

119108
-01

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개() 발간등록번호(O)
고부가가치식품기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003646-01

막김치 자동화 생산설비의 규모화와 성과보급

2021.08.24

주관연구기관 / 세계김치연구소
협동연구기관 / (주)명성
협동연구기관 / (주)한성식품

2021

농림축산식품부

농림식품기술기획평가원

농림축산식품부
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “막김치 자동화 생산설비의 규모화와 성과보급”(개발기간 : 2019. 12. 02. ~ 2021. 06. 01.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 08. 24

주관연구기관명 : 세계김치연구소 (대표자) 최학종 (인)
1협동연구기관명 : (주)명성 (대표자) 정보영 (인)
2협동연구기관명 : (주)한성식품 (대표자) 김순자 (인)

주관연구책임자 : 한응수
1협동연구책임자 : 김상신
2협동연구책임자 : 차성관

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요
2. 연구개발과제의 수행과정 및 수행 내용
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도
4. 목표 미달 시 원인분석
5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

별첨자료(참고문헌 등)

< 요약 문 >

사업명		고부가가치식품기술개발사업		연구개발과제번호		119108-01	
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 EA0504	70%	2순위 EA0506	30%	3순위 소분류 코드명	%
	농림식품 과학기술분류	1순위 RC0401	70%	2순위 RC0403	30%	3순위 소분류 코드명	%
연구개발과제명		막김치 자동화 생산설비의 규모화와 성과보급					
전체 연구개발기간		2019.12.02. - 2021.06.01.(18개월)					
총 연구개발비		총200,000천원(정부지원연구개발비:150,000천원,기관부담연구개발비 :50,000천원,)					
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[0]					
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	막김치 자동화 생산설비의 규모화와 성과보급 -시간당 2,500kg 생산규모의 막김치 연속생산시스템 개발 -중소 김치업체(3개소)에 자동화 생산시스템 보급과 기술지원					
	전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 막김치 자동화 생산설비의 규모화 연구 <ul style="list-style-type: none"> -시간당 2,500kg 규모의 막김치 연속생산 설비 개발 -막김치 연속생산시스템의 구축과 공정균형 개발 -염수의 염도와 용량 등의 데이터 자동계측 시스템 구축 ○ 막김치 자동화 생산시스템 보급과 기술지원 <ul style="list-style-type: none"> -개발한 막김치 생산 자동화 공장의 안정화 -생산 규모화 공정의 레이아웃 작성과 공정 시뮬레이션 -생산 규모화 공장의 설계와 경제성 검토 -생산 규모화 공정의 시운전과 기술이전 -맞춤형 컨설팅 지원: 현장시운전, 기술컨설팅 					
연구개발성과	기술이전 1건, 기술료 10백만원, 제품화 2건, 매출액 3,203백만원, 수출 1,147백만원, 고용창출 10명						
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p>막김치를 자동으로 생산하는 표준모델공장을 개발하는 것은 김치산업 발전의 핵심 과제이고 국민 누구나 품질 좋은 김치를 저렴한 가격으로 구입할 수 있게 하려면 규모화된 공장에서 일정한 품질의 막김치를 저렴한 가격으로 생산할 수 있어야 하겠다. 생산량 1일 20톤 규모의 자동화김치공장(KPC, Kimchi Processing Complex)을 개발하여 전국에 100개를 보급하면 50만 톤의 김치를 효과적이고 효율적으로 공급할 수 있다. 이러한 표준 모델공장을 개발하는데 본 과제에서 개발한 막김치 자동화 생산설비의 규모화 연구 성과를 활용할 계획이다. 막김치 생산 자동화 기술과 장치를 이용한 생산 규모화 시스템을 김치제조업체의 요구에 맞추어 지속적으로 현장에 보급하고, 4차산업 기술을 융합하여 더욱 고도화된 자동화 시스템으로 발전시킬 수 있도록 지속적으로 연구하여 한국김치산업의 경쟁력을 강화하는 데 활용할 계획이다.</p>						
국문핵심어 (5개 이내)	김치	자동화	생산설비	규모화	김치공장		
영문핵심어 (5개 이내)	kimchi	automation	equipment	scale-up	KPC(kimchi processing complex)		

1. 연구개발과제의 개요

본 과제는 “막김치 생산 자동화 기술 및 장치 개발”(2017.6.15. - 2019.12.31.) 과제의 후속과제로 “막김치 자동화 생산설비의 규모화와 성과보급”(2019.12.2. - 2021.6.1.)을 목표로 수행되었다.

전 과제에서 개발한 시간당 600kg 규모의 막김치 자동생산 설비를 scale up 하여 시간당 2,500kg 생산 규모의 막김치 연속생산 시스템을 개발하고 이를 중소 김치업체에 보급하며 기술을 지원하는 것을 목표로 하였다.

우선 전 과제에서 개발한 막김치 자동화 생산시스템의 문제점을 개선하고 이를 시간당 2,500kg으로 규모화 하여 중소 김치업체에 적합한 규모와 형태로 보급하고자 하였다. 규모화된 막김치 자동화 생산시스템의 대표적인 예는 그림 1과 같다.

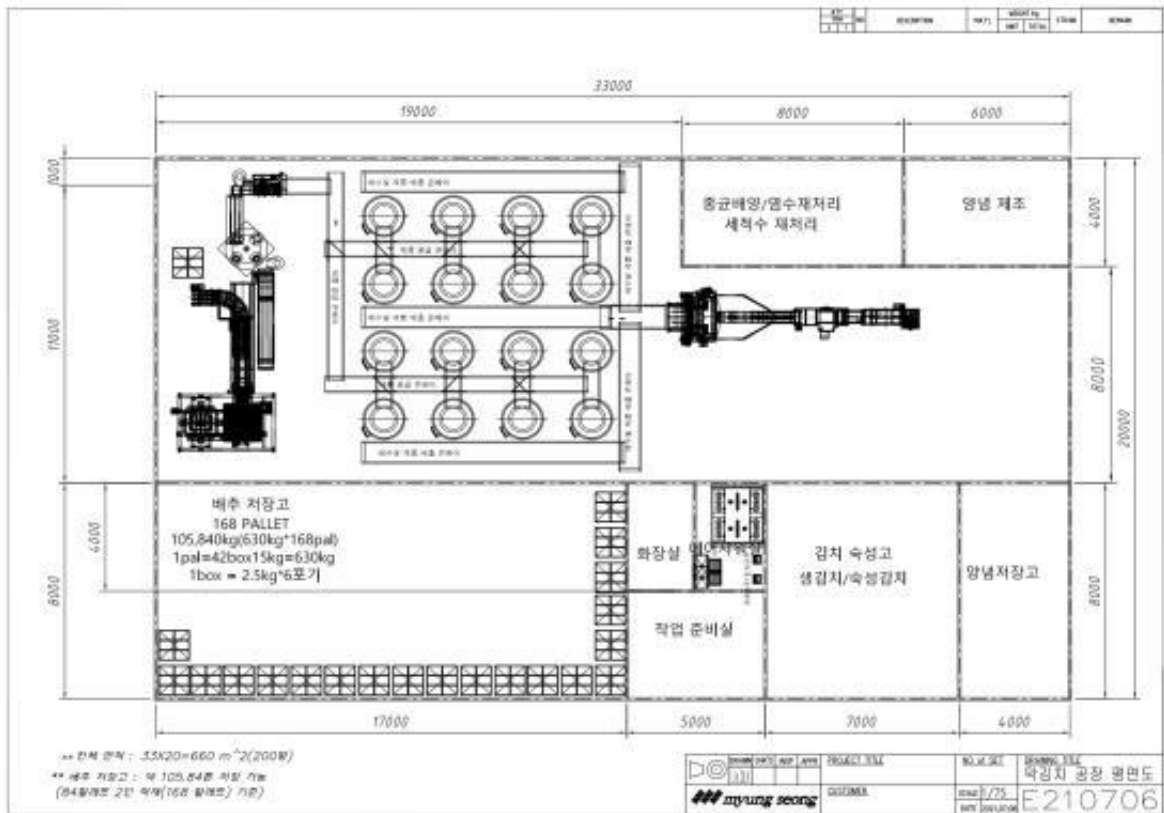


그림1. 규모화된 막김치 자동화 생산시스템

가. 기 개발한 막김치 자동화 생산시스템의 문제점 개선

전 과제에서 개발한 막김치 자동화 생산 시스템의 문제점은 첫째, 절임통의 수평회전으로 인한 염수배관의 탈부착 어려움으로 이는 절임통을 직선식으로 배치하고 염수배관을 통에 고정하는 방식으로 개선하여 해결하고자 하였고, 둘째, 절임통을 기울여 절임배추를 배출하는 조작용과 위험성은 절임통의 하부에 개폐구를 설치하여 통을 기울이지 않고 썰은 배추를 상부로 투입하고 절여진 배추를 하부로 배출하는 방식으로 해결하고자 하였으며, 셋째, 썰은 배추가 절임통에 적게 들어가는 문제는 썰은 배추를 고염수로 살수하여 숨을 죽여 통에 많이 들어가게 함으로써 해결하고자 하였고, 넷째, 절임통 내부에서만 세척수를 순환시킴으로 인한 절임배추의 세척이 미진한 문제는 썰은 배추를 고염수로 살수하여 이물질을 세척하고 절임 후 통 내부에서 2차 세척하는 방식으로 개선하고자 하였다.

표1. 전 과제에서 개발한 막김치 자동화 생산시스템의 문제점과 개선 방안

	문제점	개선방안
1	절임통의 수평회전으로 인한 염수배관의 탈부착 어려움	절임통을 직선식으로 배치하고 염수배관을 통에 고정함
2	절임통을 기울여 절임배추를 배출하는 조작용의 어려움과 위험성	절임통의 하부에 개폐구를 설치하여 상부로 투입하고 하부로 배출하게 함
3	썰은 배추가 절임통에 적게 들어가는 문제 (채움밀도 0.3)	썰은 배추를 고염수로 살수하여 숨을 죽여 통에 많이 들어가게 함
4	절임통 내부에서만 세척수를 순환시킴으로 인한 세척의 미진	썰은 배추를 고염수로 살수하여 이물질을 세척하고 절임 후 통 내부에서 2차 세척

나. 막김치 생산시스템 규모화 방안(시간당 2,500kg으로 규모화)

전 과제에서 개발한 시스템의 문제점을 개선하면서 본 과제의 목표인 시간당 2,500kg의 막김치를 생산하는 시스템으로 규모화하기 위하여 절임통의 크기를 늘려서 4통 1조식으로 증대하는 방안과 통의 개수를 늘려서 16통을 4통 1조씩 4조를 병렬로 설치하는 방안을 연구하였다.

표2에서 보듯이 대형 1조 직렬식은 1일 김치 생산량이 12,000kg으로 목표치에 미달하였고, 중형 2조 병렬식은 19,230kg으로 목표치에 근접하였으며, 소형 4조 병렬식은 27,780kg으로 생산성이 높았다.

표2. 막김치 생산시스템 규모화 방안(시간당 2,500kg으로 규모화)

	1통의 크기 (L)	통의 수량 (개)	1회 절임시간 (분)	1일 김치생산량 (kg/8h)
대형 1조 직렬식	1,503	4	25.0	12,000
중형 2조 병렬식	751	8	15.6	19,230
소형 4조 병렬식	377	16	10.8	27,780

다. 중소 김치업체 보급

막김치 생산 규모화 시스템을 중소 김치업체에 보급하기 위하여 공장의 현실적인 요구에 맞추어 생산규모가 1일 8시간에 15톤 이상인 경우는 소형 4조 병렬 시스템을 보급하고, 1일 7-15톤이 필요한 공장은 소형 2조 병렬 시스템을 보급하며, 1일 7톤 이하의 소규모 공장에는 소형 1조 직렬식을 보급하는 것으로 충분하였다.

표3. 막김치 생산 규모별 권장 생산 시스템

막김치 생산규모	권장 시스템	예상 막김치 생산량(kg/h)
1일 15톤 이상	소형 4조 병렬 시스템	3,473
1일 7-15톤	소형 2조 병렬 시스템	1,736
1일 7톤 이하	소형 1조 직렬 시스템	868

라. 막김치 규모화 생산시스템의 경제성 분석

막김치 자동화 생산 사업의 경제성을 순현재가법(NPV), 투자수익률법(ROI), 자본회수기간법(PBP), 내부수익률법(IRR)으로 분석하여 자동화 생산시스템의 도입에 대한 경영자의 판단 근거를 제공하였다.

마. 연구성과의 활용방안

연구성과는 과제종료 후에도 지속적으로 김치공장 수요에 맞추어 현장에 보급하고 기술지도하여 한국김치산업의 경쟁력 강화에 기여하는데 활용할 계획이다.

2. 연구개발과제의 수행과정 및 수행 내용

우선 썰은 배추를 고염수로 살수하면 부피가 얼마나 감소하는지를 시험하고 이를 절임통의 설계에 반영하여 막김치 연속생산시스템을 설계하였고 규모화 용량에 맞는 절임통을 설계하고 제작하여 시운전하였다.

시운전 결과를 바탕으로 제조공정을 설계하고 공정별 기계설비의 성능을 설정하고, 소요인력을 추정하였으며, 공정수율을 적용하여 재료비를 산정하였다.

재료비, 노무비, 제조경비를 합하여 제조원가를 산정하고 여기에 유통마진을 더하여 매출원가를 산정하고 이를 기반으로 순현재가법으로 사업성을 평가하였다.

가. 막김치 자동화 생산설비 규모화 연구

1) 생산 시스템 연구

막김치를 시간당 2,500kg 규모로 연속 생산하는 시스템을 연구하였다. 우선 병목 공정인 절임 공정의 규모를 늘리는 방법으로 단위 절임통의 크기를 확대하는 방법과 절임통을 병렬로 설치하는 방법을 연구하였다. 어떤 방식이든 기본으로 썰은배추의 통에 담기, 염수순환 절임, 세척수순환 세척, 종균액 접종과 탈수 쏘기의 4공정으로 이루어지며 4공정은 각각 공정조작시간이 15분 이내로 같아야 한다. 그리고 이 4가지 조작용 직선식으로 배치되고 배관이 통에 고정되며 상부로 투입되어 하부로 배출되는 방식으로 확립하였다.

가) 1조식 생산시스템

이때 4개의 통을 1조로 하여 시간당 2,500kg을 생산하려면 각 공정을 15분으로 하여 통당 500kg의 절임배추가 생산되어야 하고, 통에는 썰은배추 550kg(절임수율 90%)을 투입하여야 하며 통의 크기는 1,503L가 되어야 한다(고염수 침지한 썰은배추를 절임통에 담았을 때의 밀도가 0.366임). 그런데 1,503L의 통에 550kg의 썰은 배추를 채우면 남은 공간인 953L에 염수를 채워야 하고 이때 염수 채움 시간이 9.5분이 소요되고 배출시간도 9.5분이 소요되며 염수순환시간 6분이 추가되면 총 25분의 1절임시간이 소요된다. 이는 목표시간 15분을 10분이나 초과하므로 시간당 2.4회(12,000kg)를 절이게 되어 목표값의 60%에 불과하게 된다. 그래서 통의 크기를 늘려서 생산규모를 확대하는 방법은 적합하지 않은 것으로 판단하였다.

표4. 생산방식과 절임통의 크기 및 절임시간

생산 방식	목표 절임배추생산량(kg)			1통당 배추투입량(kg)	1통의 크기(L)*	염수채움량 (L)**	염수채움 시간(분)
	시간당	15분당	1조 15분당				
1조식	2,000	500	500	550	1,503	953	9.5
2조식	2,000	500	250	275	751	476	4.8
4조식	2,000	500	125	138	377	239	2.4

* 고염수 침지하면 밀도 0.366(183kg/500L)으로 썰은배추를 통에 담을 수 있음

** 통의 용량에서 배추의 무게를 뺀 공간의 부피(배추의 비중은 1로 가정)

그래서 통의 크기를 늘리지 않고 4통을 1조로 한 절임장치를 병렬로 2조와 4조로 설치하여 생산량을 확대하는 방법을 연구하였다.

나) 2조식 생산시스템

2조 병렬식으로 할 경우 시간당 절임배추 생산량은 2,000kg이고 1조 15분당 250kg이며 1통당 썰은배추 투입량은 275kg으로 통의 크기는 751L가 되어야 한다. 이때 남은 공간 476L에 염수를 채우는데 4.8분이 소요되고 배출시간 4.8분과 순환시간 6분을 합하면 1절임당 15.6분이 소요되어 목표값에 근접하였다. 그러나 통의 크기가 직경 1,500mm 이상으로 커져서 압력 1.5기압에 견디는 하부 뚜껑을 설치하는데 어려움이 제기되었다.

표5. 생산방식별 절임배추 생산량과 효율성

생산 방식	1회 절임시간(분)				절임배추 생산량 (kg/h)	목표효율성 (%)
	염수채움	염수순환	염수배출	계		
1조식	9.5	6.0	9.5	25.0	1,200	60
2조식	4.8	6.0	4.8	15.6	1,923	96
4조식	2.4	6.0	2.4	10.8	2,778	139

다) 4조식 생산시스템

4조 병렬식으로 할 경우는 1통의 크기가 377L로 감소하고 여기에 썰은 배추 138kg을 담고나면 남은 공간 239L에 염수를 채우는데 2.4분이 소요되어 1절임시간이 10.8분(2.4분+6.0분+2.4분)이 소요된다. 그러면 시간당 5.5회를 절일 수 있으므로 시간당 절임배추 생산량은 2,778kg으로 목표값 2,000kg대비 39% 증가하게 된다. 그리고 절임통의 크기가 377L로 작아지므로 하부의 압력개폐뚜껑도 가능할 것으로 예상되었으므로 4조 병렬식으로 생산방식을 규모화하기로 결정하였다.

2) 공정 설비의 레이아웃 작성 연구

막김치 생산 공정은 사람과 기계설비의 조화로 경제성 있게 효율적으로 진행된다. 저임금 노동력이 풍부하면 인력 위주의 공정을 구성하고, 노동력이 부족하면 기계 설비를 자동화하여 생산비용을 줄이게 된다. 선진사회로 진입하고 있는 한국의 김치공장도 저임금 노동력을 확보하기 어려워지면서 자동화가 빠르게 진행되고 있다. 그리고 각 공정별 자동화 기계도 속속 개발되고 있으므로 머지않아 자동화된 막김치 공장이 가동될 수 있을 것이다. 막김치 자동화 생산 공정을 이미 가동 중인 자동화 설비뿐만 아니라 조만간 개발될 자동화 기계 설비까지를 고려하여 설계하였다.

가) 막김치 연속 자동화 생산 공정의 연구

막김치 연속 자동화 생산 공정은 공장의 저온저장고에 배추를 저장하고 이를 꺼내어 생산에 투입하는 단계부터 막김치를 포장하여 숙성고에 보관하였다가 출하하는 단계까지 18개의 공정으로 구성되며 각 공정의 기능과 장치구성을 연구하였다.

(1) 배추저장

김치를 연중 생산하기 위해서는 배추를 저장하여야 하고 저장고는 김치공장 내부에 최소 1주일 사용량을 보관할 수 있는 저온저장고를 확보하여야 한다. 1일 28톤의 막김치를 생산하려면 배추 35톤이 필요하므로 5일분 소요량 175톤의 배추저장고(약 60평)가 필요하다. 그리고 배추산지 조사, 배추물량 계약 및 확보, 수확작업을 지휘하여 저온저장고에 입고하고 관리하면서 연중 배추를 공급하는 전문인력이 필요하다.

(2) 상자분급

트럭에 실려 공장으로 반입된 배추를 하차하여 저온저장고에 입고하고 팻릿단위로 출고하여 팻릿 해체장치에 공급하면 팻릿 상단의 6상자를 잡아 상자반전기로 수평이동시키는 그리퍼장치가 소요되고 배추팻릿을 상부로 일정거리 올려주는 리프트장치가 필요하다. 이때 지게차 운전요원이 필요하며 요원은 빈 배추상자를 회수 정리하여 야적장이나 상자세척실로 운반하는 일도 겸하게 된다(지게차 운전면허 필수).

(3) 배추쏟기

상자반전기 거치대(1줄 공급장치)로 옮겨진 배추 6상자는 2상자씩 롤러컨베이어를 따라 이동하면서 아래로 회전하고 이때 원심력에 의해 배추가 상자 안에서 쏟아져 나오게 된다. 이때 쏟아져 나온 배추가 상처가 나지 않도록 접촉면에 완충장치가 필요하고 상자에서 쏟아지지 않는 배추를 처리하는 방안이 강구되어야 한다(상자에 배추를 너무 꼭 끼지 않도록 담아야 한다).

(4) 다듬기

쏟아진 배추의 겉잎과 뿌리를 제거하여 다듬는 공정으로 아직은 사람이 칼로 다듬고 있으나, 몇 가지 관련 기술과 장치가 개발되어 특허로 출원되어 있고, 로봇이 배추를 한 포기씩 잡고 뿌리제거기에 접촉시켜 뿌리를 자동제거하면서 뿌리 절단 깊이를 조절하여 겉잎까지도 떨어지게 할 수 있다. 그러나 떨어진 겉잎을 다듬어진 배추에서 자동으로 분리하는 기술이 확립되지 못하여 연구 중에 있으므로 조만간 개발될 것이다.

(5) 분류

다듬어진 배추는 크기(무게, 직경)에 따라 대중소로 분류하여 절단공정에 투입되어야 한다. 이때 분류기준으로 무게를 측정하여 분류하는 방식과 폭(직경)을 측정하여 분류하는 방식이 검토되고 있다. 어떤 방식이든 자동으로 분류하는 장치를 개발하는 것은 어렵지 않다.

(6) 절단

다듬은 생배추를 2절하고 이를 세절기에 투입하여 세로로 절단하고 나서 가로로 절단하고 있다. 그러나 2절배추의 세워진 중륵은 세로로 절단되지 않으므로 중륵이 넓은 썰은배추가 생산되는 단점이 있다. 중륵이 넓은 배추를 세로로 30mm 크기로 고르게 절단할 수 있는 원통칼집에서 세로로 자르고 가로로 절단하는 세절기의 개발이 필요하다.

(7) 선별

썰은 배추에 혼입된 불량한 배추편(배추조각)을 제거하여 양호한 배추편 만을 선별하는 공정으로 배추편의 색채를 기준으로 흰색과 연녹색이 일부 남아 있는 배추편만을 선별하는 기계장치가 수입되어 사용되고 있고 배추 전용의 국산화 연구가 진행되고 있다. 현재는 절임과 세척이 끝난 단계에서 육안으로 선별하고 있는데 사람이 많이 소요되고 작업효율도 높지 않다.

(8) 침지

선별된 배추편에 고염수를 살수하여 썰은 배추의 숨을 죽여 절임통에 더 많은 배추를 담기 위한 조작으로 고염수에 침지하지 않은 것보다 약 27% 더 담기게 된다. 그리고 이때 고염수를 살수하면 흙먼지 등 이물질질을 세척하는 효과가 있어서 절임통 안에서만 세척수를 순환하여 세척하는 것의 단점을 해결할 수 있다.

(9) 담기

고염수로 살수하여 숨이 죽은 배추편을 경사컨베이어로 이송하여 절임통에 채워 담는 공정으로 1열로 늘어선 절임통에 순차적으로 연속하여 배추편을 채우는 2단 분급컨베이어가 필요하다.

(10) 절임

절임통에 배추편이 채워지면 상부뚜껑을 닫고 포화염수를 절임통 하부관으로 주입하여 채우고 순환시켜 배추편을 절인 다음 하부밸브를 열어 염수를 배출하는 공정으로 절임시간 10-15분에 원하는 염도로 자동으로 절여진다. 염수는 재처리하여 반복 사용한다.

(11) 세척

염수를 배출하고 세척수를 하부관으로 주입하여 상부관으로 배출하면서 절여진 배추를 통 안에서 세척하는 공정으로 침지공정에서 1차 세척한 배추편은 절임공정에서 이물질이 분리되었다가 세척공정에서 제거된다. 세척수도 재처리하여 재사용할 수 있다.

(12) 접종탈수

세척된 절임배추에 종균액을 순환접종하고 탈수하는 공정으로 종균액을 1회 순환 접촉하는 것으로 충분하게 접종된다. 하부밸브를 열어 종균액을 회수하고 하부뚜껑을 열어 배추편을 꺼내는 것 까지를 1절임시간에 마친다.

(13) 꺼내기

절여진 배추편을 절임통 아래로 꺼내는 공정으로 절여진 배추편이 쪼개어 떨어져서 장력이 생기므로 하부뚜껑의 직경이 배추편 두께보다 작으면 층이 무너지지 않아서 저절로 쏟아지지 않으므로 하부뚜껑의 직경을 배추편 두께보다 훨씬 크게 하여야 한다(같은 비율에서는 무너지지 않았음).

(14) 양념혼합

절여진 배추편을 정량적으로 연속하여 수평형 회전혼합기에 투입하고 절임배추의 25% 비율로 균질화된 양념을 주입하여 회전통 내부에서 배추편과 양념이 혼합되면서 이동하는 공정으로 자동화가 가능하다.

(15) 이물질검사

막김치를 포장하기에 앞서 이물을 검사하여 제거하는 공정으로 X-ray 검사기로 금속, 플라스틱

틱 등 이물을 식별하여 제거한다.

(16) 포장

이물검사가 끝난 막김치를 10kg씩 비닐봉투에 포장하는 공정으로 포장용기 하부에 로드셀을 설치하여 연속하여 신속하게 정량적으로 포장하는 공정으로 내포장이 끝나면 골판지상자나 PVC 상자(28×19×19cm)로 포장하여 팔릿에 적재한다.

