0.29

나. 형상인자 지수화를 위한 절단 실험

절단장치는 꼭지의 굽음 상태가 심해 롤러에 꼭지가 물리지 못하거나, 혹은 절단 가이드의 안쪽 벽면에 걸려 밖으로 꼭지가 나오지 못하는 꼭지 굽음의 문제와 몸통의 굽음이 심해 고속으로 회전하는 이송 솔에 의해 절단 가이드 밖으로 튀어나거나 절단 가이드 내에 홍고추가 바닥에 안정되게 놓이지 못하고 측벽에 걸쳐있는 경우와 같은 몸통굽음의 문제 등으로 인해 많은 영향을 받는다.

홍고추가 절단장치에 투입되었을 때, 꼭지가 잘린 것과 꼭지가 잘리지 않은 것, 그리고 이송 솔에 의해 절단 가이드 밖으로 튀어나온 것의 기하학적 형상을 나타낸 것은 표 2-10과 같다.

꼭지가 절단되지 않은 경우의 꼭지 길이와 꼭지 직선부 길이는 절단된 경우에 비하여 각각 6.4 mm 와 4.9 mm가 더 짧게 나타났으며, 꼭지 굽음을 나타내는 꼭지굽음길이/꼭지길이 비는 절단되지 않은 경우가 절단된 경우보다 0.16만큼 더 크게 나타났다. 이는 절단 가이드에 투입된 고추의 꼭지 길이와 기형 정도가 절단율에 많은 영향을 끼친다는 사실을 나타내는 것이다. 반면에 몸통 기형을 나타내는 몸통굽음길이/몸통길이 비는 두 경우가 큰 차이가 없는 것으로 나타나, 몸통 기형은 꼭지 절단에 큰 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다.

절단 가이드 밖으로 튀어나간 경우의 몸통 굽음을 나타내는 몸통굽음길이/몸통길이 비는 튀어나간 것과 절단된 것의 차이가 0.18로 나타나 절단 가이드에 투입된 고추가 밖으로 튀어나가는 현상은 꼭지기형에 비하여 몸통 기형에 의해 더 많은 영향을 받는 것을 알 수 있었다.

표 2-10. 홍고추 형상 인자별 절단 성능

항목		BL (mm)	SL (mm)	BBL (mm)	BSL (mm)	SSL (mm)	BBL/BL	BSL/SL
절단	평균	108.9	50.2	38.5	10.5	24.8	0.40	0.22
	표준편차	21.8	3.7	5.9	2.5	3.8	0.18	0.07
미절단	평균	108.4	43.8	42.6	14.9	19.9	0.42	0.38
	표준편차	16.8	2.5	5.2	2.5	2.2	0.07	0.05
이탈	평균	98.8	47.7	52.0	15.7	20.6	0.58	0.37
	표준편차	18.0	3.0	6.0	3.3	1.6	0.14	0.07

이상과 같이 기형 정의를 위한 기하학적 형상 측정과 형상인자 지수화를 위한 절단 실험결과를 정리 해보면, '몸통 굽음길이/몸통길이'와 '꼭지 굽음길이/꼭지길이'는 각각 홍고추의 몸통부 굽음과 꼭지부 굽음을 판별하는 지수로 사용할 수 있으며, 실험결과 몸통 굽음 지수는 0.4, 꼭지 굽음 지수는 0.3을 기형 판단의 한계 지수로 보고 이 지수 이상의 값을 갖는 홍고추는 몸통부 기형 및 꼭지부 기형으로 정의할 수 있었다. 측정 자료를 이 지수를 이용, 분석해본 결과, 실험에 사용한 전체 홍고추 중 47.0% 및 40.0%가 각각 몸통부 기형과 꼭지부 기형으로 나타났다. 그리고 꼭지와 몸통 모두 기형인 것은 20.0%로 나타났다. '절대길이/꼭지길이'는 절단 롤러에 투입되어 절단될 수 있는 꼭지부 길이특성을 나타내는 지수로 이 값이 크면 롤러에 투입이 용이할 것으로 예상되었으나 실험의 결과 절단율은 절대길이와는 관계없이 꼭지 끝 부분의 휨이나 형상에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

4. 전개장치에 영향을 끼치는 기형인자 분석

홍고추를 각 실험 조건하에서 전개장치에 투입하여 전개속도를 측정해 본 결과는 표 2-11과 같다. 표에서 나타난 정상과 기형 구분은 절단 실험에서 구한 꼭지 및 몸통 굽음 지수를 이용하여 분류하였다. 공급속도는 컨베이어의 이송속도를 의미하며, 투입시간은 고추가 공급 벨트컨베이어에서 전개판에 최초로 떨어지기 시작한 시점부터 마지막 고추가 전개판에 떨어지는 시점까지의 시간을 나타내고, 배출시간은 최초로 고추가 전개판에 떨어지는 시점에서부터 마지막 고추가 전개판을 벗어날 때까지 걸린 시간을 나타낸다.

전개 장치에서의 홍고추의 처리상태는 표 10과 같이 경사각 10° 에서는 정상고추와 기형고추 모두 거의 이송이 불가능했다. 특히 모든 이송속도에서 전개판 진동수 8.3 Hz에서는 고추가 정지상태에 있었다. 경사각 20° 에서는 정상고추와 기형고추 거의 대부분 전개판의 투입에서 배출까지 2~4초 정도의 소요시간을 나타냈으며, 정상과 기형에 있어서의 별다른 차이점은 없었다. 또 공급속도가 빨라질수록 조금씩 적체되는 경향이 보였으나 배출에는 문제가 없었다.

표 2-11. 홍고추 형상 인자별 전개 속도

경사각 (°)	공급 속도 (m/s)	진동수 (Hz)	정상고추			기형고추		
			투입시간 (초)	배출시간 (초)	처리량 (kg/h)	투입시간 (초)	배출시간 (초)	처리량 (kg/h)
10°	0.06	6.7	전개 불량			전개 불량		
		7.5	92	105	68.6	84	170	42.4
		8.3	전개 불량			전개 불량		
	0.08	6.7	전개 불량			전개 불량		
		7.5	73	133	54.1	전개 불량		
		8.3	전개 불량			전개 불량		
	0.1	6.7	전개 불량			전개 불량		
		7.5	48	77	93.5	전개 불량		
		8.3	전개 불량			전개 불량		
20°	0.06	6.7	115	118	61.0	전개 불량		
		7.5	106	110	65.5	94	96	75.0
		8.3	106	109	66.5	93	96	75.0
	0.08	6.7	73	77	93.5	71	79	91.1
		7.5	81	83	87.7	78	118	61.0
		8.3	75	78	92.3	82	86	83.7
	0.1	6.7	63	67	107.5	67	70	102.9
		7.5	59	62	116.1	63	66	109.1
		8.3	61	65	110.8	72	79	91.1
	0.11	6.7	52	55	130.9	55	60	120.0
		7.5	51	54	133.3	54	60	120.0
		8.3	52	55	130.9	57	78	92.3

5. 정렬장치에 영향을 끼치는 기형인자분석

홍고추를 각 실험 조건하에서 정렬판에 투입하여 정렬 및 이송시간을 측정해 본 결과는 표 2-12와 같다. 홍고추의 이송시간을 살펴보면 경사도 20° 에서는 정상과 기형 모두 이송이 거의 불가능했으며 정상과 기형의 차이점을 발견하기가 어려웠다. 정상과 기형에 관계없이 공급량이 많아진다면지 특정진동수(8.3 Hz)에서는 모두 이송이 안 되는 경우가 발생했다. 경사도 30° 의 경우 정상과 기형 모두 이송에는 문제가 없었고 대체적으로 비슷한 이송속도 차를 보였으나, 공급속도 0.06 %와 0.08 %에서 진동수 8.3 Hz인 구간에서는 기형고추의 정렬판 이송시간이 급격히 증가했다. 그리고 이송속도 0.1 % 진동수 6.7 Hz에서도 기형고추의 이송시간이 더 긴 것으로 나타났는데 이는 많은 공급량으로 인해 고추가 엉켜 적체가 되었으나 낮은 진동수에서는 높은 진동수일 때에 비해 기형고추의 엉킴을 풀어내는데 좀더 많은 시간이 소요되는 것 때문으로 사료된다.

표 2-12. 홍고추 형상 인자별 정렬·이송 시간

경사각 (°)	공급 속도 (m/s)	진동수 (Hz)	정상고추			기형고추		
			투입 시간 (초)	배출 시간 (초)	절단부투입 이송시간 (초)	투입 시간 (초)	배출 시간 (초)	절단부투입 이송시간 (초)
20°	0.06	6.7	정렬 불량			112	197	105
		7.5	109	197	205	정렬 불량		
		8.3	정렬 불량			정렬 불량		
	0.08	6.7	71	208	215	60	206	220
		7.5	74	185	193	정렬 불량		
		8.3	정렬 불량			정렬 불량		
	0.1	6.7	정렬 불량			77	132	145
		7.5	60	190	198	67	208	219
		8.3	정렬 불량			정렬 불량		
30°	0.06	6.7	85	95	103	90	98	112
		7.5	88	98	106	91	98	112
		8.3	85	90	98	94	114	129
	0.08	6.7	58	67	75	55	69	80
		7.5	57	70	78	58	69	89
		8.3	58	65	77	59	84	96
	0.1	6.7	53	60	68	44	64	80
		7.5	51	64	72	58	68	81
		8.3	54	72	81	53	74	85

6. 홍고추 · 건고추의 중량비

홍고추 1개의 중량에 대한 꼭지와 과피의 중량비 결과는 표 2-13과 같다. 표에서 고추 1개의 중량 중 과피는 약 93.2%를 꼭지는 약 6.8%를 차지하는 것으로 나타났다.

표 2-13. 홍고추 꼭지와 과피의 중량비

항목	평균(%)	표준편차(%)	최대값(%)	최소값(%)
꼭지	6.80	1.96	13.20	3.00
과피	93.20	1.96	97.00	86.80

건고추 1개의 중량에 대한 꼭지, 씨, 과피의 중량비는 표 2-14과 같다. 표에서 건고추 1개의 중량 중 꼭지는 약 9%, 씨는 약 21%, 과피는 약 70% 정도 차지하는 것을 알 수 있다.

표 2-14. 건고추 꼭지, 씨, 과피 중량비

항목	평균(%)	표준편차(%)	최대값(%)	최소값(%)
꼭지	8.35	3.31	25.36	3.81
씨	21.90	6.15	31.00	4.61
과피	69.75	5.73	90.00	58.30

제 4 절 요약 및 결론

이상과 같이 홍고추 꼭지 제거기 개발에 필요한 물리적 특성들과 꼭지 및 몸통의 굽음지수를 정의하고, 꼭지와 몸통의 형상인자가 전개부, 정렬부 및 절단부에서 미치는 영향을 분석하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 동일 품종, 동일 재배지역에서 생산된 홍고추 간에도 형상 및 기계적 특성의 차이가 크게 나타났으며 수확시기에 따라서도 차이가 컸다.
2. 대체적으로 몸통과 꼭지는 각각 전체길이의 약 70%와 30%를 차지했다.
3. 꼭지와 몸통을 분리시키기 위한 최대 인장력은 88.1 N이 필요하였고, 꼭지와 몸통사이의 최대 절단 저항은 92.1 N, 몸통부의 최대 절단 저항은 94.9 N으로 나타났다.
4. 홍고추의 정마찰계수는 고무판, 합석판, 아크릴판, 합판의 순으로 각각 0.90, 0.62, 0.59, 0.30을 나타냈다.
5. 홍고추의 최대 몸통길이는 180.0 mm, 최대 몸통굽음길이는 125.0 mm, 최대 꼭지 길이는 144.0 mm, 최대 꼭지 굽음길이는 67.0 mm, 꼭지부 최대 절대길이는 76.0 mm로 나타났다.
6. 절단실험을 통해 꼭지굽음은 꼭지 절단율에 영향을 미치는 것을 알 수 있었고 몸통굽음은 이송솔에 의해 절단가이드 밖으로 튀어나가는데 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.
7. ‘몸통굽음길이/몸통길이’와 ‘꼭지굽음길이/꼭지길이’는 각각 홍고추의 몸통부 기형과 꼭지부 기형을 판별하는 지수로 사용할 수 있으며, 실험결과 기계적 처리가 어려울 것으로 판단된 몸통 굽음 지수는 0.4 이상, 꼭지 굽음 지수는 0.3 이상으로 이들 지수 이상의 것을 ‘기형’으로 지수 이하의 것을 정상으로 정의하였다.

8. 전개 장치에서의 홍고추의 처리상태는 경사각 10° 에서는 정상고추와 기형고추 모두 거의 이송이 불가능했고, 특히 진동수 8.3 Hz에서는 고추가 정지상태에 있었다. 경사각 20° 에서는 정상과 기형 모두 비슷한 경향을 보였으나, 기형고추의 경우 공급속도가 빨라질수록 조금씩 적체되는 경향이 보였다.
9. 정렬장치에 있어서 경사도 20° 에서는 정상과 기형 모두 이송이 거의 불가능했으며 정상과 기형의 차이점을 발견하기가 어려웠다. 경사도 30° 의 경우 공급속도 0.06 %와 0.08 %에서 진동수 8.3 Hz인 구간에서는 기형고추의 정렬판 내 이송시간이 급격히 증가했다.
10. 고추 중량비를 계산한 결과 홍고추 1개의 중량 중 과피는 약 93.2%를 꼭지는 약 6.8%를 차지하는 것으로 나타났으며, 건고추 1개의 중량 중 꼭지는 약 9%, 씨는 약 21%, 과피는 약 70% 정도 차지하는 것으로 나타났다.

제 3 장 공급 기구 개발

제 1 절 서설

기계적인 방식으로 고추(건고추·홍고추)를 처리하기 위해서는 산물 상태로 공급된 고추를 날개의 상태로 시간에 따라 일정하게 공급시켜주는 공급 장치의 개발이 필요하다. 특히 본 연구에서처럼 길이 방향으로 고추를 정렬시켜 꼭지를 제거하는 꼭지 절단 기구 방식에서는 공급 장치의 성능이 전체 꼭지 절단율에 직접적으로 영향을 미치게 된다.

고추(홍고추·건고추)의 꼭지를 절단하기 위해서는 박층으로 전개된 원료를 길이 방향으로 정렬하여 꼭지 절단 정치로 공급시켜야 한다. 이때 꼭지부가 이송 방향의 앞쪽 또는 뒤쪽으로 방향성을 가질 필요는 없지만 서로 겹치지 않도록 해야한다. 이를 위해서는 산물 상태로 공급된 고추를 적절한 방법으로 전개시켜 주어야 하며, 전개된 고추의 일정량이 연속적으로 정렬 및 절단 장치로 이송되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 후층으로 적재된 고추를 박층으로 전개시키기 위한 적절한 공급 장치를 개발·제작하고 실험을 통하여 적절한 작동 조건을 알아보고자 하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 수평식 진동 공급 장치

가. 실험재료

- 홍고추 : 진주시 대곡면에서 생산된 녹광(대과종), 함수율 85~87%(wb)
- 건고추 : 홍고추를 자연 건조하여 사용(대과종), 함수율 13.5~14.0%(wb)

나. 실험방법

1) 실험 장치

실험 장치는 그림 3-1과 같은 진동판을 제작하여 실험하였다. 제작된 진동판은 전동기의 위치를 바꾸어 상하 진동과 전후 진동을 발생할 수 있게 되어있으며, 진동판의 규격은 1000mm(가로)×780mm(세로)로 표면에 함석판을 장착하여 전개 실험을 행하였다.

2) 실험 방법

전개 실험은 함수율 2수준(홍고추, 건고추), 진동방식 2수준, 진폭 5수준, 진동수 5수준에서 3회 반복으로 하였다. 상세한 실험조건은 표 3-1과 같다. 진폭은 5 종류의 편심캠을 사용하여 변화시켰다. 진동수는 인버터를 사용하여 전동기 회전수를 조절, 변화시켰는데 실험 조건에 따라 시료가 정렬 가능한 범위 내에서 실험하였다.

전개 성능은 임의로 추출한 고추 50개를 벨트컨베이어로 진동판 상부에 이송시켜 전개 길이(가로, 세로), 전개 시간, 전개 불량 수(박층 전개되지 않은 시료 수)를 측정하여 나타냈다.

표 3-1. 실험 조건

구분	실험 내용	비고
진동방식	2수준 (상하, 전후 진동)	
진폭	5수준 (1, 2, 3, 4, 5 mm)	
전동기회전수	2 ~ 6수준 (정렬 가능한 조건에서 실험)	
함수율	2수준 (홍고추, 건고추)	

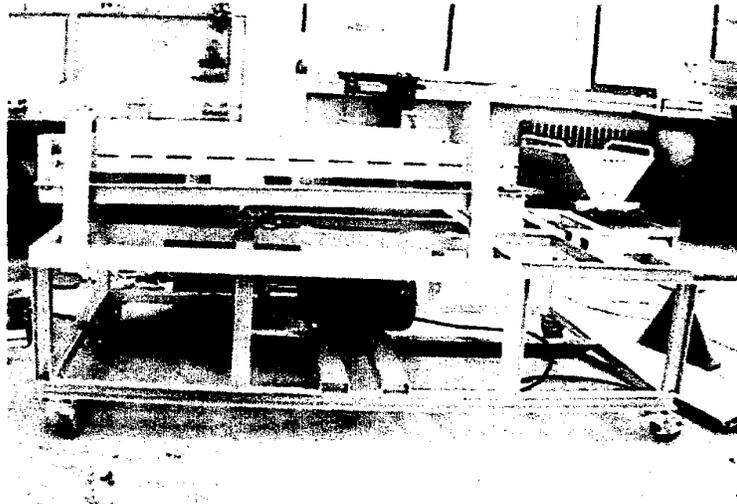


그림 3-1. 제작된 진동판 전면부

2. 경사식 진동 공급 장치

가. 실험재료

실험에 사용한 시료는 홍고추의 경우 진주시 대곡면에서 생산된 대과종인 녹광으로 함수율 80~85%인 것을 실험시 구입하여 사용하였으며, 건고추는 안동 일직 고춧가루 가공공장에서 사용하고 있는 함수율 15~30%인 건고추를 사용하였다.

나. 실험방법

1) 실험장치

그림 3-2와 3-3은 실험에 사용한 전개판의 모습을 나타낸다. 제작된 전개판의 규격은 235(가로)×700(세로) mm로 표면에 함석판을 장착하였으며, 함석판은 L자형 프레임으로 고정을 하였고, 이 프레임의 모서리 부분에 스프링을 연결하여 함석판이 고정될 수 있도록 하였다. 전개판의 진동방식은 전후진동으로 하였으며 경사는 10~40°까지 변화시킬 수 있도록 하였다. 고추 투입구는 넓게 하여 고추가 충분히 전개될 수 있도록 하였고, 고추 배출부는 고추가 1~3개 정도로 배출될 수 있도록 폭을 100 mm로 하였다. 그림 3-4는 일정량의 고추를 연속 공급하기 위해 제작한 벨트컨베이어다. 이 벨트 위에 높이 20 mm, 길이 100 mm의 턱을 300 mm간격으로 만들어 일정량의 고추를 공급할 수 있도록 하였다.

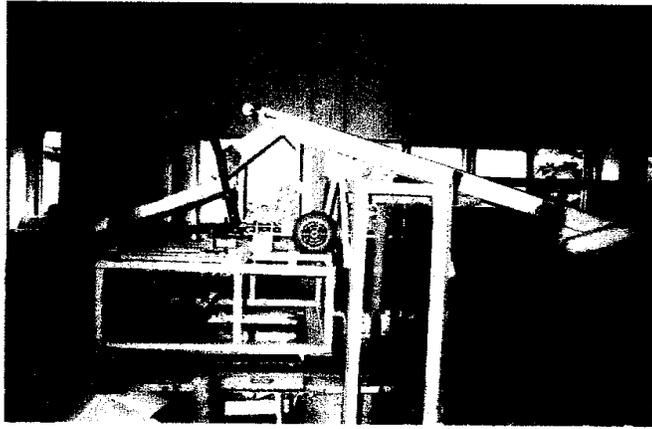


그림 3-2. 전개판(측면)

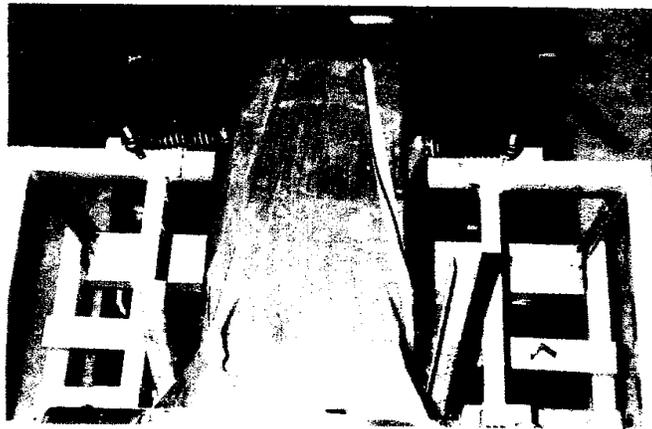


그림 3-3. 전개판(정면)

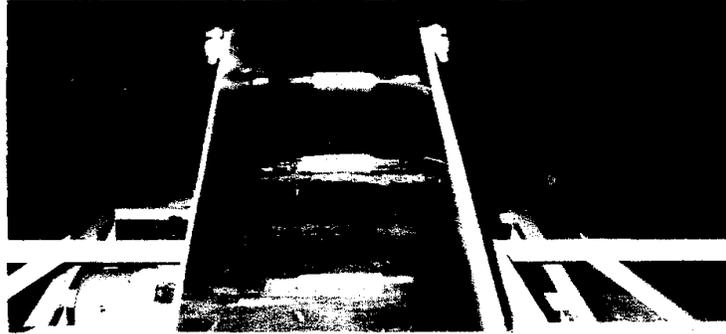


그림 3-4. 고추 공급용 벨트컨베이어

2) 실험조건

실험은 함수율 2수준(홍고추, 건고추), 진동수 3수준, 경사 2수준으로 하였다. 진동수는 수평판식 진동공급장치 실험에서 나타난 최적 전개 조건인 전후진동, 진동수 7.5~8.3 Hz를 기준으로 하였으며, 진동판의 경사는 임의로 실험을 하여 전개 가능한 경사를 설정하여 실험을 하였다. 상세한 실험 조건은 표 3-2와 같다.

시료 공급은 일정량의 고추를 공급할 수 있도록 한 컨베이어 벨트 위에 홍고추의 경우는 4 kg, 건고추는 1 kg을 사람이 고르게 펼쳐놓아 연속 공급이 되도록 하였다. 공급된 고추는 전개판에서 박층 전개된 상태로 정렬장치로 이송하게 되는데, 각 조건(공급량, 진동수, 경사)에 따라 벨트에서 공급해 주는 시간과 전개판이 공급된 고추를 처리하는 시간을 측정하였으며, 고추가 전개된 상태로 정렬판으로 이송하는지를 관찰하였다.

표 3-2. 실험 조건

구 분	실험 내용
고추함수율	2수준 (홍고추, 건고추)
전개판 진동수(Hz)	3수준 (6.7, 7.5, 8.3)
공급속도(m/s)	3수준 (0.06, 0.08, 0.1)
전개판 경사도(deg.)	2수준 (10, 20)
진폭(mm)	5
진동 방식	전후진동

제 3 절 결과 및 고찰

1. 수평식 진동 공급 장치

가. 상하 진동에서 홍고추의 전개 특성

표 3-3은 상하 진동에서 홍고추의 전개 특성을 나타낸 것이다. 모든 실험 조건에서 완전 전개 시 전개 길이의 최대치는 72.7(가로)×76.7(세로) mm로 나타났으며, 진폭 2 mm와 3 mm를 제외하고는 모두 10초 이내에 전개되는 것을 알 수 있다. 그림 3-5는 진폭과 진동기 회전수에 따른 전개 불량 수를 나타내는 것으로 완전 전개가 가능한 조건은 진폭 5 mm에서는 340 rpm 이상, 진폭 1 mm에서는 480 rpm 이상 등과 같이 각 진폭마다 적정 최저 진동수가 나타났으며 진폭이 증가할수록 완전 전개가 가능한 최저 진동수는 감소하였다.

표 3-3. 상하 진동에서 전개 특성(홍고추)

진폭 (mm)	전동기 회전수 (rpm)	전개길이		전개시간 (초)	전개불량 (개)
		가로(mm)	세로(mm)		
5	300	43.3	40.0	10	9.7
	310	45.0	33.3	10	8.0
	320	60.7	36.7	10	5.7
	330	55.0	31.7	10	4.0
	340	66.7	60.0	10	0.0
	350	66.7	55.0	10	0.0
4	300	30.7	30.0	10	24.0
	320	40.0	37.0	10	14.3
	340	55.0	57.0	10	7.7
	360	67.0	55.0	10	0.0
3	320	41.0	30.0	30	18.0
	340	49.0	37.7	30	14.0
	360	68.3	39.0	30	1.3
2	440	73.3	61.0	30	3.7
	460	70.0	76.7	30	0.0
	480	71.7	62.7	30	0.0
1	460	47.7	66.0	10	8.0
	480	66.0	70.3	10	0.0
	500	72.7	52.7	10	0.0

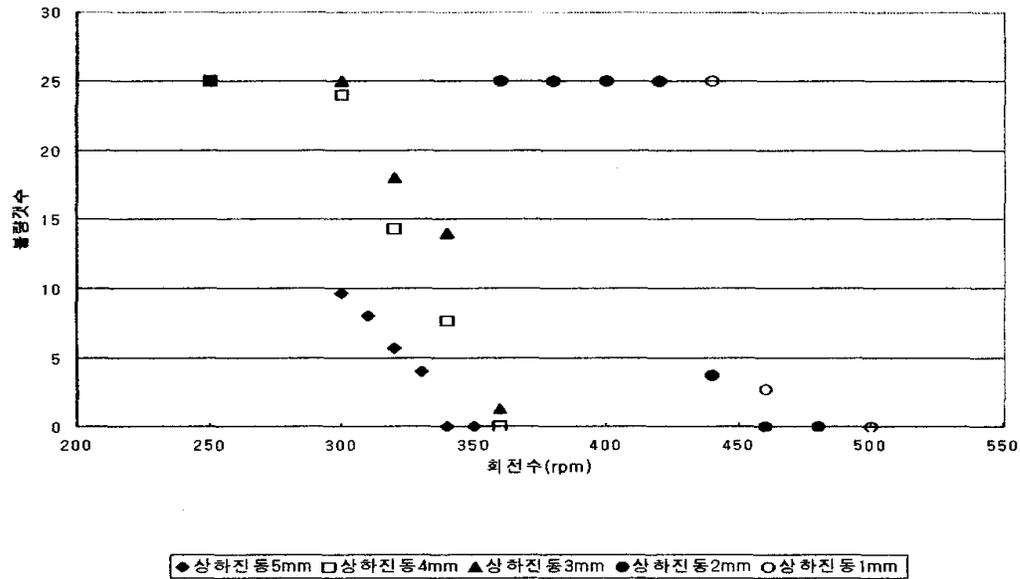


그림 3-5. 상하 진동에서 홍고추의 전개 불량

나. 상하 진동에서 건고추의 전개 특성

표 3-4는 상하 진동에서 건고추의 전개 특성을 나타낸 것이다. 표에서 완전 전개시 전개 길이의 최대치는 71.33(가로)×75.67(세로) mm로 홍고추의 경우와 비슷하게 나타났으며, 전개 시간은 실험 조건에 관계없이 모두 10초 이내에 전개 되는 것으로 나타났다. 그림 3-6은 진폭과 전동기 회전수에 따른 전개 불량을 나타내는 것으로 완전 전개가 가능한 조건은 홍고추의 경우와 마찬가지로 경향을 보여 진폭이 증가할수록 최저 진동수가 감소하였다. 그러나 완전 전개가 가능한 조건은 진폭 1 mm에서는 540 rpm 이상, 진폭 5 mm에서는 360 rpm 이상 등과 같이 나타나 홍고추에 비해 같은 진폭에서는 진동수를 약간 높여주어야 함을 알 수 있다.

표 3-4. 상하 진동에서 전개 특성(건고추)

진폭 (mm)	전동기 회전수 (rpm)	전개길이		전개시간 (초)	전개불량 (개)
		가로(mm)	세로(mm)		
5	300	45.00	38.00	10	14.67
	320	52.67	48.33	10	7.33
	340	50.33	51.00	10	4.00
	360	71.33	69.67	10	0.00
4	300	31.67	32.33	10	21.00
	320	33.33	30.00	10	21.00
	340	50.67	42.67	10	5.33
	360	59.33	45.00	10	6.33
	400	70.67	55.33	10	0.00
3	340	31.67	34.00	10	21.67
	360	45.67	48.67	10	9.33
	380	57.67	44.33	10	3.33
	400	64.33	51.33	10	1.33
	420	69.33	59.67	10	0.00
2	460	33.33	35.00	10	21.00
	480	55.00	53.67	10	3.00
	500	75.33	58.33	10	1.00
	520	65.67	75.67	10	0.00
1	480	51.33	56.00	10	4.67
	500	70.67	57.33	10	0.67
	520	66.00	65.00	10	0.33
	540	70.33	69.33	10	0.00

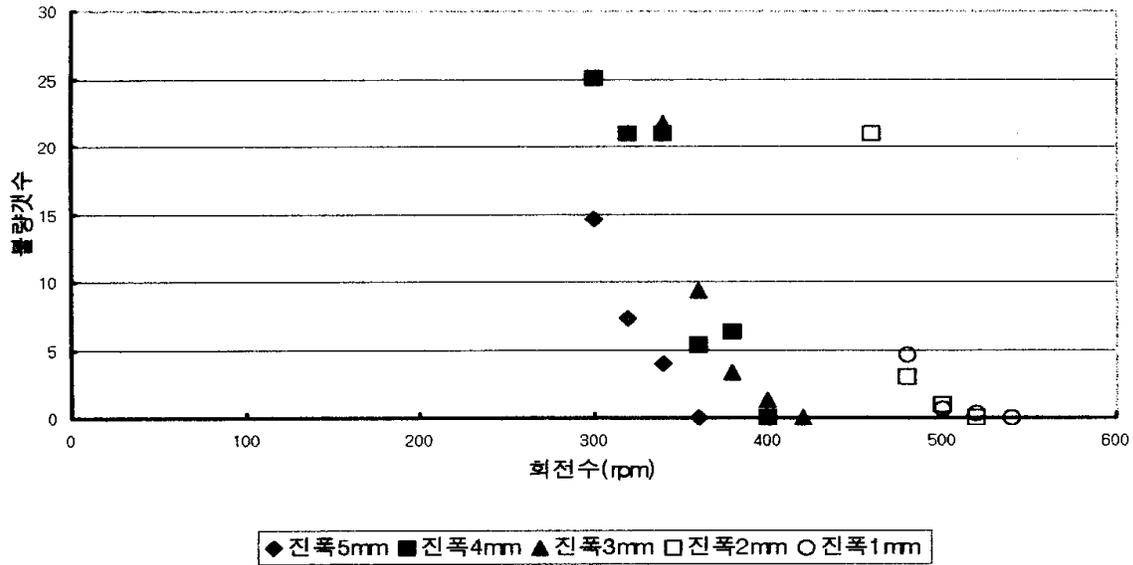


그림 3-6. 상하 진동에서 건고추의 전개 불량

다. 전후 진동에서 홍고추의 전개 특성

표 3-5는 전후 진동에서 홍고추의 전개 특성을 나타낸 것이다. 표에서 완전 전개 시 전개 길이의 최대치는 62(가로)×63(세로) mm로 나타났으며, 전개 시간은 진폭에 관계없이 모두 10초 이내에 전개되는 것으로 나타났다. 그림 3-7은 진폭과 전동기 회전수에 따른 전개 불량을 나타내는 것으로 완전 전개가 가능한 조건은 진폭과 진동수가 각각 2 mm-800 rpm, 3 mm-650 rpm, 5 mm-550 rpm 인 3가지 경우 일 때인 것으로 나타났다. 따라서 상하 진동과 비교할 때 아주 제한적인 조건에서만 완전 전개가 가능한 것을 알 수 있다.

표 3-5. 전후 진동에서 전개 특성(홍고추)

진폭 (mm)	전동기 회전수 (rpm)	전개길이		전개시간 (초)	전개불량 (개)
		가로(mm)	세로(mm)		
5	350	38	42	10	11.0
	400	43	47	10	9.0
	450	50	38	10	4.7
	500	47	63	10	0.3
	550	48	20	10	0.0
4	350	40	48	10	14.3
	400	43	47	10	9.7
	450	40	43	10	11.0
	500	49	44	10	5.7
	550	48	50	10	7.3
3	400	33	32	10	18.7
	450	35	40	10	16.7
	500	40	53	10	11.0
	550	45	60	10	4.3
	600	45	35	10	0.7
	650	45	32	10	0.0
2	650	42	37	10	10.7
	700	38	38	10	12.7
	750	52	29	10	3.0
	800	62	62	10	0.0
1	600	33	48	10	13.7
	650	43	42	10	13.0
	700	42	40	10	7.0
	750	57	40	10	0.7

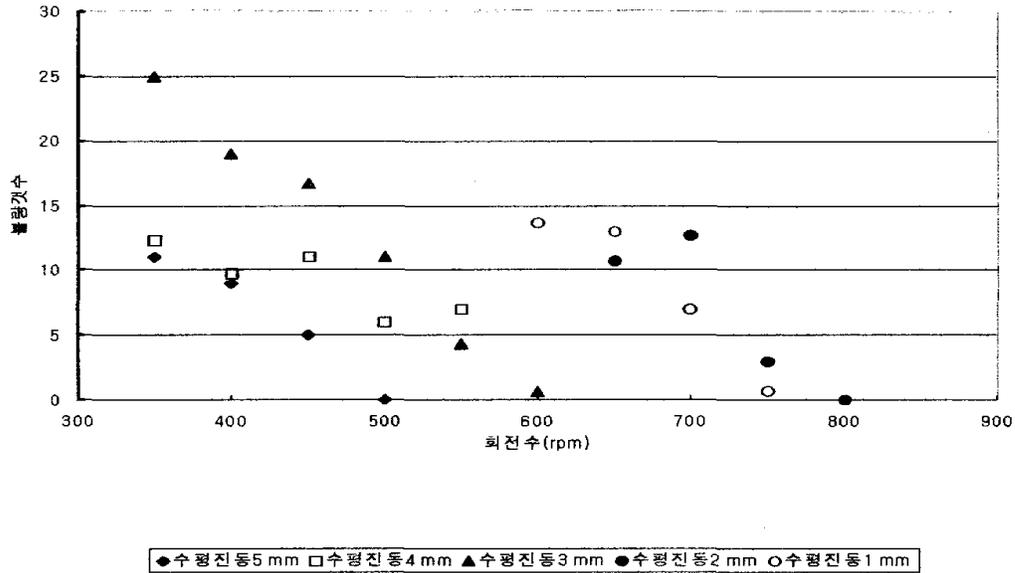


그림 3-7. 전후 진동에서 홍고추의 전개 불량

라. 전후 진동에서 건고추의 전개 특성

표 3-6은 전후 진동에서 건고추의 전개 특성을 나타낸 것이다. 표에서 알 수 있듯이 실험한 모든 경우에 완전 전개가 나타나지 않았다. 불량 개수가 2개 미만인 것을 완전 전개라고 보면 전개 길이의 최대치는 49.33(가로)×48.33(세로) mm로 나타났으며, 전개 시간은 진폭과 진동수에 관계없이 모두 10초 이내에 전개되는 것으로 나타났다. 그림 3-8은 진폭과 전동기 회전수에 따른 전개 불량을 나타내는 것으로 완전 전개가 된 경우는 진폭 5 mm, 진동수 500 rpm 일 때인 것으로 나타났다. 따라서 상하 진동과 비교할 때 아주 제한적인 조건에서만 전개가 가능한 것을 알 수 있다.

표 3-6. 전후 진동에서 전개 특성(건고추)

진폭 (mm)	전동기 회전수 (rpm)	전개길이		전개시간 (초)	전개불량 (개)
		가로(mm)	세로(mm)		
1	600	35.33	33.33	10	22.67
	650	37.33	46.33	10	14.33
	700	41.67	36.33	10	4.67
	750	47.67	30.00	10	1.33
2	600	37.33	37.00	10	20.00
	650	40.67	46.67	10	10.67
	700	39.33	22.00	10	8.67
	750	49.33	21.00	10	1.33
3	450	42.67	41.67	10	11.33
	500	43.00	49.67	10	7.33
	550	42.00	71.67	10	3.00
	600	51.67	21.67	10	6.00
4	400	37.00	35.00	10	15.00
	450	41.67	36.67	10	11.33
	500	45.67	52.00	10	8.33
	550	41.67	48.33	10	1.67
5	400	51.00	35.67	10	8.00
	450	49.67	56.00	10	4.67

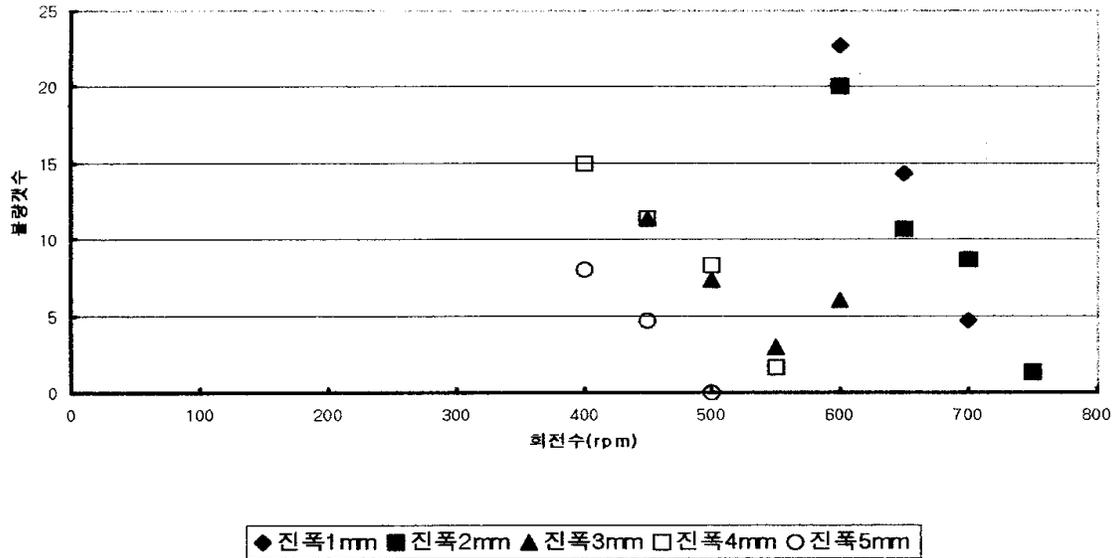


그림 3-8. 전후 진동에서 건고추의 전개 불량

2. 경사식 진동 공급 장치

가. 홍고추의 전개특성

표 3-7은 홍고추의 전개특성을 나타내는 것이다. 표에서 공급 시간은 공급 벨트컨베이어에 고추가 공급된 때부터 공급이 완료될 때까지 걸린 시간이고, 배출 시간은 전개판에 고추가 공급된 때부터 배출이 완료된 때까지 걸린 시간을 의미한다. 지연 시간은 배출 시간과 공급 시간과의 차를 의미하는데 이는 고추가 전개판에 공급되는 시간과 전개판에서 고추를 처리하는 시간과의 차이를 나타내는 것으로 지연시간이 클수록 전개판에서 고추가 적체되어 박층 전개가 지연되는 것을 나타낸다. 실험 결과 지연 시간이 약 4초 이상이면 공급된 고추가 전개판에 적체되는 현상이 발생되었다. 따라서 최적의 전개 조건은 지연시간 3초 이하에서 배출되는 고추가 1~2개 정도일 때이다.

표에서 전개판의 경사가 10° 일 경우는 공급 속도와 진동수에 관계없이 고추가 전개판에 적체되어 전개되지 않았으며, 다만 진동수 7.5 Hz에서는 공급은

이루어지는 것을 알 수 있으나 지연시간이 매우 커서 박층 전개가 이루어지지 않는 것으로 나타났다.

경사 20° 의 경우는 고추 공급속도 0.11 ㎥, 진동수 6.7 Hz일 때를 제외하고는 모든 구간에서 박층 전개되어 공급이 되었다. 특히 공급속도 0.06 ㎥와 0.08 ㎥일 경우 진동수 7.5 Hz에서는 고추가 박층 전개되어 정렬판으로 1~2개가 연속적으로 배출되었으며 처리시간에 있어서도 2초 이상 걸리지 않았다. 고추의 공급속도가 0.11 ㎥일 경우는 전개판에서 박층 전개 할 수 있는 전개판의 처리량보다 많은 양의 고추가 공급되어 전개판 위에 고추가 정체되는 현상이 발생하였으며, 정렬판으로의 배출량도 3~5개로 많은 고추가 공급되었다.

이상 전개판에서 홍고추의 전개 처리량은 정렬판의 처리량과 직접적으로 관련이 있기 때문에 최적 전개 조건은 위에서 제시된 전개 범위 내에서 정렬판의 처리량과 정렬 상태를 고려하여 결정되어야 할 것이다.

표 3-7. 홍고추의 전개특성

진동판경사 (deg.)	공급속도 (m/s)	진동수 (Hz)	공급시간 (s)	배출시간 (s)	지연시간(s) (배출시간-공급시간)
10	0.06	6.7	152	전개안됨	152
		7.5	180	235	55
		8.3	공급불가	공급불가	공급불가
	0.08	6.7	공급불가	공급불가	공급불가
		7.5	204	214	10
		8.3	공급불가	공급불가	공급불가
	0.1	6.7	공급불가	공급불가	공급불가
		7.5	115	302	187
		8.3	공급불가	공급불가	공급불가
20	0.06	6.7	173	175	2
		7.5	170	172	2
		8.3	164	165	1
	0.08	6.7	129	131	2
		7.5	139	141	2
		8.3	129	133	4
	0.1	6.7	106	108	2
		7.5	106	109	3
		8.3	104	107	3
	0.11	6.7	78	120	42
		7.5	90	93	3
		8.3	93	95	2

나. 건고추의 전개특성

건고추의 전개특성은 표 3-8에 나타낸 바와 같이 홍고추와 유사한 전개특성을 보였다. 표에서 전개판의 경사가 10° 일 경우에도 전개가 되는 경향을 보였지만 전개된 상태로 이송되기보다는 뭉쳐서 여러개가 내려갔으며 전개판 위에 항상 고추가 쌓여있는 경향을 보였다. 또 전개판이 고추를 박층 전개시켜 처리하는 지연 시간이 6~24초로 홍고추의 처리시간인 10~187초보다 적었지만, 전개의 최적 지연 시간인 2~4초 보다 많이 걸려 고추가 전개판 위에 정체되는 현상이 나타났다. 그리고 진동수 8.3 Hz일 경우 전개판 하부에 있는 고추는 제자리에서 정체되고 제일 상부에 쌓여 있는 고추가 미끄러져 정렬판으로 이송되는 현상을 보였다.

전개판의 경사가 20° 인 경우에는 모든 시험조건에서 전개나 이송이 가능하였다. 특히 진동수 7.5 Hz, 공급속도 0.06 %의 경우는 정렬판으로 고추 1~2개가 연속적으로 공급되어 가장 양호한 전개 경향을 보였으며, 이때 공급시간은 212, 배출시간은 215초로 고추 1~2개를 전개판이 전개시켜 이송하는데 걸리는 지연 시간은 평균 3초 정도를 소요하였다. 공급속도 0.11 %일 경우에는 고추 1 kg을 전개시켜 배출시키는데 걸리는 시간은 96~100초로 짧았지만, 고추 1~2개가 연속적으로 공급되지 않고 1~5개 사이로 불규칙한 공급이 이루어 졌다.

홍고추의 경우와 같이 전개판에서 건고추의 전개 처리량은 정렬판의 처리량과 직접적으로 관련이 있기 때문에 최적 전개 조건은 위에서 제시된 전개 범위 내에서 정렬판의 처리량과 정렬 상태를 고려하여 결정되어야 할 것이다.

표 3-8. 건고추의 전개 특성

진동판경사 (deg.)	공급속도 (m/s)	진동수 (Hz)	공급시간 (s)	배출시간 (s)	지연시간(s) (배출시간-공급시간)
10	0.06	6.7	162	170	8
		7.5	184	190	6
		8.3	197	203	6
	0.08	6.7	132	156	24
		7.5	135	150	15
		8.3	135	141	6
	0.1	6.7	116	140	24
		7.5	110	117	7
		8.3	103	전개안됨	103
20	0.06	6.7	190	192	2
		7.5	212	215	3
		8.3	200	202	2
	0.08	6.7	146	149	3
		7.5	140	143	3
		8.3	133	137	4
	0.1	6.7	118	122	4
		7.5	109	111	2
		8.3	111	113	2
	0.11	6.7	94	96	5
		7.5	95	99	4
		8.3	97	100	3

제 4 절 요약 및 결론

산물 상태의 고추를 박층으로 전개하여 일정량을 연속적으로 정렬 및 절단 장치로 이송시키기 위한 공급 장치를 개발·제작하고 실험을 통하여 성능을 검증하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 수평식 진동 공급 장치의 경우 상하 진동에서는 홍고추와 건고추는 대부분이 10초 이내에 박층으로 전개되었으며, 이 때 전개 길이는 73(가로)X77(세로) mm로 나타났다. 홍고추의 경우 진폭 5 mm에서 전동기 회전수 340 rpm 이상, 진폭 1 mm에서 전동기 회전수 480 rpm 이상의 조건에서 완전 전개를 나타냈으며, 건고추의 경우는 진폭 5 mm에서 360 rpm, 진폭 1 mm에서 540 rpm 이상으로 나타났다.
2. 수평식 진동 공급 장치의 전후 진동에서는 홍고추는 10초 이내에 상하 진동에서와 같이 박층 전개가 되었으나 제한적인 조건에서만 완전 전개가 나타났다. 건고추의 경우는 완전 전개가 나타나지 않았다.
3. 경사식 진동 공급 장치에서는 진동판 기울기가 10°의 경우 홍고추, 건고추 모두 전개 및 이송이 불가능한 것으로 나타났으며, 기울기 20°의 경우는 원활한 전개 및 이송을 보였다.

제 4 장 정렬 장치 개발

제 1 절 서설

현재 국내에는 건고추 용 꼭지 제거기가 개발되어 고춧가루 가공공장에 설치되어 사용되고 있다. 그러나 꼭지 제거율이 높지 못하여 일부 공장에서는 인력에 의존하고 있는 형편이다. 건고추의 꼭지제거 원리는 과피와 꼭지부의 압축 시 나타나는 물성 차이를 이용하는 것으로 가공 시 고추의 공급량과 상태가 꼭지 제거율에 직접적인 영향을 미친다. 특히 홍고추는 건고추와 달리 압축에 의한 꼭지 제거가 불가능하여 건고추의 꼭지제거 원리를 홍고추에 적용하는 것은 불가능하다. 따라서 고추꼭지 제거율을 향상시키기 위한 공급장치의 개발이 절실히 요청되고 있으며 이를 위한 연구 역시 매우 필요한 상황이다.

고추의 꼭지 제거율을 높이기 위해서는 전처리 과정에서 박층으로 전개된 원료를 길이방향으로 정렬하여 절단부로 공급시켜야 한다. 이때 꼭지부가 이송방향의 앞쪽 또는 뒤쪽으로 일정한 방향성을 가질 필요는 없지만 서로 겹치지 않도록 해야하며, 효율적인 절단을 위해서는 절단가이드에 1~2개만의 고추가 공급되도록 하는 정렬기구가 필요하다. 정렬기구의 고추전개관에 사용되는 진동기의 종류는 자기력을 이용하는 자기형 진동기와, 편심을 이용하여 진동을 유발하는 편심형 진동기와 회전중심의 불균형을 이용하는 회전관성형 진동기 등이 있다. 현재 고춧가루 가공공장에서 사용하고 있는 진동기는 회전관성형 진동기에 해당한다.

본 연구는 고추꼭지제거기의 효율을 높이기 위해 진동방식을 이용한 고추정렬장치를 개발하고자 수행되었으며 그 구체적인 목적은 다음과 같다.

