

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( )발간등록번호( O )  
고부가가치식품기술개발사업 2023년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004608-01

# 3D프린팅 기법을 사용한 기능성원료 함유 구강용해 필름 제형화 기술 개발

2023.12.31

주관연구기관 / (주)에브리트  
공동연구기관 / 연세대학교 산학협력단  
위탁연구기관 / 오성시스템(주)

농림축산식품부  
농림식품기술기획평가원

**3D프린팅 기술을 활용한 기능성원료 함유 구강용해 필름 제형화 기술 개발**

**최종보고서**

**2024**

**농림식품기술기획평가원  
농림축산식품부**

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “3D프린팅 기법을 사용한 기능성원료 함유 구강용해 필름 제형화 기술 개발”(개발기간 : 2021.04.01. ~ 2023.12.31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

납본일자 2024.05.31.

주관연구기관명 : (주)에브리트 (대표자) 정 은 수  
공동연구기관명 : 연세대학교 산학협력단 (대표자) 홍 종 알  
위탁연구기관명 : 오성 시스템(주) (대표자) 지 성



주관연구책임자 : 차아름  
공동연구책임자 : 이승민  
위탁연구책임자 : 지창욱

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

최종보고서							보안등급																		
							일반[ ], 보안[ ]																		
중앙행정기관명		농림축산식품부		사업명		고부가가치식품기술개발																			
전문기관명 (해당 시 작성)				내역사업명 (해당 시 작성)		미래대응 기술개발																			
공고번호		총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)																							
		연구개발과제번호				121018-3																			
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB1804. 맞춤형 영양식품	60 %	EA0208.컴퓨터 통합생산시스템	30%	LB1801. 기능성식품	10%																		
	농림식품과학기술분류	PA0103 식품 가공·공정	50 %	RC0401 식품생산 자동화 기계·시스템	40%	PA0201 기능성식품 및 소재	10%																		
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문																							
		영문																							
연구개발과제명		국문		3D프린팅 기술을 사용한 기능성원료 함유 구강용해 필름 제형화 기술 개발																					
		영문		Development of Oral Dissolving Film Type Functional Food using 3D Printing Techniques																					
주관연구개발기관		기관명		(주)에브리트		사업자등록번호		305-86-23557																	
		주소		(34364) 대전광역시 대덕구 대화로20		법인등록번호		160111-0337645																	
연구책임자		성명		차아름		직위		책임 연구원																	
		연락처		직장전화		070-4366-4289		휴대전화		010-2471-0514															
				전자우편		archa@everit.kr		국가연구자번호		1085 5971															
연구개발기간		전체		2021. 04. 01 - 2023. 12. 31( 2년 9개월)																					
		단계 (해당 시 작성)		1단계		2021. 04. 01 - 2022. 12. 31( 1년 9개월)																			
				2단계		2023. 01. 01 - 2023. 12. 31( 1년 0개월)																			
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금 지방자치 단체		기타( )		합계		연구개발비 외 지원금													
		현금		현금		현물		현금		현물		합계													
총계		550,000		-		150,000						550,000		150,000		700,000		-							
1단계		1년차		150,000		-		50,000		-		-		-		150,000		50,000		200,000		-			
		2년차		200,000		-		50,000		-		-		-		-		200,000		50,000		250,000		-	
2단계		1년차		200,000		-		50,000		-		-		-		-		200,000		50,000		250,000		-	
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편		비고 역할		기관유형											
공동연구개발기관		연세대학교 산업협력단		이승민		교수		010-4799-8062		leeseungmin@yonsei.ac.kr		공동		대학											
위탁연구개발기관		오성시스템(주)		지창욱		실장		010-3280-2074		jcw4977@ohsungsys.com		위탁		중소기업											
연구개발담당자 실무담당자		성명		차아름		직위		책임 연구원																	
		연락처		직장전화		070-4366-4289		휴대전화		010-2471-0514															
				전자우편		archa@everit.kr		국가연구자번호		1085 5971															

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

2024 년 2 월 29 일

연구책임자: 차아름

주관연구개발기관의 장: 정은수 (인)

공동연구개발기관의 장: 홍종일 (인)

위탁연구개발기관의 장: 지성환 (인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

### < 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명		고부가가치식품기술개발		총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)		미래대응 기술개발		연구개발과제번호		121018-3	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB1804. 맞춤형 영양식품	60%	EA0208.컴퓨터 통합생산시스템	30%	LB1801. 기능성식품	10%
	농림식품 과학기술분류	PA0103 식품 가공·공정	50%	RC0401 식품생산 자동화 기계·시스템	40%	PA0201 기능성식품 및 소재	10%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명		3D프린팅 기법을 사용한 기능성원료 함유 구강용해 필름 제형화 기술 개발					
전체 연구개발기간		2021.04.01.~2023.12.31.(2년 9개월)					
총 연구개발비		총 700,000 천원 (정부지원연구개발비: 550,000 천원, 기관부담연구개발비 :150,000 천원, 지방자치단체: 0 천원, 그 외 지원금: 0 천원)					
연구개발단계		기초[ ] 응용[ ] 개발[ <input checked="" type="checkbox"/> ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준(3단계) 종료시점 목표(9단계)	
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<p>I. 맞춤형 고령친화식품 및 메디푸드를 위한 3D프린팅 기법의 기능성 구강용해필름(ODF) 개발 및 사업화</p> <p>II. 3D프린팅 ODF 제조장비 개발을 통해 기존 비 3D프린팅 제조장비(롤 방식)의 단점 극복</p> <p>III. ODF의 대상별 섭취 및 흡수 적합성 연구</p> <p>※ 목표성과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3D프린팅 기법의 ODF 사업화를 위한 시제품 개발</li> <li>- 배합비, 제조장비 및 제조방법 특허 출원</li> <li>- 시제품의 흡수여부 평가, 생체이용률, 향산화 기능성 지표 확인 및 논문 게재</li> <li>- 고용창출 1건 이상</li> </ul> <p style="text-align: right;"><small>*작성요령에 따라 계획서의 해당부분을 500자 이내로 요약하였음.</small></p>					
	전체 내용	<p>○ 보유 연구 자료에 근거한 3D프린팅 파라미터 표준화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구 자료를 3D프린팅 제조에 반영하여 적합 배합비 및 조액의 조성 표준화</li> <li>- 조액의 성상에 따른 적합 코드, 노즐 및 토출방식 표준화</li> <li>- 3D프린팅 제조 적합 천연고분자 등의 첨가물 선정 및 분류</li> <li>- 연구 자료에 근거한 ODF의 품질평가 시험항목 표준화</li> </ul> <p>○ ODF 제조용 3D프린팅 제조장비 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ODF 제조 맞춤형 압력 및 토출 시스템 도입</li> <li>- FIR 등의 광원과 열풍 및 냉풍을 활용한 급속 건조방식 도입</li> <li>- 단일 필름 제조, 직렬의 3개 필름제조, 직·병렬의 6개 필름 제조 형태의 파일럿 제작</li> </ul> <p>○ 3D프린팅 기법 제조장비의 적합성 확인</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 토출 및 건조방식이 ODF에 미치는 영향 분석</li> <li>- 생산수율 및 로딩 한계량 평가</li> <li>- 2중 이상 형태의 필름제조</li> <li>- 2중 이상의 적층 필름제조</li> <li>- 2중 이상의 적층 필름 연속제조</li> <li>- 다품종 동시생산 가능성 실험</li> <li>- Lettering ODF</li> </ul>					

			<p>○ <b>시제품 개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구강 또는 위장관 흡수를 타겟하는 비타민 A, 코엔자임 Q10, 라이코펜 원료 물질(혼합)이 함유된 노인건강을 위한 기능성 ODF 시제품 개발</li> <li>- 계열사인 유통전문회사 (주)프리마인을 통해 국내 판매 및 유럽을 통한 해외수출</li> </ul> <p>○ <b>시제품 평가</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시제품의 함량분석 및 유통기한설정시험을 통한 장기 안정성 분석</li> <li>- 유효성분의 타겟 노출 기관 분석</li> <li>- ODF의 기호도 조사</li> <li>- 건강성인과 노인에 있어 시제품의 체내 흡수여부 및 생체이용률, 타겟 기능성 지표(항산화) 분석을 통한 효과 확인</li> </ul> <p>○ <b>사업화</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- GMP 제조업체 선정 후, OEM 생산</li> <li>- 종료 후 1차년도까지 시험제품 홍보</li> <li>- 종료 후 2차년도부터 수요가 많은 기능성 식품 판매</li> <li>- 종료 후 3차년도부터 맞춤형 식품 개발 및 판매</li> </ul>
	1 단계 (해당 시 작성)	목표	○ <b>3D프린팅 기법의 ODF 제조장비 개발 및 ODF용 건강기능식품탐색</b>
		내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 보유 연구 자료에 근거한 3D프린팅 파라미터 표준화</li> <li>- ODF 제조용 3D프린팅 제조장비 개발</li> <li>- 3D프린팅 기법 제조장비의 적합성 확인</li> </ul>
	2 단계 (해당 시 작성)	목표	○ <b>다중 토출 3D 프린터 개발 및 시제품 개발 및 건강성인 및 노인에게 생리활성기능 효과 검증</b>
내용		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 다중 토출 3D프린터 개발 및 평가</li> <li>- 시제품 개발 및 평가</li> <li>- 제조장비 및 제조방법 특허 출원</li> <li>- 건강성인/노인의 흡수 여부 판단 및 생체이용률 분석</li> </ul>	

연구개발성과	3D 프린팅 시스템의 단일 출력 파일럿 개발 완료
--------	-----------------------------

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p>○ <b>ODF 사업화</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기호도, 흡수여부 및 생체이용률, 타겟 기능성(항산화) 평가를 통한 제품 홍보</li> <li>- 개선된 시제품을 통해 인지도 구축</li> <li>- 종료 후 수요가 많은 기능성 식품 및 맞춤형 식품 개발 및 판매</li> <li>- 적층 제조를 통해 다중 복합 기능성 ODF 구현</li> <li>- 다양한 형상 및 Letting ODF 구현</li> </ul> <p>○ <b>맞춤형 고령친화식품 및 메디푸드 제시</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고령자를 비롯한 삼킴장애 및 두려움이 있는 소비자를 위한 대체 식품 제시</li> <li>- 휴대 및 섭취가 간편하고 흡수율이 높은 건강기능식품을 제시</li> <li>- 맞춤형 건기식 시대가 가능함을 제시</li> <li>- 흡수율을 강조한 제품 제시</li> </ul> <p>○ <b>ODF의 연구범위 확장</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기능성식품으로의 ODF 연구범위 확장</li> <li>- 효율성을 높인 ODF의 다품종소량 제조의 가능성 제시</li> <li>- ODF 품질평가 시험항목 일반화를 위한 근거자료 제시</li> </ul> <p style="text-align: right;"><small>*작성요령에 따라 계획서의 해당부분을 500자 이내로 요약하였음.</small></p>
---------------------	--

연구개발성과의 비공개여부 및 사유	(해당사항없음)
--------------------	----------

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화학물	신제품	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	1	1										
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	맞춤형 식품		식용필름		3D프린팅 기법		메디푸드		고령친화식품			
영문핵심어 (5개 이내)	Customized food		Edible film		3D printing technology		Medifood		Care food			

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 ..... 5

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 ..... 6

    1) 구강용해필름(ODF) 제형의 흡수율 평가 임상시험 ..... 6

        (1) 맞춤형 고령친화식품 개발을 위한 원료선정 ..... 6

        (2) ODF 제형의 체내 흡수율 평가 및 기능성(항산화) 분석 ..... 8

    2) 3D프린팅 ODF 제조장비의 개발 ..... 16

        (1) 1차개발 ..... 16

        (2) 2차개발 ..... 32

        (3) 3차개발 ..... 39

        (4) 최종개발 ODF 제조장비와 규격 및 안전성 시험 ..... 50

    3) 시제품 개발과 사업화 ..... 62

        (1) 시제품 개발 ..... 62

        (2) 사업화 및 홍보 ..... 67

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 ..... 73

    1) 연구수행 결과 ..... 73

        (1) 정성적 연구개발성과 ..... 73

        (2) 정량적 연구개발성과 ..... 76

    2) 목표 달성 수준 ..... 77

4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 ..... 80

5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 ..... 83

별첨 자료 (참고 문헌 등) ..... 85

※ 지표별 연구목표 대비 성과표는 [별첨2 : 연구성과 활용계획서]에 있음. .... 91

# 1. 연구개발과제의 개요

본 연구개발과제는 맞춤형 고령친화식품 개발에 적합한 소재(CoQ10, 비타민A, 토마토추출물)를 찾고, 소재들의 기능성 성분이 ODF 제형으로 섭취할수록 더 잘 흡수되고, 생체이용률도 높아 영양소의 흡수율과 항산화능이 떨어지는 노인층을 위한 고령친화 제품을 만드는 데 목적이 있음.

또한 개인맞춤형 키워드에 맞춰 다품종소량생산이 가능한 3D프린팅 방식의 ODF 생산기기를 개발하고 3종의 시제품, 브랜드 런칭을 비롯한 홍보 및 홈페이지 제작으로 본 기술의 사업화를 목표로 하고 있음.

<그림1> 협약용 계획서 24페이지, 연구개발과제의 추진전략·방법 발췌

㈜에브리트(주관기관)	오성시스템㈜(위탁기관)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 조액 및 3D프린팅 코드 파라미터 표준화</li> <li>• 제품품질 평가항목 표준화</li> <li>• 장비 적합성(수율, 속도, 로딩한계량) 평가</li> <li>• 제조 장비별 ODF 적합성(유통기한설정시험)</li> <li>• 제조 장비별 ODF 품질(기준 및 규격) 평가</li> <li>• 다품종 생산 가능성 평가</li> <li>• 3종 시제품 개발</li> <li>• 시제품 품질평가</li> <li>• OEM 위탁기관 선정</li> <li>• 제조장비 및 제조방법 특허 출원</li> <li>• 인력 채용(주관기관 1명, 제조 판매시설 9명)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토출, 압력, 광원이 도입된 1차 파일럿 개발</li> <li>• 직렬 3개 필름 동시생산 2차 파일럿 개발</li> <li>• 2열 6개 필름 동시생산 3차 파일럿 개발</li> </ul>	
	<th data-bbox="804 741 1439 781">연세대학교(공동기관)</th>	연세대학교(공동기관)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건강기능식품 원료 탐색 및 개별 맞춤 기능성에 대한 필요성 조사</li> <li>• 건강성인 및 노인의 시제품 흡수 확인, 생체이용률 및 타겟 기능성 지표 (항산화 효소활성, 항산화능) 분석</li> <li>• 논문 등재</li> </ul>	

## □ 장비개발

주관기관은 장비 제조를 위한 자료를 위탁기관에 전달하고, 위탁기관은 주관기관이 요구하는 성능과 기술이 탑재된 파일럿 장비를 제공하여야 함. 주관기관은 각 파일럿 장비를 평가하고 최종장비 개발 전까지 위탁기관은 주관기관의 평가에 따라 장비를 수정 및 보완함.

## □ 시제품 개발 및 평가

주관기관은 3차 파일럿 장비를 통해 시제품을 개발하고 유통기한 설정시험, 기준 및 규격시험, 표준화한 평가항목을 시험하고, 기호도 평가를 식품평가원에 준하는 공인시험기관에 위탁함.

## □ 흡수 및 이용률 평가

공동기관은 주관기관이 제조한 샘플을 제공받아 함량, 흡수여부, 타겟 기능성 지표로 평가한 생체이용률 평가하고 학술발표 또는 논문투고 함.

## □ 특허 출원

주관기관은 3D프린팅 기법의 ODF 제조장비에 대한 제조방법, 장비에 대해 특허 출원함.

## □ 사업화

최근 ODF 시장이 북미와 유럽을 중심으로 급성장하였고, 인도와 일본을 비롯한 아시아 몇 개 국가의 시장도 성장하려 함. ㈜에브리트는 변동하는 세계시장을 대비하여 경쟁력을 갖춘 국산 ODF 제조기술개발을 목표로 하고 있음.

국내 시판중인 ODF 제품들은 단순히 보관 및 섭취 용이하기 때문에 늘어난 수요이며, 높은 흡수율에 대한 과학적인 증거를 제시하는 제품은 없었음. 그러므로 과학적 증거를 제시할 수 있는 홍보로 국내시장은 물론 글로벌 시장에까지 진출하려 함.



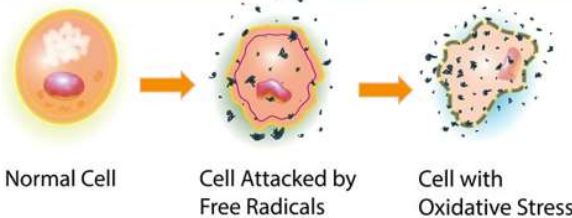
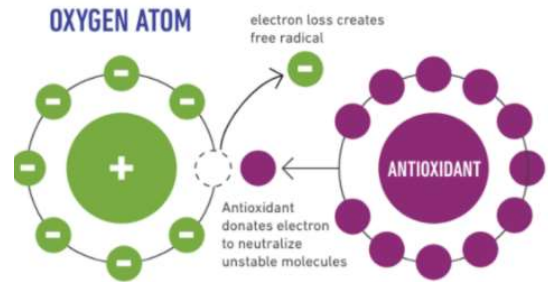
## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 1) 구강용해필름(ODF) 제형의 흡수를 평가 임상시험

#### (1) 맞춤형 고령친화식품 개발을 위한 원료선정

##### □ 맞춤형 고령친화식품 개발을 위한 원료찾기

맞춤형 고령친화식품을 개발하기 위하여 제품에 들어가야 할 기능성은 무엇인가에 대한 답변은 "활성산소"에 있음. 1954년 거쉬만박사에 의해 제시된 유해산소설은 노화에 대해 자유기(Free radical)를 갖고 있는 활성산소가 세포를 끊임없이 공격하여 DNA, 세포, 조직 등을 손상시키고 이것이 누적된 결과라고 주장하였음. 그리고 이 활성산소를 저지하는 것이야말로 우리 몸의 가장 작은 단위인 세포부터 노화 관리를 시작한다는 면에서 노화를 근본적으로 해결하는 것이라고 할 수 있음.

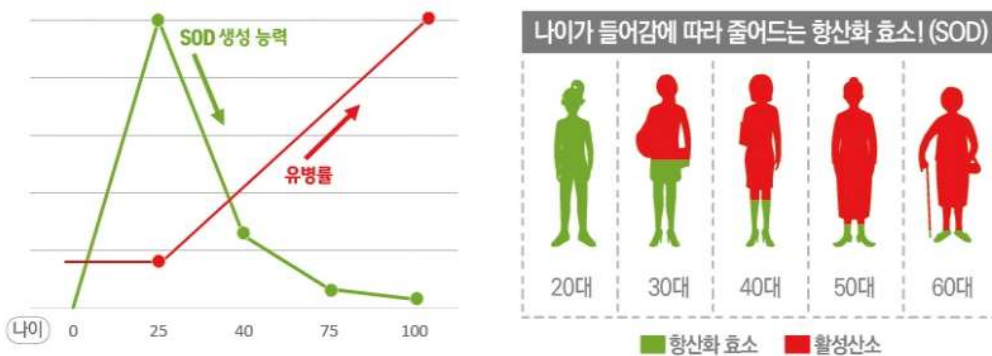


<그림2> 노화이론 중 하나인 유해산소설의 이미지컷

<그림3>

자유전자 하나가 떨어져나가 불안정한 활성산소가 항산화제를 만나 전자를 얻고 안정화 되는 것을 도식화한 것

활성산소를 저지, 즉 안정화시키는 것을 항산화라고 말함. 우리 몸은 이미 항산화 효소, SOD를 가지고 있어 자연적으로 활성산소를 제거하는 것이 가능하지만 노화가 진행될수록 몸의 SOD 생성능력은 떨어지고 유병율은 증가한다고 함(그림4). 그러므로 맞춤형 고령친화 제품 개발에 있어 항산화 기능은 반드시 다루어야 할 주제임.



<그림4> GF건강특 활성산소화 항산화효소

## □ 건강기능식품 ODF의 조건에 맞는 원료찾기

맞춤형 고령친화식품에 적용될 건강기능성을 항산화기능에 맞추고 원료선정을 위해 메타분석을 수행하였음. 연세대학교 산학협력단이 운영하는 심바이오틱 라이프텍 노화과학연구센터에서는 국내외 문헌과 임상시험 데이터를 대량신속처리(High throughput analysis)하여, 원료, 기능성분, 극성/비극성의 여부, 분자량, 반감기, 섭취량 위장관 흡수의 양상을 기준으로 강력한 항산화 기능을 발휘할 것으로 기대되는 120여 가지 원료를 도출하였음.

<건강기능식품의 기준 및 규격>에 의하면 건강기능식품 공전에 등재되어있는 기능성 원료(고시형)는 공전에서 정하는 제조기준, 규격, 최종제품에 요건에 적합해야 함. 우리나라에는 95여 종의 원료가 등재되어있음. 그밖에 공전에 등재되지는 않았지만 식약처 처장이 개별적으로 인정한 원료(개별인정형)들이 있는데, 해당 원료들은 각 개발사에 독점권이 있어 사용하려면 별도의 계약이 필요함.

따라서 본 과제에서는 고시형 원료 가운데 항산화 기능성을 표시할 수 있는 원료 9종인 녹차 추출물, 엽록소 함유식품, 스쿠알렌, 스피루리나, 클로렐라, 코엔자임Q10(CoQ10), 프로폴리스 추출물, 토마토 추출물(라이코펜), 홍삼 중에서 우리 연구팀의 메타분석과 일치하는 2가지 원료 CoQ10, 토마토 추출물을 선별하였음.

ODF는 크기가 작고 가벼운 약 300 mg 정도 되는 얇은 시트형 제품임. 그러므로 건강기능식품 인정요건인 함량 조건에 도달하는 것이 기술적으로 어려운 부분이 있음. 예를 들어 녹차 추출물의 경우 최종제품의 요건이 카테킨으로서 0.3~1 g임. 기능성 성분의 함량 자체가 300 mg 이상인데다가 해당 제품의 경우 카테킨 성분 그대로를 사용할 수 없고 녹차의 원료인 *Camellia sinens* 혹은 *Thea sinens*(녹차식물)을 주성 추출하여, 카테킨 200 mg/g 함유하고 있는 원료로, 카테킨 함량에 도달해야 하는데 이대로라면 하루 1,500 mg정도의 녹차추출물을 섭취해야만 기능성을 기대할 수 있음. 따라서 최종제품의 기능성 성분 함량이 ODF 총무게 안에 들어올 것, 그 중에서 ODF의 형성과 개발될 장비에 적합한 점도를 갖는 필름을 형성할 수 있을만한 조건을 갖춘 원료들을 추가 선별하였음.

비타민A는 영양소로서 <건기식 기준 및 규격>에 우리 몸에서 노화가 가장 빨리 찾아오는 조직인 피부와 점막세포를 형성하고 기능을 유지하는 기능이 명시되어있음. 고령친화식품 개발에 있어 비타민A를 추가 선별해야 한다고 생각한 이유는 피부와 점막세포에 대한 비타민A의 기능은 강력한 항산화 기능에 있기 때문임. 또한 <건기식 기준 및 규격> 상 비타민A의 일일섭취량이 1mg 이내로 본 과제에서 처음 연구될 ODF의 흡수율 임상연구와 장비개발을 위한 스탠다드 조액의 원료로서 적합하다고 판단, 추가 선별하였음.

또한 임상시험을 구성함에 앞서 선별된 비타민A, CoQ10, 토마토 추출물이 ODF 흡수율을 연구하기 좋은 소재인가를 재검토하였음. 흡수율 연구에 있어 분자량이 작을수록 흡수율 연구에 유리한 것임은 당연함. 한가지더 지용성이 높은 제제일수록 유리한데, 세포는 지질이중층(Lipid bilayer)막으로 둘러싸여 있어 분자량이 크고 극성인 성분은 세포를 통과하는데 별도의 수용체가 필요하기 때문임. 하지만 지용성 성분들은 세포막을 쉽게 통과할 수 있음. 즉 분자량이 작은 지용성 기능성 성분인 비타민A, CoQ10, 토마토 추출물은 흡수율 연구에 있어 좋은 소재가 될 수 있다고 최종 판단하였음.

즉 고시형 건강기능식품 원료이면서 최종제품의 요건에서 기능성 성분의 함량이 일일섭취량 기준 300 mg 이내이며 분자량이 작은 지용성 항산화 기능성 원료 비타민A(섭취량 210~1,000ug/day, Retinyl Palmitate, Retinyl Acetate로써 699.93~3333 IU RE에 해당)와 CoQ10(섭취량 90~100 mg/day) 그리고 토마토 추출물(라이코펜 섭취량 5.7~15 mg/day)을 최종 선정하였음.

(2) ODF 제형의 체내 흡수율 평가 및 기능성(항산화) 분석

□ 임상시험의 구성

ODF는 아직 과학적인 증거가 부족한 신(新)제제임. ODF의 물리적 특성 자체가 연하곤란 환자들에게 유리하고 소화기관과 간에 영향을 미치지 않으며 간편하게 섭취할 수 있다는 점에서 안전성과 편리성을 가진 소재이기 때문에 이 특성만으로 사업화가 되었고 ODF에 함유된 기능성 성분이 혈액과 조직에서 발견된다는 직접적인 근거는 아직 없기 때문임.

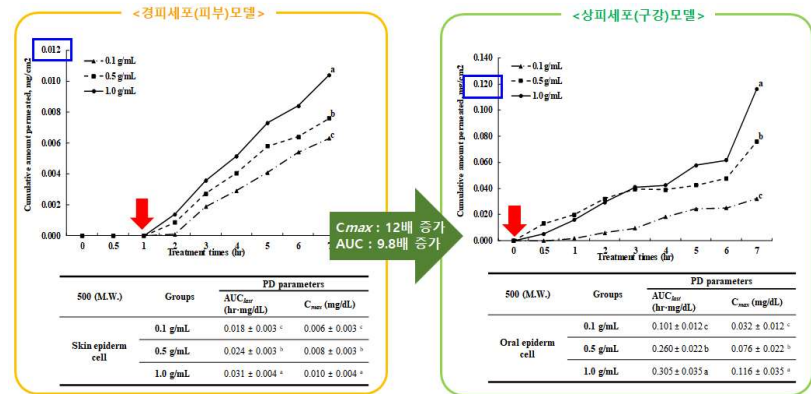
선행연구에서 (주)에브릿은 자사 콜라겐ODF 제품을 가지고 해당 제품을 섭취하는 것이 피부에 바르는 것보다 우수하다는 내용의 *in vivo* 결과를 발표한 바 있음 (대전스타기업육성사업, 2022).

프란즈셀 시험법에 근거한 이 실험은 피부경피세포 모델에 적용한 콜라겐ODF 보다 구강상피세포 모델에 적용했을 때 Cmax 12배, AUC는 9.8배나 높아진다는 것을 보여주었음.

더구나 피부모델은 적용 후 1시간 이후에나 흡수가 시작되었지만 구강모델은 ODF를 적용하자마자 흡수가 시작되는 것이 관찰되었음.

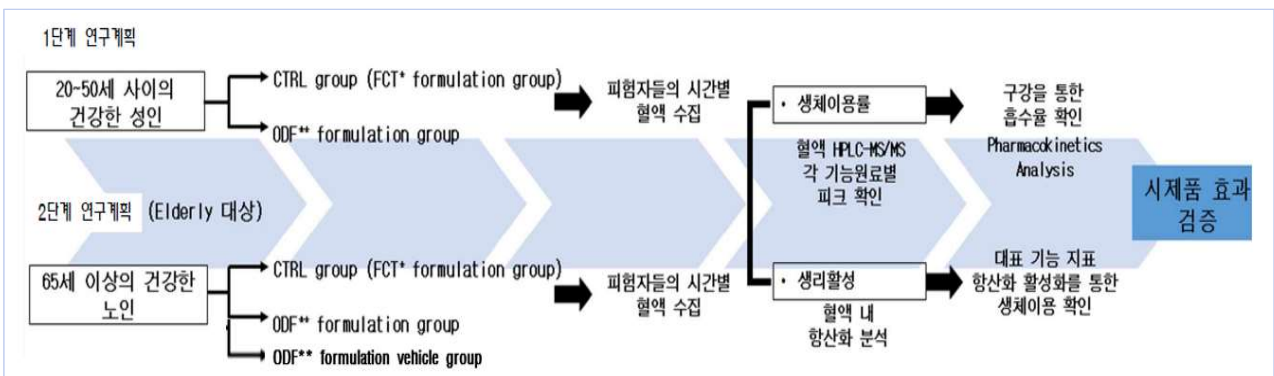


<그림5> 콜라겐ODF 흡수율을 평가하기 위한 세포적용 시험법 개요



<그림6> 그림5의 결과

이로써 ODF의 높은 흡수율을 확신한 우리 연구팀은 ODF의 섭취가 실제 인체 내에서도 적용될 것이며, 직접적이고 과학적 근거를 마련하기 위해 <그림7>과 같이 임상시험을 구성하였음. 항산화 기능성 ODF의 섭취가 고령친화식품으로 섭취 안전성과 편리성은 물론 효율성을 보여준다는 것을 입증하기 위해 1단계 임상연구에서는 일반성인을 대상으로 한 ODF 흡수율 평가를 시행하기로 하였음. 왜냐하면 ODF의 흡수율 연구는 이번 연구가 처음이기 때문에 "고령세대"의 결과를 비교할만한 기준이 없기 때문임.



<그림7> 본 임상연구의 개요

그러므로 1단계 임상에서는 20~30대의 건강한 성인 47명을 대상으로 ODF 시험군, 동량의 기능성 성분이 포함된 캡슐 대조군의 결과를 2단계 임상 결과의 기준으로 삼았음. 2단계에서는 65세 이상 건강한 노인 99명을 대상으로 ODF 시험군, 동량의 기능성 성분이 포함된 캡슐 대조군, ODF 형성제에 따른 변수를 제거하기 위한 ODF-vehicle, 총 3군으로 시험하였음. 단, 성인의 경우 모집된 시험자의 평균나이가 25.8세로 대조군에 적합하지 않다고 판단, 분석에서 제외하였음.

모집된 시험 대상자들은 ODF, 캡슐 또는 ODF-vehicle 섭취 0, 0.5, 1, 2, 4, 6, 24, 48 시간이 지난 후에 혈액을 채취하였음. 혈액의 첫 채취는 8시간 이상 금식 후에, 시험시료를 섭취한 후 4시간까지 금식을 유지하였고, 4~6시간 사이에 시험에 사용된 기능성 성분이 함유되어 있지 않은 백설기 100g, 1회를, 6시간 이후에는 기능성 성분이 거의 함유되지 않은 김밥 1줄, 1회를 제공하였음. 16~48시간에 해당하는 혈액을 채취할 때는 채취 전 8시간 이상의 금식 후 채취하였음.

혈중 기능성 성분의 함량은 LC-MS/MS로 측정되었음. 그리고 기능성 효과지표로 TBARS assay를 이용하여 산화스트레스의 지표 중 하나인 말론디알데하이드(MDA)를 측정하고, CUPRAC, FRAP assay를 이용하여 ODF 제제로 섭취한 기능성 성분이 우리 몸 항산화 기능을 얼마나 효과적으로 증가시키는가를 평가하였음(별첨4~9).

□ ODF 시험시료의 준비

임상시험을 진행할 때 사용된 ODF와 대조군의 모습, 그리고 원료 배합과 품질조건은 다음과 같음. 기능성 성분인 CoQ10과 비타민A, 토마토 추출물은 건기식 공전에 따라 최종제품의 요건인 기능성 성분의 함량 최대치에 맞췄음. 미국 T-bev.Inc사의 99.8% CoQ10은 ODF 1장에 최종제품의 요건 ~100 mg이, DSM사의 분말 비타민A에는 ODF 1장당 10mg(Palmitate, Retinayl Acetate로써 3,250 IU에 해당), 토마토추출물은 25mg, 라이코펜으로는 14 mg이상이 함유되어 있음. 시험시료의 원료는 식품용 원료를 사용하였고, 완성된 샘플은 모두 이물검사와 중금속 검사를 통과한 안전한 제품임을 확인후 사용하였음.

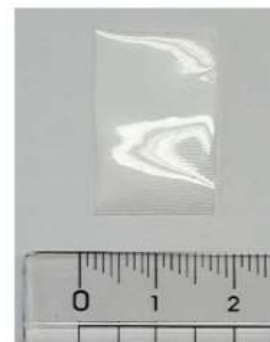
<그림8> 임상시험에 사용된 ODF시험군(좌), 대조군 캡슐(중), 대조군 ODF-vehicle(우)



크기 : 2.0 x 3.3 cm  
지수분 : 10~12%



직경 : 2.5 cm  
두께 : 0.5 cm  
무게 : 500 mg(캡슐포함)



크기 : 1.5 x 2.7 cm  
지수분 : 10~12%

&lt;표1&gt; 임상시험에 사용된 ODF와 대조군의 배합표

원료명	원재료(제품명)	제조사	원산지	수입업소	역할 및 함량	ODF	캡슐	ODF-vehicle
CoQ10	코엔자임 Q10	T-bev, Inc.	미국	(주)바른에프피	기능성성분 (99.8%)	100.00	100.00	
비타민A	분말비타민A 아세테이트 325 혼합제제	DSM	스위스	(주)빅솔반월공장	기능성성분 (325 IU/mg)	10.00	10.00	
토마토추출물	벌크서플리먼츠 라이코펜 파우더	Bulksupplements Store	미국	비오인터네셔널	기능성성분 (50%)	25.00	25.00	
폴루란	폴루란	HAYASHIBARA CO.,LTD	일본	한국나가세(주)	ODF 몸체형성	65.00		65.00
글리세린	글리세린(Glycerin)	(주)엘지생활건강 울산공장	국내산	-	용해도 증가에 도움	7.00		7.00
TWEEN80	폴리소르베이트 80 (에마졸 O-120V)	KAO CORPORATION	일본	남영상사주식회사	용해도 증가에 도움	2.00		2.00
변성전분	토리코스타 (변성전분)	인그리디언코리아 유한회사	국내산	-	끈적임 해결 (이형성 증가)	10.00		10.00
덱스트린	말토덱스트린 (Maltodextrin)	ZHUCHENG DONGXIAO BIOTECHNOLOGY CO., LTD	중국	현진그린밀(주)	부형제		200.00	
					필름의 무게(mg)	219.00	870.00	84.00

□ 영양성분의 흡수 여부 및 생체이용률 분석

혈중 기능성 성분의 함량을 측정하기 위해 분리된 혈청을 샘플로 사용하기로 했음. 혈장과 혈청 모두 임상연구에서 사용되지만 혈장에서 섬유소를 제거한 혈청은 재현성, 민감도, 정확성면에서 혈장보다 유리함. 혈액은 30분간 실온에서 정치하고 샘플을 기울여 흐르지 않을 때 원심분리를 진행했음. 본 과제에서 수행되는 항산화 기능성 성분 3종은 모두 빛에 민감하므로 채혈이후에는 모든 작업선에서 차광 및 항온·항습 환경을 유지하였음.

혈중 기능성 성분의 함량은 Liquid chromatography(LC)-MS/MS, Q-EXACTIVE ORBITRAP PLUS mass spectrometer system으로 측정하였음. Internal standard는 Retinyl acetate와 Sulfamethazine가 함유된 Tetrahydrofuran (THF) 혈청에 첨가한 뒤 20도에서 1,8000 xg로 7분간 원심분리한 후 상층액을 취하여 사용하였음.

비타민A의 흡수 여부는 Retinyl acetate, Retinyl palmitate, Retinol 중 레티놀(Retinol)을 측정하였으며, CoQ10은 환원형 CoQ10, 유비퀴놀10(Ubiquinol-10)과 산화형 CoQ10인 유비퀴논10 (Ubiquinone-10)을 측정하였음. LC의 설정 조건은 하단<표2>와 같음.

<표2> LC 설정조건요약

Instrument	ULTIMATE 3000 RSLC																																										
Column	Acquity UPLC BEH C18, 1.7µm, 2.1 x 100 mm)																																										
Injection volume	5 µL																																										
Column temp.	50 °C																																										
Mobile Phase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobile Phase A : 10mM Ammonium formate in 50% ACN + 0.1% Formic acid</li> <li>• Mobile Phase B : 2mM Ammonium formate in ACN/IPA/H2O 10:88:2 + 0.02% Formic acid</li> </ul>																																										
Gradient	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Time</th> <th>Flow [ml/min]</th> <th>%B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.000</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.000</td> <td>0.400</td> <td>5.0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2.000</td> <td>0.400</td> <td>5.0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>7.000</td> <td>0.400</td> <td>100.0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>11.000</td> <td>0.400</td> <td>100.0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>11.500</td> <td>0.400</td> <td>5.0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>14.000</td> <td>0.400</td> <td>5.0</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td colspan="3">New Row</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>14.000</td> <td colspan="2">Stop Run</td> </tr> </tbody> </table>			No	Time	Flow [ml/min]	%B	1	0.000			2	0.000	0.400	5.0	3	2.000	0.400	5.0	4	7.000	0.400	100.0	5	11.000	0.400	100.0	6	11.500	0.400	5.0	7	14.000	0.400	5.0	8	New Row			9	14.000	Stop Run	
No	Time	Flow [ml/min]	%B																																								
1	0.000																																										
2	0.000	0.400	5.0																																								
3	2.000	0.400	5.0																																								
4	7.000	0.400	100.0																																								
5	11.000	0.400	100.0																																								
6	11.500	0.400	5.0																																								
7	14.000	0.400	5.0																																								
8	New Row																																										
9	14.000	Stop Run																																									
Flow	0.4 mL/min																																										

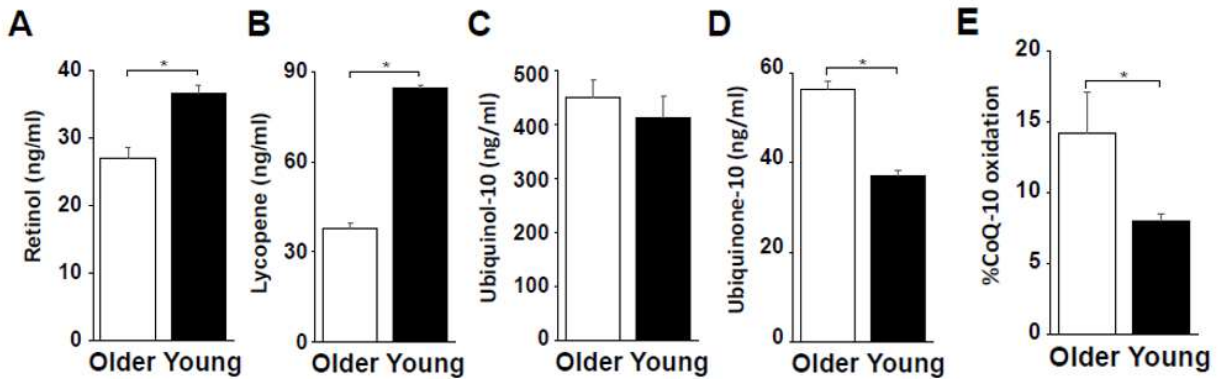
흡수된 기능성 성분의 생체이용률 평가는 TBARAS assay로 산화스트레스의 지표 중 하나인 혈중 MDA 값을 측정하였고, 구리이온의 환원력(Cu<sup>++</sup> → Cu<sup>+</sup>, CUPRA assay) 또는 철이온의 환원력(Fe<sup>+++</sup> → Fe<sup>++</sup>, FRAP assay)을 측정하여 항산화능을 평가하였음.

□ 비타민A, 라이코펜, CoQ10 의 섭취전 혈중 농도 분석

기능성 성분의 섭취전 혈중 레티놀, 라이코펜, 유비퀴놀-10, 유비퀴논-10을 측정하였음. 섭취전 혈중 레티놀은 평소 비타민A의 섭취 수준을, 혈중 라이코펜은 평소 토마토 추출물의 섭취 수준을, 유비퀴놀-10, 또는 유비퀴논-10은 평소 CoQ-10의 섭취 수준을 반영함.

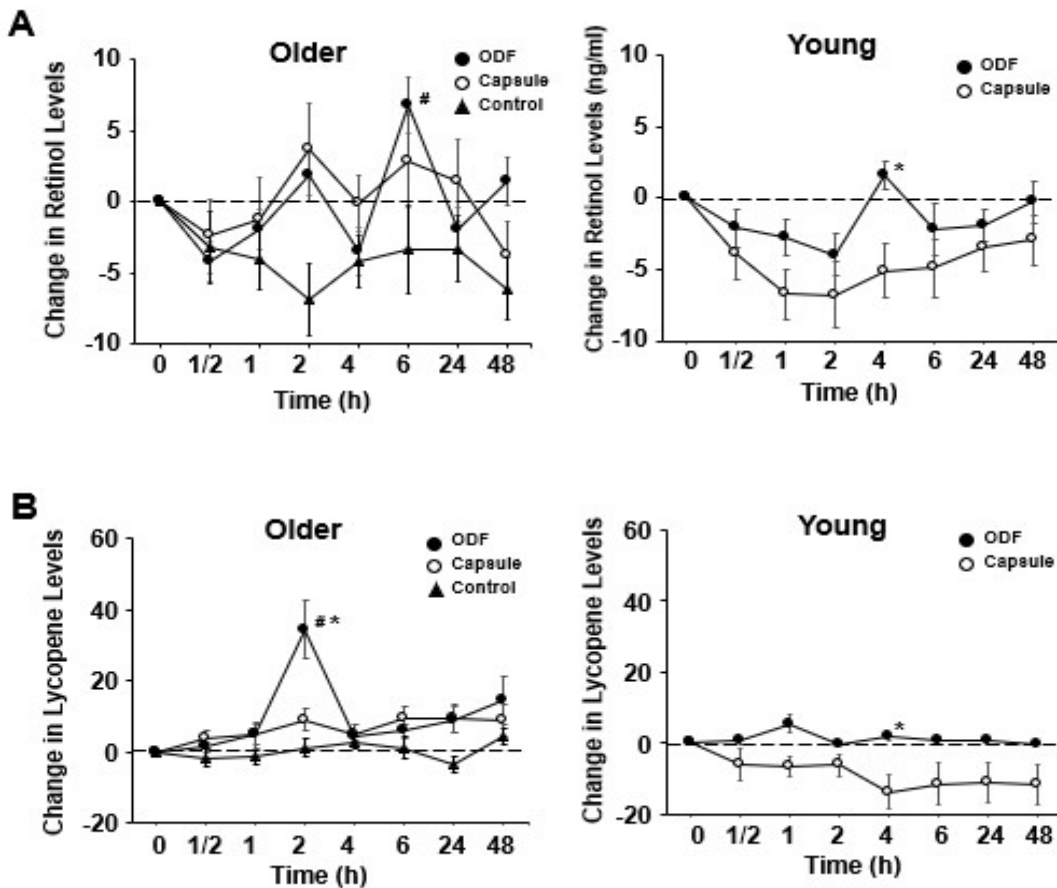
<그림9>의 A와 B를 보면, 65세이상 노인(이하 노인)의 혈중 레티놀과 라이코펜의 농도는 20~30대의 건강한 성인(이하 성인)에 비해 유의적으로 낮은 수준으로 측정되었음. 한편 혈중 유비퀴놀-10, 유비퀴논-10의 농도는 각각 노인이 성인과 차이가 없거나, 유의적으로 높은 것으로 관찰됨(그림9의 210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 종질지(80g/m<sup>2</sup>)

C와 D). 이는 노인의 경우 섭취한 CoQ10이 성인에 비하여 산화된 형태로 존재하고, 이에 따라 CoQ10의 산화율은 성인에 비해 노인에게서 더 큰 폭으로 증가되는 것으로 산출되기 때문임(그림9의 E).



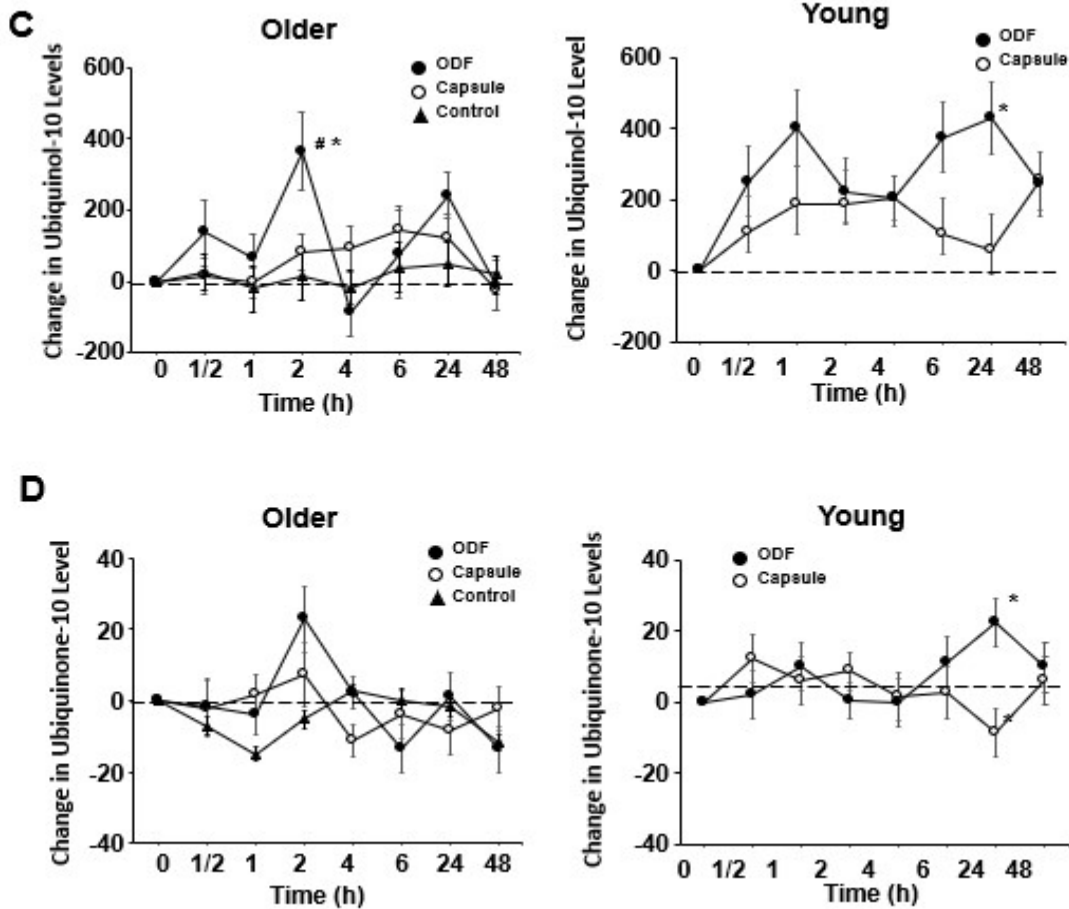
<그림9> 노인(Older)과 성인(Young)의 기능성 성분 섭취전 혈중 레티놀(A), 라이코펜(B), 유비퀴놀-10(C), 유비퀴논-10(D)의 농도 및 CoQ10의 산화율(%Oxidation) \*P<0.05

□ 비타민A, 토마토 추출물, CoQ10 의 섭취의 확인 및 흡수를 평가



<그림10> 비타민A와 토마토 추출물, CoQ10을 ODF, 캡슐(Tablet) 또는 ODF vehicle 제제로 섭취하여 30분, 1, 2,4, 6,24,48 시간 이후의 노인(Older)과 성인(Young)의 혈중 레티놀(A), 라이코펜(B), 혈중 유비퀴놀-10(C), 유비퀴논-10(D) 농도 \*,#P<0.05

<그림10계속>



<그림10>는 ODF 또는 캡슐을 섭취하기 전 혈중 레티놀, 라이코펜의 농도를 0(h)으로 놓고 30분 후, 1, 2, 4, 6, 24, 48 시간 후의 변화량을 그래프로 나타낸 것임. 노인과 성인 모두 비타민A와 토마토 추출물을 ODF로 섭취한 것이 캡슐로 섭취한 것보다 혈중에 더 많이 반영된 것으로 보여짐.

