

11-1543
000-002
118-01

발간등록번호
11-1543000-002118-01

다
목
적
자
동
채
소
절
단
기
개
발
최
종
보
고
서

2018

농림축산식품부

Development of multipurpose automatic vegetable cutting machine
R&D Report

다목적 자동 채소 절단기 개발

최종보고서

2018. 03. 16.

주관연구기관 / 주식회사세종하이텍
협동연구기관 / 충남대학교

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “다목적 자동 채소 절단기 개발”(개발기간 : 2015. 12. 18 ~ 2017. 12. 17)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 01. 31.

주관연구기관명 : (주)세종하이텍

(대표자) 최현호

협동연구기관명 : 충남대학교

(대표자) 이승현

참여기관명 :

(대표자)



주관연구책임자 : 최현호

협동연구책임자 : 이승현

참여기관책임자 :

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	115047-2	해당 단계 연구 기간	2015. 12. 18~ 2017. 12. 17	단계 구분	총 단계
연구사업명	단위사업	농식품기술개발사업			
	사업명	첨단생산기술개발사업			
연구과제명	대과제명	(해당 없음)			
	세부과제명	다목적 자동 채소 절단기 개발			
연구책임자	최현호	해당단계 참여 연구원 수	총: 6 명 내부: 3 명 외부: 3 명	해당단계 연구개발비	정부: 90,000천원 민간: 30,000천원 계:120,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 6 명 내부: 3 명 외부: 3 명	총 연구개발비	정부:180,000천원 민간: 60,000천원 계:240,000천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)세종하이텍			참여기업명	
위탁연구	연구기관명: 충남대학교			연구책임자: 최현호	
요약				보고서 면수: 94	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 절단 두께 조절이 가능한 채소 절단기의 절단부 부품 설계 및 제작 ○ 채소별 균일한 절단가공을 위한 가압 구조 이송 컨베이어부 설계 및 제작 ○ 절단부 및 이송부 가변 제어를 위한 모터 제어 시스템 설계 및 개발 ○ PLC제어를 통한 다목적 채소 절단기의 주요 요소 제어 ○ 채소별 주요성분, 함수율 등 기초데이터 확보 ○ 압축실험 및 절단실험을 통한 채소의 기계적 특성 및 절단특성 구명 					

국 문 요 약 문 >

		D-01			
연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구의 목적 <ul style="list-style-type: none"> 가. 다목적 자동 채소 절단기 개발을 위한 절단기 주요부분 구동기술 분석 나. 농산물의 물성 및 기계적 특성 분석 다. 다목적 자동 채소절단기 설계 및 개발 라. 절단기 요수부품 제작 및 성능 시험 ○ 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> 가. 1차년도 <ul style="list-style-type: none"> (1) 자동채소 절단기의 주요부분 상세 설계 및 기본 성능 평가 (2) 주요채소별 물성 및 기계적 특성 측정 및 분석 나. 2차년도 <ul style="list-style-type: none"> (1) 시작품 제작 및 현장 모니터링을 통한 제품 적용성 평가 (2) 최적절단을 위한 알고리즘 개발 				
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 절단 두께 조절이 가능한 채소 절단기의 절단부 부품 설계 및 제작 ○ 채소별 균일한 절단가공을 위한 가압 구조 이송 컨베이어부 설계 및 제작 ○ 절단부 및 이송부 가변 제어를 위한 모터 제어 시스템 설계 및 개발 ○ PLC제어를 통한 다목적 채소 절단기의 주요 요소 제어 ○ 채소별 주요성분, 함수율 등 기초데이터 확보 ○ 압축실험 및 절단실험을 통한 채소의 기계적 특성 및 절단특성 구명 				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 채소 절단기 제품 개선을 통한 조리과정 효율 향상 및 비용 절감 효과 ○ 다양한 채소 절단기의 일체화를 통한 조리 공정의 효율 향상 및 비용 절감 ○ 국내 식품가공제조업체 공급을 통한 매출 증대 기대 ○ 개발된 채소 절단기의 기능을 활용하여 기타 농산물에도 적용 가능할 것으로 기대 				
중심어 (5개 이내)	절단기	전처리	다목적	채소	자동 제어

SUMMARY >

						D-02
Purpose& Contents	<ul style="list-style-type: none"> ○ Research purpose Technical analysis of main parts of cutting machine Investigation of physical and mechanical properties of agricultural products Development of multipurpose automatic vegetable cutting machine Production and performance test of cutting machine ○ Research contents <li style="padding-left: 20px;">a. 1st year-term <li style="padding-left: 40px;">(1) Detailed design and basic performance evaluation of main parts of automatic vegetable cutting machine <li style="padding-left: 40px;">(2) Measurement and analysis of physical and mechanical properties of major vegetables <li style="padding-left: 20px;">b. 2st year-term <li style="padding-left: 40px;">(1) Detailed design and basic performance evaluation of main parts of automatic vegetable cutting machine <li style="padding-left: 40px;">(2) Measurement and analysis of physical and mechanical properties of major vegetables 					
Results	<ul style="list-style-type: none"> ○ Design and manufacture of cutting part of vegetable cutter capable of cutting thickness adjustment ○ Design and manufacture of pressurized conveyor for uniform cutting of vegetables ○ Design and development of motor control system for variable control of cutting and conveying part ○ Main control of multi-purpose vegetable cutting machine through PLC control ○ Data collection such as main ingredient, water content by vegetables ○ Investigation of mechanical properties and cutting characteristics of agricultural products. 					
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> ○ Improvement of cooking process efficiency and cost reduction through improvement of existing vegetable cutting machine product ○ Improvement of efficiency and cost reduction of cooking process by integrating various vegetable cutting machines ○ Expected to increase sales through supply of domestic food processing manufacturers. ○ Utilizing the function of the developed vegetable cutting machine, it is expected to be applicable to other agricultural products. 					
Keywords	Cutting machine	Pretreatment	Multipurpose	Vegetables	Automatic control	

CONTENTS

Chapter1. Introduction	7
Section1. Research necessary	7
Section2. Research purpose and scope	13
Chapter2. Development status of technologies at local and abroad	15
Section1. Development status of technologies at local	15
Section2. Development status of technologies at abroad	19
Chapter3. Research contents and result	22
Section1. Technical analysis of main parts of cutting machine	22
Section2. Investigation of physical and mechanical properties of agricultural products	39
Section3. Development of multipurpose automatic vegetable cutting machine	56
Chapter4. Achievements of goal and contribution	75
Section1. Objectives and goal	75
Section2. Contributiopplin of related field	76
Chapter5. Achievements and application plans of research	78
Section1. Achievements of research	78
Section2. Plan of industrialization and technology applications	86
Chapter6. Foreign technology information obtained during research progress	87
Section1. Publications	87
Section2. Patents	89
Chapter7. The result of safety perform at laboratory on during research progress ..	91
Chapter8. Reference	93

〈 목 차 〉

제 1장. 연구개발과제의개요	7
제 1절 연구 개발 필요성	7
제 2절 연구 개발 목표 및 범위	13
제 2장. 국내외 기술개발 현황	15
제 1절 국내 기술개발 현황	15
제 2절 국외 기술개발 현황	19
제 3장. 연구수행 내용 및 결과	22
제 1절 절단기 주요 부분 구동기술 분석	22
제 2절 농산물의 물성 및 기계적 특성 구명	39
제 3절 다목적 자동 채소 절단기 설계 및 개발	56
제 4장. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	75
제 1절 연구목표 달성도	75
제 2절 관련분야 기여도	76
제 5장. 연구결과의 활용계획 등	78
제 1절 연구개발 성과	78
제 2절 산업화 추진 및 기술 확산방안	86
제 6장. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	87
제 1절 학술논문	87
제 2절 관련특허	89
제 7장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	91
제 8장. 참고문헌	93

제 1장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구개발 필요성

1. 연구개발의 필요성

가. 채소의 기능

채소란 밭에서 길러 수확하는 곡류를 제외한 무, 당근, 순무, 토마토 등의 농작물로, 크게 엽채류, 과채류, 근채류, 화채류 및 경채류로 분류되며 널리 식용으로 사용되고 과실류와 함께 높은 영양분을 함량 한다. 특히, 생리활성물질 및 다양한 비타민 C, K, Ca 등의 무기질을 많이 포함하고 있어 국내외적으로 식품, 조리용 재료로 기호가 높은 실정이다. 또한 향미물질을 함유하고 있으며 쉽게 가공할 수 있는 특징을 가지고 있어 주스, 농축액 등으로 사용되어 식재료로써 사용 범위가 넓다. 대표적인 채소인 상추의 경우 웰빙(well-being) 시대의 대표적인 채소로 높은 수분함량과 비타민 A, B, C, E 및 다량의 철분을 함유하고 있어 영양가가 매우 풍부하여 생식용으로 적합하다. 당근은 비타민 A로 인해 시력보호에 매우 높은 효과를 보이고 피로 회복이나 혈중 콜레스테롤을 낮추어 고혈압이나 당뇨 등의 성인병 예방에 좋으며 식이섬유가 많아서 변비 예방에도 도움이 된다. 마늘은 항 미생물 작용물질인 알리신(allicin)을 다량 함유하고 있어 살균 및 항균작용과 당뇨개선, 소화효능이 있으며 체력증강, 강장 효과 및 피로 회복 작용을 하고 정력증가, 동맥경화 개선, 노화억제의 기능을 가진다. 무는 대표적인 소화 효소인 아밀라아제가 풍부하여 위장활동을 도와 소화를 촉진시켜주며, 고혈압 예방 및 변비 해소에 좋을 뿐만 아니라 모세혈관을 깨끗하게 해주어 건강한 몸을 만들 수 있게 도와준다. 호박은 칼로리가 낮고 섬유질, 비타민, A, C, E와 항산화 물질이 풍부하여 미용과 다이어트에 높은 효과를 보이며, 식이섬유, 키로티노이드, 미네랄 등이 함유가 되어서 변비에도 효과적이다. 오이의 경우 다이어트, 피부미용, 숙취해소에 많은 도움을 줄 뿐만 아니라 수분과 칼륨이 풍부하여 체내에 나트륨을 배출시켜 혈액이 맑아지게 해준다.

이처럼, 채소는 대부분 체내에 양질의 양분 제공하며 다양한 장점을 가져 식용 혹은 식재료로 지속적인 사용이 증대되고 있으며, 최근에는 이에 대한 연구가 높아져 채소의 색상별 효과가 소개될 정도로 그 활용이 증가되고 있는 실정이다. 1990년대 이후 음식의 고차원적 기능보다 영양적의 기능이 더 중요한 요소로 인식되고, 식생활 패턴이 서구적으로 바뀌에 따라서 비만, 비대칭 영양 결핍 등 문제 발생하여 건강한 식생활에 대한 요구

가 계속 증가되고 있으므로 이에 따라 채소 주류의 식단의 선호가 증가될 뿐만 아니라 그 조리법에 따라 심미적 기능을 고려한 전처리 방법의 중요성 또한 증대되는 것으로 보이고 있다.

나. 채소 시장 현황

채소의 생산량은 지속적으로 증가하여 2013년 총생산 면적은 191,332 ha, 총생산량은 6,696,776 kg/ha으로 전년대비 생산량은 11.7%로 증가되었다. 곡물류나 특용·약용작물은 지속적인 감소가 예상되지만, 채소류는 오히려 다양한 식품형태로의 인기를 통해 상승세를 이어갈 것으로 예측되며 특히, 당근의 경우에는 전년대비 약 25% 증가되었고, 배추의 경우에는 전년대비 최대 약 44%, 무는 최대 약 28% 로 최근 급성장세를 보이고 있다.

채소류의 수출/입은 수출의 경우 '12년 금액이 36백만 불(전년대비 19.5%↑), '13년 금액이(11월 누계) 30백만 불(전년동기대비 △8.2%)로 나타났으며, 수입의 경우 '12년 금액은 247백만 불(전년대비 9.4%↑), '13년(11월 누계) 금액이 211백만 불(전년동기대비 △3.7%)로 지속적인 증가세를 보였다.

주요 채소류 수출입 추이를 살펴보면 '12년 수출 비중이 12.8%('08년 대비 1.9%p↓)로 대부분 수입되고 있으며 수출품 중 건고추가 가장 높은('12년 기준 35.5%)의 비중을 차지하였으며, 토마토(26.3%), 수입은 당근(20.2%), 마늘(18.5%)순으로 낮아졌으며, 금액 증감률의 경우 수출은 양파·토마토·호박이 상승하였고, 수입은 상추·양배추·브로콜리·양파·마늘·건고추가 상승하는 경향을 보였다.

국내 채소의 수요는 지속적으로 증대되고 있으나 대부분 수입에 의존하는 형태이며, 전체 채소 식품 시장 중 생산/판매 시장보다 채소의 전처리 및 가공 시장이 더 크게 형성되어 있는 구조이다.

<주요 채소류(김장채소 포함) 품목별·국가별 수출입 동향('12년기준)>

- 잎채소 : 수출입↑, 수출은 주로 대만·일본, 수입은 중국산
- 열매채소 : 수출입↑, 수출은 주로 일본, 수입은 뉴질랜드산
- 김장채소류 : 수출↑·수입↓, 수출은 주로 대만·일본, 수입은 중국산

〈국내 채소 생산현황 (농림축산식품부, 2013)〉

(단위 : ha, kg/10a, 톤)

구분	2012			2013			증감율(%)	
	면적	단수	생산량	면적	단수	생산량	면적	생산량
계	189,321		5,992,908	191,332		6,696,776	1.1	11.7
근채류	23,834		1,179,711	24,055		1,351,723	0.9	14.6
무	20,724	5,282	1,094,724	20,663	6,071	1,254,457	-0.3	14.6
(볼)	5,615	4,046	227,189	6,361	4,034	256,600	13.3	12.9
(고랭지)	2,552	2,841	72,490	2,195	2,804	61,554	-14.0	-15.1
(가을)	6,826	7,324	499,956	7,532	8,483	638,903	10.3	27.8
(겨울)	5,731	5,149	295,089	4,575	6,501	297,400	-20.2	0.8
당근	2,214	2,881	63,792	2,549	3,131	79,800	15.1	25.1
우엉	150	2,385	6,578	128	2,267	2,901	-14.7	-55.9
연근	549	2,130	11,693	530	2,234	11,839	-3.5	1.3
토란	197	1,484	2,924	185	1,473	2,725	-6.1	-6.8
엽채류	39,131		2,416,458	41,480		2,673,152	6.0	10.6
배추	27,644	7,281	2,012,628	29,409	7,677	2,257,714	6.4	12.2
(볼)	3,777	4,667	176,277	4,931	5,138	253,363	30.6	43.7
(고랭지)	5,495	3,691	202,827	5,498	3,654	200,895	0.1	-1.0
(가을)	13,408	9,681	1,298,085	15,095	10,174	1,535,802	12.6	18.3
(겨울)	4,964	6,757	335,439	3,885	6,889	267,654	-21.7	-20.2
양배추	5,867	5,163	302,909	6,016	5,220	314,022	2.5	3.7
시금치	3,469	1,301	45,120	4,067	1,141	46,389	17.2	2.8
상추	733	2,139	15,679	619	2,283	14,131	-15.6	-9.9
나리	934	2,885	26,945	889	3,102	27,578	-4.8	2.3
숙갓	43	1,802	775	36	1,743	627	-16.3	-19.1
부추	441	2,812	12,402	444	2,858	12,691	0.7	2.3
과채류	11,761		327,551	10,860		344,837	-7.7	5.3
수박	2,446	3,101	75,858	2,586	3,747	96,893	5.7	27.7
외	219	2,090	4,578	135	1,870	2,525	-38.4	-44.8
오이	966	4,134	39,937	793	4,314	34,209	-17.9	-14.3
호박	7,582	2,515	190,725	6,805	2,868	195,144	-10.2	2.3
마토	-	-	-	-	-	-	-	-
말토기	145	2,167	3,142	101	2,203	2,225	-30.3	-29.2
꽃고추	-	-	-	-	-	-	-	-
가자	403	3,303	13,311	440	3,146	13,841	9.2	4.0
멜론	-	-	-	-	-	-	-	-
파프리카	-	-	-	-	-	-	-	-
조미채소	109,743		1,980,460	110,916		2,230,344	1.1	12.6
고추	45,459	229	104,146	45,360	260	117,816	-0.2	13.1
마늘	28,278	1,199	339,113	29,352	1,405	412,250	3.8	21.6
양파	20,965	5,703	1,195,737	20,036	6,458	1,294,009	-4.4	8.2
파	13,384	2,391	319,951	14,381	2,654	381,720	7.4	19.3
생강	1,657	1,298	21,513	1,787	1,374	24,549	7.8	14.1
양채류	2,163		38,595	2,369		44,554	9.5	15.4
기타채소	2,689		50,133	1,652		52,166	-38.6	4.1

다. 식자재 전처리

(1) 전처리 개요

외식산업 발달, 학교급식의 확대, 편의지향의 식품소비추세에 따라 전처리 식재료 유통업이 급속하게 성장하고 있는 추세이다. 그러므로 외식산업이나 급식의 확대는 짧은 시간에 많은 음식을 준비해야 하므로 바로 조리할 수 있게 전처리된 식재료의 수요를 증대시키며, 여성취업의 증대, 핵가족화 및 독신세대의 증가에 따라 조리하지 않고 바로 먹을 수 있는 식재료의 수요도 꾸준히 증대되고 있다(이 등, 2010).

전처리 농산물은 최종 조리 과정이나 가공과정에 소요되는 인력이나 시간, 설비, 시설 등을 절감하기 위하여 사전에 위생적으로 세척, 다듬기, 절단, 포장 등의 전처리과정을 거친 농산물을 말한다(안, 2009).

전처리는 크게 1, 2차로 나뉘며, 일반적으로 1차 전처리는 세척, 박피 및 포장의 과정을, 2차 전처리는 절단 및 포장까지를 의미하며 전처리 농산물이란 표현은 관행적으로 사용되는 용어로 그 의미는 가공 또는 조리의 전단계라는 개념이 강하며, 따라서 바로 먹을 수 있는 농산물이라는 개념은 배제되어 있다.

최근 신선편이 농산물의 개념이 도입되고 있으며, 신선편이 농산물이란 바로 먹을 수 있고(ready-to-eat), 바로 조리할 수 있거나(ready-to-cook), 간단한 절차를 거쳐 조리할 수 있는 안전한 농산물을 말한다. (fresh-cut : 국제 용어)



<1차 전처리>



<2차 전처리>



<절단 등 2차 전처리가 수행된 신선편이 식품>

(2) 전처리 농식품 시장 규모

식품소비는 매년 지속적으로 증가되고 있으며 신선편이 등의 전처리 농산물의 시장규모는 대체로 증가할 것으로 예상되고 있다. 가게에서의 식품소비 총액은 점점 증가하고 있으며, 외식비의 비중이 급속히 증가하고 있는데 이는 외식산업의 급속한 성장을 일으켜 전처리농산물 수요증가의 요인이 되고 있다. 외식업체는 식재료 조달비용을 줄이고, 고객 대기시간을 축소하며, 맛의 균일화가 필요하기 때문에 전처리된 식재료를 선호하고 있으며 학교급식, 직장급식 등의 단체급식 증가도 전처리 식재료시장의 증가를 가져올 중요한

요인 중의 하나이다.

2006년 기준으로 18조원이며, 외식용 식자재시장이 13조원, 급식용 식자재시장이 4조원 정도로 추정되고 있으며(김 등, 2009), 신선편이 농산물시장의 규모는 5,510억 원~6,830억 원 규모이다. 그 중 식품제조업에서 900~1,080억 원, 식품소매업 240억 원, 외식업이 4,660억 원~5,540억 원으로 추정되며, 농산물 중 신선편이 농산물이 차지하는 비중은 식품제조업이 2~4%, 식품소매업 0.3%, 그리고 외식업이 7~11%인 것으로 추정된다(이 등, 2009).

선진국의 신선편이 농산물시장은 2006년 기준, 전체 청과물 대비 미국이 10%, 영국이 8.1% 수준으로 알려져 있으며(한국신선편이농산물협회, 2006), 이를 통해 국내 신선편이 농산물 시장은 그 규모가 선진국 수준에 도달하고 있는 실정이다.

<소비자 가구당 식품 관련 지출 (통계청, 2010)>

연도	식료품 전체	신선편이	가공	외식
2,000	447,019	216,013	55,016	175,990
2,005	551,548	218,145	77,589	255,850
2,006	558,342	219,973	80,090	258,281
2,007	570,426	222,622	79,873	267,933
2,008	607,394	237,317	88,203	281,875

이와 같이 가정의 소비자뿐만 아니라 대형 음식점 등의 중간 소비자에서도 전처리 후 식품, 특히 바로 조리가 가능한 2차 전처리 후 식품(ready-to-cook)에 대한 요구가 증대되고 있으므로 채소 등의 식품의 2차 전처리를 위해 슬라이싱, 채썰기 등의 기능을 수행하는 가공 처리 장치(절단기 등)의 수요와 시장은 꾸준히 증가할 것으로 이러한 연구의 필요성이 중요할 것으로 판단된다.

(3) 채소 전처리 현황

채소는 국내 가정, 요식업체 뿐만 아니라 학교급식 시설까지 다양한 장소에서 식재료로 사용되고 있으며 다양한 전처리 기계를 이용하고 있으며 대부분의 전처리 기계는 박피, 세척 등의 1차 전처리 용도이며 2차 전처리기에 대한 보급은 미비한 실정이다. 특히 채소의 절단은 아직까지 많은 부분에서 수작업에 의존하고 있어 채소 절단의 경우 큰 힘이 요구될 뿐만 아니라, 채썰기, 어슷썰기 등 반복적인 작업을 수행하게 되므로 조리자의 작업 효율 및 건강을 저해한다.

전국학교비정규직노동조합 조사를 보면, 허리·손목·목 등 근골격계 통증을 느끼는 노동자가 95.8%에 이르며, 이는 대부분 절단 과정 등의 2차 전처리 과정에서 생긴 질병이라고 보고되고 있고 대형 요식업체 혹은 급식분야에서는 많은 양의 식재료를 한 곳에 서서 오랫동안 작업하기 때문에 채소의 절단에 따른 피로도도 급격히 증가할 수밖에 없으며 이를 해결하기 위한 채소 절단기에 대한 요구가 증대되고 있다.

채소 전처리는 식사준비를 보다 쉽고 빠르며 균일하게 하도록 돕는 효과적인 일손의 역할을 하며, 손질이 까다로운 통양배추는 물론 오이, 파, 호박, 당근 등 웬만한 채소의 전처리가 가능하며 최근에는 다양한 전처리를 위해 칼날의 종류가 더욱 다채로워지고 세분화되어, 이를 통해 조리실 인력이 몇 시간을 들여야 할 식재료 전처리를 단 몇 분이면 준비 가능하다.

일반적으로 채소 절단기는 1분에 5kg 정도의 채소 절단이 가능하며, 최근에는 1분에 8kg의 처리 용량을 갖추어 시간절감은 물론이고 균일한 크기 및 어긋셀기가 가능한 제품 등 다양한 기능이 업그레이드된 제품이 등장하고 있다. 하지만 이와 같은 제품들의 대부분이 여러 종류의 채소의 전처리를 하는데 있어 칼날의 종류를 자주 바꿔야하고 청소하는데 매우 불편하며, 전처리 담당자가 손을 다치는 등의 사고가 빈번히 발생한다. 특히, 일반적인 조리 시 3종 이상의 채소가 사용되고 있기 때문에 절단기의 적용 범위에서 벗어난 채소의 경우 수작업에 의존하거나 다른 기계 구입을 통해 수행되어 절단 작업의 효율을 저해하고 있는 실정이다.

음식의 종류가 다양해지고 하나의 음식 상품에 투입되는 채소 종류도 증가되고 있으므로 다양한 채소의 절단이 가능하고 다양한 형태로 실시간 절단 가능한 다목적 절단기 개발을 통해 전처리 비용의 절감 및 작업 효율 향상이 필요하여 본 연구에서는 조리의 전처리 효율 개선을 위한 다목적 자동 채소 절단기를 개발하여, 이를 통해 다양한 채소별 절단기의 일체화를 통한 조리 비용 절감, 사용자 조리 과정의 편의성 증대 및 시간단축, 조리 품질의 균질성 향상이 필요하다.

제 2 절 연구개발 목표 및 범위

1. 연구개발 목표

채소는 과실과 함께 다양한 비타민과 칼륨(K), 칼슘(Ca) 등의 무기질 등이 포함되어 높은 영양분을 함량하고 있으며, 특히 생리활성물질을 많이 함유하고 있어 노화예방 및 면역력 증대에 탁월한 효과가 있다. 채소는 대부분 체내에 양질의 양분을 가지고 있고, 쉽게 가공할 수 있는 특징을 가지고 있어 식재료로서 사용 범위가 넓고 다양한 장점을 가지고 있다.

국내의 채소 식품 시장은 외식산업의 발달, 학교급식의 확대, 편의지향의 식품소비 흐름으로 인해 단순히 채소를 생산 및 판매하는 시장보다 채소의 전처리 및 가공 시장이 더 크게 형성되어 있는 구조이다. 채소의 전처리라 함은 크게 1, 2차로 나뉘며, 일반적으로 1차 전처리는 세척, 박피 및 포장의 과정을, 2차 전처리는 세척, 박피, 절단 및 포장까지를 의미한다. 전처리 농산물은 관행적으로 사용되는 용어로서 그 의미는 가공 또는 조리의 전단계라는 개념이 강하며, 따라서 바로 먹을 수 있는 농산물이라는 개념은 배제되어 있다.