(17) 적재

포장된 막김치를 상자단위로 팔릿에 적재하는 공정으로 팔릿 1단에 12상자씩 5단(600kg)으로 적재하면 지게차로 숙성실로 운반하여 숙성시키면서 수요에 맞추어 출하한다,

(18) 출하

막김치는 수요처의 요구에 맞추어 출하하는 공정으로 수출용이나 장거리 운송이 필요한 김치는 바로 생김치로 출하하고 실수요용으로 숙성김치를 원하는 근거리 수요처에는 숙성시켜 출하한다.

표6. 막김치 연속 자동화 생산 공정의 기능과 장치 구성

순서	공정	장치	기능	비고
1	배추저장	저온저장고	구매계약, 수확입고, 저장	연중배추공급
2	상자분급	리프트 그리퍼	배추팻릿을 리프트로 상승이동, 그리퍼로 수평이동	지게차
3	배추쏟기	상자반전기	2상자씩 원심회전 쏟기	빈상자 적재
4	다듬기	겉잎과 뿌리 제거기	뿌리를 파내며 겉잎까지 탈락	로봇 자동화
5	분류	크기 분류기	다듬은 배추를 크기별 대중소 분류	자동화 개발
6	절단	원통절단기	원통칼집에서 세로로 자르고 가로로 세절	자동화 개발
7	선별	색채선별기	변질된 배추편 인식 분리	자동화 개발
8	침지	고염수 살수기	선별된 배추편에 고염수 살수하여 숨죽이기	부피 27% 감소 세척효과
9	담기	원통형 절임기	침지된 배추편을 절임기에 컨베이어로 채우기	분급컨베이어
10	절임	원통형 절임기	통을 밀폐하고 염수를 주입 가압 순환하여 절이기	염수탱크, 염수관 자동개폐
11	세척	원통형 절임기	통에 세척수를 주입 가압 순환하여 세척하기	세척수탱크, 세척수재처리장치
12	접종탈수	원통형 절임기	통에 종균액을 주입 가압 순환하여 접종하고 탈수	종균배양탱크, 배추착즙기
13	꺼내기	하부개구 쏟기	아래뚜껑 열고 절임배추를 꺼내기	회전쏟기
14	양념혼합	횡형원통회전혼합기	나선형원통에 배추편과 양념을 넣어 연속으로 혼합	양념외주가공, 검수공급
15	이물검사	이물검출기	김치의 이물검출	X-ray검출기
16	포장	덕용상자포장기	플라스틱상자에 비닐봉투를 펴고 10kg씩 포장	상자회수 재사용
17	적재	팻릿 자동적재기	배추상자를 팻릿에 자동으로 쌓고 숙성실로 이송	팻릿을 수직이동하며 쌓기
18	출하	배송트럭 적재기	배송트럭에 배추상자를 적재하기	택배기사와 협업

나) 공정 설비의 레이아웃 배치

4조 병렬식 막김치 연속생산 공정의 설비를 공장 바닥면적에 따라 25m×20m(150평) 레이아웃 배치, 33m×20m(200평) 레이아웃 배치, 50m×20m(300평) 레이아웃 배치로 설계하였다.

150평 레이아웃 배치는 도시형 밀집배치로 배추저장고에서 배추팠릿을 하나씩 꺼내어 바로 해체를 시작하여 다듬고 절단하여 4조 병렬식 절임기에 투입하고 배출된 절임배추에 양념을 혼합하여 포장하면 바로 김치숙성고로 반입하는 구조이고 이때 양념은 외주가공한 것을 검수하여 양념저장고에 두고 사용한다.

200평 레이아웃 배치는 표준형으로 배추저장고에서 배추팠릿 꺼내어 해체하고 다듬고 절단하여 4조 병렬식 절임기에 투입하고 배출된 절임배추에 양념을 혼합하여 포장하여 김치숙성고로 반입하는 구조이고 이때 양념은 전처리된 재료를 자체 가공하여 제조한다.

300평 레이아웃 배치는 산지형 배치로 배추저장고를 충분히 확보하고 배추팠릿을 꺼내어 해체를 시작하여 다듬고 절단하여 4조 병렬식 절임기에 투입하고 배출된 절임배추에 양념을 혼합하여 포장하면 김치숙성고로 반입하는 구조이고 이때 양념은 자체 제조한다.

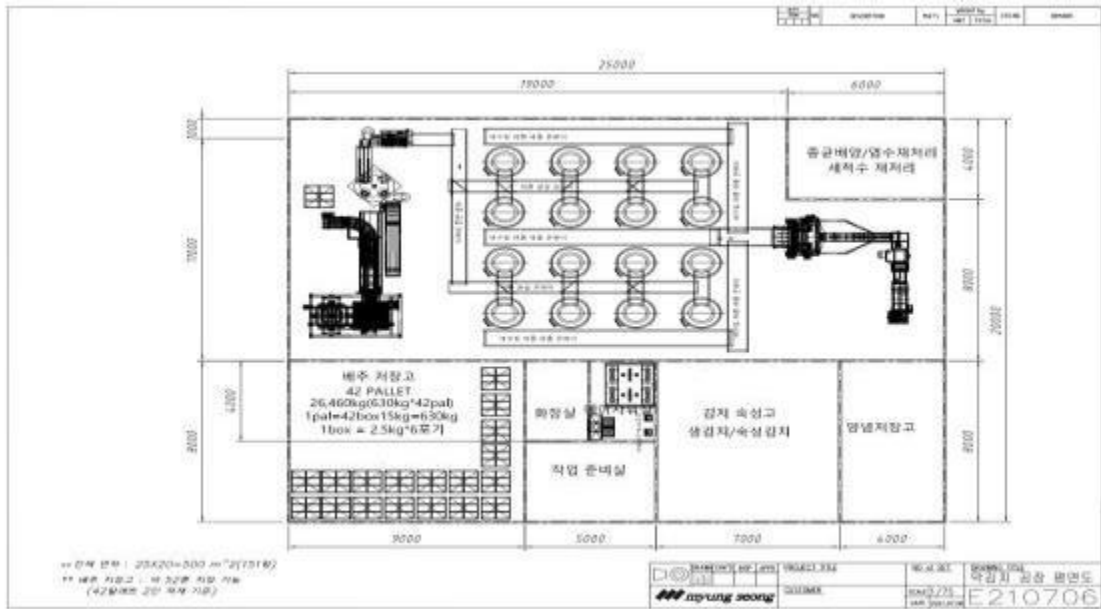


그림2. 밀집배치형(150평) 막김치 자동생산시스템 레이아웃

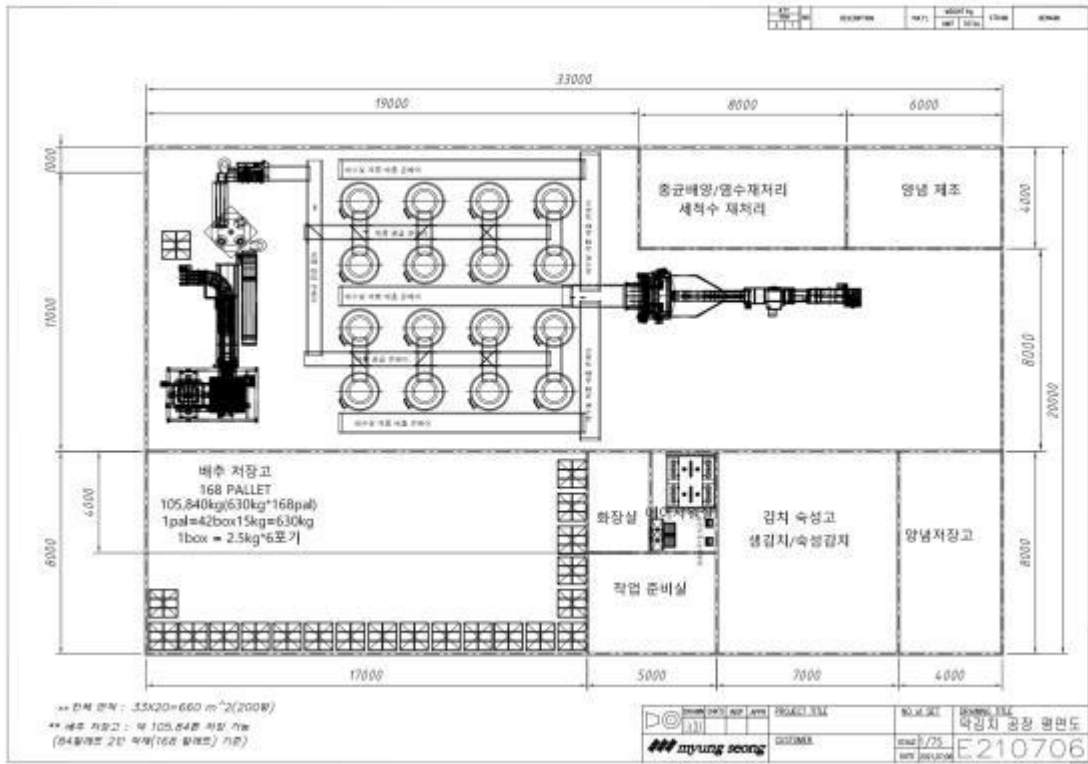


그림3. 표준형(200평) 막김치 자동생산시스템 레이아웃

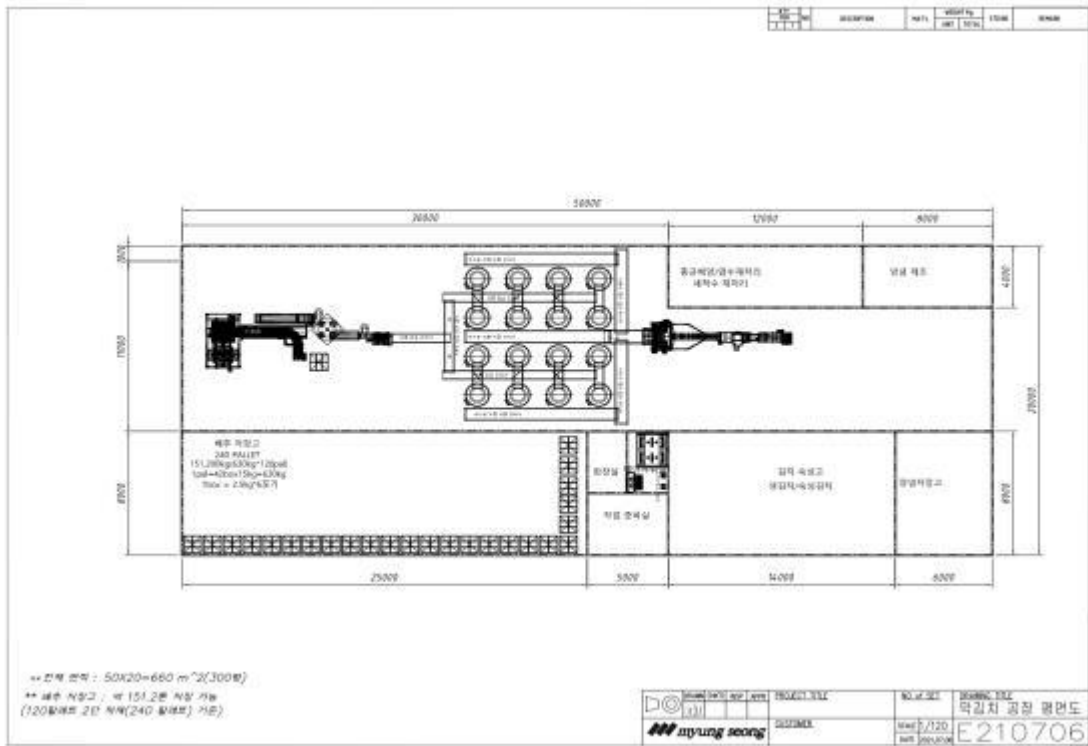


그림4. 산지형(200평) 막김치 자동생산시스템 레이아웃

3) 막김치 연속생산시스템의 공정균형 시뮬레이션 연구

자동화된 연속식 생산방식에서는 기계 설비의 보완작업이 어렵기 때문에 설비 배치 이전에 생산량, 작업공정과 순서, 각 공정의 소요시간과 생산능력, 공정 간의 불균형을 해소할 बैं크(bank)의 위치와 크기 등을 검토하여야만 전체공정을 균형있게 유지할 수 있다.

가) 연속생산시스템의 공정별 균형을 위한 기계 설비의 성능 연구

우선 시간당 2,500kg의 막김치를 생산하는데 필요한 주요공정의 생산능력을 계산하였다. 막김치 2,500kg 생산에 절임배추 2,000kg이 소요되고 이때 생배추 3,168kg이 투입되어야 한다. 이때 생배추의 절임배추 가공수율은 63.1%이고 공정별 수율은 표 7과 와 같다.

표7. 막김치의 생산공정별 수율과 생산량(15분 절임)

번호	공정	능력(분당)	수율 (%)	생산량(kg)		
				1통 15분	4통 1시간	4통 1일
1	배추투입	52.8kg, 17.6포기, 4.4상자	100	198	3,168	25,344
2	겉잎뿌리제거	52.8kg, 17.6포기	78	154	2,464	19,712
3	배추세절	41.2kg, 17.6포기	95	147	2,352	18,816
4	색채선별	39.1kg	94	139	2,240	17,920
5	고염수살수	36.8kg	100	139	2,240	17,920
6	가압순환절임	550kg/15분(33.3kg/분)	90	125	2,000	16,000
7	양념혼합	41.7kg(배추500+양념125)	125	150	2,500	20,000
8	막김치포장	4.2상자(10kg)/분	100	150	2,500	20,000

(1) 배추 투입

시간당 처리해야할 배추량이 3,168kg이므로 1분당 52.8kg이 되고 이는 4.4 상자이므로 이러한 능력을 갖는 배추팰릿 해체장치인 리프트와 그리퍼는 제작과 작동에 문제가 없어 이미 개발하여 생산현장에 사용되고 있는 것으로 충분하다. 또한 배추상자를 2상자씩 아래로 회전시켜 배추를 상자에서 쏘는 배추상자반전기도 분당 4.4 상자는 처리에 문제가 없어 이미 개발되어 현장에서 활용되고 있다.

(2) 겉잎과 뿌리 제거

분당 52.8kg의 배추는 17.6포기에 해당되고 이는 3.4초당 1포기씩 뿌리를 자르고 겉잎을 제거하는 능력의 기계장치가 필요하다. 이를 위해서는 배추를 뿌리방향으로 일정하게 정렬하여 공급하는 전단계의 기계설비가 필요하고 뿌리를 파내는 로봇기계장치의 개발이 필요하며 떨어진 겉

잎을 다듬기공정에서 제거하는 기술이 필요하다. 다듬어진 배추를 크기를 기준으로 분당 17.6포기를 분류하는 것은 어려움이 없을 것이다.

(3) 배추 세절

겉잎과 뿌리가 제거되어 세절할 배추량은 분당 41.2kg으로 줄었지만 포기수는 역시 17.6포기이다. 분당 17.6포기(3.4초당 1포기)의 배추를 30×30mm 크기로 절단하는 원통형 절단장치는 제작이 가능하다. 만약 제작이 어렵다면 해결방안으로는 원통형 절단기를 2대를 병렬로 설치하고 다듬은 배추를 큰 것과 작은 것으로 분류하여 절단하는 방법과 원통형 절단기 3대를 병렬로 설치하고 다듬은 배추를 대중소로 분류하여 절단하는 방법이 있다. 원통형 절단기 2대를 병렬로 설치하면 1대의 성능은 6.8초당 1포기로 줄어들고 3대를 설치하면 10.2초로 여유로워진다.

(4) 색채 선별

배추 세절 공정에서 손실률 5%를 고려하면 색채선별기를 통과하는 배추편은 분당 39.1kg이 된다. 분당 39.1kg의 배추편을 단층으로 퍼서 통과시키면서 검게 변질된 배추편을 인식하여 자동으로 제거하는 색채선별기를 개발할 수 있을 지는 확신하기 어렵다. 해결방법은 선별 컨베이어의 폭을 충분히 넓게 하여 이물을 감지하여 제거할 수 있는 이송속도까지 줄일 수 있을 것이다. 이론상으로는 1초당 652g을 검사할 수 있어야 하고 초당 3cm를 이송한다면 선별컨베이어의 폭은 450cm 되어야 한다. 초당 9cm를 이송한다면 폭은 150cm가 되어 개발 가능성이 있다.

(5) 고염수 살수

색채 선별 공정에서 손실률 6%를 고려하면 고염수 살수 세척 공정에서는 분당 36.8kg을 처리하면 된다. 메쉬컨베이어의 폭을 150cm로 하고 이송속도를 초당 9cm로 하며 살수기를 180cm로 길게 하면 배추편이 고염수로 20초가 살수 세척되므로 숨죽이는 효과와 세척효과를 기대할 수 있다(한성 서산공장 실증시험 결과 반영).

(6) 가압 순환 절임

고염수로 살수 세척된 배추가 분당 36.8kg의 속도로 폭 150cm의 컨베이어로 이송되면 이를 폭 40cm의 컨베이어 4개로 나누어 4조의 절임장치에 공급한다. 분당 36.8kg이면 15분에 552kg이 되고 이를 4조로 나누면 조당 15분에 138kg씩 공급되어 377L의 절임통에 가득 담기게 된다. 절임통에 배추가 가득 담기면 상부뚜껑을 닫고 염수를 주입하여 12분간 절인다(3분 주입 + 6분 순환 + 3분 배수). 절임염수가 배수되면 세척수 밸브를 열어 세척수를 3분간 주입하고 6분간 순환한 후 3분간 배수하여 세척하고, 이어서 종균액을 3분간 주입하고 1분간 순환 한 후 3분간 배

수하여 접종하고 하부뚜껑을 열어 접종된 절임배추를 절임통에서 8분 이내에 꺼내면서 증력탈수한다. 지금까지의 연구 개발 결과로 염수 가압순환 절임공정은 어려움이 없다.

(7) 양념 혼합

절임공정에서 수분이 10% 빠져나가 수율이 90%가 되므로 양념 혼합 공정에 투입되는 절임배추는 15분당 500kg이 되고 여기에 125kg의 양념이 추가되면 양념혼합기는 분당 41.7kg을 처리하여야 한다. 수평 회전통형 양념혼합기가 분당 41.7kg을 처리하는 것은 어려움이 없다.

(8) 막김치 포장

양념이 혼합된 다음 이물검출기 통과하여 분당 41.7kg 속도로 이송되는 막김치를 10kg씩 비닐봉투에 담아 분당 4.2상자씩 골판지상자나 PVC상자에 담아 팻릿에 쌓는 공정은 어려움이 없다.

나) 막김치 연속생산시스템의 공정균형 시뮬레이션

지금까지 연구 개발하여 현장에서 사용되고 있는 기계 설비와 향후 개발할 기계 설비의 성능을 고려하여 공정간 균형을 유지하려면 주요 공정별 기계 설비의 능력과 수량은 표 8과 같다.

표8. 막김치 연속생산시스템의 공정 균형에 필요한 주요 기계 설비의 능력과 수량

번호	공정	기계 설비	능력(분당)	수량(개)
1	배추투입	팻릿해체 상자반전기	52.8kg, 4.4상자	1
2	걸잎뿌리제거	배추다듬기장치	52.8kg, 17.6포기	1
3	배추세절	배추세절기	41.2kg, 17.6포기	1
4	색채선별	색채선별기	39.1kg	1
5	고염수살수	염수살수장치	36.8kg	1
6	가압순환절임	가압순환절임기	550kg/15분	4조16통
7	양념혼합	양념혼합기	41.7kg(배추500+양념125)	1
8	막김치포장	덕용포장기	4.2상자(10kg)/분	1

시간당 2,500kg의 막김치를 생산하기 위해서는 가압순환절임기를 4개씩 1조로 하여 담기, 절임, 세척, 접종, 탈수를 15분에 1순환씩 하여 시간당 4순환을 하면 절임배추 2,000kg을 생산하고 여기에 양념 500kg을 혼합하여 막김치를 목표값 대로 생산할 수 있다. 나머지 배추 투입부터 막김치 포장까지의 공정별 기계설비는 1식(개)으로 공정간 균형을 이루는데 문제가 없다.

4) 염수 데이터 자동계측 시스템 연구

염수탱크(10M/T)에 저장된 염수의 염도와 순환하는 염수 용량을 자동으로 계측하여 중앙제어실에서 실시간으로 확인하여 조치할 수 있는 자동계측 시스템을 구축하였다.

가) 염수의 염도 센싱과 수집

염수의 염도는 센서를 선정하고 실시간 염도를 측정하여 데이터를 수집하고 이를 유무선 송수신하는 네트워크를 구성하였다.

(1) 염수 염도 센서의 선정

염수의 염도를 측정하는 센서는 염수에 녹아 있는 총용존고형물질(TDS, Total Dissolved Solids)을 전기전도도(electric conductivity)로 계측하고 이를 NaCl농도로 전환하여 무기염류 농도단위인 % 단위로 표시하는 센서를 선정하였다.

시중에서 상품으로 판매하는 전기전도도계를 비교 분석하여 김치공장의 염수 염도 측정에 적합한 모델을 선정하였다.

모델 CD-4317SD는 염도를 1-12% 범위로 측정하여 실시간으로 SD(Secure Digital)카드에 직접 기록하고 데이터를 USB나 RS232 컴퓨터 인터페이스를 이용하여 별도의 소프트웨어 필요 없이 엑셀로 다운로드 받을 수 있다.

PAL03S(RSM1000)는 굴절식 염도계로 염수농도 28%까지 측정이 가능하나 NaCl 이외의 용존 성분에 영향을 받으므로 정확도가 낮아진다. 전기전도도식 염도계(PAL-SALT Cat.No 4250)는 용존물질의 간섭 없이 NaCl 만을 측정할 수 있으나 최대 10%까지 측정이 가능하므로 그 이상의 염도는 희석해야하는 번거로움이 있다.

염도 10% 이상의 고농도 염수의 염도를 연속적으로 정확하게 측정하려면 이물질의 간섭을 받는 굴절식 염도계보다는 전기전도도식 염도계가 더 적합하다. 고농도 염수의 경우 염수를 1/3로 희석하는 조작이 필요하다. 그리고 증류수를 프리즘에 떨어뜨려 0점을 잡은 다음에 희석된 염수를 프리즘에 떨어뜨려 염도를 측정하고 다시 3배로 곱해주어야 한다.

표9. 염수의 염도 측정 센서

항목	전도도계	굴절식 염도계	전기전도도식 염도계
모델	CD-4317SD	PAL03S / RSM1000	PAL-SALT(4250)
제조사	Lutron (대만)	ATAGO / HM digital	ATAGO
측정범위	염도 1-12%, 전도도, TDS	염도 0.0-28% 온도 10-60°C	염도 0-10%
전극	Pt 유리 전극	-	Pt 센서
특성	<ul style="list-style-type: none"> -실시간 데이터 로거 -SD 메모리카드에 직접 데이터 저장 -별도의 소프트웨어 없이 엑셀로 다운로드 -측정 솔루션의 온도계수 선택 가능 -기록, 데이터홀드, 영점조정 -RS232/USB 컴퓨터 인터페이스 	<ul style="list-style-type: none"> -0점을 잡은 다음 방수프리즘에 액을 1회 접촉 -측정시간 3초 -IP65방수구조 -전원 AAA 건전지 2개 -디지털 디스플레이 -자동온도보상장치 0.2%/°C 	<ul style="list-style-type: none"> -0점을 잡은 다음 방수프리즘에 액을 1회 접촉 -측정시간 3초 -IP65방수구조 -전원 AAA 건전지 2개 -디지털 디스플레이 -자동온도보상장치 0.2%/°C
크기	-	55×31×109mm/100g	-
사진			
가격	370,000	270,000	350,000
구입처	KORINS 031-777-1588	LABNSHOP 031-455-5577	CORETECH 031-650-3232

*TDS : 물에 녹아 있는 총용존고형물질(Total Dissolved Solids)을 무기염류 농도단위인 mg/L나 ppm단위로 표시

(2) 염수 염도 데이터 수집

배추절임 고농도염수의 염도를 주기적(5분, 10분, 30분, 60분 등)으로 자동 측정하기 위해서는 1차로 염수를 1/3로 희석하는 조작이 필요하고, 2차로 희석된 염수를 전기전도도식 염도계의 프리즘에 접촉시켜 전기전도도를 계측하고, 계측한 데이터를 3배로 증폭하여 계측기에 근접한 트랜스미터에 유선으로 보내어 수집한다.

나) 염수의 용량 및 사용량 센싱, 수집

(1) 염수 용량 및 사용량 센서의 선정

염수탱크 내부의 염수용량은 초음파 수위계로 측정하며 초음파 수위계 센서의 측정거리는 10미터까지 가능하고, 선정된 SL-100S 모델은 조작이 간편하고 유지 보수가 용이하다.

염수의 유량은 자기식 유량계로 측정한다. 측정원리는 패러데이(Faraday)의 법칙을 이용하여 자장의 직각에서 전도계를 이동시킬 때 유발하는 전압은 전도계의 속도에 비례한다는 원리를 이용하는 것으로 측정기의 전압은 탁도, 점성, 온도의 영향을 받지 않으므로 염수의 유속을 측정하는데 적합한 센서 장치이다.

표10. 염수의 용량 및 유량 측정 센서

항목	초음파 수위계	유량계
모델	SD-100S	JUMO flowTRANS MAG I01
제조사	SECHANG	JUMO
측정범위	0.3-10m	0.2-10m/s
측정방식	비접촉 초음파 측정방법	자기식 유량계
특성	<ul style="list-style-type: none"> - 정밀도: ± 0.2 %F.S - 분해능: 1mm - 출력신호: DC 4-20mA max 750Ω - 릴레이 출력 : 3개, 6개 - 디지털 통신 출력 : RS232, RS485, - 디스플레이: 일루미네이트 그래픽 LCD - 사용온도: -20 ~ 60$^{\circ}$C - 전원: 100 ~ 230V AC\pm15%, 50/60Hz, 29VA(12W) 	<ul style="list-style-type: none"> - 최대 PN 16 압력, 150$^{\circ}$C 측정가능 - 출력 신호: 4...20 mA - 센서재질: 스테인리스스틸 - 측정범위: 0.2 to 10 m/s - 공칭압력: PN 16 - 미디움온도: Max. 150 $^{\circ}$C - 공칭파이프폭: DN 15 to DN 400 - 정밀도: $\leq \pm 3.5$ % - 전원: DC 18 to 36 V
사진		
가격	4,300,000	2,500,000
구입처	SECHANG	JUMO KOREA

(2) 염수 용량 및 사용량 데이터 수집

절임조의 용량과 염수 사용량은 실시간으로 자동 측정되며 계측한 데이터는 트랜스미터에 유선으로 보내어 수집한다.

