

RS-2022
-IP3220
13

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)

고부가가치 식품기술 연구개발사업 2023년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004628-01

다목적 원물(고형물) 충진 자동화 기술 개발

2024.06.11.

주관연구기관 / 씨제이제일제당(주)
공동연구기관 / (주)그린테크놀로지

2024

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

주 의

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

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “다목적 원물(고형물) 충전 자동화 기술 개발”(개발기간 : 2022. 04. 01. ~ 2023. 12. 31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 06. 11.

주관연구기관명 : 씨제이제일제당(주)
공동연구기관명 : (주)그린테크놀로지

강 신 호
조 형 수



주관연구책임자 : 김 재 경
공동연구책임자 : 조 상 현

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

연구개발과제 실무담당자	김재경					
연구개발과제 실무담당자	성명	연구자번호	직위	직장전화	휴대전화	전자우편

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2024.02.21

연구책임자 김재경
주관연구개발기관 의 상 씨제이제일제당(주) 상 신 호
공동연구개발기관 의 장 주식회사 그린테크놀로지 조 형 수

중앙행정기관의 장 귀하



< 요약 문 >

사업명	고부가가치 식품기술개발(R&D)	총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	
내역사업명 (해당 시 작성)	식품 품질·안전 기술개발	연구개발과제번호	RS-2022-IP322013
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 식품공정공학	100 %
기술분류	농림식품과학 기술분류	1순위 식품생산 자동화 기계·시스템	100 %
기술분류	6T관련기술코드	1순위 기타	100 %
기술분류	녹색기술분류코드	1순위 녹색기술관련 과 제 아님	100 %
기술분류	국가과학기술표준분 류_적용분야분류	1순위 제조업(음식료품 및 담배)	100 %
총괄연구개발명 (해당 시 작성)			
연구개발과제명	[식품품질안전] 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 기술 개발		
전체 연구개발기간	2022-04-01 ~ 2023-12-31 (21개월)		
총 연구개발비	총 495,000 천원 (정부지원연구개발비: 378,000천원, 기관부담연구개발비 : 117,000천원 , 지방자치단체: 0천원, 그 외 지원금: 0천원)		
연구개발단계	기초 응용 개발 ✓	기술성숙도 (해당 시 작성)	착수시점 기준 2
	기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)		종료시점 목표 6
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)			
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)			

	<p style="text-align: center;">최종 목표</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 외산 의존도가 높은 충전 자동화 설비 동등 수준 성능의 설비 국산화 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 외산설비의 설비성능이 국산 설비 대비 우수하며, 정량 공급/충전편차/투입검사/작업, 청소 용이성 등에서 기술력 차이가 발생되고 있어 외산설비 대비 동등 수준의 설비 국산화가 시급함 2. K-HMR 고품질 특성에 맞는 고품질 충전 설비 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 한식 고품질은 크기가 크며, 비정형으로 자동 충진이 매우 까다로우며, 외관 품질을 위한 소량 투입 원료(실고추, 고명, 은행 등)가 많아 충량편차에 대한 문제점도 발생되고 있음 3. 중소기업 투자 접근성 향상 (투자비, A/S, 운영, 관리 등) <ul style="list-style-type: none"> - 외산 설비의 경우 초기 투자비가 높고, 다양한 원물을 적용하기 어려우며 A/S 대응이 즉각 이루어지지 않아 적용하기 어려움 또한 민감한 설비로 초기 셋팅/운영관리/청소관리가 기존 타 설비 대비 관리하기 어려워 접근성이 떨어짐
<p style="text-align: center;">연구개발 목표 및 내용</p>	<p style="text-align: center;">전체 내용</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 연구개발 목적 및 필요성 <ul style="list-style-type: none"> - K-HMR 제품의 한식 원물(고형물)을 자동으로 충전해주는 기술을 개발하고, 이 기술을 실용화할 수 있는 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비를 개발하는 것이다. - 기술 및 설비 개발을 통하여 즉석조리식품 등 HMR 제품의 원물(고형물) 투입 공정을 자동화하여 제조원가를 낮추고, 충전량 편차를 최소화하여 품질 편차를 개선함으로써 제품경쟁력을 강화하기 위해 필요하다. 2. 연구개발 내용 및 범위 <ol style="list-style-type: none"> 1) 원물(고형물) 투입 자동화 기술 컨셉 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 투입 원물(고형물) 유형 및 특징 분석 : 원물별 특성에 맞는 접촉면 최적 재질 검토(원물 흐름성 최적화) - 기성 고품질 투입 자동화설비 장단점 분석 : 계량 방식별(중량/부피 계량, 로드셀 편차 제어, 진공 실린더) 기술 등 장단점 분석 - 다목적 원물(고형물) 투입 자동화 설비 컨셉 도출 : 원물 공급방식, 계량 유형별 호환성 검토를 통하여 원물 충전부 모듈화 기능 확보(여러 형태 원물 충전) : 기구/제어 단순화 설계를 통한 작업/보전 용이성 확보 : 미생물 증식 제어를 위한 청소 용이성 확보 (원물 체류구간 제거, 쉬운 부품 체결/분해 설계) 2) 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비 설계 및 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 충전 자동화설비 기본 설계 및 주요 부품 Demo 설비 제작 및 검증 - 충전 자동화설비 상세 설계 : 기존 설비, 수작업 비 단위 시간당 생산성 향상 설계안 - 준양산규모의 다목적 원물(고형물) 충전 자동화설비 제작 : 양산 적용 가능한 CAPA 설비 제작 - 생산사업장 실증 및 충전 자동화설비 기술 평가 : 본생산 적용을 통한 최종 기술 평가

<p style="text-align: center;">연구개발 목표 및 내용</p>	<p style="text-align: center;">1단계</p>	<p>목표</p>	<p>1. 1차년도 2022년</p> <p>1) 원물(고형물) 투입 자동화 기술 컨셉 검토</p> <ul style="list-style-type: none"> - 투입 원물(고형물) 유형 및 특징 분석 - 기성 고형물 투입 자동화설비 장단점 분석 - 다목적 원물(고형물) 투입 자동화 설비 컨셉 도출 <p>2. 2차년도 2023년</p> <p>2) 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비 설계 및 제작</p> <ul style="list-style-type: none"> - 충전 자동화설비 기본 설계 및 주요 부품 Demo 설비 제작 및 검증 - 충전 자동화설비 상세 설계 - 준양산규모의 다목적 원물(고형물) 충전 자동화설비 제작 - 생산사업장 실증 및 충전 자동화설비 기술 평가
		<p>내용</p>	<p>1. 1차년도 2022년</p> <p>1) 원물(고형물) 투입 자동화 기술 컨셉 검토</p> <ul style="list-style-type: none"> - 투입 원물(고형물) 유형 및 특징 분석 대과, 무, 콩나물, 감자 등 종류가 다양한 원물의 크기와 형상은 5mm~6cm 가량의 다이스, 줄기형태 등 비정형인 경우가 다수이다. 또한, 데칩 또는 볶음 공정으로 원물의 흐름성이 낮다. 1회 투입량 또한 극미량 1g~200g 수준으로 투입 중량범위가 넓어 정량 투입이 어렵다. - 기성 고형물 투입 자동화설비 장단점 분석 기성 투입 설비는 부피 계량과 질량 계량으로 나뉘며, K-HMR의 원물은 비정형 원물이 대다수이기 때문에 범용성 확보를 위해서는 부피 계량 보다 질량계량 방식이 적합하다. 고형물 공급방식 검토결과, 진동 방식이 활용도가 높았으며, 이후 파이프피더, 스크류피더, 홉컵 방식, 컨베이어 방식 순이었다. 하지만, 청소와 분해 항목을 제외하면 조합스케일 방식의 장점이 매우 높아 범용성 확보에 적합하였다. - 다목적 원물(고형물) 투입 자동화 설비 컨셉 도출 개발설비 기구부 컨셉은 2가지 안으로 검토 진행하였다. 첫 번째 안은, 조합계량 방식으로 선정하여 로드셀 계량기를 2단으로 설치하여 1단은 간이계량 또는 개수계량을 하고 2단 로드셀에서 정밀계량하여 계량 정밀도를 높이는 조합계량 방식으로 선정하였다. 공급부는 원물 특성에 맞춰 공급부를 선택적으로 사용하도록 하였다. 초기 설비에는 진동방식과 스크류/스프링 피더모듈을 추가하였다. 두 번째 안은, 흐름성 극대화를 위해 컨베이어 이송 방식을 적용하였다. 청소/품종교체 시간에 대한 단점해결을 위해 컨셉설계를 진행하였다. 소프트웨어는 기존 조합계량 방식과 동일하지만 연산속도 향상을 위해 생산속도와 계량 정밀도의 최적 조합계산 설계가 필요하였다. <p>2. 2차년도 2023년</p> <p>2) 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비 설계 및 제작</p> <ul style="list-style-type: none"> - 충전 자동화설비 기본 설계 및 주요 부품 Demo 설비 제작 및 검증 조합스케일+공급부 모듈화 (1안)에 대하여 Demo 설비 제작 및 검증하였다. 첫째, 금속표면은 엠보와 테프론 재질이 가장 흐름성이 좋았다. 둘째, 공급부 Demo설비는 진동/스크류 등 모두 못쳐있는 원물(대과, 찢은 양지, 열갈이 등)은 적합하지 않았으며, 다목적 원물 충전이라는 목적을 달성하기는 어렵다고 판단하였다. - 충전 자동화설비 상세 설계 조합스케일+컨베이어(2안)은 컨베이어, 로드셀, 로드셀 마운트로 구성하였다. 첫째, 구동부의 경우 Demo 설비 테스트를 통해 모터를 로드셀과 하나의 몸체로 설계하였으며, 중량 측정시 편차가 없는 것을 확인하였다. 둘째, 컨베이어 벨트는 탈부착이 쉽도록 설계하였으며, 프레임 또한 로드셀 마운트와 쉽게 분리할 수 있도록 토글 클램프로 적용하였다. 컨셉 2안 Demo 설비 검증에서 기존의 이송 및 계량, 투입이 어려웠던 고형물 외 대다 수의 고형물이 가능하여 조합스케일+컨베이어 벨트 방식을 최종 컨셉으로 확정하였다. - 준양산규모의 다목적 원물(고형물) 충전 자동화설비 제작 본 설비는 조합스케일, 로드셀 컨베이어를 수평 8열로 배치하여 조합된 원물이 투입되는 형태로 설계하였다. - 생산사업장 실증 및 충전 자동화설비 기술 평가 충전량은 3.6kg 가능하나, 보통 300g 이내이기 때문에, 로드셀당 250g 투입 가능하여 최대 600g, 750g의 고형물 충전이 가능하였다. 생산량(생산속도) 검증은 통상 고형물 충전기는 내포장기와 연동하고 있으며, 본 설비로 실제 본생산 제품에 적용하여 생산량 검증을 진행한 결과, 두부 32g 투입시 분당 43ea 충전이 가능하였다. 중량편차는 투입 중량 편차는 조합연산을 통해 기준값 이내의 값만 배출하는 설비 특성상 조합이후 중량 상한값과 하한값을 셋팅한 경우 중량이탈율은 없었다. 조각두부 90g 투입 기준, 두부 투입 상한값 99g, 하한값 90g 설정시 분당 평균 35ea/min 속도를 유지할 수 있었다. 이때 조합 중량 평균은 93.93 g, 편차는 -3.83g ~ 3.77 g 이었다. 표준편차는 1.7로 안정적인 수준으로 확인하였다. Chage Parts 교체시간 (청소포함)은 작업자 2명이 교체 및 청소 작업을 진행할 경우, 물기제거까지 30분 ~ 40분 가량 소요되었으며, 목표 수준으로하 1시간 이내 교체 가능하였다.

연구개발성과	<p>1. 정성적 연구개발성과 - 외산 설비/부품의 국산화 : 고품질 충전 자동화 설비는 외산 설비/부품 의존도가 상당히 높은 분야였으나, 본 과제의 연구개발설비는 부품 국산화율이 약 90% 수준으로 상용화 설비의 경우 100% 국산화 부품으로 적용 예정이다.</p> <p>2. 정량적 연구개발성과 - 특허출원 (1건) : 고품질 계량물용 자동 정량계량 공급 장치 (출원번호 : 10-2023-0166435, 출원일 : 2023/11/27) - 실증설비 제작 (1건) : 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비 시제품 제작 1건 및 시운전/양산생산 적용 완료 - 고용창출 (3명) : 기구설계 2명, 제어설계 1명 신규고용을 진행하였다.</p>												
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p>1. 추가 연구의 필요성 : 인원 효율화 측면에서의 추가 연구개발이 필요하다 판단된다. 통상 듀얼노즐 로터리 포장기는 1종의 원물을 2명의 작업자가 분당 35개 내외의 속도로 충전하고 있으나, 본 과제의 개발설비는 2명이 작업할 경우 여유있게 작업이 가능하였으나 1명이 작업시 굉장히 바쁘게 작업하여야 하였다. 이에 따라 상부 자동공급장치를 추가 검토하여 직접생산인력 절감이 가능하도록 하면 중소기업체의 투자접근성 면에서 좋을 것으로 판단된다.</p> <p>2. 타 연구에의 응용 : 본 과제의 개발설비는 단순히 고품질을 계량/투입하는 설비가 아닌 한식 원물 특성상 흐름성이 나쁜 부분을 개선하는데 중점을 두고 있어 타 분야에도 확장 적용이 가능할 것으로 판단된다. 예를 들면, 배추 절입시 본 설비를 활용하여 배추를 중량별로 선별한 뒤 염지를 한다면 배추절입의 염도편차 개선에 도움이 될 것이며, 이에따른 관능편차도 개선될 것으로 판단된다. 또한, 과손이 쉬운 과일,야채류의 선별 등에도 쓸 수 있을 적용 가능할 것으로 판단되어 향후 본 설비를 타 분야로 확장전개를 검토할 예정이다.</p>												
연구개발성과의 비공개여부 및 사유													
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화학물	신품종		
		1						생명 정보	생물 자원		정보	실물	
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)		ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	고형물		계량		충진/충전		자동화		가정간편식				
영문핵심어 (5개 이내)	Solids		Mensuration		Filling		Automation		HMR				

< 목 차 >

제1장 연구개발과제의 개요

제2장 국내외 기술개발 현황

제3장 연구개발과제의 수행 내용 및 결과

제4장 연구개발과제의 목표 달성 정도 및 관련분야에의 기여 정도

제5장 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

제6장 참고문헌

별첨자료

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발과제의 목적

본 연구개발과제의 목적은 즉석조리식품 등 HMR 제품의 원물(고형물) 투입 공정을 자동화하여 제품경쟁력을 강화할 수 있는 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 기술을 개발하고 그 기술을 활용한 자동투입 설비를 개발하는데 있다.

현재 국내 HMR 시장은 2016년 이후 급속도로 성장하면서 2020년 기준 약 1.7조 수준으로 2016년 대비 약 185% 신장하였다. 또한, 시장이 성장함에 따라 고객 요구가 강화되었고 제품경쟁력에 대한 기업들간 경쟁이 심해지면서 아래 <표 1>과 같이 프리미엄 제품이 다수 출시되었다.

<표 1> K-HMR 제품 현황

유형	제품군	주요제품			
즉석조리식품 (HMR)	즉석밥	CJ제일제당 햇반	오뚜기 오뚜기밥	동원F&B 센콕100% 발아현미밥	CJ제일제당 햇반솔반
					
	컵밥	오뚜기 맛있는 오뚜기 컵반 진한 쇠고기미역국	동원F&B 양반 미역국밥	CJ제일제당 햇반컵반 미역국밥	대상 증가집 우리쌀 컵누룽지
					
	죽	오뚜기 오즈치킨 죽	CJ제일제당 비비고 죽	동원F&B 양반 죽	본아이에프 본죽 아침엔 본죽
					

					
국/탕	CJ제일제당 비비고 사골곰탕	동원F&B 양반 진국사골곰탕	아워홈 뼈없는 갈비탕	선미식품 다솜 선지해장국	
					
찌개	신세계푸드 피코크 우리집 차돌된장찌개	CJ제일제당 비비고 스펀 부대찌개	대상 청정원 집으로ON 부대 짜글이	농심 쿡탐 부대전골	
					
스프	오뚜기 크림스프	대상 청정원 크림스프	샘표식품 폰타나 보쥬 스위트콘 크림스프	매일유업 상하목장 양송이 크림스프	
					
소스류	오뚜기 3분 카레	샘표식품 티아시아키친 게살 푸팟퐁커리	매일유업 상하키친 비프카레	대상 청정원 옛날식 짜장	

				
덮밥소스	풀무원 큰건더기 덮밥소스 마파두부	오뚜기3분 춘천닭갈비 덮밥소스	CJ제일제당 더비비고 열무된장 덮밥소스	이마트 노브랜드 불닭덮밥소스
				
미트볼	오뚜기 3분 미트볼	CJ제일제당 고메 토마토 미트볼	오뚜기 오즈키친 토마토 미트볼	아이배넷 꼬마 미트볼
				

국내 HMR 시장의 활성화로 인하여 국내 HMR 제품들은 과거 저가의 인스턴트 제품 이미지에서 고품질의 제품으로 제품 소비 트렌드가 변화하였다. 이러한 성장에는 1인 가구의 증가, 일과 삶의 균형 중시, 여가시간 확대 및 COVID-19 등의 사유로 가정에서 지내는 시간이 증가한 것이 가장 큰 영향으로 보이며, 이러한 시장환경이 지속될 것으로 예상되는 바 HMR 시장은 향후에도 지속 성장 가능성이 있는 시장으로 판단된다.

과거 HMR 제품은 단순 조리 편리성을 강조하는 저가형 인스턴트 식품의 이미지가 강하여 원물(고형물)이 작고, 다이스 형태와 같은 정형의 원물이 투입되는 제품이 다수로 생산자 친화적인 제품이었으며, 상대적으로 자동화가 용이하여 일부 생산라인에는 자동화 라인을 구축하여 운영하고 있었다. 하지만 2016년 이후 위 <표1>과 같이 HMR 제품의 종류가 다양해지며, 프리미엄화가 급속도로 진행되면서 원물(고형물)의 종류가 많아지며, 크고 비정형의 원물이 증가하여 기존 자동화 설비로 투입이 어려워지고 있다. 급속도로 변화하는 제품 특성에 대응하기 위하여 일부 제품을 제외하고 대부분의 HMR 제품들은 수작업 투입하고 있어 제품 원가 상승으로 인한 HMR의 제품경쟁력을 저하시키고 있다. 이에따라, 본 연구개발과제에

서는 원물(고형물) 투입과 관련된 생산라인의 문제점을 분석하고 이를 개선하기 위한 기술 및 설비를 개발하고자 하였다.

현재 HMR 생산라인에서 생산되는 문제점은 크게 다섯 가지로 요약된다.

첫째, K-Food 특성상 원물감을 중시하여 제품 중량의 10%~50% 수준의 원물(고형물)이 투입되고 있으며, 원물(고형물)의 크기가 일정하지 않고, 비정형 원물이 다수 포함되어 투입하는 원물(고형물)의 유형이 다양하여 투입 대상물 전체를 아우르는 자동화 설비 적용이 어렵다. 예를 들면, 기존에는 볶음 야채를 정량투입하는 방식으로는 크기에 따라 노즐 충전 또는 진동방식의 피더(Feeder)를 사용하고 있으나 크기가 큰 원물(고형물)의 경우에는 노즐 충전이 불가하며, 진동방식의 피더의 경우에는 정량공급이 어려울 수 있다. 이에 따라 현재의 생산업체들은 운영하는 라인이 다수일 경우, 제품 특성별로 라인을 구분하여 사용중이나 운영라인이 적은 중소기업의 경우 수작업 투입으로 운영중이다.

둘째, 2016년 이후 국내 HMR 프리미엄 제품이 급격히 증가함에 따라 제품 내 원물(고형물) 비율이 증가하였으며 종류 또한 굉장히 증가하였다. 이에 따라, 기존에는 밀도가 비슷한 원물(고형물)을 혼합하여 투입하였으나 원물(고형물)간 밀도, 크기가 다르거나 비정형의 원물이 증가하여 혼합, 투입시 원물의 혼합/투입 비율이 일정하지 못하게 되었다. 이는 결국 고형물별로 추가 인원을 투입하여 수작업 고형물 투입을 하게됨에 따라 작업인원의 증가로 이루어지게 되었으며 투입 원물이 많아지고 작업성도 저하되어 생산 속도 저하로 이어져 생산성이 낮아져 제품경쟁력이 악화되고 있다.

셋째, K-Food 특성상 색깔이나 향, 맛을 위하여 홍고추, 실고추, 당근채, 은행, 들깨, 참깨 등이 5g 이하의 극소량 원물을 투입하는 경우가 있으나, 기성 조합스케일 설비의 경우 최소 충전량이 로드셀별 허용오차 약 0.2~1g으로 인하여 조합 중량편차를 반영하여 통상 10g 수준으로 설정되어 있으며, 단일 자동투입 설비의 경우에는 1회 투입량이 적어 정량투입에 한계가 있다. 이에 따라 생산현장에서는 해당 원물(고형물)에 대해 자동 투입이 제한되는 경우가 발생됨에 따라 수작업 투입을 진행하거나 다른 고형물과 혼합하여 자동투입하고 있다.

넷째, 기성 자동화 설비는 장시간 연속생산 중 미생물 증식에 따른 식품 변질을 막기 위해 생산 중 주기적으로 세척하고 있으나 관리가 미흡할 경우 변질된 원료가 혼입될 가능성이 있다. 그러나 기성 설비의 경우 부품 분해 조립 파츠가 많아 설비청소가 용이하지 못하며, 청소시간이 길어짐에 따라 생산성이 낮아지는 단점이 있다.

다섯째, 외산 설비는 설비성능은 우수하나 K-원물 특성으로 인해 자동투입에 부적합한 경우가 있으며, 초기 투자비가 높고 자체 유지보수가 불가능한 소규모 사업장의 경우 설비업체의 즉각 대응이 불가하다. 또한, 기성설비 특성상 고정식 설비로 설비 고장시 수작업 투입할 공간이 협소하거나 없는 상황으로 수작업 대응도 어려운 상황이다. 반면, 국산 설비는 외산 설비를 벤치마킹한 설비가 많이 있

으며 고장에 대한 대응도 상대적으로 빠르나, 설비단가 절감 등의 사유로 외산설비 대비 성능이 기대에 못미치는 상황이다.

위와 같은 사유로 생산라인이 다수인 생산업체에서는 생산라인별 자동화 라인/수작업 라인을 구분하여 라인별 생산성, 배치인원을 일정수준 유지하여 인력운영 및 생산계획을 체계적으로 관리하여 제품경쟁력을 확보하고 있다. 반면, 생산라인이 적은 소규모 생산업체에서는 투자비, 적용가능 제품, 유지보수 측면에서 자동화 설비에 대한 불합리한 부분으로 인해 자동화 설비에 대한 투자 접근성이 낮다. 또한, 수작업 원물(고형물) 투입으로 인하여 생산제품별 직접생산인원이 상이할 경우 잉여인력 발생, 인원 부족으로 인한 생산성 저하 등 인력운영이 어렵고, 생산계획 수립에도 애로사항이 많으며 제품경쟁력 하락의 요인이 되고 있다.

본 과제를 시작하면서 파악한 위의 다섯가지 문제점을 개선하기 위하여 본 과제 '다목적 원물(고형물) 충전 자동화 기술 및 설비 개발'을 수행하고 있으며, 본 과제의 목표를 달성할 경우 상기 다섯가지 문제점을 일부 보완/개선할 수 있을 것으로 판단된다. 이로 인한 중소기업의 투자접근성을 높여 국내 HMR 제품경쟁력 강화함에 있어 기여할 수 있을 것이다.

제2절 연구개발과제의 필요성

1. 기술적 측면

국내 HMR 제품은 한식 특성상 원물감 및 색감을 매우 중시하고 있으며, 앞으로도 더욱 다양한 원물과 크기의 원물(고형물)이 증가될 것으로 생각된다. 품질 좋은 제품을 만들기 위해서는 고형물의 정량 투입이 가장 중요하지만, 통상 HMR 제품, 특히 국물요리 제품의 경우에는 생산공정에서 통상 포장재에 원물(고형물)을 먼저 투입하고, 별도 조제(조리)된 액상 원료를 충전하여 후살균(멸균)처리하게 된다. 이때 투입된 원물(고형물)의 투입량이 상이하면 색상, 풍성함이 다르거나 심하면 관능(맛) 차이도 발생되어 품질 산포가 커지게 되는 문제점이 있다.

위와 같은 품질 산포를 줄이기 위하여 국내 기업들도 다양한 고형물 충전 자동화 설비를 개발하거나 해외 설비를 도입하는 사례가 많아지고 있으나 대다수 한식 원물에 적용이 어려워 특정 제한된 원물을 충전하는 용도로 주로 사용하고 있다. 이러한 사유로 중소기업의 사업장에서는 고형물 자동충진 설비에 대한 투자 접근성이 떨어져 인력 수급에 어려움이 있음에도 투자가 어렵다.

