

(옆면)

(앞면)

119031-  
3

클린라벨식품을 위한 물리적 변형전분의 개발

2021

농림식품기술기획평가원  
농림축산식품부

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

발간등록번호

11-1543000-004001-01

# 클린라벨 식품을 위한 물리적 변형전분의 개발

2022.04.04

주관연구기관 / 고려대학교  
협동연구기관 / 영흥식품(주)

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “클린라벨 식품을 위한 물리적 변형전분의 개발”(개발기간 : 2019. 5. 20  
~ 2021. 12. 31) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2022.04.04

주관연구기관명 : 고려대학교 산학협력단 (인)  
협동연구기관명 : 대표이사 서 일 숙



주관연구책임자 : 임 승 택  
협동연구책임자 : 서 일 숙

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

## 보고서 요약서

과제고유번호	119031-3	해 당 단 계 연 구 기 간	2019.05.20. - 2021.12.31	단 계 구 분	3차년도/ 3차년도
연구사업명	중 사업명	농식품기술개발사업			
	세부사업명	맞춤형혁신식품 기술개발			
연구과제명	대 과제명	(해당 없음)			
	세부과제명	클린라벨 식품을 위한 물리적 변형전분의 개발			
연구책임자	임승택	해당단계 참여 연구원수	총 : 12명 내부 : 11명 외부 : 1명	해당단계 연구비	정부 : 87,000천원 기업 : 38,700천원 계 : 125,700천원
		총연구기간 참여 연구원 수	총 : 12명 내부 : 11명 외부 : 1명	총연구비	정부 : 228,000천원 기업 : 77,400천원 계 : 305,400천원
연구기관명 및 소속부서명	고려대학교 산학협력단		참여기업명	영흥식품(주)	
요약				보고서면수	107
<p>[연구개발 목표]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 클린라벨 식품의 첨가물로 활용될 수 있는 점증제 및 겔화제 용도의 물리적 변형 전분 2종 이상 개발</li> <li>- 도출된 물리적 변형전분을 클린라벨 가공식품에 적용하고 시제품 3종 이상 생산</li> <li>- 과제종료 3년 이내 매출액 5억원, 10년 이내 매출액 50억원 달성</li> </ul> <p>[연구개발 성과]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 물리적 처리를 이용하여 전분의 호화점도가 100% 이상 증가하여 점증제 용도로 적합한 클린라벨 전분을 개발함</li> <li>- 물리적 처리를 이용하여 전분겔의 경도 및 씹힘성이 각각 3.2배, 4.0배 증가하여 겔화제 용도로 적합한 클린라벨 전분을 개발함</li> <li>- 파일럿 스케일에서 해당 전분들을 대량 생산하였으며, 이렇게 생산된 전분의 물성은 랩 스케일에서 생산된 전분과 거의 유사하였음</li> <li>- 본 과제로 도출된 물리적 변형 전분을 이용하여, 클린라벨 식품에 첨가 활용하였으며, 물성이 증진된 것을 확인함</li> </ul>					

최종보고서							보안등급					
							일반[ ], 보안[ ]					
중앙행정기관명		농림축산식품부		사업명		사업명		맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발				
전문기관명 (해당 시 작성)				내역사업명 (해당 시 작성)								
공고번호				총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)								
				연구개발과제번호		119031-3						
기술분류	국가과학기술 표준분류	식품가공학	60%	식품화학	20%	기능성식품	20%					
	농림식품과학기술분류	PA0101 (식품화학)	70%	PA0103 (식품가공공정)	30%							
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문										
		영문										
연구개발과제명		국문	클린라벨 식품을 위한 물리적 변형전분의 개발									
		영문	Development of physically modified starches for the clean labeled foods									
주관연구개발기관		기관명	고려대학교 산학협력단		사업자등록번호		209-82-08298					
		주소	서울시 성북구 안암로 145 고려대학교		법인등록번호		114471-0002565					
연구책임자		성명	임승택		직위		교수					
		연락처	직장전화			휴대전화						
			전자우편			국가연구자번호						
연구개발기간		전체	2019. 05. 20. - 2021. 12. 31 (32개월)									
		단계 (해당 시 작성)	1단계									
			n단계									
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금 지방자치단체 기타( )				합계		연구개발비 외 지원금	
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계		228,000	7,800	69,600					235,800	69,600	305,400	
1 단계	1년차	58,000							58,000		58,000	
	2년차	83,000	3,900	34,800					86,900	34,800	121,700	
	3년차	87,000	3,900	34,800					90,900	34,800	125,700	
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명	책임자		직위		휴대전화		전자우편		비고	
		영흥식품	서일숙		대표이사						역할 기관유형 공동 중소기업	
위탁연구개발기관												
연구개발기관 외 기관												
연구개발담당자 실무담당자		성명	조동화		직위		연구교수					
		연락처	직장전화			휴대전화						
			전자우편			국가연구자번호						

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

2022년 3월 30일

연구책임자: 임 승 택 (인)

주관연구개발기관의 장: 고려대학교 산학협력단장 조석주 (직인)  
공동연구개발기관의 장: 영흥식품(주) 대 표 이 사 서일숙 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

## < 요약 문 >

사업명		맞춤형혁신식품기술개발(R&D)		총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)				연구개발과제번호		119031-3	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	식품가공학	60 %	식품화학	20 %	기능성식품	20%
	농림식품 과학기술분류	PA0101 (식품화 학)	70 %	PA0103 (식품가공 공정)	30 %		
연구개발과제명		클린라벨 식품을 위한 물리적 변형전분의 개발					
전체 연구개발기간		2019. 05. 20. - 2021. 12. 31 (32개월)					
총 연구개발비		총 305,400천원 (정부지원연구개발비: 228,000천원, 기관부담연구개발비 : 77,400천원)					
연구개발단계		기초[ ] 응용[ ] 개발[■] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준( ) 종료시점 목표( )	
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 클린라벨 식품의 첨가물로 활용될 수 있는 점증제 및 겔화제 용도의 물리적 변형전분 2종 이상 개발</li> <li>○ 도출된 물리적 변형전분을 클린라벨 가공식품에 적용하고 시제품 3종 이상 생산</li> <li>○ 과제종료 3년 이내 매출액 5억원, 10년 이내 매출액 50억원 달성</li> </ul>					
	전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 1차년도 목표               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다양한 물리적 처리를 활용한 점증제 용도의 물리적 변형전분 개발 [주관-고려대]</li> <li>○ 신속점도계상에서 점도 (viscosity)의 값이 20% 이상 증가한 물리적 변형전분 1종 이상 개발 [주관-고려대]</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> 2차년도 목표               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 물리적 처리법의 병행처리를 활용한 겔화제 용도의 물리적 변형전분 개발 [주관-고려대]                   <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전분겔의 경도가 50% 이상 증가한 물리적 변형전분 1종 이상 개발</li> </ul> </li> <li>○ 점증제 용도로 개발된 물리적 변형전분의 시제품 제조 및 가공식품 적용 가능성 확인 [협동-영흥식품]</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> 3차년도 목표               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 천연소재 첨가를 활용한 전분 복합체 형성 유도 및 물리적 변형 극대화 [주관-고려대]</li> <li>○ 겔화제 용도로 개발된 물리적 변형전분의 시제품 제조 및 가공식품 적용 가능성 확인 [협동-영흥식품]</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> 1차년도 연구 수행 내용               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가열처리에 따른 천연전분의 물성 변화 관찰 및 기작 연구                   <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가열처리 방법: 습열 및 건열 처리</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>					

- 비가열처리에 따른 천연전분의 물성 변화 관찰 및 기작 연구
  - 냉해동처리, 고속교반처리, 초음파처리
- 품질 분석 방법
  - 신속속도점도계 (Rapid Visco-Analyzer, RVA): 점도 및 페이스트 형성 기작, 노화안정성
  - 시차주사열량법 (Differential Scanning Calorimeter, DSC): 전분의 호화온도 및 호화엔탈피
  - 물성분석기 (Texture Analyzer, TA): 전분 겔의 조직감 분석
  - 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope, SEM): 전분입자 표면 분석

□ 2차년도 연구 수행 내용

[주관연구기관(고려대)]

- 물리적 처리법의 병행처리를 이용한 겔화제 용도의 물리적 변형전분 개발
  - 병행처리를 이용한 전분의 물성 부여 및 이의 기작 연구
- 1차년도 연구결과를 바탕으로 3종 이상의 병행처리 방법을 시행함
  - 습열/냉해동 병행 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
  - 습열/주정 병행 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
  - 습열/건열 병행 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
- 습열/냉해동 병행 처리를 이용하여 옥수수전분겔, 감자전분겔, 타피오카전분겔의 경도를 각각 110%, 61%, 56% 증가시킴
- 습열/주정 병행 처리를 이용하여 감자전분겔, 타피오카전분겔의 경도를 각각 320%, 40% 증가시킴
  - 2차년도의 수치화된 목표(전분겔의 경도가 50% 이상 증가한 물리적 변형전분 1종 이상 개발)를 초과 달성함

[협동연구기관(영흥식품)]

- 점증제 용도로 개발된 물리적 변형전분의 시제품 생산
  - 전년도 주관기관의 연구결과를 토대로 두 종의 물리적 변형전분의 시제품을 생산(건열처리 타피오카 전분, 건열처리 고구마 전분)
    - 대량생산(500kg)에서도 물리적 변형의 효과가 소량 생산과 유사했음
- 제품 생산 비용 산출 및 화학적 변형전분과 비교
  - 제조 단가는 화학적 처리법과 큰 차이가 없었으며, 클린라벨 식품에 적용가능한 원재료로써 상업적 이용 가능성이 높을 것으로 판단함
- 시제품(물리적 변형 전분)을 2종 이상의 클린라벨 식품에 첨가 활용하고 상업적 이용 가능성을 검토함
  - 고구마 당면 및 타피오카 당면에 건열처리한 타피오카 전분을 첨가하였음

→ 대조군과 비교하여 물리적 변형전분을 첨가한 당면의 물성이 좋았으며 상업적 이용이 가능할 것으로 판단함

□ 3차년도 연구 수행 내용

[주관연구기관(고려대)]

- 천연소재 첨가와 물리적 처리의 병용처리를 이용한 물성 개선이 극대화된 전분 개발
  - 검 첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 변화 및 이의 기작 연구
    - 검첨가/냉해동 병용 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
    - 검첨가/습열 병용 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
    - 검첨가/습열/냉해동 병용 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
  - 포도당 첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 변화 및 이의 기작 연구
  - 천연 유화제(lecithin) 첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 변화 및 이의 기작 연구
    - 2차년도의 수치화된 목표(최종점도가 50% 이상 증가한 물리적 변형 전분 개발, 전분 gel의 경도가 100% 이상 증가한 물리적 변형 전분 개발, 전분 gel의 씹힘성이 70% 이상 증가한 물리적 변형 전분 개발)를 초과 달성함

[협동연구기관(영흥식품)]

- 겔화제 용도로 개발된 물리적 변형전분의 시제품 생산
  - 전년도 주관기관의 연구결과를 토대로 세 종의 물리적 변형전분의 시제품을 생산 (주정/습열처리 타피오카 전분, 주정/습열처리 고구마 전분, 주정/습열처리 감자 전분)
    - 대량생산(500kg)에서도 물리적 변형의 효과는 소량생산과 유사했음.
- 제품 생산 비용 산출 및 화학적 변형전분과 비교
  - 제조 단가는 추가적인 공정과 함께 상승하였으나, 그럼에도 화학적 처리법으로 제조된 변형전분의 제조 단가보다 약간 비싼 수준이었음. 고부가가치를 가진 클린라벨 식품에의 이용 가능성을 고려한다면 상업적 이용이 가능할 것으로 사료됨
- 시제품(물리적 변형 전분)을 2종 이상의 클린라벨 식품에 첨가 활용하고 상업적 이용 가능성을 검토함
  - 변형처리한 감자 및 고구마 전분을 한국 전통 식품인 당면 제조에 이용하였음
  - 변형처리한 타피오카 전분을 이용하여 경제성이 높은 고품질의 냉동식 타피오카 당면을 제조했음.
  - 대조군(천연전분으로 생성된 당면)에 비해 물성이 확연히 개선된 것을 확인할 수 있었음. 비록 변형전분은 천연전분보다 제조 단가 및 소비자가가 높지만, 유의적인 품질 개선을 고려하면 상업적 이용이 충분히 가능할 것임. 다만, 새롭게 변형된 타피오카 전분

		은 대조군에 비해 호화가 어려운 단점이 있어 2차 가공식품 생산 공정 일부를 수정할 필요가 있을 것으로 판단함
--	--	---

연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 물리적 처리를 이용하여 전분의 호화점도가 100% 이상 증가하여 점증제 용도로 적합한 클린라벨 전분을 개발함</li> <li>- 물리적 처리를 이용하여 전분겔의 경도 및 씹힘성이 각각 3.2배, 4.0배 증가하여 겔화제 용도로 적합한 클린라벨 전분을 개발함</li> <li>- 파일럿 스케일에서 해당 전분들을 대량 생산하였으며, 이렇게 생산된 전분의 물성은 랩 스케일에서 생산된 전분과 거의 유사하였음</li> <li>- 본 과제로 도출된 물리적 변형 전분을 이용하여, 클린라벨 식품에 첨가 활용하였으며, 물성이 증진된 것을 확인함</li> </ul>
--------	---

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 관련 분야 우수 학회지 게재를 통하여 관련 분야에서 학술적으로 유리한 입지를 선점함</li> <li>- 관련 특허 출원 및 등록을 통하여 해당 분야에 대한 국가 경쟁력 확보 및 해당 산업 분야 보호</li> <li>- 해당 과제로 도출된 물리적 변형을 활용한 새로운 식품 분야 개척</li> <li>- 클린라벨 식품 분야 개척을 통한 국내 식품 산업 활성화, 국내 기업의 해외 진출 역량 증진, 국민 건강 증진에 기여</li> <li>- 점증제 및 겔화제 용도의 물리적 변형전분의 가공식품 첨가물로 활용</li> <li>- 제품생산을 위한 기술이전 및 공정의 최적화를 위한 업체와의 협업 지속</li> <li>- 다국적 기업으로의 기술이전으로 글로벌 식품시장으로 진출 모색</li> <li>- 코팅제, 접착제, 난소화성 전분 등의 변형전분 용도로서의 기술로 지속적 연구</li> <li>- 식품외 제품, 즉 제지, 제약, 섬유 등에 활용되는 화학적 변형전분의 대체효과 모색</li> <li>- 해외시장 진출을 원활히 하기위해 다국적 전분당업체에 기술이전을 모색함</li> <li>- 물리적 특성에 따라 냉장 유통 식품용, 드레싱용 등의 다양한 클린라벨 전분을 원재료 형태로 생산 및 B2B (식품업체 및 식자재 대리점 등) 판매</li> <li>- 클린라벨 시제품 (가공식품)의 제조 노하우를 수요처에 제공함으로써 클린라벨 식품의 보급화에 기여</li> <li>- 과제에서 도출된 클린라벨 전분을 이용한 클린라벨 식품 (소스류, 디저트용 등)을 개발하고 자사 (영흥식품) 홈페이지를 통하여 소비자(B2C)에게 판매함</li> <li>- 개발한 클린라벨 전분은 자사 (영흥식품)의 우선적으로 자체 설비를 이용하여 생산할 계획에 있으며, 이후 자체 설비 증축을 통해 가격 경쟁력 확보하고 유럽 및 북미 시장 진출을 추진할 예정임</li> </ul>
---------------------	---

연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당 사항 없음
--------------------	----------

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
	2	2					생명 정보	생물 자원	정보		실물	
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	클린라벨 전분			물리적 변형 처리		습열처리						
영문핵심어 (5개 이내)	Clean-label starch			Physical modification		Hydrothermal treatment						



## 〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 -----	9
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 -----	17
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 -----	26
4. 목표 미달 시 원인분석 -----	94
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 -----	95
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 -----	95

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1-1. 연구개발의 필요성

### ○ 클린라벨 식품

- 클린라벨(Clean label) 식품이란 인체 유해성 논란이 있는 합성첨가물을 사용하지 않고, 천연재료만을 사용하여 제조되는 식품으로, 생산 및 유통과정이 투명한 제품을 의미함
- 식품첨가물 정보를 제시하는 2017년 INNOVA Market Insight에서는 탑 트렌드 10위 중 1위로 “Clean supreme”을 제시하였으며, 여기에는 합성첨가물, GMO, 글루텐 등이 첨가되지 않는 식품이 포함
- 식품업계에서는 “웰빙”, “천연식품”, “논케미”, “첨가물 지양”과 같은 트렌드가 끊임없이 등장하고 있으며 시간이 지남에 따라 그 시장규모가 더욱 커지고 있음 (그림 1-1.)
- 2015년, 글로벌 클린라벨 식품 시장규모는 1,650억 달러 (한화 약 185조 6천억원)를 기록함
- 미국, 유럽 등 서구권에서는 클린라벨 식품에 대한 소비자 선호도가 매우 강하며 아시아에서는 중국 클린라벨 식품 수요 증가로 다양한 클린라벨 가공식품들이 개발되고 시장에 소개되고 있음
- 국내에서는 클린라벨에 대한 소비자 인식이 다소 부족하고, 정확히 표준화된 규정도 존재하지 않는 실정이나 추후 식품산업에 중요한 이슈로 부각될 것으로 기대됨
- 클린라벨 식품과 유사한 형태로 유기농 식품이 있는데, 식재료 및 첨가물의 사용이 규정에 따라 엄격히 제한되고 있으므로 클린라벨의 표기가 적용되지 않음
- 클린라벨 식품의 세계적 증가추세에 맞게 합성식품첨가물을 대체하는 천연식품첨가물의 개발 및 활용기술은 글로벌화를 추구하고 있는 국내 식품산업의 경쟁력 확보에 매우 중요함

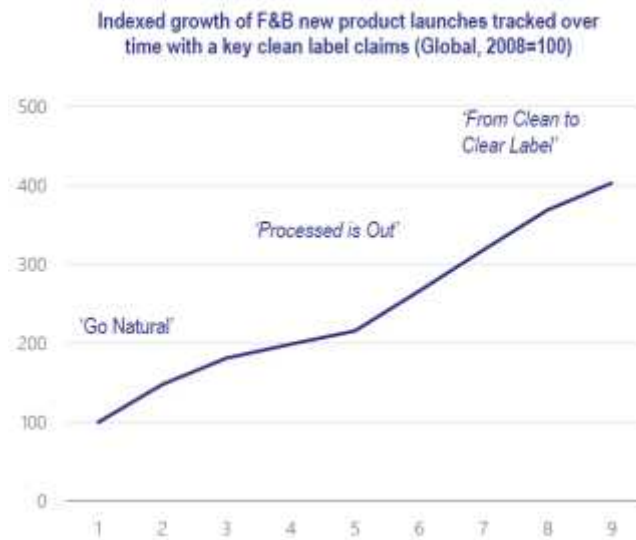


그림 1-1. 클린라벨 제품 런칭 지수 상승표

### ○ 전분의 클린라벨 식품 활용 동향

- 식품첨가물 중 전분(starch)은 수세기동안 식품첨가물로 사용되고 있으며, 천연전분의 열악한 특성으로 인해 대부분의 식품용 전분은 화학적 처리가 된 변형전분 (modified starch)임
- 하지만 화학적 처리가 된 변형전분은 클린라벨 식품 및 유기농 식품에 사용할 수 없음

- 최근 Ingredion, Cargill, Beneo 등 국제적으로 알려진 다국적 전분당업체에서는 화학적 변형전분을 대체하는 있는 물리적 변형전분의 개발에 사활을 걸고 있으며, 이미 제품이 출시되고 있음
- 하지만 국내 전분당업체는 전분의 물리적 변형기술 개발에 대한 의지가 부족하며 관련연구가 거의 전무한 상태임
- 클린라벨 식품 및 유기농 식품에 활용될 전분소재의 제조 및 활용기술의 확보는 글로벌 식품첨가물 시장에서 경쟁력을 확보할 수 있는 중요한 과제임

○ 클린라벨 식품-시장에서의 선호도

- 화학적 변형전분은 식품첨가물의 한 종류인데, 인공첨가물에 대한 전반적인 소비자의 기호도가 좋지 못함
- 한국식품연구원이 최근 진행한 식품첨가물 관련 인식조사에서 19세에서 60세 남녀 1,067명을 응답자들 중 약 70%의 응답자가 식품첨가물이 유해한 것으로 인식하고 있음을 확인할 수 있음(한국경제 2019. 4. 26. 기사)
- 이러한 소비자의 식품첨가물에 대한 부정적 인식의 증가는 첨가물을 넣지 않은 원물간식 시장의 성장으로 이어지고 있는데, 2014년 5,000억원 수준의 원물간식 시장은 2017년 6,200억 원으로 연평균 약 10% 성장하고 있음
- 미국 소비자들 역시 인공첨가물(artificial ingredients)에 대한 부정적 인식이 존재하는 것으로 나타났음.
- The International Food Information Council(IFIC) Foundation의 설문조사(2018 Food & Health Survey)에 따르면 약 70%의 소비자가 인공첨가물이 첨가되지 않은 식품을 크게 선호하는 것으로 나타났으며, 인공첨가물이 포함되지 않은 식품을 선호하는 소비자 중 40%는 가격이 1.5배 비싸도 해당 제품을 구매하고 싶으며, 20%는 2배 비싸더라도 인공첨가물이 첨가되지 않은 제품을 구매할 것이라 응답함
- 소비자의 클린라벨 식품에 대한 관심 증가 및 인공 첨가물에 대한 유해성 인식은 클린라벨 물리적 변형전분이 소비자에게 선호될 수 있음을 나타냄

1-2. 연구개발 대상의 국내·외 현황

가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

- 전분은 옥수수, 감자, 고구마, 타피오카, 쌀, 밀 등 식물조직으로부터 손쉽게 얻어지며 가격이 저렴하여, 다양한 가공식품의 물성, 가공성 및 생리적 기능을 향상하는데 첨가제로 사용됨 (표 1-1)
- 하지만 천연상태로 얻어지는 전분은 페이스트 점도 및 안정성이 취약하여, 대부분 화학적 처리로 전분의 구조를 변화시킨 변형전분(혹은 변성전분)으로 사용됨
- 신속점도계 상에서 천연 찹옥수수는 최종점도가 낮고 breakdown이 높은 반면 화학적으로 가교결합시킨 찹옥수수는 천연 찹옥수수에 비해 최종점도가 약 2배 정도 높으며 breakdown 수치도 매우 낮은 것을 알 수 있음 (그림 1-2)

- 현재 식품용 변형전분을 제조하는 기술의 대부분은 화학공정에 의존하며 치환, 가교, 산화 등의 화학반응으로 기인되며, 물리적 변형전분의 제조는 pregelatinization, 습열처리 등이 활용됨 (표 1-2 참조)

표 1-1. 전분의 식품사용 용도

Functions	Examples
Thickener	Puddings, sauces, pie fillings
Binder	Formed meats; breaded items; pasta
Gelling agents	Confections
Encapsulation, Emulsion Stabilizer	Flavours, bottled emulsions
Coating	Candies, glazes, icings and toppings
Water Binder	Cakes
Free Flowing/Bulking Agent	Baking powder
Releasing Agent	Candy making
Texture modifier	Processed cheese, meat products
Fat Replacer	Salad dressings, dairy products, baked goods

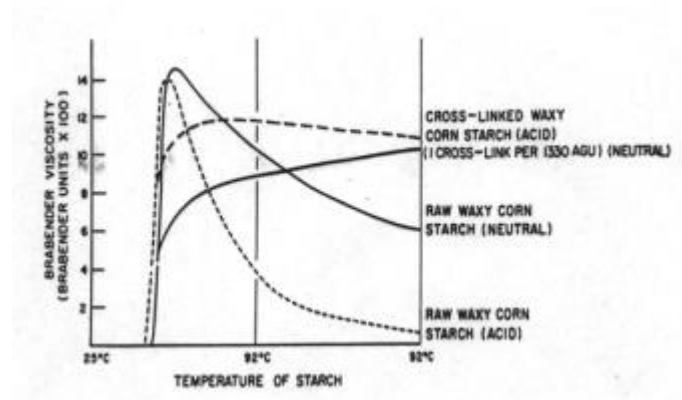


그림 1-2. 찹옥수수 전분의 가교에 의한 페이스트 점도변화 (Wurzburg 1978)

표 1-2. 식품첨가용 전분의 변형방법 및 제품

Type of modification	Products
1. Chemical modification (cross-linking, Substitution, Conversion)	Distarch phosphate Starch esters: Acetylated starch, starch phosphate, octenylsuccinate-treated starch. Starch ether: hydroxypropylated starch, carboxy methylated starch, cationized starch etc. Acid converted starch, oxidized starch, bleached Starch. Pyroconversion (dextrinization): dextrin, British gum, etc.
2. Physical modification (Pregelatinization, Heat treatment, Radio treatment)	Pregelatinized starch Heat-moisture treated starch, annealed starch Radio treated starch
3. Enzymatic Modification	Maltodextrins, cyclodextrin, amylose etc.