1. 정렬판의 진동방향과 진동수, 진폭, 기울기 및 고추공급량 등의 작동조건에 따른 홍고추와 건고추의 정렬특성을 구명한다.
2. 꼭지제거장치의 효율을 높이기 위한 홍고추와 건고추의 정렬 및 공급특성을 구명한다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 실험 재료

정렬특성 실험에 사용한 홍고추는 진주시 대곡면에서 생산된 대과종인 녹광으로 함수율 85~87%(wb)인 것을 사용하였고 이를 함수율 13.5~14%까지 자연 건조하여 건고추 시료로 하였다.

정렬·공급특성실험에 사용한 홍고추는, 정렬특성 실험에서 사용한 것과 같은 것으로 함수율 80~85%인 것을 사용하였으며, 건고추는 안동 일직 고춧가루 가공 공장에서 사용하고 있는 함수율 15~30%인 것을 사용하였다.

2. 실험 장치

가. 진동 장치

정렬특성 실험에 사용된 진동 장치는 아래의 그림 4-1과 같이 상하 진동과 전후 진동으로 하였으며, 전동기에 연결된 편심캠과 진동 발생 축이 전동기 회전에 따라 상하 또는 전후로 이동하면서 상하 진동과 전후 진동을 발생시키는 구조로 실험 장치를 구성하였다. 상부 진동판은 하부 프레임과 스프링으로 연결되어 있고, 정렬판의 기울기를 조절할 수 있도록 하였다. 진동수는 인버터를 사용하여 전동기의 회전수를 변경하는 방식으로 조절하였다. 진폭은 그림 4-2와 같은 5종류의 편심캠을 사용하여 조절하였다. 또 진동판의 기울기는 나사봉을 조절하여 5°와 10°로 변화시키며 실험을 행하였다.

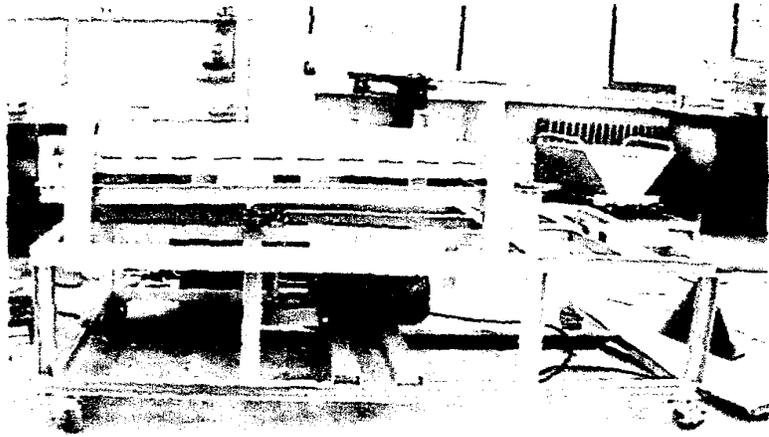


그림 4-1. 정렬 장치

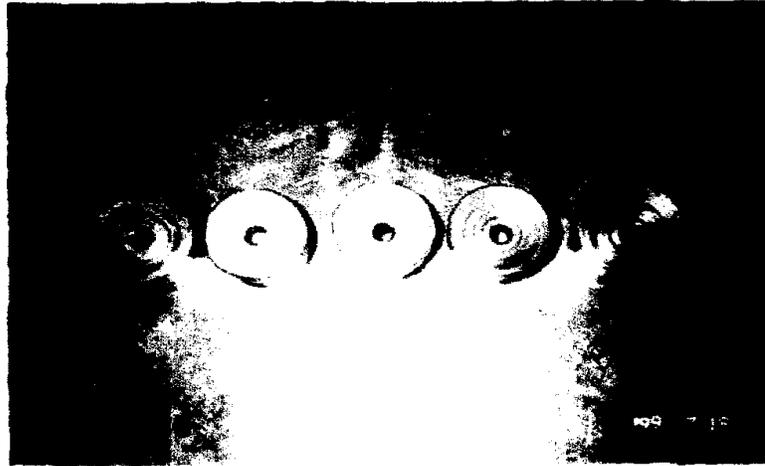


그림 4-2. 편심 조절용 캠

그림 4-3과 그림 4-4는 정렬특성 실험 결과를 참고로 개량하여 정렬·공급 특성 실험에 사용한 장치를 나타낸 것이다. 제작된 진동판의 규격은 235 mm×700 mm로, 표면에 함석판을 장착하였으며, 함석판은 L자형 프레임으로 고정하였고, 이 프레임의 각 모서리 부분에 스프링을 연결하여 함석판이 정지될 수 있도록 하였다. 전개판의 진동 방식은 전후 진동으로 하였으며 경사각은 10~40°까지 선택이 가능하도록 제작하였다.

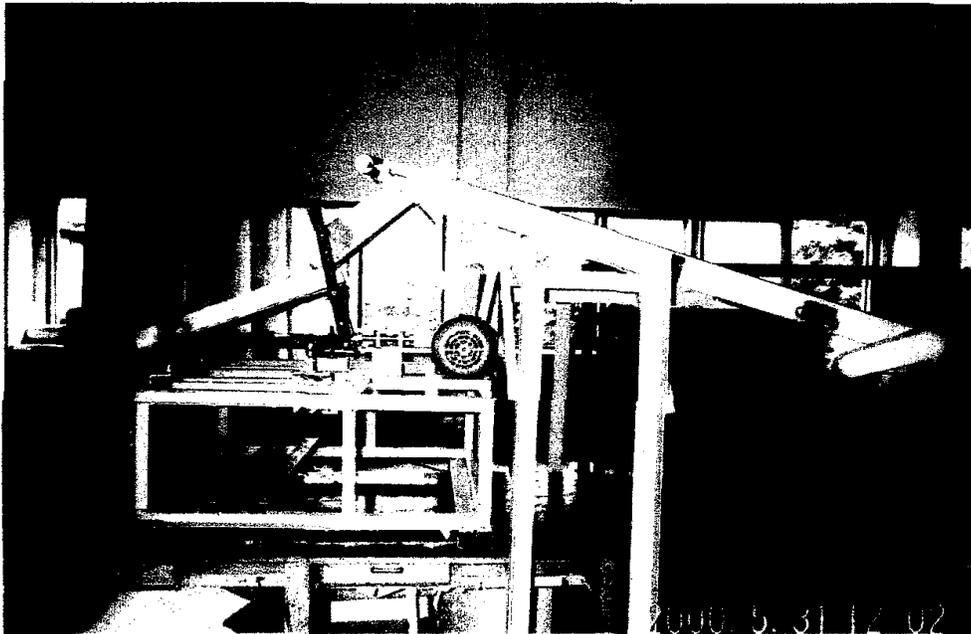


그림 4-3. 실험 장치(측면)

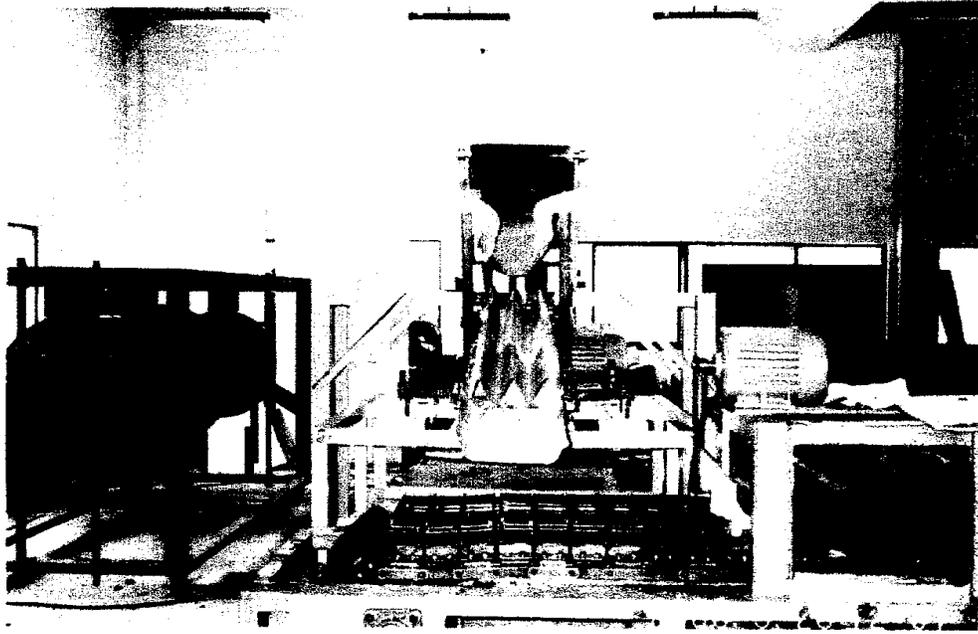


그림 4-4. 실험 장치(전면)

나. 정렬판

정렬특성 실험에 사용된 정렬판 바닥의 요철은 삼각형, 반원형, 사각형, 사다리꼴형, 평판형 등의 5가지를 사용하였다. 삼각형 정렬판의 규격은 그림 4-5와 같으며, 크기는 1000 mm×780 mm로 함석판으로 제작하였는데, 골수는 8개로 하였다. 그리고 반원형 정렬판, 사각형 정렬판 및 사다리꼴 정렬판은 같은 규격으로 바닥의 요철 모양만 다르게 하였다. 그러나 사다리꼴의 경우에는 폭을 좁게 한 개량 1형과 폭과 높이를 다르게 한 개량 2형을 제작하여 서로 비교 실험을 행하였다.

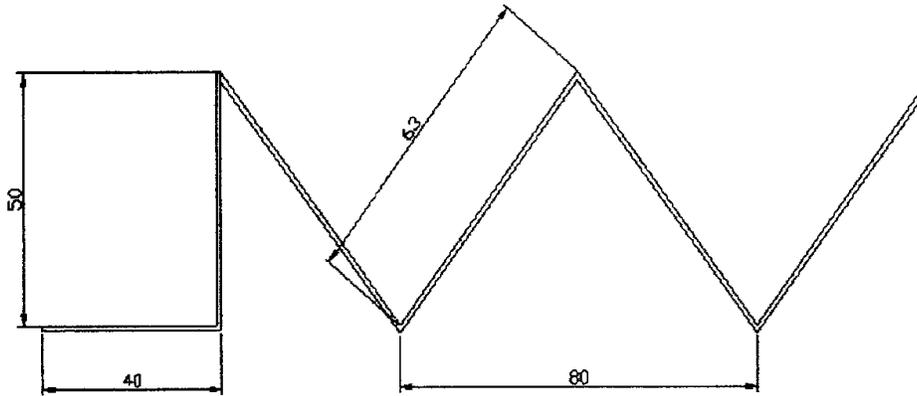


그림 4-5. 삼각형 정렬판 규격

그림 4-6, 그림 4-7, 그림 4-8, 그림 4-9, 그림 4-10 및 그림 4-11은 기초실험에서 사용한 평판형, 반원형, 사다리꼴형, 사각형, 개량 1형, 개량 2형 등의 정렬판의 형상을 각각 나타낸 것이다.

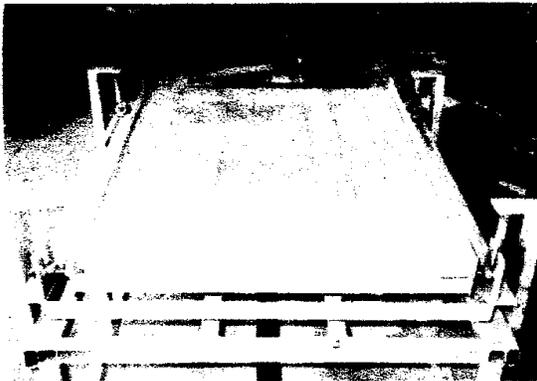


그림 4-6. 평판형 정렬판



그림 4-7. 원형 정렬판

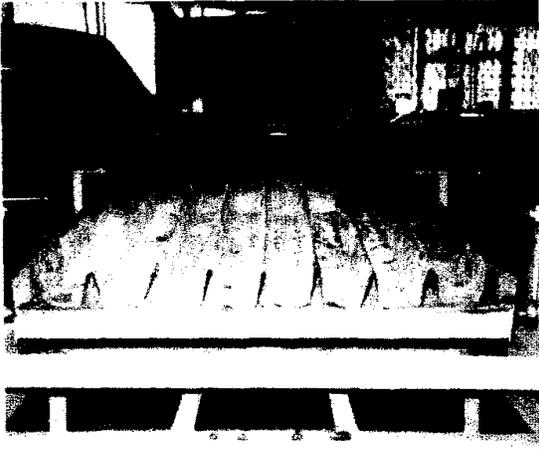


그림 4-8. 사다리꼴형 정렬판



그림 4-9. 사각형 정렬판

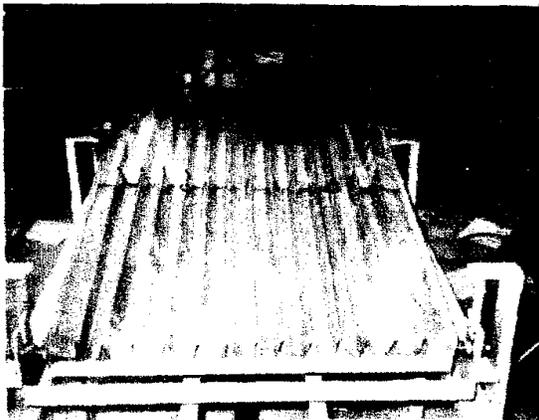


그림 4-10. 개량 I형 정렬판

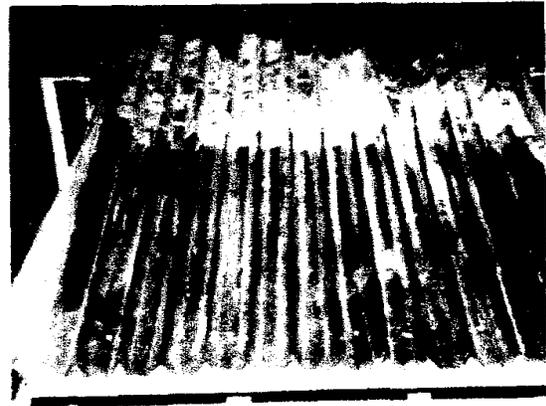


그림 4-11. 개량 II형 정렬판

그림 4-12는 정렬특성 실험의 결과를 기초로 고추 꼭지 제거효율을 최대로 하기 위해 설계한 삼각형 정렬판의 도면이며, 그림 4-13은 제작된 정렬판의 모습이다. 정렬판의 규격은 235 mm×700 mm, 높이 50 mm, 골과 골 사이는 80 mm로 하여 함석판으로 제작하였다. 정렬판에서 꼭지 제거부의 절단가이드 안에 고추가 1~2개씩만 투입되게 하기 위해서 정렬판의 골수는 2개로 하였다.

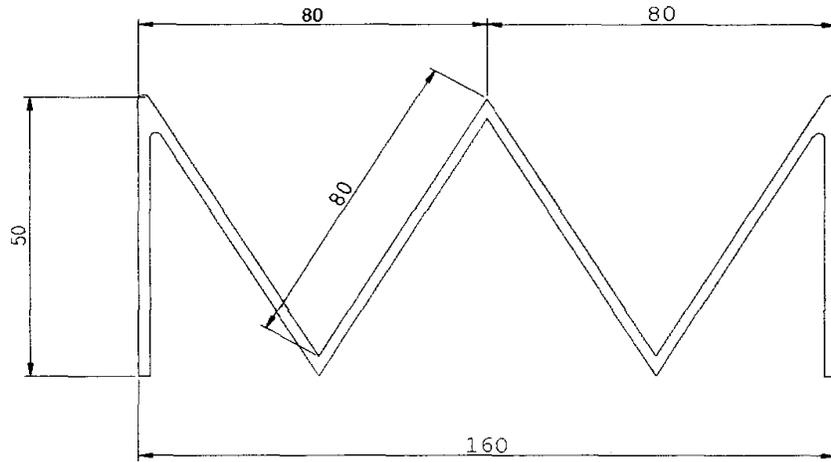


그림 4-12. 삼각형 정렬판의 단면 규격



그림 4-13. 삼각형 정렬판

3. 실험 방법

가. 정렬특성

임의로 추출한 고추 50개를 벨트컨베이어로 진동판 상부로 이송시키며 고추의 정렬상태와 절단가이드에 공급되기까지 소요된 시간 즉 정렬판 통과 시간을 측정하였는데, 정렬판 옆으로 튀어 나간 것은 처리량에서 제외하였다.

실험 조건은 정렬판 6 수준, 진동 방식 2 수준, 진동수 3 수준, 진폭 2 수준, 기울기 2 수준으로 하였으며, 각 실험 조건에서 3회씩 반복하였다. 상세한 실험 조건은 표 4-1과 같다.

표 4-24. 실험 조건

항 목	조건
정렬판 형식	평판, 삼각형, 사각형, 원형, 개량 I형, 개량 II형
진동 방식	상하, 전후
진동수(Hz)	6.7, 7.5, 8.3
진폭(mm)	1, 2, 3, 4, 5
기울기(deg.)	5, 10

나. 공급특성

정렬실험 결과를 바탕으로 실제 고추 꼭지 제거기에서 실험한 방법은 임의로 추출한 홍고추 4 kg과 건고추 1 kg을 박층으로 전개된 상태로 벨트컨베이어를 통하여 연속 공급하되 컨베이어의 이송속도를 고추 공급속도로 하고, 정렬판의 형식, 진동수, 경사각 등의 제 조건에 따라 정렬판을 통과한 고추가 절단가이

드로 공급되는데 걸리는 시간을 초시계로 측정하였다.

꼭지 제거부로 이송되는 절단가이드에 고추가 3개 이상 들어가는 경우에는 고추 꼭지가 원활하게 제거되지 않는다. 가장 이상적인 조건은 하나의 절단가이드 안에 고추가 하나씩 들어가는 것이지만 최대 2개까지는 고추 꼭지 제거에 문제가 없을 것으로 예상된다. 예비 실험에서 절단가이드로 공급되는 고추의 수가 3개 이상인 경우가 상당수 나타났으므로 이를 구명하기 위해 각 조건에 따라 정렬판을 지난 고추가 절단가이드에 들어간 개수를 측정하였다. 측정은 절단가이드에 고추가 들어가지 않은 경우, 1개, 2개, 3개, 4개 및 5개가 들어간 경우 등의 6가지로 구분하여 측정하였다. 상세한 실험 조건은 표 4-2와 같다.

표 4-2. 실험 조건

항목		조건
공급 속도(m/s)		0.06, 0.08, 0.1
정렬판	진동수(Hz)	6.7, 7.5, 8.3
	진폭(mm)	5
	기울기(deg.)	20, 30, 40 (홍고추) 10, 20, 30 (건고추)

제 3 절 결과 및 고찰

1. 정렬특성

가. 정렬판 형상과 정렬특성

그림 4-14와 그림 4-15는 기울기가 없는 평판형 정렬판을 상하 및 전후 방향으로 진동시켰을 때 홍고추가 정렬된 상태를 나타낸 것이다. 이 실험은 진동에 의해 고추가 자중에 의해 정렬될 수 있는가를 알아보기 위한 것으로 그림에서 보는바와 같이 모든 진동 조건에서 정렬이 이루어지지 않았다. 정렬이 이루어지기보다는 서로 엇힌 상태로 층 밀림을 하는 현상을 나타냈으며 특히 정렬판의 일정 진동 구간을 벗어나면 회전을 반복하는 현상을 나타냈다. 따라서 자중에 의한 고추의 정렬은 불가능 한 것으로 판단되었다.

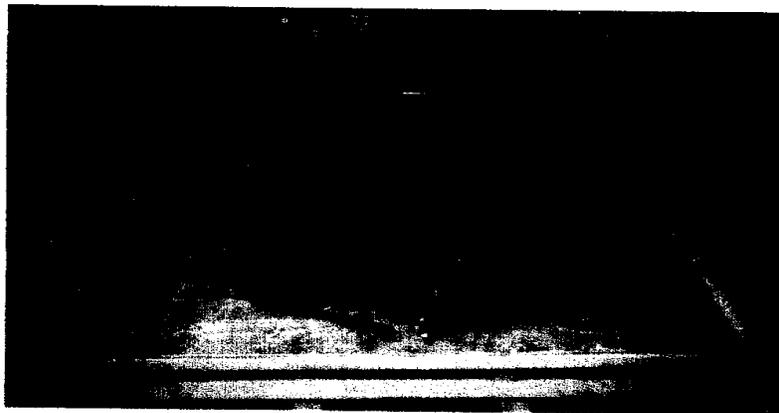


그림 4-14. 홍고추 정렬 상태(평판형, 상하진동)



그림 4-15. 홍고추 정렬 상태(평판형, 전후진동)

나. 정렬판 단면 형상과 정렬특성

그림 4-16은 삼각형 정렬판을 전후로 진동시켰을 때 나타난 홍고추의 정렬이 가능한 진폭, 기울기, 전동기 회전수에 따른 진동판의 진동을 나타낸 것이다. 그림에서 진동수 8.3~10 Hz, 통과 시간은 약 11~20초, 진폭은 2~5 mm 사이에서 홍고추의 정렬이 가능한 것으로 나타났다.

그림 4-17은 반원형 정렬판을 전후로 진동시켰을 때 나타난 홍고추의 정렬이 가능한 진폭, 기울기, 진동수를 나타낸 것이다. 그림에서 진동수 8.3~11.6 Hz, 통과 시간은 약 11~20초, 진폭은 1~5 mm 사이에서 고추의 정렬이 가능한 것으로 나타났다.

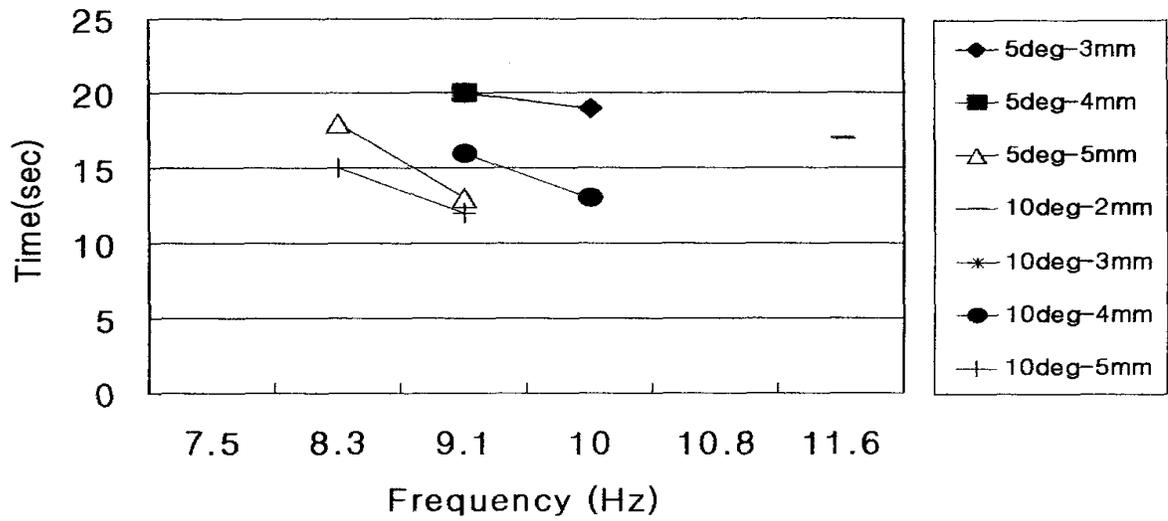


그림 4-16. 삼각형 정렬판의 정렬 특성(전후진동)

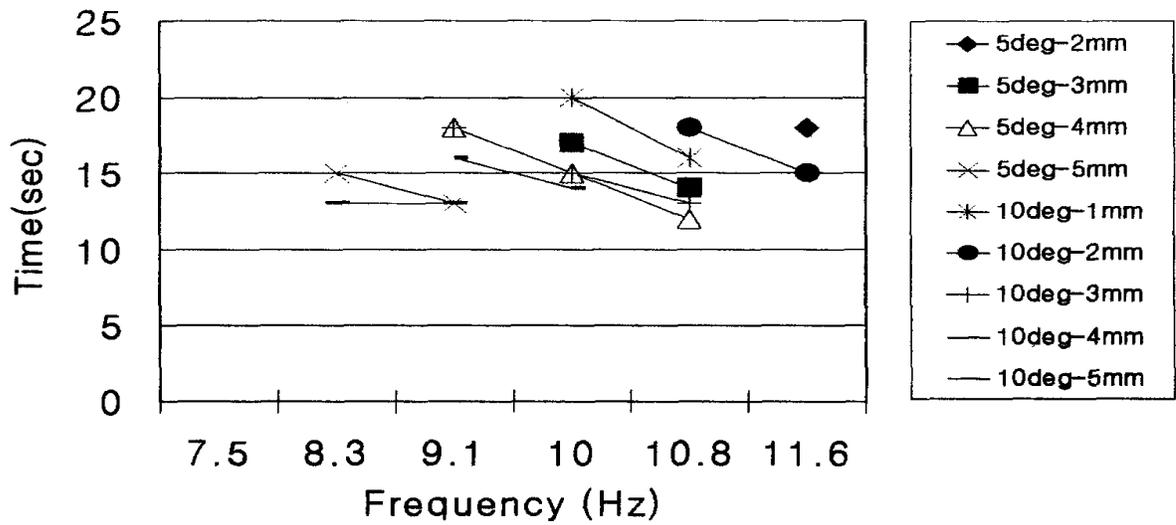


그림 4-17. 반원형 정렬판의 정렬 특성(전후진동)

그림 4-18은 삼각형 정렬판을 상하로 진동시켰을 때 나타난 홍고추의 정렬이 가능한 진폭, 기울기, 진동수를 나타낸 것이다. 그림에서 진동수 6.7~8.3 Hz, 통과시간은 약 21~27초, 진폭은 1~5 mm 사이에서 홍고추의 정렬이 가능한 것으로 나타났다.

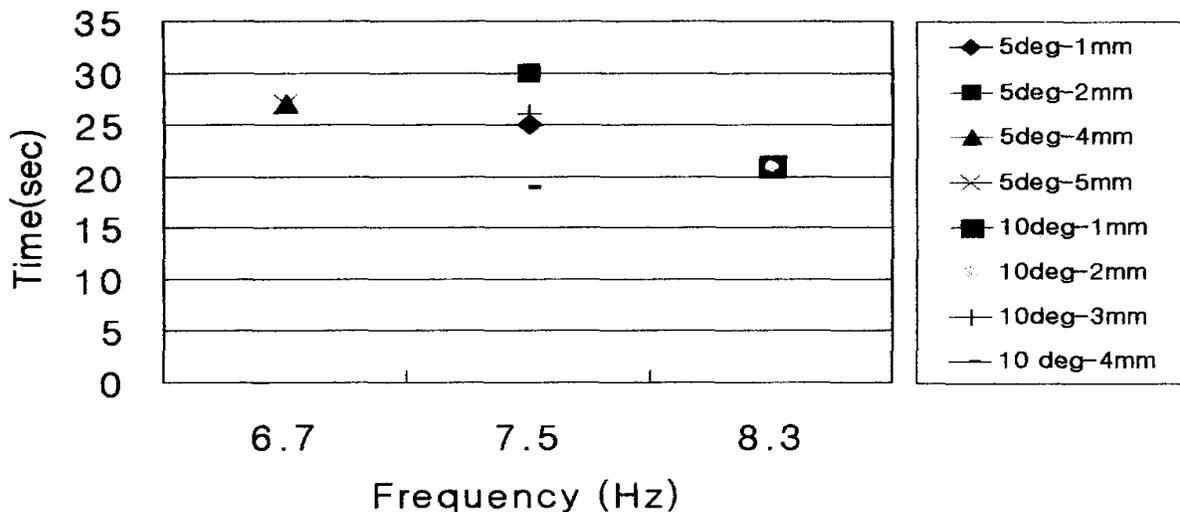


그림 4-18. 삼각형 정렬판의 정렬 특성(상하진동)

그림 4-19는 반원형 정렬판을 상하로 진동시켰을 때 나타난 홍고추의 정렬이 가능한 진폭, 기울기, 진동수를 나타낸 것이다. 그림에서 진동수 6.7~8.3 Hz, 통과 시간은 약 16~24초, 진폭은 1~5 mm의 사이에서 홍고추의 정렬이 가능한 것으로 나타났다.

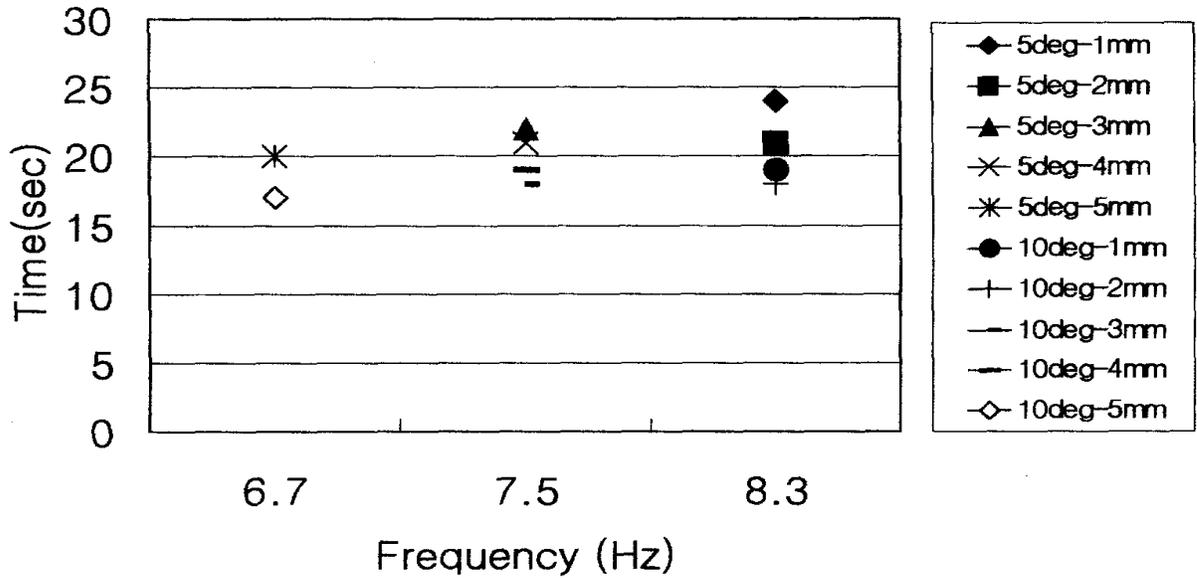


그림 4-19. 반원형 정렬판의 정렬특성(상하진동)

그림 4-20은 사다리꼴형의 정렬판에서 골의 깊이는 동일하게 하고 폭을 적게 한 개량 1형 진동판의 전후 진동에서 홍고추의 정렬특성을 나타낸 것이다. 그림에서 정렬 가능한 조건은 진동수 8.3~11.6 Hz, 통과 시간 약 13~19초, 진폭은 1~5 mm 사이임을 알 수 있다.

그림 4-21은 사다리꼴형의 정렬판에서 깊이와 폭을 적게 한 개량 2형 정렬판의 전후 진동에서의 홍고추의 정렬특성을 나타낸 것이다. 그림에서 정렬 가능한 조건은 진동수 7.5~11.6 Hz, 통과 시간 약 14~18초, 진폭은 1~5 mm 사이임을 알 수 있다.

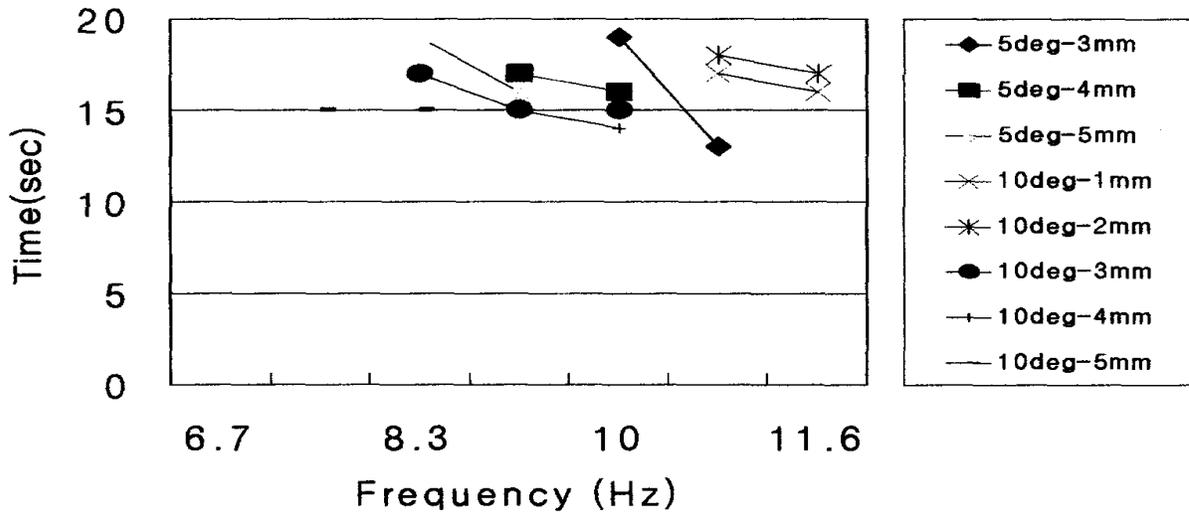


그림 4-20. 개량 I형 정렬판의 정렬특성(전후진동)

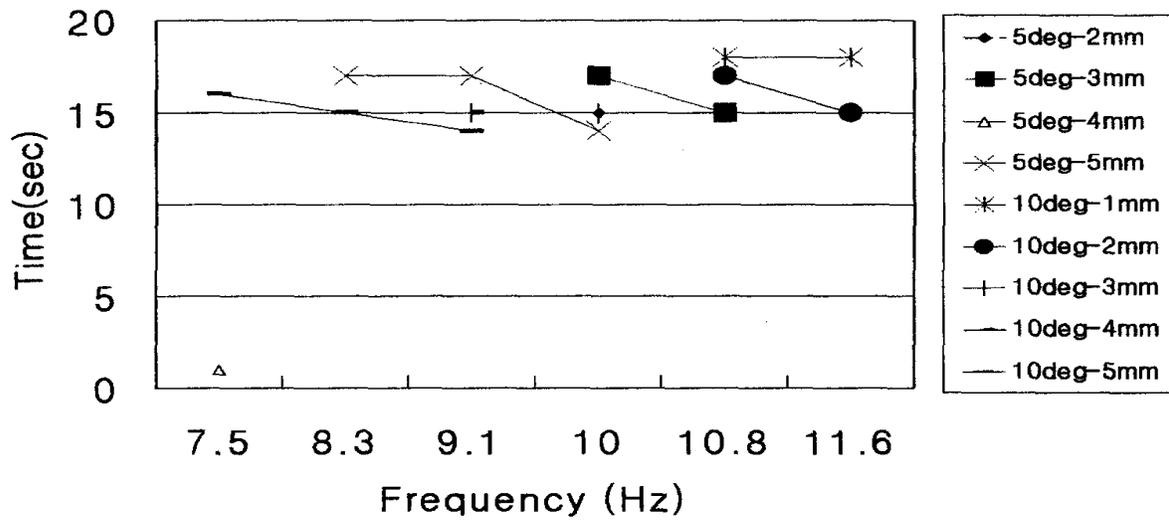


그림 4-21. 개량 II형 정렬판의 정렬특성(전후진동)

그림 4-22는 개량 1형 정렬판의 상하 진동에서 홍고추의 정렬특성을 나타낸 것이다. 그림에서 정렬 가능한 조건은 진동수 6.7~8.3 Hz, 통과 시간 약 16~24 초, 진폭은 1~4 mm 임을 알 수 있다.

그림 4-23은 개량 2형 정렬판의 상하 진동에서 홍고추의 정렬특성을 나타낸 것으로, 정렬 가능한 조건은 진동수 7.5~8.3 Hz, 통과 시간 약 16~26초, 진폭은 1~3 mm이었다. 특히 개량 2형 정렬판의 경우 진동수 8.3 Hz에서 가장 좋은 정렬 상태를 보였다.

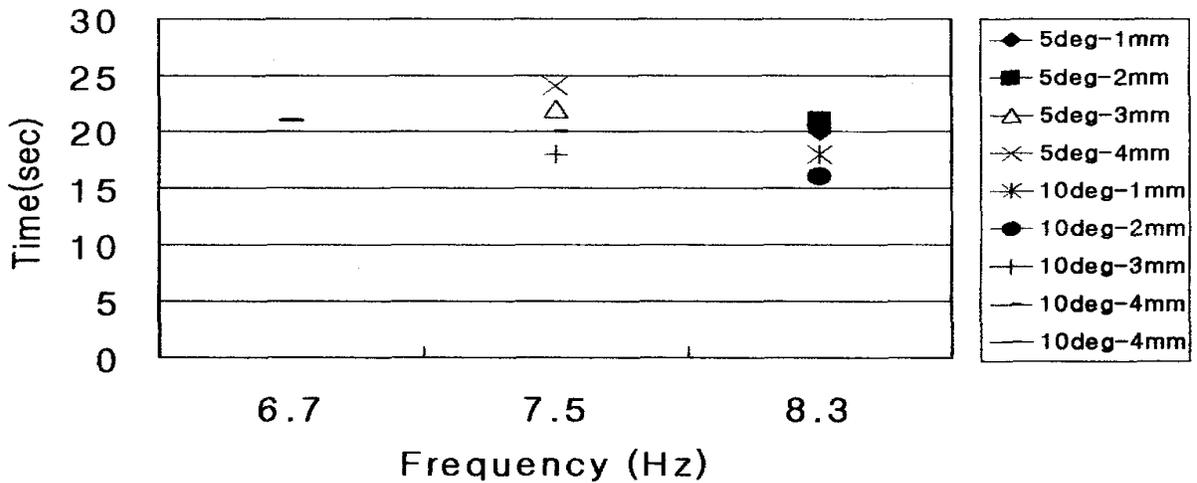


그림 4-22. 개량 I형 정렬판의 정렬특성(상하진동)

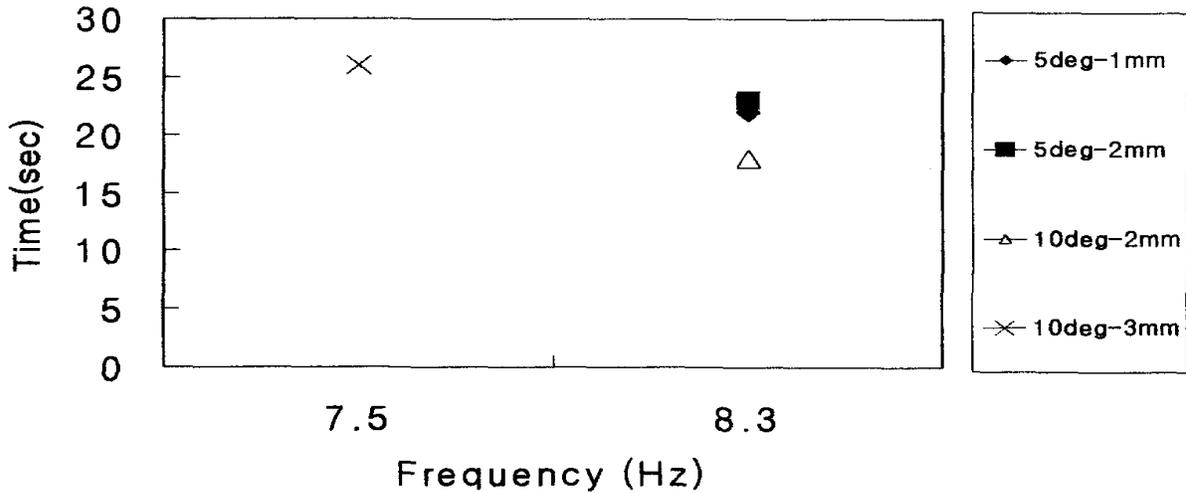


그림 4-23. 개량 II형 정렬판의 정렬특성(상하진동)

정렬판의 규격을 달리 했을 때 사다리꼴의 골과 폭이 작은 개량 1형은 골의 폭이 좁아져서 이송시간이 약간 길어졌으며, 폭과 높이가 작은 개량 2형은 고추가 정렬판 골 사이를 쉽게 이동함으로써 정렬 성능이 감소하는 결과를 가져왔다. 결국 개량형 정렬판은 사다리꼴형에 비해 고추가 골 안으로 들어가 정렬되지 못하거나, 골 위로 굴러다니는 현상이 많이 발생하는 것으로 나타났다. 즉 폭이 좁은 정렬판이 폭이 넓은 정렬판에 비해 정렬 성능이 떨어지는 것으로 나타났다.

다. 고추 종류·형상과 정렬특성

그림 4-24와 그림 4-25는 동일 실험 조건에서 홍고추와 건고추의 정렬 상태를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 실험 결과 고추 종류에 따른 정렬 특성에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 홍고추가 정렬되는 구간에서 건고추도 정렬되는 것으로 간주하였다.



그림 4-24. 홍고추의 정렬 상태(개량형, 상하진동)



그림 4-25. 건고추의 정렬 상태(개량형, 상하진동)

그림 4-26은 몸통부가 정상인 경우에 비해 심하게 뒤틀린 기형 고추의 정렬 특성을 나타내는 것으로, 실험 결과 정상 고추와 비슷하게 정렬되는 것으로 나타났다. 따라서 고추의 형상 역시 정렬특성에 큰 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다.



그림 4-26. 기형 홍고추의 정렬 상태

2. 공급특성

공급 특성을 확인을 위한 실험에 정렬 특성 실험에서 기울기, 진폭 및 진동수 변화에 비교적 균일한 정렬 상태를 보인 삼각형 정렬판을 사용하였다. 규격은 235 mm×700 mm, 높이 50 mm, 골과 골 사이는 80 mm로 하였다. 또한 고추가 절단 가이드로 1~2개씩 연속적으로 공급되게 하기 위하여 골수를 2개로 하였다. 진동 방식은 상하 진동에 비하여 고추가 정렬판 밖으로 튀어나가는 현상이 적고 절단 가이드로의 고추 공급이 연속적이었던 전후 진동 방식으로 하였으며, 진폭은 5 mm로 고정하였다.

고추의 공급 속도는 각각 0.06 %, 0.08 % 및 0.1 %로 하였으며 공급 벨트컨베이어의 이송 속도를 이용하여 조절하였다. 또 절단가이드의 이송속도는 0.12 %로 고정하였다.

고추 꼭지 제거는 정렬판에서 정렬된 고추가 꼭지 제거부의 절단가이드에 개당 1~2개 정도로 일정하게 투입되어야 그 성능을 최대화 할 수 있다. 따라서 홍고추 4 kg과 건고추 1 kg을 공급하여 정렬부에서 꼭지 제거부 절단가이드로 공급되는 상태를 분석하였다.

가. 홍고추 공급특성

홍고추 4 kg을 정렬판을 통해 절단가이드로 전부 공급한 후 절단가이드에 투입된 고추의 수를 살펴보았다. 여기에서 절단가이드 1개에 공급된 고추의 수가 1~2개일 경우를 적정, 3개 이상일 경우는 부적정으로 하였으며 측정된 전체 절단가이드 수에 대한 투입된 고추의 개수별 절단가이드 수의 비율을 계산하고, 이를 각각 실험 조건에서의 적정 공급율과 부적정 공급율로 환산하여 고추의 공급특성을 비교, 분석하였다. 공급율에 대한 정의는 다음과 같다.

$$\text{적정 공급율} = \frac{\text{1~2개 공급된 가이드 개수}}{\text{전체 가이드수 개수}} \times 100(\%)$$

$$\text{1개 공급율} = \frac{\text{1개 공급된 가이드 개수}}{\text{전체 가이드수 개수}} \times 100(\%)$$

$$\text{2개 공급율} = \frac{\text{2개 공급된 가이드 개수}}{\text{전체 가이드수 개수}} \times 100(\%)$$

$$\text{부적정 공급율} = \frac{\text{3개이상 공급된 가이드 개수}}{\text{전체 가이드수 개수}} \times 100(\%)$$

그림 4-27은 공급속도 0.06 ㎥, 정렬판의 기울기 20°, 진동수가 각각 6.7 Hz, 7.5 Hz 및 8.3 Hz일 때 절단가이드 내에 공급된 고추의 수를 나타낸 것으로, 정렬판의 진동수 6.7 Hz와 8.3 Hz일 경우 1개 공급율이 높았으나 고추가 증첩되게 공급되는 경향을 보였다. 정렬판의 진동수별 적정 공급율은 6.7 Hz일 때 90.1%, 7.5 Hz일 때 90.8%, 그리고 8.3 Hz일 때의 적정 공급율은 95.5%로 나타나, 진동수의 증가에 따라 적정 공급율도 증가하는 것으로 나타났다. 또 진동수별 1개 공급율은 각각 73.6%, 66.7% 및 73.6%이었으며, 2개 공급율은 각각 17.4%, 24.1% 및 21.9%로 나타났다.

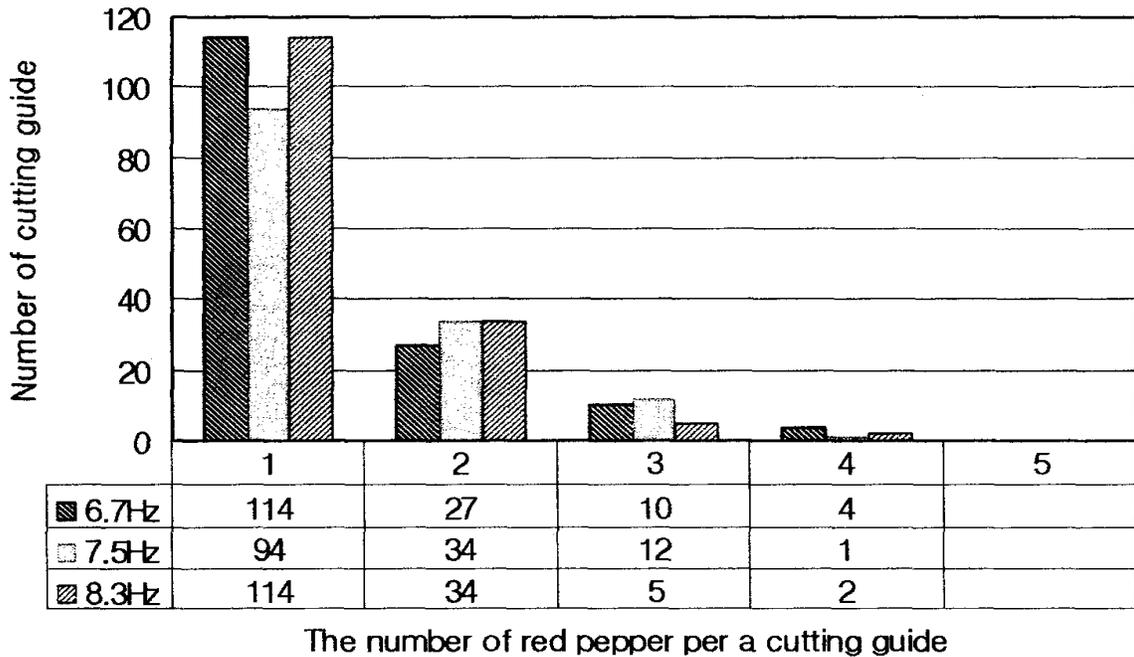
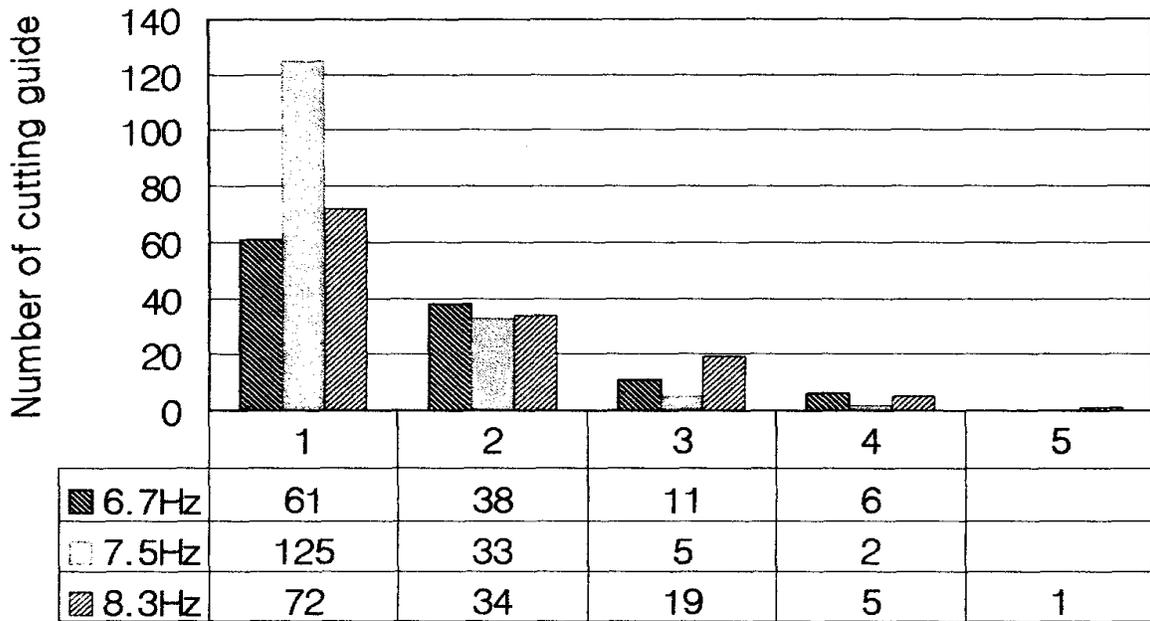


그림 4-27. 홍고추 공급특성(기울기 20°, 공급속도 0.06 ㎥)

그림 4-28은 공급속도 0.08 ㎥, 정렬판의 기울기 20°, 진동수 6.7 Hz, 7.5 Hz 및 8.3 Hz일 때의 절단가이드 내에 공급된 고추의 수를 나타낸 것으로 진동수 7.5 Hz의 경우 절단가이드에 고추가 한 개씩 공급된 것이 165개 가운데 125개로 가장 많았으며, 고추가 3개 이상 들어가는 경우도 다른 진동수에 비해 적었다. 이때의 적정 공급율은 진동수 6.7 Hz일 때 85.3%, 7.5 Hz일 때 95.8%, 그리고 8.3 Hz일 때에는 80.9%로 나타났으며, 그 변화 경향은 진동수의 변화와는 무관하였다. 또 진동수별 1개 공급율은 각각 52.6%, 75.8% 및 55.0%이었으며, 2개 공급율은 각각 32.8%, 20.0% 및 26.0%로 나타났다.