다. 염수의 염도 센싱, 용량, 사용량 데이터 유무선 네트워크 구성

염수탱크에 근접한 트랜스미터에 유선으로 수집된 염수의 염도, 용량, 사용량 데이터는 유무선 통신망으로 중앙제어식 컴퓨터에 연결하여 실시간으로 데이터를 확인하고 정상 범위에서 벗어날 경우 자동으로 제어하여 염도, 염수용량과 사용량을 정상화시킨다.



그림5. 염수 데이터 유무선 네트워크 구성

5) 시간당 2,500kg 규모의 막김치 연속생산설비 연구

가) 상하개폐 가압순환 절임기의 설계와 제작

- (1) 지난 연구과제에서 개발한 기존의 상부개폐 기울여 쓰기 절임장치는 절임 후 절임통의 기울이기 조작이 번잡하고 위험하므로 이를 해소하기 위해 기울이기 조작 없는 하부개폐 쓰기 방식의 절임기를 개발하기로 하였다
- (2) 사일로 모양의 원통형 절임기를 500L 규모로 압력 1.5 기압에 견디도록 설계하였다.
- (3) 절임통의 높이를 1000mm 이내로, 통의 직경을 1000mm 이내로 하여 안정감이 있고 사다리 없이 바닥에서 관리가 가능하도록 설계하였다.
- (4) 중앙원통(직경 900mm, 높이 400mm)에 상부원추(입구직경 500mm 원추높이 200mm)와 하부원추(출구직경 500mm, 원추높이 400mm)를 달아 용량 455L 절임기를 설계하였다.
- (5) 하부 염수주입구와 상부 염수배출구는 원추 하부와 상부에 설치하였다.
- (6) 상부뚜껑은 힌지를 축으로 회전하여 개폐하고 모터로 회전시켜 몸체에 밀착시켜 밀봉하였다.
- (7) 하부뚜껑은 힌지를 축으로 회전하여 개폐해본 결과 뚜껑의 자중에 의해 뚜껑이 아래로 처지는 현상이 발생하였다.
- (8) 하부뚜껑을 레일에 얹어 개폐하고 클램프로 밀착 밀봉하였다.

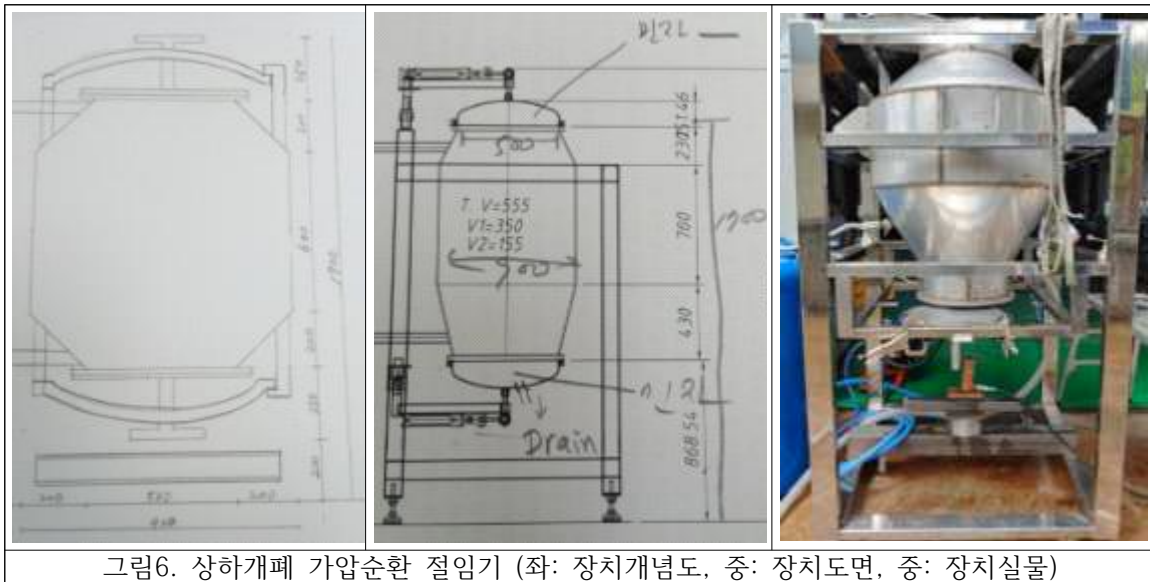


그림6. 상하개폐 가압순환 절임기 (좌: 장치개념도, 중: 장치도면, 우: 장치실물)

나) 상하개폐 가압순환 절임기의 1차 시운전

- (1) 제작한 상하개폐 가압순환 절임기를 제작현장인 명성 제3공장에서 시운전 하였다.
- (2) 대광F&G에서 FRP탱크를 가져와 포화염수 400L를 제조하였다(염도 25%, w/w).
- (3) 대광F&G에서 저장배추를 세절하여(30×30mm) 상자에 담아 200kg을 운반하였다.
- (4) 배추절임기의 상부와 하부 뚜껑을 밀폐하고 수돗물을 순환시켜 하부의 입구밸브와 상부의 출구밸브를 조절하여 상부압력 1.2기압과 하부압력 1.5기압이 유지되는 지 시험하였다.

- (5) 압력이 유지됨을 확인하고 하부밸브를 열어 수돗물을 모두 배수하였다(5분).
- (6) 상부뚜껑을 열어 썰은 배추를 상자단위로 투입하였다(10상자 150kg 투입됨).
- (7) 포화염수를 절임기에 주입(3분)하고 순환(6분)시킨 다음 배수(3분)하여 총 12분에 포화염수 절임을 완료하였다.
- (8) 절임기 하부에 고무함지를 놓고 하부뚜껑을 열어 절임배추가 쏟아지기를 기대했으나 남은 염수와 함께 소량(약 3kg)의 절임배추가 쏟아진 다음 멈추었다.
- (9) 상부뚜껑을 열고 봉으로 밀어서 절임배추를 밑으로 꺼내고(20kg정도), 그 후로는 잘 쏟아져 나왔다.
- (10) 쏟아진 절임배추 약 135kg을 비닐봉투에 담아 6상자에 넣고 대광F&G로 운반하여 세척실에 보관하였다.



그림7. 상하개폐 가압순환 절임테스트 (좌: 염수제조, 중: 염수투입, 중: 염수배출)

다) 상하개폐 가압순환 절임기의 2차 시운전

- (1) 제작한 상하개폐 가압순환 절임기를 제작현장인 명성 제3공장에서 이어서 시운전 하였다.
- (2) 대광F&G에서 FRP탱크를 가져와 중농도염수 400L를 제조하였다.(염도 12.5%, w/w)
- (3) 대광F&G에서 저장배추를 세절하여(30×30mm) 상자에 담아 200kg을 운반하였다.
- (4) 상부뚜껑을 열어 썰은 배추를 상자단위로 투입하였다.(10상자 150kg 투입됨)
- (5) 중농도염수를 절임기에 주입(3분)하고 순환(12분)시킨 다음 배수(3분)하여 총 18분에 중농도 염수 절임을 완료하였다.
- (6) 절임기 하부에 고무함지를 놓고 하부뚜껑을 열어 절임배추가 쏟아지기를 기대했으나 남은 염수와 함께 소량(약 3kg) 쏟아진 다음 역시 멈추었다.
- (7) 상부뚜껑을 열고 봉으로 밀어서 절임배추를 밑으로 꺼내고(20kg정도), 그 후로는 잘 쏟아져 나왔다.
- (8) 쏟아진 절임배추 약 135kg을 비닐봉투에 담아 6상자에 넣고 대광F&G로 운반하여 세척실에 보관하였다.



그림8. 상하개폐 가압순환 절임테스트 (좌: 배추투입, 중: 절임준비, 우: 절임배추 배출)

라) 상하개폐 가압순환 절임배추의 세척

- (1) 가압순환 절임배추를 대광F&G의 3단 와류 버블 세척 장치를 이용하여 자동 세척하였다.
- (2) 세척한 절임배추에서 정상적인 배추편 만을 선별하였다.(주로 중특부의 흰색 배추편을 선별)
- (3) 선별한 절임배추편과 대광F&G에서 당일 오전에 관행절임하여 선별한 절임배추를 타공 상자에 담아 냉장 탈수하였다.(18시부터 익일 09시까지)



마) 상하개폐 가압순환 절임배추의 막김치 제조

- (1) 냉장 탈수한 절임배추와 대광에서 제조한 양념의 염도를 측정한 결과 염도는 1.90%(고염수절임)와 1.40%(중염수절임)으로 적합하였다.

표11. 절임방법별 절임배추의 염도

절임배추	관행절임(대광)	고염수절임(명성)	중염수절임(명성)	김치양념(대광)
염도(%)	2.10	1.90	1.40	2.80

- (2) 절임배추와 양념을 80:20의 비율로 스테인리스 대야에 넣고 손으로 혼합하였다.
- (3) 막김치를 김치 품질평가용은 500g 씩 처리구별 각각 20통씩 PET병에 포장하고 나머지 관능 평가용을 1.5L PET병에 포장하였다.
- (4) 포장한 막김치를 스티로폼 상자에 담아 오후에 세계김치연구소 운반하여 0°C에 냉장 보관하였다가 월요일부터 10°C에서 숙성하면서 4일 단위로 김치의 품질을 평가하였다.



그림10. 김치제조/품질평가 (좌: 절임배추 중: 막김치 제조, 우: 관능품질평가)

바) 상하개폐 가압순환 절임배추로 제조한 막김치의 품질평가 방법

상하개폐 가압순환 절임배추로 제조한 막김치의 품질은 pH, 산도, 염도의 이화학적 특성과 총균수와 젖산균수의 미생물학적 특성, 그리고 7척 기호도 측정법으로 관능적 특성을 평가하였다. 각각의 분석 평가방법은 다음과 같다.

(1) pH

막김치를 마쇄하여 균질화 한 뒤 2겹의 거즈로 짜서 여과한 것을 pH meter(Tiroline easy, Schott Instruments, Germany)를 이용해 측정하였다.

(2) 산도

막김치 약 500 g을 마쇄하여 균질화 한 뒤 2겹의 거즈로 짜서 여과한 것을 시료로 사용하였다. 0.1N NaOH로 시료의 pH가 8.1이 될 때까지 적정했을 때의 NaOH 소비량을 측정하여 산도를 계산하였다. 시료는 약 2-20 g을 채취하였다. 발효정도에 따라 시료에 증류수를 혼합해 사용하였다.

$$\text{산도}(\%) = \frac{\text{소비된 } 0.1N \text{ NaOH}(mL) \times \text{NaOH의 역가} \times 0.009}{\text{적정에 사용된 시료액의 양}(mL)} \times 100$$

(3) 염도

막김치를 마쇄하여 균질화 한 뒤 2겹의 거즈로 짜서 여과한 것을 시료로 사용하였고 시료 1 mL를 취하여 전위차 염도계(Pal-salt 10, Atago, Japan)로 측정하였다.

(4) 총균수

막김치를 마쇄하여 균질화 한 뒤 2겹의 거즈로 짜서 여과한 것을 시료로 사용하였다. 시료의 발효 정도에 따라 희석한 것을 3M Petrifilm(AC) 배지에 1000 µl씩 분주하여 도말한 뒤 30°C에서 2일간 배양 후 생성된 집락을 계수하였다.

(5) 젖산균수

막김치를 마쇄하여 균질화 한 뒤 2겹의 거즈로 짜서 여과한 것을 시료로 사용하였다. 시료의 발효 정도에 따라 희석한 것을 3M Petrifilm(LAB) 배지에 1000 µl씩 분주하여 도말한 뒤 30°C에서 2일간 배양 후 생성된 집락을 계수하였다.

(6) 관능평가

관능평가는 기호도 평가를 7점 척도법으로 수행하였다. 기호도 평가항목은 외관, 냄새, 짠맛, 단맛, 쓴맛, 매운맛, 조직감, 전반적인 기호도로 구성하였다. 시료는 난수를 설정하여 일회용 용기에 소분하였다. 김치연구소 전문패널이 표 12와 같은 기준으로 막김치의 품질을 평가하였다.

표12. 기호도 평가 점수 기준

점수	1	2	3	4	5	6	7
품질	매우 나쁘다	나쁘다	약간 나쁘다	보통이다	약간 좋다	좋다	매우 좋다

사) 상하개폐 가압순환 절임배추로 제조한 막김치의 품질특성

(1) 저장기간에 따른 염도변화

절임조건을 달리한 김치의 염도는 관행절임 2.30-2.48%, 고염수절임 1.90-2.25%, 중염수절임 1.50-1.81% 로 관행절임, 고염수절임, 중염수절임 순으로 높게 분석되었다. 저장기간에 따른 변화는 유의적 차이를 보이지 않았다.

표13. 절임조건을 달리한 김치의 염도변화

저장기간(일)	염도(%)		
	관행절임	고염수절임	중염수절임
0	2.30	2.10	1.60
4	2.30	1.90	1.50
8	2.48	2.25	1.76
12	2.43	2.17	1.81
15	2.37	2.15	1.75

(2) 저장기간에 따른 pH와 산도 변화

절임조건을 달리한 김치의 숙성도 변화는 표 14와 그림 11에 제시하였다. 저장 0일차는 pH 5.46-5.72, 산도 0.25-0.34% 에서 저장 15일차에 pH 4.13-4.23, 산도 1.09-1.21%로 pH는 점차 낮아지고 산도는 증가하였다. 고염수절임에서 산도가 낮고 p가 높아서 발효가 더 느리게 진행되었다. 김치염도는 발효속도에 영향을 미치므로 염도가 낮은 중염수절임, 고염수절임, 관행절임 순으로 발효가 빠르게 진행되었지만, 중염수절임을 제외한 고염수절임과 관행절임으로 담근 김치 시료 간의 차이는 크지 않은 것으로 보인다.

표14. 절임조건을 달리한 김치의 pH와 산도 변화

저장기간 (일)	pH			산도(%)		
	관행절임	고염수절임	중염수절임	관행절임	고염수절임	중염수절임
0	5.46	5.66	5.72	0.34	0.30	0.25
4	4.71	4.84	4.65	0.57	0.59	0.69
8	4.37	4.31	4.28	0.91	0.97	1.02
12	4.25	4.24	4.15	1.03	1.03	1.12
15	4.15	4.23	4.13	1.19	1.09	1.21

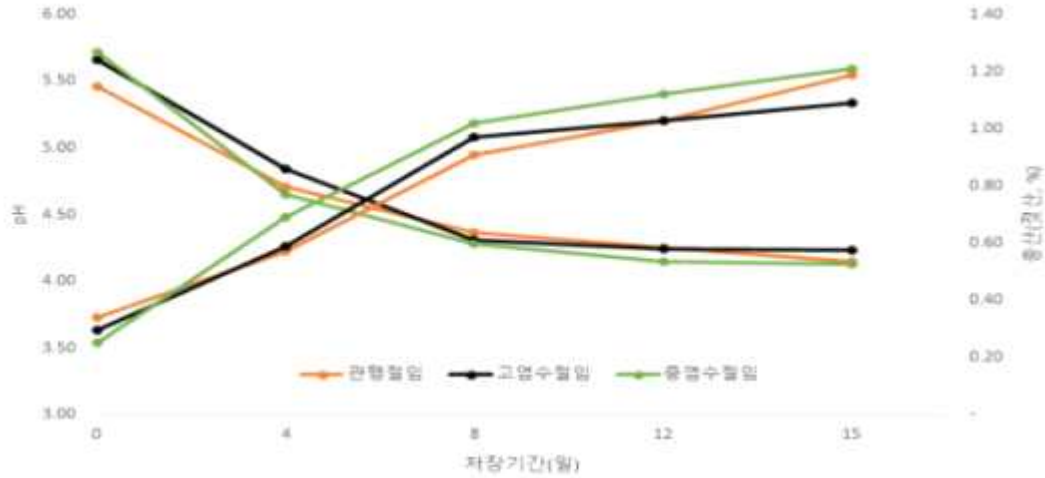


그림11. 절임조건을 달리한 김치의 숙성도 변화

(3) 저장기간에 따른 총균수 변화

절임조건을 달리한 김치의 저장 0일차 총균수는 6.97-7.61 log CFU/g에서 12일차에 9.90-9.95 log CFU/g로 증가하였다가 15일차에 8.30-8.86 log CFU/g로 측정되었다. 절임조건에 따른 총균수 차이는 크지 않았으나 초기에는 고염수절임에서 적고 관행절임에서 많은 경향이 있었고 발효후기에는 고염수절임에서 총균수가 많았다.

표15. 절임조건을 달리한 김치의 총균수 변화

저장기간	총균수 (log CFU/g)		
	관행절임	고염수절임	중염수절임
0	7.61	6.35	6.97
4	8.41	8.45	8.44
8	9.68	9.95	9.28
12	9.90	9.95	9.90
15	8.30	8.86	8.30

(4) 저장기간에 따른 젖산균수 변화

절임조건을 달리한 김치의 저장 0일차 젖산균수는 5.94-7.69 log CFU/g에서 12일차에 9.85-9.92 log CFU/g, 15일차에 8.17-8.47 log CFU/g로 분석되었다. 초기 젖산균수는 관행절임이 고염수절임보다 10배 이상 많았으나 중기에는 비슷하였고 후기에는 고염수절임에서 가장 많았다.

표16. 절임조건을 달리한 김치의 젖산균수 변화

저장기간	젖산균수 (log CFU/g)		
	관행절임	고염수절임	중염수절임
0	7.69	5.94	6.75
4	8.48	8.51	8.35
8	9.60	9.96	9.34
12	9.88	9.92	9.85
15	8.17	8.47	8.17

(5) 저장기간에 따른 관능품질 평가

절임조건을 달리한 김치의 외관품질은 아래 그림에 제시하였다. 저장 8일차부터 고염수절임과 중염수절임으로 담근 김치의 상단 표면은 붉은색이 유지되는 반면, 관행절임으로 담근 김치는 상단이 하얗게 변하는 것으로 관측되었다. 이는 관행절임이 고염수절임, 중염수절임과 비교해 절임과 탈수가 과도하기 때문으로 보인다. 김치에 수분이 부족한 경우에 포장용기에서 장기간 방치되면 상단에 갈마름 현상이 발생하며 이는 골마지 발생도 촉진하는 것으로 알려져 있다. 따라서, 김치는 적절한 수분을 유지해야 하며, 필요한 경우 김치양념이 흘러내리지 않도록 당류와 증점제의 사용도 필요할 것이다.

관능평가는 외관, 냄새, 짠맛 등 모든 항목에서 고염수절임과 중염수절임이 관행절임에 비해 우수한 것으로 평가되었고, 종합기호도를 나타내는 전반적인 기호도도 중염수절임, 고염수절임, 관행절임 순으로 높은 것으로 분석되었고 발효 전 구간에서 동일한 경향을 나타냈다.



관행절임

고염수절임

중염수절임

그림12. 절임조건을 달리한 김치의 외관품질(저장 15일차)

표17. 절임조건을 달리한 김치의 관능특성 변화

저장기간	외관			냄새			짠맛			단맛			쓴맛			신맛			매운맛			조식감		
	관행	고염수	중염수	관행	고염수	중염수	관행	고염수	중염수	관행	고염수	중염수	관행	고염수	중염수	관행	고염수	중염수	관행	고염수	중염수	관행	고염수	중염수
0	5.0	7.0	7.0	5.0	6.0	6.0	5.0	6.0	4.0	4.0	5.0	6.0	3.0	4.0	5.0	4.0	5.0	6.0	4.0	4.0	4.0	3.0	5.0	6.0
4	4.0	6.5	7.0	4.0	6.5	6.5	4.0	5.5	4.0	4.0	5.0	5.5	3.0	5.5	5.0	3.5	4.5	5.0	4.0	4.0	4.0	3.5	5.0	6.0
8	3.5	5.0	6.0	4.0	5.0	5.5	4.5	5.0	5.5	4.5	5.0	6.0	3.5	4.5	5.0	4.5	5.0	6.5	4.0	4.0	5.0	4.5	5.5	6.0
12	2.5	4.0	4.5	3.5	5.0	5.0	4.5	4.0	5.0	4.0	4.5	5.0	4.5	5.5	5.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.0	5.5	5.0
15	2.3	5.0	4.0	3.0	4.7	4.0	3.7	4.0	4.3	3.7	4.7	4.7	2.7	4.7	4.7	3.3	4.0	4.7	4.3	4.3	4.7	3.7	3.7	4.3

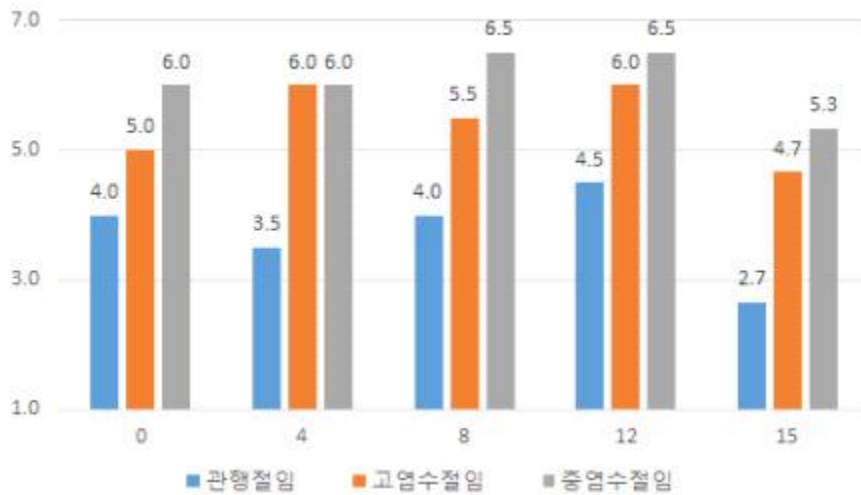


그림13. 절임조건을 달리한 김치의 전반적인 기호도 평가

결론적으로 상하개폐 가압순환 절임배추로 제조한 막김치의 품질은 관행절임 막김치보다 우수하였고, 특히 12.5%의 중농도로 12분 순환(총18분 절임)하여 절인 배추로 담근 막김치의 품질이 우수하였다. 그러나 절여진 배추를 절임통에서 자동으로 쏟아지게 해야 하는 문제가 발생하였다.

야) 상하개폐 가압순환 절임기의 자동쏟기 방식의 연구

- (1) 썰은 배추 150kg을 절임기에 넣고 고염수와 중염수로 절인 결과 예상대로 잘 절여지나 절여진 배추가 통에서 쏟아지지 않아 밑에서 손을 넣고 위에서 봉으로 밀어서 아래로 꺼내야 하는 문제가 발생하였다.
 - 썰은 배추는 500L 통에 150kg이 들어가고 절임과정에서 수분이 10% 빠져 135kg으로 줄어 들고 부피는 150L(밀도 0.9가정)로 추정하였다.
- (2) 쏟아지지 않는 이유를 분석하여 아래로 자동으로 쏟아지는 방식으로 연구하여 설계를 변경하였다. 토출구 직경(500mm) 대비 절임배추의 적층 두께(400mm)가 너무 두꺼워 절임배추 층이 무너지지 않았다.
 - 상부에서 봉으로 밀어내는 방법은 절임배추의 조직이 손상되므로 적합하지 않은 것으로 판단하였다.
 - 하부에서 갈고리고 당기는 방법도 절임배추의 조직이 손상되므로 적합하지 않은 것으로 판단하였다.
 - 토출구 직경을 늘려 직경 대비 두께를 작게 하여 자연히 쏟아지는 방안을 연구하였다. 이때 토출구 직경별로 절임배추의 적층높이를 계산한 결과는 표 18과 같다.

표18. 절임기의 토출구 직경별 절임배추의 적층두께

토출구 직경 (mm)	절임배추 적층두께 (mm)	두께/직경	쏟아짐 여부	비고
500	400	0.80	안 쏟아짐(실험)	해결과제
600	336	0.56	모름	시험제작 비용 부족
700	278	0.40	쏟아짐(추정)	시험제작 비용 부족
800	246	0.32	쏟아짐(확정)	시험제작 비용 부족
900	236	0.26	쏟아짐(확정)	시험제작 비용 부족

- (3) 해결방안 1. 하부 토출구의 직경을 600mm이상으로 늘리는 것은 1.5기압(수압+순환압)에 견디는 원판형 가압뚜껑을 제작 설치하는 비용이 크게 증가하여 500L 용기의 공급가액이 5천만 원에 달하므로 김치공장에 보급하기에는 가격이 비싸지는 문제가 예상되었다(3천만 원이 적정할 것으로 판단하였음). 또한 뚜껑의 두께가 20mm로 두꺼워야 하므로 무게가 너무 무거워(?) 기계조작이 어렵고 위험할 것으로 판단하였다.
- (4) 해결방안 2. 토출직경을 늘리면서도 뚜껑을 레일위로 밀고 당길 수 있는 사각형 모양을 고안하였다. 뚜껑을 500×600mm크기로 할 경우 토출구 대각선이 700mm가 되므로 절임배추가 자연히 쏟아질 것으로 추정되었다.