- 효소에 의해 전분구조를 변형시키는 공정 역시 변형전분의 제조에 활용될 수 있으나, 현재에는 전분이 과도하게 분해된 덱스트린류 제품만이 사용되고 있음

- 효소를 사용하여 변형전분을 제조하는 기술은 고비용의 문제점이 있으나 추후 활용될 가능성이 높음
- 현재 식품용 변형전분의 80%이상은 화학 변형전분이며, 물리적 변형전분은 즉석식품 및 난소화성식품 등 일부 특이한 용도로 사용되고 있음
- 변형전분의 식품첨가물로서 대표적인 용도 중 하나는 액상식품의 점도를 부여하고 흐름성을 조절하며 식감 및 저장성을 향상시키는 목적으로 사용되는 점증제 및 분산안정제가 해당됨
- 점증제 및 분산안정제 역할을 하는 변형전분 대부분은 화학적 처리에 의해 생산되는 변형전분임
- 따라서 이러한 용도로 사용되는 화학적 변형전분을 대체하는 목적으로 물리적 변형전분을 개발하는 것은 본 연구목적에 적합할 것으로 기대됨

#### ○ 시장현황

- 국내에서 식품용으로 사용되고 있는 전분은 국내 생산량 및 수입량 모두 합치면 약 30만톤 정도로 추산되며, 이중 6-7만톤이 양조용으로 사용되고 가공식품에만 사용되는 물량은 22만톤 정도로 추정됨
- 가공식품에는 식품으로써의 천연전분, 식품첨가물으로써의 변형전분이 모두 이용되고 있으며, 변형 전분의 매출액 규모는 약 7백4십억원임 (2017년)
- 국내 생산 변형전분 매출액은 2013년 106억 원 수준이었으나, 2017년 97억 원 수준으로 약간 감소하였으며, 해당 기간 연평균 성장률은 -2.1% 였음
- 수입 변형전분 매출액은 2013년 421억 원 수준이었으나, 2017년 647억 원 수준으로 증가하였으며, 해당 기간 연평균 성장률은 11.3% 였음
- 따라서 국내 생산 및 수입 변형전분의 매출액을 합한 국내 변형전분 매출액 규모는 2017년 기준 총 745억 원 수준이었으며, 연평균 성장률은 약 9.0%였음
- 국내에서 생산되고 있는 식품용 변형전분의 상당량 (매출액의 약 87%)은 수입변형전분이며, 국내에서 생산되는 변형전분 역시 미국 및 유럽의 다국적 전분당업체의 기술에 의존하고 있는 실정임
- 또한 국내 식품용 전분시장은 미국, 유럽, 중국 등에 비하면 매우 적으며, 특히 변형전분 사용량은 미국의 5% 정도로 추산됨
- 앞서 살펴본 국내 변형전분 시장의 규모는 2013년 527억 원에서 2017년 745억 원으로 연평균 9.0% 성장하는 것을 확인할 수 있으며, 국내 생산의 경우 연평균 성장률이 -2.1%로 감소하였지만, 수입 물량이 지속적으로 증가하면서 (연평균 성장률 11.3%) 전체적인 시장규모는 성장하고 있음
- 또한 Global Information사에 발표한 변형전분 시장 예측보고서에 따르면 세계 변형전분 시장은 2018년 103억 5,000만 달러에서 2023년 126억 7,000만 달러로 연평균 4.1% 성장할 것이라고 예측함 (Global Information, 2018)

표 1-3. 식품첨가용 전분의 변형방법 및 제품

(단위 : 천원)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR
국산 매출액	10,677,216	10,214,077	9,188,444	9,926,200	9,785,659	-2.1%
수입 매출액	42,096,926	63,190,370	70,619,227	81,907,189	64,744,346	11.3%
전체 매출액	52,774,142	73,404,447	79,807,671	91,833,389	74,530,005	9.0%

○ 지식재산권현황

- 다양한 물리적 변형방법(표 1-4)이 이미 국내에도 특허로 등록되어 있으나, 효율성이 떨어져 상업적 이용이 불가능함
- 전분의 물리적 변형기술은 처리 방법이 간편하면서도 그 효과가 화학적 변형을 대체할 수 있을 만큼 커야만 함
- 앞으로의 연구는 전분 입자의 붕괴없이 전분 내 분자구조를 변형하여 전분의 물성을 변형시킬 수 있는 기술의 개발이 필요함
- 본 과제에서는 팽윤력이 조절된 전분 입자에 다양한 처리를 함으로써 상업적 이용이 가능한 클린라벨 전분을 개발할 예정임

표 1-4. 특허로 등록된 전분의 물리적 변형 기술

Physical modification	
Thermal processing	Pre-gelatinization
	Superheating
	Annealing
	Heat-moisture treatment
Non-thermal processing	Pulsed electric fields treatment
	Corona electrical discharges
	high hydrostatic pressure treatment
	Nano-milling
	High power ultrasound treatment

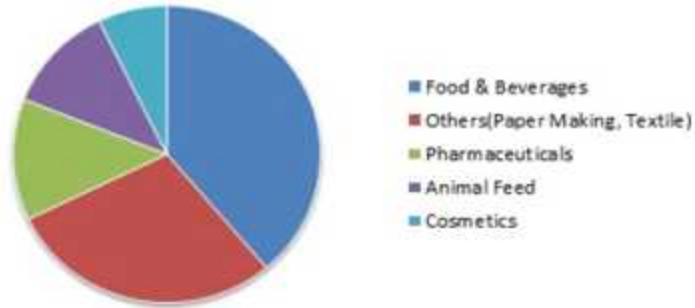
나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

- 전세계적으로 식품분야에서 변형전분의 활용도는 식품용 전분의 약 1/3에 해당함 (그림 1-3)
- 미국 및 유럽 등 다양한 선진국에서 변형전분에 대한 수요가 꾸준히 증가하고 있으며, 이에 따라 세계적인 전분 생산업체 (ingredion, cargil, Beneo 등)에서 물리적 변형전분을 개발 및 상용화

하였음. 이들은 소스, 유제품, 육류, 즉석식품, 제과류 등에서 점증제, 코팅제 등으로 이용되고 있음 (표 1-5)

Modified Starch Market Revenue Share, By Application, 2014 (%)



Source: Expert Insights and IndustryARC Analysis

그림 1-3. 전세계 변형전분(Modified starch)의 활용분야 및 시장점유도(%)

표 1-5. 시판되고 있는 대표적인 물리적 변형전분 제품

-인그리디언사(Ingredion)

제품	특징	적용
NOVATION Prima	- 높은 동결 용해 안정성을 가진 찰옥수수 증점제	- 냉동식품 - 소스
NOVATION Endura	- 높은 공정 내성을 갖는 찰옥수수 기반의 증점제	- 즉석식품 - 소스
Instant NOVATION Organic	- 냉수 팽창제	
NOVATION Uno	- 점성 첨가제	
NOVATION Indulge	- 육류 가공식품용 점도 조절제	- 육류 제품
	- 과도하게 비싼 재료를 대체하기 위한 식감 증진제	- 요거트

-Cargill 사

제품	특징	적용
Sim Pure 99530	- 변형 감자전분으로 물과 결합력이 뛰어나 높은 점도	- 건조스프, 소스 - 푸딩믹스/크림 펄링
Sim Pure 99560	- 편의식품의 동결안정성 유지	- 냉동식품
Sim Pure 99500	- 저온가공에서 높은 점도와 물 결합을 위한 감자조리전분, 육류, 스프 및 소스에 적합	- 소시지 - 치킨너겟
Sim Pure 99570, 99571	- 마일드한 가공에 사용되도록 고안된 인스턴트 전분 - 99570은 매끄러운 질감을 위한 미립자가 특징이며 99571은 펄프 질감을 위한 거친 입자가 특징임.	- 채식주의자용 소시지 펄링 - 수프/소스 믹스

-Beneo 사

제품	특징	적용
Remyline AX DR	- 가금류 가공식품에 적합 - 쌀전분 제품으로 작은 입자크기 - 낮은 노화도	- 가금류

	- 고기 염수를 추가하여 최종 수율과 맛을 높임	
Remyline B7	- 과자코팅 용 쌀전분 - 부드러운 조직감 및 색도 향상	- 검 - 과자

○ 시장현황

- 변형전분을 가장 많이 사용하는 나라는 미국으로 시장 및 향후 추세를 나타낸 자료에 의하면, 작년도 연 매출은 약 80억\$이고 매년 4.2%의 성장추세를 보일 것으로 예상되어 2023년에는 107억\$까지 증가될 것으로 추정됨 (그림 1-4)
- 이 자료에 의하면 식품용 변형전분 시장은 화장품, 사료, 의약품, 제지용 전분 등 전체 전분의 사용량 대비 약 1/3 정도이며 매출액으로 산정하면 약 30억\$에 해당되며 한화로 약 4조원임

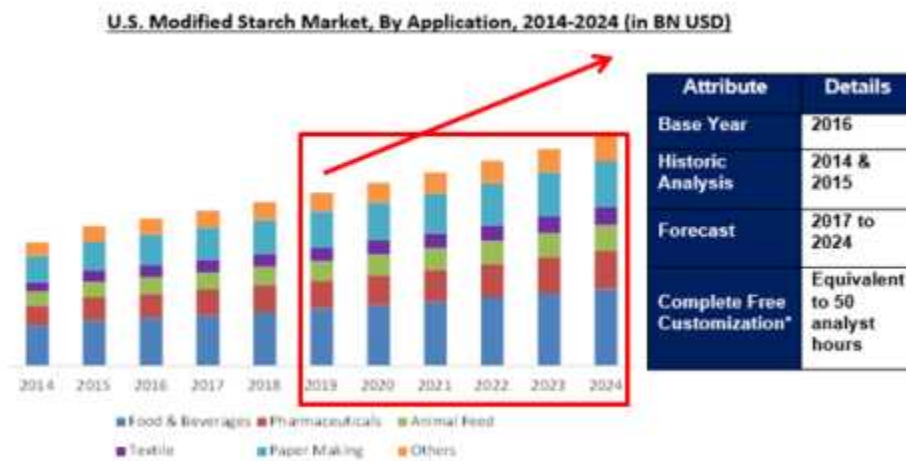


그림 1-4. 미국의 변형전분 시장 현황

- 전분을 물리적으로 변형시켜서 화학적 변형전분의 물성을 구현하는 연구는 이제 막 시작단계이며, 국제적으로 규모가 큰 전분당업체에서 주도적으로 수행되고 있음
- 대표적인 물리적 변형전분으로 현재 식품에 사용되고 있는 제품은, 인그리디언사의 Novation, 카길사의 Simpure, 베네오사의 Remyline전분이 대표적임
- 앞의 두 전분은 옥수수전분을 변형한 것이며, 베네오사 제품은 쌀전분을 소재로 하고 있음
- 이들 물리적 변형전분은 소스, 유제품, 육류, 즉석식품, 제과류 등에서 점증제, 코팅제로 사용되며, 열가공 및 저온저장시 우수한 안정성을 부여하며 식감을 향상시키는 기능을 가지고 있음
- 해당 회사들이 가장 최근에 발표한 clean label 전분은 동결융해 안정성이 높으며 산성, 고온, 고압 환경에서도 안정적인 전분이며 이를 위해서 다양한 근원의 전분들을 혼합하여 개발하였음

○ 지식재산권현황

- 클린라벨 변형전분에 대한 연구 및 발명은 서구권 국가(미국, 유럽)가 주도하고 있으며, 다양한 물리적 처리를 이용한 변형 전분 제조기술이 특허로 등록되어 있음



- 이들 중 Pre-gelatinization을 이용한 전분 변형기술은 전분의 물성을 극적으로 변화시킬 수 있는 장점이 있으나, 전분입자를 완전히 파괴하기 때문에 천연 전분과는 그 특성이 매우 달라서 일반적인 전분 가공식품에는 잘 이용되지 않음
- Annealing과 Heat-moisture treatment는 전분 입자를 파괴하지 않은 상태에서 전분 내부의 분자 배열을 바꿈으로써 물성 변화를 유도하는 기술로 제조법이 간편하지만, 물성 변화가 작기 때문에 상업적으로 이용되지 못하고 있음 (그림 1-5)
- Irradiation은 gamma선, x-선, electron beam 등을 전분에 조사하여 물성을 짧게 하여 파이 필링, 푸딩, 케첩 등에 사용할 수 있다는 장점이 있으나 물리적 변형전분이라고 보기 힘들
- 기존 특허(pre-gelatinization, 화학적 변형전분 제조 기술)와 달리 본 과제에서 이용할 기술은 전분 입자에 적당한 양의 에너지를 가함으로써 전분입자의 구조를 느슨하게 하고, 느슨해진 전분 입자에 추가적인 물리적 처리 및 천연물 처리를 함으로써 전분의 물리적 특성을 효과적으로 변화시킬 수 있음, 이와 같은 기술의 차별성으로 인하여, 해당 기술로 제조된 물리적 변형전분은 기존의 물리적 변형전분이 가지지 못했던 열 및 shear에 대한 안정성 및 겔화 능력을 가짐

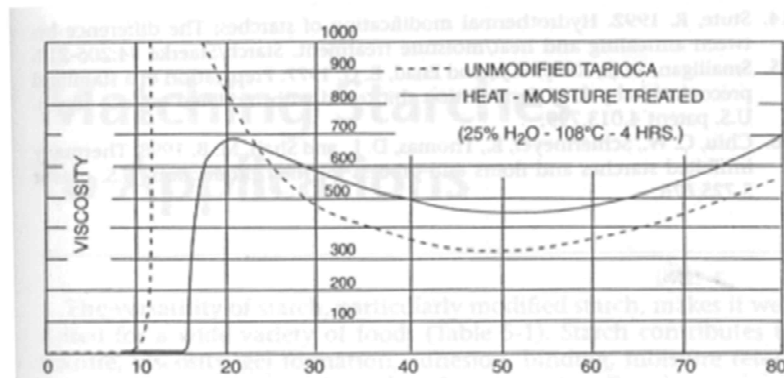
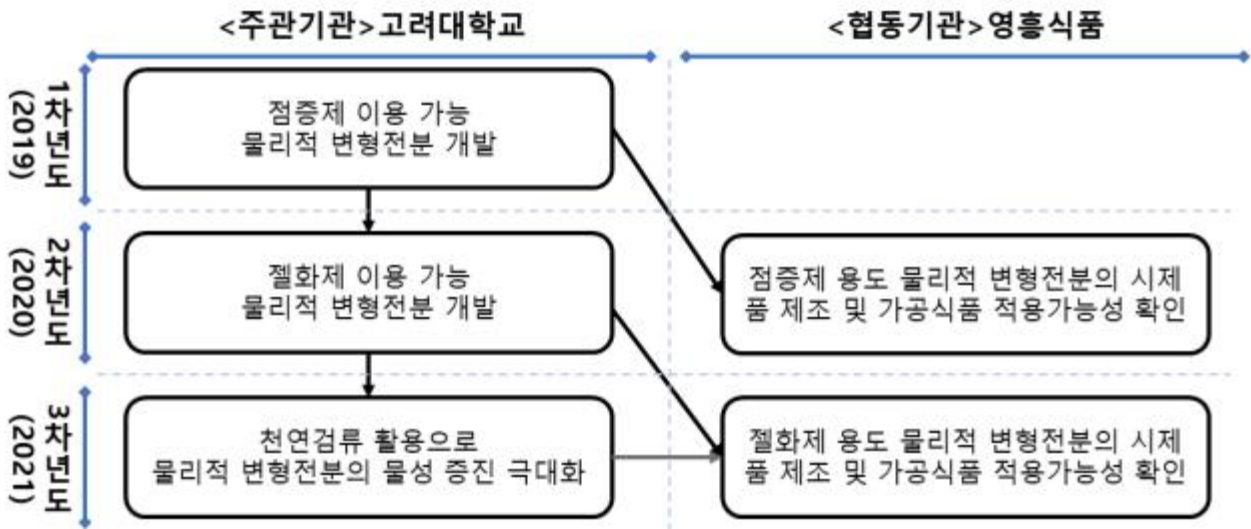


그림 1-5. Heat-moisture treatment 처리 시 타피오카 전분의 호화특성

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 2-1. 연구 수행 과정



### 2-2. 연구 수행 최종 목표

- 클린라벨 식품의 첨가물로 활용될 수 있는 점증제 및 겔화제 용도의 물리적 변형전분 2종 이상 개발
- 도출된 물리적 변형전분을 클린라벨 가공식품에 적용하고 시제품 3종 이상 생산
- 과제종료 3년 이내 매출액 5억원, 10년 이내 매출액 50억원 달성

### 2-3. 연구 수행 연차별 목표 및 수행 내용

#### <1차년도>

##### □ 연구개발 목표

- 다양한 물리적 처리를 활용한 점증제 용도의 물리적 변형전분개발 [주관-고려대]
- 신속점도계상에서 점도 (viscosity)의 값이 20% 이상 증가한 물리적 변형전분 1종 이상 개발 [주관-고려대]

##### □ 연구개발 수행 내용

- 가열처리에 따른 천연전분의 물성 변화 관찰 및 기작 연구
  - 가열처리 방법: 습열 및 건열 처리
- 비가열처리에 따른 천연전분의 물성 변화 관찰 및 기작 연구
  - 냉해동처리, 고속교반처리, 초음파처리
- 품질 분석 방법
  - 신속속도점도계 (Rapid Visco-Analyzer, RVA): 점도 및 페이스트 형성 기작, 노화안정성
  - 시차주사열량법 (Differential Scanning Calorimeter, DSC): 전분의 호화온도 및 호화엔탈피
  - 물성분석기 (Texture Analyzer, TA): 전분 겔의 조직감 분석
  - 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope, SEM): 전분입자 표면 분석

□ 연구개발 요약

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도 (2019)	물리적 변형 처리를 활용한 클린라벨 전분 개발	- 가열처리에 따른 천연전분의 물성 변 화 관찰 및 기작 연 구	- 건열처리를 이용 한 물리적 변형전 분 개발 및 의의 물성 검증	- 건열처리 시 전분의 호화점도 증가 - 특히, 찹옥수수전분 및 감자전분의 최 종점도는 각각 건열처리에 따라 약 40%, 45% 증가 - 건열 처리 시 전분의 호화온도 및 호화 엔탈피 감소 - 전분겔의 경도 및 씹힘성 증가
			- 습열처리를 이용 한 물리적 변형전 분 개발 및 의의 물성 검증	- 습열처리 시 감자 및 타피오카 전분의 최종점도 증가. 특히 감자전분의 최종 점도 약 35% 증가. - 습열처리 시 전분 호화온도 증가 및 호 화엔탈피 감소 - 습열처리 시 전분겔의 경도 및 씹힘성 증가 - 습열처리에 의해 전분 입자 표면 일부 변형됨
		- 비가열처리에 따 른 천연전분의 물성 변화 관찰 및 기작 연구	- 냉해동처리를 이 용한 물리적 변형 전분 개발 및 의의 물성 검증	- 냉해동처리 시 옥수수 및 찹옥수수 전 분 점도 증가 (최종점도 각각 21, 19% 증가). - 냉해동처리 시 옥수수, 감자 및 타피오 카전분의 최종점도 증가. - 냉해동처리 시 전분의 호화 온도 및 엔 탈피 감소
			- 고속교반처리를 이용한 물리적 변 형전분 개발 및 의 의 물성 검증 - 초음파 처리를 이 용한 물리적 변형 전분 개발 및 의의 물성 검증	- 고압균질 처리 전분의 점도는 천연전분 과 유사함 - 초음파 처리 전분의 점도는 천연전분과 유사함

## <2차년도>

### □ 연구개발 목표

- 물리적 처리법의 병행처리를 활용한 겔화제 용도의 물리적 변형전분 개발 [주관-고려대]
  - 전분겔의 경도가 50% 이상 증가한 물리적 변형전분 1종 이상 개발
- 점증제 용도로 개발된 물리적 변형전분의 시제품 제조 및 가공식품 적용 가능성 확인 [협동-영흥식품]

### □ 연구개발 수행 내용

#### [주관연구기관(고려대)]

- 물리적 처리법의 병행처리를 이용한 겔화제 용도의 물리적 변형전분 개발
  - 병행처리를 이용한 전분의 물성 부여 및 이의 기작 연구
- 1차년도 연구결과를 바탕으로 3종 이상의 병행처리 방법을 시행함
  - 습열/냉해동 병행 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
  - 습열/주정 병행 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
  - 습열/건열 병행 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
- 습열/냉해동 병행 처리를 이용하여 옥수수전분겔, 감자전분겔, 타피오카전분겔의 경도를 각각 110%, 61%, 56% 증가시킴
- 습열/주정 병행 처리를 이용하여 감자전분겔, 타피오카전분겔의 경도를 각각 320%, 40% 증가시킴
  - 2차년도의 수치화된 목표(전분겔의 경도가 50% 이상 증가한 물리적 변형전분 1종 이상 개발)를 초과 달성함