한국농촌경제연구원의 정책연구보고서(KREI, 2014)에 언급된 바와 같이 농림축산식품부에서 2012년에 조사한 자료에 따르면 전처리 농산물 금액은 전체 농산물의 12%, 전처리/가공의 42.5%인 5,395억 원이며, 농림축산식품부(MAFRA, 2013)에서 발간한 보고서에 의하면 세계 식품시장은 2010년 4조 4천억 달러 규모로 추정되며, 2020년에는 6조 4천억 달러로 성장할 것으로 전망하였다. 특히 아시아 식품시장 증가율은 최근 10년간 연평균 4.9% 성장함에 따라 국내외 전처리 농식품 또한 증가할 것으로 예상되고 있다(MAFRA, 2013). 또한 산업발달, 맞벌이 가정 및 1인 가구의 증가 추세에 따라 대형 음식점 등의 중간 소비자뿐만 아니라 가정의 소비자에서도 전처리 후 식품, 특히 바로조리가 가능한 2차 전처리 식품(ready-to-cook)에 대한 요구가 증대되고 있다. 그러므로 채소의 2차 전처리를 위해 슬라이싱, 채썰기 등의 기능을 수행하는 가공 처리 장치(절단기 등)의 수요와 시장은 꾸준히 증가할 것으로 예상된다.

채소의 고정된 절단 형태를 가공할 수 있는 절단기는 실용화되어 국내외에 시판이 되고 있지만, 기존 개발된 절단기는 특정 채소류의 절단 가공에만 국한되어 있어 전처리를 해야 하는 채소의 종류가 증가할 경우 칼날의 잦은 교체, 청소의 불편함 및 담당자의 안전사고 등의 문제들을 야기하고 그로 인해 작업 효율은 현저하게 저하된다. 따라서 전처리 작업 효율을 개선하기 위하여 다양한 채소와 형태로의 절단이 가능하도록 투입부와

절단부를 범용성 있게 설계하여 절단기를 일체화 할 수 있는 연구가 필요하다. 따라서 본 연구의 목적은 다음과 같다.

- 가. 다목적 채소 절단기 개발을 위한 주요 장치 또는 부분(절단부, 운송부 등등)의 구동 기술 및 설계 인자 분석
- 나. 주요 채소별 특성에 따른 기계적 특성 분석
- 다. 가변 채소 절단 시스템 설계 및 제어 기술 개발
- 라. 절단기 요소부품 제작 및 성능 시험

2. 연구개발 범위

- 가. 다목적 채소 절단기 개발을 위한 주요 장치 또는 부분(절단부, 운송부 등등)의 구동 기술 및 설계 인자 분석
 - 채소 절단기의 구조 및 시스템 적용 방향 분석
 - 채소 절단기의 전기구동 기술 적용 조사
 - 전동화 기술 분석
- 나. 주요 채소별 특성에 따른 기계적 특성 분석
 - Universal Testing Machine (UTM)을 이용하여 압축 및 전단 실험을 실시
 - Visual basic software를 바탕으로 개발된 분석 프로그램을 통해 생물체항복점과 파괴점에 대한 생물체항복강도와 파괴(절단)강도를 측정
- 다. 가변 채소 절단 시스템 설계 및 제어 기술 개발
 - 채소 절단기 동력 전달 구조 분석
 - 주요 부품 구성 및 도면 분석
 - 전기구동 적용 방향 및 레이아웃 설계
 - 채소별 특성에 따른 최적의 주요 부분 구조 분석
- 라. 절단기 요소부품 제작 및 성능 시험
 - 기본 성능 시험/평가
 - 절단 시험 수행을 통해 성능 평가

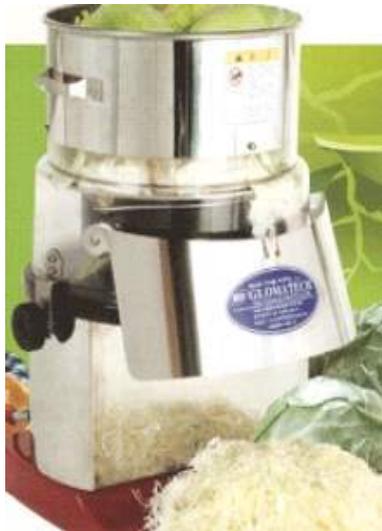
제 2 장 국내외 기술개발 현황

D-04

제 1 절 국내 기술개발 현황

1. 글로마테크

글로마테크는 용도에 맞는 다양한 채소절단기를 개발, 생산해 제품에 두께 조절레버를 장착하여 간단한 조작으로 두께 조절이 가능하도록 만들었다. 기계의 종류도 그림 1-11과 같이 양배추절단기 GCS-50, GCS-100, 채소절단기 GVS-20, GVS-50, GVS100 등 다양한 종류의 절단기를 제작 및 생산하고 있다. 양배추 절단기의 경우 투입구가 회전하지 않는 방식이기 때문에 기계 작동을 멈추지 않고 연속적인 작업이 가능하다. 투입구의 구조가 수직으로 되어 있기 때문에 절단부 까지 채소 이송이 용이하고 채소 절단면이 일정하다.



GCS-100



GVS-100

그림 2-1. 글로마테크의 채소절단기

2. 참코청하

참코청하는 1995년 일본 및 유럽과의 기술제휴를 통해 농수산물가공기계 제조회사로서 창립됐었으며, 자체 연구진의 독자적인 기술개발을 통해 30여개의 특허와 다수의 국제특허도 보유하고 있으며, 50여종의 다양한 식품가공기계를 제작 및 생산하고 있다. 참코청하의 대형채소슬라이스 CAVS-2000은 제어 컨트롤러를 이용하여 절단 길이를 1 mm ~ 20 mm까지 조절이 가능하고 벨트 및 칼의 분해가 용이하여 기계의 세척이 편리하다. CHDC-1000은 일정크기의 재료를 투입구에 넣어주면 고속으로 회전시켜 사각모양으로 절단 배출된다. 칼 세트 교체로 여러 크기의 사각 절단을 할 수 있다.



CAVS-2000



CHDC-1000

그림 2-2. 참코청하의 채소절단기

3. 신영산업

신영산업에서 개발한 고추절단기 SY-1700 제품은 스테인레스 재질의 S자형 칼날을 사용하여 위생적이다. 무게도 약 6kg 정도로 가벼운 무게와 콤팩트한 외형 사이즈로 한손으로도 쉽게 운반 가능하여 어디서나 작업할 수 있다. 그리고 사용자가 절단두께를 1~7mm 범위 안에서 조절이 가능하다. 또한, 사용자의 용도에 맞게 탕파절단기, 마늘절단기, 고추절단기 전면 투입커버의 호환이 가능하여 교체하여 다양한 용도로 사용할 수 있다. 가격과 콤팩트한 사이즈의 이점 때문에 음식점 및 가정에서 많이 찾는다.



SY-1700



SY-1600



탕파절단기



마늘절단기



고추절단기



고추 바로썰기용

그림 2-3. 신영산업의 채소절단기

4. 화진정공

화진정공은 1990년 설립 이후 채소절단기를 주력으로 개발하는 회사이다. 학교 및 관공서의 급식업체에 채소절단기, 과일분할기, 믹서기, 구근탈피기, 감자탈피기 등과 같은 다양한 식품가공기계를 납품하고 있다. 화진정공의 다용도 채소절단기는 다양한 칼날로 구성되어 전처리 절단가공작업이 가능하고 작동법이 간편하며, 이중 안전장치가 있어 안정성이 우수하다. 사각 칼틀 고정 플레이트와 사각 칼날부도 장착이 가능하여 양파, 당근, 무 등 깎둑썰기가 가능하고, 어슷썰기용 파이프 및 누르개로 당근, 애호박, 오이 등의 어슷썰기 또한 가능하다. 하지만 좁은 투입구 크기로 부피가 크거나 길이가 긴 채소들은 작업을 할 수가 없다.



HMV-300



채고야 500SP

그림 2-4. 화진정공 채소절단기

제 2 절 국외 기술개발 현황

1. SAMMIC

SAMMIC은 1961년 설립한 스페인 식품가공기계회사로서 채소절단기, 감자탈피기, 세척기, 진공포장기, 실링기 등을 생산한다. CK-401은 채소 절단기 및 버티컬 커터믹서 기능을 한 기계로 교체하여 사용할 수 있다. 조작이 간편한 전자식 컨트롤 패널은 방수처리가 되어 물청소가 가능하다. 또한 투입구가 넓어 양배추를 통째로도 투입할 수 있다.



그림 2-5. CK-401

2. NEXGEN

인도 NEXGEN사에서 출시한 Multipurpose Vegetable Cutting Machine (다목적 채소 절단기)는 엽채류 및 근채류 채소의 슬라이스, 스트립 및 큐브형태의 절단이 가능하며 절단형태에 따라 절단두께 조절이 가능하다. 특히 식품가공공정에서 널리 사용되는 8~20mm 크기의 채소큐브 절단이 가능하고 시간 당 약 300-600 kg의 채소 절단이 가능하다.



그림 2-6. NEXGEN의 다목적 채소 절단기

3. URSCHEL

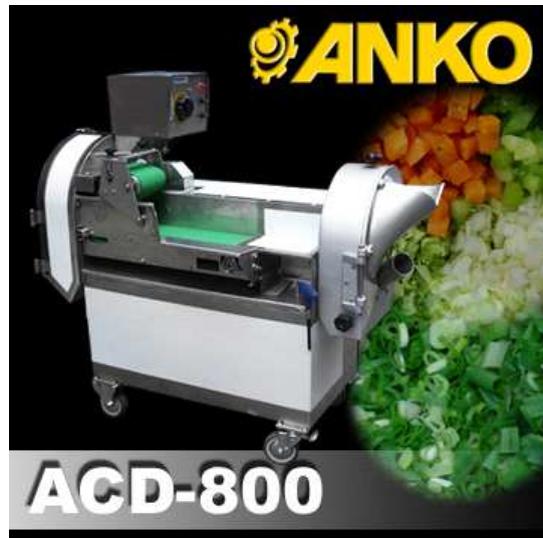
URSCHEL는 대형 식품회사로 다양한 형태의 채소절단 공정에서 사용되는 대형 절단기를 제조하는 회사로서 북미뿐만 아니라 아시아에도 지사를 설립하여 식품기계 시장에서 높은 수익률을 창출하고 있다. 또한 USDA에서 권장하는 식품 안전성 규정에 맞는 제품을 생산하고 있다. 다량의 채소를 매우 빠른 시간 내에 절단이 가능하지만, 채소의 절단형태에 따라서 특정 칼날을 교체하여 사용하여야 한다.



그림 2-7. URSCHEL의 채소 절단기

4. ANKO

대만 ANKO사에서 연구개발한 ‘다목적 채소 절단기(ACD-800)’ 실용화되어 대만 내에서 시판이 되고 있음. 이 절단기는 시간 당 약 200-800 kg의 엽채류, 경채류 및 근채류 채소절단이 가능하며 대형 음식점 및 영세 식품가공회사에서 사용되어지고 있다.



ACD-800

그림 2-8. ANKO의 채소 절단기

위에서 언급한 바와 같이 채소의 고정된 절단 형태를 가공할 수 있는 절단기는 실용화되어 국내외에 시판이 되고 있다. 하지만, 기존 개발된 절단기는 특정 채소류의 절단가공에 국한되어 있고 채소의 절단형태에 따라 칼날을 교체하여야 하고 사용자의 수동제어에 의존하고 있다.

제 3장 연구수행 내용 및 결과

D-05

제 1절 채소 절단기 주요장치 구동기술 분석

1. 절단부 시스템 구동기술 분석

채소의 다양한 절단가공 작업을 하나의 채소 절단기로 가능하도록 절단 시스템 설계를 목표로 칼날의 형태 및 구조에 따라 전처리 공정과정의 효율 및 작업량이 결정된다. 원하는 채소 두께 절단이 가능하도록 칼판을 두께 조절 자동제어를 하고, 채소의 품질 확보를 위한 최적의 칼날 설계, 재질 선정 및 사용자의 편의성을 고려한 설계를 한다.

가. S형 절단 구동 기술

S형 절단 시스템은 구동 모터, 컨베이어 벨트, 속도조절 컨트롤러, 칼날부로 구성되어 있으며 모터의 동력으로 칼날을 회전시켜 절단해 주는 시스템이다. 투입되는 컨베이어벨트와 2mm 간격을 유지하며 르게 회전하는데 칼날축이 고정돼 있는 상태에서 재료를 절단하게 되면 절단면이 수직으로 절단되지 않고 비스듬히 잘리게 된다. 수직으로 정확히 절단하기 위해서는 칼날 회전축에 유격이 있어 전후로 움직이도록 설계하여 칼날이 재료를 절단할 때 순간적으로 위치를 보정되도록 설계가 되어야 한다.

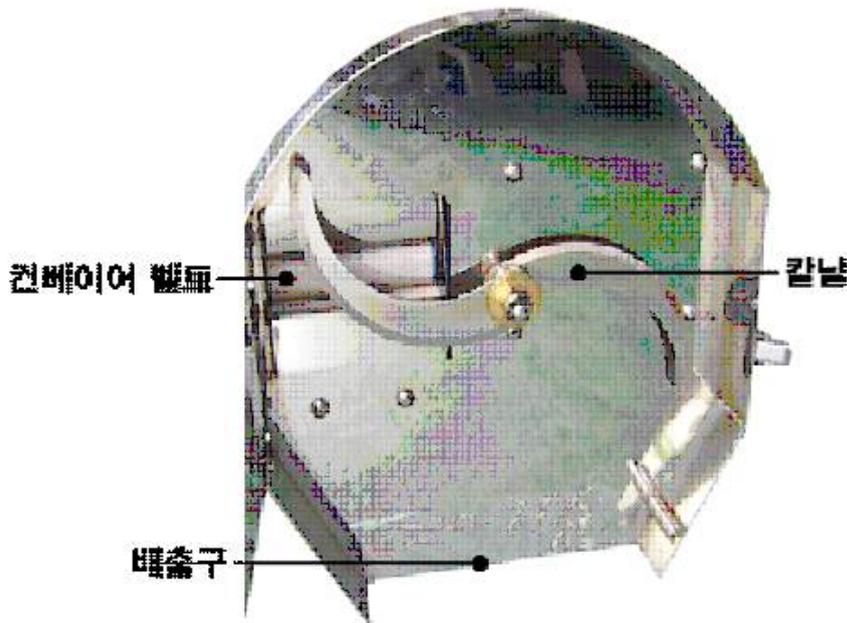


그림 3-1. S형 칼날

그림 3-1.과 같은 S형 절단 시스템은 모터 동력으로 칼날을 회전시켜 재료를 절단해주며 칼날 회전 RPM은 그대로 유지하고 컨베이어 벨트 속도를 조절하여 재료의 투입되는

속도를 제어하여 재료의 절단 두께를 조정한다. 투입구의 컨베이어 벨트에 재료를 올려놓으면 재료가 투입되어 칼날이 절단해주는 시스템이다. 이 구조는 두께는 얇고 길이가 긴 대파, 쪽파, 및 고추와 같은 채소를 절단하는 용도로 많이 사용되며 낮은 사양의 모터 시스템에도 짧은 시간에 많은 양의 채소를 절단할 수 있다. 구조가 단순하고 작업속도가 빠르지만 절단 시 재료의 압력을 가하여 내리치는 절단방식으로 굵은 채소 또는 구근류를 절단하기는 어려우며 절단면이 매끄럽지 못하여 상품성이 떨어질 수 있고 절단 두께 조절이 제한적이다.

나. 칼날조합 절단 구동 기술



그림 3-2. 칼날조합 구조

일정한 간격으로 채소를 세절해주는 절단형태로 샤프트, 원형 칼날, 칼날와셔, 칼날빗으로 구성되어있다. 샤프트에 일정한 간격으로 칼날과 칼날와셔를 조합하여 구성되는 형태

이며 두 개의 칼 조합체가 서로 맞물려 작동한다. 이와 같은 절단 구동시스템은 항상 칼날 빗을 칼날와셔와 칼틀 사이에 결합시켜 주어야만 절단이 가능하고 칼날 빗 없이 절단할 경우 재료가 절단된 후 배출구로 배출이 되지 않기 때문에 칼날 빗을 반드시 결합해 주어야 한다. 채소의 절단 두께 최소 1.5 mm부터 가능하며 칼날의 크기나 축 길이에 따라 채소의 절단 두께 조절이 가능하다. 수직으로 재료를 절단부로 투입시키면 재료가 절단되어 아래로 떨어지는 구조이다. 또한, 컨베이어 벨트 시스템을 적용하게 되면 수평으로도 구조 변경도 가능하고 다른 조리가공 기계와의 연속작업도 가능하다. 칼날 조합 절단 시스템은 채소뿐 아니라 수산물 및 축산물 절단가공에도 다양하게 사용되어지고 있다. 하지만 가변 두께 조절이 어렵고, 칼날이 많이 결합된 구조이기 때문에 자주 칼날을 교체해 줘야 하는 애로사항이 있다.

다. 원형 칼날 절단 구동 기술

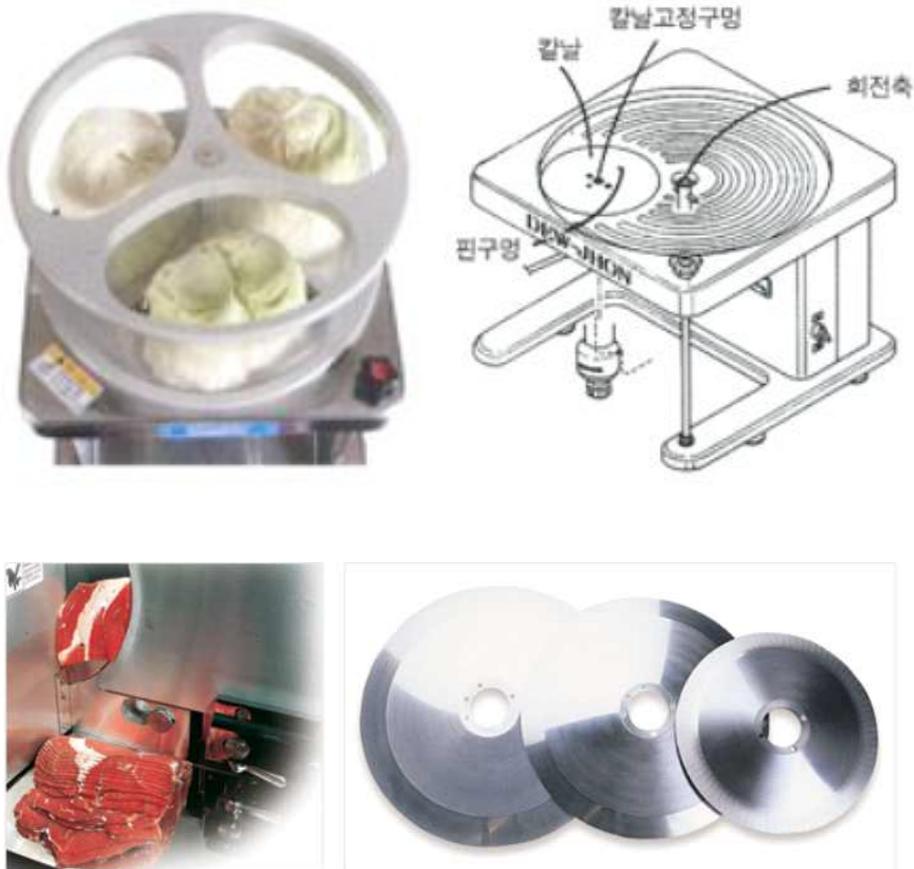


그림 3-3. 원형 칼날 구조

회전하는 원형 칼날에 재료가 이송되어 절단되는 시스템으로 모터의 축에 타이밍기어와 칼날축의 타이밍기어를 타이밍벨트로 연결하거나 스퍼기어를 이용하여 동력을 전달시

켜주면 축에 고정되어 있는 원형칼날이 회전한다. 투입부가 모터 축과 연결되어 칼날과 같은 방향으로 동시에 회전하여 재료를 칼날로 전달해 준다. 다른 절단 시스템과는 달리 칼날이 회전하는 상태에서 일정하게 투입되기 때문에 재료의 깨끗한 절단면 확보가 가능하다. 얇은 두께의 채소 절단이 가능하며 구조에 따라 냉동식품 및 사과 절단도 가능하다. 이 시스템에서 두께 조절은 원형칼날의 경우 고정된 상태에서 회전운동만 하고 투입부 또는 칼판부에서 간격조절이 되어 절단한다. 일반적으로 절단 시스템의 경우 절단부에서 조정하여 간격을 조절하는데 반해 원형칼날은 투입부에서 대부분 조절해주는 시스템이다.

라. 사각 칼날 절단 구동 기술



그림 3-4. 사각 칼날 구조

채소는 조리 용도에 따라 다양한 형태로 절단되는데 그림 1-4와 같이 격자 형태 칼날

로 절단하면 수작업으로는 두 번 가공이 필요한 채소의 사각형태의 절단작업이 한 번에 가능하다. 사각 칼날 시스템은 다른 시스템과 달리 칼날부에 동력을 전달해 재료가 가공이 되는 것이 아니라 칼날부는 고정이 되어 있고 재료를 칼날부로 밀어주어 절단되는 시스템이다.

재료의 물성에 따라 절단되는 힘이 달라지기 때문에 칼날부로 전달되는 힘과 속도를 제어할 수 있도록 제작되어야 한다. 채소뿐만 아니라 육류 절단가공에도 적용이 가능하며 육류 사각 절단을 위해서는 추가적인 시스템이 필요하다. 주로 대형 육류 절단가공기계에 사용되며 사각 칼틀을 통과해 배출되는 시점에 S형 칼날이나 반달형 칼날을 적용시켜 절단시켜 배출한다.

마. 탈부착 칼날 절단 기술



그림 3-5. 탈부착 시스템

그림 3-5와 같은 탈부착 절단 시스템의 경우 절단부의 칼날을 채소의 절단형태에 따라 탈부착하여 다용도로 사용할 수 있는 채소 절단 시스템이다. 슬라이스, 채, 사각 등 다양한 절단 형태로 채소를 절단 가공하는 기계로 이중 안전장치가 구조적으로 적용되어 있기 때문에 안정성이 우수하다. 소형이기 때문에 협소한 장소에서도 사용이 가능하고, 칼들의 탈부착이 용이하여 기계의 세척 및 보수가 편리함으로 급식업체나 대형음식점에서 많이 사용되고 있다. 하지만 이송 시스템이 없고 작업자가 일정량을 투입시켜줘야 하는 점 때문에 대량작업이 어렵고 부피가 큰 채소들은 일정한 크기로 잘라주어야 하는 불편함이 있다.

바. 一자 칼날 절단부 구동 기술



그림 3-6. 一자형 칼날

일정한 간격으로 一자형 칼날을 조합하여 구성된 칼날부와 칼날 사이로 통과 가능한 채소 투입부로 밀어주어 절단되는 시스템이다. 수동 一자형 절단기의 경우 칼날부가 수직으로 고정이 되어 있으면 칼날부에 작용하는 부하가 커지기 때문에 칼날부에 각도를 주어 부하를 덜어준다. 모터 제어 시스템과 연결된 칼날부의 경우에는 수동 절단기에 비해 재료의 일정한 절단면이 확보되고 가공할 수 있는 양을 증가시킬 수 있다.

하지만 칼날 수량이 많고 독립적으로 체결되어 있어 각각의 칼날의 깨짐이 발생하는 경우가 잦고, 문제가 생겼을 때 작업할 수가 없는 단점이 있다.

2. 이송부(투입, 배출)시스템 구동기술

식품 절단 기계에서 절단부 만큼 중요한 것은 이송부 시스템이다. 이송부에서 재료의 이송방법에 따라 절단부 작업효율이 달라진다. 따라서 이송부 시스템은 재료의 무게, 부피 및 강도와 같은 물리적 및 기계적 특성을 고려하여 설계해야 하고 컨베이어 벨트의 형태도 채소의 물성에 따라 결정되어야 한다.

특히 식품가공기계의 이송부에 사용되는 컨베이어 벨트의 재질은 식재료가 벨트표면에 접촉하기 때문에 식품의 안전성을 보장하는 벨트 재질을 선택해야한다. 식품용 벨트 재질은 직물, 무독성 PVC, 우레탄, 폴리에틸렌 등의 재질로 만들어져 FDA, USDA, EC, EHEDG 등의 국제적인 식품 승인은 물론 HACCP이행이 필수적이다.



그림 3-7. 식품용 컨베이어 벨트

식품용 이송벨트에 필요한 나이프엣지, 좋은 이형성, 내유, 내지, 내열, 내한성을 갖는 벨트부터 잦은 세척 및 제품 특성상의 습도가 많은 가공라인의 세균 및 곰팡이, 지방 및 기름 오염 등을 예방하는 식품용 벨트를 선정해야 한다. 식품가공 공정에서 세균이나 곰팡이의 번식을 억제해야 하며 이에 따라 벨트에 요구되는 기능 또한 세정성, 내습열성, 세정에 사용되는 약품에 대한 내약품성, 향균·향곰팡이성, 내유성 등이며, 현재 이러한 기능의 벨트를 사용하는 것은 식품가공 현장의 표준이 되고 있다.

벨트는 소모품이기 때문에 일정시간 사용하게 되면 교체를 해줘야 한다. 대형가공업체의 경우 회사 내 공무팀이 있기 때문에 문제가 발생할 경우 빠른 대처가 가능하지만 대부분의 식품가공업체의 경우 영세하기 때문에 기계에 대한 전문적인 지식이 없는 작업자더라도 쉽게 교체 가능하도록 간단하면서 효율적인 구조 설계가 필요하다.

가. 가변 투입부



그림 3-8. 가변 투입부

일반적으로 소형 채소절단기에 많이 사용되며, 채소의 종류와 용도에 따라 다양한 형태의 투입구가 적용된다. 이러한 방식은 사용자가 직접 재료를 투입해야한다. 또한 절단 모양 및 용도에 따라 절단부 및 투입부의 각도도 달라진다. 탈부착 및 교체가 용이하도록 구조가 단순하게 설계되어야 한다. 전체적인 디자인 및 재질 또한 기계와 잘 어우러져야 한다.