나. 연속식 절임통의 설계와 제작

전 과제에서 개발한 막김치 자동화 생산 시스템의 문제점은 첫째, 절임통의 수평회전으로 인한 염수배관의 탈부착 어려움으로 이는 절임통을 직선식으로 배치하고 염수배관을 통에 고정하는 방식으로 개선하여 해결하고자 하였고, 둘째, 절임통을 기울여 절임배추를 배출하는 조作的 어려움과 위험성은 절임통의 하부에 개폐구를 설치하여 통을 기울이지 않고 썰은 배추를 상부로 투입하고 절여진 배추를 하부로 배출하는 방식으로 해결하고자 하였으며, 셋째, 썰은 배추가 절임통에 적게 들어가는 문제는 썰은 배추를 고염수로 살수하여 숨을 죽여 통에 많이 들어가게 함으로써 해결하고자 하였고, 넷째, 절임통 내부에서만 세척수를 순환시킴으로 인한 절임배추의 세척이 미진한 문제는 썰은 배추를 고염수로 살수하여 이물질을 세척하고 절임 후 통 내부에서 2차 세척하는 방식으로 개선하고자 하였다.

1) 연속식 절임통의 설계

가) 연속식 절임통의 개념설계

전 과제에서 개발한 절임통은 썰은 배추를 상부에서 투입하고 절인 다음 절임통을 수동으로 135°C 기울여 절임배추를 배출하는 방식으로 자동화 조作的 어려움과 위험성이 내재되어 있다. 이를 해결하고자 절임통을 고정시킨 상태에서 하부로 배출할 수 있도록 절임통 하부에 개폐구를 설치하기로 하였다.

나) 상부투입과 상부배출 절임통의 문제점

기존 상부투입과 상부배출 절임통의 막김치 자동화 생산 시스템은 다음과 같은 4가지 문제점이 발생하였다.

첫째, 네 개의 절임통을 회전체의 원주상에 열십자로 배치하여 한 공정을 마칠 때마다 90도씩 회전하여 4공정을 마치고 원위치로 복귀하는 구조로 통이 원주를 따라 회전하므로 염수주입관을 절임통 하부에 매번 붙이고 떼는 작업을 사람이 해야 하는 문제가 있다. 둘째, 절임, 세척, 접종, 탈수가 종료되면 통을 핸들바로 회전시켜 135도 기울이고 절임배추를 호퍼로 끌어 내야하는 어려움이 있다. 셋째, 썰은 배추가 절임통 500L에 150kg 정도 밖에 들어가지 않아서 1통으로 1회 135kg의 절임배추 밖에 얻을 수 없어 생산성이 낮다. 넷째, 절임이 끝나면 절임통에 세척수를 3분간 주입하고 6분간 순환시켜 세척하므로 절임배추의 세척이 미흡한 문제가 발생하였다.

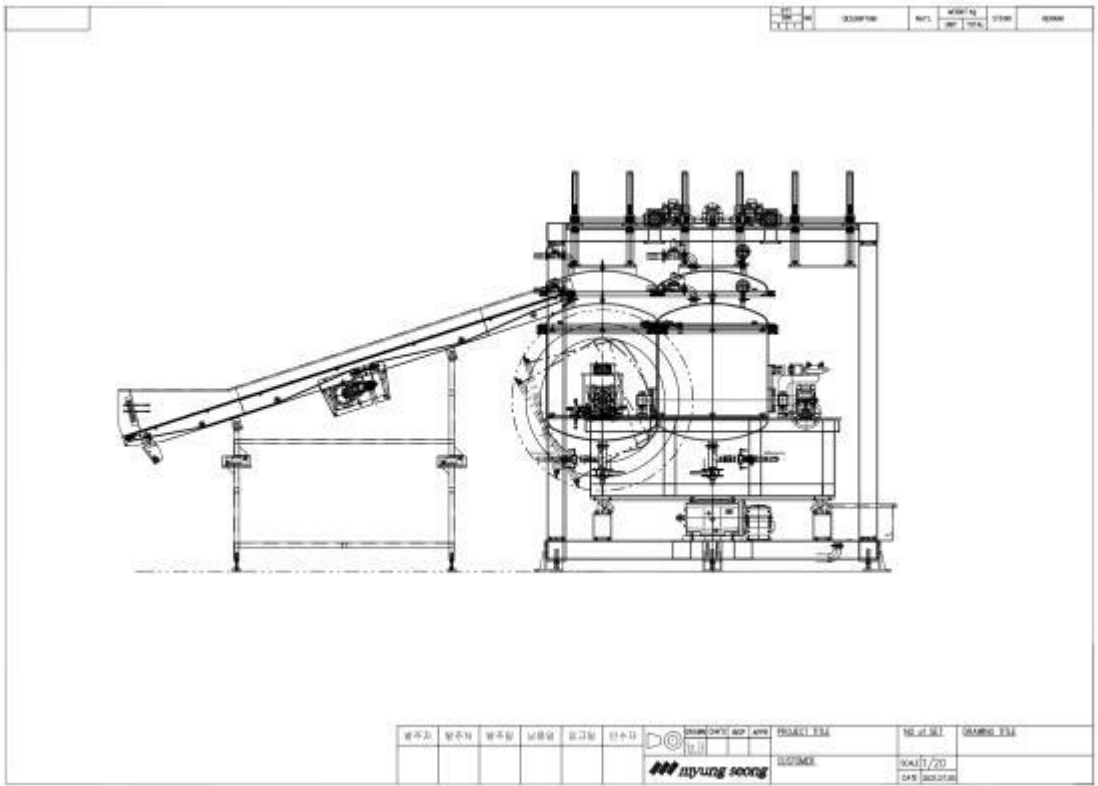
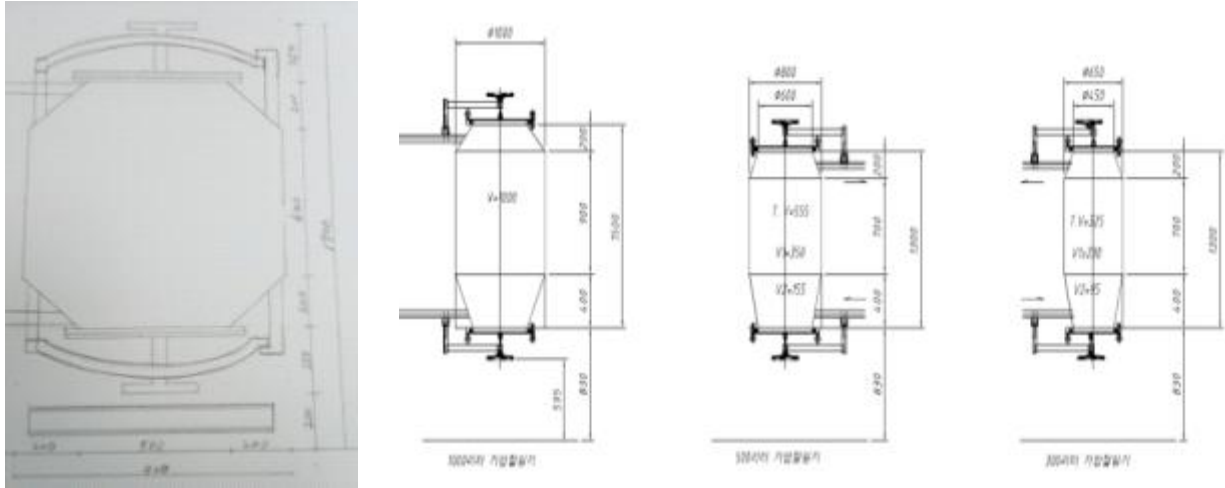


그림14. 상부투입 상부배출 가압연속절임기의 구조와 문제점

다) 상부투입 하부배출 절임통 설계

이러한 문제점을 해결하기 위하여 상부투입 하부배출 절임통을 설계하였다.

(1) 상부투입 하부배출 절임통의 개념 설계와 용량별 3종 설계



개념설계

용량별 3종 설계(왼쪽부터 1,000L, 500L, 300L)

그림15. 상부투입 하부배출 절임통 설계

(2) 상부투입 하부배출 절임통의 2종 배치 설계

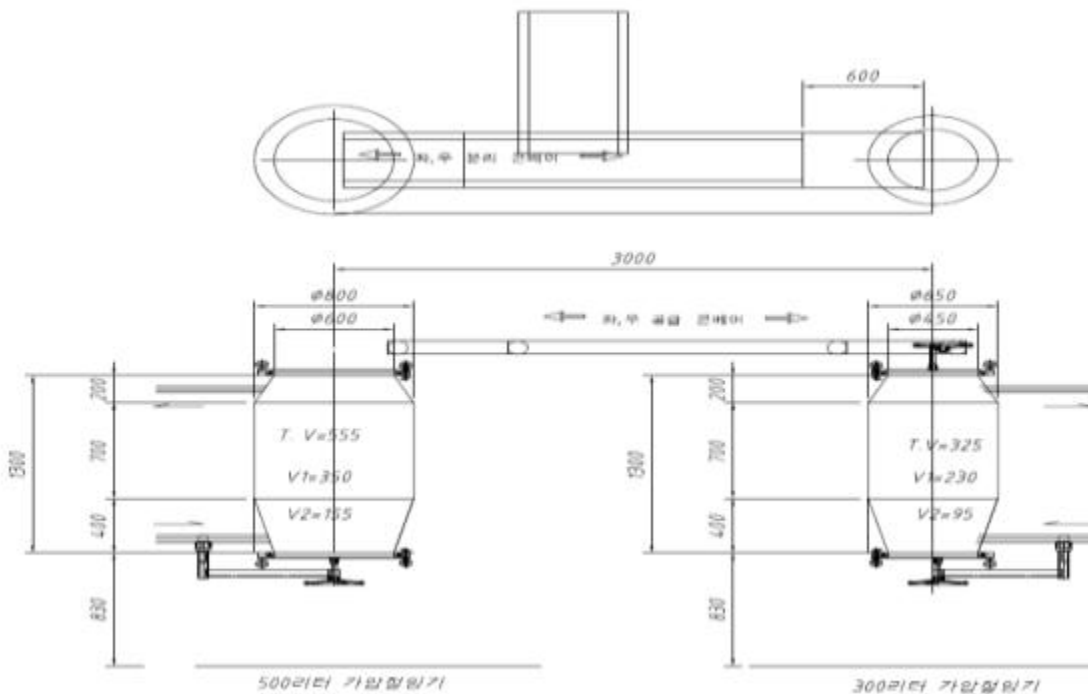


그림16. 상부투입 하부배출 절임통의 2종 배치 설계

(3) 상부투입 하부배출 절임통의 1종 상세 설계

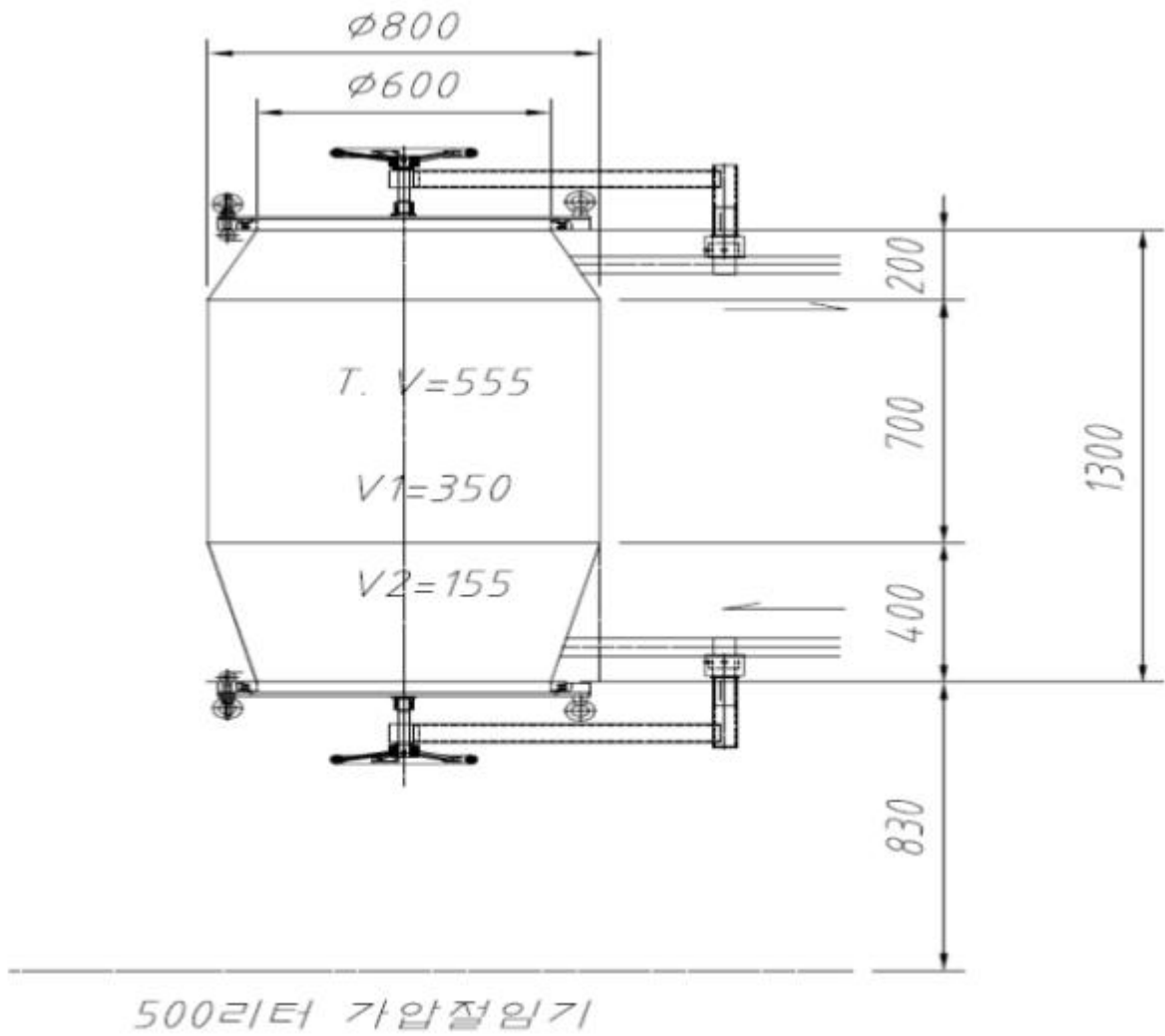


그림17. 상부투입 하부배출 절임통의 1종 상세 설계

(4) 상부투입 하부배출 절임통의 2중 뚜껑 개선 설계

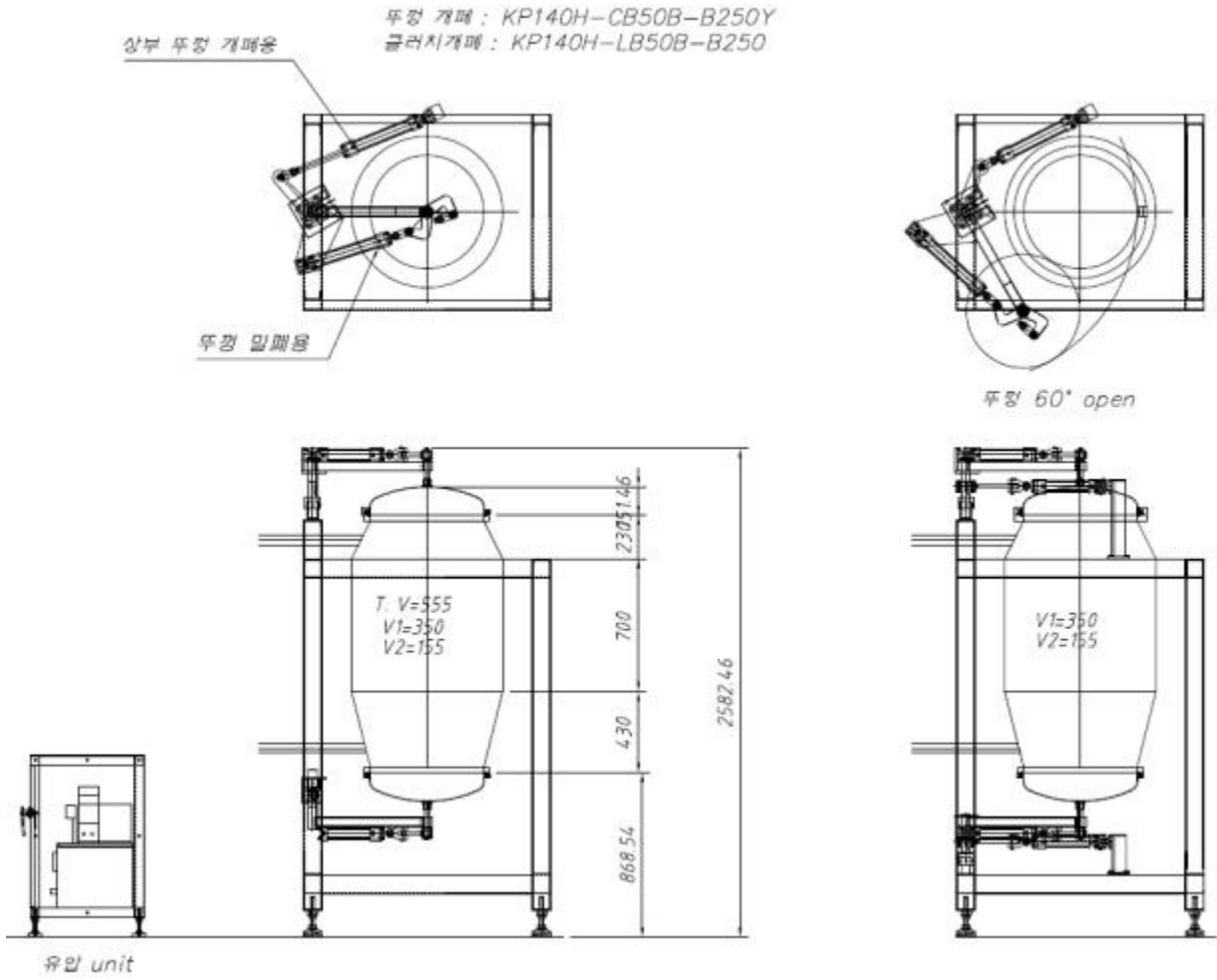


그림18. 상부투입 하부배출 절임통의 2중 뚜껑 개선 설계

(5) 상부투입 하부배출 절임통의 1종 배치 설계

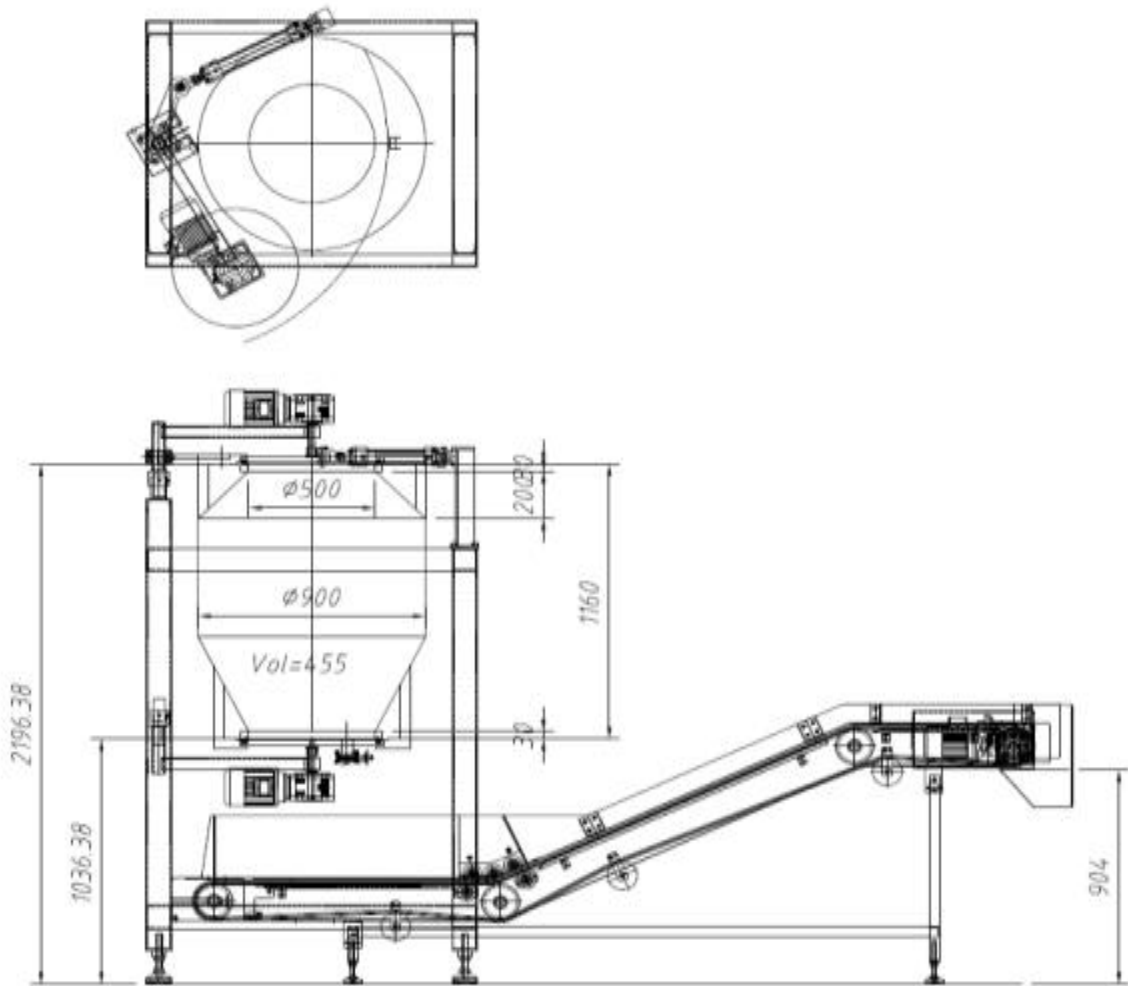


그림19. 상부투입 하부배출 절임통의 1종 배치 설계

2) 연속식 절임통의 제작

절임기를 공장 바닥에서 조작할 수 있도록 총 높이를 2,000mm 이하로 구상하였으므로, 높이 제한으로 인한 문제점을 해결하고자 상부투입 압력뚜껑은 힌지식이 아닌 슬라이딩으로 열고 닫히도록 설계하였고 닫힌 뚜껑은 클램프 실린더 구조로 밀폐되도록 설계하였다.

하부 배출 부위는 탈수대차 작업공간에 맞게 높이를 설계하였고 하부 공간 활용을 위하여 압력 뚜껑이 힌지식이 아닌 슬라이딩으로 열고 닫히는 구조로 설계하였으며 닫힌 다음에는 클램프를 유압실린더로 밀어서 밀폐되도록 설계하였다.