#### [협동연구기관(영흥식품)]

- 점증제 용도로 개발된 물리적 변형전분의 시제품 생산
  - 전년도 주관기관의 연구결과를 토대로 두 종의 물리적 변형전분의 시제품을 생산(건열처리 타피오카 전분, 건열처리 고구마 전분)
    - 대량생산(500kg)에서도 물리적 변형의 효과가 소량생산과 유사했음.
- 제품 생산 비용 산출 및 화학적 변형전분과 비교
  - 제조 단가는 화학적 처리법과 큰 차이가 없었으며, 클린라벨 식품에 적용가능한 원재료로써 상업적 이용 가능성이 높을 것으로 판단함
- 시제품(물리적 변형 전분)을 2종 이상의 클린라벨 식품에 첨가 활용하고 상업적 이용 가능성을 검토함
  - 고구마 당면 및 타피오카 당면에 건열처리한 타피오카 전분을 첨가하였음
  - 대조군과 비교하여 물리적 변형전분을 첨가한 당면의 물성이 좋았으며 상업적 이용이 가능할 것으로 판단함

□ 연구개발 요약

[주관연구기관(고려대)]

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
2차 년도 (2020)	물리적 변형 처리를 활용한 클린라벨 전분 개발	- 습열/냉해동 병행 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연 구	- 습열/냉해동 병 행 처리 전분의 자 형태 연구	- 병행처리에 의해 전분 내 아밀로스 일부 가 용출됨 - 병행처리에 의한 전분 입자의 파괴는 관 찰할 수 없음
			- 습열/냉해동 병 행 처리 전분의 표 면 변화 관찰	- 병행처리에 의해 전분 표면이 손상됨 - 용출된 아밀로스/아밀로펙틴이 전분 표 면에 재흡착하는 것을 확인 - 재흡착 현상은 습열 후 실온 처리보다 습 열 후 냉장 처리한 전분에서 큼
			- 습열/냉해동 병 행 처리 전분의 페 이스트 특성 관찰	- 병행처리에 의해 전분 페이스트 특성 변 함 - 이는 아밀로스 함량이 높은 전분에서 더 잘 나타남
			- 습열/냉해동 병 행 처리 전분의 열 적 특성 연구	- 병행처리에 의해 melting 온도 증가, 엔 탈피값 감소 - 이는 병행처리에 의한 열안정성 증가와입 자 compactness 감소에 기인함
			- 습열/냉해동 병 행 처리 전분의 결 정성 연구	- 옥수수, 감자, 타피오카 전분의 상대적 결정성은 병행처리에 의해 증가 - 찹옥수수전분의 상대적 결정성은 병행처 리에 의해 감소
			- 습열/냉해동 병 행 처리 전분 겔의 조직감 연구	- 병행처리에 의해 옥수수, 감자, 타피오카 전분겔의 경도는 각각 110%, 61%, 65% 증가 - 옥수수, 감자, 타피오카 전분겔의 탄성, 응집성, 씹힘성도 유의적으로 증가
		- 습열/주정 병행 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구	- 습열/주정 처리 전분의 복굴절성	- 병행처리에도 전분입자의 복굴절성 (birefringence)은 유지 - 이는 병행처리에 의해 전분 호화 및 결정 성 파괴가 일어나지 않고 유지됨을 의미
			- 습열/주정 병행 처리 전분의 결 정성 변화	- 감자전분의 결정성은 병행처리에 의해 감 소함 - 병행처리는 타피오카 전분의 결정성에 영 향을 주지 않음
			- 습열/주정 병행 처리 전분의 열 적 특성 연구	- 병행처리에 의해 감자 및 타피오카 전분 의 melting온도 증가, 엔탈피 값 감소
			- 습열/주정 병행 처리 전분 겔의 조직감 연구	- 감자 전분겔의 경도와 씹힘성은 병행처리 에 의해 약 3.2배, 4.0배 증가 - 타피오카 전분에서도 이와 유사한 경향을 보임
			- 습열/주정 병행 처리 전분 겔의 이액현상	- 병행처리에 의해 전분겔의 이액현상 (syneresis)는 유의적으로 감소 - 이는 병행처리 전분 겔이 냉장보관 및 냉 해동처리에 대한 내성을 가짐을 의미
			- 습열/주정 병행 처리 전분의 표	- 병행처리 전분의 표면은 생전분보다 불균 일

			면 관찰	- 병행처리 전분 입자들은 균집을 형성 - 이는 습열처리 동안 용출된 아밀로스/아밀로펙틴이 전분입자 표면에서 접착제 역할을 하기 때문
		- 습열/건열 병행처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구	- 습열/건열 병행처리 전분의 페이스트 특성 관찰	- 병행처리한 옥수수 및 고구마 전분은 건열 단독 처리와 유사한 페이스트 특성을 보임 - 병행처리한 찹옥수수 전분에서는 습열 단독 처리와 유사한 페이스트 특성을 보임 - 병행처리에 따른 시너지 효과는 관찰할 수 없었음
			- 습열/건열 병행처리 전분의 결정성 변화	- 병행처리에 의해 옥수수, 감자, 타피오카 전분의 결정성 감소. 이는 과도한 열처리에 의한 것임 - 찹옥수수전분의 결정성은 변하지 않음. 이는 찹옥수수 전분의 낮은 아밀로스 함량에 의한 것임

[협동연구기관(영흥식품)]

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
2차 년도 (2020)	물리적 변형 전분 생산 기술 확립 및 가공식품 적용 가능성 확립	- 점도 상승제 용도의 물리적 변형 전분(단일처리 변형전분)의 시제품 생산	- 전년도 주관 기관의 연구결과를 토대로 두 종의 물리적 변형전분을 생산함	- 건열처리 타피오카 전분을 대량 생산함 (500kg) - 건열처리 고구마 전분을 대량 생산함 (500kg)
		- 시제품을 2종 이상의 클린라벨 식품에 첨가 활용하고 상업적 이용 가능성 검토	- 대량 생산한 물리적 변형 전분의 물성 확인	- 랩 스케일/파일럿 스케일에서 생산된 물리적 변형 전분(시제품)의 성능 비교 - 파일럿 스케일에서 생산된 타피오카 변형전분의 최고 및 최종 점도는 생전분보다 1.13배, 1.09배 높았음 - 파일럿 스케일에서 생산된 고구마 변형전분의 최고 및 최종 점도는 생전분보다 1.22배, 1.20배 높았음
		- 제품 생산 비용 산출 및 화학적 변형전분과 비교	- 클린라벨로 이용가능한 한국 전통 당면 제조 - 클린라벨로 이용가능한 타피오카 당면 제조	- 고구마 전분 일부를 건열처리 타피오카 전분으로 대체하여 품질 열화를 최소화하면서도 경제성이 높은 한국 전통 당면을 제조함 - 타피오카 전분 일부를 건열처리 타피오카 전분으로 치환하여 고품질의 타피오카 당면을 제조함
		- 화학적 변형 전분과의 비교	- 건열처리 고구마 전분의 원가/출고가/소비자가 산출 - 건열처리 타피오카 전분의 원가/출고가/소비자가 산출	- 건열처리 고구마 전분의 예상 원가, 출고가, 소비자가는 각각 5,410원, 6,500원, 7,800원이었음 - 건열처리 타피오카 전분의 예상 원가, 출고가, 소비자가는 각각 3,310원, 3,980원, 4,780원이었음

				열처리 고구마 전분의 소비자가는 유사한 수준이 될 것으로 사료됨
--	--	--	--	-------------------------------------

<3차년도>

□ 연구개발 목표

- 천연소재 첨가를 활용한 전분 복합체 형성 유도 및 물리적 변형 극대화 [주관-고려대]
- 겔화제 용도로 개발된 물리적 변형전분의 시제품 제조 및 가공식품 적용 가능성 확인 [협동-영흥식품]

□ 연구개발 수행 내용

[주관연구기관(고려대)]

- 천연소재 첨가와 물리적 처리의 병용처리를 이용한 물성 개선이 극대화된 전분 개발
  - 검 첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 변화 및 이의 기작 연구
    - 검첨가/냉해동 병용 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
    - 검첨가/습열 병용 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
    - 검첨가/습열/냉해동 병용 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
  - 포도당 첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 변화 및 이의 기작 연구
  - 천연 유화제(lecithin) 첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 변화 및 이의 기작 연구
    - 3차년도의 수치화된 목표 (최종점도가 50% 이상 증가한 물리적 변형 전분 개발, 전분 gel의 경도가 100% 이상 증가한 물리적 변형 전분 개발, 전분 gel의 씹힘성이 70% 이상 증가한 물리적 변형 전분 개발)를 초과 달성함

[협동연구기관(영흥식품)]

- 겔화제 용도로 개발된 물리적 변형전분의 시제품 생산
  - 전년도 주관기관의 연구결과를 토대로 세 종의 물리적 변형전분의 시제품을 생산 (주정/습열 처리 타피오카 전분, 주정/습열처리 고구마 전분, 주정/습열처리 감자 전분)
    - 대량생산(500kg)에서도 물리적 변형의 효과는 소량생산과 유사했음.
- 제품 생산 비용 산출 및 화학적 변형전분과 비교
  - 제조 단가는 추가적인 공정과 함께 상승하였으나, 그럼에도 화학적 처리법으로 제조된 변형전분의 제조단가보다 약간 비싼 수준이었음. 고부가가치를 가진 클린라벨 식품에의 이용 가능성을 고려한다면 상업적 이용이 가능할 것으로 사료됨
- 시제품(물리적 변형 전분)을 2종 이상의 클린라벨 식품에 첨가 활용하고 상업적 이용 가능성을 검토함
  - 변형처리한 감자 및 고구마 전분을 한국 전통 식품인 당면 제조에 이용하였음
  - 변형처리한 타피오카 전분을 이용하여 경제성이 높은 고품질의 냉동식 타피오카 당면을 제조했음

→ 대조군(천연전분으로 생성된 당면)에 비해 물성이 확연히 개선된 것을 확인할 수 있었음.  
 비록 변형전분은 천연전분보다 제조 단가 및 소비자가가가 높지만, 유의적인 품질 개선을 고려하면 상업적 이용이 충분히 가능할 것임. 다만, 새롭게 변형된 타피오카 전분은 대조군에 비해 호화가 어려운 단점이 있어 2차 가공식품 생산 공정 일부를 수정할 필요가 있을 것으로 판단함

□ 연구개발 요약

[주관연구기관(고려대)]

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
2차 년도 (2021)	천연소재 첨가와 물리적 처리의 병용처리를 이용한 물성 개선이 극대화된 전분 개발	- 검(gum) 첨가를 이 용한 물리적 변형(습 열/냉해동) 전분의 물 성 변화 및 기작 연구	- 검첨가/습열/냉 해동 병용 처리 전 분의 표면 관찰	- 습열 처리, 냉해동 처리 및 습열/냉해동 병용 처리는 전분 입자 내 수용성 전분의 용출 및 용출 전분의 표면 흡착을 유도함 - 다만 물리적 처리만 할 경우, 전분 입자 의 일부가 손상되었으며, 전분 표면이 거 칠어졌음 - 물리적 처리 과정에 검을 첨가할 경우, 검은 용출된 전분 분자와 복합체를 형성 하고, 전분 입자에 균일하게 흡착하는 것 을 확인할 수 있었음. 또한 균일한 흡착 으로 인해 단단한 막을 형성함
			- 검 첨가 습열/냉 해동 병용 처리 전 분의 입자 형태 연 구	- 요오드 염색을 통하여 물리적 변형에 의 해 사용성 전분의 용출이 발생함을 확인 함 - 검첨가/물리적 처리를 병용할 경우에도 요오드 염색의 색이 열었음. 이는 검-가 용성 전분 복합체가 전분입자 표면에 보 호막을 형성하고 요오드 분자의 전분 과 립 내부로의 침투를 억제하기 때문임
			- 검 첨가 습열/냉 해동 병용 처리 전 분의 페이스트 특 성 관찰	- 단순 물리적 처리는 전분의 최종점도를 증가시켰으나, 최종점도 및 강하점도는 감소시켰음 - 검첨가/물리적 처리를 병용했을 경우, 전 분의 강하 및 치반점도가 크게 낮아졌음 - 이는 호화 및 전분 스트레스에 대한 안정 성이 증가했음을 의미함
			- 검 첨가 습열/냉 해동 병용 처리 전 분의 열적 특성 연 구	- 단순 물리적 처리는 전분의 용융 온도를 증가시켰으며, 엔탈피 값은 감소시켰음 - 검첨가/물리적 처리의 병용처리 또한 단 일의 물리적 처리와 유사하게 용융온도를 증가시키고 엔탈피 값을 감소시켰음
			- 검 첨가 습열/냉 해동 병용 처리 전 분 겔의 조직감 연 구	- 물리적 처리는 아밀로스 침출을 증가시켜 단단한 겔 네트워크를 형성할 수 있도록 했음 → 겔 경도 증가 유도함 - 검이 첨가됐을 경우, 가용성 전분과 검의 상호작용으로 인해 균일하고 안정적인 겔 네트워크를 형성했음 → 검첨가/물리적 처리의 병용처리는 단일의 물리적 처리보 다 물성 개선에 효과적였음
			- 검 첨가 습열/냉 해동 병용 처리 전 분 겔의 이액 현상 연구	- 병용처리는 단일처리와 비교해 이액현상 감소에 효과적이었음 - 특히, 구아검을 첨가하고 습열/냉해동 처 리한 실험군의 겔 이수현상은 크게 감소



				했음 (57% → 15%)
		- 포도당 첨가를 이용한 건열처리 전분의 물성 변화 및 기작 연구	- 포도당 첨가 건열처리 전분의 페이스트 특성 관찰	- 단순 건열처리는 옥수수, 찹옥수수 및 타피오카 전분의 최고점도를 증가시켰으나, 감자전분의 최고점도는 오히려 감소시켰음 - 포도당 첨가 후 건열처리 전분은 이와 같은 효과를 더욱 증가시켰음. 이는 가열처리 과정에서 포도당 분자가 분해된 전분체인 사이로 침투하여, 화학적 결합을 매개하여 전분 구조를 단단하게 만들기 때문임
			- 포도당 첨가 건열처리 전분의 열적 특성 연구	- 건열처리 및 포도당 첨가 후 건열처리 모두 비슷한 열적 특성 변화를 보였음 - 처리에 의해 용운 온도 및 엔탈피값이 감소했음
			- 포도당 첨가 건열처리 전분 겔의 조직감 변화	- 찹옥수수 전분 겔의 경도 및 씹힘성은 포도당 첨가 건열처리에 의해 각각 170%, 221% 증가했음. 다른 전분도 이와 유사한 경향을 보였음
			- 포도당 첨가 건열처리 전분 호화액의 투명도 관찰	- 포도당 첨가 후 건열 처리는 찹옥수수, 감자 및 타피오카 전분 호화액의 투명도를 감소시킴 - 반면 옥수수 전분 호화액의 투명도는 증가시킴
		- 천연 유화제 첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 변화 및 기작 연구	- 천연 유화제 첨가 후 습열처리 전분의 페이스트 특성 관찰	- 천연유화제 첨가 및 습열처리를 병용하여 제조한 전분은 일반전분 및 단순 습열처리 전분에 비해 호화온도, 최고점도, 강하점도 및 최종점도가 유의적으로 높았음
			- 천연 유화제 첨가 후 습열처리 전분의 열적 특성 관찰	- 습열처리 과정에서 천연 유화제 첨가는 전분의 열적 안정성을 증가시킴 - 레시틴이 용출 아밀로스가 전분 표면 구조를 변형시켰기 때문임
		- 습열/주정 병용 처리 고구마 가루의 페이스트 특성 관찰		- 습열/주정의 병용처리는 고구마가루의 호화를 억제하였으며, 최고점도, 치반점도 및 최종점도를 감소시킴
		- 습열/주정 병용 처리에 따른 고구마 조전분의 물성 변화 연구	- 습열/주정 병용 처리 고구마 가루로 만든 겔의 외형	- 단일의 습열처리 및 습열/주정 병용처리는 모두 고구마 겔(목)의 외형을 변화시켰음 - 겔의 형태를 더 잘 유지하게 되었을 뿐만 아니라 겔 표면도 매끄럽게 변했음 - 이런 현상은 단일의 습열처리보다 습열/주정 병용처리한 고구마 겔에서 극명하게 나타났음
			- 습열/주정 병용 처리 고구마 가루로 만든 겔의 조직감 변화	- 습열 주정 병용 처리에 의해 고구마 겔(목)의 조직감은 크게 개선되었음 - 특히 겔의 경도가 유의적으로 증가하여, 양성 대조군에 해당하는 도토리 목보다 우수한 경도 및 씹힘성을 보임

[협동연구기관(영흥식품)]

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
2차 년도 (2020)	물리적 변형 전분 생산 기술 확립 및 가공식품 적용 가능성 확립	- 점증제 용도로 개발된 물리적 변형전분의 시제품 생산	- 전년도 주관 기관의 연구결과를 토대로 두 종의 물리적 변형전분을 생산함	- 습열/주정처리 고구마 전분을 대량 생산함 (500kg) - 습열/주정처리 감자 전분을 대량 생산함 (500kg) - 습열/주정처리 타피오카 전분을 대량 생산함 (500kg)
		- 시제품을 2종 이상의 클린라벨 식품에 첨가 활용하고 상업적 이용 가능성 검토	- 대량 생산한 물리적 변형 전분의 물성 확인	- 랩 스케일/파일럿 스케일에서 생산된 물리적 변형 전분의 페이스트 특성은 약간의 차이를 보였으나, 그 경향은 유사했음 - 파일럿 스케일에서 생산된 변형 전분은 랩스케일에서 생산된 전분과 마찬가지로 생전분보다 우수한 페이스트 특성을 보임
		- 습열/주정처리 감자/고구마 전분을 첨가한 비냉동식 당면 제조	- 습열/주정처리 타피오카 전분을 이용한 냉동식 타피오카 당면 제조	- 비냉동식 방법으로 제조된 감자 및 고구마 당면의 원료 습열/주정처리 전분으로 치환하여 당면의 식감을 개선함 - 타피오카 전분 일부를 습열/주정처리 타피오카 전분으로 치환하여 고품질의 타피오카 당면을 제조함. 외형 및 조직감이 개선되었음
		- 제품 생산 비용 산출 및 화학적 변형전분과 비교	- 습열/주정처리 고구마 전분의 원가/출고가/소비자가 산출	- 습열/주정처리 고구마 전분의 예상 원가, 출고가, 소비자가는 kg당 각각 5,927원, 6,816원, 8,179원이었음
		- 습열/주정처리 감자 전분의 원가/출고가/소비자가 산출	- 습열/주정처리 감자 전분의 예상 원가, 출고가, 소비자가는 kg당 각각 5,827원, 6,701원, 8,041원이었음	
		- 습열/주정처리 타피오카전분의 원가/출고가/소비자가 산출 및 화학적 변형 전분과의 비교	- 습열/주정처리 타피오카전분의 원가/출고가/소비자가 산출 및 화학적 변형 전분과의 비교	- 습열/주정처리 타피오카 전분의 예상 원가, 출고가, 소비자가는 kg당 각각 1,700원, 4,746원, 5,695원이었음 - 습열/주정처리 타피오카 전분의 소비자가는 화학적 변형 타피오카 전분보다 높았음 - 이는 공정 최적화를 통하여 화학적 변형 전분과 유사한 수준으로 낮출 수 있을 것으로 사료됨

### 1.3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

<1차년도> 주관연구기관(고려대)

#### [연구 방법]

##### ○ 건열처리를 이용한 물리적 변형전분 제조

- 옥수수, 찹옥수수, 감자 및 타피오카 전분 이용
- pH 8.0의 40% (w/v) 전분용액을 제조하고 이를 건조(45°C, 24시간)하여 분말화함. 이후 130°C 조건에서 2시간 건열처리하여 건열처리 전분을 제조하였음

##### ○ 습열처리를 이용한 물리적 변형전분 제조

- 옥수수, 찹옥수수, 감자 및 타피오카 전분 이용
- 40% (w/v) 전분용액을 호화개시 온도에서 습열처리하였음. 습열처리한 전분은 냉각(실온, 12시간) 및 건조(45°C, 24시간)한 후 실험에 사용하였음
- 연구에 사용된 전분의 호화개시온도( $T_o$ )는 시차주사열량법 (DSC)를 이용하여 측정하였으며, 표 2-1에 나타냄

표 2-1. 실험에 이용된 4종 전분의 호화온도 및 호화엔탈피

시료	호화개시온도 ( $T_o$ , °C)	호화정점온도 ( $T_p$ , °C)	호화종료온도 ( $T_c$ , °C)	호화엔탈피 ( $\Delta H$ , J/g)
옥수수전분	60.2±0.2	68.4±0.0	78.5±0.7	11.9±0.0
찰옥수수전분	60.4±0.1	69.8±0.4	86.1±0.3	14.0±0.7
감자전분	54.7±0.5	61.0±0.2	76.5±0.7	18.7±0.1
타피오카전분	56.5±0.4	66.6±0.1	80.0±0.6	13.1±0.2

##### ○ 냉해동처리를 이용한 물리적 변형전분 제조

- 옥수수, 찹옥수수, 감자 및 타피오카 전분 이용
- 40%(w/v) 전분용액을 냉동(-20°C, 12시간) → 해동(25°C, 1시간) 처리하고 45°C에서 24시간 건조하여 실험에 사용하였음

#### [연구 결과]

##### ○ 건열처리를 이용한 물리적 변형전분 제조

- 건열처리에 따른 전분의 점도 변화는 신속속도점도계 (RVA)를 이용하여 측정하였으며, 그 결과는 표 2-2와 그림 2-1에 나타냄
- 건열처리에 따라 옥수수전분, 찹옥수수전분 및 타피오카전분의 최고점도 (peak viscosity) 및 최종점도 (final viscosity)는 유의적으로 증가하였음. 특히 찹옥수수전분의 최종점도는 약 40% 증가하였음
- 이는 건열처리함에 따라 전분 입자 내 수분이 증발하여 전분 사슬간의 상호작용이 증가하기 때문으로 생각됨
- 건열처리에 의해 감자전분의 최고점도는 약 20% 감소하였으나, 최종점도는 약 45% 증가하였