나. In-Out conveyor 구동 기술

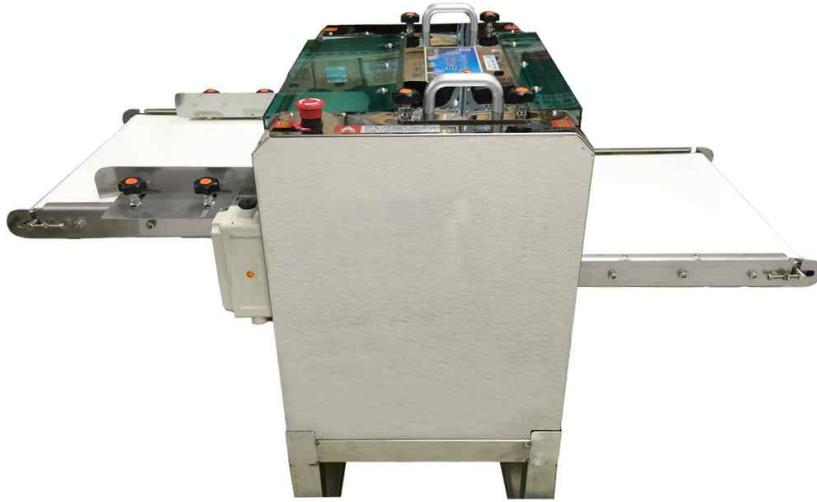


그림 3-9. In-Out 컨베이어 구조

조합 칼틀을 사용하는 채소 절단기에 많이 적용되는 그림 1-9와 같은 In-Out 컨베이어 시스템이다. 벨트, 구동롤러, 엔드롤러, 슬라이드베드로 구성되어 있다. 이송부 시스템의 중요한 역할은 빠르고 정확하게 재료 또는 제품을 이동시켜주는 것이다. 재료의 물성 및 기계적 특성에 따라 벨트의 재질, 두께, 폭이 결정된다. 또한, 재료에 따라 이송속도, 높이 및 각도가 달라지게 때문에 설계단계에 절단대상의 특성을 파악하여 진행해야 한다.

(1) Take up system 구조

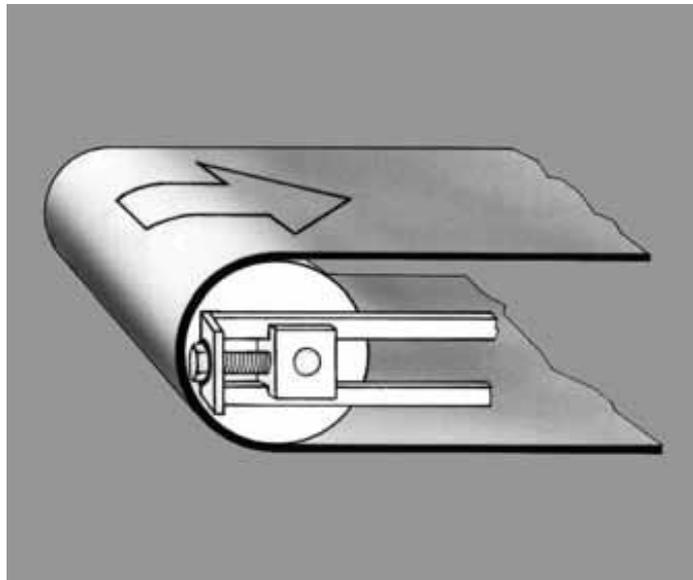
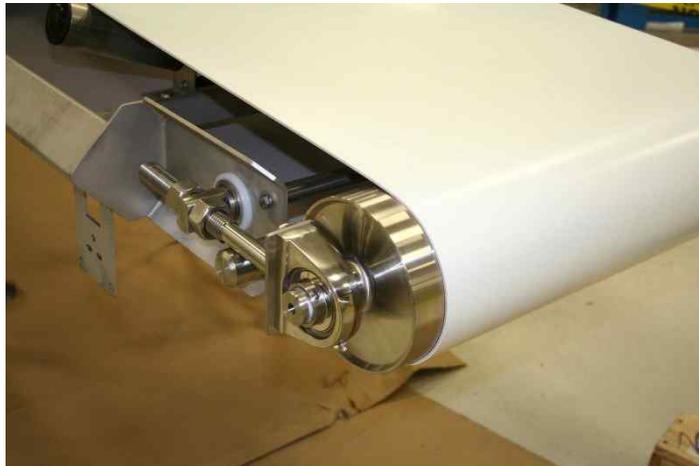


그림 3-10. Take-up system

컨베이어 벨트 이송 시스템에 적용되는 장치로 그림 3-10의 Take up system이다. 컨베이어 롤러 축을 베어링 및 베어링 하우징에 장착한 뒤 컨베이어 지지대와 연결하여 텐션을 유지한다. 스크류 타입의 볼트로 텐션을 조절하는 이 시스템은 컨베이어롤러에 가해지는 접지압을 볼트로 조절한다. 볼트를 풀거나 조여서 위치를 조절해주면 컨베이어 구동롤러와 평행 유지하여 컨베이어의 엔드롤러가 벨트의 텐션을 유지해준다.

신축성이 없는 벨트 재질이라도 일정하지 않은 하중 및 온도의 영향을 받아 벨트가 늘어나는 현상이 발생한다. 그렇기 때문에 이송부에 대부분 이 시스템이 적용된다.

(2) 롤링 나이프 엿지 구조

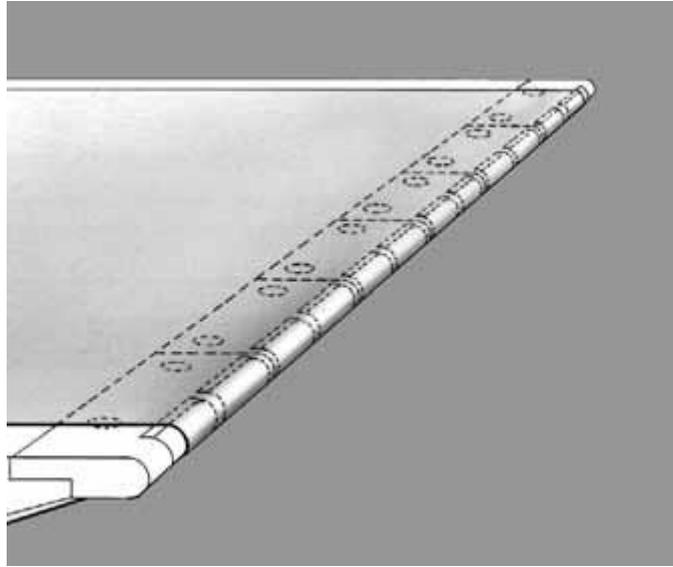


그림 3-11. 롤링 나이프 엿지

정밀한 공정에서 많이 사용되는 시스템으로 컨베이어 엿지부분에 롤러를 설치하여 벨트 끝부분 위치를 더욱 세밀하게 적용 가능하다. 일반나이프 엿지에 비해 적은 마찰력이 장점이고 8~20mm의 지름의 나이프 엿지를 사용하는게 일반적이다. 절단부와 연결 작업 시 재료를 절단부와 근접하게 이송시킬 수 있으며 재료 고정에도 일반 컨베이어 시스템 보다 효과적이다.

다. 가압벨트 구동 기술



그림 3-12. 가압벨트 시스템

컨베이어 벨트 투입부에 가압벨트를 장착하면 재료가 투입되어 절단될 때 고정해주는 역할을 한다. 정돈된 모양이 아니고 둥근 채소를 절단가공 하더라도 채소의 곡률이 큰 부분에도 가압장치가 작용하기 때문에 일정한 형태의 절단이 가능하다. 하단 컨베이어 벨트와 구동축이 연결되어 동시에 작동하며, 최대 허용높이를 기준으로 적용가능 절단 형태의 크기를 결정한다. 컨베이어 벨트타입 식품가공기계의 대부분은 이 방식을 사용하고 있으며 가공에 있어 중요한 역할을 한다.

라. 반자동 프레스 시스템 구동 기술



그림 3-13. 반자동 프레스 시스템

그림 3-13.과 같이 기계에 작동 명령을 내리면 재료를 정해진 위치까지 밀어주고 다시 돌아오는 시스템이다. 이 시스템은 채소의 사각절단가공기에 주로 사용되어진다. 사각으로 가공하기 위해서는 사각 칼날부를 통과시켜 주어야 하는데 사람의 힘으로 밀어주어 통과 시켜주거나 모터의 힘으로 밀어주는 두 가지 방법이 있다. 일반 회전형 모터의 구동 방식이 아닌 리니어 모터로 밀어주는 방식이다.

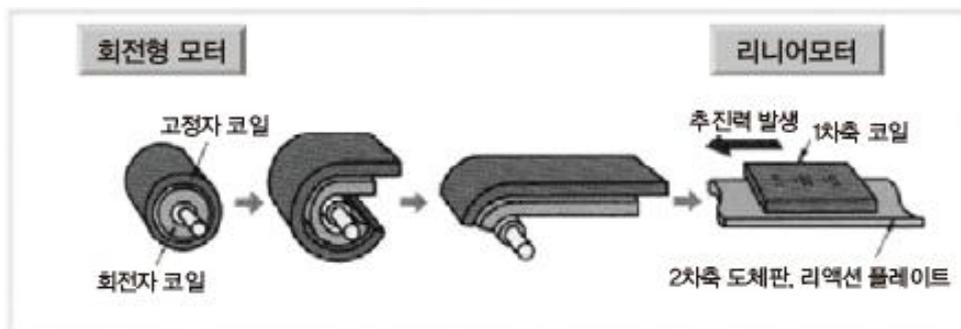


그림 3-14. 리니어 모터의 원리

리니어모터는 그림 3-14와 같이 회전형 모터를 축 방향으로 잘라서 펼쳐 놓은 형태이다. 기존의 회전형 모터는 회전방향으로 회전력을 발생시키지만 리니어 모터는 직선방향으로 미는 힘을 발생시키기 때문에 직선 구동력이 필요한 시스템에서 회전형 모터에 비해 우세하다. 직선형의 구동 시스템이 필요한 경우 회전형 모터는 스크류, 기어, 체인 등의 복잡한 기계적 변환이 필요하지만 리니어 모터의 경우 기계적인 변환장치가 필요 없기 때문에 효율적이다.

3. 모터시스템 구동기술

AC모터의 회전수는 컨덕터와 인덕터를 이용하여 조절이 가능하다. AC Motor의 경우 회전수 $N(\text{RPM})$ 은 $120 f (\text{Hz, 전원 주파수}) / P (\text{자극수})$ 로 나타내어지고 회전수를 바꾸기 위해서는 전원 주파수 $f (\text{Hz})$ 를 바꾸는 것이 가장 효율적이다. 모터의 속도는 전원주파수에 의해 그 회전수가 결정되기 때문에 주파수를 바꾸지 않으면 회전수를 자유롭게 바꾸는 것이 불가능하지만 특정 방법을 통해서 회전수의 조절이 가능하다.

AC모터의 회전수를 변화시키는 방법으로는 Pole Change, 전압 제어, 위상 제어 등이 있으나 Pole Change는 모터의 구조가 복잡하며 회전수 전환도 불연속적으로 단계적으로 변한다. 또한, 전압 제어와 위상 제어는 원활한 회전이 더 어렵고 소음 및 진동이 증대되는 단점이 있다. 따라서 인버터는 이러한 문제를 해결하는 가변 주파수 발생기로 저속 회전에서 고속 회전까지 원활한 모터의 속도 제어가 가능하다.

인버터란 전기적으로는 직류(DC)를 교류(AC)로 변환하는 역변환 장치이며 상용전원으로부터 공급된 전력을 입력받아 자체 내에서 전압과 주파수를 가변시켜 전동기에 공급함으로써 전동기 속도를 용이하게 제어하는 일련의 장치이다. 하지만, 일반 가정에서는 교류를 사용하기 때문에 정류기로 직류로 변환한 다음 임의의 교류를 만드는 과정을 먼저 밟게 되며 사용 목적에 따라 단상, 2상, 3상의 교류를 전력 증폭회로로 만들어 낸다. 이를 위해서는 레귤레이터(Regulator)(교류를 직류로 바꾸는 장치)가 필요하다.

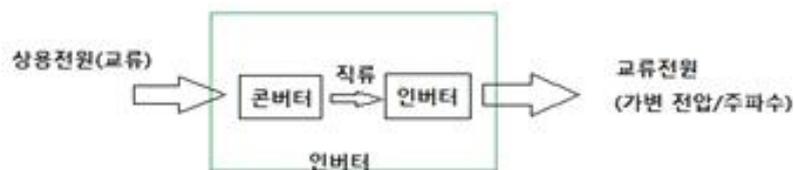


그림 3-15. 레귤레이터

레귤레이터는 리니어(Linear Regulator)방식과 스위칭(Switching Regulator) 방식으로 나뉜다. 리니어 방식의 레귤레이터는 직접적으로 전압을 낮추는 방식으로 변환과정에서 열이 많이 발생되며 이러한 열은 전기 에너지가 열에너지로 소모되는 것이기에 전력효율이 낮다. 따라서 통상 전류 요구량이 낮은 경우에 이용된다. 스위칭 레귤레이터는 발생하는 열도 적으며 대 전류를 흘릴 수 있으나 회로가 복잡하고 부품이 많이 필요해 가격이 높다는 단점이 있다. 일반적인 경우의 가정에서는 교류를 사용하므로 스위칭 전원(AC-DC 컨버터)의 회로 방식이 필요하다.

가. 컨버터 (Converter)

(1) 주회로 방식(기능)에 의한 분류

○ 플라이백 방식

스위칭 소자가 ON일 때에 인덕터에 전력을 축적하여 이 전력을 OFF일 때에 출력하는 회로 방식으로 출력 전력 용량이 큰 기종에는 적합하지 않아 소용량 기종에서 사용되고 있다. 넓은 입력 전압 범위를 확보할 수 있다는 장점이 있지만 비교적 큰 피크 전류가 스위칭 소자와 인덕터에 흐르는 단점이 있다. RCC(Ringing Choke Converter) 방식은 플라이백 방식의 한 종류이다.

○ 포워드 방식

스위칭 소자가 ON일 때에 전력을 1차 측에서 2차 측으로 전달시키는 회로 방식으로 회로 구성이 단순하고 안정적인 제어를 할 수 있기 때문에 많은 스위칭 전원에 채용되고 있다. 출력 전력 용량이 작은 기종은 물론 비교적 큰 기종에도 사용되고 있고 높은 전력 변환 효율을 얻을 수 있지만, MHz 대역의 노이즈 발생량이 많다는 결점이 있다.

○ 푸시풀 방식

스위칭 소자를 2개 사용하여 2개의 트랜스를 번갈아 가며 사용하는 회로 방식으로 트랜스의 이용 효율이 높아지기 때문에 출력 전력 용량이 비교적 큰 기종에 적용할 수 있다.

○ 하프 브릿지 방식

회로 동작은 푸시풀 방식과 같지만, 트랜스에 인가되는 전압이 입력 전압의 절반 정도로 낮기 때문에 스위칭 소자로 내압이 낮은 품종을 사용할 수 있는 장점이 있다. 출력 전력 용량이 큰 기종에 적용 가능하며 1kW 정도까지의 기종에 사용되고 있다.

○ 풀 브릿지 방식

하프 브리지 방식의 입력부를 풀 브리지로 변경한 회로 방식으로 하프 브리지 방식과 마찬가지로 내압이 낮은 스위칭 소자를 사용할 수 있는 장점이 있지만, 하프 브리지 방식에 비해 회로 구성과 제어가 복잡하게 된다는 단점이 있다. 높은 전력 변환 효율을 얻을 수 있어 출력 전력 용량이 큰 전원에 적용되고 있다.

나. 인버터 (Inverter)

인버터의 동작 원리는 전력용 반도체 (Diode, Thyristor, Transister, IGBT, GTO 등)를 사용하여 상용 교류 전원(AC)을 직류전원(DC)으로 변환시킨 후, 다시 임의의 주파수와 전압의 교류(AC)로 변환시켜 유도전동기의 회전속도를 제어하는 것이다. 실제 구성은 상용 AC 전원을 DC 전원으로 변환하는 CONVERTER 부분과 DC 전원을 차단하여 전압 및 주파수가 변화된 AC 전원으로 변환하는 INVERTER 부분으로 구성된다.

(1) 주회로 방식(기능)에 의한 분류

○ 전압형 (Voltage Source)

교류(AC)를 컨버터부에서 직류(DC)로 변환한 후 전압을 콘덴서로 평활해서 인버터부로 보내는데 콘덴서에 의해 평활된 직류(DC) 전압을 소정의 주파수로 변환시킴과 동시에 교류(AC) 전원으로 변환시켜 모터의 회전수를 변환하도록 하는 원리의 인버터로 펄스 진폭변조(PAM)와 펄스 폭 변조(PWM)로 구분된다. 다이오드 정류기를 사용하여 일정한 직류링크를 공유할 수 있어 여러 대의 전동기를 동시에 운전할 수 있고 개로 제어가 가능하며 무부하 운전도 가능한 장점이 있다. 제어용 소자의 사용에 제한이 없으며 피드백 다이오드를 제어소자와 역 병렬로 연결해야만 부하 측 에너지가 전원 측으로 반환될 수 있다. 회생제동을 위해서는 별도의 컨버터가 필요하며 그렇지 않을 경우, 발전제동방식으로 제동해야 한다. 펄스 진폭 변조(PAM, Pulse Amplitude Modulation)와 펄스 폭 변조(PWM, Pulse Width Modulation)로 나뉘며 펄스 진폭변조(PAM)은 정류부에서 직류(DC) 전압을 가변하여 콘덴서로 평활 전압을 만들어 인버터부로 주파수를 가변한다. 이 방식은 초기에 사용된 기술로 제어회로가 간단하지만 전력회로가 복잡하고 효율이 나쁘며 필터용 C 때문에 응답이 좋지 않아 현재는 잘 사용하지 않는 방식이다. 펄스 폭 변조(PWM) 방식은 정류부에서 일정 직류(DC)전압을 만들고 인버터로 전압과 주파수를 동시에 가변하여 제어회로 및 전력회로가 비교적 간단하고 효율이 높으며 입력전압의 크기를 펄스폭 제어하므로 응답이 우수하고 원활한 제어가 가능하여 고속 동작에 유리한 특징이 있어 최근 대부분의 인버터에 채용된다.

○ 전류형 (Current Source)

전류형 인버터는 전류원인 직류(DC)부에서 교류(AC)로 변환하는 것으로 일정한 크기의 직류(DC)를 구성하고 제어 정류기에 전류의 크기를 조절하여 주로 교류전동기의 운전이나 유도가열 및 무효 전력 발생 장치 등에 사용된다. 전동기의 회생제동이 회로의 구조상 가능하며 큰 인덕터를 사용하기 때문에 응답성 저하로 주로 저속운전에 적합하다. 무부하로 될 경우 전류가 흐를 경로가 없으므로 반드시 최소한의 부하가 필요로 한다.

전류원의 크기는 교류(AC) 입력일 경우 제어 정류기에 의해 조절되며 일정 직류(DC)의 경우에는 초퍼에 의해 각각 전압을 제어하여 변경한다. 제어 정류기의 제어각을 조정하므로 피드백 다이오드가 필요하지 않으며 그 대신에 직렬 다이오드를 사용한다. 만일 직렬 다이오드가 없을 경우에는 캐패시터가 부하에 병렬로 연결되어 방전되므로 전환에너지를 확보할 수 없다. 각 제어소자에 역전압이 걸리므로 SCR이 가장 적합하며 Power TR, MOSFET 및 GTO를 사용할 수 없다.

(2) 사용 소자에 의한 분류

○ MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)

일반 Transistor의 Base 전류 구동방식을 전압 구동 방식으로 하여 고속 스위칭이 가능하며 소용량(5KW이하)에 적용하며 스위칭 속도는 15KHz를 초과한다.

○ IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

대전류, 고전압에 대응이 가능하면서도 스위칭 속도가 15KHz이하로 빠른 특성을 보여 최근에 가장 많이 사용되고 있는 소자이다. 중,대용량 (1MW미만)에 적용한다.

○ GTO (Gate Turn Off Thyristor)

대전류, 고전압에 유리하며 스위칭 속도는 1KHz 이하이며 초대용량(1MW 이상)에 적용한다.

○ 고속 SCR

전류형 인버터에 사용하며 스위칭 속도는 수백 Hz 이하로 주로 대용량에 사용된다.

(3) 사용 전압에 의한 분류

1). 저압 인버터: AC 600V 이하

2). 고압 인버터: AC 600V 이상 (6.6KV, 3.3KV 등)

(4) 제어 방식에 의한 분류

v/f 제어 / 슬립 주파수 제어 / 벡터제어 (공간벡터, Field Vector 방식 등)

제 2 절 농산물의 물성 및 기계적 특성 구명

1. 채소의 물리적 특성 평가를 통한 절단 요인 분석

가. 채소별 기초 물성 및 기계적 특성인자 구명

기존 개발된 절단기는 특정 채소류의 절단 가공에만 국한되어 있어 절단 전처리를 해야 하는 채소의 종류가 많은 경우 칼날의 잦은 교체, 청소의 불편함 및 담당자의 안전사고 등의 문제점들이 발생한다. 이로 인해 절단 전처리 작업 효율은 현저하게 저하된다. 따라서 채소의 종류 및 형태와는 무관하게 절단 작업이 이루어지도록 절단기의 투입부와 절단부를 개선한다면 전처리 작업 효율 또한 일부분 향상될 수 있을 것으로 판단된다.

아울러 다목적 자동 채소 절단기의 개발 설계 및 구동 조건 등을 설정하기 위해서는 우선적으로 형상이 불균일한 농산물의 물리적인 특성을 구명해야 할 것이며, 형상, 크기, 및 체적 등과 같은 기하학적 특성과 외력에 의해 구명되는 기계적 특성(변형, 응력) 등이 다목적 자동 채소 절단기 개발에 있어 중요한 인자가 될 것으로 판단된다.

다목적 채소 절단기를 개발을 위한 선행연구로써 식품 조리 과정에서 많이 소비되고 있는 농산물(애호박, 오이, 무, 당근, 고구마, 표고버섯)의 기초 물성 및 기계적 특성 구명 연구를 수행하였다.

표적농산물(애호박, 오이, 무, 당근, 고구마, 표고버섯)의 구성 성분 및 함수량은 표 3-1에 요약하였으며, 표 3-1에서 보는 바와 같이 근채류(무, 당근, 고구마)의 경우 과채류(오이, 애호박)나 담자균류(표고버섯)와 비교해 상대적으로 수분함량이 낮고 섬유질 함량이 높은 것으로 나타났다.

표 3-1. 시료의 기본 구성 성분

	수분 (%)	섬유질 (%)	단백질 (%)	기타 성분 (%)
무	90.3	2.1	1.4	6.2
고구마	66.3	3.5	1.4	28.8
당근	89.5	3.3	1.1	6.1
애호박	93.0	1.2	0.9	4.9
오이	96.3	0.6	0.8	1.6
표고버섯	90.8	9	0.2	

출처: 농촌진흥청 농식품 종합 정보시스템(<http://koreanfood.rda.go.kr/>)

나. 표적 농산물의 기계적 특성 측정을 위한 시료 제작

대부분의 농산물은 외력 및 하중을 받게 되면 변형과 크리프(creep)가 형성되며 이로 인한 손상으로 인해 급격한 품질 저하가 발생하게 된다. 농산물이 외력을 받았을 때, 외력과 농산물 사이의 거동 관계를 다루는 것을 기계적 특성(mechanical properties)이라 하며, 농산물에 외력이 가해진 이후 시간에 따른 농산물의 거동 관계를 다루는 것을 리올로지 특성(rheological properties)이라 한다. 기계적 특성과 리올로지 특성을 측정하기 위해 구입한 표적 농산물은 각각 분류 저장하였으며, 외적인 환경적 요인을 배제하고 정확한 실험 데이터를 얻기 위해 실험 전 시료를 약 6시간 이상 실험실 환경(20℃, RH 65%)에 적응시킨 후 실험을 진행하였다. 시료 제작을 위해 표적 농산물의 불균일한 성장 속도를 고려하였다. 근채류에 속하는 무, 고구마 및 당근의 경우 뇌두와 중심부 두 곳을 선정하여 그림 2-4(a), (b)와 같이 시료를 제작하였고, 과채류에 속하는 오이와 애호박은 씨방을 제거하지 않은 상태에서 그림 3-16. (c), (d)와 같이 시료를 제작하였다. 근채류와 과채류에 속한 표적 농산물의 시료 형상은 반원주형으로 형상화 하였다. 또한, 담자균류인 표고버섯은 갓과 대를 분리하여 시료(그림 3.16. (e), (f))를 제작 실험하였다.

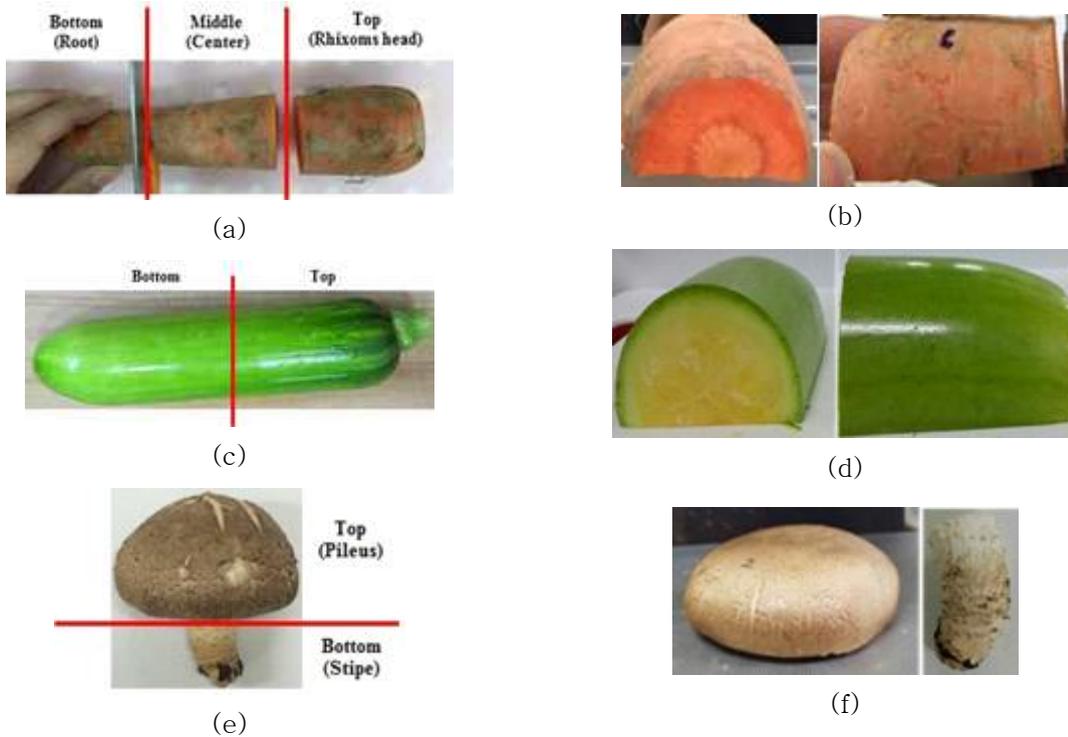


그림 3-16. 압축 응력 및 절단 실험을 위한 시료 제작 예:

(a), (b) 당근, (c), (d) 애호박, (e), (f) 표고버섯

다. 압축 응력 및 절단력 측정 실험 장치 구성

다목적 채소 자동 절단기의 투입부, 이송부 및 절단부 설계를 위해 고려해야 할 사항으로 이송 중 표적 농산물간의 압착으로 인한 손상 최소화 및 칼날의 절단 강도를 최적화 하는 것이다. 이에 따라 표적 농산물의 압축 응력 및 절단력을 측정하였다.