비타민A의 경우 성인이 비타민A를 ODF로 섭취한 지 4시간이 지난 후 혈중 레티놀의 농도가 섭취전에 비하여 유의적으로 높아졌고, 노인의 경우에는 섭취한 지 6시간이 지난 후 레티놀의 농도가 유의적으로 증가하였음. 그러나 노인의 경우 캡슐로 섭취한 후 48시간이 지나도 섭취전에 비하여 혈중 레티놀 함량이 유의적으로 높아지는 시점이 없었던 것으로 보여져 ODF 형태로 비타민A를 섭취하는 것이 효과적이라는 것을 알 수 있었음(그림10의A).

토마토 추출물을 섭취한 경우, ODF든 캡슐이든 성인의 혈중 라이코펜의 함량이 유의적으로 증가한 시점이 없는 것에 반해 노인의 경우 ODF로 섭취한 경우 혈중 라이코펜의 함량이 유의적으로 증가하는 것이 관찰되었음. 노인의 경우 평소 혈중 라이코펜의 함량이 성인과 크게 차이나 ODF로 섭취된 토마토 추출물이 혈중에 더 민감하게 반응하는 것으로 보여짐.

여기서 비타민A와 토마토 추출물은 ODF, 캡슐 모두 0h 시점에서 단 1회 섭취된 것임. 그러므로 노인과 성인 모두 캡슐로써 섭취한 기능성 성분이 섭취 후 48시간 내 모든 시점에서 통계적으로 유의하게 증가하는 것은 확인되지 않았음. 대부분의 기능성 성분은 일일섭취량에 준하여 꾸준히 섭취한 결과 기능성이 나타나게 되는데 <그림10>의 A, B 좌측 그래프와 같이 섭취 후 6시간 내에 혈중에 반영되었다는 실험 결과는 주목할만 함.

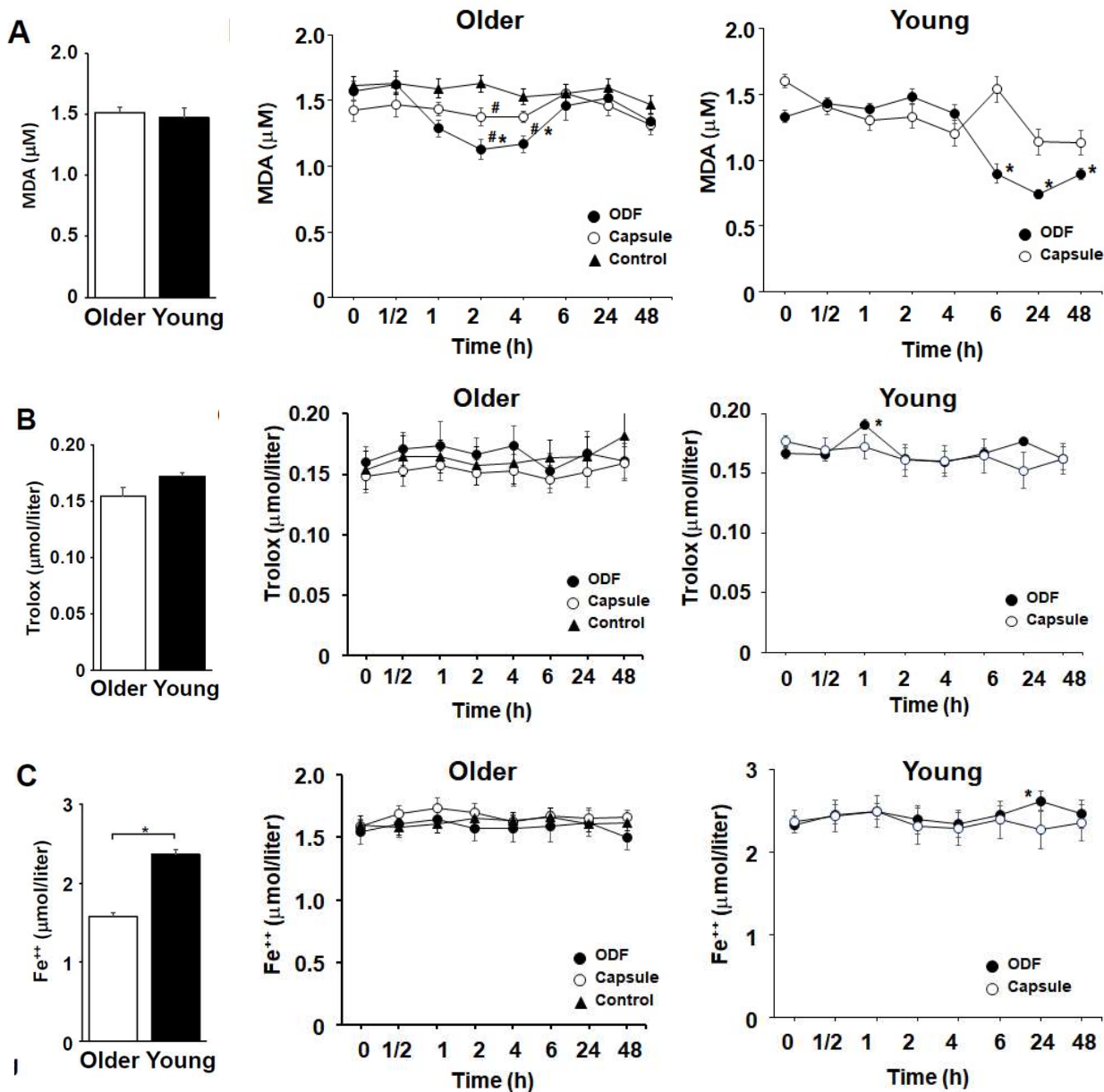


또한 CoQ10을 섭취하는 경우 <그림10>의 C, D와 같이 성인과 노인 모두 혈중 유비퀴놀-10과 유비퀴논-10의 농도가 섭취 2시간과 24시간 후에 크게 증가하는 것으로 보여짐. 유비퀴놀-10의 경우 2시간만에 섭취된 CoQ10이 혈중에 반영되는 것이고, 섭취 24시간 후에는 혈중 유비퀴놀-10이 간에서 대사되어 VLDL 형태로 배출될 때 그 안에 있는 유비퀴놀-10이 측정된 것으로 보여짐.

이들 결과를 통하여 기존 제제인 캡슐보다 ODF로 기능성 성분을 섭취하는 것이 더 효율적이라는 본 연구의 가설을 증명할 수 있었음.

□ ODF 섭취의 항산화 효능 평가

TBARAS assay로 측정된 혈중 MDA 값(그림11의 A), CUPRA assay로 측정한 혈중 Trolox의 값(B) 그리고 FRAP assay로 측정된 혈중 Fe<sup>++</sup>의 농도(C)는 기능성 성분의 생체이용률을 반영함.



<그림11> 기능성 성분 3종의 제제별 섭취에 따른 시간별 혈중 MDA, Trolox 및 F<sup>++</sup> 농도 \*P<0.05

노인과 성인의 섭취전 혈중 MDA, Trolox 및 F<sup>++</sup>농도를 측정한 결과 <그림11>의 C 좌측 그래프와 같이 FRAP assay로 측정된 혈중 F<sup>++</sup>농도가 유의적으로 저하되어 있음을 알 수 있었음.

ODF의 섭취는 성인의 경우 혈중 MDA, Trolox 및 F<sup>++</sup>농도 3개의 지표 모두 기능성 성분 섭취에 의한 항산화능이 향상되는 것이 관찰되었고, 노인의 경우 혈중 MDA 농도가 유의적으로 감소하고 다른 2가지 지표에서는 통계적인 결과를 볼 수 없는 것으로 보아 노인의 경우 ODF의 섭취가 산화스트레스를 줄여주고, 장기적인 섭취를 통해 항산화능을 향상시킬 것으로 본 연구진은 평가하였음.

## 2) 3D프린팅 ODF 제조장비의 개발

### (1) 1차개발

#### □ ODF 제조에 적합한 3D프린터의 개발

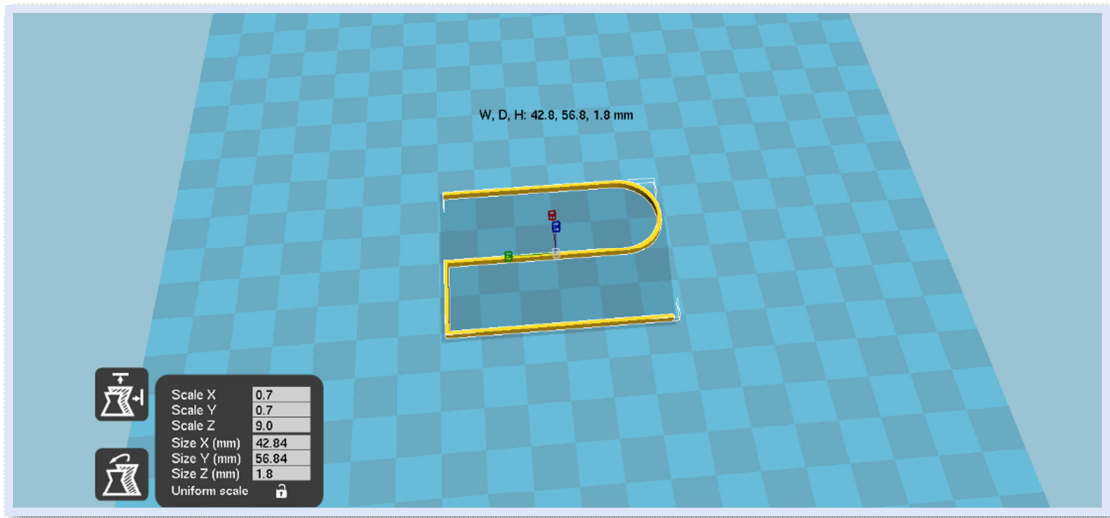
ODF는 점도가 있는 조액을 얇게 펴 건조한 필름 조각임. 이를 3D프린터로 구현하기 위해서는 먼저 토출구 (혹은 노즐)을 제작해야 함. ODF가 가능한 조액의 점도에서 기존 3D프린터가 사용해왔던 기본 노즐을 시험해 보고 여기에 개선사항을 포함한 전용 노즐을 제작하기로 했음. 시험에 사용된 기본 노즐 3종은 다음과 같음.

<표3> ODF용 3D프린터 제작에 사용된 기본노즐 3종

(1) 중간목 중간토출	(2) 좁은목 중간토출	(3) 넓은목 넓은토출
<p>가로 2.6mm 폭 0.5mm</p>	<p>가로 3.0mm 폭 0.5mm</p>	<p>가로 10.0mm 폭 1.2mm</p>

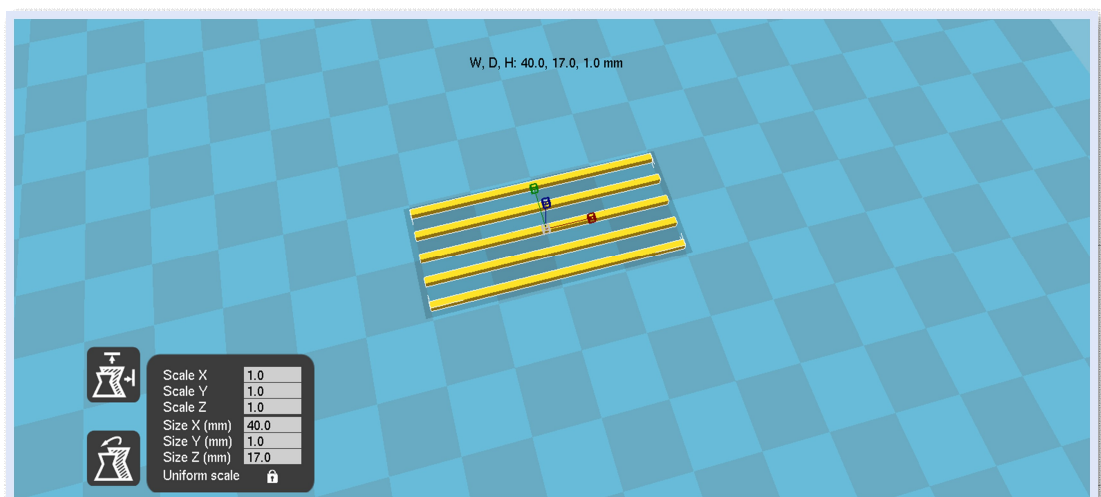
토출구의 직경은 3 mm로 시험조건은 점도 35,000 cps의 다크 초코렛, 온도 34.5°C, 25분 예열, 경로 XY Res 0.050 mm 3840 x 2340(4K), Z Axis Res 0.01~0.15 mm, 출력방식 Material 405 nm UV Resin SLA 출력이며, 시뮬레이션 이미지와 실제는 다음과 같음.

<표4> 기본노즐 3종 3D프린터 시험출력 경로 이미지 및 결과



다음은 ODF와 유사한 형태로 조액을 토출해 보기로 함. 가로 40 x 세로 17 x 높이 1(mm)로 경로를 설계하여 도출된 결과는 다음과 같음.

<표5> ODF유사형태 3D프린터 시험출력 경로 이미지 및 결과

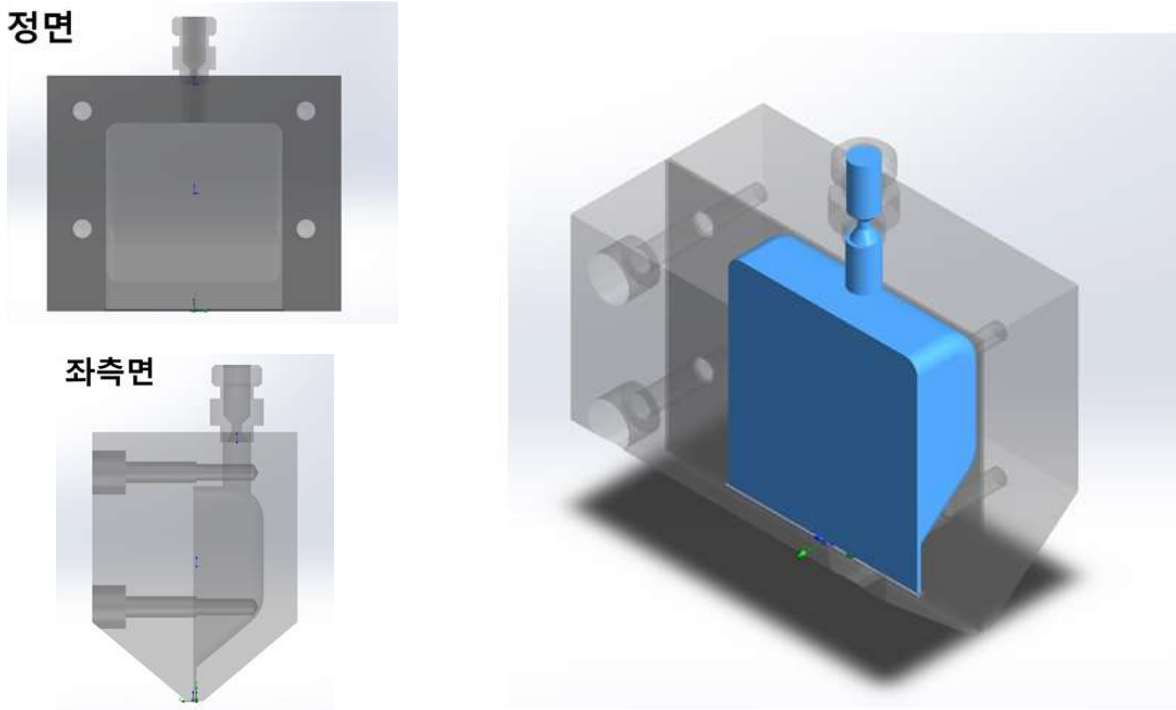




각 노즐별 최적 출력시 조건을 정리하면 1번 노즐의 경우 37℃에서 점도 17,000 cps, 2번 노즐은 35.5℃에서 점도 28,000 cps (35.5℃), 3번 노즐은 39℃, 점도 3,000 cps임. 1번 노즐의 경우 부분적으로 조액이 균일하게 토출되지 않는 점이 발견되었고, 3번 노즐의 경우 예열온도가 다소 높은 편이어서 압출기의 모터가 정지된 상태에서 노즐로부터 조액이 흘러내리는 현상이 발생하였음. 즉 적절한 점도의 조액, 역압출(리트렌션) 기능의 활성화, 그리고 안정적인 토출을 위한 노즐 내부의 공간을 만들면 조액의 점도가 어느 정도 차이가 있어도 안정적인 토출을 구현할 수 있다는 가능성을 발견함. 맞춤형 건강기능식품 개발이라는 주제에 맞는 다양한 조합의 ODF를 생산할 수 있는 3D프린터의 개발이 가능해짐.

실험 결과에 따라 안정화 공간을 만들 노즐의 기본 구성은 2번으로 하고, 기기의 작동장치를 보다 효과적으로 하기 위하여 토출구를 "점"이 아닌, "선"형으로 구성함. 선형의 토출구를 통해 나오는 조액은 한번의 움직임으로 ODF를 형성할 수 있음. 최종 선정된 노즐의 디자인은 다음과 같음.

<그림12> ODF용 3D프린터에 사용될 노즐의 최종 디자인 (푸른색 : 안정화 공간표시)



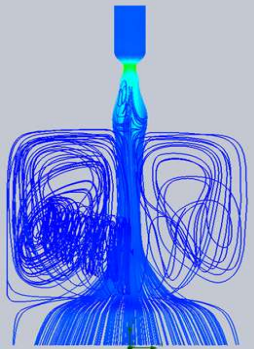
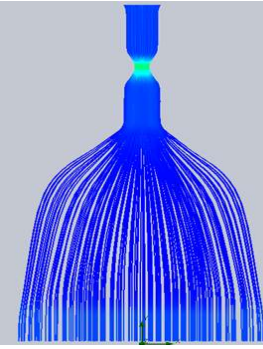
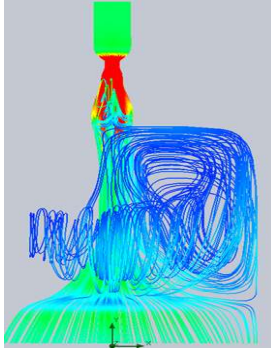


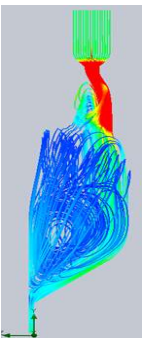
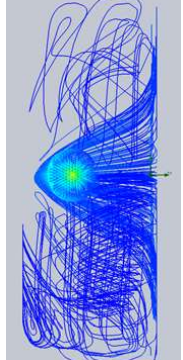
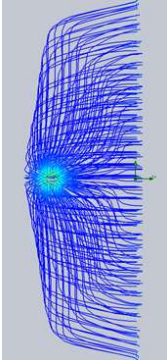
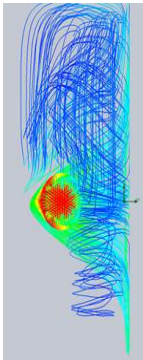
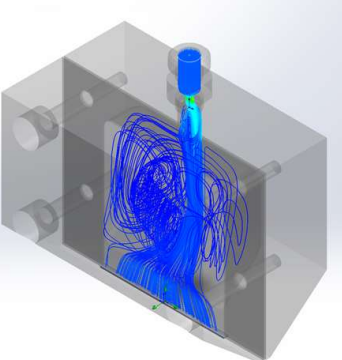
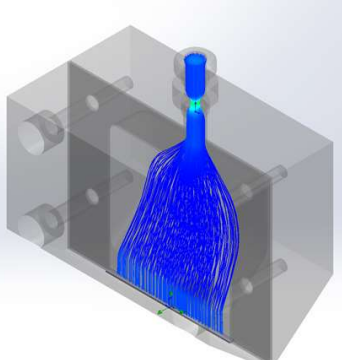
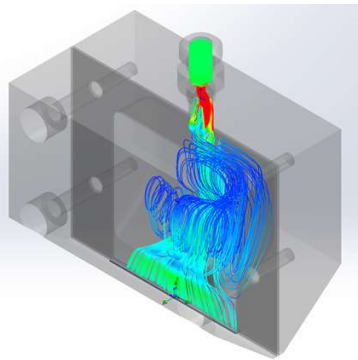
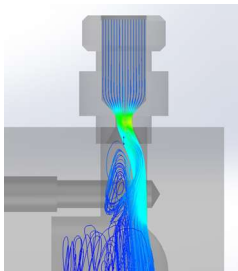
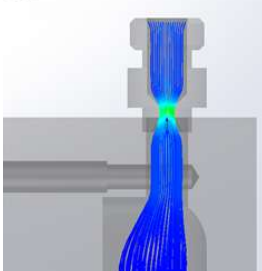
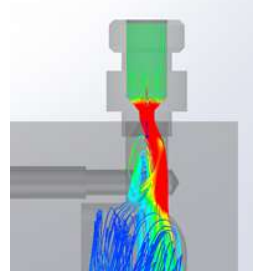
□ 안정화 공간 기능 테스트

안정과 공간을 장착한 플랫 타입의 ODF전용 토출 시스템은 상,하,좌,우 각 단면 위치에 따른 유체의 유속 분포도, 유동 궤적분포도를 분석하는 플로우 시뮬레이션 테스트를 진행하였음. 본 보고서에서는 결과를 명확하게 보기 위해 점도 1cps인 물과 30,000 cps 조액(최적조건), 그리고 30,000 cps 조액에 압출량을 늘린 것 3가지 데이터만 실었음. 표6,7 그림에 있는 플로우 곡선은 푸를수록 속도가 낮고, 붉을수록 속도가 높아짐.

<표6> 저점도, 최적점도, 압출량 상승시의 안정화 공간내 유속 분포도

	저점도 (1cps 물)	최적점도 (30,000 cps 조액)	압출량 상승시 (30,000 cps + 압출량 5배 증가)
정면			
좌측면			
상부면			

<표7> 저점도, 최적점도, 압출량 상승시의 안정화 공간내 유동 궤적 분포도

	저점도 (1cps 물)	최적점도 (30,000 cps 조액)	압출량 상승시 (30,000 cps + 압출량 5배 증가)
정면			
좌측면			
상부면			
전체			
노즐목			

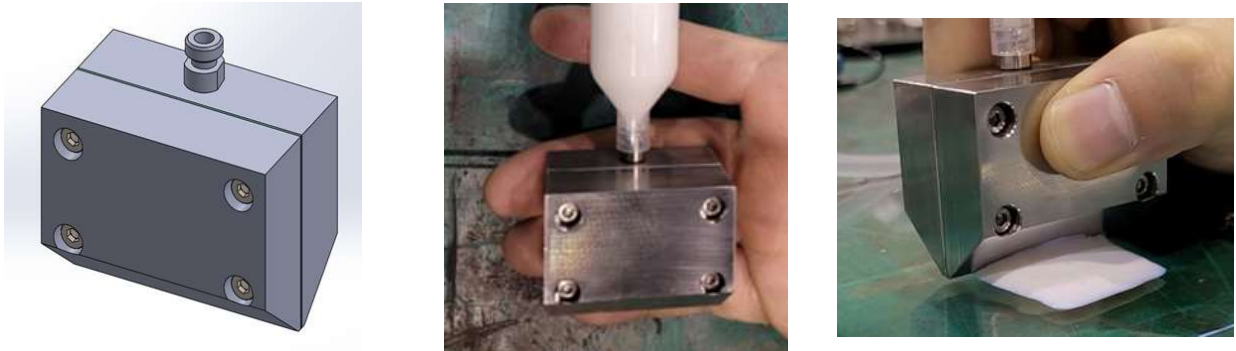
저점도 물의 경우 목부분을 제외하고 유속은 13 m/s로 거의 일정하나 곳곳에서 와류가 발생하는 것이 관찰되었음. 노즐 내부에서 일어나는 회전 와류는 조액이 일관성 있게 토출되는 것을 방해함. 유동 궤적 분포도를 보면 안정화 공간에서 입자의 흐름이 좌우 대칭이 이루어지지 않았고, 목부분, 안정화 공간의 좌,우 3곳에서 큰 와류가 발생하였음. 유입구의 질량 유량이 0.1 kg/s일 때, 최대 15,000 cps까지는 이같은 와류현상이 발생하였음.

30,000 cps정도의 조액의 경우 목부분을 포함하여 대칭성과 안정성을 보였음. 유속은 13 m/s이하로 거의 일정하였으며 노즐내부의 회전 와류도 발견되지 않았음. 이는 안정화 공간이 조액을 임시적으로 보관하고 정차시 조액이 흐르지 않고, 토출시 일정한 속도로 안정하게 출력한다는 것을 의미함. 유입구의 질량 유량이 0.1 kg/s일 때, 최대 20,000~35,000 cps까지는 안정적인 토출이 가능함.

그러나 압출량이 증가하게 되면 저점도 때와 마찬가지로 와류가 발생하는 것이 관찰되었음. 이는 점도와 압출량이 상관관계에 있으며 점도가 낮아질수록 유입구의 질량이 높아질수록 와류의 가능성이 높다는 것을 의미함. 점도 30,000 cps일 때 유입구의 질량 유량은 0.078~0.247 kg/s까지 안정적인 토출이 가능하였음.

완성된 노즐의 실물은 <그림13>과 같음.

<그림13> ODF용 3D프린터 전용 노즐의 실재

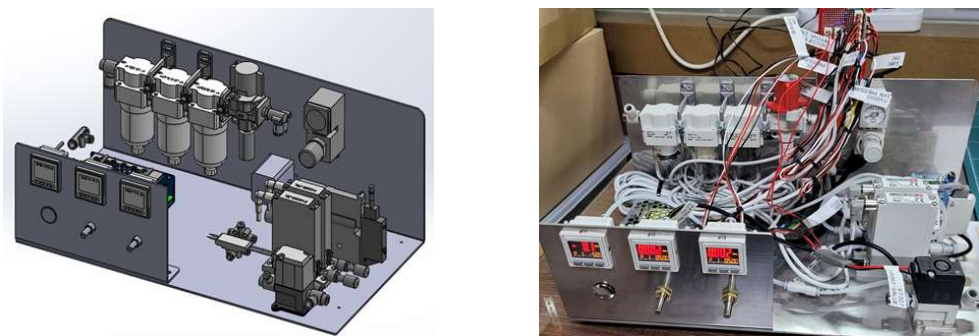


□ ODF용 3D프린터 하드웨어 구성

ODF용 3D프린터는 공압 토출 방식을 변형하여 디스펜서를 제작하였음. 디스펜서는 진공 발생부와 압출 공압 발생부가 독립적으로 기능할 수 있도록 각각 압력 센서를 설치했고, 이를 통해 설정 압력과 현재 압력을 실시간으로 확인할 수 있게 해 주었음. 진공압 발생 범위는 -100~0 Kpa 이며, 압출 공압 발생 범위는 0~0.9 Mpa로 설계하였음.

압력 제어부는 선형회로, 스위치는 아날로그 다이얼 방식으로 설치하였음. 민감도는 진공압에서 0.01 Kpa 인터벌과 압출 공압에서는 0.01 Mpa 범위에서 세팅할 수 있음.

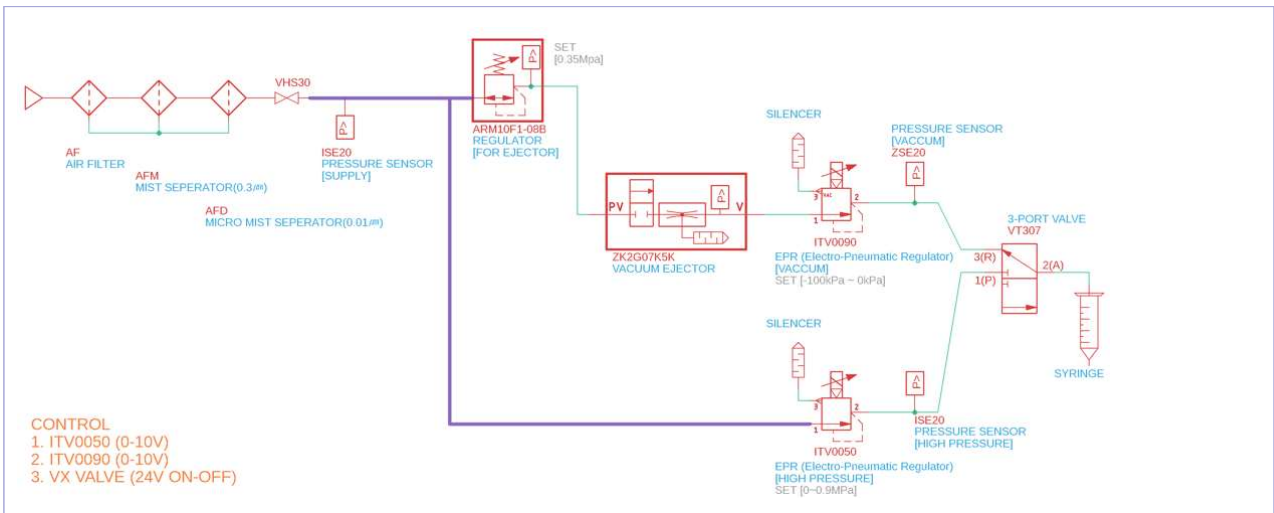
<그림14> ODF용 3D프린터 디스펜서의 실재



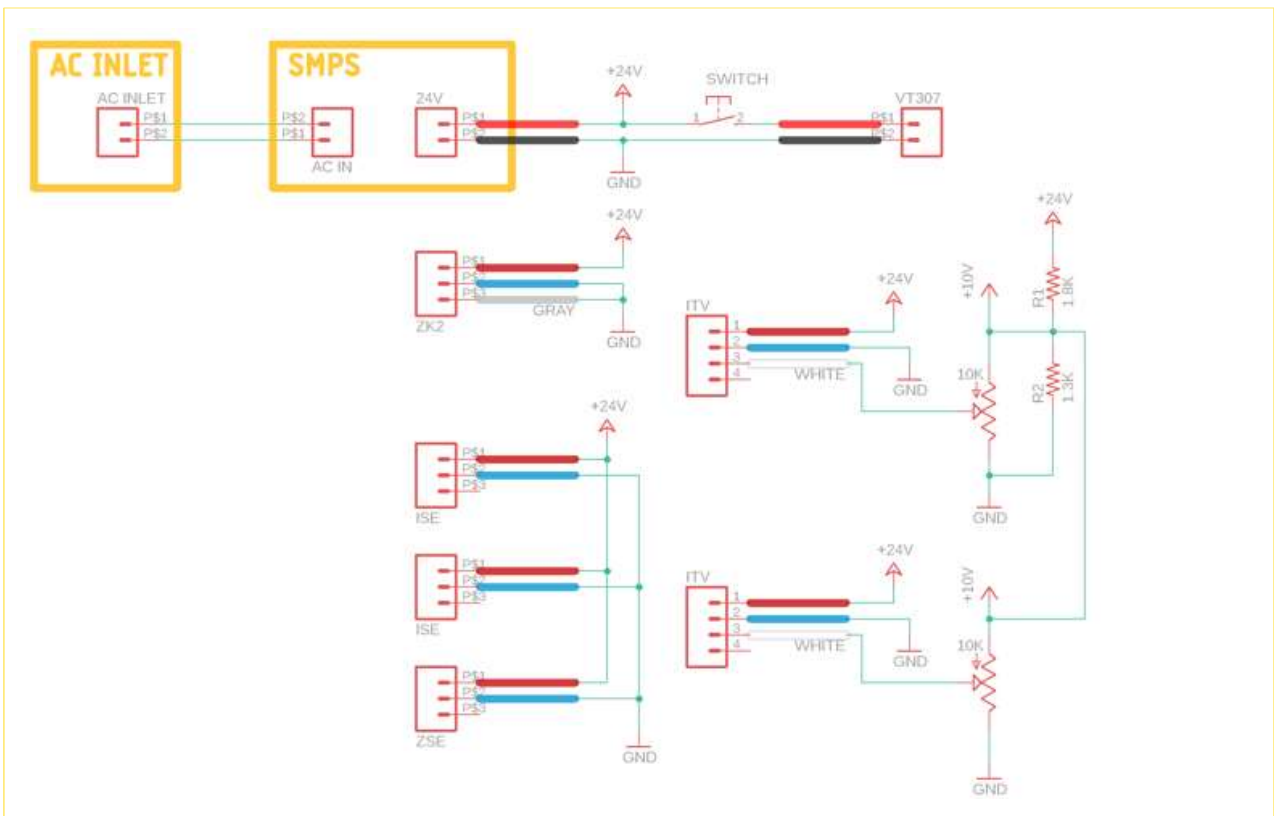
210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]



<그림15> 디스펜서 공압 회로도

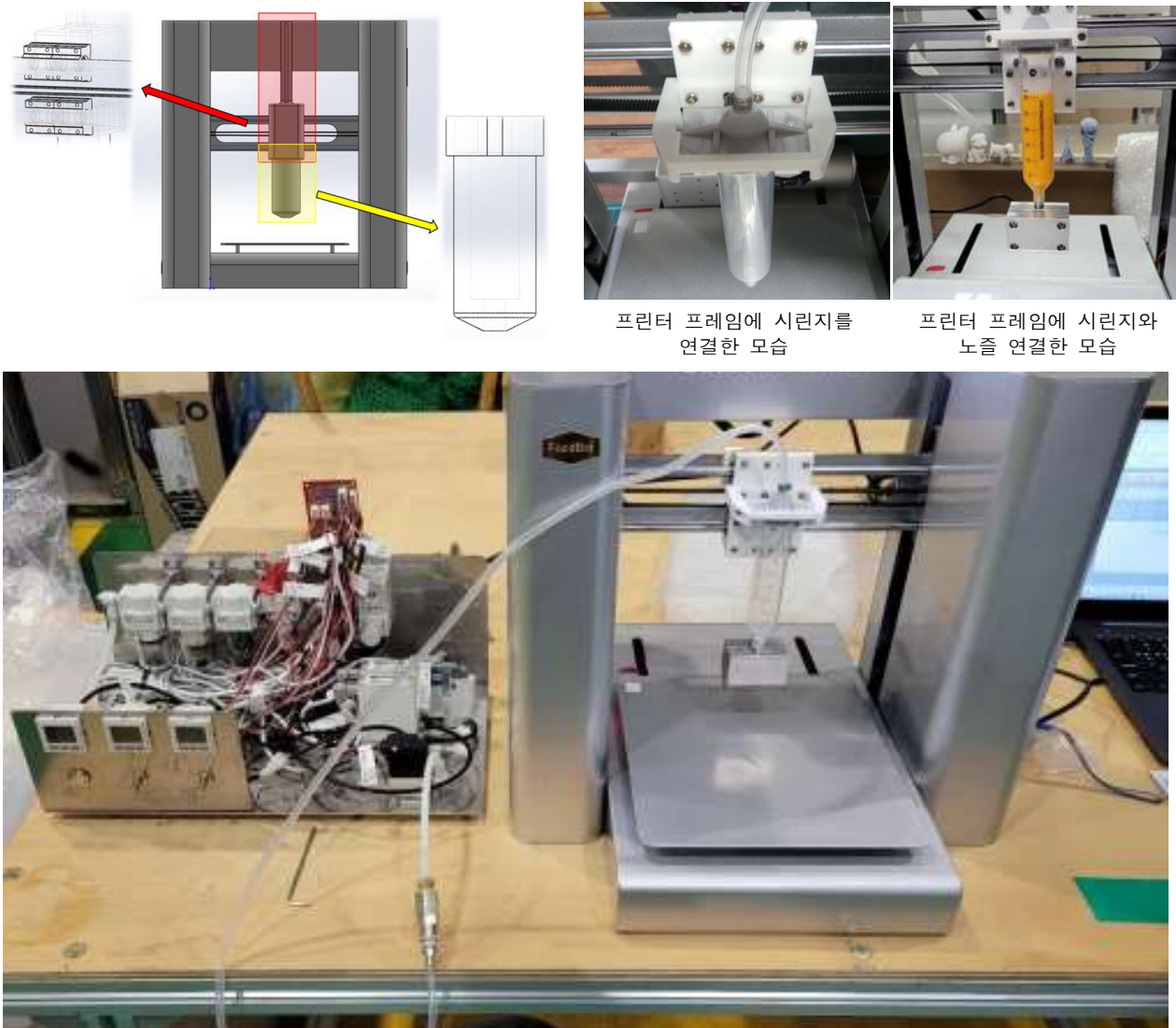


<그림16> 디스펜서 압력 제어부의 회로도



공압 토출 방식의 3D 프린터는 그림13의 상단 왼쪽 이미지와 같이 프린터 프레임과 조액이 담긴 시린지를 연결하여 사용함. 원활한 토출과 리스트렉션 컨트롤 테스트 거쳐 디스펜서, 시린지, 노즐을 연결하고 조액의 균일함과 안정적인 건조를 위해 레벨링 작업을 거친 베드들도 함께 개발되었음. 이와 같이 1단계 단일출력 ODF-3D프린터가 완성되었고, 실제 모습은 하단의 (그림17)사진과 같음.

<그림17> ODF용 3D프린터의 프레임(위)과 디스펜서와 결합된 3D프린터 전체 모습(아래)



### □ 단일출력 3D프린터의 파라미터 설정과 출력 테스트

3D프린터의 출력물이 상품가치를 가지려면 제품 표준화 과정을 거쳐야 함. 3D프린터가 입력된 값으로부터 형태를 토출하는데 통제할 파라미터 값을 지정해 주어야 한다는 뜻임. 먼저 노즐의 움직임을 통제하거나 명령어와 최종 출력물이 일치하도록 추출된 변수들은 다음과 같음.

<표8> ODF용 3D프린터의 파라미터 값을 결정할 변수들

순	분류	종류	변수	설명	값	비고
1	offset 관련	통제	$H_1$	노즐 이동시 추가 높이	10	
2		통제	$H_2$	유리베드 장치 offset 양	28	
3	출력 두께	조작	$T_w$	출력물 두께	0.5	
4	출력 속도	조작	$V$	출력속도(mm/s)	15	
5	출력 길이	조작	$W$	출력물 길이	30	
6	출력 위치	통제	$P_x$	출력물의 중앙 X위치	100	출력물의 중앙 : (100, 100)
7		통제	$P_y$	출력물의 중앙 Y위치	100	
8	압출 관련	통제	$E_s$	E - Steps per unit	1067	슬라이싱 기본값
9		통제	$E_r$	리트랙션 크기	-2	
10		통제	$E_1$	출력준비 E위치	0.00017	
11		통제	$E_2$	출력후 E위치	0.032	

Offset, 출력 위치, 압출 관련 인자들은 노즐의 움직임을 통제할 통제 변수임.

Offset 관련 통제 변수는 노즐 이동 시 추가 높이 변수( $H_1$ )와 유리 베드 장치 Offset 양( $H_2$ )을 의미함. 노즐과 베드 사이 간격에 영향을 주는 값이 됨. 해당 값이 잘못되면 출력물의 형상이 일그러지거나 틀어질 수 있음. 최적값은 ( $H_1, H_2$ )=(10,28)으로 도출되었음.

출력 위치는 출력물의 중앙 X위치( $P_x$ ) 변수와 출력물의 중앙 Y위치 ( $P_y$ )변수를 의미함. 출력 위치 통제 변수는 3D프린터 베드 위에서 출력물이 떨어지는 지점으로 베드의 수평 안정도(레벨링)가 가장 높은 베드의 중앙값 ( $P_x, P_y$ )=(100,100)을 파라미터로 설정하였음.

압출 관련 통제 변수는 조액이 노즐로부터 안정적이고 평평하게 토출되는데 필요한 요소들을 의미함. 모터 공압 압출 압력 크기인 E-steps per unit( $E_s$ ), 진공압 압력 크기인 리트랙션 크기( $E_r$ ), 그리고 출력준비 E위치( $E_1$ )와 출력후 E위치( $E_2$ )는 조액 토출시 출력물의 시작과 끝지점에서 오는 출력 오차를 줄이는 역할을 하는 변수임. 특히 끝 지점에서 발생하는 테일링을 최소화할 수 있도록 점도 30,000 cps 시 설정값인 ( $E_1, E_2$ )=(0.00017, 0.032)를 파라미터로 설정하였음.

조작 변수는 출력 두께, 출력 속도, 출력 길이로 설정하였음. 출력 두께( $T_w$ )는 실제 출력물의 높이에 관여하는 값임. 출력 속도( $V$ )는 소재가 토출될 때 노즐이 이동하는 속도를 나타내는 것으로 소재가 노즐로부터 흘러나오는 속도(≍ $E_s$ ) 와 노즐의 이동속도가 정확히 매칭되어야 최적의 출력물을 제작할 수 있음. 마지막으로 출력 길이( $W$ )는 플랫폼 타입의 노즐이 움직이는 동선의 길이를 의미함.

테스트에 사용된 조액은 <표9>와 같음. 시제품에 사용될 비타민A, CoQ10, 토마토 추출물 가운데 일일섭취량이 가장 많아 ODF로 제작할 때 기능성 원료의 함량이 가장 높을 것으로 예상되는 CoQ10 원료를 선정하여 테스트하였음. 왜냐하면 기능성 원료의 함량이 높을수록 ODF body를 구성하는 함량은 낮아지므로 점도를 조절하기 어려워 CoQ10 원료에서 파라미터 설정 기준을 세워두게 되면 다른 원료로 적용할 때는 어려움이 적을 것으로 판단되었기 때문임. 본 연구진은 <표9>의 배합으로 점도 165,719 cps의 기본 조액을 제조하고 정제수를 10g씩 추가하여 7가지 점도의 조액을 제작하였음. 조액의 내부 온도는 24~25℃로 상온보관 하였음.

<표9> 단일출력 3D프린터 테스트용 조액배합표

원료명	원료정보	ODF 1매 기준	
		첨가량(mg)	함량비(%)
COQ10	기능성 90mg~100mg	100.00	31.77
HPMC	AN6	60.00	19.06
HPMC	AN15	60.00	19.06
펙틴	강도부여	15.00	4.76
β-사이클로덱스트린	가용화제	50.00	15.88
아르기닌	가용화제	5.00	1.59
글리세린	가소제	12.00	3.81
프로필렌글리콜	2%미만 (식첨공전)	5.50	1.75
석류향	착향제	5.00	1.59
폴리소르베이트80	계면활성제 twin80	1.00	0.32
폴리소르베이트20	계면활성제 twin20	1.00	0.32
수크랄로스	감미제	0.30	0.10
정제수		300.00	
	고형물의 합(mg)	314.80	100.00
	조액 전체의 무게(mg)	614.80	



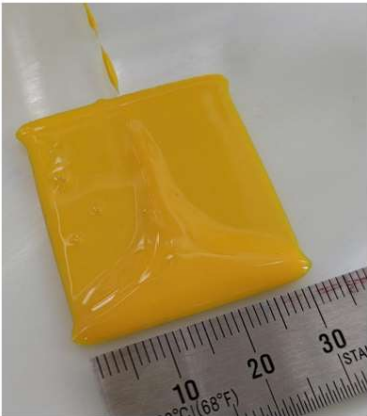




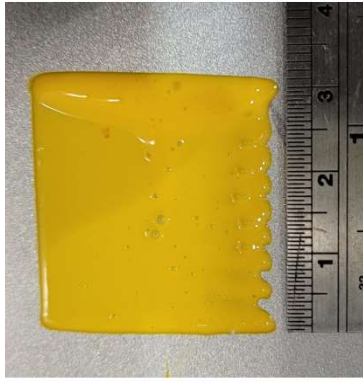
단일출력 3D프린터의 파라미터 값으로 토출된 출력결과는 다음<표10>과 같음.

고점도(100,000~200,000 cps)인 경우 노즐 내부의 목부분에서 공급 유속이 높아져 내부 와류 현상이 발생했음. 안정화 공간에서는 스페이스가 생겨 토출이 일정한 속도로 진행되지 않았음. 때문에 노즐의 한쪽 부분의 출력은 원활했으나 나머지 한쪽의 형상이 일그러짐이 확인되었음.

중간 점도(40,000~100,000 cps)의 경우 조약이 과토출되었음. 유입압력과 안정화 공간이 이 구간에서는 잘 맞지 않는 것으로 판단됨.

최적점도 (25,000~35,000 cps)에서는 시뮬레이션 테스트에서 가장 안정적인 출력을 보여줬던 점도값으로 정확한 치수와 모양대로 출력되었음을 확인할 수 있었음. 하지만 역압출(리트랙션) 기능과 경로 최적화 과정이 생략되어 시작 지점에서는 토출량 오차, 끝 지점에서는 테일링이 발생하였음.

<표10> 테스트 결과

토출 방향	25,000~35,000 cps	40,000~100,000 cps	100,000~200,000 cps
가로			
세로			

□ 경로설정과 실제

연구진은 설정된 파라미터 값에 따라 조액의 최적점도(25,000~35,000 cps) 찾았고, 이동경로 정보를 코딩해 3D프린터를 작동시켜 보았음. 이 보고서에는 4가지만 선별하여 작성하였음.