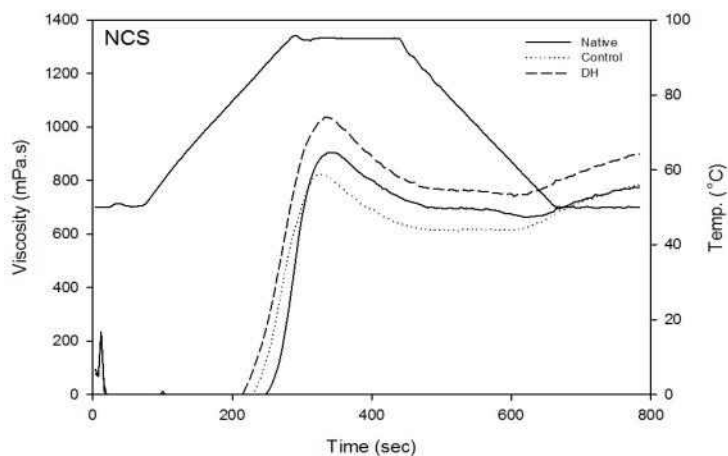
음

- 이는 건열처리 동안 전분 사슬간의 상호작용이 증가함과 동시에 감자전분 내 인산기가 전분과 반응하여 가교 결합을 형성하기 때문으로 생각됨
- 건열처리는 모든 전분의 최종점도를 유의적으로 증가시켰음. 특히 찹옥수수전분과 감자전분의 최종점도는 건열처리에 의해 각각 40, 45% 증가하였음
- 건열처리는 매우 간단한 물리적 처리 방법임에도 불구하고 다양한 종류의 전분에 뛰어난 점성을 부여할 수 있었으며, 이는 건열처리가 물리적 변형전분의 제조에 충분히 적용될 수 있음을 의미함

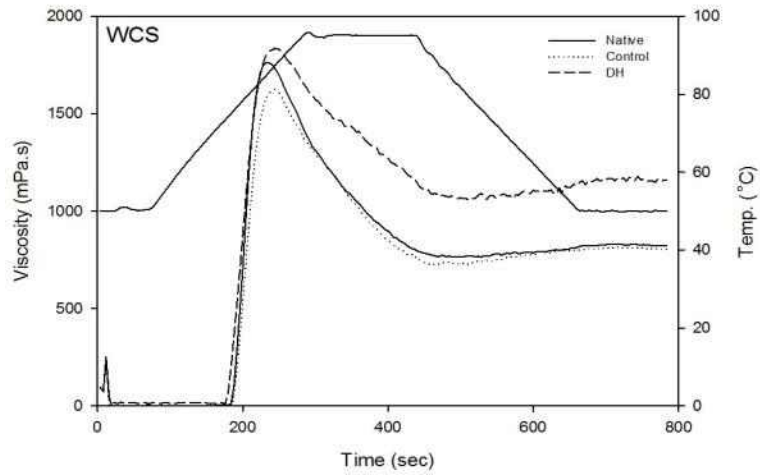
표 2-2. 건열처리에 따른 전분의 호화점도 변화

시료	점도 (mPa·s)				
	최고점도(peak viscosity)	강하점도 (breakdown)	최종점도(final viscosity)	치반점도 (setback)	
옥수수전분	천연전분	909.3±7.5	236.3±6.5	<u>783.0±6.2</u>	110.0±1.4
	건열처리전분	1032.7±4.2	288.0±5.7	<u>898.7±16.7</u>	154.0±13.4
찰옥수수전분	천연전분	1774.3±12.7	1019.7±14.4	<u>822.0±6.5</u>	67.3±9.1
	건열처리전분	1834.0±9.9	812.7±24.0	<u>1150.7±16.2</u>	129.3±18.7
감자전분	천연전분	6310.7±47.8	4537.7±33.6	<u>2246.7±21.8</u>	473.7±3.8
	건열처리전분	5222.0±26.0	2468.7±40.9	<u>3224.7±7.0</u>	471.3±25.3
타피오카전분	천연전분	1683.0±21.6	840.7±9.0	<u>1536.7±15.2</u>	694.3±18.3
	건열처리전분	1742.3±75.8	617.7±39.4	<u>1699.3±47.4</u>	574.7±9.9

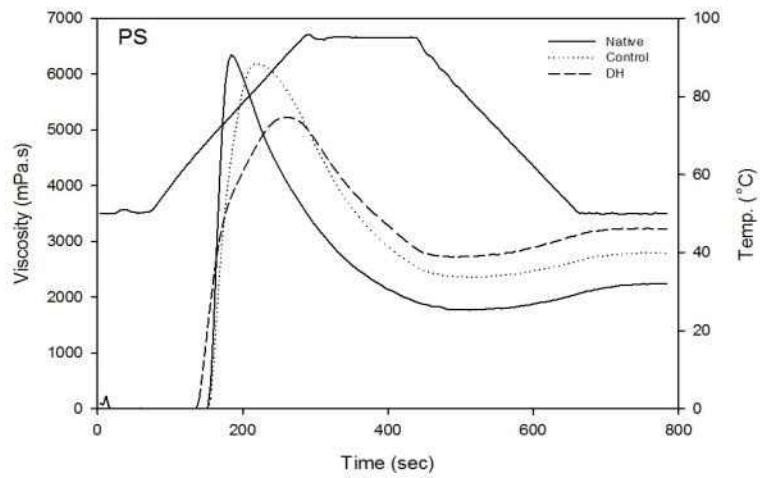
옥수수전분



### 찰옥수수전분



### 감자전분



### 타피오카전분

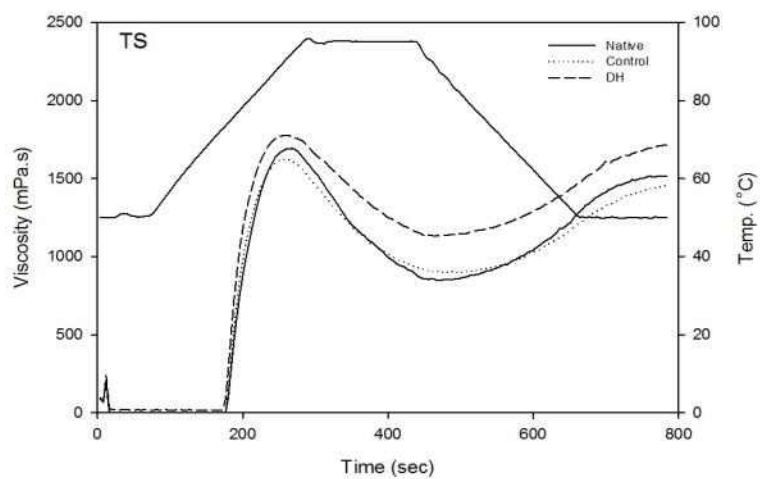


그림 2-1. 건열처리에 따른 전분의 호화점도 변화

- 건열처리에 따른 전분의 호화온도 및 호화엔탈피 변화는 시차주사열량법 (DSC)를 이용하여 측정하였으며, 그 결과는 표 2-3과 그림 2-2에 나타냄
- 건열처리에 의해 전분의 호화온도 및 호화엔탈피는 유의적으로 감소하였음. 이는 고온에서의

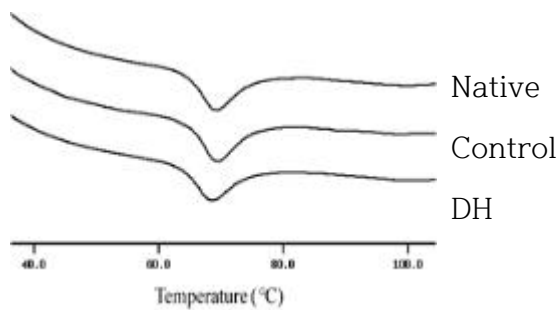
건열처리가 전분의 결정성 일부를 파괴하기 때문으로 생각됨

- X선 회절 분석법에서 A-type 패턴을 보이는 옥수수전분 및 찰옥수수전분, 그리고 A 혹은 C-type 패턴을 보이는 타피오카전분의 호화개시온도, 호화정점온도 및 호화종료온도는 약 1°C 감소한 반면 B-type 전분인 감자전분의 호화온도는 각각 4°C 정도 감소하였음
- 이는 B-type 전분 (감자전분)이 A-type의 전분보다 건열처리에 민감하기 때문으로 사료됨

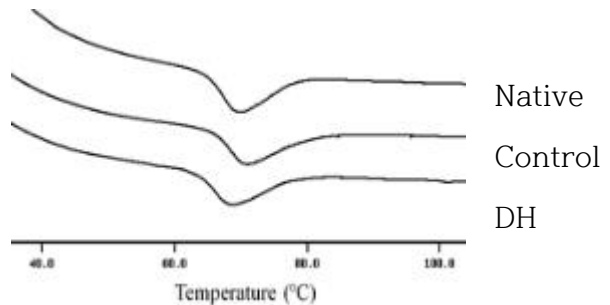
표 2-3. 건열처리에 따른 전분의 호화온도 및 호화엔탈피 변화

시료		호화개시온도 (To, °C)	호화정점온도 (Tp, °C)	호화종료온도 (Tc, °C)	호화엔탈피 ( $\Delta H$ , J/g)
옥수수전분	천연전분	64.8±0.2	69.2±0.2	75.4±0.0	7.9±0.1
	건열처리전분	64.3±0.0	68.6±0.0	74.9±0.1	7.1±0.1
찰옥수수전분	천연전분	65.1±0.1	69.8±0.0	78.3±0.2	11.0±0.5
	건열처리전분	63.7±0.1	68.6±0.0	78.0±0.5	9.6±0.2
감자전분	천연전분	59.2±0.1	62.7±0.0	69.3±0.2	10.8±0.1
	건열처리전분	54.4±0.2	58.5±0.2	65.9±0.2	9.6±0.1
타피오카전분	천연전분	62.9±0.1	68.3±0.2	77.7±0.4	9.9±0.5
	건열처리전분	61.5±0.4	66.2±0.3	76.0±0.7	8.4±0.2

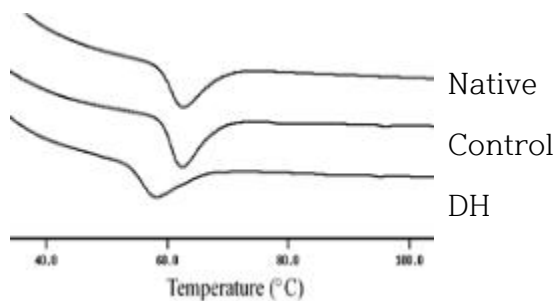
옥수수전분



찰옥수수전분



감자전분



타피오카전분

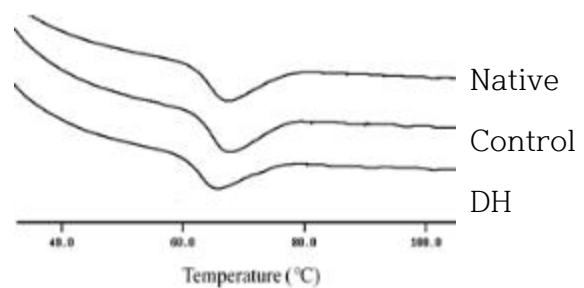


그림 2-2. 건열처리에 따른 전분의 호화온도 및 호화엔탈피 변화

- 건열처리에 따른 전분 겔의 조직감 변화는 물성분석기 (texture analyzer)를 이용하여 측정하였으며, 그 결과는 표 2-4에 나타냄
- 건열처리에 의해 모든 전분 겔의 경도 및 씹힘성은 유의적으로 증가하였음. 특히 건열처리 감자전분의 경도 및 탄성은 천연 감자전분에 비해 각각 48%, 71% 높았음
- 이와 같은 겔의 경도 및 씹힘성 증가는 건열처리가 전분 사슬간 그리고 전분-포접수분간의 결합력을 향상시켰기 때문으로 사료됨
- 특히 건열처리에 따른 겔의 물성 향상은 감자전분에서 크게 나타났는데, 이는 감자전분에 풍부한 인산기가 전분의 가교결합을 유도하여 전분겔이 단단하고 치밀한 망상구조를 형성하도록 도와주기 때문으로 생각됨
- 건열처리에 따라 전분겔의 경도 및 씹힘성은 유의적으로 증가하였으며, 이는 건열처리가 겔 화제 용도의 물리적 변형전분 제조에 이용될 수 있음을 의미함

표 2-4. 건열처리에 따른 전분 겔의 조직감 변화

시료		경도 (Hardness, g)	탄성 (Springiness)	응집성 (Cohesiveness)	씹힘성 (Chewiness)
옥수수전분	천연전분	112.57±6.57	0.89±0.01	0.91±0.01	90.83±5.47
	건열처리전분	133.97±5.24	0.92±0.01	0.93±0.01	115.39±3.55
찰옥수수전분	천연전분	49.60±6.30	0.52±0.08	0.40±0.06	10.31±2.00
	건열처리전분	65.37±8.46	0.53±0.03	0.40±0.01	13.98±2.61
감자전분	천연전분	<b>78.30±6.30</b>	0.82±0.07	0.78±0.02	<b>49.48±2.67</b>
	건열처리전분	<b>114.17±4.74</b>	0.89±0.04	0.83±0.00	<b>84.82±6.90</b>
타피오카전분	천연전분	52.30±10.79	0.77±0.04	0.69±0.03	31.21±6.97
	건열처리전분	62.50±4.53	0.79±0.04	0.73±0.02	35.61±2.98

○ 습열처리를 이용한 물리적 변형전분 제조

- 습열처리에 따른 전분의 점도 변화는 신속속도점도계 (RVA)를 이용하여 측정하였으며, 그 결과는 표 2-5에 나타냄
- 옥수수전분은 4종의 천연 전분 중에서 가장 높은 호화개시온도 (88.0°C)와 가장 낮은 최고 (1051 mPa·s), 강하 (225 mPa·s), 최종 (1004 mPa·s) 및 치반 (222 mPa·s) 점도를 보였음
- 감자전분은 4종의 천연 전분 중에서 가장 낮은 호화개시온도 (66.9 °C)와 가장 높은 최고 (8226 mPa·s), 강하 (6178 mPa·s), 최종 (2773 mPa·s) 및 치반 (1820 mPa·s) 점도를 보였음
- 습열처리에 의해 4종 전분의 최고점도 및 강하점도는 유의적으로 감소하였으나 호화개시온도는 유의적으로 증가하였음. 이는 습열처리에 의해 용출된 아밀로스가 건조과정 중 전분입자 표면에 결합하여 입자의 성장을 변화시키기 때문으로 사료됨
- 옥수수전분 및 찰옥수수전분의 최종점도는 습열처리에 의해 약간 감소하는 경향을 보인 반

면, 감자전분 및 타피오카전분의 최종점도는 습열처리에 의해 유의적으로 증가하였음. 특히 감자전분의 최종점도는 약 35% (2773 → 3746mPa·s) 증가하였음

- 이는 습열처리동안 감자전분 및 타피오카전분이 옥수수전분 및 찰옥수수전분에 비해 상대적으로 많은 양의 아밀로스를 용출하고, 이들이 호화 후 노화과정에서 강한 망상구조를 형성하기 때문으로 사료됨

표 2-5. 습열처리에 따른 전분의 호화점도 변화

시료		점도 (mPa·s)				호화개시 온도(°C)
		최고점도(peak viscosity)	강하점도 (breakdown)	최종점도(final viscosity)	치반점도 (setback)	
옥수수전분	천연전분	1051±0	225±1	1004±5	222±22	88.0±0.1
	습열처리전분	929±9	158±2	988±3	200±1	89.1±0.2
찰옥수수전분	천연전분	2266±0	1112±5	1293±1	140±2	75.8±0.2
	습열처리전분	2081±5	1044±1	1173±1	147±7	76.0±0.0
감자전분	천연전분	8226±2	6178±1	<b>2773±4</b>	625±7	66.9±0.0
	습열처리전분	7559±1	4429±4	<b>3746±2</b>	615±1	69.5±0.0
타피오카전분	천연전분	2287±3	1318±19	<b>1820±8</b>	872±4	72.0±0.0
	습열처리전분	2135±2	1018±2	<b>1989±1</b>	893±4	73.4±0.0

- 습열처리에 따른 전분의 호화온도 및 호화엔탈피 변화는 시차주사열량법 (DSC)를 이용하여 측정하였으며, 그 결과는 표 2-6에 나타냄
- 감자전분은 4종의 전분 중에서 가장 낮은 호화 온도 (개시, 정점, 종료) / 가장 높은 호화엔탈피를 보였음. 이는 감자전분이 4종의 전분 중 가장 많은 결정성 영역을 가지고 있으나 그 결정성 영역이 열적으로 가장 불안정함을 의미함
- 옥수수전분과 찰옥수수전분의 호화개시 및 호화정점 온도는 비슷하였으나, 호화종료온도 및 호화엔탈피는 찰옥수수전분이 더 높았음. 이는 찰옥수수전분이 상대적으로 안정된 결정영역을 형성하고 있기 때문으로 생각됨
- 습열처리에 의하여 전분의 호화 개시, 정점 및 종료 온도는 증가하였으며, 이와 대조적으로 호화엔탈피는 감소하였음
- 호화온도의 증가는 습열처리에 의해 전분의 결정성 영역이 더 정렬된 구조로 변하기 때문으로 생각되며, 호화엔탈피의 감소는 습열처리 동안 열적으로 불안정한 전분질 일부가 용출되기 때문으로 생각됨



표 2-6. 습열처리에 따른 전분의 호화온도 및 호화엔탈피 변화

시료		호화개시온도 (To, °C)	호화정점온도 (Tp, °C)	호화종료온도 (Tc, °C)	호화엔탈피 (ΔH, J/g)
옥수수전분	천연전분	60.2±0.2	68.4±0.0	78.5±0.7	11.9±0.0
	건열처리전분	64.7±0.4	69.4±0.1	79.5±0.7	10.1±0.3
찰옥수수전분	천연전분	60.4±0.1	69.8±0.4	86.1±0.3	14.0±0.7
	건열처리전분	61.9±0.0	70.4±0.0	85.1±0.0	13.4±0.0
감자전분	천연전분	54.7±0.5	61.0±0.2	76.5±0.7	18.7±0.1
	건열처리전분	58.0±0.0	63.0±0.0	77.8±0.4	15.2±0.0
타피오카전분	천연전분	56.5±0.4	66.6±0.1	80.0±0.6	13.1±0.2
	건열처리전분	62.5±0.6	67.8±0.1	81.5±0.7	10.2±0.2

- 습열처리에 따른 전분 겔의 조직감 변화는 물성분석기 (texture analyzer)를 이용하여 측정하였으며, 그 결과는 표 2-7에 나타냄
- 찰옥수수전분을 제외한 3종의 전분은 습열처리에 의해 전분겔의 경도 및 씹힘성이 증가하였으나 찰옥수수전분은 감소하는 경향을 보임
- 일반 전분겔의 경도(hardness)는 감자전분 (247g) > 타피오카전분 (73g) > 찰옥수수전분 (35g) > 옥수수전분 (24g) 순서로 높았으나 습열처리 전분겔의 경도는 감자전분 (300g) > 타피오카전분 (88g) > 옥수수전분 (34g) > 찰옥수수전분 (33g) 순서로 높았음
- 습열처리는 옥수수전분을 포함한 3종의 전분에서 겔의 경도를 증가시켰는데, 이는 습열처리에 의해 용출된 아밀로스가 겔 네트워크 형성에 기여하기 때문으로 생각됨
- 아밀로스 함량이 극히 적은 찰옥수수전분은 습열처리에 의한 아밀로스 용출이 거의 없기 때문에 겔 조직감의 변화가 크지 않은 것으로 사료됨
- 건열 및 습열처리는 전분의 변형을 위해 열을 이용한다는 면에서는 유사하지만, 건열처리가 4종 전분 모두의 최종점도 및 겔경도를 증가시킨 것과 대조적으로 습열처리는 일부 전분에서만 그 효과가 나타났음
- 이는 건열처리와 습열처리의 작용기작이 다르기 때문으로 생각됨. 건열처리는 전분 내 수분을 제거하여 전분분자간의 상호작용을 증가시킴으로써 전분의 물성 변화를 유도하기 때문에 4종의 전분 모두에서 효과를 보이는 것으로 사료됨
- 반면 습열처리는 물 (mobile phase)로 용출되는 아밀로스와 annealing 처리와 유사한 결정성 영역의 안정화가 전분의 물성 변화에 큰 역할을 함. 따라서 습열처리는 아밀로스 함량이 극히 적고 결정구조가 타전분에 비해 안정된 찰옥수수전분에서는 그 효과가 미미한 것으로 사료됨

표 2-7. 습열처리에 따른 전분 겉의 조직감 변화

시료		경도 (Hardness, g)	탄성 (Springiness)	응집성 (Cohesiveness)	씹힘성 (Chewiness)
옥수수전분	천연전분	23.80±1.54	0.17±0.00	0.18±0.00	0.71±0.02
	건열처리전분	33.53±0.50	0.22±0.01	0.20±0.01	1.41±0.02
찰옥수수전분	천연전분	34.93±0.95	0.38±0.03	0.40±0.02	5.57±0.33
	건열처리전분	33.16±0.15	0.39±0.02	0.38±0.00	5.41±0.14
감자전분	천연전분	246.83±2.90	0.83±0.01	0.83±0.01	158.14±4.60
	건열처리전분	299.73±0.46	0.88±0.00	0.88±0.00	228.93±2.07
타피오카전분	천연전분	73.43±0.87	0.60±0.01	0.57±0.02	24.46±0.71
	건열처리전분	87.87±0.23	0.66±0.01	0.68±0.01	49.82±0.29

- 습열 처리에 따른 전분 입자의 표면 변화는 주사전자현미경 (SEM)을 활용하여 관찰하였으며, 그 결과는 그림 2-3에 나타냄
- 전분 출처에 따라 천연전분의 입자 크기 및 모양은 서로 다르지만 모두 표면이 매끄러운 것을 관찰할 수 있었음
- 이와 대조적으로 습열처리한 전분입자의 표면은 거칠 뿐만 아니라, 일부 전분에서는 작은 구멍(pore)이 형성된 것을 관찰할 수 있었음. 이는 습열처리에 따른 전분입자의 팽윤 및 아밀로스 용출에 의한 것으로 사료됨
- 다만 전분 종류에 따라 입자 표면의 변화 양상이 다른 것을 볼 수 있는데, 이는 전분의 출처에 따라 입자팽윤 및 아밀로스 용출 기작이 서로 다르기 때문으로 생각됨