표적 농산물의 기계적 특성인자를 구명하기 위해 UTM(Universal Testing Machine)을 구축하여 사용하였으며(그림 3-17, 3-18), 구축된 실험 장비의 구성을 살펴보면 AC servo motor, LM guide 및 ball screw를 조합하여 크로스헤드가 수직 이동하도록 하였고, load cell을 이용하여 외력에 대한 시료의 물리적 반응을 계측하도록 하였다. 또한 load cell과 motor를 제어할 수 있는 PC로 구성하였다.

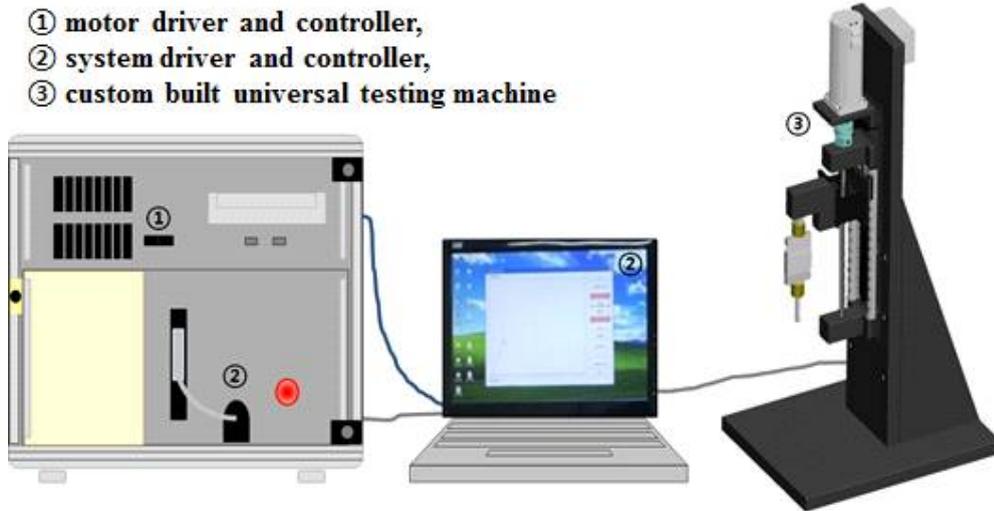


그림 3-17. 구축한 만능물성시험기 개략도



그림 3-18. 압축 응력 및 절단 시험을 위한 실험 장치

표 3-2. 압축 응력 및 절단력 시험 장치 제원

항목	사양	비고
서보 모터	AC 모터 정격 출력: 0.4 kW 행정: 200 mm	파나소닉 MSM011A1A
서보 모터 드라이버	회전수: 최대 5000 rpm	파나소닉 MSDO11A11XE
스트레인게이지 측정 보드	8 채널	ADAC 5508BG
STP-2M (PC) Board	for IBM PC-XT and AT	CONTEC STP-2M

라. 압축 응력 및 절단력 측정 실험 방법

표적 농산물의 기계적 특성을 측정하기 위해 모든 실험은 30회 이상 수행하였다. 채소 시료의 크기를 측정한 후 압축 응력 및 절단 실험을 실시하였으며 기계적 특성 중 생물체항복점과 파괴점을 기준으로 생물체항복강도와 절단력을 계측하였다.

그림 3-19.는 일반적인 농산물의 힘-변형 곡선을 보여주고 있다. 그림 3-19.에서 보는 바와 같이 선상에 3개의 변곡점이 생기며, 이 변곡점들은 비례한계(proportional limit: PI), 생물체항복점(bioyield point: BP) 및 파괴점(rupture point: RP)으로 구분된다. 생물체항복점이란 하중-변형곡선 상에서 하중은 증가하지 않지만 변형이 계속 일어나는 점을 말하며, 이 점에서 생물체의 세포 내 미세한 파괴가 시작된다. 파괴점은 생물체항복점을 지나 하중이 계속 가해지면 생물체에 금이 가고 파괴가 시작되는 점으로 생물체항복점과 파괴점 모두 크기는 하중(N)으로 표시한다. 또한 힘-변형곡선의 시작점에서 생물체항복점 및 파괴점까지의 수평거리를 각각 생물체항복변형량(bioyield deformation: BD), 극한변형량(rupture deformation: RD)이라 정의한다.

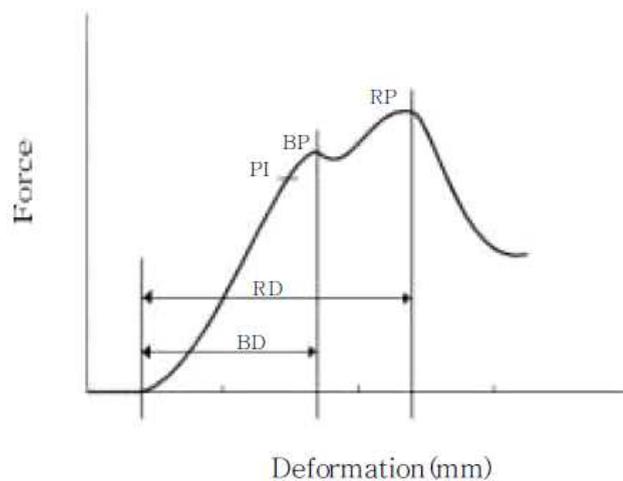


그림 3-19. 생물체의 힘-변형 곡선

압축 응력 실험에 사용된 프로브는 ASAE standard (1998)에서 규정되어 있는 끝단이 라운드 된 plunger를 사용하였으며(그림 3-20. (a)), 절단 실험에서는 두께 1 mm의 철판을 가공하여 날이 서 있지 않는 형상으로 제작하여 사용하였다(그림 3-20. (b)).

그리고 UTM의 하중재하속도는 ASAE standard (s368.3)에서 규정하고 있는 범위 (2.5 - 30 mm/min)내에서 선택하였다. 시료의 기계적 특성 즉, 생물체항복점 및 파괴점과 같은 변곡점들이 힘-변형 곡선 위에서 잘 표현될 수 있도록 본 실험에 앞서 하중재하속도 선정을 위한 사전 실험을 실시하였다. 본 실험과 동일한 조건으로 제작된 시료를 대상으로 하중재하속도를 5 - 25 mm/min 범위 안에서 5 mm/min 간격으로 증가시키면서 시료별로 각각 3회 이상 반복하여 압축 응력과 절단 실험을 실시하였다. 사전 실험 결과를 토대로 하여 본 실험에서는 채소의 특성에 맞는 하중재하속도를 선정하였으며, 그림 2-8에서 보는 바와 같이 반원주형으로 제작된 시료의 완전 파괴가 이루어질 때까지 수평 단면의 수직 방향으로 일정한 힘을 가하였고, load cell과 DAQ 보드를 활용하여 가해진 외력에 의해 발생하는 시료 내부의 반발력과 측정 시간의 변화에 따른 변위를 측정하고 데이터를 수집하였다. 이와 같이 수집된 힘, 변위 및 시간에 대한 정보를 활용하여 시료의 힘-변형 곡선을 분석할 수 있는 프로그램을 개발 후 사용하였으며 그림 3-21.에 그 결과를 도시하였다. 이와 같이 측정된 힘, 변위 및 시간에 대한 데이터를 활용하여 시료의 힘-변형 곡선을 분석할 수 있는 프로그램을 개발하여 사용하였으며 그림 3-21.에 그 결과를 도시하였다.

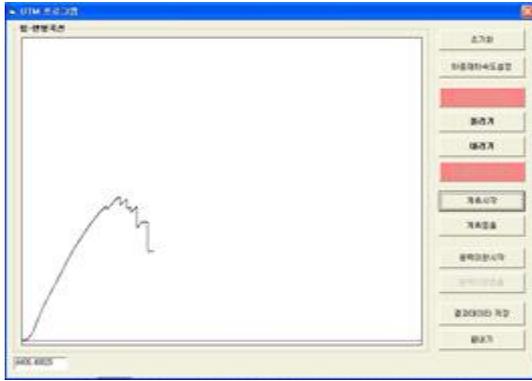


(a) 압축 응력 시험 프로브

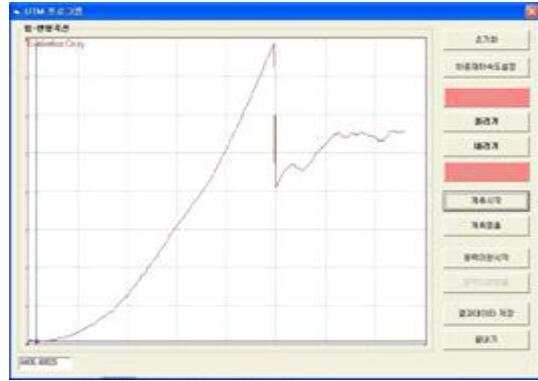


(b) 절단 시험 프로브

그림 3-20. 압축 응력 및 절단 시험에 사용된 프로브 형상



(a) 압축 응력 시험 곡선



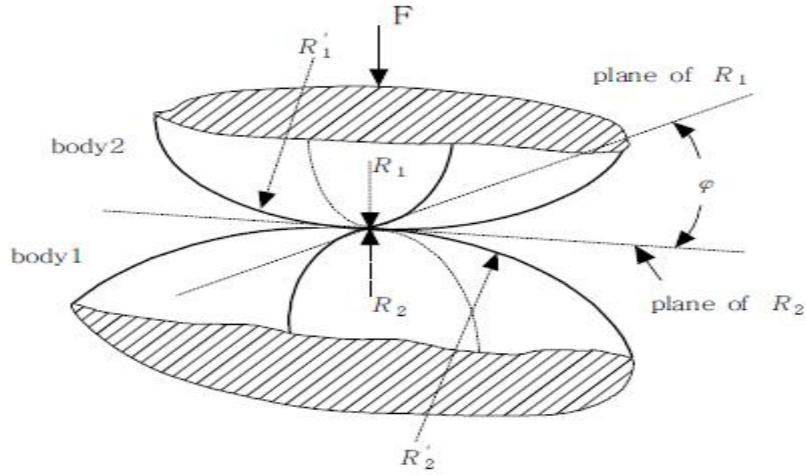
(b) 절단력 시험 곡선

그림 3-21. 측정 프로그램을 통해 도시된 힘-변형 곡선

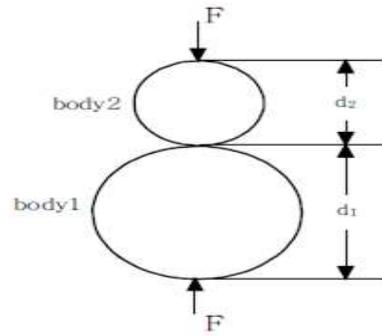
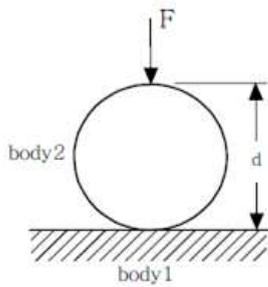
마. 압축 응력 및 절단력 측정 결과

(1) 기계적 특성 규명(I): 압축 응력

농산물은 그림 3-19.에서 보는 바와 같이 힘-변형 곡선이 대부분 곡선형태로 나타나게 되며 이 같은 원인으로 농산물 내부의 수분과 조직의 비균질성을 들 수 있다. 청과물 및 구근채소 등의 농산물은 가공 처리하는 동안 농산물 간의 접촉으로 인하여 접촉응력이 발생하게 된다. 이러한 접촉 응력이 농산물의 생물체항복강도를 초과하게 되면 영구적인 손상이 이루어진다. 농산물과 같은 점탄성체의 접촉 응력에 대한 이론은 정확하게 확립되어 있지 않지만 Hertz의 탄성체에 대한 접촉 응력 이론에 여러 가설들을 추가적으로 활용하여 설명하고 있다. Hertz의 이론에 의하면 두 물체 사이의 접촉면은 타원이 되고 접촉면의 중심에서 최대 접촉 응력이 발생한다(그림 3-22.). 만약, 두 물체가 F 의 힘에 의해 접촉하고 있다면 식 (1) - (4)를 활용하여 두 물체의 접촉면에 발생하게 되는 최대 접촉 응력을 계산할 수 있다.



(a) Hertz 접촉 이론



(b) 평판과 구 형상의 접촉

(c) 구와 구 형상의 접촉

그림 3-22. 볼록한 형상을 가진 두 물체 사이의 접촉 예

$$\sigma_{\max} = \frac{1.5}{\pi ab} \quad (1)$$

$$a = m \left[\frac{3FK}{2(1/R + 1/R_1' + 1/R_2 + 1/R_2')} \right]^{1/3} \quad (2)$$

$$b = n \left[\frac{3FK}{2(1/R_1 + 1/R_1' + 1/R_2 + 1/R_2')} \right]^{1/3} \quad (3)$$

$$K = \frac{(1 - \mu_1^2)}{E_1} + \frac{(1 - \mu_2^2)}{E_2} \quad (4)$$

where, σ_{\max} : 대 접촉응력 [Pa], F : 하중 [N], a, b : 타원의 장반지름, 단반지름 [m],

R_1, R_1' : body 1의 최소 최대 곡률반지름 [m],

R_2, R_2' : body 2의 최소 최대 곡률반지름 [m],

, n : 룰반지름 (R_1, R_2, R_2') 및 ϕ 의 함수로 주어지는 상수, 무차원,
 ϕ : 최소곡률반지름 (R_1, R_2)이 이루는 평면의 사이각 [$^\circ$],
 μ_1, μ_2 : body 1, 2의 푸아송비, 무차원,
 E_1, E_2 : body 1, 2의 탄성계수 [MPa]

또한, 두 물체의 총 변형량은 식 (5)에 의해 계산되어지며, 최소·최대 곡률반지름 R_1, R_1' 등은 그림 3-23.과 같은 곡률계를 사용하여 측정하였고 식 (6)을 이용하여 계산하였다. 측정된 시료의 타원의 형상으로 형성되는 시료의 접촉 면적은 식 (7)을 통해 계산되어졌다. 표 3-3.은 그림 3-23.에서 보여준 곡률계를 이용하여 압축 응력 및 절단 실험에 사용된 시료들의 곡률과 높이를 측정한 값이다.

$$D = \frac{k}{2} \left[\frac{9F^2 K^2}{\pi^2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1'} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_2'} \right) \right]^{1/3} \quad (5)$$

where, k : 곡률반지름들 (R_1, R_1', R_2, R_2') 및 ϕ 의 함수로 주어지는 상수, 무차원

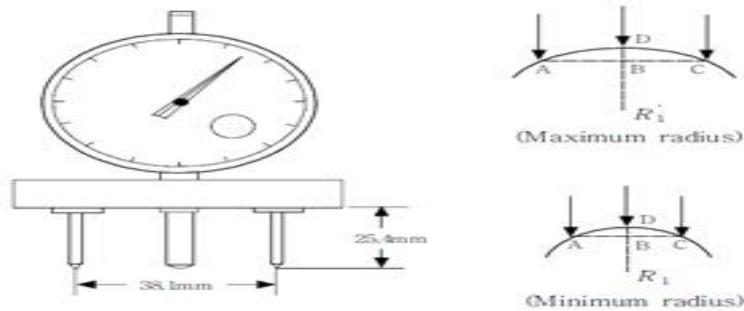


그림 3-23. 볼록한 형상의 곡률 측정 방법

$$R_1 \text{ or } R_1' = \frac{(AC)^2}{8(BD)} + \frac{BD}{2} \quad (6)$$

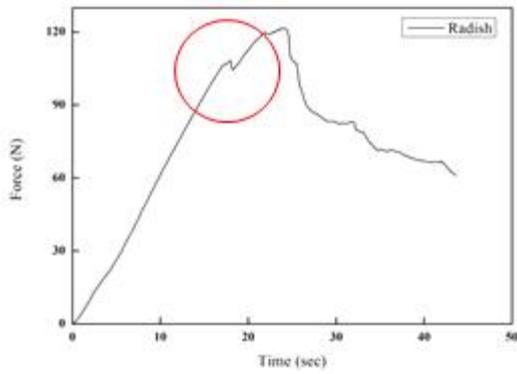
$$A = \pi ab = \pi h^2 (2R_1 - h)(2R_2 - h) \quad (7)$$

where, A : 변위에 따른 접촉면적 [m^2], h : 변위 [m], a : 타원 장축의 반경 [m],
 b : 타원 단축의 반경 [m], R_1, R_2 : 상부 곡면의 최대, 최소 곡률반경 [m]

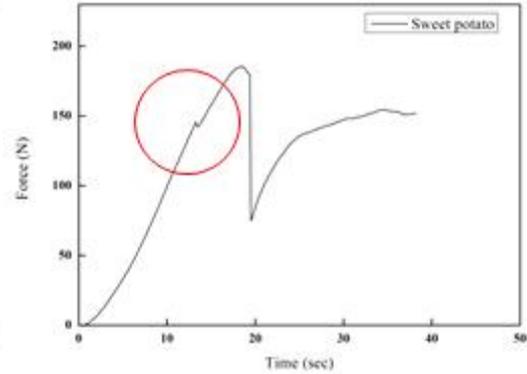
표 3-3. 시료의 기초 물성

시료		압축 응력 실험			절단력 실험
		장곡률 (mm)	단곡률 (mm)	높이 (mm)	높이 (mm)
무	최대값	5.82	9.68	58.40	47.85
	최소값	2.57	5.81	29.13	21.46
	평균	4.07	7.50	44.50	35.37
	표준편차	0.71	0.82	6.88	5.91
고구마	최대값	7.45	20.97	37.35	30.74
	최소값	1.15	8.66	15.21	15.97
	평균	3.65	14.46	24.17	23.04
	표준편차	1.30	3.24	4.00	3.89
당근	최대값	5.49	21.50	30.33	34.87
	최소값	0.67	9.08	11.94	14.78
	평균	2.71	15.26	21.25	21.94
	표준편차	1.03	3.09	4.41	4.29
애호박	최대값	5.89	13.86	28.59	21.83
	최소값	0.00	9.10	20.32	13.51
	평균	1.82	11.24	24.20	17.80
	표준편차	1.21	1.24	1.85	2.09
오이	최대값	2.76	21.12	22.61	26.40
	최소값	0.32	11.34	12.31	15.42
	평균	1.37	17.96	18.82	21.15
	표준편차	0.63	1.89	2.42	2.52
표고버섯	최대값	70.56	67.72	24.98	17.24
	최소값	51.98	40.77	16.67	7.40
	평균	59.98	54.65	20.86	13.38
	표준편차	4.66	5.21	2.15	2.56

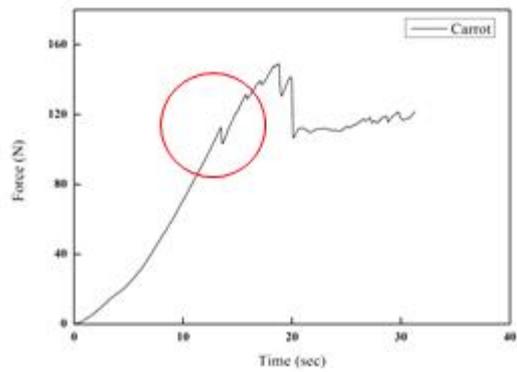
사전 실험을 통해 선정된 각각의 농산물에 대한 최적 하중재하속도를 적용하여 표적 농산물의 압축 응력 실험을 실시하였으며 계측된 시료의 힘-변형 곡선 위에서 비례한계 점을 지나 관측되는 첫 번째 변곡점을 생물체항복점으로 선정하였다. 그림 3-24.는 각각의 시료에 대해 측정된 압축 응력 실험의 힘-변형곡선을 도식화하였으며, 그 결과 값을 표 3-4.에 정리하였다.



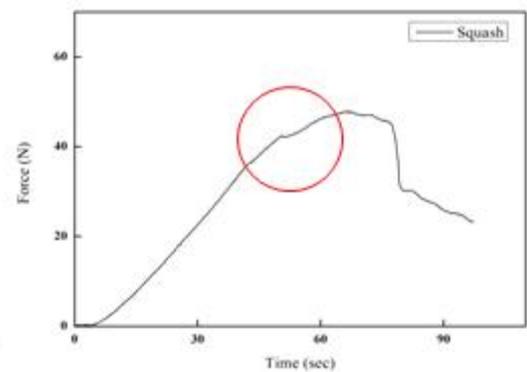
(a)



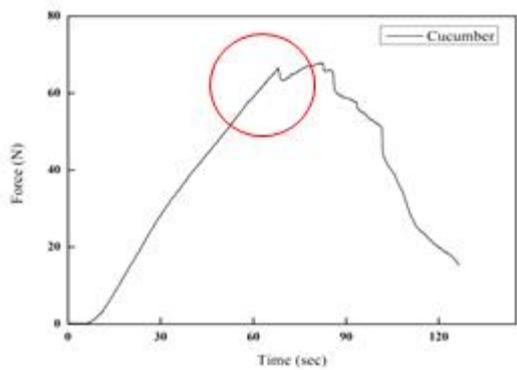
(b)



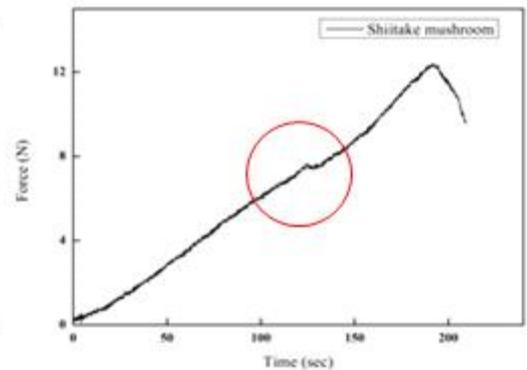
(c)



(d)



(e)



(f)

그림 3-24. 압축 응력 실험을 통한 힘-변형 곡선:

(a)무, (b)고구마, (c)당근, (d)애호박, (e)오이, (f) 표고버섯

표 3-4. 시료의 압축 응력 실험 기계적 특성 값

		무	고구마	당근	애호박	오이	표고버섯
하중재하속도 (mm/min)		15	15	15	10	10	5
생물체 항복점 (N)	최대값	108.43	177.76	144.14	58.10	48.27	12.89
	최소값	93.74	124.73	76.18	21.96	37.22	3.11
	평균	100.56	146.98	116.65	37.15	42.72	7.89
	표준편차	3.95	14.59	15.61	6.81	2.54	2.51
생물체 항복강도 (kPa)	최대값	2053.18	3366.05	2729.36	1100.08	914.08	244.07
	최소값	1775.05	2361.83	1442.54	415.75	704.79	58.89
	평균	1904.23	2816.59	2208.83	703.45	808.90	149.33
	표준편차	74.79	295.50	295.58	129.01	48.02	47.61
파괴점 (N)	최대값	130.76	198.58	167.91	72.51	79.60	30.17
	최소값	108.14	168.44	130.97	46.42	64.85	10.09
	평균	119.66	181.35	149.11	61.32	70.86	18.96
	표준편차	6.62	9.05	9.71	7.14	3.09	5.42
극한강도 (kPa)	최대값	2476.03	3760.29	3179.43	1373.01	1507.25	571.21
	최소값	2047.73	3189.55	2479.93	880.94	1227.92	189.55
	평균	2265.83	3433.95	2823.43	1161.32	1341.75	360.43
	표준편차	125.38	171.39	183.82	135.44	58.43	104.15

그림 3-24.에서 보는 바와 같이 모든 시료에서 생물체항복점이 뚜렷하게 나타났으며, 생물체항복점 평균값은 고구마, 당근, 무, 오이, 애호박, 표고버섯 순으로 각각 146.98 N, 116.65 N, 100.56 N, 42.72 N, 37.15 N 및 7.89 N으로 나타났다. 또한 생물체항복강도, 파괴점 및 파괴강도 또한 동일한 크기순으로 나타났다.

계측된 결과 값을 토대로 하여 선행 연구들과 비교해 본 결과, 무와 당근의 경우 김의 다수(1999)가 계측한 생물체항복점(무: 308.5 N, 당근: 258.3 N) 및 파괴점(무: 348.0 N, 당근: 299.6 N)에 비해 작은 값으로 나타났는데 이는 압축 응력 실험에서 사용된 시료와 실험 프로브의 형상에 의한 오차 값으로 판단된다. Thompson 외 다수(1982)는 오이의 절편을 제작하여 직경 0.315 cm인 펀치로 오이 과육의 3점을 돌아가면서 압축 응력을 측정하였으며 측정 결과 펀치 면적 0.2 cm²에서 압축 응력이 가해지는 힘이 약 18 N이었다고 보고하였다.