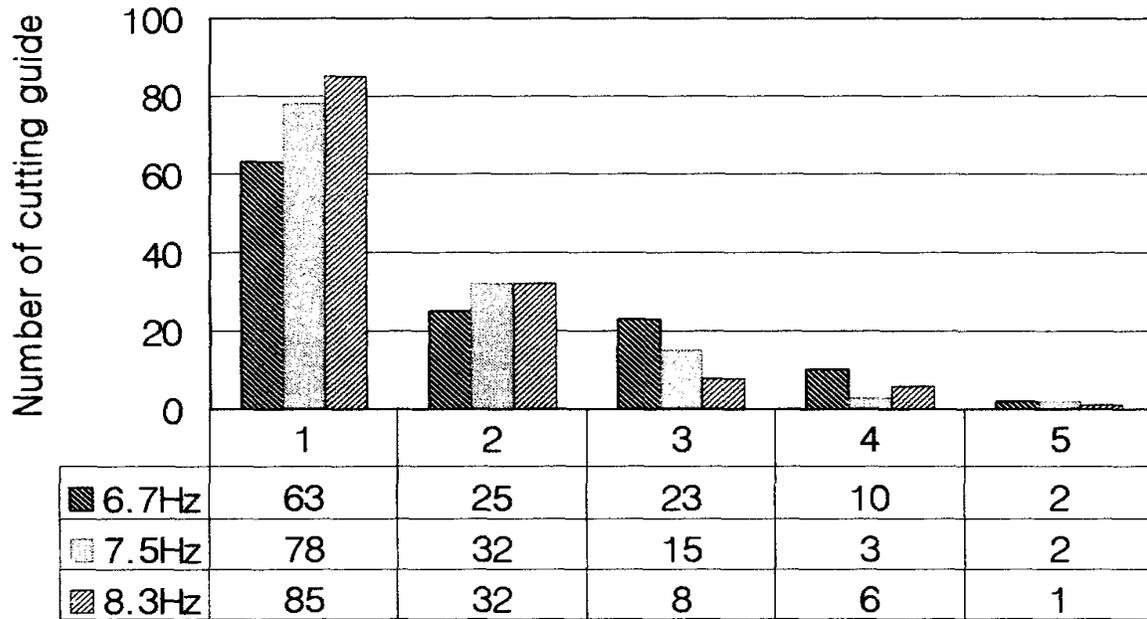


The number of red pepper per a cutting guide

그림 4-28. 홍고추 공급특성(기울기 20°, 공급속도 0.08 ㎥/s)

그림 4-29는 공급속도 0.10 ㎥/s, 정렬판의 기울기 20°, 진동수 6.7 Hz, 7.5 Hz 및 8.3 Hz일 때의 절단가이드 내에 공급된 고추의 수를 나타낸 것으로 고추의 공급속도를 0.1 ㎥/s로 빨리 하면 절단가이드에 고추가 1~2개씩 들어가는 경우가 50%이하로 떨어졌으며, 정렬판에서 고추의 상태가 쌓여 있거나, 서로 얽혀서 공급이 안 되는 경우가 많았다. 이때의 적정 공급율은 진동수 6.7 Hz일 때 71.5%, 7.5 Hz일 때 84.6%, 그리고 8.3 Hz일 때에는 88.6%로 나타났으며, 그 진동수가 증가하면 적정 공급율도 증가하였다. 또 진동수별 1개 공급율은 각각 51.2%, 60.0% 및 64.4%이었으며, 2개 공급율은 각각 20.3%, 24.6% 및 24.2%로 나타났

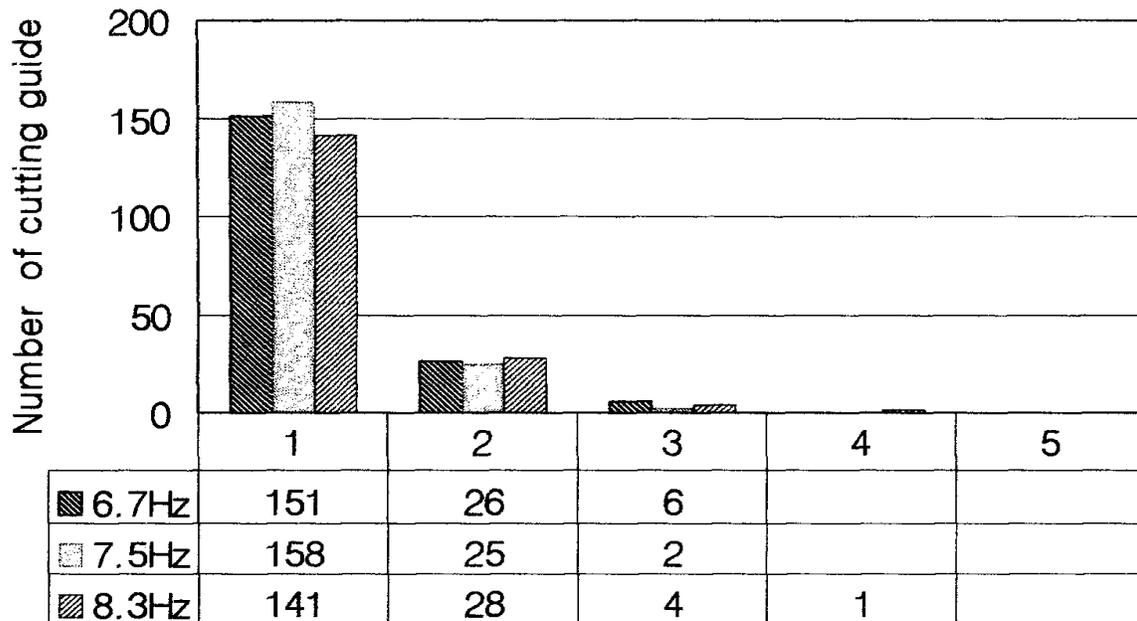
다.



The number of red pepper per a cutting guide

그림 4-29. 홍고추 공급특성(기울기 20°, 공급속도 0.10 ㄱ)

그림 4-30은 공급속도 0.06 ㄱ, 정렬판의 기울기 30°, 진동수 6.7 Hz, 7.5 Hz 및 8.3 Hz일 때의 절단가이드 내에 공급된 고추의 수를 나타낸 것으로, 대부분 절단가이드에 고추가 1~2개씩 공급되는 경향을 보였다. 특히 진동수 7.5 Hz의 경우는 고추가 절단가이드에 1개 들어간 경우가 185개중 158개로 가장 많았다. 각 진동수에서의 적정 공급율은 진동수 6.7 Hz일 때 96.7%, 7.5 Hz일 때 98.9%, 그리고 8.3 Hz일 때에는 97.1%로 나타났으며, 진동수별 1개 공급율은 각각 82.5%, 85.4% 및 81.0%이었으며, 2개 공급율은 각각 14.2%, 13.5% 및 16.1%로 나타났다.

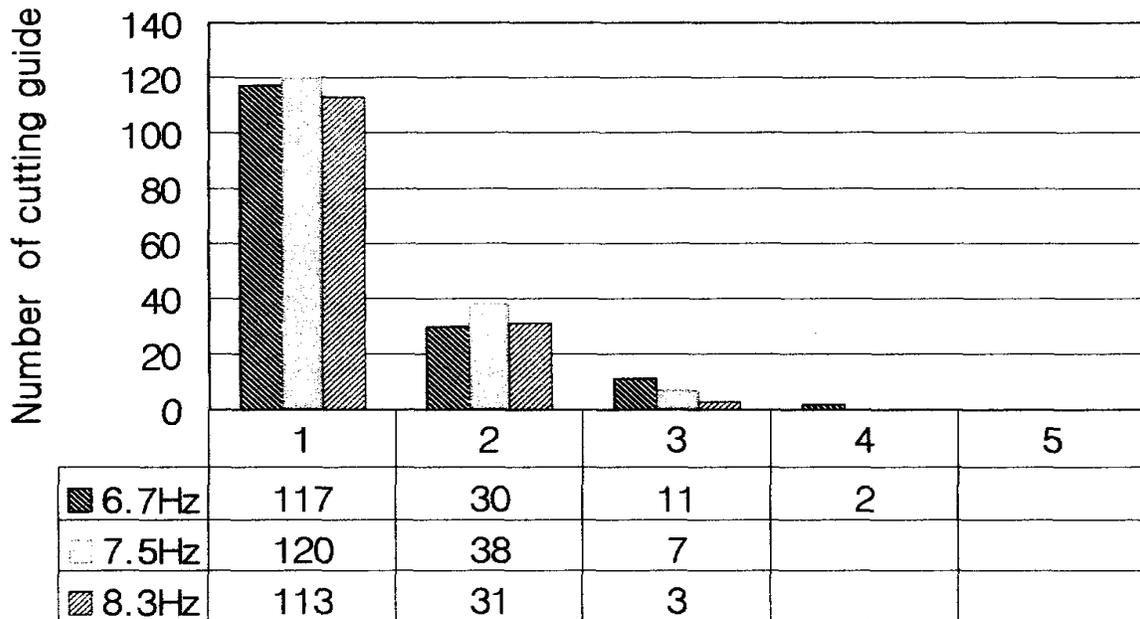


The number of red pepper per a cutting guide

그림 4-30. 홍고추 공급특성(기울기 30°, 공급속도 0.06 ㎥)

그림 4-31은 공급속도 0.08 ㎥, 정렬판의 기울기 30°, 진동수 6.7 Hz, 7.5 Hz 및 8.3 Hz일 때의 절단가이드 내에 공급된 고추의 수를 나타낸 것으로, 앞에서의 그림 12에서와 같이 공급속도를 0.08 ㎥로 높였을 경우 절단가이드에 고추가 2개 씩 들어가는 경우가 증가하였다. 이것은 정렬판에서의 공급속도에 비해 절단가이드의 속도가 상대적으로 늦었던 것으로 판단된다.

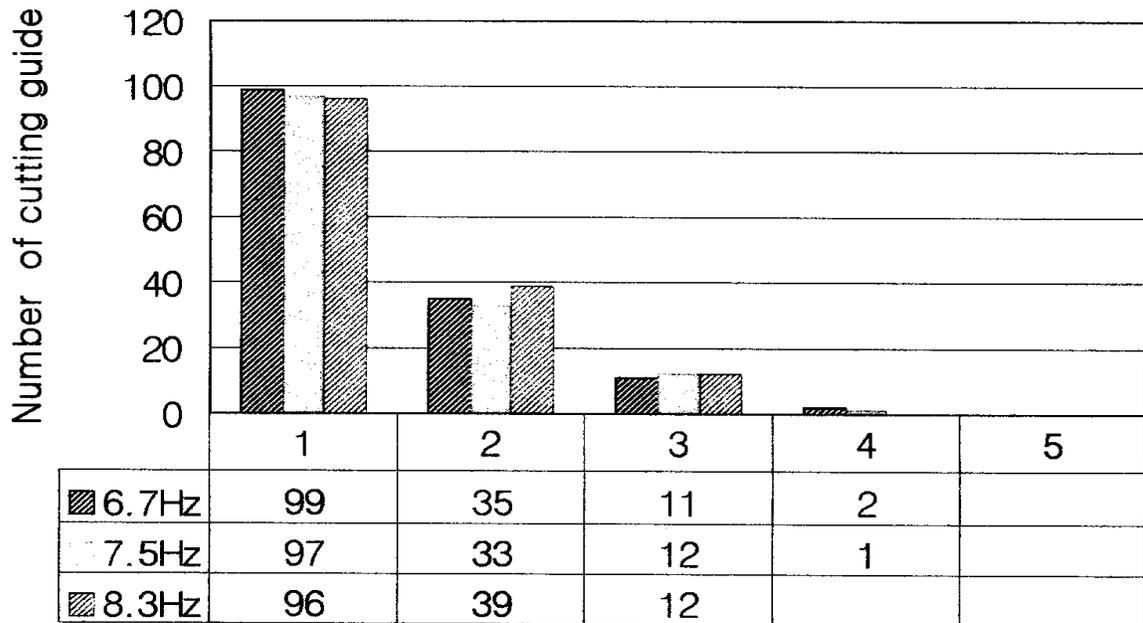
각 진동수에서의 적정 공급율은 진동수 6.7 Hz일 때 91.9%, 7.5 Hz일 때 95.8%, 그리고 8.3 Hz일 때에는 98.0%로 나타났으며, 진동수별 1개 공급율은 각각 73.1%, 72.7% 및 76.9%이었으며, 2개 공급율은 각각 18.8%, 23.0% 및 21.1%로 나타났다.



The number of red pepper per a cutting guide

그림 4-31. 홍고추 공급특성(기울기 30°, 공급속도 0.08 ㄱ)

그림 4-32는 공급속도 0.1 ㄱ, 정렬판의 기울기 30°, 진동수는 각각 6.7 Hz, 7.5 Hz 및 8.3 Hz일 때 절단가이드 내에 공급된 고추의 수를 나타낸 것으로, 한 개의 절단가이드 안에 2~3개 고추가 들어가는 경우가 많았다. 각 진동수에서의 적정 공급율은 진동수 6.7 Hz일 때 91.2%, 7.5 Hz일 때 90.9%, 그리고 8.3 Hz일 때에는 91.8%로 나타났으며, 진동수별 1개 공급율은 각각 67.4%, 67.8% 및 65.3%이었으며, 2개 공급율은 각각 23.8%, 23.0% 및 26.5%로 나타났다.

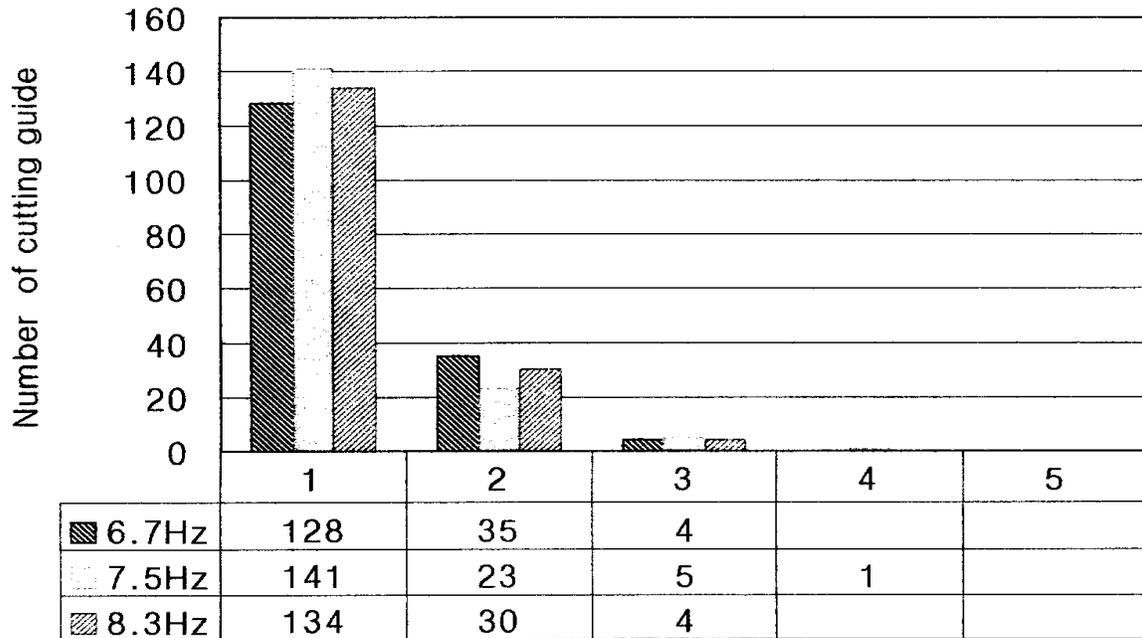


The number of red pepper per a cutting guide

그림 4-32. 홍고추 공급특성(기울기 30°, 공급속도 0.1 ㎥)

그림 4-33은 공급속도 0.06 ㎥, 정렬판의 기울기 40°, 진동수 6.7 Hz, 7.5 Hz 및 8.3 Hz일 때의 절단가이드 내에 공급된 고추의 수를 나타낸 것으로 대부분의 절단가이드에 고추가 1~2개씩 공급되었으며, 진동수 7.5 Hz의 경우가 170개중 141개로 가장 많았다. 또 이 때 고추가 정렬판 위에서 정렬되어 내려가기보다는 미끄러지거나 통겨져 내려가는 경우가 많았다.

각 진동수에서의 적정 공급율을 살펴보면 진동수 6.7 Hz일 때 97.6%, 7.5 Hz일 때 96.5%, 그리고 8.3 Hz일 때에는 97.6%로 나타났으며, 또 진동수별 1개 공급율은 각각 76.7%, 82.9% 및 79.8%이었으며, 2개 공급율은 각각 20.9%, 13.5% 및 17.9%로 나타났다.

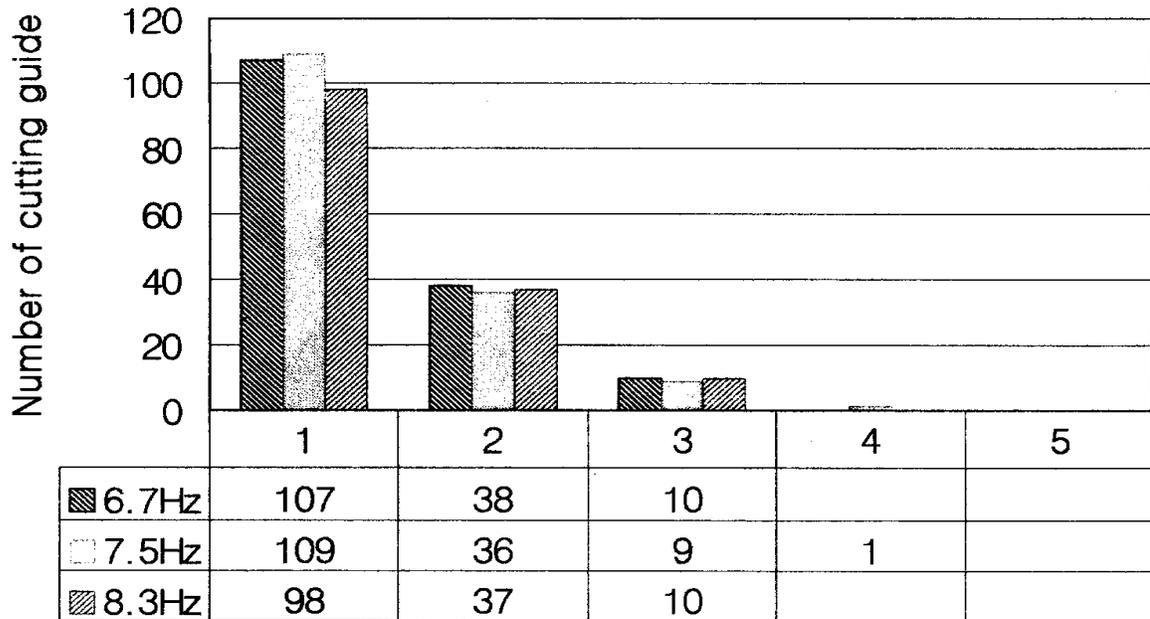


The number of red pepper per a cutting guide

그림 4-33. 홍고추 공급특성(기울기 40°, 공급속도 0.06 ㎥)

그림 4-34는 공급속도 0.08 ㎥, 정렬판의 기울기 40°, 진동수 6.7 Hz, 7.5 Hz 및 8.3 Hz일 때 절단가이드 내에 공급된 고추의 수를 나타낸 것으로, 이송속도 0.06 ㎥일 때에 비해 절단가이드에 공급되는 고추의 개수가 하나씩 들어가는 경우가 다소간 줄었으며, 3개씩 들어가는 경우는 약 두 배로 늘어났다.

각 진동수에서의 적정 공급율을 살펴보면 진동수 6.7 Hz와 7.5 Hz일 때 93.6%, 그리고 8.3 Hz일 때에는 93.1%로 나타났으며, 또 진동수별 1개 공급율은 각각 69.0%, 70.3% 및 67.6%이었으며, 2개 공급율은 각각 24.5%, 23.2% 및 25.5%로 나타났다.

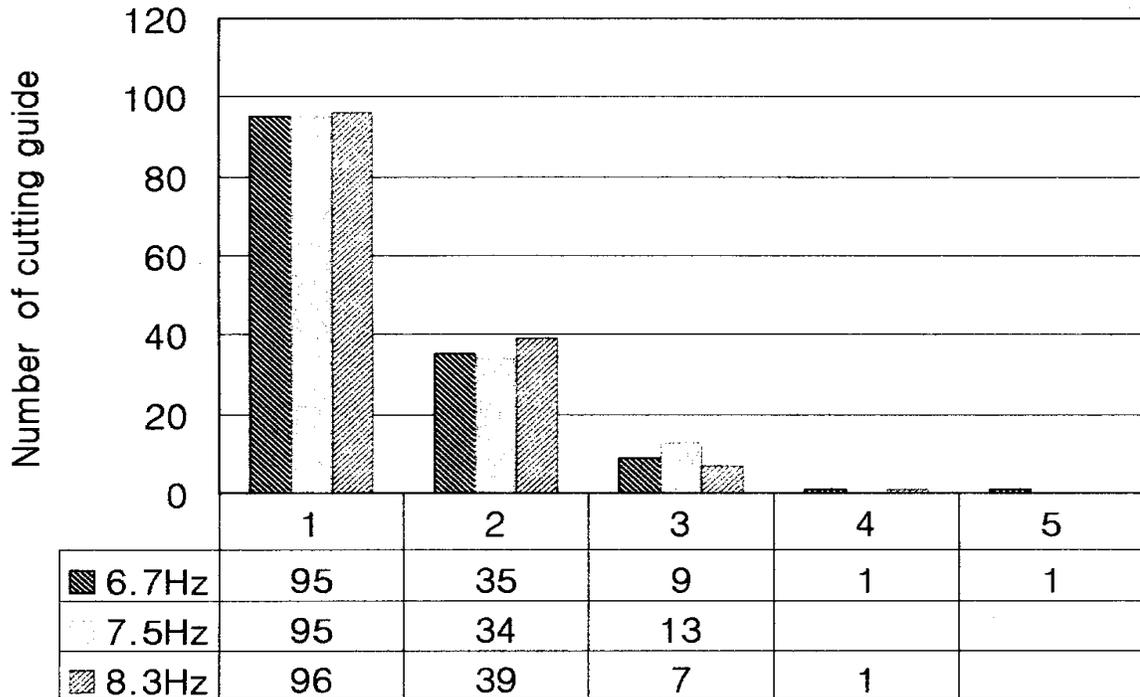


The number of red pepper per a cutting guide

그림 4-34. 홍고추 공급특성(기울기 40°, 공급속도 0.08 ㎍s)

그림 4-35는 공급속도 0.1 ㎍s이며, 정렬판의 기울기 40°, 진동수 6.7 Hz, 7.5 Hz 및 8.3 Hz일 때 절단가이드 내에 공급된 고추의 수를 나타낸 것으로, 1개 공급율은 약간 감소하였으며 부적정 공급율은 증가하였다.

각 진동수별 적정 공급율은 6.7 Hz일 때 92.2%, 7.5 Hz일 때 90.9%, 그리고 8.3 Hz일 때에는 94.4%로 나타났으며, 또 진동수별 1개 공급율은 각각 67.4%, 66.9% 및 67.1%이었으며, 2개 공급율은 각각 24.8%, 23.9% 및 27.3%로 나타났다.



The number of red pepper per a cutting guide

그림 4-35. 홍고추 공급특성(기울기 40°, 공급속도 0.1 %))

이상에서와 같이 홍고추의 적정 공급율이 최대인 경우는 정렬판의 경사각 30°, 진동수 7.5 Hz, 고추 공급속도 0.06 %일 때로 98.9%이었으며, 이 때 1개 공급율도 85.4%로 가장 높게 나타났다.

표 4-3은 홍고추 4 kg이 정렬판을 통과하는 시간을 나타낸 것으로, 홍고추의 정렬판 통과시간은 진동수와 별로 상관이 없었으며, 오히려 벨트컨베이어에서의 고추 공급량과 정렬판의 경사각에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 경사각 20°에 비해 경사를 40°로 했을 경우 정렬판의 통과시간이 약 30초 정도 줄어드는 것으로 나타났으며, 공급속도에 따라서도 80~100초 정도의 차이를 보였다.

표 4-26. 정렬판 통과 시간

정렬판 기울기 (deg)	공급 속도 (m/s)	통과시간(초)		
		6.7 Hz	7.5 Hz	8.3 Hz
20	0.06	243	233	282
	0.08	184	239	329
	0.1	188	164	125
30	0.06	224	226	193
	0.08	156	156	154
	0.1	126	117	117
40	0.06	207	198	204
	0.08	152	153	153
	0.1	121	121	124

나. 건고추 공급특성

건고추의 공급을 분석에서 정렬판의 경사각이 20°일 경우 몇 가지의 제약 요인이 발생하였다. 진동수가 6.7 Hz로 작을 경우에는 건고추가 정렬판 위에 적체되었기 때문에 통과시간이 너무 길어 측정구간에서 제외하고 진동수 7.5 Hz와 8.3 Hz에서만 분석하였다. 또 공급속도 0.1 %의 경우에는 모든 진동수에서 고추의 정렬판 통과시간에 비해 컨베이어에서의 공급속도가 너무 빨라 정렬판 위에서 고추가 적체되었으므로 분석에서 제외하였다.

그림 4-36은 공급속도 0.06 %, 정렬판의 기울기 20°일 때 각 진동수에서 절단가이드 내에 공급된 건고추의 수를 나타낸 것으로, 진동수 7.5 Hz와 8.3 Hz일 때 고추의 공급은 되었지만 절단가이드에 3개 이상 공급되는, 부적정 공급율이 높게 나타났다. 정렬판의 진동수별 건고추의 적정 공급율은 7.5 Hz일 때 88.1%, 그리고 8.3 Hz일 때에 87.4%로 나타났다. 또 진동수별 1개 공급율은 각각 71.8%

와 62.3%이었으며, 2개 공급율은 16.4%와 25.2%로 나타났다.

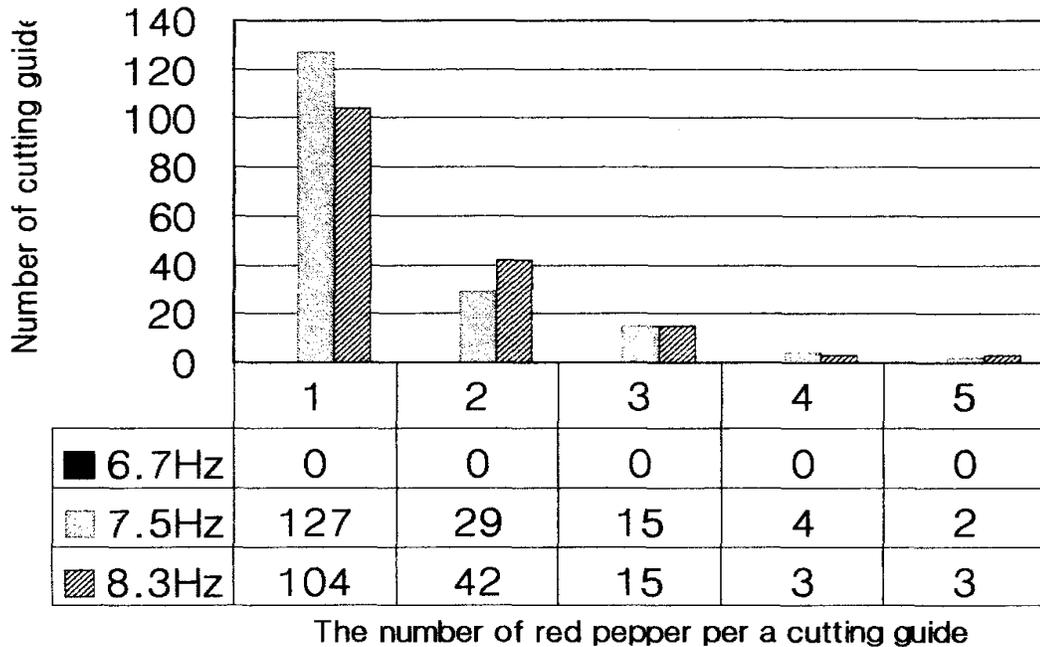
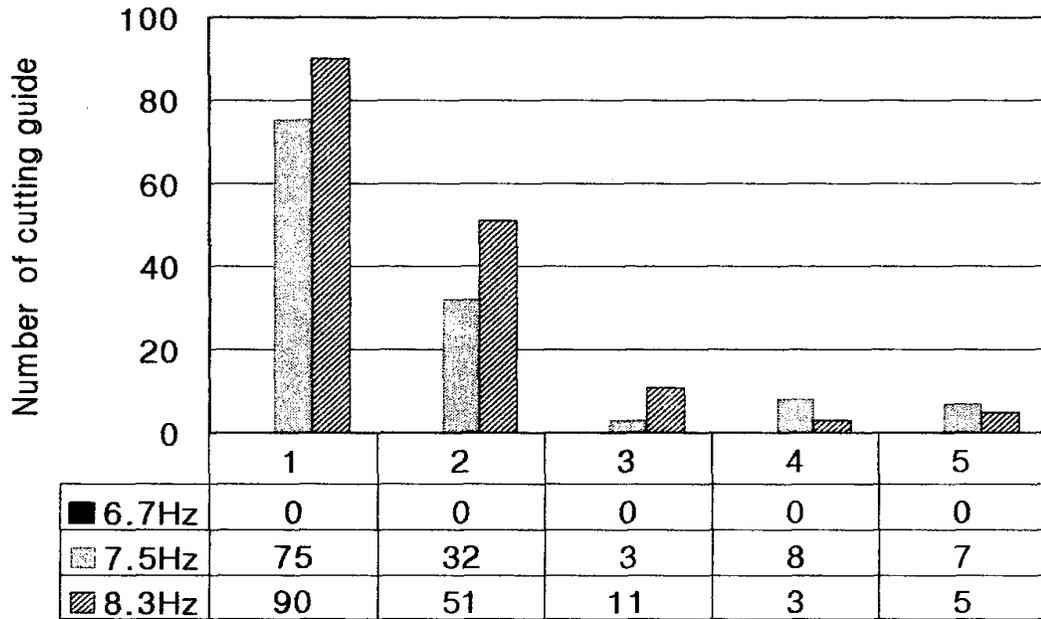


그림 4-36. 건고추 공급특성(기울기 20°, 공급속도 0.06 ㎥/s).

그림 4-37은 공급속도 0.08 ㎥/s, 정렬판의 기울기 20°일 때 각 진동수에서 절단가이드 내에 공급된 건고추의 수를 나타낸 것으로, 앞서서와 같이 진동수 6.7 Hz일 때에는 고추가 정렬판에서 정체되어 진행이 불가능하였으며, 다른 진동수 즉 7.5 Hz와 8.3 Hz일 때에도 고추가 무더기로 공급되는 경우가 많았다. 이 때 정렬판의 진동수별 건고추의 적정 공급율은 7.5 Hz일 때 85.6%, 그리고 8.3 Hz일 때에 88.1%로 나타났다. 또 진동수별 1개 공급율은 각각 60.0%와 56.3%이었으며, 2개 공급율은 25.6%와 31.9%로 높게 나타났다.



The number of red pepper per a cutting guide

그림 4-37. 건고추 공급특성(기울기 20°, 공급속도 0.08 ㎥/s)

그림 4-38은 공급속도 0.06 ㎥/s, 정렬판의 기울기 30°일 때 각 진동수에서 절단가이드 내에 공급된 건고추의 수를 나타낸 것으로, 정렬판의 경사각 30°의 경우 모든 진동수 구간에서 정렬이 이루어졌으며 특히 진동수 8.3 Hz의 경우에는 절단가이드에 1~2개씩 투입된 것이 275개중 259개로 나타났다. 진동수별 적정 공급율은 6.7 Hz일 때 95.8%, 7.5 Hz일 때 98.9%, 그리고 8.3 Hz일 때에는 97.8%로 높게 나타났다. 또 이때의 1개 공급율은 각각 77.8%, 74.5% 및 81.5%이었으며, 2개 공급율은 각각 17.3%, 22.6% 및 16.3%이었다.

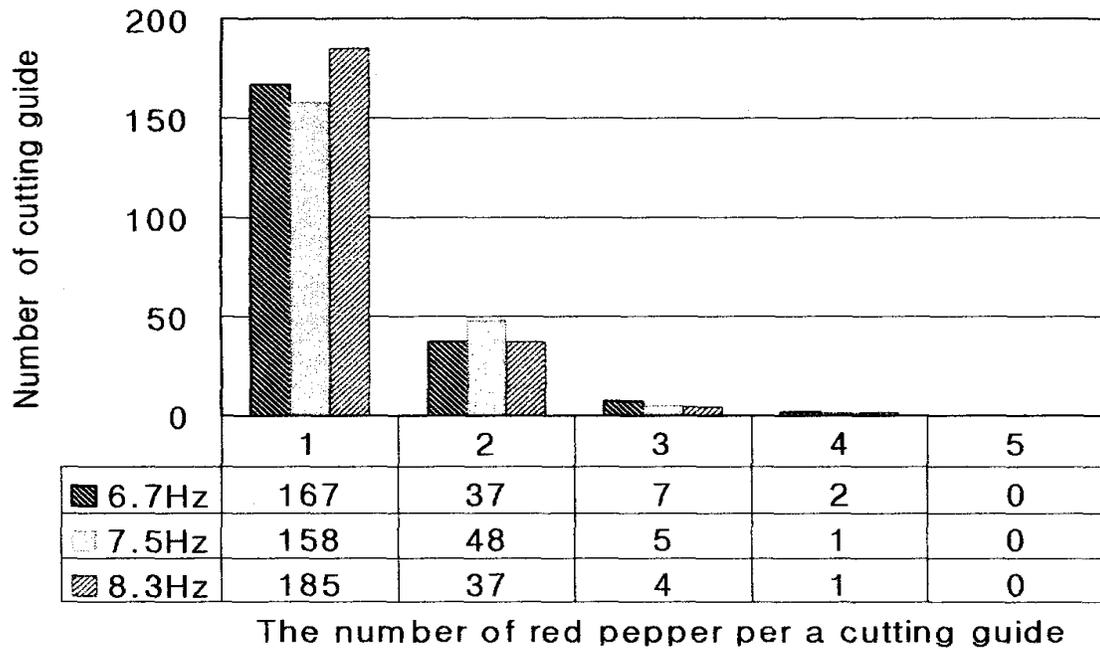


그림 4-38. 건고추 공급특성(기울기 30°, 공급속도 0.06 ㎍)

그림 4-39는 공급속도 0.08 ㎍, 정렬판의 기울기 30°일 때 각 진동수에서 절단가이드 내로 공급된 건고추의 수를 나타낸 것으로, 진동수 6.7 Hz의 경우에는 절단가이드에 1~2개씩 투입된 것이 212개중 197개로 높게 나타났다.

진동수별 적정 공급율은 6.7 Hz일 때 92.9%, 7.5 Hz일 때 90.2%, 그리고 8.3 Hz일 때에는 97.0%로 나타났다. 또 이때의 1개 공급율은 각각 68.4%, 63.2% 및 68.2%이었으며, 2개 공급율은 각각 24.5%, 26.9% 및 28.9%이었다.

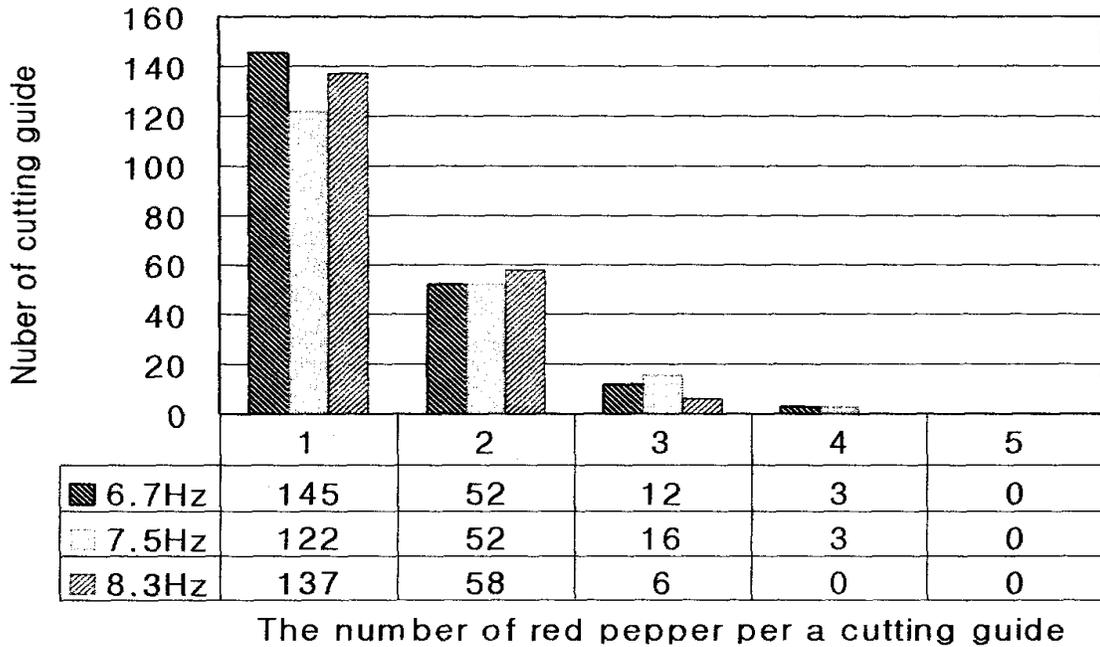


그림 4-39. 건고추 공급특성(기울기 30°, 공급속도 0.08 ㎍)

그림 4-40은 공급속도 0.1 ㎍, 정렬판의 기울기 30°일 경우의 것으로, 절단가이드의 이송속도에 비해 고추의 공급속도가 빨라서 부적정 공급율이 높게 나타났다. 진동수별 적정 공급율은 6.7 Hz일 때 87.1%, 7.5 Hz일 때 90.2%, 그리고 8.3 Hz일 때에는 86.5%로 나타났다. 또 이때의 1개 공급율은 각각 61.9%, 66.2% 및 61.8%이었으며, 2개 공급율은 각각 25.2%, 24.0% 및 24.6%이었다.

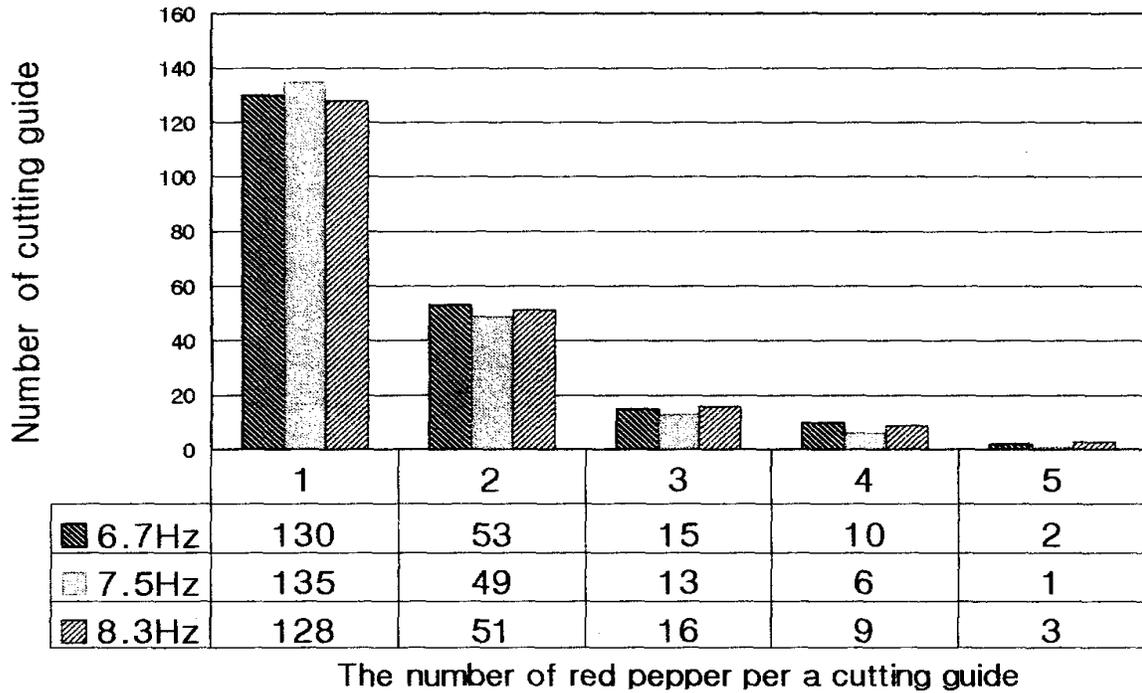


그림 4-40. 건고추 공급속도(기울기 30°, 공급속도 0.1 ㎥)

그림 4-41은 공급속도 0.06 ㎥, 정렬판의 기울기 40°일 때 진동수별 공급경향을 나타낸 것으로, 건고추가 1~2개씩 절단가이드에 투입된 경우가 84~87.6%로 나타났다. 홍고추와 유사하게 건고추도 정렬판의 경사가 40°의 경우에는 정렬판에서 정렬되기보다는 미끄러져 투입되거나, 튀어서 절단가이드에 들어가지 못하는 현상이 발생하였다.

진동수별 적정 공급율은 6.7 Hz일 때 95.5%, 7.5 Hz일 때 93.4%, 그리고 8.3 Hz일 때에는 96.2%로 나타났다. 또 이때의 1개 공급율은 각각 73.2%, 68.9% 및 72.6%이었으며, 2개 공급율은 각각 22.2%, 24.6% 및 23.6%로 나타났다.

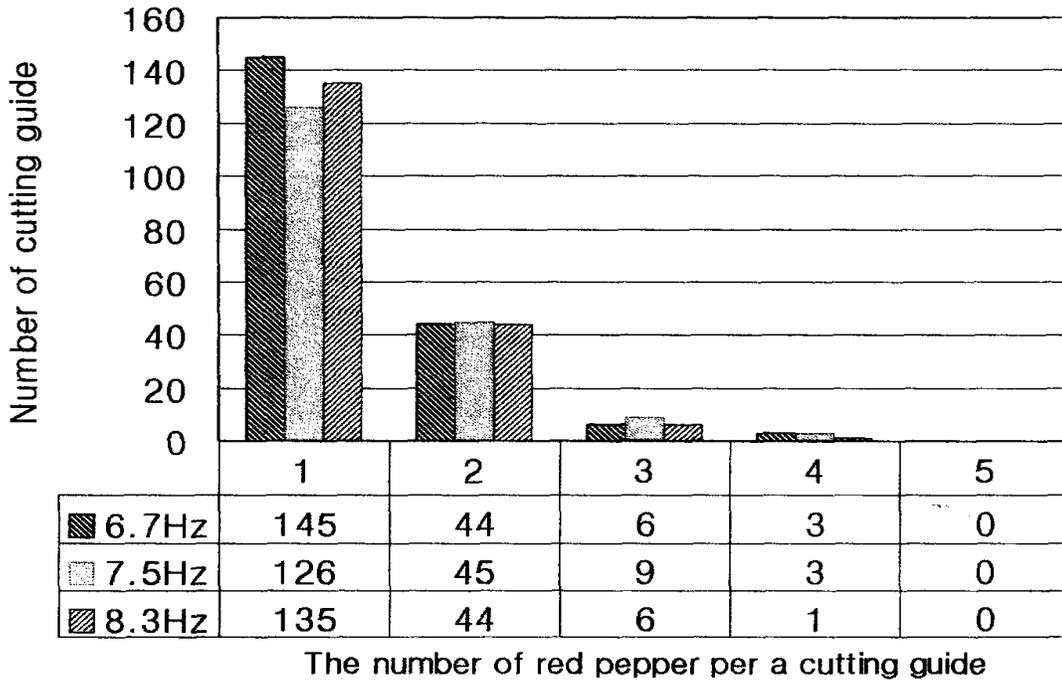
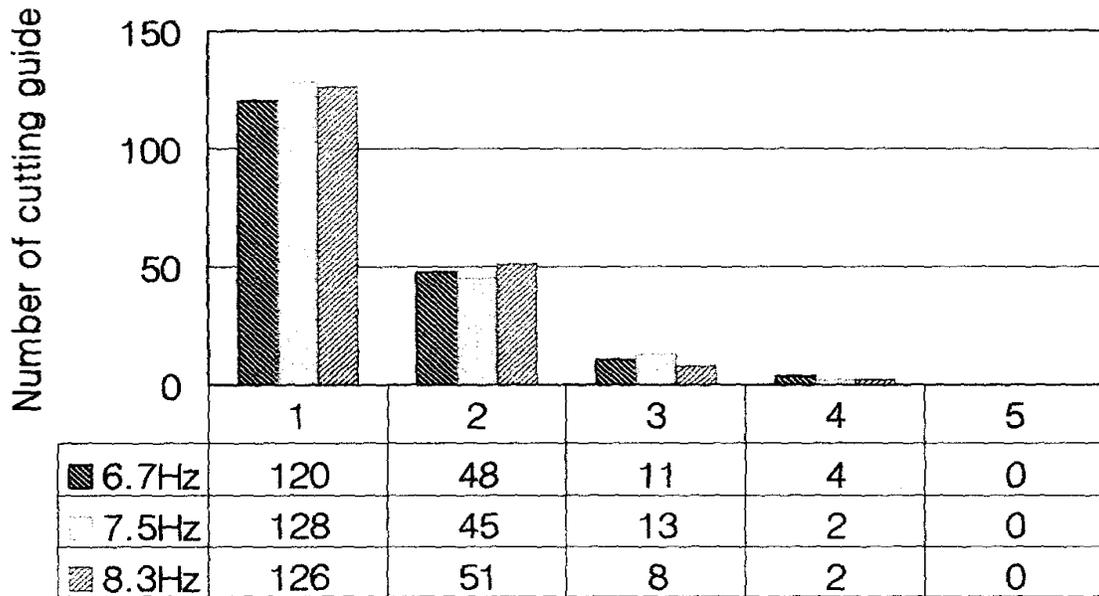


그림 4-41. 건고추 공급특성(기울기 40°, 공급속도 0.06 ㎥)

그림 4-42는 공급속도 0.08 ㎥, 정렬판의 기울기 40°, 진동수 6.7 Hz, 7.5 Hz 및 8.3 Hz일 때의 공급경향을 나타낸 것으로, 적정 공급율은 양호한 것으로 나타났다. 이를 진동수별로 살펴보면, 6.7 Hz일 때 91.8%, 7.5 Hz일 때 92.0%, 그리고 8.3 Hz일 때에는 94.7%로 나타났다. 또 이때의 1개 공급율은 각각 65.6%, 68.1% 및 67.4%이었으며, 2개 공급율은 각각 26.2%, 23.9% 및 27.2%로 나타났다.