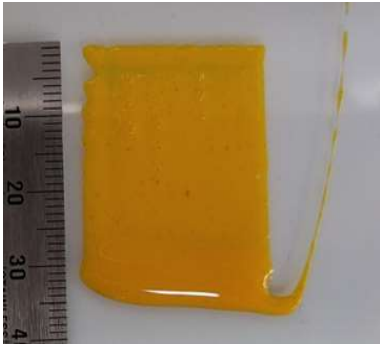
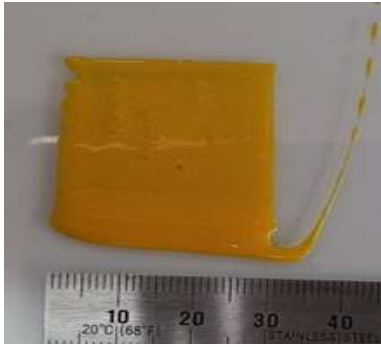
<표11> 이동경로 테스트 1

이동 경로	순	코드	관련 변수	명령어	의미
1	1	M92 E1067	Es	"M92 E", $E_s$	출력 시작 준비 (이동 없음)
	2	G21			
	3	G90			
	4	M82			
2	5	G28 X0 Y0			XY축 홈포지션
3	6	G28 Z0			Z축 홈포지션
4	7	G1 Z38 F3000	H1, H2	"G1 Z", $(H_1 + H_2)$ , " F3000"	Z축 이동 (출력 준비)
5	8	G1 F9000 X100	Px	"G1 F9000 X", $P_x$	X축 이동 (출력 준비)
6	9	G92 E0			익스트루더출력 준비 (이동 없음)
	10	G1 F300 E4.5			
	11	G92 E0			
	12	G1 F3000 E-2	Er	"G1 F3000 E", $E_r$	
7	13	G1 Y115	Py, W	"G1 Y", $(P_y + W/2)$	Y축 출력 위치로 이동
8	14	G0 F4800 Z28.5	Tw, H2	"G0 F4800 Z", $(T_w + H_2)$	Z축 이동 (출력물 두께 위치)
9	15	G1 F3000 E0.0			익스트루더준비 (이동 없음)
	16	G1 F900 E0.00017	V, E1	"G1 F", $(V * 60)$ , " E", $E_1$	
10	17	G1 Y85 E0.032	Py, W, E2	"G1 Y", $(P_y - W/2)$ , " E", $E_2$	Y축 출력 길이 만큼 토출이동
11	18	G1 F3000 E-1.968	E2, ER	"G1 F3000 E", $(E_2 - E_R)$	익스트루더후퇴 (이동 없음)
12	20	G0 F4800 Z38	H1, H2	"G0 F4800 Z", $(H_1 + H_2)$	Z축 이동, 토출완료후 Z+10 만큼 위로 이동
13	21	G28 Y0			Y축 홈포지션
14	22	G91 G1 E-3 F300			출력 완료 후 종료 (이동 없음)
	23	M84			
	24	G90			



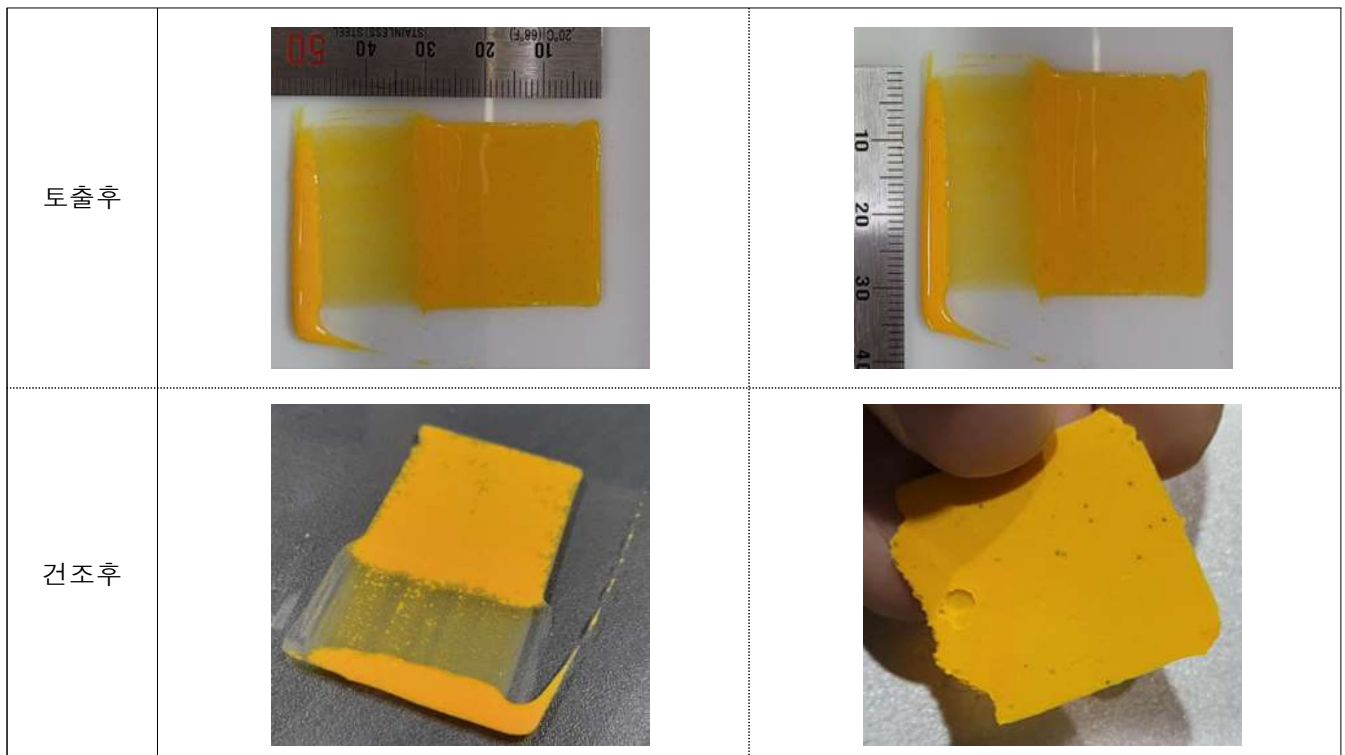
<표12> 이동경로 테스트 2

이동 경로	순	코드	관련 변수	명령어	의미
1	1	M92 E1067	$E_s$	"M92 E", $E_s$	출력 시작 준비 (이동 없음)
	2	G21			
	3	G90			
	4	M82			
2	5	G28 X0 Y0			XY축 홈포지션
3	6	G28 Z0			Z축 홈포지션
4	7	G1 Z38 F3000	$H_1, H_2$	"G1 Z", $(H_1 + H_2)$ , " F3000"	Z축 이동 (출력 준비)
5	8	G1 F9000 X100	$P_x$	"G1 F9000 X", $P_x$	X축 이동 (출력 준비)
6	9	G92 E0			익스트루더출력 준비 (이동 없음)
	10	G1 F300 E4.5			
	11	G92 E0			
	12	G1 F3000 E-2	$E_r$	"G1 F3000 E", $E_r$	
7	13	G1 Y115	$P_y, W$	"G1 Y", $(P_y + W/2)$	Y축 출력 위치로 이동
8	14	G0 F4800 Z28.5	$T_w, H_2$	"G0 F4800 Z", $(T_w + H_2)$	Z축 이동 (출력물 두께 위치)
9	15	G1 F3000 E0.0			익스트루더준비 (이동 없음)
	16	G1 F900 E0.00017	$V, E_1$	"G1 F", $(V * 60)$ , " E", $E_1$	
10	17	G1 Y85 E0.032	$P_y, W, E_2$	"G1 Y", $(P_y - W/2)$ , " E", $E_2$	Y축 출력 길이 만큼 토출이동
11	18	G1 F3000 E-1.968	$E_2, E_R$	"G1 F3000 E", $(E_2 - E_R)$	익스트루더후퇴 (이동 없음)
12	19	G0 F14400 Y75 Z38	$H_1, H_2, P_y, W$	"G0 F14400 Y", $(P_y - W/2) - 10$ , " Z", $(H_1 + H_2)$	Z축 이동, 토출완료 후 Y+10, Z+10, 만큼 위로 이동
13	20	G0 F4800 X140	$P_x, W$	"G0 F4800 X", $P_x + W + 10$	X축 이동 출력물 회피 이동 목적
1314	21	G28 Y0			Y축 홈포지션
15	22	G91 G1 E-3 F300			출력 완료 후 종료 (이동 없음)
	23	M84			
	24	G90			

토출후		
건조후	<p>건조하며 ODF가 완전히 일그러짐, ODF가 형성되지 않았음. 사진 첨부하지 않음.</p>	

<표13> 이동경로 테스트 3



이동 경로	순	코드	관련 변수	명령어	의미
1	1	M92 E1067	Es	"M92 E", $E_s$	출력 시작 준비 (이동 없음)
	2	G21			
	3	G90			
	4	M82			
2	5	G28 X0 Y0			XY축 홈포지션
3	6	G28 Z0			Z축 홈포지션
4	7	G1 Z38 F3000	H1, H2	"G1 Z", $(H_1 + H_2)$ , " F3000"	Z축 이동 (출력 준비)
5	8	G1 F9000 X100	Px	"G1 F9000 X", $P_x$	X축 이동 (출력 준비)
6	9	G92 E0			익스트루더출력 준비 (이동 없음)
	10	G1 F300 E4.5			
	11	G92 E0			
	12	G1 F3000 E-2	Er	"G1 F3000 E", $E_r$	
7	13	G1 Y115	Py, W	"G1 Y", $(P_y + W/2)$	Y축 출력 위치로 이동
8	14	G0 F4800 Z28.5	Tw, H2	"G0 F4800 Z", $(T_w + H_2)$	Z축 이동 (출력물 두께 위치)
9	15	G1 F3000 E0.0			익스트루더준비 (이동 없음)
	16	G1 F900 E0.00017	V, E1	"G1 F", $(V * 60)$ , " E", $E_1$	
10	17	G1 Y85 E0.032	Py, W, E2	"G1 Y", $(P_y - W/2)$ , " E", $E_2$	Y축 출력 길이 만큼 토출이동
11	18	G1 F3000 E-1.968	E2, ER	"G1 F3000 E", $(E_2 - E_R)$	익스트루더후퇴 (이동 없음)
12	19	G1 Z28	H2	"G1 Z", $H_2$	Z축 이동 및 노즐, 밀판 간격 0
13	20	G0 F4800 Y65	Py, W	"G0 F4800 Y", $(P_y - W/2) - 20$	Y축 20만큼 이동
14	21	G0 X140 Z38	Px, W, H1, H2	"G0 X", $P_x + W + 10$ , " Z", $(H_1 + H_2)$	XZ축 동시 이동 출력물을 회피
15	22	G28 Y0			Y축 홈포지션
16	23	G91 G1 E-3 F300			출력 완료 후 종료 (이동 없음)
	24	M84			
	25				





<표14> 이동경로 테스트 4

이동 경로	순	코드	관련 변수	명령어	의미
1	1	M92 E1067	Es	"M92 E", $E_s$	출력 시작 준비 (이동 없음)
	2	G21			
	3	G90			
	4	M82			
2	5	G28 X0 Y0			XY축 홈포지션
3	6	G28 Z0			Z축 홈포지션
4	7	G1 Z38 F3000	H1, H2	"G1 Z", $(H_1 + H_2)$ , " F3000"	Z축 이동 (출력 준비)
5	8	G1 F9000 X100	Px	"G1 F9000 X", $P_x$	X축 이동 (출력 준비)
6	9	G92 E0			익스트루더출력 준비 (이동 없음)
	10	G1 F300 E4.5			
	11	G92 E0			
	12	G1 F3000 E-2	Er	"G1 F3000 E", $E_r$	
7	13	G1 Y115	Py, W	"G1 Y", $(P_y + W/2)$	Y축 출력 위치로 이동
8	14	G0 F4800 Z28.5	Tw, H2	"G0 F4800 Z", $(T_w + H_2)$	Z축 이동 (출력물 두께 위치)
9	15	G1 F3000 E0.0			익스트루더준비 (이동 없음)
	16	G1 F900 E0.00017	V, E1	"G1 F", $(V * 60)$ , " E", $E_1$	
10	17	G1 Y85 E0.032	Py, W, E2	"G1 Y", $(P_y - W/2)$ , " E", $E_2$	Y축 출력 길이 만큼 토출이동
11	18	G1 F3000 E-1.968	E2, ER	"G1 F3000 E", $(E_2 - E_R)$	익스트루더후퇴 (이동 없음)
12	19	G1 F9000 Z27.95	H2, H3	"G1 Z", $(H_2 - H_3)$	Z축 이동 및 노출, 밀판 간격 -0.05로 튜닝 작업
13	20	G0 F4800 Y65	P <sub>y</sub> , W	"G0 F4800 Y", $(P_y - W/2) - 20$	Y축 20만큼 이동
14	21	G0 X140 Z38	P <sub>x</sub> , W, H <sub>1</sub> , H <sub>2</sub>	"G0 X", $P_x + W + 10$ , " Z", $(H_1 + H_2)$	XZ축 동시 이동 출력물물 회피
15	22	G28 Y0			Y축 홈포지션
16	22	G91 G1 E-3 F300			출력 완료 후 종료 (이동 없음)
	23	M84			
	24	G90			

토출후	
건조후	

테스트1는 이동경로는 14단계, 코드는 24개로 설계하였음. 이 코드는 꼭 필요한 코드만 입력해 장치의 움직임을 최소화 하는데 적합한 설계값임. 그 결과 토출압력은 0.15Mpa, 진공압은 -10.4Kpa일 때 출력물의 상태가 가장 양호하였음. 출력물의 크기는 31 x 31 mm<sup>2</sup> 로 입력값 30 x 30 mm<sup>2</sup> 의 오차 범위에 들어왔음. 다만 끝단에서 테일링이 발생하여 두께가 균일하지 않았음.

테스트2의 이동경로는 15단계, 코드는 24개임. 이 코드는 테스트1에서 끝단 테일링 발생을 위해 커팅 작업을 시도한 것임. 그 결과 토출시 압력 0.18Mpa, 진공압은 -7.2Kpa일 때 출력물의 상태가 가장 양호하였음. 출력물의 크기는 33 x 32 mm<sup>2</sup> 로 테일링 커팅 코드가 추가되었지만 실제로는 반영되지 않아 두께가 균일하지 못했음. 테스트2는 토출시 두께가 너무 얇아 건조후 형태가 완전히 일그러졌으며 해당 경로로는 ODF가 형성되지 않는다는 것을 알게 되었음.

테스트3의 이동경로는 16단계, 코드는 25개임. 이 코드는 테일링 수정을 위해 XY구동에 의한 동선을 추가하였음(코드20 ; Y축 20만큼 이동). 이것은 베드와 노즐간의 간격을 좁혀 커팅하는 명령으로서, 토출시 압력 0.21Mpa, 진공압은 -8.4Kpa에서 출력물의 상태가 가장 양호하였음. 출력물의 크기는 32 x 31 mm<sup>2</sup>. 이 경우 토출된 조액의 두께는 균일하였으나 건조 후 ODF를 떼어낼 때 베드로부터 잘 떨어지지 않았음.

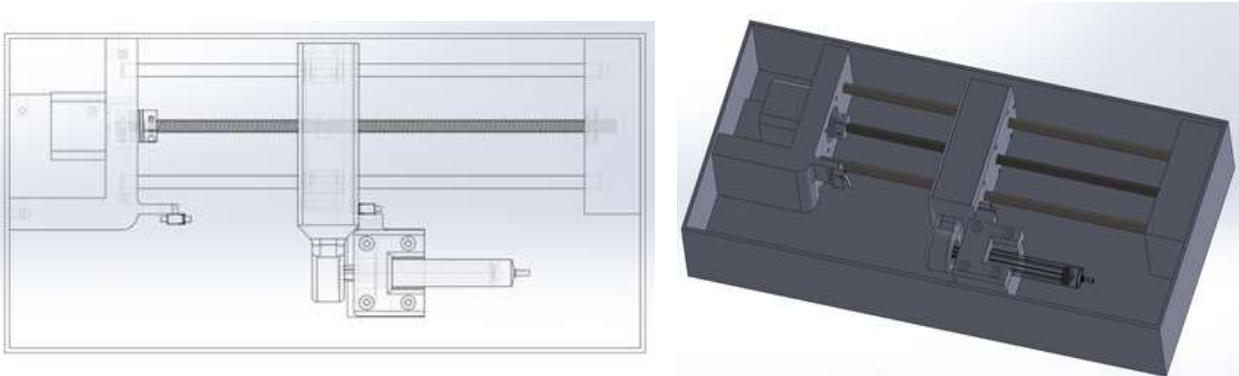
테스트4의 이동경로는 16단계, 코드는 24개임. 이 코드는 테일링 수정을 위해 Z값 -0.05로 튜닝하라는 설정임. 그 결과 토출시 압력 0.2Mpa, 진공압은 -15.4Kpa일 때 출력물의 크기는 31 x 32 mm<sup>2</sup>로 가장 양호하였고. 테일링이 거의 발생하지 않았음.

## (2) 2차개발

### □ 압출방식의 변경

1개의 토출에서 3개의 토출로의 확장은 충분한 압력으로 3개의 시린지를 동시에 균일하게 분배하는 것이 가장 큰 과제임. 그러므로 단일토출 시스템에 사용했던 공압 토출방식을 직렬3 토출 시스템에서는 모터 압출방식으로 전환하였음. 용량 30mL 시린지에 모터 회전 토크를 직선 힘으로 누를 수 있도록 설계하여 분압시 동일한 힘을 전달할 수 있도록 스텝 모터, 1/16 분주비에 2리드 정밀 리드 스크류를 탑재해 오차범위 0.1mm로 직선운동할 수 있도록 제작하였음.

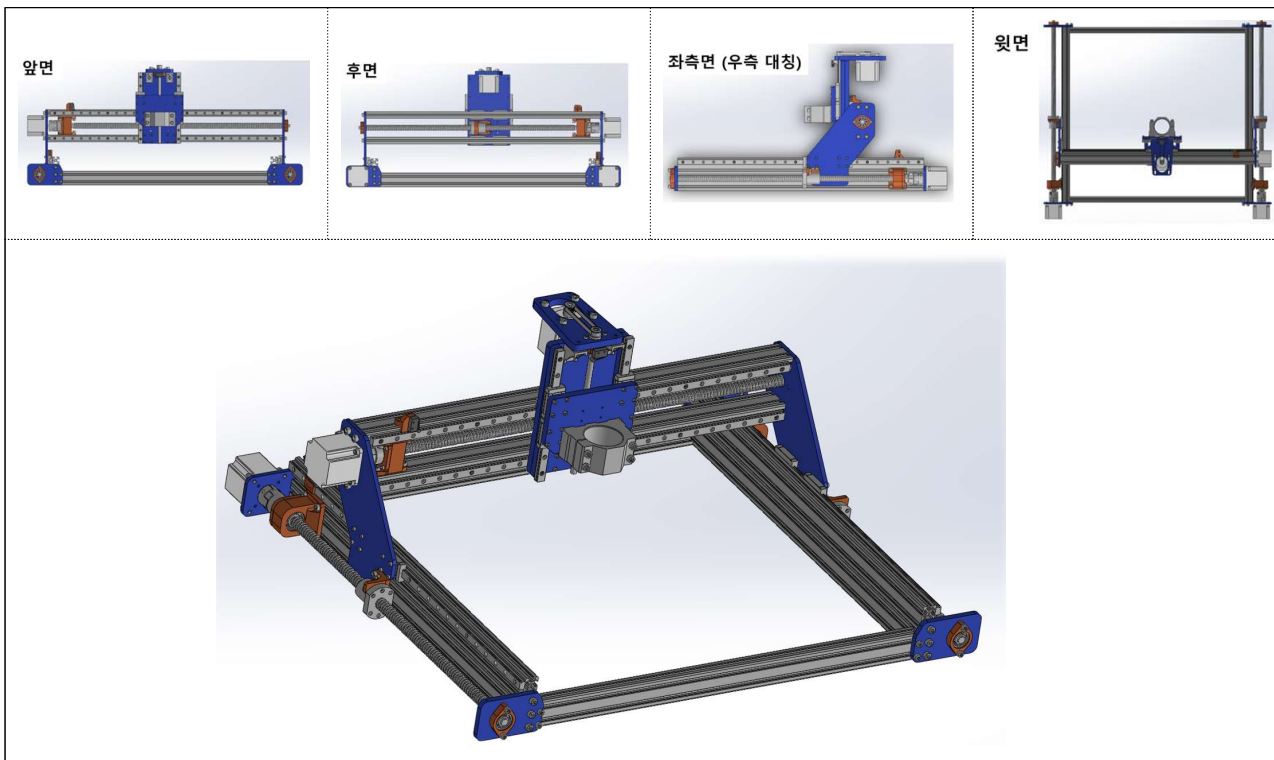
<그림18> 모터 압출방식의 프로토타입 설계도와 구상도



### □ 구동 매커니즘의 설계

전체 구동부는 갠트리 타입의 로봇 매커니즘에 착안하여 밀판을 고정하고 XYZ축이 움직이도록 설계하였음. 모터는 각각 42각 스텝 모터, 1/16 분주비, 정밀 2리드 스크류로 정밀도를 높인 3열의 토출시스템 공간이 되도록 고안하였음.

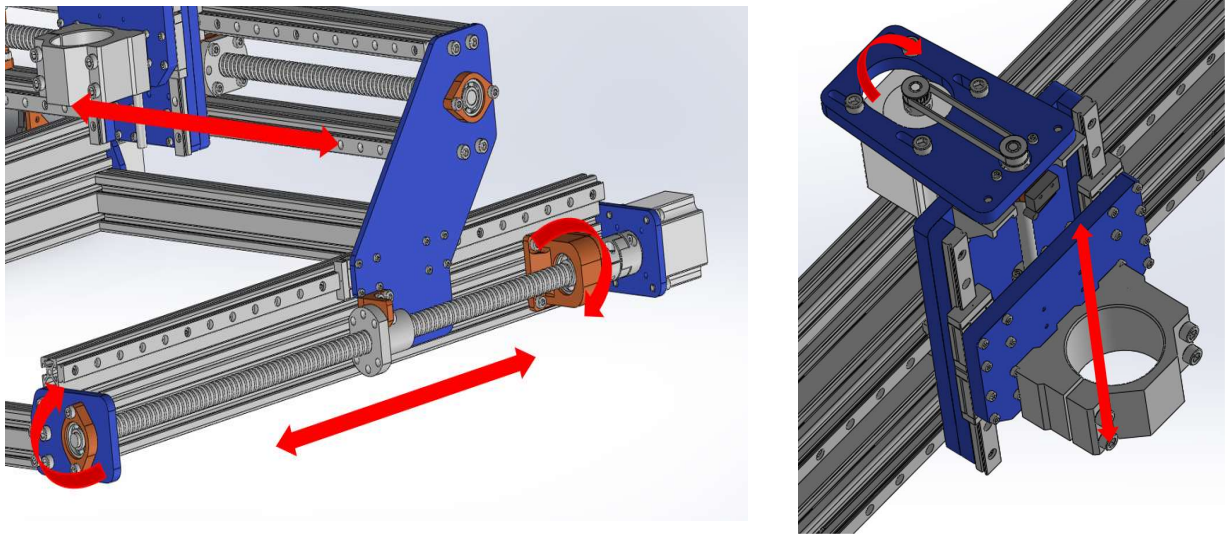
<그림19> 제작에 사용될 구동 매커니즘의 컨셉이미지



스텝 모터는 X축 1개, Z축 1개, Y축 2개 설치하였음. Y축에는 X축에 대한 하중을 보완하고, 모터의 탈조 현상을 방지하기 위하여 Y축의 고속 구동에도 모터 2개의 동력이 직결로 전달될 수 있게 설치하였음. Y축 모터 2개는 동일한 분주비로 회전할 수 있고, Y축 양쪽이 서로 균형을 맞출 수 있도록 설계하였음. 슬라이드는 고정밀 LM가이드로 구동부에서의 정밀도 높았음. 설치된 LM가이드는 2열 병렬타입으로 X축에서는 노즐부의 하중에 따른 구동부의 누적 피로로 오차율 상승을 방지할 수 있음.

XY축의 LM 가이드와 정밀 스트류 로드에는 윤활 그리스가 도포하여 직선운동이 원활하게 전달될 수 있게 하였음. 윤활 그리드는 식품용 제품을 사용하였음. XY 축은 최대 이동속도 1 cm/s로 오차범위는 0.1 mm임. Z축은 상하로 움직이기 때문에 모터 연결을 풀리 연결 방식으로 설계하여 하중을 견딜 수 있게 하였음. LM 가이드도 본체에 틀어짐을 방지할 수 있게 양쪽으로 고정하였음.

<그림20> XY축 구동 정밀 설계(좌)와 Z축(우) 구동 정밀 설계

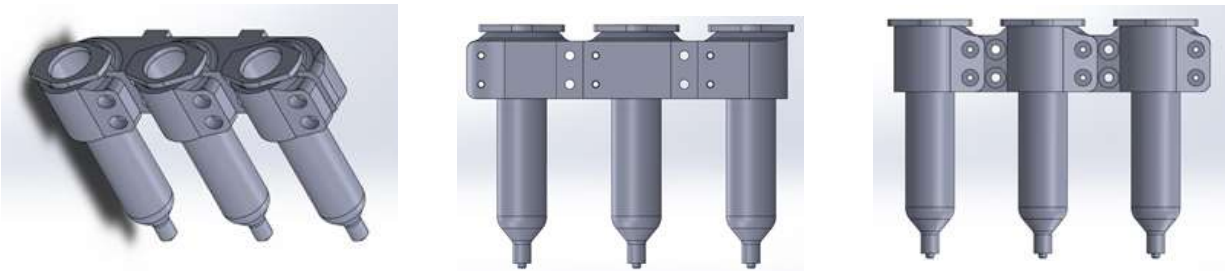


□ 직렬3 토출을 위한 노즐 시스템 설계

직렬 3개의 브라켓은 독립 노즐 시스템으로 고압 토출방식과 모터 토크 압출방식 모두 호환이 가능하게 설계하였음. 추후 2단계에서 횡렬 2개의 토출부를 추가 확장해야 하기 때문임. 단일출력에서 직렬 또는 횡렬의 확장설계에 모두 유연한 시스템을 구축하고자 했음.

시린지는 교환이 가능하며, 용량은 30 mL x 3개임. 고정부 홈을 파 시린지의 높이가 정확히 일치하도록 결합부에 좀더 신경을 기했음.

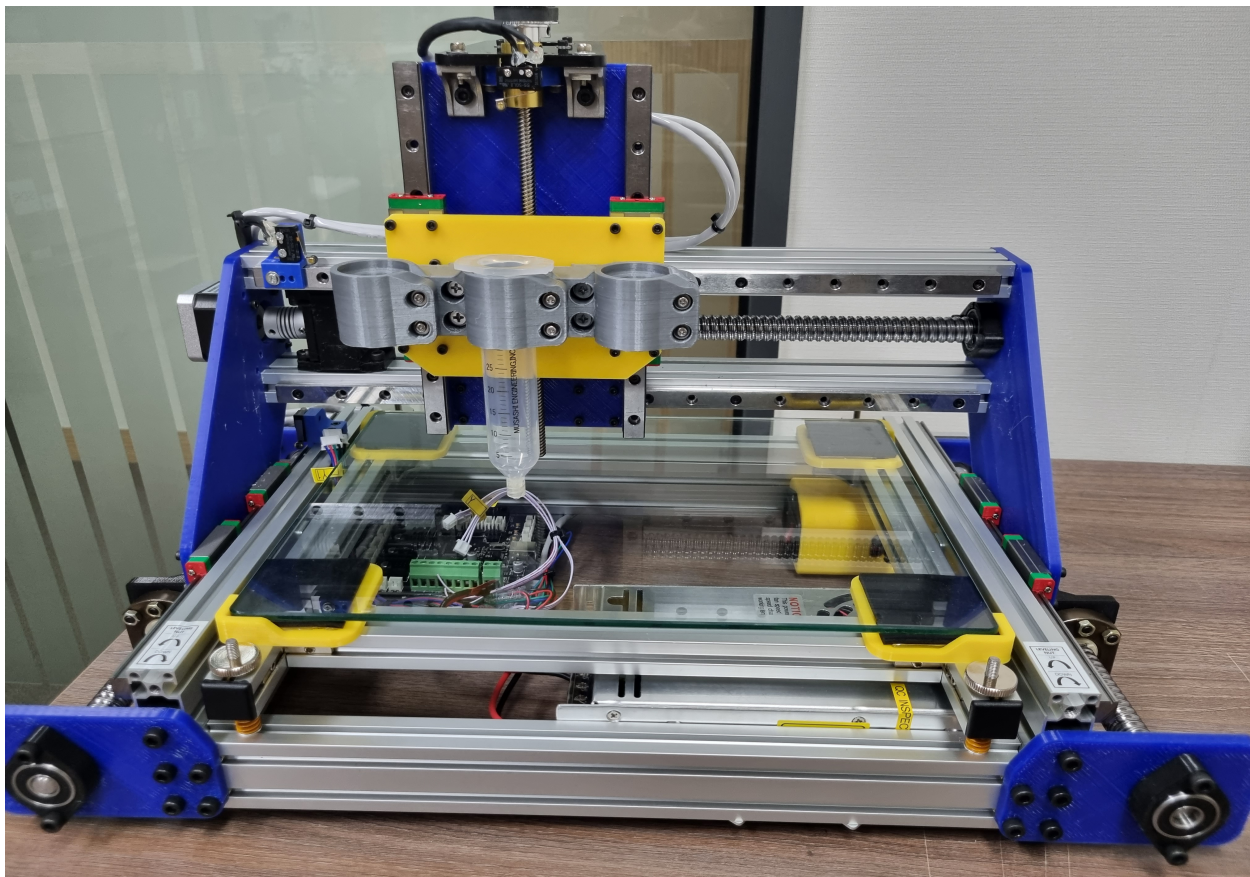
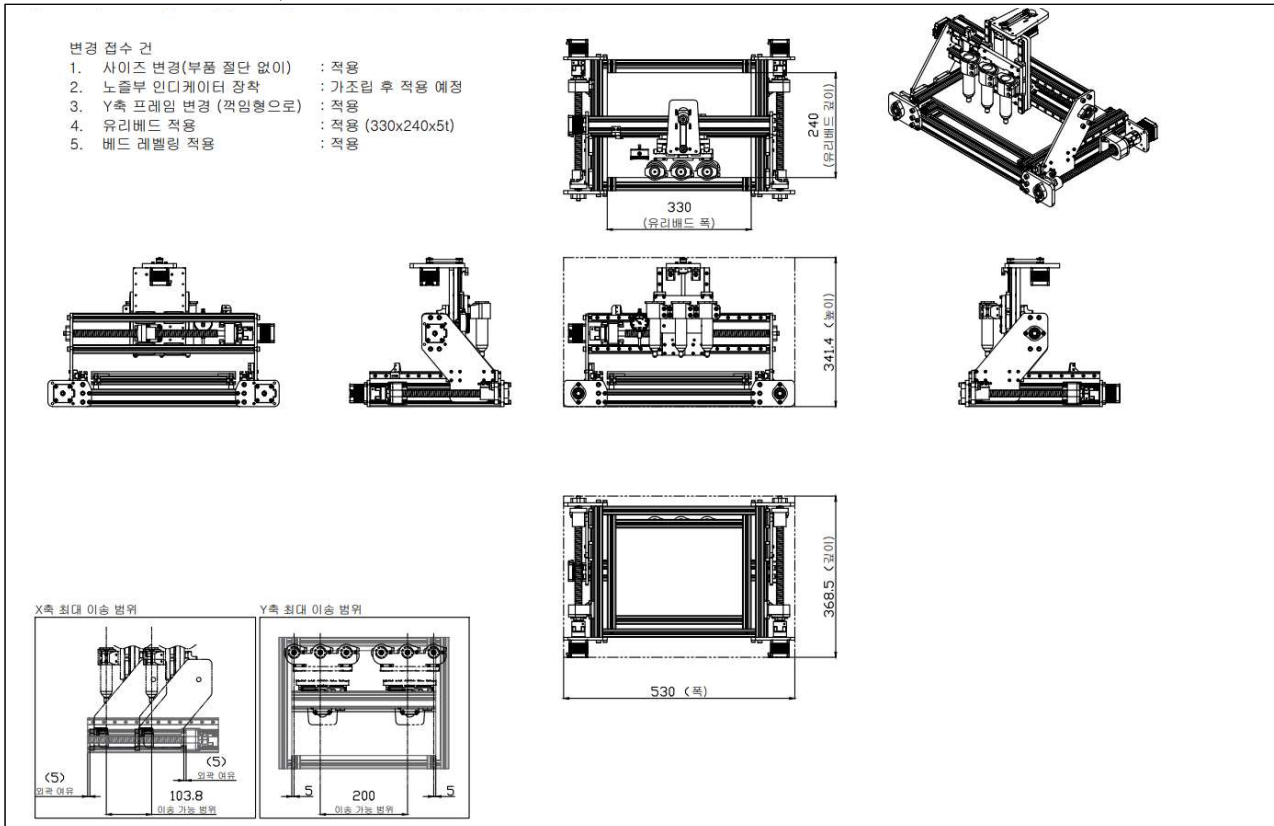
<그림21> 직렬3 토출용 독립노즐시스템과 시린지가 결합된 이미지



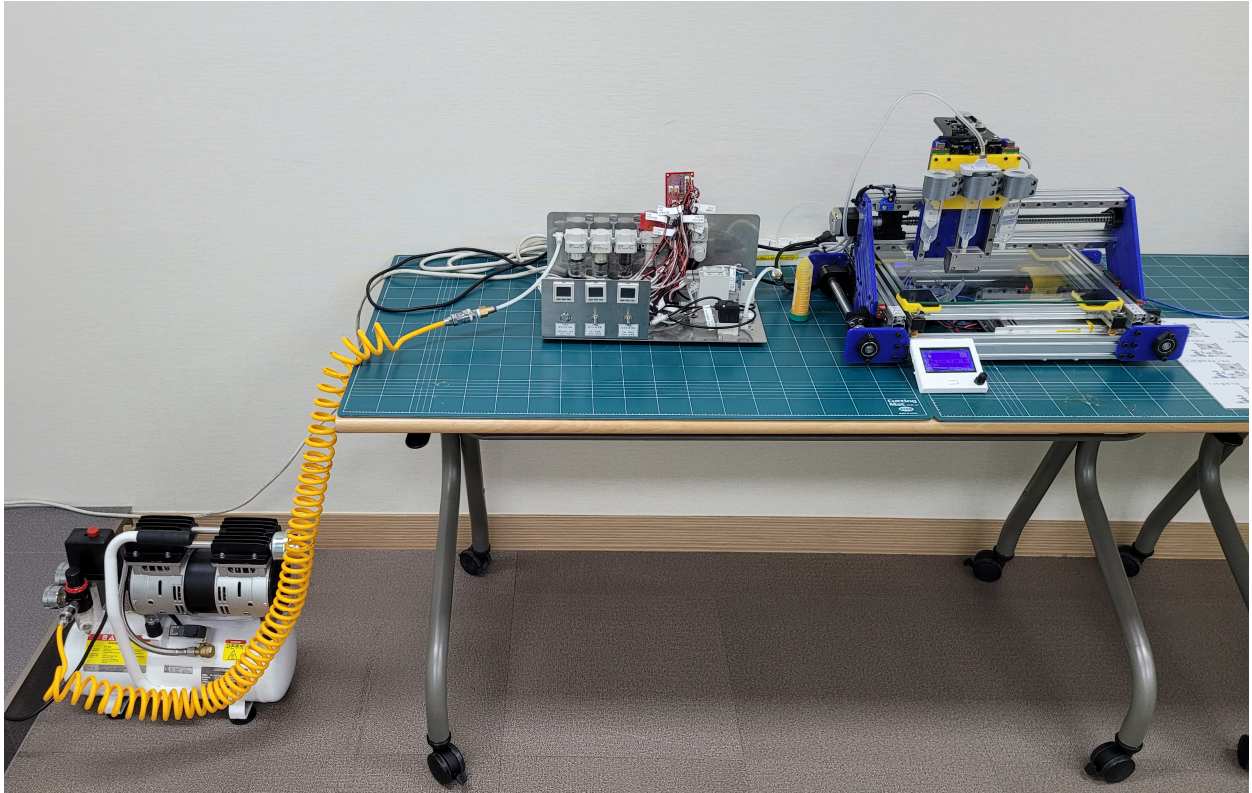
### □ 직렬3토출 3D프린터의 완성

1단계 최종성과물인 직렬3토출 3D프린터의 설계도(그림22)와 실제사진(그림23)은 다음과 같음.

<그림22> 설계도(상), 직렬3토출 3D프린터(하)



<그림 23> 동력부, 디스펜서, 3D프린터가 연결된 모습



### □ 정밀도 개선

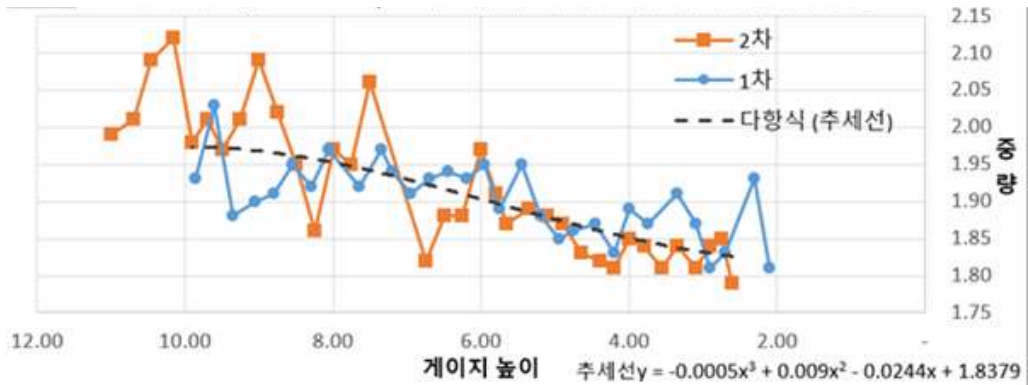
모터 압출방식은 모터힘에 의해 눌러지는 피스톤의 위치에서 토크의 양이 변할 수 있기 때문에 높은 정확도를 요구하는 방법임. 정밀한 결과를 위해 모터 압출방식은 토크 기준을 8kgf.m로 잡고 기준값보다 높은 압력이 요구될 때는 OFF, 낮을 때는 ON, 온·오프 제어 시스템을 추가 설치하였고, 모터 제어 알고리즘 최적화 실험을 수행하였음.



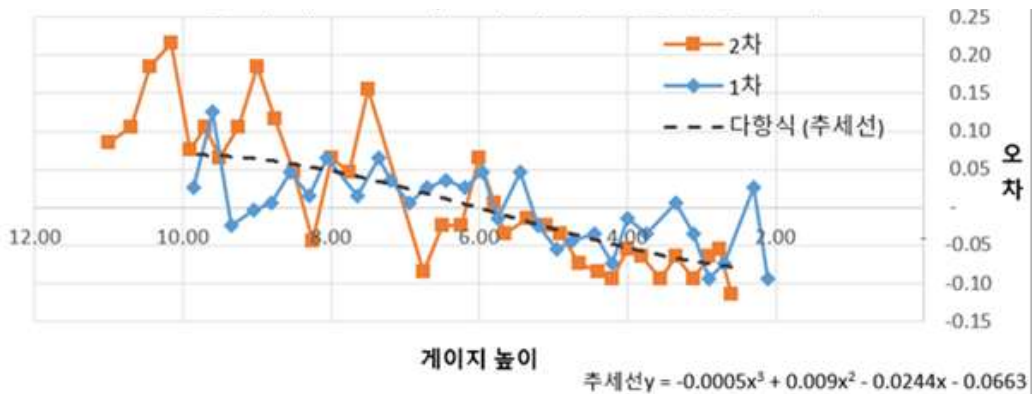
<그림24>  
실험에 사용된 식소재 샘플

실험에 사용된 샘플은 하단 그림과 같이 Ø8 x 6 원기둥 형태의 점도 20,000~25,000 cps인 식소재임. 모터의 피스톤 게이지는 총 10 cm 임.

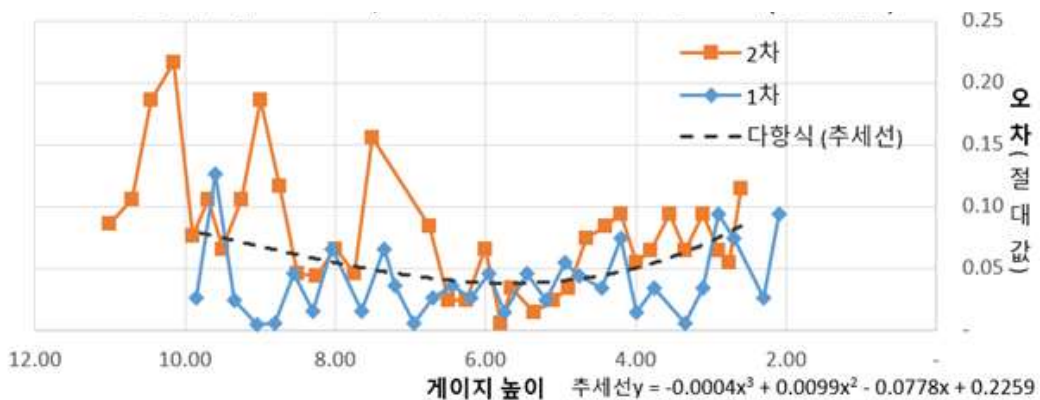
<그림25> 게이지 높이별 출력물 중량(1,2차 출력테스트)



<그림26> 게이지 높이별 오차(1,2차 출력테스트)



<그림27> 게이지 높이별 오차의 절대값(1,2차 출력테스트)



<그림25>는 31번의 게이지 높이별 중량을 표시한 것임. 31번의 테스트에서 측정된 중량의 평균은 1.9042 g, 각 게이지 높이의 중량과 평균의 차이를 다시 그린 것이 <그림26>임. <그림27>은 <그림26>의 데이터를 절대값으로 바꾼 것. <그림27>에 의하면 오차의 절대값, 즉 오차범위는 게이지 높이가 5~7 cm일 때 가장 낮은 경향을 보였음. 이에 따라 해당 범위의 중량 오차 35 mg값을 Offset 보정해야 함. <그림25~26>은 31회씩 각각 2차에 걸친 데이터를 근거해 작성하였으며 1차 테스트 중량평균은 1.9042 g, 2차 평균은 0.9183 g 으로 두 그래프의 추세선에 따라 해석하였음.

도출된 게이지의 설정값으로 오차범위를 4% 이하로 낮추고자 같은 방식으로 3,4,5차 실험을 수행하였음. 먼저 개발된 단일출력 시스템에서 토출의 오차범위를 4% 기준으로 잡은 것을 그대로 적용하고자 한 것임.

정밀도 개선 알고리즘을 도출하기 위해 오차범위가 낮았던 게이지 높이 5~7 cm에서의 G코드값은 미분방정식으로 파라미터 추정식에 적용해야 함. G코드는 3D프린터에서 각각의 XYZ축의 이동에 따라 모터 압출이 변하게 되므로 각 축의 이동량도 G코드값을 추출하여 함께 적용하게 됨. 그리고 추정식에서 도출된 XYZ축과 모터 압출에 대한 코드값을 매칭후 재코딩 하였음.

G코드값을 추출후 7,418개의 동선 및 토출 코드에 대한 추정 방정식은 다음과 같음.

$$E_0 : E_1 = m_0 : m_1$$

$$2.26182 : E_1 = 2 : 1.905$$

$$\therefore E_1 = 2.154383 \dots$$

$$e_{1n} = e_{0n} + \frac{E_1 - E_0}{L}$$

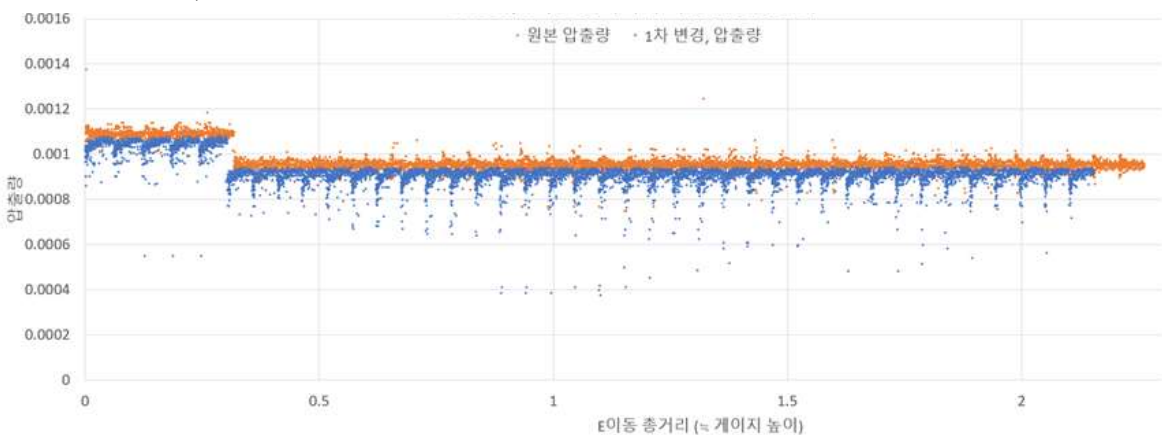
$$\therefore e_{1n} = e_{0n} + (-0.0000145)$$

$E$  = 토출 모터의 총거리,  $m$  = 중량,  $e_n$  = 라인별 이동량,  
 $L$  = 출력 라인수 = 7418, 목표중량 = 1.905  
(0: 기본값, 1: 1차 수정)

$$\text{압출량} = \frac{e \text{ 이동량}}{x, y \text{ 이동량}} = \frac{e_n - e_{n-1}}{\sqrt{(x_n - x_{n-1})^2 + (y_n - y_{n-1})^2}}$$

위 추정 방정식에 의해 모터 토출입력에 대한 Offset값을 점그래프로 나타내면, 주황색 raw값이 압출량 약 0.00015 수치로 푸른색의 보정값으로 이동하는 것을 볼 수 있음(그림28).

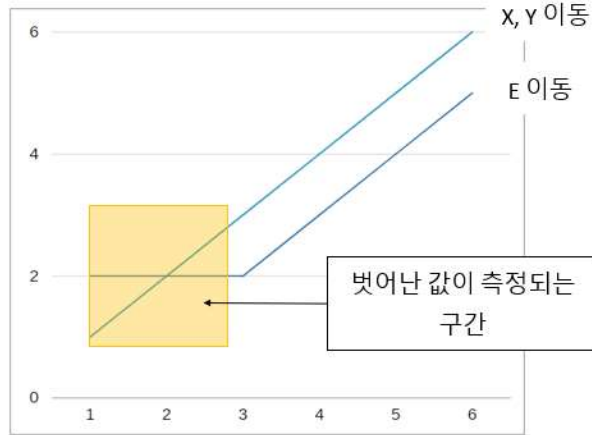
<그림28> G코드, E이동 총거리에 따른 압출량 변화





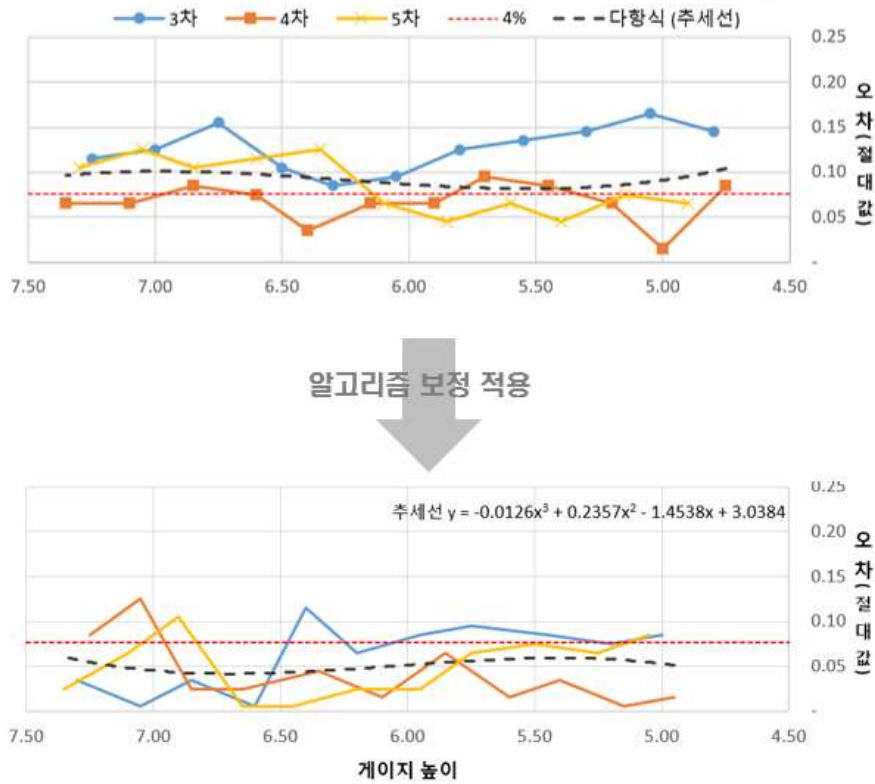
여기서 노즐의 XYZ 축 이동 구간에 따라 토출을 위한 e값이 매우 작을 경우 G코드 프로그램 상에서 토출에 관여하는 E도 미세한 치수로 반영되거나 아래 그래프와 같이 E의 이동이 정체된 구간이 발생함(그림29). 따라서 추정화 알고리즘이 적용되지 않는 G코드 라인은 모두 제거하고 노이즈성 움직임을 필터링하였음.

<그림29> 노란색, 추정화 알고리즘이 적용되지 않는 노이즈 구간



그리고 3,4,5차 실험을 통해 도출된 알고리즘을 적용하여 오차범위 4% 이내의 변경이 우리 장비에서 가능하다는 것을 보여주었음(그림30).