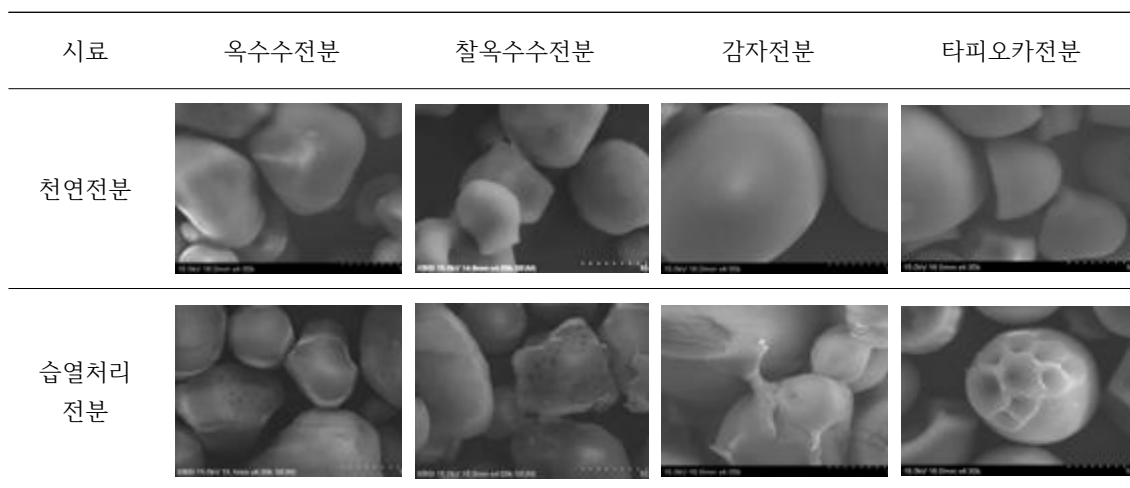


그림 2-3. 습열처리에 따른 전분입자의 표면 변화

○ 냉해동 처리를 이용한 물리적 변형전분 제조

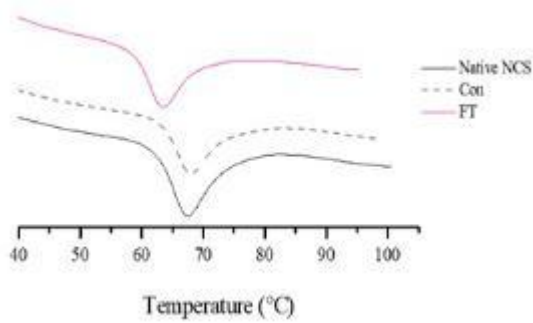
- 냉해동처리에 따른 전분의 점도 변화는 신속속도점도계 (RVA)를 이용하여 측정하였으며, 그 결과는 표 2- 8에 나타냄
- 냉해동처리에 의해 옥수수전분, 감자전분 및 타피오카전분의 최종점도는 유의적으로 증가하였으나, 감자전분에서는 감소하였음. 옥수수 전분과 감자전분의 최종점도는 냉해동처리에 의해 각각 21%, 19% 증가하였음
- 모든 전분의 치반점도는 냉해동처리에 의해 크게 증가하는 것을 볼 수 있으며, 이는 냉해동처리에 의해 용출된 전분질이 호화 후 재빨리 네트워크 형성에 참여하기 때문으로 생각됨

표 2-8. 냉해동처리에 따른 전분의 호화점도 변화

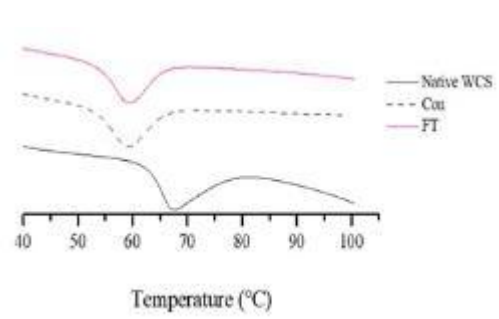
시료	점도 (mPa·s)				
	최고점도(peak viscosity)	강하점도 (breakdown)	최종점도(final viscosity)	치반점도 (setback)	
옥수수전분	천연전분	1051±0	225±1	1004±5	222±22
	습열처리전분	1209±1	292±1	1217±4	300±3
찰옥수수전분	천연전분	2266±0	1112±5	1293±1	140±2
	습열처리전분	2219±4	868±0	1538±1	188±1
감자전분	천연전분	8200±0	6179±1	2772±2	750±1
	습열처리전분	7328±1	6336±3	2599±1	1607±2
타피오카전분	천연전분	2287±3	1318±19	1820±8	872±4
	습열처리전분	2072±6	1017±0	1983±3	928±1

- 냉해동처리에 따른 전분의 호화온도 및 호화엔탈피 변화는 시차주사열량법 (DSC)를 이용하여 측정하였으며, 그 결과는 그림 2-4에 나타냄
- 냉해동처리는 4종의 전분 모두에서 호화온도 및 호화엔탈피를 유의적으로 감소시킴. 이는 냉동과정에서 생성되는 전분 내 얼음결정에 의해 전분 구조 및 결정성이 파괴되기 때문으로 생각됨
- 전분 구조의 파괴는 그림 5 (냉해동처리에 따른 전분입자의 표면 변화)를 통하여 확인됨

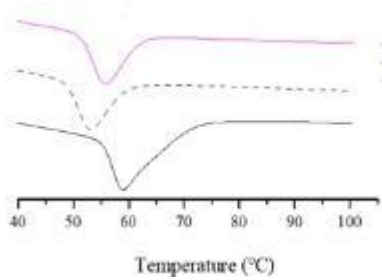
옥수수전분



찰옥수수전분



감자전분



타피오카전분

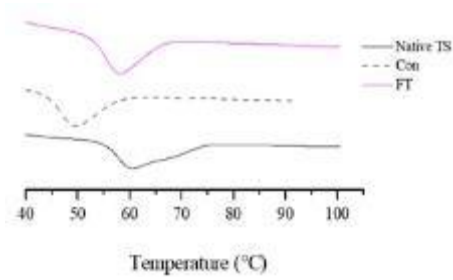


그림 2-4. 냉해동처리에 따른 전분의 호화온도 및 호와엔탈피 변화

- 냉해동처리에 따른 전분 입자의 표면 변화는 주사전자현미경 (SEM)을 활용하여 관찰하였으며, 그 결과는 그림 2-5에 나타냄
- 전분 출처에 따라 전분 입자의 크기 및 모양은 서로 다르지만 모두 표면이 매끄러운 것을 관찰할 수 있었음
- 이와 대조적으로 냉해동처리한 전분입자는 거친 표면과 함께 표면에 다수의 작은 구멍 (pore)을 가짐. 옥수수전분과 찰옥수수전분은 다수의 작은 구멍(pore)를 가지는 경향이 강하였으며, 이와 대조적으로 감자전분과 타피오카전분은 다공성을 형성하기보다는 거친 표면을 형성하는 경향이 강하였음
- 비록 전분 종류에 따라 입자표면의 변화 양상은 차이가 있지만, 모두 냉동과정에서 생성되는 얼음결정에 의한 변형력 (stress)에 의한 것으로 사료됨

시료	옥수수전분	찰옥수수전분	감자전분	타피오카전분
일반전분				
냉해동 처리전분				

그림 2-5. 냉해동 처리에 따른 전분 입자의 표면 변화

○ 고압균질 처리를 이용한 물리적 변형전분 제조

- 고압균질 처리에 따른 전분의 유변학적 특성은 레오미터 (rheometer)를 이용하여 측정하였으며, 그 결과는 그림 2-6에 나타냄
- 10,000 psi와 20,000 psi의 압력조건에서 고압균질처리 (10회)를 진행하였으며, 고압균질 처리한 전분의 점도는 무처리군 (천연전분)과 유사하였음
- 이는 고압균질처리가 전분의 단단한 구조를 변형시키기에는 충분하지 않았기 때문으로 사료됨

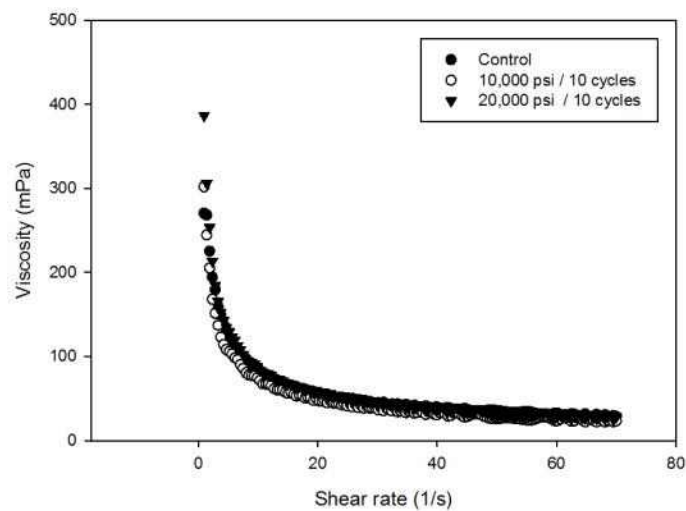
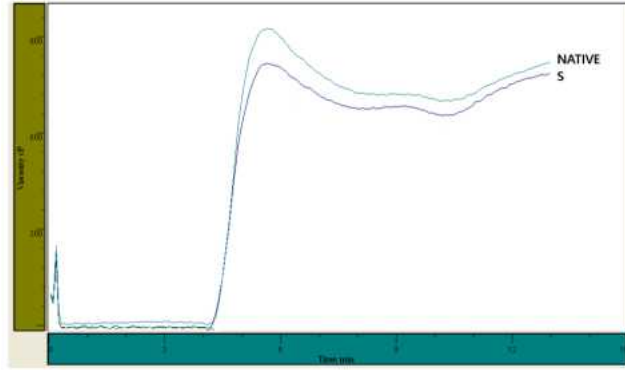


그림 2-6. 고압균질 처리에 따른 전분의 유변학적 특성

○ 초음파처리(ultrasonication)를 이용한 물리적 변형전분 제조

- 초음파처리에 따른 옥수수 전분 및 찹옥수수 전분의 호화점도 변화는 신속속도점도계 (RVA)를 이용하여 측정하였으며, 그 결과는 그림 2-7에 나타냄
- 본 연구에서 전분의 무정형 영역 일부만을 용출시키기 위하여 초음파 처리시간을 15분으로 설정하였으며, 이는 과도한 초음파처리에 의해 전분입자가 심각한 손상을 받을 수 있기 때문임
- 초음파처리는 옥수수전분과 찹옥수수 전분의 점도를 유의적으로 감소시켰으며, 이는 초음파처리에 의해 용출된 무정형의 아밀로스가 전분입자 표면에 정착하지 못하기 때문으로 생각됨

(a) 옥수수전분



(b) 찰옥수수전분

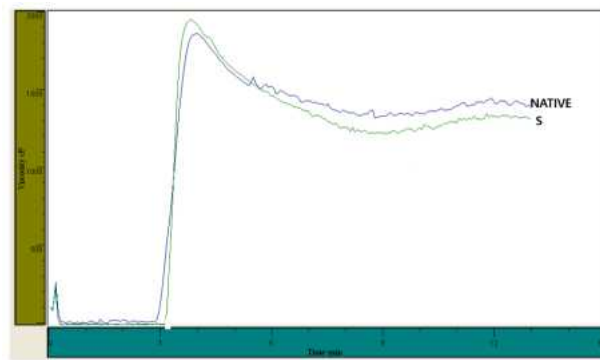


그림 2-7. 초음파처리에 따른 전분의 호화점도 변화

<2차년도> 주관연구기관(고려대)

1. 습열/냉해동 병행 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구

[연구 방법]

- 재료: 옥수수 전분, 찹옥수수 전분, 감자 전분, 타피오카 전분
- 실험에 사용된 전분의 아밀로스 함량은 표 3-1과 같음

**표 3-1. 전분의 아밀로스 함량**

시료	아밀로스 함량 (%)
옥수수 전분	21.51±0.10
찰옥수수 전분	0.80±0.10
감자 전분	26.42±0.60
타피오카 전분	18.21±0.10

- 습열/냉해동 병행 처리: 40% 전분 분산액을 호화개시온도에서 1시간 동안 습열 처리함. 이후 4°C 혹은 상온에서 12시간 동안 방냉함. 방냉한 전분 분산액을 -20°C 조건에서 12시간 동안 보관 후 25°C 항온수조에서 1시간 동안 해동시킴. 해동한 전분 분산액을 45°C에서 24시간 동안 건조하여 실험에 사용함
- 광학현미경을 이용한 전분 관찰: 요오드 용액(0.2% I<sub>2</sub>+ 2% KI)으로 전분을 염색한 후, 40배율로 관찰함
- 전자현미경을 이용한 전분 표면 관찰: Ultra-high resolution scanning electron microscope (HR-SEM)을 이용하여 전분 입자의 표면을 관찰함
- 전분 페이스트 특성 분석: Rapid visco-analyzer (RVA)를 이용하여 측정했으며, 시료로는 7% 전분 분산액을 사용함
- 전분의 호화온도 및 호화 엔탈피 측정: Differential scanning calorimetry (DSC)를 이용하여 측정했으며, 시료로는 3% 전분 분산액을 사용함
- 전분겔의 조직감 측정: 9% 전분 현탁액을 가열하여 전분 페이스트를 만들고, 이를 실온에서 12시간 동안 보관하여 전분겔을 만듦. 전분겔의 조직감은 물성분석기(texture analyzer)를 이용하여 측정했으며, 물성분석기의 분석 조건은 다음과 같음. TPA profile; cylindrical probe, 20 mm diameter; speed, 1.0 mm/s; deformation, 50%
- 전분 결정성 분석: 전분의 결정성은 X-ray diffractometer를 활용하여 분석했으며, 분석 조건은 다음과 같음. Angular range, 3-30°; scanning speed, 8.0°/min

[연구 결과]

- 습열/냉해동 병행 처리 전분의 입자 형태 연구 (그림 3-1)
  - KI/I<sub>2</sub> 염색 후 광학 현미경으로 전분 입자를 관찰했음
  - NCS, WCS, PS, TS는 각각 옥수수 전분, 찹옥수수 전분, 감자 전분, 타피오카 전분을 의미

함. Native, H, HC, HCFT는 각각 생전분(native), 습열 후 상온 냉각 전분(H), 습열 후 4°C 냉각 전분(HC), HC 후 냉해동 처리한 전분(HCFT)을 의미함

- 아밀로스를 가지고 있는 옥수수 전분, 감자 전분, 타피오카 전분은 요오드와 반응하여 광학현미경 상에서 보라색을 나타낸 반면, 아밀로스의 함량이 매우 낮은 찹옥수수 전분은 연한 갈색을 나타냈음
- 습열처리에 따른 전분 입자의 파괴는 관찰할 수 없었음. 이는 습열처리에 의한 전분질의 용출이 무정형영역에서 선택적으로 일어나기 때문으로 사료됨
- Native → H → HC → HCFT 순서로 요오드 염색의 색이 열리는 것을 관찰할 수 있었음. 냉해동(FT) 과정에서 색이 열리는 것은 냉동과정에서 형성된 얼음결정에 의해 전분 입자 일부분이 파괴되었기 때문임
- 하지만 전분 입자의 크기 변화 및 호화에 따른 전분의 변형은 광학현미경으로 관찰할 수 없었음

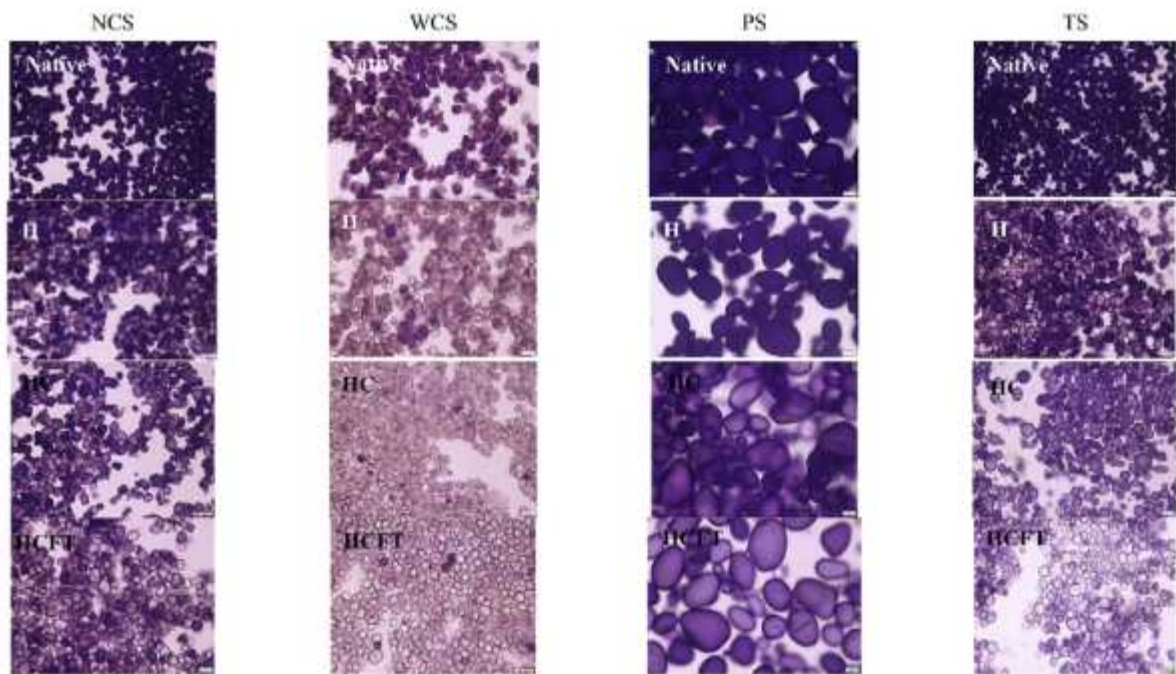


그림 3-1. 처리 전분의 입자 모양(요오드 염색 후 광학 현미경 관찰)

○ 습열/냉해동 병행 처리 전분의 표면 관찰 (그림 3-2)

- 처리 전분의 표면은 주사전자현미경(SEM)으로 관찰했음
- 전분 입자의 크기 및 형태는 전분 출처(botanical origin)에 따라 달랐음
- 무처리 전분의 표면은 매끄러웠음. 반면 습열처리 전분의 표면은 일부가 손상된 것을 관찰할 수 있었음. 이는 습열처리 과정에서 발생하는 팽윤(swelling) 및 전분 용출에 의한 것으로 생각됨
- 습열 후 냉장 처리(HC)한 전분은 습열 후 상온 처리(H)한 전분보다 표면이 더 거친 것을 확인함. 이는 HC 후 냉해동 처리(HCFT)한 전분에서 더 극명히 나타났음. 이는 습열처리에 의해 용출된 전분 일부가 낮은 온도에서 빠르게 재결합(re-association)하고 전분 표면에 흡착되



기 때문에 사료됨

- 표면의 손상 정도는 감자전분과 타피오카 전분에서 두드러졌으며, 이는 감자전분과 타피오카 전분이 습열처리 및 냉해동처리에 민감함을 의미함

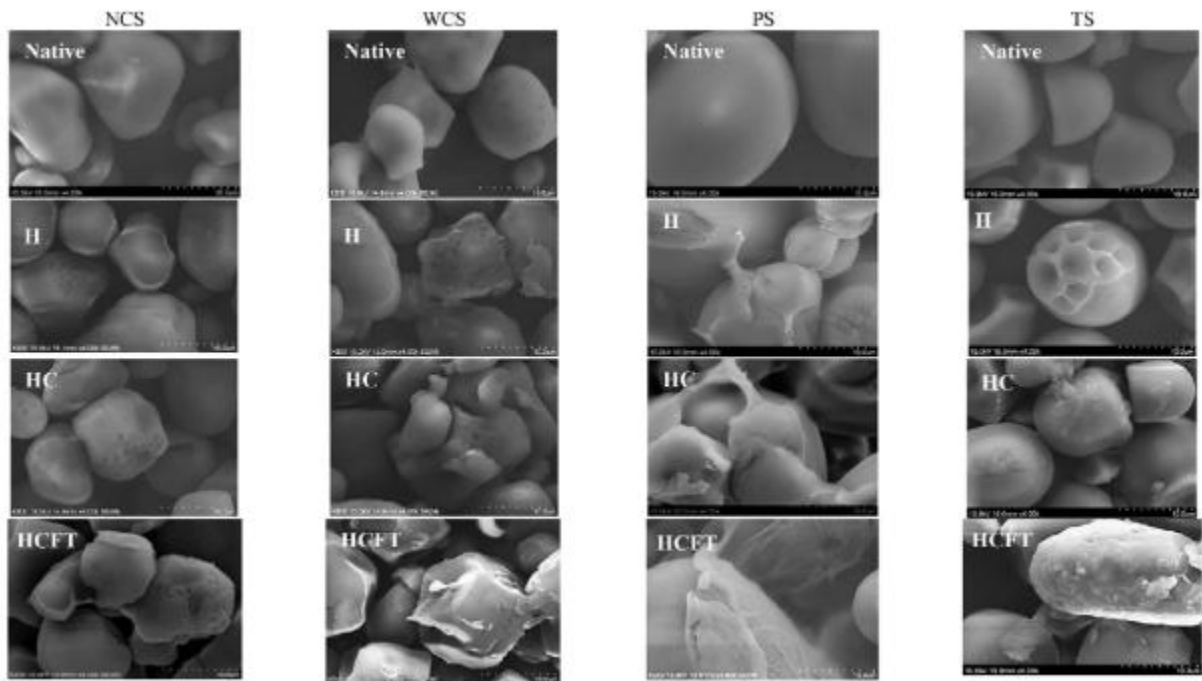


그림 3-2. 처리 전분의 표면 (주사전자현미경)

○ 습열/냉해동 병행 처리 전분의 페이스트 특성 관찰 (그림 3-3, 표 3-2)

- 처리 전분의 페이스트 특성은 rapid viscoanalyzer로 측정했음
- 실험에 사용된 네 종류의 전분 중 옥수수 전분은 가장 낮은 최고 및 최종 점도를 보였음
- 옥수수 전분은 낮은 호화온도 및 높은 최고 및 최종 점도를 가졌음. 이는 옥수수 전분 특유의 높은 swelling capacity에 기인함. 하지만 감자전분은 swelling 후 물리적 스트레스에 의해 바로 입자가 붕괴(disruption)되기 때문에 강하점도가 다른 전분에 비해 매우 높았음
- H, HC, HCTF 처리에 의해 전분 페이스트 특성은 변화였음. 이와 같은 변화는 아밀로스가 없는 찹옥수수 전분보다 아밀로스 함량이 어느 정도 있는 옥수수 전분, 타피오카 전분, 감자 전분에서 뚜렷하였음. 이는 용출된 아밀로스가 물리적 변형에서 중요한 역할을 하기 때문임. 다른 전분에 비해서는 작지만 찹옥수수 전분에서도 유사한 변화를 관찰할 수 있는데, 이는 찹 옥수수 전분에서 용출된 미량의 아밀로펙틴에 의한 것으로 생각됨
- 습열처리에 의해 전분 페이스트의 최고점도 및 강하점도는 감소하고 호화온도는 증가했음. 이는 습열처리 과정에서 용출된 아밀로스가 전분 표면에 흡착하여 강한 매트릭스를 형성하기 때문임. 이런 경향은 습열처리 후 냉장 처리한 전분(HC)이 습열처리 후 상온방치한 전분(H) 보다 큰 것을 확인했으며, 이는 낮은 온도에서 아밀로스의 re-association이 더 잘 일어나기 때문임
- 습열처리 후 냉장 처리한 전분(HC)과 비교하여 HC 후 냉해동 처리한 전분(HCFT)은 낮은 강 하점도와 높은 최종점도를 보임. 이는 냉해동 처리가 전분 페이스트의 안정화에 기여하기 때