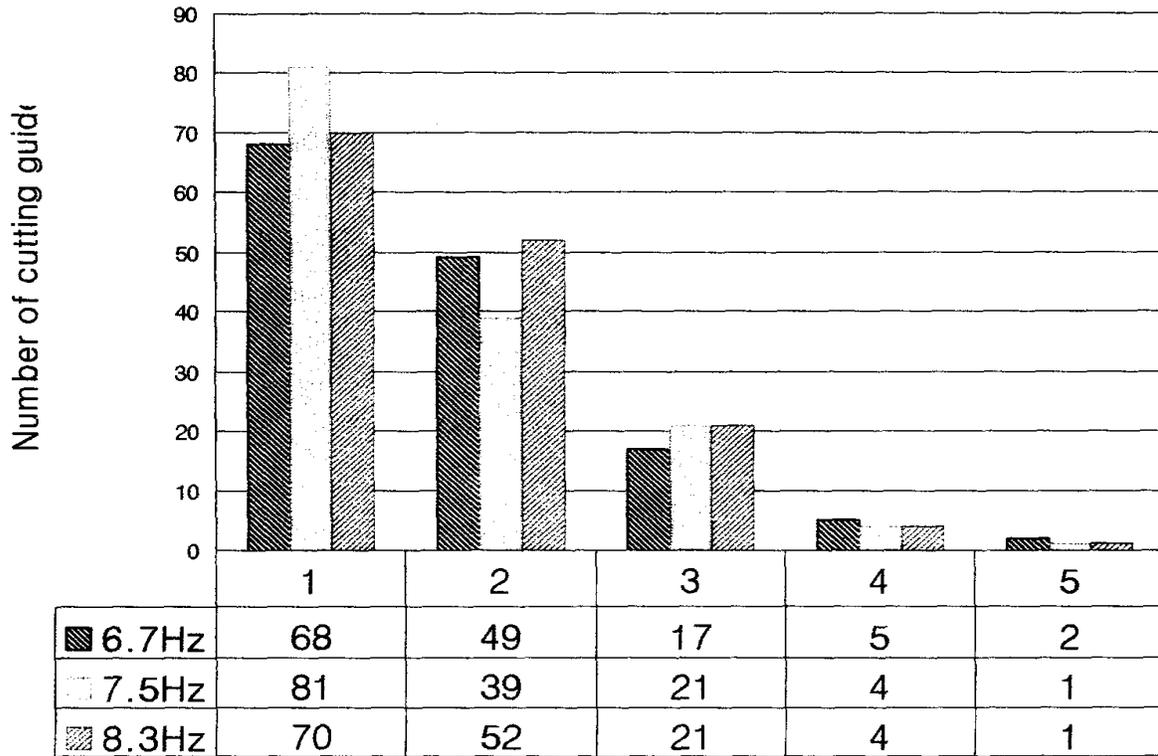


The number of red pepper per a cutting guide

그림 4-42. 건고추 공급특성(기울기 40°, 공급속도 0.08 %))

그림 4-43은 공급속도 0.1 %, 정렬판의 기울기 40°, 진동수 6.7 Hz, 7.5 Hz 및 8.3 Hz일 때의 공급경향을 나타낸 것으로, 건고추가 3개 이상 하나의 절단가이드에 투입된 경우, 즉 부적정 공급율이 가 26.7~35.1%로 높게 나타났으며, 1개 공급율은 상대적으로 감소하고 2개 공급율이 증가하였다.

진동수별 공급율을 살펴보면, 6.7 Hz일 때 83.0%, 7.5 Hz일 때 82.2%, 그리고 8.3 Hz일 때에는 82.4%로 나타났다. 또 이때의 1개 공급율은 각각 48.2%, 55.5% 및 47.3%이었으며, 2개 공급율은 각각 34.8%, 26.7% 및 35.1%로 높게 나타났다.



The number of red pepper per a cutting guide

그림 4-43. 건고추 공급특성(기울기 40°, 공급속도 0.1 %))

이상의 건고추 실험에서 적정 공급율이 가장 높았던 것은 정렬판의 기울기 30°, 공급속도 0.06 %일 때로, 적정 공급율은 95.8~97.8%로 매우 높게 나타났으며, 같은 조건에서 진동수 8.3 Hz일 경우 가장 높게 나타났다. 또 1개 공급율은 74.5~81.5%로 진동수 8.3 Hz일 경우 가장 높았으며, 2개 공급율은 16.3~22.6%로 진동수 7.5 Hz의 경우에 높게 나타났다. 그러나 부적정 공급율은 5.4~8.2%로 진동수 8.3 Hz의 경우에 가장 낮게 나타났다.

표 4-4는 건고추 1 kg이 정렬판을 통과하는 시간을 나타낸 것이다. 건고추도 홍고추에서와 같이 정렬판 통과시간은 진동수와는 별로 상관이 없었으며, 고

추의 공급량과 정렬판의 경사각에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 경사각 20°의 경우, 진동수 6.7 Hz에서는 10분 이상 경과하여도 고추가 정렬되거나 이송되지 않고 정체되어 있는 현상을 보였으며, 진동수 7.5 Hz 이상에서도 고추의 공급은 수행되었지만 정렬되지 않고 뭉쳐서 절단가이드에 여러 개씩 투입되고 또 정렬판 통과시간도 175~276초로 매우 길게 나타났다. 그러나 경사각 30°일 때에는 처리시간이 168~238초로 비교적 짧게 나타났다. 또 경사각 40°의 경우 정렬판 통과시간은 122~205초로 짧았지만 적정 공급율이 상대적으로 낮았다.

표 4-27. 정렬판 통과 시간

정렬판 기울기 (deg)	공급 속도 (m/s)	통과시간(초)		
		6.7 Hz	7.5 Hz	8.3 Hz
20	0.06	∞	276	235
	0.08	∞	175	192
30	0.06	227	223	238
	0.08	183	183	168
	0.1	120	128	125
40	0.06	205	198	193
	0.08	165	169	173
	0.1	129	122	127

제 4 절 요약 및 결론

고추꼭지제거기의 효율을 높이기 위하여 편심형 진동방식을 이용한 고추정렬 장치를 구성하여 정렬판의 형상에 따른 정렬특성을 구명하고, 여기에서 선택된 삼각형 정렬판의 경사각, 진폭, 진동방향과 진동수, 그리고 고추 공급량 등의 조건에 따른 홍고추와 건고추의 정렬 및 공급특성을 분석하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 평면형 정렬판에서 고추의 자중을 이용한 정렬은 어느 진동 조건에서도 불가능하였다.
2. 삼각형 정렬판은 다른 형태의 정렬판에 비하여 전후진동일 때는 정렬되는 구간이 작아 소요시간이 다소 길었으나 정렬성능이 높았으며, 상하진동에서의 고추 이탈도 적었다.
3. 홍고추, 건고추 간의 정렬특성은 큰 차이가 없었으며 고추의 기형여부도 정렬 특성에 영향을 미치지 않았다.
4. 홍고추의 적정 공급율이 최대인 경우는 정렬판의 경사각 30°, 진동수 7.5 Hz, 고추 공급속도 0.06 %일 때로 적정 공급율은 98.9%이었으며, 이 때 1개 공급율도 85.4%로 가장 높았다.
5. 건고추의 적정 공급율이 최대인 경우는 정렬판의 경사각 30°, 진동수 8.3 Hz, 고추의 공급속도 0.06 %일 때로, 적정 공급율은 97.8%이었으며, 이 때의 1개 공급율도 81.5%로 가장 높게 나타났다.

제 5 장 절단 장치 개발

제 1 절 서설

홍고추를 원료로 하여 고추액즙이나 고추장을 생산하고 있는 고추가공공장에서 인력으로 홍고추의 꼭지를 제거하고 있기 때문에 처리량의 제약과 인건비 부담 등으로 홍고추 꼭지제거기의 개발을 절실하게 필요로 하고 있다. 이것은 홍고추가 함수율이 85%(wb) 정도로 높아 건고추와는 물리적 특성이 현저히 다르기 때문에 꼭지와 과피부를 압축하중으로 제거시킬 수 없고, 또 압축 시 발생하는 내부 추출수분으로 인하여 위생적인 문제뿐만 아니라 기계 금속부의 부식을 초래하여 수명을 단축시키기 때문이다. 따라서 홍고추는 건고추와는 다른 방법으로 꼭지를 제거하는 기술 개발이 필요하다.

현재 건고추용 꼭지절단기나 꼭지제거기가 일부 고춧가루 가공공장에 설치되어 있으나 그 효율이 매우 낮아 인력에 크게 의존하고 있는 실정이며, 홍고추의 꼭지제거 기술에 관한 연구는 국내외를 막론하고 아직 찾아볼 수 없다.

가공용 고추의 꼭지 절단 장치의 개발을 위하여 수행한 본 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

1. 가장 효율적인 꼭지절단 기구를 선정하기 위하여 여러 가지 꼭지절단 기구를 설계, 제작하고 수동공급 방식으로 그 성능을 비교 분석한다.
2. 자동 경사공급 방식에 의한 꼭지절단 장치를 설계, 제작하고 수동공급방식에서 선정한 몇 가지 꼭지절단기구를 적용하여 그 성능을 비교 분석한다.
3. 자동 수평공급 방식에 의한 꼭지절단 장치를 설계, 제작하고, 성능시험에서 선정된 꼭지 절단기구에 대한 재질과 형상 및 작동요인에 따른 홍고추와 건고추에 대한 꼭지 절단성능을 검증하여 효율적인 고추꼭지 절단장치를 개발한다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 실험 재료

실험에 사용한 홍고추는 진주시 근교(대곡, 문산) 농가에서 생산된 대과종 녹광으로 실험 시 함수율은 80~87%(wb)였다. 또 건고추는 안동 일직 고춧가루 가공공장에서 사용하는 함수율 15~30%(wb)의 노지 재배한 중·소과종의 것을 저장고 내에 보관하면서 실험실 내에서 음건하여 실험에 사용하였다.

2. 실험 장치의 설계·제작

고추꼭지 절단장치의 설계목표는 다음과 같이 설정하였다.

- ① 연속적으로 또 빠른 속도로 처리할 수 있게 한다.
- ② 공급되는 고추의 꼭지부분과 반대쪽 끝 부분 양측에 절단부를 설치하는 방식을 이용하여 어느 쪽으로 공급되든 절단할 수 있도록 한다.
- ③ 공급되는 고추의 기하학적 형상이나 꼭지부의 길이에 관계없이 절단할 수 있게 한다.
- ④ 가능하면 꼭지와 과피부가 연결되는 부위를 절단 또는 분리하여 과피부에서 꼭지가 완전히 제거될 수 있게 하는 것을 최종 목표로 한다.

가. 수동공급

설계목표에 가장 적합한 절단기구를 선별하기 위하여 우선 수동공급에 의한 여러 가지 절단기구를 비교 검토할 수 있는 장치를 그림 5-1과 같이 제작하였다. 1마력 3상 유도전동기에 절단날을 장착하고 고추 고정틀에 고정된 고추를 손으로 밀어 공급하였으며, 이때 충격량을 높이기 위해 고추 진행방향과 반대방향으로 절단날을 회전시켰다.

고추 고정틀은 표 5-1 및 그림 2에 나타낸 바와 같은 4가지 모형을 제작하였다. 모형 1은 고추 1개를 고무밴드로 압착한 것이며, 모형 2는 고추 1개를 헐

거운 상태로 고정한 것이다. 모형 3은 8개의 고추를 고무밴드로 압착한 것이며, 모델 4는 8개의 고추를 헐거운 상태로 고정한 것이다.



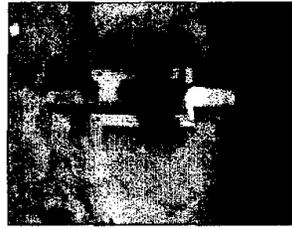
그림 5-1. 수동 공급 장치

표 5-1. 고추 고정틀 규격

항목	고추 개수	고정 상태
모델 1	1	고정
모델 2	1	헐거움
모델 3	8	고정
모델 4	8	헐거움



모델 1



모델 2



모델 3



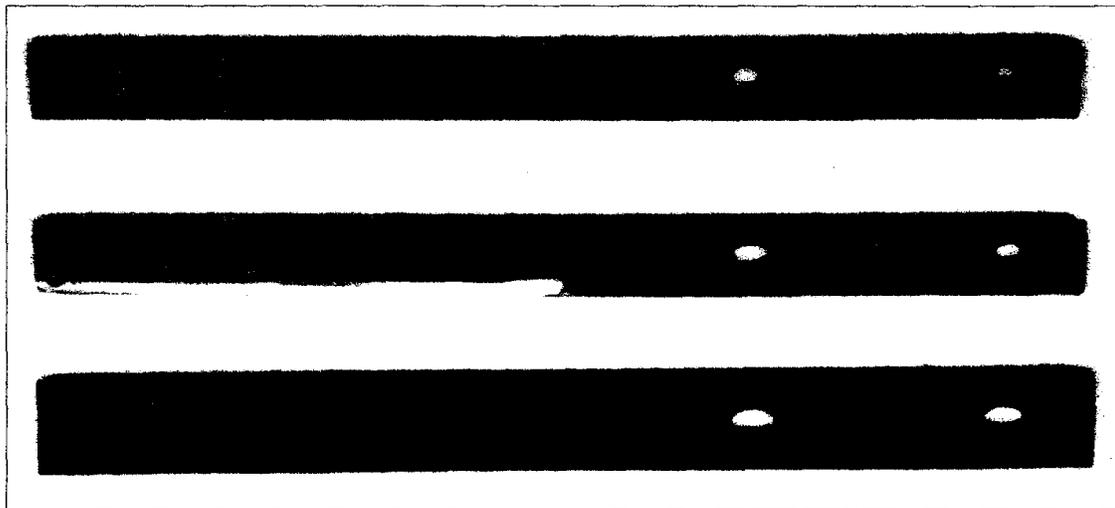
모델 4

그림 5-2. 고추 고정틀 형상

절단날은 사각날 3종과 선형날 3종의 모두 6가지 종류를 시험하였다. 충격에 의한 절단 경향을 분석하기 위하여 사용한 사각날은 표 5-2 및 그림 5-3과 같다. 얇은 보통날은 두께 3 mm, 질량 96.5 g이며, 얇은 칼날은 얇은 보통날의 한 단면을 칼날처럼 예리하게 연마한 것으로 충격과 동시에 날카로운 칼날에 의한 절단 효과를 높이기 위한 것이다. 또 두꺼운 보통날은 얇은 보통날보다 두께는 2 배, 질량은 3배정도 무겁게 하여 충격량을 높인 것이다.

표 5-2. 절단날 규격

형식	중량(g)	길이(mm)	두께(mm)	폭(mm)
얇은 보통날	96.50	200	3	25
얇은 칼날	96.22	200	3	25
두꺼운 보통날	268.52	200	6	32

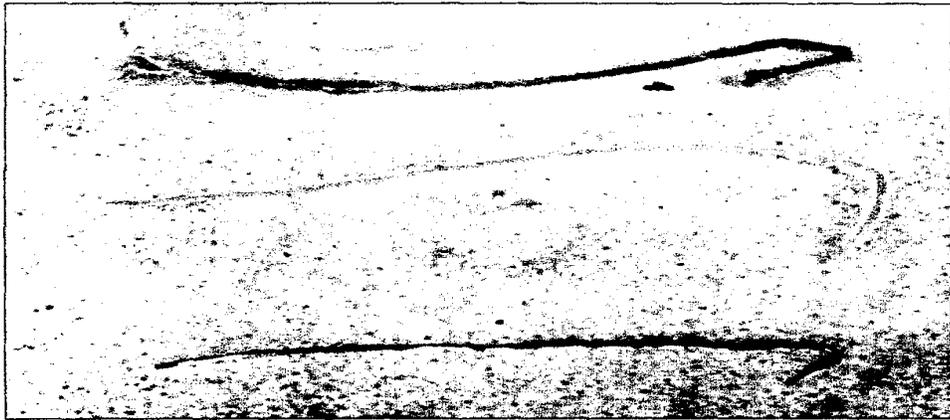


(상 : 얇은 보통날, 중 : 얇은 칼날, 하 : 두꺼운 보통날)

그림 5-3. 절단날 형상

표 5-3. 선형날 규격

형식	중량 (g)	길이 (mm)	직경 (mm)	비고
와이어	3.6	14.5	2.25	지름 0.2 mm 강선
실선	1.1	14.5	2.24	나일론(제초기 예취날)
구리선	3.3	14.5	1.12	피복 전선



(상 : 와이어, 중 : 실선, 하 : 구리선)

그림 5-4. 선형날 형상

선형날은 유연성을 가지고 있어 고추꼭지를 타격할 때 충격력과 동시에 잡아채는 효과를 기대하여 표 5-3 및 그림 5-4에 나타낸 것과 같은 주변에서 쉽게 구할 수 있는 3종을 채택하였다. 와이어는 지름 0.2 mm인 가는 강선 수십 가닥으로 이루어진 지름 2.25 mm, 질량 3.6 g의 것을 이용하였다. 실선은 제초기에 사용되는 나일론 예취날로서 질량 1.1 g으로 가장 가볍기 때문에 축에 180° 위상차를 두고 2개를 설치하였다. 또 구리선은 일반 전선의 피복을 벗긴 것을 사용

하였으며 지름이 1.12 mm로 선형날 중 가장 가늘다.

나. 자동 경사공급

1) 자동 경사공급장치

2마력 전동기로 구동되는 체인 위에 다수의 고추 고정틀을 설치하고 고정틀에 투입된 고추가 자동 이송되어 양 측면에 설치된 꼭지 절단부를 지나가도록 하는 자동공급 고추 이송장치를 그림 5-5와 같이 설계 제작하였다.

고추 고정틀은 꼭지 절단부에 도달하면 좌우 45° 씩 자동적으로 기울어지게 하여 고추가 꼭지 절단부에 연속적으로 자동 공급되도록 그림 5-6과 같이 설계 제작하였다. 고정틀 속에 투입된 고추는 고정틀의 이동에 따라 이송되어 꼭지 절단부에 도달하고, 여기서 고정틀이 45° 경사지게 되면 고추는 자중에 의하여 고정틀의 틈새부에 도달하게 된다. 몸통부와 꼭지부의 지름이 다른 것을 이용하여 꼭지는 고정틀에 설치된 틈새로 빠져 나오게 하고 몸통부는 틈새로 빠져 나오지 못하게 틈새를 설계하였다. 따라서 고추의 몸통부 끝이 꼭지 절단부를 지날 때에는 그냥 지나가게 되고 꼭지부가 빠져 나와 물리면 절단부 속으로 들어가게 하여 고정틀 양측에서 꼭지가 절단될 수 있도록 하였다.

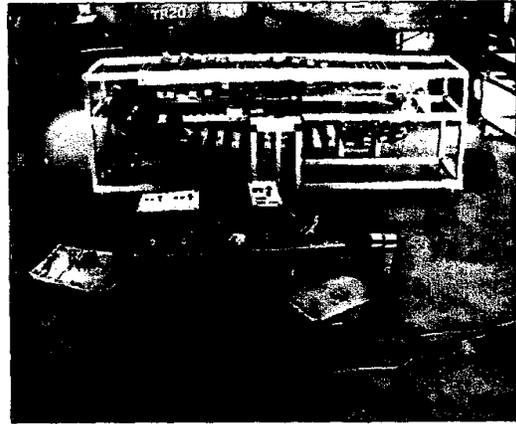
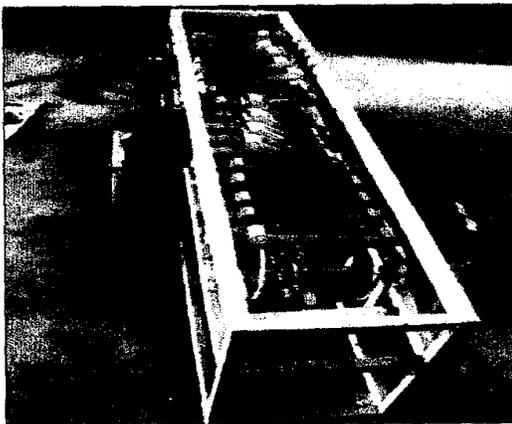


그림 5-5. 자동 경사 공급 장치

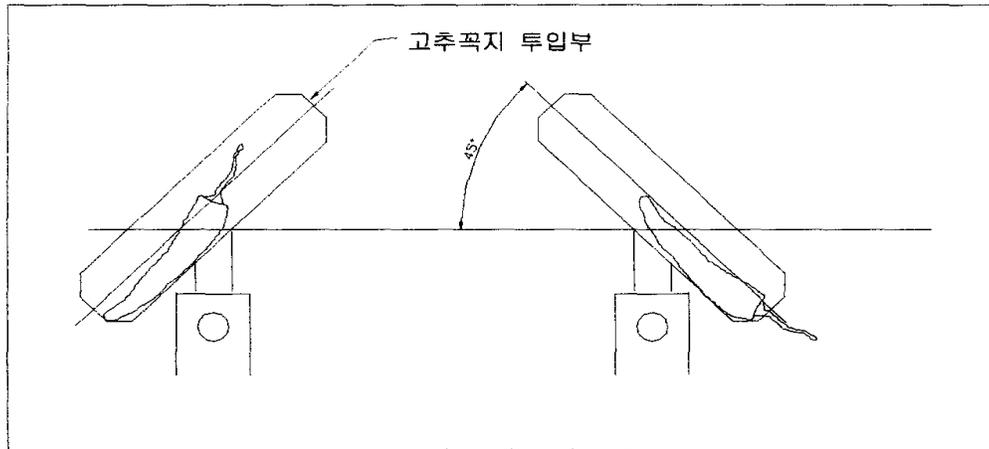


그림 5-6. 자동 경사 공급 장치의 고추 공급 틀

2) 꼭지 절단부

자동 경사공급 장치에 의한 절단부는 와이어와 롤러의 2가지 방식을 제작하여 이송체인 양측에 설치하였다.

와이어를 이용한 고추꼭지 절단장치의 구조는 그림 5-7과 같다. 1마력 3상 전동기에 와이어를 장착하고 고추꼭지와 와이어의 운동경로가 수직이 되도록 고추 고정틀과 전동기의 경사각도를 동일하게 하여 수평공급의 경우와 유사한 타격상태가 되게 하였다. 와이어는 동관 가이드 속에 설치하여 가능하면 와이어가 고추 꽃받침 부분을 타격 할 수 있도록 하였으며, 고추 공급방향과 와이어 회전 방향은 반대가 되도록 하였다. 와이어를 사용할 경우 고추 고정틀의 틈새는 5, 10, 및 15 mm의 3가지 틀을 제작하여 예비실험을 한 결과, 틈새가 좁은 고정틀에서는 타격 시 꽃받침이 틈새에 끼는 현상이 많이 발생하였으므로 틈새를 15 mm로 제작한 고추 고정틀을 사용하였다.

롤러를 이용한 고추꼭지 절단 과정은 그림 5-8과 같고, 그 장치는 그림 5-9와 같다. 고추꼭지 절단과정은 1마력 3상 유도전동기에 의해 서로 반대 방향으로 회전하는 2개의 긴 원뿔형 롤러 사이에 고추 고정틀에 의해 공급되는 고추

꼭지가 삽입되면 인장력에 의해 1차적으로 꼭지부에 힘이 가해지고 고추 고정틀이 상승하면서 2차적으로 꼭지를 꺾어주도록 구성하였다. 롤러를 사용할 경우 고추 고정틀은 틈새가 4 mm인 것을 사용하였다.

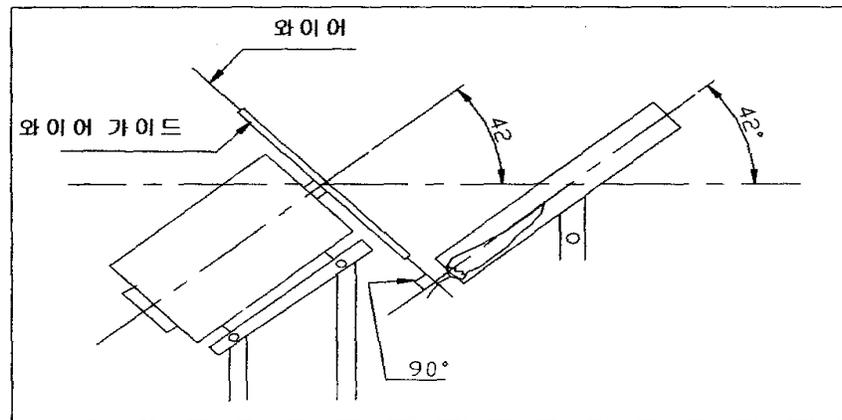


그림 5-7. 와이어를 이용한 고추 절단 장치

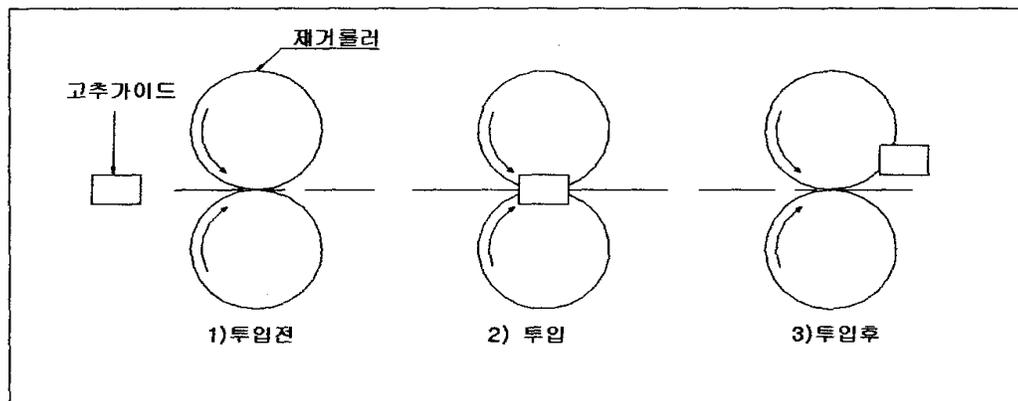


그림 5-8. 롤러를 이용한 꼭지 절단 공정

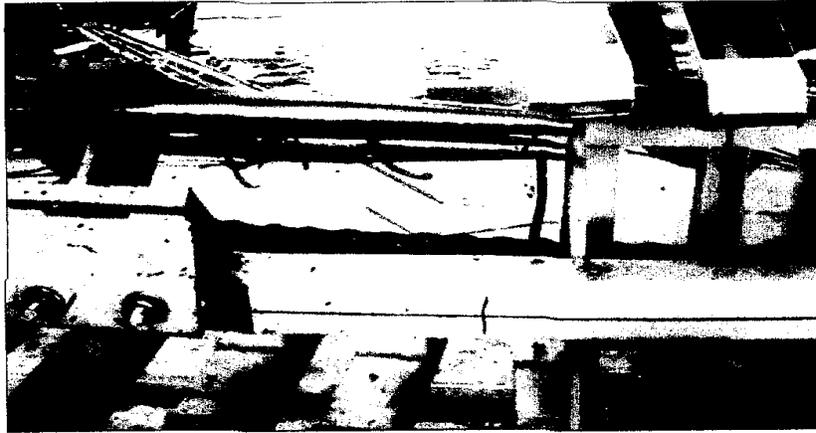


그림 5-9. 롤리를 이용한 꼭지 절단 장치

다. 자동 수평공급

1) 자동 수평공급장치

자동 수평공급장치는 그림 5-10과 같이 이송체인, 고추 고정틀, 꼭지부 안내장치, 제어장치 등으로 구성하였다. 자동 수평공급에 의한 고추꼭지 절단기는 3상 유도전동기에 의해 구동되는 이송체인 위에 고추 고정틀을 설치하고, 고정틀에 투입된 고추가 수평으로 이송되는 도중에 회전축으로 구성된 꼭지부 안내장치를 지나게 하여 꼭지부분이 고정틀에서 튀어나오게 한 다음, 이송체인 양측에 각각 설치한 절단부에 삽입되어 롤리의 인장력에 의해 고추꼭지가 절단되도록 하는 구조로 설계 제작하였다. 이 장치의 규격은 길이 3.3 m, 폭 1.1 m, 높이 1.5 m이고 총 소요동력은 9마력으로 하였다.

고추 고정틀은 많은 예비실험을 거쳐 그림 5-11과 같이 설계 제작하였다. 고추 고정틀의 규격은 길이 300 mm, 폭 70 mm, 높이 50 mm로서 총 90개를 제작하여 절단롤리의 중심과 고추 고정틀 선단과의 거리가 25 mm가 되도록 이송체인 위에 설치하였다. 고추 고정틀 양단에는 고추 꼭지부분은 돌출 되고 과피부는 돌출 되지 않도록 8 mm의 틈새를 열어두었다.

꼭지부 안내장치는 그림 5-12와 같은 안내솔의 회전력에 의해 고추 고정틀 속의 고추꼭지부가 고정틀 양단의 틈새로 돌출 되도록 한 다음 절단부로 이송되게 제작하였다. 고추 고정틀 속의 고추는 꼭지부가 임의로 위치하기 때문에, 고추 고정틀의 진행방향 상부에 서로 반대방향으로 회전하는 안내솔 2개를 설치하여 고추꼭지가 고추 고정틀의 왼쪽이나 오른쪽 중 어느 한쪽의 틈새로 돌출 되도록 하였다. 안내솔의 회전속도는 예비실험을 통하여 홍고추와 건고추의 꼭지부가 고정틀 틈새로 충분히 돌출 되는 속도로 결정하였다. 안내솔의 재질은 내마모성이 뛰어난 플라스틱으로 제작하였다.

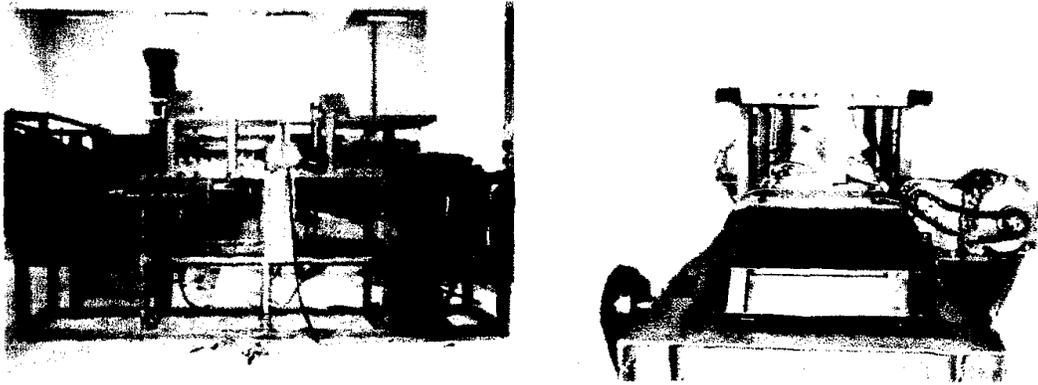


그림 5-10. 자동 수평 공급 장치

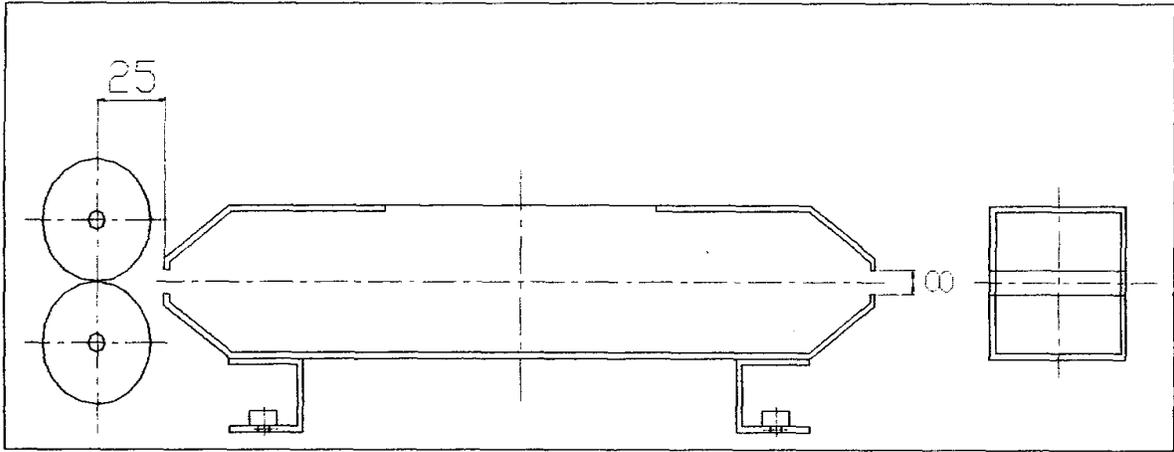


그림 5-11. 고추 고정틀

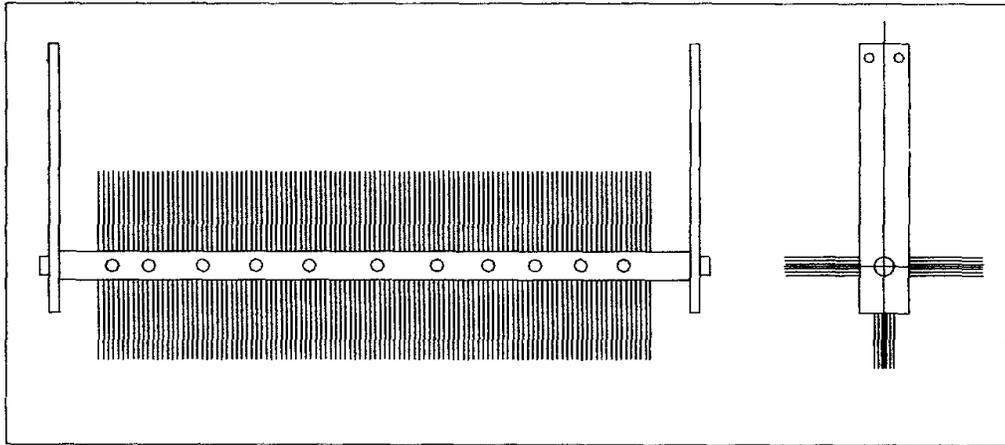


그림 5-12. 꼭지 안내 장치

2) 꼭지 절단부

꼭지 절단부는 길이 95 mm, 지름 40 mm의 원통형 롤러 2개가 서로 반대 방향으로 회전하여 꼭지를 절단하도록 구성하였으며, 그림 5-13은 롤러의 조립형

태를 나타낸 것으로 두 롤러의 간격은 0.5 mm가 되도록 조립하였다. 롤러의 표면은 인장시의 접촉력을 고려하여 표면이 매끈한 원통 형, 표면을 기어형태로 한 기어 형, 표면에 널링 처리를 한 널링 형, 및 표면에 우레탄 코팅을 한 우레탄 형의 4종류를 그림 5-14와 같이 제작하였다.

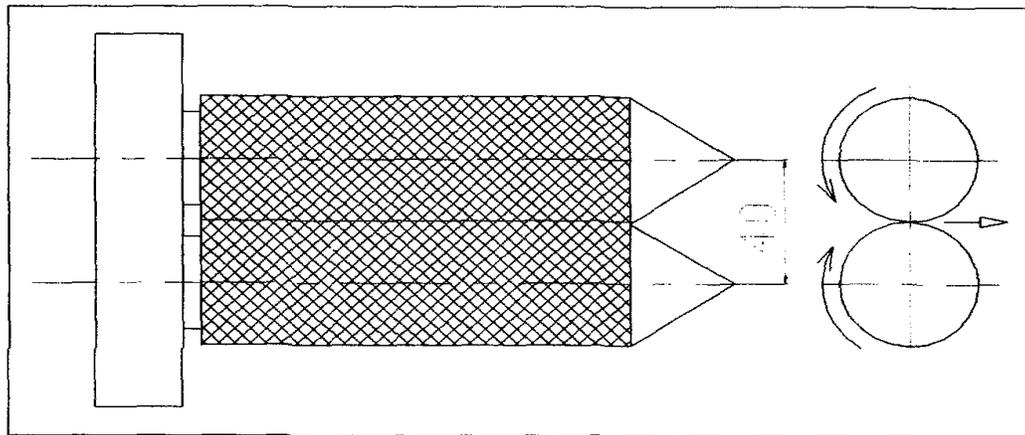
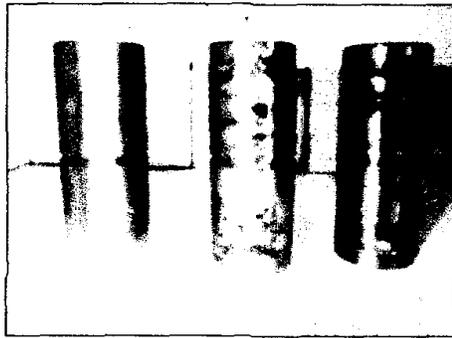
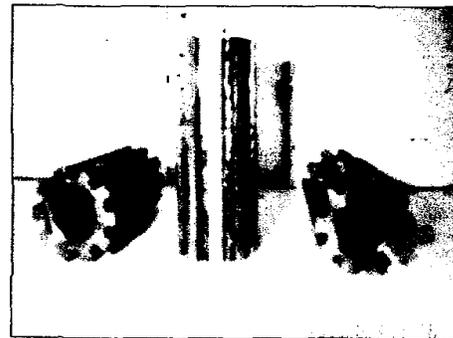


그림 5-13. 쪽지 절단 롤러 조립도



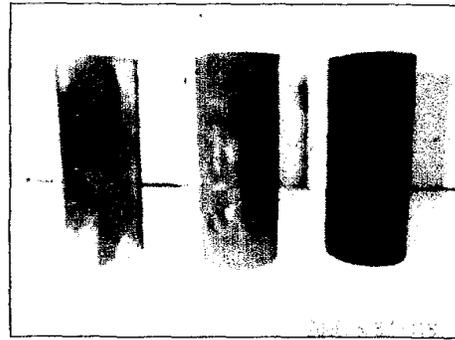
(a) 실린더 형



(b) 기어 형



(c) 널링 형



(d) 우레탄 형

그림 5-14. 절단 롤러 형상

3. 실험방법

가. 수동공급

여러 가지 절단날의 절단경향을 비교 분석하기 위해 홍고추를 대상으로 하여 수동으로 고추를 공급한 실험조건은 표 5-4에 나타낸 바와 같다. 먼저 4각날에 관한 시험에서는 전동기에 3종의 4각날을 장착하고 임의로 선정한 홍고추 30개를 모형 1의 고추 고정틀에 1개씩 투입하여 손으로 고정틀을 밀어 수동으로 공급하였다. 이때 가능한 한 절단날의 타격점이 고추의 과피와 꽃받침과의 연결점이 되도록 하였다. 전동기 회전속도는 250, 500 및 750 rpm의 3단계로 변화시켰으며 각 시험구별로 30회 반복 시험하여 꼭지 절단 상태와 꼭지 절단율을 조사하였다. 꼭지 절단율은 다음 식 (1)과 같이 총 투입고추 수에 대하여 꼭지가 5 mm 이하만 남고 절단 또는 완전히 제거된 고추 수의 백분율로 나타내었다.

$$\text{꼭지 절단율(\%)} = \frac{\text{꼭지부 길이 } 5\text{mm} \text{ 이하인 고추의 수}}{\text{총 투입고추의 수}} \times 100 \text{ --- (1)}$$

3종의 선형날에 대한 시험에서는 전동기 회전속도를 1000, 1500 및 1800 rpm의 3수준으로 변화시켰으며, 4종의 고추 고정틀을 손으로 밀어서 절단날의 타격점이 가능한 한 고추의 과피와 꽃받침의 연결부위가 되도록 수평으로 공급하였다. 고추 고정틀의 모형 1과 모형 2는 임의로 선정한 홍고추 30개를 1개씩 고정하여 시험하였으며, 모형 3과 모형 4는 홍고추 16개를 8개씩 고정하여 2반복 시험하고, 꼭지 절단 상태와 꼭지 절단율을 조사하였다.

표 5-4. 실험 조건

항목	수준	
	사각날	선형날
절단날	얇은 보통날, 얇은 칼날, 두꺼운 보통날	실선, 와이어, 구리선
전동기 회전수(rpm)	250, 500, 750	1000, 1500, 1800
고정틀	모델 1	모델 1, 2, 3, 4
시료수(개)	30	모델 1, 2(30) 모델 3, 4(16)

나. 자동 경사공급

자동 경사공급 장치에 의한 고추꼭지 절단시험은 홍고추를 대상으로 표 5-5와 같이 설계하였다. 와이어를 이용하여 절단하는 경우에는 전동기 회전속도를 1000, 1500 및 1800 rpm의 3수준으로 하였고 각 회전속도별로 홍고추 1개씩을 공급하여 30회 반복 시험하였다. 또 롤러를 이용하여 절단하는 경우에는 전동기 회전속도를 예비시험에서 선정한 900 rpm으로 고정하고 고추 고정틀에 홍고추 1개씩을 공급하여 300회 반복 시험하였다. 공급속도는 체인 컨베이어 구동용 전동

기의 회전속도를 120 rpm으로 일정하게 하여 고추 공급속도가 3개/초가 되도록 고정하였다. 절단부를 통과한 시료는 모두 수집하여 꼭지 절단 상태와 꼭지 절단율을 조사하였다.

표 5-5. 실험 조건

항목	수준	
	선형날	롤러
전동기 회전수 (rpm)	1000, 1500, 1800	900
시료수(개)	30	300

다. 자동 수평공급

자동 수평공급장치에 의한 고추꼭지 절단시험은 표 5-6과 같이 설계하였다. 4종류의 롤러를 대상으로 롤러 회전속도를 3수준, 고추 고정틀의 이송속도를 3수준으로 변화시켰으며, 안내솔의 회전속도는 예비시험을 통해 선정한 홍고추의 경우에는 110 rpm, 건고추의 경우에는 60 rpm으로 고정하였다. 각 시험구마다 임의로 선정한 홍고추와 건고추 각각 50개씩을 고추 고정틀에 1개씩 투입한 다음, 절단부에 연속 공급하여 고추의 꼭지 절단 상태를 조사하였다.

표 5-6. 실험 조건

항목	수준
롤러 형식	실린더 형, 기어 형, 널링 형, 우레탄 형
롤러 회전수(rpm)	300, 500, 700
시료 공급 속도(m/s)	0.098, 0.115, 0.140
함수율	홍고추, 건고추
시료수(개)	50

절단부를 통과한 고추의 꼭지 절단상태는 그림 5-15를 기준으로 다음과 같이 4가지로 분류하여 조사하였다.

A : 꼭지부가 고추 고정틀의 틈새 밖으로 충분히 돌출 되지 못하거나 기형으로 인하여 절단부 롤러에 삽입되지 않고 그냥 통과하여 원상태 그대로인 고추의 수

B : 꼭지부가 일부 절단되었으나 꽃받침을 포함하여 길이 5 mm 이상의 꼭지부가 남아 있는 고추의 수

C : 꼭지부가 절단되어 꽃받침을 포함하여 길이 5 mm 이하의 꼭지부만 남아 있는 고추의 수

D : 꽃받침을 포함한 꼭지부가 과피부에서 완전히 제거된 고추의 수

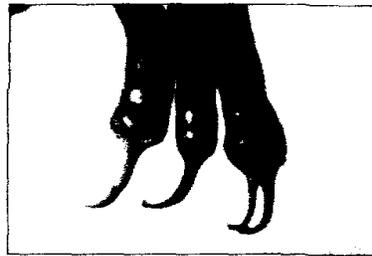
또 공급효율, 꼭지 절단효율, 꼭지 제거효율 및 전효율은 각각 다음 식 (2)~(5)로 산출하였다.

$$\text{공급효율(Feeding efficiency)} = \frac{B+C+D}{A+B+C+D} \times 100 \text{ ----- (2)}$$

$$\text{꼭지절단효율(Cutting efficiency)} = \frac{C+D}{B+C+D} \times 100 \text{ ----- (3)}$$

$$\text{꼭지제거효율(Removal efficiency)} = \frac{D}{B+C+D} \times 100 \text{ ----- (4)}$$

$$\text{전효율(Overall efficiency)} = \frac{C+D}{A+B+C+D} \times 100 \text{ ----- (5)}$$



(상 : 미 절단, 중 : 부분 절단, 하 : 완전 절단)

그림 5-15. 홍고추 꼭지 제거 형태

제 3 절 결과 및 고찰

1. 수동공급

가. 사각날

사각날은 충격량을 이용한 고추꼭지 절단 방식으로서 절단날의 종류와 질량 및 회전속도, 고추의 공급속도, 타격위치 등과 밀접한 관계가 있다. 수동공급 방식으로 사각날을 이용하여 고추 꼭지 절단율을 조사한 결과는 표 5-7과 같다.

얇은 보통날을 사용했을 경우에는 꼭지 절단율이 다른 사각날에 비해 가장 낮게 나타났으며, 꼭지 절단상태도 그림 5-16에 나타낸 바와 같이 꼭지가 꺾이는 경우가 많았고 대체로 절단 상태가 고르지 못하고 깨끗하게 잘려나가지 않았다.

얇은 칼날을 사용하였을 경우에는 대부분 깨끗하게 절단되었으며 그 절단 상태는 그림 5-17에 나타낸 바와 같다. 특히 얇은 칼날은 회전속도가 750 rpm에서는 꼭지가 모두 절단되었으며 꽃받침까지 제거된 것이 전체의 40%였다. 그러나 꼭지가 충격량에 의해 절단되기보다는 꺾여서 여러 번 타격을 받아 절단되는 경향을 보였다.

두꺼운 보통날을 사용하였을 경우에는 시험한 모든 회전속도에서 100%의 꼭지 절단율을 나타내었으며, 절단 상태도 그림 5-18과 같이 모두 매우 깨끗하게 절단되어 3가지 절단날 중에서는 가장 높은 꼭지절단율을 나타내었다. 그러나 시험한 3가지 사각날은 타격점이 고추 꽃받침 부분에 정확하게 맞아야 꼭지부가 깨끗하게 절단 제거되었고, 타격점이 약간만 꼭지 쪽으로 벗어나도 충격량이 충분하게 전달되지 못하여 꼭지가 꺾이기만 하는 현상을 보였다. 따라서 타격위치를 꽃받침과 과피의 경계선에 맞추어야 하는 기술적 문제가 선결되어야 회전 사각날을 이용하여 고추 꼭지를 효율적으로 절단할 수 있을 것으로 판단된다. 또 고추 고정틀은 꼭지 끝과 과피를 동시에 지지할 수 있는 양단지지형으로 고정하여야 과피부로부터 꼭지부와 꽃받침까지 완전 제거할 수 있을 것으로 생각된다.