<그림30> 추정화 알고리즘을 적용하여 오차범위 4%에 이른 모습

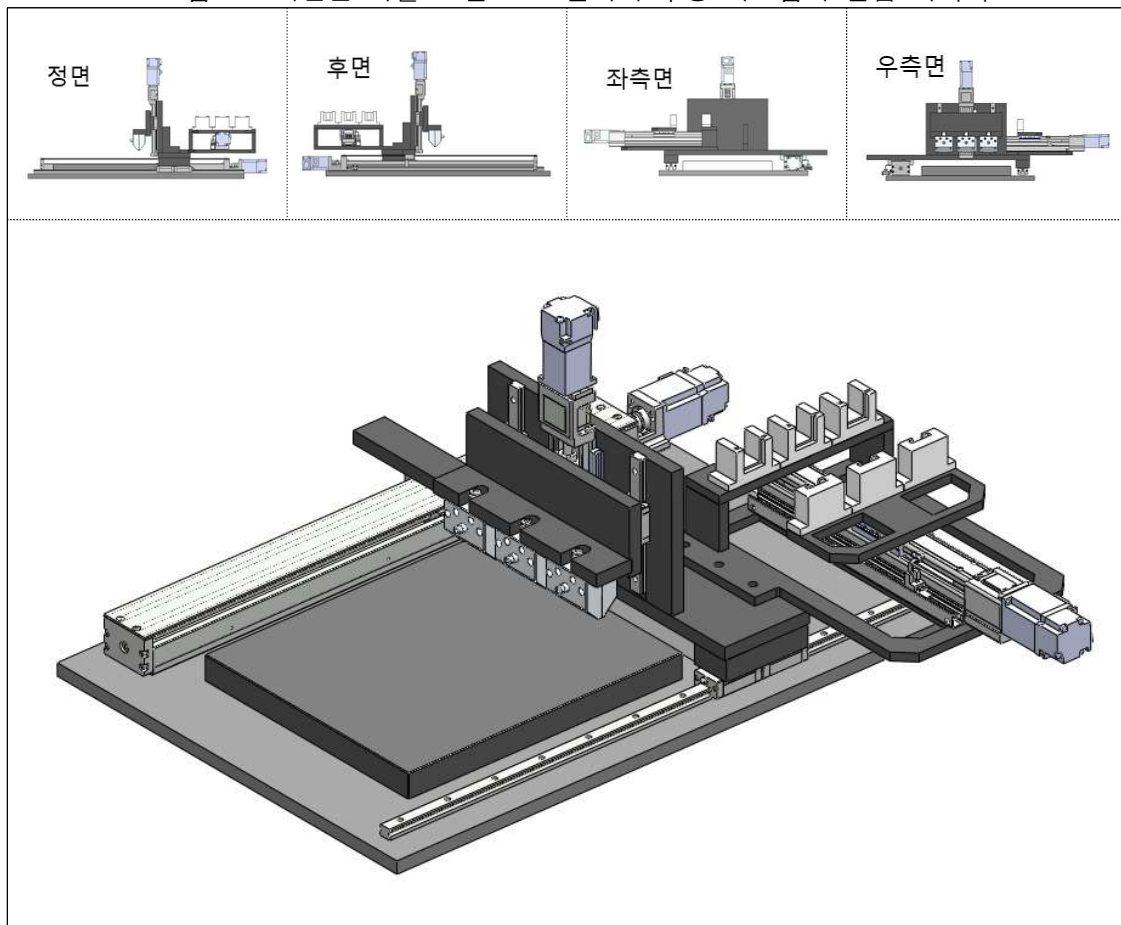


### (3) 3차개발

#### □ 2차개발 직렬3토출 3D프린터의 개선

2차개발 직렬3토출 3D프린터는 기존 3D 프린터 Cartesian Coordinate Robot 구조에서 착안된 내부 채움 밀도에 적합한 디자인임(그림12). 그러나 점도가 있는 조액을 일정하게 “토출”하여 얇게 편 조각으로 만들기 위한 최적화된 방식은 아니었음. 특히 베드의 평탄도, Z축 편차, 구동 속도에 따라 ODF 형상을 균일하게 컨트롤하는 것에 어려움이 발견되었음. 따라서 Robot 구조를 변형하여 ODF 형상을 균일하게 토출하는 데 영향을 주는 주요 변수인 높이 편차, 구동 거리, 구동 속도를 Z축, X축의 이동방향으로 설정하고, 압력 제어는 S(Syringe)축으로 설정하여 정밀도를 높였음. 개선된 디자인은 <그림31>과 같음.

<그림31> 개선된 직렬3토출 3D프린터의 구동 시스템의 컨셉 이미지



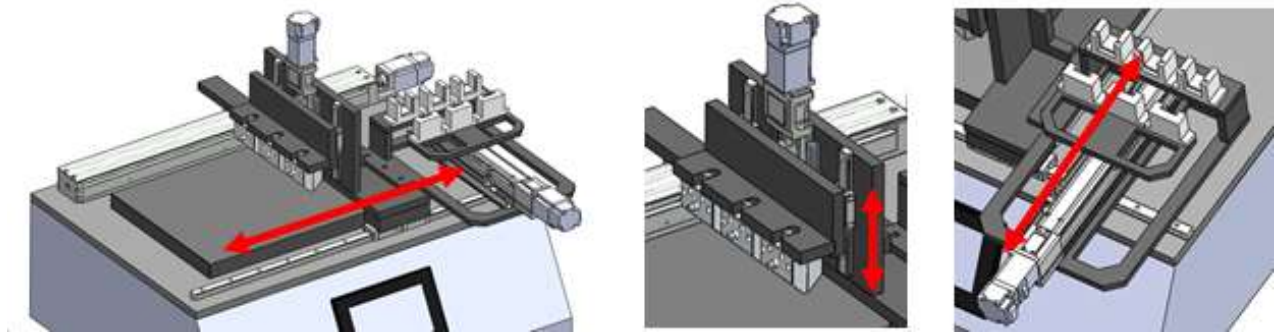
구동 시스템에는 AC 서보 모터를 사용하였고, 최대 100W의 일률 및 3000RPM의 분당 회전수 (토크 kgf·cm 단위로 환산했을 때  $\approx 3.243 \text{ kgf}\cdot\text{cm}$ )를 갖도록 설정하였음. 리드 5mm의 정밀 리니어 액추에이터를 선정하여 제작하였음.

시스템에 구성된 각 축에는 1개씩 서보 모터를 설치하였음. X축에는 Z축, S축 하중에 의한 모멘트 분산을 위해 무게 중심점을 기준으로 LM 가이드를 설치하였음. X축 서보 모터에 기어비 10:1의 감속기를 부착하여  $3.243 \text{ kgf}\cdot\text{cm} \times 10 \approx 32.43 \text{ kgf}\cdot\text{cm}$  토크로 증폭했고, 이에 따라 Z축, S축의 중량으로 인한 탈조 현상을 방지하였음.

Z축 리니어 액추에이터에는 양쪽 LM 가이드를 부착하여 ODF 전용 노즐의 하중 분산 구조를 적용하였음. 직렬3토출 시스템에는 각 노즐에 전달 압력 균일성이 중요함. 그러므로 PP재질의 시린지

브라켓을 제작하여 모든 시린지가 동일 위치에 배치되도록 설계하였음. 하지만 이 경우 가공 공차로 인해 미소한 전달 압력 편차가 발생할 수 있음. 따라서 고정밀 리니어 액추에이터로 시린지를 가압하여 전달 압력 편차를 보완하였음(그림32).

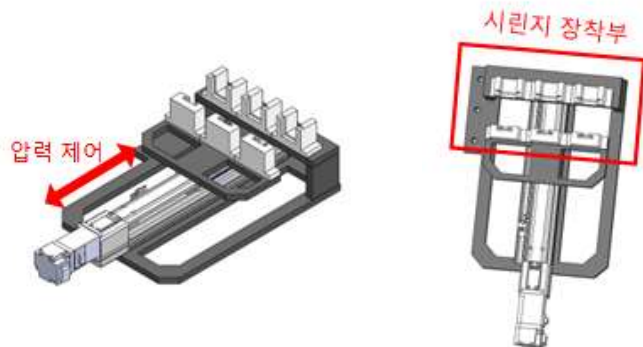
<그림32> 직렬3토출 3D프린터의 구동 정밀 설계 (X축:좌, Z축:중간, S축:우)



□ 토출 시스템 변경

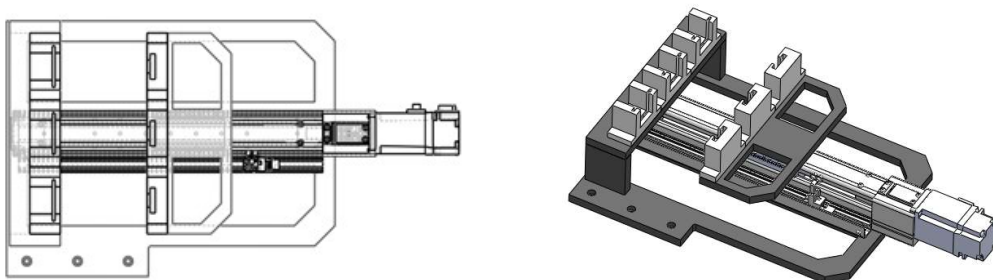
일정한 조액 토출을 위해 “시린지 모터 시스템”을 <그림33>와 같이 설계하였음. 1, 2차년도 토출 실험 데이터를 기반으로 선형 토크 값을 환산하였고, 환산된 선형 토크를 적용한 최적화 토출 하드웨어를 제작하였음.

<그림33> 시린지 모터 방식 직렬3토출 시스템 하드웨어 컨셉 이미지



이 시스템은 25ml 용량의 시린지를 총 3개 장착할 수 있음. 동작의 원리는 모터의 회전 토크를 리니어 액추에이터를 통해 선형 토크로 변환하고 변환된 선형 토크로 시린지 압력을 제어하도록 설계되어 있음. AC 서보 모터는 0.001mL 단위로 조액 토출량을 정밀하게 조절할 수 있음. 압력은 모터에서 시린지에 전달되고, 시린지에서 토출된 조액은 관을 통해 노즐에 전달되도록 구성하였음.

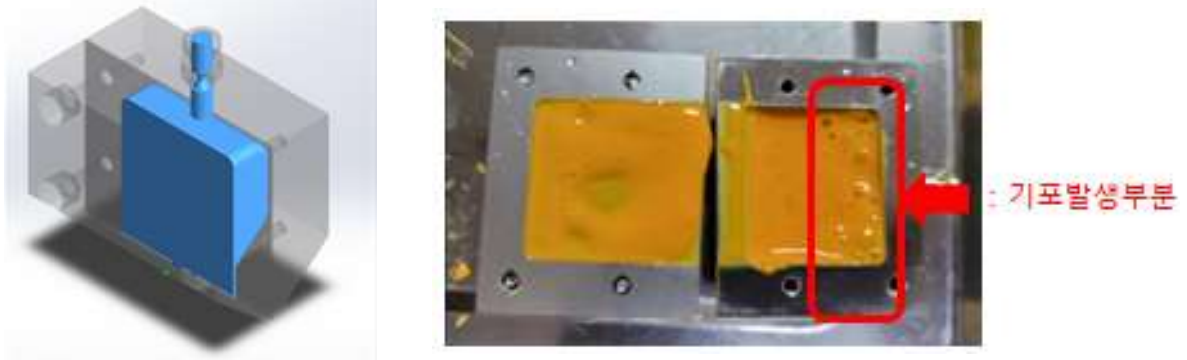
<그림34> 시린지 모터 방식 직렬3토출 시스템 하드웨어 설계도(좌) 및 구상도(우)



### □ 노즐 개선

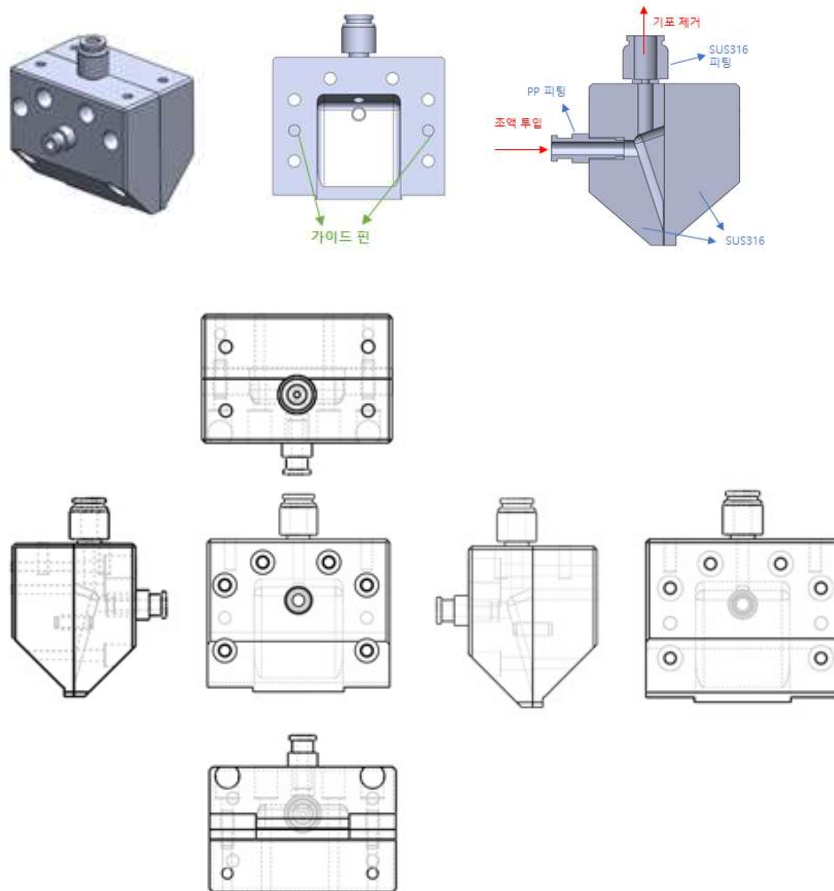
ODF용 3D프린터 전용 노즐은 약 25,000 ~ 35,000 cps에서 와류 방지 및 토출 안정화 구조되도록 설계되었음. 하지만 노즐 내부에 예상치 못한 기포가 발생하였을 때, 조액과 함께 공기 방울이 토출됨(그림35).

<그림35> 노즐 구상도(좌, 푸른색 표시 : 노즐내부공간) 및 기포가 발생된 노즐 내부의 실제(우)



이에 <그림36>의 우측 도면과 같이 노즐 혹은 조액 내부의 기포가 제거되도록 설계하였고, 노즐을 계폐할 수 있도록 재설계하였음. 노즐의 소재는 SUS316을 사용하였고, 각 배관 라인과 연결되는 피팅 파트는 PP(폴리프로필렌), SUS316 피팅 부품을 사용하였음. 또 1, 2차년도에는 볼트 조립만으로 노즐을 조절할 수 있었는데 이 같은 방식이 노즐을 조립하는 과정에서 오차가 발생할 수 있어 노즐 양쪽에 가이드 핀을 추가하였음.

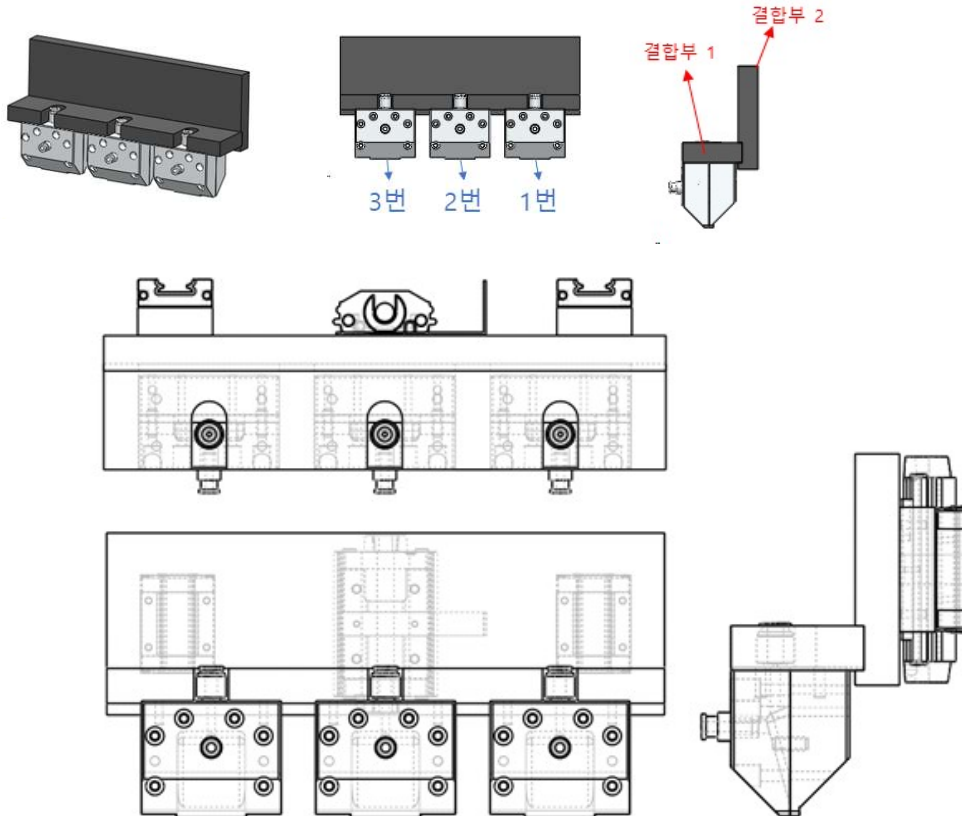
<그림36> ODF 전용 노즐 컨셉 이미지(위)와 설계도(아래)



### □ 개선된 노즐의 결합

시린지 모터 방식 직렬3토출 시스템에 새롭게 개선된 노즐을 결합하기 위하여 다음<그림37>과 같이 노즐을 배열하였음. 그러나 <그림37>의 “1번 노즐”과 “3번 노즐”의 편차가 약 1mm인 경우, “1번 노즐”과 “3번 노즐”의 높이 편차도 약 1mm의 오차가 발생하는 것이 관찰되었음. 그러므로 <그림37>의 “결합부 1”에 가이드 홈을 설치하고 노즐의 높이 편차를 보정할 수 있게 하였음. 그리고 “결합부 1”과 “결합부 2”가 조립되는 위치에 깊이 3mm, 너비 15mm의 홈을 추가하여 노즐의 하중으로 인한 볼트 파손을 방지할 수 있게 하였고, 결합부 부품 쪽에도 하중을 분산시켜 전체적으로 피로 하중을 줄이는 것으로 Z축의 높이 편차를 정밀하게 수정하였음.

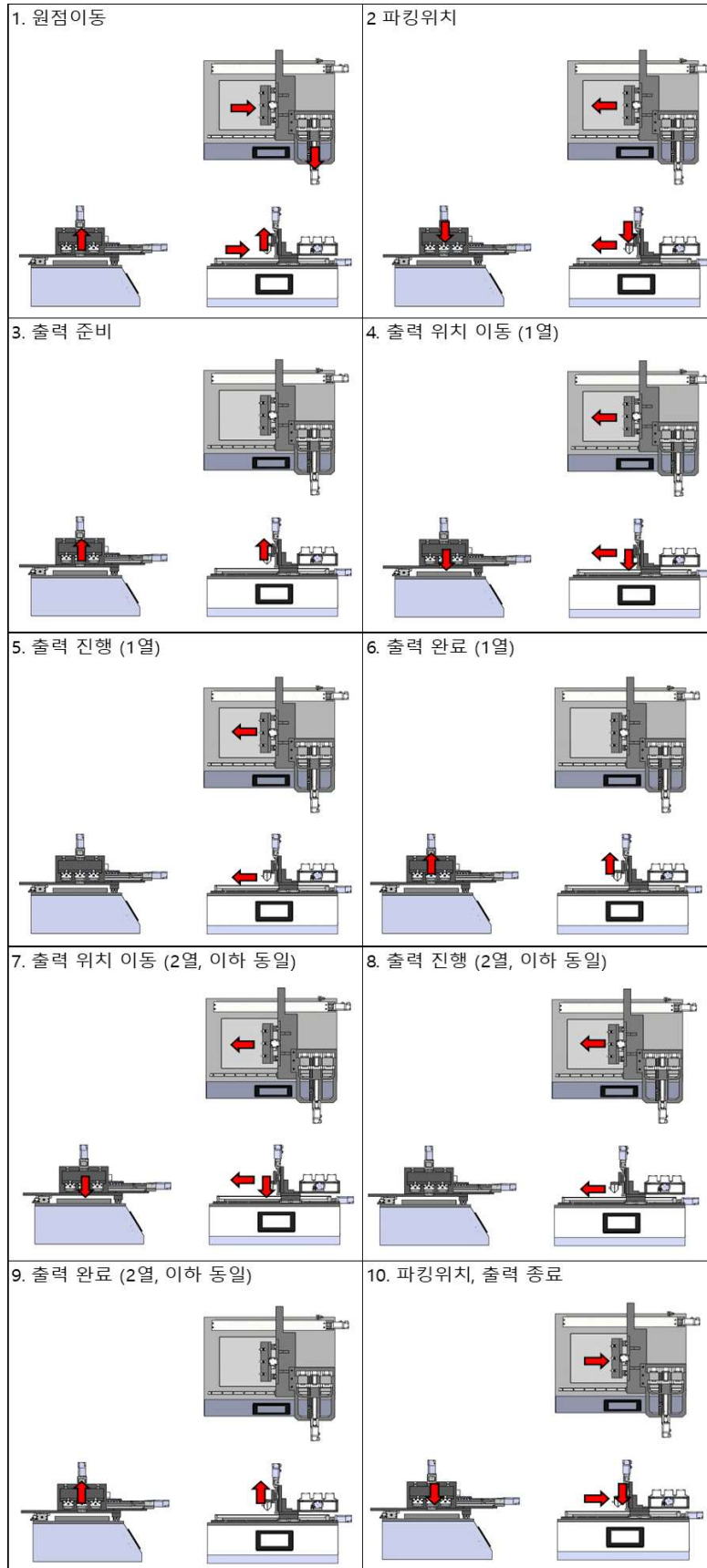
<그림37> 시린지 모터 방식 직렬3토출 ODF 전용 노즐 컨셉 이미지(위)와 설계도(아래)



### □ 경로 단순화

1,2차년도 토출 실험에 적용한 경로에서 불필요한 경로를 제거하고 시린지 모터 방식 직렬3토출 시스템을 적용한 기기에 최적화된 경로를 <그림38>과 같이 구성하였음. 경로 계획과 관련된 축은 X축과 Z축임. 1 cycle에 18EA의 ODF 필름을 출력할 수 있도록 설계하였음.

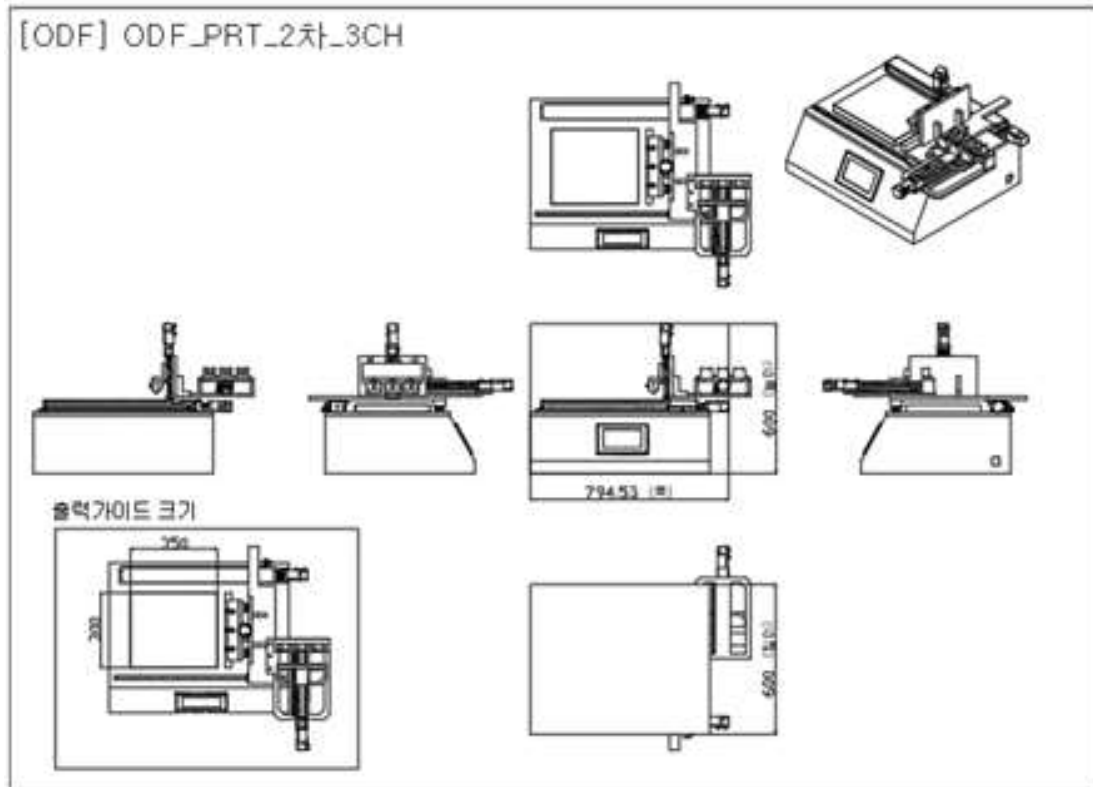
<그림38> 시린지 모터 방식 직렬3도출 3D프린터의 최적 경로



□ 개선된 직렬3토출 시스템 개발 완료

2차년도의 성과물인 직렬3토출 3D프린터는 이상의 내용으로 시린지 모터 방식 시스템으로 재제작 하였고 그 설계도와 실제 사진은 <그림39>와 같음.

<그림39> 시린지 모터 방식 직렬3토출 3D프린터의 설계도(위)와 실제(아래)



### □ 시린지 모터방식 직렬3토출 3D프린트의 파라미터 설정과 출력 테스트

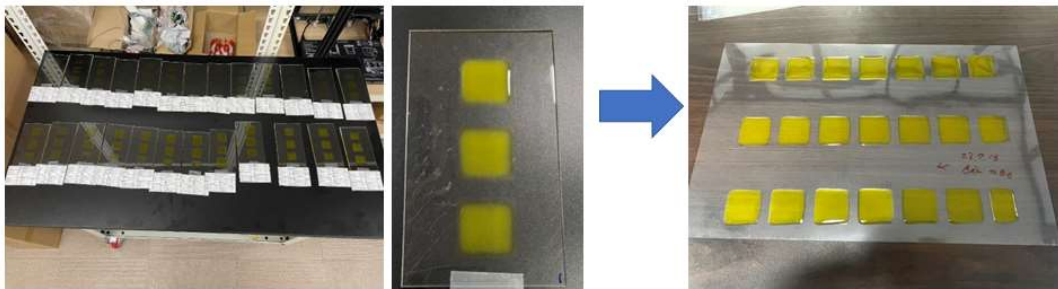
시린지 모터 방식 직렬3토출 시스템은 각 시린지에 동일한 압력이 가해지도록 설계되었음. 따라서 1,2차년도에 설정한 파라미터 설정값을 재조정하고 <그림40>와 같이 테스트를 진행하였음.

<그림40> 개선된 직렬3토출 3D프린터 출력 테스트 과정(위)과 결과물(아래)



노즐 출력테스트

직렬3토출 테스트



출력 테스트에 사용된 입력 파라미터는 <표15>, 출력 파라미터는 <표16>와 같음. 입력값은 필름 길이, 속도, 유량, 부피, 시간에 대한 값이고, 필름의 무게와 출력 시간은 출력 파라미터로 구성하였음.

<표15> 시린지 모터방식의 직렬3토출 3D프린터의 입력 파라미터

순서	변수명	정의
1	$X_{ly1}$	출력 필름 길이 (mm)
2	$X_{ly2}$	출력 필름 사이 길이 (mm)
3	$X_{vy1}$	필름 출력 이동 속도 (mm/s)
4	$X_{vy2}$	사이 거리 이동 속도 (mm/s)
5	$X_{dz1}$	ODF 안착 base 두께 (mm)
6	$X_{dz2}$	ODF 출력 두께 (mm)
7	$X_{vz1}$	출력 완료 후 상승하는 속도 (mm/s)
8	$X_{vz2}$	출력 높이 이동 속도 (mm/s)
9	$X_{qs1}$	출력 중 공급하는 유량 (mL/s)
10	$X_{qs2}$	출력 전 공급부피/출력 후 잔압 제거 부피에 대한 유량(mL/s)
11	$X_{bs1}$	출력 전 미리 공급하는 약액 공급 부피(mL)
12	$X_{bs2}$	출력 완료 후 잔압 제거 부피(mL)
13	$X_{ts1}$	초기 출력 시작 지연 시간 (sec)
14	$X_{ts2}$	초기 출력 이후 출력 시작 지연 시간 (sec)
15	$X_{ts3}$	출력 완료 시 잔압제거 후 상승을 지연 시간 (sec)
16	$X_{ls1}$	출력 중 약액 공급 길이 (mm)



<표16> 시린지 모터방식의 직렬3토출 3D프린터의 출력 파라미터

순서	변수명	정의
1	$Y_f$	한 사이클당 출력 시간 (cyc/sec) = 장비 구동 시점에서 토출 후 장비가 정지한 시점
2	$Y_g$	필름 단일 무게(g) = {실제 출력 후 측정된 총 무게(g) - 출력 배드지(g)} / 출력 매수

기준 입력 파라미터는 필름 두께 0.5 T, 출력 필름 길이 30 mm, 필름 출력 이동 속도 0.5 mm/s, 출력 중 공급하는 유량 0.07 mL/s, 출력 전 공급 부피 0.02 mL, 출력 후 잔압 제거 부피 -0.01 mL, 출력 전 공급 부피/출력 후 잔압 제거 부피에 대한 유량 0.01 mL/s 임.

테스트에 사용된 시험 소재는 <표17>과 같고, 이중 기준 입력 파라미터를 적용 시 테스트 결과가 가장 좋았던 조액D 기준으로 출력 테스트 결과를 정리했음(표18). 데이터는 Multiple Regression Analysis를 사용해 각 출력 파라미터에 대한 모델링 함수를 도출하였음. 테스트 1 cycle 당 총 18 EA이 출력, 11번 시험하여 도합 198매 데이터로 도출한 결과임.

<표17> 직렬3토출 3D프린터 테스트에 사용된 조액(위)과 조액D의 출력실제(아래)

구분	점도(cps)	조액 특징	고형물 기준 ODF형성기체 함량
A	1,000	수용성 기능성 원료 글루타치온 사용	28.39%
B	5,500	수용성 기능성 원료 글루타치온 사용	28.39%
C	4,500	지용성 기능성 원료 비타민A 사용	43.63%
D	5,500	기능성 원료로 비타민A,B,C,D,E 사용	45.57%
E	5,500	지용성 기능성 원료 CoQ10 사용	66.76%

<표18> 직렬3토출 3D프린터 출력 테스트 수집 데이터

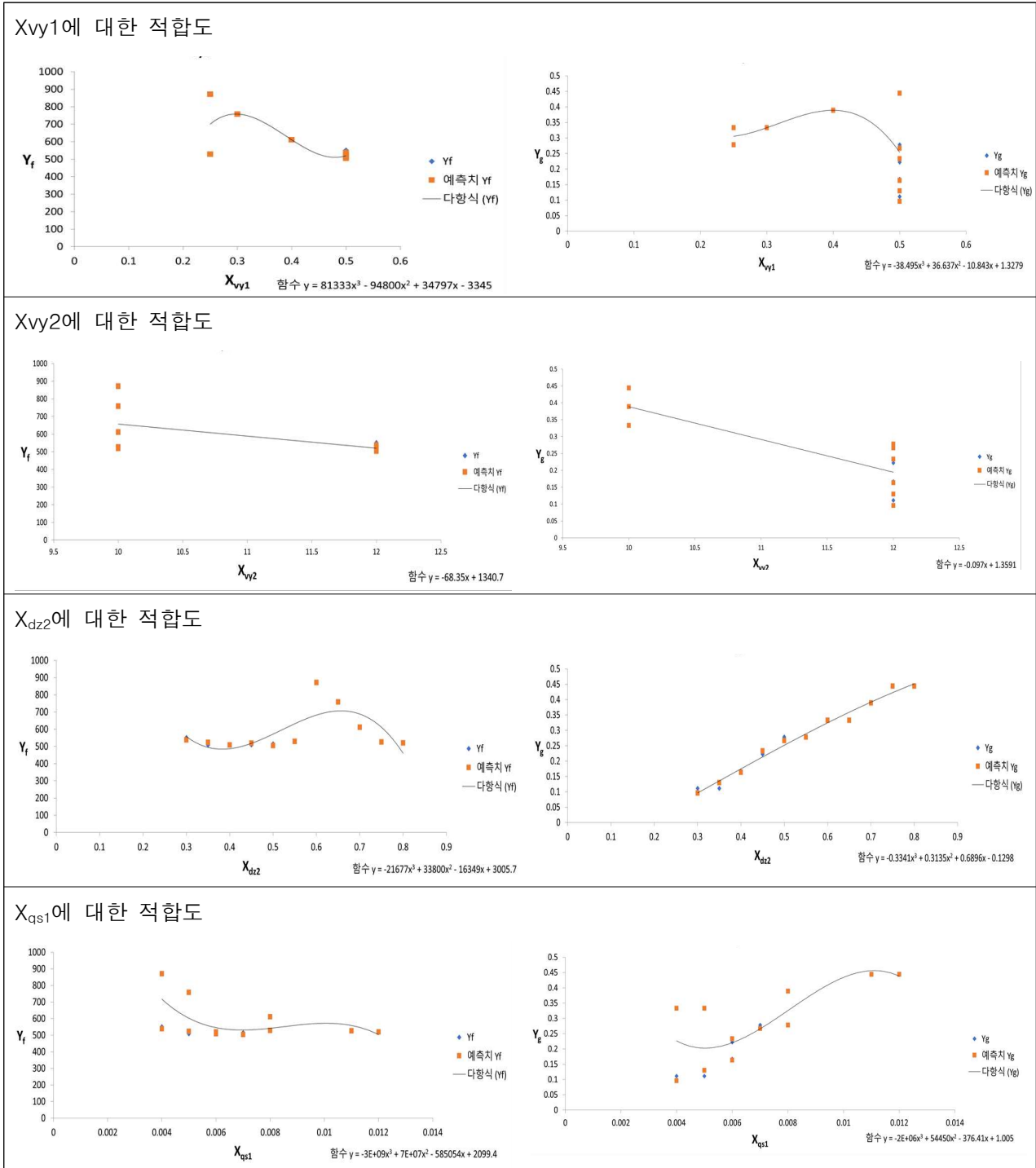
입력값	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
$X_{ly1}$	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
$X_{ly2}$	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
$X_{vy1}$	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.25	0.25	0.3	0.4	0.5	0.5
$X_{vy2}$	12	12	12	12	12	12	10	10	10	10	10
$X_{dz1}$	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
$X_{dz2}$	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8
$X_{vz1}$	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
$X_{vz2}$	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
$X_{qs1}$	0.004	0.005	0.006	0.006	0.007	0.008	0.004	0.005	0.008	0.011	0.012
$X_{qs2}$	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.005	0.1
$X_{bs1}$	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.028	0.027	0.028	0.028	0.028
$X_{bs2}$	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.023	-0.021	-0.022	-0.022	-0.022
$X_{ts1}$	20	20	20	20	20	20	20	20	20	25	20
$X_{ts2}$	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
$X_{ts3}$	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
$X_{ls1}$	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23

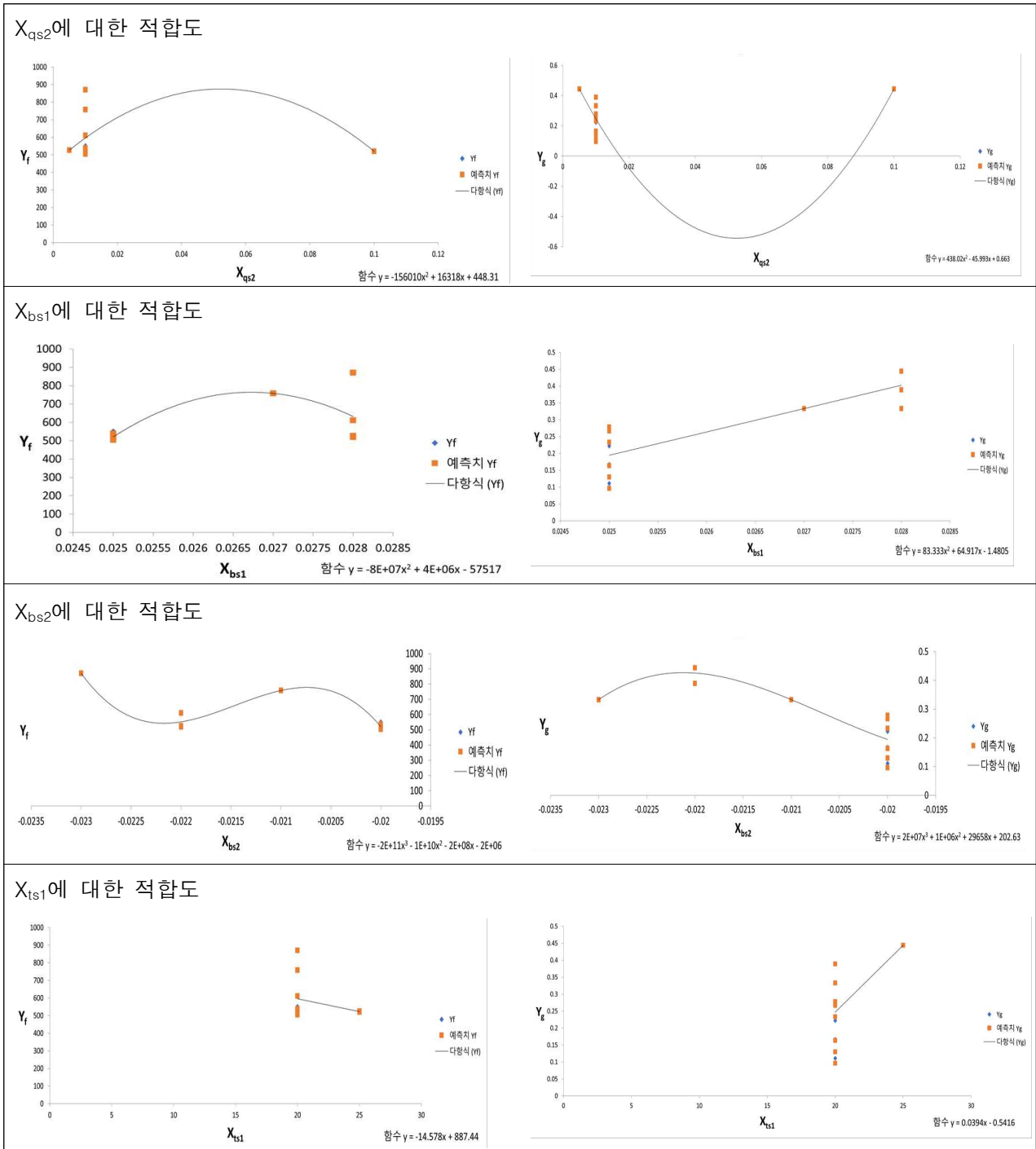
  

출력값	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
$Y_f$	551	508	511	509	515	529	871	758	611	526	520
$Y_g$	0.111	0.111	0.167	0.222	0.278	0.278	0.333	0.333	0.389	0.444	0.444

<그림41>은 1 cycle 당 출력 시간( $Y_f$ )과 필름 단위 무게( $Y_g$ )에 영향을 끼치는 파라미터를 도출한 것임. 데이터의 변화가 없을 경우 함수를 도출할 수 없으므로  $Y_f$ ,  $Y_g$ 에 대한 데이터 변화가 없는 입력 파라미터의 적합도는 제외하였음.

<그림41> 출력 시간( $Y_f$ , 왼쪽 그래프)과 필름 단위 무게( $Y_g$ , 오른쪽 그래프)에 대해 상관관계를 가진 입력 파라미터에 대한 적합도





<표19>와 <표20>에 따라 계수가 0이거나 0.1보다 작은 파라미터는 각 Y<sub>f</sub>, Y<sub>g</sub>에 대해 영향력이 작거나, 없음을 알 수 있음. 그리고 이 분석 데이터를 바탕으로 시린지 모터 방식의 개선된 직렬3토출 3D프린트의 1 cycle 당 출력 시간(Y<sub>f</sub>)과 필름 단일 무게(Y<sub>g</sub>)에 대한 모델 함수를 도출하였음.

<표19> 직렬3토출 3D프린터 출력 파라미터 Y<sub>f</sub>에 대해 수집 데이터 분석 결과

	계수	표준 오차	t 통계량	P-값	하위 95%	상위 95%
Y 절편	5615.528	5180.793	1.084	0.392	-16675.627	27906.683
X <sub>ly1</sub>	0	0	-1	0	0	0
X <sub>ly2</sub>	0	0	-1	0	0	0
X <sub>vy1</sub>	-156.800	109.375	-1.434	0	-627.402	313.802
X <sub>vy2</sub>	-212.013	198.138	-1.070	0.397	-1064.532	640.505
X <sub>dz1</sub>	0	0	-1	0	0	0

$X_{dz2}$	217.333	464.754	0.468	0	-1782.342	2217.009
$X_{vz1}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{vz2}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{qs1}$	-25666.667	32224.904	-0.796	0	-164319.238	112985.905
$X_{qs2}$	92.632	287.829	0.322	0.778	-1145.796	1331.059
$X_{bs1}$	-220733.333	177324.837	-1.245	0.339	-983700.527	542233.860
$X_{bs2}$	-155546.667	96088.591	-1.619	0.247	-568982.503	257889.170
$X_{ts1}$	-0.545	16.699	-0.033	0.977	-72.393	71.303
$X_{ts2}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{ts3}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{ls1}$	0	0	-1	0	0	0

$$Y_f = 5615.528 + -156.8 * X_{vy1} + -212.013 * X_{vy2} + 217.333 * X_{dz2} + -25666.667 * X_{qs1} + 92.632 * X_{qs2} + -220733.333 * X_{bs1} + -155546.667 * X_{bs2} + -0.545 * X_{ts1}$$

<표20> 시린지 모터방식의 직렬3토출 3D프린터의 출력 파라미터  $Y_g$ 에 대해 수집 데이터 분석 결과

	계수	표준 오차	t 통계량	P-값	하위 95%	상위 95%
Y 절편	-5.457	6.002	-0.909	0.459	-31.282	20.368
$X_{ly1}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{ly2}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{vy1}$	8.960 E-02	0.127	0.707	0	-0.456	0.635
$X_{vy2}$	0.209	0.230	0.912	0.458	-0.778	1.197
$X_{dz1}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{dz2}$	1.399	0.538	2.598	0	-0.918	3.715
$X_{vz1}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{vz2}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{qs1}$	-36.333	37.333	-0.973	0	-196.966	124.299
$X_{qs2}$	-0.354	0.333	-1.061	0.400	-1.788	1.081
$X_{bs1}$	134.133	205.435	0.653	0.581	-749.783	1,018.049
$X_{bs2}$	48.027	111.321	0.431	0.708	-430.949	527.002
$X_{ts1}$	1.667E-02	1.935E-02	0.862	0.480	-0.067	9.991E-02
$X_{ts2}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{ts3}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{ls1}$	0	0	-1	0	0	0

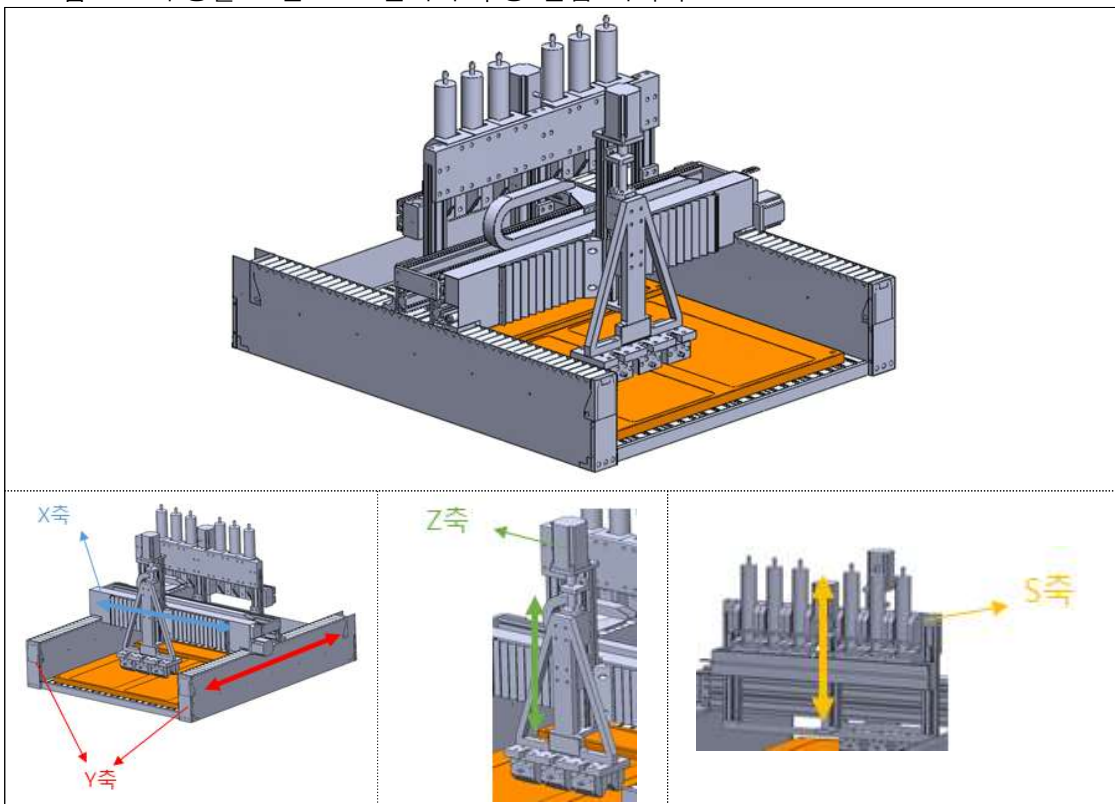
$$Y_g = -5.457 + 8.960E^{-02} * X_{vy1} + 0.209 * X_{vy2} + 1.399 * X_{dz2} + -36.333 * X_{qs1} + -0.354 * X_{qs2} + 134.133 * X_{bs1} + 48.027 * X_{bs2} + 1.667E^{-02} * X_{ts1}$$

#### (4) 최종개발 ODF 제조장비와 규격 및 안전성 시험

##### □ 직렬3토출 3D프린터에서 직·병렬6토출의 시스템 개선

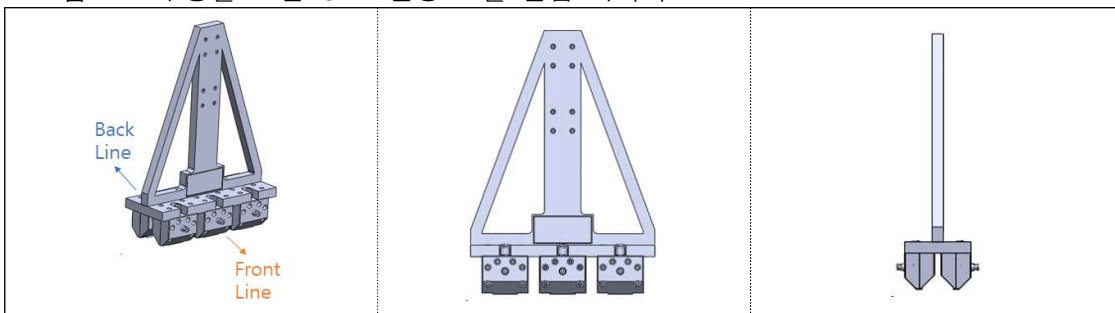
직·병렬6토출 3D프린터는 X축, Y축, Z축, 그리고 6개의 시린지를 제어할 S(Syringe)축으로 구성하였음. X축과 Y축의 구동 모터는 최대 100W 일률 3,000RPM 분당 회전수 AC Servo Motor를 사용하여 XY평면에서 출력 열과 구동 거리를 정밀하게 제어할 수 있게 하였고, X축 모터는 1개, Y축 모터는 2개로 구성하여 Z축과 X축 방향의 하중에 의한 탈조를 방지할 수 있게 하였음. 여기서 2개의 Y축 모터는 동시 Pulse Control로 조정할 수 있게 하였음. Z축과 S축은 높은 토크가 필요하므로 56각 STEP Motor를 사용하였음. Z축 모터는 40,000 pulse, S축 모터는 25,000 pulse임. 또한 토크 조절 및 최적화가 가능한 모터 드라이버 전류 제어방식을 사용하였음. Revolute Movement를 Linear Movement로 변환할 수 있도록 10mm 리드 볼스크류 리니어 액추에이터를 설치하였음.