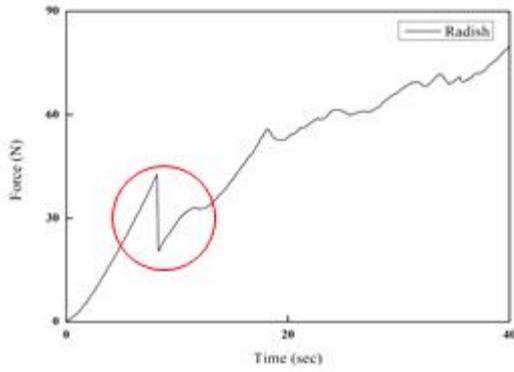
이와 같은 결과는 오이의 과육만을 측정된 결과로 과피를 포함하여 측정된 본 실험 결과와는 평균값에서 다소 차이(42.72 N > 18 N)가 있음을 알 수 있었다. 또한 Gibe and Lee(2008)는 저온 저장 상태로 보관 중인 호박의 경도를 측정하였으며, 초기 저장 상태에서의 경도 값이 약 25 N - 40 N 사이였다고 보고하였다. 이와 같은 결과를 본 실험과 비교해 보았을 때 오차가 있는 것으로 나타났으나 이는 시료의 품종과 측정 환경이 다르기 때문에 나타난 결과라 판단된다.

또한, 앞에서 언급했던 표 3-1.에서 보고된 채소 구성 성분들을 비교 판단해 본 결과 일반적으로 중량이 무겁고 표면이 단단한 근채류가 다른 과채류나 담자균류 보다 기계적 특성 값들이 크게 나타났으며, 담자균류를 제외한 채소류는 상대적으로 수분 함량이 적을 수록 그리고, 섬유질이 많이 함유되어 있을수록 값들이 크게 나타났다. 또한 담자균류의 경우 섬유질 함량은 높지만 수분함량 또한 많아 구성하고 있는 조직이 무르기 때문으로 판단된다.

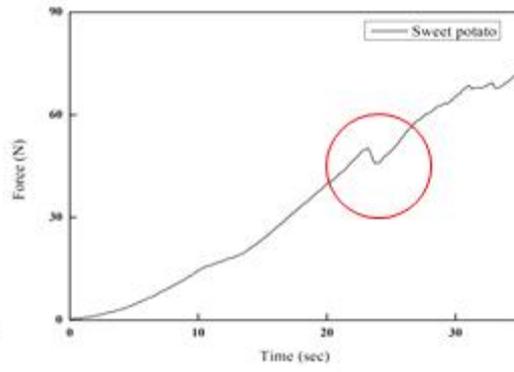
이와 같이 본 연구에서 수행된 실험과 선행연구들과 비교해 본 결과 계측 값들이 다소 차이가 있었으나 이는 시료와 실험 프로브의 형상 및 하중재하속도 등의 차이에서 오는 것이라 판단된다. 따라서 이러한 오차를 줄이고 데이터의 신뢰성을 높이기 위해서는 실험 방법 및 시료를 정량화하여 꾸준히 데이터를 축적하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

(2) 기계적 특성 규명(II): 절단력

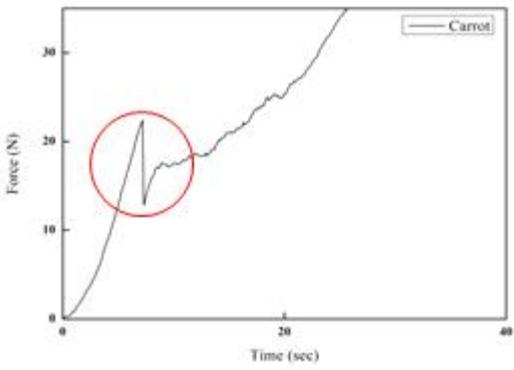
압축 응력 실험과 동일하게 사전 실험을 통해 각각의 시료에 적합한 하중재하속도를 선정하였고, 시료에 대한 절단 실험을 수행하였다. 표 2-5와 그림 2-12에는 각 시료에 대한 절단 실험 결과를 정리 및 도식화하였다.



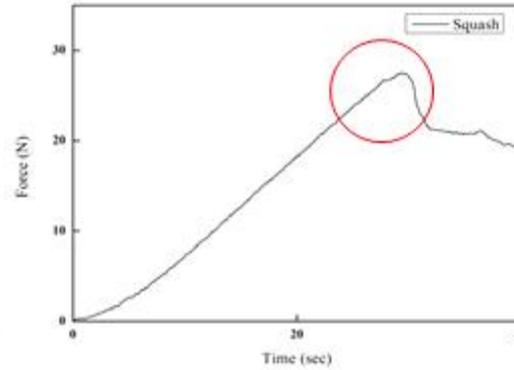
(a)



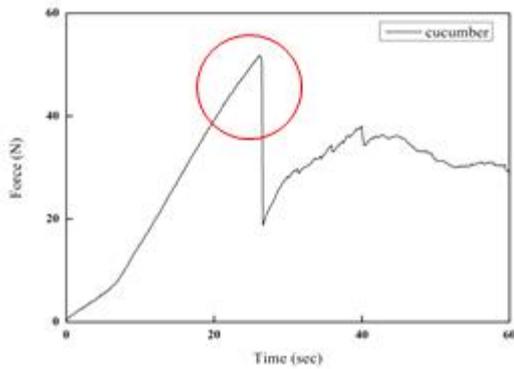
(b)



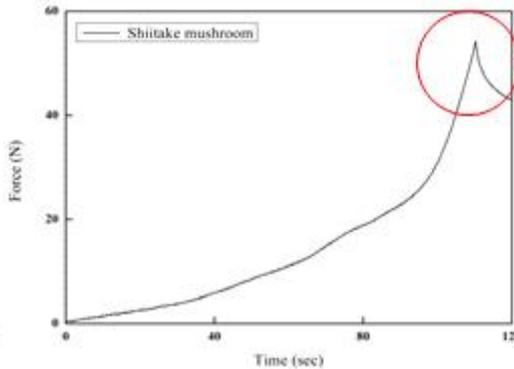
(c)



(d)



(e)



(f)

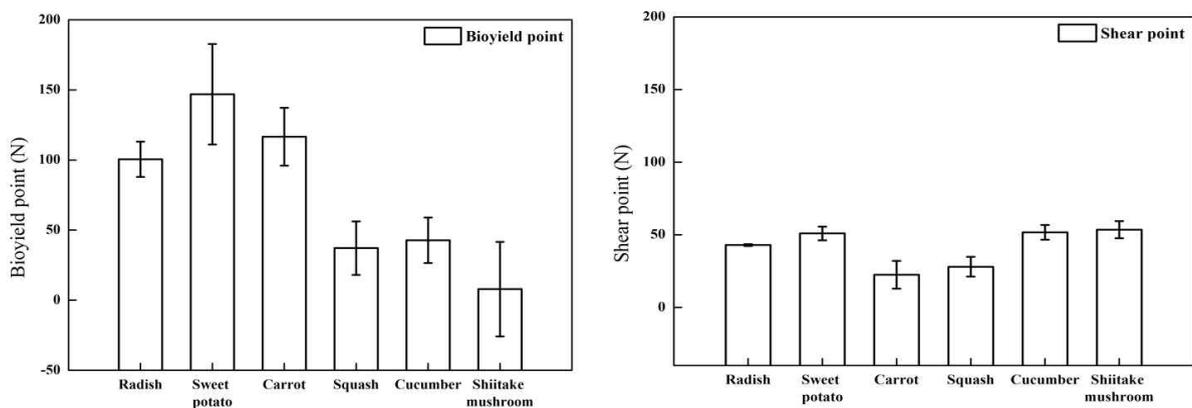
그림 3-25. 시료의 절단 시험 힘-변형 곡선:

(a)무, (b)고구마, (c)당근, (d)애호박, (e)오이, (f) 표고버섯

표 3-5. 시료의 절단 실험 기계적 특성 값

		무	고구마	당근	애호박	오이	표고버섯
하중재하속도 (mm/min)		15	10	10	10	15	10
절단력 (N)	최댓값	64.65	78.08	33.28	37.37	67.62	83.73
	최소값	31.37	30.79	12.84	21.00	34.61	29.76
	평균	42.89	50.88	22.50	28.00	51.64	53.47
	표준편차	7.46	11.69	4.92	4.03	7.41	13.22

그림 3-25.에서 보는 바와 같이 모든 시료에서 절단에 의한 파괴점이 뚜렷하게 나타났으며, 실험 결과는 앞서 수행한 압축 응력 실험과 달리 절단력의 크기가 표고버섯, 오이, 고구마, 무, 애호박 및 당근 순으로 각각 53.47 N, 51.64 N, 50.88 N, 42.89 N, 28.00 N 및 22.50 N으로 나타났다. 이와 같은 결과로 판단하여 볼 때 표고버섯의 경우 수분과 섬유질을 많이 함유하고 있어 연성이 좋아 절단력에 대한 저항이 높은 것으로 판단되며 과채류인 오이와 애호박의 경우 근채류인 무와 당근에 비해 상대적으로 껍질 부분에 섬유질이 많이 모여 있어 절단력이 높게 측정된 것으로 판단된다. 반면에 섬유질이 많이 함유되어 있는 당근의 경우 조직이 단단하고 다른 채소들에 비해 연성이 부족하여 쉽게 부서지기 때문에 절단력이 가장 낮게 나타난 것으로 판단된다. 그러나 압축 응력 실험과 달리 순수하게 채소의 절단 하중을 측정하는 절단 실험의 경우 국내·외 연구가 부족한 실정이기 때문에 다목적 채소 절단기를 개발하기 위해서는 보다 정량화 된 절단 실험 데이터가 축적될 필요성이 있어 보인다. 그림 3-26.는 본 실험에서 채소에 가해진 압축 응력과 절단력의 평균값을 비교하여 나타내었다.



(a) 평균 압축 응력

(b) 평균 절단력

그림 3-26. 시료들의 평균 압축 응력 및 절단력 값

(3) 칼날 형상에 따른 절단력 측정

압축 응력 및 절단 실험을 통해 획득한 데이터를 분석하기 위해 그림 3-27.와 같이 채소의 기계적 특성을 해석할 수 있는 프로그램을 자체 개발하여 이용하였고 채소의 절단에 필요한 요인들을 찾고자 하였다. 또한 절단기에 장착되는 칼날의 형상에 따른 절단력을 확인하고자 UTM을 활용하여 그림 3-27.와 같은 방법으로 측정하였다. 그림 3-28.에서 보는 바와 같이 칼날의 형상은 반달형과 원형 형상으로 구성되었으며, 원형 칼날의 경우 단면 절인 칼날과 양면 절인 칼날로 구분하여 실험하였다. 그림 3-29.은 칼날의 형상에 따라 측정된 절단력의 대표적인 형태를 도시하였다. 표적 농산물의 절단력을 확인하고자 수행하였던 사전 절단 실험 그래프와 비교하여 보았을 때 그래프 형태가 다르게 나타났다. 이 같은 결과는 실험이 진행되는 동안 시료 내부에서 칼날의 두께와 형상에 따른 절단 저항이 증가하였기 때문이다. 시료와 칼날의 형상에 따른 절단력 측정 결과는 표 3-6.에 정리하였다.

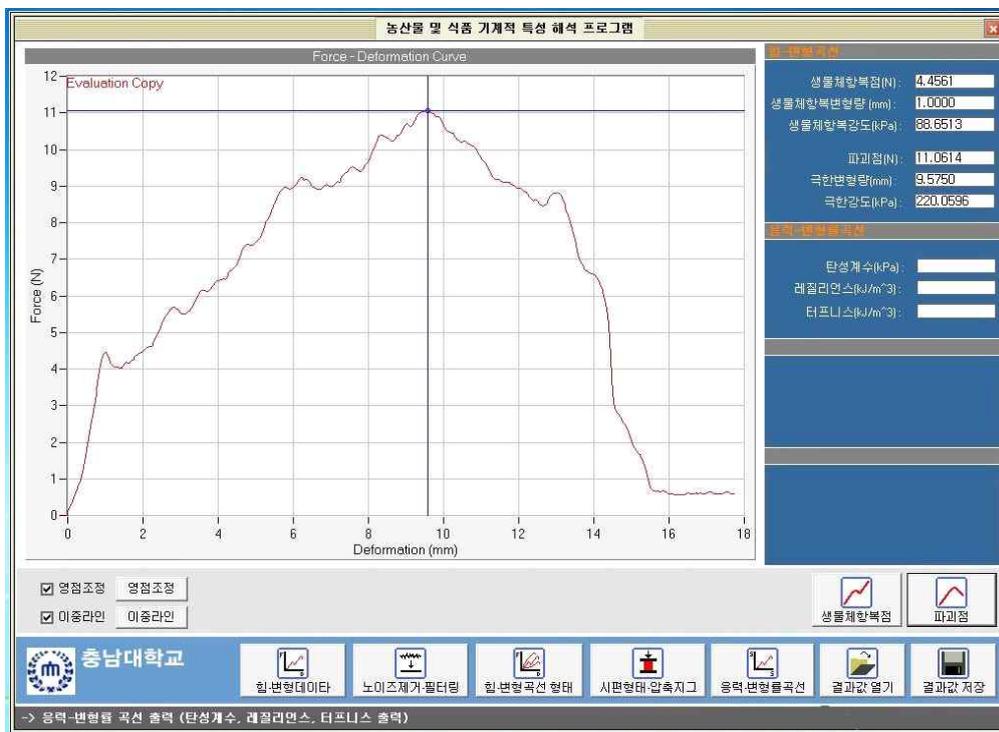


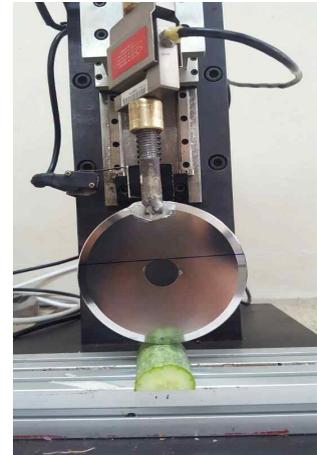
그림 3-27. 기계적 특성 분석 프로그램



(a) 반달형 날

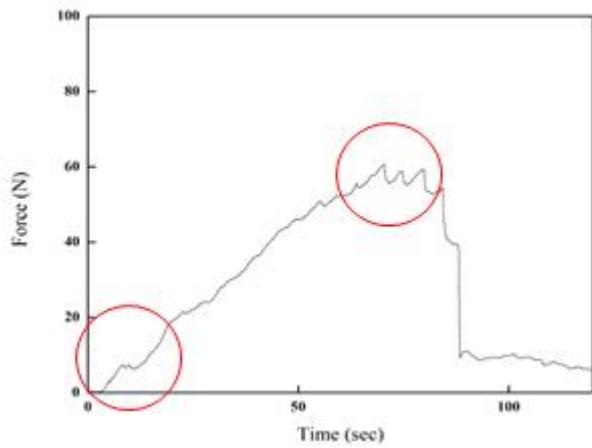


(b) 원형 날(양면 날)

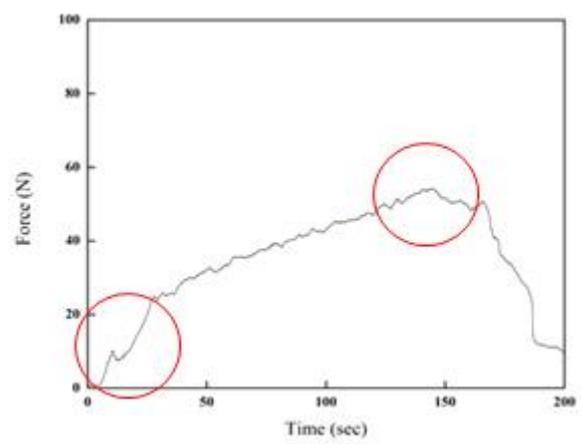


(c) 원형 날 (단면 날)

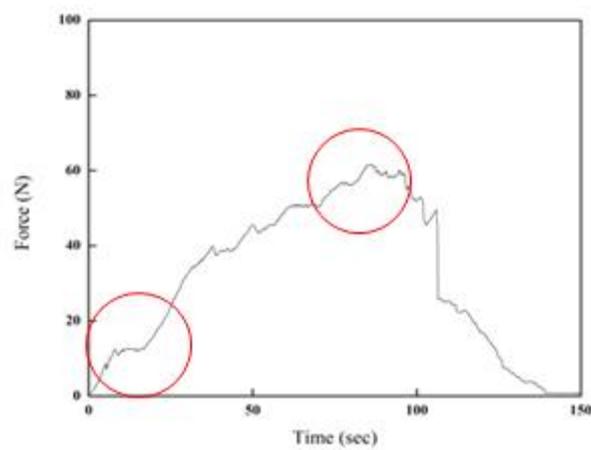
그림 3-28. 칼날 형상에 따른 절단 실험



(a) 반달형 날



(b) 원형 날(양면 날)



(c) 원형 날 (단면 날)

그림 3-29. 칼날 형상에 따른 절단 실험 결과 측정된 힘-변형 곡선

표 3-6. 칼날 형상에 따라 측정된 절단력

시료	절단력력 (N)	칼날 형상					
		반달형 날		원형 날(양면 날)		원형 날(단면 날)	
		초기 절단력	말기 절단력	초기 절단력	말기 절단력	초기 절단력	말기 절단력
무	최댓값	22.82	83.26	15.57	34.06	42.06	50.85
	최소값	8.53	44.51	8.33	21.75	12.31	40.41
	평균	12.13	57.26	12.05	26.59	25.60	42.09
	표준편차	4.04	10.57	1.81	3.60	8.18	12.77
고구마	최댓값	23.174	104.32	10.22	54.23	15.08	68.53
	최소값	7.444	58.53	4.69	34.94	7.68	56.49
	평균	12.794	82.70	6.98	44.14	10.24	61.06
	표준편차	4.95	18.88	1.72	7.00	2.62	4.48
당근	최댓값	8.775	59.88	5.46	37.98	9.80	56.63
	최소값	2.845	28.84	3.20	16.50	3.95	28.19
	평균	5.41	38.91	4.19	26.28	5.82	39.10
	표준편차	1.86	10.20	0.62	5.79	1.62	8.04
애호박	최댓값	4.82	16.40	4.34	10.92	7.04	13.78
	최소값	2.00	10.59	2.44	5.42	3.56	10.81
	평균	3.31	13.18	3.41	7.66	4.75	11.93
	표준편차	1.03	1.46	0.57	1.76	1.01	0.95
오이	최댓값	8.28	18.15	15.32	17.93	11.29	15.36
	최소값	1.06	11.18	2.22	9.06	0.68	10.93
	평균	3.81	14.12	5.88	11.88	7.39	12.17
	표준편차	2.01	2.36	3.37	2.25	3.43	1.14
표고버섯	최댓값	4.59	78.93	3.29	66.02	9.26	57.55
	최소값	0.79	31.54	1.81	41.24	1.49	22.92
	평균	1.96	55.87	2.59	52.10	5.64	44.76
	표준편차	1.35	16.81	0.54	9.04	2.87	11.69

제 3절 다목적 자동 채소 절단기 설계 및 개발

다목적 자동 채소 절단기의 layout은 기존 채소절단기의 절단부, 이송부(투입) 및 배출부와 같은 주요 부분의 구조분석을 통해 채소 절단기의 재료물성 및 적용 방식을 선정하고 구체적인 사양을 선정한 후 채소 절단기의 시스템을 설계하였다. 기존 채소 절단기 제품 분석은 현재 시중에 판매중인 국/내외 채소절단기 제품과 기술에 대해 분석하여 벤치마킹(benchmarking)의 가능성을 검토하였으며, 채소 절단기의 구조 분석은 다양한 채소 적용의 가능성 및 적용방향을 선정하기 위한 과정이다. 채소 절단기의 주요 시스템과 구조 분석을 통해 각각의 파트에 대한 구동방식, 모터제어, 재질 등의 핵심 사양이 결정된다. 결정이 되면 채소 절단기 플랫폼 개발을 위한 전체 layout을 설계한다.

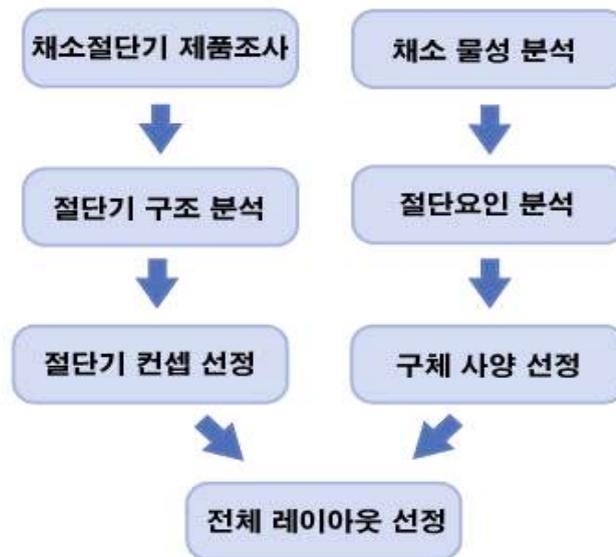


그림 3-30. 다목적 자동 채소 절단기 레이아웃 설계

1. 절단부 layout 설계 및 개발

가. 절단부 layout 설계

채소 절단기의 절단부 layout은 채소 절단기의 제품분석, 구조분석, 채소의 절단요인분석, 최종 상세설계 및 개발 진행단계로 설계하였다. 기존 시중에 판매되고 있는 채소 절단기 및 절단기술을 분석하여 다양한 채소를 한 기계에 절단가공 할 수 있고 기존제품 대비 손실률 감소 및 작업효율을 증가 시킬 수 있도록 구조를 선정하였다.

절단부 구조 분석에서는 기존 채소 절단기에 적용된 S형 칼날 절단, 칼날 조합 절단, 탈부착 칼날 절단, 원형 칼날 절단방식의 절단기 적용 가능성을 검토하였다. S형 칼날은 구조가 단순하고 회전속도가 빠르며 교체가 용이하지만 채소 절단 시 재료의 압력을 가하여 내리치는 절단방식으로 절단면이 매끄럽지 못하여 상품성이 떨어질 수 있고 절단 두께 조절이 어렵다는 단점이 있다. 칼날 조합방식 절단의 경우 일정한 간격으로 채소를 세절되는 형태로 샤프트, 원형 칼날, 칼날와셔, 스크래퍼로 구성돼 있다. 샤프트의 일정한 간격으로 칼날과 칼날와셔를 조합하여 구성되는 형태로 두 개의 칼날 조합체가 서로 맞물려 작동되는 구조이다. 수직방향 및 수평방향으로 설계가 가능하지만 절단 두께 조절이 어렵고, 많은 수량의 칼날로 구성돼 있어 사후 관리에 애로사항이 발생한다. 탈부착 칼날 절단장치는 채소의 절단두께나 형태에 따라 탈·부착하여 다용도로 사용할 수 있는 구조이다. 하지만 이송시스템이 없고 작업자가 일정량을 투입시켜 주어야하기 때문에 대량작업이 어렵고 부피가 큰 채소는 작업이 어렵다. 원형 칼날 절단방식은 회전하는 칼날에 재료가 이송되면서 절단되어 얇은 두께절단도 가능하고, 재료의 깨끗한 절단면 확보가 가능하다는 장점이 있다. 검토 결과에 따라 최종 절단부 layout은 그림 3-31, 3-32와 같이 설계하였다. 절단부가 회전할 때 원형칼날도 회전을 하면서 낮은 회전속도에서도 깔끔하게 재료를 절단이 가능하고 작업자가 쉽게 교체 가능한 구조로 작업효율을 높였다. 기존 절단기의 경우 작업자가 채소 절단 형태에 따라 수동 조작을 하는 번거로움이 있는데 리니어 모터를 적용하여 터치패널에서 제어가 가능하도록 하여 안전성 및 편의성을 향상시켰다.