따라서 **K-원물 특성에 맞는 고형물 충전 자동화 설비**를 개발한다면 품질 개선과 중소기업의 HMR 제품 경쟁력을 개선할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 경제·산업적 측면

한국농수산식품유통공사의 자료를 인용하면 국내 가정간편식(HMR) 시장규모는

2020년 4조원에서 2022년 5조원으로 성장할 것으로 예상하고 있으며, 2016년 이후 매년 20% 이상의 성장률을 보이고 있다. 하지만, 이러한 성장속도에 반하여 수작업 원물 투입으로 인한 생산 직접인원의 증가 등으로 대다수의 식품 생산업체는 인력수급에 어려움을 느끼고 있으며, 인력수급난 해결을 위하여 자동화설비에 대한 투자가 증가하고 있는 것을 볼 수 있다.

통상 HMR 제품은 2~5종의 원물을 총진하고 있으며 투입되는 원물별로 생산속도에 따라 1~2명이 투입되는 상황으로 적게는 2명 많게는 10명의 인원이 고품질 투입에 배치된다. 이러한 생산인원의 불균형으로 인하여 잉여인력 발생, 생산계획 수립의 문제, 인건비 상승으로 인한 제품경쟁력이 저하되고 있다.

따라서 본 다목적 원물(고형물) 총진 자동화 기술이 개발된다면 원물(고형물) 투입 인원의 50% 이상 줄일 수 있을것으로 판단되며, 이는 제품별 인력 불균형 해소, 인건비 절감 등으로 인한 제품 원가를 낮출 수 있고, 제품 품질의 균일화를 통한 관능품질 산포를 줄여 제품경쟁력 강화를 기대할 수 있을 것이다.

3. 사회·문화적 측면

HMR 제품의 수작업 공정이 증가하며 인력 총원, 인건비 상승 등에 따라 원가 경쟁력을 갖추기 위하여 중국산 또는 동남아산 원물(고형물)의 사용 비중이 점차 증가하고 있다. 본 과제의 다목적 원물(고형물) 총진 자동화 기술 개발을 통하여 인건비 절감에 기여할 수 있으며, 절감 금액을 국산 원물(고형물)로 대체한 HMR 제품 프리미엄화를 통해 품질 향상 및 국내 농축수산업 매출도 기여할 수 있다고 생각된다.

제3절 연구개발과제의 범위

이번 연구개발과제에서는 HMR 제품의 다목적 원물(고형물) 총진 자동화 기술을 개발하고, 그 기술을 활용한 원물(고형물) 총진 자동화 설비를 개발하는 것이다.

1차년도에는 자동화 설비의 공급부, 계량부, 투입부의 요소기술 컨셉을 설계하였으며, 공급부 Demo설비를 제작하여 원물(고형물) 이송 능력 검증 및 계량부와 연계방법에 대하여 컨셉설계를 하였다. 2차년도에는 Demo 설비 실험결과를 바탕으로 본 설비 상세설계 및 제작을 완료하여, 시간당 2,000개 이상의 제품 양산 적용하여 양산화를 진행하는 것이다.

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 관련기술의 현황

원물(고형물) 충전 자동화 기술 개발은 원물공급(이송), 계량, 투입 세가지 측면에서 이루어질 수 있다. 여기서, 한식 HMR에 최적화된 공급방식, 계량방식, 투입방식에 대한 기술개발이 필요하며 이와 관련된 최근 설비 동향을 살펴보면 다음과 같다.

1. 국내외 경쟁업체 및 기술(설비) 보유 현황

국내외 포장박람회 및 자사 보유중인 주요 고형물 충전업체 설비의 종류, 특성, 방식에 대해 조사를 해본결과 아래 <표 2>와 같다.

<표 2> 국내외 고형물 충전 설비

업체명	제조국	주요 설비	충진방식	계량방식
한트만	독일	진공충진기	실린더에 진공으로 원물을 채워 정량 투입	부피계량
이시다	일본	조합계량기 (원형)	다열의 계량컵을 원형다단으로 설치 로드셀 계량컵에서 목표중량에 가까운 계량컵들을 조합하여 정량 충전	중량계량
야마토	일본	조합계량기 (리니어)	설비 중앙 배출컨베이어의 수직 방향으로 공급 컨베이어와 로드셀 컨베이어가 2단 구조로 있으며, 공급컨베이어에서 로드셀 컨베이어로 공급하며 각 로드셀 컨베이어에서 중량 조합하여 정량 충전	중량계량
안니치	일본	조합계량기 (리니어)	다열의 계량컵을 수평다단으로 설치하여 로드셀 계량컵에서 목표중량에 가까운 계량컵들을 조합하여 정량 충전	중량계량
뉴텍	덴마크	조합계량기 (리니어)		중량계량
오성 시스템	한국	조합계량기 (리니어)		중량계량
		조합계량기 (원형)	중량계량	
		피스톤 충진기	실린더 피스톤 상/하 운동으로 원물을 채운뒤 정량 투입	부피계량
이지팩	한국	조합계량기 (원형)	다열의 계량컵을 원형(리니어) 다단으로 설치하여 로드셀 계량컵에서 목표중량에 가까운 계량컵들을 조합하여 정량 충전 ※ 공급부 옵션 진동, 스크류 선택 가능	중량계량
		조합계량기 (리니어)		중량계량
대한에 프에스	한국	조합계량기 (원형)	다열의 계량컵을 원형다단으로 설치하여 로드셀 계량컵에서 목표중량에 가까운 계량컵들을 조합하여 정량 충전	중량계량

<표2>의 HMR 제품의 고품질 투입 자동화설비를 살펴보면, 계량 방식은 크게 2가지로 나뉜다.

첫째, 부피계량 방식으로 특정 크기의 컵이나 몰드에 내용물을 채운뒤 고품질을 밀어내는 방식이다. 이 방식의 경우, 충전속도가 빠르고, 분체류나 크기가 일정하고 정형인 원물에 특화된 방식으로 한식 HMR 제품의 원물(고품질)의 경우 비정형이며, 동일 원물이라 하더라도 크기가 서로 상이하어 HMR 원물 계량에 적합하지 않다고 판단하였다. 다만, 특정 원물(ex. 쌀, 분말류 등)에 대해서는 계량 정밀도와 생산성이 높으므로 본 과제 검토대상에 포함하여 검토를 진행하였다.

둘째, 중량계량 방식으로 로드셀 등을 이용하여 고품질을 정량 계량하여 투입하는 방식이다. 이 방식의 경우, 충전속도가 부피계량 방식 대비 충전 속도가 느렸으나, 다열 구조로 설계하여 이에대한 문제해결이 가능하였다. 다만, 부피계량 방식 대비 설비의 크기가 상대적으로 큰 규모의 설비가 많았다. 반면 소분 계량된 원물을 조합방식으로 계량정밀도 향상이 가능하였으며, 부피계량 방식 대비 적용 가능 원물의 범위가 넓은 장점을 가지고 있어 부피계량 방식 대비 다목적으로 사용 가능하다는 점에서 본 과제 최우선 검토대상에 포함하였다.

이에따라, 본 과제는 다목적 원물(고품질) 투입이 목표이므로 중량계량 방식을 최우선 검토 대상으로 포함하였으며, 기존 설비들과의 차별점을 갖는 기술개발 및 외산설비 대비 가격경쟁력이 있는 설비개발을 진행하고자 하였다.

2. 국내 지식재산권 현황

가. 식품원료 계량 장치 및 이를 이용한 포장장치

(1020170069535 _2017.06.05)

1) 발명의 요약

식품원료 계량장치를 이용한 포장장치로 식품이 포장되기 전에 수분을 증발시켜 유통기한을 확보할 수 있으며, 수분증발 시간을 조절할 수 있도록하는 장치

2) 과제연관성

본 연구개발과제에서는 별도의 건조 기능은 포함되지 않으며, 상기 특허 내용은 커피, 차 등과 같이 건조 및 계량충진에 대한 내용으로 구조적으로 상이하다.

나. 조합계량장치(3020020003791_2002.02.06)

1) 발명의 요약

등록의장에 대한 권리자료로 원형 조합식 자동충진설비에 대한 형상과 결합을 의장 창작 내용으로 등록된 것으로, 원물을 소정의 목표 중량이 되도록 자동적으로 계량하는데 이용이 되며, 원물 투입부 주위의 여러 호퍼로 분산하여 공급한 개개의 물품을 각각 계량하여 조합연산을 하고, 목표중량에 대하여 최적의 조합을 선택하는 장치의 의장등록

2) 과제연관성

본 연구개발과제에서는 원형 조합스케일 방식이 아닌 수평형 또는 컨베이어 방식으로 검토중이며, 2002년 9월 등록된 건으로 현재는 소멸된 상태이다.

다. 식품재료의 계량 입출장치(1019860008266_1986.10.02)

1) 발명의 요약

식품 재료의 계량 압출에 관한 것으로 부정형 재료의 혼합물(야채 샐러드 등)과 같은 식품의 계량 압출하는 장치에 관한 내용이다. 홈이 있는 롤러 등을 이용하여 반죽물을 이송하는 장치이다.

2) 과제연관성

본 연구개발과제에서는 로드셀을 이용한 계량 투입방식으로 상기 특허에서는 롤러 홈의 간격에 의해 충전하는 부피계량 방식이므로 본 과제 컨셉과 상이하다고 볼 수 있다. 또한, 1989년 공고된 특허로 현재는 소멸된 상태이다.

라. 계량장치(1020200055472_2020.05.08)

1) 발명의 요약

끈형 식품을 부피계량하는 용적식 계량장치에 대한 것으로, 소정 용적의 계량 용기에 충전시킴으로써 계량을 하는 방식이다. 충전 후 계량 용기의 공급부를 폐쇄하여 계량 대상물을 비벼서 끊는 방법이며, 다른 방법으로는 계량 용기의 공급부를 폐쇄하지 않는 방식도 있다.

2) 과제연관성

본 연구개발과제에서는 로드셀을 이용한 계량 투입방식으로 상기 특허에서는 연속된 끈형 원물(예를 들어 면대 절단 후 투입)에 대한 내용으로 본 과제 컨셉과 상이하다.

마. 원료가 달라붙지 않는 조합계량기(1020190071652_2019.06.17)

1) 발명의 요약

조합계량기에서 식품원료 집합물을 복수의 원료그룹으로 분배하고 조합하여 배출하는 과정에서 식품원료의 달라붙음 현상을 방지할 수 있도록 한 원료가 달라붙지 않는 조합계량기에 대한 내용이다. 원료가 벽면에 달라붙지 않도록 하기 위하여 적용한 기술로는 공급 버킷 내부에 와이어 형태로 가공처리하여 구성된 넷커버를 설치함으로써 벽면에 달라붙는 것을 방지하였다.

2) 과제연관성

본 연구개발과제에서도 가장 중요하게 생각하는 부분이 원료가 벽면에 달라붙어 원물 이송 및 흐름성이 저하되는 것이다. 하지만 연구개발과제에서는 기존 진동 피딩방식의 흐름성 저하에 대한 개선방안으로 기존의 방식에 스크류피더, 스프링 피더 등을 모듈화하여 원물에 적합한 피딩방식을 선택적으로 사용할 수 있도록 진행하고 있다. 또한, 벽면 붙음에 대해서는 넷커버 방식이 좋은 아이디어라고 생각되나 청소, 와이어의 이물화 측면에서는 불합리하다고 판단되며, 연구개발 과

제에서는 흐름판 표면의 형상을 조정하여 흐름성을 강화하고자 하므로, 과제 연관성은 낮다고 판단된다.

바. 식품의 건식재료용 단위 포장장치(1020180068358_2018.06.14)

1) 발명의 요약

건식식재료를 정량 공급하기위한 포장장치로써 공급부 측에 설치되어 있는 분쇄부에서 원물의 크기를 일정하게 분쇄하여 공급유닛을 통해 자유낙하하여 블레이드에서 1차 계량하여 포장용기에 투입하게 된다. 이후 2차 계량을 통하여 정량계량을 하는 장치이다.

2) 과제연관성

본 연구개발과제와는 투입 방법, 원물의 성상 등이 상이하며, 전반적인 컨셉이 다르므로 본 과제와 연관성이 없다고 판단된다.

사. 분말입자의 미세계량장치(1020120078018_2012.07.18)

1) 발명의 요약

섬유염색에 사용되는 염료나 안료 또는 식품이나 제약, 화장품 산업에서 사용되는 분말재료를 계량함에 있어서 각종 분말입자의 신속한 계량이 이루어질 수 있는 설비이며, 호퍼 하단에 계량스크류가 설치된 이송관체를 구성하여 작동 모터에 의해 계량스크류가 회전하며 분말입자를 계량 및 토출되게 한 장치이다.

2) 과제연관성

상기 특허는 분말입자를 스크류(오거) 방식으로 이송하는 방식으로 본 과제와는 연관성이 없다고 판단된다.

아. 분립체 계량 투입장치(2020060019397_2006.07.19)

1) 발명의 요약

분말 스프와 같은 분립체를 포장지에 투입할 때 잔량 없이 투입할 수 있는 분립체 계량 투입장치로 분립체가 투입되는 호퍼와 호퍼에서 배출되는 분립체를 계량하기 위한 복수개의 계량컵을 갖고 있으며 호퍼 내부에 회전반과 회전판이 회전하며 계량컵에 정량의 분립체가 투입되어 토출하는 장치이다.

2) 과제연관성

본 연구과제는 K-원물 특성에 맞도록 중량 계량방식을 사용하도록 설계하였으며, 상기 특허의 내용은 계량컵을 이용한 부피계량 방식으로 과제연관성이 없다고 판단된다.

자. 입상물의 계량을 위한 정렬 이송 장치(1020160022545_2016.02.25)

1) 발명의 요약

자동계량이 어려운 냉동과일, 비정형 곡물과 같이 외형에 돌기가 형성되고 깨지기 쉬운 견과류, 멸치와 같이 엉키기 쉬운 견어물, 점성이 있거나 점액 코팅된 과립형상 등과 같이 기존 계량방식에서 불가능하였던 자동계량이 난해한 제품을 회

전 드럼과 피딩장치를 이용하여 날개로 분리, 정렬하여 투입하는 장치이다.

2) 과제연관성

본 연구개발과제와 목적성이 유사하며, 적용 방식이 상이한 부분이 있다. 다만, 본 과제의 컨셉인 피딩부 모듈화 내용에서 과제 종료 후 원물특성 추가 분석을 통하여 필요시 파이프 피더 혼용방식을 추가할 예정으로 이송부에 대해서는 상기 특허와 유사할 수 있을것으로 판단되므로 향후 파이프피더 모듈 추가시 특허 침해 가능성을 충분히 검토해야 할 것으로 판단된다.

차. 수평으로 슬라이딩되는 계량스폰을 이용한 분말공급장치

(1020120022678_2012.03.06)

1) 발명의 요약

분말공급장치에 관한 것으로 수평으로 슬라이딩되는 계량스폰을 이용하여 간단한 조작만으로 분말을 정량 계량 배출할 수 있는 장치이다.

2) 과제연관성

본 연구개발과제는 중량 계량방식이며, 상기 특허는 부피계량의 마스방식을 특허 출원한 경우로 과제 연관성은 없다고 판단된다.

카. 계량시스템 및 계량 방법(1020137001589_2011.05.23.)

1) 발명의 요약

피계량물이 들어있는 용기가 놓인 감산식 대저울과 피계량물이 놓인 복수의 계량 접시를 구비하는 수동식 조합저울이며, 목표 중량을 설정하면 복수의 계량 접시 중량들의 조합 연산을 통해 최적의 피계량물 목표 중량을 찾아내어 해당 계량 접시에 알람을 통해 계량 시간을 단축하는 시스템이다.

2) 과제연관성

본 연구개발과제의 두 번째 컨셉인 컨베이어 방식과 유사하다 생각되며, 상기 특허는 시스템에 대한 내용으로 기구 컨셉을 달리할 경우 특허침해 가능성은 적은 것으로 판단된다. 다만, 두 번째 컨셉 상세설계 전 충분히 검토가 필요할 것으로 판단된다.

국내특허 검토결과, 다수의 자동투입 장치 관련 특허를 확인하였으며, 대다수의 특허는 조합계량기의 특정 모듈에 대한 특허로 일부 상용화되어 운영중인 것으로 보인다. 본 '다목적 원물(고형물) 충전 자동화 기술 개발' 과제에서는 기존 자동 충전설비의 문제점을 파악하여 K-원물 특성에 맞는 기술을 개발하고자 하였으며, 설비에 대한 특허 출원을 진행하였다.

제2절 앞으로의 전망

먼저 산업적인 측면에서 보면 국내 HMR 시장은 앞서 설명한 것과 같이 2016

년 이후 매년 20% 이상의 성장을 보이고 있다. 또한, 최근 식품생산업계의 가장 큰 문제점인 인건비 상승 및 인력수급이 어려운 상황이다. 본 기술이 고형물 투입 공정에 상업화된다면 인건비 절감 및 인력수급난 해소 등의 경제적인 효과와 제품 프리미엄화 및 가성비 제품 확대를 통한 소비의 증대도 기대할 수 있을 것이다.

기술적인 측면에서는 본 과제의 핵심기술인 다목적 원물(고형물)의 공급 및 계량을 통하여 궁극적으로 총진 자동화 뿐만 아니라 이송, 선별 등 기존 공정설비에 서 이송에 문제점이 있는 모든 공정에서도 폭 넓게 활용될 수 있을 것이다. 예를 들면 절임김치의 염도편차를 축소하기 위하여 포기배추의 중량 또는 크기 선별을 통해 정해진 규격범위별 분배하여 절임공정을 진행할 수 있을 것이다.

제3절 기술도입의 타당성

본 과제의 대상은 K-HMR 제품의 원물(고형물) 자동 투입에 관한 것으로 종래의 설비들은 외산설비 및 외산설비를 벤치마킹한 국산설비로 특정 원물 자동투입에 적합하거나, 정형 및 유사 원물을 연속 자동투입하는데 적합하다. 하지만 K-원물의 경우에는 크기가 크고 다양하며, 비정형 원물(고형물)이 대다수인 K-HMR 제품에는 종래의 설비는 투입 적합성이 낮은 상황이다. 따라서 기존 설비의 장점과 K-원물 특성에 맞는 기술을 적용하여 다목적 원물(고형물) 총진 자동화 설비를 개발하는 것이 바람직하다고 생각된다.

제3장 연구개발과제의 수행 내용 및 결과

제1절 K-HMR 투입 원물(고형물) 자동화 기술 컨셉 검토

1. 서설

본 연구개발과제의 목적은 K-HMR 제품의 다양한 원물(고형물)을 자동 투입할 수 있는 다목적 원물(고형물) 투입 자동화 기술을 개발하고, 그 기술을 활용한 투입 자동화 설비를 개발하는 것으로 아래와 같이 현황파악, 문제점 확인을 통하여 이를 해결할 수 있는 컨셉을 설계하고자 하였다.

첫째, 원물(고형물) 투입 자동화 기술 개발을 위하여 K-HMR 제품에 적용되는 원물을 검토한 결과, 원물은 종류 및 크기가 다양하고, 비정형인 경우가 대다수이며, 데침 또는 볶음 공정을 거치기 때문에 원물이 이송라인 표면에 붙거나 뭉침 현상으로 인하여 기존의 설비로는 다목적으로 원물 자동공급이 용이하지 못한 것으로 확인하였다.

둘째, 기성설비의 방식, 장단점 등을 분석하여 K-HMR 제품의 원물(고형물)에 최적의 방법을 찾고자 하였다. 자사 사업장 및 관련 사업장을 확인해본 결과, 자동화 라인을 적용한 HMR 생산 사업장에서는 대부분 조합스케일 방식의 외산 설비 또는 외산설비를 벤치마킹한 국산설비를 주로 사용하고 있었다. 하지만 모든 원물에 적용이 가능하지 못하여 수작업 공정 병행 또는 생산가능 제품군을 구분하여 대응하고 있었다. 하지만 수작업과 특정제품의 생산 불가로 인하여 인건비 상승, 생산성 저하와 같은 애로사항이 있음을 확인하였다.

셋째, 고형물 수작업 투입에 따른 중량편차로 인한 관능품질 편차에 대한 문제점도 있었다. 포장기의 속도에 맞춰 고형물을 공급해주는 구조로 작업자의 역량, 숙련도에 따라 공급속도, 중량 정밀도의 편차가 컸으며, 생산성 향상과 중량 불량률을 줄이기 위하여 상한 중량과 하한 중량의 범위를 넓히는 방식으로 생산하고 있었다. 하지만, 조제액은 일정하게 투입되는 반면, 고형물의 투입 중량 범위가 넓어지다보니 고형물의 수분 함유량, 향과 맛에 영향을 주는 인자들로 인하여 관능품질에 대한 편차가 심화되었다.

위와 같이 본 과제에서는 생산 현장에서의 고형물 자동투입에 대한 문제점을 파악하여 대상 원물 확대, 생산성 향상, 인건비 절감, 관능품질 편차 최소화 등을 통한 중소기업체의 투자접근성도 확보하기 위한 방법으로 2가지 컨셉을 도출하였으며 Demo 검증을 통해 설계컨셉의 완성도를 높이고자 하였다. 또한, 본 과제로 개발된 기술을 생산 현장에 적용하면 인건비 절감 및 생산성 향상, 관능품질 편차를 개선할 수 있을 것이다. 이는 결과적으로 소비자에게 가격경쟁력이 있는 제품을 제공함으로써 K-HMR 제품의 소비량을 증대시키고 향후 해외시장 진출에도 크게 기여할 수 있을 것이다.

2. 투입 원물(고형물) 분석

가. 투입 원물(고형물) 유형

K-HMR 제품의 원물(고형물)은 아래 <표 3>과 같이 종류 및 Size, 형상이 다양하며 비정형인 경우가 다수이다. 또한, 데침 또는 볶음 공정으로 인해 원물이 흐물거리거나 멍침 현상으로 인하여 흐름성이 저하되며, 1회 투입량이 극미량 ~ 200g 수준으로 투입 중량범위가 넓어 정량 투입이 어려운 상황이다.

<표3> K-HMR 고형물 투입 현황

원료 (고형물)	형상	규격(mm)			원물 상태	기름 여부	1회투입량 (g)	정성적 경향
		가로	세로	길이				
대파	줄기	10~20	1~20	20~60	Dry / Wet / Frozen	X	10~100	흐물거림
건미역	줄기	15~30	5~15	3~5	Dry	O	3 ~ 15	딱딱함
토란대	줄기	1~5	1~5	5~20	Frozen	X	20~40	흐물거림
무	사각	10~70	10~70	3~10	Dry / Wet	X	20~70	딱딱함
콩나물	줄기	1~3	1~3	90~110	Wet	X	20g 이상	흐물거림
표고버섯홀	슬라이스/ 다이스	3~5	3~30	5~30	Wet	X	10~30	흐물거림
	홀	30~70	30~70	40~70	Wet	X	10~30	흐물거림
감자	다이스	10~30	10~30	10~30	Dry (디하이드로)	X	5~20	흐물거림
	다이스 (비정형)	20~50	20~50	20~50	Frozen	X	10~50	딱딱함
양파	다이스	5~10	5~10		Wet	O	5~20	흐물거림
새송이버섯	다이스	5~10	10~20	10~30	Dry	O	5~10	흐물거림
김치	비정형 (썰은)	-	-	-	Wet	X	10~200	흐물거림
느타리버섯	긴 형태	30~100	30~100	5~20	Wet	X	5~20	흐물거림
당근	다이스	5~20	5~20		Wet	O	5~30	흐물거림
단호박	육면체	5~20	5~20	5~20	Frozen	X	20~60	딱딱함
연근	1/6컷	10~30	10~30	10~30	Wet	O	10~40	딱딱함
육류	초핑	5~30	5~30		wet	O	10~60	흐물거림
	줄기	1~5	1~5	10~50	wet	O	10~40	흐물거림
	슬라이스	30~100	30~100	1~5	wet	O	10~40	흐물거림
두부	사각	10~30	10~30	10~100	wet	X	10~70	흐물거림
참쌀	타원형	-	-	-	wet	X	10~150	딱딱함

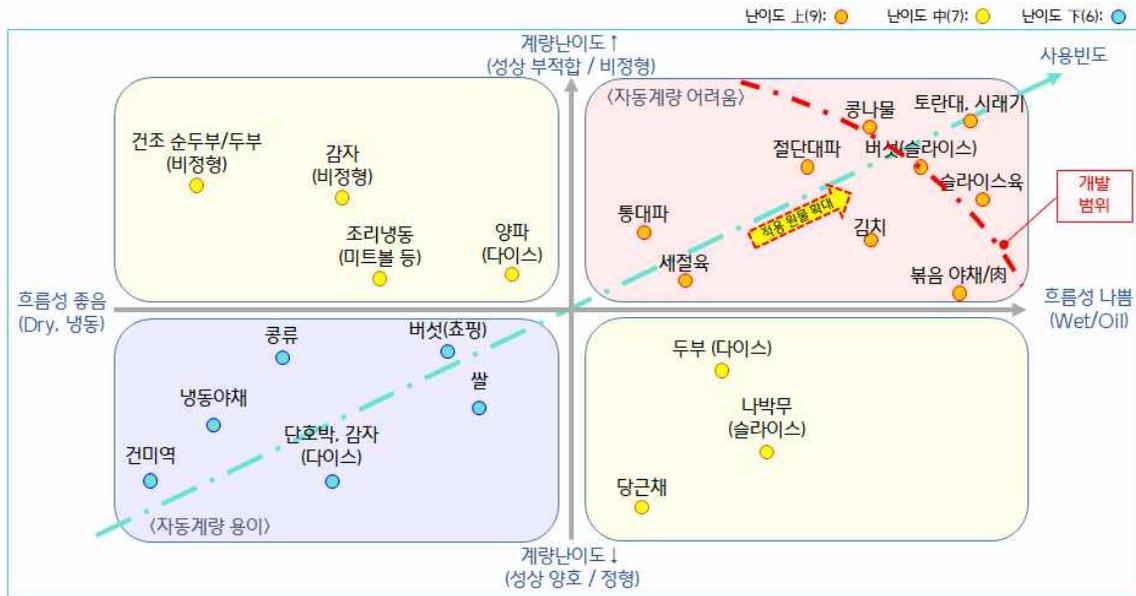
* HMR 제품 중 샘플링을 통한 원물 중량 측정 (200g ~ 700g 제품 샘플링)

* 수산물 제외

나. 투입 원물(고형물) Target 선정

사업성, 기술난이도 등의 사유로 100% 자동화 구현이 현실적으로 어렵다 판단되며, 사용빈도, 기술적 가능성 등을 파악하여 <그림1>과 같이 4가지 유형으로

구분하였으며, 본 과제의 개발 Target은 기존 외산설비에서 자동투입이 어려웠던 K-HMR 원물(고형물)로 적용범위를 확장하여 Target을 설정하였다. 다만, 설비 개발 과정에서 기술개발 난이도에 따라 Target의 범위는 변동될 수 있다.