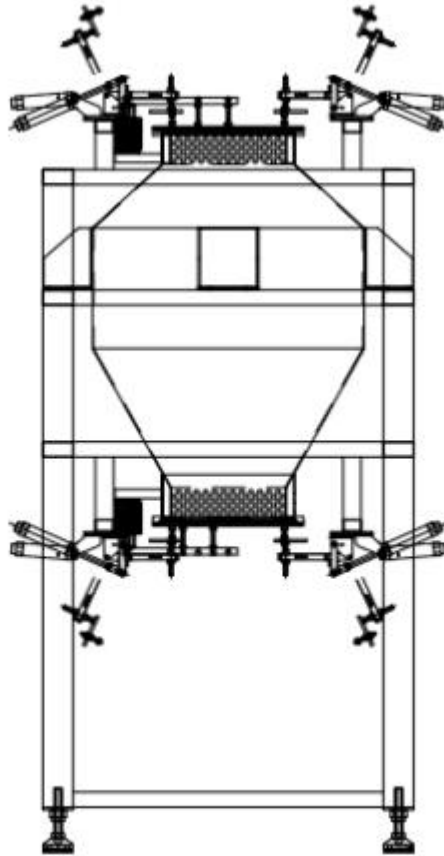


그림20. 상부투입 하부배출 절임통의 제작 개념도

(가) 제작기본 도면 설계

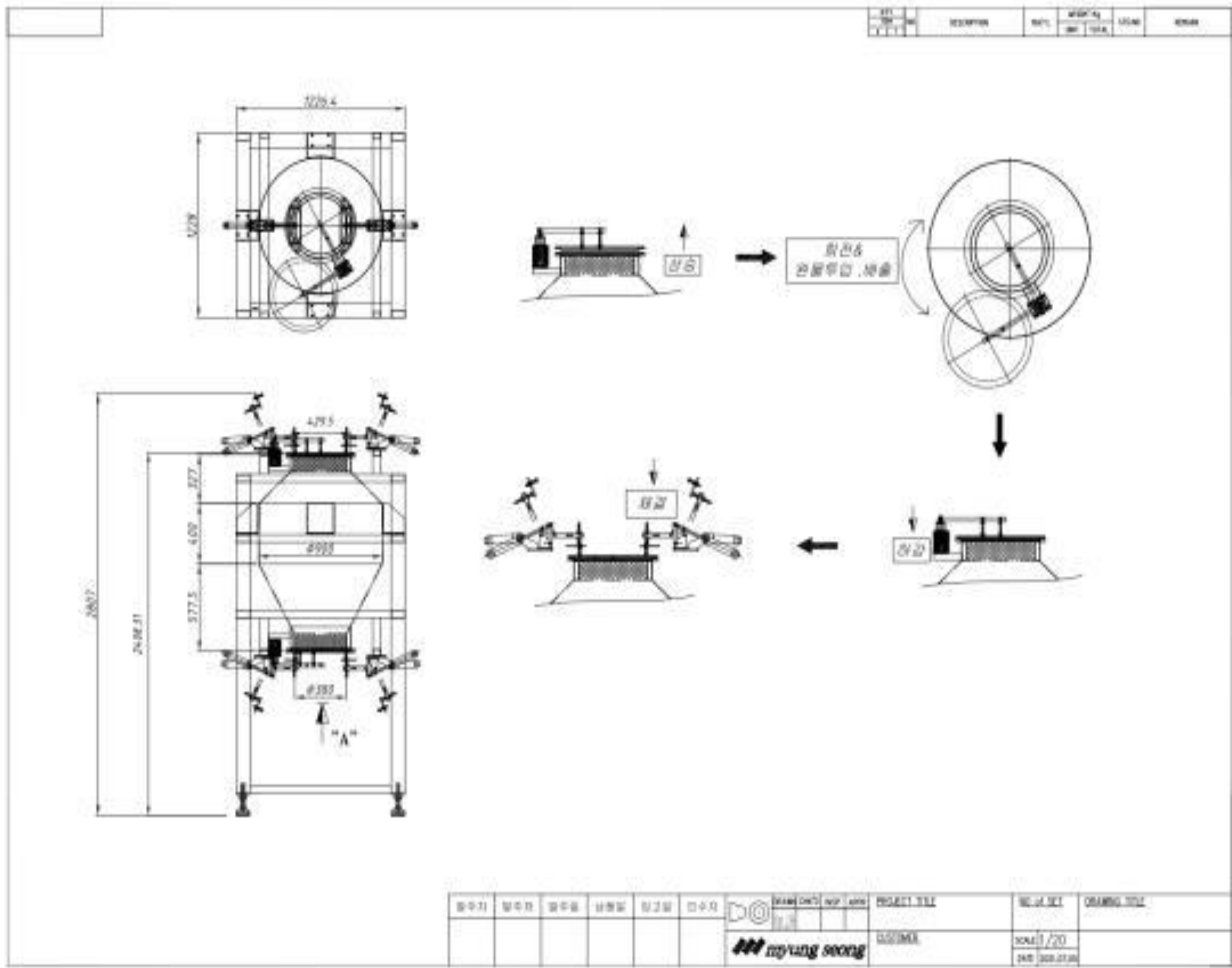


그림21. 상부투입 하부배출 절임통의 제작 기본도면

(나) 제작 상세도면 설계

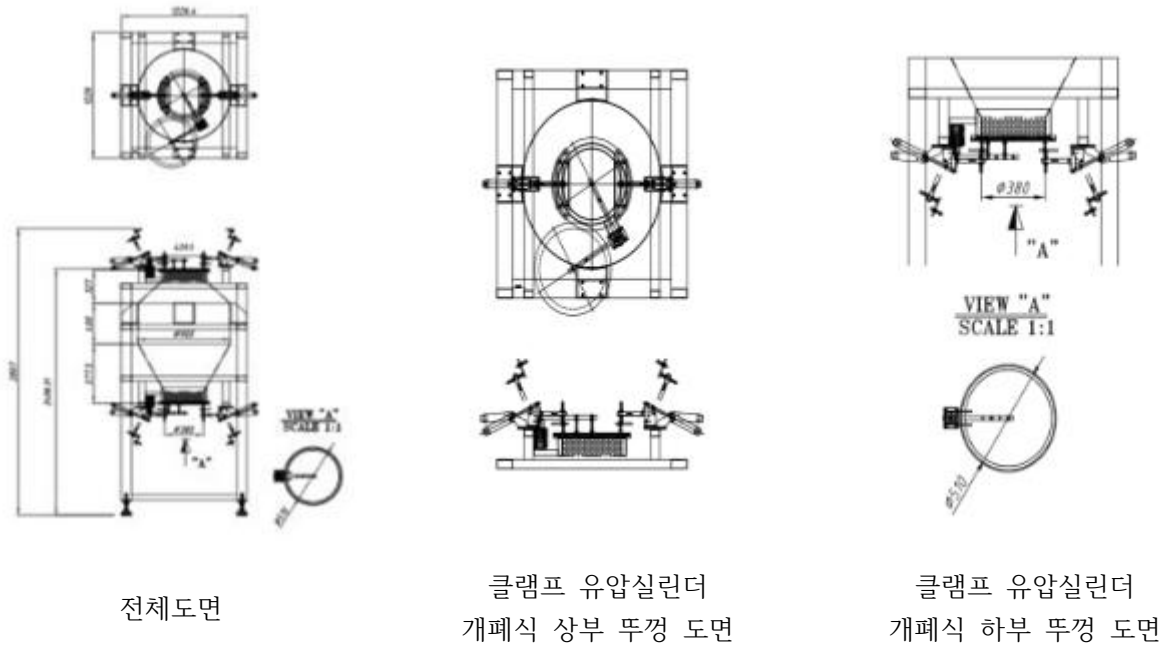


그림22. 상부투입 하부배출 절임통의 제작 상세도면

(다) 제작사진



그림23. 상부투입 하부배출 절임통의 제작사진

라) 제작순서

상부투입 하부배출 절임통은 다음과 같은 순서로 제작하였다.

(1) 제작일정 수립

- (2) 제작용 재료 구입
- (3) 자동화 부품 딜리버리
- (4) 프레임 제작
- (5) 절임통 제작
- (6) 뚜껑 제작/구입
- (7) 뚜껑 부착과 시운전
- (8) 뚜껑 개폐 자동화와 시운전

3) 상부투입 하부배출 연속식 절임통의 시운전

기존의 상부개폐 기울여 쓰기 절임장치는 절임 후 절임통의 기울이기 조작이 번잡하고 위험하므로 이를 해소하기 위해 기울이기 조작 없는 하부개폐 쓰기 방식의 절임기를 개발하였다

가) 사일로 모양의 원통형 절임기를 455L 규모로 압력 1.5 기압에 견디도록 제작하였다.

나) 절임통의 높이를 1000mm 이내로 하고자 하였으나 통의 폭과 높이 비율과 통의 하부로 배출되는 절임배추의 다음 공정으로 이송을 위한 컨베이어 설치공간을 고려하여 통의 상부 높이는 2,807mm로 제작하였다.

다) 중앙원통은 직경 900mm, 높이 400mm로 하고 상부원추는 입구직경 430mm, 원추높이 327mm로 하였고, 하부원추는 출구직경 380mm, 원추높이 578mm로 하여 절임배추가 미끄러져 내려오도록 경사를 크게(260 대 500) 주었다.

라) 하부 염수주입구와 상부 염수배출구는 원추 하부와 상부에 설치하였다.

마) 상부뚜껑은 힌지를 축으로 회전하여 개폐하고 모터로 회전시켜 몸체에 밀착시켜 밀봉하였다.

바) 하부뚜껑은 힌지를 축으로 회전하여 개폐해본 결과 뚜껑의 자중에 의해 뚜껑이 아래로 처지는 현상이 발생하여 하부뚜껑을 레일에 얹어 개폐하고 클램프로 밀착 밀봉하였다.

4) 자동배출 절임통의 제작

상부투입 하부배출 절임통을 455L 규모로 제작하여 시운전을 한 결과 배추는 잘 절여지나 절임배추가 절임통 하부로 배출되지 않는 문제가 발생하였다.

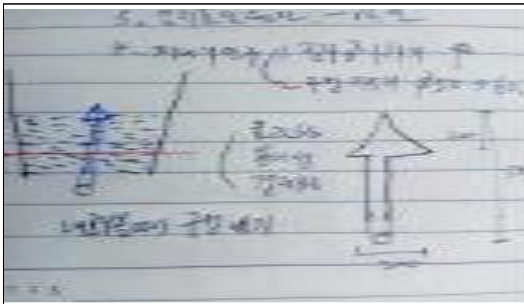
가) 절임배추가 자동배출 되지 않는 원인 분석

절임배추가 중력에 의해 하부로 배출되지 않는 원인은 절임배추가 절여지는 과정에서 절임통 하부에 썩어 썩이면서 400mm 정도의 두꺼운 층을 이루어 장력이 발생하므로 직경 380mm의 좁은 개구부로 터져 나오지 않기 때문으로 분석되었다.

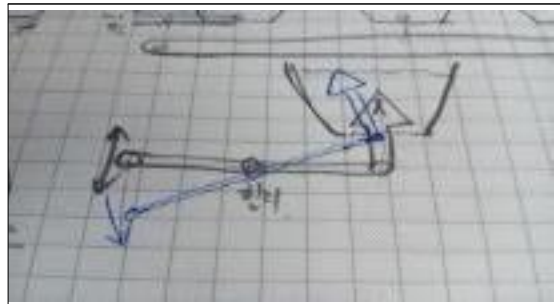
나) 절임배추 자동배출 방안 연구

절임배추가 개구부로 터져 나오게 하려면 상부에서 피스톤 붐으로 밀어내거나, 하부에서 갈고

리로 끌어내는 방안이 있으나 모두 절임배추에 상처를 주므로 바람직하지 못하고, 절임통의 개구부 직경을 늘리고 하부원추의 경사각을 크게 하여 중력만으로 절임배추 층이 터져서 미끄러져 내려오는 방안을 연구하였다.



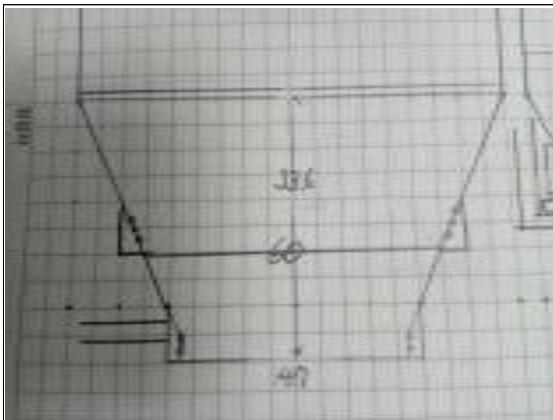
상부에서 유압봉으로 밀어내리는 방법



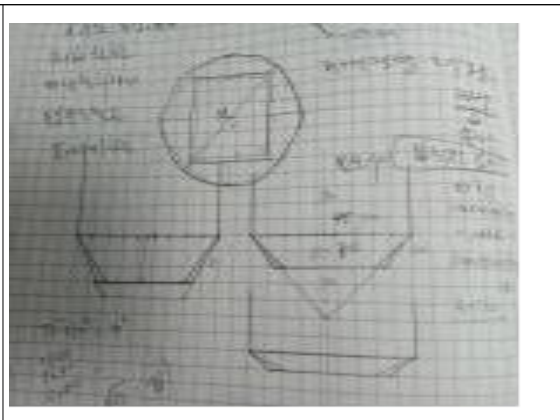
하부에서 갈고리로 끌어내리는 방법

그림24. 절임배추를 절임통 하부로 꺼내는 방안 연구

(1) 하부 개폐구의 직경을 늘리는 방안



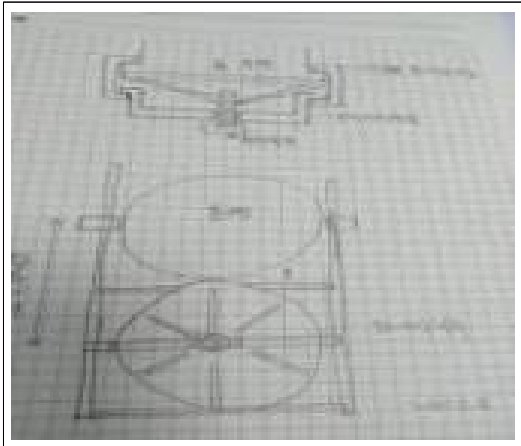
하부원추 개구부의 직경을 600mm로 늘리는 방안의 개념설계



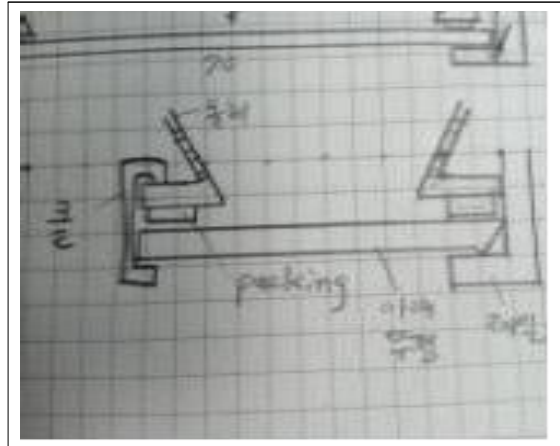
하부원추 개구부의 직경을 700mm로 늘리는 4각형 개폐구의 개념설계

그림25. 절임배추의 적층두께를 줄이는 방법 연구

(2) 절임통 하부뚜껑 밀폐방법 연구



클램프 유압실린더 레일 개폐식 하부
뚜껑 개념설계



클램프 유압실린더 레일 개폐식 하부
뚜껑의 밀폐구조 개념설계

그림26. 하부뚜껑을 밀착시키는 방법 연구

다) 배출구 대각선길이를 늘린 사각형 뚜껑의 힌지 클램프 유압실린더 개폐 방식 연구

1차 시운전 결과 절임배추가 절임통 안에 쌓여서 하부로 배출되지 않는 문제를 해결하기 위하여 절임배추가 잘 배출되도록 하부 경사면의 길이를 577mm에서 288mm로 축소하여 적층 두께를 최소화하고 배출구의 대각선길이를 약 700mm로 늘릴 수 있는 표면적이 넓은 4각형 뚜껑을 부착함으로써 절임배추가 나오는 통로를 넓게 하는 방안으로 개선하였다.

그리고 클램프 실린더 형태로 개선했을 경우 하부뚜껑의 하중을 외팔보 구조로 모두 받게 되므로 외팔보가 지탱하기가 어려웠다. 이를 개선하기 위하여 상부뚜껑은 상부로 열리는 일반 실린더 형태로 변경하고, 하부뚜껑도 경사면의 높이를 절반인 288mm로 줄이고 대각선길이 700mm로 늘릴 수 있는 배출구 면적이 넓은 가로 500mm이고 세로 600mm 크기의 사각형 뚜껑으로 개선하고 개폐방식도 힌지 클램프 유압실린더 방식으로 개선하여 다시 제작하였다.

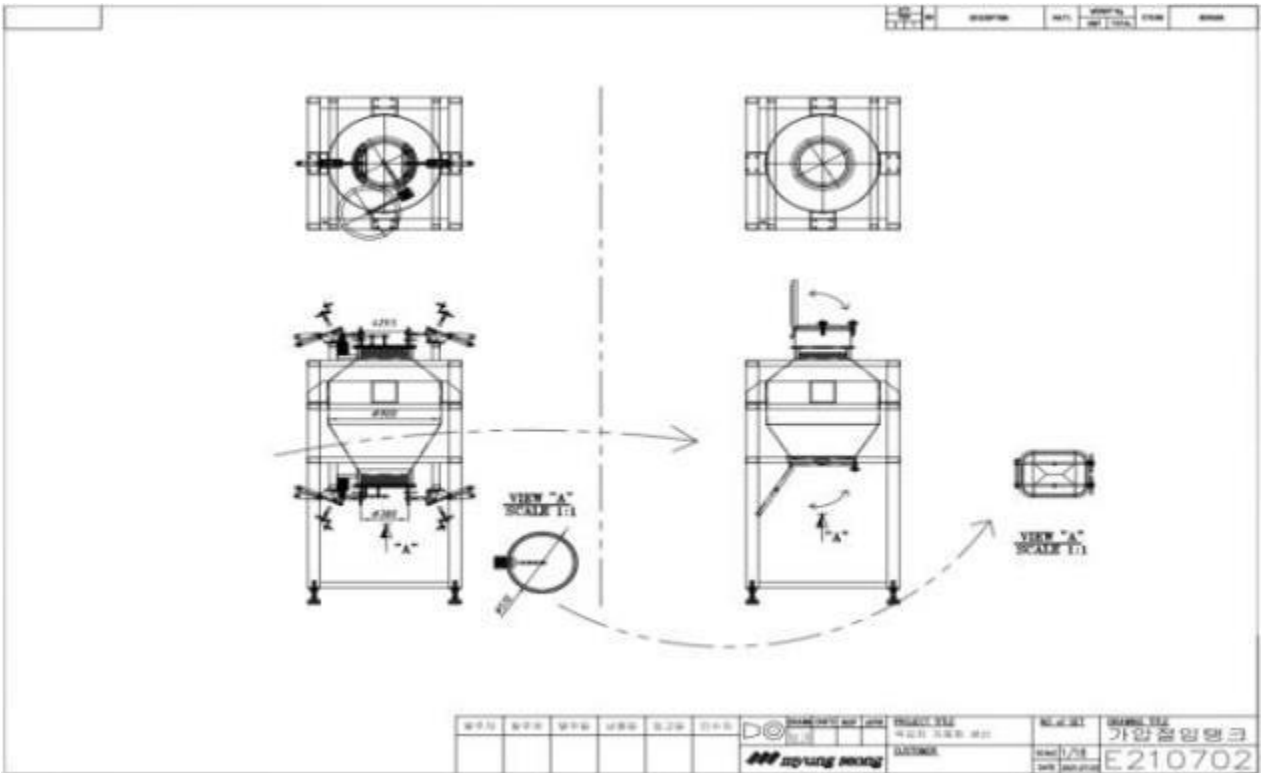


그림27. 하부 배출구의 면적을 늘리는 방안 연구



그림28. 하부 배출구의 대각선길이를 700mm로 개선한 절임통

다. 썰은 배추의 고염수 살수 연구

1) 썰은 배추에 고염수 살수의 부피감소 효과

막김치 연속 자동화 생산 공정에서 생산량과 직접적으로 연관되는 부분은 가압절임통으로의 썰은 배추 투입량으로, 투입량을 증가시킬 수 있는 방법 중 하나는 썰은 배추에 염수를 살수하는 것이다. 썰은 배추에 염수를 살수하면 삼투압 작용으로 배추 조직 내 수분이 빠져나와 부피가 감소하게 된다. 염수 살수 후 컨베이어 이동시간, 가압절임통으로의 투입시간이 소요되기 때문에 썰은 배추에 묻은 염수로 인해 부피가 충분히 감소할 것으로 예상된다. 진동체 위에 설치되어 있는 기존 세척수 살수 장치를 활용할 수 있기 때문에 공간 활용 측면에서도 효율적이다. 따라서, 단시간의 염수 살수로도 유의미한 배추 부피 감소 효과가 나타나는지 확인하고자 실험실적 실험을 진행하였다.

가) 염수 살수 실험실적 실험 1차 : 염수 살수에 의한 배추 부피 감소 확인

(1) 실험목적:

- 진동체에 염수 살수 설비를 도입하기 전에 진행하는 실험실적 실험으로, 썰은배추에 염도 11%와 24.1% 염수를 물뿌리개로 살수 하였을 때 배추 부피 감소량을 확인하기 위함

(2) 실험내용:

- 1) 준비한 스테인리스 용기를 가득 채울 수 있는 배추의 양 확인 → (약 1.4~1.55kg)
- 2) 배수가 가능한 P상자에 1)만큼의 배추를 가능한 겹치지 않게 담기
- 3) 물뿌리개로 염수를 1통(약 10kg) 살수 (살수하는 동안 P상자를 흔들어 진동효과를 줌)
살수 시간 약 40초 소요(실제 진동체를 통과하는 시간은 20초)
- 4) 살수 시작 시점부터 3분 후에 배추를 다시 스테인리스 용기에 담아 부피 감소량 확인

(3) 실험재료:

- 썰은 배추 10kg
- 염수 (24.1%, 11% 염도) 각각 10kg
- P상자
- 염도계, 저울, 스테인리스 용기

(4) 실험결과:



그림29. 썰은 배추의 염수 살수 전후 부피변화 비교

표19. 염수 살수 후 배추 부피 변화

구분	배추 부피(cm ³)	원물 대비 부피
배추 원물	7842.3*	100%
11%	4040.0**	51.5%
24.1%	3564.7***	45.5%

* $\pi \times (12.3\text{cm})^2 \times 16.5\text{cm} = 7842.3\text{cm}^3$

** $\pi \times (12.3\text{cm})^2 \times 8.5\text{cm} = 4040.0\text{cm}^3$

*** $\pi \times (12.3\text{cm})^2 \times 7.5\text{cm} = 3564.7\text{cm}^3$

(5) 고찰:

40초간 염수 살수 후 살수 시작 시점부터 3분 후에 썰은 배추의 부피를 확인한 결과, 염도 11% 염수를 살수했을 때 51.5%, 염도 24.1% 염수를 살수하였을 때 45.5%로 감소하였다. 11% 염도의 염수 살수로도 배추의 부피가 대폭 줄어들어, 염수 살수 설비를 도입할 시 가압절임통으로의 썰은 배추 투입량이 증가할 것으로 예상된다. 그러나 본 실험에서 염수 살수 시간(40~50초)이 실제 진동체 통과시간(20초)에 비하여 2배가량 길었고, 진동체만큼의 진동이 가해지지 않았으며, 배추의 상태 또

한 좋지 못하여 실제로는 위 실험결과보다 배추의 부피 감소량은 적을 것으로 예상된다.

나) 염수 살수 실험실적 실험 2차 : 염수 살수 후 시간경과에 따른 배추 부피 감소 확인

(1) 실험목적:

- 진동체에 염수 살수 설비를 도입하기 전에 진행하는 예비실험으로, 썰은배추에 염도 15% 염수 살수 후 시간 경과에 따른 배추 부피 감소량을 확인하기 위함

(2) 실험내용:

- (가) 준비한 스테인리스 용기를 가득 채우기 위해 필요한 배추의 양 확인 → (약 1.5~3kg)
- (나) 배수가 가능한 P상자에 (가)만큼의 배추를 가능한 겹치지 않게 담기
- (다) 물뿌리개로 염수를 1통(약 10kg) 살수 (살수하는 동안 P상자를 흔들여 진동효과를 줌)
살수시간 약 40초 소요(실제 진동체를 통과하는 시간은 20초)
- (라) 살수 시작 시점부터 1분 후에 배추를 다시 스테인리스 용기에 담아 부피 감소량 확인
- (마) 3분, 6분, 10분 후 부피 감소량 확인

(3) 실험재료:

- 썰은배추 10kg
- 염도 15% 염수
- P상자
- 염도계, 저울, 스테인리스 용기, 물 조리개

(4) 실험결과

표20. 염수 살수 후 배추 부피 변화

시간	배추 부피(cm ³)	원물 대비 부피
0분	7842.3	100.0%
1분	5465.9	69.7%
3분	5228.2	66.7%
6분	4990.6	63.6%
10분	4544.3	58.0%

(5) 고찰:

1차 실험에서는 염도 11% 염수 살수 3분 후 부피가 51.5%로 감소하였으나, 2차 실험에서는 염도 15% 염수 살수 3분 후 부피가 66.7%로 감소하여, 2차 실험에서 염수의 염도가 더 높았음에도 부피 감소의 정도는 더 적었다. 이는 1차 실험은 9월, 2차 실험은 1월에 실시하여 배추 원물의 차이에 의한 것으로 판단된다. 살수 10분 후에는 부피가 58%로 감소하였는데, 가압절임통에 배추가 가득 담기 기까지 10분 이상 소요됨을 고려할 때 염수 살수에 의한 배추 부피 감소로 가압절임통으로의 썰은 배추 투입량이 상당량 증가할 것으로 예상된다.

다) 염수 살수 설비의 도입 및 시운전

염수 살수의 실험실적 실험 결과를 검토하였을 때, 염수 살수 설비 도입 시 가압절임통으로의 썰은 배추 투입량이 상당량 증가할 것으로 예상되어, 레이아웃과 염수 비산 방지, 염수 회수 방법 등을 고려하여 염수 살수 설비를 설치하였다. 염수 살수 설비는 염수 살수를 위한 16개(4열×4개)의 분사구와 염수 회수를 위한 탱크 및 회수펌프로 구성되었으며, 분사구는 진동체 선별기 위에 설치되어 배추가 진동체를 통과하는 동안 염도 약 15%의 염수를 살수하게 된다. 염수 살수와 진동체의 진동을 통해 배추 표면의 흠먼지를 비롯한 이물은 씻겨 내려가고 염수가 묻게 되는데, 표면에 묻은 염수로 인한 삼투압 작용으로 썰은 배추의 부피가 감소한다. 진동체에서 걸러지는 배추 슬러지와 이물은 P상자에 모이고, 염수는 염수 회수 탱크로 흘러들어가 회수가 된다. 염수의 수압은 밸브로 조절이 가능하며 염수살수, 염수회수펌프 등의 전체적인 작동은 패널을 통해 조작된다.

- 염수살수장치 설치



그림30. 썰은 배추 염수 살수 장치

- 염수 분사구 (기존 2열 * 4개 → 4열 * 4개)

분사구 갯수와 수압의 증가로 염수 살수 후 배추 상태가 양호하였음.



그림31. 염수살수장치의 진동체 및 염수 분사구

- 배추 슬러지 거름 및 염수 회수

배추 슬러지는 P상자에 담기고, 염수는 염수탱크로 흘러 회수됨.



그림32. 염수살수장치의 배추 슬러지 거름 및 염수 회수 탱크

- 정량투입컨베이어 하단 염수받침대

염수받침대에서는 배추가 가압절임통까지 정량컨베이어 벨트를 타고 이동하는 동안 빠져나온 염수를 염수회수탱크까지 흘러보내게 됨.



그림33. 살수된 썰은 배추의 이송컨베이어와 염수받침대 및 염수회수통

염수살수장치 도입에 따른 절단배추 적체량 증가 효과를 확인하기 위하여 시운전을 실시하였다. 기존 세척수 살수 시에는 정량컨베이어를 통해 40kg씩 계량하여 4차례, 총 160kg의 절단배추를 가압절임통으로 투입되어, 절임배추 무게는 135~140kg으로 확인되었다. 염수 살수 장치 도입 후에는 정량컨베이어를 통해

48kg씩 계량하여 6차례, 총 288kg의 절단배추가 가압절임통으로 투입되어, 절임배추 무게는 165~170kg으로 확인되었다. 절단배추 투입량에는 각각 배추에 묻은 세척수와 염수의 무게가 포함되어 있기 때문에 실제 절단배추의 적체량과는 차이가 있다. 따라서, 절임배추 무게를 토대로 절임수율 90%를 적용하여 절단배추 적체량을 예측하였으며, 그 결과는 표와 같다. 가압절임통에 담기는 배추의 적체량이 약 26~31% 증가하였다.