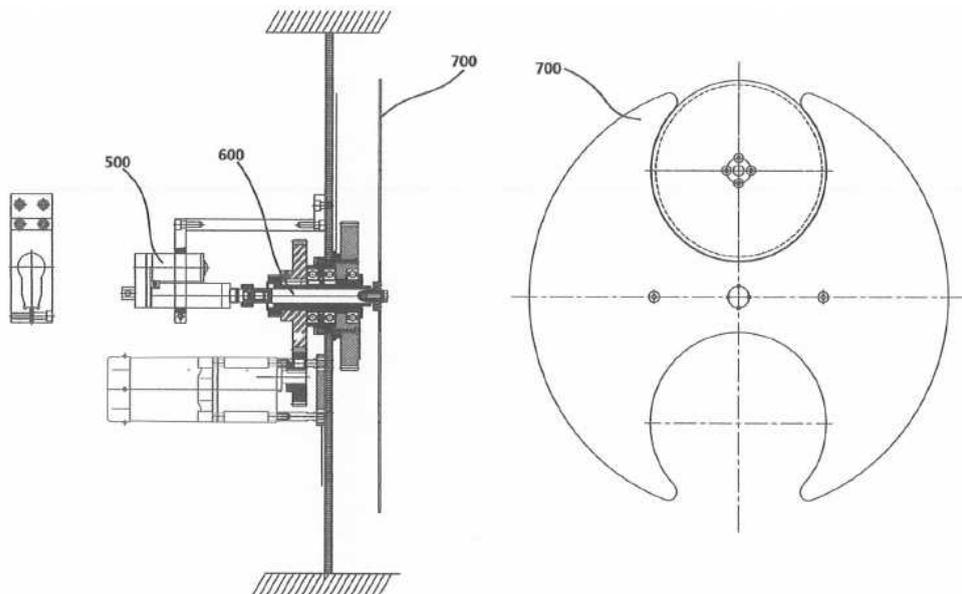


그림 3-31. 다목적 자동 채소 절단기 절단부 layout

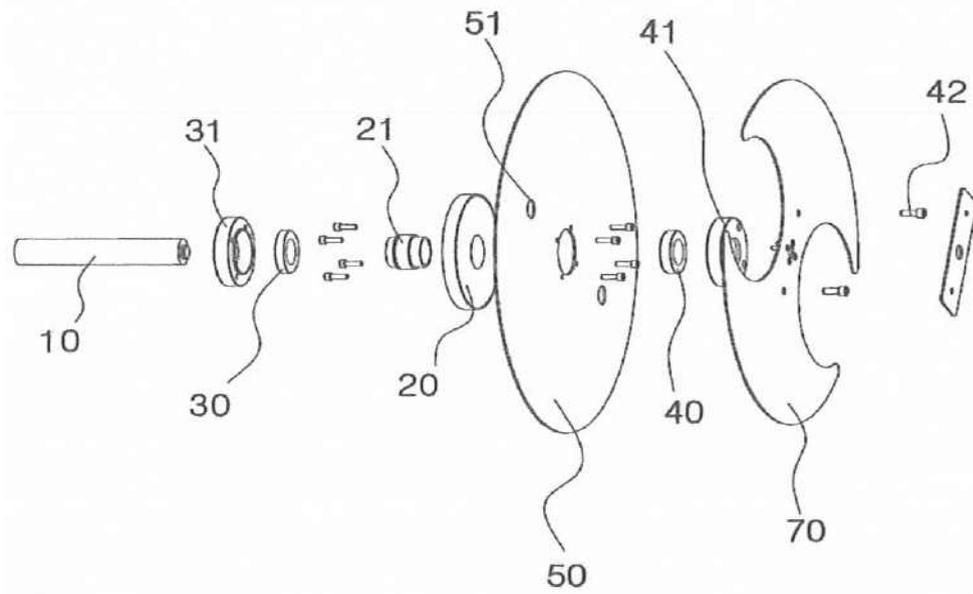


그림 3-32. 절단부 분해도

(1) 원형 칼날 상세설계

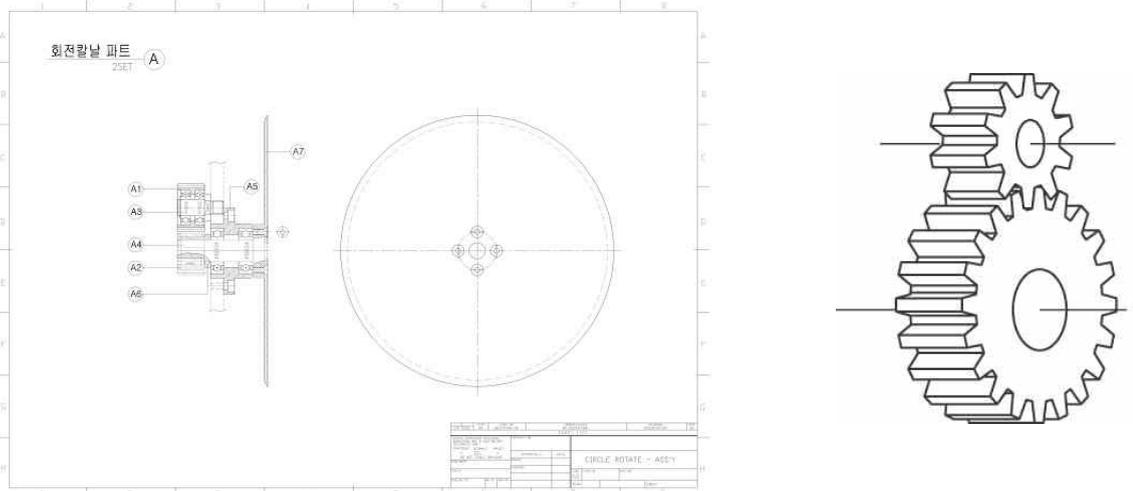


그림 3-33. 원형칼날 상세설계

칼날의 사양은 지름 250mm, 두께 3T, 재질 STS 440C로 2개가 장착된다. 칼날이 단면인 형태로 칼날의 한쪽 면이 평면이기 때문에 절단 두께 원점 설정에 용이하다.

칼판과 원형칼날은 1:5 비율로 회전을 하며 최소 0~1000rpm/m 까지 속도를 조절 가능하다. 칼날을 하나로 설정하였을 때 무게 중심 때문에 균형이 맞지 않아 소음 및 진동이 많이 발생하는 문제가 있고, 작업효율도 떨어지기 때문에 두 개의 칼날을 이용하여 소음, 진동 감소 및 낮은 rpm을 사용하면서도 작업효율을 올리는 효과가 있다. 동력전달방식은 스피어구 구조로 설계되어 평행인 두 축에 고정되어 서로 반대방향으로 회전 시킨다. 별도의 동력모터를 장착하지 않고 메인 모터의 동력을 전달받아 구동되도록 설계했다.



형태	원형칼날
지름	250 mm
두께	3 mm
재질	SUS 440C

그림 3-34. 원형 칼날 시제품

(2) 칼판 상세설계

칼판의 사양은 지름 600mm, 두께 3T, 재질 STS 304로 제작하였다. 절단부 구동장치와 리니어 부상타입으로 체결되어 고정돼 있는 칼날과 간격을 1~25mm 간격 조절이 된다. 회전 속도는 0~200 rpm/m으로 회전하며 터치패널에서 회전속도 및 두께조절 제어가 가능하다.

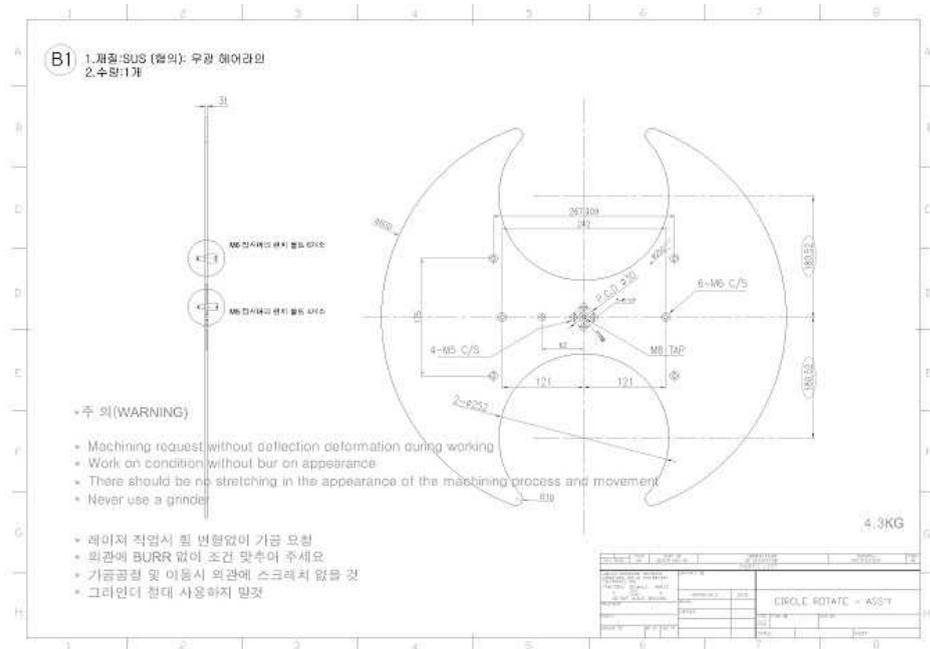


그림 3-35. 칼판 상세설계

나. 절단 구동장치 layout 설계

원형 칼날 절단장치는 절단두께 조절이 가능한 회전식 조절장치를 추가하여 작업 효율을 극대화하는 구조로 두 개의 원형 칼날이 두께조절 칼판과 같이 회전하도록 스퍼기어 조합에 의한 동력전달방식으로 메인구동기어와 동력전달기어, 동력분할기어, 블레이드 구동 기어 등을 연결하여 구동하며 두께 조절은 리니어 액추에이터를 이용하여 전기적으로 동작시켜 일률적 가공을 할 수 있는 방식이다.

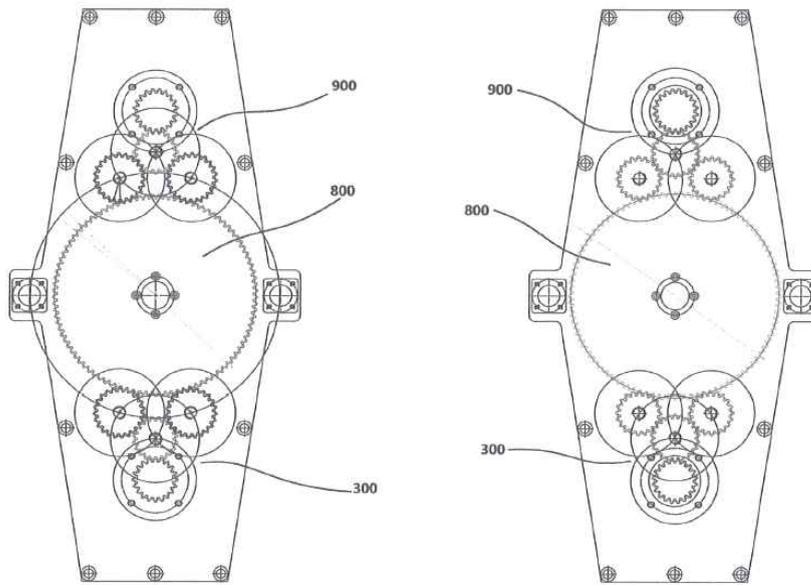


그림 3-36. 절단구동장치 layout 설계

다. 절단부 구동모터 제원

(1) 블레이드 구동 모터

절단부 최적 구동을 위해 모터를 선정하였으며 인버터로 주파수를 바꾸어 회전속도를 제어하도록 설계하였다. 모터 전압은 220V/380V 겸용이며 출력 및 토크는 정격 회전수 1,700 RPM에서 0.4kW, 5.15 Nm이며 이대 모터의 출력 효율은 76%이다. V/T형태의 구조로 절단구동 장치와 직결로 연결 가능하게 설정하였다.

표 3-7. 메인 모터 사양

항목	사양
전압	220V / 380V
출력	0.4kW 1/2HP
중량	7.2kg
효율	76 %
회전수	1700 RPM
토크	5.15 Nm

(2) 두께 조절 모터(리니어 액추에이터)

리니어 액추에이터는 회전운동을 직선운동으로 바꿔주어 절단 두께 제어를 한다. 모터의 전압은 24V, 추력은 250N이며 최대 스트로크는 50mm으로 선정하였다. 근접센서를 이용한 원점복귀 시스템을 적용하여 절단 두께를 오차율을 1% 이내로 설정하고 깊은홈 볼베어링으로 절단부와 체결하여 독립적으로 구동되도록 설계하였다.

표 3-8. 리니어 액추에이터 사양

항목	사양
전압	24V
추력	250N
이동속도	12mm/s
스트로크	50mm
사이즈	73x75x41mm

라. 절단부 제작

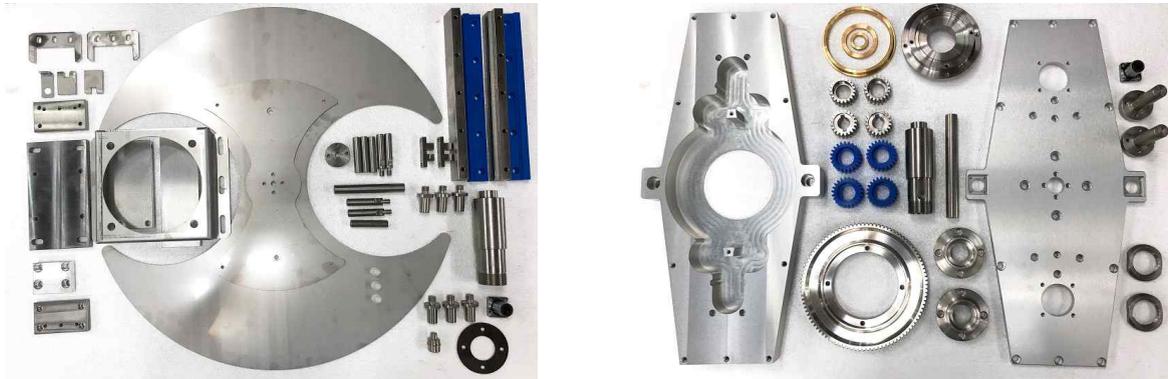


그림 3-37. 절단부 설계 구성품



그림 3-38. 절단부 조립 완성품

2. 이송부(투입, 배출) layout 설계 및 개발

가. 경사 투입구 제작

채소를 어슷썰기하기 위해서 기존에 투입 컨베이어 이외에 투입부 상단에 어슷썰기용 경사 투입구를 설계하였다. 각도를 조절할 수 있게 가변장치를 만들어 45~60도 각도로 절단할 수 있도록 하였다.



그림 3-39. 경사투입구 45~60도

나. 컨베이어 수축장치 layout 설계

컨베이어 시스템의 궁극적인 목적은 재료를 이송하는 것이지만 이송뿐 아니라 재료가 오염이 되지 않아야 한다. 컨베이어 벨트를 손쉽게 세척 및 관리하기 위해서 관리자의 간단한 조작에 의해 벨트의 장력이 해제되고, 컨베이어로부터 벨트의 탈착이 용이하게 이루어지도록 함으로서, 편리성을 극대화 하였다. 기존 컨베이어 구조에서 중앙에 엔드롤러 수양쪽 엔드롤러에 리니어 가이드장치를 추가하여 가이드 조작 장치를 당기게 되면 컨베이어가 수축하여 유지하고 있던 장력이 풀리게 되면서 벨트를 탈거할 수 있고 조작 장치를 다시 밀게 되면 장력이 팽팽한 상태로 돌아온다.

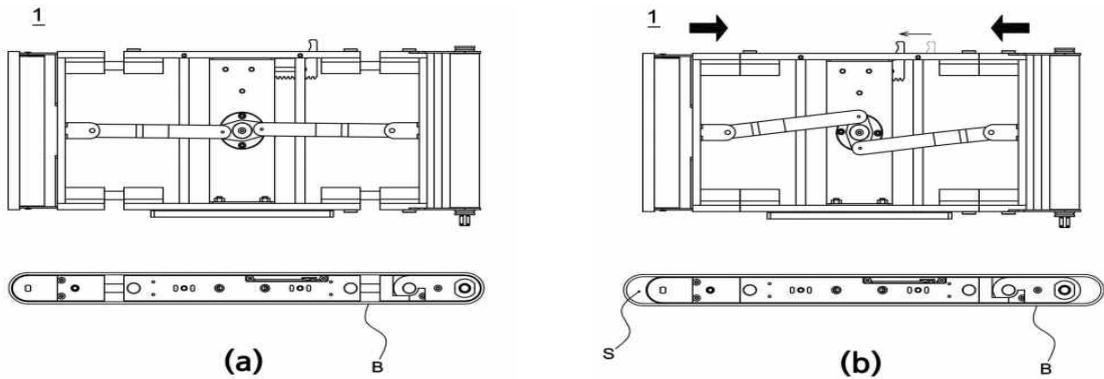


그림 3-40. 투입 컨베이어 설계(하부)



그림 3-41. 투입 컨베이어 제작(하부)

다. 컨베이어 가압장치 layout 설계

효율적으로 채소 절단가공을 위해서는 절단 작업 시 재료가 흐트러지지 않게 고정을 시켜줘야 된다. 동일한 채소라도 형상 및 크기는 다르기 때문에 투입부에 가압 장치를 설치하여 재료의 곡률이 큰 부분에도 가압장치가 재료를 고정하여 일정한 형태의 절단이 가능하도록 한다. 모터 구동축과 체인으로 연결되어 하부 컨베이어 벨트와 동시에 작동을 하며, 최대 허용 높이를 기준으로 절단 형태의 크기를 결정한다. 구동축이 손쉽게 분리가 가능하여 컨베이어 벨트를 간편하게 교체 및 분해가 가능하도록 설계하였다. 절단 블레이드와 컨베이어 벨트의 간격을 1mm로 최소화하여 재료 손실을 줄이도록 하였다.

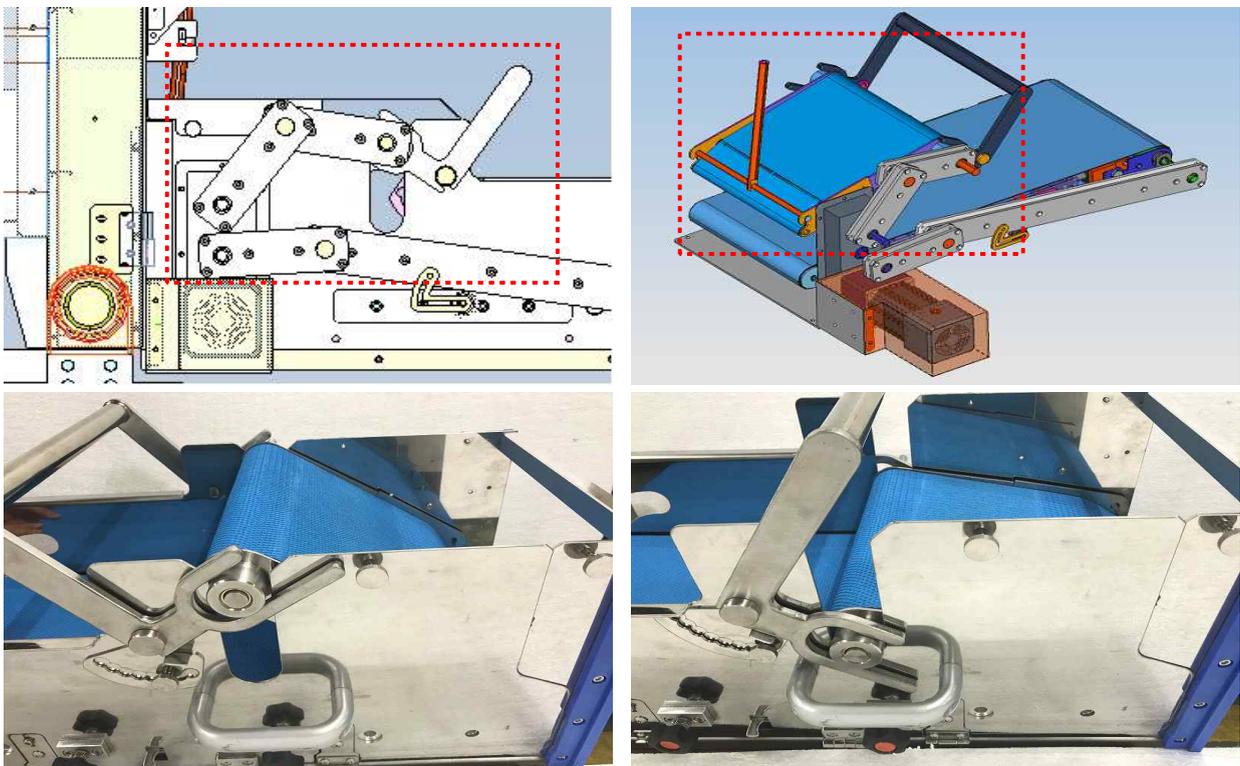


그림 3-42. 가압장치 설계 및 제작

라. 벨트 슐림방지, 장력조절 장치 적용

벨트는 소모품이기 때문에 오래 사용하면 교체를 해주어야 한다. 일반적으로 벨트 표면에 오염이 발생하여 교체하는 경우가 많지만 구동하면서 하중 및 온도의 영향을 받아 벨트가 불균형하게 늘어나 슐림현상으로 파손되는 경우도 빈번히 발생한다. 컨베이어 벨트가 한쪽으로 슐리는 것을 방지하기 위해 PVC재질의 프로파일을 적용하였다. 또한, 벨트 교체 및 장력조절을 위해 Take up system을 투입, 배출 컨베이어 시스템에 적용했다.



그림 3-43. 프로파일 가공



그림 3-44. 벨트 장력조절 장치

마. 컨베이어 높낮이 슬라이드 장치 제작

재료가 절단되어 컨베이어 벨트에 의해 이송되어 배출된다. 절단기 하부 프레임에 수직 슬라이드 장치를 설계하여 Out 컨베이어 벨트 높낮이 조절이 되도록 설계했다. 배출시 작업환경에 따라 세팅을 하여 원활한 작업이 가능하도록 설정하였다.



그림 3-45. 컨베이어 높낮이 슬라이드 장치 개발

바. 이송부(투입, 배출) 제작

이송부는 절단된 채소들을 각각의 공정으로 이송하기 위해 투입부에 사용된 컨베이어벨트 방식을 사용하였다. 탈부착 및 분리가 가능하도록 하여 이송부 세척과 벨트 교체가 가능하다. 또한 기타 전처리 공정기계와의 연속성을 위해 컨베이어는 상하 이동이 가능하도록 제작하였다.



그림 3-46. 투입 및 배출 컨베이어 제작

3. 채소 절단기 자동 제어 시스템 설계

가. 모터제어장치 개발

3장 2절에서 측정된 주요 농산물의 절단강도는 농산물의 종류(즉, 농산물의 구성성분)에 따라 차이가 나타났다. 따라서 농산물의 종류에 따라 다목적 채소절단기의 절단부의 회전속도를 변환시켜야 하며 절단부의 속도 변속을 위해 모터제어장치 개발은 필수적이다. 모터가변 구동장치 중 IGBT는 모터 등의 도성 부하의 전류를 on/off함으로써 부하를 제어할 수 있으며 그림 3-47.에서 보는바와 같이 함수발생기에서 발생하는 파형의 형태 및 주파수, 인가되는 전류의 크기에 따라 모터 변속이 가능하다. 교류를 정류기를 이용하여 직류로 변환을 시킨 후 함수발생기에서 발생하는 고주파 펄스파형을 로직컨트롤러를 이용하여 high/low 펄스로 분리 한 후 IGBT를 통해 직류와 high/low 펄스를 통합하면 높은 주파수의 on/off 펄스 교류를 발생시킬 수 있다.

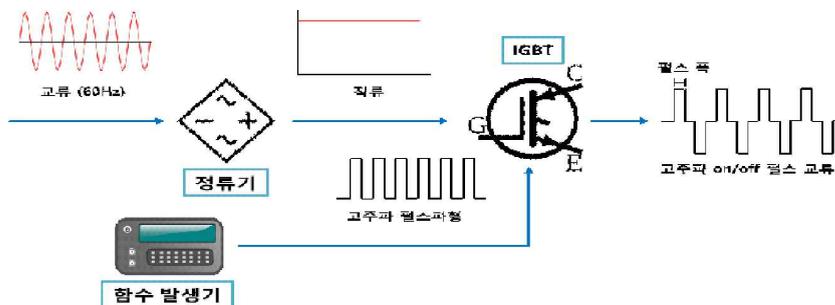


그림 3-47. IGBT형 모터제어장치 개념도

함수발생기에서 발생하는 고주파 펄스파형을 high/low 펄스로 분리하기 위해 로직컨트롤러의 회로도를 설계하였으며 그림 3-48.은 컨트롤러의 배선도를 나타내고 있다. 고주파 펄스파형을 분리하기 위해 optocoupler(전기 신호 전달), dual J-K flip-flop(clock 입력 및 Q and 출력), CMOS Nand gates(논리회로, 00→1, 01→1, 10→1, 11→0), hex inverter(논리회로, 출력과 입력이 반대되는 값)을 이용하여 로직컨트롤러의 회로도를 설계하였다. 로직컨트롤러는 함수발생기에서 발생하는 펄스의 파형 및 주파수 처리하고 처리된 high/low펄스를 IGBT로 인가하여 모터의 변속을 결정하도록 설계하였다. 설계된 회로도를 이용하여 PCB보드로 출력하기 전에 로직컨트롤러의 알고리즘 상에 문제점을 찾아내기 위해 그림 3과 같은 testing보드를 제작하여 각각의 입력 및 출력, 함수발생기로부터 발생된 펄스 파형이 high/low의 파형으로 분리가 되었는지를 오실로스코프를 이용하여 측정하였으며 설계된 로직컨트롤러는 정상적으로 작동하는 것을 확인하였다.

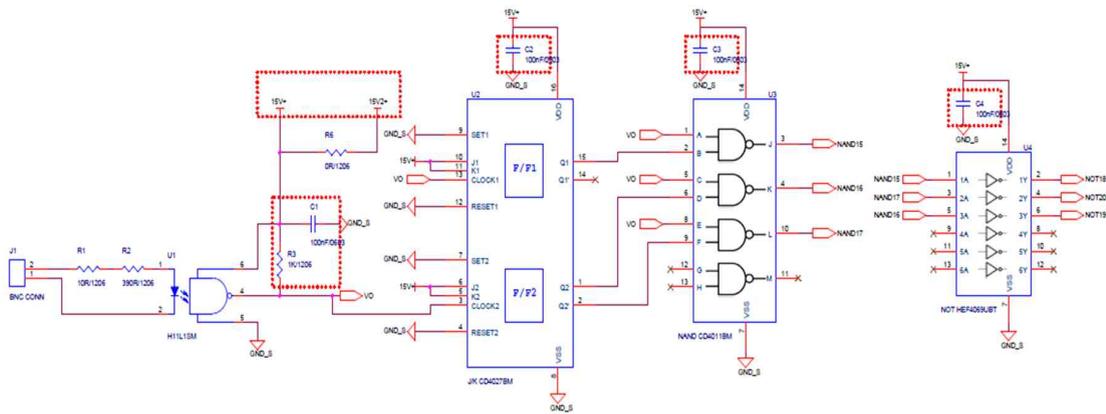


그림 3-48. 로직컨트롤러 회로 설계도

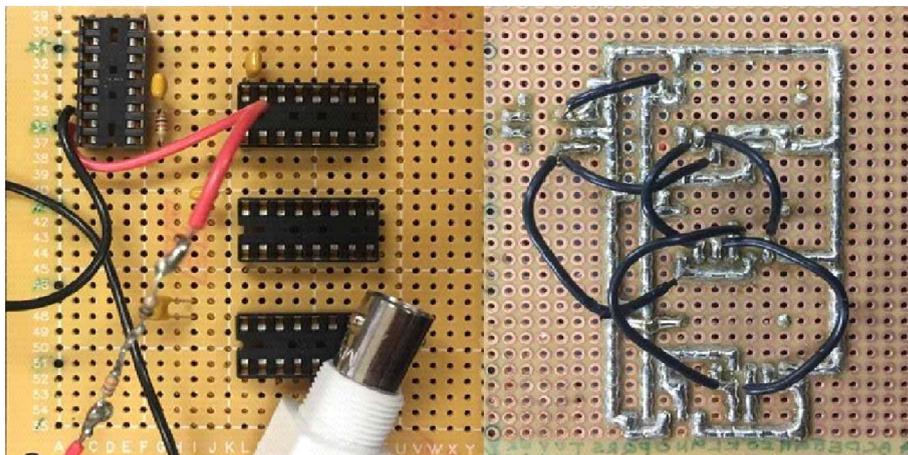


그림 3-49. 로직컨트롤러 testing 보드

로직컨트롤러로부터 분리된 high/low의 펄스를 정류를 통해 변환된 직류를 통합하기 위해 모터 컨트롤을 위해 사용되는 그림 3-50.과 같은 IGBT 회로도를 설계하여 그림 3-51.과 같이 제작하였다. 제작된 IGBT 제어장치는 로직컨트롤러를 포함하고 있으며 사용된 IGBT는 3상 고전압도 사용이 가능하며 매우 소형이라 PCB보드를 설계할 경우 매우 작은 공간을 요구하는 장점이 있다. High/low펄스를 IGBT 소자(15~20: HIN1~LIN3)로 연결하여 정류된 직류가 통합이 가능하도록 하였다. 통합된 직류는 다시 고주파 on/off 펄스 교류로 전환하여 펄스 교류의 펄스 폭, 주파수, duty cycle을 함수발생기로부터 조절하여 모터의 가변이 가능하도록 하였다. 또한 IGBT내에 직류를 공급하기 위해 DC/DC 컨버터를 이용하였다.