<그림1> K-HMR 고형물 투입 유형 분석 및 개발 Target

3. 기성설비 분석

가. 기성설비 유형 및 장/단점

기존 고형물 투입 자동화 설비는 앞서 제2장에서 설명한 것과 같이 크게 부피 계량과 질량 계량으로 나뉘며, K-HMR의 원물은 비정형 원물이 대다수로 부피 계량시 계량 편차가 매우 커지므로 질량계량 방식이 적합하다 판단하였다. 하지만 기존 HMR 공정에서 사용되던 자동화설비 외 식품산업 전반에서 사용되고 있는 계량 방식을 아래 <표 4>와 같이 5점 척도로 장/단점을 분석하여 HMR용 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비에 적용 가능성을 검토하였다.

검토결과 파츠피더(진동) 방식이 가장 활용도가 높았으며, 이후 파이프피더, 스크류피더, 홉컨 방식, 컨베이어 방식 순이었다. 하지만, 청소와 분해가 어렵기는 하지만 그 외 부분에서 조합스케일 방식의 활용도가 높았다.

<표4> 기성 고형물 자동 투입설비 유형별 장/단점 분석

구분	계량방식	구동방식	5점 척도						
			CAPPA	계량오차	청소시간	다열구조	세미깨집	분해조립	단량교체
부피계량	마스	마스가 앞뒤로 왕복 / 계량 구조가 복잡, 청소가 어려움	4	4	2	5	3	2	2
	컵 회전 (홉컨)	계량컵이 180도 회전 / 계량 구조가 간단, 청소가 용이	5	4	4	5	4	5	4
	마스 로터리	마스가 회전판에서 회전/계량 다열구조에 부적합, CAPA높음	5	4	3	1	4	3	3
	로터리 베인	로터리 베인이 회전 / 계량 계량 오차가 높음, 청소어려움	5	2	2	4	2	2	1
	스크류 회전	관안에 스크류가 회전/계량	5	5	4	4	4	4	5

		CAPA높음, 쌀깨짐 우려							
질량 계량	파츠피더 (진동)	진동으로 제품 이송 / 계량 계량오차적음, 청소가 쉬움	4	5	5	4	5	4	5
	컨베이어벨트	컨베이어로 제품 이송계량 구조간단, 계량 오차가 높음	4	1	4	5	5	4	5
	쁘띠 스케일 (파이프피더)	경사진 파이프가 회전/계량 구조간단. 청소가 용이	4	4	4	5	5	4	5
	스프링 회전	나선형의 구조물이 회전계량 CAPA가 낮음, 계량 오차 높음	2	2	3	5	5	3	5
	오토 스케일	여러층의 로드셀 포켓 계량 구조가 복잡, 청소가 어려움	4	4	1	2	5	1	5
	세미오토 스케일	여러층의 로드셀 포켓 계량 구조가 복잡, 청소가 어려움	4	4	1	4	5	1	5

나. 충전 자동화 설비 기술개발 목표 설정

본 과제의 개발설비의 기술개발 목표는 기존 고품물 투입 자동화 설비의 단점을 보완하면서 다목적 원물(고형물) 투입 자동화 설비를 개발 하는 것으로 적용 원료 다양화와 정량계량에 목적을 최우선으로 설정하였다. 이에따라, 조합계량방식을 Target으로 기존 설비의 문제점을 보완하고 다른 방식의 계량방식을 접목하는 방식으로 진행하였다.

먼저, 조합계량방식의 고품물 충전설비는 크게 3가지 파츠로 나뉘며, 아래와 같이 기술개발 Target을 설정하였다.

첫째, 원물 공급부로 K-원물 특성상 수분/유분이 포함되어 있으며, 원료 밀도차에 의한 원료분리현상 가능성도 있다. 또한, 종류, 크기, 중량이 다양하여 기성 설비에서 원물 투입시 가장 문제가 되는 부분이다. 이에 따라, 공급부는 기존 조합스케일 방식이 아닌 다른 계량방식을 접목하여 다목적 원물 투입이 가능하도록 개발 Target을 수립하였다.

둘째, 조합 계량부이며 통상 최소 충전량이 10g으로 색감, 외관을 위해 투입되는 홍고추, 미역 등 극미량 투입 원물은 충전이 불가능하여 타 원료와 섞거나 개별 투입하고 있는 실정이다. 이에 따라, 최소 조합가능 중량을 5g으로 설정하였으며, 조합계량 특성상 조합 경우의 수 계산 System 최적화를 개발 Target으로 수립하였다.

셋째, 원물 투입부로 연동 설비와의 호환이 중요하여 현장 맞춤형으로 설계를 진행하였다.

4. 개발설비 Concept 검토

가. 개발설비 Concept

개발설비 컨셉은 2가지 안으로 검토 진행하였다.

첫 번째 안은, <그림2>와 같이 기존 조합계량 설비와 유사형태 설비로 공급부 모듈화를 통하여 원물 특성에 맞춰 공급부를 선택적으로 사용하도록 하였다. 본

과제에서는 기존의 진동방식에 스크류 피더, 스프링 피더 모듈을 추가하였으며, 향후 테스트 결과에 따라 모듈을 추가 개발할 수 있도록 적용가능 원물 확장성에 대비를 하였다. 또한, 조합계량 방식은 투입 목표중량을 소분하여 최적 조합을 연산하여 투입하는 방식으로 원물별 밀도 또는 중량이 상이하더라도 정량 계량이 용이하여 다목적 설비로써 활용이 가능하며, 로드셀 계량기를 2단으로 설치하여 1단은 간이계량 또는 개수계량을 한 뒤 2단 로드셀에서 정밀계량하여 계량 정밀도를 높인 조합계량 방식으로 설정하였다.

두 번째 안은, <그림3>과 같이 기존 자동화 설비의 단점인 원물(고형물)의 흐름성을 개선하기 위한 아이디어로써 컨베이어를 통한 강제이송 방식을 적용하였다. 컨베이어 방식은 원물의 특성에 관계없이 강제 이송이 가능하다는 점에서 기존 설비의 단점을 보완해 줄 것으로 기대하였다. 다만, 분해청소 및 품종교체 시간을 단축할 방안이 필요하였으며 이를 개선하기 위한 컨셉설계를 진행하였다.



<그림2> 컨셉1-공급부 모듈화

<그림3> 컨셉2-공급부 컨베이어 방식

나. 소프트웨어

조합계량 방식에서 각 로드셀 유닛에서 보내온 중량 데이터를 조합하여 목표중량의 근사값을 연산하는 프로그램이 매우 중요하다 판단하였다. 통상 고형물 투입 설비는 통상 파우치 포장기와 연동하여 구동이 되는데 로터리 포장기의 생산량은 최대 분당 60개까지 가능하므로 이론상 1초에 1개의 고형물 공급이 필요하다.

고형물 공급을 위한 기구적인 움직임이 1회당 약 0.3초에서 0.5초 소요된다고 가정하면, 조합 연산시간은 0.5초에서 0.7초 이내에 완료하여 기구 동작이 진행될 수 있도록 하여야 한다. 조합 경우의 수는 로드셀 유닛의 개수에 따라 증가하는데 10개 유닛의 경우 1,023 조합이며 12개일 경우 4,095 조합 경우의 수가 존재하게 된다. 만약, 10개의 로드셀 유닛으로 조합계량할 경우, 3~4개 유닛이 1회 조합으로 투입되고, 남아있는 6~7개 유닛으로 다음 조합계량에 사용되므로 로드셀 유닛이 많을수록 계량 정밀도는 높아진다고 볼 수 있다. 하지만 연산속도 역시 늦어지기 때문에 생산속도와 계량 정밀도를 모두 만족할 수 있는 최적 조합 계산 방식 설계가 필요하였다.

본 과제에서는 <그림4>와 같이 Excel 기반 조합 연산 컨셉을 설계하였으며, <그림5>와 같이 조합 계산 프로그램을 구현하여 PC 기반 환경에서 시뮬레이션해

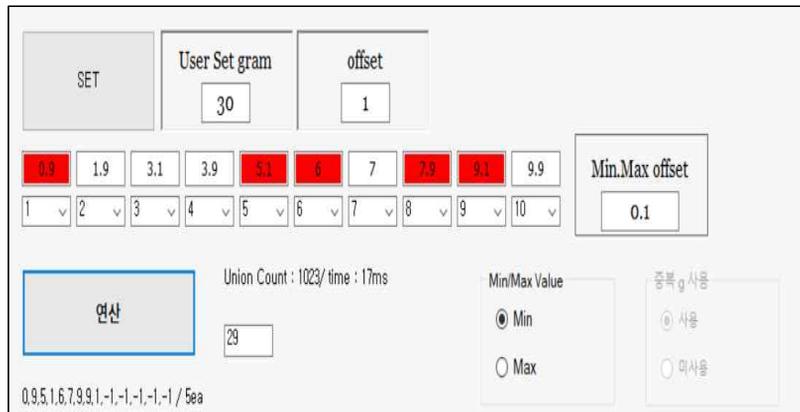
본 결과, 0.5초 이내의 연산속도를 확인하여 정상 작동이 가능함을 확인하였다. 다만, 기구제어나 현장 유지보수 측면에서는 PC기반 보다 PLC 기반이 용이하여 PLC 기반 환경으로 설계를 진행하였다.

연산료	인공	재료	무자본	제어비용	연산속도	1초당	2초당	3초당	4초당	5초당	6초당	7초당	8초당	9초당	10초당
1	100g														

연산	1초당	2초당	3초당	4초당	5초당	6초당	7초당	8초당	9초당	10초당
1	100g									

연산	1초당	2초당	3초당	4초당	5초당	6초당	7초당	8초당	9초당	10초당
1	100g									

<그림4> 조합 계산 연산_Excel 기반



<그림5> 조합 계산 연산_프로그램

5. 결론

다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비 개발을 위한 컨셉 설계를 위하여 K-원물에 대한 특성 분석 및 기성설비 방식별 장,단점 분석을 통하여 타겟 원물을 선정하였다. 그 결과 조합스케일 방식을 기반으로 다른 분야의 이송방식을 적용하는 것으로 2가지 컨셉을 확정하였다.

첫 번째 방식은 기존 조합스케일 방식에 진동, 스크류피더, 스프링피더 적용하여 이송방식 모듈화를 통한 적용가능 원물(고형물)을 확장하고자 하였다. 이 방식의 장점은 원물(고형물) 특성에 맞는 이송장치를 사용함으로써 최소한의 교체부품을 통한 다목적 활용이 가능하며, 향후 추가되는 원물(고형물) 특징에 맞는 추가 모듈을 개발 및 적용이 가능한 점이다.

두 번째 방식은 컨베이어벨트를 통한 고형물의 강제 이송방식이다. 이 방식의

장점은 원물의 특성에 제한을 받지않고 강제이송이 가능한 점에서 다목적 원물(고형물) 투입이 가능하다는 것이다. 하지만, 컨베이어 특성상 분해청소가 어려울 것으로 판단하여 이 부분을 중점적으로 설계하였다.

또한, 조합스케일의 핵심적인 부분인 조합연산 프로그램 검토를 진행하였으며, 조합 로드셀 유닛의 수가 증가할수록 연산되는 조합 경우의 수가 기하급수적으로 늘어나 연산속도에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단되어 PC제어 + PLC제어 혼용 방식을 검토하였으나 기구제어나 현장 유지보수 측면에서는 PC기반 보다 PLC 기반이 용이하여 PLC 기반 환경으로 설계를 진행하였다.

제2절 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비 설계 및 제작

1. 서설

원물(고형물) 충전 자동화 설비의 검토된 컨셉을 바탕으로 Demo 설비 설계 및 제작, 검증을 진행하였다.

먼저, 1차년도에는 1안(조합스케일+공급부 모듈화)에 대해 원물 흐름성에 대한 검증을 진행하였다. 원물(고형물)이 접촉되는 면의 재질 및 형상을 검증하기 위하여 흐름판 검증을 진행하였으며, 원물(고형물) 이송구간의 SUS 재질의 형상에 따른 흐름성 분석을 진행하여 최적 조건을 찾고자 하였다. 또한, 기존 조합계량 설비의 문제점인 원물 공급 및 이송부에 대하여 진동, 스크류피더, 스프링피더 등 원물(고형물)에 따라 선택적으로 적용 가능하도록 공급부 모듈화 설계를 통한 Demo 설비를 제작하여 검토하였으나, 기구부가 복잡해져 유지보수 및 청소, 관리에 어려움이 있었다. 또한, 가장 큰 문제로 기존 설비들의 문제점인 원물 이송에 한계가 있어 다목적 원물(고형물) 투입 목적에 부합하지 않았다.

이에따라, 2차년도에는 2안(조합스케일+컨베이어벨트)으로 Demo설비 재검증을 진행하였다. 컨베이어벨트 방식은 원물(고형물) 특성에 크게 영향을 받지 않았으며 다양한 원물(고형물)을 이송 및 계량, 투입이 가능하였다. 또한, 분해청소가 용이하도록 컨베이어 벨트의 장력을 쉽게 풀 수 있는 기구를 설계하여 손쉽게 벨트를 분해 가능하도록 하였으며, 컨베이어 프레임도 로드셀과 쉽게 분해되도록 토글클램프를 적용하였다. 다만, 컨베이어 구동을 위한 모터를 로드셀 마운트 위로 배치하지 않고 별도 프레임에 설치하였으나, 기어(스프라켓) 접촉시 중량측정에 영향을 주어 모터를 로드셀 마운트에 컨베이어 벨트와 같이 배치함으로써 문제를 해결하였다.

2. 다목적 원물(고형물) Demo 설비 설계 및 제작

가. 조합스케일 + 공급부 모듈화 (1안)

1차년도에는 충전 자동화 설비 컨셉 1안을 바탕으로 각 파츠가 정상작동 여부

를 파악하고자, 주요 파트인 공급부를 먼저 제작 및 검증하였다. 공급부는 크게 금속표면의 형상(흐름판), 공급부(원물이송), 계량부(로드셀 연동 및 원물이송, 공급)으로 구분하여 검증하였다.

첫째, 금속표면의 형상(흐름판)의 경우 공급부의 가장 큰 문제점인 원물 흐름 개선을 위해 표면 재질 및 형상이 중요 하다 판단하여 <사진 1>과 같이 흐름판을 제작하였다. 1차 제작한 흐름판의 재질 및 형상은 평판, 엠보, 엠보+테프론(코팅) 재질로 진행하였으며, 외부적인 요인 없이 중력에 의한 각도 및 체류시간(각도별 30초)에 따른 원물 흐름성을 검증하였다. <표5>와 같이 흐름판 형상별 원물 흐름성은 엠보+테프론(코팅) 재질이 가장 우수하였으며, 평판 형상의 경우에는 흐름성이 가장 미흡하였다. 하지만 테프론 코팅은 원물과의 마찰을 줄여주는데 효과적이거나 장기간 사용시 코팅이 벗겨져 혼입될 가능성이 있다 판단되어 본 과제에서는 엠보 형상의 흐름판 형태를 채택하였다.

<사진 1> 원물흐름성 검증용 흐름판 (좌:평판, 우:엠보)



<표5> 흐름판 형상별 원물 흐름성 Test 결과

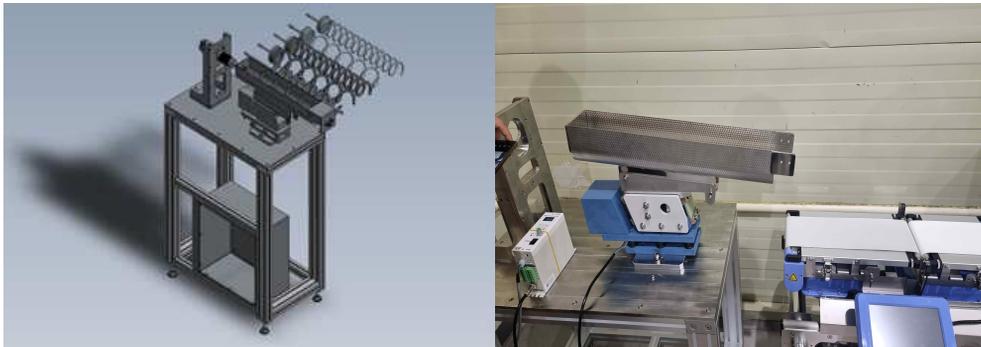
구분	평판		엠보판		엠보+테프론	
	각도	시간	각도	시간	각도	시간
시래기	90°	25초	90°	20초	90° 0초	0초
	대파	90°	X	90°	X	90° 15초
	돈사태	75°	6초	50°	3초	35° 8초

둘째, 공급부 Demo설비는 <사진 2>와 같이 다열 유닛 중 하나의 유닛을 본 설비 크기로 제작하였으며, 진동 피더, 스크류 피더, 스프링 피더 모듈로 동일 설

비에서 부분교체가 가능하도록 모듈화하였다.

진동 피더는 진동 Hz에 따른 원물 정량 공급 및 이송, 벽면 부착, 원료 뭉침에 대해 검증하였으며, 스크류/스프링 피더는 날의 간격, 크기, 회전RPM에 따른 부분을 검증하였다. 또한, 공급 모듈을 동시에 사용할 경우 피더간 간섭 발생 여부 및 시너지 또는 상쇄 효과가 발생하는지 검토하였다.

검증결과, 진동 모듈의 경우 기존 조합스케일에서 적용중인 방식으로 찢은 양지, 수화된 TVP와 같은 흐름성이 좋은 원물(고형물)에 대해서는 이송하는데 크게 문제없었다. 하지만, 뭉쳐있는 원물(대파, 찢은 양지, 얼갈이 등)은 뭉침을 해소하거나 분산할 수는 없었으며, 뭉쳐있는 상태로 배출되어 1회 투입시 로드셀에서 측정되는 양의 편차가 상당하여 조합연산에 불합리할 것으로 판단되었다.



<사진2> 공급부 Demo 설비 (좌 : 3D설계 도면, 우 : 설비 실물)

반면, 스크류 피더의 경우 대파의 줄기부분과 시래기 등 기존 설비에서 이송이 어려운 원물 위주로 테스트 진행하였으며, 공급부 내부 표면에 잔여물이 거의 없는 상태로 배출부까지 이송됨을 확인하였다. 이는 기존의 진동방식의 공급부 피더가 갖고 있는 가장 큰 문제점인 이송 불가 현상을 해소할 수 있을 것으로 판단하였으나 다음과 같은 보완할 부분도 확인하였다.

먼저, 다량의 원물을 투입한 뒤 가동하였을 경우 스크류에 부하가 발생하였다. 본 설비 적용시 원물 투입호퍼에서 투입량을 조절하여야 하는데 자동화 설비 특성상 제어가 어렵다는 점이다. 이에 대한 해결방안으로 투입호퍼 하단 스크류의 크기를 공급부 내부 직경보다 50% 정도 줄여서 스크류에 가중되는 부하를 줄이고 원물은 스크류에 의해 이송될 수 있도록 설계변경 및 검증하였으나 스크류에서 원물(고형물) 뭉침현상이 심화되었다. 이는 중량편차 뿐만 아니라 두부와 같은 깨지기 쉬운 원물(고형물)은 으깨지는 현상이 나타났다.

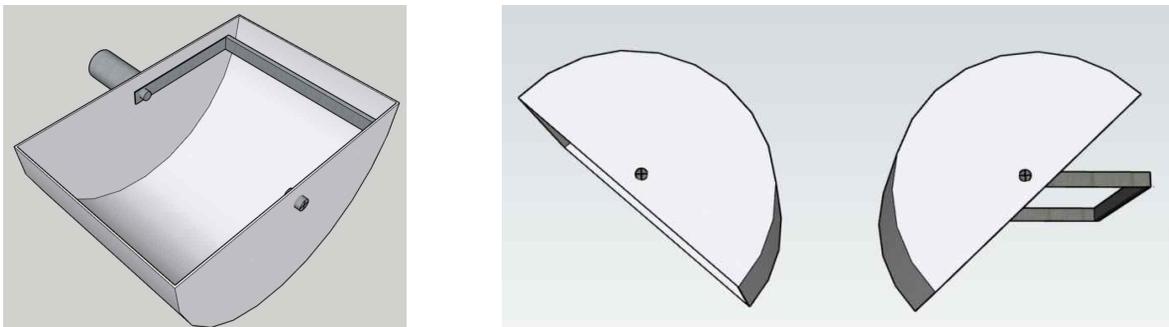
다음으로는 Demo 설비의 공급부 내부직경이 100mm 정도이며, 스크류 날의 간격이 50mm로 1회 이송시 이송량이 많다는 점이다. 통상 1가지 원물의 1회 총진량이 10~50g 수준으로 조합 계량시 하나의 공급부에서는 5~20g 총진이 필요하나 현재 Demo설비 수준으로는 30g 이상이 토출되었다. 이에 따라, 1회 토출량을 줄이기 위하여 공급부 내부 직경을 70mm로 줄였으며, 스크류 날의 간격은 원

물의 크기에 따라 유동적으로 변동이 되어야 하고, K-원물 중 50mm 이상의 감자나 옥류가 투입되는 경우도 있으므로 테스트 검증을 위하여 날의 간격을 기존 50mm, 100mm에서 25mm, 50mm, 100mm로 제작하여 추가 검증하여 일부 개선됨은 확인하였으나 다목적 투입(원물)을 목적으로 하는 설비로서 보유해야 하는 스크류 날의 종류가 너무 많아지고 관리가 어렵다는 단점을 확인하였다.

스프링 피더의 경우에도 스크류피더와 유사한 실험결과를 얻었다.

결론적으로 각 모듈에 대한 테스트 결과 기존 자동 조합계량기에서 이송이 어려웠던 원물들의 이송 가능성을 확인하였으나 다수의 보완 사항을 확인하였으며 이를 해결하고 다목적 원물(고형물) 충전 목적을 달성하기는 어렵다고 판단하였다.

셋째, 계량부는 Demo 설비에 확장 개념으로 설계 진행하였으며, 로드셀 사양과 Demo 설비용 계량컵과 로드셀을 연결해주는 마운트를 설계하였다. 기존 조합 스케일의 경우, 계량컵 하부 개폐 방식을 주로 사용하고 있으며, 표면 마찰에 의해 계량컵 벽면에 붙어 투입 불량이 간혹 발생하는데 계량컵 회전방식은 아래 <그림6>과 같이 계량컵이 회전을 하며 고정되어 있는 스크래퍼에 의해 잔여물 없이 투입할 수 있는 방식이다. 회전형 계량컵의 내부에 고정형 스크래퍼를 설치할 방안으로 계량컵 회전축에 중공을 뚫어 중공축에 스크래퍼 고정축을 설치하고, 서보 모터 등으로 회전축을 돌려 계량컵을 회전시키고자 하였다.