표21. 염수살수장치 도입 전후 가압절임통 1통 당 배추 적체량 비교

구분	절단배추 적체량*(kg)	절임배추 무게(kg)
염수살수장치 도입 전	139~150	125~135
염수살수장치 도입 후	183~189	165~170

*절단배추 투입량: 절임배추 무게를 토대로 절임수율 90%를 적용하여 예측한 값임.

라) 1차 시운전

1차 시운전에서는 정량컨베이어에서 계량을 하지않고 가압절임통으로 배추를 연속적으로 투입하였다. 가압절임통 한통을 채우는 데에 소요되는 시간을 측정하였으며, 절임 및 탈수 후 절임배추의 무게와 염도를 확인하였다.

(1) 배추원물 투입량 45box X 13.42kg* = 603.9kg(추정치)

* 시운전 당시 상자 당 배추 무게의 평균값

(2) 절임배추 무게 가압절임통 2통 시운전하여 총 353kg

(3) 배추원물로부터의 절임수율 $353\text{kg} / 603.9\text{kg} \times 100 = 58.5\%$

- 배추의 뿌리와 겉잎을 제거하는 다듬기 공정에서의 무게 감소를 고려하지 못함
- 가압절임통 한통을 배추로 채우는데 소요된 시간 : 약 25분

(4) 절임배추 염도

- 시운전 절임배추 염도: 1.19%
- 기존 절임배추: 1.35%

(5) 고찰

- 염수 살수 배출구 수 증가로 염수 살수 후 배추 상태가 양호하였음.

- 기존과 비교하여 가압절임통으로의 배추 투입량이 증가하였으나, 배추 투입 시간도 크게 늘어났음.
- 절임배추에 밀동이 많이 섞여 있었음.
→ 가압절임 및 세척 후 선별작업이 필요함.

라) 2차 시운전

2차 시운전에서는 정량컨베이어에서 48kg씩 계량하여 가압절임통으로 배추를 투입하였다. 가압절임통 한통을 채우는 데에 소요되는 시간을 측정하였으며, 절임 및 탈수 후 절임배추의 무게와 염도를 확인하였다.

(1) 배추원물 투입량 $22\text{box} \times 13.42\text{kg}^* = 295.2\text{kg}$

* 시운전 당시 상자 당 배추 무게의 평균값

가압절임통으로 48kg씩 6번 투입함 (배추에 묻은 염수 포함 288kg)

가압절임통 한통을 배추로 채우는데 소요된 시간 : 약 25분

(2) 절임배추 무게 총 165kg (1시간 이상 탈수)

(3) 배추원물로부터의 절임수율 $165\text{kg} / 295.2\text{kg} \times 100 = 55.9\%$

- 다듬기 공정의 손실을 고려하면 실제 썰은 배추 투입량은 183kg정도로 예측됨

(4) 절임배추 염도

- 시운전 절임배추 염도: 1.22%
- 기존 절임배추: 1.35%

(5) 고찰

- 배추 원물에 달팽이가 많았는데, 선별 및 염수살수, 세척 후에도 일부 남아있었음.
- 염수 살수 전 선별을 했음에도 불구하고 세척 후에 밀동이 많이 남아있었음.
- 실제 생산을 위해서 절임배추를 쏟아낸 후의 선별과정이 중요할 것으로 판단됨.

2) 썰은 배추에 고염수 살수의 세척 효과

배추는 계절과 원산지에 따라 원물에 묻어있는 이물의 종류나 양에 차이가 있다. 이물 중에서는 흙, 모

래, 나뭇잎과 같이 쉽게 떨어질 수 있는 것이 있는 반면에, 달팽이와 같이 쉽게 떨어지지 않는 것도 있다. 따라서 염수살수장치 통과에 따른 정확한 세척률을 측정하기에는 어려움이 있으므로, 세척률을 대략적으로 가늠할 수 있는 실험방법을 아래와 같이 고안하였다.

- 검은깨를 절구로 갈아내어 막김치 형태로 절단된 배추에 골고루 혼합
- 검은깨를 혼합한 절단배추를 진동체 및 염수살수장치에 통과시켜, 통과 전·후의 배추를 샘플링
- 샘플링한 배추를 물로 씻어내어 남은 검은깨 분리하여, 배추 100g당 표면에 묻어있는 검은깨 무게를 비교

실험결과 진동체 및 염수살수장치 통과 전 배추의 검은깨 무게는 배추 100g당 0.77g이었으며, 통과 후 배추의 검은깨 무게는 배추 100g당 0.11g으로 진동체 및 염수살수장치를 통과하면서 검은깨가 85.7% 제거되었다.



그림34. 염수 살수 전·후의 세척효과를 비교한 검은깨 발생량

3) 막김치 생산 자동화 공장의 안정화

가) 막김치 연속 자동화 생산공정 설치

기존 작업동선에 대한 영향을 최소화하고 막김치 자동화 생산을 위한 설비 및 작업 공간은 최대화하여 생산성을 높일 수 있도록 도면을 확정된 후(아래 그림 참조), (주)한성식품 서산공장의 내부 리모델링을 거쳐 막김치 연속 자동화 생산 공정이 설치되었다. 막김치 연속 자동화 생산 공정은 배추 공급 공정, 절단 공정, 진동체 선별 및 염수 살수 공정, 가압절임공정, 배합 및 포장 공정으로 구성되었으며, 공정간 밸런스를 맞춰나가는 데에 중점을 두고 수차례의 시운전이 진행되었다.

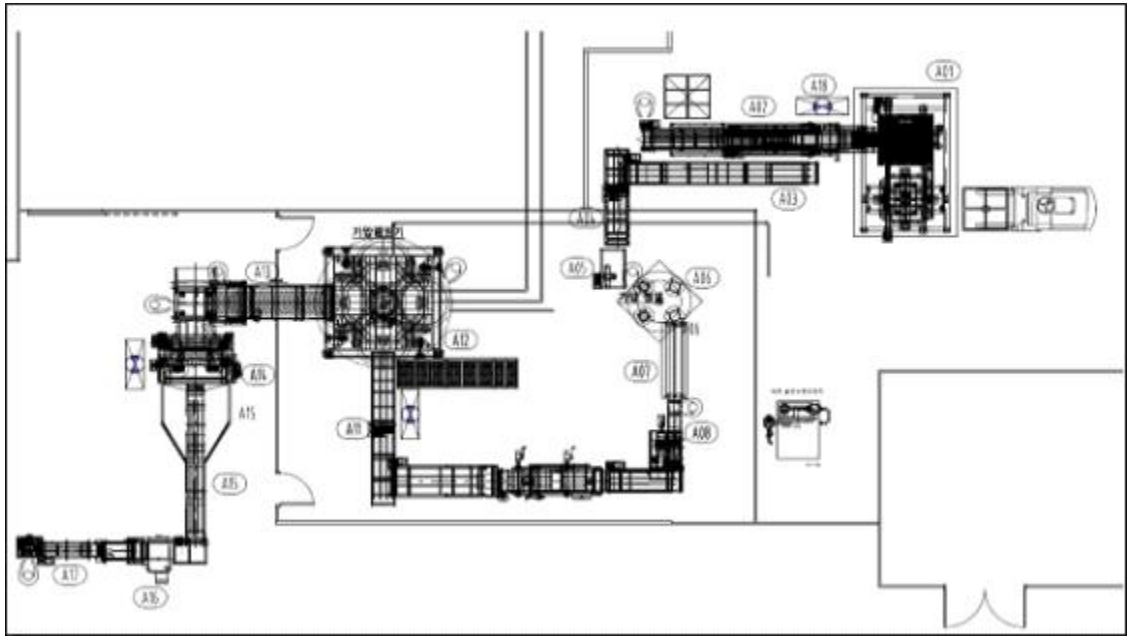


그림35. 막김치 연속 자동화 생산공정 설비 배치도

(1) 배추 공급 공정



그림36. 막김치 연속 자동화 생산공장의 배추 공급 공정

- 1-1: 배추상자 테이블리프트 적재, 1-2: 상자 분리, 1-3: 상자 한줄 공급
1-4: 배추 쏘기, 1-5: 배추 공급 컨베이어, 2: 배추 절단 공정

막김치 연속 자동화 생산 공정의 첫 번째는 배추 공급 공정으로, 공정별 사진은 그림 36과 같다. 지게차를 이용하여 7단으로 쌓아진 배추상자 한 팔릿을 테이블리프트에 적재하면 상자 분리 장치와 상자 한줄 공급 장치, 배추 쏘기 장치, 배추 공급 컨베이어를 거쳐 배추 절단 공정으로 배추를 공급하게 된다. 배추 공급 공정에서는 시간당 96상자(약 384포기)의 배추를 처리할 수 있다.

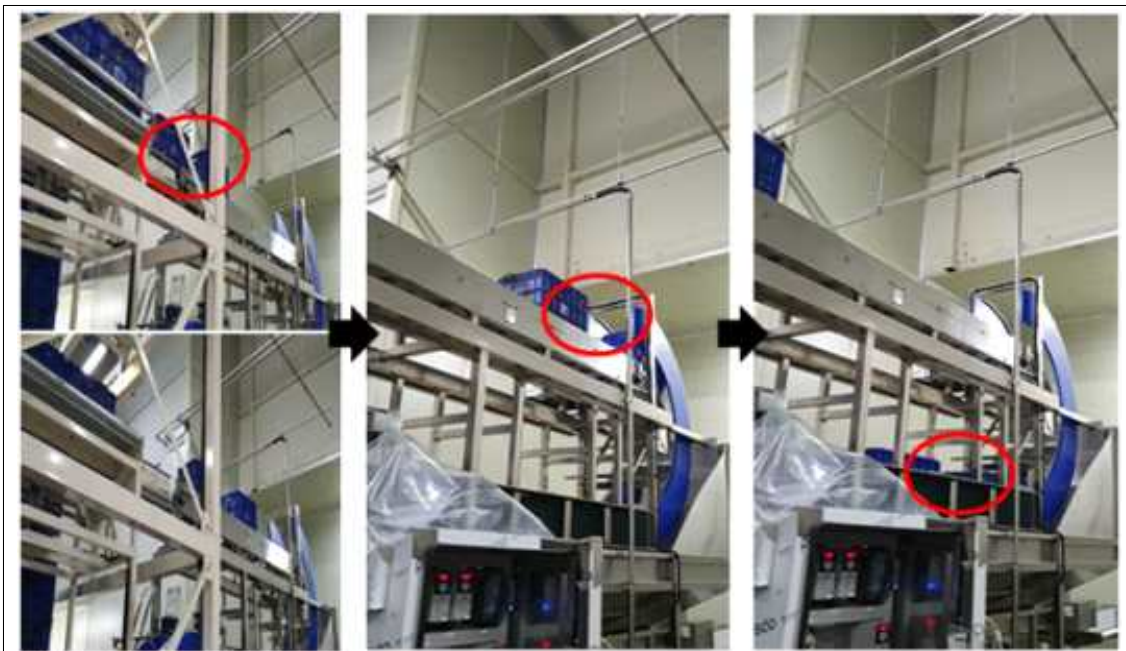


그림37. 배추팔릿 테이블 리프트



- 그리퍼가 배추상자를 1단(2*3형태, 6상자)씩 고정하여 상자 한줄 공급 장치로 이동
- 최상단의 배추상자가 이동하면 테이블리프트는 1단 높이 단위로 상승함

그림38. 배추상자 수평이동 그리퍼



- 상자 분리 장치를 통해 이동한 6개 상자 중 2개씩 배추 쏘기 장치로 공급함
- 상자 반전 안내가이드에 의해 뒤집어지면서 배추를 컨베이어 벨트로 배출하게 됨

그림39. 배추상자 한줄공급장치



- 배추 씻기 장치에 의해 씻어진 배추를 배추 절단 공정으로 옮기는 컨베이어
그림40. 씻어진 배추의 다듬기공정 이송 컨베이어

(2) 배추 절단 공정



그림41. 막김치 연속 자동화 생산공장의 배추 절단 공정

2-1: 배추 부위별 절단기(A: 배추 홀더, B: 삼절 칼날부), 2-2: V컨베이어,
2-3: 배추 세절기(A: 배추 절단 칼날부, B: 사각절단부, C: 배추 절단 후)

공급 공정으로부터 이동한 배추는 작업자가 회전테이블의 공급부에 세워서 넣으면 그리퍼가 배추를 고정하고 테이블이 90도 회전하여 단축경을 제거한다. 다시 90도 회전하여 배출부 위치에 오면 배추가 하강하여 V컨베이어로 쏟아지게 된다. V컨베이어에서 작업자가 배춧잎을 세로 방향으로 정리하고 배추 세절기로 투입하면 세로방향으로 길게 절단이 되고 이어서 사각절단부에서 막김치 형태로 절단이 되어 이송컨베이어 벨트로 배출이 된다.

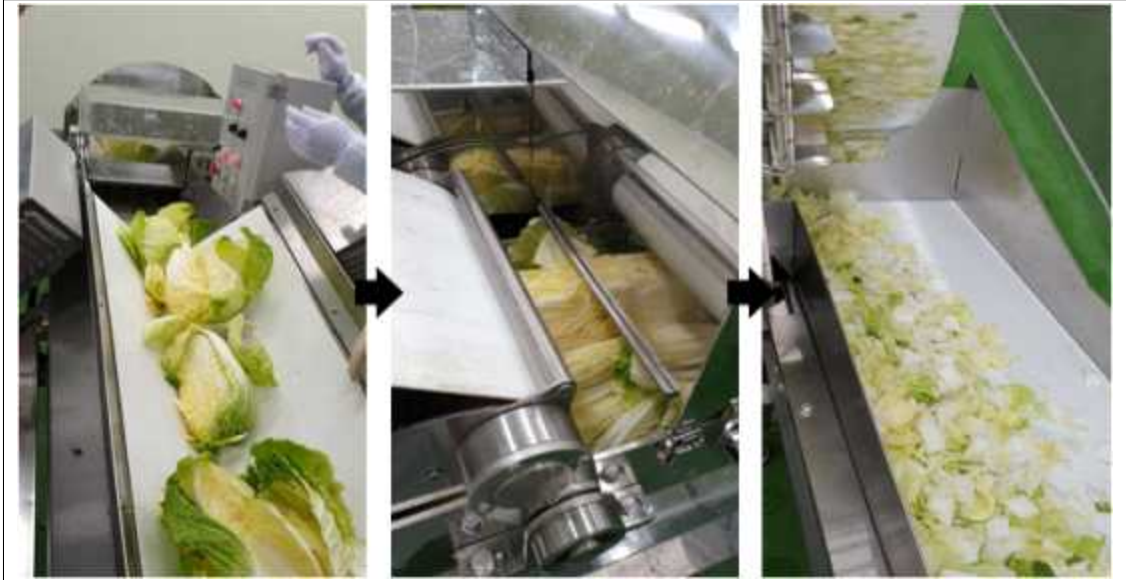


- 배추를 홀더 장치에 고정시킨 후, 테이블이 회전하면 내부의 단축경 절단기가 단축경 부분을 절단하며, 다시 테이블이 회전하면 삼절 칼날부가 배추를 3절하는 방식으로 부위별 절단이 이루어짐
- 절단 후에는 V컨베이어로 배추를 배출함

그림42. 배추심(뿌리) 제거 및 길이 3절 장치



그림43. 3절 배추의 절단기로 이송정렬 컨베이어



- 배추 부위별 절단기를 통해 고갱이가 제거되고, 3절된 배추가 V자 컨베이어 벨트를 지나 2열 7개의 칼날을 통과하며 겉절이 형태와 같이 길게 절단되며, 마지막으로 사각절단부를 통과하며 막김치 형태로 절단됨

그림44. 3절 배추의 세로 및 가로 절단기



그림45. 진동체 선별 및 절단배추 투입

3-1: 절단 배추 이송 컨베이어(A: 절단배추 이송, B: 절단 배추 진동체 투입),

3-2: 진동체 선별기 (A: 진동선별 및 샤워, B: 진동선별 및 샤워 후),

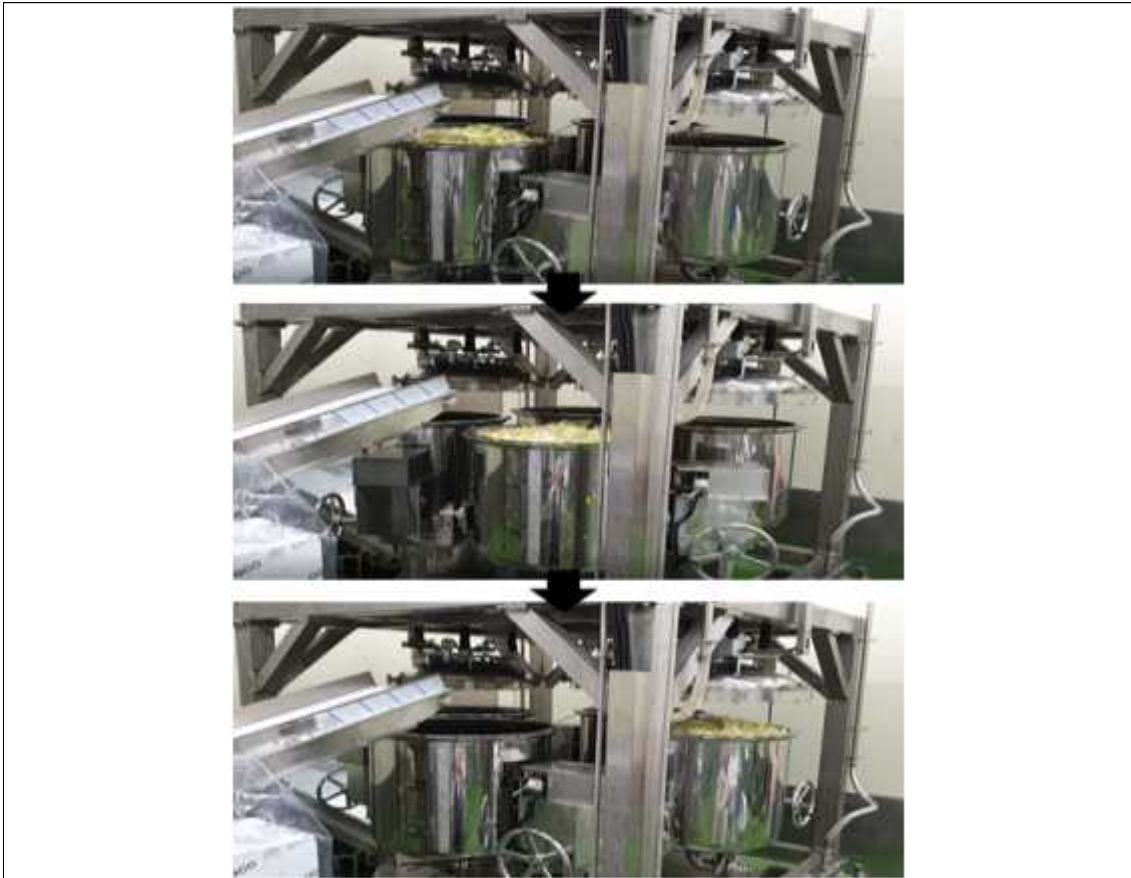
3-3: 절단 배추 투입 컨베이어 3-4: 절단배추 투입

진동체선별기: 진동을 통해 배추에 묻어있는 흙, 먼지, 벌레 등 이물을 제거함

로드셀(load cell) 컨베이어: 배추가 일정무게 이상 컨베이어에 담기게 되면 가압절임기로 배추를 투입함



그림46. 밀폐순환 가압연속절임기 및 연속 혼합 공정
4: 밀폐순환 가압연속절임기, 4-1: 절임배추 쏘기, 5: 연속 혼합 공정



배추 공급 - 염수 공급 및 가압 - 염수 회수 - 세척수 공급 및 순환 - 세척수 회수 - 탈수 - 절임배추 배출 순으로 공정이 이루어지며, 가압절임통이 90도씩 회전하며 배추 투입과 가압절임, 세척, 탈수가 진행됨

그림47. 밀폐순환 가압연속절임기



- 배합기, 벨트호퍼, 금속검출기, 개량 포장 장치로 구성됨

그림48. 막김치 양념 연속혼합 포장 장치

나) 막김치 연속 자동화 생산공정 안정화

(1) 염수 살수 설비 도입 전·후 시운전 결과 요약

(가) 염수 살수 설비 도입 전

염수 살수 설비 도입 전의 시운전에서 썰은배추는 진동체 및 세척수 살수 장치를 통과한 후 로드셀 컨베이어를 통해 40kg씩 4번, 총 160kg가 가압절임통으로 투입되었다. 가압절임통에서 염도 22~23%의 염수 투입 후 6분간의 가압절임을 거쳐 염수를 배수하고 이어서 세척수 투입 및 순환을 통해 탈염과 세척이 이루어졌다. 수차례의 시운전 결과 썰은 배추가 160kg 투입되었을 때 절임배추의 무게는 130~140kg로 확인되었다. 통상적인 절단배추의 절임수율은 90%로 160kg의 썰은 배추를 절이면 절임배추의 무게는 140~145kg이 되어야하나 그보다 무게가 낮게 측정된 것은 로드셀 컨베이어에서 160kg의 배추가 계량이 되었지만 실제로는 세척수 살수 장치로 인해 배추에 물이 묻은 상태로 가압절임통에 투입되어 배추에 세척수 무게가 더해졌기 때문이다. 22~23%의 고염수를 사용하였을 때, 절임배추의 염도는 1.7% 이상으로 확인되었다. 막김치를 제조하기 위한 절임배추의 적정염도는 1.4~1.6%로 기준치를 상회하였다.

(나) 염수 살수 설비 도입 후

염수 살수 설비 도입 후에는 염수의 염도를 24%에서 15%로 낮추어 시운전을 진행하였다. 썰은 배추는 진동체 및 염수 살수 장치를 통과한 후 로드셀 컨베이어를 통해 48kg씩 6번, 염수 무게를 포함하여 총 288kg이 가압절임통으로 투입되었다. 가압절임 후 절임배추의 무게는 165~170kg로 확인되었다. 절임배추 무게에 절임수율 90%를 적용하여 가압절임통으로 투입된 썰은배추의 무게를 역산하였을 때, 183~189kg가 될 것으로 추정된다. 배합기에서 1회당 200kg의 막김치를 배합할 수 있으므로, 절임배추가 170kg 배출될 경우 양념 무게와 합쳐 약 190kg의 막김치가 배합된다.

염수를 살수하여 절이면 세척수를 살수하여 절일 때보다 통 당 절임배추의 생산량이 21.4~26.9% 증가한다.

(2) 막김치 연속 자동화 생산공정 공정 균형 분석

수차례의 시운전을 통해 공정별 문제점을 확인하였으며, 기기적 문제는 대부분 즉각 조치 하였다. 다만 진동체선별기, 염수 살수 및 회수, 가압절임과 세척을 하나의 패널로 조작하게 되는데 숙련자가 다루기에도 복잡한 측면이 있어 개선이 요구된다. 패널 조작 부분은 시운전 및 실제 생산을 진행하여 작업자의 의견을 반영하여 개선할 예정이다. 기기적 문제 외의 공정균형(Line Balance)에 저해요소가 되는 지연 발생 요인은 아래와 같이 분석하였다.

(가) 배추 공급 - 절단 공정 간 공정균형

배추 공급 공정에서는 시간당 96상자 이상, 약 384포기 이상의 배추를 절단 공정으로 보낼 수 있으며, 배추 절단 공정에서는 분당 8포기(시간당 480포기) 이상의 배추를 절단할 수 있다. 배추 공급 속도와 절단 속도가 적합하도록 설계되었지만, 회전식 부위별 절단기에 배추를 투입하는 작업자가 배추의 청잎을 다듬는데 시간이 소요되거나, 배추 세절기에서 배추가 걸리는 경우 절단 속도가 공급 속도에 미치지 못할 수 있다.

(나) 배추 절단 - 절임 공정 간 공정균형

배추 절단 공정에서는 분당 8포기 이상의 배추를 절단하여 절임 공정으로 보낼 수 있으며, 진동체선별기와 염수 살수를 거쳐 절임공정에서는 분당 10kg 이상의 썰은 배추를 가압절임통으로 투입할 수 있다. 배추 절단 속도와 절단 배추 공급 속도가 적합하도록 설계되었지만, 가압절임통을 가득채운 후에도 가압절임, 세척, 혹은 배출이 완료되지 않았을 경우 다음 빈 가압절임통이 정위치하기까지 진동체 선별기에 투입되지 못한 썰은 배추가 쌓일 수 있다. 썰은 배추가 쌓이게 되면 배추 절단 공정에서 작업을 잠시 멈추거나 속도를 늦추는 상황이 발생한다.

(다) 배추 절임 - 배합 공정 간 공정균형

배추 절임 공정에서는 30분당 170kg의 절임배추가 배출되며, 배합 공정에서는 1회당 200kg의 막김치를 배합 할 수 있다. 절임배추 1회 배출 시에 배합도 1회가 이루어지므로, 절임배추를 쏟아낸 후 선별에 시간이 소요될수록 배합도 지연이 된다.

(라) 배추 배합 - 포장 공정 간 공정균형

배합 공정에서는 1회당 200kg의 막김치를 배합 할 수 있으며, 포장 공정에서는 시간당 10kg씩 60팩을 포장할 수 있다. 공급, 절단, 절임 공정에서의 지연으로 막김치 배합까지 시간이 소요될 경우 포장 공정에서 유희 시간이 발생할 수 있다.

기기적 문제 외의 공정균형(Line Balance)에 저해요소가 되는 지연 발생 요인은 대다수 작업자의 숙련도에 따라 개선될 수 있을 것으로 예상된다. 다만, 진동체 선별, 염수 살수와 세척수 순환에도 불구하고 달팽이와 같이 배춧잎에 강하게 부착되어 있는 이물의 경우 완전히 제거가 되지 않는 상황이 확인되기도 하여 세척과 이물선별에 대한 문제가 중요한 과제로 남아있다. 또한, 현재 설정된 염수 염도, 절임 시간, 세척 시간 등은 배추 원물에 따라 조정이 필요한 부분이 있기 때문에 시운전 및 실생산을 진행하면서 계절별, 산지별 생산 데이터를 축적하고 반영하여야 할 것으로 판단된다.