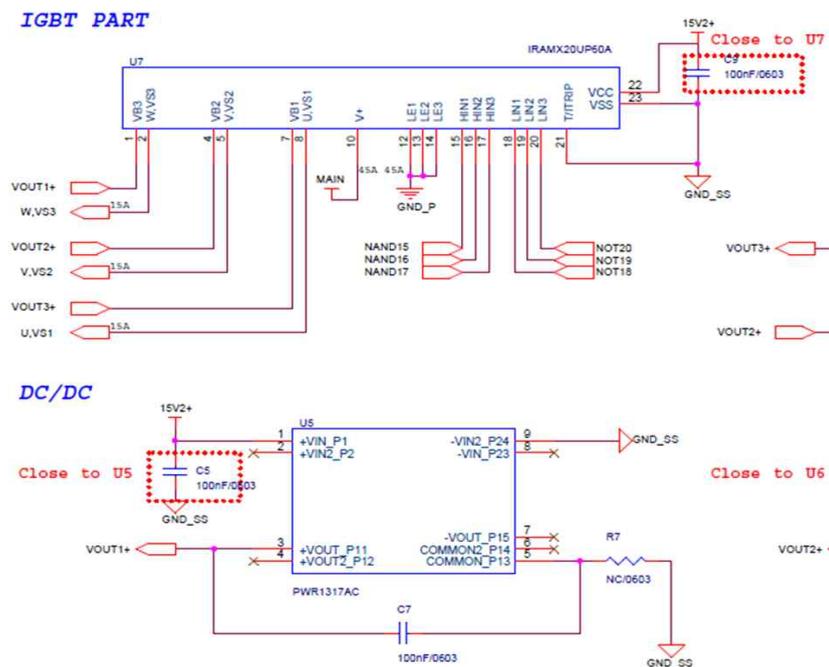


그림 3-50. IGBT 회로 설계도



그림 3-51. 로직컨트롤러를 포함하는 IGBT 제어장치

나. PLC 프로그램 설계

채소 절단기의 각 파트별 상태 및 제어가 가능한 모니터링 시스템이다. 메인 모터, 투입 컨베이어 모터, 배출 컨베이어 모터, 두께 조절 모터 등을 제어한다. 절단부 후면에 컨트롤 패널 공간을 확보하여 시스템을 설치하고 PLC의 제어 프로그램으로 각각의 동작을 자동 제어할 수 있는 자동화 기술을 확보한다.

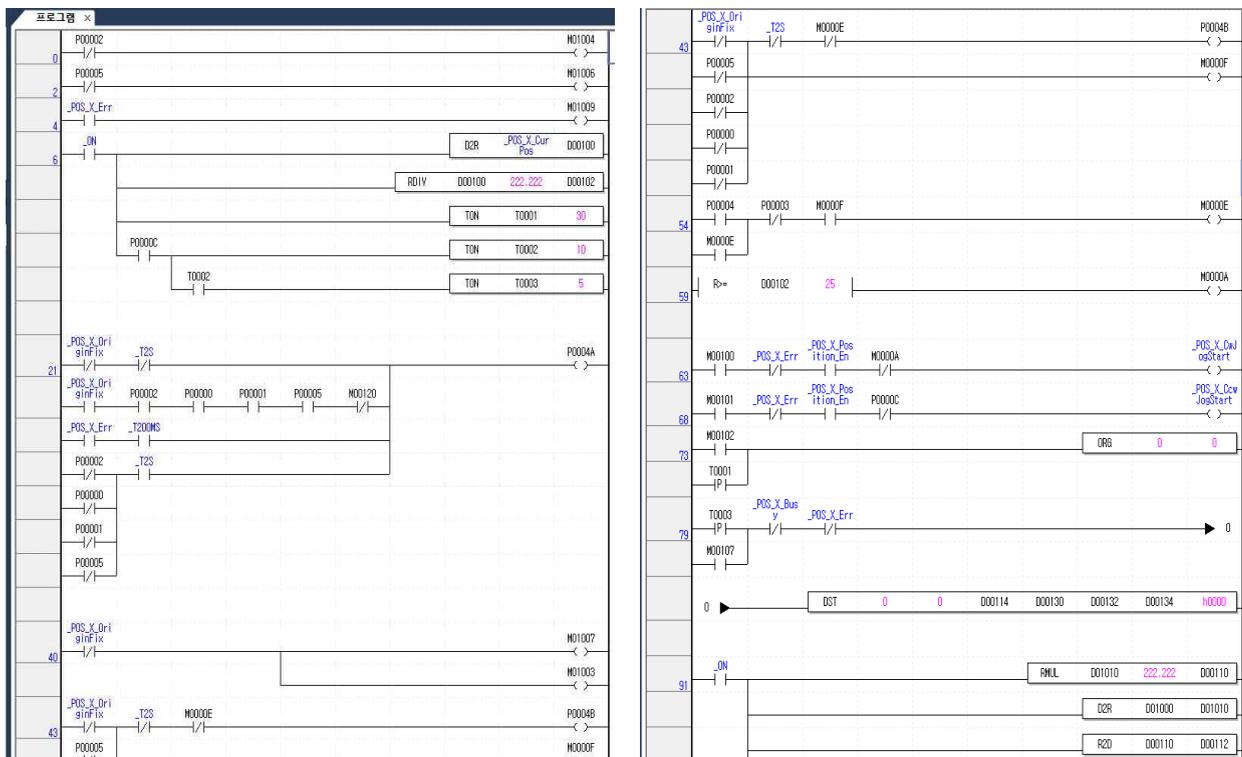


그림 3-52. 채소 절단기 프로그램 입력

다. 컨트롤 박스

PLC, SMPS, 모터컨트롤러, 릴레이 등 모터 자동 제어시스템에 관련된 전자기기가 배치되어 있다.



그림 3-53. 컨트롤 박스

라. 터치패널

(1) 메인화면&운전화면

(가) 전원이 인가된 직후의 화면임.

(나) 메인화면 오른쪽 하단에 운전화면을 누르면 운전화면으로 전환됨.



그림 3-54. 메인화면&운전화면

(2) 절단두께조절방법



그림 3-55. 절단두께설정

- (가) 절단두께조절 화면에 설정두께를 누르면 위와 같이 두께설정 화면이 표시됨
- (나) 원하는 두께를 설정 후 ENT
- (다) 설정된 상태에서 + 또는 -를 누르면 간격이 수정됨.
- (라) 시스템이 작동 중에도 수정이 가능

(3) 칼날속도, 컨베이어속도 조절방법



그림 3-56. 칼날 및 컨베이어 속도조절

- (가) 절단두께조절과 동일하게 설정
- (나) 칼날속도조절은 0~1000RPM 설정가능
- (다) 컨베이어속도는 0~25RPM 설정가능

(4) 원점복귀 기능

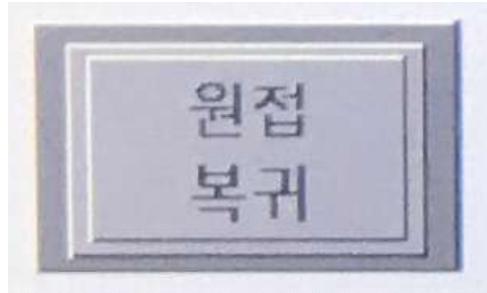


그림 3-57. 원점복귀

- (가) 원점복귀 버튼을 누르면 기능 활성화됨.
- (나) 0mm로 원점복귀 후 설정된 두께로 이동함.

(5) 청소모드 기능



그림 3-58. 세척수 운전/정지

- (가) 세척수 운전/정지 버튼을 누르면 세척모드로 작동됨.
- (나) 세척이 완료되면 버튼을 다시 누르면 정지됨.

라. 센서 및 알람

채소 절단기의 비상시 및 안전장치로 아래와 같이 근접센서, 비상스위치 및 타워램프를 위험으로부터 작업자를 보호하기 위해 제작하였다. 근접센서는 투입부가 열렸을 경우 채소 절단기가 작동이 멈추도록 하였고 위급상황이나 급하게 기계 작동을 멈춰야 하는 경우 비상스위치를 누를 수 있도록 작업자의 가장 근접한 위치에 설치하였다.

기계의 작업 시작 및 정지 등의 상태를 전달할 수 있도록 타워램프를 이용하였다.



그림 3-59. 안전장치

마. 시제품 제작

절단부의 회전방향은 시계반대방향, 원형칼날은 시계방향으로 회전하므로 재료의 깔끔하게 절단되어 진다. 기계 외형치수는 폭 980mm, 길이 1820mm, 높이 1650mm이고, 절단 두께는 1~25mm까지 제어가능하다. 절단능력은 300~900kg/h, 투입치수는 폭 300mm, 높이 130mm이다.

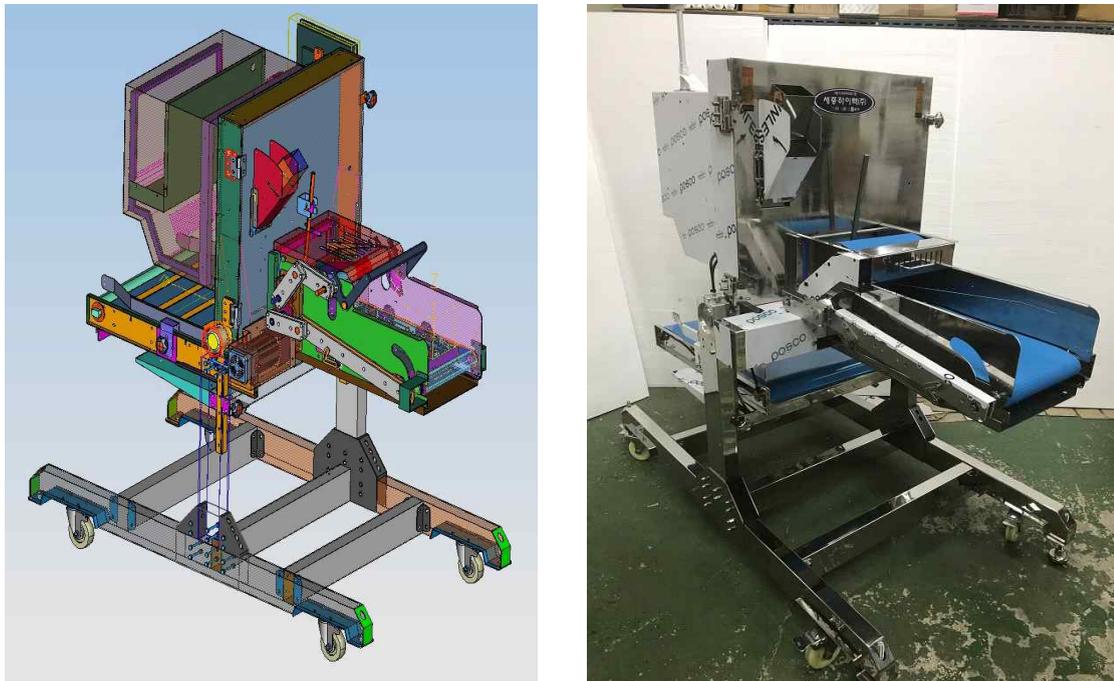


그림 3-60. 다목적 자동 채소 절단기 설계 및 제작

바. 적용 농산물(무, 가지, 오이, 호박, 우엉, 연근, 당근, 고구마, 감자, 도라지) 절단 테스트

국내 시중에서 농산물을 구매하여 절단 테스트를 하였으며 개발한 다목적 자동 채소 절단기로 절단 작업을 한 결과 아래 그림과 같이 깨끗하게 절단되었으며 다른 농산물도 적용 가능할 것으로 기대된다.

(1) 시작품 테스트



그림 3-61. 농산물 가공작업 투입 및 배출

(2) 적용 농산물 절단





그림 3-62. 절단 후 농산물

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

D-06

제 1 절 연도별 연구목표 및 달성도

구분	세부연구개발 목표		평가의 착안점 및 기준	달성도
1차 년도 (2016)	1세부	다목적 절단기 주요파트 레이아웃 및 상세설계	설계도면	100%
		주요부품 단품 개발	구성 및 개발	100%
		가변제어 시스템설계	제어성능	100%
	1위탁	주요채소의 기계적 특성 측정	기계적 특성 평가	100%
		채소의 기계적 특성 분석 시스템 개발	구성 및 개발	100%
2차 년도 (2017)	1세부	다목적 절단기 시작품 제작	설계도면	100%
		가변제어기술 개발	구성 및 개발	100%
		시작품 성능평가	제어성능	100%
	1위탁	모터제어 알고리즘 개발	구성 및 개발	100%

제 2 절 관련분야 기여도

1. 다목적 채소 절단기 개발

다목적 채소 절단기는 재요의 투입이 일정하고 절단 후 깨끗한 절단면을 확보할 수 있는 원형 날 회전 기술을 채택하여 개발하였다. 기존의 고정식 회전날 절단기의 경우 계속 사용 시 위생적인 문제가 발생할 수 있으며, 위생문제는 식품가공분야에서 반드시 관리가 필요하다. 그러므로 절단부의 세척을 위해 절단부 칼날의 탈부착이 용이하도록 설계하였다. 또한 칼날의 부식을 방지하기 위하여 스테인리스스틸(SUS440C 및 SUS303)을 이용하여 칼날 및 부품을 설계하였다. 채소의 절단 두께조절은 회전 날 고정판이 앞뒤로 이동하며 채소의 절단두께를 조절해준다. 절단기 작동 시 근접센서를 이용하여 영점을 보정하고 리니어모터를 이용하여 회전날과 회전날 고정판 사이의 두께를 최소 1mm에서 25mm까지 가능하도록 설계하였다. 채소의 이동 및 투입에서는 표준컨베이어 벨트를 이용하여 절단부로 채소를 이용하였으며 투입부에 가압벨트를 적용하여 채소의 크기에 관계없이 절단 시 채소를 고정시켜 일정 절단면을 유지하도록 설계하였다. 또한 다목적 채소 절단기의 주요 요소들을 XG5000 PLC 소프트웨어를 이용하여 가변제어 시스템을 적용하였다. 최종적으로 10인치 터치스크린 패널에서 절단두께, 회전속도 및 이송속도를 제어하여 농식품 가공 작업자의 편의성 증대 및 작업효율을 향상하는데 기여가 가능하다.

2. 기대효과

가. 기술적 측면

다목적 채소 절단기의 절단 날 회전속도, 절단 두께, 컨베이어벨트 이송속도 등 주요 제어요인을 컨트롤 패널에서 자동 제어하는 기술을 개발함으로써 해외 선진제품에 비하는 국내식품가공기계 기술 개발에 기틀을 마련할 수 있다. 주요 채소의 기계적 특성과 연계한 절단부의 설계를 통해 최적 절단조건을 구명하여 관련 기술의 발전에 이바지 할 수 있다.

나. 산업적 측면

다목적 자동 채소절단기 개발을 통해 작업의 효율을 높여 식품 가공산업 종사자의 작업환경을 개선하고 수익을 증대시킬 수 있다. 한 대의 기계로 다양한 농산물에 적용이 가능하여 가공식품의 생산량을 증대할수 있다. 해외 제품과의 가격경쟁을 통해 국내 제품의 시장 점유율 확보가 가능할 것이다.

다. 사회적 측면

다목적 채소 절단기의 개발로 국내 식품가공기계 산업의 장정 및 필요성 대한 인식을 고취시킬 수 있으며 제품의 소형화 및 원가 절감을 통해 영세 사업자의 시장 경쟁력을 증대시킬 수 있을 것이다.

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

D-07

제 1 절 연구개발 성과

1. 지적재산권

구분	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용-홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출	투자유치		논문		학술 발표			정책 활용	홍보 전 시	
												SCI	비 SCI						
목표	3	3		1		1						1	2		1		1		
실적	3											1	3		2		1		

가. 특허

(1) 국내

■ 특허명: 절단 길이의 조절이 가능한 회전식 식료품 절단장치

출원인: 최 현 호

출원번호: 특허-2016-0133430

발급번호 - 5-5-2017-071702221

www.kipo.go.kr 특허청

출원사실증명원 CERTIFICATE OF APPLICATION

출원인 Applicant	성명 Name	주식회사 세종하이텍 sejong hitech Co.,Ltd.	주민번호 Residence No	(50111-0*****)
	주소	충청북도 청원군 남이면 청남로 107-4-28 (1)	전화번호	043-262-6640
발명자 Inventor	성명 Name		주민번호 Residence No	
	주소		전화번호	
대리인 Agent	성명	특허법인 케이투비	대리인 번호	9-2015-100061-1
	주소	대전광역시 서구 청사로 220 수협은행빌딩 303호		
출원번호 Application Number	특허-2016-0133430 PATENT-2016-0133430	출원일자 Filing Date	2016년 10월 14일 OCT 14, 2016	
발명(고안)의 명칭, 디자인을 표현할 물품, 상표(서비스업)류 구분 Title of Invention, Product(s) Embodied in Design, or Classification of Mark	절단 길이의 조절이 가능한 회전식 식료품 절단 장치 Grocery rotary cutting device			
용도	제송용	IPC 분류	B26D 1/14	
최종처분상태		최종처분일		
위 사실들 증명함. This is to certify that the above applicant has filed as stated in this certificate at the Korea Intellectual Property Office. 2017년 12월 27일 특 허 청 COMMISSIONER 				

◆ 본 증명서를 인터넷으로 발급하였습니다. 특허청 홈페이지(www.kipo.go.kr)의 '특허공보'영역에서 발급 여부를 통보 발급번호 또는 신청번호로 바로바로 내보낼 수 있습니다. 본 증명서를 확인하여 주십시오. (발급번호를 통보 후만 확인이 가능합니다.)

발급일자 : 20171227

1/1

■ 특허 명: 세절기용 슬라이스 두께 조절장치

출원인: 최 현 호

출원번호: 특허-2107-0162528

발급번호 : S-5-2017-071702221



출원사실증명원
CERTIFICATE OF APPLICATION

출원인 Applicant	성명 Name	주식회사 세종하이텍 sejong hitech Co.,Ltd.	주민번호 Residence No	150111-0*****
	주소	충청북도 청원군 남이면 청남로 107-4-28 ()	전화번호 Residence No	043-262-6640
발명자 Inventor	성명 Name		주민번호 Residence No	
	주소		전화번호	
대리인 Agent	성명	특허법인 케이투비	대리인 번호	9-2015-100061-1
	주소	대전광역시 서구 청사로 220 수협은행빌딩 303호		
출원번호 Application Number		특허-2017-0162528 PATENT-2017-0162528	출원일자 Filing Date	2017년 11월 30일 NOV 30, 2017
발명(고안)의 명칭, 디자인을 표현할 유품, 상표(서비스업)류 구분 Title of Invention, Product(s) Embodied in Design, or Classification of Mark		세절기용 슬라이스 두께 조절장치 Slice thickness adjusting device for cutter		
용도	재출용	IPC 분류	B26D 1/143	
최종 처분 상태		최종 처분일		

위 사실을 증명함.
This is to certify that the above applicant has filed as stated in this certificate at the Korea Intellectual Property Office

2017년 12월 27일

특 허 청
COMMISSIONER



◆ 본 증명서는 인터넷으로 발급되었으며, 특허청 홈페이지(www.kipo.go.kr)의 특허출원증명서 발급 메뉴를 통해 발급번호 또는 문서상단인 바코드도 내용하여, 필요 여부를 확인해 주십시오. 단, 발급번호를 통한 확인은 90일까지 가능합니다.

발급일자 : 20171227

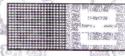
1/1

■ 특허 명: 슬라이스 두께 조절이 가능한 세절기용 컨트롤장치

출원인: 최 현 호

출원번호: 특허-2107-0162529

발급번호 : 5-5-2017-071702221



출원사실증명원
CERTIFICATE OF APPLICATION

출원인 Applicant	성명 Name	주식회사 세종하이텍 sejong hitech Co.,Ltd.	주민번호 Residence No	150111-0*****
	주소	충청북도 청원군 남이면 청남로 407-4-28 ()	전화번호 Residence No	043-262-6640
발명자 Inventor	성명 Name		주민번호 Residence No	
	주소		전화번호	
대리인 Agent	성명	특허법인 케이투비	대리인 번호	9-2015-100061-1
	주소	대전광역시 서구 청사로 220 수협은행빌딩 303호		
출원번호 Application Number		특허-2017-0162529 PATENT-2017-0162529	출원일자 Filing Date	2017년 11월 30일 NOV 30, 2017
발명(고안)의 명칭, 디자인을 표현할 물품, 상표(서비스업)류 구분 Title of Invention, Product(s) Embodied in Design, or Classification of Mark		슬라이스 두께 조절이 가능한 세절기용 컨트롤장치 Slice thickness adjusting control device for cutter		
용도	제출용	IPC 분류	B26D 1/143	
최종처분상태		최종처분일		

위 사실을 증명함.
This is to certify that the above applicant has filed as stated in this certificate at the Korean Intellectual Property Office.

2017년 12월 27일

특허청
COMMISSIONER



본 증명서를 인터넷으로 발급받으려면 특허청 홈페이지(www.kipo.go.kr)의 '특허공증증서 발급' 메뉴를 통해 발급번호 또는 문서상단인 바코드로 내용의 위·변조 여부를 확인해 주십시오. 단, 발급번호를 통한 확인은 어렵습니다.

발급일자 : 20171227

1/1

나. 논문

(1) 국내

■ 논문명 : Analysis of mechanical properties of agricultural products for development of a multipurpose vegetable cutting machine

저 자 : 박정길, 정현모, 강범석, 문성규, 이승훈, 이승현

학술지 : Korea Journal of Agricultural Science



ISSN (Print) : 2466-2402
ISSN (Online) : 2466-2410

ENGINEERING

Analysis of mechanical properties of agricultural products for development of a multipurpose vegetable cutting machine

Jeong Gil Park¹, Hyun Mo Jung², Bum Seok Kang¹, Seong Kyu Mun¹, Seung Hun Lee¹, Seung Hyun Lee^{2*}

¹Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Department of Digital Contents Design, Kyongbuk Science University, Chilgok 39913, Korea

*Corresponding author: seunglee2@gnu.ac.kr

Abstract

The consumption of pre-treated vegetables (including fresh-cut vegetables) that are washed, peeled, and trimmed has been significantly increased because of their ease of use for cooking. Vegetable cutting machines have been widely utilized for producing fresh-cut vegetables or agricultural products of different sizes; however, its design standard is not established for specific types of agricultural products. Therefore, this study was conducted to determine mechanical properties (compressive and shear forces) of targeted agricultural products (radish, carrot, squash, cucumber, shiitake mushroom, and sweet potato) for developing a multipurpose vegetable cutting machine. According to ASAE standard (s368.3), compressive and shear forces of targeted agricultural products were measured by using custom built UTM (universal testing machine). Shape type of samples and speed ranges (5 - 15 mm/min) of loading rate on bioyield and shear points varied depending on the targeted agricultural product. The range of averaged bioyield points of targeted agricultural products were between 7.89 and 146.98 N. On the other hand, their averaged shear points ranged from 22.50 to 53.47 N. Results clearly showed that the bioyield and shear points of targeted agricultural products were thoroughly affected by their components. As measuring compressive and shear forces of a variety of agricultural products, it will be feasible to calculate blade cutting force for designing multipurpose vegetable cutting machine.

Keywords: compression, mechanical properties, shear, vegetables

Introduction

빠른 경제 성장과 함께 소비자의 식생활 문화에 많은 변화가 이루어지게 되었고, 1990년대 이후부터는 음식의 고차원적 기능보다 영양학적 기능이 더 중요한 요소로 인식되었다. 특히 식생활 패턴이 서구적으로 바뀔에 따라 비만, 비대칭 영양 결핍 등으로 인하여 당뇨병 및 대장암과 같은 서구형 질병이 많이 발현되는 문제점들이 발생하여 건강한 식생활에 대한 요구가 계속 증가되고 있다. 이에 따라 채소 위주의 식단을 선호하는 소비자가 증가할 뿐만 아니라 다양한 조리법



OPEN ACCESS

Citation: Park JG, Jung HM, Kang BS, Mun SK, Lee SH, Lee SH. 2016. Analysis of mechanical properties of agricultural products for development of a multipurpose vegetable cutting machine. Korean Journal of Agricultural Science 43:??-??