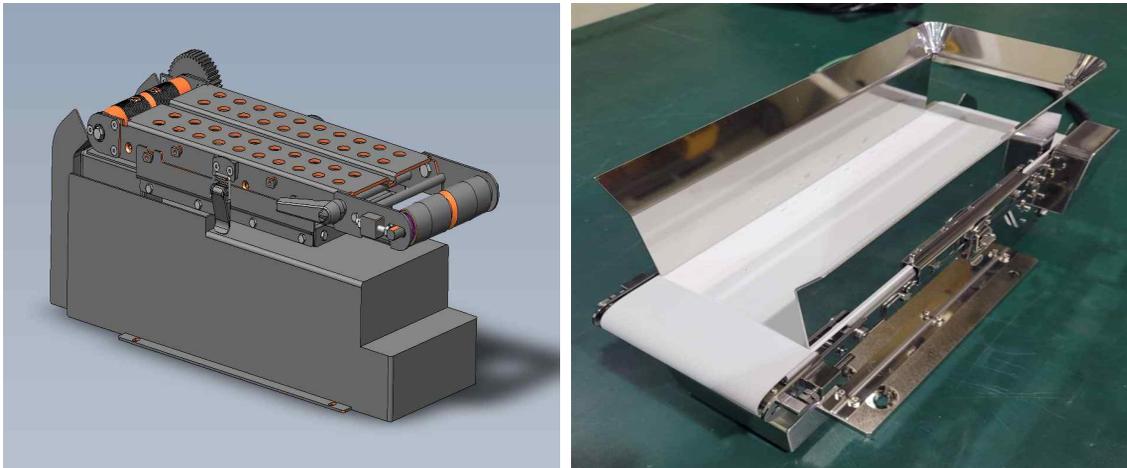
<그림6> 회전형 계량컵 컨셉 (좌:대기상태/정위치, 우:회전상태/스크래퍼 정지)

나. 조합스케일 + 컨베이어벨트 (2안)

컨셉 2안의 경우, 차선택으로 검토하였으나 1차년도 컨셉 1안 Demo 설비의 실험데이터를 검토해본 결과, 기존의 고형물 자동 충전설비와 유사한 수준의 성능만을 갖을 것으로 판단하였다. 공급부 모듈화를 통한 원물 특징에 맞춰 변경할 수 있도록 설계하였으나, 검토하였던 모듈간 투입가능한 원물을 검토한 결과 공통 원물이 많았다. 이로인하여 모듈화를 통한 공급부 효과를 기대하였으나 기존 설비에서 투입이 어려운 원물들은 모듈화를 진행하더라도 불가능하였다.

이에따라, 조합스케일 방식에 컨베이어벨트를 접목한 고형물 투입 장치로 컨셉을 변경하여 중량선별기와 같이 로드셀과 컨베이어를 결합한 방식의 Demo 설비를 설계 및 제작하여 검증을 진행하였다. 컨셉 2안 Demo 설비는 로드셀과 컨베이어를 연동한 모듈을 본 설비 규모로 1Set를 먼저 제작하였으며, Demo 검증 결

과에 따라 본 설비에 장착하는 것으로 진행하였다. Demo 설비는 아래 <사진 3>과 같이 모터를 포함한 컨베이어 구동부, 컨베이어 벨트, 로드셀, 로드셀 마운트로 구성하였다.



<사진 3> 로드셀 컨베이어 (좌:3D 설계, 우:Demo 설비 실물)

첫째, 구동부의 경우 Demo 설비 초기 구동 모터를 로드셀과 하나의 몸체가 아닌 별도의 프레임에 설치하여 스프라켓으로 구동하여 중량 측정은 정지상태에서만 진행하는 것으로 설계하였으나, 1차 Test 결과 스프라켓의 기어 부분이 맞닿거나 떨어진 정도에 따라 중량 측정시 중량 변동이 심한 것을 확인하였다. 이에 따라 위 <사진 3>과 같이 모터를 로드셀과 하나의 몸체로 변경하였으며 중량 측정시 편차가 적은 것을 확인하였다. 단, 모터에 연결되는 전원선으로 인하여 중량 편차에 영향을 줄 수 있는 것을 확인하였으나 전원선 구간의 공간에 여유를 주어 느슨하게 연결할 경우 중량 편차가 없는 것을 확인하였으며 이를 본 설비 설계에 반영하였다.

둘째, 컨베이어 벨트는 탈부착이 쉽도록 컨베이어 프레임 앞단을 위쪽으로 쉽게 올릴 수 있도록 하여 프레임 우측으로 벨트를 쉽게 분리할 수 있도록 하였으며, 컨베이어 프레임 또한 로드셀 마운트로부터 쉽게 분리할 수 있도록 토글 클램프로 고정하는 방식을 채택하였다. 이 결과 분해가 용이해지며 청소 및 유지관리가 쉽도록 하였다.

셋째, 로드셀의 경우 중량계량 정밀도 측면과 반응속도가 빠른 모델로 선정하였다. 기본적으로 로드셀은 허용오차를 포함하고 있으며, 정격용량에 따라 허용오차가 백분율로 반영되므로 가급적 정격용량이 적은 3kg을 선정하고자 하였다. 다만, 물청소를 위하여 스테인레스 재질을 사용하고, 모터와 하나의 몸체로 설계 변경이 되면서 컨베이어 가이드 및 마운트 등의 중량을 합쳤을 때 약 3.2kg 수준으로 한 단계 높은 정격용량 6kg을 선정하였다. 4kg 로드셀을 특별주문(특주)으로 제작 가능하였으나 기성 부품 사용을 통한 향후 유지관리 측면에서 6kg 기성부품을 사용하는 것으로 하였다. 또한, 잦은 물청소가 필요한 부위로 IP65 등급의 로드셀을 선정하였으나 이물 관리 측면에서 전체 부분을 케이스로 마감처리 하였다. 해당

케이스는 로드셀에 가해지는 전체 무게 감소를 위하여 로드셀과 하나의 몸체가 아닌 단순 커버로 본체 프레임에 연결하여 고정하는 방식으로 진행하였다.

넷째, 로드셀 마운트의 경우 중량 계량시 위치별 중량 편차가 없도록 로드셀에 일정하게 중량을 분산해주는 역할을 한다. 무게 중심설계가 중요하여 3D 설계 모델링을 통하여 설계를 진행하였다.

컨셉 2안 Demo 설비 검증에서 가장 중점적으로 확인한 부분은 다목적 원물(고형물) 투입 컨셉에 부합 여부였다. 컨베이어 벨트 방식은 강제 이송이기에 기존에 이송 및 계량, 투입이 어려웠던 시래기, 고사리와 같은 데친 나물류 뿐만 아니라 찢은 양지, 슬라이스 육, 조각두부, 큰 두부, 콩나물 등 거의 대부분의 원물 이송이 용이하였다. 다만, 컨베이어 배출 이후 낙차가 클 경우 두부와 같은 연질성 원물(고형물)이나, 콩과 같은 구형의 원물(고형물)은 외관 변형이나 목표 배출지점에서 이탈하는 현상이 확인되어 낮은 낙차와 가이드 설계가 필요하여 본 설비 설계에 반영하였다. 또한, 김치 줄기부분 및 슬라이스 양송이버섯과 같은 얇고 표면적이 넓으면서 가벼운 원물(고형물)의 경우 벨트에 붙어 벨트하단부에 끼이는 현상이 확인되어 스크래퍼 설치가 필요하였다. 스크래퍼 재질은 마찰력이 적은 테프론 재질로 선정하였다.

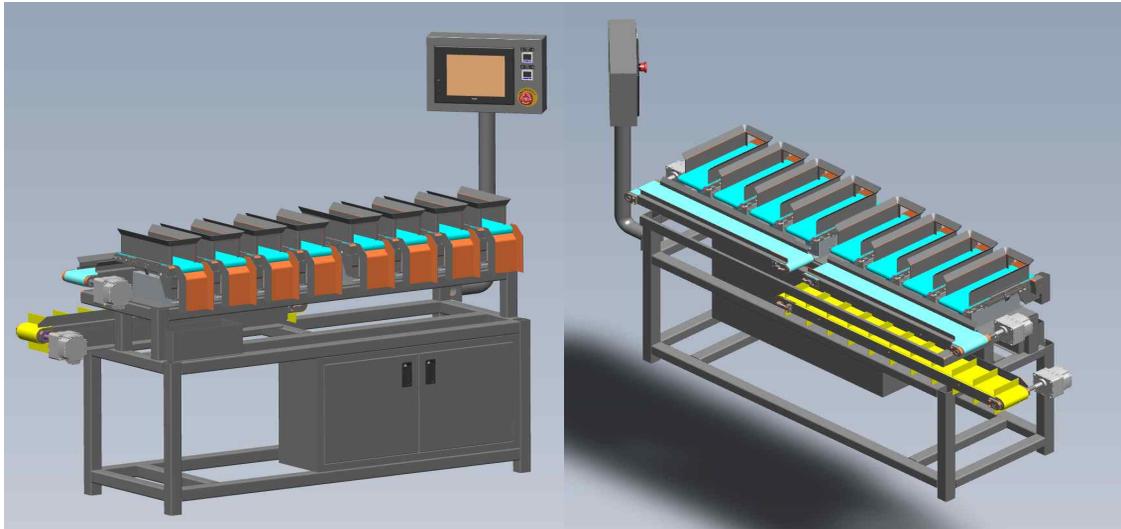
로드셀 컨베이어의 성능 검증결과, 중량 측정시 반복 측정에 의한 오차는 약 0.2g 수준으로 최초 영점을 잡은 뒤 중량 측정 후 모터 구동에 따라 로드셀 영점이 흔들리는 영향이 일부 있는 것으로 판단되나 본 설비에서는 계량 및 배출 이후 영점 셋팅을 자동으로 매회 진행하여 반복 측정에 의한 오차를 없애는 것으로 검토하였다.

이에따라, 본 과제에서는 다목적 원물(고형물) 충전 컨셉에 가장 부합하는 컨셉 2안인 조합스케일 방식에 컨베이어벨트를 접목시키는 것으로 정하였으며, 당초 목표로 한 투입가능 원물 타겟보다 많은 종류의 원물(고형물)을 충전할 수 있을 것이다.

3. 준양산규모 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비 설계 및 제작

가. 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비 기본 설계

본 설비의 기본설계는 아래 <그림 7>과 같이 컨셉 2안의 Demo 설비의 로드셀 컨베이어를 적용하였으며, 조합스케일 방식으로 로드셀 컨베이어를 수평으로 8열을 배치하여 조합된 원물이 배출 컨베이어로 이송되는 구조로 설계하였다. 기본설계를 진행하면서 중점적으로 반영한 부분은 설비의 분해 용이성, 방수, 로드셀 중량계량에 영향을 주지않는 구조, Capa. 부분이었으며 다음과 같이 진행하였다.



<그림7> 다목적 원물(고형물) 충전 자동화설비 기본설계 3D 모델링

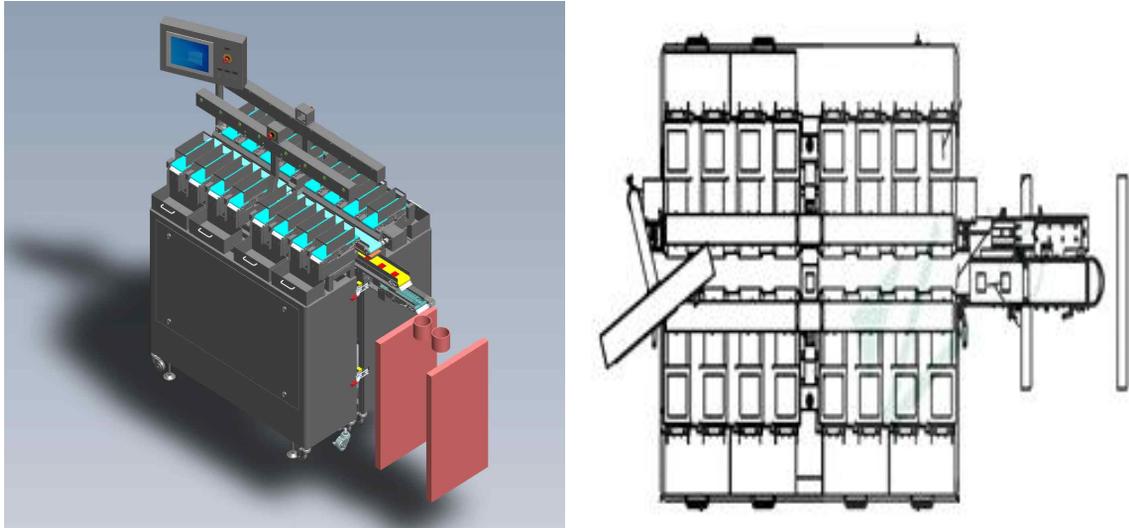
먼저, 분해용이성과 방수 부분을 중점적으로 검토하였다. 원물(고형물) 충전공정은 원물(고형물)을 이송 및 계량, 대기하는 설비이면서 장시간 사용하는 설비로 미생물 증식에 대한 식품안전에 위해가 되는 요소가 있으므로 기존 수작업 공정이나 자동화 공정의 경우에도 시간별 미생물 분석을 진행하여 청소기준을 수립하고 있다. 이때, 분해청소가 어렵거나 청소시간이 길어질 경우 생산성 저하로 이어지기 때문에 분해 청소 및 방수 구조가 필요하였다. 이에따라, Demo 설비와 같이 컨베이어가 쉽게 분해되는 구조로 설계하였으며, 그 외 부분도 분해가 쉬운 구조로 설계하였다. 또한, 분해가 어려운 부분(예를 들면, 본체 프레임 등)의 경우 물청소가 가능하도록 방수 설계 및 작업자가 접근이 용이하도록 구조 단순화를 진행하였다.

다음으로 중량계량 부분의 경우 로드셀 컨베이어를 모터와 하나의 몸체로 연결하였으며, Demo Test 결과 전원선이 본체 프레임에 닿아서 압력이 조금이라도 가해질 경우, 중량이 미세하게 흔들리는 것을 확인하였다. 이에따라 모터전원선이 본체 프레임과 간섭이 없도록 설계를 진행하였다.

마지막으로 Capa. 부분은 HMR 생산공정의 고형물 충전 공간 배치상 투입공간의 수직으로 배치가 필요하였다. 하지만 본 과제의 설계는 컨베이어로 고형물을 이동하는 방식으로 배출 컨베이어 길이에 따라 물리적인 배출시간이 필요하다. 모터의 출력을 높이고 최대 RPM으로 이송하면 배출시간을 단축시킬수는 있으나 투입되는 원물(고형물)의 개별중량이 낮거나 구형일 경우 투입 중 비산될 가능성이 있어 벨트 속도는 초당 0.8~1.0m 수준으로 설정하였으며, 벨트 길이는 생산공정의 레이아웃을 감안하여 최대 폭 1.3m 수준으로 1.2~1.3초에 1회 배출할 수 있도록 하였다. 이 경우, 분당 Capa.는 약 45~50개 수준으로 기성 로터리포장기(듀얼노즐) 기준의 생산속도와 동일한 수준이다. 또한, 컨베이어 벨트 속도를 1.0 m/s로 설정하여 Demo 설비로 시험한 결과 비산되는 현상은 일부 구형 원물을 제외하고 없었다. 또한, 구형원물의 경우에도 가이드 설치를 통하여 비산방지 효과를 얻을수 있을 것으로 판단하였다.

나. 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비 상세 설계

본 설비 기구부의 상세 설계는 기본 설계 내용을 바탕으로 설치 예정 공간의 상황에 맞도록 아래 <그림 8>과 같이 기구부 설계를 진행하였다. 기본 설계에서 주요 변경사항은 설비 높이, 배출컨베이어, 2열 투입, 중량 알람등으로 세부 내용은 다음과 같다.



<그림8> 다목적 원물(고형물) 충전 자동화설비 3D(좌) 및 2D(우) 도면

첫째, 실제 현장의 원물(고형물) 투입 공간의 높이에 맞춰 설비 높이를 전체적으로 약 50cm 정도 높였으며, 설비 하부 여유공간에 전장을 배치하였다. 다만, 로드셀 컨베이어 투입공간이 다소 높아져 키가 작은 작업자의 경우 팔에 무리가 될 수 있어 작업자 키에 맞춰 작업발판을 비치하도록 하였다.

둘째, 배출컨베이어의 경우 초기 설계시 아다치 형태로 구성하여 다수의 버퍼공간으로 활용할 예정이었으나, 대파 등 표면적이 넓고 가벼운 원물은 벨트에 부착되어 배출이 안되고 리턴되는 현상이 예상되어 스크래핑이 가능한 일반 평벨트 방식으로 변경하였다. 평벨트의 경우 원물 이송시 굴러가는 등의 이동이 발생되어 전,후 원물(고형물)간 혼입 또는 구분이 안될 가능성이 있어 버퍼 공간은 1개만 가져가도록 하였다.

셋째, 설비의 양산효과 극대화를 위하여 배출 컨베이어를 공용으로 사용하며 2가지 원물을 동시에 투입할 수 있도록 로드셀 컨베이어 부분을 대칭형태로 2열로 설계하였다. 이 경우 1열 투입설비 대비 제작비는 축소하면서 효과는 2배의 효과가 발생될 것으로 판단하였다. 또한, 가운데 배출 컨베이어를 기준으로 2열의 설비가 분해 및 이동이 가능한 구조로 설계하여 중앙 컨베이어와 모터 등 기구부의 접근성이 용이하여 유지보수 및 청소 용이성을 확보하였다.

넷째, 작업자가 로드셀 컨베이어에 원물(고형물) 투입시 일정한 양을 투입해야 조합연산 경우의 수에 유리하여 로드셀 컨베이어별로 상한값과 하한값을 설정할

수 있도록 하였으며, 각 로드셀 컨베이어에 기준 중량 이내로 투입이 되었을때 중량 알람등이 켜지도록 설계하였다. 또한, 중량 하한값 미달시에는 알람등이 꺼져 있어 작업자는 켜질때까지 투입하면 되도록 하였으며, 중량 상한값 초과시에는 알람등이 점멸되도록 하여 작업자가 가시적으로 중량 투입 상황을 알 수 있도록 설계하였다.

제어부의 상세설계는 크게 연산프로그램과 PLC 제어프로그램으로 구분하여 설계 진행하였다. 먼저, 연산프로그램의 경우 앞의 제3장컨셉 설계에서 검토한 것과 같이 Excel 기반 조합 연산 컨셉과 PC 기반 환경의 시뮬레이션 결과를 바탕으로 PLC 제어 환경에서 구동되도록 설계하였다.

컨셉 설계 당시 PC 기반으로 프로그램 제작 및 연산동작 검증진행하였으나, 기구제어나 현장 유지보수 측면에서 PC 기반제어 보다 PLC 기반이 용이하다 판단 하였으며, PLC 기반 환경으로 설계를 진행하였다.

먼저, 연산 프로그램의 경우 Function Block으로 연산 조합하는 프로그램을 아래 <그림 9>와 같은 구성으로 설계하였다.

FB 소개 (입력값)																																																															
<table border="1"> <tr><td>Data_Insert</td><td>Calc_Busy</td></tr> <tr><td>iFactorial_Start</td><td>oUsePort_Cnt</td></tr> <tr><td>iAble_Port</td><td>oCalc_Cnt</td></tr> <tr><td>iOutPort_Cnt</td><td>oMoni_Target_UpLimit</td></tr> <tr><td>iTarget_Gram</td><td>oMoni_Target_DownLimit</td></tr> <tr><td>iTarget_UpLimit</td><td>oMoni_Port_Gram</td></tr> <tr><td>iTarget_DownLimit</td><td>oPort_Gram_UpLimit</td></tr> <tr><td>iPort_Gram</td><td>oPort_Gram_DownLimit</td></tr> <tr><td>iPort_Gram_UpLimit</td><td>oPast_OutPort_Index</td></tr> <tr><td>iPort_Gram_DownLimit</td><td>oCalc_Factorial_Using_Port</td></tr> <tr><td>iTimeOut</td><td>oOutPort_Index</td></tr> <tr><td></td><td>oOutPort_Coil</td></tr> <tr><td></td><td>oOut_Gram</td></tr> <tr><td></td><td>oOut_Gram_History</td></tr> <tr><td></td><td>oError</td></tr> <tr><td></td><td>oError_Detail</td></tr> </table>	Data_Insert	Calc_Busy	iFactorial_Start	oUsePort_Cnt	iAble_Port	oCalc_Cnt	iOutPort_Cnt	oMoni_Target_UpLimit	iTarget_Gram	oMoni_Target_DownLimit	iTarget_UpLimit	oMoni_Port_Gram	iTarget_DownLimit	oPort_Gram_UpLimit	iPort_Gram	oPort_Gram_DownLimit	iPort_Gram_UpLimit	oPast_OutPort_Index	iPort_Gram_DownLimit	oCalc_Factorial_Using_Port	iTimeOut	oOutPort_Index		oOutPort_Coil		oOut_Gram		oOut_Gram_History		oError		oError_Detail	<table border="1"> <thead> <tr> <th>입력 변수</th> <th>설명</th> <th>비고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Data_Insert</td> <td>아래 입력값 FB내 삽입</td> <td>데이터 변경 시 재활성화 필요 (오기입 방지)</td> </tr> <tr> <td>iFactorial_Start</td> <td>최적 조합 연산 시작</td> <td></td> </tr> <tr> <td>iAble_Port</td> <td>1 ~ 8까지의 Port 에서, 사용가능한 Port 배열 활성화</td> <td>1 ~ 8개의 Port중 6,7번 Port 고장 시, 1,2,3,4,5,8 Port 활성화</td> </tr> <tr> <td>iOutPort_Cnt</td> <td>배출에 사용할 Port 수량 설정</td> <td>3개 포트로만 Target을 맞출 경우 UINT#3 지정</td> </tr> <tr> <td>iTargetGram</td> <td>목표값</td> <td>30 Gram</td> </tr> <tr> <td>Up/Down Limit</td> <td>목표값 상한, 하한</td> <td>29.5 ≤ 30 ≤ 30.5</td> </tr> <tr> <td>iPort_Gram</td> <td>포트별 로드셀 값</td> <td>10 Gram</td> </tr> <tr> <td>Up/Donw Limit</td> <td>포트별 상한, 하한</td> <td>9.5 ≤ 10 ≤ 10.5</td> </tr> <tr> <td>TimeOut</td> <td>연산 불가 판정 시간</td> <td>500ms 이내 현재 포트별 그림으로 목표값에 도달하는 경우의 수를 찾을 수 없을 경우 T#500ms 지정</td> </tr> </tbody> </table>	입력 변수	설명	비고	Data_Insert	아래 입력값 FB내 삽입	데이터 변경 시 재활성화 필요 (오기입 방지)	iFactorial_Start	최적 조합 연산 시작		iAble_Port	1 ~ 8까지의 Port 에서, 사용가능한 Port 배열 활성화	1 ~ 8개의 Port중 6,7번 Port 고장 시, 1,2,3,4,5,8 Port 활성화	iOutPort_Cnt	배출에 사용할 Port 수량 설정	3개 포트로만 Target을 맞출 경우 UINT#3 지정	iTargetGram	목표값	30 Gram	Up/Down Limit	목표값 상한, 하한	29.5 ≤ 30 ≤ 30.5	iPort_Gram	포트별 로드셀 값	10 Gram	Up/Donw Limit	포트별 상한, 하한	9.5 ≤ 10 ≤ 10.5	TimeOut	연산 불가 판정 시간	500ms 이내 현재 포트별 그림으로 목표값에 도달하는 경우의 수를 찾을 수 없을 경우 T#500ms 지정
Data_Insert	Calc_Busy																																																														
iFactorial_Start	oUsePort_Cnt																																																														
iAble_Port	oCalc_Cnt																																																														
iOutPort_Cnt	oMoni_Target_UpLimit																																																														
iTarget_Gram	oMoni_Target_DownLimit																																																														
iTarget_UpLimit	oMoni_Port_Gram																																																														
iTarget_DownLimit	oPort_Gram_UpLimit																																																														
iPort_Gram	oPort_Gram_DownLimit																																																														
iPort_Gram_UpLimit	oPast_OutPort_Index																																																														
iPort_Gram_DownLimit	oCalc_Factorial_Using_Port																																																														
iTimeOut	oOutPort_Index																																																														
	oOutPort_Coil																																																														
	oOut_Gram																																																														
	oOut_Gram_History																																																														
	oError																																																														
	oError_Detail																																																														
입력 변수	설명	비고																																																													
Data_Insert	아래 입력값 FB내 삽입	데이터 변경 시 재활성화 필요 (오기입 방지)																																																													
iFactorial_Start	최적 조합 연산 시작																																																														
iAble_Port	1 ~ 8까지의 Port 에서, 사용가능한 Port 배열 활성화	1 ~ 8개의 Port중 6,7번 Port 고장 시, 1,2,3,4,5,8 Port 활성화																																																													
iOutPort_Cnt	배출에 사용할 Port 수량 설정	3개 포트로만 Target을 맞출 경우 UINT#3 지정																																																													
iTargetGram	목표값	30 Gram																																																													
Up/Down Limit	목표값 상한, 하한	29.5 ≤ 30 ≤ 30.5																																																													
iPort_Gram	포트별 로드셀 값	10 Gram																																																													
Up/Donw Limit	포트별 상한, 하한	9.5 ≤ 10 ≤ 10.5																																																													
TimeOut	연산 불가 판정 시간	500ms 이내 현재 포트별 그림으로 목표값에 도달하는 경우의 수를 찾을 수 없을 경우 T#500ms 지정																																																													
FB 소개 (출력값)																																																															
<table border="1"> <tr><td>Data_Insert</td><td>Calc_Busy</td></tr> <tr><td>iFactorial_Start</td><td>oUsePort_Cnt</td></tr> <tr><td>iAble_Port</td><td>oCalc_Cnt</td></tr> <tr><td>iOutPort_Cnt</td><td>oMoni_Target_UpLimit</td></tr> <tr><td>iTarget_Gram</td><td>oMoni_Target_DownLimit</td></tr> <tr><td>iTarget_UpLimit</td><td>oMoni_Port_Gram</td></tr> <tr><td>iTarget_DownLimit</td><td>oPort_Gram_UpLimit</td></tr> <tr><td>iPort_Gram</td><td>oPort_Gram_DownLimit</td></tr> <tr><td>iPort_Gram_UpLimit</td><td>oPast_OutPort_Index</td></tr> <tr><td>iPort_Gram_DownLimit</td><td>oCalc_Factorial_Using_Port</td></tr> <tr><td>iTimeOut</td><td>oOutPort_Index</td></tr> <tr><td></td><td>oOutPort_Coil</td></tr> <tr><td></td><td>oOut_Gram</td></tr> <tr><td></td><td>oOut_Gram_History</td></tr> <tr><td></td><td>oError</td></tr> <tr><td></td><td>oError_Detail</td></tr> </table>	Data_Insert	Calc_Busy	iFactorial_Start	oUsePort_Cnt	iAble_Port	oCalc_Cnt	iOutPort_Cnt	oMoni_Target_UpLimit	iTarget_Gram	oMoni_Target_DownLimit	iTarget_UpLimit	oMoni_Port_Gram	iTarget_DownLimit	oPort_Gram_UpLimit	iPort_Gram	oPort_Gram_DownLimit	iPort_Gram_UpLimit	oPast_OutPort_Index	iPort_Gram_DownLimit	oCalc_Factorial_Using_Port	iTimeOut	oOutPort_Index		oOutPort_Coil		oOut_Gram		oOut_Gram_History		oError		oError_Detail	<table border="1"> <thead> <tr> <th>출력 변수</th> <th>설명</th> <th>비고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>oCalc_Cnt</td> <td>총 경우의 수</td> <td>8C3 = 56 가지</td> </tr> <tr> <td>oPast_OutPort_Index</td> <td>이전 조합 출력 Port 값 저장</td> <td>이전 6,7,8번 Port 출력시, 6,7,8 인덱스 저장</td> </tr> <tr> <td>oOutPort_Index</td> <td>현재 조합 출력 Port Index</td> <td>1,2,3번 Port 출력시, UINT 데이터 출력</td> </tr> <tr> <td>oOutPort_Coil</td> <td>현재 조합 출력 Port Coil</td> <td>1,2,3번 Port 출력시, BOOL 데이터 출력</td> </tr> <tr> <td>oOut_Gram</td> <td>현재 조합 출력 Gram</td> <td>현재값</td> </tr> <tr> <td>oOut_Gram_History</td> <td>조합 출력 Gram 100개 저장</td> <td>이력 관리 및 조합 분해능 검증용</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>연산 불가시 사용</td> <td>'현재 조합으로 Target Gram 생성 불가' 출력</td> </tr> <tr> <td>그 외</td> <td>모니터링용</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	출력 변수	설명	비고	oCalc_Cnt	총 경우의 수	8C3 = 56 가지	oPast_OutPort_Index	이전 조합 출력 Port 값 저장	이전 6,7,8번 Port 출력시, 6,7,8 인덱스 저장	oOutPort_Index	현재 조합 출력 Port Index	1,2,3번 Port 출력시, UINT 데이터 출력	oOutPort_Coil	현재 조합 출력 Port Coil	1,2,3번 Port 출력시, BOOL 데이터 출력	oOut_Gram	현재 조합 출력 Gram	현재값	oOut_Gram_History	조합 출력 Gram 100개 저장	이력 관리 및 조합 분해능 검증용	Error	연산 불가시 사용	'현재 조합으로 Target Gram 생성 불가' 출력	그 외	모니터링용				
Data_Insert	Calc_Busy																																																														
iFactorial_Start	oUsePort_Cnt																																																														
iAble_Port	oCalc_Cnt																																																														
iOutPort_Cnt	oMoni_Target_UpLimit																																																														
iTarget_Gram	oMoni_Target_DownLimit																																																														
iTarget_UpLimit	oMoni_Port_Gram																																																														
iTarget_DownLimit	oPort_Gram_UpLimit																																																														
iPort_Gram	oPort_Gram_DownLimit																																																														
iPort_Gram_UpLimit	oPast_OutPort_Index																																																														
iPort_Gram_DownLimit	oCalc_Factorial_Using_Port																																																														
iTimeOut	oOutPort_Index																																																														
	oOutPort_Coil																																																														
	oOut_Gram																																																														
	oOut_Gram_History																																																														
	oError																																																														
	oError_Detail																																																														
출력 변수	설명	비고																																																													
oCalc_Cnt	총 경우의 수	8C3 = 56 가지																																																													
oPast_OutPort_Index	이전 조합 출력 Port 값 저장	이전 6,7,8번 Port 출력시, 6,7,8 인덱스 저장																																																													
oOutPort_Index	현재 조합 출력 Port Index	1,2,3번 Port 출력시, UINT 데이터 출력																																																													
oOutPort_Coil	현재 조합 출력 Port Coil	1,2,3번 Port 출력시, BOOL 데이터 출력																																																													
oOut_Gram	현재 조합 출력 Gram	현재값																																																													
oOut_Gram_History	조합 출력 Gram 100개 저장	이력 관리 및 조합 분해능 검증용																																																													
Error	연산 불가시 사용	'현재 조합으로 Target Gram 생성 불가' 출력																																																													
그 외	모니터링용																																																														