라. 막김치 생산 규모화 공장의 설계와 경제성 분석

막김치 생산 규모화 공장을 시간당 2,500kg 규모로 설계하고 투자수익률법 등으로 경제성을 분석하였다.

1) 막김치 생산 규모화 공장의 설계

막김치를 시간당 2,500kg 생산하는 규모로 scale up하는 방안으로 절임통 크기를 500L이상으로 키우는 방법과 절임통의 개수를 늘리는 방안을 검토한 결과, 표 22와 같이 절임통의 크기를 줄이고 수량을 늘려서 4조식으로 병렬배치 하는 것이 더 효과적인 것으로 판단되었다.

표22. 막김치 생산 규모화 방안의 비교

생산 방식	목표생산량 (kg)	1통당 배추투입량 (kg)	1회 절임시간 (분)	절임배추 생산량 (kg/h)	목표효율성 (%)
1조식	2,000	550	25.0	1,200	60
2조식	2,000	275	15.6	1,923	96
4조식	2,000	138	10.8	2,778	139

* 고염수 침지하면 밀도 0.366(183kg/500L)으로 썰은배추를 통에 담을 수 있음

** 통의 용량에서 배추의 무게를 뺀 공간의 부피(배추의 비중은 1로 가정)

1조식은 1,503L 크기의 통에 550kg의 썰은 배추를 채우고 9분 30초간 염수를 채우고 6분간 염수를 순환하여 절이고 9분 30초간 염수를 배출하는 시스템으로 1회 절임시간이 25.0분이 소요되어 시간당 1,200kg의 절임배추를 생산할 수 있으므로 목표값의 60%를 달성할 수 있는 비효율적 방법이다.

2조식은 751L 크기의 통에 275kg의 썰은 배추를 채우고 4.8분간 염수를 채우고 6분간 염수를 순환하여 절이고 4.8분간 염수를 배출하는 시스템으로 1회 절임시간이 15.6분이 소요되어 시간당 1,923kg의 절임배추를 생산할 수 있으므로 목표값의 96%를 달성할 수 있는 적당한 방법이다. 그러나 절임통을 751L로 증가시키면 통의 직경이 1m이상으로 증가하여 하부뚜껑을 압력 1.5기압에 견디도록 설치하는데 큰 어려움이 제기되었다.

4조식은 377L 크기의 통에 138kg의 썰은 배추를 채우고 2.4분간 염수를 채우고 6분간 염수를 순환하여 절이고 2.4분간 염수를 배출하는 시스템으로 1회 절임시간이 10.8분이 소요되어 시간당 2,778kg의 절임배추를 생산할 수 있으므로 목표값의 139%를 달성할 수 있는 매우 효율적 방법이다.

절임시간을 10.8분에서 4.2분의 여유를 두어 15분에 1순환씩 절여도 시간당 2,500kg의 막김치

를 생산할 수 있으므로 4조 병렬식으로 막김치 자동화 생산공장을 설계하였다.

표23. 4조 병렬식 막김치 자동화 공정의 공정별 수율과 생산량(15분절임)

번호	공정	능력(분당)	수율 (%)	생산량(kg)		
				1조 15분	4조 1시간	4조 1일
1	배추투입	52.8kg, 17.6포기, 4.4상자	100	198	3,168	25,344
2	겉잎뿌리제거	52.8kg, 17.6포기	78	154	2,464	19,712
3	배추세절	41.2kg, 17.6포기	95	147	2,352	18,816
4	색채선별	39.1kg	94	139	2,240	17,920
5	고염수살수	36.8kg	100	139	2,240	17,920
6	가압순환절임	550kg/15분	90	125	2,000	16,000
7	양념혼합	41.7kg(배추500+양념125)	125	150	2,500	20,000
8	막김치포장	4.2상자(10kg)/분	100	150	2,500	20,000
계						

* 절임배추수율 63%, 막김치수율 74%(배추대비)

가) 막김치 자동화 연속생산공정의 설계

막김치 자동화 생산 공정의 구성은 표 24와 같이 배추저장에서부터 출하까지 18개 공정으로 구성되고 이 가운데 9번 담기공정부터 13번 꺼내기 공정까지는 4개의 절임통이 1조를 이루어 직선으로 배치되어 담기, 절임, 세척, 접종탈수 꺼내기의 4공정이 15분씩 1시간에 걸쳐 진행되고, 이러한 것 4조를 병렬로 연결하였다. 나머지 1번 배추저장 공정부터 8번 침지 공정과 14번 양념 혼합 공정부터 18번 출하 공정은 직렬로 순차적으로 연결되었다(그림4 참고).

표24. 막김치 자동화 생산 공정의 구성과 공정 기능

순서	공정	기능	비고
1	배추저장	구매계약, 수확입고, 저장	연중배추공급
2	상자분급	배추팻릿을 리프트로 상승이동, 그리퍼로 수평이동	지게차
3	배추쏟기	2상자씩 원심회전 쏟기	빈상자 적재
4	다듬기	뿌리를 파내며 겉잎까지 탈락	로봇 자동화
5	분류	다듬은 배추를 크기별 대중소 분류	자동화 개발
6	절단	원통칼집에서 세로로 자르고 가로로 세절	자동화 개발
7	선별	변질된 배추편 인식 분리	자동화 개발
8	침지	선별된 배추편에 고염수 살수하여 숨죽이기	부피 16% 감소, 세척효과
9	담기	침지된 배추편을 절임기에 컨베이어로 채우기	분급컨베이어
10	절임	통을 밀폐하고 염수를 주입 가압 순환하여 절이기	염수탱크, 염수관 자동개폐
11	세척	통에 세척수를 주입 가압 순환하여 세척하기	세척수탱크, 수채처리장치
12	접종탈수	통에 종균액을 주입 가압 순환하여 접종하고 탈수	종균배양탱크, 배추착즙기
13	꺼내기	아래뚜껑을 열고 절임배추를 꺼내기	/회전쏟기
14	양념혼합	나선형원통에 배추편과 양념을 넣어 연속으로 혼합	양념외주가공, 검수공급
15	이물검사	김치의 이물검출	X-ray검출기
16	포장	플라스틱상자에 비닐봉투를 펴고 10kg씩 포장	상자회수 재사용
17	적재	김치상자를 팻릿에 자동으로 쌓고 숙성실로 이송	팻릿을 수직이동하며 쌓기
18	출하	배송트럭에 김치상자를 적재하기	택배기사와 협업

나) 공정별 기계장치의 목록과 성능 연구

공정별 기계장치의 목록과 기계장치의 성능에 대한 요구조건은 표 25에 요약하였다.

표25. 공정별 기계장치의 목록과 기계장치의 성능에 대한 요구조건

순서	공정	기계장치	성능 요구조건
1	배추저장	저온저장고	연중 배추공급을 위한 저장
2	상자분급	리프트 그리퍼	배추팻트를 리프트로 1단씩 상승 이동시키고 그리퍼로 6상자씩 수평이동
3	배추쏟기	상자반전기	배추상자를 2상자씩 아래로 회전시켜 원심력으로 배추를 상자 밖으로 쏟기
4	다듬기	겉잎과 뿌리 제거기	배추뿌리를 자동으로 파내며 겉잎까지 탈락시켜 분리하기
5	분류	크기 분류기	다듬은 배추를 크기별 대소 또는 대중소로 자동으로 분류하기
6	절단	원통절단기	다듬은 배추를 원통칼집에서 세로로 자르고 가로로 세절하기
7	선별	색채선별기	변질된 배추편을 빠르게 인식하여 공정 밖으로 분리 제거하기
8	침지	고염수 살수기	선별된 배추편에 고염수 살수하여 배추편의 숨을숨죽이고 이물질들을 세척하기
9	담기	원통형 절임기	침지된 배추편을 절임기에 컨베이어로 채우기
10	절임	원통형 절임기	통을 밀폐하고 염수를 주입 가압 순환하여 절이기
11	세척	원통형 절임기	통에 세척수를 주입 가압 순환하여 세척하기
12	접종탈수	원통형 절임기	통에 종균액을 주입 가압 순환하여 접종하고 탈수
13	꺼내기	하부개구 쏟기	절임통의 하부뚜껑을 열고 절임배추를 꺼내기
14	양념혼합	횡형원통회전혼합기	나선형원통에 배추편과 양념을 넣어 연속으로 혼합하기
15	이물검사	이물검출기	양념이 혼합된 김치에서 금속, 플라스틱 등 이물을 검사하여 제거하기
16	포장	덕용상자포장기	플라스틱상자/골판지상자에 비닐봉투를 펴고 막김치를 10kg씩 포장하기
17	적재	팻릿 자동적재기	포장된 막김치를 팻릿에 자동으로 쌓고 숙성실로 이송하기
18	출하	배송트럭 적재기	숙성김치/생김치를 배송트럭에 주문에 맞추어 적재하기

다) 공정별 소요인력 추산

공정별 소요인력은 자동화 기계장치를 고려하여 총 8명이 소요되었는데 이중 4조 병행공정에는 각 1명씩 필요하였다.

표26. 공정별 소요인력

순서	공정	기계장치	인력(명)	작업 연구
1	배추저장	저온저장고	1	지게차로 배추팔레트 이송 공급하고 빈상자 정리
2	상자분급	리프트 그리퍼		리프트/그리퍼 오작동시 조치
3	배추쏟기	상자반전기		상자반전기 오작동시 조치
4	다듬기	겉잎과 뿌리 제거기	1	다듬기장치 오작동시 조치
5	분류	크기 분류기		크기분류기 오작동시 조치
6	절단	원통절단기		원통절단기 오작동시 조치
7	선별	색채선별기		색채선별기 오작동시 조치
8	침지	고염수 살수기		고염수살수기 오작동시 조치
9	담기	원통형 절임기	4 (4조)	원통형절임기 오작동시 조치
10	절임	원통형 절임기		원통형절임기 오작동시 조치
11	세척	원통형 절임기		원통형절임기 오작동시 조치
12	접종탈수	원통형 절임기		원통형절임기 오작동시 조치
13	꺼내기	하부개구 쏘기		원통형절임기 오작동시 조치
14	양념혼합	횡형원통회전혼합기	1	원통회전혼합기 오작동시 조치
15	이물검사	이물검출기		이물검출기 오작동시 조치
16	포장	덕용상자포장기	1	상자포장기 오작동시 조치
17	적재	팰릿 자동적재기		김치상자 팰릿 적재기 조작하기
18	출하	배송트럭 적재기		김치상자 숙성고에서 출하하기
계			8	

라) 공정별 원부재료 수율계산

공정별 원부재료 수율은 지금까지 김치공장 현장에서 통용되는 데이터와 지금까지의 연구과정에서 습득한 수율 자료를 정리하였다. 겉잎이 제거된 양호한 구중 3kg 내외의 배추를 배추상자에 4포기씩 담아 저온저장고에 저장한 다음 꺼내어 진 배추를 기준으로 절임배추까지의 수율은 63.1%로 계산되고, 겉잎과 뿌리를 제거하는 다듬기 공정의 수율이 78%, 배추세절 공정에서 부서지기 손실로 95%, 색채선별 공정에서 불량편 발생으로 94%, 가압순환절임 공정에서 수분의 용출로 90%로 추산되었다. 그리고 양념을 절임배추 대비 25% 추가하여 혼합하면(절임배추 대 양념의 비율 80:20) 생배추 대비 막김치의 수율은 78.9%로 높아진다.

표27. 공정별 원부재료 수율

번호	공정	능력(분당)	수율(%)	1일 생산량(kg)
1	배추투입	52.8kg, 17.6포기, 4.4상자	100	25,344
2	겉잎뿌리제거	52.8kg, 17.6포기	78	19,712
3	배추세절	41.2kg, 17.6포기	95	18,816
4	색채선별	39.1kg	94	17,920
5	고염수살수	36.8kg	100	17,920
6	가압순환절임	550kg/15분	90	16,000
7	양념혼합	41.7kg(배추500+양념125)	125	20,000
8	막김치포장	4.2상자(10kg)/분	100	20,000

2) 생산 규모화 공장의 경제성분석

가) 자본비

새로운 공장을 건설하여 막김치를 생산 판매하는 사업의 초기 투자비는 토지구입비, 건물건축비, 기계장치 구입설치비, 폐수장 설치비 등으로 총 3,270백만 원이 소요되나, 이중 자가상승으로 인한 토비구입비를 제외하면 자본비는 2,940백만 원이 소요된다.

표28. 막김치 자동화생산 사업 자본비(백만원)

번호	투자내역		범위	금액(백만원)
1	토지	구입비	농림지역 6,600㎡×50천원	(330)
2	건물	건축비	공장동 1,000㎡×800천원 저온저장고 100㎡×10칸×1,000천원	1,800
3	기계장치	구입설치비	리프트 그리퍼 등 20종(표29)	990
4	폐수장	설치비	100M/T 1개소	150
계			토지구입비는 자가상승으로 제외	2,940

(1) 토지

김치산업은 국가 기간산업으로 간주하여 농림지역에도 건축허가를 받을 수 있는 것으로 가정하고 농림지 6,600㎡를 구입하는데 330백만 원이 소요된다.

(2) 건물

건폐율 30%로 하여 공장동 1,000㎡를 평방미터당 800천원으로 건축하여 800백만 원과 저온

저장고 100㎡ 규모 10칸을 평방미터당 1,000천원에 건축하여 1,000백만 원이 소요되어 건축비는 총 1,800백만 원이 소요된다.

(3) 기계 설비

기계설비는 표 29와 가압순환절임기 4조 16통과 염수재처리장치, 색채선별기 등 20종의 구입설치비로 총 990백만 원이 소요된다.

표29. 막김치 자동화생산 사업 기계장치 목록

번호	기계장치명	규격	단가	수량	금액	비고
1	리프트 그리퍼	6상자/분	30	1	30	
2	상자반전기	6상자(22포기)/분	20	1	20	
3	겉잎뿌리제거기	22포기/분	20	1	20	자동로봇
4	크기분류기	22포기/분	10	1	10	대중소분류
5	원통절단기	22포기/분	20	1	20	
6	색채선별기	46kg/분	50	1	50	
7	고염수살수기	50L/분	10	1	10	4조4열
8	가압순환절임기	원통형 380L	30	16	480	상하개폐
9	양념혼합기	연속식 49kg/분	30	1	30	회전드럼식
10	덕용포장기	5상자/분	40	1	40	10kg상자
11	상자적재기	5상자/분	10	1	10	수직이동식
12	배추착즙기	10L/분	10	1	10	
13	종균탱크	300L	20	2	20	배양, 순환
14	지게차	1톤	20	1	20	
15	염수탱크	10톤	10	2	10	회수, 처리
16	세척수탱크	10톤	10	2	10	
17	염수재처리장치	48톤/8시간	50	1	50	
18	폐수처리장치	10톤/24시간	20	1	20	염도1.0%
19	컨베이어 등		-	-	100	
20	배관 등		-	-	30	
계					990	

나) 제조원가

김치산업 현장의 실제 데이터와 지금까지의 연구개발 성과를 바탕으로 재료비, 노무비, 제조경비를 추정하고, 이를 기반으로 제조원가를 추정하였다.

(1) 제조원가와 판매가

자동화된 공장에서 생산되는 혁신막김치의 제조원가는 10kg 당 11,520원으로 추정되었다. 이

중 재료비가 10,000원으로 86.8%를 차지하였고 노무비는 8.7%(식품산업 평균 7%)이었으며, 제조경비는 4.5%였다.

막김치의 소비자가격은 15,000원으로 수입김치(12,000원)의 1.25배 수준으로 책정하였고, 이 경우 유통마진은 10kg 상자 당 2,250원으로 책정하였고(1인 1일 200개 판매한다고 가정), 제조업자의 매출이익은 상자 당 1,230원으로 매출이익률은 9.6%였다.

표30. 막김치의 제조원가와 판매가

항목	수입김치	국산김치	혁신막김치	
소비자가격	12,000	24,000	15,000	수입산의 1.25배
유통마진	3,850	3,000	2,250	15%
매출원가	8,150	21,000	12,750	공장도가격
매출이익	1,000	1,000	1,230	9.6%
제조원가	7,150	20,000	11,520	
	재료비	12,000	10,000	수입양념
	노무비	5,000	1,000	생산자동화
	제조경비	3,000	520	염수재사용

(2) 재료비

배추는 국산으로 연평균가격을 톤당 500천원으로 가정하였고, 소금은 포화염수를 제조하여 오존살균하여 1달간 재사용하는 것으로 하였고, 양념은 수입원료를 사용하여 단가를 톤당 1,673천원으로 추정하였다. 종균은 공장에서 매주 배양하여 사용하고 PE필름봉투로 10kg씩 내포장하고 외부는 골판지상자나 P-box(11L, NTC101, 엔플라스틱)로 포장하며 P-box는 1주일만에 회수하여 재사용하는 것으로 가정하였다.

표31. 막김치의 재료비

품명	단가	수량	금액(백만원)	비고
배추	500,000원/톤	6,336톤	3,168	연평균가격
소금	200,000원/톤	30톤	6	1달 재사용
양념	1,673,000원/톤	1,000톤	1,673	수입원료사용
종균	5,000원/kg	2,000kg	10	자체배양 주당 200천원
PE필름봉투	50원/장	500,000장	25	10L
P-box	2,700원/개	10,000개	27	5일분량, 11L(NTC101)
골판지상자	450원/개	500,000개	225	(선택)
계			4,909(5,107)	(골판지상자)

(3) 노무비

노무비는 자동화 생산 공장으로 총 15명이 1일 8시간, 주 5일, 년 250일 일하며 1일 20톤의 막김치를 생산하고 양념제조와 판매물류는 외주하였다. 평균임금은 연봉으로 32백만 원이고 공장장과 품질관리 담당은 각각 48백만 원과 36백만 원이었으며 연간 총 노무비는 500백만 원이었다.

표32. 막김치 생산의 노무비

업무	인력	연봉 (백만원)	비고
공장관리	1	48	생산일정, 생산량, 생산품질, 공정자동화
김치품질관리	1	36	배추, 소금, 물, 절임배추, 양념, 김치 품질관리
자재구매관리	1	32	포장재, 상자, 비품 구매관리
판매마케팅관리	1	32	영업, 마케팅, 판매점, 출하, 반품관리
사무전산관리	1	32	사무자동화, 전산시스템, 인사, 재무, 기획관리
종균배양수질관리	1	32	배춧잎 선별, 세척, 착즙, 접종, 배양, 종균관리
배추구매저장	1	32	배추 연구 구매 수확 운반 저장
배추운반쏟기	1	32	배추팻릿 출고 운반리프트장착 빈상자 정리 운반
배추다듬기절단	1	32	배추 다듬기, 분류, 절단, 선별, 침지
담기절임세척	4	32	배추 담기, 절임, 세척, 종균접종, 탈수, 꺼내기 4조
양념혼합	1	32	외주가공양념 검수 공급 혼합 이물검사
포장적재출하	1	32	막김치 포장, 적재, 출하
계	15	500	

(4) 제조경비

제조경비는 용수비, 전력비, 수선유지비, 감가상각비, 복리후생비, 화재보험료, 폐수처리비, 제세공과금을 현실에 맞추어 연간 253백만 원으로 추정하였다.

표33. 막김치 생산의 제조경비

항목	내용	금액 (백만원)	비고
용수비	12,500톤×400원/톤	5	세척수 등
전력비	저온저장고 972천kwh×50원/kwh	49	100m ² 15kw 10개 270일
	기계장치 450천 kwh×50원/kwh	23	75kw 250일
유지비	수선유지비 630백만원×5%	32	기계장치비의 5%
상각비	감가상각비 630백만원×9%	57	10년 상각 잔존가10%
복리비	복리후생비 3,000천원/인×15인	45	
보험료	화재보험료	25	건물의 1%
폐수비	폐수처리비 20천원/일×250일	5	
공과금	제세공과금 기타	12	
계		253	

(5) 운용비

운용비는 실제 공장을 가동하여 막김치를 생산하는데 소요되는 비용으로 연간 사용되는 재료비, 노무비, 제조경비의 합으로 총 5,712백만 원(P-box포장, 골판지포장의 경우 5,910백만 원)으로 추정되었고, 막김치를 판매하여 대금을 회수하는데 3개월(1분기)이 소요될 것으로 가정하여 운전자본은 연간운용비의 1/4로 계산하였다(1,428백만 원, 골판지포장의 경우 1,442백만 원).

연간 수입은 막김치 5,000톤을 톤당 1,275천 원에 판매하여 6,375백만 원의 매출액을 올릴 것으로 가정하였고, 정상가동 시 연평균 663백만 원의 매출이익이 발생한다(골판지포장의 경우 465백만 원).

표34. 막김치 생산의 운용비

번호	항목	내용(1년 250일)	금액 (백만원)	비고
1	원료	배추 6,336톤×500천원/톤	3,168	
		소금 30톤×200천원/톤	6	1달(100회) 재사용
		양념 1,000톤×1,673천원/톤	1,673	수입원료
2	포장재	PE필름봉투 500천장×50원/장	25	10L
		(골판지 500천개×450원/개)	(225)	
		P box 10,000개×2,700원/개	27	NTC101 11L,5일량
3	종균	2,000kg×5천원/kg	10	자체배양, 주당200천원
4	용수	12,500톤×400원/톤	5	세척수 등
5	전력비	저온저장고 972천kwh×50원/kwh	49	100m ³ 15kw 10개 270일
		기계장치 450천 kwh×50원/kwh	23	75kw 250일
6	유지비	수선유지비 630백만원×5%	32	기계장치비의 5%
7	상각비	감가상각비 630백만원×9%	57	10년 상각 잔존가10%
8	인건비	연급여	500	15인
9	복리비	복리후생비 3,000천원/인×15인	45	
10	보험료	화재보험료	25	건물의 1%
11	폐수비	폐수처리비 20천원/일×250일	5	
12	공과금	제세공과금 기타	12	
	지출계		5,712	골판지포장시 5,910백만원
	수입	막김치 5,000톤×1,275천원/톤	6,375	
	수익		663	골판지포장시 465백만원

다) 막김치 자동화 생산 사업의 경제성 분석

막김치 자동화 생산 사업의 경제성을 순현재가법(NPV, Net Present Value), 투자수익률법(ROI, Return on Investment), 자본회수기간법(PBP, Pay-back Period), 내부수익률법(IRR, Internal Rate of Return)으로 분석하였다.

(1) 순현재가(NPV) 분석

순현재가법은 투자로 인하여 발생할 미래의 모든 현금흐름을 적절한 할인율로 할인하여 현재로 환산하여 사업의 경제성을 평가하는 방법이다. 막김치 자동화 생산 사업을 10년간 수행할 경우 발생할 현금흐름을 할인율 10%로 할인하여 분석하였다.

(가) P-box 포장의 경우

P-box 포장의 자본비는 2,940백만 원으로 10년차에 건물의 잔존가치 1/3과 기계장치의 잔존가치 1/10인 699백만 원이 회수되고, 운전자본은 연간 운용비의 1/4인 1,428백만 원으로 역시 10년차에 전액 회수되며, 사업 1차년도에는 운전자본 1,428백만 원이 추가로 소요되어 순현재금흐름은 마이너스 765백만 원이 발생하고, 사업 2차년도부터 수입 6,375백만 원과 운용비 지출 5,712백만 원이 발생하여 순현재금흐름이 플러스 663백만 원 발생한다.

사업기간 10년 동안의 순현재금흐름을 매년 10%의 할인율로 할인하여 합산한 결과 순현재가가 727백만 원이 발생하여 할인률 10%로 경제성이 있는 것으로 평가되었다.

표35. 막김치 자동화 생산공장의 순현재가 분석(P-box 포장)

연도	자본비	운전자본	운용비	수입	순현재금흐름	할인율 (10%)	할인된 현금흐름
0	2,940				-2,940	1.000	-2,940
1		1,428	5,712	6,375	-765	0.909	-695
2			5,712	6,375	663	0.826	548
3			5,712	6,375	663	0.751	498
4			5,712	6,375	663	0.683	453
5			5,712	6,375	663	0.621	412
6			5,712	6,375	663	0.564	374
7			5,712	6,375	663	0.513	340
8			5,712	6,375	663	0.467	310
9			5,712	6,375	663	0.424	281
10	699	1,428	5,712	6,375	2,790	0.386	1,146
순현재가					계 4,389		727

*운전자본은 운용비의 1/4(분기 회수)

건물 10년 후 잔존가치 1/3, 기계장치 잔존가치 1/10

(나) 골판지 포장의 경우

골판지 포장의 자본비는 2,940백만 원으로 10년차에 건물의 잔존가치 1/3과 기계장치의 잔존가치 1/10인 699백만 원이 회수되고, 운전자본은 연간 운용비의 1/4인 1,442백만 원으로 역시 10년차에 전액 회수되며, 사업 1차년도에는 운전자본 1,442백만 원이 추가로 소요되어 순현금흐름은 마이너스 977백만 원이 발생하고, 사업 2차년도부터 수입 6,375백만 원과 운용비지출 5,910백만 원이 발생하여 순현금흐름이 플러스 465백만 원 발생한다.

사업기간 10년 동안의 순현금흐름을 매년 10%의 할인율로 할인하여 합산한 결과 순현재가 마이너스 567백만 원이 발생하여 골판지 상자로 포장하는 경우 할인률 10%로 경제성이 없는 것으로 평가되었다.