문임

- 물리적 처리에 따른 전분 페이스트 특성 변화는 옥수수 및 찹옥수수 전분에 비해 감자 및 타피오카 전분에서 뚜렷함. 이는 전분 결정구조의 차이에 의한 것으로, 감자 및 타피오카 전분은 B-type 결정구조를 가지며, 옥수수 및 찹옥수수 전분은 A-type 결정구조를 가짐

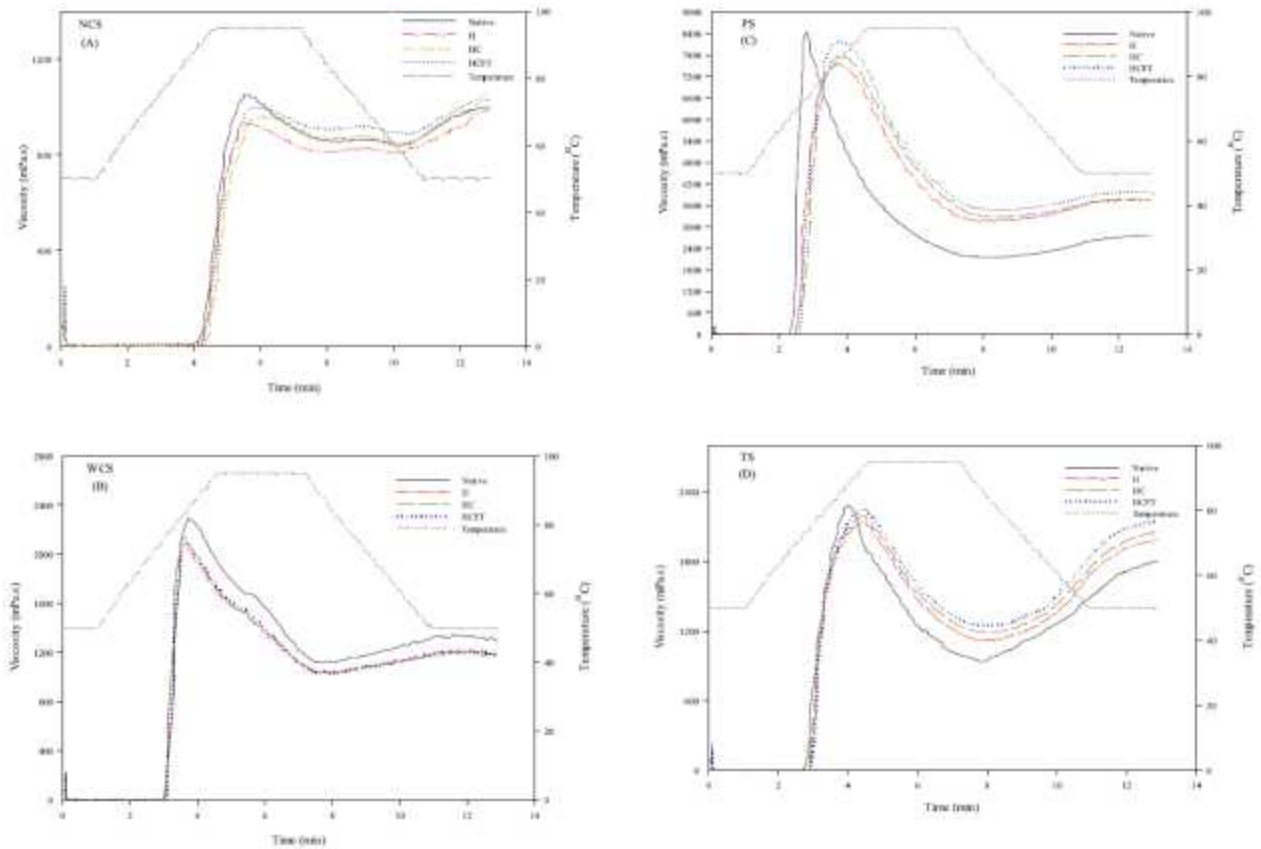


그림 3-3. 처리 전분의 호화점도 및 페이스트 특성

표 3-2. 처리 전분의 호화점도 및 페이스트 특성

시료	점도				호화온도 (°C)	
	최고점도(peak viscosity)	강하점도 (breakdown)	최종점도(final viscosity)	치반점도 (setback)		
NCS	Native	1051±0 <sup>d</sup>	225±1 <sup>d</sup>	1004±5 <sup>b</sup>	222±22 <sup>b</sup>	88.0±0.1 <sup>a</sup>
	H	929 ±9 <sup>a</sup>	158±2 <sup>c</sup>	988±3 <sup>a</sup>	200±1 <sup>b</sup>	89.1±0.2 <sup>b</sup>
	HC	960±7 <sup>b</sup>	129±2 <sup>b</sup>	1036±6 <sup>c</sup>	193±3 <sup>b</sup>	89.7±0.0 <sup>c</sup>
	HCFT	1028 ±4 <sup>c</sup>	100±1 <sup>a</sup>	1064±6 <sup>d</sup>	119±2 <sup>a</sup>	90.3±0.4 <sup>c</sup>
WCS	Native	2266±0 <sup>d</sup>	1112±5 <sup>b</sup>	1293±1 <sup>d</sup>	140±2 <sup>a</sup>	75.8±0.2 <sup>a</sup>
	H	2081±5 <sup>a</sup>	1044±1 <sup>a</sup>	1173±1 <sup>a</sup>	147±7 <sup>ab</sup>	76.0±0.0 <sup>a</sup>
	HC	2108±4 <sup>b</sup>	1049±9 <sup>a</sup>	1189±2 <sup>b</sup>	151±7 <sup>ab</sup>	76.0±0.0 <sup>a</sup>
	HCFT	2137±3 <sup>c</sup>	1059±10 <sup>a</sup>	1190±2 <sup>c</sup>	157±0 <sup>b</sup>	75.9±0.1 <sup>a</sup>
PS	Native	8226±2 <sup>d</sup>	6178±1 <sup>c</sup>	2773±4 <sup>a</sup>	625±7 <sup>c</sup>	66.9±0.0 <sup>a</sup>
	H	7559±1 <sup>a</sup>	4429±4 <sup>b</sup>	3746±2 <sup>b</sup>	615±1 <sup>c</sup>	69.5±0.0 <sup>b</sup>
	HC	7784±1 <sup>b</sup>	4431±2 <sup>b</sup>	3878±32 <sup>c</sup>	584 ±7 <sup>b</sup>	70.3±0.0 <sup>c</sup>
	HCFT	8167±1 <sup>c</sup>	4404±1 <sup>a</sup>	3930±7 <sup>d</sup>	558±5 <sup>a</sup>	71.0±0.0 <sup>d</sup>
TS	Native	2287±3 <sup>d</sup>	1318±19 <sup>c</sup>	1820±28 <sup>a</sup>	872±4 <sup>b</sup>	72.0±0.0 <sup>a</sup>
	H	2135±2 <sup>a</sup>	1018±2 <sup>b</sup>	1989±1 <sup>b</sup>	863±4 <sup>b</sup>	73.4±0.0 <sup>b</sup>
	HC	2151±7 <sup>b</sup>	1011±13 <sup>ab</sup>	2057±8 <sup>c</sup>	858±4 <sup>b</sup>	73.6±0.0 <sup>c</sup>
	HCFT	2216±8 <sup>c</sup>	982±6 <sup>a</sup>	2245±7 <sup>d</sup>	839±9 <sup>a</sup>	74.3±0.0 <sup>d</sup>

○ 습열/냉해동 병행 처리 전분의 열적 특성 연구 (표 3)

- 처리 전분의 열적 특성은 시차 주사 열량 분석법(Differential scanning calorimetry)으로 측정했음
- 감자 전분은 네 종의 전분 중 가장 낮은 melting 온도와 높은 엔탈피를 가졌음. 옥수수 전분

과 찹옥수수 전분의 melting 온도는 유사하나, 엔탈피 값은 찹옥수수 전분이 더 큰 것을 확인할 수 있었으며, 이는 찹옥수수 전분의 높은 아밀로펙틴 함량에 기인함

- 물리적 처리(H, HC, HCFT)에 의해 전분의 melting 온도는 높아졌으며, 엔탈피 값은 감소했음. 물리적 처리에 의한 melting 온도 증가는 전분의 열 안정성이 증가했음을 의미하며, 감소한 엔탈피는 전분 입자의 compactness가 감소했음을 의미함

표 3-3. 처리 전분의 열적 특성

Samples <sup>a</sup>		T <sub>o</sub> (°C)	T <sub>p</sub> (°C)	T <sub>c</sub> (°C)	ΔH (J/g)
NCS	Native	60.2 ± 0.2 <sup>a</sup>	68.4 ± 0.0 <sup>a</sup>	78.5 ± 0.7 <sup>a</sup>	11.9 ± 0.0 <sup>c</sup>
	H	64.7 ± 0.4 <sup>b</sup>	69.4 ± 0.1 <sup>b</sup>	79.5 ± 0.7 <sup>ab</sup>	10.1 ± 0.3 <sup>b</sup>
	HC	65.1 ± 0.3 <sup>b</sup>	69.8 ± 0.1 <sup>c</sup>	79.7 ± 0.0 <sup>ab</sup>	9.5 ± 0.1 <sup>a</sup>
	HCFT	66.0 ± 0.1 <sup>c</sup>	70.3 ± 0.1 <sup>d</sup>	80.7 ± 0.5 <sup>b</sup>	9.0 ± 0.0 <sup>a</sup>
WCS	Native	60.4 ± 0.1 <sup>a</sup>	69.8 ± 0.4 <sup>a</sup>	86.1 ± 0.3 <sup>b</sup>	14.0 ± 0.7 <sup>a</sup>
	H	61.9 ± 0.0 <sup>b</sup>	70.4 ± 0.0 <sup>b</sup>	85.1 ± 0.0 <sup>a</sup>	13.4 ± 0.0 <sup>a</sup>
	HC	63.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	70.6 ± 0.0 <sup>b</sup>	86.7 ± 0.5 <sup>b</sup>	13.5 ± 0.1 <sup>a</sup>
	HCFT	64.4 ± 0.0 <sup>d</sup>	70.6 ± 0.0 <sup>b</sup>	86.8 ± 0.0 <sup>b</sup>	13.5 ± 0.0 <sup>a</sup>
PS	Native	54.7 ± 0.5 <sup>a</sup>	61.0 ± 0.2 <sup>a</sup>	76.5 ± 0.7 <sup>a</sup>	18.7 ± 0.1 <sup>d</sup>
	H	58.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	63.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	77.8 ± 0.4 <sup>a</sup>	15.2 ± 0.0 <sup>c</sup>
	HC	59.3 ± 0.4 <sup>c</sup>	63.8 ± 0.1 <sup>c</sup>	78.0 ± 0.7 <sup>a</sup>	14.8 ± 0.0 <sup>b</sup>
	HCFT	62.4 ± 0.6 <sup>d</sup>	64.3 ± 0.4 <sup>c</sup>	79.7 ± 0.4 <sup>b</sup>	14.5 ± 0.1 <sup>a</sup>
TS	Native	56.5 ± 0.4 <sup>a</sup>	66.6 ± 0.1 <sup>a</sup>	80.0 ± 0.6 <sup>a</sup>	13.1 ± 0.2 <sup>c</sup>
	H	62.5 ± 0.6 <sup>b</sup>	67.8 ± 0.1 <sup>b</sup>	81.5 ± 0.7 <sup>ab</sup>	10.2 ± 0.2 <sup>b</sup>
	HC	63.2 ± 0.4 <sup>b</sup>	68.1 ± 0.2 <sup>b</sup>	81.4 ± 0.5 <sup>ab</sup>	10.1 ± 0.1 <sup>ab</sup>
	HCFT	64.9 ± 0.2 <sup>c</sup>	69.3 ± 0.1 <sup>c</sup>	82.2 ± 0.6 <sup>b</sup>	9.4 ± 0.4 <sup>a</sup>

○ 습열/냉해동 병행 처리 전분의 결정성 연구 (그림 3-4)

- 옥수수 전분과 찹옥수수 전분은 전형적인 A-type의 XRD 패턴을 보였으며, 감자 전분과 타피오카 전분은 전형적인 B-type의 XRD 패턴을 보임
- 옥수수 전분, 감자 전분, 타피오카 전분의 상대적 결정성은 물리적 변형에 의해 증가했음. 이는 물리적 처리에 의한 비결정성의 아밀로스 용출에 의한 것으로 사료됨
- 이와 대조적으로 찹옥수수전분의 상대적 결정성은 물리적 변형에 의해 감소하였음. 이는 찹옥수수 전분에서 습열처리동안 용출되는 아밀로펙틴이 주로 결정성 영역에 있기 때문임

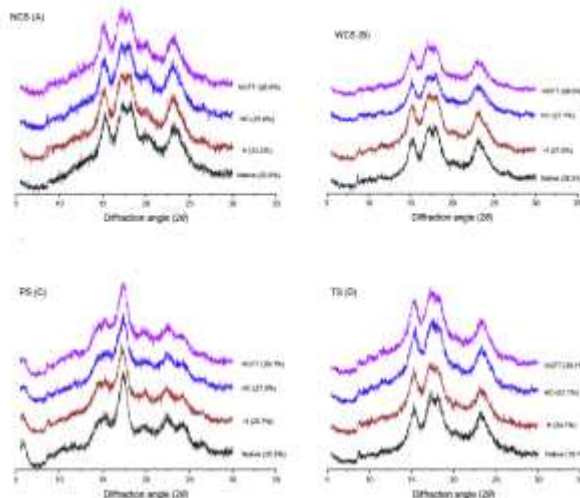


그림 3-4. 처리 전분의 결정성 패턴

○ 습열/냉해동 병행 처리 전분 겔의 조직감 연구 (표 3-4)

- 전분겔의 물성은 만능물성 분석기(texture analyzer)로 측정했음
- 찰옥수수전분을 제외한 나머지 전분겔의 경도(hardness), 탄성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness)는 물리적 처리에 의해 모두 유의적으로 증가했음
- 전분겔의 품질에 가장 큰 영향을 주는 요소인 경도는 습열/냉해동 병행 처리군이 무처리군 및 단일처리군에 비해 유의적으로 높았음
- 무처리군(native)과 비교하여 옥수수 전분겔의 경도는 HC, HC/FT 병행 처리에 의해 각각 77%, 110% 증가했음. 감자 전분겔의 경도는 HC, HC/FT 병행 처리에 의해 각각 33%, 61% 증가했음. 타피오카 전분겔의 경도는 HC, HC/FT 병행 처리에 의해 각각 56%, 65% 증가했음
- 무처리군(native)과 비교하여 옥수수 전분겔의 탄성은 HC, HC/FT 병행 처리에 의해 각각 208%, 346% 증가했음. 감자 전분겔의 탄성은 HC, HC/FT 병행 처리에 의해 각각 45%, 109% 증가했음. 타피오카 전분겔의 탄성은 HC, HC/FT 병행 처리에 의해 각각 112%, 173% 증가했음
- 습열처리 및 냉해동 처리는 전분 무정형 영역의 아밀로스/아밀로펙틴의 용출과 용출 후 이들의 재결합에 영향을 줌. 용출된 아밀로스/아밀로펙틴이 전분겔의 단단한 망상구조(network) 형성에 관여하여 전분겔의 조직감 증진에 기여함

표 3-4. 처리 전분겔의 조직감

Samples <sup>1)</sup>		Hardness (g)	Springiness (mm)	Cohesiveness	Chewiness (g)
NC5	Native	23.80 ± 1.54 <sup>a</sup>	0.17 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.18 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.71 ± 0.02 <sup>a</sup>
	H	33.53 ± 0.5 <sup>b</sup>	0.22 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.20 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.41 ± 0.02 <sup>b</sup>
	HC	42.13 ± 0.55 <sup>c</sup>	0.25 ± 0.02 <sup>bc</sup>	0.22 ± 0.01 <sup>b</sup>	2.19 ± 0.06 <sup>c</sup>
	HCFT	48.90 ± 0.90 <sup>d</sup>	0.27 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.24 ± 0.01 <sup>c</sup>	3.17 ± 0.52 <sup>d</sup>
WCS	Native	34.93 ± 0.95 <sup>b</sup>	0.38 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.40 ± 0.02 <sup>ab</sup>	5.57 ± 0.33 <sup>a</sup>
	H	33.16 ± 0.15 <sup>a</sup>	0.39 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.38 ± 0.00 <sup>a</sup>	5.41 ± 0.14 <sup>a</sup>
	HC	33.83 ± 0.12 <sup>ab</sup>	0.38 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.38 ± 0.01 <sup>a</sup>	5.49 ± 0.13 <sup>a</sup>
	HCFT	33.53 ± 1.40 <sup>ab</sup>	0.41 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.41 ± 0.01 <sup>b</sup>	5.58 ± 0.83 <sup>a</sup>
PS	Native	246.83 ± 2.90 <sup>a</sup>	0.83 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.83 ± 0.01 <sup>a</sup>	158.14 ± 4.60 <sup>a</sup>
	H	299.73 ± 0.46 <sup>b</sup>	0.88 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.88 ± 0.00 <sup>b</sup>	228.93 ± 2.07 <sup>b</sup>
	HC	328.33 ± 9.72 <sup>c</sup>	0.87 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.89 ± 0.02 <sup>c</sup>	230.00 ± 1.00 <sup>b</sup>
	HCFT	397.33 ± 1.91 <sup>d</sup>	0.92 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.93 ± 0.01 <sup>d</sup>	331.06 ± 7.01 <sup>c</sup>
TS	Native	73.43 ± 0.87 <sup>a</sup>	0.60 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.57 ± 0.02 <sup>a</sup>	24.46 ± 0.71 <sup>a</sup>
	H	87.87 ± 0.23 <sup>b</sup>	0.66 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.68 ± 0.01 <sup>b</sup>	49.82 ± 0.29 <sup>b</sup>
	HC	114.33 ± 1.75 <sup>c</sup>	0.68 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.71 ± 0.02 <sup>c</sup>	51.88 ± 1.63 <sup>c</sup>
	HCFT	121.55 ± 2.18 <sup>d</sup>	0.71 ± 0.00 <sup>d</sup>	0.77 ± 0.01 <sup>d</sup>	66.82 ± 0.85 <sup>d</sup>

2. 습열/주정 병행 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 저작 연구

[연구 방법]

- 재료: 감자 전분, 타피오카 전분
- 습열/주정 병행 처리: 40% 전분 분산액(물, 10% 주정, 25% 주정)을 호화개시온도(표 3-5, 그림 3-5)에서 1시간 동안 반응시킴. 습열처리한 전분 분산액은 45°C에서 24시간 동안 건조하여 연구에 사용함

표 3-5. 처리 전 각 전분의 호화개시온도 확인 (DSC 결과)

Onset temperature (°C)	Potato starch	Tapioca starch
with D.W	54.9 ± 0.2	55.9 ± 0.3
with 10% EtOH	55.0 ± 0.1	56.3 ± 0.0
with 25% EtOH	54.6 ± 0.4	56.6 ± 0.3

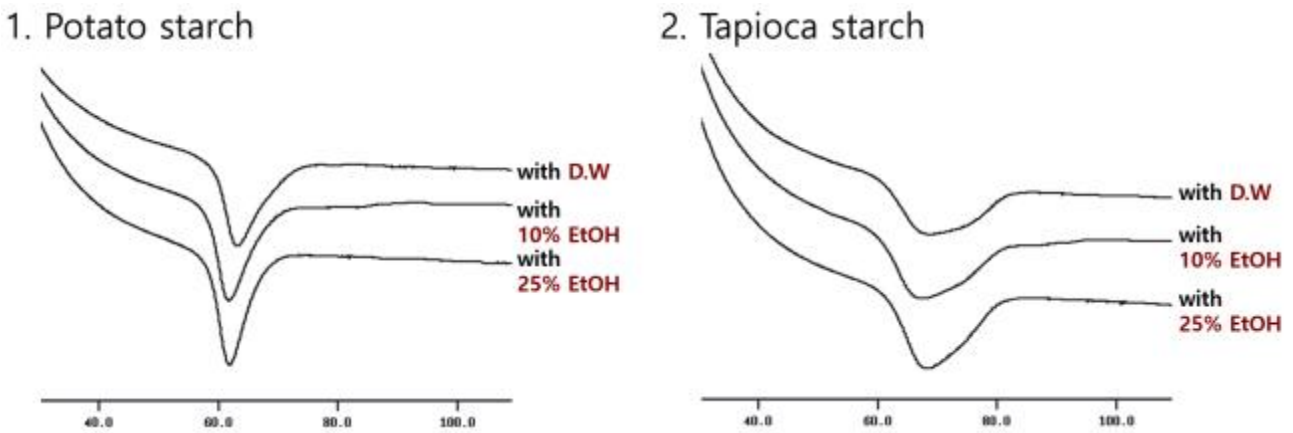


그림 3-5. 처리 전 각 전분의 호화개시온도 확인 (DSC 결과)

- 광학 현미경을 이용한 전분 관찰: 편광필터가 장착된 광학 현미경을 이용하여 전분 입자의 복굴절을 관찰함
- 전분 페이스트 특성: Rapid Visco-Analyzer (RVA)를 이용하여 측정하였으며 시료로는 7% 전분 분산액을 사용함
- 전분의 호화온도 및 호화 엔탈피 측정: Differential Scanning Calorimetry (DSC)를 이용하여 측정하였으며, 시료로는 40% 전분 분산액을 사용함
- 전분겔의 조직감 측정: 9% 전분 현탁액을 가열하여 전분 페이스트를 만든 후, 이를 실온에서 24시간 동안 보관하여 전분겔을 만듦. 전분겔의 조직감은 물성분석기(texture analyzer)를 이용하여 측정하였으며, 물성 측정기의 조건은 다음과 같음. TPA profile; cylindrical probe, 20 mm diameter; speed, 1.0 mm/s; deformation, 50%
- 전분 결정성: 전분의 결정성은 X-ray diffractometer를 활용하여 측정하였으며, 분석 조건은 다음과 같음. Angular range, 5-35°; scanning speed, 1.5°/min

#### [연구 결과]

- 습열/주정 병행처리 전분의 복굴절성(그림 3-6)
  - 전분 입자의 복굴절성은 편광필터가 장착된 광학현미경을 이용하여 관찰했음
  - 타피오카 전분의 입자 크기는 감자 전분보다 작았으며, 이는 기존 보고와 동일함
  - 실험에 사용된 두 전분(감자 전분, 옥수수 전분) 모두에서 선명한 복굴절성(Birefringence, maltese cross)를 관찰할 수 있었으며, 이는 습열/주정 병행처리에 의해 사라지지 않고 그대로

로 유지됐음

- 복굴절성은 전분의 호화 및 결정성 상실의 척도로 사용될 수 있음. 따라서 해당 결과는 습열/주정 병행처리에 의한 전분의 호화 및 결정성 상실이 일어나지 않음을 의미함