표 5-7. 고추 꼭지 절단율(%)

절단날 회전수	얇은 보통날	얇은 칼날	두꺼운 보통날
250 rpm	50	70	100
500 rpm	50	90	100
750 rpm	90	100	100

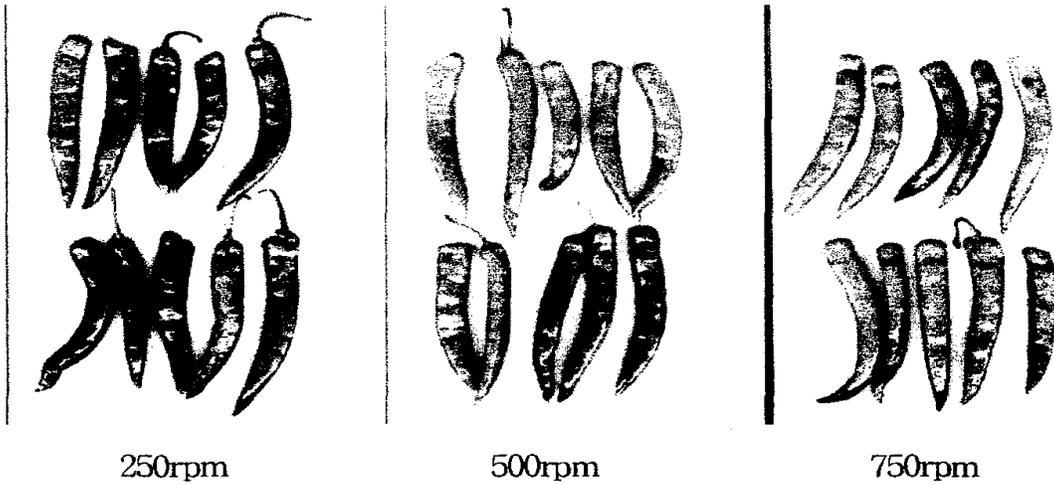


그림 5-16. 얇은 보통날에 의한 홍고추 꼭지 제거 형태

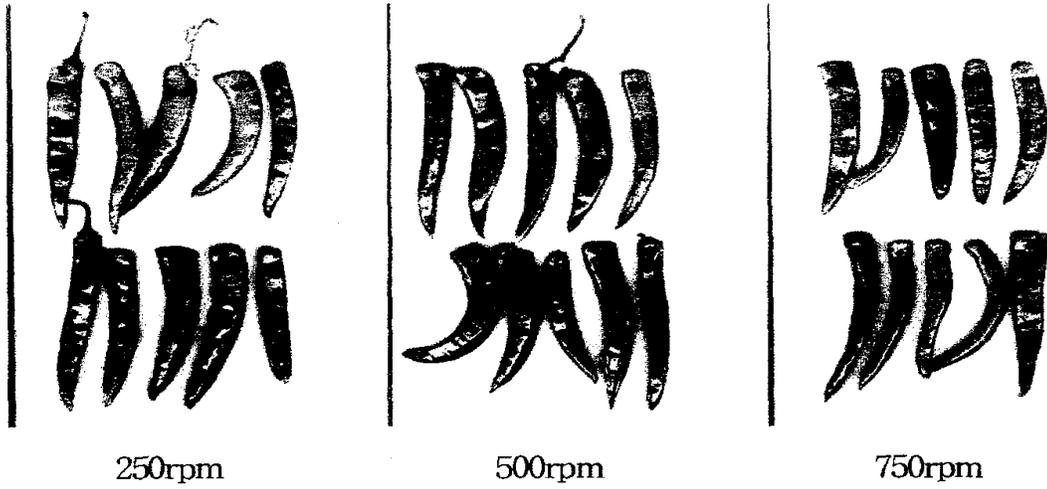


그림 5-17. 얇은 칼날에 의한 홍고추 꼭지 제거 형태



그림 5-18. 두꺼운 보통날에 의한 홍고추 꼭지 제거 형태

나. 선형날

선형날은 꼭지부를 타격 할 때 충격량과 함께 충격 시 강선의 유연성을 이용하여 꼭지를 잡아채는 효과를 기대한 것이다. 구리선, 실선 및 와이어의 3가지 선형날을 대상으로 4가지 모형의 고추 고정틀을 사용하여 홍고추를 수동공급 방식으로 시험한 결과 꼭지 절단율은 표 5-8과 같이 나타났다. 구리선과 실선의 경우에는 날의 회전속도가 증가할수록 절단율이 증가하고, 느슨한 고정방식보다 단단하게 고정한 모형 3의 고추 고정틀이 가장 높은 절단율을 보였다.

표 5-8. 고추 꼭지 절단율(%)

종류	회전수 (rpm)	고추 고정 형태			
		모델 1	모델 2	모델 3	모델 4
구리선	1000	0	0	0	0
	1500	0	0	0	0
	1800	0	0	37.5	6.3
실선	1000	0	0	0	0
	1500	0	0	18.8	0
	1800	20	20	56.3	12.5
와이어	1000	40	0	50	18.8
	1500	100	100	100	37.5
	1800	100	100	87.5	0

전선의 피복을 벗긴 구리선은 탄력이 거의 없어 고추꼭지와 충돌하는 순간에 날이 휘어져버려 큰 충격량을 줄 수 없었기 때문에 1000 rpm과 1500 rpm에

서는 꼭지가 절단되는 고추가 전혀 없었다. 또 1800 rpm의 높은 회전속도에서도 날이 흰 상태로 회전하여 꼭지 절단율이 낮게 나타났다. 즉 날 회전속도 1800 rpm에서 모형 1과 2의 고정틀의 경우에는 꼭지의 끝 부분만 일부 잘려나갔고, 모형 3에서는 고추가 밀려 큰 절단력을 줄 수 없었으며, 모형 4에서는 헐거운 상태의 고추꼭지를 가격하므로 꼭지를 절단하기보다는 밀어내는 결과가 되어 고추가 통겨나가는 현상을 보였다. 따라서 구리선은 고추꼭지 절단에 이용하기에는 부적합한 것으로 판명되었다.

제초기의 예취날로 사용되는 나일론 끈인 실선은 질량이 가벼워 충격량이 작기 때문에 충격회수를 늘리기 위해 양쪽에 날을 달았으나 낮은 회전속도에서는 날이 밀리는 경향을 보였으며, 회전속도를 높이면 날 자체가 통기는 경향을 보였다. 즉 날 회전속도 1000 rpm에서는 4종의 고정틀 모두에서 꼭지 절단이 불가능하였다. 1500 rpm에서는 꼭지 일부분만 상처를 내거나 절단하는 정도로서 날이 통기는 현상을 보였다. 날 회전속도가 1800 rpm일 경우 고정틀 모형 1과 2에서는 꼭지가 완전히 제거된 것이 20%였고 나머지 80%는 꼭지 일부분만 절단되었다. 또 모형 3에서는 꼭지 절단율이 56.3%였으나, 모형 4에서는 날의 충격에 의해 고추가 밀려나 절단율이 12.5%에 불과하였다. 또 고추 꼭지부는 목질이 많기 때문에 실날의 훼손이 심하여 자주 날을 교환하여야 하였다. 따라서 실날은 고추 꼭지 절단에 사용하기에는 부적합한 것으로 판단된다.

가는 강선 여러 가닥으로 구성된 와이어는 강선이 고추꼭지를 가격하면서 감아 채는 효과가 있어 구리선이나 실날보다는 훨씬 높은 꼭지 절단율을 나타내었다. 고추 고정틀의 종류별로 와이어에 의한 꼭지 절단상태를 나타낸 것은 와이어 회전속도가 1000 rpm, 1500 rpm, 및 1800 rpm일 때 각각 그림 5-19, 5-20 및 5-21과 같다. 와이어가 1000 rpm의 저속에서는 충격량이 작아 꼭지부 일부만 절단하였으므로 절단율이 가장 낮게 나타났으며, 특히 느슨하게 고정된 모형 2와 4에서는 고추가 밀려나 절단율이 더욱 낮게 나타났다. 와이어의 회전속도가 중속

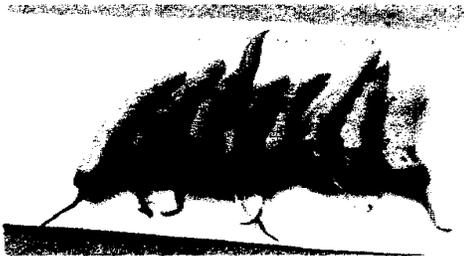
인 1500 rpm에서 4종의 고추 고정틀 모두가 저속이나 고속보다 높은 꼭지 절단율을 나타내었다. 즉 고추 고정틀 모형 1, 2, 및 3에서 절단율이 모두 100%였으며, 모형 4에서만 충격으로 고추가 통겨나가는 현상을 보였다. 와이어 회전속도가 1800 rpm의 고속일 경우 고추 고정틀 모형 1과 2에서는 꼭지 절단율이 100%, 모형 3에서는 87.5%였으나, 모형 4에서는 험겁게 고정된 고추가 밀려나가 와이어가 꼭지부 일부에 상처만 주었을 뿐 꼭지를 5 mm 이하로 남기고 절단한 경우는 없었다. 따라서 와이어는 고추를 확실하게 고정하여 공급한다면 1500 rpm 정도에서는 100%에 가까운 꼭지 절단율을 보일 것으로 추정된다.



모델 1



모델 2

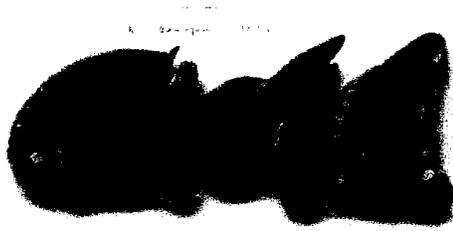


모델 3

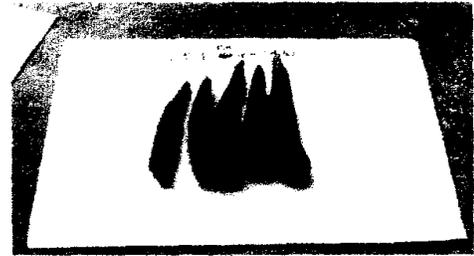


모델 4

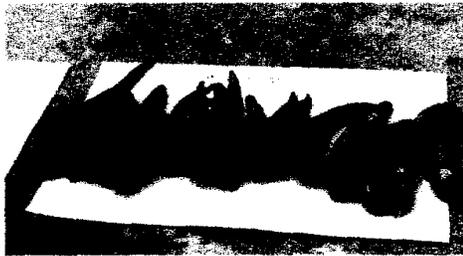
그림 5-19. 와이어에 의한 꼭지 제거 형태(1000 rpm)



모델 1



모델 2



모델 3



모델 4

그림 5-20. 와이어에 의한 꼭지 제거 형태(1500 rpm)



모델 1



모델 3

그림 5-21. 와이어에 의한 꼭지 제거 형태(1800 rpm)

이와 같이 선형날은 절단부에 고추를 공급할 때 정확한 타격점을 맞추기가 어렵고, 날의 마모가 심한 단점이 있었다. 특히 구리선과 실날은 고추 꼭지부와 충돌할 때 통기기 쉬워 꼭지 절단율이 매우 낮았다. 그러나 가는 강선을 여러 가닥 조합한 와이어는 충격량뿐만 아니라 충돌할 때의 강선의 유연성으로 꼭지를 감아 채는 효과가 있어 꽃받침까지 완전히 제거하는 경우가 많았다.

고추 고정틀은 모형 1이 이 꼭지 절단율이 가장 높고 혈겁게 한 모형 2와 모형 4는 낮게 나타났다. 따라서 절단부에 고추를 공급할 때 고추가 움직이지 않게 고정해주어야 하고 고추 고정틀에도 고추가 한 두개씩 투입되어야 꼭지 절단율이 높아질 것이므로 처리량에 큰 제약을 받을 것이 예상된다.

2. 자동 경사공급

고추 꼭지를 연속 대량으로 절단하기 위하여 자동경사공급장치를 설계, 제작하고, 컨베이어 이송속도를 조절하여 처리량을 조절할 수 있게 하였으며, 고추 고정틀의 강제 반전에 의하여 꼭지 절단 깊이를 조절할 수 있게 하였다. 홍고추를 대상으로 와이어와 롤러의 꼭지 절단 성능을 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

가. 와이어

홍고추를 고추 고정틀에 1개씩 넣어 경사방향으로 자동공급 하여 와이어에 의한 꼭지절단 경향을 분석하였다.

정확한 타격점을 맞추기 위해 와이어에 동관 가이드를 설치하였지만 별 효과를 거두지 못했다. 와이어가 정확하게 꼭지를 치면 꽃받침까지 깨끗하게 제거되었지만 와이어의 유연성 때문에 한번만 타격점을 잘못 맞추어 고추가이드 옆면을 치면 그 다음부터는 와이어가 꼭지에 타격점을 맞추지 못하고 고추가이드를 계속 타격 하였다. 그리고 빠른 회전속도 때문에 철사의 훼손이 빠르게 일어났으므로 제거날의 내구성이 상당히 문제가 될 것으로 사료된다.

그림 5-22는 자동경사공급 시 와이어에 의한 꼭지절단을 나타내었고 그림 5-23은 와이어에 의한 고추꼭지의 절단형상을 나타내었다. 와이어의 꼭지 절단율

은 73~77%로서 와이어의 회전 속도에 의한 차이는 크지 않았다. 또 꼭지 절단 상태를 보면 정확한 타격 시에는 꽃받침까지 완전히 제거하는 효과를 보였지만 타격점이 조금만 빗나가도 꼭지 끝만 약간 절단되는 경향을 보였다.

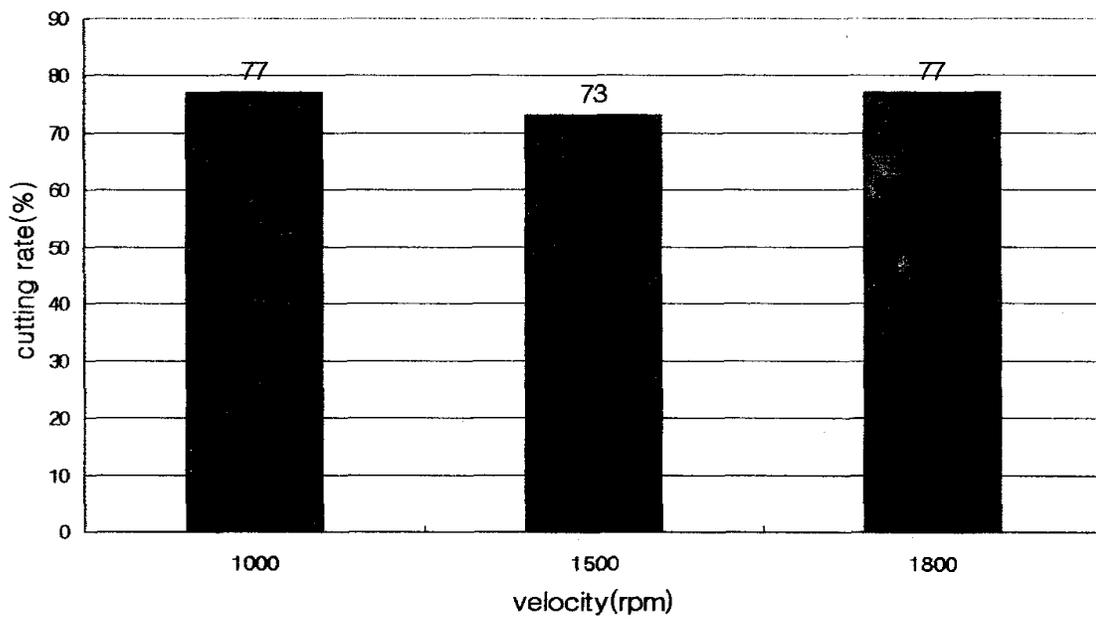
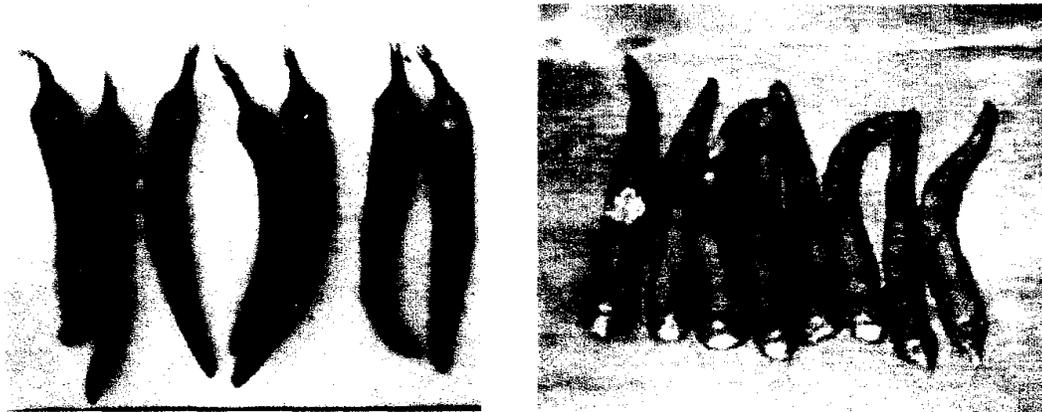


그림 5-22. 와이어에 의한 꼭지 절단율



부분 절단

완전 절단

그림 5-23. 와이어에 의한 꼭지 제거 형상

나. 롤러

자동경사공급 방식에서 절단기구로 롤러를 이용한 결과 시험한 총 300개의 고추 중에서 꼭지 절단 및 완전제거는 101개, 절단되지 않고 씹히기만 한 것 99개, 롤러에 물리지 않아 절단되지 않은 것 100개로 꼭지 절단율은 34%였다.

롤러에 삽입되지 않아 절단되지 않은 고추가 많은 이유는 첫 번째, 기형의 고추로서 고추꼭지가 기형적으로 굽어져 있거나 고추 몸통부의 형태가 많이 구부러져 있어 고추고정틀 틈새로 꼭지부가 전혀 돌출 되지 못했기 때문이었다. 그러므로 기형고추는 우선 선별작업에 의해 선별한 후에 절단장치에 공급하면 더욱 효과적으로 고추꼭지를 제거할 수 있을 것으로 기대된다. 두 번째, 작은 고추는 고정틀 틈새로 빠져 버리기 때문에 고정틀의 보완이 필요하다.

그림 5-24는 기형적인 고추의 형상이며 그림 5-25는 롤러에 꼭지가 물렸지만 절단되지 않고 씹힌 고추의 형상을 나타낸 것이다.

자동경사공급 방식에 롤러를 사용하였을 경우 홍고추 꼭지부의 수분이 롤러 사이에서 미끄럼 작용을 일으켜 꼭지 절단율이 저하하였으며, 꼭지부 최대 인장

력은 50~60 N으로 상당히 크기 때문에 롤러 틈에 물린 꼭지가 절단 또는 제거되기보다는 씹히는 현상이 많이 발생하였다. 따라서 롤러에 의한 꼭지 절단은 기형 고추를 절단부로 효과적으로 공급할 수 있는 방식이 강구되어야 하며, 동시에 꼭지가 씹히지 않고 효과적으로 절단, 제거될 수 있는 절단기구와 작동방식 등에 관한 연구가 필요한 것으로 판단되었다.



그림 5-24. 기형 고추 형상

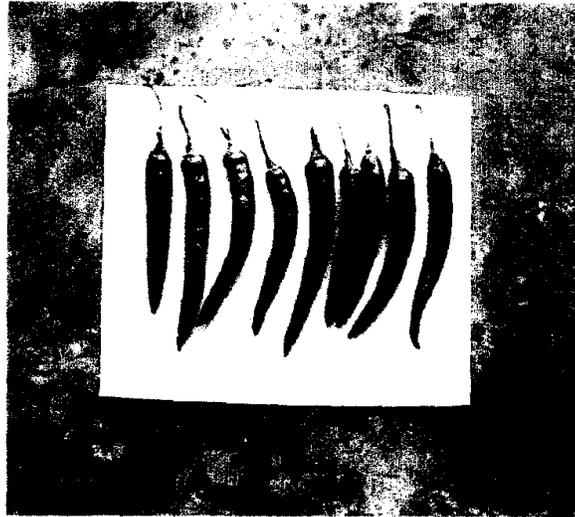


그림 5-25. 롤러에 씹힌 꼭지 형상

3. 자동 수평공급

가. 홍고추에 대한 꼭지 절단 특성

자동 수동 공급 장치를 이용하여 고추꼭지 절단 롤러 4종(원통형, 기어형, 널링형, 우레탄형)에 대한 공급속도별 및 롤러 회전 속도별 홍고추의 꼭지 절단 성능을 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 원통형 롤러

원통형 롤러의 홍고추 꼭지 절단 특성 시험 결과는 표 5-9에 나타난 바와 같다. 원통형 롤러의 절단효율은 매우 낮아 전효율도 약 4~36% 정도로 낮게 나타났다. 공급효율은 68~98%로 실험 조건에 따라 비교적 다양하게 나타났다. 공급속도 즉 고추고정틀 이송 속도는 전효율과 공급효율에 별다른 영향을 미치지 않은 것으로 나타났으나, 롤러 회전수는 효율에 영향을 크게 미치는 것을 알 수 있다. 즉 롤러 회전수가 증가하면 공급효율은 증가하나 꼭지 절단효율과 꼭지제거효율 및 전효율은 감소하는 경향을 보였다. 공급효율은 투입된 고추꼭지가 롤

러에 삽입되는 정도를 의미하는 것으로 롤러 회전수가 증가할수록 고추 꼭지가 롤러에 잘 삽입된다는 것을 알 수 있다. 또 전효율은 고추 꼭지가 5 mm 이하로 절단 또는 제거되는 것을 의미하는 것으로 롤러 회전수가 증가할수록 꼭지 절단 성능이 떨어진다는 것을 알 수 있다. 이는 함수율이 높은 홍고추의 꼭지부분이 원통형 롤러 사이에서 미끄럼 작용을 일으켜 고속일수록 절단 작용이 저하되는 현상 때문으로 판단된다.

원통형 롤러의 경우 삽입된 꼭지가 롤러의 인장력에 의해 뽑히는 경우는 극히 드물었고 대부분이 롤러 사이에서 마찰에 의해 잘려나가는 현상을 나타내었다. 따라서 표면이 매끈한 원통형 롤러는 함수율이 높은 홍고추의 꼭지 제거에 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 특히 롤러 회전수 300 rpm 에서는 꼭지가 회전 롤러 사이에 걸려서 구동 모터가 정지되는 경우가 자주 발생하였다.

표 5-9. 실린더형 롤러의 꼭지 제거율

롤러 회전수 (rpm)	고추 공급 속도 (m/s)	꼭지 제거 형태				절단율 (%)	제거율 (%)	전효율 (%)	공급효율 (%)
		A	B	C	D				
300	0.098	10	22	9	9	45.0	22.5	36	80
	0.115	11	22	9	8	43.6	20.5	34	78
	0.140	16	19	8	7	44.1	20.6	30	68
500	0.098	4	32	12	2	30.4	4.3	28	92
	0.115	11	24	10	5	38.5	12.8	30	78
	0.140	7	27	11	5	37.2	11.6	32	86
700	0.098	4	32	12	2	30.4	4.3	28	92
	0.115	5	32	12	1	28.9	2.2	26	90
	0.140	1	33	14	2	32.7	4.1	32	98

2) 기어형 롤러

표면을 기어 형상으로 가공한 기어형 롤러의 홍고추 꼭지 절단 특성 시험 결과는 표 5-10과 같다. 기어형 롤러의 전효율은 60~70%, 공급효율은 86~98%로 원통형 롤러에 비해서 상당히 높은 것을 알 수 있다. 특히 꼭지가 롤러에 삽입되는 공급효율이 롤러 회전수와 고추 고정틀 이송 속도에 관계없이 대부분 90% 이상으로 다른 롤러에 비해 가장 높게 나타났는데 이는 기어 치형의 홈부에 꼭지가 투입되기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 꼭지제거 효율은 0~8.7%로

극히 작게 나타났다. 표면을 기어 형상으로 한 이유는 롤러와 꼭지와의 접촉 면적을 줄여서 원통형 롤러에서 발생하는 마찰에 의한 꼭지 전단 현상을 방지하기 위한 것이었으나, 기어 치형에 형성되는 곡면부에 꼭지가 말려들어 치형 사이에서 절단되는 현상 때문에 오히려 원통형 보다 꼭지절단 효율이 더 높게 나타났다. 특히 치형 사이에서 절단되는 꼭지는 대부분이 5 mm 이하로 꼭지를 완전히 제거할 필요가 없는 경우에는 기어형 롤러가 매우 유용할 것으로 판단된다. 롤러 회전속도와 공급속도는 전효율에 큰 영향을 주지 않았으므로 처리성능을 높이기 위해서는 공급속도를 최대한 빠르게 할 필요가 있다.

또한 기어형 롤러의 경우는 피치원상에서 치형이 완전 선 접촉을 하기 때문에 이 부분에 꼭지가 말려들어 감으로 해서 롤러 구동을 정지시키는 현상이 문제점으로 나타났다.

표 5-10. 기어형 롤러의 꼭지 제거율

롤러 회전수 (rpm)	고추 공급 속도 (m/s)	꼭지 제거 형태				절단율 (%)	제거율 (%)	전효율 (%)	공급효율 (%)
		A	B	C	D				
300	0.098	5	12	30	3	73.3	6.7	66	90
	0.115	7	13	30	0	69.8	0	60	86
	0.140	4	12	30	4	73.9	8.7	68	92
500	0.098	4	14	32	0	69.6	0	64	92
	0.115	5	13	30	2	71.1	4.4	64	90
	0.140	3	14	31	2	70.2	4.3	66	94
700	0.098	1	14	34	1	71.4	2.0	70	98
	0.115	3	13	31	3	72.3	6.4	68	94
	0.140	3	14	31	2	70.2	4.3	66	94

3) 널링형 롤러

원통 표면에 널링 가공을 한 널링형 롤러의 홍고추 꼭지 절단 특성 시험 결과는 표 5-11과 같다. 널링 가공은 원통 표면에 마름모 형태의 격자를 형성시키는 작업으로 원통형 롤러에서 나타나는 마찰 현상은 줄이고 꼭지 제거 현상은 그대로 유지시키며, 기어형에서 나타나는 꼭지 삽입 성능은 그대로 유지시키고 절단 현상은 감소시키려는 의도에서 적용하였다. 널링형 롤러의 전효율은 52~68%, 공급효율은 70~96%로 원통형 롤러와 기어형 롤러의 중간 정도의 성능을

나타냈다. 또 롤러 회전수와 고추고정틀 이송 속도에 따른 전효율과 공급효율의 변화는 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. 따라서 처리성능 향상을 위해 공급속도를 최대한 높이기 위한 연구가 필요하다. 널링형 롤러의 꼭지 절단 효율은 기어형, 꼭지 제거 효율은 원통형과 비슷한 것으로 나타났다. 또 원통형에서 나타나는 마찰 문제와 기어형에서 나타나는 잘림 문제는 잘 보완되었으며, 꼭지 제거 성능과 꼭지 삽입 성능은 그대로 유지되는 것을 알 수 있다.

표 5-11. 널링형 롤러의 꼭지 제거율

롤러 회전수 (rpm)	고추 공급 속도 (m/s)	꼭지제거형태				절단율 (%)	제거율 (%)	전효율 (%)	공급효율 (%)
		A	B	C	D				
300	0.098	8	12	29	1	71.4	2.4	60	84
	0.115	9	11	28	2	73.2	4.9	60	82
	0.140	4	13	31	2	71.7	4.3	66	92
500	0.098	2	14	33	1	70.8	2.1	68	96
	0.115	4	12	30	4	73.9	8.7	68	92
	0.140	8	10	24	8	76.2	19.0	64	84
700	0.098	15	9	21	5	74.3	14.3	52	70
	0.115	10	11	27	2	72.5	5.0	58	80
	0.140	11	10	23	6	74.4	15.4	58	78

4) 우레탄형 롤러

원통 표면에 우레탄을 코팅한 우레탄형 롤러의 홍고추 꼭지 절단 특성 시험 결과는 표 5-12와 같다. 우레탄형 롤러의 전효율은 26~48%, 공급효율은 66~88%로 널링형 롤러에 비해서 다소 낮은 것을 알 수 있다. 또 롤러 회전수와 고추고정틀 이송 속도에 따른 전효율과 공급효율의 변화는 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. 표면에 우레탄을 코팅한 이유는 꼭지와 롤러의 마찰을 증가시켜 인장력에 의한 꼭지의 완전 제거 성능을 높이기 위해 사용하였다. 따라서 우레탄형 롤러의 꼭지 제거 효율은 시험한 롤러 중 가장 높게 나타났다. 그러나 꼭지가 표면에 삽입되었을 때 우레탄 표면이 변형을 일으켜 인장에 필요한 마찰력을 충분하게 유지할 수 없었기 때문에 공급 효율이 다른 롤러에 비해 가장 낮았으나 다만 롤러에 삽입된 꼭지를 연속적으로 잡아당기는 성능은 매우 우수하였다.

표 5-12. 우레탄형 롤러의 꼭지 제거율

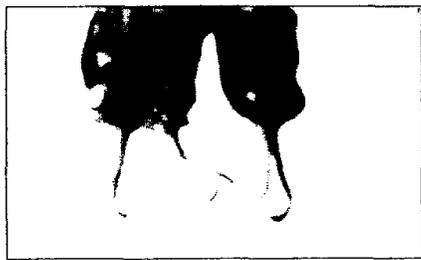
롤러 회전수 (rpm)	고추 공급 속도 (m/s)	꼭지제거형태				절단율 (%)	제거율 (%)	전효율 (%)	공급효율 (%)
		A	B	C	D				
300	0.098	11	15	6	18	61.5	46.1	48	78
	0.115	17	18	7	8	45.5	24.2	30	66
	0.140	13	24	10	3	35.1	8.1	26	74
500	0.098	8	25	10	7	40.5	16.7	34	84
	0.115	8	25	10	7	40.5	16.7	34	84
	0.140	9	25	10	6	39.0	14.6	32	82
700	0.098	7	25	10	8	41.9	18.6	36	86
	0.115	7	25	11	7	41.9	16.3	36	86
	0.140	6	25	10	9	43.1	20.5	38	88

나. 건고추에 대한 꼭지 절단 특성

건고추는 건조에 따라 꼭지와 과피부의 물성이 홍고추와 달라서 롤러에 고추 꼭지가 삽입되면 과피가 고추고정틀 틈새를 빠져 나와서 회전하는 롤러를 통과하는 경향을 보였다. 따라서 본 실험에서는 롤러로 통과한 건고추와 고추고정틀 안쪽에 있는 건고추의 제거 상태를 동시에 살펴보았다.

건고추의 절단 상태는 그림 5-26과 같다. 고추 꼭지가 절단되지 않은 것은 꼭지가 고추고정틀 틈새 밖으로 돌출 되지 못하여 롤러에 삽입되지 않아서 절단이 전혀 이루어지지 않은 것과 고추고정틀을 통과하였음에도 절단이 이루어지지

않은 것이다. 일부 절단된 건고추는 남은 꼭지부 길이를 기준으로 5 mm 이상과 5 mm 이하로 구분하고자 하였으나 홍고추와 달리 대부분 5 mm 이하로 나타났다. 따라서 건고추의 공급 효율과 전효율은 동일한 값을 갖게 된다. 꼭지가 완전히 제거된 건고추는 고추 꼭지가 롤러사이에서 인장력에 의해 완전히 제거된 것과 고추 몸체가 회전하는 롤러를 통과하면서 제거된 것으로 분류할 수 있다.



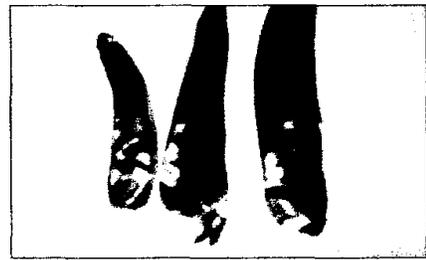
미 절단



부분 절단



인장에 의한 절단



압축에 의한 절단

그림 5-26. 고추 꼭지 제거 형태

1) 원통형 롤러

자동수평공급에 의한 원통형 롤러의 건고추 꼭지 절단 특성 시험 결과는 표 5-13과 같이 전효율이 60~74%로 나타났다. 이와 같이 꼭지 제거 효율과 전효율이 홍고추에 비해 매우 높게 나타난 것은 건고추의 꼭지부 인장력이 홍고추

에 비해 매우 작기 때문인 것으로 판단된다. 반면에 꼭지가 롤러에 삽입되지 않은 고추의 수도 홍고추에 비해 많이 증가하였음을 알 수 있는데 이는 실험에 사용된 건고추가 대과종인 홍고추와 달리 노지에서 재배된 중과종 또는 소과종으로, 건조되는 과정에서 형상이 심하게 변형되었기 때문으로 판단된다. 따라서 원통형 롤러의 경우 기형이 적은 대과종 건고추에 대해서는 꼭지 제거에 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

롤러의 회전속도와 고추고정들의 이송 속도는 전효율에 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 건고추에 대한 원통형 롤러의 최대 효율은 롤러 회전속도 700 rpm, 공급속도 0.140 m/s에서 74%로 나타났다.

표 5-13. 실린더형 롤러의 꼭지 제거율

롤러 회전수 (rpm)	고추 공급 속도 (m/s)	꼭지제거형태			제거 효율 (%)	전효율 (%)
		A	C	D		
300	0.098	14	4	32	88.9	72
	0.115	15	2	33	94.3	70
	0.140	16	8	26	76.5	68
500	0.098	14	8	28	77.8	72
	0.115	20	5	25	83.3	60
	0.140	18	6	26	81.3	64
700	0.098	17	7	26	78.8	66
	0.115	15	4	31	88.6	70
	0.140	13	8	29	78.4	74

2) 기어형 롤러

기어형 롤러의 건고추 꼭지 절단 특성 시험 결과는 표 5-14와 같다. 기어형 롤러의 꼭지 제거 효율은 23.5~52.6%로 원통형 롤러에 비해 효율이 매우 낮은 것으로 나타났다. 이는 기어형의 경우 홍고추와 달리 건고추의 꼭지가 롤러 사이로 삽입되는 것이 원통형에 비해 저조하기 때문인 것으로 판단된다. 홍고추의 경우는 꼭지부가 건고추에 비해 단단하여서 치형 홈부로 쉽게 말려 들어가지만 건고추는 꼭지부가 치형 홈부로 말려 들어가기 전에 치형과 충돌하여 쉽게 변형되기 때문이다. 치형에 충돌하여 변형이 일어나지 않은 꼭지는 치형에 의해 곧바로 절단이 일어나는 경우가 대부분이었으며, 이것은 표에서 꼭지가 제거되기 보다는 절단되는 경향이 많아 꼭지 제거 효율이 대부분 50% 이하가 되는 것으로 확인할 수 있다. 롤러의 회전수와 고추고정틀의 이송 속도는 전효율에 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나 꼭지 제거 효율은 공급속도가 0.14 m/s인 경우에 가장 높게 나타났다. 꼭지가 롤러 사이를 통과하는 경우에는 부하가 발생하여 롤러가 정지하는 경우가 발생하였으며, 기어형 롤러 사이를 통과한 고추는 과피가 심하게 찢어지는 현상이 발생하였다. 이와 같이 기어형 롤러는 건고추의 꼭지 절단에는 부적합함을 알 수 있다.

표 5-14. 기어형 롤러의 꼭지 제거율

롤러 회전수 (rpm)	고추공급속도 (m/s)	꼭지제거형태			제거효율 (%)	전효율 (%)
		A	C	D		
300	0.098	31	12	7	36.8	38
	0.115	35	10	5	33.3	30
	0.140	31	9	10	52.6	38
500	0.098	32	11	7	38.9	36
	0.115	32	11	7	38.9	36
	0.140	31	9	10	52.6	38
700	0.098	33	13	4	23.5	34
	0.115	36	10	4	28.6	28
	0.140	34	8	8	50.0	32

3) 널링형 롤러

널링형 롤러의 건고추 꼭지 절단 특성 시험 결과는 표 5-15와 같다. 널링형 롤러의 꼭지 제거 효율은 75~92%, 전효율은 62~76%로 비교적 고르게 나타났으며, 전체적으로 전효율이 원통형 롤러보다 약간 향상된 것을 알 수 있다. 홍고추의 경우에는 널링형이 원통형과 기어형의 중간 정도의 성능을 나타냈으나 건고추의 경우에는 홍고추와의 물성 차이로 인하여 원통형의 경우와 비슷한 성능을 보임을 알 수 있다. 롤러의 회전속도와 고추고정틀의 이송 속도는 전효율에 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서 처리 성능 향상을 위해 공급속도를 최대한 높이는 연구가 필요하다.

널링형 롤러는 롤러가 저속으로 회전했을 때 꼭지 인장 시 부하가 발생하여 롤러가 정지하는 경우가 있었으며, 롤러를 통과한 고추는 과피가 찢어지는 현상이 나타났다.

표 5-15. 널링형 롤러의 꼭지제거율

롤러 회전수 (rpm)	고추공급속도 (m/s)	꼭지제거형태			제거효율 (%)	전효율 (%)
		A	C	D		
300	0.098	13	6	31	83.8	74
	0.115	12	3	35	92.1	76
	0.140	15	7	28	80.0	70
500	0.098	14	9	27	75.0	72
	0.115	19	4	27	87.1	62
	0.140	14	7	29	80.6	72
700	0.098	14	9	27	75.0	72
	0.115	13	8	29	78.4	74
	0.140	12	7	31	81.6	76

4) 우레탄형 롤러

우레탄형 롤러의 건고추 꼭지 절단 특성 시험 결과는 표 5-16과 같이 꼭지 제거 효율이 60~95%, 전효율이 48~82%로 시험 조건에 따라 분포가 비교적 크게 나타났다. 롤러가 저속(300 rpm)인 경우에는 고추고정틀 이송 속도가 느릴수록, 롤러 회전수가 고속(700 rpm)인 경우에는 고추고정틀 이송 속도가 빠를수록 전효율이 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 따라서 처리성과 전효율의 향상을 위해서는 롤러 회전속도와 공급속도를 최대한 증가시킬 필요가 있다.

최대 전효율은 절단 롤러 회전속도 300 rpm, 공급속도 0.098 m/s에서 82%로 나타났다. 특히 우레탄 롤러의 경우는 꼭지의 대부분이 롤러의 인장력에 의한 뽑힘 현상으로 나타났으며, 롤러 사이를 통과하는 경우에도 널링형 롤러에

서와 같은 과피의 손상은 그다지 크지 않아 건고추의 꼭지 제거에 가장 적합한 롤러로 판단되었다.

표 5-16. 우레탄형 롤러의 꼭지 제거율

롤러 회전수 (rpm)	고추공급속도 (m/s)	꼭지제거형태			제거효율 (%)	전효율 (%)
		A	C	D		
300	0.098	9	4	37	90.2	82
	0.115	14	6	30	83.3	72
	0.140	16	10	24	70.6	68
500	0.098	26	4	20	83.3	48
	0.115	26	6	18	75.0	48
	0.140	25	10	15	60.0	50
700	0.098	16	4	30	88.2	68
	0.115	14	6	30	83.3	72
	0.140	10	2	38	95.0	80

제 4 절 요약 및 결론

가공용 고추의 꼭지 절단 장치를 개발하기 위하여 여러 가지 꼭지 절단 기구를 설계, 제작하고 홍고추와 건고추를 대상으로 꼭지 절단 성능을 비교 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 수동공급방식에 의한 3종의 사각날과 3종의 선형날의 홍고추 꼭지 절단 성능을 비교한 결과, 사각날 중에서는 두꺼운 보통날이, 그리고 선형날 중에서는 와이어가 꼭지 절단율이 가장 높게 나타났다. 그러나 이러한 회전날을 이용하여 꼭지를 절단하려면 고추가 단단히 고정된 상태로 공급되어야 하고, 타격위치를 꽃받침과 과육이 연결된 지점에 정확히 맞추어야하는 기술적 제약이 있었다.
2. 자동경사공급방식에 의한 와이어와 롤러의 홍고추 꼭지 절단 성능을 비교 시험한 결과, 롤러의 경우에는 기형고추의 꼭지 절단이 불가능하였으며, 와이어는 롤러보다 꼭지 절단율은 높으나 정확한 타격점을 맞추기가 어렵고 마모가 심한 문제점이 발견되었다.
3. 홍고추를 대상으로 자동수평공급방식에 의한 4종의 롤러의 꼭지 절단 성능을 비교한 결과, 원통형 롤러는 전효율이 가장 낮아 홍고추의 꼭지 절단 기구로는 부적합하였으며, 우레탄형 롤러는 꼭지 제거 효율이 가장 높았으나 공급효율이 낮아 전효율도 매우 낮게 나타났다. 기어형 롤러는 전효율이 가장 높았으나 꼭지 제거 효율은 가장 낮았으며, 널링형 롤러는 공급효율은 기어형 롤러보다 낮았으나 꼭지 절단 효율과 꼭지 제거 효율은 더 높게 나타나 전효율은 기어형 롤러와 비슷하였다.
4. 건고추를 대상으로 자동수평공급방식에 의한 4종의 롤러의 꼭지 절단 성능을 비교한 결과, 기어형 롤러는 전효율이 매우 낮아 건고추의 꼭지 절단 기구로는 부적합하였다. 원통형, 널링형 및 우레탄형 롤러의 꼭지 절단 성능은 비슷하게

나타났으며, 널링형 롤러는 과육이 찢어지는 손상이 발생하는 경우가 있었다.

5. 자동수평공급방식에서 대부분의 경우 고추의 공급속도와 롤러의 회전속도는 꼭지 절단 효율에 큰 영향을 주지 않았으므로, 처리성능을 향상시키기 위해서는 공급속도를 최대한 증가시킬 필요가 있었다. 또 꼭지를 완전히 제거하기 위해서는 인장력과 동시에 전단력을 작용시키는 방식이 바람직한 것으로 판단되었다.

제 6 장 제어 장치 개발

제 1 절 각 단위 기구 실험용 제어반

1. 회전수 제어

본 실험에서 사용된 전동기는 이송 가이드 이송 장치용 5마력 1대, 절단 롤러 구동용 1마력 2대, 회전솔 구동용 1마력 2대, 정렬판 구동용 2마력 1대, 전개판 구동용 2마력 1대, 벨트 컨베이어용 1마력 1대로 모두 8개의 3상 유도전동기를 사용하였다.

고추꼭지 제거 장치의 각 단위기계는 고추꼭지의 원활한 제거와 공급을 위하여 적합한 회전 속도를 찾아야 한다. 각 단위기계의 최적 회전속도는 회전수를 달리하며 수 차례 반복 실험을 통하여 얻을 수 있을 것이다. 이를 위하여 각 단위 기계 당 하나의 인버터를 설치하여 회전수를 제어하였다. 인버터는 전압형 PWM인버터(Voltage source PWM inverter)를 사용하여 기본회로 구성하였다. 실험에서의 인버터의 규격은 표 6-1과 같다.

표 6-1. 인버터 규격

구 분	INV-302H (1마력)	INV-303H (2마력)	ACS-140 (1마력)	ACS-140 (5마력)
용 도	벨트컨베이어	전개판 정렬판	솔희전장치 절단롤러	공급이송장치
적용 전동기 (kW)	0.75	1.5	0.75	3.7
정격출력전류 (A)	2.7	3.1	5.5	12
정격출력전압 (V)	3 ϕ 380 V			
정격출력주파수 (Hz)	0~60 Hz/120 Hz		0~250 Hz	
입력전원 (V)	3 ϕ 380 V			
입력주파수 (Hz)	50/60 Hz			
제어방식	정현파 PWM방식			

2. 전기 배선 및 제어반 설치

충분한 전원공급을 위하여 380 V를 선택하였고 MCB는 메인(60 A)과 그 아래 각각 20 A, 40 A를 달았다. 각 모터에는 PUSH 버튼을 사용하여 ON/OFF 시켰으며, 전동기의 과부하로 인한 소순을 방지하기 위해서 열동형 부하 계전기를 달았다. 각 단위기계의 구동축 회전수는 공급 이송상자의 회전수를 중심으로 최적 회전수로 조정하기 위하여 인버터로 조절하였다. 각 부의 구동 모터의 결선은 그림 6-1과 같다.

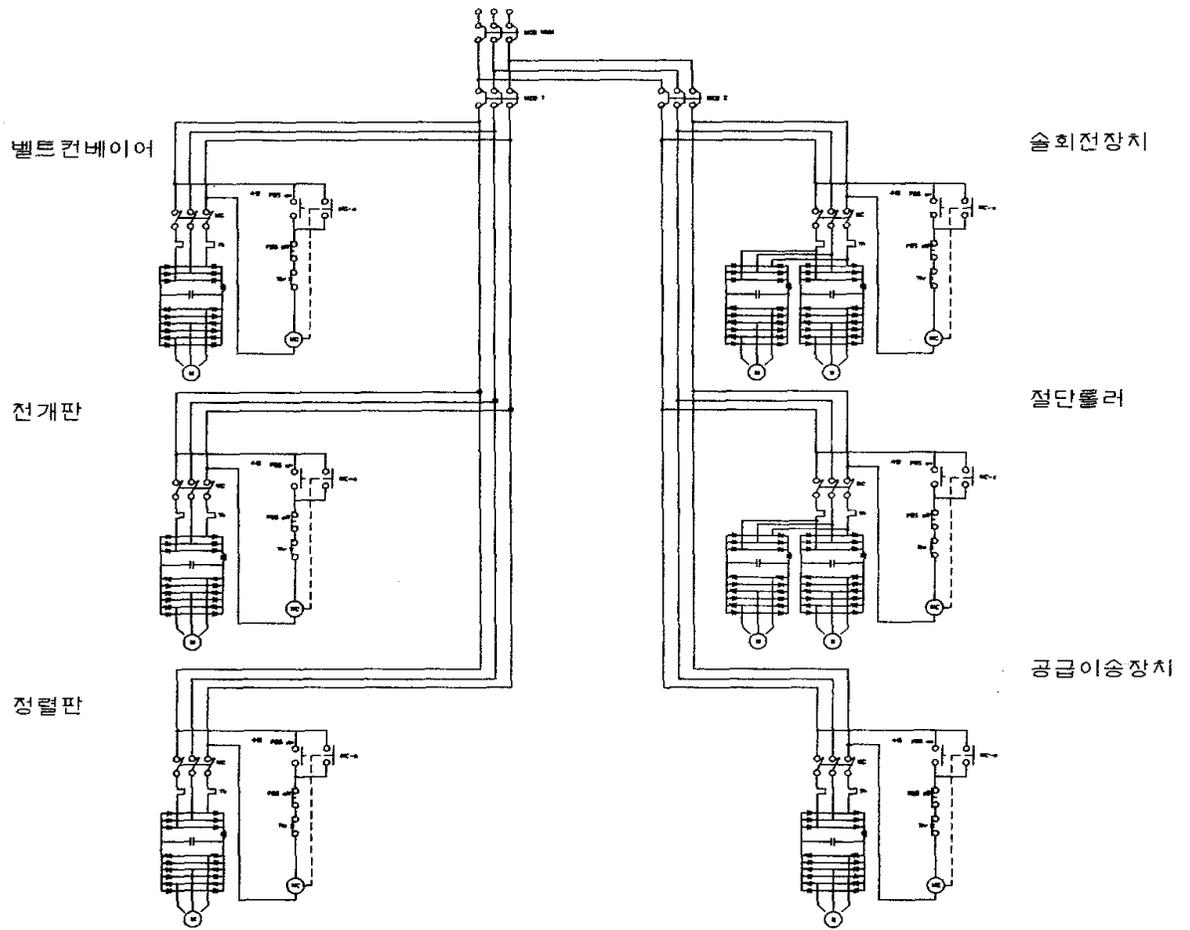


그림 6-1. 고추꼭지 제거기의 전기배선도

제 2 절 시작기 제어장치

1. 각 부의 가동장치 제어방법

고추 꼭지제거기에 처음 전원이 들어가면 전체 시스템을 시작할 것인지 여부를 판단하게 하였다. 만약 고추 꼭지 제거기의 SYSTEM ON 버튼이 눌러진다면, 고추가 중간단계의 기계에 남아 있는 경우를 가정하여 제거기의 작동 순서는 공급상자에서 벨트 컨베이어에 이르는 역순이 되도록 하였다. 먼저 실험을 통하여 적정회전수를 결정한 다음, 각 모터에 감속기를 설치하여 원하는 회전수를 얻었다. 이것으로 인버터의 사용을 대신할 수 있다.