표36. 막김치 자동화 생산공장의 순현재가 분석(골판지 포장)

연도	자본비	운전자본	운용비	수입	순현금흐름	할인율 (10%)	할인된 현금흐름
0	2,940				-2,940	1.000	-2,940
1		1,442	5,910	6,375	-977	0.909	-888
2			5,910	6,375	465	0.826	384
3			5,910	6,375	465	0.751	349
4			5,910	6,375	465	0.683	318
5			5,910	6,375	465	0.621	289
6			5,910	6,375	465	0.564	262
7			5,910	6,375	465	0.513	239
8			5,910	6,375	465	0.467	217
9			5,910	6,375	465	0.424	197
10	699	1,442	5,910	6,375	2,606	0.386	1,006
순현재가					계 2,409		-567

*운전자본은 운용비의 1/4(분기 회수)
 건물 10년 후 잔존가치 1/3, 기계장치 잔존가치 1/10

(2) 투자수익률(ROI) 분석

투자에 대한 연간 이익률로 사업 기간 중 초기투자액에 대한 평균 수입을 기초로 하며, 초기투자액에 사업기간을 곱한 금액에 대한 사업기간에 축적된 순현금흐름의 백분율로 표시하는 간단한 방법이다.

P-box 포장의 경우 투자수익률은 10년간의 순현금흐름 4,389백만 원을 초기투자비 2,940백만 원과 사업기간 10년을 곱한 29,400백만 원으로 나누고 100을 곱하여 14.9%로 계산된다. 또한 골판지포장의 경우는 8.2%로 계산되어 P-box 포장의 경우가 투자수익률이 높은 것으로 판단된다.

(3) 자본회수기간(PBP) 분석

자본회수기간법은 투자비를 회수하는데 몇 년이 걸리는 가를 계산하는 방법으로 총투자액을

연간 순현금유입액으로 나누어 산출한다.

P-box 포장의 경우 자본회수기간은 초기투자비 2,940백만 원을 연간 순현금유입액 663백만 원으로 나누면 4.4년이 산출되고, 골판지포장의 경우는 초기투자비 2,940백만 원을 연간 순현금유입액 465백만 원으로 나누면 6.3년이 계산되어 P-box 포장의 경우가 투자비를 더 빠르게 회수할 것으로 판단된다.

(4) 내부수익률(IRR) 분석

내부수익률법은 순현재가법에서 현금유입의 현가와 현금유출의 현가가 같아지는 할인율을 시행착오(trial and error)법으로 구하고 이를 비교하여 투자여부를 판단하는 방법이다.

P-box 포장의 경우 내부수익률은 10%보다 클 것이고, 골판지포장의 경우는 내부수익률이 10%보다 작을 것이다.

(5) 경제성 판단

막김치 자동화 생산 사업의 경제성을 순현재가법(NPV), 투자수익률법(ROI), 자본회수기간법(PBP), 내부수익률법(IRR)으로 분석한 결과 골판지상자 포장도 투자수익률 8% 이상으로 경제성이 있고, 특히 P-box 포장의 투자수익률은 14.9%로 높았다.

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

- 시간당 2,500kg 규모의 막김치 연속생산 설비 개발
- 막김치 연속생산시스템 구축과 공정균형 개발
- 염수의 염도와 용량 등의 데이터 자동계측 시스템 구축
- 개발한 막김치 생산자동화 공장(한성식품 서산공장) 안정화
- 생산 규모화 공정의 레이아웃 작성과 공정 시뮬레이션
- 생산 규모화 공장의 설계와 경제성 검토
- 생산 규모화 공정의 시운전과 기술이전
- 맞춤형 컨설팅 지원

(2) 정량적 연구개발성과

성과지표	가중치(%)	최종목표	당해년도		달성률(%)	비고
			목표	실적		
기술이전(건)	20	1	1	1	100	
기술료(백만원)	20	10	10	10	100	
제품화(건)	20	1	1	1	100	
매출액(백만원)	20	2,000	2,000	3,195	160	
수출액(백만원)	10	1,000	1,000	1,148	115	
고용창출(명)	10	10	10	10	100	
논문게재	-	-	-	1	-	
학술발표	-	-	-	3	-	

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	막김치 제조기술의 발달	식품저장과 가공산업	한응수	19(1)	대한민국	한국식품저장유통학회	비SCIE	2020. 9	1598-7418	100%

국내 및 국제 학술회의 발표 (포스터)

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	식품과학회 2020년 국제학술대회	한응수 (Scale-up of Automatic Cut-kimchi Processing Equipment)	2020. 07. 02	광주시 김대중컨벤션센터	대한민국
2		하상현 (Direct inoculation method on salted kimchi cabbage in starter kimchi industry)			
3	한국식품공학회 2021년 춘계 학술대회	한응수 (상하 개폐형 염수 순환가압식 배추 절임장치 개발)	2021. 05. 21	aT 센터	대한민국

[기술적 성과]

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1	√			√						

[경제적 성과]

기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	통상실시	배추 부위별 절단 분리장치와 기술	(주)명성	2020. 12. 24	10,000천원	10,000천원

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (천원)		
1	기술이전	신제품 개발	국내	배추심 제거기	상품화	(주)명성	147,000	428,000	2020	
2	기술이전	기존제품 개선(신공정 적용)	국내	맛김치	상품화	(주)한성식품	1,904,967	719,000	2020	

* 1) 기술이전 또는 자기실시

* 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등

* 3) 국내 또는 국외

매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계(천원)	산정 방법
		국내(천원)	국외(천원)		
배추심 제거기	2020	147,000	428,000	577,020	매출액 집계
맛김치	2020	1,904,967	719,000	2,625,987	매출액 집계
합계		2,051,967	1,147,000	3,203,007	

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2020년	2021년	
1	배추심 제거기	(주)한성식품	4	1	5
2	맛김치	(주)명성	2	3	5
합계			6	4	10

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
시간당 2,500kg 규모의 막김치 연속생산 설비 개발	막김치 연속생산 설비의 핵심장치인 절임통을 377L 규모로 개발하고 절임통 16개를 4조 병렬식(4통 1조식)으로 배치하여 시간당 2,500kg 규모의 막김치 생산 시스템을 개발함	100
막김치 연속생산시스템 구축과 공정균형 개발	막김치 연속생산시스템을 배추 저장부부터 막김치 포장 출하까지를 연속공정으로 개발하고, 단위공정의 기계설비 성능과 인력의 조합으로 공정 간의 균형을 연구 개발함	100
염수의 염도, 용량 등의 데이터 자동계측 시스템 구축	염수의 염도 데이터를 자동으로 계측하는 시스템은 전기전도도식 센서와 트랜스미터로, 용량은 자기식 유량계로 개발하여 유무선 데이터 네트워크시스템을 구성함	100
개발한 막김치 생산자동화 공장(한성식품 서산공장) 안정화	(주)한성식품의 서산공장에 고염수 살수장치를 추가로 설치하여 시간당 600kg의 막김치 생산 공정을 보완하고 안정화함	100
생산 규모화 공정의 레이아웃 작성과 공정 시뮬레이션	생산규모화 공장을 1일 8시간에 20톤의 막김치를 생산하는 공정으로 설계하여 레이아웃을 작성하고 공정 간의 균형이 유지되는지 공정을 시뮬레이션하여 확인함	100
생산 규모화 공장의 설계와 경제성 분석	생산 규모화 공장을 2,000㎡ 규모로 설계하고 연간 5,000톤의 막김치를 판매하는 것으로 하여 순현가법, 투자수익률법 등으로 경제성을 분석함	100
생산 규모화 공정의 시운전과 기술이전	생산 규모화 공정을 377L 규모의 절임통으로 D사에 설치하여 시운전하였으나 4통을 설치하지 못하여 4통의 순차별 작동(담기, 절임, 세척, 접종탈수쓰기)대신 1통으로 순차별 조작하여 시운전함	90
맞춤형 컨설팅 지원	참여업체를 포함한 김치제조업체를 다수 방문하여 막김치 자동화 설비의 도입을 협의하였으나 막김치의 시장수요 부족으로 (주)대광F&G 1개소에 설치 보급함	80

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

생산 규모화 설비를 4통 1조식으로 김치공장에 설치하여 기술을 이전하고 맞춤형 컨설팅을 지원하고자 목표하였으나 김치공장의 설비투자를 유도하지 못하여 연구비로 1통만 제작하여 설치하여 (주)대광F&G에 보급하였다(연구계획서에 연구비로 4통 중 1통을 개발하고 3통은 김치공장에서 설비 투자하는 것으로 계획하였으나 투자를 유도하지 못함). 그리고 1통에서 썰은 배추의 담기, 염수순환 절임, 절임배추의 세척, 세척배추의 종균 접종 탈수 쏘기 공정을 수행하였으므로 4통에 15분 단위로 썰은 배추를 순차적으로 분급하는 공정을 시험하지 못한 아쉬움이 있다.

2) 자체 보완활동

막김치에 대한 시장수요가 증가하여 1일 5톤 이상의 막김치 수요가 발생하면 4통 1조식 절임설비를 김치공장에 설치하여 연속으로 썰은 배추의 담기, 염수순환 절임, 절임배추의 세척, 세척배추의 종균 접종 탈수 쏘기 공정을 수행하여 막김치를 1일 5톤씩 생산할 수 있으므로 막김치를 5톤 이상 생산하는 공장을 지속적으로 접촉하여 4통을 1식으로 설치하려고 노력한다.

3) 연구개발 과정의 성실성

코로나사태에도 불구하고 다수의 김치공장과 막김치 자동화 생산설비 공장을 여러 번 방문하여 연구를 추진하였고, 특히 1차 시작품 절임기를 제작하여 시운전 결과 절여진 배추가 절임통 하부로 쏟아지지 않는 문제가 발생하였는데 이를 해결하기 위하여 절임통의 하부원추의 절반을 잘라내고 하부뚜껑을 대각선길이 700mm의 사각형 뚜껑으로 개선하여 자동으로 쏟아지도록 개선하였다.

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

막김치를 자동으로 생산하는 표준모델공장을 개발하는 것은 김치산업 발전의 핵심과제이고 이는 세계 김치연구소가 중심이 되어 개발해야 마땅하다. 한국식품연구원의 대표적인 성과는 미곡종합처리장(RPC, Rice Processing Complex)을 개발하여 전국에 보급함으로써 국민 모두가 품질 좋은 쌀밥을 먹을 수 있도록 한 것이라고 할 수 있다. 그 이전에는 전국에 마을마다 소규모 정미소(방앗간)가 약 3,000개소 있어서 쌀을 도정하였으므로 쌀의 품질이 천차만별이었고 가격도 불안정하였다. 지금은 전국 224개소의 RPC에서 품질이 보증되는 쌀을 적절한 가격으로 공급하므로 대한민국 국민 누구나가 부담 없이 맛있는 쌀밥을 먹고 있다.

한국인에게 쌀밥 다음으로 중요한 식품이 김치다. 김치는 전국에 900여개의 김치공장에서 다양한 품질로 생산되고 가격도 차이가 크며 소비자들이 구입하기에는 부담스런 가격이다. 수입김치는 가격은 저렴하나 품질이 좋지 않아서 소비자들이 꺼리고 있다. 쌀밥과 같이 국민 누구나가 품질 좋은 김치를 적절한 가격으로 구입할 수 있게 하려면 규모화된 공장에서 일정한 품질의 막김치를 적절한 가격으로 생산할 수 있어야 하겠다.

생산량 1일 20톤 규모의 자동화김치공장(KPC, Kimchi Processing Complex)을 개발하여 전국에 100개를 보급하면 50만 톤의 품질이 일정한 김치를 효과적이고 효율적으로 공급할 수 있다. 이때 표준모델공장을 개발하는데 본 과제에서 개발한 막김치 자동화 생산설비의 규모화 연구성과가 크게 유용할 것이다. 아울러 자동화된 스마트 공장이므로 청년들이 선호하는 양질의 일자리를 1,500개 창출할 수 있으며 세계에 김치뿐만 아니라 김치공장도 수출할 수 있다.

국민소득 3만 달러로 개도국을 넘어 선진국으로 진입한 대한민국의 한국인이 기본식품인 김치를 먹지 않음을 고민하게 해서는 선진국가의 체면이 아니다. 더구나 김치는 먹거리를 넘어 한민족의 문화를 대표하지 않는가? 국가가 김치산업 현대화에 투자해야 한다.

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

막김치 생산 자동화 기술과 장치를 이용한 생산 규모화 시스템은 김치제조업체의 요구에 맞추어 지속적으로 현장에 보급하고, 4차산업 기술을 융합하여 더욱 고도화된 막김치 자동화 생산시스템으로 발전시킬 수 있도록 계속 연구하여 한국김치산업의 경쟁력을 강화하는 데 활용할 계획이다. 또한 관련 기술, 설비, 시스템을 plant 수준으로 수출하여 김치세계화에 기여할 수 있도록 관리할 계획이다.

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분 (정량 및 정성적 성과 항목)	연구개발 종료 후 5년 이내					
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
기술이전(건)	1	2	3	3		9
기술료(백만원)	10	20	30	30		90
제품화(건)	1	2	3	3		9
매출액(백만원)	1,000	2,000	3,000	3,000		9,000
수출액(백만원)	500	1,000	1,500	1,500		4,500
고용창출(명)	10	20	30	30		90
정성적 성과 주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 시간당 2,500kg 규모의 막김치 연속생산 설비 개발 - 막김치 연속생산시스템 구축과 공정균형 개발 - 염수의 염도와 용량 등의 데이터 자동계측 시스템 구축 - 개발한 막김치 생산자동화 공장(한성식품 서산공장) 안정화 - 생산 규모화 공정의 레이아웃 작성과 공정 시뮬레이션 - 생산 규모화 공장의 설계와 경제성 분석 - 생산 규모화 공정의 시운전과 기술이전 - 맞춤형 컨설팅 지원 					
추가연구 필요성	<ul style="list-style-type: none"> - 막김치를 시간당 2,500kg규모로 생산하려면 절임공정과 균형을 이룰 수 있는 통배추절단기가 필요하나 아직은 시간당 17.6포기(41.2kg)를 절단할 수 있는 기계설비가 없으므로 이에 대한 연구개발이 필요하다. - 또한, 절단된 배추편 중 불량품을 선별 제거할 수 있는 배추편 색채선별기가 분당 39.1kg을 검사할 수 있는 능력으로 개발되어야 한다. - 그리고, 통배추의 뿌리와 걸잎을 동시에 제거하여 다듬고 다듬은 배추를 크기(중량)별로 분류할 수 있는 기계설비가 분당 17.6포기(52.8kg)를 처리할 수 있는 능력으로 개발되어야 한다. 					

< 별첨 자료 >

1. 자체평가의견서
2. 연구성과 활용계획서

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호	119108-01		
사업구분	고부가가치식품기술개발사업				
연구분야			과제구분	단위	
사업명	고부가가치식품기술개발사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	막김치 자동화 생산설비의 규모화와 성과보급		과제유형	개발	
연구개발기관	세계김치연구소		연구책임자	한응수	
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2019.12.02.- 2021.06.01	150,000	50,000	200,000
	계		150,000	50,000	200,000
참여기업	한성식품, 명성, 해오름식품, 프레찬				
상대국	상대국연구개발기관				

2. 평가일 : 2021.7.6.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
세계김치연구소	책임연구원	한응수

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약	한 응 수
-----	-------

I. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

막김치 자동화 생산설비를 시간당 2,500kg을 생산할 수 있는 4조 병렬공정으로 규모화하여 중소김치업체에 보급하고 기술지원함

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

4조 병렬식으로 규모화된 막김치 자동화 생산설비는 377L 규모의 자동화 절임통을 기본으로 4통 1조식으로 썰은배추의 담기, 절임, 세척, 탈수를 연속으로 1시간에 마치는 기술로 상부투입 하부배출 고정식으로 개선하여 안전하고 효율적임으로 김치산업 경쟁력 강화에 크게 기여할 것임

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

4조 병렬식으로 규모화된 막김치 자동화 생산설비는 김치생산업체의 여건에 따라 생산규모를 1일 5톤에서 20톤까지 선택할 수 있으므로 현실 적용성이 우수하여 향후 막김치 표준모델공장(KPC, kimchi processing complex)을 개발하는데 크게 기여할 것임

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

코로나사태에도 불구하고 김치공장과 설비공장을 방문하여 연구를 추진하였고, 1차 시작품 절임기를 제작하여 시운전 결과 절여진 배추가 하부로 쏟아지지 않는 문제를 해결하기 위하여 절임통의 하부를 잘라내고 하부뚜껑을 개선하여 자동으로 쏟아지도록 개선하였음

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

논문, 지적소유권, 발표 등은 성과목표에 포함되지 않았으나 막김치 자동화 생산설비의 규모화 관련 논문과 학술발표를 전문학술지(막김치 제조기술의 발달, 식품저장과 가공산업, 19(1), 2020)와 학술대회(상하 개폐형 염수 가압순환식 배추 절임장치 개발, 한국산업식품공학회 2021춘계학술대회)에 발표함

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
시간당 2,500kg 규모의 막김치 연속생산 설비 개발	30	100	막김치 연속생산 설비의 핵심장치인 절임통을 377L 규모로 개발하고 절임통 16개를 4조 병렬식(4통 1조식)으로 배치하여 시간당 2,500kg 규모의 막김치 생산 시스템을 개발함
막김치 연속생산시스템 구축과 공정균형 개발	20	100	막김치 연속생산시스템을 배추 저장부터 막김치 포장 출하까지를 연속공정으로 개발하고, 단위공정의 기계설비의 성능과 인력의 조합으로 공정 간의 균형을 연구 개발함
염수의 염도, 용량 등의 데이터 자동계측 시스템 구축	10	100	염수의 염도 데이터를 자동으로 계측하는 시스템은 전기전도도식 센서와 트랜스미터로, 용량은 자기식 유량계로 개발하여 유무선 네트워크시스템을 구성함
개발한 막김치 생산자동 화 공장(한성식품 서산 공장) 안정화	10	100	(주)한성식품의 서산공장에 고염수 살수장치를 추가로 설치하여 시간당 600kg의 막김치를 생산 공정을 보완하고 안정화함
생산 규모화 공정의 레 이아웃 작성과 공정 시 물레이션	10	100	생산규모화 공장을 1일 8시간에 20톤의 막김치를 생산하는 공정으로 설계하여 레이아웃을 작성하고 공정 간의 균형이 유지되는지 공정을 시물레이션하여 확인함
생산 규모화 공장의 설 계와 경제성 분석	10	100	생산 규모화 공장을 2,000㎡ 규모로 설계하고 연간 5,000톤의 막김치를 판매하는 것으로 하여 순현재가법, 투자수익률법 등으로 경제성을 분석함
생산 규모화 공정의 시 운전과 기술이전	5	90	생산 규모화 공정을 377L 규모의 절임통으로 D사에 설치하여 시운전하였으나 4통을 설치하지 못하여 4통의 순차별 작동(담기, 절임, 세척, 접종탈수쓰기)대신 1통으로 순차별 작동함
맞춤형 컨설팅 지원	5	80	참여업체를 포함한 김치제조업체를 다수 방문하여 막김치 자동화 설비의 도입을 협의하였으나 막김치의 시장수요 부족으로 (주)대광F&G 1개소에 보급함
합계	100점	98.5	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

막김치를 자동으로 생산하는 표준모델공장을 개발하는 것은 김치산업 발전의 핵심과제이고 국민 누구나가 품질 좋은 김치를 적절한 가격으로 구입할 수 있게 하려면 규모화된 공장에서 일정한 품질의 막김치를 적절한 가격으로 생산할 수 있어야 하겠다. 생산량 1일 20톤 규모의 자동화김치공장(KPC, Kimchi Processing Complex)을 개발하여 전국에 100개를 보급하면 50만 톤의 김치를 효과적이고 효율적으로 공급할 수 있다. 이러한 표준 모델공장을 개발하는데 본 과제에서 개발한 막김치 자동화 생산설비의 규모화 연구를 활용할 계획이다.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

생산 규모화 설비를 4통 1조식으로 김치공장에 설치하여 기술을 이전하고 맞춤형 컨설팅을 지원하고자 목표하였으나 김치공장의 설비투자를 유도하지 못하여 연구비로 1통만 제작하여 설치하여 (주)대광F&G에 보급하였다(연구계획서에 연구비로 1통을 개발하고 3통은 김치공장에서 설비 투자하는 것으로 계획하였으나 투자를 유도하지 못함). 그리고 1통에서 썰은 배추의 담기, 염수순환 절임, 절임배추의 세척, 세척배추의 종균 접종 탈수 썰기 공정을 수행하였으므로 4통에 15분 단위로 썰은 배추를 순차적으로 분급하는 공정을 시험하지 못한 아쉬움이 있다. 막김치에 대한 시장수요가 증가하여 1일 5톤 이상의 막김치 수요가 발생하면 4통 1조식 절임설비를 설치하여 연속으로 썰은 배추의 담기, 염수순환 절임, 절임배추의 세척, 세척배추의 종균 접종 탈수 썰기 공정을 수행하여 막김치를 1일 5톤씩 생산할 수 있음을 확인할 수 있을 것이다.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

막김치 생산 자동화 기술과 장치를 이용한 생산 규모화 시스템은 김치제조업체의 요구에 맞추어 지속적으로 현장에 보급하고, 4차산업 기술을 융합하여 더욱 고도화된 자동화 시스템으로 발전시킬 수 있도록 지속적으로 연구하여 한국김치산업의 경쟁력을 강화하는 데 활용할 계획이다.

IV. 보안성 검토

1. 연구책임자의 의견

공개가능

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

공개가능

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야		
연구과제명	막김치 자동화 생산설비의 규모화와 성과보급			
주관연구개발기관	세계김치연구소	주관연구책임자	한응수	
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	150,000,000	500,000,000		200,000,000
연구개발기간	2019.12.02-2021.06.01			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
1.시간당 2,500kg 규모의 막김치 연속생산 설비 개발	막김치 연속생산 설비의 핵심장치인 절임통을 377L 규모로 개발하고 절임통 16개를 4조 병렬식(4통 1조식)으로 배치하여 시간당 2,500kg 규모의 막김치 생산 시스템을 개발함
2.막김치 연속생산시스템 구축과 공정균형 개발	막김치 연속생산시스템을 배추 저장부터 막김치 포장 출하까지를 연속공정으로 개발하고, 단위공정의 기계설비의 성능과 인력의 조합으로 공정 간의 균형을 연구 개발함
3.염수의 염도, 용량 등의 데이터 자동계측 시스템 구축	염수의 염도 데이터를 자동으로 계측하는 시스템은 전기전도도식 센서와 트랜스미터로, 용량은 자기식 유량계로 개발하여 유무선 네트워크시스템을 구성함
4.개발한 막김치 생산자동화 공장(한성식품 서산공장) 안정화	(주)한성식품의 서산공장에 고염수 살수장치를 추가로 설치하여 시간당 600kg의 막김치를 생산 공정을 보완하고 안정화함
5.생산 규모화 공정의 레이아웃 작성과 공정 시뮬레이션	생산규모화 공장을 1일 8시간에 20톤의 막김치를 생산하는 공정으로 설계하여 레이아웃을 작성하고 공정 간의 균형이 유지되는지 공정을 시뮬레이션하여 확인함
6.생산 규모화 공장의 설계와 경제성 분석	생산 규모화 공장을 2,000㎡ 규모로 설계하고 연간 5,000톤의 막김치를 판매하는 것으로 하여 순현가법, 투자수익률법 등으로 경제성을 분석함
7.생산 규모화 공정의 시운전과 기술이전	생산 규모화 공정을 377L 규모의 절임통으로 D사에 설치하여 시운전하였으나 4통을 설치하지 못하여 4통의 순차별 작동(담기,절임,세척,접종탈수썰기)대신 1통으로 순차별 작동함
8.맞춤형 컨설팅 지원	참여업체를 포함한 김치제조업체를 다수 방문하여 막김치 자동화 설비의 도입을 협의하였으나 막김치의 시장수요 부족으로 (주)대광 F&G 1개소에 보급함

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표										
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용예)		
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논 문 S C I	비 S C I			논 문 평 관 I F	학 술 발 표		정 책 활 용	홍 보 전 시
단위	건	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치					20	20	20	20	10	10											
최종 목표					1	10	1	2,000	1,000	10											
당해 년도	목표				1	10	1	2,000	1,000	10											
	실적				1	10	1	3,203	1,147	10											
달성률 (%)					100	100	100	160	115	100											

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	썰은 배추를 12분에 염도 2%로 자동으로 대량 절이는 기술
②	절임배추를 중력으로 절임통 하부로 자동 배출하는 절임통 제작 기술
③	막김치의 생산량을 1일 5톤부터 20톤까지 조절할 수 있는 자동화 생산 공정 배치기술

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장으로 해결	정책 자료	기타
①의 기술		v					v			
②의 기술		v					v			
③의 기술		v						v		

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	썰은 배추를 12분에 염도 2%로 자동으로 대량 절이는 기술은 막김치 자동화 생산 기술의 핵심으로 막김치 자동화 생산공장 건설에 보급 활용하여 생산성을 혁신함으로써 한국김치산업의 경쟁력을 크게 강화할 것이다.
②의 기술	절임배추를 중력으로 절임통 하부로 자동 배출하는 절임통 제작 기술은 이번 연구에서 개발하였고 안전하고 효율적인 생산시스템인 직성 고정식 막김치 생산공정에 활용하여 막김치 생산성 향상에 기여할 것이다.
③의 기술	막김치의 생산량을 1일 5톤부터 20톤까지 조절할 수 있는 자동화 생산 공정 배치 기술은 막김치 자동화 생산 시스템을 김치공장 현실에 맞추어 보급하는데 필요한 기술로 자동화 생산 시스템을 보급하는데 기여할 것이다.

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술인종	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (연구개발비)
	특허출원	특허등록	품종등록	SMART	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문	SCOPUS	비SCOPUS			학술발표	정책활용	
단위	건	건	건	백만원	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치					20	20	20	20	10	10										
최종목표					1	10	1	2,000	1,000	10										
연구기간내 달성실적					1	10	1	2,000	1,000	10										
연구종료후 성과창출 계획					9	90	9	9,000	4,500	90										

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.