<그림42> 직·병렬6토출 3D프린터의 구동 컨셉 이미지



노즐은 <그림43>과 같이 Front Line, Back Line 파트로 분류하여. 직렬3토출 노즐을 병렬로 배치한 직·병렬6토출 노즐로 구성하였음. 1 cycle 당 출력되는 필름 개수는 동일하나, 출력 구동 Movement가 최소화되므로 1 cycle 당 출력 시간이 줄어듦.

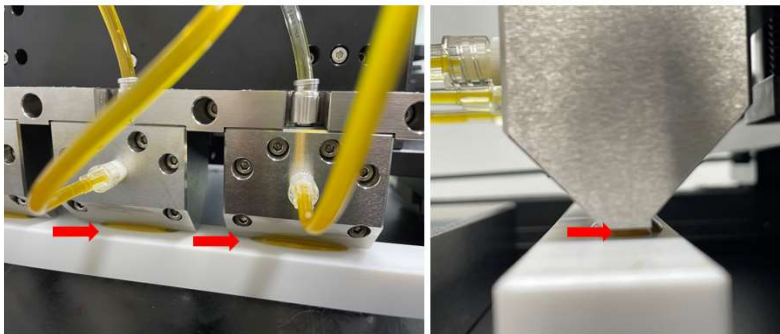
<그림43> 직·병렬6토출 ODF 전용 노즐 컨셉 이미지



시린지는 직·병렬6토출 노즐 개수에 맞춰 동일하게 6개로 설치하였음. 직렬3토출 3D프린터에서 사용된 시린지는 25 mL로 총진용량은 11 mL임. 너비 x 길이 x 높이가 각각 30 mm x 30 mm \* 0.8 T이고, 조액부피 0.095 mL로 1 cycle 당 18매씩 8 cycles 출력할 수 있음. 보다 안정적이고 효율적인 토출 시험을 위해서는 시린지 용량 증가가 필요했고, 100mL 유리 시린지로 교체하였음.

2, 3차 개발에서 사용한 베드 공간은 다소 협소했음. 1 cycle 후 다음 셋팅까지 3D프린터는 휴지 상태로 Time Loss가 발생함. 따라서 베드 공간을 추가하여 1 cycle이 후 다음 셋팅까지 추가된 베드에서 토출할 수 있도록 디자인하였음. 추가된 베드에 노즐이 이동할 수 있도록 X축 이동 방향을 추가 구성 하였고, 베드 공간을 출력 좌우로 구분하여, 좌측 베드의 1 cycle 후 다음 세팅까지의 시간 동안 우측 베드에서 출력이 가능하도록 설계하였음. 또한 노즐 내부의 안정적인 압력과 조액 Fluid Leakage(그림44)를 방지하기 위해 노즐 대기 위치에 4개의 스프링을 부착하였음.

<그림44> 조액 Fluid Leakage 예시



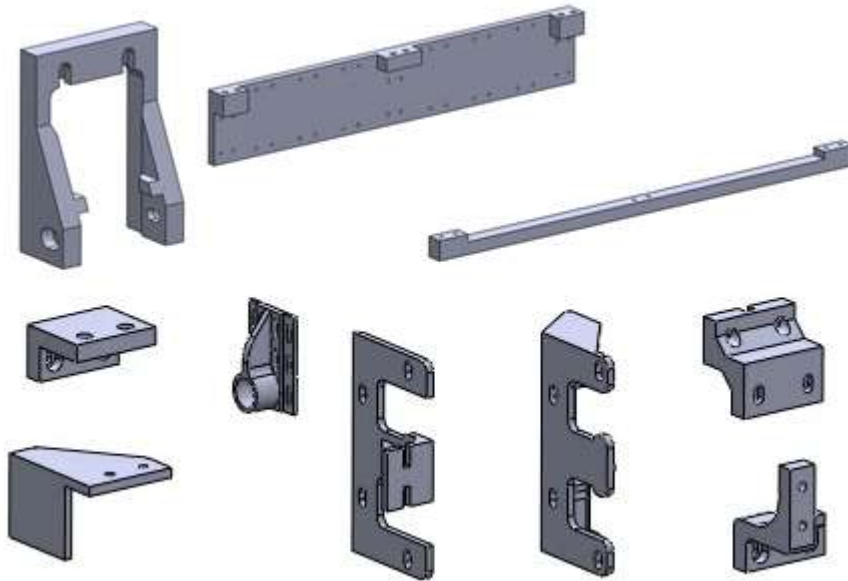
<그림45> 직렬3토출 3D프린터에서 직·병렬6토출의 시스템 개선요약

<p>① 노즐 부착 개수 추가</p>	<p>② 실린지 용량 및 개수 증가</p>
<p>③ 출력 공간 추가</p>	<p>④ 노즐 대기 위치장력 설계</p>

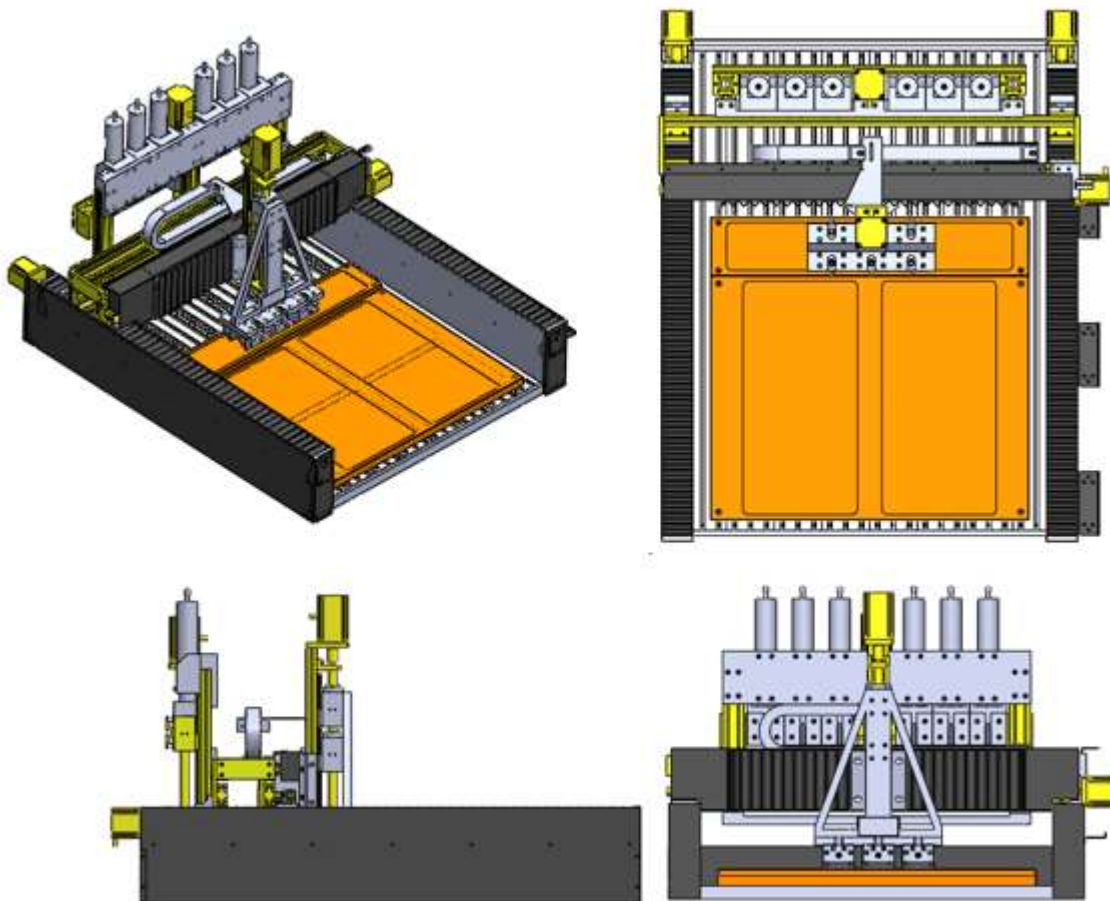
□ 직·병렬6토출 3D프린터 하드웨어 설계 개선

CNC 공작기계는 가공 시 절삭물에 의해 많은 이물질이 발생하여 리니어 액추에이터 부분에 이물질이 유입되면 오작동을 일으킬 수 있음. 그러므로 리니어 구동축에 벨로우즈 커버를 장착하는 것이 보통임. 직·병렬6토출 3D프린터에도 이 개념을 도입하여 X축, Y축에 이물질 방지 커버를 설치하였음. <그림46>와 브라켓을 제작하고 구동축에 부착하였음(그림47).

<그림46> 제작된 직·병렬6토출 3D프린터 이물질 방지 커버 브라켓 구상도



<그림 47> 이물질 방지 커버가 조립된 직·병렬6토출 3D프린터 이미지



- : 동력 전달 관련 부품
- : 보호 커버 관련 부품

□ 직·병렬6토출 3D프린터 모터 파라미터 설정

직·병렬6토출 3D프린터의 모터 제어는 Pulse Signal을 이용하여 PWM 방식을 사용하였음. 모터 제어 파라미터는 아래 <표21>과 같이 Optimization하였음. 구동 범위에 대한 리미트는 각 축에 해당하는 모터의 Pulse 값에 대해 상·하한치를 설정하는 것으로 정의하였음. 원점 복귀는 복귀 속도와 센서로 감지되게 설계하였고, 수동으로 각 축을 조정할 때는 하중부담이 없는 속도를 조정할 수 있게 하였음. 모터의 구동 방향을 설정하여 모터 구동 Pulse 환산이 원활하도록 구성하였음.

<표21> 직·병렬6토출 3D프린터 모터 기본 파라미터

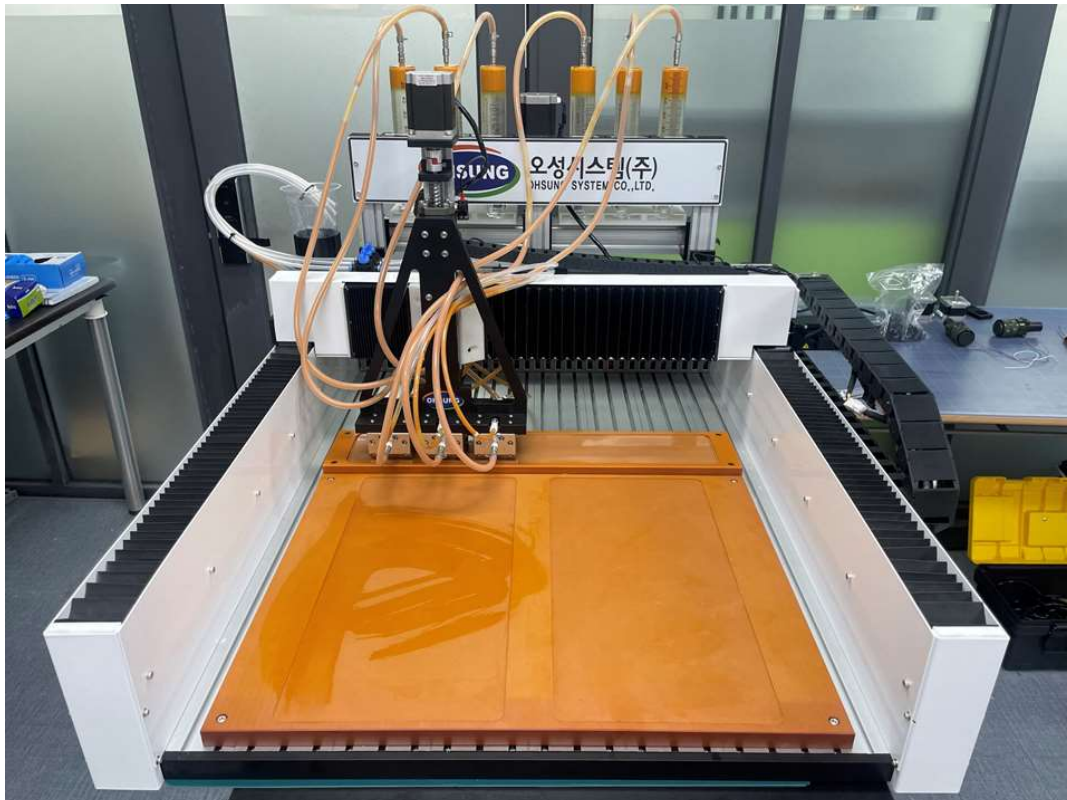
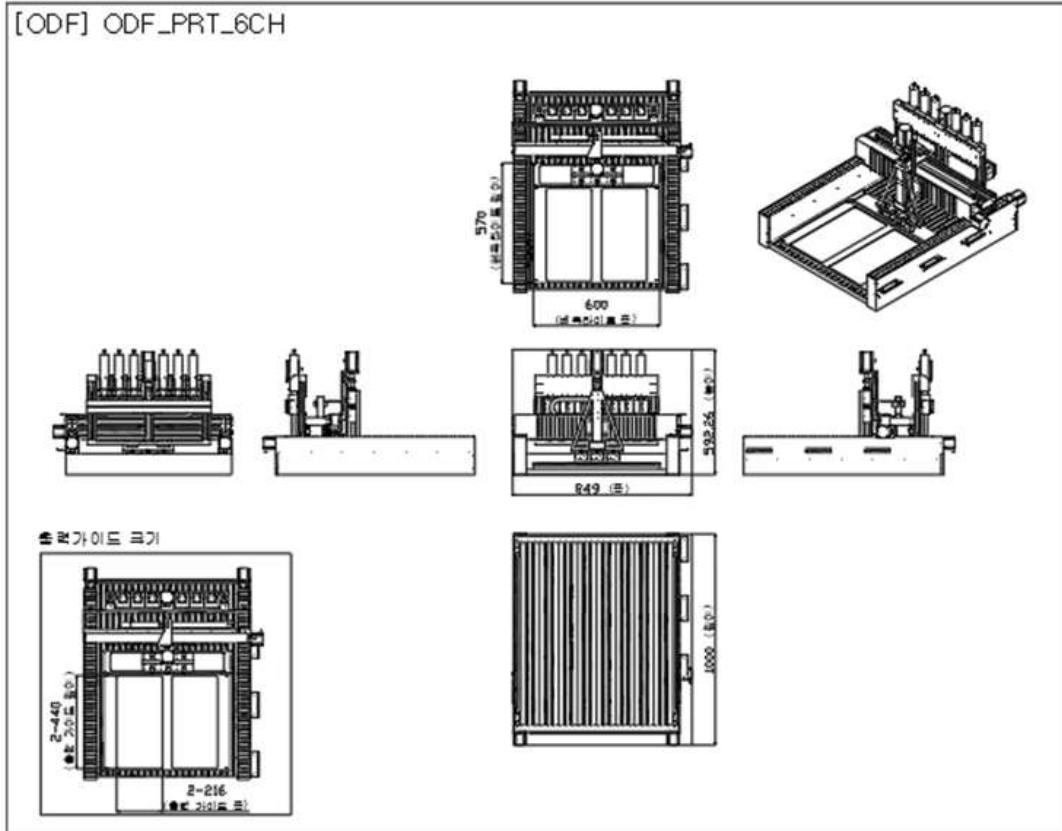
항목		Y축	X축	Z축	Sy축
기본 파라 미터	펄스출력레벨	0:Low Active	0:Low Active	1:High Active	0:Low Active
	펄스출력모드	1: PLS/DIR	1: PLS/DIR	1: PLS/DIR	1: PLS/DIR
	M코드 출력모드	0: None	0: None	0: None	0: None
	바이어스 속도	1 pls/s	1 pls/s	1 pls/s	1 pls/s
	속도 제한치	2000000 pls/s	2000000 pls/s	2000000 pls/s	2000000 pls/s
	가속 시간 1	500 ms	500 ms	500 ms	500 ms
	감속 시간 1	500 ms	500 ms	500 ms	500 ms
	가속 시간 2	1000 ms	1000 ms	1000 ms	1000 ms
	감속 시간 2	1000 ms	1000 ms	1000 ms	1000 ms
	가속 시간 3	1500 ms	1500 ms	1500 ms	1500 ms
	감속 시간 3	1500 ms	1500 ms	1500 ms	1500 ms
	가속 시간 4	2000 ms	2000 ms	2000 ms	2000 ms
	감속 시간 4	2000 ms	2000 ms	2000 ms	2000 ms
	S/W 상한	60000000 pls	27000000 pls	160000 pls	257500 pls
	S/W 하한	0 pls	0 pls	0 pls	0 pls
	백래쉬 보정량	0 pls	0 pls	0 pls	0 pls
	원점 및 수동 파라 미터	등속 운전중 SW 상하한	0: 검출안함	0: 검출안함	0: 검출안함
위치결정 완료조건		0: 드웰시간	0: 드웰시간	0: 드웰시간	0: 드웰시간
상하한 리미트 사용		0: 사용안함	0: 사용안함	0: 사용안함	0: 사용안함
원점 복귀방법		2: 근사 원점	2: 근사 원점	2: 근사 원점	2: 근사 원점
원점 복귀방향		1: 역방향	1: 역방향	1: 역방향	1: 역방향
원점 어드레스		0 pls	0 pls	0 pls	0 pls
원점 복귀 고속		500000 pls/s	300000 pls/s	20000 pls/s	12500 pls/s
원점 복귀 저속		100000 pls/s	100000 pls/s	4000 pls/s	2500 pls/s
원점 보정량		0 pls/s	0 pls/s	0 pls/s	0 pls/s
원점 복귀 가속시간		1000 ms	1000 ms	1000 ms	1000 ms
원점 복귀 감속시간	1000 ms	1000 ms	1000 ms	1000 ms	
공통 파라 미터	DWELL 시간	0 ms	0 ms	0 ms	0 ms
	JOG 고속속도	500000 pls/s	500000 pls/s	20000 pls/s	12500 pls/s
	JOG 저속속도	100000 pls/s	100000 pls/s	4000 pls/s	2500 pls/s
	JOG 가속시간	1000 ms	1000 ms	1000 ms	1000 ms
	JOG 감속시간	1000 ms	1000 ms	1000 ms	1000 ms
	인칭속도	1000 pls/s	1000 pls/s	4000 pls/s	2500 pls/s
	엔코더 최대값	2147483647 pls	2147483647 pls	2147483647 pls	2147483647 pls
엔코더 최소값	0 pls	0 pls	-2147483648 pls	-2147483648 pls	
입력 출력 신호 파라 미터	속도 오버라이드	0: %지정	0: %지정	0: %지정	0: %지정
	엔코더 입력신호	0: CW/CCW( 1상 1체배)	0: CW/CCW (1상 1체배)	0: CW/CCW (1상 1체배)	0: CW/CCW (1상 1체배)
	상한신호	0: A접점	0: A접점	0: A접점	0: A접점
	하한신호	0: A접점	0: A접점	0: A접점	0: A접점
	근사원점신호	0: A접점	0: A접점	0: A접점	0: A접점
	원점신호	0: A접점	0: A접점	0: A접점	0: A접점
인포지션	0: A접점	0: A접점	0: A접점	0: A접점	
편차카운터클리어신호	0: A접점	0: A접점	0: A접점	0: A접점	



□ 직·병렬6토출 3D프린터 최종개발 완료

본 연구과제의 최종목표인 직·병렬6토출 3D프린터는 이상의 내용으로 개발되었고 설계도와 실제 사진은 <그림48>과 같음.

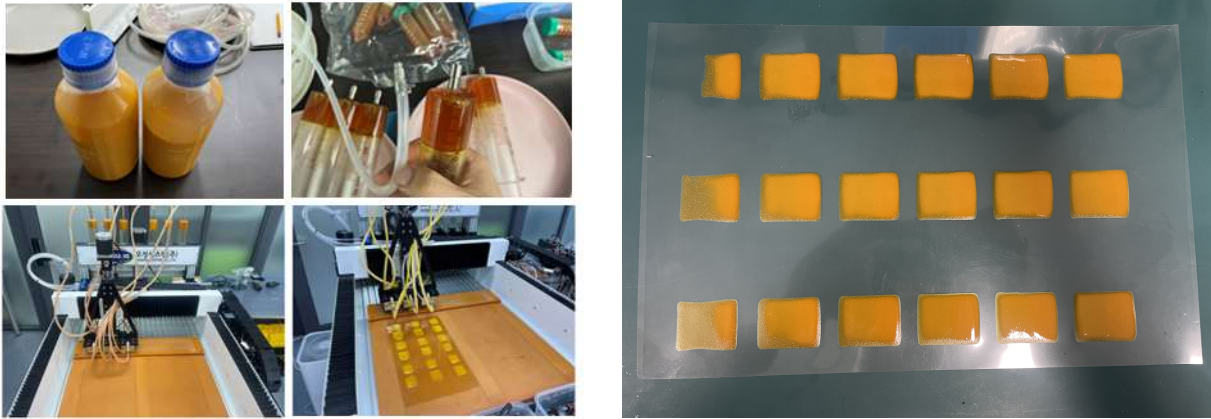
<그림48> 직·병렬6토출 3D프린터의 설계도(위)와 실제(아래)



□ 직·병렬6토출 3D프린터의 파라미터 설정과 출력 테스트

직·병렬6토출 3D프린터에 대한 파라미터를 최적화하고 1 cycle 당 출력 시간과 필름 단일 무게에 대한 모델링 함수를 도출하였음. 출력 테스트는 노즐 개선, 시린지 용량 증가 및 하드웨어 장비 개선으로, 파라미터를 재수집하였고, Multiple Regression Analysis를 적용하여 <그림49>과 같이 진행하였음.

<그림49> 직·병렬6토출 3D프린터의 출력 테스트 과정(좌)과 결과물(우)



출력 테스트에 사용된 입력 파라미터는 <표22>, 출력 파라미터는 <표23>와 같음. 입력값은 필름 길이, 속도, 유량, 부피, 시간에 대한 값이고, 필름의 무게와 출력 시간은 출력 파라미터로 구성하였음.

<표22> 직·병렬6토출 3D프린터의 입력 파라미터

순서	변수명	정의
1	$X_{ly1}$	출력 필름 길이 (mm)
2	$X_{ly2}$	출력 필름 사이 길이 (mm)
3	$X_{vy1}$	필름 출력 이동 속도 (mm/s)
4	$X_{vy2}$	사이 거리 이동 속도 (mm/s)
5	$X_{dz1}$	ODF 안착 base 두께 (mm)
6	$X_{dz2}$	ODF 출력 두께 (mm)
7	$X_{vz1}$	출력 완료 후 상승하는 속도 (mm/s)
8	$X_{vz2}$	출력 높이 이동 속도 (mm/s)
9	$X_{qs1}$	출력 중 공급하는 유량 (mL/s)
10	$X_{qs2}$	출력 전 공급부피/출력 후 잔압 제거 부피에 대한 유량(mL/s)
11	$X_{bs1}$	출력 전 미리 공급하는 약액 공급 부피(mL)
12	$X_{bs2}$	출력 완료 후 잔압 제거 부피(mL)
13	$X_{ts1}$	초기 출력 시작 지연 시간 (sec)
14	$X_{ts2}$	초기 출력 이후 출력 시작 지연 시간 (sec)
15	$X_{ts3}$	출력 완료 시 잔압제거 후 상승을 지연 시간 (sec)
16	$X_{ls1}$	출력 중 약액 공급 길이 (mm)

<표23> 직·병렬6토출 3D프린터의 출력 파라미터

순서	변수명	정의
1	$Y_g$	필름 단일 무게(g) = {실제 출력 후 측정된 총 무게(g) - 출력 배드지(g)} / 출력 매수
2	$Y_f$	한 사이클당 출력 시간 (cyc/sec)

테스트에 사용된 시험 소재는 <표17>과 같고, 이중 기준 입력 파라미터를 적용 시 테스트 결과가 가장 좋았던 조약E 기준으로 출력 테스트 결과를 정리했음(표23). 데이터는 Multiple Regression Analysis를 사용해 각 출력 파라미터에 대한 모델링 함수를 도출하였음. 테스트 1 cycle 당 총 18 EA이 출력, 11번 시험하여 도합 198매 데이터로 도출한 결과임.

<표24> 직·병렬6토출 3D프린터 출력 테스트 수집 데이터

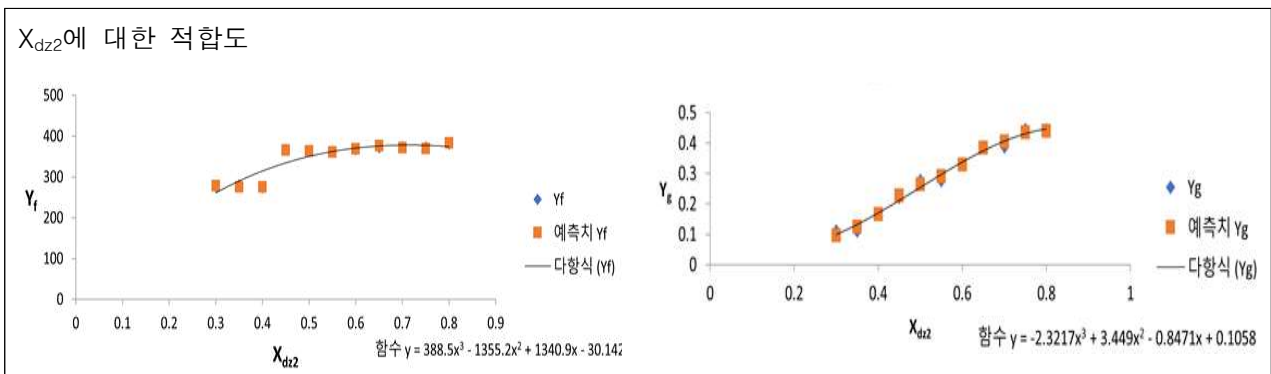
입력값	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
$X_{ly1}$	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
$X_{ly2}$	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
$X_{vy1}$	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
$X_{vy2}$	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
$X_{dz1}$	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
$X_{dz2}$	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8
$X_{vz1}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$X_{vz2}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$X_{qs1}$	0.004	0.005	0.006	0.006	0.007	0.008	0.009	0.009	0.01	0.011	0.012
$X_{qs2}$	0.056	0.059	0.061	0.065	0.069	0.072	0.075	0.078	0.084	0.086	0.093
$X_{bs1}$	1.12	1.18	1.23	1.3	1.39	1.45	1.51	1.57	1.69	1.73	1.86
$X_{bs2}$	-1.12	-1.18	-1.23	-1.3	-1.39	-1.45	-1.51	-1.57	-1.69	-1.73	-1.86
$X_{ts1}$	25	25	25	35	35	35	35	37	37	37	40
$X_{ts2}$	20	20	20	30	30	30	30	32	32	32	35
$X_{ts3}$	0.3	0.3	0.3	15	15	15	20	20	20	20	20
$X_{ls1}$	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23

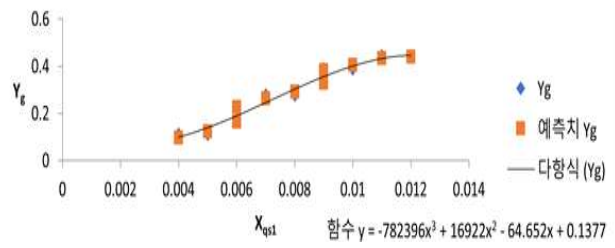
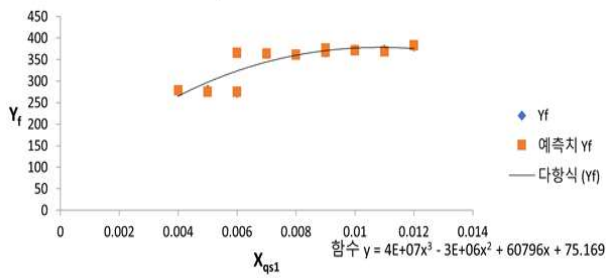
출력값	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
$Y_f$	275	280	273	367	364	363	366	371	374	373	380
$Y_g$	0.111	0.111	0.166	0.222	0.277	0.277	0.333	0.388	0.388	0.444	0.444

<그림50>은 1 cycle 당 출력 시간( $Y_f$ )과 필름 단위 무게( $Y_g$ )에 영향을 끼치는 파라미터를 도출한 것임. 데이터의 변화가 없을 경우 함수를 도출할 수 없으므로  $Y_f$ ,  $Y_g$ 에 대한 데이터 변화가 없는 입력 파라미터의 적합도는 제외하였음.

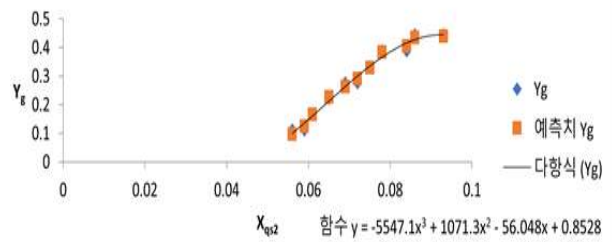
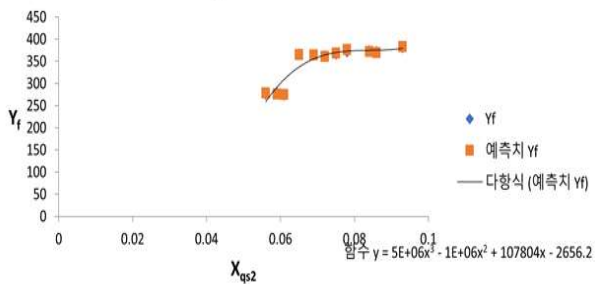
<그림50> 출력 시간( $Y_f$ , 왼쪽 그래프)과 필름 단위 무게( $Y_g$ , 오른쪽 그래프)에 대해 상관관계를 가진 입력 파라미터에 대한 적합도



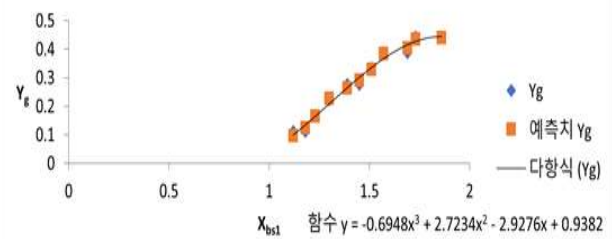
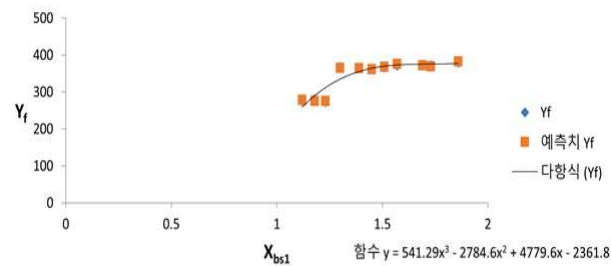
$X_{qs1}$ 에 대한 적합도



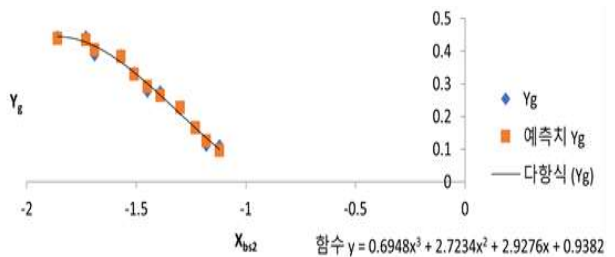
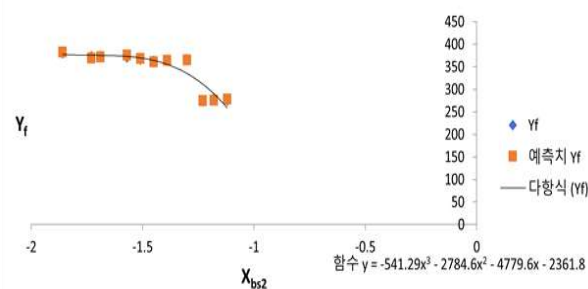
$X_{qs2}$ 에 대한 적합도



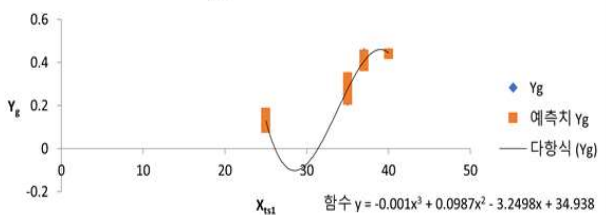
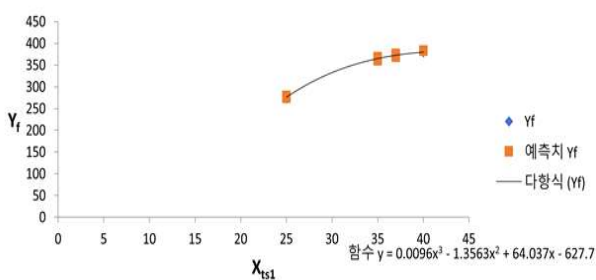
$X_{bs1}$ 에 대한 적합도

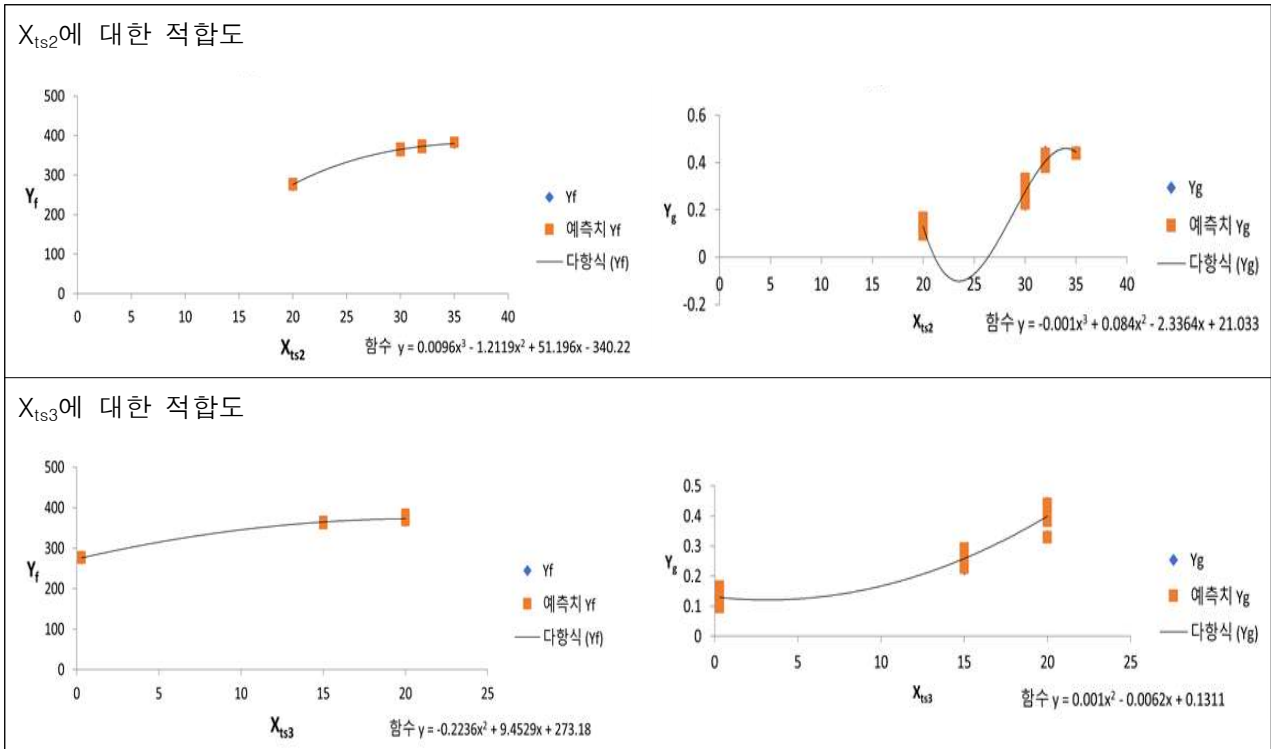


$X_{bs2}$ 에 대한 적합도



$X_{ts1}$ 에 대한 적합도





그리고 <표25>와 <표26>는 이를 통해 1 cycle 당 출력 시간(Y<sub>f</sub>)과 필름 단일 무게(Y<sub>g</sub>)에 대한 모델링 함수임.

<표25> 직·병렬6토출 3D프린터 출력 파라미터 Y<sub>f</sub>에 대해 수집 데이터 분석 결과

	계수	표준 오차	t 통계량	P-값	하위 95%	상위 95%
Y 절편	0	0	0	0	0	0
X <sub>ly1</sub>	0	0	-1	0	0	0
X <sub>ly2</sub>	1.944	0.945	2.056	0	-0.681	4.568
X <sub>vy1</sub>	0	0	-1	0	0	0
X <sub>vy2</sub>	0	0	-1	0	0	0
X <sub>dz1</sub>	0	0	-1	0	0	0
X <sub>dz2</sub>	-95.198	197.684	-0.482	0	-644.058	453.661
X <sub>vz1</sub>	0	0	-1	0	0	0
X <sub>vz2</sub>	0	0	-1	0	0	0
X <sub>qs1</sub>	2974.562	7437.662	0.400	0	-17675.699	23624.823
X <sub>qs2</sub>	-4616.288	9277.365	-0.498	0.645	-30374.382	21141.806
X <sub>bs1</sub>	210.363	526.806	0.399	0.710	-1252.284	1673.011
X <sub>bs2</sub>	0	0	-1	0	0	0
X <sub>ts1</sub>	6.868	1.808	3.799	0	1.849	11.888
X <sub>ts2</sub>	0	0	-1	0	0	0
X <sub>ts3</sub>	2.039	1.168	1.745	0	-1.205	5.284
X <sub>ls1</sub>	0	0	-1	0	0	0

$$Y_f = 1.944 * X_{ly2} + -95.198 * X_{dz2} + 2974.562 * X_{qs1} + -4616.288 * X_{qs2} + 210.363 * X_{bs1} + 6.868 * X_{ts1} + 2.039 * X_{ts3}$$

<표26> 직·병렬6토출 3D프린터 출력 파라미터 Y<sub>g</sub>에 대해 수집 데이터 분석 결과

	계수	표준 오차	t 통계량	P-값	하위 95%	상위 95%
Y 절편	0	0	0	0	0	0
X <sub>ly1</sub>	0	0	-1	0	0	0
X <sub>ly2</sub>	-1.428	3.271	-4.367	0	-9.223	8.938

	E-04	E-03	E-02		E-03	E-03
$X_{vy1}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{vy2}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{dz1}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{dz2}$	1.267	0.684	1.852	0	-0.632	3.166
$X_{vz1}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{vz2}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{qs1}$	-28.315	25.734	-1.100	0	-99.765	43.135
$X_{qs2}$	-23.404	32.100	-0.729	0.506	-112.527	65.719
$X_{bs1}$	1.051	1.823	0.577	0.595	-4.009	6.112
$X_{bs2}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{ts1}$	-1.086E-03	6.255E-03	-0.174	0	-1.845E-02	1.628E-02
$X_{ts2}$	0	0	-1	0	0	0
$X_{ts3}$	2.034E-03	4.043E-03	0.503	0	-9.191E-03	1.326E-02
$X_{ls1}$	0	0	-1	0	0	0

$$Y = -1.428E^{-04} * X_{ly2} + 1.267 * X_{dz2} + -28.315 * X_{qs1} + -23.404 * X_{qs2} + 1.051 * X_{bs1} + -1.086E^{-03} * X_{ts1} + 2.034E^{-03} * X_{ts3}$$

이  $Y_f$ ,  $Y_g$ 의 모델링 함수로 입력 파라미터에 따른 직·병렬6토출 3D프린트로 생산될 ODF필름 단일 무게와 1 cycle 당 출력 시간을 예측할 수 있음. ODF 샘플의 무게를 250 mg 내외로 가정할 때, 최종 개발 직·병렬6토출 3D프린터는 18매당 출력 시간 6분 20초, 시간당 170매를 생산할 수 있다고 계산됨. 즉 개인맞춤형 건강식품 2주분을 10분 이내에 생산할 수 있으며 약국에서의 조제 시간과 크게 다르지 않음. 기기 사용자의 능숙도나 버그, 때때로 기능성 원료에 따른 특성에 따라 달라질 수는 있지만 실용화한다면 높은 수요가 예상되는 성과물이라고 사료됨.

□ 직·병렬6토출 3D프린터로 생산한 ODF 샘플의 규격시험

개발된 직·병렬6토출 3D프린터가 연구용에서 산업용으로 상품성을 가지려면 장비의 표준과 규격화된 제품을 생산할 수 있다는 것이 입증되어야 함. 장비의 표준은 파라미터의 설정과 모델링 함수로 입증하였고, 제품의 규격화를 검증하기 위해 최종 개발 장비로 생산한 ODF 샘플의 무게와 두께를 측정하였음.

출력 파라미터 출력 시간( $Y_f$ )와 필름 단일 무게( $Y_g$ ) 중 ODF 샘플의 규격과 밀접한 파라미터는 필름 단일 무게( $Y_g$ )임. 왜냐하면 기능성을 갖는 건강식품은 <건강기능식품의 기준 및 규격>에 따라 일일섭취량을 무게로 규정하고 있고, 이에 따라 제제는 단위중량을 가져야 하기 때문. 그러므로 본 연구진은 1 cycle 당 도출되는 18매의 샘플을 기준으로 3반복하여, 국제공인시험기관인 <Koptri, 한국고분자시험연구소>에서 HS2245 정밀 전자저울로 무게를 측정하였음(표27).

<표27>직·병렬6토출 3D프린터로 토출한 ODF 샘플의 정밀무게(mg)

1 cycle	노즐1	노즐2	노즐3	노즐4	노즐5	노즐6	Mean	SE	
	토출1회	304.7	275.8	273.0	274.1	273.0	269.4	278.3	5.3
	토출2회	273.0	273.5	269.3	304.7	275.8	273.0	278.2	5.4
	토출3회	277.4	275.2	266.0	300.9	274.5	274.8	278.1	4.8
	Mean	285.0	274.8	269.4	293.2	274.4	272.4		
SE	9.9	0.7	2.0	9.6	0.8	1.6			

ODF 샘플의 목표 중량은 278 mg으로 <HACCP 중량 법적 허용오차범위>의 중량 50g 이하 허용오차 9%를 기준으로 평가하였음. <표27>의하면 왼쪽 측면 노즐1과 4에서 토출된 ODF 샘플의 표준오차값(SE)이 다른 노즐에 비하여 다소 높은 것으로 보이지만, 계량오차로 환산했을 때 9%를 넘는 ODF 210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>))

샘플은 없었음. 그러므로 직·병렬6토출 3D프린터가 전 노즐에서 균일한 단위중량을 갖는 ODF를 생산할 수 있다고 평가하였음.

ODF는 점도가 있는 조액을 얇게 펴 건조한 필름형태의 제제임. 필름형태의 제제가 갖는 장점은 먹지않고 구강에 붙여 흡수시켜 소화기관을 거치지 않아 바로 혈액이나 조직에 기능성 성분을 전달할 수 있다는 점임. 그러므로 구강점막에 붙어 천천히 녹여먹기 용이하도록 ODF는 가능한 한 얇고 균일한 두께를 갖는 것이 중요함. 또 입체 형상을 구현하는데 적합한 3D프린터가 얼마나 평면 형상을 잘 구현하였는지도 평가해야 함.

ODF 샘플의 두께 측정은 <Koptri, 한국고분자시험연구소>의 디지털 마이크로미터 (MITUTOYO)로 정밀 측정하였고, 샘플은 1 cycle/18매씩 3반복한 시료를 사용하였음.

<표28>직·병렬6토출 3D프린터로 토출한 ODF 샘플의 정밀두께(um)

1 cycle		노즐1	노즐2	노즐3	노즐4	노즐5	노즐6	Mean	SE
	토출1회	214.2	181.5	200.8	196.2	210.3	204.0	201.2	4.7
	토출2회	220.1	186.4	206.1	188.1	203.4	194.7	199.8	5.2
	토출3회	277.6	205.0	216.5	196.1	208.1	202.9	217.7	12.3
	Mean	237.3	191.0	207.8	193.5	207.3	200.5		
SE	20.2	7.2	4.6	2.7	2.0	2.9			

일반적으로 식품에서 두께의 허용오차범위 기준을 찾기는 어려움. 왜냐하면 일반적으로 식품은 대개 불규칙한 모양을 가지며 캡슐이나 정제처럼 균일한 형상을 가지고 있다할 지라도 두께를 지표로 두는 제품은 없기 때문임. ODF가 식품에 있어 신체형인 만큼 두께와 관련한 식품기준은 현재로서는 찾을 수 없음. 다만 표면이 매끄러운 유리의 KSL2012 두께와 허용치가 2 mm의 경우 ±0.2 mm로 ODF의 두께 허용오차범위를 약 10% 정도로 보고 평가하였음.

노즐1의 3회째의 토출에서 10% 이상의 오차 허용치가 넘는 것으로 측정되었지만, 그 외 모든 ODF 샘플이 오차범위를 넘지 않았으며, 실험에 사용된 18매 샘플의 평균은 237.3 um, 표준오차는 20 um로 모든 값이 오차범위 안에 들었음. 또 노즐1의 1, 2번째 노출이 오차범위 안에 들어오는 바, 노즐1의 3회째 토출은 단순 에러일 가능성이 높다고 판단하였음. 그러므로 본 연구진은 직·병렬6토출 3D프린터는 균일한 두께의, 동일한 형상의 ODF를 생산할 수 있다고 평가하였음.

□ 직·병렬6토출 3D프린터로 생산한 ODF 샘플의 안전성 시험

최종 개발된 직·병렬6토출 3D프린터는 <식품용 기구 및 용기·포장의 기준 및 규격>에 따라 조액이 닿는 모든 부분에 식품에 사용할 수 있는 소재를 사용하여 기기를 개발하였으나, 공작기계의 특성상 리니어 액추에이터 부분에 이물질이 유입되거나 오작동을 일으키는 경우가 발생할 수 있음. 이를 위해 <그림46,47>과 같이 커버 브라켓을 설계하여 기기에 설치했지만 최종 결과물인 ODF 샘플에서도 이물질이 검출되지 않는지 더블체크해야 할 필요가 있음.

이를 위해 식품 시험 지정 검사기관인 <동명생명과학원(주)>에서 150 g(270 mg의 ODF 550매에 해당)의 ODF 샘플의 이물 검사를 시행하였음(별첨10). 검사결과는 불검출로 판정되었음.

한편 점도가 있는 조액이 미세한 양으로 시린지, 튜브, 노즐을 통해 이동하면서 기기 부품 등에 잔여한 중금속을 흡착될 수도 있겠다는 가정도 안전성 시험으로 평가해보아야 함. 이를 위해 최종 결과물인 ODF 샘플에서 중금속 시험도 시행하였음.

시험은 같은 검사기관인 <동명생명과학원(주)>에서 시행하였으며, 카드뮴의 경우 불검출, 납의 경우 0.10 ppm이 검출되었음(별첨11). 식품의 경우 분말 또는 영아용, 의료용 등 특수용도 대상식품이 아니면 중금속 판정기준이 없음. 다만 음료의 경우 0.3 ppm 이하라는 별도의 기준이 있어 이로 210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 종질지(80g/m<sup>2</sup>)

미루어 판단할 때 수분이 10% 이하로 건조된 ODF 샘플에서 음료의 기준보다 3배나 낮은 0.10 ppm이라는 검출 결과는 기능성식품에 함유된 무기질 중 일부가 검출된 것이라고 보여 짐. 이와 같은 이물질, 중금속 결과로 본 연구진은 직·병렬6토출 3D프린터가 식품으로서 안전한 제품을 생산할 수 있다고 결론 내었음.