DOI: <http://dx.doi.org/10.7744/kjpas.20160001>

Editor: Kee Woong Park, Chungnam National University, Korea

Received: ** **, 2016

Revised: ** **, 2016

Accepted: ** **, 2016

Copyright: ©2016 Korean Journal of Agricultural Science.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

■ 논문명 : Analysis of mechanical properties of agricultural products for development
multipurpose vegetable cutting machine

저 자 : 박정길, 정현모, 강범석, 문성규, 이승훈, 이승현

학술지 : (사)한국산업식품공학회 2016 추계 학술대회

P-21

**Characteristics of Acidified Emulsion Stabilized with Fish Gelatin-Sodium
Alginate Mixture**

Peerapong Ngamsikorn^{1,2*}, Nathiya Phawaphuthanon¹, Moojoong Kim², Hae Kim², Donghwa Chung^{2,3}

¹Department of Marine Food Science and Technology, Gyeongsang-Wyeon National University, Gyeongsang 25437, Korea

²Institute of Green Bio Science and Technology, Seoul National University, Pyeongcheong 23154, Korea

³Graduate School of International Agricultural Technology, Seoul National University, Pyeongcheong 23154, Korea

Protein and polysaccharide are used as many food function including emulsifying and stabilizing agent. Some food emulsions are in low pH such as sorbet ice cream, soft drink, salad dressing etc. According to our previous study was found that fish gelatin (FG) and sodium alginate (AL) mixture provide the information to be a new food emulsifier including at low pH condition (pH 3.5). In addition the study of interfacial rheology has been interested to interpret the formation and stabilization of food emulsion. Then the objective of this study was to investigate the relationship between emulsifying characteristics and interfacial shear rheology of acidified emulsion which was stabilized by FG and AL mixture, compared with a commercial gum arabic (GA). The mixtures of FG and AL were separately prepared with phosphate-citrate buffer at pH 3.5 and 1 %w/v of total concentration. The ratio of FG:AL was 100:0, 80:20, 50:50, 40:20, and 0:100 by weight. They were mixed at 24±2 °C for 90 minutes and kept at the same temperature for 24 hours to reach equilibrium. The emulsion was prepared by adding 1.5 g of olive oil in 100 ml of mixture and homogenized by high speed homogenizer at 10,000 rpm for 10 min at 24±2 °C. The emulsion stabilized with 20:80 showed the best stability after 14 days. The result could be supported by low interfacial tension, high bulk viscosity, and electrostatic repulsion (minus value of electrophoretic mobility). For interfacial shear rheology (storage modulus, G' and loss modulus, G''), G' of 20:80 seems wider linear viscoelastic region which mean more resistance to fracture at interface. While the magnitude of G' and different value of G' and G'' were not difference. In addition, the interfacial shear viscosity of 20:80 also showed high resistance to flow at low shear rate (0.001 - 0.1 s⁻¹).
Keywords: Fish gelatin, Sodium alginate, Emulsion, Interfacial shear rheology

P-22

**Analysis on Mechanical Properties of Agricultural Products for Development
Multipurpose Vegetable Cutting Machine**

Jeong Gil Park¹, Hyun Mo Jung¹, Bum Seok Kang¹, Seong Kye Min¹, Seung Hun Lee¹, Seung Hyun Lee^{1*}

¹Dept. of Biosystems Machinery Engineering, Chonnam National University, Daegu, Korea

²Dept. of Digital Contents Degree, Kyungbuk Science University, Chilgok, Korea

*Corresponding author : seunghlee2@cnu.ac.kr

The consumption of pre-treated vegetables (including fresh-cut vegetables) has been significantly increased because of their ease of use for cooking. Vegetable cutting machine has been widely utilized for producing fresh-cut vegetables or agricultural products with different sizes; however, its design standard is not specifically established depending on types of agricultural products. Therefore, this study was conducted to determine mechanical properties (compressive and shear force) of targeted agricultural products (radish, carrot, squash, cucumber, shiitake mushroom and sweet potato) for developing multipurpose vegetable cutting machine. According to ASAE standard (S368.3), compressive and shear force of targeted agricultural products were measured by using custom built UTM (universal testing machine). Shape type of samples and speed ranges (5-15 mm/min) of loading rate on blade and shear points were varied by targeted agricultural products. The range of averaged blade force of targeted agricultural products were between 7.89 and 145.98 N. On the other hands, their averaged shear points were from 22.50 to 53.47 N. Results clearly showed that the blade force and shear points of targeted agricultural products were thoroughly affected by their components. As accumulating compressive and shear points of agricultural products, it can be technical feasible to establish the design standard and control mechanism of multipurpose vegetable cutting machine.

■ 논문명 : 다목적 자동 채소 절단기 개발

저 자 : 최우빈, 이동영, 박형규, 이승현

학술지 : 한국농업기계학회 2017 추계학술대회

한국농업기계학회 / 농업생산무인자동화연구센터 2017 추계공동학술대회 초록집

다목적 자동 채소 절단기 개발

Development of Multipurpose Automatic Vegetable Cutting Machine

최우빈 이동영 박형규 이승현*
Choi Woo Bin Dong Young Lee Hyung Gyu Park Seung Hyun Lee*

충남대학교 바이오시스템기계공학과
Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Korea

초록(Abstract)

기존 개발된 채소 절단기는 특정 채소류의 절단 가공에만 국한되어 있어 절단 전처리를 해야 하는 채소의 종류가 많은 경우 칼날의 잦은 교체, 청소의 불편함 및 담당자의 안전사고 등의 문제점들이 발생하게 되어 절단 전처리 작업 효율은 현저하게 저하된다. 따라서 채소의 종류 및 절단형태와는 무관하게 절단 작업이 이루어지도록 절단기의 투입부와 절단부를 개선한다면 전처리 작업 효율 또한 일부분 향상할 수 있다.

본 연구에서는 다목적 채소 절단기를 개발을 위한 선행연구로써 식품 조리 과정에서 많이 소비되고 있는 표적농산물(에호박, 오이, 무, 당근, 고구마, 표고버섯)의 기초 물성 및 기계적 특성 구명 연구를 수행하였다. 표적농산물의 기초물성 및 압축 응력 실험을 통해 예측된 기계적 특성값을 절단부 레이아웃 설계에 활용하였다.

채소 절단기의 투입부는 우레탄 소재 벨트로 가압장치를 적용하여 채소가 이송 후 절단되면서 컨베이어벨트에서 벗어나지 않게 설계하였다. 또한 세척 및 투입부의 교환이 용이하고 탈부착이 가능하도록 제작하였고, 채소 어긋설기 작업할 수 있는 투입각도가 가변으로 조절되는 투입장치가 장착되었다.

전처리 작업 효율을 높이는 데 영향을 주는 절단부는 2개의 원형 칼날이 중심축에 의해 회전하면서 두께조절 및 속도조절이 가능하게 제작하였다.

자동 채소 절단기의 절단방법은 투입부에 채소를 놓으면 컨베이어 벨트로 절단부에 이송되고, 칼날에 의해 절단되어 배출부로 하강하면 컨베이어 벨트로 배출된다.

기존 수동방식의 채소 절단기 보다 모터 제어를 통한 자동제어로 작업자의 안전사고 예방 및 작업효율을 향상할 수 있고 다양한 채소의 전처리 작업의 일체화를 통한 조리 과정의 효율 향상 및 사용자 장비 구입비용 절감 효과가 있을 것으로 판단된다.

키워드(Keywords)

전처리, 절단기, 농산물, 생산성

사사(Acknowledgement)

본 연구는 농림수산식품 기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업(과제번호:115047021SB010)의 지원에 의해 이루어진 것임.

* 교신저자 : 이승현(seunglee2@cnu.ac.kr)

■ 논문명 : 농산물 전처리 가공기계의 모터 자동제어시스템

저 자 : 최우빈, 이동영, 박형규, 이승현

학술지 : (사)한국산업식품공학회 2017 추계 학술대회

P-87

농산물 전처리 가공기계의 모터 자동제어시스템

최우빈¹, 이동영¹, 박형규¹, *이승현¹

¹충남대학교 바이오시스템기계공학과

채소의 고정된 절단 형태를 가공할 수 있는 절단기는 실용화되어 국내외에 시판돼 있다. 하지만, 기존 개발된 절단기는 특정 채소류의 절단 작업 시 단일 절단 형태에 국한되어 있고 채소의 절단 형태에 따라 칼날을 교체하여야 하며 사용자의 수동제어에 의존하고 있다. 따라서 본 연구에서는 채소의 종류에 상관없이 절단의 다양한 형태가 가능한 모터 자동제어시스템을 개발한다. 채소 투입 시 호트러집 방식을 위한 가압장치와 메인 블레이드 장치를 PWM(Pulse Width Modulation)제어로 펄스의 폭을 조정하여 부하 전력의 크기를 조절한다. 그리하여 가이드 모터의 토크를 유지하면서 속도를 제어한다. 1-25mm 절단 두께를 조절하기 위해서 구동 컨트롤러(펄스 발생기)가 일체형으로 스텝모터 드라이버가 내장되어 있는 리니어 스텝 모터로 선정하였다. 스텝 모터는 프로그래밍을 통한 시그널로 정밀한 각도 및 정밀 위치제어가 가능하고 정지 상태에서 큰 자기 유지력(Holding torque)을 갖는다. 또한, 채소 배출시 이송용 컨베이어 벨트 구동과 속도 제어를 하는데 기존 컨베이어 모터 방식은 모터가 외부에 노출되어 있어 설치나 분해 및 관리에서 애로사항이 발생하는데 드럼 모터는 기어 박스, 체인, 모터 등의 모든 부품들이 일체화되어 있어 기계 배치에 효율적이다. 또한, 물 세척이 가능하고 청소가 용이하여 유지관리에 장점이 있다. PLC로 위치결정 및 이송을 제어하여 전처리 작업의 자동 제어 시스템을 구현하였다. 10인치 터치스크린 패널에서 절단 두께, 속도 조절 및 세척 기능 등을 제어하여 작업자의 편의성 증대 및 작업과정을 모니터링할 수 있다.

P-88

Investigation of morphology change of DNA by ionic liquids and its characterization using solid-state nanopore

Ki-Baek Jeong^{1*}, Ke Luo¹, Jong-Yoon Jung¹, and Young-Rok Kim¹

¹Institute of Life Sciences and Resources & Department of Food Science and Biotechnology, College of Life Sciences, Kyung Hee University, Yongin, South Korea

Ionic liquid (IL), asymmetric chemical consist of bulky cations and tiny-mobile anions, has been known as promising DNA extraction, separation and preservation agent due to its strong interaction with DNA. However, the interaction underlying DNA-IL complex forming mechanism remains to be elucidated. Herein, we employed three types of ILs (EMIM-Cl, BMIM-Cl, and OMIM-Cl) to investigate the changes of DNA morphology upon the alkyl chain length of ILs by using solid-state nanopore technology combining with atomic force microscopy (AFM). The results of AFM show the different forms of DNA, including aggregate, stretching, and bundling shapes in terms of EMIM-Cl, BMIM-Cl, and OMIM-Cl, respectively, assuming that the shape of DNA-IL complexes is responding to the alkyl chain length of ILs. In DNA translocation experiment. From the alteration of blockade current signals during the DNA pass through the nanopore, we estimate that the shapes of DNA are changed due to the treatment with BMIM-Cl, and OMIM-Cl, which not only increased the blockade current signals about 2-4 times in the case of OMIM, but also decrease the event showing translocation of DNA folding, implying that the alkyl chain affect to DNA stretching and bundling. The results indicate the length of hydrophobic alkyl group of IL, plays an important role in determination of DNA morphology, providing their further application in nanopore technique for slowing DNA translocation speed toward discovering protein-DNA interaction or DNA sequencing.

제 2 절 산업화 추진 및 기술확산 방안

1. 산업화 추진

가. 제품화 추진전략

전처리 농식품에 대한 소비자의 요구가 증대함에 따라 가공 처리 장치(절단기 등)의 수요도 함께 증대할 것이다. 다목적 채소 절단기를 제품화 하여 전처리 공정을 수행할 경우, 전처리 가공 중 발생하는 식품가공 종사자의 피로를 감소하고, 다양한 기계적 옵션(절단 형태 및 두께 조절)을 통하여 농식품의 종류에 관계없이 공정을 수행할 수 있다. 이러한 기존공정 및 제품 (수작업 및 단순절단기)의 개선을 통한 조리프로세스 효율 향상 및 비용절감 효과 홍보하여 소비자의 욕구를 만족시킬 예정이다.

나. 사업화 추진전략

국립농산물품질관리원, 한국조리기계공업협동조합, 한국농수산식품유통공사 등과 인프라 구축을 통한 국내 시장 진입 및 해외 수출전략을 수립하고, 한국식품연구원과 연계하여 제품 모니터링 및 시장 진입전략을 확보할 계획이다. 제품을 이원화 하여 가공기계의 필요도가 높은 요식/급식업체 및 가공처리업체를 대상으로 각 시장특성에 맞는 제품을 공급 할 계획이다. 또한 단순히 절단공정에서 끝나는 것이 아닌 국내 농식품 가공 기관 및 업체와의 co-work를 통한 양산 line-up 구축하고, 국내외 시장 M/S를 확보할 것이다.

연차별 단계전략

년도	절차
2016년	• 국내 시장 출시를 위한 인프라 확보 및 홍보
2017년	• 국내 다목적 자동 채소 절단 시스템 공급 및 모니터링
2018년	• 해외 유통망 확보 및 국내 타 분야에 기술 적용
2019년	• 원가 절감을 통한 구매력 증대

다. 기술확산 방안

기술 홍보 및 확산을 위해 연구개발품을 국내/외 전시회에서 활용하여야 한다. 따라서, 국제식품산업대전, FoodExpo, 국제식품공학회 등 식품, 식품기계 전시회 및 학술대회 참석을 통한 기술 홍보에 적극적으로 임할 것이다. 국내 식품 전처리/ 조리기계 유통 업체 및 평가 기관 중심으로 국내 판로를 개척하고 국내외 지역, 환경별 주요 채소의 가공 특성에 대한 사전모니터링 제품 적용 안을 수립한다. 국내 주요 급식업체, 가공/전처리 업체와의 협업 및 계약을 통한 판로를 확보한다.

제 6 장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

D-08

제 1 절 학술논문

○ Abbott, J. A. (1999). Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest biology and technology*, 15(3), 207-225.

- 사과의 품질 여러 품질 요소 중 기계적 특성을 일정하중재하속도에서 측정하여 파괴점 및 항복점을 구명함. 식품의 기계적 특성 측정은 재료의 강도를 나타내는 것 보다 재료의 손상을 방지하는 것을 더 고려해야하며, 식품의 기계적특성은 질감 구성하는 중요한 요소임을 밝힘.

○ Singh, K. K., & Reddy, B. S. (2006). Post-harvest physico-mechanical properties of orange peel and fruit. *Journal of food engineering*, 73(2), 112-120.

- 과일 및 채소의 수확 후 기계적 특성 데이터는 다양한 가공, 포장, 보관 및 운송 시스템의 채택 및 설계에 중요함. 따라서 오렌지 껍질의 인장강도, 생물체항복점, 파괴점, 절삭력을 냉장저장기간에 따라 측정하였음. 저장기간에 따라 각 기계적 특성은 감소하였고, 줄기부분의 수직 위치에서 견고함을 나타냄

○ Haitao, C., Keke, R., & Jia, Y. (2010). Physical and mechanical properties of ridging radishes in Northern China. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2010(6).

- 중국산 무의 같은 물리 및 기계적특성을 분석하여 무 수확기의 수확시 최적 힘 설계를 위한 이론적 데이터베이스를 확립.

○ Gholami, R., Lorestani, A. N., & Jaliliantabar, F. (2012). Determination of physical and mechanical properties of Zucchini (summer squash). *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 14(1), 136-140.

- 호박의 물리적, 기계적 성질은 수확, 가공, 운송, 분류 등 자동화 장비의 설계에 필수적이므로, 호박의 탄성계수, 생물체 항복점, 파괴점 등을 측정함.

○ Grotte, M., Duprat, F., Loonis, D., & Pietri, E. (2001). Mechanical properties of the skin and the flesh of apples. *International Journal of Food Properties*, 4(1), 149-161.

- 사과의 껍질 유무에 따른 변형, 파괴 하중, 견고성, 인성 등의 기계적특성을 측정하여 사과의 껍질 및 과육특성 변화를 평가함. 각각 다른 품종의 기계적특성을 분석한결과 사과의 껍질보다 과육의 성질이 따라 크게 달라짐을 보고함.

○ Emadi, B., Kosse, V., & Yarlagadda, P. K. (2005). Mechanical properties of pumpkin. *International Journal of Food Properties*, 8(2), 277-287.

- 호박의 품종에 따른 인성, 파단력, 전단강도 및 절삭력을 분석하였음. 세가지 품종의 기계적 특성은 통계적으로 유사하였음.

○ Emadi, B., Abbaspour-Fard, M. H., & Kdv Yarlagadda, P. (2009). Mechanical properties of melon measured by compression, shear, and cutting modes. *International Journal of Food Properties*, 12(4), 780-790.

- 멜론의 품종에 따른 인성, 파단력, 전단강도 및 절삭력을 분석하였음. 세가지 품종의 기계적 특성은 통계적으로 유사하였다. 멜론의 박피에 필요한 에너지는 500 N mm로 나타났으며 절단에 사용된 절단저항과 유사하게 나타났다. 따라서, 연구에 사용된 절단 프로브를 이용한 박피는 권장하지 않음.

제 2 절 관련특허

○ 야채 절단기의 절단두께 조절장치 1012831410000 (2013.07.01.)

- 절단기 내부를 원형커터와 회전테이블로 구성하고, 이 둘의 속도차이를 주는 것과 동시에 절단기 하부에 있는 조절나사를 조절함으로써 원형커터를 승하강시켜 절단 두께를 조절하도록 구성함.

○ 식품재료두께조절절단장치의 야채절단부 구조 1012162130000 (2012.12.20.)

- 식품재료를 한 번의 작업으로 얇은 슬라이스 및 가는 채 형태로 절단하는 장치를 개발하였으며 조절캡의 회전운동에 따라 칼날부의 칼날 돌출 길이를 조절함으로써 두께 조절이 가능하도록 함.

○ 식품재료절단장치 1009533230000 (2010.04.09.)

- 야채와 같이 길이가 길고 지름이 비교적 굵은 재료를 절단하는 식품기계이며 기계 중단에 위치한 조절캡에 설치된 조절레버를 이용 나선운동에 의하여 조절판과 커터 사이의 거리를 이격시킴으로써 절단 길이를 조절함.

○ 식품커터기 1009548140000 (2010.04.19.)

- 마늘이나 고추와 같은 작은 재료를 절단하는 기계에서 원호모양의 칼날을 쉽게 탈부착 및 교체 할 수 있도록 했으며 기계 후방에 있는 조절레버의 회전운동으로 지지판부를 전, 후 방향으로 이동시켜 절단 두께를 조절함.

○ 식품 슬라이서 1015513880000 (2015.09.02.)

- 적재 컨테이너가 회전하는 나이프 위를 지나면서 절단 대상물이 절삭되는 단순한 구조로 청결성을 확보하였으며 구석진 부분이 적어 물세척이 용이하다. 핸들을 회전 조작함으로써 적재 컨테이너가 있는 스테이지를 승하강시켜 절단 두께를 조절함.

○ 수직형 식품 슬라이서 1010255010000 (2011.03.22.)

- 식품을 수직방향으로 투입하여 절삭하는 기계이며 적재 컨테이너가 있는 회전판과 칼날부가 반대로 돌아 부드럽게 절단작업이 이루어지도록 하였고 측면에 있는 조절나사를 조절함으로써 축을 상승 및 하강 시켜 절단 두께를 조절함.

○ 근채류 절단기 1010764380000 (2011.10.18.)

- 모터의 회전운동을 직선운동으로 전환시켜서 근채류를 수직절단과 수평절단을 동시에 행하는 기계이다. 일자형 칼날을 이용하며 칼날의 탈부착이 쉽고 컨베이어 벨트에 의해 투입과 배출이 자동으로 이루어진다.

제 7 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

D-11

1) 안전관리 점검체계

- 연구실 및 작업장 안전관리를 위하여 점검일지 작성 및 위험요소 제거(일상점검)
- 매년 1회 이상 연구실 관리실태 등을 안전점검기기를 이용하여 정기적으로 실시(정기점검)
- 위험등급이 매우 높은 실험실은 전문 업체를 통한 연구실 및 작업장의 안전관리 점검이 필요하나 본 연구를 수행하는 연구실 및 작업장은 불필요(정밀안전진단)

2) 안전관리 계획

- 연구실 및 작업장 안전을 위한 점검
 - 안전점검 및 위험요소 분석하여 필요한 경우 정밀안전진단을 통해 연구실 및 작업장의 환경을 개선
- 연구실 및 작업장 안전 취약부분 점검
 - 안전관리 실태조사 및 현장지도 점검 등을 통해 연구실 및 작업장 안전 취약부분에 대한 개선
- 안전관리 교육활동 확보
 - 신규 연구활동 종사자: 소속기관에서 자체적으로 실시하는 연구실안전 교육을 의무적으로 참여하여 연구실안전교육 수료증 확보
 - 기존 연구활동 종사자: 매년 1회 의무적으로 안전교육을 참여하고 연구실안전교육 수료증 갱신
- 안전관리규정 작성
 - 안전관리조직체계 및 그 직무에 관한 사항
 - 건강장해를 예방하기 위한 작업관리
 - 연구실 및 작업장 안전관리담당자 지정 및 책임, 권한 부여
 - 연구실 및 작업장내의 설비 점검과 작업방법의 개선 및 지도
 - 주기적 안전교육 실시에 관한 사항
 - 사고발생시 긴급대처방안과 행동요령에 관한 사항
 - 사고 원인조사 및 대책의 수립에 관한 사항
- 안전관리위원회 구성 및 운영
 - 운영위원 섭외 및 임명
 - 안전점검에 대한 계획 수립 및 연구안전교육 활동의 지도 및 감독

○ 사고 발생 시 피해에 관한 보상방법 마련

- 연구 활동 시 발생할 수 있는 사고에 의한 연구 활동 종사자의 상해 및 사망을 대비하고 보상할 수 있는 보험에 가입

3) 연구실 및 작업실 안전조치 이행계획

○ 연구활동 종사자가 연구실의 실험장비 및 실험설비를 육안으로 점검하고 매일 1회 연구실 안전관리 점검 일지를 작성하고 연구실 책임자는 점검 일지를 검토

○ 정기점검: 연구실의 일반안전, 전기안전, 소방안전, 및 실험장비 안전 등을 안전관리 매뉴얼에 따라 안전점검기기를 이용하여 매년 1회 실시

○ 특별안전점검: 소속기관의 안전관리 자체인력을 구성하여 연구실 위험 요소를 매년 1회 의무적으로 실시

○ 정밀안전점검: 외부전문기관을 통해 유해인자를 취급하여 안전위험의 가능성이 높은 연구실을 2년에 1회 이상 실시, 하지만 본 과제에서는 정밀안전점검은 불필요

○ 건강검진실시

- 정기검진: 연구활동 종사자는 매년 1회 이상 실시하고 법적 진단항목인 결핵, 장티푸스, 전염성 피부질환의 유무를 확인

제 8 장 참고문헌

D-14

1. 문헌자료

- 김건희. (2005). 소비자의 신선편이식품에 대한 수요와 요구. *식품저장과 가공산업*, 4(2), 2-7.
- 황태영, & 문광덕. (2005). 신선편이 농산식품 산업의 기술동향 및 전망. *식품과학과 산업*, 38(4), 120-130.
- Kang, H., Jung, E. H., & Rhie, S. G. (2009). 학교급식 식재료로서 지역 농산물, 고품질농산물과 신선편이 채소의 이용현황과 필요에 관한 연구. *한국지역사회생활과학회지*, 20(3).
- 김병삼. (2005). 고품질 신선편이농산물 가공을 위한 장치 및 시설. *식품저장과 가공산업*, 4(2), 41-61.
- Mahalik, N. P., & Nambiar, A. N. (2010). Trends in food packaging and manufacturing systems and technology. *Trends in food science & technology*, 21(3), 117-128.
- Kader, A. A. (2002). Quality parameters of fresh-cut fruit and vegetable products. *Fresh-cut fruits and vegetables*, 11-20.
- Masanet, E., Masanet, E., Worrell, E., Graus, W., & Galitsky, C. (2008). Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the fruit and vegetable processing industry. An Energy Star Guide for Energy and Plant Managers (No. LBNL-59289-Revision). Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA (US).
- Masanet, E., Masanet, E., Worrell, E., Graus, W., & Galitsky, C. (2008). Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the fruit and vegetable processing industry. An Energy Star Guide for Energy and Plant Managers (No. LBNL-59289-Revision). Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA (US).
- Derden, A., Vercaemst, P., & Dijkmans, R. (2002). Best available techniques (BAT) for the fruit and vegetable processing industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 34(4), 261-271.
- Derden, A., Vercaemst, P., & Dijkmans, R. (2002). Best available techniques (BAT) for the fruit and vegetable processing industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 34(4), 261-271.
- Jongen, W. (Ed.). (2002). *Fruit and vegetable processing: Improving quality*. Elsevier.
- Horn, R., & Slovacek, R. J. (1976). U.S. Patent No. 3,975,622. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Konno, M., Nagami, N., Yoshii, Y., Ikeda, O., Nakata, Y., & Iritani, K. (2008). U.S. Patent No. 7,338,273. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Zernike, F. (1934). Diffraction theory of the knife-edge test and its improved form, the

phase-contrast method. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 94, 377-384.

- Shamoto, E., & Altintas, Y. (1999). Prediction of shear angle in oblique cutting with maximum shear stress and minimum energy principles. Journal of manufacturing science and engineering, 121(3), 399-407.
- Peltier, J., & Deal, G. L. (2002). U.S. Patent No. 6,405,855. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Thompson, C. (2005). U.S. Patent No. 6,971,503. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

2. 웹사이트

- http://ace3.yc.ac.kr/%B8%D6%B9%CC%B1%B3%C0%E7/AC_motor/
- http://www.hyosungpni.co.kr/kor/popup/basic/basic_12.jsp
- <http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=msnayana&logNo=80117139987>
- www.kemco.or.kr/up_load/blog/인버터설명서.ppt
- <http://juke.tistory.com/236>
- www.kemco.or.kr/up_load/iecenter/club00000207_energyqa/인버터란.doc
- <http://elearning.kocw.net/contents4/document/lec/2012/KonKuk/LeeYoungJin/13.pdf>
- http://www.ti.com/ww/kr/simple_switcher/regulators.html
- http://www.rohm.co.kr/web/korea/dcdc_what7
- http://www.rohm.co.kr/web/korea/dcdc_what4
- http://www.rohm.co.kr/web/korea/dcdc_what5
- <http://www.chip1stop.com/web/KOR/ko/tutorialContents.do?page=031>

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.