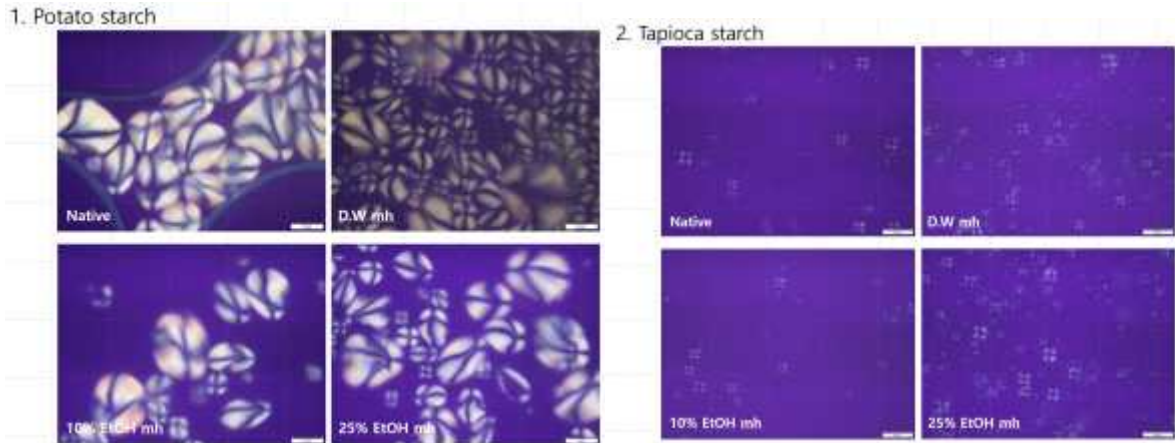


그림 3-6. 처리 전분의 복굴절성 관찰

○ 습열/주정 병행처리 전분의 결정성 변화(그림 3-7)

- 감자 전분과 타피오카 전분의 결정성 정도는 차이가 있었지만, 모두 전형적인 B-type의 XRD 결정 패턴을 보였음
- 물리적 처리에 의해 감자전분의 상대 결정성이 줄었음. 이는 무정형 영역의 아밀로스와 함께 결정성 영역의 아밀로스/아밀로펙틴 일부가 용출되었기 때문으로 생각됨
- 반면, 타피오카 전분의 결정성은 습열/주정 병행처리에 변하지 않고 유지됐음. 이는 타피오카 전분에서 습열처리에 의한 용출이 주로 무정형 영역에서 일어나기 때문으로 사료됨

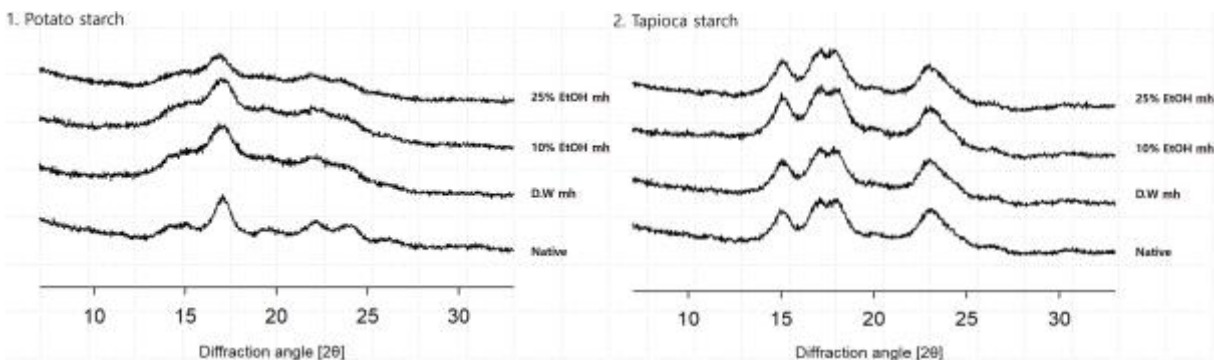


그림 3-7. 처리 전분의 결정성 패턴

○ 습열/주정 병행처리 전분의 열적 특성 연구(그림 3-8)

- 타피오카 전분과 비교하여 감자전분은 낮은 melting 온도와 높은 엔탈피를 가졌음. 또한 DSC 결과(그림 8)에서 감자전분의 피크가 뚜렷하지만, 타피오카 전분의 피크는 폭이 넓었음. 이는 감자전분의 결정성이 타피오카 전분보다 더 균일함을 의미함

- 습열/주정 병행 처리에 의해 전분의 melting 온도는 증가했으며, 엔탈피 값은 감소했음. 이는 열적 안정성이 낮은 전분질 일부가 파괴 및 용출되었기 때문으로 사료됨

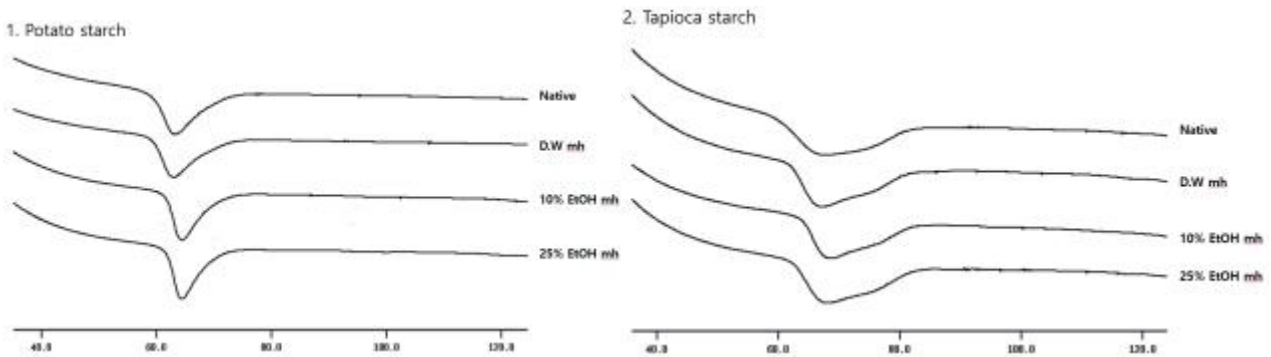


그림 3-8. 처리 전분의 열적 특성

○ 습열/주정 병행처리 전분 겔의 형상 및 조직감 변화(그림 3-9, 3-10, 3-11)

- 9% 전분 현탁액으로 만든 겔의 사진은 그림 9에 나타냄. Native, MH(DW), MH(10%), MH(25%)는 각각 무처리군, 습열처리군, 10% 주정/습열처리군, 25% 주정/습열처리군을 의미함
- 감자 전분과 타피오카 전분 모두 무처리군(native)에서는 겔의 형태가 불안정했음. 특히 아무런 처리를 하지 않은 타피오카 전분은 겔로서의 형태를 유지하지 못했음
- 습열처리 전분 겔은 무처리군에 비해 형태를 더 잘 유지했음(Native vs. MH(DW)). 이는 습열처리 과정에서 용출된 아밀로스 및 아밀로펙틴이 전분 겔의 망상구조에 영향을 미치기 때문임. 하지만 습열처리 전분으로 만든 겔도 여전히 모서리 부분이 명확하지 않고, 겔이 퍼져 높이가 낮은 것을 볼 수 있음
- 습열/주정을 병행 처리한 MH(10%), MH(20%)군의 겔은 Native와 MH(D.W)군과 비교하여 겔 모양이 더 일정하고, 오랜 보관에도 그 형태를 명확히 유지했음

(a) potato starch



Native MH(D.W) MH(10%) MH(25%)

(b) tapioca starch



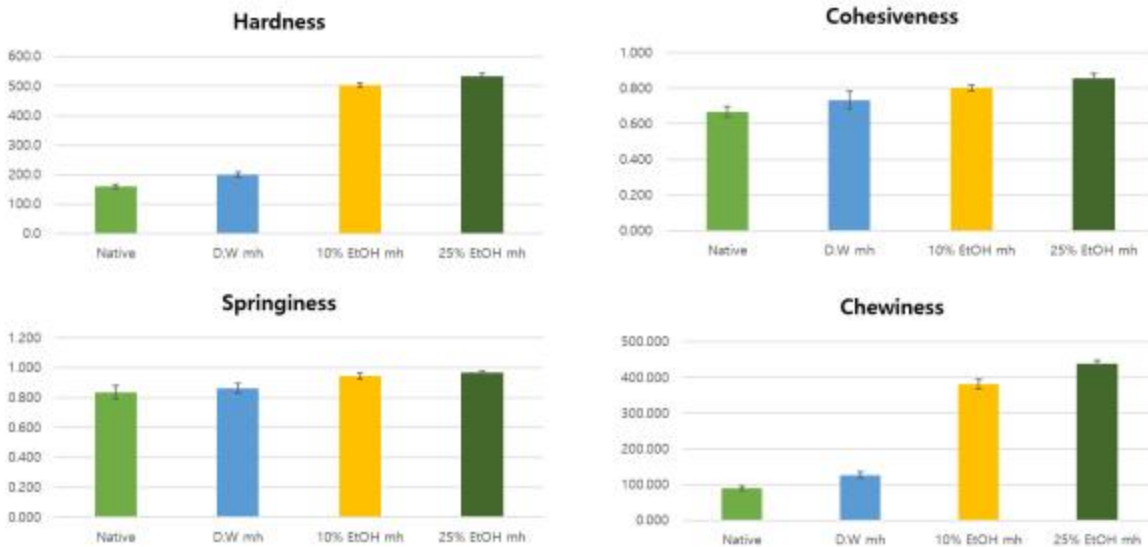
Native MH(D.W) MH(10%) MH(25%)

그림 3-9. 처리 전분으로 제조한 전분 겔

- 9% 전분 현탁액으로 만든 겔의 조직감은 그림 3-10에 나타냄
- 감자전분 겔의 경도와 씹힘성 값은 타피오카 전분 겔보다 높았음

- 감자 전분의 경도는 습열/주정처리에 의해 약 3.2배 증가했으며, 씹힘성은 약 4배 증가했음. 타피오카 전분에서도 이와 유사한 경향을 보였음
- 해당 처리는 방법이 매우 간단하고, 전분 외에는 물과 주정만을 사용하는 친환경적/경제적인 방법임에도 불구하고 겔의 조직감을 현격하게 향상시켰음

### 1. Potato starch



### 2. Tapioca starch

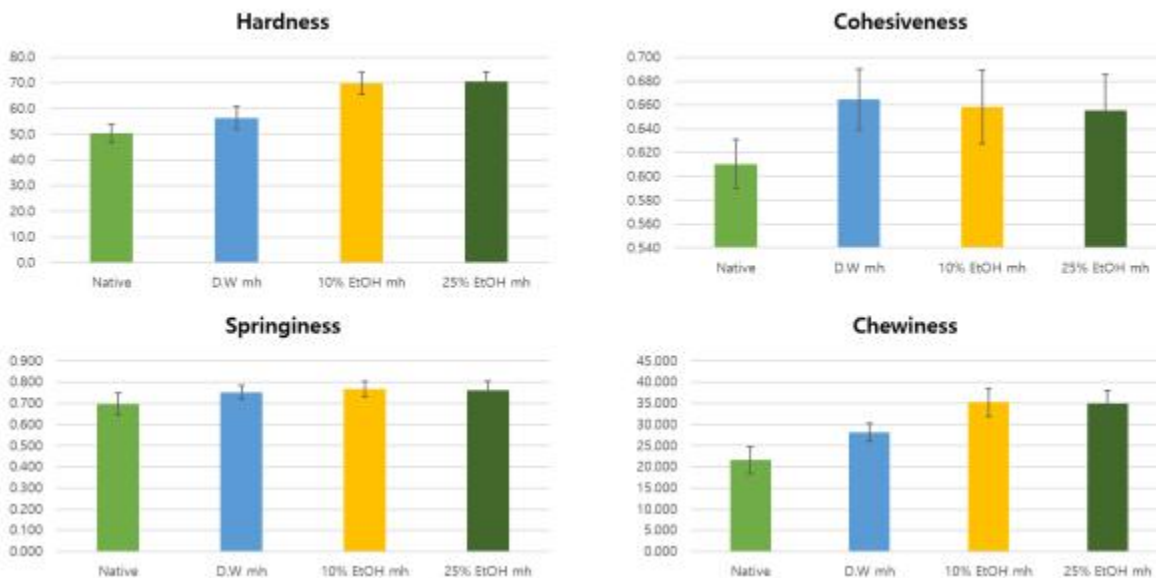


그림 3-10. 처리 전분겔의 조직감

#### ○ 습열/주정 병행처리 전분 겔의 이액현상(syneresis) 연구 (그림 3-11)

- 이액현상(syneresis)은 전분 겔의 보관 시간이 경과함에 따라 망상구조를 형성하고 있는 분산질의 흡수성이 약화되면서, 겔 내 액체 일부가 분리되는 현상으로, 겔의 냉해동 안정성 척도로 이용됨
- 냉해동 처리에 의해 전분 겔에서 빠져나오는 물의 비율을 계산하여 이액현상을 측정함



- 이액현상은 타피오카 전분겔보다 감자 전분겔에서 두드러지게 나타났으며, 냉해동 처리를 반복함에 따라 전분겔에서 이액되는 물의 비율이 증가했음
- 물리적 변형처리는 전분 겔의 이액현상을 방지하는 효과가 있었음. 이액 비율은 무처리군 > MH군 > MH(10%)군 > MH(25%)군 순서로 낮았음
- 무처리군과 마찬가지로 물리적 처리군에서도 냉-해동처리의 반복 횟수가 증가함에 따라 겔의 이액 비율이 증가했지만, 그 정도가 무처리군에 비해 유의적으로 낮았음
- 습열/주정 병행처리로 만든 전분 겔은 일반 전분 및 단일처리 전분으로 만든 겔보다 경도 및 씹힘성이 우수했을 뿐만 아니라, 냉해동 처리에 대한 내성도 있었음

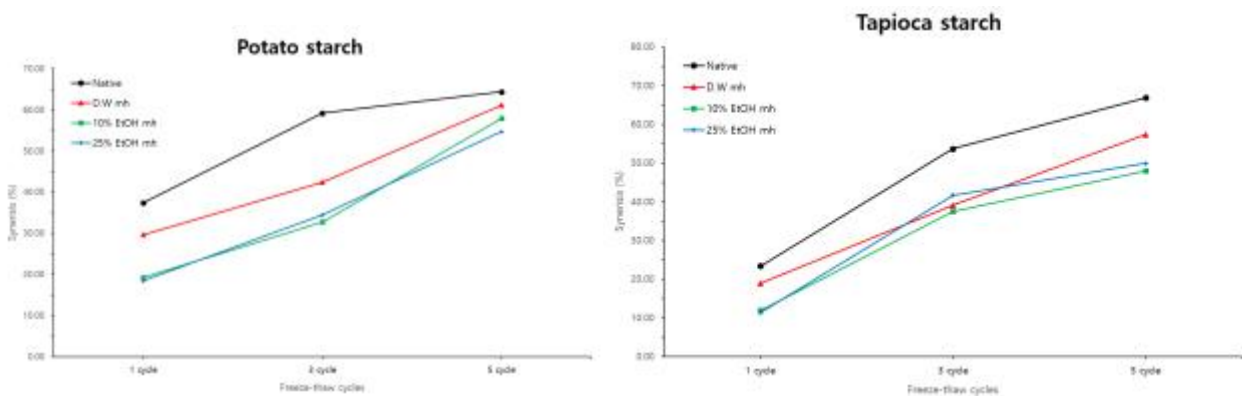


그림 3-11. 처리 전분겔의 이액현상(syneresis)

○ 습열/주정 병행처리 전분의 표면 관찰 (그림 3-12)

- 전분의 표면은 주사전자현미경(SEM)으로 관찰함
- 무처리 감자 전분(native potato starch) 입자의 표면은 매끄러웠으며, 입자끼리 군집을 이루지 않고 서로 분리되어 있었음
- 이와 대조적으로 습열처리 및 습열/주정처리한 전분은 표면이 덜 매끄러울 뿐만 아니라 전분 입자들이 군집으로 이루고 있었음. 이런 군집 효과는 습열처리 과정에서 용출된 아밀로스/아밀로펙틴이 전분 입자 표면에서 접착제(glue) 역할을 하기 때문
- 용출된 전분질의 재흡착은 습열처리군보다 습열/주정처리군에서 더 잘 일어나는 것을 관찰할 수 있었음. 처리에 따른 전분질의 용출은 습열처리군과 습열/주정처리군에서 동일하나, 용출 후 전분질의 재흡착이 습열/주정처리군에서 더 잘 일어나기 때문으로 사료됨

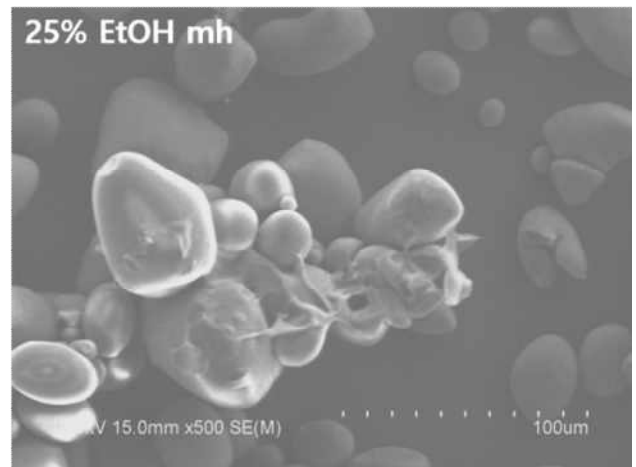
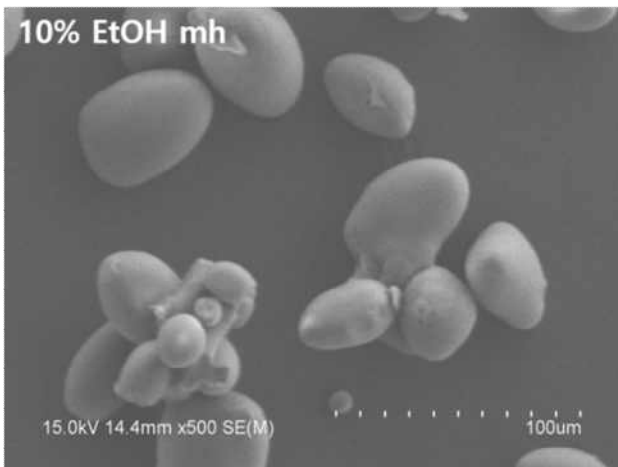
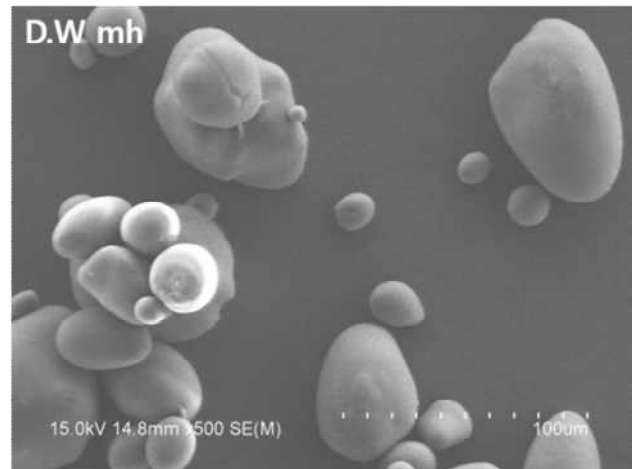
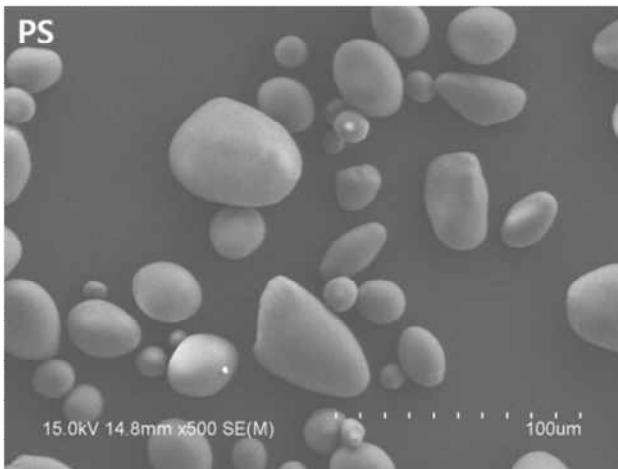


그림 3-12. 처리 전분의 표면 (주사전자현미경)

### 3. 습열/건열 병행 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구

#### [연구 방법]

- 재료: 옥수수 전분, 찹옥수수 전분, 감자 전분, 고구마 전분
- 습열/건열 병행 처리: 40% 전분 분산액을 호화 개시 온도에서 1시간 동안 습열 처리한 후, 45°C에서 24시간 동안 건조함. 건조한 전분 분산액을 130°C에서 2시간 동안 건열 처리하고 실험에 사용함
- 전분 페이스트 특성: Rapid visco-analyzer (RVA)를 이용하여 측정했으며, 시료로는 7% 전분 분산액을 사용함
- 전자현미경을 이용한 전분 표면 관찰: Ultra-high resolution scanning electron microscope (HR-SEM)을 이용하여 전분 시료의 표면을 관찰함
- 전분 결정성: 전분의 결정성은 X-ray diffractometer를 활용하여 측정하였으며, 분석 조건은 다음과 같음. Angular range, 5-35°; scanning speed, 1.5°/min

#### [연구 결과]

- 습열/건열 병행처리 전분의 페이스트 특성 관찰 (그림 3-13)
  - Native, mh, DH, mhDH는 각각 생전분(native), 습열처리 전분, 건열처리 전분, 습열 후 건

### 열처리 전분을 의미함

- 습열/건열 병행처리는 시너지 효과를 내지 못했으며, 전분 출처(botanical origin)에 따라 그 양상이 달랐지만 단독처리(습열처리 혹은 건열처리)와 유사한 경향을 보임
- 습열/건열 병행처리한 옥수수 전분 및 고구마 전분은 건열 단독 처리한 전분과 유사한 페이스트 특성을 보였으며, 이와 대조적으로 찹옥수수 전분에서는 병행처리가 습열 단독처리와 유사한 페이스트 특성을 보였음
- 감자전분에서 병행처리는 건열 및 습열 단독 처리와 비교하여 호화온도가 유의적으로 증가했으나, 최종점도는 오히려 습열처리한 전분이 더 높았음