### 3) 시제품 개발과 사업화

#### (1) 시제품 개발

##### □ 기능성 원료를 사용한 ODF의 안정성 분석

ODF의 주요 기능성 원료로 선정된 CoQ10, 비타민A, 토마토 추출물(라이코펜)은 빛과 열에 민감해 오일에 녹여 연질캡슐 단위로 가공하거나 미립자 형태의 원료를 코팅하는 과립공정을 거쳐 판매되고 있음. ODF의 공정상 빛과 열은 차단할 수 있지만 원료를 정제수에 녹여 장시간 믹싱하거나 균질화하는 과정은 불가피하기 때문에 이같은 이유로 기능성 원료들이 파괴되지 않는지 확인되어야 함.

특히 CoQ10의 경우 아그로박테륨 투메파시엔스(Agrobacterium tumefaciens), 파라코커스 데니트리피칸스(Paracoccus denitrificans), 슈도모나스 에루지노사(Pseudomonas aeruginosa)의 배양물에서 핵산, 아세톤, 이소프로필알코올, 초산에틸로 추출한 뒤 농축 또는 정제하여 CoQ10을 980 mg/g이상 함유하고 있어야 한다는 별도의 제조기준이 있는바, 원재료 선정의 범위가 좁고 98%이상의 순도를 가져야 하므로 과립 제품이 많은 비타민A나 추출물 형태로 존재해 비교적 안정한 라이코펜에 비해 빛과 열에 상당히 민감할 것으로 예상하였음. 이에 본 연구진은 ODF 제제로 가공한 CoQ10의 파괴실험으로 식약처 고시<식품의 유통기한 설정 기준>에 따른 가속 시험을 선정하였고, <FERC, 식품환경연구센터>에 의뢰해 데이터를 얻었음.

CoQ10 ODF 샘플의 배합표는 <표9>와 같고, 300 mg/매 CoQ10 함량 100 mg의 ODF 샘플 4,000매 기준으로 실험하였음. 보관기간은 총 90일, 보관온도는 15℃, 25℃, 35℃임. 가속시험에 따른 ODF 샘플의 CoQ10 함량은 <표29>과 같고 이 결과로 아레니우스 방정식(Arrhenius equation)을 사용하여 유통기한, 품질 안정 범위를 산출하였음.

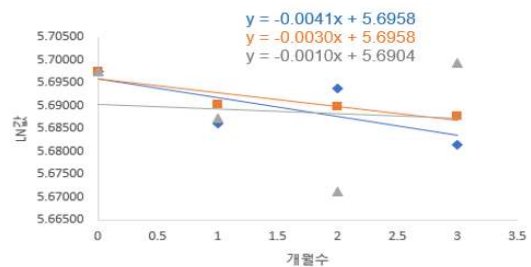
<표29> 가속시험에 따른 ODF 샘플의 CoQ10 함량(mg/g)

개월수	15℃	25℃	35℃
0	298.12	298.12	298.12
1	294.74	295.97	295.06
2	296.97	295.81	290.38
3	293.34	295.24	298.69

<그림51> 아레니우스 방정식에 따른 품질 안정 범위 계산

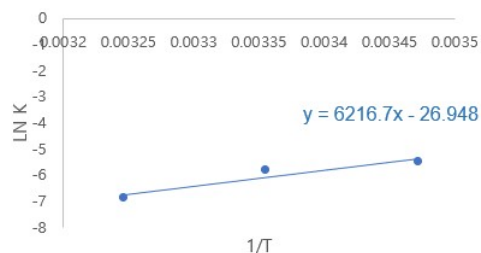
#### A. 안정성 시험 결과 및 보관기간에 따른 함량 LN(자연로그)값의 상관관계

개월수	15℃		25℃		35℃	
	CoQ10 함량	ln값	CoQ10 함량	ln값	CoQ10 함량	ln값
0	298.12	5.69750	298.12	5.69750	298.12	5.69750
1	294.74	5.68609	295.97	5.69026	295.06	5.68718
2	296.97	5.69363	295.81	5.68972	290.38	5.67119
3	293.34	5.68133	295.24	5.68779	298.69	5.69941



#### B. 소실속도상수와 1/T의 상관관계(선형회귀분석)

	1/T	K	LN K
15℃	0.003472222	0.0041	-5.49676831
25℃	0.003355705	0.0030	-5.80914299
35℃	0.003246753	0.0010	-6.90775528



C. 상온(25℃)에서의 소실상수값  
 $LNk25=6216.7 \times (1/273+25) - 26.948$

D. 최소 허용함량 90%에서의 도달되는 시점  
 $t90 = 1/k25 \times \ln(\text{처음농도}/\text{허용농도}) = 46\text{개월}$

<그림51>에 따라 ODF 제제로 가공한 CoQ10은 46개월간 10% 오차범위 내에서 안정하다는 결과를 얻었음. 기존 ODF 제품들이 유통기한을 2~3년으로 두는 것을 보면, 본 연구에 사용될 주요 기능성 성분들이 ODF 가공과정에 의하여 안정하다고 판단, 해당 원료들로 시제품을 제작하였음.

또한 보관기간 90일, 15℃, 25℃, 35℃ 전 보관온도에서 일반세균, 대장균, 진균이 발견되지 아니하고, 수분과 pH의 경우 다소 감소하기도 했으나 유의적 변화는 아니었다는 데이터도 함께 수집하였음.

□ ODF 샘플 기호도 조사

신제형 ODF 건강식품이 본격적으로 국내시장에 진입한 것은 2023년 <여에스더 글루타치온 필름>이 시판되기 시작한 때이며, 아직 ODF 제품을 생산할 수 있는 국내 제조사도 서너 곳에 불과함. 게다가 ODF로 개발된 제품 종류는 글루타치온 1종으로 신제형 ODF 제품에 관한 소비자 평가반응은 유통판매원이 느끼는 시장 체감 외 객관적인 데이터가 없는 상황임. 본 연구진은 <표30>과 같이 다양한 조건의 샘플을 제조하고, <FERC, 식품환경연구센터>에서 20~50대 성인 남녀 20명을 대상으로 기호와 특성에 따른 정도에 대해 9점 평점법을 사용한 관능검사를 실시하여 객관적인 데이터를 얻었음.

<표30> 기호도 조사에 사용된 샘플과 특징

샘플의 실제						
	샘플A	샘플B	샘플C	샘플D	샘플E	샘플F
크기 (cm)	3.2 x 2.2	3.9 x 2.4	3.9 x 2.4	3.5 x 2.4	3.9 x 2.4	2.9 x 1.8
면적 (cm <sup>2</sup> )	7.04	9.36	9.36	8.4	9.36	5.22
무게 (mg)	245	290	245	145	300	240
두께 (um)	255	235	245	135	235	275
향	천연 레몬라임향	체리향	석류향	천연레몬향	자몽농축액	레몬오일
감미료	스테비아, 자일리톨	스테비아	수크랄로스	스테비아	스테비아	아스파탐, 멘톨
색소	치자황색소	홍국색소	CoQ10	치자황색소	치자황색소	-

샘플F는 (주)에브릿에서 시판중인 콜라겐 ODF 제품<CH.V>임. 국내시장에는 글루타치온 필름이 ODF 제품 전체인 것처럼 판매되고 있지만 식품으로서의 ODF는 콜라겐이 최초이며 개발사는 일본

TSUKIOKA FILM PHARMA CO., LTD.임. (주)에브릿은 2017년 원개발사 츠키오카 필름 제약과 기술제휴를 맺고, 국내에 처음 식품용 ODF 제품을 선보였음. 출시작은 콜라겐 ODF <CH.V>는 먹는 리프팅으로 홍보되어 판매되었고 출시해인 2019년부터 2021까지 누적 판매량 52,000세트를 달성한 바 있음. 보다 객관적인 시험결과를 위해서 4년간의 판매기록을 갖고 있는 우리 제품을 대조군으로 추가하였음.

<그림52> (주)에브릿의 콜라겐 ODF <CH.V>의 제품이미지



기호도 항목은 외관, 색감, 신맛, 이미, 이취, 녹는 정도와 전반적인 기호도이고 정도 항목은 색감, 신맛, 이미, 이취, 녹는 정도임(별첨12). 기호도의 9점 평점법 평가방법은 <표31>과 같고, 정도의 9점 평점법 평가방법은 <표32>와 같음. 그밖에 개별 인터뷰를 추가하여 제시된 항목 외, 연구진들이 미처 고려하지 못한 항목도 평가할 수 있도록 디자인하였음.

표31> 기호도의 9점 평점법 평가방법

점수(기호도)								
1점	2점	3점	4점	5점	6점	7점	8점	9점
극도로 싫다	대단히 많이 싫다	보통으로 싫다	약간 싫다	중지도 싫지도 않다	약간 좋다	보통으로 좋다	대단히 많이 좋다	극도로 좋다

<표32> 정도의 9점 평점법 평가방법

번호	점수(정도)								
	1점	2점	3점	4점	5점	6점	7점	8점	9점
1	극도로 연하다	대단히 연하다	보통으로 연하다	약간 연하다	연하지도 진하지도 않다	약간 진하다	보통으로 진하다	대단히 진하다	극도로 진하다
2	극도로 약하다	대단히 약하다	보통으로 약하다	약간 약하다	약하지도 강하지도 않다	약간 강하다	보통으로 강하다	대단히 강하다	극도로 강하다
3	극도로 느리다	대단히 느리다	보통으로 느리다	약간 느리다	느리지도 빠르지도 않다	약간 빠르다	보통으로 빠르다	대단히 빠르다	극도로 빠르다

검사 결과를 요약하면 ODF는 크기와 면적이 작을수록 기호도가 높으며, 두께의 경우 얇은 것이 좋다는 반응이었음. 그러나 지나치게 얇고 진득거려 입천장에 달라붙고 떨어지지 않거나 잔여감이 오래도록 남는다면 크기, 두께와 상관없이 기호도가 떨어지는 경향을 보였음. 본 연구진의 3D프린터 개발로 210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)

개인맞춤형 ODF의 생산이 상용화된다면 ODF의 크기(또는 면적)가 이슈가 되지 않겠지만 현 생산공정에서 ODF의 크기는 제조사의 커팅기계 규격에 따라 고정되어 있어 변경하기 어려움. 따라서 ODF의 크기를 고정하는 대신 기능성 원료의 순도와 일일섭취량에 따라 두께와 무게를 증감시킬 수밖에 없음. 이 결과로 ODF 제품 개발에 크기(또는 면적), 두께, 무게의 밸런스를 잡는 것이 중요함을 알 수 있었음.

맛과 향은 시트러스 계열의 향과 새콤한 맛의 기호도가 높은 것으로 나타났음. 실험에 참여한 사람들은 ODF를 비타민 계열의 건강식품으로 인지하고 노란색, 레몬향, 새콤함 등 기존의 비타민 제품 이미지가 기호도에 영향을 주는 것으로 보여짐. 때문에 체리향이나 석류향 그리고 붉은색 계열의 홍국색소는 낯설고 “약맛”이 난다고 응답함. 인간이 무언가를 먹는다는 것은 죽고사는 문제와도 결부되는 것이어서 식품이란 언제나 보수적으로 접근하게 되는데 본 조사에도 적용된 것으로 보여짐. 그러므로 ODF와 같은 신개념 제품을 출시할 때는 기존제품의 이미지를 연상시키는 익숙한 맛과 향으로 접근하여야 하며 이질감과 두려움을 낮추는 것이 좋다는 것을 알 수 있었음. 추가로 치약을 연상시키는 멘톨향은 싫다는 의견이 있었음.

또한 ODF 질감에 대한 의견으로 ODF 크기가 작아도 너무 딱딱하면 거부감이 든다, 불투명한 것보다 투명한 재질의 ODF가 좋았다는 의견이 많았음. 여기서 ODF가 딱딱하고 불투명하게 제작된 원인은 지용성 기능성 원료를 사용하였기 때문인데 본 연구진이 이 결과를 숙지해야 하는 이유는 기능성 원료로 선택한 CoQ10, 비타민A, 토마토 추출물이 모두 지용성 원료이기 때문임. 그러므로 기능성 원료의 특징을 상쇄시킬 수 있는 ODF 형성기지 소재들의 최적 배합연구가 진행될 필요가 생겼음.

전체적인 기호도는 샘플A가 가장 높았음. 샘플A는 크기와 면적이 작고, 두께는 다소 높은 편이었으나 쉽게 녹고 잔여감이 적은, 투명하고 노란색 계열의 상큼함이 강한 제품이었음. 샘플A의 기능성 원료는 효모추출물 형태의 글루타치온으로 수용성이며, 제작시 투명하고 유연성을 지닌 ODF로 제작할 수 있음. 글루타치온은 효모추출물이기 때문에 원료 자체에서 다소 불쾌한 구린내가 나는데도 비타민을 연상케하는 노란색, 레몬향 새콤함이 이를 상쇄하는 것으로 보여짐.

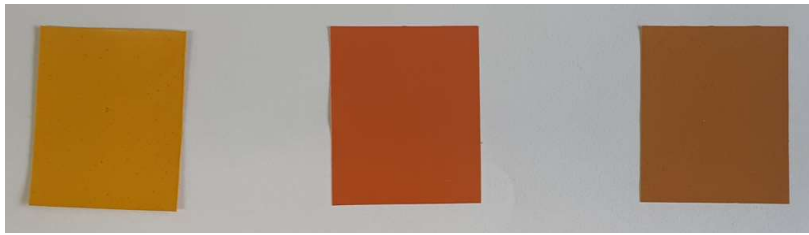
## □ 시제품 제작

ODF 기호도 조사에서 나온 ODF 재질에 대한 의견을 반영하여 ODF 형성기지의 구성과 배합을 변경하였음. 지용성 원료인 CoQ10, 비타민A, 그리고 토마토 추출물 속 라이코펜은 모두 물에 녹지 않아 ODF용 조액을 만들기 위해서는 되도록 미세한 입자로 골고루 분산시켜야 함(o/w 에멀전 상태). 이를 위해 유화제 역할을 하는 식품첨가제를 첨가하기도 하고 ODF의 기지가 되는 전분의 종류를 바꾸기도 함.

기호도 조사에 사용되었던 지용성 기능성 성분을 함유한 ODF는  $\beta$ -시클로덱스트린, 프로필렌글리콜과 아르기닌을 가용화제로 사용하였고 계면활성제로는 폴리소르베이트 20과 80을 혼용하였음. 또한 ODF 기지로는 합성전분 HPMC 2종을 사용하였음. HPMC(히드록시프로필메틸셀룰로스)는 주로 캡슐을 만드는데 사용하는 전분으로 기본적으로 딱딱하고 유연성이 떨어짐. 하지만 색소 등 지용성 성분들을 잘 흡착하고 가공이 쉬워 캡슐이나 식품의 피막제로 널리 사용되는 원료임. 때문에 지용성인 기능성 원료로 ODF를 제조하면 분산을 잘 되고 핸들링하기 좋으나, 건조 후 딱딱해지는 것임. 사실 지용성인 기능성 성분이 단순히 분산된 것이지 용해된 것이 아니기 때문에 애초에 투명하게 만드는 것이 어려움.

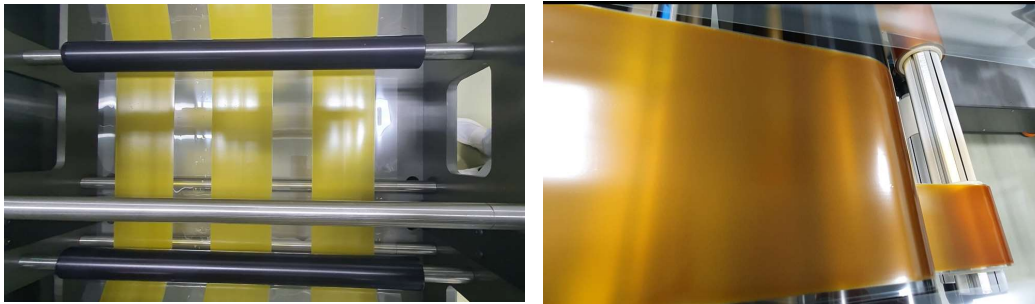
본 연구진은 이를 해결하기 위해 ODF 형성기지를 천연전분 풀루란으로 하고 구강“상피세포”에 붙여 녹이는 ODF의 섭취방법에서 착안, 피부조직과 유사한 망상구조를 만들기 위해 피부의 구성성분인 콜라겐, 엘라스틴 그리고 비타민C를 포함시켰음. 또 단단하면서도 물을 포함하는 성질이 뛰어나 젤리를 만들 때 널리 사용되는 식물성 젤라틴, 펙틴을 사용해 필름의 경도와 유연성을 개선하였음. 한편 지용성인 기능성 성분이 소수성을 갖는 분자들과 뭉쳐 균일하게 분산되지 않을 것을 예상, 기능성

성분은 산화전분과 함께 먼저 균질화하여 더 작은 입자 형태로 조액 전체에 균등하게 분산시켜 필름에 투명성을 부여하였음.



<그림53> 수용성 기능성 성분이 포함된 불투명하고 딱딱한 ODF 필름의 예

<그림54>경도와 유연성 및 투명도가 개선된 시제품이 생산되는 모습 (좌: 비타민A, 우,CoQ10)

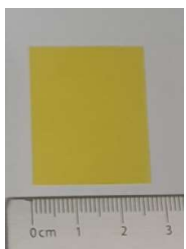
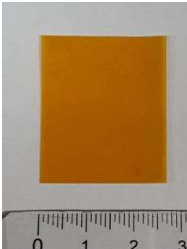
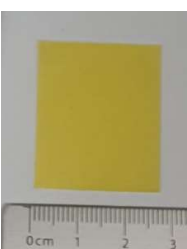


본 과제의 연구목표 시제품 3종은 비타민A, CoQ10과 토마토추출물 그리고 글루타치온을 주원료로 컨셉원료들을 더하여 제작하였음. 먼저 비타민A는 기능성을 갖는 일일섭취량이 ug단위인 만큼 200~300 mg 내외의 ODF 1매에 기능성 성분을 충분히 포함하고도 남음. 고령친화식품, 메디푸드 제품 개발이라는 연구내용에 따라 나이가 들수록 비타민 요구량이 늘어나고, 흡수는 어려워진다는 점, 건강한 비타민의 섭취는 비타민 제품을 각각 구입해 섭취하는 것보다 종합비타민의 형태로 꾸준히 섭취하는 것이 중요하다는 점을 고려하여 비타민A 뿐 아니라 비타민B(12), 비타민C, 비타민D와 E, 5가지 비타민을 골고루 건강기능식품 고시 일일섭취량 규격에 맞춘 배합을 제품을 시생산 하였음.

CoQ10는 항산화 기능과 혈압감소 기능을 가지고 있음. 토마토 추출물의 기능성은 건강기능식품 고시에 의하면 항산화 기능 하나만 등재되어있지만 해외에서는 토마토 추출물 Fruitflow®(Eur J Nutr. 2017; 56(2): 461-482.)가 혈전을 녹이고 혈행을 원활하게 돕는다는 것이 알려져, 혈행 개선제로 토마토 추출물은 대표적인 기능성 소재로 인식되어 있음. 본 연구진은 CoQ10의 혈압관리, 토마토 추출물의 혈행관리 그리고 혈관건강을 위한 마지막 컨셉, 혈당관리로 바나바 추출물을 추가, Atheroma care제로서 소구할 계획으로 시제품을 생산하였음.

글루타치온 ODF는 단계보고 시 수용성 기능성분으로도 활용을 검토해보라는 보완요구사항이 있었음. 수용성 기능성 소재인 글루타치온은 작년 시장성이 매우 뛰어난 원료로써 각광받았고, ㈜에브리잇이 섭외 중이었던 특허받은 미백기능성 소재인 화이트 토마토 추출물을 추가하여 노화현상의 대표적인 증상인 노화색소의 침착(기미, 피부톤 저하, 생기 감소 등)을 개선시킬 수 있는 제품으로 기획하여 제품을 시생산하였음.

<그림55> 시제품 3종의 실제

	<p>멀티비타민</p> <p>크기 : 3.2 x 2.7 (cm)</p> <p>무게 : 240 mg</p> <p>품목보고서와 배합비 : 별첨13</p>		<p>CoQ10 토마토 추출물 복합제품</p> <p>크기 : 3.2 x 2.7 (cm)</p> <p>무게 : 255 mg</p> <p>제조방법 설명서 : 별첨14</p>		<p>글루타치온</p> <p>크기 : 3.2 x 2.7 (cm)</p> <p>무게 : 285.7 mg</p> <p>품목보고서와 배합비 : 별첨15</p>
---	---	---	--	---	---

## (2) 사업화 및 홍보

### □ 브랜드 <Touch in> 개발

㈜에브릿은 본 과제의 성과물인 시제품 3종의 판매와 ODF 제조용 3D프린터 렌트사업을 현실화하기 위해 <Touch in>이라는 브랜드명을 고안하였고, <그림56>와 같이 상표 4건을 등록하였음(별첨20,21).

<그림56> 터치인 로고상표의 등록상황 및 사용예시

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 등록일 : 2022.02.15.</li> <li>▪ 등록분류 5류(건강기능식품) : 40-1833518 29류(일반식품) : 40-1833520</li> </ul>
<p><b>Touch in</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 등록일 : 2022.02.15.</li> <li>▪ 등록분류 5류(건강기능식품) : 40-1833519 29류(일반식품) : 40-1833522</li> </ul>



브랜드 <Touch in>은 앞으로 3D프린터가 열게 될 개인맞춤형 건강식품 프로젝트로서 성장할 예정이며 건강관리 중점 포인트에 따라 하부 브랜드를 계속 생성할 예정임. 개인맞춤형 고령친화식품의 개발이라는 본 과제의 취지에 따라 <Touch in Silver : 출원번호 40-2022-0196979>와 항노화 컨셉에 따라 <Touch in Youth : 출원번호 40-2022-0197004>, 상표 2건을 2022.10.28.일자로 출원하였음. 특히 심사처리상황 조회 결과 2023년 12월에 심사관이 지정되었으며 현재까지 824건 중 각각 29번, 30번 대기중임(별첨22,23).

비타민A를 주원료로 하고 비타민B에서 E까지 5가지 비타민을 골고루 첨가한 시제품 멀티비타민은 비타민의 섭취와 흡수에 취약한 고령친화제품으로 제품명 <Touch in Silver 비타민 콤플렉스>로 하고 품목신고하였음(품목제조보고번호 2022057805619).

CoQ10은 혈압, 토마토 추출물은 혈행, 바나바 추출물은 혈당, 3 Punch 혈관관리 프로젝트로 소구할 제품으로 품명 <Touch in Silver 혈관클리너>로 신고하였고, 혈관관리가 필요한 갱년기 성인남녀를 위해 개발된 제품인 만큼 Silver Line으로 런칭될 예정임. 이 제품은 현재 품목심사 보완중에 있음.

수용성 기능성분 글루타치온과 미백기능을 갖는 화이트 토마토 추출물을 혼합하여 젊음을 강조할 마지막 시제품은 제품명 <Touch in Youth 글루타치온>으로 명명하였음(품목제조보고번호 202205785618). 항노화 라인으로 발전시킬 Youth Line은 뷰티와 미용에 관련된 컨셉으로 비타민D와 자외선 관리컨셉 혹은 콜라겐, 히알루론산을 주원료로한 탄력관리 제품 등 먹는 코스메틱으로서 성장시킬 예정임.

<그림57> 시제품 3종의 디자인 이미지 (좌, 내포장 파우치/ 우, 단상자)



□ 국내외 홍보

1단계 연구기간, 본 연구진은 ODF용 3D프린터 장비만 총 4곳에서 발표하였음. 주관기관 (주)에브리트에서 2회, 장비개발 위탁기관 오성시스템(주)에서 2회 발표하였음. 2022년 6월, 일산 킨텍스에서 열린 <국제포장기자재전 및 국제제약 화장품유통>, 같은 해 9월 대전컨벤션센터 <바이오테크 코리아>, 10월 김대중컨벤션센터 <광주식품대전>에 부스 참가하여 장비와 시제품을 선보였고 11월 서울 코엑스 <코리아 라이프사이언스위크>에서는 포스터발표(별첨24,25)로 참여하였음. 참가전시회 내용과 전시모습은 <그림58>과 같음.

<그림58> 1단계 국내 홍보활동

**2022 킨텍스 전시회 부스참가(22.06.14 ~ 22.06.17)**



www.koreapack.org  
www.icpiweek.org

**2022 SHOW GUIDEBOOK**

**KOREA PACK | ICPI WEEK 2022**  
국제포장기자재전 | 국제제약 화장품유통

2022. 6. 14<sup>th</sup> - 17<sup>th</sup> KINTEX 1, 2  
10:00-17:00 (일요일 16:00까지)

**바이오테크 코리아 2022 전시회 부스참가(22.09.28 ~ 22.09.30)**



**BIOTECH KOREA 2022**

2022 바이오테크코리아  
9.28.(수) - 9.30.(금)  
대전컨벤션센터 제1 전시장

28th(WED) - 30th(FRI) September 2022  
Daegu Convention Center 1, Daegu, South Korea

부스	업체명
D1	대한생명과학(주), 대한(주)
D2	키오바이오
D3	나노스칼라생명
D4	웨이하임(주)
D5	비오스바이오(주)
D6	비오스(주)
D7	올림피칼(주)
D8	위베스코(주)
D9	이제코(주)
D10	이글(주)
D11	한국바이오
D12	한국바이오(주)
D13	이제코(주)
D14	이제코(주)
D15	이제코(주)
D16	이제코(주)
D17	이제코(주)
D18	이제코(주)
D19	이제코(주)
D20	이제코(주)
D21	이제코(주)
D22	이제코(주)
D23	이제코(주)
D24	이제코(주)
D25	이제코(주)
D26	이제코(주)
D27	이제코(주)
D28	이제코(주)
D29	이제코(주)
D30	이제코(주)

**2022 광주식품대전 전시회 부스참가(22.10.13 ~ 22.10.16)**



**제17회**

**2022 광주식품대전**  
GWANGJU FOOD FAIR 2022  
10.13 - 16일  
김대중컨벤션센터

관	부스번호	업체명
관 1 (식품)	101	대한생명과학(주)
	102	키오바이오
	103	나노스칼라생명
	104	웨이하임(주)
	105	비오스바이오(주)
	106	비오스(주)
	107	올림피칼(주)
	108	위베스코(주)
	109	이제코(주)
	110	이글(주)
관 2 (식품)	201	한국바이오
	202	한국바이오(주)
	203	이제코(주)
	204	이제코(주)
	205	이제코(주)
	206	이제코(주)
	207	이제코(주)
	208	이제코(주)
	209	이제코(주)
	210	이제코(주)



<그림59> 3D프린터 개발내용 연사발표



<그림60> 2단계 시제품 해외 홍보활동







중국



베트남



글로벌

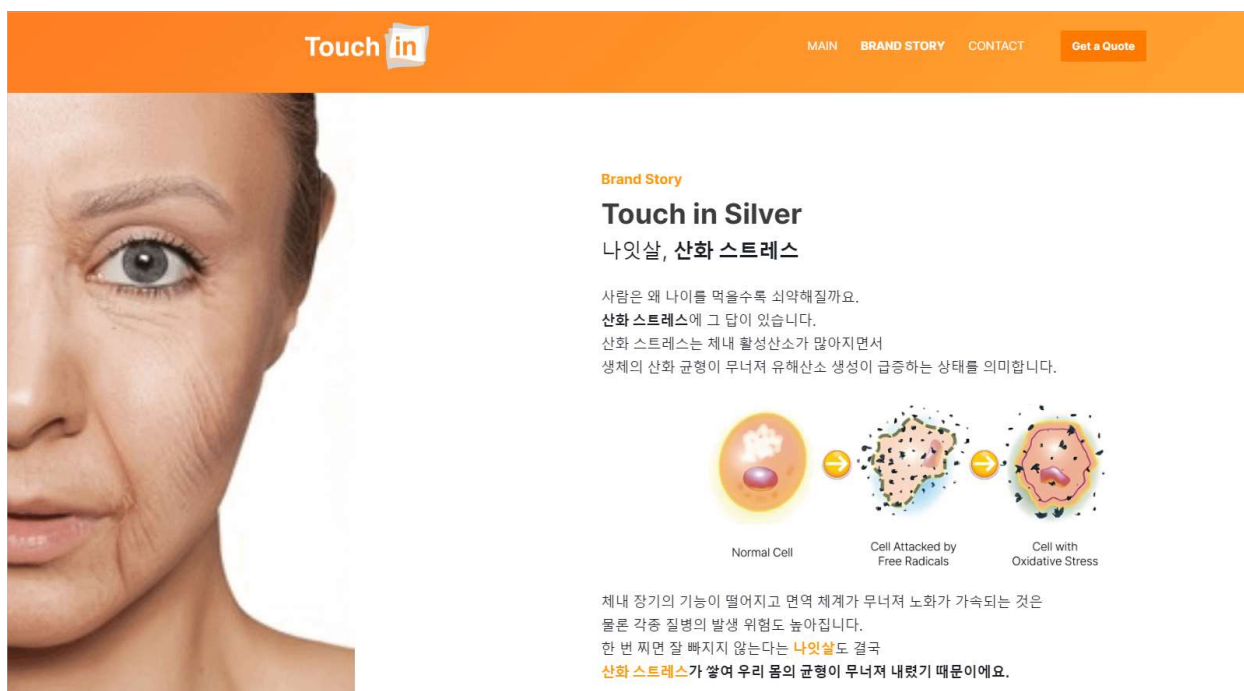
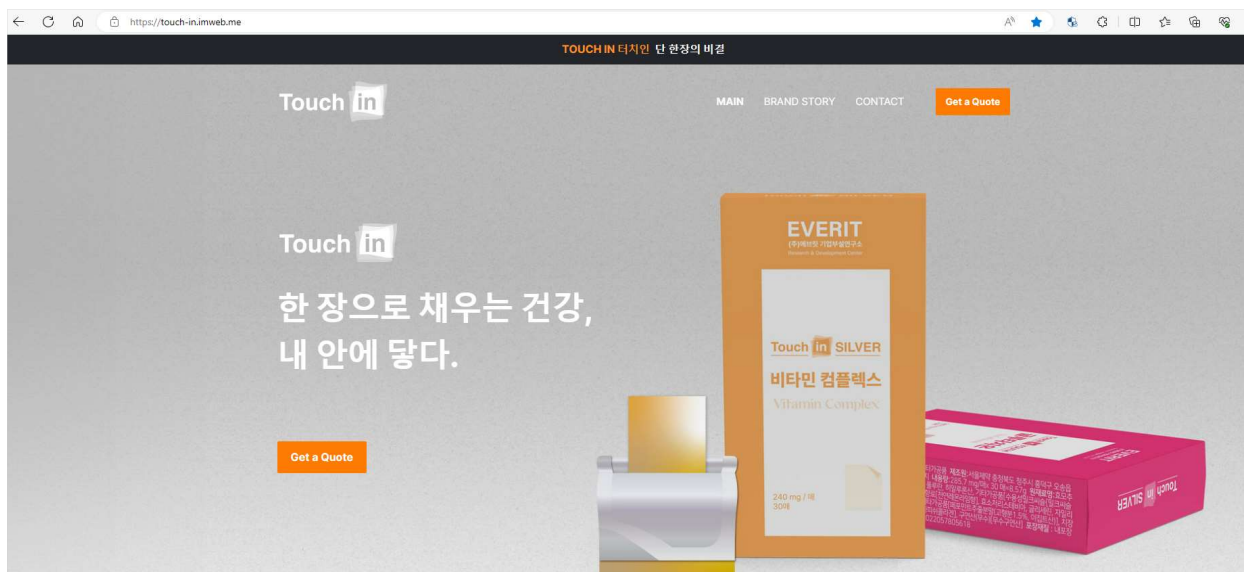
2단계 연구기간 내 홍보활동은 <Touch in> 시제품을 글로벌 바이어들에게 선보이는 것에 주력했음. 대전비즈와 코트라가 주최한 2023년 9월 <일본 종합 무역사절단>, 같은 해 10월 한국무역협회에서 주최하는 <대전세종 중국바이어 초청 수출상담회>, 10월 대전비즈와 코트라가 주최한 <베트남 호치민 ICT로드쇼>, 11월에 열린 한국무역협회의 <KOREA GRAND SOURCING FAIR 2023>, 총 4번의 사업설명회에 참여하여 해외 바이어들에게 본 과제의 연구성과인 시제품을 선보였음. <그림60>은 사업설명회장 내 모습과 우리 제품에 관심을 보인 바이어들과 함께 찍은 사진임.

### □ 홈페이지 <Touch-in.com> 운영

2년 9개월간 브랜드를 기획하고 국내외 홍보 사업설명회에 부지런히 참석했던 이유는 우리 사업의 성격이 소매보다는 도매 혹은 B2B에 더 가깝기 때문임. 본 연구의 핵심 개발 성과물은 개인맞춤형 건강식품을 제조할 수 있는 기기인 ODF 제조용 3D프린터로 한의원, 약국, 에스테틱 등 업체에 설치되거나 온라인 주문 제작 방식으로 운영될 것이기 때문에 사업문의가 가능한 웹사이트의 개발이 필요하다고 생각되었음.

<그림61>은 개설한 Touch-in.com 홈페이지의 캡처 화면이며, 비즈니스 상담회 등에서 간단하게 우리 제품을 소개하고 3D프린터로 구현한 개인맞춤형 식품개발이라는 신개념을 전달하는 데 효과적으로 사용했음.

<그림61> ouch-in.com 홈페이지 화면의 일부



## 맞춤형 건강관리의 시작

의료진 및 어플로 자가 건강 체크



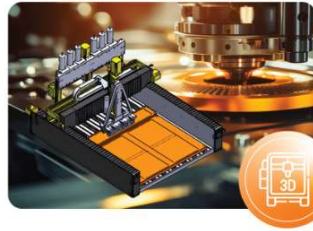
약국, 한의원에서 제조 의뢰



필요한 영양소 배합



3D프린터로 맞춤형 건강식품 ODF 필름 완성



사업 문의

## Get a Quote

Tell us about your business plan.  
We will contact you with a Booster expert within the next 24 hours.

Name \*

Company name \*

Phone number \*

Business type \*

(선택)

Message \*

### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

###### □ ODF 제제의 기능성에 관한 과학적 근거 마련

ODF는 먹지않고 흡수시켜 편안하고 안전한 섭취, 언제 어디서든 물 없이도 먹을 수 있는 간편함을 컨셉으로 사업화가 시작되었으나, 흡수율, 흡수기전과 같은 과학적인 근거는 전무한 상태였음. 이는 ODF의 컨셉이 과장되게 홍보되었다기보다 오히려 먹지않고 흡수시키는 제제라는 것만으로도 가질 수 있는 건강기능성이 과소평가된 것이라고 생각됨. 왜냐하면 위장관을 거치지 않아 소화, 속쓰림, 과민성 장질환 등 현대인들이 자주 겪는 소화기성 장애에도 기능성 성분을 섭취하기에 무리가 없고, 장간 순환을 거치지 않아 고영양시대의 뒷면인 간독성에서도 자유로울 수 있기 때문. 더구나 구강상피세포로 흡수된 기능성 성분들이 바로 혈액을 타고 기능한다는 것은 소화·흡수에 따른 기능성 성분의 손실을 최소화해서 적은양의 섭취로도 효과적인 건강기능성을 기대할 수 있음.

본 연구는 20~30대 성인과 65세 이상 노인을 대상으로 ODF 제제로 섭취한 기능성 성분의 혈중 농도를 측정하고, 섭취후 혈중 MDA, Trolox의 값 및 Fe++의 농도를 통해 섭취한 기능성 성분의 생체이용률을 평가하였음. ODF 제제로 기능성 성분을 섭취하는 것은 기존 제제인 캡슐로 섭취하는 것에 비하여 더 잘 흡수되며, 섭취한 기능성 성분의 효능인 항산화능도 캡슐섭취에 비해 더 잘 개선되는 것을 관찰할 수 있었음.

이 연구는 ODF 제제에 대한 최초의 과학적 근거이며, 임상시험임. 본 연구진은 이 결과로 <2023 한국프리라디칼학회 학술대회>와 <2023 한국영양학회 추계 국제학술대회>에서 포스터 발표를 하였고, 한국영양학회에서는 장려 포스터 발표상을 수상하였음.

###### □ ODF용 3D프린터 직·병렬6토출 방식 기기 개발

맞춤형 고령친화식품 및 메디푸드 제품개발을 위해 다품종소량생산이 가능한 3D프린터 장비를 ODF 생산에 적용하였음. 1차개발로 선형노즐을 이용해 3D장비로 2D를 구현할 수 있는 단일출력 장비를 제작하여 3D프린팅 기법이 ODF에 적용되는지 실험하였고(그림17), 2차개발로 직렬 확장형 3토출 시스템 장비(그림22~23)를 개발하여 여러 개의 ODF를 한번에 생산할 수 있는지 테스트하였음. 그리고 3차개발에서 횡렬 확장형까지 개발을 진행하여 종·횡렬 확장이 가능한 연구를 진행하여 직·병렬6토출 3D프린터의 개발을 완료하였음. 최종 개발된 3D프린터는 1 cycle 당 6분내에 18매의 ODF를 생산할 수 있고, 1시간당 170매의 ODF를 생산할 수 있는 스펙을 갖추었음.

최근 앱이나 포터블, 웨어러블 진단기기가 전시회 등에서 자주 소개되고 있음. 그러나 병원 예약 없이 간편하게 진단할 수 있다는 것 외에 생활의 변화를 줄 수 있는 기능은 없음. 향후 우리는 3D프린팅 방식의 ODF 제작기기를 상용화해 병원, 약국, 한의원, 에스데틱 등에 판매하고 포터블 진단기기가 제시하는 필요 영양소를 포함한 개인맞춤형 건강식품을 최종소비자에게 제공할 수 있음. 특히 식약처가 추진중인 <개인맞춤형 건강기능식품 소분판매 사업>에 맞춰 ODF용 3D프린터의 수요가 높아질 것으로 예상됨.

또 현재 개발이 완료된 ODF는 3D프린터는 직·병렬6토출로 1 cycle 당 18매를 생산할 수 있지만 본 연구진은 1,2,3차개발을 거치며 순차적으로 직렬확장, 횡렬확장에 대한 데이터를 축적해왔음. 그러므로 ODF 3D프린팅 방식이 개인맞춤형 제품에만 국한되지 않고 대량 생산에도 적용할 수

있는바, 현재의 3D프린터 개발 모델이 실제 어느 쪽으로 확장개발 될지는 건강식품으로서의 ODF 제제가 식품유형으로써 소비자에게 익숙해지고, 개인맞춤형으로 제작된 건강식품 판매가 법적으로 얼마나 완화되느냐에 달려 있음.

□ 시제품 개발과 사업화

ODF 제제의 기능성을 평가하기 용이하고(지용성일 것, 저분자일 것, 독점권이 있어 업체와의 개별개약이 필요한 개별인정형 기능성 원료를 제외하고, 건강기능식품으로 사용할 수 있는 고시형 원료 또는 영양소를 주원료로 선정할 것), 고령친화식품 소재로서 적합한 CoQ10, 비타민A, 토마토 추출물(라이코펜)을 이용해 시제품 3종을 개발하였음.

비타민A를 주원료로 하고 비타민B~E, 5가지 비타민 소재의 균형을 맞춘 멀티비타민 제품과, 혈압강하 기능이 있는 CoQ10, 혈행개선 기능이 있는 토마토 추출물, 그리고 혈당개선(바나바 추출물)까지 혈관관리에 필요한 3가지 기능을 모두 담은 혈관클리너 제품을 시생산하였고, 연구1단계 보완요구사항에 맞춰 수용성 기능성 소재 글루타치온으로 나머지 1종의 시제품을 추가하였음. 해당제품은 모두 브랜드<Touch in>라인으로 홍보될 예정이며, 3가지 시제품은 각각 <Touch in Silver 비타민 콤플렉스>, <Touch in Silver 혈관클리너>, <Touch in Youth 글루타치온>으로 품목보고 하였음.

개발제품의 사업화에 앞서 홍보를 위해 1단계에서는 국내 4곳의 전시회에서 ODF용 3D프린터 파일럿 모델들을 전시하였고, 주 기기개발자인 오성시스템(주)의 연구책임자 지창욱 실장은 연사로서 2022년 광주식품대전에서 <식품 3D프린터의 현재기수로가 활용사례>라는 제목으로 구두발표했음.

한편 2단계에서는 브랜드<Touch in>을 알리고 시제품을 홍보하기 위해 4곳의 국제 바이어 상담회에 참여하였음. (주)에브릿의 주요 판매채널은 국내 (주)프리마인과 벨기에 프리마인EU 이지만 거래구역을 넓히고 글로벌한 매출처를 찾기 위해 일본, 중국(초청), 베트남 바이어들을 만났고, KOREA GRAND SOURCING FAIR에 참가하여 홍콩, 미국, 인도네시아와도 주문 제작과 사업설명회 시간을 가졌음.

또한 우리 사업과 이미지관리를 위해 Touch-in.com 도메인으로 홈페이지를 열었고 여기서 제작 주문, 기술계약, 및 제품 견적에 관련한 소통창구로 활용하려 함.

□ 청년인력 고용창출 초과달성

고용창출 성과계획은 당초 연구기간내 1명, 연구종료 5년 이내 6명으로 되어 있었으나 1단계 연구기간동안 (주)에브릿에서만 4명, 오성시스템(주)에서 2명 고용실적이 있었음. 정량적 연구성과의 600%에 해당함. 본과제의 참여기업은 건실한 중소기업으로서 대기업 선호 취업시장 안에서 적극적인 채용활동과 기업복지, 연봉협상 등에 전사적으로 힘써 지원자들에게 좋은 기업이미지를 주었기 때문이라고 판단됨. 에브릿은 2022~2023년 대전스타기업으로 활동하였고, 한국일보가 선정하는 바이오기술분야 혁신기업으로서 디지털 이노베이션 대상을 수상하였음. 포상일은 2022.11.11.임(그림62).

2022년 연세대학교에서 배출된 ████████ 박사는 연세대학교 산학협력단이 운영하는 <심바이오텍 라이프텍>의 박사후연구원으로 고용되었음(별첨27). 연대산학은 학위수여 후 고용불안에 시달리는 석·박 연구원들을 위한 안정고용환경을 위해 애쓰고 있음. 이는 우리나라 청년고용문제와 고학력실업문제를 해결하고자 하는 착한 고용정책의 일환으로 생각되며, 박사후연구원으로서의 실적양성과 교수로서 성장하는데 본과제의 지원이 도움이 되기를 바라는 바임.