<그림9> Function Block 입력포트(위), 출력포트(아래)

Function Block 로직은 아래와 같은 순서로 진행된다.

1) 로드셀 컨베이어 공급 개수 선정

: 로드셀 컨베이어는 본 장비에서 열당 8 채널로 8개 지정이며, 차후 상업화 설비에서는 8~12 채널로 진행될 예정이다.

2) 조합 개수 선정

: 로드셀 컨베이어에서 최대 몇 개의 로드셀로 조합을 할지 지정하게 된다. 이 기능을 불활성화 할 경우, 1회 배출컨베이어가 많아질 경우 생산성 저하로 이루어져 제품 및 원물(고형물)의 특성에 맞춰 레시피에서 최대 조합 로드셀 수량을 지정할 수 있다.

3) 조합 상한값과 하한값, 기준값 설정

4) 각 로드셀별 상한값, 하한값 설정

5) 조합 가능 경우의 수 계산

: 조합연산 최대 경우의 수는 로드셀의 개수에 영향을 받으며, 연산가능한 최대 경우의 수의 계산할 수 있다. 본 설비는 8열이 적용되어 있으며, 각 경우의 수는 아래 <표 6>과 같다. 만약, 8채널 중 최대 3채널로 조합하도록 설정하였을 경우, 1~3셀 조합 경우의 수의 합인 92가지 경우의 수가 있다.

<표 6> 로드셀 수량별 조합연산 가능 경우의 수

구분	8열	10열	12열
1셀 조합	8	10	12
2셀 조합	28	45	66
3셀 조합	56	120	220
4셀 조합	70	210	495
5셀 조합	56	252	792
6셀 조합	28	210	924
7셀 조합	8	120	792
8셀 조합	1	45	495

6) 연산에 사용된 로드셀은 다음 연산에서는 조합연산 후순위로 이동

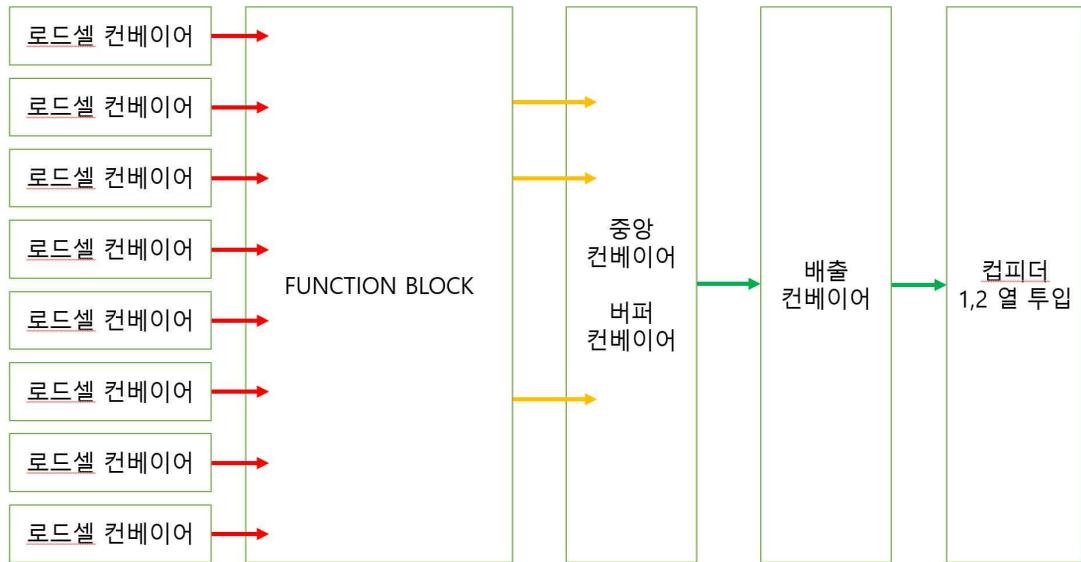
: n번째 조합에서 배출된 셀을 n+1번째 조합에서 조합연산 후순위로 연산하여 특정셀의 반복 배출을 방지하였다. 예를 들면, n번째 연산에서 1번, 4번, 6번 로드셀이 조합연산되어 배출하였을 경우, n+1번째 연산에서는 조합 우선순위가 n번째 연산에서 사용된 셀이 후순위가 되어 2번, 3번, 5번, 7번, 8번이 우선순위로 변경된다. 또한, 조합 연산시간은 8셀 기준 약 1ms 내 완료되며 10열, 12열의 경우 경우의수가 급격히 증가하지만 연산시간에 큰 차이는 없을 것으로 판단된다.

7) 조합연산된 값들 중 기준값의 근사값에 해당되는 로드셀 배출

: 조합 연산된 값들의 기준값과의 차이를 절대값으로 계산하여 가장 낮은 값의 로드셀을 배출하도록 하였다. 단, 차이값이 동일할 경우 6)항의 조합연산 선순위 로드셀이 배출되도록 하였다.

8) 조합연산 불가시 알람 및 전체 로드셀 역배출 및 초기화

PLC 제어프로그램의 경우, 아래 <그림 10>과 같이 구동이되며, 세부 내용은 다음과 같다.



<그림10> PLC 제어 Block Diagram

1) 개별 컨베이어 고품물 투입

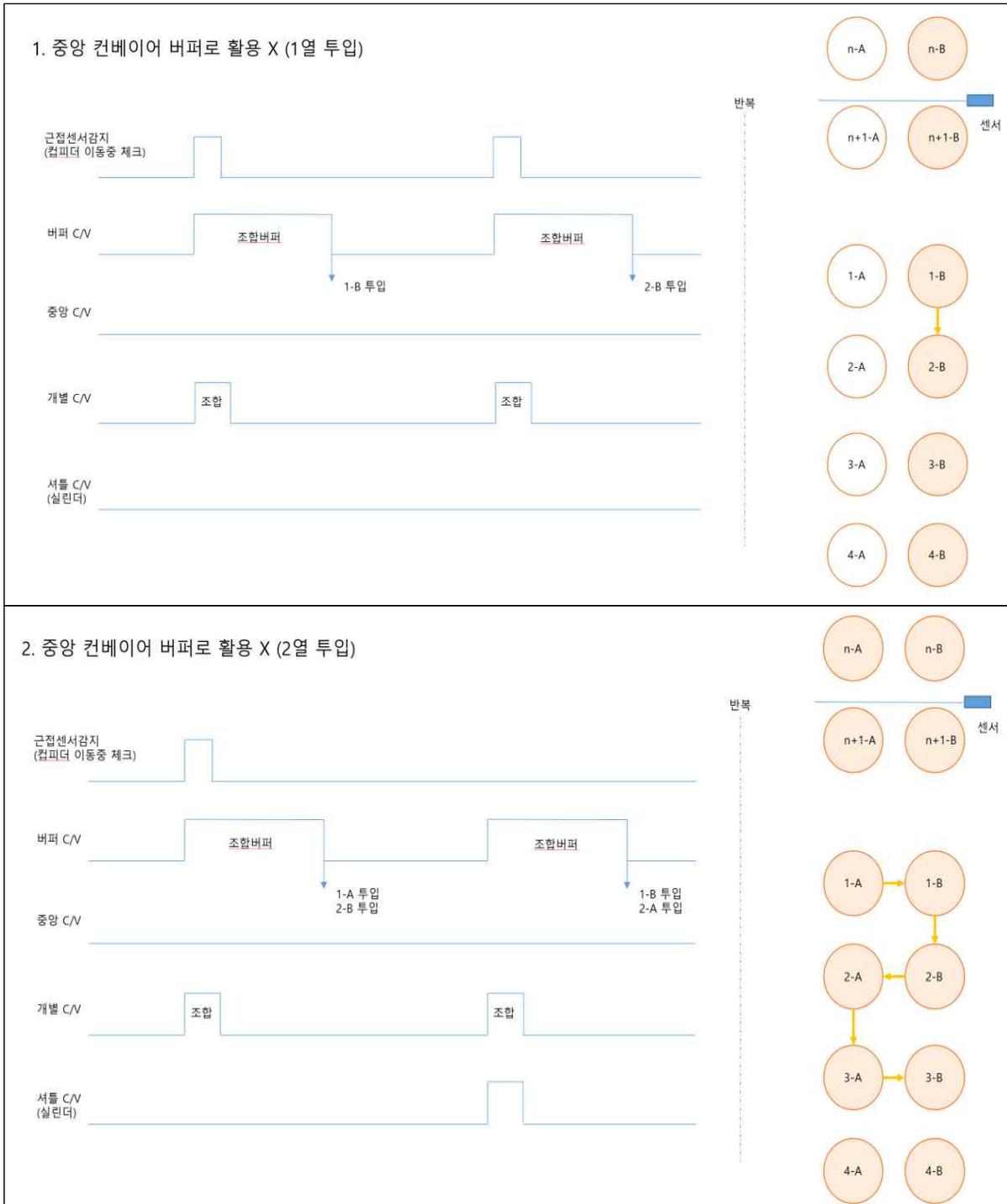
: 상한값과 하한값 범위 내의 원물(고형물)은 조합 대기 상태가 되며, 작업자가 확인할 수 있는 LED 램프가 켜진다. 이때 상한값 이상이 될 경우 LED 램프등이 점멸신호로 바뀌며, 하한값 이하일 경우 LED 램프는 꺼져있는 상태로 유지된다.

2) 중앙 컨베이어는 상시로 구동되고 있으며 배출된 개별 로드셀 컨베이어의 원물을 버퍼 컨베이어로 모아주는 역할을 한다.

3) 배출 컨베이어는 투입시점에만 구동되며, 고품물 1회 분량을 버퍼로 두었다. 당초 3~5회 분량의 버퍼로 설계하였으나, 일반 인버터모터를 사용하면서 1회 구동시 정지 위치가 상이하여 버퍼는 1회 분량만 두었다. 향후 사업화시 서보모터로 변경하여 3~5개 분량의 버퍼를 둘 예정이다.

4) 분배 컨베이어는 배출된 원물을 다음 설비인 로터리 포장기의 컵피더 라인에 1열 또는 2열에 공급해주는 것으로, 2열 충전시에는 컨베이어에 연결되어 있는 실린더의 전, 후진을 통하여 원물을 컵피더 컵 위치에 맞추어 투입해주게 된다.

상기 PLC 프로그램과 연산프로그램을 바탕으로 제어 타임차트를 표현하면 아래 <그림 11>과 같이 그림 우측의 컵피더 라인 센서를 통하여 위치를 확인하여 각 구동컨베이어들이 동작하게 된다.



<그림11> 타임차트 _ 1열 투입(상) , 2열 투입(하)

다. 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비 제작

본 설비 제작은 아래 <사진 4>와 같이 제작 완료하였으며, 제작과정에서 3D 및 2D 설계에서 파악하지 못한 부품간 간섭이 일부 있었다. 원물(고형물) 이송 중 작은 잔유물들이 부품간 끼어 청소가 어려울 것으로 판단하여 공차를 최소한으로 주었으나, 가공품 제작오차로 인하여 일부 간섭이 되어 보완, 수정하였다. 또한, 로드셀 마운트에 하나의 몸체로 연결된 모터의 전원선이 전장 몸체에 닿으며 100mg 단위로 미세측정하는 로드셀 무게측정에 영향을 주어 데이터 값이 매우 흔들렸다. 이를 해결하기 위하여 전원선 배치 공간 확보 및 전원선을 확보된 공간

으로 정리 및 느슨하게 늘어진 상태로 고정하여 로드셀 무게측정에 영향이 없도록 하였다.



<사진 4> 다목적 원물(고형물) 충전 설비 제작과정(상), 제작완료(하)

본 설비를 설계하기에 앞서 유지보수가 쉽고 부품 조달이 용이하도록 기성부품들을 사용하는 것으로 검토하였으며, 국산부품을 주로 사용하였다. 본 설비에 소요된 재료와 부품목록은 아래 <표 7>와 같이 크게 전체 설비에 대한 ASSY' 항목과 각 구성품의 세부 부품으로 나누어 정리하였다.

<표 7> 다목적 원물(고형물) 충전 설비 제작의 재료와 부품목록

1) 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비 ASSY'

유닛명(unit)	수량(set)	비고
로드셀 컨베이어	16	개별 중량 체크 및 조합
중앙 컨베이어	2(본도 1 / 대칭 1)	조합 된 원물을 모아줌
배출 컨베이어	1	1Tact buffer 용도
분배 컨베이어	1	후단 설비 컵홀더에 나누기

Main 프레임	1	
OP PANEL	1	작업자 레시피 세팅
전장박스	4	전면/후면 박스

2) 로드셀 컨베이어

명칭	규격/재질	수량	단위	비고
IN GUIDE	sts304	1	ea	Polishing
MOTOR	BLDC 20w, XBM620G	1	ea	SPG
GEAR HEAD	i=1:5, XTG65K	1	ea	SPG
MOTOR COVER	sts304	1	ea	Polishing
REJECT GUIDE	sts304	1	ea	Polishing
REJECT SCRAPPER	TEFLON	1	ea	
SPUR GEAR COVER	sts304	1	ea	Polishing
PINION COVER	sts304	1	ea	Polishing
SPUR GEAR	sts304	1	ea	
PINION	sts304	1	ea	
MOTOR BKT-1	sts304	1	ea	Polishing
MOTOR BKT-2	sts304	2	ea	Polishing
MOTOR BKT-3	sts304	3	ea	Polishing
BELT (675*94*1.4T)	urethane PHPLB100-500	1	ea	HABASIT
LOADCELL MOUNT COVER	sts304	1	ea	Polishing
PULLEY	sts304	1	ea	
PULLEY SHAFT	sts304	1	ea	
BASE BODY	sts304	1	ea	Polishing
PULLEY HOLDER	sts304	2	ea	Polishing
SUPPORT BKT	sts304	2	ea	Polishing
SUPPORT BKT SPACER	sts304	1	ea	Polishing
MOUNT BASE	sts304	1	ea	
BODY SPACER SHAFT	sts304	4	ea	
ROLLER	sts304	1	ea	
ROLLER HOLDER	sts304	2	ea	Polishing
ROLLER SHAFT	sts304	1	ea	
DRAW LATCH	PS32	2	ea	MISUMI
LOADCELL	AD-4212C-610 0 (6kg)	1	ea	AND
CLAMP HANDLE	sts304,	1	ea	BUYOUNG
POWER LOCK	sts304, MLHS8	1	ea	MISUMI
POWER LOCK	sts304,	1	ea	MISUMI

	MLHS10			
BEARING	SFL678ZZ-sts	2	ea	MISUMI
BEARING	6800ZZ-sts	2	ea	NSK
분동	M1 set 분동	1	LOT	AND
BOLT, ETC	sts304	1	LOT	STD

3) 중앙 컨베이어

명칭	규격/재질	수량	단위	비고
IDLE ROLLER	sts304	1	ea	
CV BODY	sts304	1	ea	Polishing
FIX PIN-1	sts304	7	ea	
FIX PIN-2	sts304	8	ea	
MOTOR BKT	sts304	1	ea	Polishing
SIDE BKT-1	sts304	1	ea	Polishing
SIDE BKT-2	sts304	1	ea	Polishing
SIDE BKT-3	sts304	1	ea	Polishing
SIDE BKT-4	sts304	1	ea	Polishing
GUIDE BKT-1	sts304	1	ea	Polishing
GUIDE BKT-1	sts304	1	ea	Polishing
이물받침 POST	sts304	2	ea	
이물받침대	sts304	1	ea	Polishing
CV SPT	sts304	1	ea	Polishing
MOTOR COVER	sts304	1	ea	Polishing
BUSH NUT	sts304	1	ea	
SIDE SEPERATE BKT-1	sts304	1	ea	Polishing
SIDE SEPERATE BKT-2	sts304	1	ea	Polishing
SIDE SEPERATE BKT-2	sts304	1	ea	Polishing
BELT (1460*94*1.4T)	urethane PHPLB100-500	1	ea	HABASIT
CLAMP HANDLE	sts304,	1	ea	부영금속
MOTOR	BLDC 20w, XBM620G	1	ea	SPG
GEAR HEAD	i=1:5, XTG65K	1	ea	SPG
COUPLING	SOH-32C-12X1 5K5	1	ea	성일기공
COUPLING COVER	sts304	1	ea	Polishing
BEARING HOUSING	sts304	2	ea	
DRIVE SHAFT	sts304	1	ea	
END CAP	sts304	1	ea	
BEARING	6001ZZ-sts	2	ea	NSK
ROLLER	sts304	1	ea	

IDLE SHAFT	sts304	1	ea	
ROLLER SIDE BKT-1	sts304	1	ea	Polishing
ROLLER SIDE BKT-2	sts304	1	ea	Polishing
GAP RING	sts304	2	ea	
BODY SPACER SHAFT	sts304	1	ea	
BEARING	6800ZZ-sts	2	ea	NSK
BOLT, ETC	sts304	1	LOT	STD

4) 배출 컨베이어

명칭	규격/재질	수량	단위	비고
IDLE ROLLER	sts304	1	ea	
CV BODY	sts304	1	ea	Polishing
MAIN BKT	sts304	1	ea	Polishing
SIDE BKT-1	sts304	1	ea	Polishing
SIDE BKT-2	sts304	1	ea	Polishing
SIDE BKT-3	sts304	1	ea	Polishing
MOTOR BKT	sts304	1	ea	Polishing
이물받침대	sts304	1	ea	Polishing
BELT (2430*94*1.4T)	urethane PHPLB100-500	1	ea	HABASIT
BUSH NUT	sts304	1	ea	
FIX PIN	sts304	1	ea	
MOTOR	BLDC 20w, XBM620G	1	ea	SPG
GEAR HEAD	i=1:5, XTG65K	1	ea	SPG
COUPLING	SOH-32C-12X1 5K5	1	ea	성일기공
CLAMP HANDLE	sts304,	1	ea	부영금속
CENTER CHUTE-1	sts304	1	ea	Polishing
BEARING HOUSING	sts304	2	ea	
DRIVE SHAFT	sts304	1	ea	
END CAP	sts304	1	ea	
BEARING	6001ZZ-sts	2	ea	NSK
SCRAPPER	TEFLON	1	ea	
ROLLER	sts304	1	ea	
IDLE SHAFT	sts304	1	ea	
ROLLER SIDE BKT-1	sts304	1	ea	Polishing
ROLLER SIDE BKT-2	sts304	1	ea	Polishing

GAP RING	sts304	2	ea	
BODY SPACER SHAFT	sts304	1	ea	
BEARING	6800ZZ-sts	2	ea	NSK
BOLT, ETC	sts304	1	LOT	STD

5) 분배 컨베이어

명칭	규격/재질	수량	단위	비고
CYLINDER BODY	sts304	1	ea	Polishing
MAIN BRACKET	sts304	1	ea	Polishing
SCRAPPER	TEFLON	1	ea	
SPEED CONTROLLER	AS1201F-M5-0 6A	2	ea	SMC
AIR CYLINDER	MXQ20A-150Z- M9N	1	ea	SMC
SHOCK ABSORBER	MXQA-JS20	1	ea	SMC
SHOCK ABSORBER	MXQA-JT20P	1	ea	SMC
SENSOR	PR30-15DN	2	ea	AUTONICS
BUZZER-1	HY-306-24	1	ea	한영넥스
SOL VALVE	SY3220-5LZ-C6	1	ea	SMC
FITTING	KQ2L06-02GS1	2	ea	SMC
REGULATOR	AR20-02BG-A	1	ea	SMC
비산방지 COVER	sts304	1	ea	Polishing
DRAW LATCH	PS32	2	ea	MISUMI
MOTOR	BLDC 20w, XBM620G	1	ea	SPG
GEAR HEAD	i=1:5, XTG65K	1	ea	SPG
MOTOR COVER	sts304	1	ea	Polishing
SPUR GEAR COVER	sts304	1	ea	Polishing
PINION COVER	sts304	1	ea	Polishing
SPUR GEAR	sts304	1	ea	
PINION	sts304	1	ea	
MOTOR BKT-1	sts304	1	ea	Polishing
MOTOR BKT-2	sts304	2	ea	Polishing
MOTOR BKT-3	sts304	3	ea	Polishing
BELT (675*94*1.4T)	urethane PHPLB100-500	1	ea	HABASIT
PULLEY	sts304	1	ea	
PULLEY SHAFT	sts304	1	ea	
BASE BODY	sts304	1	ea	Polishing
PULLEY HOLDER	sts304	2	ea	Polishing
SUPPORT BKT	sts304	2	ea	Polishing
SUPPORT BKT	sts304	1	ea	Polishing