고추꼭지 제거기의 각 단위기계는 고장여부를 판단하기 위해서, 기계고장은 모터의 과부하로 인하여 각 MC의 열동형 부하계전기가 작동하여 전원을 끊는 경우와 전원자체가 공급이 안 되는 경우를 고장으로 가정하였다. 두 경우 모두 기계에 전원이 공급이 되지 않는 결과를 가져오므로, 기계고장은 전원공급의 유무로 판단할 수 있다. 만약 운전 중 어떤 한 기계가 정지한다면 그 부분에서 이동 중인 고추가 정체를 맞이하므로 이 경우 더 이상의 정체를 막고 그 다음단계의 고추를 정상 처리하기 위해서는 정지 전 단계의 기계를 정지시키고 정지 후 단계의 고추들은 일정시간 정상 처리 후 정지해야만 할 것이다.

기계의 동작은 모든 기계가 작동된 상태에서 제어반에 있는 PIC16C57 마이크로 컨트롤러를 이용한 회로가 각 모터의 동작 상태를 감시하고 어느 한 모터가 비정상적인 상태에서 전원공급이 되지 않는다면 그 전 단계의 기계는 모두 정지하며 비정상적인 정지를 보인 기계의 다음 단계의 기계들은 시간에 따른 순차적인 정지를 하도록 하였다. 만약 자동제어 상태에서 모든 기계를 정상적으로 정지시킨다면 모든 기계는 벨트컨베이어에서 공급 이송장치까지 일정한 시간적 간격으로 정지할 것이다. 이러한 기계의 제어방법을 나타낸 순서도는 그림 6-2와 같다.

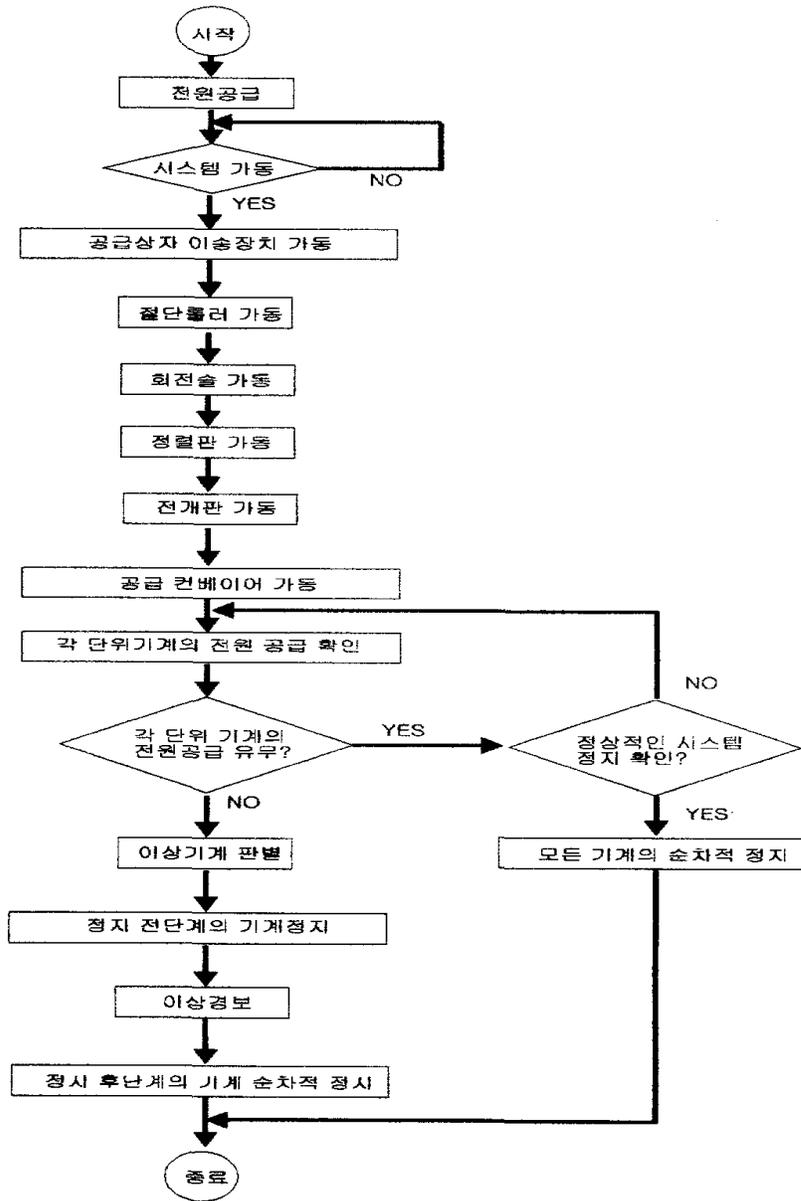


그림 6-2. 기계고장 검출과 제어 순서도

2. 컨트롤러

이와 같은 작동 이상 감지를 수행하기 위해서는 제어장치를 구성하여야 한다. 자동 제어에 있어서 릴레이 제어와 PLC 제어, PIC 제어가 가능하다. 릴레이 제어를 사용하여 하나의 시스템을 구성하는 경우, 그 신뢰성은 각 구성부품의 신뢰성에 따라 크게 좌우되면서, 시스템 구성품 중 중요한 비중을 차지하는 릴레이의 신뢰성도 사용상태에 따라 크게 변화한다. 또한 릴레이만으로 회로를 구성할 경우 기계의 구조가 복잡해지고 코일의 온도 상승으로 인한 작동 전압이 높아지는 현상이 있을 수 있다. PLC 제어는 자동화 작업의 가장 기본이 되는 것으로 공장의 설비 자동화와 같은 시퀀스 제어에 많이 사용된다. 그러나 PLC는 가격이 비싸고 고추꼭지 제거기에 공장자동화 등에 쓰이는 PLC를 사용할 필요는 없다고 판단되었다.

PIC제어는 작은 통신기계에서부터 공장자동화에 사용되는 온도 컨트롤, 공정 제어 컨트롤, 로봇틱스 등에도 사용할 수 있을 뿐 아니라 가격도 비교적 낮은 편이다. 또 PIC 제어는 쉽게 회로를 구성할 수 있으며 작은 명령수로서 프로그램 작성과 디버깅이 쉬운 이유로 많이 이용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 고추꼭지 제거기 전 시스템을 자동으로 제어하기 위하여 PIC16C57 마이크로 컨트롤러를 이용하였다.

고추의 꼭지제거 프로세서에서 각 단위기계의 가동은 전후단계v기계의 작동여부에 따라서 가동 또는 정지되어야 한다. 또한 각 단위기계의 고장은 각 감속 모터를 구동하는 MC의 ON/OFF 상태를 점검하므로써 판단할 수 있다.

그림 6-3과 표 6-2는 본 장치에 사용된 PIC16C57 마이크로 컨트롤러의 연결상태와 편의상 정의된 각 단위기계의 부호를 나타낸 것이다.

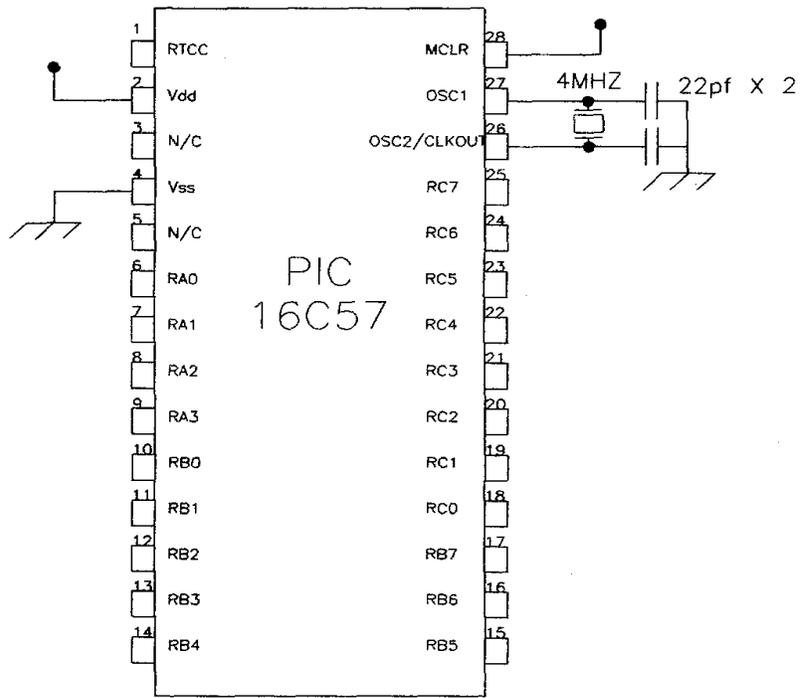


그림 6-3. PIC16C57의 외형과 핀 배열

표 6-2. 기계 부호

기 계	벨트 컨베이어	전개판	정렬판	회전슬	절단롤러	공급이송 장치
부 호	M B	S P	A R	B R	C T	C R

PIC 칩에는 14핀용과 28핀용 있는데 PIC16C57의 경우 28핀으로 입출력 포트가 A 4개, B 8개, C 8개로 다른 칩에 비하여 입출력 포트가 8개 더 많다. 각 입출력 포트별로 기계에서 입력신호나 릴레이를 작동시키기 위한 신호를 내보내게 된다. 모터의 MC에서 별도의 5V의 전원을 공급하여 b 접점으로부터 들어오는 입력 신호는 포트 B에서 직접 읽어 오며, 모터의 구동을 제어하기 위하여 릴레이로 보내는 출력 신호는 포트 C에서 포토커플러로 보내게 하였다. 표 6-3은 PIC16C57 마이크로 컨트롤러의 각 포트별 대응 표이다.

표 6-3. PIC포트별 대응 기계 신호

기계의 종류	PIC 대응포트		접 점
벨트 컨베이어	입 력	RB0	MBM - b
	출 력	RC0	MBR - a
전 개 판	입 력	RB1	SPM - b
	출 력	RC1	SPR - a
정 렬 판	입 력	RB2	ARM - b
	출 력	RC2	ARR - a
회 전 솔	입 력	RB3	BRM - b
	출 력	RC3	BRR - a
절 단 롤 러	입 력	RB4	CTM - b
	출 력	RC4	CTR - a
공급 이송장치	입 력	RB5	CRM - b
	출 력	RC5	CRR - a

* 접점에서의 부호 뒤 M은 MC를 나타내며, R은 릴레이를 나타낸다.

* 입력 : 각 장치 가동 검지용 접점 입력

* 출력 : 모터 회전 통제 전기신호

3. 인터페이스

PIC 칩들은 5 V로 작동하며 입출력도 마찬가지로 5 V를 내보거나 받아들이게 하였다. 이러한 칩들은 높은 전압의 기계로의 서지와 잡음으로부터 보호하기 위하여 포토커플러를 사용하였다.

PIC16C57 마이크로 컨트롤러를 구동하기 위해서는 별도의 전원공급장치가 필요하다. PIC에 사용되는 5 V 전압은 디지털 전자기기에 대표적으로 사용되는 전압단위이다. 이 기계에 사용된 380 V 전압에서 5 V를 만들어 내는 방법은 여러 가지가 있을 수 있으며, 여기서는 어댑터로 전압을 1차로 낮추고 별도의 정전압 직류 전원공급회로를 구성하였다. PIC 회로에 사용된 전원부 회로는 그림 6-4와 같다.

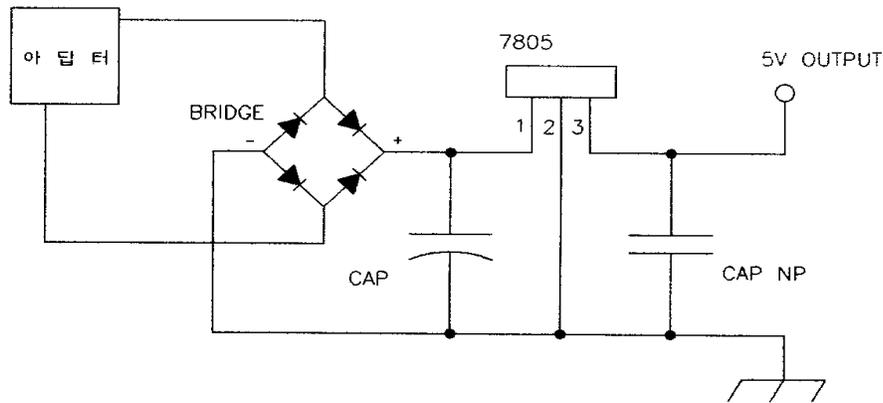


그림 6-4. PIC 회로의 직류 전원부 회로도

이 회로에서 가장 핵심적인 역할을 담당하는 부품은 7805라는 전원 안정화(전원 레귤레이터) 소자이다. 7805는 입력 단에 9~30 V 사이의 전원을 인가하면 출

력 단에는 5 V 전압이 출력된다. 7805는 3단자로 되어 있으며, 가운데 단자는 GND와 접속하였다. 출력 단에 붙인 콘덴서는 발진을 방지하는 역할을 수행하고 전류가 많아지면 7805에 열이 발생함으로 큰 방열판을 부착하였다.

그리고 회로 구성에서 노이즈 방지와 높은 전압으로부터 회로를 구성하기 위하여 포토커플러를 사용하였다. 그림 6-5에 포토커플러의 회로 구성도를 나타냈다.

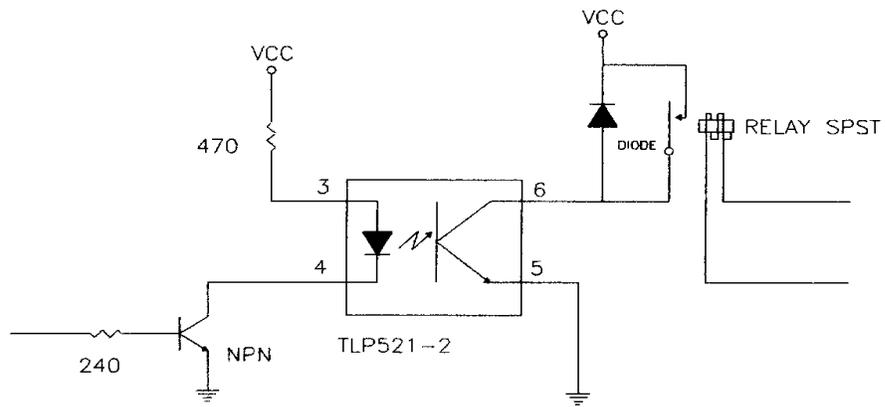


그림 6-5. 포토커플러

포토커플러는 외부의 신호를 이용하여 발광 다이오드를 발광시키고, 그 빛을 광트랜지스터(포토티랜지스터)로 받아 전기신호로 변환하여 무접점 시퀀스 회로에 전달하는 것으로, 노이즈 차단에 효과가 크다. 모터 가동은 PIC의 포트 C의 각 Bit에 ON(5 V) 신호를 주고, 이 신호를 받아 릴레이를 구동시켰으며, 구동된 릴레이는 각 단위기계의 구동모터에 전원을 공급하도록 하였다.

4. 제어반 구성과 실험

모터의 구동에서 자동과 수동의 변환을 위하여 토글 스위치를 사용하였다. 토글 스위치는 텀블러 스위치의 일종으로 핸들조작에 의해 회로의 개폐를 하는 것이다. 스위치가 수동으로 선택되면 PIC 회로의 릴레이 작동 여부에 관계가 없으며, 자동으로 선택 시 PUSH 버튼에 의해 모터의 제어는 불가능하게 된다. 각 모터에는 자동으로 선택 시 모터가 회전하는 것을 PIC 회로로 보내기 위한 신호 입력부와 PIC에서 모터의 회전을 끊기 위한 신호 출력부를 설치하였다. 신호 출력부는 PIC 회로에서 보낸 신호가 포토커플러를 통해 릴레이를 구동시키도록 하였다. 또 각 전동부를 제어하기 위해서 ON/OFF 푸시버튼과 전자개폐기를 사용하였고 전동기의 과부하로 인한 소순을 방지하기 위해서 열동형 부하계전기를 달았다. 그림 6-6과 6-7은 각 모터의 결선도와 전체 기계의 배전반과 모터의 구성도를 나타낸 것이다.

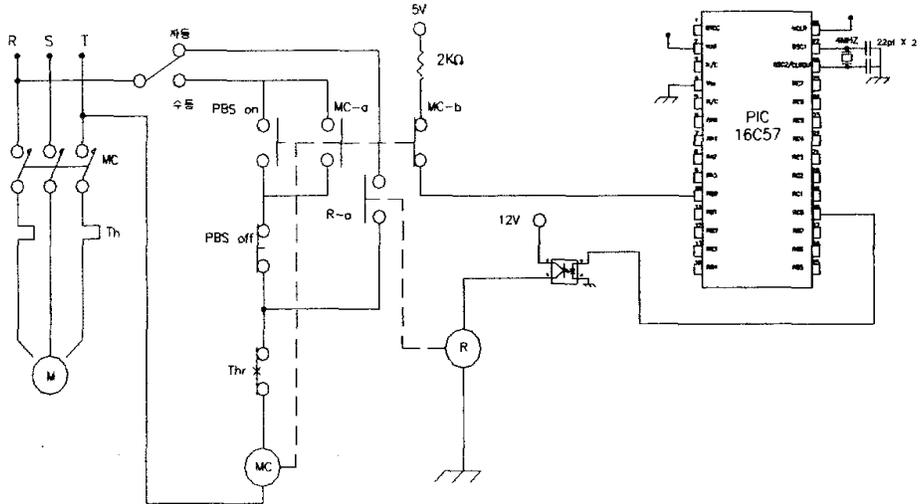


그림 6-6. 각 구동모터의 결선도

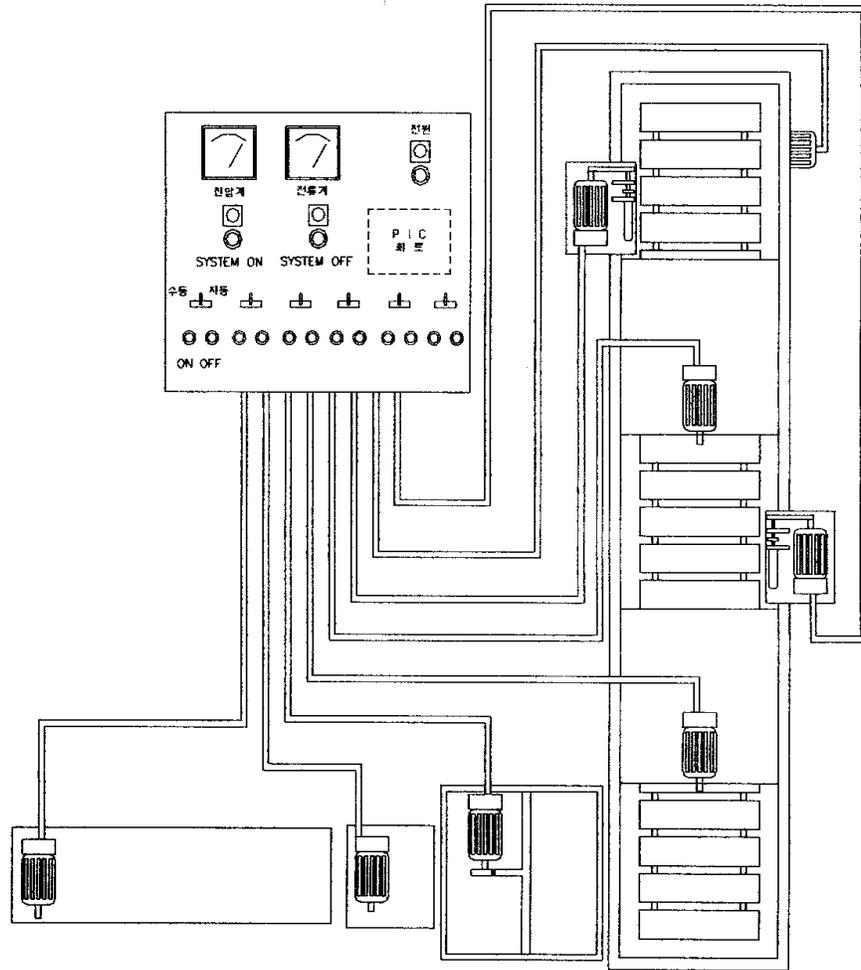


그림 6-7. 고추꼭지 제거기의 결선도

제어장치는 각 모터의 최적의 회전수를 찾기 위해서 수동과 자동으로 놓고 각각 실험하였으며, 실험에 있어서 특별한 문제는 발생하지 않았다. 자동으로 동작시켰을 때 중간에 한 기계를 인위적으로 정지시킨 결과 그 전 단계는 모두 정지하였으며, 그 후 단계는 1분의 시간 간격으로 정지하였다. 여기서 시간을 1분으로 한 것은 고추가 빠져나가는데 충분한 시간을 주기 위해서이다. 그러나 공급상

자 이송장치와 벨트컨베이어, 전개판 및 정렬판은 회전수가 서로 밀접한 상관관계가 있으므로, 하나의 모터에서 동력을 분배받아 서로의 속도를 보정하는 방법을 고려해 보아야 할 것으로 판단된다.

제 7 장 홍고추 꼭지 제거기 개발

제 1 절 서설

고추는 저장상의 문제로 대부분 건고추 상태로 유통되고 있다. 그러나 고추의 전체 생산비 중 건조작업이 차지하는 비중이 50% 정도로 매우 높고 특히 천일건조는 인력이 많이 소요되는 힘든 작업이다. 따라서 고추 가공 공장에서 홍고추를 원료로 하여 고추를 가공한다면 고춧가루 중심의 제품생산에서 탈피하여 보다 다양한 제품(고추액즙, 고추장, 장류, 김치 등기타 식품첨가물)의 개발을 촉진할 수 있을 것으로 생각된다. 또 건조작업 및 분말 가공 작업에 소요되는 노동력과 에너지의 절감을 통하여 고추 생산비의 절감과 가공공장의 기계화로 처리능력이 향상될 것으로 예상된다. 홍고추 가공은 불량 식품의 대명사로 인식되어 온 고춧가루와 고춧가루 첨가식품에 대한 소비자의 불안감 해소와 위생 상태 개선에 기여하고 부가가치 창출로 농민의 소득증대에 크게 기여할 것이며, 고춧가루 대신 고추액즙을 사용한 김치의 품질과 맛의 향상에도 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

국내에서 유일하게 홍고추를 가공하는 남제천 농협에서의 시운전 결과 공급·전개·정렬 장치의 문제로 꼭지 제거율이 매우 저조하게 나타났다. 따라서 본 연구에서는 앞서 확인된 각 단위기구의 실험 내용과 시운전 결과를 기초로 홍고추 꼭지 제거 장치를 설계·제작하고 실험을 통하여 그 성능을 검증하고자 한다.

제 2 절 홍고추 꼭지 제거기 설계 · 제작

본 연구를 위해 설계 · 제작된 홍고추 꼭지 제거기의 형태는 그림 7-1과 같다. 공급 장치의 진동판에서 전개된 고추가 공급 덕트에서 길이 방향으로 이송 장치 상부의 가이드에 공급되고 이송술에 의해 좌우로 이송된 꼭지가 회전 롤러와 절단날로 제거되도록 구성되었다. 제작을 위한 전체 조립도는 그림 7-2와 같다.

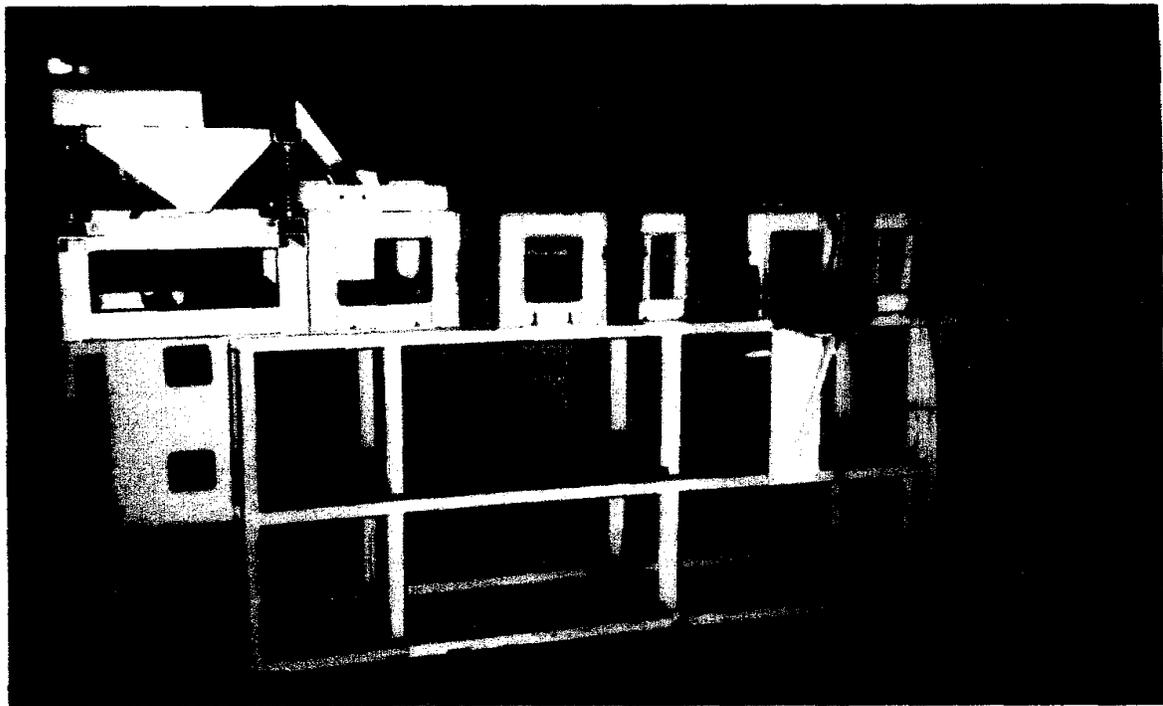


그림 7-1. 홍고추 꼭지 제거 장치

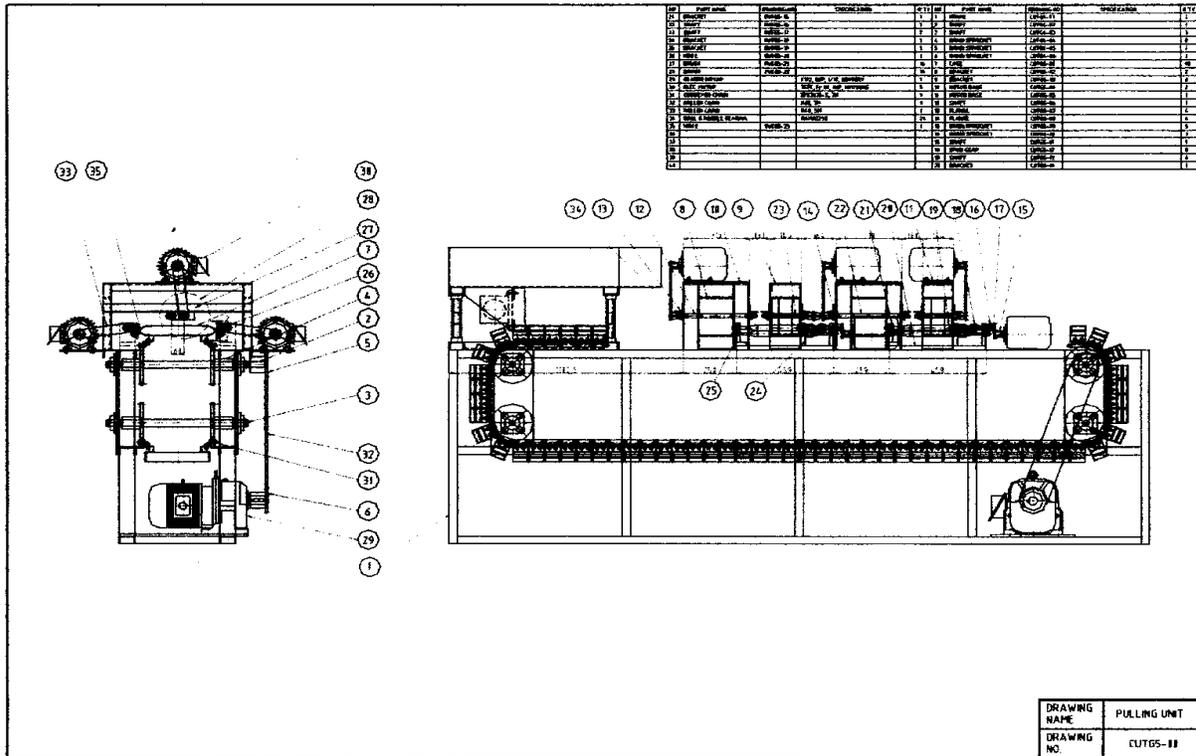


그림 7-2. 홍고추 꼭지 제거기 전체 조립도

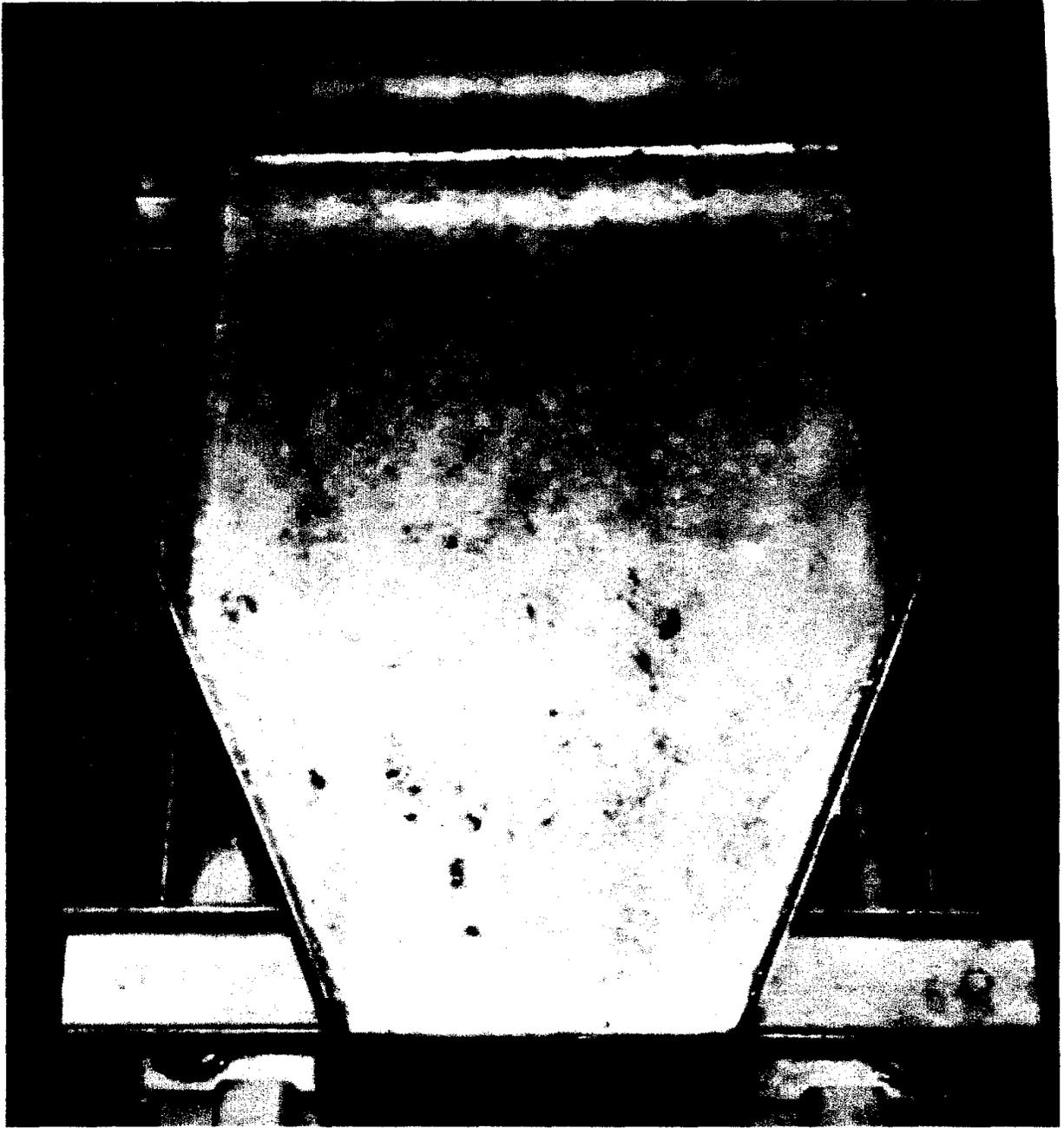
1. 공급 장치

홍고추 꼭지 제거를 위한 공급 장치는 진동판과 공급 덕트로 구성되어 있다. 진동판은 호퍼, 진동 모터, 스프링, 하부 프레임으로 구성되어 있으며, 공급 덕트는 가이드와 지지용 프레임으로 구성되어 있다. 호퍼에 공급된 고추는 진동 모터와 스프링에 의한 진동 작용으로 호퍼 위에서 박층 전개되어 공급 덕트로 이송된다. 공급 덕트는 호퍼에서 길이 방향으로 이송된 고추를 자유낙하 시 90°로 위치를 바꾸어 이송 장치의 절단 가이드에 길이 방향으로 공급시켜준다. 고추 공급량은 진동 모터의 진동수를 변화시켜 조절하도록 장치를 구성하였다. 제작·조립된 진동판의 상세 구조는 그림 7-3과 같고 공급 덕트는 그림 7-4와 같다. 제작

을 위한 진동판 조립도는 그림 7-5와 같다.

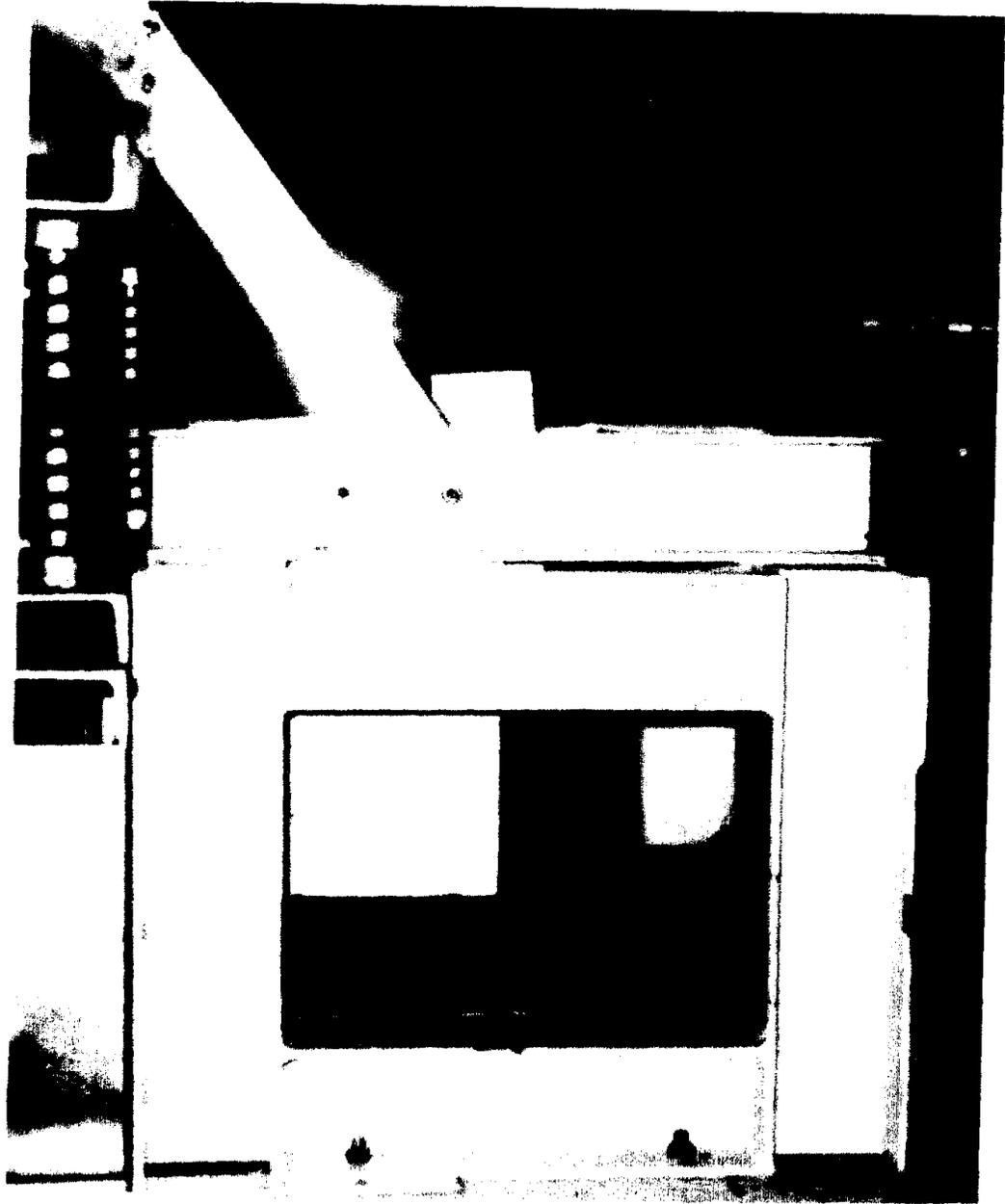


정면

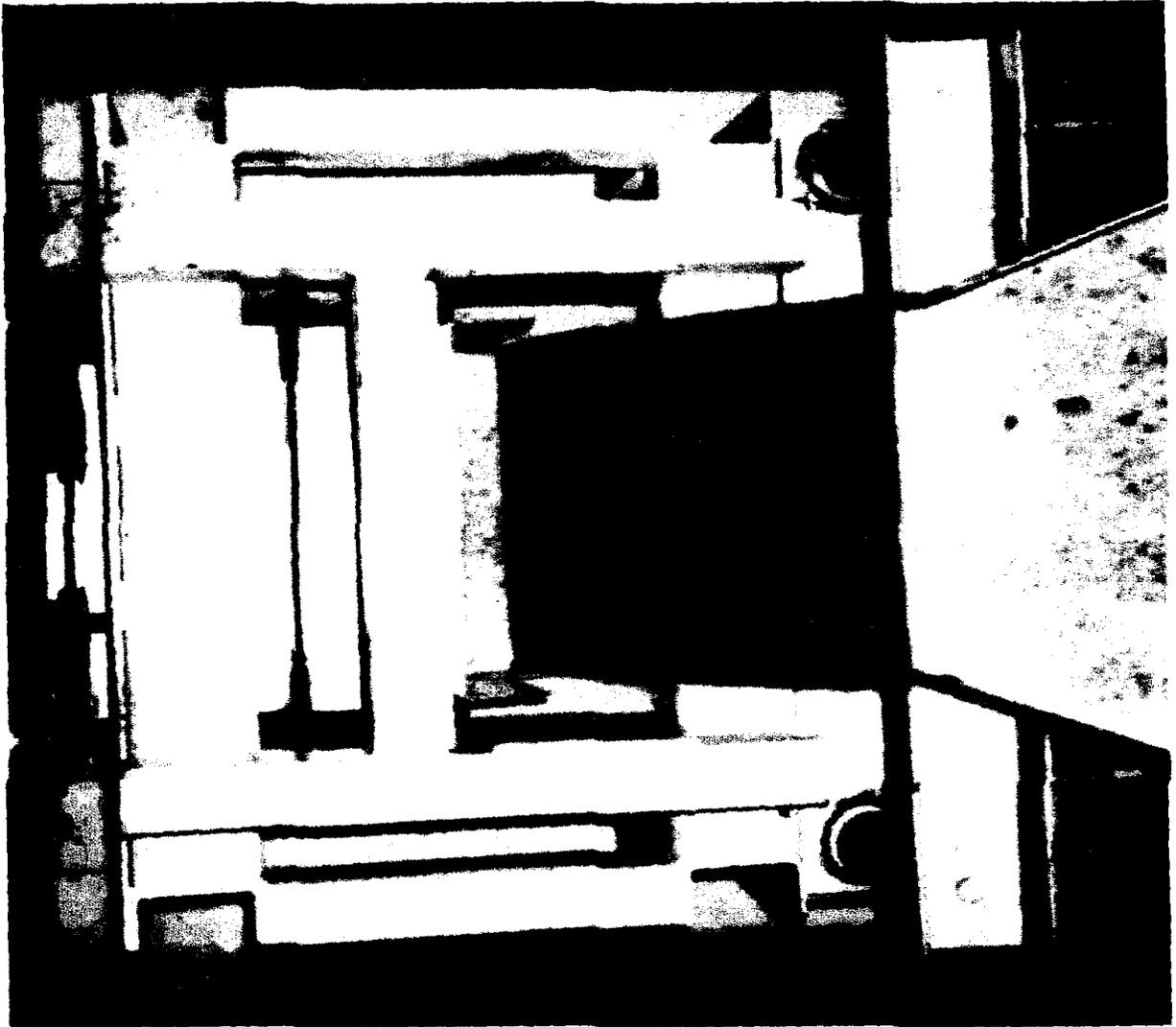


상면

그림 7-3. 진동판



정면



상면

그림 7-4. 공급 덕트

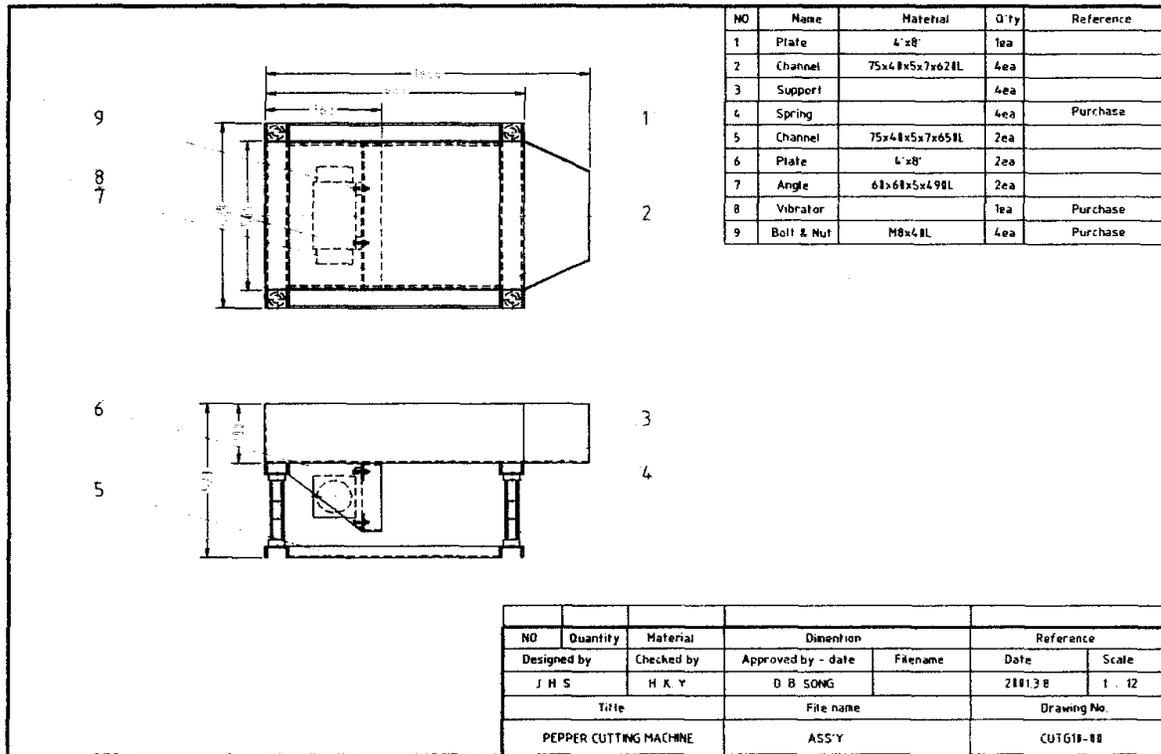


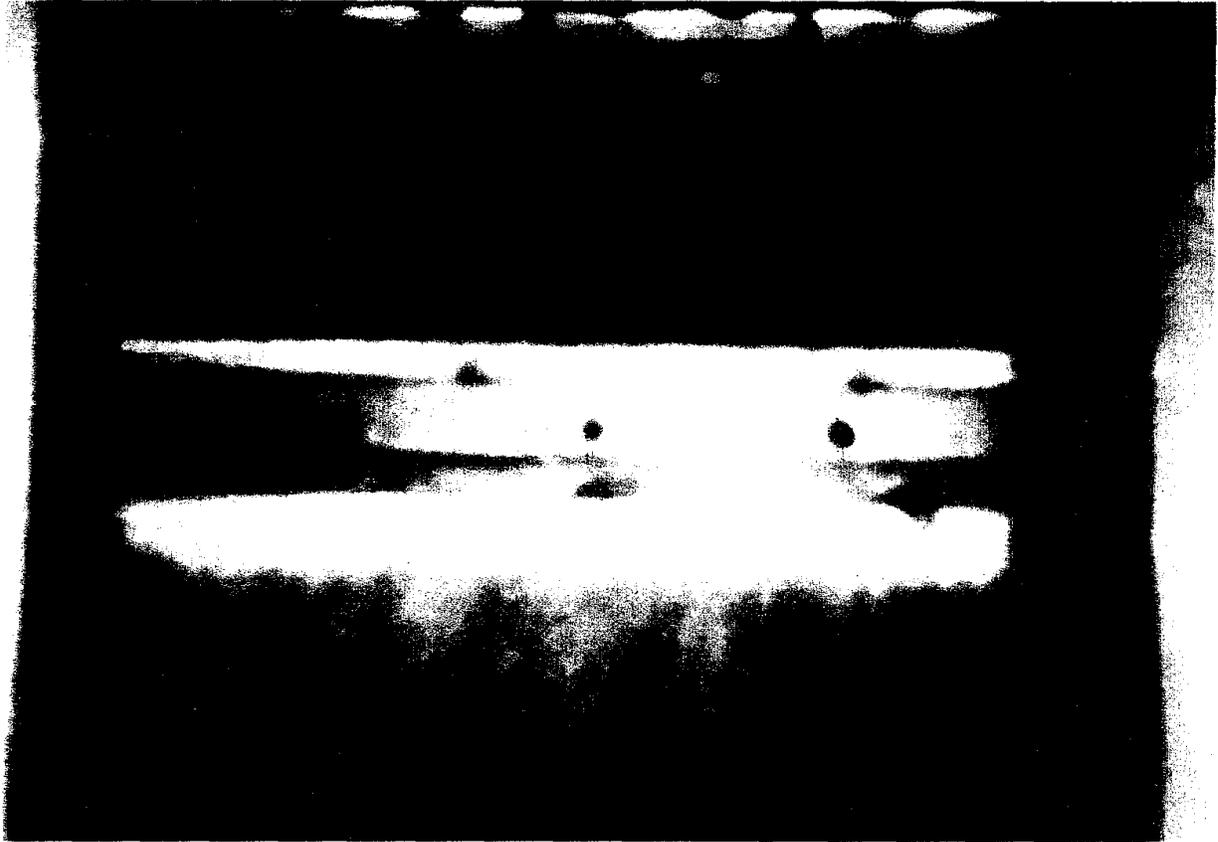
그림 7-5. 공급 장치 조립도

2. 좌우 이송 장치

공급 장치의 공급 덕트에서 이송 가이드에 공급되는 고추는 꼭지의 방향과는 상관없이 이송 가이드에 길이 방향으로만 투입된다. 따라서 투입된 고추의 꼭지를 제거하기 위해서는 이송 가이드 진행 방향에 대해 양쪽으로 고추를 이송시켜야만 한다. 이를 위해 본 연구에서는 그림 4-6과 같은 좌우 이송 장치를 사용하였다. 좌우 이송 장치는 회전축, 베어링 지지용 가이드, 체인 전동 장치로 구성되어 있으며, 이송 가이드 진행 방향을 기준으로 전면과 후면에 각 2개를 설치하여 전면에서는 고추를 좌측으로, 후면에서는 고추를 우측으로 이송시켜 주도록 구성하였다. 제작·조립된 좌우 이송 장치의 상세 구조는 그림 7-6과 같다.