<그림62> 한국일보, 2022 디지털이노베이션 상패



## (2) 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	Design of Viscosity and Nozzle Path Using Food 3D Printer and Pneumatic Pressure Syringe-Type Dispensing System	Applied sciences	지창욱	13(22)	스위스	MDPI	SCIE	2023.11.11	2076-3417	100%

#### □ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2022 광주식품대전	지창욱	2022.10.14	김대중 컨벤션센터	국내
2	2023 한국영양학회 추계국제학술대회	이승민 외 4인	2023.10.13	서울드래곤시티	국내
3	2023 한국프리라디칼학회 학술대회	이승민 외 4인	2023.11.24	이화삼성교육문화관	국내

### [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	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
1	상표 : Touch in Silver	국내	(주)에브리트	2022.10.28	40-2022-0196979				100%	활용
2	상표 : Touch in Youth	국내	(주)에브리트	2022.10.28	40-2022-0197004				100%	활용
3	특허 : 3D프린터를 이용한 ODF 제조장치 및 이를 이용한 ODF의 제조방법	국내	(주)에브리트 오성시스템 (주)	2023.08.21	10-2023-0108718	(주)에브리트	2024.02.22	10-2641523	100%	활용

### [경제적 성과]

#### □ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	터치인 유스 글루타치온	2023.11.30	서울제약	(주)에브리트	제품홍보	1년	청주시	2023.12.05
2	터치인 실버 비타민 컴플렉스	2023.12.11	서울제약	(주)에브리트	제품홍보	1년	청주시	2023.12.18
3	터치인 실버 혈관클리너	2023.12.12	서울제약	(주)에브리트	제품홍보	1년	청주시	(보완중)

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)			합계
			2021년	2022년	2023년	
1	고부가가치사업	(주)에브리트	2	2		4
2	고부가가치사업	오성시스템(주)	2			2
3	고부가가치사업	연세대학교 산학협력단				-
합계			4	2	-	6

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	4	
		생산인력	2	
	개발 후	연구인력		
		생산인력		

[사회적 성과]

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황											
			학위별				성별		지역별					
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타	
1	학위수여	2021	1	2			1	2	3					
2	학위수여	2022	1					1	1					
2	학위수여	2023												

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	전시회	부스참가	2022 국제포장기자재전, 국제제약 화장품 위크	2022.06.14. - 17
2	전시회	부스참가	2022 바이오테크코리아	2022.09.28. - 30
3	전시회	부스참가	2022 광주식품대전	2022.10.13. - 16
(미포함)	전시회	포스터발표	코리아 라이프사이언스 위크 2022	2022.11.07. - 08
4	외국홍보	대전비즈, KOTRA	2023 대전 일본 종합 무역사절단	2023.09.25
5	외국홍보	한국무역협회	2023 대전세종 중국바이어 초청 수출상담회	2023.10.20
6	외국홍보	대전비즈, KOTRA	2023 대전 호치민 ICT로드쇼	2023.10.26
7	외국홍보	한국무역협회	KOREA GRAND SOURCING FAIR 2	2023.11.30

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	언론 매체 수상	2022 제17회 디지털 이노베이션 大賞	바이오기술분야 혁신기업 선정	(주)에브리트	2022.11.11	한국일보



번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
2	수상실적	장려포스터발표상	우수 포스터 선정	연세대학교 식품영양학과	2023.10.13	한국영양학회

## 2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
<p>○ 맞춤형 고령친화식품 및 메디푸드를 위한 3D프린팅 기법 기능성 구강용해필름(ODF) 개발 및 사업화</p> <p><input type="checkbox"/> 개발된 ODF 제조용 3D프린터의 파라미터 표준화, 기준 및 규격, 안전성 평가</p> <p><input type="checkbox"/> Formulation 개발</p> <p><input type="checkbox"/> 제조업체 설정</p> <p><input type="checkbox"/> 기능성 성분 손실도 평가 : 유통기한 설정 시험</p> <p><input type="checkbox"/> 기호도 조사</p> <p><input type="checkbox"/> 시제품 3종 개발</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> 입·출력 파라미터를 설정하고, 출력테스트 데이터를 수집하여 ODF 제조용 3D프린터의 시간과 무게에 대한 모델 함수를 도출하였음. 최종 개발된 직·병렬6토출 3D프린터는 250 mg의 ODF를 1 cycle에 18매씩 생산하여 시간당 170매까지 생산할 수 있음. 생산된 ODF는 무게와 두께를 정밀 측정하여 균일한 것을 확인하였고, 이물질과 중금속이 검출되지 아니하는 바, 최종 개발된 직·병렬6토출 3D프린터가 균일하고 안전한 ODF를 생산할 수 있음을 확인하였음.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 빛과 열에 취약한 CoQ10의 ODF 제제개발에 따른 기능성 성분 손실도를 평가하기 위하여 가속 시험을 수행하였고, 최소 허용함량 90%에서의 도달되는 시점은 46개월로 기존 ODF 제품의 유통기한이 2~3년인 것으로 볼 때 기능성 성분이 ODF 제형개발로 손실되지 않음을 증명하였음.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 다양한 조건의 샘플을 제조하고, 20~50대 성인 남녀 20명을 대상으로 기호와 특성에 따른 정도에 대해 9점 평점법을 사용한 관능검사를 실시하였음. 검사 결과 크기와 면적이 작고, 얇으며 입에 너무 진득하게 들러붙지 않은 샘플의 기호도가 높았음. 맛과 향은 시트러스 종류가 높은 기호도를 보였고, 노란색, 새콤한 맛 등 전반적으로 기존(다른 제형의) 비타민 제제와 유사한 맛과 질감이 좋다는 반응이었음. 그밖에 딱딱하거나 거친 느낌의 ODF는 거부감이 든다는 의견이 있었음.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> CoQ10, 비타민A, 토마토추출물(라이코펜)을 포함한 ODF 생산용 조액의 배합을 도출하여 제조업체 (주)서울제약과 시제품 3종을 개발하였음. &lt;Touch in&gt;이라는 브랜드를 런칭하여 상표등록하였고, 고령친화 제품으로 Touch in Silver 비타민 콤플렉스와 혈관 클리너 제품 2종, 그리고 항노화 제품 Touch in Youth 글루타치온 1종으로 품목보고하였음.</p>	100

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
<p>○ ODF의 대상별 섭취 및 흡수 적합성 연구 임상시험 디자인 및 IRB 등록신청</p> <p>□ 시제품 흡수확인</p> <p>□ 생체이용률 분석</p> <p>□ 타겟 기능성 지표분석</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> 20~30대의 건강한 성인 47명을 대상으로 기능성 성분인 CoQ10, 비타민A, 토마토 추출물이 포함된 ODF 샘플을, 동량의 기능성 성분이 포함된 캡슐을 섭취시킨 후 혈중 CoQ10, 비타민A, 라이코펜의 함량을 측정하였음. 기능성 성분을 ODF로 섭취하는 것이 더 흡수력이 높음을 증명하였음.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 65세 이상 노인 99명을 대상으로 기능성 성분인 CoQ10, 비타민A, 토마토 추출물이 포함된 ODF 샘플을, 동량의 기능성 성분이 포함된 캡슐, 기능성 성분을 포함하지 않은 ODF-vehicle을 섭취시킨 후 혈중 CoQ10, 비타민A, 라이코펜의 함량을 측정하였음. 기능성 성분을 ODF로 섭취할 때 혈중 농도가 더 높았고, 그 흡수력은 성인과 유사하거나 더 높았음.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 산화스트레스 지표인 혈중 MDA와 항산화능을 평가할 수 있는 혈중 Trolox의 값, 및 혈중 Fe++의 농도는 기능성 성분의 생체이용률을 반영함.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 성인과 노인 모두 기능성 성분을 ODF로 섭취하는 경우 혈중 MDA는 낮아지고 중 Trolox의 값, 및 혈중 Fe++의 농도는 높아져 ODF로의 기능성 성분의 섭취가 산화스트레스를 낮추고 항산화능을 높임. 즉 생체이용률이 높은 것으로 평가할 수 있음.</p>	100
<p>○ 3D프린팅 ODF 제조장비 개발을 통해 기존 비프린팅 ODF 제조방식(롤 방식)의 단점을 극복</p> <p>□ 1차 파일럿 : 단일출력 3D프린터 개발</p> <p>□ 2차 파일럿 : 직렬3출력 3D프린터 개발</p> <p>□ 3차 파일럿 : 직·병렬6토출 3D프린터 개발</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> 1,2,3차 파일럿 3D프린터 개발완료</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 개발된 3D프린터는 국제포장기자재전 국제제약 확장품 위크와 바이오테크코리아, 2022 광주식품대전에 부스 전시되었고, 2022.10.14. 광주식품대전 세미나에서 구두발표되었음(발표자 : 위탁기관 연구책임자 지창욱 실장).</p>	100

## 4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도

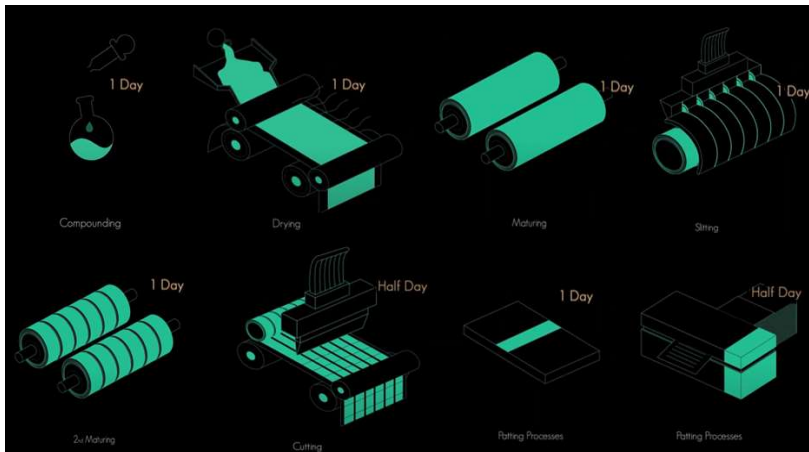
### 1) 시장 기여도

#### □ 신제형 ODF의 과학적 토대 형성

본과제의 가장 큰 의의는 물리적 특성에 따른 마케팅용 ODF의 강점을 과학으로 풀어냈다는 데 있음. ODF개발 초기 다니쿠치 교수의 콜라겐 ODF 흡수시험이 있기는 했지만 피부안쪽(구강상피세포)에 붙이느냐 바깥쪽에 붙이느냐로 이해될 수 있어 해당 시험은 콜라겐에 한해 의미가 있을 뿐 모든 ODF에 관한 흡수율 시험이라고는 할 수 없음. 그러나 본 연구과제에서 실시한 성인과 노인을 대상으로 한 ODF 제제의 기능성 성분의 흡수율과 생체이용률 데이터는 ODF 제제의 기능성을 과학적으로 증명한 최초의 자료로서 큰 의미가 있음. 즉 입벽(혹은 천장, 혀 등)에 붙여 흡수시킨 기능성 성분이 혈액에 직접 전달된다, 또 캡슐 등 기존 제제로 기능성 성분을 섭취하는 것보다 더 효율적으로 혈액에 전달된다는 과학적 근거를 마련하게 되었음.

#### □ 기술의 개발이 풀어낸 중소기업의 생존전략

기존의 ODF는 거대한 Roll 코팅지에 믹싱된 조액을 뿌려 건조하여 조각낸 것임(그림63). 이 방식은 대개 7일이 소요되며, 1롤, 1batch당 90만매 정도의 생산 capa를 가짐. 90만매는 제품단위를 30장(1개월)로 할 때 3만 케이스로, 기존 자사제품 1년 최대 판매량에 해당함. 유통기한이 있는 소비재로서 식품은 OEM사가 제시하는 MoQ를 지켜주기 어렵고, 판매사는 매출기록이 없는 신제품 ODF에 투자는 소극적일 수밖에 없음. 올해초 필름형 건강식품이 시중에 풀려 반짝하기는 했으나 글루타치온 제품 1종에 머물렀고 한국담배인삼공사가 홍삼ODF를 출시했으나 자체 시장조사에 따르면 재발주는 없었던 것으로 확인됨. ㈜에브리트 역시 여러 종류의 ODF제품을 보유하고 있으나 바이럴, 마케팅 등에 소요되는 비용을 감당하기 어려워 신제품 출시에 소극적인 부분이 있고, 에브리트 역시 시판에 적극적인 제품은 콜라겐과 유사제품임.



<그림63> ODF 기존 롤방식의 공정도 참고이미지

신제형 ODF의 가치는 우리과제 내내 강조되어왔고, 여기에 소규모의 원료투입, 소량의 생산으로 원료의 다양한 조합, 즉 신제품을 바로 생산해 볼 수 있는 시스템인 3D프린팅 방식을 도입한다면 비용절감은 물론 빠르고 다양하게 변화하는 시장에서 중소기업이 대기업 중심의 불균형한 매출구조를 극복하고 자기만의 방법으로 고부가가치 수익을 창출해 낼 수 있다고 자부함.

### 2) 사회·환경적 기여도

#### □ 공중보건적 의의

고령친화식품 개발이라는 측면에서 ODF 제제는 형태만으로도 이미 그 기능성을 가짐. 본래 ODF는 연하곤란이나 목넘김이 어려워 알약을 섭취하기 어려웠던 고령의 환자들을 위해 개발되었던 것으로

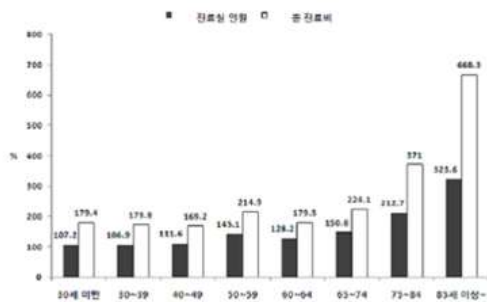
210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]

개발 목적부터 이미 고령친화형이었음.

한편 우리 사회는 더 빠르게 고령화가 진행되고 있음(그림64). 베이비붐 세대들의 연령이 증가할 뿐만 아니라, 중장년층의 노인성 질환 환자가 급증하고 있음. 노인성 질환의 대표, 고혈압과 뇌혈관질환의 유병률이 60대 증가율(9.3%)보다 30,40대(10.4%)에서 더 큰 폭으로 증가하고 있다는 보건복지부의 발표(정책브리핑, 2012)에서 고령친화형 제품개발 전략은 더 이상 연령으로 구분할 수 없고 전 세대에서 연구되어야 할 주제가 됨.

<그림64> 중장년, 혹은 30대에서도 고령화는 진행되고 있다. 이미지

【 2005년 대비 2010년 연령대별 노인성 질환 의료이용 증가 % 】



• 중장년층의 노인성질환자의 증가



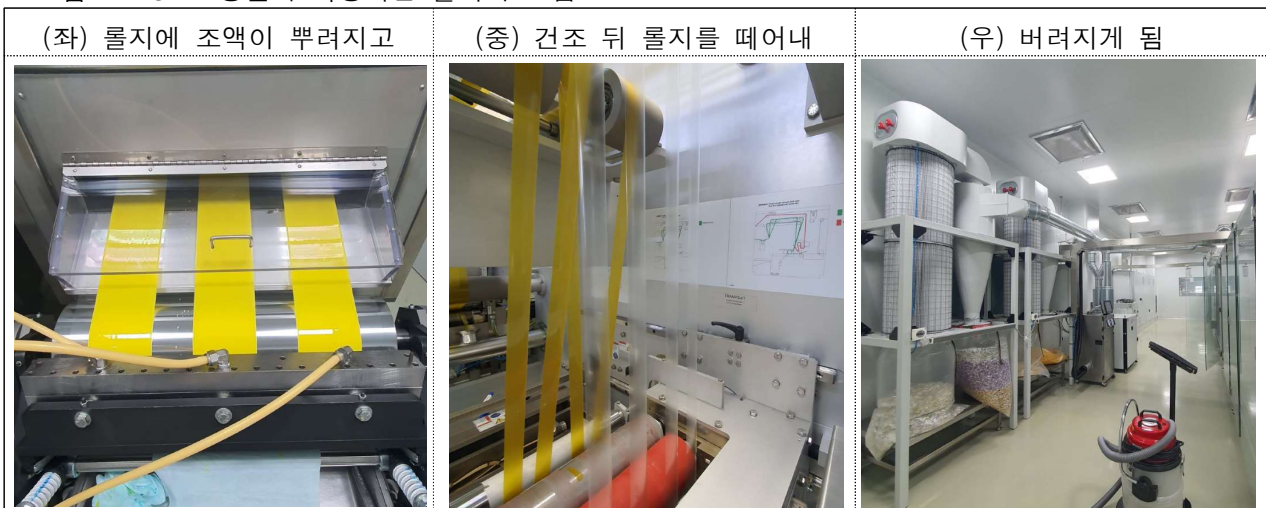
• 고혈압 뇌혈관질환 : 모든 연령에서 진료인원증가  
• 30대(10.4%), 40대(10.4%), 60대(9.3%)

이처럼 전 세대의 노인화를 목전에 둔 우리가 먹기 좋고, 빠르게 흡수되는 ODF 제제의 가능성과 다양한 요인들이 복잡하게 얽혀있는 고령 현상에 필요한 개인맞춤형 제품 개발에 답이 될 3D프린팅 기법에 기대하게 되는 것은 당연함.

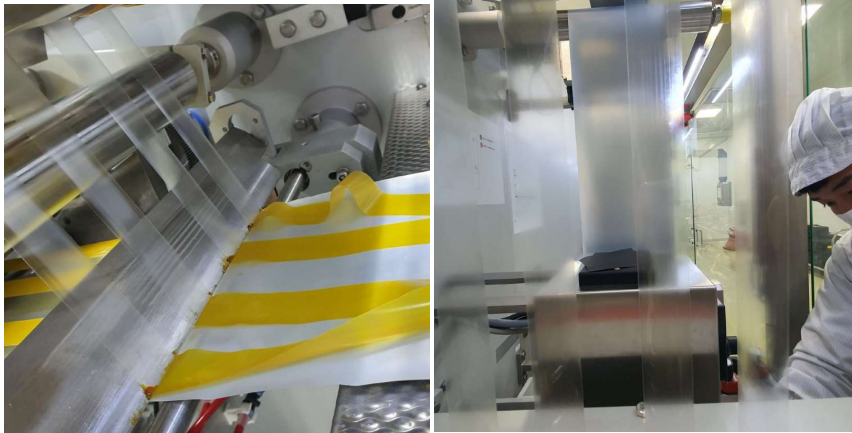
□ 환경친화적 제품 개발

기존의 ODF는 거대한 Roll지에 조액을 뿌려 건조한 후 떼어내 만듦(그림65). 이 방식은 ODF 조액의 부피만큼 롤지를 사용한다는 뜻인데 건조 후 ODF 조각을 떼어내고 나면 롤지는 그대로 버려짐. MOQ 10만 매에 달하는 롤 방식의 생산공정은 120 m짜리 롤지 10롤, 1.2 km에 해당하는 플라스틱(PE, 폴리에틸렌)이 한 번에 버려진다는 뜻이 됨.

<그림65> ODF 생산에 사용되는 롤지의 모습



게다가 조액의 성분에 따라 기기의 셋팅값이 달라지고 안정적으로 생산될 때까지 로스를 포함한다면 버려지는 플라스틱의 양은 평균 20~25% 늘어남. 특히 이번 생산에서는 지용성 기능성 원료를 사용한 조액을 처음 테스트 해 본 것으로 롤지에 오일 성분이 남아있어 기기 축이 헛돌거나 롤지가 움직여 컨베이어벨트를 이탈하는 등 안정될 때까지 상당한 로스가 있었음(총 35%수준).



<그림66> 롤지에서 ODF가 떨어지는 과정에서 축이 헛돌고 롤지가 미끄러져 열마다 속도가 달라 엉기는 현상(좌)와 롤지에서 ODF가 완전히 떨어진 후에 롤지에 잔여한 오일의 모습(우)

3D프린터를 이용한 ODF 캐스팅 방식은 조액을 캐스팅할 때 플라스틱 소재의 코팅지를 사용하기는 하지만 물을 사용하지 않고 캐스팅한 그대로 건조하며 떼어내기 때문에 코팅공정 자체가 생략되고, 만약 캐스팅할 때 사용했던 코팅지를 재사용한다면 이 과정에서 버려지는 플라스틱 폐기물은 “0”임. 또 기능성 원료의 소재 특성에 따라 코팅에 어려움이 생길 수 있는 롤 방식의 ODF 생산공정과는 달리 3D프린터는 조액의 토출 값 조절 외 별도의 수정작업이 없음. 그러므로 3D프린팅 방식의 ODF 생산은 플라스틱 폐기량을 대폭 줄일 수 있는 환경친화적 생산이라 할 수 있겠음.

### 3) 기술 기여도

㈜에브릿은 2022.11.15.일자로 농림식품기술기획평가원에 연구개발 기술료 지불을 위한 기술기여도 산정근거를 제출하였음. 경상기술료 납부용 산정 근거를 토대로 (주)에브릿이 산정한 3개 기술기여도는 12.70%였으나, 2023.08.16.일자로 최종 21.11%로 통보 받음(그림67, 별첨16).

<그림67> 농기평에서 통보한 (주)에브릿의 기술기여도 캡처

기술기여도															
재관리번호	사업명	과제명	관련연구기관	책임자	시작일	종료일	기업명	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	제출의견	변경(일괄적용)	고/검토근거
121018-3	고부가가치	3D프린팅	(주)에브릿	자아를	2021-04-01	2023-12-31	(주)에브릿	1	1	2	3	3	12.70	21.11	1-㉓

## 5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

### □ 연구종료 5차년도까지의 제품개발계획

브랜드<Touch in>은 향후 3D프린터가 열게 될 개인맞춤형 건강식품 프로젝트로서 전사적으로 성장시킬 브랜드임. 연구종료 5년까지 <Touch in> 신제품을 매년 10개씩 선보일 것이며, 과제명 그대로 “질환·대상별 맞춤형 건강기능식품” 개발을 표방한 고령친화 메디푸드 컨셉의<Touch in Silver>와 항노화 뷰티컨셉의 <Touch in Youth> 하부 브랜드 외에 보다 세분화시킨 타겟층을 목표로 제품라인을 구축할 것임. 연구기간 내의 목표는 고령친화형 제품개발로 65세 이상이라는 넓은 범위의 노인을 목표로 하였지만 노인층을 세분화하여 남성/여성, 갱년기 전/후 또는 노인성 비만형 그룹, 베이비붐 세대, 100세이상 노인층을 타겟으로 하는 등 더 구체적이고 세분화된 타겟층을 찾고 하부 브랜드와 제품라인을 확장해 나가는 것이 목표임.

### □ 3D프린팅 생산방식의 전자동화 계획

3D프린터는 향후 건조와 포장의 자동화를 통해 ODF 전과정이 다품종소량생산에 특화된 소형타입의 설비를 갖추게 될 예정임. 먼저 건조 자동화를 위해 기획중인 것은 <플루이드 베드 건조, Fluidized Bed Dry>방식과 <컨벡션 오븐, Convection Oven>방식임. 전자는 뜨겁고 건조한 공기에 베드를 띄워 균일하게 건조시킨다는 장점이 있고, 후자는 공기를 순환시켜 제품의 변형을 최소화할 수 있음. 두 가지 방식 모두 효율이 높고, 빨리 건조되나 더 중요한 것은 건조 과정을 모니터링하고 제어 시스템을 구축하는 데 있음. 이는 IoT(사물인터넷) 기반의 센서와 자동화 제어 시스템을 도입하면 건조 과정의 온도, 습도, 시간 등을 실시간으로 모니터링하고 제어하는 것이 가능해지고 최적의 건조 조건을 찾을 수 있음.

다품종소량생산에 적합한 자동 포장방식은 모듈 단위로 구성하여 제품에 따라 쉽게 크기와 형태의 빠른 전환이 가능한 <모듈형 포장시스템>으로 실현할 수 있음. 또한 <스마트 포맷 변경 시스템>을 적용하여 환경에 맞춰 유연함을 확보할 수 있는 시스템을 개발할 예정임.

3D프린팅 전자동화 생산방식은 JIT(Just-In-Time) 생산방식에 최적화된 개인맞춤형 건강기능식품 생산 시스템을 실현할 접점에 있는 생산방식임. 본 연구진의 현재 연구개발 단계가 다품종소량생산을 가능케 했다면 향후 전개될 전자동화 개발은 다품종소량“퀵”생산에 까지 이를 수 있음.

### □ 3D프린팅 자동화 개발에 따른 안전과 품질 확보

현재의 개발설비로 ODF의 성형에 따른 안전과 품질은 확보되었지만 새롭게 개발될 건조와 포장 자동화 시스템에 있어서도 안전성이 확보되어야 함. 본 연구진은 ISO14644-1 클린룸 기준을 충족하는 무균 생산 환경이 적용된 챔버를 제작할 예정임. 또한 이 챔버에 HEPA 필터를 추가하여 생산공정뿐 아니라 생산환경으로부터도 미세입자 등의 오염 물질을 제거할 수 있는 시스템을 구축할 것임.

또한 생물화학적 안전을 위해 고온 스팀 멸균과 자외선(UV) 멸균까지 고려한다면 열과 빛에 의한 변성을 고려하여 제품의 안전과 안정을 모두 확보해야 할 것임.

### □ 국내외 매출계획

연구종료 후 5년간의 매출 목표는 국내 총 62억, 수출 16억임.

(주)에브리트는 처음 <이화수 육개장>으로 시작하여 제품개발과 유통판매를 분리, (주)에브리트는 제품개발을 (주)프리마인은 유통판매를 전담하고 있음. 프리마인은 유튜브 채널<프리마인TV>, 프리마인 회원전용 멤버십 프로그램 <프리마인 아카데미>, <명예의 전당 컨퍼런스> 등을 기획하여 전략적인 홍보를

강점으로 하는 유통판매사로 자리매김했음. ‘코로나’라는 기업위기에서도 30억 내외의 매출력을 보여왔고, 경기가 회복되면 100억원대의 예년 매출실적을 달성할 것으로 보여짐. 우리 연구의 매출목표가 연간 10억정도라고 생각하면 브랜드 터치인이 차지할 매출분은 전체의 10%, ㈜에브리트 경영진도 ODF의 신규 브랜드 <Touch in>의 매출이 전체의 10%정도는 차지해야 한다는 데 동의하고 있음.

프리마인은 벨기에에 유럽지구를 설치해 5종 이상의 제품이 등록되어 있음. 그중에서도 콜라겐 ODF <CH.V>는 잡지<엘르.유럽>에서 칼럼으로 다뤄질 정도로 <CH.V> 매출에 유럽지구의 매출분이 기여하는 바가 큼. 그러므로 유럽지구는 차세대 ODF, <Touch in>브랜드의 런칭을 고대하고 있으며 개발된 시제품 3종에 대해 제품 이미징, 패키지 디자인, 유럽 제품등록 및 표시사항에 관한 작업 등에 관여하게 될 것임. 프리마인 유럽지구는 현재 벨기에 1개국에서 판매되고 있지만 프랑스, 독일, 이탈리아에도 등록이 완료된 제품들이 있어 판매처가 확보되는대로 더 많은 시장을 열 것으로 계획하고 있음.

□ 고용계획

연구종료 2년 후에는 적어도 2명 이상의 ODF-3D프린터 생산전담 인원을 고용할 예정임. 우리 연구는 단기적으로는 ODF형 건강기능식품 제품의 개발에 목표가 있지만, 장기적으로는 개인맞춤형 건강기능식품 제조가 가능한 장비 혹은 프레임을 대여 혹은 임대하는 데 있음. 컴팩트한 디자인으로 소량생산이 가능한 ODF용 3D프린터는 한의원, 약국, 보건소 등 식약처가 <개인 맞춤형 건기식 소분판매 사업>을 시작하면 수요가 급등할 총망받는 아이템임. 그러므로 장비의 설치, 소프트웨어의 개발 등 계속해서 버전업되는 기기가 되어야 함. 또한 이 기기는 '건강기능식품'이라는 이해 없이는 콘텐츠를 개발하기 어려우므로 연구종료 2차년도에 2명으로 시작해 적어도 6명 이상은 장비전문 생산인력을 배치할 것임.

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내	
지식재산권	특허	출원	2 건
		등록	2 건
사업화	제품화		50 건
	매출액		6,250 백만원
	수출액		1,600 백만원

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1. 공통 요구자료	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
	3) 연구부정행위 예방 확인서
2. 별도 첨부자료	4) 임상시험 대상자 모집 광고문
	5) 임상시험 연구참여자 설명문(앞장)
	6) 임상시험 연구참여자 동의서
	7) 성인대상 임상시험 IRB 승인서
	8) 성인대상 임상시험 IRB 승인서
	9) 임상시험 계획서(위 : 성인대상 연구계획서, 아래 : 노인대상 연구계획서)
	10) 직·병렬6토출 3D프린터로 생산한 ODF의 이물 시험 성적서
	11) 직·병렬6토출 3D프린터로 생산한 ODF의 중금속 시험 성적서
	12) 기호도 검사에 사용된 검사지 일부
	13) <Touch in Silver 비타민 콤플렉스>품목제조보고서
	14) <Touch in Silver 혈관클리너>제조방법 설명서
	15) <Touch in Youth 글루타치온>품목제조보고서
	16) 농기평 기술기여도 변경 결과 공문
	17) 게재논문, Appl. Sci., Volume 13, Issue 22 (2023)
	18) 학술대회발표(1)
	19) 학술대회발표(2)
	20) 상표<Touch in> 등록증 5류
	21) 상표<Touch in> 등록증 29류
	22) 상표<Touch in Sliver> 5류 출원사실증명원
	23) 상표<Touch in Youth> 29류 출원사실증명원
	24) (주)에브리트 전시회 출품포스터 (앞)
	25) (주)에브리트 전시회 출품포스터 (뒤)
	26) 4대보험 가입자명부 : (주)에브리트 →삭제
	27) 연세대학교 산학협력단 심바이오틱 라이프텍 : ██████████ 재직증명서
	28) 4대보험 가입자명부 : 오성시스템(주)
	29) 학위증명서(██████████)
	30) 학위증명서(██████████)
	31) 학위증명서(██████████)
	32) 학위증명서(██████████)
	33) 특허등록증 10-2641523



### 주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 고부가가치 식품기술개발 연구개발사업 <3D프린팅 기법을 사용한 기능성원료 함유 구강용해 필름 제형화 기술 개발>의 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 고부가가치 식품연구개발 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.

[별첨1]

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

		과제번호		121018-3	
사업구분	고부가가치 식품기술개발 사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	미래대응 기술개발 사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	3D프린팅 기법을 사용한 기능성원료 함유 구강용해 필름 제형화 기술 개발			과제유형	(기초,응용, <input checked="" type="checkbox"/> 개발)
연구개발기관	(주)에브리트			연구책임자	차아름
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2021.04.01. -2021.12.31.	150,000	50,000	200,000
	2차년도	2022.01.01. -2022.12.31.	200,000	50,000	250,000
	3차년도	2023.01.01. -2023.12.31.	200,000	50,000	250,000
	계		550,000		700,000
참여기업	오성시스템(주)				
상대국	상대국연구개발기관				

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2024.02.26

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)에브리트	책임연구원	차아름

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.

확약	차아름
----	-----

[별첨1]

### I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

#### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수✓, 보통, 미흡, 극히 불량)

연구목표였던 ODF 제조용 3D프린팅 기기 개발을 완료하였으며, ODF 제제의 높은 흡수율을 과학적으로 증명한 최초의 데이터를 도출하였으므로 기술적으로 우수하고 신규성이 있음.

#### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수✓, 보통, 미흡, 극히 불량)

개인맞춤형 건강관리 시대가 도래하면서 대량생산되는 비슷비슷한 제품 대신 나만의 건강관리 팁과 제품에 대한 수요가 증가할 것으로 본 연구진이 개발한 ODF 제조용 3D프린터와 그 시제품은 가능성이 매우 높은 제품임

#### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수✓, 보통, 미흡, 극히 불량)

본 연구진은 각종 전시회와 글로벌 비즈니스 상담회에서 개인맞춤형 다품종소량생산 건강식품의 제조가 실현가능성이 있다는 것을 피력하였음. 현 시점에서는 invoice를 검토하는 단계임

#### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수✓, 보통, 미흡, 극히 불량)

본 연구진은 협약시 목표로한 성과를 100% 달성하였음

#### 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수✓, 보통, 미흡, 극히 불량)

연구개발목표인 논문게재 1건, 특허등록 1건, 시제품 개발 3건, 고용창출 6명, 학술발표 3건 모두 달성하였음

## II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
특허 출원/등록 1건	20	100	3D프린터를 이용한 ODF 제조장치 및 그 방법에 대한 특허 출원 및 등록완료
제품화 3종	40	100	브랜드 <Touch in>의 개발과 이에 따른 시제품 3종 개발을 완료
고용창출 1명	20	100	연구기간 내 6명 고용
SCIE 논문게재 1건	-	100	MDPI <Applied sciences>에 2023.11 논문게재
학술발표 2건	20	150	2022년 광주식품대전에서 3D프린터 개발에 관한 구두발표 및 2023년 ODF 제형 섭취에 따른 흡수도 평가에 관한 포스터 발표 2건 수행 (2023.10.13. 한국영양학회 우수포스터 선정)
합계	100점	100	협약시 계획한 연구목표를 100% 달성하였음.

## III. 종합의견

### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

계획했던 연구개발 목표를 100% 달성하였음.

### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

개발된 기기와 신규 브랜드 관리에 박차를 가하여 예상했던 연구종료 후 계획을 100% 달성할 수 있음

#### IV. 보안성 검토

해당사항 없음.

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

##### 1. 연구책임자의 의견

본 과제성가로 (주)에브리이 연구개발중심, 기술개발특화 기업으로 성장하기를 바람

##### 2. 연구개발기관 자체의 검토결과

모든 달성목표를 완수하였으므로 전반적으로 만족함

[별첨2]

### 연구성과 활용계획서

#### 1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제	<input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	
연구과제명	3D프린팅 기법을 사용한 기능성원료 함유 구강용해 필름 제형화 기술 개발			
주관연구개발기관	(주)에브리트		주관연구책임자	차아름
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	550,000	150,000	0	700,000
연구개발기간	2021.04.01.~2023,12,31			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 미활용 (사유: )	<input type="checkbox"/> 교육 및 지도	<input type="checkbox"/> 정책자료	<input type="checkbox"/> 기타( )

#### 2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 3D프린팅 기법의 ODF 사업화를 위한 시제품 개발	시제품 3종 개발 완료
② 배합비, 제조장비 및 제조방법 특허 출원	3D프린터를 이용한 ODF 제조장비 및 제조방법 특허 결정에 따른 등록료 완납, 등록증 발급예정
③ 시제품의 흡수여부 평가, 생체이용률, 향산화 기능성 지표 확인 및 논문 게재	
④ 고용창출 1건 이상	고용창출 6명 달성

#### 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 (타연구 활용예)			
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T 평 가 제 도	건 수	기 술 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 가 I F		학 술 발 표	정 책 활 용	홍 보 전 시
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건				
가중치	10	10					40			20				20								
최종 목표	3	3		A			53	6,250	1,510	7		1		2								
당해 년도	목표	1	1		A		3					1		1								
	실적	1	1		-		3					1		2.7	2				4			
달성률 (%)	100	100		-			100					100		200					-			

[별첨2]

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	3D프린터를 이용한 ODF 제조장치
③	3D프린터를 이용한 ODF 제조에 사용되는 조액의 배합기술

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)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술	✓	✓				✓				
②의 기술	✓	✓					✓			

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	3D프린터를 이용한 ODF 제조장치의 개발로 개인마다 필요한 영양소와 필요량을 디자인할 수 있고, 필름 제형으로 더 효율적인 영양소 흡수를 기대할 수 있음.
②의 기술	3D프린터에 사용되는 조액을 개인마다 필요한 영양소와 필요량에 따라 다양하게 배합하여 일괄적으로 대량생산 되는 기성 제품과는 다른 나만의 맞춤형 영양관리가 가능해짐.

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용명)
	특허출원	특허등록	품종등록	S M A R T	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출		투자유치	논문				학술발표	정책 활용	
											S C I		비 S C I	논문평균 I F					
단위	건	건	건	평년건수	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건		
가중치	10	10				40			20					20					
최종목표	3	3		A		53	6,250	1,510	7			1		2					
연구기간내 달성실적	1	1		-		3	-	-	6			1	2.7	3				7	
연구종료후 성과창출 계획	2	2		A		50	6,250	1,510	1										





[별첨3] 에브리트(주관)

### 연구진실성 관련 연구부정행위 예방을 위한 확인서

※ 주관·공동·위탁과제별로 연구책임자가 자체 점검 후 작성·제출

구분	번호	내용	예	아니오
위조	1	연구 수행 전과정에서 존재하지 않는 데이터 또는 결과 등을 거짓으로 만들거나 기록한 사실이 없는가?	✓	
	2	연구수행 과정에서 데이터 또는 결과 등을 임의적으로 사실과 다르게 변형, 삭제, 왜곡하여 기록한 사실이 없는가?	✓	
표절	3	이미 발표된 타인의 독창적인 아이디어나 연구성과물을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	✓	
	4	일반적 지식이 아닌 타인의 독창적인 개념, 용어, 문장, 표현, 그림, 표, 사진, 영상, 데이터 등을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	✓	
	5	타인의 연구성과물을 그대로 쓰지 않고 풀어쓰기(paraphrasing) 또는 요약(summarizing)을 하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	✓	
	6	외국어 논문이나 저서를 번역하여 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	✓	
	7	2차 문헌을 활용하면서 재인용 표기를 하지 않고 직접 원문을 본 것처럼 1차 문헌에 대해서만 출처를 표기한 적이 없는가?	✓	
	8	출처 표기를 제대로 했으나, 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	✓	
	9	타인의 저작물을 여러 번 인용한 경우 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처를 표기하였는가?	✓	
	10	타인의 저작물을 직접 인용 할 경우, 적절한 인용 표기를 했는가?	✓	
부당한 저자 표기	11	연구에 지적 기여를 한 연구자에게 저자의 자격을 부여하였는가?	✓	
	12	연구에 지적 기여를 하지 않은 연구자에게는 저자의 자격을 제외하였는가?	✓	
	13	저자들의 표기 순서와 연구 기여도가 일치하는가?	✓	
부당한 중복 게재	14	자신의 이전 저작물을 활용하면서 적절한 출처 표기를 하였는가?	✓	
	15	자신의 이전 저작물을 여러 번 활용하면서 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처 표기를 하였는가?	✓	
	16	자신의 이전 저작물을 활용하면서 출처 표기를 제대로 했으나 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	✓	

점검결과를 위와 같이 연구윤리 위반 사항이 없음을 확인하며, 위반사실이 확인될 경우 「국가연구개발혁신법」 제32조1항에 따라 참여제한, 연구비 환수 등 처분을 받게 됨을 인지하고 아래와 같이 서명합니다.

2024. 2. 29.

기관명 : (주)에브리트

점검자 : 차 아 름

**농림식품기술기획평가원장 귀하**

[별첨3] 연세대학교 산학협력단(공동)

### 연구진실성 관련 연구부정행위 예방을 위한 확인서

※ 주관·공동·위탁과제별로 연구책임자가 자체 점검 후 작성·제출

구분	번호	내용	예	아니오
위조	1	연구 수행 전과정에서 존재하지 않는 데이터 또는 결과 등을 거짓으로 만들거나 기록한 사실이 없는가?	✓	
변조	2	연구수행 과정에서 데이터 또는 결과 등을 임의적으로 사실과 다르게 변형, 삭제, 왜곡하여 기록한 사실이 없는가?	✓	
표절	3	이미 발표된 타인의 독창적인 아이디어나 연구성과물을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	✓	
	4	일반적 지식이 아닌 타인의 독창적인 개념, 용어, 문장, 표현, 그림, 표, 사진, 영상, 데이터 등을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	✓	
	5	타인의 연구성과물을 그대로 쓰지 않고 풀어쓰기(paraphrasing) 또는 요약(summarizing)을 하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	✓	
	6	외국어 논문이나 저서를 번역하여 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	✓	
	7	2차 문헌을 활용하면서 재인용 표기를 하지 않고 직접 원문을 본 것처럼 1차 문헌에 대해서만 출처를 표기한 적이 없는가?	✓	
	8	출처 표기를 제대로 했으나, 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	✓	
	9	타인의 저작물을 여러 번 인용한 경우 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처를 표기하였는가?	✓	
	10	타인의 저작물을 직접 인용 할 경우, 적절한 인용 표기를 했는가?	✓	
부당한 저자 표기	11	연구에 지적 기여를 한 연구자에게 저자의 자격을 부여하였는가?	✓	
	12	연구에 지적 기여를 하지 않은 연구자에게는 저자의 자격을 제외하였는가?	✓	
	13	저자들의 표기 순서와 연구 기여도가 일치하는가?	✓	
부당한 중복 게재	14	자신의 이전 저작물을 활용하면서 적절한 출처 표기를 하였는가?	✓	
	15	자신의 이전 저작물을 여러 번 활용하면서 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처 표기를 하였는가?	✓	
	16	자신의 이전 저작물을 활용하면서 출처 표기를 제대로 했으나 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	✓	

점검결과를 위와 같이 연구윤리 위반 사항이 없음을 확인하며, 위반사실이 확인될 경우 「국가연구개발혁신법」 제32조1항에 따라 참여제한, 연구비 환수 등 처분을 받게 됨을 인지하고 아래와 같이 서명합니다.

2024. 2. 29.

기관명 : 연세대학교 산학협력단

점검자 : 이승민



농림식품기술기획평가원장 귀하

[별첨3] 오성시스템(주)(위탁)

**연구진실성 관련 연구부정행위 예방을 위한 확인서**  
 ※ 주관·공동·위탁과제별로 연구책임자가 자체 점검 후 작성·제출

구분	번호	내용	예	아니오	
위조	1	연구 수행 전과정에서 존재하지 않는 데이터 또는 결과 등을 거짓으로 만들거나 기록한 사실이 없는가?	✓		
변조	2	연구수행 과정에서 데이터 또는 결과 등을 임의적으로 사실과 다르게 변형, 삭제, 왜곡하여 기록한 사실이 없는가?	✓		
표절	3	이미 발표된 타인의 독창적인 아이디어나 연구성과물을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	✓		
	4	일반적 지식이 아닌 타인의 독창적인 개념, 용어, 문장, 표현, 그림, 표, 사진, 영상, 데이터 등을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	✓		
	5	타인의 연구성과물을 그대로 쓰지 않고 풀어쓰기(paraphrasing) 또는 요약(summarizing)을 하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	✓		
	6	외국어 논문이나 저서를 번역하여 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	✓		
	7	2차 문헌을 활용하면서 재인용 표기를 하지 않고 직접 원문을 본 것처럼 1차 문헌에 대해서만 출처를 표기한 적이 없는가?	✓		
	8	출처 표기를 제대로 했으나, 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	✓		
	9	타인의 저작물을 여러 번 인용한 경우 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처를 표기하였는가?	✓		
	10	타인의 저작물을 직접 인용 할 경우, 적절한 인용 표기를 했는가?	✓		
	부당한 저자 표기	11	연구에 지적 기여를 한 연구자에게 저자의 자격을 부여하였는가?	✓	
		12	연구에 지적 기여를 하지 않은 연구자에게는 저자의 자격을 제외하였는가?	✓	
13		저자들의 표기 순서와 연구 기여도가 일치하는가?	✓		
부당한 중복 게재	14	자신의 이전 저작물을 활용하면서 적절한 출처 표기를 하였는가?	✓		
	15	자신의 이전 저작물을 여러 번 활용하면서 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처 표기를 하였는가?	✓		
	16	자신의 이전 저작물을 활용하면서 출처 표기를 제대로 했으나 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	✓		

점검결과를 위와 같이 연구윤리 위반 사항이 없음을 확인하며, 위반사실이 확인될 경우 「국가연구개발혁신법」 제32조1항에 따라 참여제한, 연구비 환수 등 처분을 받게 됨을 인지하고 아래와 같이 서명합니다.

2024. 2. 29.  
 기관명 : 오성시스템 주식회사  
 점검자 : 지창욱 *지창욱*

농림식품기술기획평가원장 귀하

### 인체적용시험 대상자모집



## 건강인 대상 비타민A, 코엔자임Q10, 라이코펜 함유 건강기능식품 특수소재(ODF) 섭취 후 생체이용률 연구

본 연구는 항산화 효과가 뛰어난 비타민 A, 코엔자임Q10, 라이코펜 보충제의 다른 제형(구강붕해필름, 타블렛)의 단회 섭취 시 생체이용률의 변화를 확인하고자 연구 참여자를 모집합니다.

### ▶ 모집대상

**\* 참여기준 :**

- 1) 연령이 20-50세인 건강한 성인 남녀
- 2) 본 인체적용시험에 대한 자세한 설명을 듣고 완전히 이해한 후, 자의로 참여를 결정하고 주의사항을 준수하기로 서면 동의 한 자

**\* 제외기준 :**

- 1) 3개월 이내에 타 인체적용시험에 참여한 자
- 2) 1개월 이내에 항산화에 관련된 의약품이나 건강기능식품, 건강보조식품을 복용한 자

▶ 모집인원 : 44명

▶ 연구기간 : 2022.10.24. - 2022.11.11.

▶ 참여기간 및 소요시간 : 3일 참여 (매일 오전 9-10시 시작)

(1일째 채혈 6회 6시간 소요 / 2일째 및 3일째 각각 채혈 1회씩 10분 소요)

▶ 진행장소 : 연세대학교 임상영양연구실 (삼성관 616호)

▶ 참여 시 주의 사항 : 채혈 전 12시간 금식 필요, 제품(ODF 또는 tablet)은 무작위 배정이 되며, 1회 섭취

▶ 실험방법 : 설문(인구학적 조사, 질환/치료력, 의약품/보조제 등 섭취이력), 신체 계측, 활력징후, 식사섭취 및 활동량 조사(총 약 40분 소요), 알약 또는 ODF 제품 섭취 후 혈액 8회(각 3mL, 제품 섭취 전, 후 0.5, 1, 2, 4, 6, 24, 48시간)를 수집합니다.

▶ 참여사례 : 최대 13만원 (1일째 7만원, 2일째 및 3일째 각각 3만원)

▶ 참여방법 : 하단 번호로 전화/문자, 또는 상단 QR 접속하여 구글폼 작성

문의 ☎ 02-2123-4678 혹은 010-7701-4687  
자세한 사항은 전화/문자 문의 (문의 가능시간 : 9-18시)  
(연구담당자: 연세대학교 식품영양학과 김연희)



# 연구참여자 설명문

## (인간대상 연구용)

(ver. 2.1)

**연구과제명 : 비타민A, 코엔자임Q10, 라이코펜을 함유한 건강기능식품  
특수소재(ODF)의 생체이용률 및 항산화 분석을 통한  
건강기능성 지표 개선 효과 확인**

**연구책임자 (성명/소속):** [Redacted]  
**전화번호:** [Redacted]

본 연구는 비타민A, 코엔자임Q10, 라이코펜을 함유한 건강기능식품 특수소재(ODF)를 섭취하고 효과를 확인하는 것에 대한 연구입니다. 귀하는 본 연구에 참여할 것인지 여부를 결정하기 전에, 설명문과 동의서를 신중하게 읽어보셔야 합니다. 이 설명문에서는 이 연구가 왜 수행되며, 무엇을 수행하는지에 대해 설명하고 있습니다. 또한 언제든지 귀하가 이 연구 참여를 중단할 수 있음을 설명하고 있습니다.

이 연구를 수행하는 [Redacted] 연구원이 귀하에게 이 연구에 대해 설명해 줄 것입니다. 이 연구는 자발적으로 참여 의사를 밝히신 분에 한하여 수행될 것입니다. 다음 내용을 신중히 읽어보신 후 참여 의사를 밝혀 주시길 바라며, 필요하다면 가족이나 친구들과 의논해 보십시오.

만일 어떠한 질문이 있다면 담당 연구원이 자세하게 설명해 줄 것입니다.

귀하의 서명은 귀하가 본 연구에 대해 그리고 위험성에 대해 설명을 들었음을 의미하며, 이 문서에 대한 귀하의 서명은 귀하께서 자신이 본 연구에 참가를 원한다는 것을 의미합니다.

### 1. 연구의 배경과 목적

3가지 기능성 소재(비타민A, 라이코펜, 코엔자임Q10)는 고령자일수록 결핍되기 쉽거나, 발병율이 높은 만성질환과 관련되어, 생리기능 활성화(항산화 기능성)를 통해 건강의 유지 및 개선 효능을 인증 받은 원료입니다. 항산화 기능을 중심으로 세 가지 원료가 함께 함유된 고령층 맞춤 건강기능식품을 개발하기 위해 먼저 건강한 성인을 대상으로 효과 연구를 진행하고자 합니다. 이 세 물질의 각태일은 고령층에 부족한 영양소를 보충해줄 뿐만 아니라 함께 작용하여 항산화 방어 기전을 활성화하여 건강에 유익한 효과를 줄 수 있을 것으로 기대합니다. 또한 기존의 삼키기 힘든 제형에서 벗어나 구강 내에서 쉽게 용해되어 흡수할 수 있는 ODF 제형을 적용함으로써 기존 제형에 비해 증가된 생체 이용률을 보일 것으로 예상됩니다.

## 연구 참여자 동의서

**연구제목 : 비타민A, 코엔자임Q10, 라이코펜을 함유한 건강기능식품 특수소재(ODF)의 생체이용률 및 항산화 분석을 통한 건강기능성 지표 개선 효과 확인**

아래의 내용을 읽으시고 내용을 완전히 이해하시면 네모 칸에 표시하여 주십시오.

- 본인은 이 설명문을 읽었고, 내용을 충분히 이해합니다.
- 본인은 자세하게 설명을 듣고 궁금한 사항에 대해 질문을 하였고 적절한 답변을 들었습니다.
- 본인은 자발적으로 이 연구에 참여합니다.
- 본인은 연구기간 중 언제든지 중도에 연구참여를 거부하거나 중단할 수 있습니다. 또 본인은 이 연구참여를 중단하더라도 본인에게 어떠한 불이익도 없다는 것을 알고 있습니다.
- 본인은 자유로운 의사에 따라 연구참여를 요청하여 설명문 사본 1부를 수령합니다.

연구참여자의 성명	서명	날짜 (년/월/일)
-----------	----	------------

설명한 연구자의 성명	서명	날짜 (년/월/일)
-------------	----	------------

연구기간 2022 10 17 - 2023 07 17

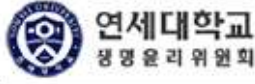
YONSEI UNIVERSITY IRB



[별첨7] 성인대상 임상시험 IRB 승인서

23. 11. 27. 오전 9:34

승인서 조회



결과통보서

결과통보서

신청번호	202311-BR-2963-10					
연구과제명	비타민A, 코엔자임Q10, 라이코펜을 함유한 건강기능식품 특수소재(ODF)의 생체이용률 및 항산화 분석을 통한 건강 기능성 지표 개선 효과 확인					
연구책임자	성명	이승민	학과	식품영양학	직위	전임교원
접수일자	2023-11-17		통보일자	2023-11-24		
심의일자	2023-11-24		승인번호	7001988-202311-HR-1712-10		
심의대상	<input type="radio"/> 신규 <input type="radio"/> 보완 <input checked="" type="radio"/> 종료보고		<input type="radio"/> 수정 후 승인 <input type="radio"/> 변경심의 <input type="radio"/> 결과보고		<input type="radio"/> 수정 후 신속심의 <input type="radio"/> 지속심의 <input type="radio"/> 기타보고	
심의종류	<input type="radio"/> 정규심의 <input checked="" type="radio"/> 신속심의		<input type="radio"/> 심의면제			
심의결과	<input checked="" type="radio"/> 승인 <input type="radio"/> 수정후승인 <input type="radio"/> 수정후신속심의 <input type="radio"/> 보완		<input type="radio"/> 반려 <input type="radio"/> 서류보완			
연구기간	IRB 승인일 이후 - 2023-10-17 (12개월)					
승인유효기간	2022-10-07 - 2023-10-07					
연구위협성	<input type="radio"/> Level1 <input checked="" type="radio"/> Level2 <input type="radio"/> Level3 <input type="radio"/> Level4					
심의자료	연구계획서, 피험자 설명문, 피험자 동의서, 기타					
심의결과에 대한 사유 및 의견	<p>본 종료보고는 연구대상자 수 감소(72명-66명)를 보고하였으나, 그 사유(원할하지 못한 연구대상자 모집으로 인한 감소 모집)가 적절하고, 연구대상자에 미치는 위험이 없으며 이외에는 연구계획대로 수행된 연구이므로 승인하고자 함.</p> <p>연구종료 보고 이후 18개월 이내에 결과보고(투고논문 또는 결과보고서)를 해야 과제관리가 종료됩니다.</p>					

※ 모든 연구자들은 아래의 사항을 준수하여야 합니다.