SPACER				
ROLLER	sts304	1	ea	
ROLLER HOLDER	sts304	2	ea	Polishing
ROLLER SHAFT	sts304	1	ea	
CLAMP HANDLE	sts304,	1	ea	BUYOUNG
POWER LOCK	sts304, MLHS8	1	ea	MISUMI
POWER LOCK	sts304, MLHS10	1	ea	MISUMI
BEARING	SFL678ZZ-sts	2	ea	MISUMI
BEARING	6800ZZ-sts	2	ea	NSK
MOVING C/V CHUTE-1	sts304	1	ea	Polishing
MOVING C/V CHUTE-2	sts304	1	ea	Polishing
BOLT, ETC	sts304	1	LOT	STD

6) Main 프레임

명칭	규격/재질	수량	단위	비고
FRAME BODY	sts304, 40*40*2.4T	2	ea	Polishing
PAD	urethane	4	ea	
LEVEL FOOT	SBL76-M16*130	8	ea	부영금속
CASTER	SGL-75-ASS(60kg)	8	ea	부영금속
COVER	sts304	2	ea	Polishing
UPPER PLATE	sts304	2	ea	Polishing
HINGE	sts304, BY1-4	4	ea	부영금속
HANDLE	sts304, BYGS8100-Y	8	ea	부영금속
REJECT BOX	sts304	8	ea	Polishing
자율안전인증 명판	KCs	1	ea	
SENSOR POST	sts304	2	ea	Polishing
SENSOR BKT	sts304	2	ea	Polishing
COVER BKT	sts304	2	ea	Polishing
EMO BKT	sts304	2	ea	Polishing
EMO	sts304	2	ea	Polishing
BACK-COVER				
BOLT, ETC	sts304	1	LOT	STD

7) OP Panel

명칭	규격/재질	수량	단위	비고
----	-------	----	----	----

OP CASE	sts304	1	ea	Polishing
OP POST-1	sts304	1	ea	Polishing
OP POST-2	sts304	1	ea	Polishing
OP BACK-COVER	sts304	1	ea	Polishing
KNOB	sts304	2	ea	부영금속
HMI(TOUCH PANEL)	FXGP4601TAD	1	ea	PROFACE

8) 전장

명칭	규격/재질	수량	단위	비고
ELEC BOX	sts304	2	ea	Polishing
DOOR	sts304	2	ea	Polishing
INNER PANEL-1(전면)	sts304	2	ea	Polishing
INNER PANEL-2(측면)	sts304	2	ea	Polishing
CAM LCOK	sts304, BYRSC1569-2S WB	8	ea	부영금속
CAM LOCK BKT	sts304	8	ea	
전장 부품				
PLC	CJ1W-DA08V	1	ea	OMRON
PLC IN	CJ1W-ID261 0.00~1.15	1	ea	OMRON
PLC IN	CJ1W-ID261 2.00~3.15	1	ea	OMRON
PLC OUT	CJ1W-OD261 10.00~11.15	1	ea	OMRON
PLC OUT	CJ1W-OD261 12.00~13.15	1	ea	OMRON
MCB	BK63H-2PC2A1 -(2A)	21	ea	LS ELECTRIC
MCB	BK63H-1PC4A1 0(4A)	1	ea	LS ELECTRIC
MCB	BK63H-2PC6A1 0(6A)	1	ea	LS ELECTRIC
MCB	BK63H-1PC20A 10	1	ea	LS ELECTRIC
BLDC DRIVE	XBD20B	20	ea	SPG
ELCB	EBS32Fb-5A	1	ea	LS ELECTRIC
MC	MC-226b(DC24 V COIL)	1	ea	LS ELECTRIC
NOISE FILTER	WYFS10TD	3	ea	WOOYOUNG

NOISE FILTER	WYFS15T1M	1	ea	WOORYOUNG
MCCB	ABS33C-15A	1	ea	LS ELECTRIC
SMPS	S8VK-S06024	1	ea	OMRON
SMPS	S8VK-S48024	1	ea	OMRON
SPD	NSBP/B-A320- 20-2	1	ea	NTC
SWITCH	KGX-JAV21W	2	ea	KGAUTO
RELAY	LY4N-D2	1	ea	OMRON
RELAY SOCKET	PTF14A	1	ea	OMRON
EMO SWITCH	A22E-M-24-EM O	3	ea	OMRON
EMO GUARD RING	A22Z-EG1	3	ea	OMRON
SWITCH	KGX-JMD22B	1	ea	KGAUTO
SAFETY	G9SX-BC202-R C DC24	1	ea	OMRON
SAFETY RELAY	G75A-3A3B	2	ea	OMRON
SAFETY RELAY SOCKET	P7SA-14F-ND	2	ea	OMRON
RELAY	R4T-G6D	17	ea	IOLINK
32POINT	XTB Series	4	ea	SAMWONACT
IO CABLE	C40HF-70PB-1 /SD	2	ea	IOLINK
IO CABLE	C40HF-70PB-3 /SD	2	ea	IOLINK

4. 준양산규모 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비의 시운전

설비의 운전 과정은 다음과 같으며, 작업 편의성을 최우선으로 반영하였다.

- 1) 레시피를 입력 및 등록하고, 원하는 레시피를 불러온다.
- 2) '자동모드' 버튼을 눌러 자동운전 준비를 한다.
- 3) '전체영점' 버튼을 눌러 로드셀 영점 셋팅 후 중량값이 0인지 확인한다.
- 4) 작업자가 로드셀 컨베이어에 원물(고형물)을 투입한다.
- 5) 연동된 포장기 가동 준비가 완료되면 '운전시작' 버튼을 누른다.
- 6) 조합연산하여 배출된 비어있는 로드셀컨베이어에 원물을 투입한다.
- 7) 작업이 종료될 때까지 6)의 작업을 반복한다.

다만, 레시피 등록시 세부항목에 대해서는 원물별 테스트를 통하여 세부 값을 셋팅해야 하였다. 예를 들면, 기준 50g을 투입하고자 하였을 때 상한값과 하한값의 범위가 적고 원물(고형물)이 크고 비정형일 경우 조합 불가능한 경우의 수가 굉장히 많았다. 이러한 경우 조합셀의 수를 줄여 1~2개 로드셀로만 투입하여 배출하거나 개별 로드셀의 상한값과 하한값을 조정하며 최적의 조건을 찾아야 하였다. 이 부분은 본 설비 대량생산시 다양한 원물에 대하여 최적 레시피 셋팅 방법을 고안하여 차후 설비에서는 쉽게 셋팅할 수 있도록 하고자 한다.

5. 결론

다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비의 설계 및 완성된 설비의 내용은 다음과 같다.

1) 조합스케일 + 공급부 모듈화 컨셉과 조합스케일 + 컨베이어 벨트 컨셉의 Demo 설비 테스트를 진행한 결과, 공급부 모듈화를 통한 원물 특성에 맞는 공급부를 적용하는 방식은 다양한 원물 적용에는 제한적이었으며, 컨베이어 벨트의 경우 로드셀과 접촉하여 대부분의 원물(고형물)을 강제 이송시킴과 동시에 안정적인 중량계량이 가능하여 본 과제의 가장 큰 목표인 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 기술에 더욱 부합하는 조합스케일 + 컨베이어 벨트 컨셉으로 설계하였다.

2) 설비 특성상 설비 표면에 원물(고형물)이 직접 접촉하여 사용시간에 따른 미생물 증식가능성이 있어 청소 및 관리가 용이한 구조로 설계하였다. 특히, 청소가 용이하며 청소시간 단축을 위해 설비의 분해가 용이하도록 설계에 반영하였으며, 분해가 안되는 본체 부분의 경우 물청소가 가능하도록 방수 성능을 고려하였다.

3) 원물(고형물) 충전 자동화 설비로 계량 능력 확보를 위하여 계량부와 본체부 간 간섭이 없도록 배선정리 및 구조 설계하였다.

4) 통상, 고형물 충전설비는 내포장기와 연동되어 운영되는 설비로 기존의 생산속도와 동등수준인 43 ea/min의 생산능력으로 설계하였다. 단, 향후 제작 예정인 설비는 생산능력 향상을 통한 제품경쟁력 확보를 위하여 45~50 ea/min 수준으로 설계 예정이다.

5) 통상 기존의 고형물 충전 자동화설비는 원형 타입 혹은 리니어 타입으로 한번에 1가지 원료만 충전하고 있으나, 본 설비는 공간효율 및 생산성 극대화를 위하여 중앙의 공통으로 사용하는 배출컨베이어를 중심으로 대칭 설계하여 한번에 2가지 원료를 공급할 수 있도록 설계하였다.

6) 설비의 운전은 작업자가 터치스크린의 버튼 2~3번만 누르면 연속적인 자동투입이 가능하도록 단순화하였다.

7) 상기의 기본 개념을 갖는 준양산수준의 분당 43ea/min의 생산속도와 다양한 원물(고형물)을 충전이 가능한 원물(고형물) 충전 자동화 설비를 개발하여 제작하였다.

제3절 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비 기술 평가

1. 서설

다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비 제작을 완료하여 기술 평가 및 검증을 진행하였다.

먼저, '2022년도 고부가가치 식품기술개발사업' 시행계획 공고의 핵심성능 지표의 목표수준을 정하였으며, 성능 평가 방법 및 환경에 대해 정의하여 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 기술의 핵심 성능을 검증하고자 하였다.

다음으로는 본 과제를 검토하면서 추가적으로 검증이 필요하다고 판단한 청소를 포함한 Parts 교체시간, 미생물 관리, 청소방법 등에 대해 지표화 또는 표준(기준)을 수립하고자 하였다.

2. 평가 항목 및 방법

본 설비의 평가항목은 아래 <표 8>과 같이 설정하였다. 국내 최고수준과 국외 최고수준은 '2022년도 고부가가치식품기술개발사업 시행계획 공고'의 제안요구서에 표현된 수치이며, 4번 항목의 Change Parts 교체 시간은 추가로 설정하였다.

다만, 제안요구서에 표현된 국내/국외 최고수준의 수치는 다양한 형태의 설비를 합한 수치로 판단되며, 앞서 제1장의 <표1. K-HMR 제품현황>에서 표현한 것과 같은 K-HMR 중 즉석조리식품을 대상으로 목표를 수립하였다.

<표 8> 핵심 목표 성능

핵심기술/제품 성능 지표		단위	국내 최고수준	국외 최고수준	달성목표
1	총진량 조절 범위	g/1회	20~1,000g	5~200,000g	5~150g
2	생산량(총진속도)	ea/min	피스톤방식의 경우 5~6	포장기 연동 안됨	25
3	중량편차(100g 기준) - 총진 후 최대, 최소 중량 편차	g	±10%	±5%	±5%
4	Change Parts 교체 시간	분	1~2시간	1~2시간	1시간

위의 <표 3>의 핵심 목표 성능의 평가방법은 아래 <표 9>와 같이 과제제안서의 내용과 동일하게 설정하여 평가 검증을 진행하였다.

<표 9> 핵심 목표 성능 평가 조건

구분	평가항목	평가방법	평가환경
1	총진량 조절범위	최소 중량 5g ~ 최대 중량 200g 투입량 조절이 가능한지 확인하며, 이때 중량편차가 5% 이내로 관리가 가능여부 확인 (중량 상/하한 이탈율5% 이내)	1) 선정 고형물 대상 중량 조절 측정 2) 5g / 30g / 100g / 200g 총진 3) 중량 상/하한치목표 ±5% 설정 4) 총진속도는 고려하지 않음.
2	생산량	분당 생산속도가 25개 이상 총진 가능여부 확인 (중량 상/하한 이탈율5% 이내)	1) 고형물 투입중량 35g 기준 2) 중량 상/하한치목표 ±5% 설정
3	중량편차	편차 5% 이내 총진 가능 확인 (중량 상/하한 이탈율5% 이내)	1) 고형물 투입중량 90g 기준 2) 중량 상/하한치목표 ±5% 설정
4	Change Parts 교체 시간	청소/유지보수를 위한 Change Parts 교체시간이 1시간 이내 가능여부 확인	1) 설비교육 이수한 현장 작업자가 진행 2) 부품 해체 후 조립까지 시간 측정

위의 <표 8> 핵심 목표 성능 외 설비 사용시간에 따른 미생물 증식 수준 검증, 청소 표준, 시간당 작업자의 생산량을 추가로 점검하였으며 향후 상업화 진행시 가이드라인으로 제공하고자 하였으며, 점검 방법은 다음과 같다.

첫째, 설비 사용시간에 따른 미생물 증식 수준은 실제 설비를 상업화하였을 때 장시간 사용에 따른 미생물 오염에 의하여 완제품의 미생물 규격 이탈 가능성이 있다. 특히 고형물 충전 자동화 설비의 경우 고형물 투입 후 잔유물들이 설비의 틈새나 바닥 및 주변에 잔류하며 미생물 오염에 취약하다. 이에따라, 시간 경과에 따른 원물별 미생물 증식 수준을 확인하여 청소 기준을 수립하고자 하였다.

점검 방법은 아래의 순서로 진행하였다.

- 1) 고형물 자동 충전 설비의 외관을 점검하여 원물(고형물) 잔여물이 남는 수준 및 퇴적되는 개소를 확인하였다.
- 2) 고형물 자동충진설비의 청소직후 고형물 직접 접촉 개소인 컨베이어 벨트의 미생물 수준을 측정하였다.
- 3) 고형물 자동충진설비의 원물(고형물) 잔여물의 시간경과에 따른 미생물 변화 수준을 측정하였다. 본 설비를 설치한 사업장은 레토르트 제품을 생산하는 공정으로 레토르트 전 미생물 수준의 관리가 필요하므로, 일반세균과 내열성 균을 분석하였다. 미생물 분석법은 식품공전을 따랐다.

둘째, 24시간 가동되는 사업장에 본 설비를 설치하여 검증하였으며 청소표준이 없을시 작업자별 청소 시간, 방법에 차이가 있어 향후 문제발생시 원인파악이 어려워질 수 있다. 이에따라, 설비 청소 관리에 대한 기준이 필요하며, 미생물 및 설비 외관 오염도 수준을 점검한 결과를 바탕으로 청소기준 및 방법 수립 및 표준화가 필요하였다.

청소 표준에 대한 점검 방법 및 기준은 아래의 순서로 진행하였다.

- 1) 대기시간에 따른 미생물 오염도 수준 확인
- 2) 사용시간에 따른 원물(고형물)의 잔여물 등 외관 오염 수준 확인
- 3) 전체 청소 기준 및 방법 수립
- 4) 부분 청소 기준 및 방법 수립
- 5) 청소표준 수립

셋째, 통상 자동화 설비는 작업인원 축소를 통한 인건비 절감 또는 생산성 향상을 통한 가공비 절감을 하거나 제품의 품질 편차를 줄이기 위해 적용되며, 원물 충전 자동화설비의 경우 인건비 절감 목적이 크다. 이에따라, 본 설비 적용시 시간당 작업자의 생산량이 증가하는지를 확인하고자 하였다.

시간당 작업자의 생산량 증가여부 확인 방법은 아래의 순서로 진행하였다.

- 1) 기존 수작업, 시간당 1개 라인의 생산량 확인 (중량선별기 정상 통과 기준)
- 2) 자동화 설비, 시간당 1개 라인의 생산량 확인 (중량선별기 정상 통과 기준)

3. 결과 및 고찰

가. 충전량 조절범위 검증

개별 로드셀의 중량측정은 0.1g 단위로 최대 6.1kg 중량까지 측정가능한 것으로 반영하였으며, 로드셀에 측정되는 로드셀 마운트, 컨베이어벨트, 컨베이어 가이드, 모터 등의 무게가 약 4.879 kg으로 고형물은 로드셀별 최대 1.2 kg까지 측정이 가능하다. 또한, 조합스케일 특성상 여러셀을 조합계산하여 동시투입 가능하며 생산성 고려시 통상 3개의 로드셀을 조합하므로 이론상 3.6 kg까지 충전이 가능하다. 하지만, 본 과제에서는 컨셉검토 당시 제 1장의 <표 1>과 같이 1kg 이하의 즉석조리식품의 HMR 제품을 대상으로 하였으며, 통상 고형물 종류별 무게가 최대 200g 이하(최대 300g) 수준이었다. 이에따라, 해당 원물(고형물) 크기에 맞춰 컨베이어 벨트 폭은 10cm, 가이드의 높이 7cm로 소폭 여유있게 설계하였다. 컨베이어 벨트의 크기가 클 경우, 컨베이어 이동시 낙하 폭 증가에 따른 두부와 같은 연질성 원물의 파손 가능성이 있을 것으로 판단하였으며, 건조 원물 등 밀도가 낮아 같은 중량 대비 부피가 큰 원물을 위한 벨트 길이와 폭이 증가될 경우 투입부까지의 이송시간이 증가하여 생산성이 저하될 것으로 판단하였다. 위에서 설명한 크기를 갖는 컨베이어 벨트에는 약 2cm의 큐빅 두부가 기준 셀당 최대 150g 수준으로 투입 가능하였으며, 3개 로드셀 조합 연산시 최대 450g의 두부를 충전할 수 있었다. 또한, 데친 시래기와 같은 나물류의 경우 로드셀당 200g 이상 투입이 가능하였으며, 찢은 육류 및 슬라이스 육류의 경우에도 로드셀당 250g 투입 가능하여 최대 600g, 750g의 고형물 충전이 가능하였다. 다만, 셀당 투입량이 많을수록 셀에 공급해주는 시간이 증가하여 생산속도는 분당 10~20개 수준으로 크게 감소하였다.

본 설비로 실제 현장 실증에 적용한 제품의 경우 두부 충전량은 90g과 35g이었으며, 슬라이스 소세지 15g, 순대 95g, 엽통 25 g 수준이었다. 본 설비를 설치한 곳은 HMR 국물요리 및 죽을 주로 생산하는 사업장으로 파우치 생산라인에 적용하였으며, 생산되는 제품의 중량은 450g ~ 500g이며 투입되는 원물(고형물) 종류별 중량은 통상 10g ~ 100g 수준(그 외 중량은 소스 또는 조제육수)이었다.

이처럼 국내 소비자용 HMR 제품(특히 국물요리, 죽과 같은 즉석조리식품)의 원물(고형물) 중량범위에는 대부분 적용 가능하였으며, 향후 사업화 진행시 해당 사업장 원물(고형물) 크기에 맞춰 컨베이어 크기를 조절하여 투입 중량 1kg 이상의 원물 충전도 가능할 것이다. 단, 로드셀의 경우 고형물 충전설비에 통상 사용하는 중량범위의 기성품을 사용할 경우 로드셀 제조업체별 소폭 차이는 있으나 보통 정격용량이 1kg, 2kg, 3kg, 6kg, 10kg, 20kg, 50kg, 100kg 단위로 증가하며 로드셀별 중량 측정 허용오차범위가 정격용량별 0.03% ~ 0.05% 수준으로 동일하여 오차중량이 증가될 수 있어 설계 반영시 주의가 필요하다.

나. 생산량(생산속도) 검증

현장 실증 사업장의 파우치를 포장하는 내포장기와 연동하였으며, 해당 설비는 듀얼 충전노즐을 갖고 있는 설비로 단순 설비의 최대 충전 속도는 50ea/min이나 고형물 수작업 충전시 통상 40~43 ea/min으로 당초 본 과제의 과제제안 당시 준

양산이 가능한 수준의 설비를 목표로 싱글노즐 사업장에 설치예정이었으나, 설계 과정에서 설비의 크기가 소폭 증가하여 다른 작업자의 공간에 영향을 주게되어 현재 적용한 사업장으로 변경하였다. 목표 생산량의 경우, 기존 핵심 목표성능으로 하였던 25ea/min 보다 높은 40ea/min 속도로 변경하였으며, 상세 설계과정에서 설비의 모터 속도 등 기구적 성능 향상 및 제어프로그램 보완 등을 통해 목표를 달성하고자 하였다.

본 설비로 실제 본생산 제품에 적용하여 생산량 검증을 진행하였으며 두부 32g 이 투입되는 제품으로 총진 Test 결과, 상한값 39g, 하한값 32g 설정시 분당 43ea 총진이 가능하였으며 조합연산을 통해 기준값 이내의 값만 배출하는 설비 특성상 중량이탈율은 없었다. 다만, 컨베이어 이송과정에서 두부가 머금은 수분의 이수현상으로 인하여 실제 투입부에서 배출되는 두부의 중량은 조합연산에서 계산된 중량 대비 약 0.5g ~ 1g 정도 감소하는 현상이 보였으며, 수작업 투입에서도 동일 현상으로 실제 중량 투입을 1g 상향하여 투입하는 것으로 조건 설정하였다.

상기 내용과 같이 분당 43ea 수준의 생산속도는 대다수의 사업장 생산속도에 대응이 가능한 수준이다. 다만, 일부 제품의 경우 43ea 이상의 생산속도로 포장하므로 본 설비에서는 내포장설비의 컵피더 라인의 2열 중 1열만 총진셋팅이 가능하도록 하여 1열 대응도 가능하도록 하였다. 또한, 향후 사업화 설비는 해당 사업장의 요구 생산속도에 맞춰 벨트 속도 개선, 원물(고형물) 이동동선 합리화 등을 통하여 통상 내포장기 생산 최대속도인 50ea/min 수준으로 상향하고자 한다.

다만, 다열 용기 총진라인과 같이 1회 원물(고형물) 총진시 3~10열을 동시에 총진하는 라인과 같은 경우 본 설비 컨셉으로 적용이 어려우며, 다열 동시 총진 방식의 경우 통상 1회 투입 대기시간이 상대적으로 길어 조합연산 방식이 아닌 로드셀 컨베이어 1set와 총진라인 1열을 1:1 매칭하여 총진하는 방식으로 설계 변경할 경우 대응이 가능할 것으로 판단된다.

다. 중량편차

투입 중량 편차에 관해서 앞서 나. 생산량 검증에서 언급한 것과 같이 조합연산을 통해 기준값 이내의 값만 배출하는 설비 특성상 조합이후 중량 상한값과 하한값을 셋팅한 경우 중량이탈율은 없었다. 중량편차 검증을 위하여 다음 3가지 제품에 대한 실제 본생산 적용을 통하여 중량 편차 데이터를 측정하였다.

먼저 두부 90g이 투입되는 제품 기준, 두부 투입 상한값 99g, 하한값 90g 설정시 분당 평균 35ea/min 속도를 유지할 수 있었으며, 타 원물(고형물) 수작업 투입 속도에 맞춰 검증하였다. 두부는 각 면의 길이가 약 2cm 정도되는 다이스 형태의 조각두부를 사용하였으며, 두부 특성상 손으로 질 경우 으깨지는 현상이 있어 작업 편의성 및 외관품질 향상을 위하여 물에 넣어 준비하였다. 중량편차 검증 결과 아래 <표 10>과 같이 중량이탈은 없었으며, 물에 담근 두부 특성상 컨베이어 라인에서 이수현상으로 인하여 물이 빠져 1~2g 정도 측정값 대비 감량되었다. 이에따라 투입기준을 92g 상향하였다. 정상적으로 배출된 원물(고형물)의 조합 중량 평균은 93.93 g, 편차는 -3.83g ~ 3.77 g 이었다. 표준편차는 1.7로 안정적

인 수준으로 확인하였다. 당초 과제제안 당시 중량편차 목표성능 평가방법 및 평가환경은 감자다이스 기준, 투입중량 100g ± 5%였으나, 적용사업장이 변경되면서 감자다이스 미사용 사업장으로 현장에서 생산중인 제품으로 변경하여 검증하였다. 감자 다이스와 조각두부의 형상은 유사하며, 조각두부가 굉장히 무른 성상을 갖고 있어 기준이 더 강화되었다고 판단하였다. 또한, 투입중량도 100g ± 5%에서 90g ± 5%으로 변경하여 성능 검증에는 충분하다 판단하였으며, 적용 사업장에서 반복생산 제품으로 검증하여 반복성 검증도 진행할 수 있었다.