정면

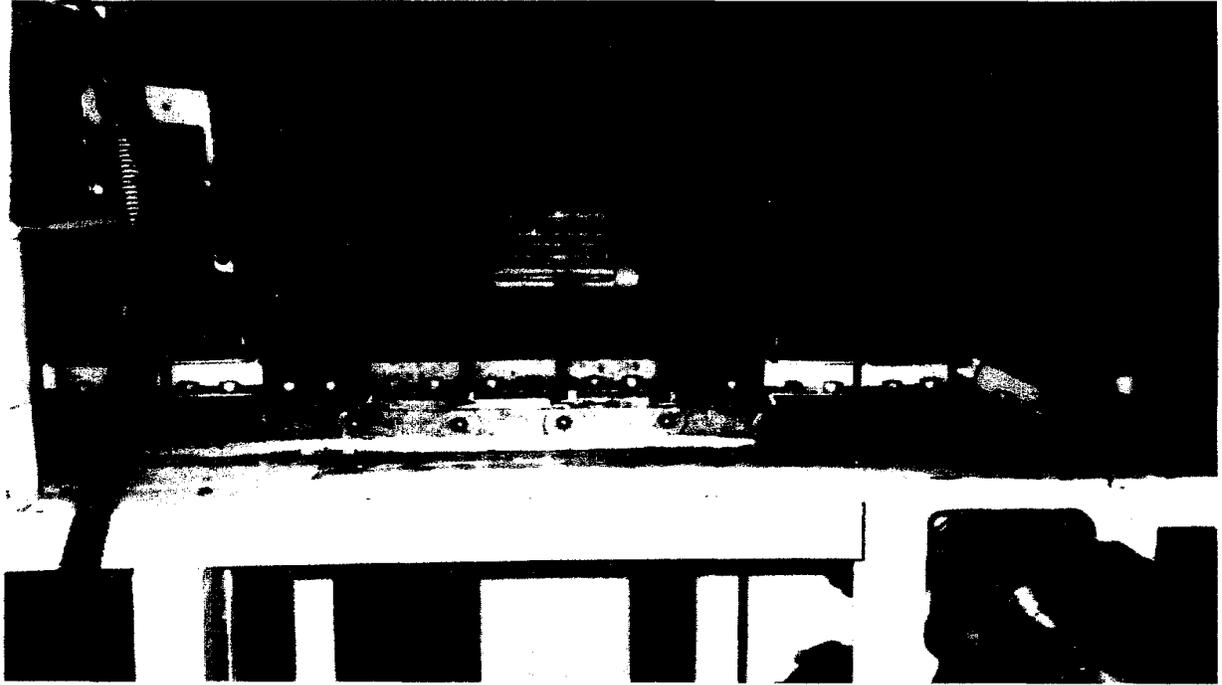


이송솔

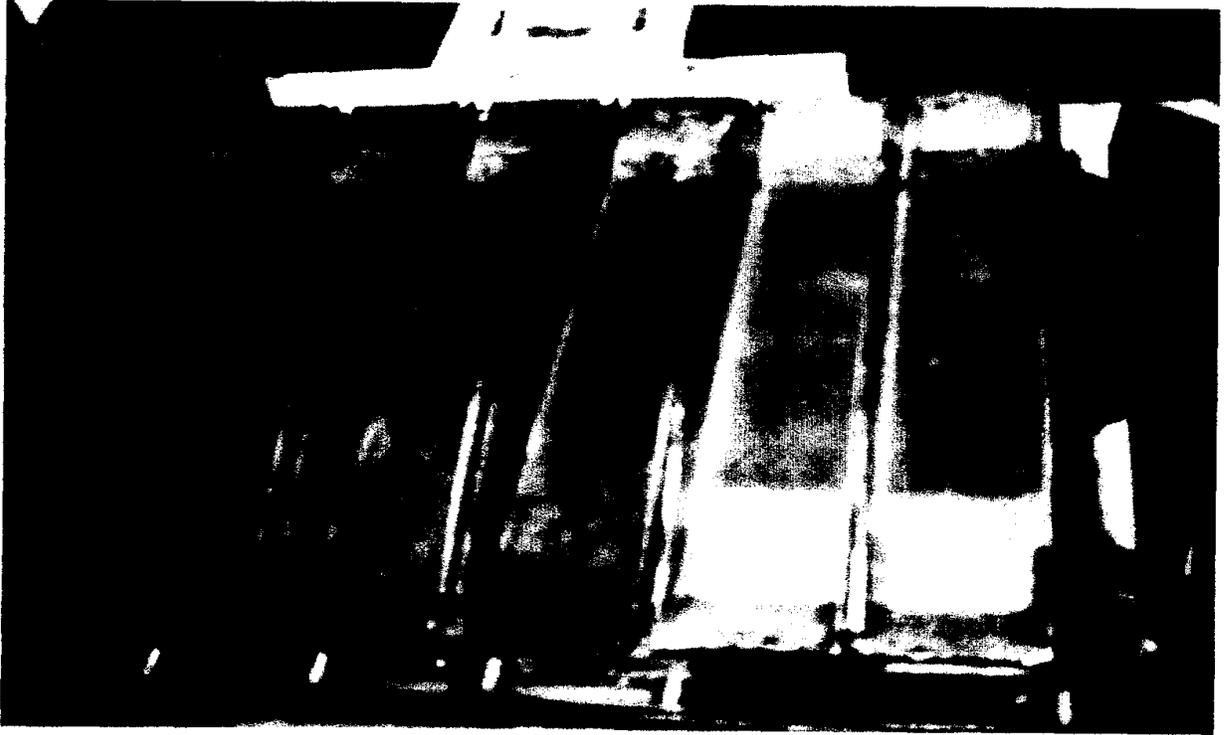
그림 7-6. 좌우 이송 장치

3. 이송 장치

이송 장치는 이송 가이드에 투입된 고추를 길이 방향으로 이송시키는 장치로 이송 가이드, 컨베이어 체인, 체인 전동 장치, 베어링 지지용 프레임으로 구성되어 있다. 이송 가이드에 투입된 고추는 컨베이어 체인에 의해 이송되면서 좌우 이송 장치의 회전솔에 의해 이동 가이드 안에서 좌우로 위치하게 된다. 제작·조립된 이송 가이드의 상세 구조는 그림 7-7과 같다.



정면



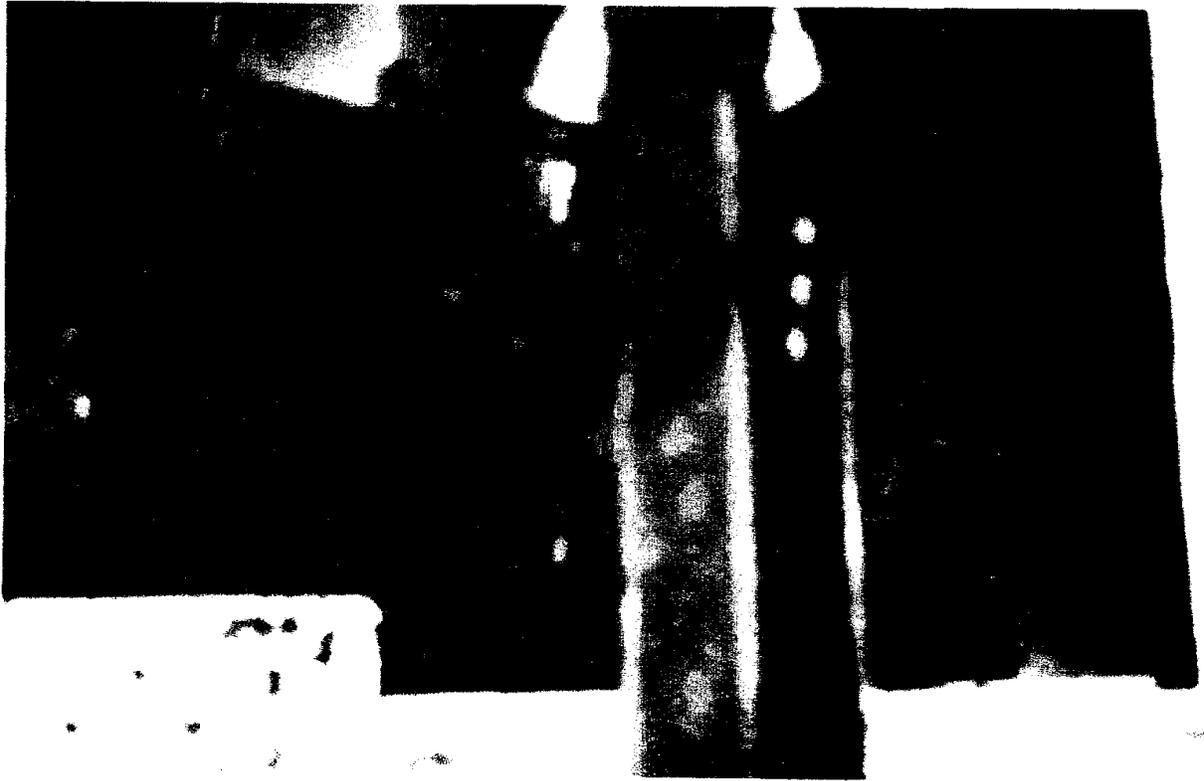
상면

그림 7-7. 이송 장치

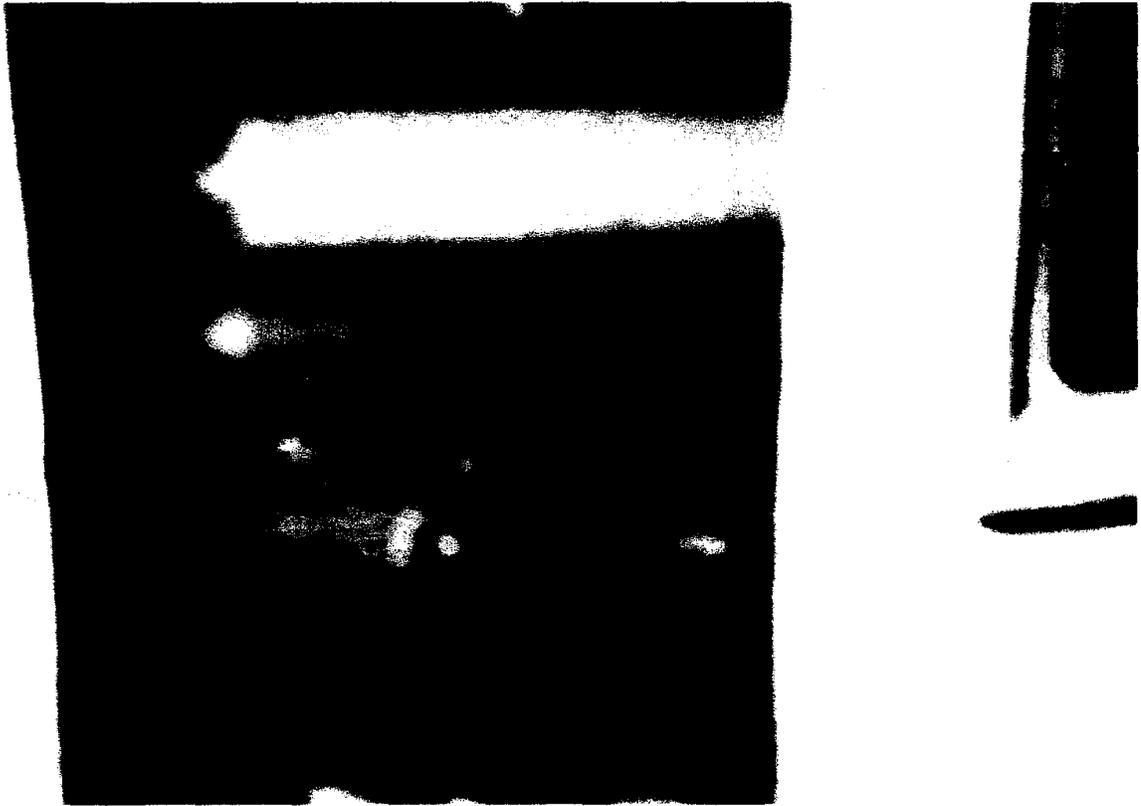
4. 절단 장치

절단 장치는 이송 가이드 바깥으로 노출된 꼭지를 인장·절단하는 장치로 회전 롤러, 절단날, 베어링 지지용 프레임과 체인 전동 장치로 구성되어 있으며 길이 방향으로 좌우에 각 2개씩 설치되어 있다. 회전축에 의해 좌우로 이송된 고추는 꼭지가 이송 가이드 밖으로 노출 상태로 길이 방향으로 이송되다가 회전 롤러 선단에서 꼭지가 롤러 사이로 삽입된다. 삽입된 꼭지는 롤러의 회전에 의해 이송 가이드 밖으로 잡아당겨 지면서 동시에 이송 가이드 안 쪽으로 설치된 절단날에 의해 꼭지가 제거된다. 절단된 꼭지는 회전 롤러의 회전력에 의해 롤러 바깥으로 떨어지고 몸통부는 이송 가이드에 의해 계속 배출구 쪽으로 진행하여 기

계 바깥으로 배출된다. 제작·조립된 절단 장치의 상세 구조는 그림 7-8과 같다.



상부

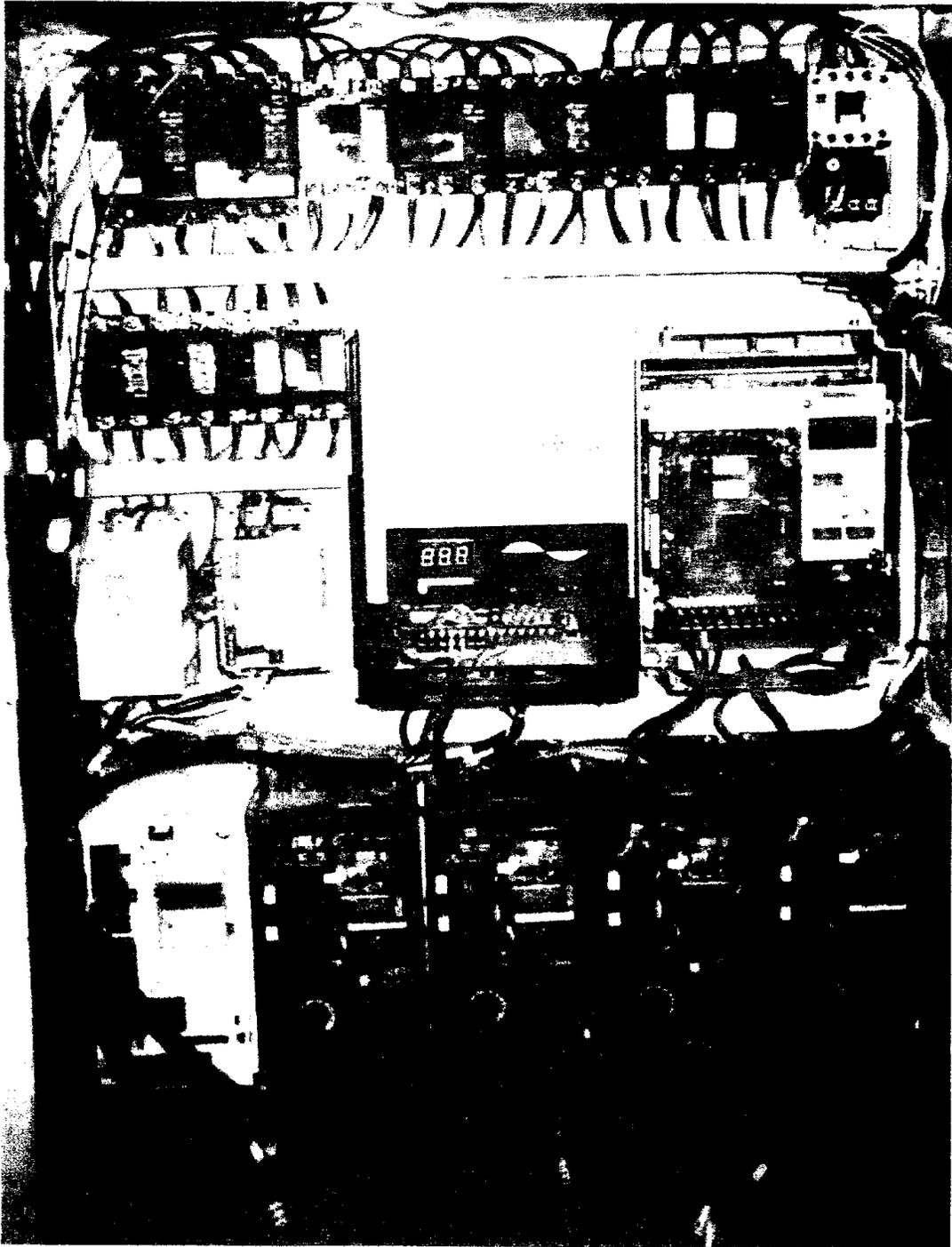


절단 롤러

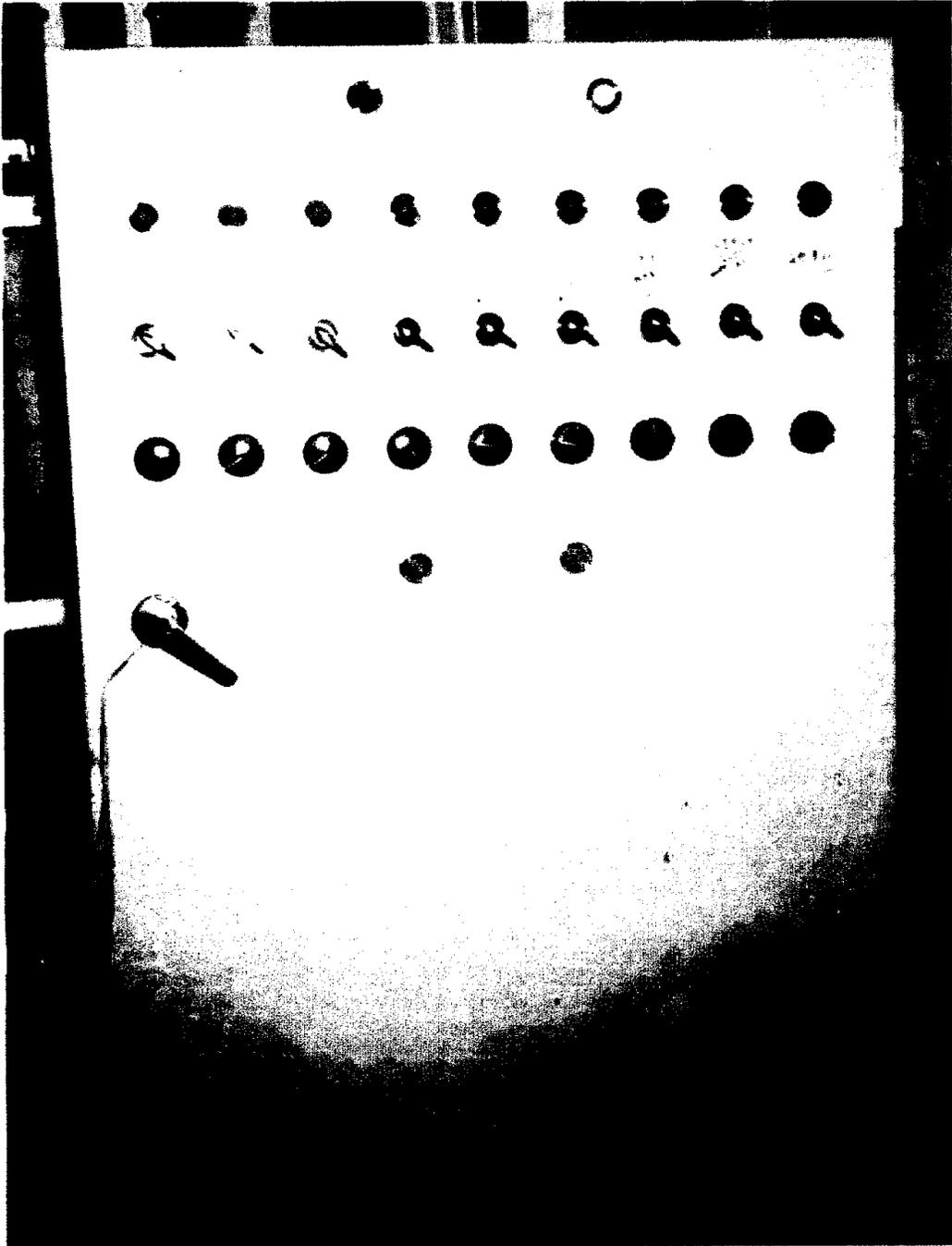
그림 7-8. 절단 장치

5. 제어 장치

기계에 부착된 전동기 구동과 속도 조절을 위한 제어 장치는 그림 7-9와 같다. 각 전동기에 속도 조절용 인버터를 사용하였으며, 속도 조절을 위해 제어반 바깥에 별도의 볼륨을 부착하였다. 고추 투입에서 꼭지 제거가 한 대의 기계에서 동시에 이루어지므로 다른 기계 장치를 고려한 자동 제어 회로는 사용하지 않았다.



내부



외부

그림 7-9. 제어 장치

제 3 절 성능 실험

1. 재료 및 방법

가. 실험 재료

실험에 사용된 고추는 진주 인근 노지에서 재배·수확된 대과종인 녹광을 사용하였다. 실험 당일 농협에서 공판된 고추를 구입하였다.

나. 실험 방법

남제천 농협 홍고추 가공공장의 경우 고추 꼭지 제거 속도는 1인 기준 초당 약 1개로 파악되었다. 홍고추 1개의 중량을 약 20g으로 가정하면 1인이 초당 20g의 고추 꼭지를 제거하는 것에 해당된다. 본 연구에서는 이를 기준으로 초당 처리량을 100g, 50g, 20g으로 하였다. 고추 꼭지 제거 성능에 영향을 미치는 또 하나의 요인은 이송 가이드 내에 투입되는 고추의 개수로 2개 이상이 투입되면 회전축에 의해 이송 가이드 밖으로 튀어나가는 고추의 수가 증가하여 제거율이 저하되고 또 좌우 방향으로의 이송이 원활하지 못해 꼭지가 절단 롤러에 삽입되지 못하는 경우가 발생하여 역시 제거율이 저하된다. 이를 고려하여 이송 가이드 이송 속도 4 수준, 고추 투입량 3 수준으로 하여 꼭지 제거 실험을 실시하였다. 이송 가이드 이송 속도는 인버터를 사용하여 변경시켰으며, 투입량은 진동 모터의 주파수를 변경하여 조절하였다. 각 실험에서 이송 가이드 밖으로 튀어나온 고추와 배출구로 배출된 고추로 1차 분리하였다. 이송 가이드 밖으로 튀어나온 고추 중 꼭지가 제거된 것과 분리되지 않은 것으로 배출구로 배출된 고추 중 꼭지가 제거된 것과 제거되지 않은 것으로 다시 분리하고 각각의 중량을 전자 저울로 측정하여 꼭지 제거 성능을 측정하였다. 꼭지 제거 성능은 손실율, 이탈율, 제거율, 제거 수율로 구분하여 측정하였으며 다음 식으로 환산하였다.

$$\text{손실율(\%)} = \frac{(W_t - W_a) - W_b}{W_t - W_a} \times 100$$

$$\text{이탈율}(\%) = \frac{W_c}{W_t} \times 100$$

$$\text{제거율}(\%) = \frac{W_b}{W_t - W_c} \times 100$$

$$\text{제거수율}(\%) = \frac{W_b}{W_t} \times 100$$

여기서 W_t 는 공급 중량, W_a 는 꼭지가 제거되지 않은 중량, W_b 는 꼭지가 제거된 중량, W_c 는 이송 가이드에서 이탈된 중량을 나타낸다.

각 실험 조건별 시료량은 2kg으로 하였고, 동일 조건에서 3회 반복하였다. 상세한 실험 조건은 표 7-2와 같다.

표 7-2. 꼭지 제거 실험 조건

항목	내용
이송 가이드 이송속도(m/s)	4 수준(0.196, 0.235, 0.300, 0.370)
고추 투입량(g/s)	3 수준(100, 50, 20)

2. 결과 및 고찰

가. 과피 중량 손실

꼭지 제거 시 나타나는 중량 손실은 꼭지부의 중량, 절단날에 의한 과피부 손실, 과피 파괴에 의한 씨앗 손실 등의 요인으로 발생한다. 이러한 요인은 꼭지 제거 장치의 구조와 밀접한 관계가 있고 꼭지 제거 성능과는 별도로 중요한 기계 성능이므로 확인할 필요가 있다. 꼭지 제거 시 꼭지 이외의 과피부 손실 정도를 알아보기 위해 각 실험 조건별 손실율을 그림 7-10에 나타냈다. 이송 속도 0.196m/s 에서는 공급량에 관계없이 약 12.8% 정도를 나타내는 것을 알 수 있으며, 다른 이송 속도에서는 공급량에 따라 차이를 나타내고 있다. 최대 손실율은 공급량 48g/s, 이송 속도 0.235m/s일 때 약 15.5%로 나타났고 최소 손실율은 공급량 87g/s, 이송 속도 0.370m/s일 때 약 7%로 나타났다. 홍고추 물성에서 홍고추 1개 중 꼭지가 차지하는 중량비는 6.8% 정도로 나타났으므로 실제 최대 손실율은 약 8.7%로 예상된다.

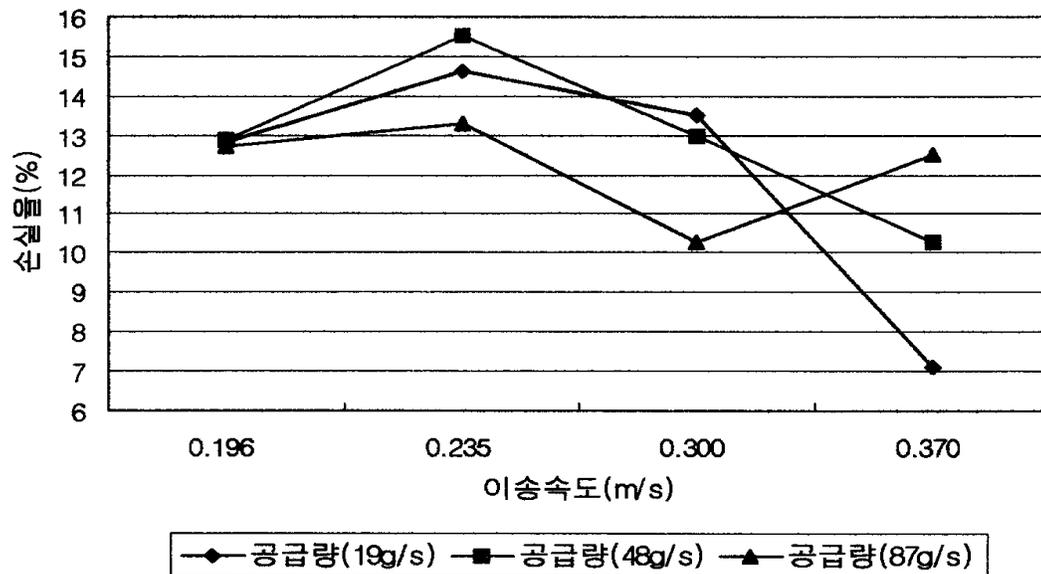


그림 7-10. 과피 중량 손실율

나. 고추 이탈

고추 이탈율은 이송 가이드로 공급된 고추 중 절단 롤러에 삽입되지 못하고 이송 가이드 밖으로 이탈되는 정도를 나타내는 것으로 꼭지 제거 성능에 직접적인 영향을 미치는 요인이다.

이송 가이드 내의 고추 꼭지를 이송 가이드 밖으로 노출시키기 위해 설치된 회전솔의 회전력으로 고추가 이송 가이드 밖으로 튀어나가는 정도를 알아보기 위해 각 실험 조건에서 고추의 이탈율을 그림 7-11에 나타냈다. 그림에서 이송 속도가 증가할수록 이탈율이 작아지는 것을 알 수 있다. 이는 이송 속도가 느린 경우 회전솔에 의한 충격을 받는 시간이 길고 이송 속도가 빠른 경우는 짧기 때문이다. 최대 이탈율은 공급량 87g/s, 이송 속도 0.196m/s에서 약 35%를 나타냈고, 최소 이탈율은 공급량 19g/s, 이송 속도 0.370m/s에서 약 18%로 나타났다.

특히 공급량 48g/s의 경우는 이송 속도 증가에 따라 다소 감소하는 경향을 보이나 약 23~28%로 큰 차이를 보이지 않는 것을 알 수 있다.

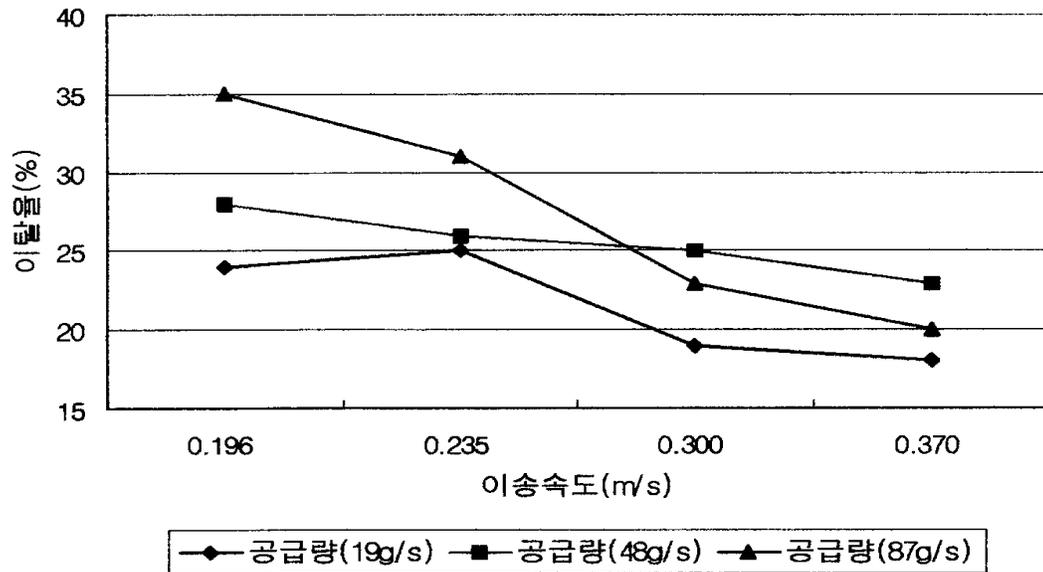


그림 7-11. 고추 이탈율

다. 꼭지 제거율

공급된 고추 중 이탈된 고추를 제외한 고추를 기준으로 환산한 꼭지 제거율을 그림 7-12에 나타냈다. 공급량이 19g/s인 경우 이송 속도가 증가함에 따라 다소 증가하는 경향을 보이는 반면, 공급량이 48g/s인 경우는 감소 경향이 뚜렷하게 나타나고, 공급량이 87g/s인 경우는 증가했다가 감소하는 경향을 나타내고 있다.

본 연구에서 고안된 꼭지 제거 장치에서 꼭지 제거 성능에 직접적인 영향을 끼치는 요인은 첫째, 한 개의 이송 가이드 내 2개 이하의 고추가 길이 방향으로 공급되는가 하는 것이고, 둘째, 회전축의 회전력이 이송 가이드 내 고추에 적절하게 전달되어 고추 꼭지가 이송 가이드 외부로 충분히 노출되는가 하는 것이며, 셋째, 노출된 고추 꼭지가 절단 롤러에 원활하게 삼입되는가 하는 것이다. 공급량 19g/s, 이송 속도가 0.196m/s의 실험 조건은 이송 가이드 내에 한 개 정도의 고추가 투입되도록 한 것으로 위 꼭지 제거 요인을 고려할 때 가장 원활하게 꼭지가 제거 될 것으로 예상된 조건이다. 그러나 실험 결과 약 57%의 제거율로 공급량 48g/s의 66%와 비교할 때 약 9%의 차를 나타냈다. 공급량 87g/s의 경우도 약 63%로 6% 높게 나타났다. 결과적으로 한 개의 이송 가이드 내에 2개 정도의 고추가 투입되도록 하는 것이 바람직 한 것으로 나타났다. 최대 제거율은 공급량 48g/s, 이송 속도 0.196m/s에서 약 66%로 나타났다. 이를 처리량으로 환산하면 시간당 114kg으로 1일 작업 시간을 8시간으로 하면 약 912kg에 해당된다. 이는 남제천 농협의 경우 1인 1일 8시간 기준 작업량의 약 1.5배에 해당한다.

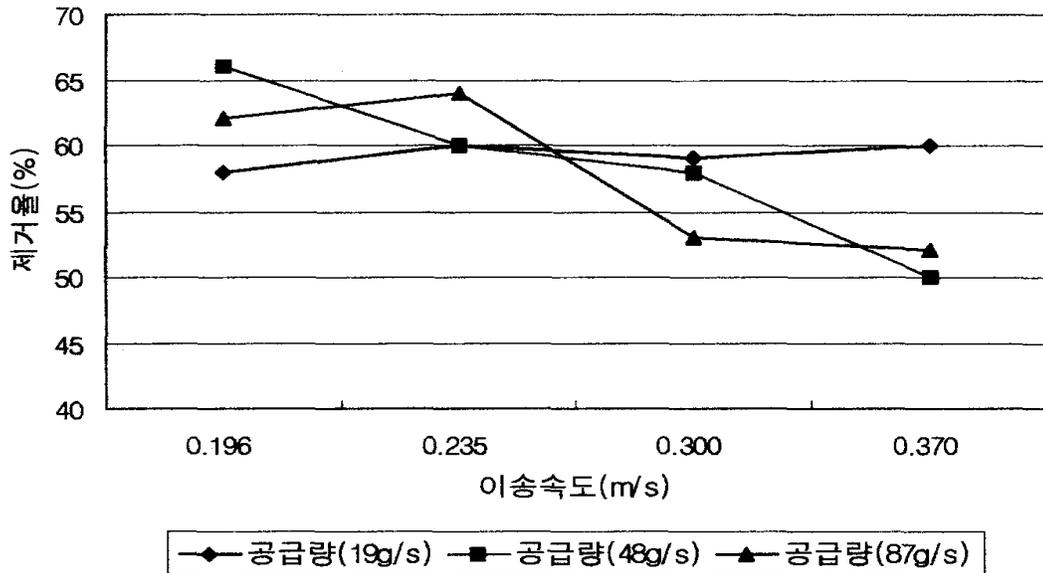


그림 7-12. 폭지 제거율

라. 폭지 제거 수율

그림 7-13에 각 실험 조건에서의 폭지 제거 수율을 나타냈다. 이송 속도가 증가함에 따라 대체적으로 감소하는 경향을 나타냈으며, 공급량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 공급량이 증가함에 따라 이송 가이드에 공급되는 고추의 수가 많아지고 이러한 고추가 회전축에 의해 이송 가이드 밖으로 튕겨져 나갔기 때문이다. 최대 제거 수율은 55%로 전반적으로 낮은 것으로 나타났다.

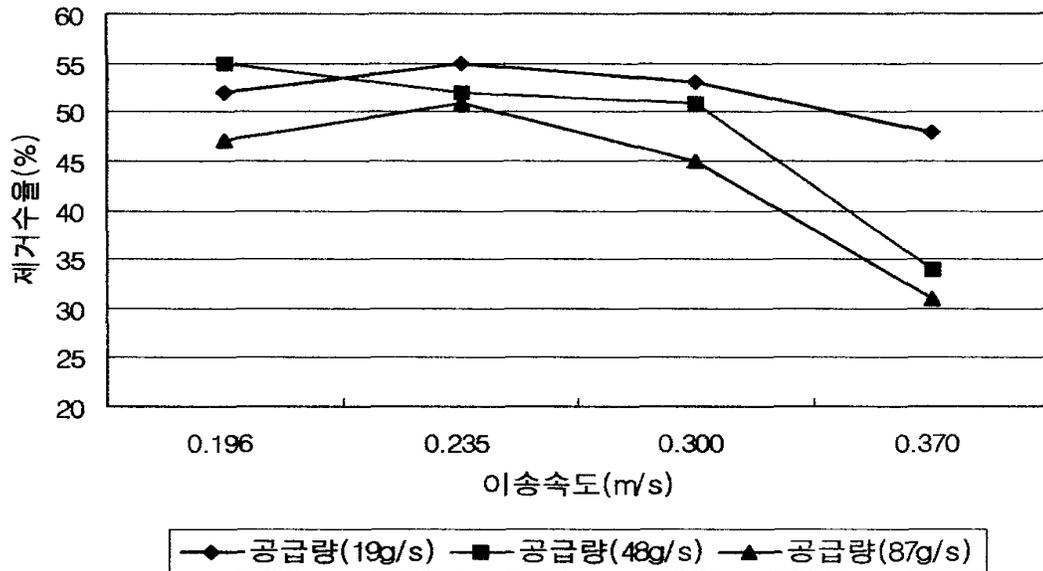


그림 7-13. 쪽지 제거 수율

3. 요약 및 결론

홍고추 쪽지 제거 장치를 설계·제작하고 실험을 통하여 성능을 검증하였다. 쪽지 제거 시 발생하는 최대 손실은 공급량 48g/s에서 15.5%를 나타냈으며 쪽지 중량 비를 감안한다면 실제 최대 손실율은 약 8.7%로 예상된다. 고추 이탈율은 공급량 87g/s에서 최대 35%를 나타냈으며, 쪽지 제거율은 공급량 48g/s에서 최고 66%를 나타냈다. 총 고추 투입량을 기준으로 환산한 쪽지 제거 수율은 최고 55%로 나타나 당초 예상했던 성능과는 차이를 나타냈다. 공급량 48g/s, 쪽지 제거율 66%, 손실율 28%, 1일 작업 시간 8시간을 기준으로 홍고추 쪽지 제거 능력을 계산하면 약 912kg 으로 이는 인력에 의한 처리량의 약 1.5배에 해당한다.

제 8 장 건고추 꼭지 제거기 개발

제 1 절 서설

현재 국내에는 고추 주산단지를 중심으로 대규모 고춧가루 가공공장이 설치되어 운영되고 있다. 처리량은 농협에서 운영중인 8개의 고춧가루 가공공장의 경우 고춧가루 기준으로 연간 약 620톤에 이르며, 11개의 민간업체의 경우 고춧가루 기준으로 연간 약 2000톤에 달한다. 이를 홍고추 기준으로 환산하면 약 15,000톤으로 전체 생산량의 약 7%를 차지한다.

고춧가루 가공공장에서는 생산 농가에서 건조한 건고추를 원료로 사용하고 있으며, 고춧가루의 품질 향상을 위해 꼭지를 완전히 제거하여 고춧가루를 생산하고 있다. 이를 위해 현재 각 가공 공장에는 건고추용 꼭지 제거기가 개발·보급되어 있다. 그러나 꼭지 제거율이 60% 이하로 매우 낮기 때문에 완전한 꼭지 제거를 위해 많은 인력이 투입되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 앞서 확인된 각 단위기구의 실험 내용과 시운전 결과를 기초로 건고추 꼭지 제거 장치를 설계·제작하고 실험을 통하여 그 성능을 검증하고자 한다.

제 2 절 건고추 꼭지 제거기 설계 · 제작

본 연구를 위해 설계 · 제작된 건고추 꼭지 제거기의 형태는 그림 8-1과 같다. 공급 장치의 진동판에서 전개된 고추가 덕트를 따라 압축 장치 상부 호퍼로 공급되도록 되어 있다. 압축 장치로 공급된 고추는 땅콩 형상의 압축 롤러를 통과 하면서 과피에 붙어 있는 꼭지 꽃받침부가 압축되어 꼭지 분리 장치로 투입된다. 압축 과정에서 일부는 꼭지가 분리되기도 한다. 분리 장치로 이송된 고추는 타공 형상의 원통과 회전 이송술에 의해 꼭지가 분리되어 배출 벨트컨베이어로 이송 · 배출된다. 제작을 위한 전체 조립 도면은 그림 8-2와 같다.

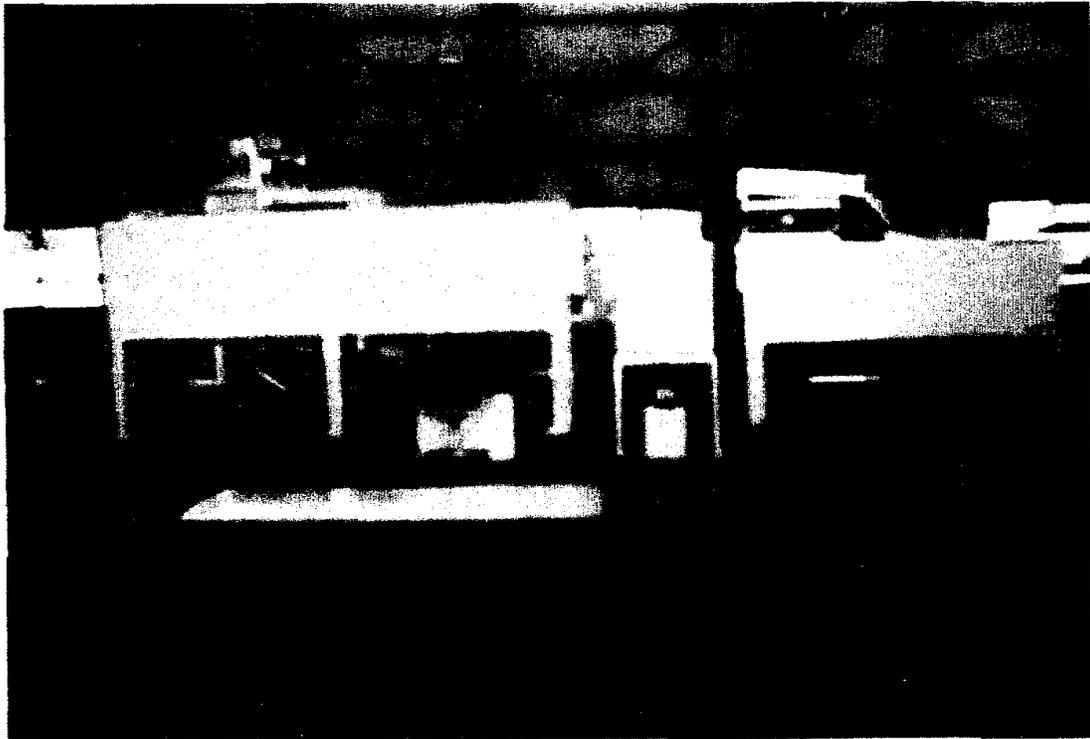


그림 8-1. 건고추 꼭지 제거 장치

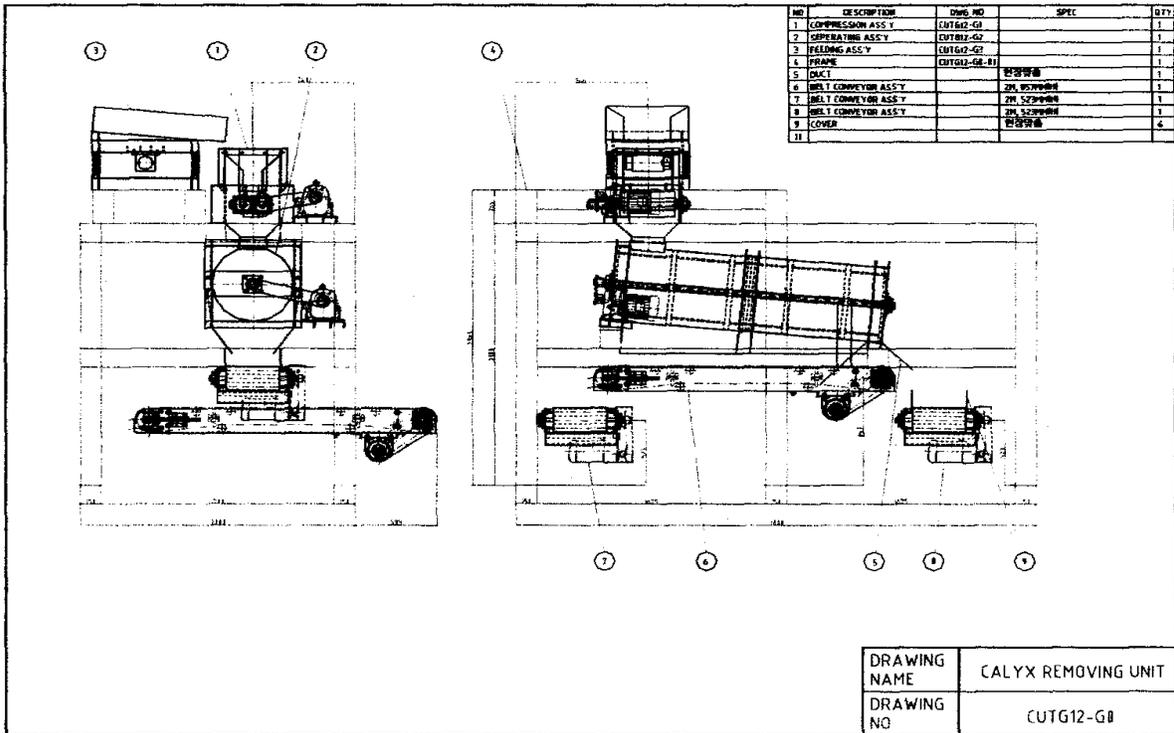


그림 8-2. 건고추 꼭지 제거기 조립도

1. 공급 장치

건고추 꼭지 제거를 위한 공급 장치는 상부 프레임, 하부 프레임, 스프링 및 진동 모터로 구성되어 있다. 상부 프레임은 진동 모터와 스프링에 연결되어 공급된 고추를 박층으로 전개하여 이송시켜 주는 역할을 한다. 하부 프레임은 스프링과 연결되어 상부 프레임의 진동을 유지하는 역할을 한다. 제작·조립된 공급 장치의 상세 구조는 그림 8-3과 같고, 그림 8-4는 제작용 도면이다.