1. 승인된 계획서에 따라 연구를 수행하여야 합니다.
2. 위원회의 승인 (IRB 직인이 포함)된 동의서를 사용하여 주시기 바랍니다.
3. 모국어가 한국어가 아닌 연구대상자들에게는 승인된 동의서를 연구대상자 등의 모국어로 인증된 번역본을 사용할 것이며, 이러한 동의서 번역본은 반드시 해당 심의위원회 승인을 받아야 합니다.
4. 연구의 어떠한 변경이든 위원회의 사전 승인을 받고 수행하여야 하며 연구대상자들의 보호를 위해 취해진 어떠한 응급상황(위해 발생)에서의 변경도 즉각 위원회에 보고하여야 합니다.
5. 위원회의 요구가 있을 때에는 연구의 진행과 관련된 보고를 위원회에 제출하여야 합니다.
6. 위원회가 심의한 과제에 대해 조사 및 감독 차원에서 현장점검을 실시할 시 원활한 점검결과 진행을 위해 연구자는 연구진행과 관련된 서류를 준비하고 협조하여야 합니다.
7. 위원회가 수정 및 보완을 요구한 경우 수정 및 보완 계획을 1개월 이내에 본 위원회에 제출하여야 합니다.
8. 심의결과에 이의가 있을 경우, 심사결과 통지일로부터 2주 이내에 서면으로 이의신청을 할 수 있습니다. 단, 동일 사안에 대하여 2회 이상의 재심은 하지 않습니다.
9. 총 신청 연구기간이 IRB 연구승인 유효기간을 초과할 경우, 유효기간 만료 2개월 전에 지속심의 승인을 받아야 연구지속 진행이 가능합니다.
10. 연구종료 후 1개월 이내에 종료보고를 하여 주시기 바랍니다.
11. 연구와 관련된 기록은 연구가 종료된 시점을 기준으로 최소 3년간 보관하여야 합니다.

[별첨8] 노인대상 임상시험 IRB 승인서

24. 4. 8. 오후 12:53

승인서 조회



연세대학교  
생명윤리위원회

결과통보서

결과통보서

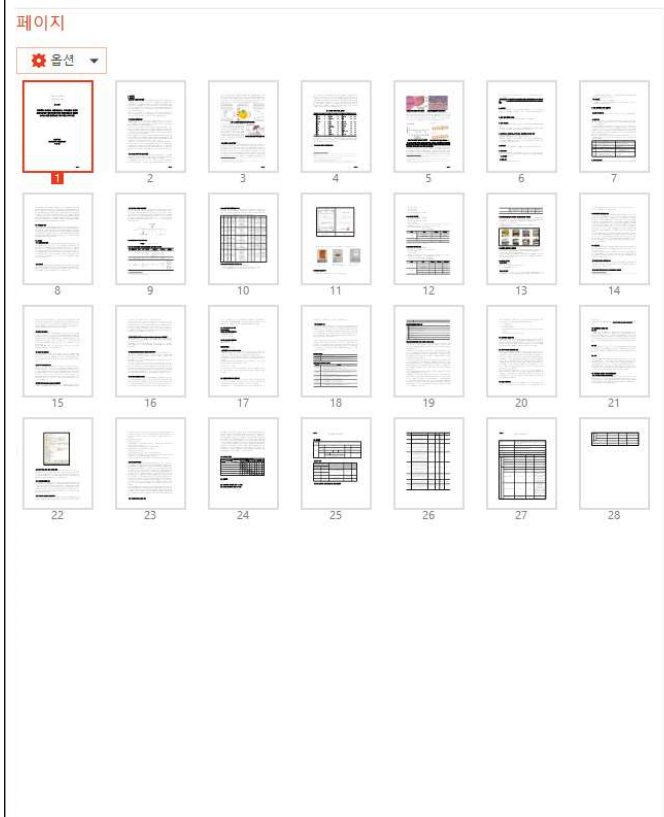
신청번호	202403-HR-3282-07					
연구과제명	고령자 대상 비타민A, 코엔자임Q10, 라이코펜을 함유한 건강기능식품 특수소재(ODF)의 생체이용률 및 항산화 분석을 통한 건강기능성 지표 개선 효과 확인					
연구책임자	성명	이승민	학과	식품영양	직위	전임교원
접수일자	2024-03-31		통보일자	2024-04-08		
심의일자	2024-04-08		승인번호	7001988-202404-HR-1940-07		
심의대상	<input type="radio"/> 신규 <input type="radio"/> 보완 <input checked="" type="radio"/> 종료보고		<input type="radio"/> 수정 후 승인 <input type="radio"/> 변경심의 <input type="radio"/> 결과보고		<input type="radio"/> 수정 후 신속심의 <input type="radio"/> 지속심의 <input type="radio"/> 기타보고	
심의종류	<input type="radio"/> 정규심의 <input checked="" type="radio"/> 신속심의		<input type="radio"/> 심의면제			
심의결과	<input checked="" type="radio"/> 승인 <input type="radio"/> 수정후승인 <input type="radio"/> 수정후신속심의 <input type="radio"/> 보완		<input type="radio"/> 반려 <input type="radio"/> 서류보완			
연구기간	IRB 승인일 이후 - 2024-01-31 (10개월)					
승인유효기간	2023-06-22 - 2024-03-22					
연구위험성	<input type="radio"/> Level1 <input checked="" type="radio"/> Level2 <input type="radio"/> Level3 <input type="radio"/> Level4					
심의자료	연구계획서, 피험자 설명문, 피험자 동의서, 기타					
심의결과에 대한 사유 및 의견	본 종료보고는 연구계획대로 수행되었으므로 승인하고자 함. 연구종료 보고 이후 18개월 이내에 결과보고(투고논문 또는 결과보고서)를 해야 과제관리가 종료됩니다.					

※ 모든 연구자들은 아래의 사항을 준수하여야 합니다.

1. 승인된 계획서에 따라 연구를 수행하여야 합니다.
2. 위원회의 승인 (IRB 직인이 포함)된 동의서를 사용하여 주시기 바랍니다.
3. 모국어가 한국어가 아닌 연구대상자들에게는 승인된 동의서를 연구대상자 등의 모국어로 인증된 번역본을 사용할 것이며, 이러한 동의서 번역본은 반드시 해당 심의위원회 승인을 받아야 합니다.
4. 연구의 어떠한 변경이든 위원회의 사전 승인을 받고 수행하여야 하며 연구대상자들의 보호를 위해 취해진 어떠한 응급상황(위해 발생)에서의 변경도 즉각 위원회에 보고하여야 합니다.
5. 위원회의 요구가 있을 때에는 연구의 진행과 관련된 보고를 위원회에 제출하여야 합니다.
6. 위원회가 심의한 과제에 대해 조사 및 감독 차원에서 현장점검을 실시할 시 원활한 점검결과 진행을 위해 연구자는 연구진행과 관련된 서류를 준비하고 협조하여야 합니다.
7. 위원회가 수정 및 보완을 요구한 경우 수정 및 보완 계획을 1개월 이내에 본 위원회에 제출하여야 합니다.
8. 심의결과에 이의가 있을 경우, 심사결과 통지일로부터 2주 이내에 서면으로 이의신청을 할 수 있습니다. 단, 동일 사안에 대하여 2회 이상의 재심은 하지 않습니다.
9. 총 신청 연구기간이 IRB 연구승인 유효기간을 초과할 경우, 유효기간 만료 2개월 전에 '지속심의' 승인을 받아야 연구지속 진행이 가능합니다.
10. 연구종료 후 1개월 이내에 종료보고를 하여 주시기 바랍니다.
11. 연구와 관련된 기록은 연구가 종료된 시점을 기준으로 최소 3년간 보관하여야 합니다.



[별첨9] 임상시험 계획서(위 : 성인대상 연구계획서, 아래 : 노인대상 연구계획서)

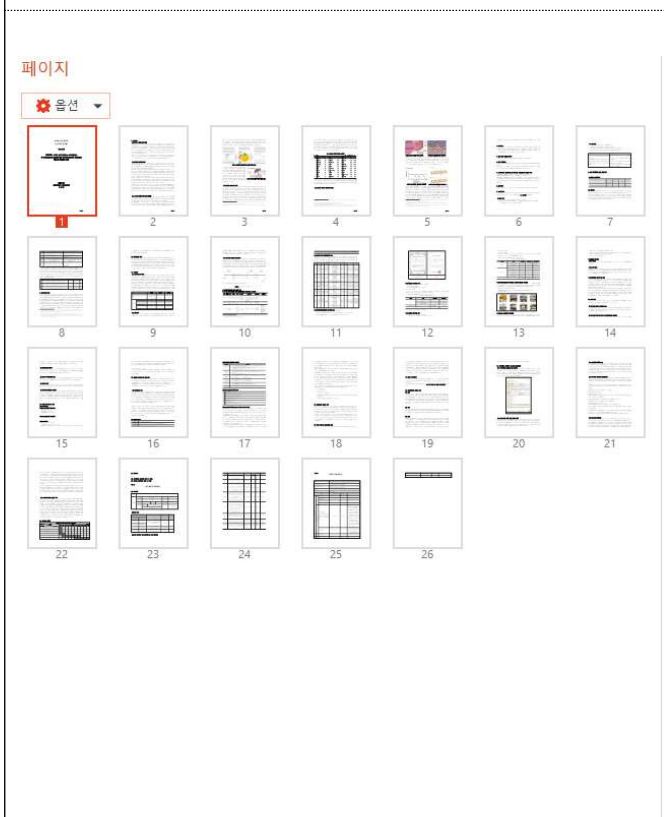


심의를 연구 계획서  
(인간대상 연구용)

(ver. 2.2)

**연구제목: 비타민A, 코엔자임Q10, 라이코펜을 함유한  
건강기능식품 특수소재(ODF)의 생체이용률 및 항산화  
분석을 통한 건강기능성 지표 개선 효과 확인**

연세대학교  
생활과학대학 식품영양학과  
이 승 민



심의를 연구 계획서  
(인간대상 연구용)

(ver. 2.1)

**연구제목: 고령자 대상 비타민A, 코엔자임Q10,  
라이코펜을 함유한 건강기능식품 특수소재(ODF)의 생체흡수율  
확인 및 항산화능 분석**

연세대학교  
생활과학대학 식품영양학과  
이 승 민



[별첨11] 직·병렬6토출 3D프린터로 생산한 ODF의 중금속 시험 성적서



문서확인번호 : PFNS-Y0TA-OISE-RDCF

### 참고용 시험성적서

본 성적서는 식품의약품안전처 「식품·의약품분야 시험·검사 등에 관한 법률」에 따른 것이 아닙니다.

발행번호	R20240222-0027		접수번호	240100732-002
검사완료일	2024-02-22		접수연월일	2024-01-30
제품명	연구용 샘플		제조(수입)일 (제조번호)	2023-12-15
			품목제조신고번호	
유형·재질·품목명	기타기준규격외		유통기한, 품질유지기한 또는 소비기한	
의뢰자	성명	정은수	업체명	주식회사에브릿
	소재지	(34364)대전광역시 대덕구 대화로 20		
제조원	업체명	(주)에브릿	제조국	
	소재지	대전광역시 대덕구 대화로 20		
시험목적	식품   기타(의뢰인확인용)			
<b>시험 항목 및 결과</b>				
시험 항목	시험 기준	시험 결과	비고	
납(mg/kg)	기준없음	0.10	* 납 : 0.3 mg/kg 이하	
카드뮴(mg/kg)	기준없음	0.00		

종합판정 : 상기시험확인함

시험검사원 : 안효준

시험검사책임자 : 정혜민

비고 : 비교란 기준가입요청으로 인한 수정발급

※ 동 시험성적서는 법적 효력이 없으며, 시험목적 이외에는 사용할 수 없습니다.

2024년02월22일

동명생명과학원(주)지점

61007 광주광역시 북구 원단벤처소로 38번길 11-5



(인)

T:062-351-1005

F:062-351-1006

※ 본 증명서는 인터넷으로 발급되었으며, 발급번호를 통하여 위변조 여부를 확인할 수 있습니다. 또한, 문서하단의 바코드로도 진위확인(스캐너용 문서확인프로그램)을 하실 수 있습니다. <http://lms.mfds.go.kr> Page 1 of 1

[별첨12] 기호도 검사에 사용된 검사지 일부

**Q2. 검사항목**

한 가지 항목을 검사하신 후 반드시 입가심 물로 입 안을 행군 후 다음 항목을 진행하여 주십시오. 진행 시 입안의 물맛이 사라지면 검사를 진행 해 주십시오.

점 수 (기호도)								
1점	2점	3점	4점	5점	6점	7점	8점	9점
극도로 싫다	대단히 많이 싫다	보통으로 싫다	약간 싫다	좋지도 싫지도 않다	약간 좋다	보통으로 좋다	대단히 많이 좋다	극도로 좋다

기호도 항목	시료 번호				
	149	975	458	886	248
외관					
색감					
신맛					
이미					
이취					
녹는정도					
전체적인 기호도					

번호	점 수 (정도)								
	1점	2점	3점	4점	5점	6점	7점	8점	9점
1	극도로 연하다	대단히 연하다	보통으로 연하다	약간 연하다	연하지도 진하지도 않다	약간 진하다	보통으로 진하다	대단히 진하다	극도로 진하다
2	극도로 약하다	대단히 약하다	보통으로 약하다	약간 약하다	약하지도 강하지도 않다	약간 강하다	보통으로 강하다	대단히 강하다	극도로 강하다
3	극도로 느리다	대단히 느리다	보통으로 느리다	약간 느리다	느리지도 빠르지도 않다	약간 빠르다	보통으로 빠르다	대단히 빠르다	극도로 빠르다

적용번호	정도 항목	시료 번호				
		149	975	458	886	248
1번	색감					
2번	신맛					
2번	이미					
1번	이취					
3번	녹는정도					

[별첨13] <Touch in Silver 비타민 콤플렉스>품목제조보고서

발급번호 : MAMD-BMMB-AEOG-GJXQ-LEFZ



### 식품·식품첨가물 품목제조보고서

보고인	성명 신봉환	생년월일 1958년 04월 02일		
	주소 서울특별시 서초구 신반포로 270, 116동 2001호 (반포동, 반포지아이파크)	전화번호 0234702398 휴대전화 010 71810390		
영업소	영칭(상호) 주식회사 서울제약	영업등록번호 20220578056		
	소재지 충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명6로 124-31			
제품정보	식품의 유형	기타가공품	품목제조보고번호	2022057805619
	제품명	터치인 실버 비타민 콤플렉스		
	소비기한	제조일로부터 24개월		
	품질유지기한			
	원재료명 또는 성분명 및 배합비율	뿔장애 기재		
	용도 용법	뿔장애 기재		
	보관방법 및 포장재질	뿔장애 기재		
	포장방법 및 포장단위	뿔장애 기재		
	성상	고유의 색과 향, 맛을 가지고 이며, 어떠한 첨가물도 사용하지 않음.		
	위탁생산 여부	[ ]에 [ ]아니오		
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 수탁 영업소의 명칭 및 소재지:</li> <li>■ 수탁 영업소의 영업의 종류:</li> <li>■ 위탁제조공정:</li> </ul>				
<b>품목의 특성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고열량·저영양 식품 해당 여부 [ ]에 [ ]아니오 [ ]해당 없음</li> <li>■ 영·유아를 섭취대상으로 표시 판매하는 식품 해당 여부 [ ]에 [ ]아니오</li> <li>■ 고령친화식품으로 표시해 판매하는 식품의 해당 여부 [ ]영양성분 조절제품 [ ]경도 조절제품 [ ]정도조절 제품 [ ]해당없음</li> <li>■ 기능성표시식품의 해당 여부 [ ]에 [ ]아니오</li> <li>■ 살균·멸균 제품의 해당 여부 [ ]비살균 [ ]살균 [ ]멸균</li> <li>■ 영양성분 표시의무 식품에 해당하는지 여부 [ ]에 [ ]아니오</li> </ul>				
기타	유통전문판매원 : 에브릿			

「식품위생법」 제37조 제5항 및 같은 법 시행규칙 제45조 제1항에 따라 식품 (식품첨가물) 품목제조 사항을 보고합니다.

2023년 12월 18일  
보고인 신봉환

청주시장 귀하

품목보고번호 : 2022057805619

처리부서	복지국 위생정책과	처리자성명	신지혜	처리일자	2023년 12월 20일
------	-----------	-------	-----	------	---------------



발급번호 : MAMD-BMMB-AEOG-GJXQ-LEFZ



(원재료명 또는 성분명 및 배합비율)

No.	원재료명 또는 성분명	배합비율 (%)	No.	원재료명 또는 성분명	배합비율 (%)
1	풀루란	26.47%	16	천연향료 [천연레몬라임향]	5.72%
2	비타민C	14.31%	17	비타민D3혼합제제분말	3.58%
3	비타민A혼합분말	7.15%	18	글리세린	3.58%
4	L-덱스트린 [말토덱스트린]	47%	19	자일리톨	3.58%
5	L-옥수수전분	20%	20	파인애플추출분말 [브로멜라인]	3.58%
6	L-아라비아검	20%	21	펙틴	3.22%
7	L-비타민 A 아세테이트 분말 [비타민A아세테이트]	11.5%	22	산화전분	3.22%
8	L-비타민 E(고시형) [dl- $\alpha$ -tocopherol]	1.5%	23	L-시스테인염산염	1.93%
9	비타민E혼합제제분말	7.15%	24	파인애플향	1.41%
10	DL-A-TOCOPHEROL ACETATE [dl- $\alpha$ -토코페롤아세테이트]	50%	25	구연산(무수) [무수구연산]	1.07%
11	L-옥테닐화락산나트륨전분	24.5%	26	건조효모 [건조효모분말B-12]	0.72%
12	L-포도당시럽고형분 [포도당시럽분말]	24.5%	27	치자황색소	0.43%
13	L-이산화규소	1%	28	엘라스틴가수분해물	0.36%
14	폴리소르베이트20	6.44%	29	생선콜라겐 [저분자피쉬콜라겐]	0.36%
15	효소처리스테비아	5.72%			



발급번호 : MAMD-BMMB-AEOG-GJXQ-LEFZ



용도용법	1일 1회 1매를 입안에서 씹거나 삼키지 말고 녹여서 섭취
보관방법 및 포장재질	실온보관(고온다습한 곳이나 직사광선을 피하여 서늘하고 건조한 곳에 보관) PE(내포장), 종이(외포장)
포장방법 및 포장단위	내포장, 외포장 / 240 mg/매 X 10, 30, 60, 90, 150, 180 매



[별첨14] <Touch in Silver 혈관클리너>제조방법 설명서

<b>제조방법설명서</b>	
<b>제품명</b>	터치인 실버 혈관클리너
<b>식품의 유형</b>	기타가공품
<b>원재료 또는 성분명 및 배합비율</b>	<p>클루란 19.20%, 코엔자임Q10 13.02%, 감마시글로믹스트린 11.31%, 비타민C 10.56%, L-아르지닌 5.17%, 폴리소르베이트20 4.65%, 홀소처리스티비아 4.14%, 퀴린 3.52%, 산황전분 3.52%, 천연레올라임황(레올황베이스, 라임황, 아라비아검, 엑스트린) 3.52%, 망고황(황성황료, 프로필렌글리콜, 곡물주장) 3.19%, 토마트 건조분말(토마트 100%, 스페인산) 2.85%, 바나바일 추출물(바나바일 100%, 인도산) 2.85%, 글리세린 2.59%, 자일리톨 2.59%, 비타민E혼합제제(di-α-토코페롤아세테이트50%, 옥테닐호박산나트륨전분24.5%, 프도말시럽분말24.5%, 이산화규소1%) 2.07%, 프로필렌글리콜 1.92%, L-시스테인염산염 1.58%, 구수구연산 0.78%, 엘라스틴가수분해물 0.33%, 저분자피루글라겐 0.33%, 치자황색소 0.31%,</p>
<b>유통기한</b>	제조일로부터 24개월,(유통기한 설정사유서 : 별첨)
<b>중요유법</b>	1일 1회 1대를 입안에서 씹거나 삼키지 말고 녹여서 섭취
<b>제조방법</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 정제수와 글리세린 폴리소르베이트20을 조제용기에 넣어 혼합한다.</li> <li>2. 1.에 글라겐과 엘라스틴을 넣고 혼합한다.</li> <li>3. 2.에 토마트 건조분말을 넣고 혼합한다.</li> <li>4. 3.에 바나바일 추출물을 넣고 혼합한다.</li> <li>5. 4.에 L-시스테인염산염, 자일리톨, 비타민C, 구연산을 넣고 혼합한다.</li> <li>6. 5.에 프로필렌글리콜을 넣고 혼합한다.</li> <li>7. 6.에 감마시글로믹스트린을 넣고 혼합한다.</li> <li>8. 7.에 L-아르지닌을 넣고 혼합한다.</li> <li>9. 8.에 코엔자임Q10을 넣고 혼합한다.</li> <li>10. 9.에 비타민E를 넣고 혼합한 뒤 균질화한다.</li> <li>11. 10.에 홀소처리스티비아, 천연레올라임황, 치자황색소를 넣고 혼합한다.</li> <li>12. 11.에 망고황을 넣고 혼합한다.</li> <li>13. 12.에 산황전분을 넣고 혼합한다.</li> <li>14. 13.에 퀴린을 넣고 혼합한 뒤 균질화한다.</li> <li>15. 14.에 클루란을 넣고 혼합한다.</li> <li>16. 15.의 최종 혼합원료를 잘기시킨다.</li> <li>17. 16.의 잘기시킨 원료를 건조온도 100~125℃에서 코팅 및 건조하여 혼합원료의 수분을 제거한다.</li> <li>18. 17.의 필름을 컷팅: 2.7X3.2cm, 1대 평균질량: 255mg/대로 하여 1차 포장(PE, 내포장)을 진행한다.</li> <li>19. 18.의 1차 포장제품을 케이스(외포장,종이)에 넣어 완제품 포장을 실시한다.</li> </ol>
<b>보관방법</b>	실온보관(고온다습한 곳이나 직사광선을 피하여 서늘하고 건조한 곳에 보관)
<b>포장재질</b>	PE(내포장), 종이(외포장)
<b>포장방법 및 포장단위</b>	내포장, 외포장 / 255 mg/대 X 10,30,60,90,150,180 대
<b>검사</b>	연관색의 직사각형 필름.



[별첨15] <Touch in Youth 글루타치온>품목제조보고서

발급번호 : MAMD-BMAY-STKH-XFZP-HCDF



### 식품 · 식품첨가물 품목제조보고서

보고인	성명 신봉환	생년월일 1958년 04월 02일		
	주소 서울특별시 서초구 신반포로 270, 116동 2004호 (반포동, 반포자이더파크)	전화번호 0234702398 휴대전화 010 71810390		
영업소	명칭(상호) 주식회사 서울제약	영업등록번호 20220578056		
	소재지 충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명6로 124-31			
제품정보	식품의 유형	기타가공품	품목제조보고번호	2022057805618
	제품명	터치인 유스 글루타치온		
	소비기한	제조일로부터 36개월		
	품질유지기한			
	원재료명 또는 성분명 및 배합비율	뿔잠에 기재		
	용도 용법	뿔잠에 기재		
	보관방법 및 포장재질	뿔잠에 기재		
	포장방법 및 포장단위	뿔잠에 기재		
	성상	고유의 색과 향, 맛을 가지고 예미, 이취가 없는 직사각형의 노란색 필름		
	위탁생산 여부	[ ]에 [O]아니오		
■ 수탁 영업소의 명칭 및 소재지: ■ 수탁 영업소의 영업의 종류: ■ 위탁제조공정: 품목의 특성 ■ 고열량·저열량 식품 해당 여부 [ ]에 [ ]아니오 [O]해당 없음 ■ 영, 유아를 섭취대상으로 표시 판매하는 식품 해당 여부 [ ]에 [O]아니오 ■ 고령친화식품으로 표시해 판매하는 식품의 해당 여부 [ ]영양성분 조절제품 [ ]경도 조절제품 [ ]정도조절 제품 [O]해당없음 ■ 기능성표시식품의 해당 여부 [ ]에 [O]아니오 ■ 살균·멸균 제품의 해당 여부 [O]비살균 [ ]살균 [ ]멸균 ■ 영양성분 표시의무 식품에 해당하는지 여부 [ ]에 [O]아니오				
	기타	유통전문판매원 : 예브넷		

「식품위생법」 제37조 제5항 및 같은 법 시행규칙 제45조 제1항에 따라 식품 (식품첨가물) 품목제조 사항을 보고합니다.

2023년 12월 05일  
보고인 신봉환

청주시장 귀하

품목보고번호 : 2022057805618

처리부서	복지국 위생정책과	처리지성명	신지혜	처리일자	2023년 12월 05일
------	-----------	-------	-----	------	---------------



발급번호 : MAMD-BMAY-STKH-XFZP-HCDF



(원재료명 또는 성분명 및 배합비율)

No.	원재료명 또는 성분명	배합비율 (%)	No.	원재료명 또는 성분명	배합비율 (%)
1	효모추출물 [L-글루타치온효모추출물 50%]	45.5%	16	기타가공품 [저분자피쉬콜라겐]	0.23%
2	비타민C	11.38%	17	구연산(무수) [무수구연산]	0.05%
3	폴루란	10.23%			
4	히알루론산	7.85%			
5	기타가공품 [수용성밀크씨슬[밀크씨슬추출분말(폴란드산)]]	4.49%			
6	폴리소르베이트20	4.09%			
7	천연향료 [천연레몬라임향]	3.64%			
8	효소처리스테비아	3.07%			
9	글리세린	2.28%			
10	자일리톨	2.14%			
11	혼합제제비타민E분말	1.82%			
12	L-시스테인염산염	1.37%			
13	기타가공품 [피퍼민트추출분말(고형분 1.5%, 이집트산)]	1.36%			
14	치자황색소	0.27%			
15	엘라스틴가수분해물	0.23%			



발급번호 : MAMD-BMAY-STKH-XFZP-HCDF



용도용법	1일 1회 1매를 입안에서 씹거나 삼키지 말고 녹여서 섭취
보관방법 및 포장재질	실온보관(고온다습한 곳이나 직사광선을 피하여 서늘하고 건조한 곳에 보관) PE(내포장), 종이(외포장)
포장방법 및 포장단위	내포장, 외포장 / 285.7 mg/매 X 10,30,60,90,150,180 매



[별첨16]농기평 기술기여도 변경 결과 공문



# 농림식품기술기획평가원



수신자 주관연구개발기관장

(경유)

제목 농림축산식품연구개발사업 기술기여도 변경 결과 알림

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 귀 기관에서 제출('22년 12월)한 수행과제의 기술기여도 비율을 토대로 전문가 검토를 거친 결과 기술기여도 비율이 아래와 같이 변경됨을 알려드리오니, 공동연구개발기관에도 알려주시기 바랍니다.
3. 더불어, 연구개발성과 활용(매출액 발생 시)에 따른 정부납부기술료 산정 시 변경된 기술기여도가 적용되오니 참고하시기 바랍니다.

- 붙임 1. 기술기여도 검토 결과 1부  
 2. 연구자용 기술료 제도 매뉴얼 1부. 끝.

농림식품기술기획평가원장



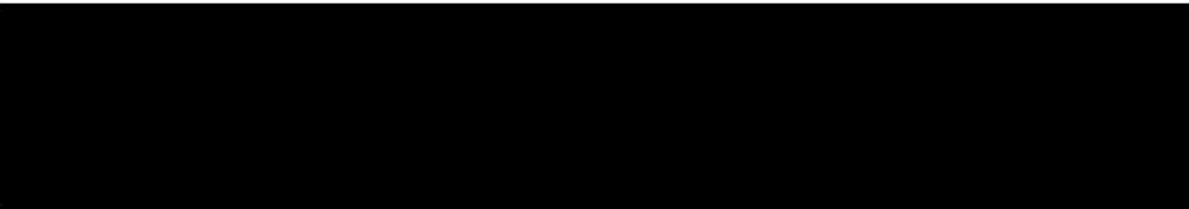
전결 06/16  
 ★연구원 심보라 농생명사업실장  
 송용병

협조자

시행 농생명사업실-2907 (2023.08.16.)      접수  
 우 (58326) 전라남도 나주시 교학길 45(빛가람동)      / http://www.ipet.re.kr  
 전화 061-338-9738      전송 061-338-9739      / sbr2828@ipet.re.kr      / 공개

Article

# Design of Viscosity and Nozzle Path Using Food 3D Printer and Pneumatic Pressure Syringe-Type Dispensing System



**Abstract:** Recent advancements in 3D printing technology have integrated with Fourth Industrial Revolution technologies such as robotics and artificial intelligence, aiming to overcome the limitations of conventional manufacturing methods. In the field of functional foods, solvent casting, a common manufacturing technique, has been adopted to produce film-like structures with desired sizes and uniform thickness. However, the typical method of coating or injection on a conventional continuous film is difficult to produce in small amounts. To address this limitation, in the study, we developed a pneumatic pressure syringe-type dispensing system integrated with a food 3D printer utilizing fused deposition modeling (FDM) technology. A syringe type is needed to discharge crude liquid manufactured in the food field in a hygienic environment, and a 3D printing method that is easy to manufacture in small quantities or on demand was utilized. Through simulation and experiment, we wanted to confirm whether stable ejection results are generated according to the selected nozzle-based viscosity, inflow conditions, and the nozzle movement path of the food 3D printer. Based on the nozzle selected through simulation, it was confirmed that the fluid and flow velocity distribution of the viscous material were uniformly distributed and discharged under the conditions of 30,000 cps and inflow rate. By setting the parameters of the food 3D printer and preparing a coenzyme Q10 (CoQ10) sample, we achieved a stable oral dissolving film (ODF) extrusion shape through the design of viscosity and 3D printer nozzle path. The optimal viscosity range for the ODF solution was found to be 25,000 to 35,000 cps, exhibiting precise dimensions and shapes without distortion and yielding the most stable extrusion results. We defined four different nozzle path designs based on minimizing the movement of the 3D printer nozzle. Among them, a 16-step path design demonstrated a stable extrusion method, showing no tailing phenomenon under the conditions of 0.2 MPa pressure and -15.4 KPa vacuum pressure. In future research, we plan to conduct additional research to determine whether the discharge results vary depending on conditions such as viscosity of the crude liquid, nozzle path combination, and ODF thickness.

**Keywords:** food 3D printer; pneumatic pressure syringe-type dispensing system; oral dissolving films (ODF)



**Citation:** Ji, C.; Cha, A.; Shim, D. Design of Viscosity and Nozzle Path Using Food 3D Printer and Pneumatic Pressure Syringe-Type Dispensing System. *Appl. Sci.* **2023**, *13*, 12234. <https://doi.org/10.3390/app132212234>

Academic Editor: Paolo Proposito

Received: 5 October 2023

Revised: 3 November 2023

Accepted: 7 November 2023

Published: 11 November 2023



**Copyright:** © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introduction

Currently, the global society is providing new services with the convergence of technologies that led to the Fourth Industrial Revolution, such as artificial intelligence, 3D printing, and big data. Among these technologies, 3D printing plays a foundational role in various fields, including healthcare, and the automotive and aerospace industries. 3D printing technology has also been applied to processed foods like chocolate, cookies, and pizza, bringing about a transformation in the traditional food processing paradigm by utilizing microwave and air fryer techniques [1–4]. This paradigm shift is extending to the field of functional foods, which is related to health, driven by the influence of the healthcare services industry.

## 5. Conclusions

We developed a pneumatic pressure syringe-type dispensing system integrated with a food 3D printer. Through simulations, we determined the optimal viscosity coefficient and hydraulic conditions by analyzing the flow rate and distribution of a viscous solution to achieve a stable and controlled extrusion of the solution. CoQ10 was used as a sample solution for testing, and we compared and analyzed the extrusion results of ODF based on the viscosity of the solution and the motion path settings of the food 3D printer. The optimal viscosity range for the ODF solution was found to be 25,000~35,000 cps, which demonstrated accurate dimensions and shapes without distortion, resulting in the most stable extrusion. We designed four different motion path settings for the food 3D printer's nozzle, focusing on minimizing nozzle movement. Among them, the dispensing method using a 16-step motion path exhibited stability, and when the extrusion pressure was set to 0.2 MPa and the vacuum pressure to  $-15.4$  KPa, no trailing effects were observed. It was confirmed that the result of the discharge shape varies depending on the research hypothesis, viscosity of the crude liquid and nozzle path settings, and stable discharge was confirmed through the absence of the tailing phenomenon and uniform size measurement. In the future, we plan to conduct additional research to determine whether the discharge results vary depending on conditions such as viscosity of the crude liquid, nozzle path combination, and ODF thickness.

**Author Contributions:** Conceptualization, C.J. and D.S.; methodology, C.J.; software, C.J.; validation, C.J. and D.S.; formal analysis, C.J.; investigation, C.J.; resources, C.J. and A.C.; data curation, D.S.; writing—original draft preparation, C.J.; writing—review and editing, D.S.; visualization, C.J.; supervision, D.S.; project administration, D.S.; funding acquisition, C.J. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This work was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through High Value-added Food Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA)(121018-3).

**Institutional Review Board Statement:** Not applicable.

**Informed Consent Statement:** Not applicable.

**Data Availability Statement:** Data is contained within the article.

**Conflicts of Interest:** Author Changuk Ji was employed by the company Robotics & 3D Printer Department, Ohsung System Co., Ltd. The remaining authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest. Author Areum Cha was employed by the company Future Bio R&D, EVERIT Co., Ltd. The remaining authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

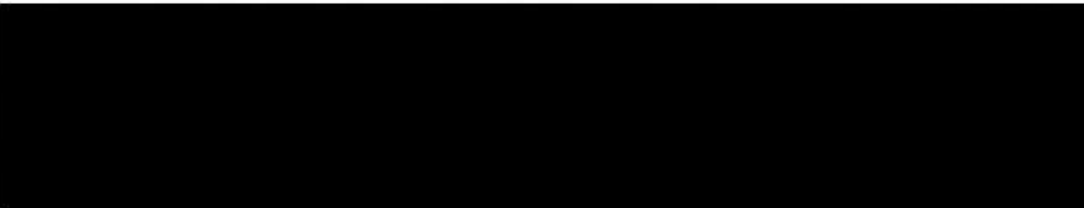
## Abbreviations

The following abbreviations are used in this manuscript:

UV Ultraviolet  
SLA Stereolithography

## Poster #29

## Comparison of Bioavailability and Antioxidant Effects between a New Retinol, Lycopene, and Coenzyme Q-10 Orodispersible Film Versus Commercially Available Tablets in Healthy Adult Population



Orodispersible film (ODF) enhances the bioavailability of the active ingredients owing to its easy release of active compounds directly in the oral mucosa. Clinical studies exhibit a correlation between antioxidants and metabolic improvement in cancer and cardiovascular disease. This study aimed to compare the absorption of the anti-oxidants retinol, lycopene, and Coenzyme Q-10 (CoQ-10), and their antioxidant effects in the form of ODF against a reference tablet. Forty-seven subjects aged 20 to 64 years were randomized to receive a single dose of ODF or a tablet. Serum nutrient levels were measured using LC-MS/MS assay. Antioxidant activities in serum were analyzed using FRAP, CUPRAC, DPPH assays, and lipid peroxidation products such as malondialdehyde (MDA). The serum levels of lycopene and ubiquinol-10 (reduced CoQ-10) in the ODF group were significantly 11 and 96 percent higher than those in the tablet group, respectively. Serum retinol levels were increased in ODF and not in tablets. The alteration in serum retinol, lycopene, and ubiquinol-10 levels in the lowest of the tertiles of serum basal nutrient levels was at least 3-fold higher in ODF, compared to the tablets. The serum MDA levels were significantly lower, and FRAP was significantly higher in ODF compared to the tablets whereas other antioxidant activities were not significantly altered. Our results demonstrate the effectiveness of ODF as a potent anti-oxidant delivery system besides maintaining its antioxidant properties.

**Keywords:** Orodispersible film; Antioxidants; Dysphagia

**P2-05****Comparative bioavailability study of a new retinol and lycopen orodispersible film versus a marketed orally disintegrating tablets in healthy volunteers**

Reactive oxygen species (ROS) has been implicated in the development of various chronic and degenerative diseases such as cancer, respiratory, neurodegenerative, and digestive diseases. Antioxidant nutrients such as vitamin A and lycopene are essential in regulating biochemical pathways that lead to the proper functioning of the organs. Antioxidant supplementation attenuate endogenous antioxidant depletion thus alleviating oxidative damage in some clinical research. Orodispersible film (ODF) is a new dosage form that disperses rapidly in the mouth without water or swallowing. The carried active ingredients can be absorbed directly by oral mucosa, which improves the bioavailability of active ingredients. We aimed to compare the absorption of retinol and lycopene in ODF against a reference Orally disintegrating tablets (ODT). In study, 163 subjects were randomized to receive a single dose of ODF containing retinol and lycopene, or ODT containing these nutrients. Circulatory levels of retinol and lycopene were measured using a validated liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) assay. Results showed that ODF increased the absorption of retinol and lycopene comparable to ODT. These data represent the evidence of retinol and lycopene absorption concerning the newly developed ODF. Antioxidant nutrients ODF was proven to be a suitable product for antioxidant nutrients supplementation.

**P2-06****Comparison of gastrointestinal symptoms, food selectivity, and mealtime behavior problems between autism spectrum disorder children and typically developing children**

Autism spectrum disorder (ASD) is characterized by experiencing difficulties in social interactions and communications with restricted interests and behavior patterns. Comorbidities are common in children with ASD; gastrointestinal symptoms (GIS) are one of the most frequently reported problems, with a 3-fold increased risk compared to typically developing (TD) children. Diagnostic criteria of ASD include hyper- or hyposensitivity to sensory input. This indicates that there are conversions in their sensory processing. GIS and sensory alteration in ASD can lead to mealtime behavior and feeding problems like selective eating. This study aimed to compare gastrointestinal symptoms, food selectivity, and mealtime behavior problems of children with ASD aged 3.5-6 years and age-matched TD children. Caregivers of participants completed a modified Food Frequency Questionnaire (FFQ), Brief Autism Mealtime Behavior Inventory (BAMBI), Korean Children's Eating Behavior Inventory (K-CEBQ), and 6-item GI Severity Index (6-GSI). In conclusion, compared to TD children, children with ASD were more likely to have higher mealtime behavior problems and feeding problems.



[별첨20] 상표<Touch in> 등록증 5류

# 상표등록증

CERTIFICATE OF TRADEMARK REGISTRATION

**등록** 제 40-1833519 호  
Registration Number

**출원번호** 제 40-2020-0189031 호  
Application Number

**출원일** 2020년 10월 23일  
Filing Date

**등록일** 2022년 02월 15일  
Registration Date



상표권자 Owner of the Trademark Right

주식회사 에브릿(160111-\*\*\*\*\*)  
대전광역시 대덕구 대화로 20 (대화동)

상표를 사용할 상품 및 구분

List Of Goods

제 05 류  
어류에서 추출한 콜라겐을 주원료로 하는 건강기능  
식품등 19건

# Touch in

위의 표장은 「상표법」에 따라 상표등록원부에 등록되었음을 증명합니다.  
This is to certify that, in accordance with the Trademark Act, a trademark  
has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



**특허청**  
Korean Intellectual  
Property Office

2022년 02월 15일

**특허청장**  
COMMISSIONER,  
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

김용래



QR코드로 현재기준  
등록사항을 확인하세요



[별첨21] 상표<Touch in> 등록증 29류

# 상표등록증

CERTIFICATE OF TRADEMARK REGISTRATION

등록

제 40-1833522 호

Registration Number

출원번호

제 40-2020-0189057 호

Application Number

출원일

2020년 10월 23일

Filing Date

등록일

2022년 02월 15일

Registration Date



상표권자 Owner of the Trademark Right

주식회사 에브릿(160111-\*\*\*\*\*)

대전광역시 대덕구 대화로 20 (대화동)

상표를 사용할 상품 및 구분

List Of Goods

제 29 류

어류에서 추출한 콜라겐을 주성분으로 하는 건강보

조식품등 16건

# Touch in

위의 표장은 「상표법」에 따라 상표등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

This is to certify that, in accordance with the Trademark Act, a trademark has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



특허청

Korean Intellectual Property Office

2022년 02월 15일

특허청장

COMMISSIONER,  
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

김용래



QR코드로 현재기준  
등록사항을 확인하세요



[별첨22] 상표<Touch in Sliver> 5류 출원사실증명원

발급번호 : 5-5-2022-056382853



# 출원사실증명원 CERTIFICATE OF APPLICATION

출원인 Applicant	성명 Name	주식회사 에브리트 EVERIT CO., LTD.	주민번호 Residence No	160111-0337645
	주소	대전광역시 대덕구 대화로 20 (대화동)	전화번호	02-557-3570
출원번호 Application Number		상표-2022-0196979 TRADE MARK-2022-0196979	출원일자 Filing Date	2022년 10월 28일 OCT 28, 2022
발명(고안)의 명칭, 디자인을 표현할 물품, 상품(서비스업)류 구분  Title of Invention, Product(s) Embodied in Design, or Classification of Mark		Touch in Silver 05류		
용도	확인용	상품분류	05	
최종처분상태		최종처분일		

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

2022년 11월 04일

특 허 청  
COMMISSIONER



● 본 증명서는 인터넷으로 발급되었으며, 특허청 홈페이지(www.kipo.go.kr)의 '특허청 증명서 발급' 메뉴를 통해 발급번호 또는 문서번호의 바코드로 내용의 위·변조 여부를 확인해 주십시오. 단, 발급번호를 통한 확인은 90일까지 가능합니다.

[별첨23] 상표<Touch in Youth> 29류 출원사실증명원

발급번호 : 5-5-2022-056383191



# 출원사실증명원 CERTIFICATE OF APPLICATION

출원인 Applicant	성명 Name	주식회사 에브리트 EVERIT CO., LTD.	주민번호 Residence No	160111-0337645
	주소	대전광역시 대덕구 대회로 20 (대회동)	전화번호	02-557-3570
출원번호 Application Number		상표-2022-0197004 TRADE MARK-2022-0197004	출원일자 Filing Date	2022년 10월 28일 OCT 28, 2022
발명(고안)의 명칭, 디자인을 표현할 물품, 상품(서비스업)류 구분  Title of Invention, Product(s) Embodied in Design, or Classification of Mark		Touch in Youth 29류		
용도	확인용	상품분류	29	
최종처분상태		최종처분일		

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

2022년 11월 04일

특 허 청  
COMMISSIONER



◆ 본 증명서는 인터넷으로 발급되었으며, 특허청 홈페이지(www.kipo.go.kr)의 '특허포·증명서 발급' 메뉴를 통해 발급번호 또는 문서하단의 바코드로 내용의 위·변조 여부를 확인해 주십시오. 단, 발급번호를 통한 확인은 90일 이하 가능합니다.

[별첨24] (주)에브리트 전시회 출품포스터 (앞)

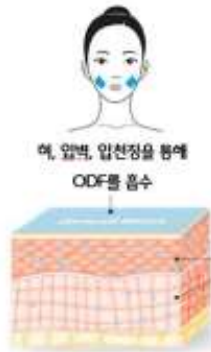
# EVERIT ODF(Orally Dissolving Film)

(주) 에브리트 3D 프린팅 기법을 이용한 설계형 건강기능식품

## 1 신개념 건강기능식품, 먹지말고 흡수하기!



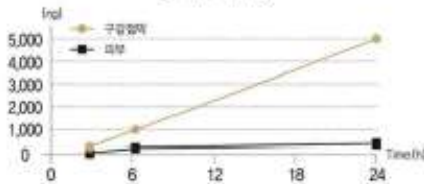
물 없이 바로 먹지 말고 바로



구강용해필름(ODF, Orally Dissolving Film)은 구강상피세포를 통해 흡수시킴으로서 소화관, 간을 거치지 않고 혈액으로 바로 흡수시키는 신개념 건강식품입니다.  
언제 어디서나 물없이 간편하게 입안에 녹이는 건강을 제형하세요.

## 2 영양성분 그대로 흡수하는 고기능 건강식품

[콜라겐 흡수율]



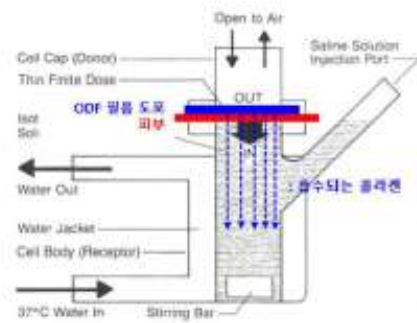
※ 1. 100%의 콜라겐을 흡수하는 구강용해필름(ODF)은 피부용 콜라겐보다 92배나 높은 콜라겐 흡수율을 보인다.  
※ 2. 100%의 콜라겐을 흡수하는 구강용해필름(ODF)은 피부용 콜라겐보다 92배나 높은 콜라겐 흡수율을 보인다.

구강용해필름(ODF, Orally Dissolving Film)은 모세혈관이 풍부하며 각질층이 없는 구강점막을 이용해 영양소를 흡수하는 식품입니다.

일본 히메지 도코대학의 다니구치 교수는 콜라겐을 이용해 피부세포보다 구강점막세포의 흡수율이 92배나 높다는 것을 증명한바 있습니다.



주식회사 에브리트는 ODF의 놀라운 흡수력과 우수성을 알리기 위해 끊임없이 연구하는 기업입니다.  
우리가 개발한 시험법과 3D프린터를 이용한 혁신적인 생산기법을 소개합니다.



\* 본 연구는 IPET 농림식품기술기획평가원 과 OHSUNG 오성시스템 오성시스템(주) OHSUNG SYSTEM CO., LTD. 이 함께 합니다.

[별첨25] (주)에브리트 전시회 출품포스터 (뒤)

# EVERIT ODF(Orally Dissolving Film)

(주)에브리트 3D 프린팅 기법을 이용한 설계형 건강기능식품

## 3 개인 맞춤형 건강기능식품의 현실화

‘개인 맞춤형 건강기능식품’ 판매가 현실화 되고 있습니다. 이제 건강기능식품은 사먹는 것이 아니라 맞추는 것이 되고 있습니다.



ODF는 개인에게 필요한 영양설계대로 제조하는 것이 가능합니다. 소규모 다품종 생산을 가능하게 하는 주식회사 에브리트의 신기술을 선보입니다.

## 4 3D프린터가 구현하는 건강기능식품의 가능성



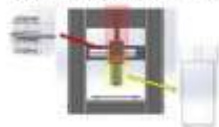
**SMART3D FoodBot!**

CE, FCC, RoHS, REACH, International Food Approval

주식회사 에브리트는 3D프린트 기법을 활용해 다품종 소량생산이 가능한 ODF형 건강기능식품을 제조시행중에 있습니다. 개인맞춤이 가능한 조절형 건강기능식품으로 본인에게 꼭 맞는 독특한 영양관리를 지향하십시오.



① 3D → 25D로의 전환  
ODF에 적합한 구동방식으로 설정



② 토출부 시스템 신규설계  
압축성, 리드후션 밀려야 문제를 해결



\* 본 연구는 IPET 농림식품기술기획평가원 과 OHSUNG 오성시스템 오성시스템(주) 오성시스템(OHUNG SYSTEM CO., LTD.) 이 함께 합니다.

[별첨26-32] 개인정보 보호에 따라 첨부를 삭제합니다.

---

[별첨33] 특허등록증 10-2641523

# 특허증

## CERTIFICATE OF PATENT

**특 허**  
Patent Number

**출원번호**  
Application Number

**출원일**  
Filing Date

**등록일**  
Registration Date

**제 10-2641523 호**

**제 10-2023-0108718 호**

**2023년 08월 21일**

**2024년 02월 22일**

**발명의 명칭** Title of the Invention  
**3D프린터를 이용한 ODF 제조장치 및 이를 이용한 ODF의 제조방법**

**특허권자** Patentee  
**등록사항란에 기재**

**발명자** Inventor  
**등록사항란에 기재**

**위의 발명은 「특허법」에 따라 특허원부에 등록되었음을 증명합니다.**  
**This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.**



**특허청**  
Korean Intellectual Property Office

2024년 02월 22일

**특허청장**  
COMMISSIONER,  
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE





QR코드로 현재기준  
등록사항을 확인하세요