<표 10> 조각두부 90g 중량 측정 결과

투입원물		슬라이스 소세지	
투입기준	92g	중량설정 범위	90 ~ 99 g
설비 측정			비고
측정	편차		
92.7	-	1.23	
93.1	-	0.83	
94.7		0.77	
94.7		0.77	
94.3		0.37	
93.9	-	0.03	
93.8	-	0.13	
93.8	-	0.13	
93.7	-	0.23	
92.9	-	1.03	
91.9	-	2.03	
92.6	-	1.33	
93.3	-	0.63	
94.6		0.67	
94.9		0.97	
92.7	-	1.23	
93.8	-	0.13	
94.8		0.87	
95.2		1.27	
91.8	-	2.13	
92.2	-	1.73	
94.4		0.47	
93.5	-	0.43	
95.3		1.37	
95.4		1.47	
95		1.07	
91.3	-	2.63	
93.6	-	0.33	
95.8		1.87	
96.2		2.27	
92.7	-	1.23	
94.2		0.27	

97.7		3.77
94.8		0.87
90.1	-	3.83
95.3		1.37
90.6	-	3.33
94.8		0.87
95.2		1.27
97		3.07
92.5	-	1.43
90.8	-	3.13
92.2	-	1.73
96.4		2.47
94		0.07
92.2	-	1.73
95.7		1.77
96.7		2.77

둘째, 앞서 생산성 검증에서 두부 32g이 투입되는 제품 기준, 상한값 39g, 하한값 32g 설정하였다. 두부는 앞서 검증한 조각 두부와 동일 규격의 두부를 사용하였으며, 작업환경도 동일하게 진행하였다. 중량편차 검증 결과 아래 <표 11>과 같이 중량이탈은 없었으며, 정상적으로 배출된 원물(고형물)의 조합 중량 평균은 34.03 g, 편차는 -1.03 g ~ 1.47 g 이었다. 표준편차는 0.617로 안정적인 수준으로 확인하였다.

<표 11> 조각두부 32g 중량 측정 결과

투입원물		슬라이스 소세지	
투입기준	32g	중량설정 범위	32 ~ 39 g
설비 측정			비고
측정	편차		
33.7	- 0.33		
33.6	- 0.43		
34.5	0.47		
33.1	- 0.93		
33.5	- 0.53		
34.6	0.57		
34.5	0.47		
34.0	- 0.03		
34.4	0.37		
33.5	- 0.53		
34.5	0.47		
33.1	- 0.93		
33.6	- 0.43		
33.6	- 0.43		
34.5	0.47		
34.1	0.07		

35.5		1.47	
33.3	-	0.73	
34.6		0.57	
34.1		0.07	
34.5		0.47	
34.5		0.47	
34.5		0.47	
33.1	-	0.93	
34.5		0.47	
34.9		0.87	
34.8		0.77	
33.1	-	0.93	
33.5	-	0.53	
33.5	-	0.53	
34.6		0.57	
33.1	-	0.93	
34.5		0.47	
33.5	-	0.53	
34.6		0.57	
34.1		0.07	
34.6		0.57	
33.6	-	0.43	
34.7		0.67	
34.0	-	0.03	
33.6	-	0.43	
34.3		0.27	
34.5		0.47	
33.1	-	0.93	
34.6		0.57	
33.5	-	0.53	
34.3		0.27	
33.0	-	1.03	

마지막으로 슬라이스 소세지 15g 충전시 하한치 15g, 상한치 20g 설정 후 생산에 적용하였을 때 분당 최대 43ea, 평균 37ea 수준으로 충전 가능하였으며 아래 <표 12>와 같이 중량이탈은 없었으며, 정상적으로 배출된 원물(고형물)의 조합 중량 평균은 16.4g, 편차는 -1.35g ~ 3.64g이었다. 표준편차는 1.12로 안정적인 수준이었다. 다만, 슬라이스 소세지 특성상 표면적이 넓고, 유분기를 함유하고 있어 슈트 표면에 붙는 현상이 발생되었으며, 이로 인하여 간헐적으로 1회 투입시 1~2개 정도 슈트나 컨베이어 가이드 상에 붙어 미투입되거나 잔류물이 다음 투입 원물과 함께 추가 투입되는 현상이 있었다. 앞서 Demo 설비 제작단계에서 검증하였던 흐름판과 같이 엠보 형태의 표면을 갖거나 테프론 코팅 또는 테프론 가이드를 추가하는 것이 필요하다 판단되며 추가 실험을 통한 검증을 진행할 예정이다.

<표 12> 슬라이스 소세지 중량 측정 결과

투입원물		슬라이스 소세지		
투입기준		15g	중량설정 범위	15~20 g
설비 측정		실측(전자저울)	차이	비고
측정	편차			
20.0	3.64	20.0	0.0	
15.7	- 0.66	15.5	0.2	
15.3	- 1.06	17.5	2.2	
16.1	- 0.26	18.5	2.4	
16.7	0.34	16.5	0.2	
15.9	- 0.46	16.0	0.1	
16.4	0.04	16.5	0.1	
16.7	0.34	17.5	0.8	
15.0	- 1.36	15.0	0	
17.8	1.44	18.0	0.2	
19.9	3.54	14.5	5.4	소세지 2ea 벨트 잔류
18.4	2.04	18.5	0.1	
15.5	- 0.86	15.5	0	
15.4	- 0.96	15.5	0.1	
15.4	- 0.96	14.5	0.9	
16.4	0.04	19.5	3.1	잔류물 1ea 추가 투입
15.3	- 1.06	13.0	2.3	소세지 1ea 슈트 잔류
15.2	- 1.16	15.0	0.2	
15.1	- 1.26	15.0	0.1	
17.7	1.34	18.0	0.3	
16.0	- 0.36	16.0	0	
16.2	- 0.16	16.0	0.2	
16.3	- 0.06	16.5	0.2	
15.7	- 0.66	16.0	0.3	
16.0	- 0.36	16.0	0	
17.0	0.64	17.0	0	
15.2	- 1.16	15.0	0.2	
16.8	0.44	14.0	2.8	소세지 1ea 슈트 잔류
17.6	1.24	17.5	0.1	
15.0	- 1.36	15.0	0	
15.6	- 0.76	14.5	1.1	
15.7	- 0.66	18.5	2.8	잔류물 1ea 추가 투입
17.7	1.34	17.5	0.2	
15.9	- 0.46	16.0	0.1	
15.6	- 0.76	15.5	0.1	
15.9	- 0.46	16.5	0.6	
16.1	- 0.26	16.5	0.4	
15.4	- 0.96	15.5	0.1	
17.0	0.64	17.0	0	

16.6	0.24	16.5	0.1	
17.1	0.74	17.5	0.4	
16.4	0.04	16.5	0.1	
15.8	- 0.56	16.0	0.2	
15.2	- 1.16	15.5	0.3	
16.0	- 0.36	17.5	1.5	
17.2	0.84	18.0	0.8	
17.4	1.04	17.5	0.1	
15.4	- 0.96	15.5	0.1	
17.3	0.94	17.0	0.3	
17.5	1.14	17.5	0	
15.8	- 0.56	16.0	0.2	
16.4	0.04	17.0	0.6	
15.6	- 0.76	15.5	0.1	
15.4	- 0.96	15.5	0.1	
17.9	1.54	19.0	1.1	

다만, 통감자와 같은 개별중량이 크고 비정형인 원물(고형물)과 같이 개별 원물의 중량이 허용오차보다 클 경우, 연산이 불가능한 경우가 발생하거나 리젝팅 횟수가 증가하여 생산성 또한 저하되었다. 이에 따라, 개별중량이 크고 비정형인 원물(고형물)의 경우에는 원물 특성에 따라 상한값과 하한값의 범위를 넓혀주어야 할 것으로 판단된다.

또한, 로드셀의 허용오차에 따른 소량투입 원물의 경우에도 중량편차가 증가할 가능성이 있다. 앞서 가. 총진량 조절범위 검증 부분에서 언급한 것과 같이 로드셀 기성품의 경우에는 로드셀 제조업체별 소폭 차이는 있으나 보통 정격용량이 1kg, 2kg, 3kg, 6kg, 10kg, 20kg, 50kg, 100kg 단위로 증가하며 로드셀별 중량 측정 허용오차범위가 정격용량별 0.02% ~ 0.05% 수준으로 동일하여 본 설비에 적용한 로드셀의 허용오차가 0.03%이므로 각각의 로드셀에서 발생될 수 있는 중량편차는 정격용량 1kg의 경우 허용오차 0.3g, 2kg의 경우 0.6g, 3kg의 경우 0.9g, 6kg의 경우 1.8g, 10kg의 경우 3g까지 발생할 수 있다. 본 과제에서는 정격용량 6kg 로드셀을 사용하여 허용오차 1.8g까지 중량오차가 발생될 수 있다. 하지만 실제 200g 분동을 활용하여 로드셀별로 반복측정한 결과 아래 <표 13>과 같이 측정값은 약 0.1g 차이 수준으로 실제로는 로드셀이 표현하지 못하는 소숫점 둘째자리의 편차가 있는 것으로 판단된다. 또한, 로드셀 사양상 정격중량의 오차 범위가 0.03%로 최대 1.8g의 오차가 발생할 수 있으나 반복검증 결과 이론치 보다 정밀하게 측정할 수 있음을 확인하였다.

<표 13> 200g 분동 반복 측정 결과

투입원물			
분동		200g	
설비 측정		로드셀	
측정결과			
200.0	199.9	199.9	200.0
200.0	199.9	200.0	199.9
200.0	200.0	200.0	199.9
200.0	200.0	199.9	200.0
199.9	199.9	200.0	199.9
199.9	199.9	199.9	200.0
199.9	200.0	199.9	200.0

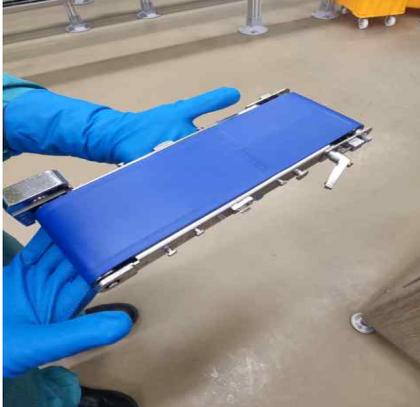
향후 사업화 진행시 적용사업장의 제품이 현장실증 사업장과 유사할 경우 로드셀에 중량측정이 되는 기구부를 경량화 설계를 하여 정격용량 3kg의 로드셀을 적용할 예정이다. 예를들면, 컨베이어 롤러 재질을 현재 스테인레스스틸에서 수지계 열로 변경하거나, 컨베이어 벨트 크기 축소 및 단순화, 모듈화를 통하여 중량감소를 통한 현재의 4.879 kg 수준의 기구부를 2.5 kg 이하로 경량화하여 추가되는 고형물의 셀당 중량 500g을 포함하여 3kg 로드셀을 사용할 수 있도록 할 예정이다.

라. Change Parts 교체시간

Change Parts 교체시간의 경우 크게 로드셀 컨베이어 부분, 조합 및 배출 컨베이어, 분배 컨베이어 및 본체프레임으로 구분할 수 있다.

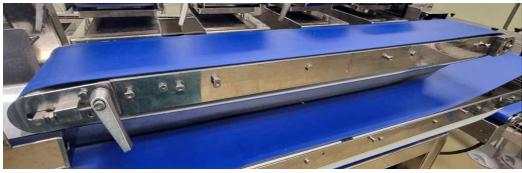
먼저, 로드셀 컨베이어의 경우 로드셀에서 분리하고 벨트를 해체한 뒤 새로운 벨트로 재조립하는데 20초 가량 소요되었다. 아래 <표 14>와 같은 순서로 해체할 수 있다. 컨베이어 가이드를 제거한 뒤 컨베이어벨트 프레임과 로드셀 마운트를 고정해주는 토글클램프를 해제하면 손쉽게 탈착이 가능하며, 컨베이어 벨트의 경우 고정볼트를 해제할 경우 프레임 앞부분이 위로 들려 측면으로 벨트를 쉽게 분리가 가능하다. 조립은 분해의 역순으로 진행한다.

<표 14 로드셀컨베이어 해체 모습>

구분	내용	구분	내용
1		2	
	청소 준비		가이드 제거
3		4	
	로드셀에서 컨베이어 프레임 분리		벨트 분리
5		※ 조립은 역순으로 진행한다.	
	벨트 제거 및 청소		

다음으로 조합 및 배출 컨베이어의 경우 컨베이어 프레임이 본체에 고정되어 있는 형태로 로드셀 컨베이어와 동일하게 아래 <표 15>와 같이 프레임 앞부분의 고정볼트를 해제하면 프레임 앞부분이 위로 들려 측면으로 벨트를 쉽게 분리가 가능하다. 조립은 분해의 역순으로 진행한다.

<표 15 중앙/버퍼 컨베이어 해체 모습>

구분	내용	구분	내용
1		2	
	가이드 제거		텐션 해제 (전면 프레임 상승)
3		※ 조립은 역순으로 진행한다.	
	벨트 제거 및 청소		

분배 컨베이어의 해체 및 조립방법은 로드셀 컨베이어와 동일하다.

마지막으로 본체프레임에 부착되는 로드셀과 모터 등의 부품은 IP65 등급 이상이며, 전장 및 배선, 그 외 부품도 방수설계를 진행하여 물청소가 가능하며, 작업자 2명이 상기의 작업을 진행할 경우 가압에어로 물기제거까지 30분 ~ 40분 가량 소요되었으며, 목표 수준으로한 1시간 이내 교체 가능하였다.

마. 설비 사용시간에 따른 미생물 증식 수준

현장 실증 사업장의 생산제품의 원물(고형물)로 미생물 분석을 진행하였으며, 레토르트 제품 생산 사업장으로 인하여 일반세균과 내열성균을 분석하였다. 설비 사용시간에 따라 설비에 누적된 잔유물의 미생물을 측정하였으며, 결과는 아래 <표 16>과 같다.

<표 16 시간경과에 따른 미생물 분석 결과>

시료명	보관방법	대기시간 (hr)	일반세균수	내열성 (100℃10분)
소고기채 (블랜칭)	실온	0	1.2*10 ²	0
		2	2.6*10 ²	0
		4	3.6*10 ²	0
		6	1.4*10 ³	0
닭가슴살 (자숙)	실온	0	5.0*10 ⁵	0
		2	1.9*10 ⁵	0
		4	2.0*10 ⁵	0
		6	1.4*10 ⁶	0
버섯야채 (볶음)	실온	0	10	0
		2	0	0
		3	10	0
		4	0	0
백미	실온	0	7.5*10 ³	0

(침지)		1	6.6×10^3	0
		2	8.8×10^3	0
		3	9.2×10^3	0
		4	7.3×10^3	0
수삼 (절단)	실온	0	5.0×10^6	25
		2	3.3×10^6	10
		3	8.3×10^5	10
		4	9.0×10^5	30
홍고추 (슬라이스)	실온	0	4.3×10^5	0
		2	4.5×10^5	0
		4	5.5×10^5	0
		6	7.5×10^5	0
사태 (블랜칭)	실온	0	1.3×10^2	0
		2	7.0×10^2	0
		4	4.7×10^3	0
		6	8.1×10^3	0
		8	2.0×10^4	0
닭가슴살 (블랜칭)	실온	0	3.8×10^3	0
		2	2.3×10^4	0
		4	3.9×10^4	0
		6	5.4×10^4	0
		8	8.1×10^4	0
닭봉 (블랜칭)	실온	0	9.1×10^2	0
		2	7.9×10^3	0
		4	2.7×10^4	0
		6	6.0×10^4	0
		8	8.2×10^5	0
냉동 고구마 (해동)	실온	0	3.4×10^2	미측정
		2	9.2×10^2	
		4	1.1×10^3	
		6	1.2×10^3	

위의 결과와 같이 대기시간별 미생물 증식 수준은 원물(고형물)에 따라 상이하였으며, 통상 자사는 미생물 결과 기준으로 대기 중 미생물이 2Log 증식 시점에서 2시간 단축한 시간을 최대 운영시간으로 기준을 잡고 있어 데이터상 최대 6시간까지 청소없이 사용할 수 있었다. 다만, 모든 원물(고형물)에 대하여 미생물 분석을 진행하지 못하였으며, 한식 원물(고형물) 특성상 종류가 매우 다양하고 전처리 방법에 따라 원물의 미생물 수준이 다르므로 본 설비를 사용하는 사업장의 원물에 따라 미생물 수준을 검증하여 기준을 수립해서 사용해야 한다고 판단된다. 향후 사업화 진행시 상기의 데이터 및 추가적인 데이터를 활용하여 최소한의 가이드라인으로 제시할 예정이며, 미생물 분석 및 대기시간 기준 수립에 대한 내용을 제공하고자 한다.

바. 청소 표준

상기 마. 설비 사용시간에 따른 미생물 증식 수준에서 분석한 결과를 바탕으로

청소에 대한 기준을 수립하고자 하였다. 자사의 청소규정에서 정하는 작업자가 식사시간, 휴계시간 등 현장 이탈시 간이청소 및 정리정돈을 진행하게 되어있어 본 설비를 설치한 사업장에서는 3시간 단위로 작업자 쉬는시간에 설비 분해없이 간단한 물청소를 통하여 설비의 잔유물을 제거하는 것으로 표준을 수립하였으며, 작업자 교대시간인 8시간 단위로 원물(고형물)의 직접 접촉 감소인 컨베이어벨트를 교체와 간이청소를 진행하는 것으로 하였으며, 24시간 단위로 완전 청소를 진행하는 것으로 표준을 설정하였다. 청소에 대한 세부 시간은 아래 <표 17>과 같다.

<표 17 시간별 청소 기준>

구분	물청소(분해 X)	간이 청소	완전 청소	비고
휴계시간	○			
식사시간	○			
작업자 교대		○		
품종교체			○	
24시간 경과			○	

또한, 상기의 청소 기준별 청소방법은 다음과 같다.

첫째, 물청소는 설비의 분해없이 설비 물청소를 진행하는 것으로 설비상 원물(고형물)의 잔유물을 제거하는 것이 목적이며, 청소순서는 아래와 같다.

- 1) 설비의 전원을 끈다.
- 2) 하나로 붙어있는 본체를 작업자가 들어갈 수 있도록 아래 <사진 5>와 같이 분리한다.
- 3) 로드셀 컨베이어의 가이드 16개 및 배출 컨베이어 가이드 1개를 제거한다.
- 4) 로드셀 컨베이어 및 배출 컨베이어의 앞쪽 프레임을 올려 아래 <사진 6>과 같이 벨트의 장력을 풀어준다. 3)번의 과정은 벨트 하부의 잔유물을 제거하기 위함이다.



<사진 5 본체 분리 사진>



<사진 6 물청소 준비 전(좌), 완료(우)>

5) 아래 <사진 7>와 같이 물청소를 진행한다. 이때 육안으로 보이는 잔유물은 전부 제거해 준다.



<사진 7 물청소 모습>

6) 상기의 작업 역순으로 조립한다.

둘째, 간이 청소의 목적은 원물(고형물)의 직접 접촉 감소인 컨베이어 벨트를 교체하고, 물청소를 통한 잔유물의 제거이다. 청소 순서는 아래와 같다.

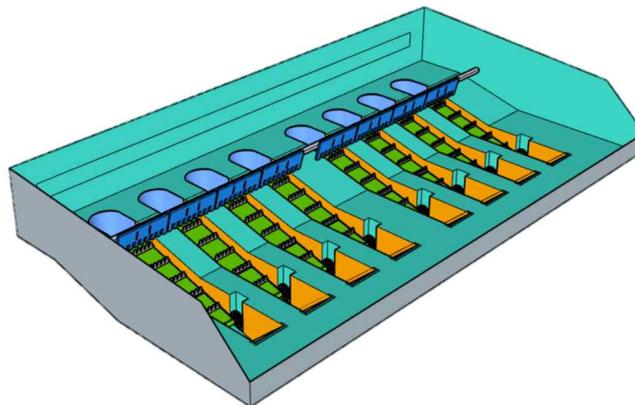
- 1) 상기 물청소 방법의 1), 2), 3)과 동일하게 작업한다.
- 2) 로드셀 컨베이어와 배출 컨베이어의 프레임을 설비로부터 분리하고 컨베이어 프레임으로부터 벨트를 분리한다.
- 3) 중앙 컨베이어 벨트 3개를 분리한다.
- 4) 컨베이어 프레임을 별도의 청소공간(개수대 등)에서 세척한다.
- 5) 4)의 작업과 동시에 설비 본체를 물청소 한다.
- 6) 상기의 작업 역순으로 조립한다. 이때, 컨베이어 벨트는 스페어 벨트로 장착하며, 기존 사용한 컨베이어벨트는 세척 후 정해진 보관장소에 보관한다.

셋째, 완전 청소는 상기 간이 청소와 동일한 작업 방법으로 청소진행하며, 본체와 벨트, 프레임까지 세척제를 사용하여 청소하는 것이다. 만약 완전 청소 후 추가 생산이 없을 경우, 컨베이어 프레임과 컨베이어 벨트류, 가이드 등은 UV 살균 보관함과 같은 별도의 보관장소에서 보관한다.

위와 같이 청소 기준 및 표준을 수립하였으며, 약 3개월간 초기유동관리를 진행하며 미생물 및 외관오염 수준을 점검하여 수정, 보완 및 표준화 진행 예정이다.

사. 시간당 작업자의 생산량 비교

본 설비는 다목적 원물(고형물) 자동 충전에 집중하여 설계 및 개발하였으며, 실제 생산현장에 적용해본 결과, 작업속도는 기존 수작업과 동일하였다. 통상 듀얼 충전 로터리 포장기는 설비 Capa.는 액상만 충전시 50~60ea/min 수준이며, 수작업으로 원물(고형물) 투입시 대략 40~43ea/min 속도로 충전이 가능하였다. 이때 고형물 1종당 2명의 작업자가 진행하였다. 본 설비를 적용한 결과 작업자 2명이 원물(고형물)을 투입할 경우 로터리 포장기의 생산속도 43ea/min에 여유있게 대응이 가능하였으나, 작업자 1명이 대응할 경우 원물에 따라 생산속도 24~30ea/min의 수준으로 대응이 가능하였다. 실제 작업자와 인터뷰한 결과, 기존의 수작업 투입시 원물을 전자저울에 측정하여 중량을 확인한 뒤 충전라인에 넣어주는 방법보다 단순히 중량 확인 등에 불이 켜질때까지만 넣으면 되어 작업은 수작업보다 본 설비를 사용하였을 때 편하고 빠르지만, 혼자서 작업할 경우 2~3초에 로드셀 컨베이어 2~4개가 배출되는 반면 작업자는 2~3개정도만 투입이 가능하였다고 하였다. 이에따라 본 과제의 주요목표인 다목적 충전 설비로써의 목표는 달성하였으나 투자접근성 면에서는 부족하다 판단되어 아래 <그림 12>와 같이 로드셀 컨베이어 상부에 원물(고형물) 자동공급장치를 추가로 설계하여 향후 사업화 진행시 설계에 반영할 필요가 있다고 판단하였다.



<그림 12 상부 공급장치 컨셉>

상부 공급장치 컨셉은 기존의 고품질 충전 자동화 설비들과 같은 형태가 아닌 본 과제를 진행하면서 물리적 이송에 강점이 있는 컨베이어 방식을 채택하였다. 또한, 비어있는 로드셀 컨베이어에 투입 대응속도를 높이고자 로드셀 영점 신호와 함께 상부 공급장치의 컨베이어가 구동이되며, 각 셀의 중량 상한값과 하한값 이내도 들어오는 시점에 맞춰 컨베이어가 멈추도록하여 비어있는 셀에 동시 공급이 가능하도록 컨셉 설계하였다. 상부 공급장치가 성공적으로 적용이 된다면, 다양한 원물이 투입가능하며 인건비 개선 효과도 발생할 것이다.

아. 사업화시 설비 예상 단가

과제제안 당시 중소기업의 투자접근성 향상을 위하여 설비단가를 기존 외산설비 보다 낮추고자 하였으며, 본 과제의 컨셉과 유사한 세미오토스케일 설비의 단가가 통상 본체기준 2.5억 내외였다. 이에따라, 본 과제에서는 국산 기성부품을 사용하여 설비의 단가를 낮추고자 하였으며, 예상 단가는 본체기준 원물(고형물) 1종을 투입할 수 있는 1열 설비는 2억 초반, 원물(고형물) 2종을 동시에 충전할 수 있는 2열 설비는 3억 내외로 반영하였다. 이는 1열 설비 기준 외산 세미오토스케일 설비와 국산설비의 중간정도의 단가이며, 2열 설비의 경우에는 기존의 국산설비 대비 저렴한 것으로 보인다. 이에따라, 투입 가능 원물의 종류도 다양하며 설비 가격경쟁력도 확보하였다고 판단된다.

4. 결론

다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비의 기술 평가 결과는 다음과 같다.

- 1) 충전량 조절범위 검증 결과, 개별 로드셀의 중량측정은 0.1g 단위이며, 정격용량 6.1kg으로 로드셀에 올라가는 기구부의 무게가 4.9kg 수준으로 3개의 로드셀을 조합하면 이론상 약 0.1g ~ 3.6kg까지 충전가능하였다. 다만, 본 과제에서는 즉석조리식품의 가정용 HMR 제품을 대상으로 하였으며, 해당 제품의 고품질이 통상 200g(최대 300g) 수준으로 해당 원물 크기에 맞춰 투입부, 컨베이어 폭, 가이드를 설계하여 셀당 최대 150g 수준으로 투입이 가능하였다. 또한, 로드셀의 허용오차(통상 정격용량의 0.03%~0.05%)로 인하여 극미량 투입시 미투입 가능성이 있어 하한 무게는 5g으로 설정하였다. 이에따라 본 설비의 투입량 조절범위는 5g ~ 450g(3개 로드셀 조합시)이었다.
- 2) 생산량(생산속도) 검증 결과, 두부 32g 투입되는 제품에 적용하였으며, 분당 43ea의 충전이 가능하였다. 이는 통상 듀얼 로터리포장기의 최대 포장속도가 50~60ea/min 수준이며, 고품질 투입시 35~45ea/min 수준임을 감안하였을 때 충분히 본생산 설비로 활용할 수 있는 생산속도이다. 현 설비 기준 모터 속도와 컨베이어 길이로 인하여 물리적 시간이 소요되어 추가적인 생산속도 향상은 어려웠으나 향후 본사업 진행시 사업장 특성에 맞추어 모터 속도, 감속비 및 컨베이어 길이를 조절하여 50ea/min 수준으로 상향하고자 한다.