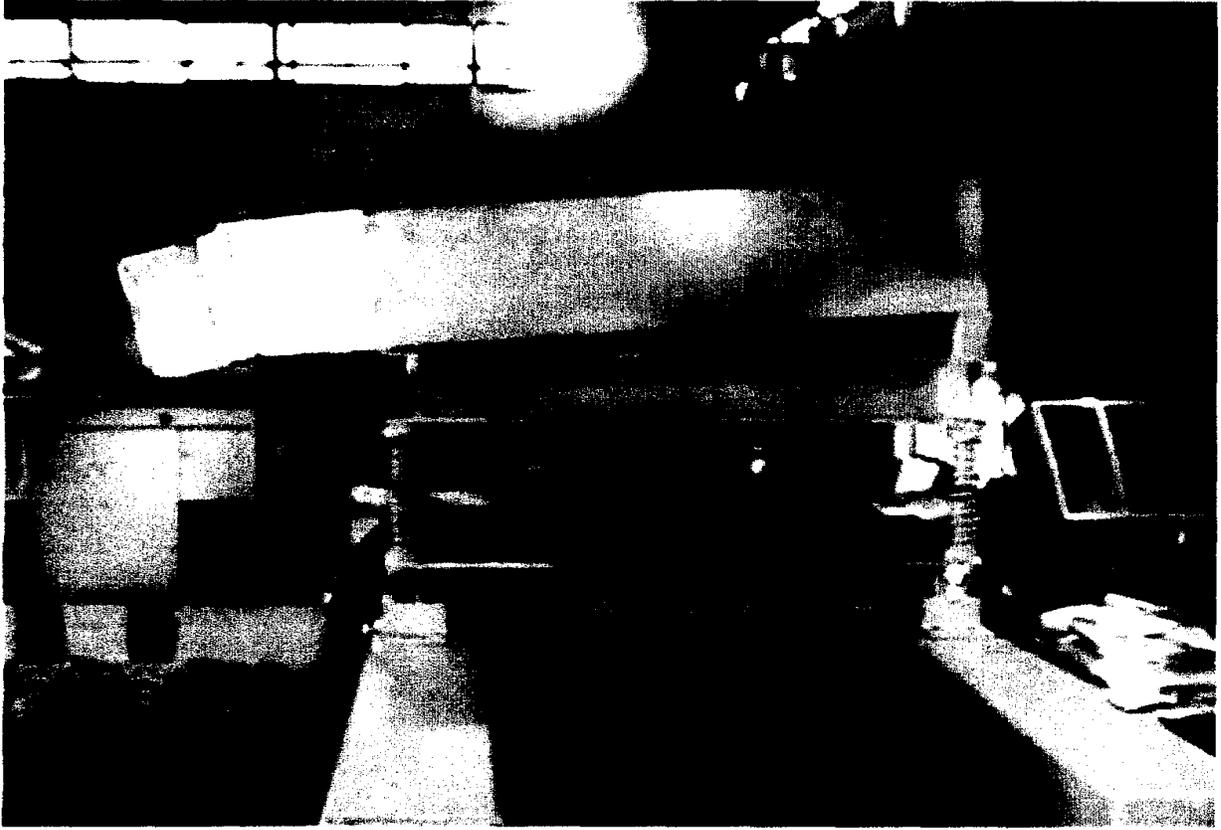


그림 8-3. 공급 장치

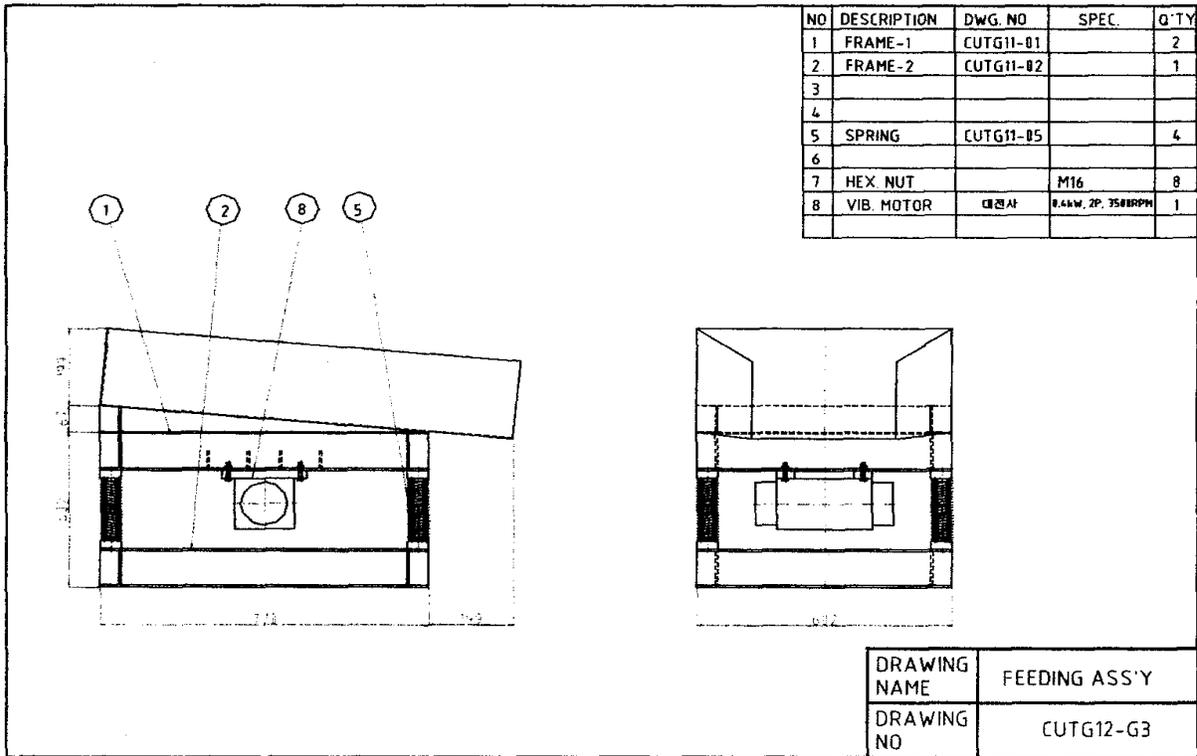


그림 8-4. 공급 장치 조립도

2. 압축 장치

압축 장치는 공급 장치에서 투입되는 고추를 압축 롤러 입구로 안내하는 상부 호퍼, 땅콩 형상의 압축 롤러, 롤러 지지용 프레임, 압축된 고추를 꼭지 분리 장치로 이송시키는 하부 덕트, 기어 및 체인 전동 장치로 구성되어 있다. 압축 장치에서는 땅콩 형상의 롤러가 서로 맞물려 회전하면서 투입된 고추의 꽃받침부를 압축하여 꼭지 분리를 용이하게 하는 기능을 수행한다. 물론 일부 고추는 이 압축 과정에서 꼭지가 분리되기도 한다. 제작·조립된 압축 장치의 상세 구조는 그림 8-5와 같고, 그림 8-6은 제작용 도면이다.

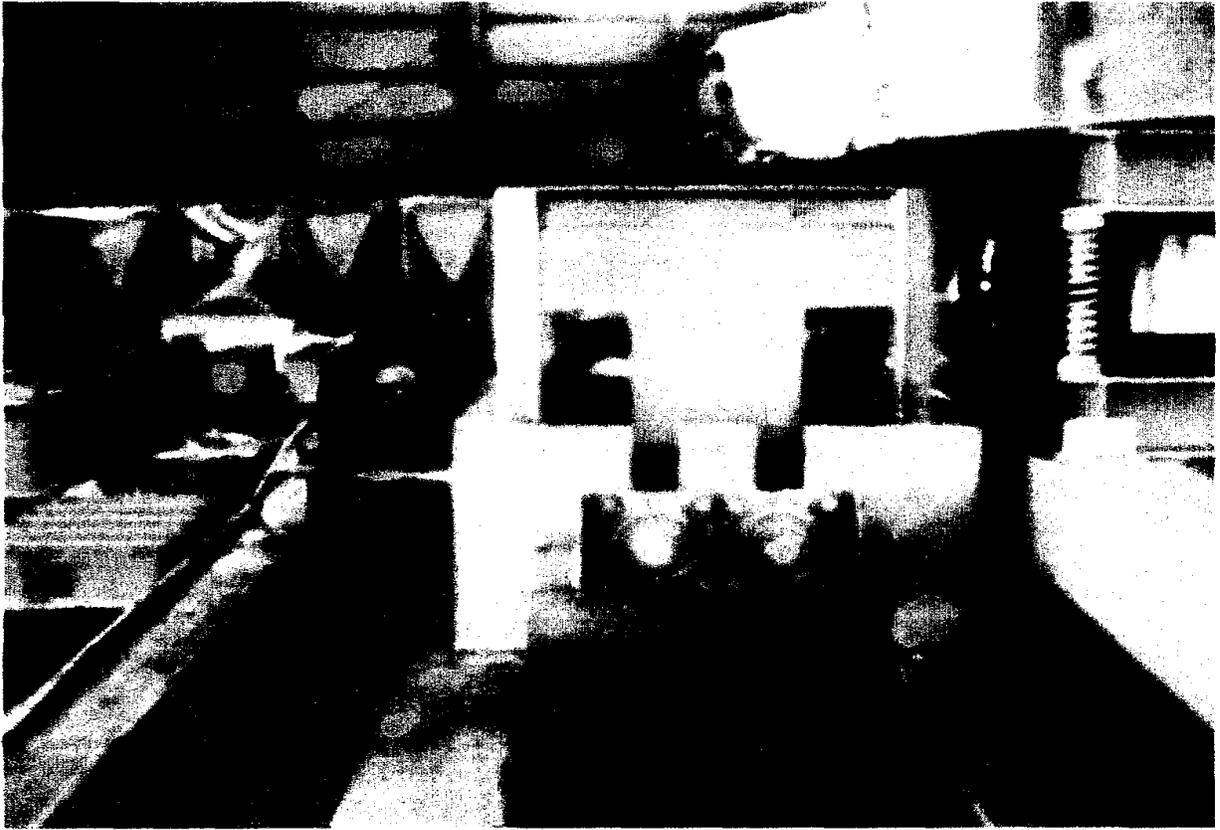


그림 8-5. 압축 장치

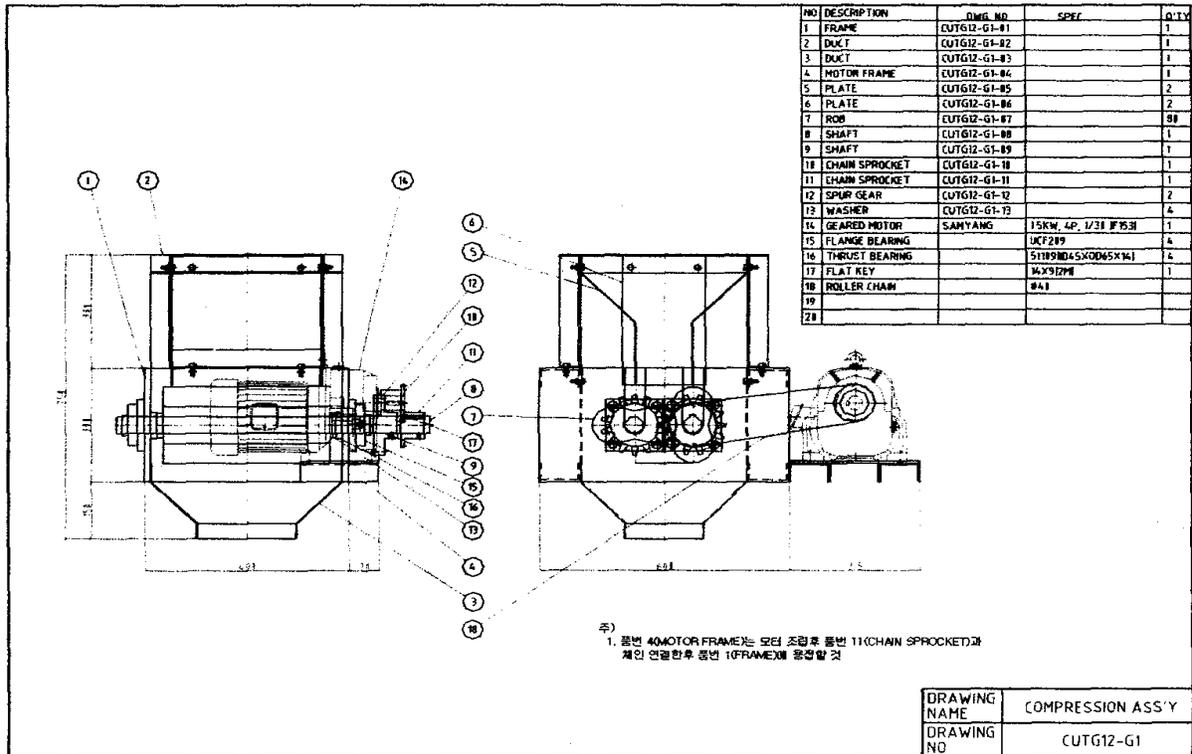


그림 8-6. 압축 장치 조립도

3. 꼭지 분리 장치

꼭지 분리 장치는 타공판으로 제작된 원통, 꼭지 분리를 위한 회전축, 회전축, 꼭지와 씨 배출용 덕트 및 체인 전동 장치로 구성되어 있다. 압축 장치에서 꽃받침부가 압축된 고추는 회전축과 원통 사이에서 충격과 마찰력에 의해 꼭지가 분리되어 꼭지와 씨는 원통 표면에 형성된 타공 구멍을 통해 아래로 배출되고 과피는 원통을 따라 배출구로 이송되어 배출된다. 제작·조립된 꼭지 분리 장치의 상세한 구조는 그림 8-7과 같고 제작용 조립도는 그림 8-8과 같다.



그림 8-7. 꼭지 분리 장치

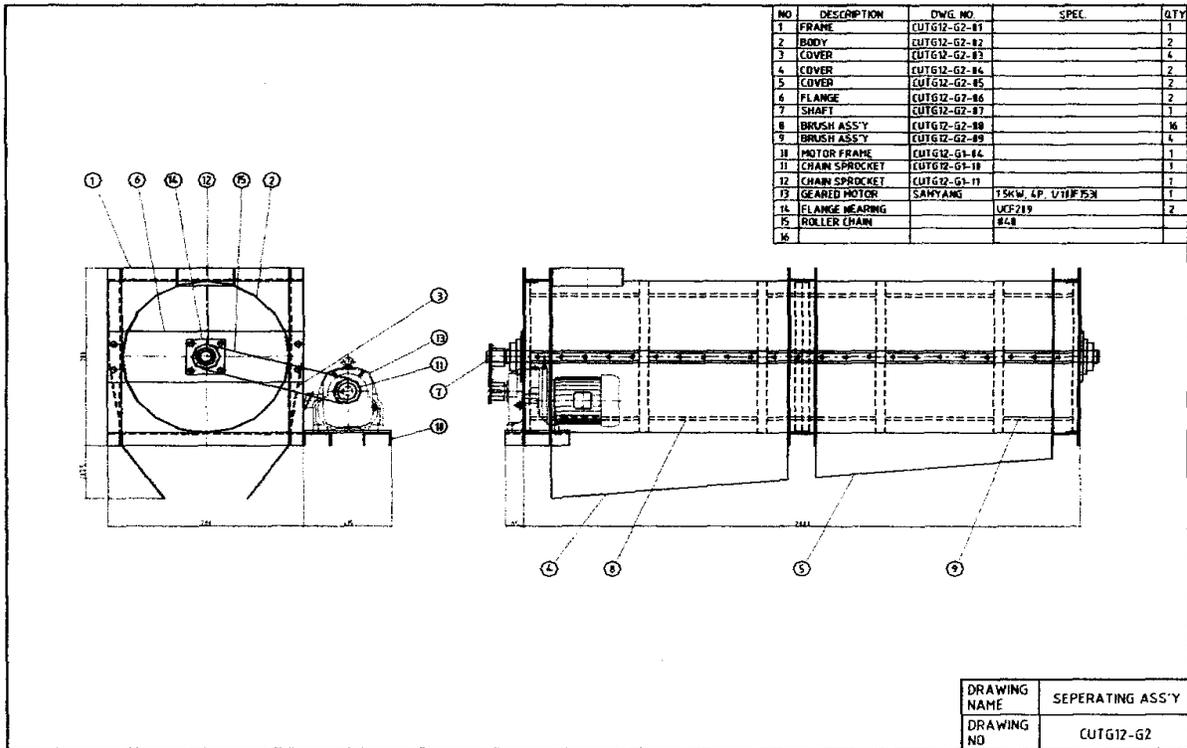


그림 8-8. 폭지 분리 장치 조립도

4. 제어 장치

기계에 부착된 전동기 구동과 속도 조절을 위한 제어 장치는 그림 8-9와 같다. 각 전동기에 속도 조절용 인버터를 사용하였으며, 속도 조절을 위해 제어반 바깥에 별도의 블록을 부착하였다. 고추 투입에서 폭지 제거가 한 대의 기계에서 동시에 이루어지므로 다른 기계 장치를 고려한 자동 제어 회로는 사용하지 않았다.

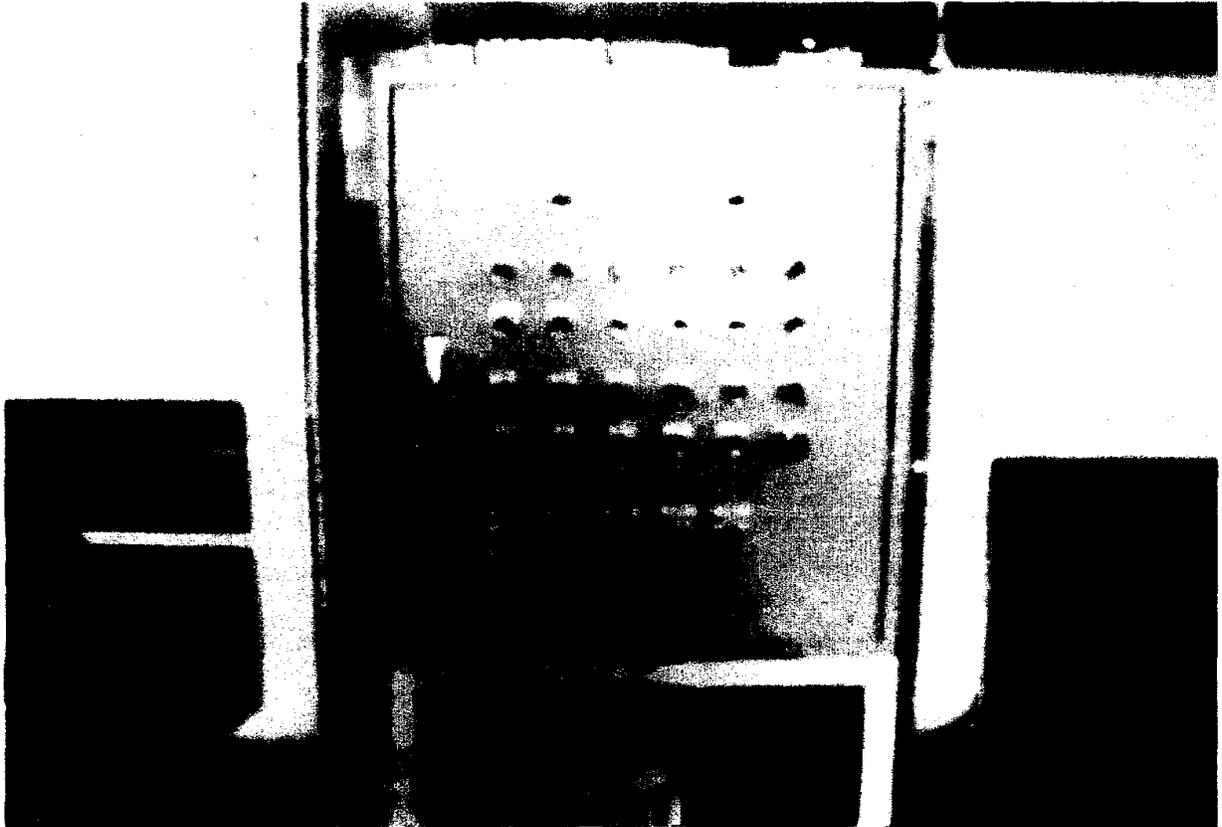


그림 8-9. 제어 장치

제 3 절 성능 실험

1. 재료 및 방법

가. 실험 재료

안동 일직 농협 고춧가루 가공공장에서 사용 중인 2000년 산 건고추를 실험 원료로 하였다.

나. 실험 방법

1) 분리 장치 작동 조건 구명

제작·조립된 건고추 꼭지 제거 장치의 최적 작동 조건을 구명하기 위한 예비 실험 결과 분리 장치의 회전속의 회전수에 따라 제거율과 파지 발생율이 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 따라서 함수율 2 수준, 분리 장치 회전수 3 수준으로 하여 분리 장치의 최적 작동 조건을 선정하였다. 상세한 실험 조건은 표 8-1과 같다.

표 8-1. 실험 조건

항목	조건
원료 함수율(% , 습량기준)	2 수준(22%, 19%)
회전수(Hz)	4 수준(30, 40, 45, 55)

2) 꼭지 제거 성능

기존 고춧가루 가공공장에서 사용 중인 꼭지 제거기는 투입 원료의 함수율에 따라 제거율에 큰 차이를 나타내고 있다. 즉 함수율이 낮은 경우는 롤러 압축 시 꽃받침부가 쉽게 파괴되어 제거율이 높은 반면, 함수율이 높은 경우는 꽃

받침부의 파괴가 일어나지 않아 제거율이 낮아지는 현상을 나타낸다. 이처럼 투입 원료의 함수율에 차이가 나는 것은 원료 수매 후 저온저장고에 보관하면서 가공을 하기 때문에 보관 중에 발생하는 수분응축으로 원료의 함수율이 증가하게 된다. 겨울철에는 저온저장고에서 출고 후 자연 건조과정을 거쳐 함수율을 조절하는 것이 가능하지만, 여름철, 특히 장마철에는 원료의 변질 문제로 건조과정을 거치는 것이 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 투입 원료 함수율을 저온저장고에서 출고된 것과 자연 건조과정을 거친 것의 2 수준으로 조절하여 제거율의 변화를 측정하였다. 오븐법에 의한 함수율 측정 결과 저온저장고 출고 직후의 함수율은 약 22%로 측정되었으며 이를 1일 자연 건조한 경우는 19%로 측정되었다.

투입량은 기존 고춧가루 가공공장의 가공 처리량을 고려하여 원료 기준으로 결정하였다. 1kg의 원료 투입 시간을 15초, 20초, 30초로 하여 실험을 하였다. 이를 시간당 투입량으로 환산하면 120kg, 180kg, 240kg에 해당된다.

각 실험 조건에서 과피 배출부 배출되는 고추를 꼭지가 제거된 것, 제거되지 않은 것으로 구분하고 전자 저울로 중량을 측정하였고, 씨·꼭지 배출부로 배출되는 씨, 꼭지, 파지를 손으로 구분하여 각각의 중량을 측정하였다. 측정된 중량을 기준으로 꼭지 제거율, 씨 발생율, 파지 발생율, 중량 손실율을 계산하였다. 상세한 실험 조건은 표 8-2와 같다.

표 8-2. 꼭지 제거 실험 조건

항목	조건
원료 함수율(습량기준)	2 수준(22%, 19%)
공급량(kg/hr)	3 수준(120, 180, 240)

3) 꼭지 제거 장치 안정화 성능

건고추 1개의 중량은 품종에 따라 다르나 본 실험에서 사용한 안동 일직 농협 원료는 개당 약 2g 정도를 나타냈다. 따라서 1kg의 원료는 약 500개에 해당되며, 예비 실험을 통해 원료 분리 및 중량 측정의 어려움을 고려하여 꼭지 제거 성능 실험 시 각 실험 조건별 원료량을 1kg으로 결정하였다. 그러나 1kg의 원료를 처리하는데 소요 시간은 약 2분 이내로 기계 장치의 연속 운전에 대한 안정성을 확인하는데는 문제가 있는 것으로 판단되었다. 따라서 꼭지 제거기의 안정적 운전 성능을 확인하기 위해 함수율 19% 인 원료 약 10kg을 사용하여 꼭지 제거 성능 실험을 수행하여 그 결과를 1kg을 사용한 경우와 비교하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 분리 장치 작동 조건

그림 8-10은 원료 함수율 22%(습량기준)인 경우 분리 장치 회전수에 따른 꼭지 제거율, 파지 발생율, 씨 발생율, 중량 손실율을 나타낸 것이다. 그림에서 회전수가 증가함에 따라 꼭지 제거율이 증가함을 알 수 있으며, 특히 회전수 40Hz를 기준으로 급격하게 증가되는 것을 알 수 있다. 이는 분리 장치의 회전속의 회전수가 증가함에 따라 회전에 의한 충격으로 꼭지 분리가 증가했기 때문으로 생각된다. 이러한 경향은 파지 발생율에서도 알 수 있는데, 회전수가 증가함에 따라 회전수에 의한 충격의 증가로 꼭지 분리와 동시에 과피의 파괴도 동시에 이루어져 씨 배출쪽으로 배출되는 파지의 양이 증가되는 것을 나타낸다. 씨 발생율 역시 충격량 증가를 설명하는 것으로 회전수가 증가함에 따라 과피의 손상이 증가하여 과피 내의 씨가 밖으로 유출된 것으로 생각된다.

중량 손실율은 투입 중량에 대한 손실 중량의 비로 회전수 30Hz에서 높은 값을 나타내고 나머지 회전수에서는 거의 일정하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

이것은 회전수 30Hz에서 첫 번째 실험을 하였기 때문에 기계 장치 내에 잔류하는 씨, 파지, 꼭지 등이 증가했기 때문으로 판단된다.

꼭지 제거율과 파지 발생율을 기준으로 볼 때 적절한 분리 장치의 회전수는 45Hz로 판단된다

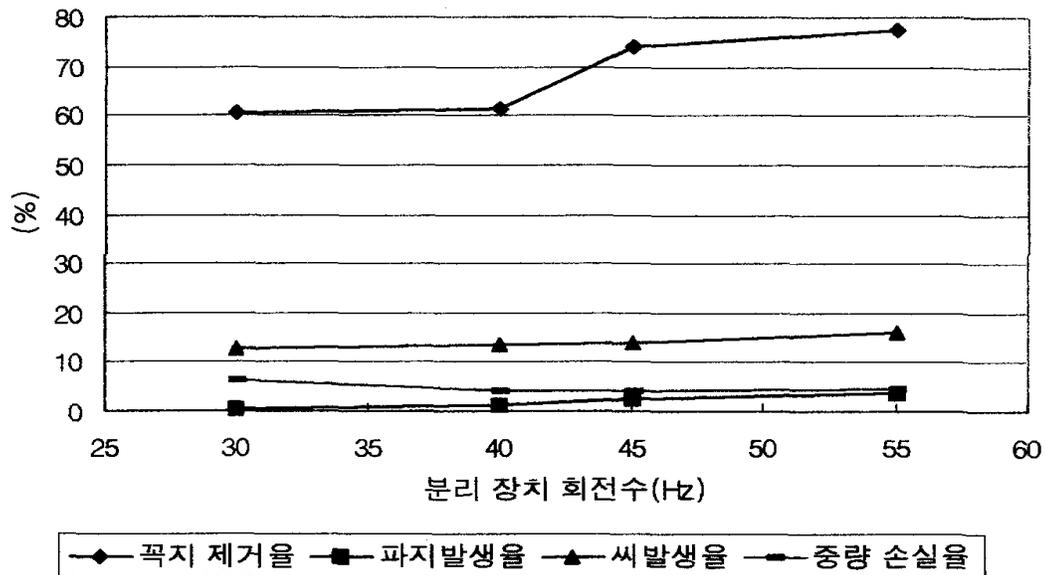


그림 8-10. 분리 장치 회전수별 꼭지 제거 성능(함수율 22%)

그림 8-11은 원료 함수율 19%(습량기준)인 경우 분리 장치 회전수에 따른 꼭지 제거율, 파지 발생율, 씨 발생율, 중량 손실율을 나타낸 것이다. 함수율 22%의 경우와 마찬가지로 회전수가 증가함에 따라 제거율, 파지 발생율, 씨 발생율이 증가함을 알 수 있다. 다만, 중량 손실율은 거의 변화없이 일정하게 나타나고 있다.

이상의 결과로 분리 장치의 회전수의 회전수가 꼭지 제거 성능에 직접적인 영향을 끼치는 것을 알 수 있으며, 제거율과 파지 발생율을 고려할 때 적절한 작

동 회전수는 45Hz로 생각된다.

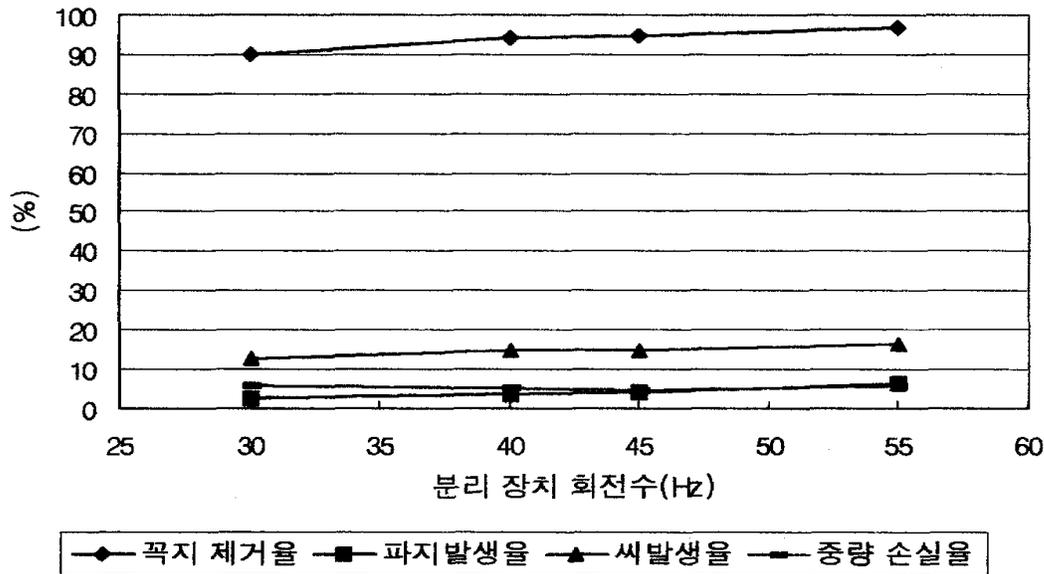


그림 8-11. 분리 장치 회전수별 꼭지 제거 성능(함수율 19%)

나. 함수율에 따른 꼭지 제거율

그림 8-12는 원료 함수율에 따른 꼭지 제거율과 파지 발생율을 나타낸 것이다. 그림에서 함수율 22%의 경우 60~78%의 꼭지 제거율을 나타낸 반면 함수율 19%의 경우는 90% 이상의 제거율을 나타냈다. 원료 함수율이 높은 경우에는 꼭지 꽃받침부와 과피부가 압축 롤러를 통과 할 때 조직이 파괴되지 않고 단순히 압착만 되기 때문이다. 그러나 함수율이 낮은 경우는 압축 롤러 통과 시 조직이 파괴되어 분리 장치에서 꼭지 분리가 쉽게 일어나기 때문이다. 꼭지 제거율의 측면에서는 함수율이 낮은 경우가 유리하지만, 압착에 의한 조직 파괴로 파지 발생율이 증가된다. 그림에서 파지 발생율은 함수율 19%의 경우가 각 회전수에서 1.4~2.8% 정도 높게 나타났다. 따라서 기계 작동 시에는 꼭지

제거율과 파지 발생율을 동시에 고려하여 적절한 작동 조건을 선정하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

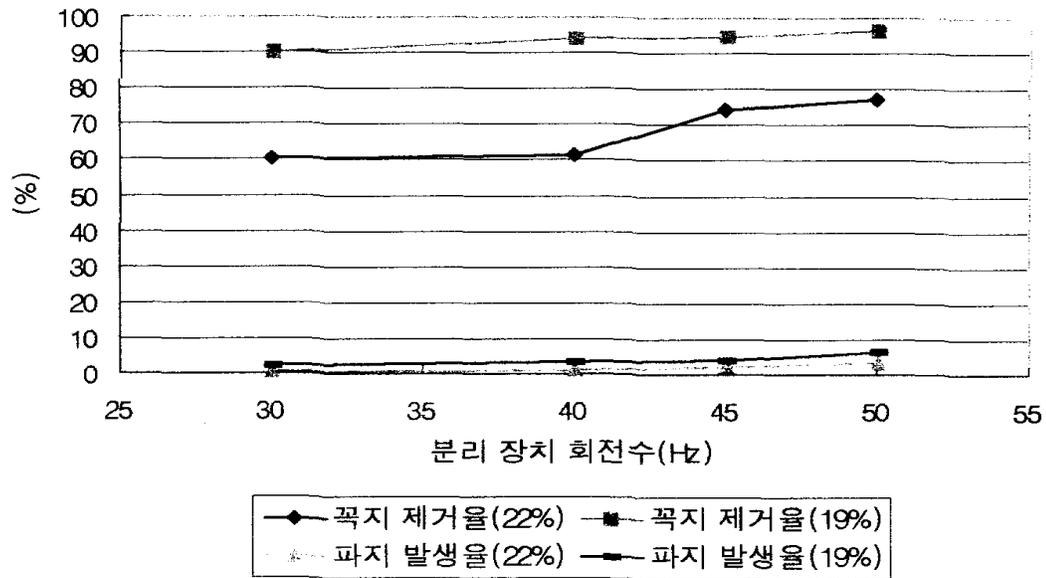


그림 8-12. 원료 함수율별 꼭지 제거율과 파지 발생율

다. 원료 투입량에 따른 꼭지 제거 성능

그림 8-13은 원료 함수율 22%, 분리 장치 회전 속도를 45Hz로 고정하고 원료 투입량을 3 수준으로 변화시켰을 때 꼭지 제거율, 파지 발생율, 씨 발생율, 중량 손실율을 나타낸 것이다. 그림에서 투입량의 증가에 따라 꼭지 제거율은 변화가 없음을 알 수 있다. 이는 처리량이 증가하여도 꼭지 제거 성능에는 아무 문제가 없음을 나타낸다. 파지 발생율과 씨 발생율 역시 투입량과는 상관없이 일정하게 나타났다. 중량 손실율의 경우 투입량 180kg/hr에서 증가하였는데 이는 기계 성능보다는 시료 수집 과정의 오류로 판단된다. 투입량 180kg/hr에서 꼭지 제거율이 낮게 나타난 것은 중량 손실율이 증가하였기 때문으로 시료 수집의 오차를

감안한다면 꼭지 제거율 역시 투입량에 관계없이 일정하게 나타날 것으로 생각된다. 꼭지 제거율은 70~75%를 나타냈으며 파지 발생량은 2.2~2.6%를 나타냈다.

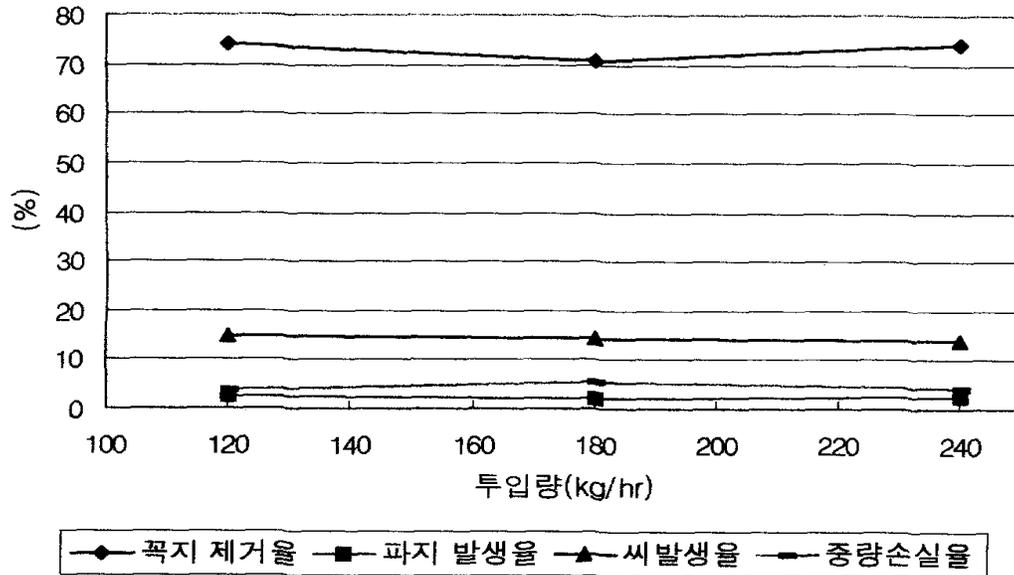


그림 8-13. 원료 투입량에 따른 꼭지 제거 성능(함수율 22%)

그림 8-14는 원료 함수율 19%, 분리 장치 회전 속도를 45Hz로 고정하고 원료 투입량을 3 수준으로 변화시켰을 때 꼭지 제거율, 파지 발생율, 씨 발생율, 중량 손실율을 나타낸 것이다. 그림에서 투입량의 증가에 따라 꼭지 제거율은 변화가 없음을 알 수 있다. 이는 함수율 22%의 경우와 마찬가지로 처리량이 증가하여도 꼭지 제거 성능에는 아무 문제가 없음을 나타낸다. 파지 발생율, 씨 발생율, 중량 손실율 역시 투입량과는 상관없이 일정하게 나타났다.

꼭지 제거율은 약 95%로 원료 함수율 22%에 비해 약 20% 정도 높게 나타났으며 파지 발생량은 4.0~4.6%으로 원료 함수율 22%에 비해 약 2% 정도 높게

나타났다.

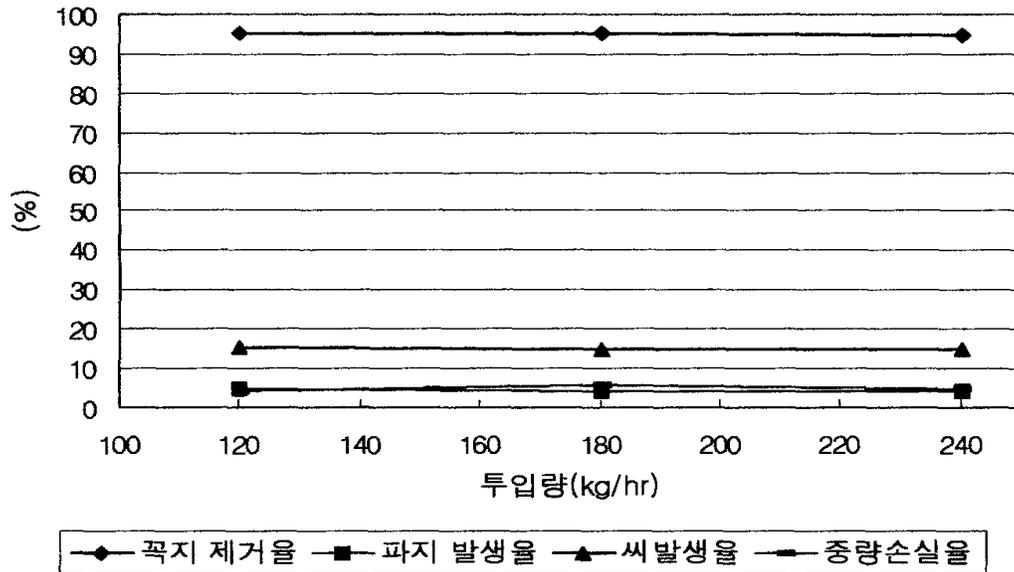


그림 8-14. 원료 투입량에 따른 꼭지 제거 성능(함수율 19%)

라. 꼭지 제거 장치의 안정성

그림 8-15는 원료 함수율 19%, 분리 장치 회전수 45Hz, 투입량 120kg/hr의 조건에서 1kg의 원료와 8.26kg의 원료를 사용하였을 때 꼭지 제거율, 파지 발생율, 씨 발생율, 중량 손실율을 비교한 것이다. 그림에서 꼭지 제거율, 파지 발생율, 씨 발생율, 중량 손실율이 사용 원료량에 따라 거의 변하지 않는 것을 알 수 있다. 이는 많은 양의 원료를 장시간 사용하여도 꼭지 제거 성능에는 변화가 없다는 것을 보여주는 것으로 개발된 꼭지 제거기의 안정성을 확인할 수 있는 결과로 생각된다.

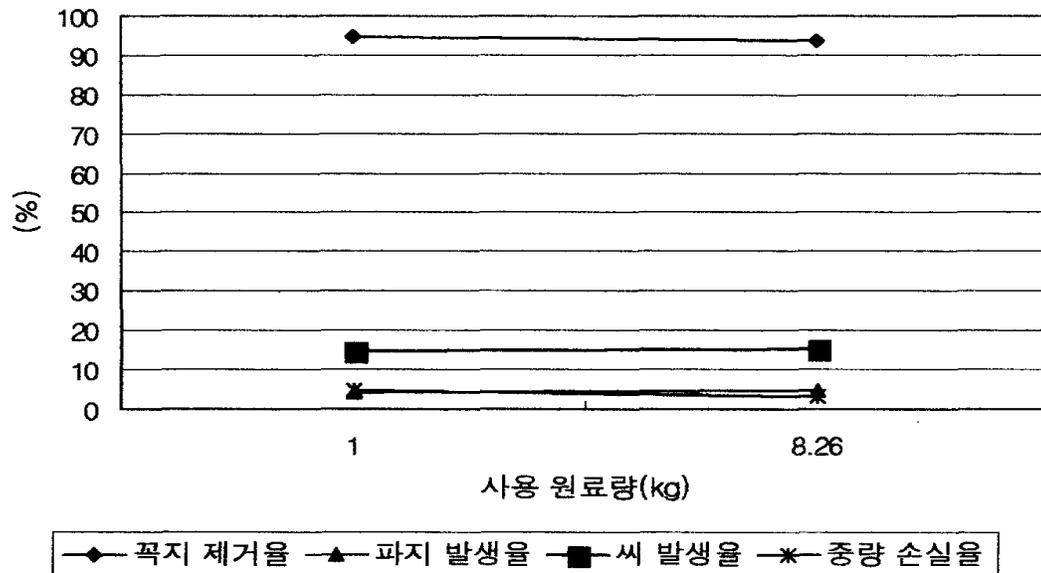


그림 8-15. 사용 원료량에 따른 꼭지 제거 성능

3. 요약 및 결론

건고추 꼭지 제거 장치를 설계·제작하고 실험을 통하여 성능을 검증하였다. 원료 함수율 22%(wb)의 경우 꼭지 제거율은 60~78%, 파지 발생율은 약 4% 정도로 나타났으며, 함수율 19%(wb)의 경우는 꼭지 제거율 90~97%, 파지 발생율 약 7% 정도를 나타냈다. 원료 투입량에 따른 실험 결과 꼭지 제거율 및 파지 발생율 변화가 나타나지 않아 개발된 장치의 안정성을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

1. 국립기술품질원. 1996. 고춧가루 분쇄기의 표준화에 관한 연구보고서.
2. 국립농산물품질관리원 농업정보통계과. 1999. '99 고추생산량 조사결과.
3. 김영복, 이호준, 이승규, 송대빈. 2000. 고추꼭지 제거기의 고추 전개 특성 분석. 한국농업기계학회 2000년 동계 학술대회 논문집 5(1):76-81.
4. 김정문. 1998. 가공용 고추의 건조시스템 개발에 관한 연구. 석사논문, 서울대, 수원.
5. 김태연. 1997. 진동특성을 이용한 고추원료 공급장치 개발. 석사논문, 서울대, 수원.
6. 농림부. 2000. 농림업 주요통계(2000년판).
7. 농림부 통계기획담당관실. 2000. '99년 농림업 생산지수 및 생산액 산출자료.
8. 농촌진흥청. 1991. 농산물 저장가공기술(표준영농교본-59). 농촌진흥청, 수원. p.170-181.
9. 농협중앙회. 1997. 농협대학 연구소 분석자료.
10. 농협중앙회. 1997. 가공사업 추진 평가 보고자료.
11. 박재복, 조용진. 1992. 고추 가공기술의 발전방안. 한국고추연구회지 창간호:63-72.
12. 신현경, 외. 1990. 고추분말의 가공기술 개발에 관한 연구. 한국식품개발연구원.
13. 이승규, 외. 1999. 가공용 홍고추의 꼭지제거장치 개발. 1999년도 농림기술개발사업 연차실적·계획서.
14. 이승규, 외. 2000. 가공용 홍고추의 꼭지제거장치 개발. 2000년도 농림기술개발사업 연차실적·계획서.

15. 이종호, 박승제. 1993. 고추수확기 개발을 위한 기초연구. 한국농업기계학회지 18(2):110-121.
16. 이종호, 윤진하, 이종용. 1992. 고추재배·수확의 생력화 방안. 한국고추연구회지 창간호: 41-62.
17. 이태곤, 나우정, 이승규, 송대빈. 2000. 홍고추의 물리적 특성. 한국농업기계학회 2000년 동계 학술대회 논문집 5(1):285-290.
18. 정의권, 이승규, 송대빈. 2000. 고추꼭지 제거장치 개발. 한국농업기계학회 2000년 동계학술대회 논문집 5(1):82-87.
19. 조광환, 김유호, 김영민, 조영길. 2000. 고추의 수확후 처리실태에 관한 조사 연구. 한국농업기계학회 2000년 동계학술대회 논문집 5(1):278-284.
20. 천민식, 김성태, 송대빈. 2000. 고추 정렬장치 개발. 한국농업기계학회 2000년 동계학술대회 논문집 5(1):70-75.
21. 충청북도 농업기술원. 1998. 고추건조 및 청결 고춧가루 제조방법 개선시험. 시험연구보고서:395-398.
22. 황재문, 정구민. 1998. 안동에서 출하되는 건고추의 유통과정과 품질조사. 한국원예학회지 39(6):702-706.
23. Akritidis, C. B. 1974. The mechanical characteristics of maize stalks in relation to the characteristics of cutting blade. J. agric. Engng Res. 19(1):1-12.
24. Bright, R. E. and R. W. Kleis. 1964. Mass shear strength of haylage. Trans. ASAE 7(2):100-101.
25. Chancellor, W. J. 1987. Cutting of biological materials. In *Agricultural Engineering Handbook*, R. Brown (Ed.). CRC Press Inc., Boca Raton, FL.
26. Coates, W. E. and J. G. porterfield. 1975. A compound helical cutterbar - Design and field testing. Trans. ASAE 18(1):17-19.

27. Feller, R. 1959. Effects of knife angles and velocities on cutting of stalks without a counteredge. *J. agric. Engng Res.* 4(4):277-293.
28. Hummel, J. W. 1983. Impact cutting of soybeans using flexible cutting systems. *Trans. ASAE* 26(5):1315-1319.
29. Hummel, J. W. and W. R. Nave. 1979. Impact cutting of soybean plants. *Trans. ASAE* 22(1):35-39.
30. Ige, M. T. and M. F. Finner. 1975. Effects and interactions between factors affecting the shearing characteristics of forage harvesters. *Trans. ASAE* 18(6):1011-1016.
31. Ige, M. T. and M. F. Finner. 1976. Forage harvester knife response to cutting force. *Trans. ASAE* 19(3):451-454.
32. Ige, M. T. and M. F. Finner. 1976. Optimization of the performance of the cylinder type forage harvester cutterhead. *Trans. ASAE* 19(3):455-460.
33. Kanafojski, Z. 1976. Cutting blade and stalk materials. In *Agricultural machines, theory and construction. Vol. 2 Crop-harvesting machines.* Translated by W. Bartoszewski. USDC, Springfield, VI. p.48-120.
34. La, W. J., D. B. Song, S. K. Lee and T. K. Lee. 2000. Physical properties of fresh red pepper. *Proc. of the 3rd Int. Conf. on Agric. Machinery Engineering Vol. III*:578-585.
35. Lambert, M. B. 1974. Evaluation of power requirements and blade design for slash cutting machinery. ASAE Paper No. 74-1570. ASAE, St. Joseph, MI.
36. Malek, A. 1980. A device for studies of the cutting of fibrous material. M.S. Thesis, Pennsylvania State Univ., University Park, PA.

37. McClelland, J. H. and R. E. Spielrein. 1958. A study of some design factors affecting the performance of mower knives. *J. agric. Engng Res.* 3(2):137-146.
38. McRandal, D. M. and P. B. McNulty. 1978. Impact cutting behaviour of forage crops. Part 1. Mathematical models and laboratory tests. Part 2. Field tests. *J. agric. Engng Res.* 23(3):313-328, 329-338.
39. Miller, M. R. 1968. Developing a high-capacity stalk cutter. ASAE Paper No. 68-001. ASAE, St. Joseph, MI.
40. Moore, M. A., F. S. King, P. F. Davis and T. C. D. Manby. 1979. The effect of knife geometry on cutting force and fracture in sugar beet topping. *J. agric. Engng Res.* 24(1):27.
41. O'Dogherty, M. J. 1981. A review of research on forage chopping. *J. agric. Engng Res.* 27(2):267-289.
42. Persson, S. 1985. Performance parameters for forage cutting devices. ASAE Paper No. 85-1534. ASAE, St. Joseph, MI.
43. Persson, S. 1987. Mechanics of cutting plant material. ASAE, St. Joseph, Michigan.
44. Prince, R. P. and W. C. Wheeler. 1960. Factors affecting the cutting process of forage crops. ASAE Paper No. 60-611. ASAE, St. Joseph, MI.
45. Quick, G. R. and W. M. Mills. 1976. High capacity soybean cutterbar from White. ASAE Paper No. 76-1589. ASAE, St. Joseph, MI.
46. Quick, G. R. and W. M. Mills. 1978. High capacity narrow-pitch soybean cutterbar. *Trans. ASAE* 21(2):280.
47. Schield, M. and B. L. Harriott. 1973. Cutting lettuce stems with a water jet. *Trans. ASAE* 16(3):440-442.

48. Sitkei, G. 1986. Mechanics of agricultural materials. Elsevier Sci. Ltd, Oxford, UK.
49. Springer, A. G., J. L. Smith and R. E. Tribelhorn. 1976. Forage harvester cutterhead kinetics. ASAE Paper No. 76-1008. ASAE, St. Joseph, MI.
50. Valco, T. D., C. G. Coble and J. H. Ruff. 1979. High pressure water jet cutting of sugar cane. ASAE Paper No. 79-1569. ASAE, St. Joseph, MI.
51. Walker, J. T. and B. L. Bledsoe. 1979. A band-blade header for harvesting soybeans. ASAE Paper No. 79-1585. ASAE, St. Joseph, MI.