- 3) 중량편차 검증 결과, 기준값 $\pm 5\%$ 수준 이내로 투입이 가능하였다. 조합 스케일 특성상 조합 중량 상한값과 하한값을 셋팅하여 배출하므로 최종 배출된 원물의 중량 이탈율은 없었으나, 원물 특성에 따라 조합 연산이 안되는 경우가 자주 발생될 경우 생산성이 낮아지는 경우가 있었다. 이 경우 원물 특성(개별중량, 비정형 등)에 따라 상한값과 하한값을 조정하면 해결이 되었다. 또한, 프로그램상 조합 경우의 수를 모두 계산하여 기준값에 가장 근사값을 배출하여 배출되는 원물의 표준편차도 1.0 내외로 양호하였다.
- 4) Parts 교체시간 (청소시간 포함)은 분리 및 해체를 용이하도록 설계하여 작업자 2명이 분해 및 물청소, 가압에어로 물기제거 및 조립까지 30분 ~ 40분 가량 소요되었으며 목표 수준인 1시간 이내 완료 가능하였다.
- 5) 설비 사용시간에 따른 미생물 증식 수준은 사업장마다 기준이 다르므로 설비 설치, 신제품, 변경 등의 사유 발생시 진행하여야 하나, 설비의 표준 가이드로 활용하기 위하여 검증을 진행하였다. 증식 수준을 확인한 결과 통상 잔유물의 미생물 수준이 1Log 증식하는데 4~6시간 정도 소요되었다. 이를 바탕으로 청소 표준을 수립하였으며, 원물별로 특성이 상이하여 추가 데이터를 확보 및 DB화하여 향후 사업화 진행시 최소한의 가이드라인으로 제시할 예정이다.
- 6) 청소 표준의 경우 미생물 증식 수준을 바탕으로 잔유물의 외관 상태, 퇴적량 등을 바탕으로 수립하였으며, 본 설비를 설치한 사업장의 경우 ①작업자 쉬는 시간 직전 물청소 진행, ②교대시간 직전 간이청소 및 벨트 교체, ③ 24시간 단위 완전 청소를 진행하여 최대 3시간마다 청소를 진행하는 것으로 표준화 하였다. 다만, 청소에 대한 기준은 약 3개월간 초기유동관리를 진행하며 미생물 및 외관오염 수준을 점검하여 수정, 보완하여 향후 사업화 진행시 최소한의 가이드라인으로 제시할 예정이다.
- 7) 시간당 작업자의 생산량 비교 (수작업/자동화설비) 결과, 기존 수작업 투입 시 작업자 2명이 1종의 원물(고형물)을 투입하여 43ea/min의 속도로 생산이 가능하였으며, 본 설비 적용 후 작업자 2명이 진행할 경우 43ea/min은 여유롭게 대응이 가능하였으나 1명이 진행할 경우 24~30ea/min 수준으로 투입 속도가 낮아졌다. 작업성은 좋아졌으나 로드셀 컨베이어에서 원물을 2~4개가 배출될 경우 작업자가 2~3초내로 채워주어야 하나 해당 속도에 대응이 어려웠다. 이에따라 본 과제의 주요 목표인 다목적 총진 설비로써의 목표는 달성하였지만 투자접근성 면에서는 부족하다 판단되어 향후 사업화 진행시 로드셀 컨베이어 상부에 원물(고형물) 자동공급장치를 추가할 예정이다. 자동공급장치를 추가할 경우 다수의 로드셀에 동시에 공급이 가능하여 작업자 1명이 분당 43ea 이상의 속도를 대응할 수 있을것으로 판단된다.
- 8) 사업화시 설비 예상 단가
과제제안 당시 중소기업의 투자접근성 향상을 위하여 설비단가를 기존 외산 설비보다 낮추고자 하였으며, 기성 설비의 단가가 약 2.5억 수준으로 동등 성능(원물 1종투입) 기준 2억, 2종 동시투입 기준 3억 내외로 반영하였다.

이는 원물 1종 투입이 가능한 설비 기준으로는 외산설비와 국산설비의 중간 정도의 단가이며, 원물 2종 투입이 가능한 설비 기준으로는 기존의 국산설비 대비 낮다고 볼 수 있을 것이다. 이에 따라, 투입 가능 원물의 종류도 다양하며 설비 가격경쟁력도 확보하였다고 판단된다.

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

- 충전가능 고품물

: 제3장의 '투입 원물(고형물) Target'에서 선정한 것과 같이 기존의 자동화 설비로 투입이 어려운 토란대, 시래기, 콩나물, 세절육, 두부 등을 투입하고자 하였으며, 컨베이어 이송 특성상 대다수의 원물 충전이 가능하였다. 다만, 미세분말, 다진원료의 경우 컨베이어 낙차 구간의 스크래퍼에 체류되는 현상이 발생되어 이에 대한 개선방안이 필요할 것으로 판단된다.

- 외산 설비/부품의 국산화

: 국내 적용중인 고품물 충전자동화 설비는 외산설비 의존도가 상당히 높은 편이다. 본과제의 연구개발설비를 통하여 상용화가 된다면 국산화가 가능하다 판단된다. 또한, 연구개발설비의 부품 국산화율이 대략 90% 수준으로 PLC 등 일부 부품을 외산을 사용중이나 상용화 설비의 경우 100% 국산화 부품으로 적용 예정이다.

(2) 정량적 연구개발성과

- 특허출원 (1건)

: 고품 계량물용 자동 정량계량 공급 장치
(출원번호 : 10-2023-0166435, 출원일 : 2023/11/27)

- 실증설비 제작 (1건)

: 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비 시제품 제작 1건 및 시운전/양산생산 적용 완료

- 고용창출 (3명)

: 기구설계 2명, 제어설계 1명 신규고용을 진행하였다.

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도		1단계 (2022~2023)	계	가중치 (%)
		목표(단계별)	실적(누적)			
전담기관 등록·기탁 지표	특허 출원	목표(단계별)		1	1	40
		실적(누적)		1	1	
연구개발과제 특성 반영 지표	시제품 제작	목표(단계별)		1	1	40
		실적(누적)		1	1	
	고용창출	목표(단계별)		1	1	20
		실적(누적)		3	3	
계						

< 연구개발성과 성능지표 >

평가 항목 (주요 성능)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	세계 최고 수준 보유 국/보유기관	연구개발 전 국내 수준	연구개발 목표치	목표 설정 근거
			성능수준	성능수준		
충진량 조절범위	g/1회	30	유럽, 일본 20 ~ 1,000	5 ~ 200,000	5 ~ 150	K-HMR 즉석조리식품의 통상 중량이 500g이며, 고형물은 30~250g 수준으로 고형물 1종당 10~100g 수준임.
생산량 (생산속도)	ea/min	20	유럽, 일본 5~6 (피스톤) 60 (조합스케일)	40 ~ 50	25	통상 싱글노즐 파우치 포장기의 경우 분당 25~30ea, 듀얼노즐 파우치 포장기의 경우 분당 40~60ea 수준임.
중량편차	%	30	유럽, 일본 ± 5	± 10	± 5	외산 설비 동등수준으로 설정함.
Change Parts 교체시간 (청소포함)	분	20	유럽, 일본 60	60 ~ 90	60 이내	기성 설비 대비 청소/교체시간을 단축하는 것을 목표로함.

(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

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명

기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	고형계량용 자동정량공급 장치	고형계량용 자동정량공급 장치	(주)그린테크놀로지, 씨제이제일제당(주)	2023-11-27	10-2023-0166435					100%	0

○ 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	√									

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

신기술 지정

- * 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	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
합계		0	0	0	

사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과						
사업화 계획	사업화 소요기간(년)					
	소요예산(천원)					
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후		
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후	
		국내				
국외						
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획						
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재까지	3년 후	5년 후		
	수출					

고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)	합계
			0	0
합계			0	0

고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	
		생산인력	
	개발 후	연구인력	
		생산인력	

비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				0

경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/수입

[사회적 성과]

법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부처)	활용 연도	채택 내용

설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황																	
			학위별				성별		지역별											
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타							

산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일

포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (O/X)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

* 「과학기술기본법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

2) 목표 달성 수준

추진목표	달성내용	달성도(%)
○ 충전량 조절범위 : 5 ~ 150 g	○ 5~3.6kg(공급이 충분할 경우)을 달성하였다. 일반적인 공급환경(작업자 2명)의 경우 5~150g 수준으로 35ea/min 충전이 가능하며, 이 수치는 외산 세미오토스케일과 동등 수준의 범위이다.	100 %
○ 생산량(충진속도) : 25 ea/min	○ 최대 43ea/min(5~50g/작업자2인)을 달성하였다. 고충량(80g 이상)의 경우 분당 35ea 충전이 가능하며, 외산 세미오토스케일과 동등 수준의 범위이다.	140 %
○ 중량편차 : ± 5 %	○ 조합계량 방식으로 기준값 이내의 값만 배출하며, 각 투입셀에 상/하한치를 설정하도록하여 이탈율은 없었다. 다만, 개별원물 중량이 큰 경우, 설정된 중량 상/하한값의 차이를 키워야 생산속도를 유지할 수 있다.	100 %
○ Chage Parts 교체시간 : 1시간	○ 완전 분해/청소 기준 작업자 2명이 30~40분 소요 되었다. 또한, 간이청소 및 벨트 교체시간은 벨트 1개당 분해/조립하는데 대략 20~30초가량 소요 되어 작업자 2명이 총 20개의 벨트 교체하는데 10분이내 가능하였다.	100 %
○ 설비단가	○ 실증 설비로 상업화설비 수준의 성능을 검증하여 중소기업의 투자접근성 향상을 위하여 설비 단가를 기존 외산설비보다 낮추고자 하였다. 고품질 1종이 투입가능한 1열 설비는 2억초반, 고품질 2종이 투입가능한 2열 설비는 3억초반의 설비단가가 예상된다. 이는 외산설비 대비 저렴하며, 2종 투입 설비의 경우 국산설비보다 저렴하다고 판단된다.	- (과제제안시 목표 미수립 항목)

제4장 연구개발과제의 목표 달성 정도 및 관련분야에의 기여 정도

제1절 목표달성도

1. 연구개발 목표

다양한 원물(고형물)을 자동 계량 및 투입이 가능한 충전기술을 개발하고, 이 기술을 상용화할 수 있는 분당 25개 이상 투입이 가능한 준 양산규모의 설비를 제작하는 것이 본 과제의 목표이다. 또한, 해외 우수 외산설비 동등수준 성능의 설비기술을 국산화하며, K-HMR 제품 특성에 맞는 충전기술, 중소기업체 투자 접근성 향상 (투자비, 설비성능, A/S 등)이 가능한 기술 및 설비를 개발하는 것이다.

2. 연차별 연구개발 목표와 내용

- 연차별 개발 목표

○ 1차년도 (2022년)

연구개발 목표	1) K-HMR 식품 고형물 유형 및 투입방식 분석 2) 고형물별 정량화 가능 Spec 선정 3) 컨셉 설계 및 Demo 평가 4) 충전 자동화 기술 공정 및 설비 기본설계
세부 개발목표	세부 연구개발 내용 및 범위
고형물 유형 분석	▶ 고형물 종류/Size/성상/투입 유형 ▶ 작업성 분석 : 원물별 투입 문제점 및 원물별 투입속도, 편차 등
투입방식 분석	▶ 기존 고형물투입 장치의 장/단점 분석 : 설비유형별 장/단점/개선점 파악 ▶ 기존 설비별 작동 원리 분석 및 아이디어 도출
대상 고형물 선정	▶ 적용 대상 원물 및 투입방식 선정 : 투입불가 고형물 제외, 적용 가능 고형물에 Focusing (단, K-HMR 주요 원물은 적용)
컨셉설계 및 Demo 평가	▶ 고형물별 최적화된 투입 컨셉 도출 : 혼용 사용 가능 범위 검토 병행 ▶ 투입방식별 충전 Test 진행 : 충전량 / 중량편차 / 흐름성 등 점검 및 설계 반영 ▶ Demo 설비 제작 및 Test 진행
고형물 충전설비 기본설계	▶ 원물(고형물) 충전 자동화 기본설계

○ 2차년도 (2023년)

연구개발 목표	1) 원물 충전 자동화 설비 제작 2) 설비 시운전 및 안정화 3) 제품 적용 및 표준화 4) 다목적 원물 충전 자동화 설비 사업화 검토 완료
세부 개발목표	세부 연구개발 내용 및 범위
설비제작	▶ 본설비 최종 컨셉 확정 및 설계 진행 ▶ 본설비 제작 진행 및 최종Test 진행 (전체 설비 연동)
설비 시운전 및 안정화	▶ 원물 충전 자동화설비 적용 대상제품 최종 선정 및 원물 투입 표준화 ▶ 원물 충전 안정화
제품 적용	▶ 원물(고형물) 충전 자동화 기술 적용

3. 평가의 착안점

구분	평가의 착안점 및 척도	
	착안사항	척도 (점수)
1차년도 (2022년)	▶ 원물 충전 자동화설비의 기본설계를 했는가? ▶ 원물 유형 분석을 진행하였는가? ▶ 기존 투입방식의 분석을 진행하였는가? ▶ Demo설비 제작 및 검증	30 20 20 30
2차년도 (2023년)	▶ 준 양산규모의 충전자동화설비를 개발했는가? ▶ 설비 시운전 및 안정화(최적화) ▶ 양산 제품에 적용하였는가? ▶ 성능지표는 달성하였는가?	40 10 20 30
최종평가	▶ 준 양산규모의 충전자동화설비를 개발했는가? ▶ 충전량 조절범위는 5~150g이 가능한가? ▶ 생산속도는 25ea/min 이상이 나오는가? ▶ 중량편차는 ±5% 이내로 들어오는가? ▶ Change Parts 교체시간(청소포함) 시간은 1시간 이내로 가능한가?	40 10 10 20 20

4. 연구개발의 목표달성도

연구개발의 목표달성도는 크게 5가지로 평가할 수 있다.

첫째, 준 양산규모의 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비를 개발하였다. 분당 최대 43ea/min 충전 가능한 수준의 가로 1.6m, 세로 1.5m, 높이 1.5m의 규

모로 제작하였다.

둘째, 충전량 조절범위는 이론상 0.1g ~ 3.6kg까지 조절가능하지만 로드셀의 허용오차, 실제 적용 원물(고형물)에 적합한 크기의 가이드로 인하여 본 설비는 2cm 크기의 정육면체 두부 기준, 5g ~ 450g 충전이 가능하다.

셋째, 본 설비로 분당 32 ~ 40ea 수준으로 제품의 생산속도에 맞춰 현장에 적용하여 생산하고 있으며, 설비의 최대 생산가능속도는 43ea/min 수준이지만 수작업으로 투입중인 다른 원물 작업속도에 맞춰 조절하여 생산중이다.

넷째, 중량편차는 조합스케일 특성상 설정된 상한값과 하한값 이내의 원물만 조합연산하여 배출하여 이탈되는 불량률은 없었다. 또한 실제 배출되는 원물의 중량을 측정할 경우 두부 92g 투입 기준 평균 중량은 93.93이며, 편차는 $\pm 3.8g$ 수준으로 배출되는 원물의 중량편차는 $\pm 4.1\%$ 수준이었다.

마지막으로, 청소를 포함한 Chang Parts 교체시간은 작업자 2명 기준 40분 이내 물기제거까지 가능하였다. 적용부품의 형태를 단순화하고 탈부착이 용이하도록 설계하여 해체, 조립이 쉽다. 또한 IP65 등급 이상의 부품들을 적용하여 본체는 물청소를 통하여 쉽게 청소할 수 있도록 하였다.

제2절 관련분야에의 기여도

다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비를 현장에 적용하면서 기존 자동투입 설비 대비 투입가능 원물의 종류가 많아졌다. 실증 사업장에서 생산하지 않는 시래기, 세절육, 나박무 등의 고형물의 시운전 결과 자동투입이 가능하였다. 또한, 기존 수작업시 생산속도에 맞춰 작업자가 임의로 계량하는 경우도 있었으나 연산 및 계량을 자동으로 해주니 중량편차 및 포장 후 중량불량을 개선에도 도움이 된 것으로 보인다. 이번에 개발한 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비를 계속 연구개발하여 상부 자동공급장치, 생산속도 향상 등을 발전시켜 현장에 적용한다면 국내 HMR 제품의 원가경쟁력 향상에 따라 제품 경쟁력 확보에 크게 기여할 수 있을 것이다.

제5장 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

제1절 추가연구의 필요성

이번 연구에서 개발한 고품질 자동공급장치는 인원 효율화 부분에서 아쉬운 면이 있다. 기존 듀얼노즐 로터리포장기에서는 통상 1종의 원물을 2명이 투입하고 있는데 본 설비를 적용하였을 때, 1명은 생산속도를 따라가지 못하였으며, 2명은 여유가 있었다. 이에 따라 직접생산인력 절감에 도움이 되지 못하여 중소기업의 투자접근성 면에서 소폭 떨어진다고 볼 수 있다. 이에 따라, 앞서 제3장에서 언급한 것과 같이 상부 공급장치 부분을 추가 연구개발하여 비어있는 로드셀 컨베이어에 고품질을 동시 공급해줌으로써 해결이 가능할 것이다.

또한, 실증 Pilot 설비의 현장 배치시 작업대 높이가 높아 작업발판이 약 30cm 높이가 필요하였다. 본 설비는 중력에 의한 계량물의 낙하가 아닌 기구식으로 이송이 가능하여 중층이나 워크웨이가 필요없다는 것이 장점으로 향후 사업화 설비는 작업자 편의성 확보를 위하여 설비 높이를 낮춰 작업 발판이 없이 작업이 가능하도록 할 것이다.

제2절 타 연구에의 응용

본 과제에서 개발한 다목적 원물(고형물) 충전 자동화 설비는 단순히 원물(고형물)의 중량을 측정하여 정량 충전하는 단순목적의 설비가 아닌 기존 한식 원물 특성상 흐름성이 나쁜 부분을 개선하는데 중점을 두고 있다. 이에 따라 본 기술을 활용하여 여러 다양한 분야에서 적용 가능할 것으로 판단된다. 예를 들면 배추 절임 효율화가 있을 것이다. 통상 김치를 제조하기 위해서는 포기배추를 절이는 것에서 시작하는데 생물 특성상 크기, 무게가 상이한 배추를 같은 절임공정에 투입되어 배추 원물간 절임 편차가 발생할 수 있다. 본 과제의 설비를 활용해보면 로드셀 컨베이어 배추 공급하여 배추 개별무게를 측정하여 정해진 중량범위 별로 포기배추를 분배하여 엮지통에 넣어준다면 비슷한 중량이나 사이즈의 포기배추를 절이는 게 가능하다. 이때 무게, 크기별 엮지시간의 차이를 둔다면 엮지 편차가 개선될 수 있을 것이다.

제3절 사업화 추진방안

1. 사업화 주체

- 사업화 주체 : (주)그린테크놀로지
- 사업화 지원 : 씨제이제일제당(주)

2. 사업화 전략

가. 개발설비 결과를 바탕으로 고품질 투입 자동화에 따른 원가경쟁력 효과 산출

- 기존 수작업 HMR 라인의 경우, 공정투입 인원의 약 20~30%가 고품질 투입인원으로 구성
- 고품질 투입 인원 50% 이상 절감 효과 기대
(ex. 고품질 4종 투입 기준, 8명 → 4명)
- 투입 가능 고품질 Database 구축

나. 선정된 방식 외 사양에 대해서는 사업화 과정 중 수요 발생시 해당 모델 개발 착수

다. 과제 종료후 3년간 국내 시장에 주력

- 국내 중소기업 대상 마케팅 실시
 - 다양한 제품에 대한 과제 테스트 결과 활용
 - * CJ 적용 효과, 자동화율, 인력운영 개선 등
 - * YOUTUBE 등 인터넷 메체를 통한 홍보
 - * 데모 장치 보유로 잠재 고객의 고품질에 대한 실제 가동 테스트로 장비의 효용성 실증
 - 시작 확대 초기에는 주력 제품 품질 안정화 측면에서 접근
 - * Demo 장치 제작시 장비 고도화 및 표준화 실시
 - * 용량별 모델 사전 확보로 설계비 최소화
 - * 필요 부품의 다량 주문으로 부품별 원가 절감

라. 참여기업(CJ)의 고품질 투입 장비 시제품 사용 및 확대적용

- 시제품의 현장 적용으로 장비 성능 개선/보완 사항 지속 발굴
 - * 현장 사용시 발생하는 피드백의 적극 대응으로 장비 완성도 증대
- 참여기업의 추가 발주를 위한 적극 지원(금액, 납기, 성능 등)
 - 메이저 회사 대량 납품 실적 확보

마. 메이저 고객사 설치 현장에서 획득한 데이터베이스 및 운영 노하우를 지속적 활용

- 최적 투입 설계치 및 구동 조건 확보를 위한 테스트 운전 실시
- 정밀제어 투입 설비에 장비에 대한 신뢰성 확보 가능

2. 투자 계획

- 그린테크놀로지
 - : 설비 조립 및 시운전용 공간(ex. 그린2공장) 및 유틸리티 시스템 구축
 - : 제작 품질 관리용 전문 인원 확보 및 교육 진행
 - : 고품질 투입 개발 장비 전용 구매 시스템 구축
- CJ제일제당
 - : CJ제일제당 생산기술센터(대규모 Pilot동) 내설비 실증라인 구축
(실제 투입 원물 상시 공급 가능)
 - : CJ제일제당 다른 생산라인 추가 확대 적용
(24년 하반기 신규설비 1대 투자검토 진행 중)

3. 판매 계획

가. 모델 종류

- 1열 컨베이어 모델 / 2열 컨베이어 모델 총 2종 운영
 - * 1열 컨베이어 모델 : 2억원/대, 최대 8대/년 판매
 - * 2열 컨베이어 모델 : 3억원/대, 최대 6대/년 판매

(단위: 대수, 억원, 명)

구분	2024			2025			2026		
	대수		금액	대수		금액	대수		금액
	1열	2열		1열	2열		1열	2열	
		2	2	10	4	3	17	8	6
고용인원	2(설계, 제조)			1(QC)			1(구매)		

4. 해외시장 진출 계획

- 가. 사업화 초기 3년간 국내시장 주력하여 설비 완성도 향상 및 사업화 설비 모델 구축
- 나. 국내 기업 납품 실적 확보 후 국내 기업의 해외사업장 진출하여 해외 수출실적 및 해외 유지관리 역량 확보 예정
- 다. 국내외 식품가공 기자재 전시회 참가를 통한 해외 기업 수출
 - : 일본 FOOMA, TOKYOPACK, 독일 전시회 등 참가 예정

5. 사업화에 따른 기대효과

- 가. 고용 창출: 4인(설계 1인, QA/QC팀 1인, 조립 1인, 구매 1인)
- 나. 매출액 증대(과제 종료 6년 이후)
 - 1열 모델 : 2억원 * 8대 = 16억원
 - 2열 모델 : 3억원 * 6대 = 18억원
 - 계 : 34억원/년
- 다. 각종 부품 국산화: 국산화를 100% 목표 (현재 PLC 제외 100% 국산화)

제6장 참고문헌

- 1) 특허 / 식품원료 계량 장치 및 이를 이용한 포장장치
(1020170069535_2017.06.05)
- 2) 특허 / 조합계량장치(3020020003791_2002.02.06)
- 3) 특허 / 식품재료의 계량 입출장치(1019860008266_1986.10.02)
- 4) 특허 / 계량장치(1020200055472_2020.05.08)
- 5) 특허 / 원료가 달라붙지 않는 조합계량기(1020190071652_2019.06.17)
- 6) 특허 / 식품의 건식재료용 단위 포장장치(1020180068358_2018.06.14)
- 7) 특허 / 분말입자의 미세계량장치(1020120078018_2012.07.18)
- 8) 특허 / 분립체 계량 투입장치(2020060019397_2006.07.19)
- 9) 특허 / 입상물의 계량을 위한 정렬 이송 장치(1020160022545_2016.02.25)
- 10) 특허 / 수평으로 슬라이딩되는 계량스푼을 이용한 분말공급장치
(1020120022678_2012.03.06)
- 11) 특허 / 계량시스템 및 계량 방법(1020137001589_2011.05.23.)
- 12) 2021 가공식품 세분시장 현황_즉석조리식품 / 한국농수산물유통공사
(발간등록번호 11-1543000-003837-01)