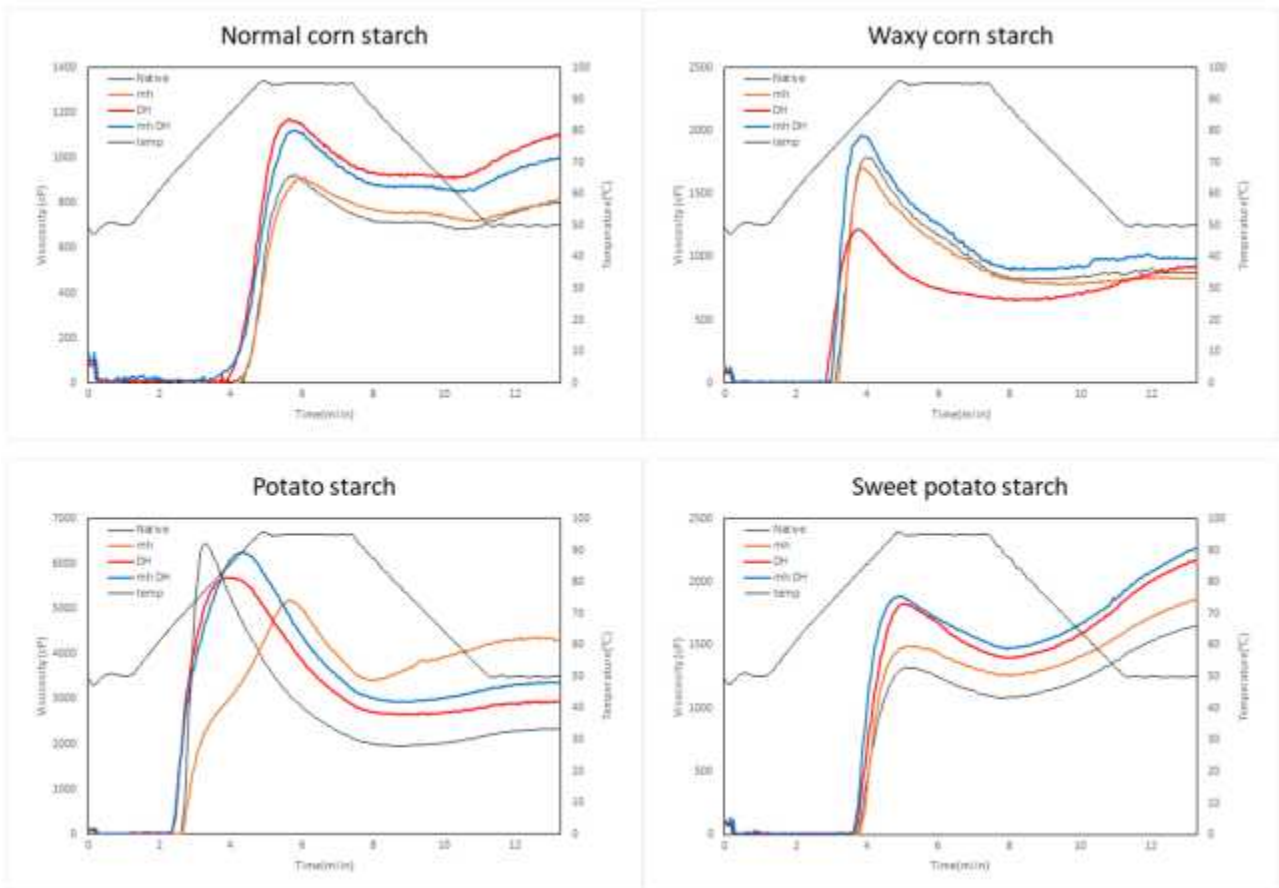


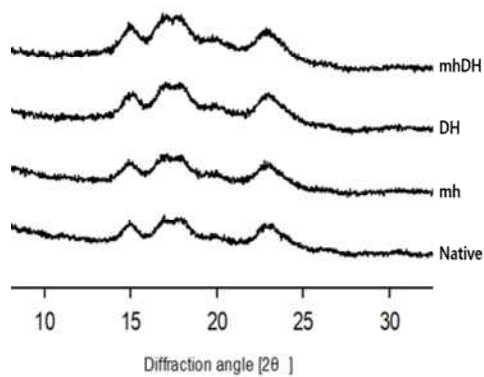
그림 3-13. 처리 전분의 호화점도 및 페이스트 특성

### ○ 습열/건열 병행처리 전분의 결정성 변화 (그림 3-14)

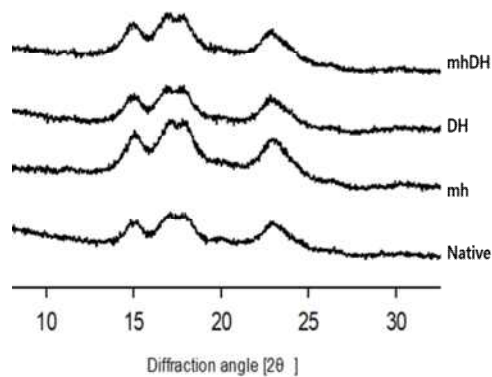
- XRD 상에서 옥수수 전분과 찹옥수수 전분은 A-type 패턴을, 감자 전분과 타피오카 전분은 B-type 패턴을 보였음
- 습열처리에 의해 옥수수 전분, 감자 전분, 타피오카 전분의 상대 결정성은 약간 감소했으며, 찹옥수수 전분의 상대 결정성은 오히려 증가했음. 습열처리는 전분 내 아밀로스 용출을 유도하며, 이로 인해 전분의 결정성이 감소할 수 있음. 하지만 찹옥수수 전분은 아밀로스가 없고, 촘촘하게 정돈된 구조의 아밀로펙틴으로만 이루어져 있으며 용출이 잘 일어나지 않고, 오히려 아밀로펙틴-아밀로펙틴 결합이 강해져 상대 결정성이 증가한 것으로 사료됨

- 건열처리 및 습열/건열 병행처리에 의해 전분의 상대 결정성은 감소했음. 이런 경향은 A-type 결정성을 가진 옥수수 전분과 찰옥수수 전분보다 B-type 결정성을 가진 감자 전분과 타피오카 전분에서 크게 나타났음. 이는 감자 전분과 타피오카 전분이 건열 처리에 민감함을 의미함

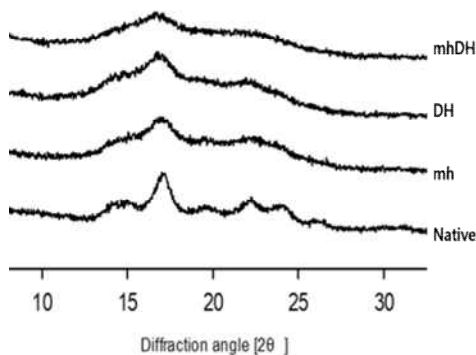
Normal corn starch



Waxy corn starch



Potato starch



Tapioca starch

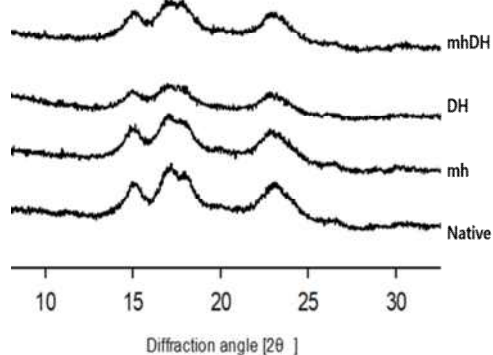


그림 3-14. 처리 전분의 결정성 패턴

<2차년도> 협동연구기관(영흥식품)

1. 점증제 용도로 개발된 물리적 변형전분의 시제품 생산

- 재료: 타피오카 전분, 고구마 전분
- pH 8.0의 40% (w/v) 전분용액을 제조하고 이를 건조(45°C, 24시간)하여 분말화함. 이후 130°C 조건에서 2시간 건열처리하여 건열처리 전분을 제조했음
- 두 종의 물리적 변형 전분의 시제품을 대량 생산함(건열처리 타피오카 전분 500kg, 건열처리 고구마 전분 500kg)
- 랩 스케일(Lab. scale)에서 생산된 물리적 변형 전분과 파일럿 스케일(pilot scale)에서 생산된 물리적 변형 전분(시제품)의 성능(페이스트 특성)을 비교함(그림 3-15)

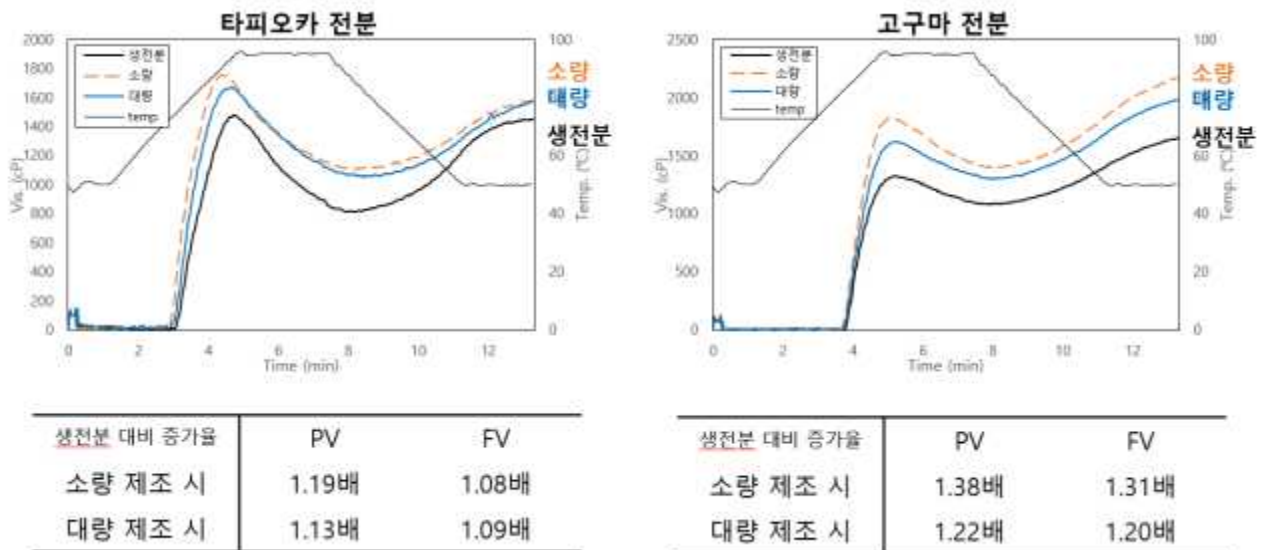


그림 3-15. 소량/대량 생산된 물리적 변형전분의 페이스트 특성

- 파일럿 스케일(pilot scale)에서 생산된 물리적 변형 전분은 랩 스케일(Lab. scale)에서 생산된 물리적 변형전분에 비해 물리적 변형 효과가 조금 떨어졌음. 이는 파일럿 스케일의 대량 생산이 랩 스케일의 소량생산보다 시료 내부로의 열전달(heat transfer)이 힘들기 때문으로 사료됨
- 랩 스케일과 파일럿 스케일에서 제조된 타피오카 변형전분의 최고점도(peak viscosity)는 무처리군에 비해 각각 1.19배, 1.13배 높았으며, 최종점도(final viscosity)는 각각 1.08배, 1.09배 높았음
- 랩 스케일과 파일럿 스케일에서 제조된 고구마 변형전분의 최고점도(peak viscosity)는 무처리군보다 각각 1.38배, 1.22배 높았으며, 최종점도(final viscosity)는 각각 1.31배, 1.20배 높았음
- 파일럿 스케일에서 생산된 물리적 변형전분은 랩 스케일에서 생산된 변형 전분과 마찬가지로 생전분보다 우수한 페이스트 특성을 보였음

## 2. 시제품을 2종 이상의 클린라벨 식품에 첨가 활용하고 상업적 이용 가능성 검토

- 당면은 고구마 전분, 감자전분, 옥수수 전분 등의 전분질을 주원료로 하여 반죽, 제면, 호화, 냉동, 해동, 건조 등의 공정을 거쳐 제조되는 식품으로, 당면 시장은 꾸준히 성장하는 추세에 있음
- 한국 전통 당면은 단가가 높은 고구마 전분을 주원료로 생산되기 때문에 가격이 비싼 단점이 있음
- 중국 및 동남아에서 주로 유통되는 타피오카 당면은 가격이 매우 저렴하고 쫄깃한 식감을 가지고 있지만, 낮은 색도, 뻣뻣한 식감, 빠른 노화의 단점이 있음
- 본 연구에서는 점증제 용도로 대량 생산한 건열처리 타피오카 전분(시제품)을 활용하여 클린라벨 당면 2종을 제조하고 이들의 색도 및 조리 후 조직감을 분석함

### 1. 고구마 전분 일부를 건열처리 타피오카 전분으로 치환하여 품질은 최대한 유지하면서 경제

성이 높은 한국 전통 당면을 제조하고자 했음

2. 타피오카 전분 일부를 건열처리 타피오카 전분으로 치환하여 고품질의 타피오카 당면을 제조하고자 했음

<시제품1. 건열처리 타피오카 전분을 첨가한 한국 전통 당면 제조>

○ 건열처리 타피오카 전분을 일부 첨가하여 만든 한국 전통 당면의 조리 후 사진 및 색도는 그림 3-16과 표 3-6에 나타냄



고구마 전분 비율	100	75	50	75	50
타피오카 전분 비율	0	25	50		
습열처리 타피오카 전분 비율	0			25	50

그림 3-16. 건열처리 타피오카 전분 대체 비율에 따른 한국 전통 당면의 형태 변화

표 3-6. 건열처리 타피오카 전분을 첨가한 한국 전통 당면의 색도

배합비	L (Lightness)	a (Redness)	b (Yellowness)
고구마 100%	45.46 ± 0.09	2.56 ± 0.05	15.04 ± 0.11
고구마 75% 천연 타피오카25%	45.86 ± 0.11	1.60 ± 0.10	13.76 ± 0.11
고구마 50% 천연 타피오카50%	47.10 ± 0.20	1.44 ± 0.05	12.46 ± 0.11
고구마 75% 습열처리 타피오카25%	45.68 ± 0.08	2.56 ± 0.05	14.84 ± 0.05
고구마 50% 습열처리 타피오카 50%	46.18 ± 0.15	2.40 ± 0.07	14.74 ± 0.09

- 고구마 전분 일부를 무처리 타피오카 전분으로 치환했을 때, 당면의 L값(명도)은 유의적으로 증가했으며, a값과 b값은 유의적으로 감소했음
- 고구마 전분 일부를 건열처리 타피오카 전분으로 대체했을 때도 L값은 증가했고, a값과 b값은 감소했음, 하지만 변화폭이 무처리 타피오카 전분으로 대체했을 때보다 작았음. 예를 들어 무처리 타피오카 전분을 50% 치환한 당면의 경우 a값, b값이 각각 1.12, 2.58 감소했지만, 건열처리 타피오카 전분을 동량 치환할 경우 a값, b값은 고작 0.16, 0.3 감소했음
- 건열처리 타피오카 전분을 일부 첨가하여 만든 한국 전통 당면의 조리 후 조직감은 그림 3-17에 나타냄
- 고구마 전분 일부를 무처리 타피오카 전분으로 치환했을 때, 당면의 경도와 씹힘성은 급격하게 감소했음. 건열처리 타피오카 전분으로 치환한 당면에서도 경도 및 씹힘성이 감소를 관찰할 수 있었으나 그 감소폭이 매우 적었음
- 당면에서 매우 중요한 탄성, 응집성은 타피오카 전분 치환에 의해 유의적으로 감소했음. 하지만 건열처리 타피오카 전분으로 치환한 당면에서는 탄성 및 응집성이 감소하지 않고 유지되었음

- 고구마 전분 일부를 물리적 변형 타피오카 전분으로 대체함으로써 경제성이 우수하면서도 큰 품질 열화가 없는 한국 전통 당면을 제조할 수 있었음
- 고구마 전분과 물리적 변형 타피오카 전분의 도매가를 고려했을 때, 물리적 변형 타피오카 전분을 25% 혹은 50% 대체하여 제조한 한국 전통 당면의 상업적 이용 가치는 높을 것으로 사료됨

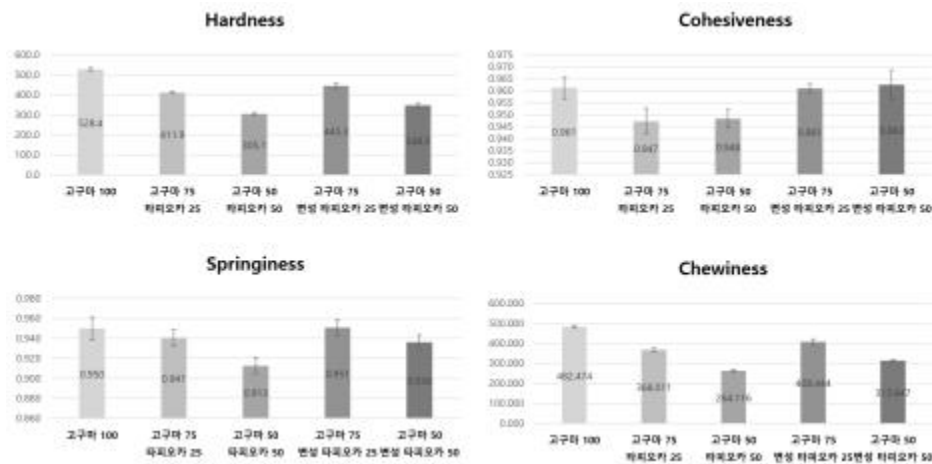


그림 3-17. 건열처리 타피오카 전분을 첨가한 한국 전통 당면의 조직감

<시제품2. 건열처리 타피오카 전분을 이용한 타피오카 당면 제조>

- 건열처리 타피오카 전분을 이용하여 만든 당면의 조리 후 사진 및 색도는 그림 3-18과 표 3-7에 나타냄
- 당면에서 천연 타피오카 전분 대비 건열처리 타피오카 전분의 비율이 증가함에 따라 L값과 b값은 증가했으며, a값은 감소했음
- 이는 건열처리 과정에서 형성된 저분자의 당들이 당면 제조 및 조리 과정에서 갈변화되기 때문으로 생각됨
- 변형 타피오카 전분 100%로 만든 당면의 색도는 고구마 전분으로 만든 한국 전통 당면과 유사했음 (표 3-6 vs. 표 3-7)
- 하지만 투명도는 두 당면 간 큰 차이가 있어 고구마 전분으로 제조한 당면은 불투명한 것과 대조적으로 변형 타피오카 전분으로 만든 당면은 투명했음 (그림 3-16 vs. 그림 3-18)



타피오카 전분 비율	100	75	50	25	0
습열처리 타피오카 전분 비율	0	25	50	75	100

그림 3-18. 건열처리 타피오카 전분 대체 비율에 따른 당면의 형태 변화

표 3-7. 건열처리 타피오카 전분 대체 비율에 따른 당면의 색도 변화

배합비	L (Lightness)	a (Redness)	b (Yellowness)
천연 타피오카 100%	54.70 ± 0.10	0.82 ± 0.13	11.84 ± 0.10
천연 타피오카 75% 변형 타피오카 25%	53.98 ± 0.13	1.08 ± 0.13	12.72 ± 0.08
천연 타피오카 50% 변형 타피오카 50%	50.44 ± 0.23	2.32 ± 0.07	13.18 ± 0.08
천연 타피오카 25% 변형 타피오카 75%	49.32 ± 0.22	2.3 ± 0.07	13.8 ± 0.07
변형 타피오카 100%	48.64 ± 0.15	2.68 ± 0.08	14.58 ± 0.04

- 건열처리 타피오카 전분으로 만든 당면의 조리 후 조직감은 그림 3-19에 나타남
- 건열처리 타피오카 전분의 첨가 비율이 증가함에 따라 당면의 경도(hardness), 탄성 (springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness)이 증가했음. 이는 건열처리 전분을 사용함으로써 타피오카 당면의 식감이 변했음을 의미함

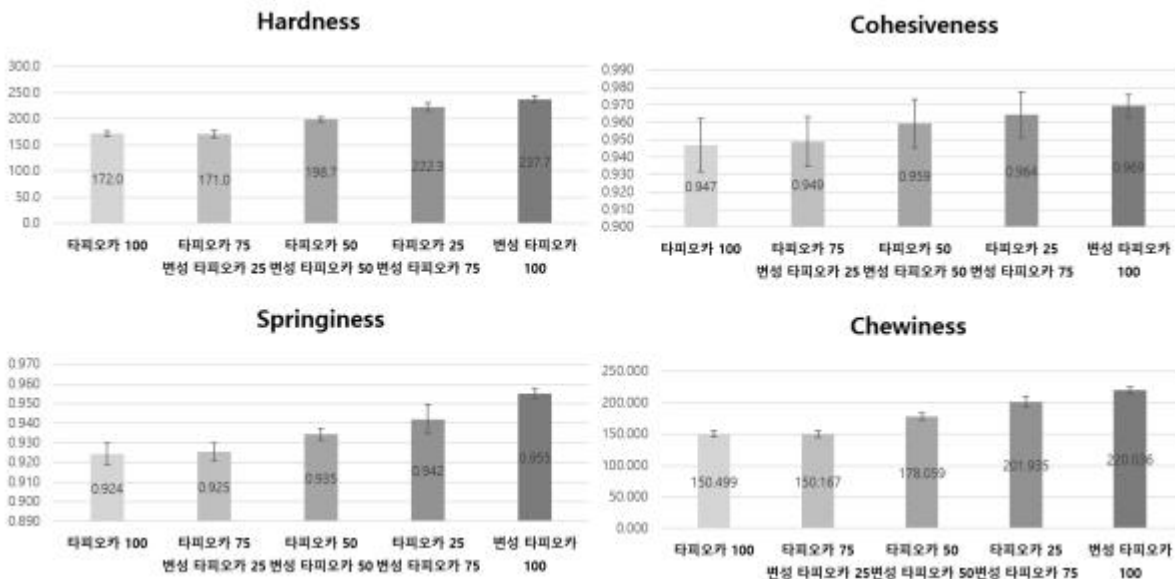


그림 3-19. 건열처리 타피오카 전분 대체 비율에 따른 당면의 조직감 변화



- 건열처리 타피오카 전분으로 만든 당면의 응집성과 탄성 값은 고구마 전분으로 만든 한국 전통 당면과 유의적으로 같았음. 반면 당면의 경도와 씹힘성 값은 한국 전통 당면보다 약 2배 낮았음
- 건열처리 타피오카 전분으로 만든 당면의 식감은 천연 타피오카 전분으로 만든 당면과 뚜렷한 차이를 보였음. 만능물성분석기(texture analyzer)로 측정된 건열처리 타피오카 당면의 식감은 천연 타피오카 당면과 고구마 당면의 중간 정도로 보임
- 건열처리 타피오카 전분의 제조 단가는 천연 타피오카 전분보다 높으며, 이를 이용하여 제조한 당면의 제조 단가 및 소비자가 역시 천연 타피오카 당면에 비해 높을 수밖에 없음. 하지만 건열처리 타피오카 전분으로 제조한 당면의 식감은 대조군(천연 타피오카 당면)보다 우수하며, 고구마 당면과 타피오카 당면 중간 정도의 독특한 식감을 가지고 있기 때문에 이에 대한 수요가 분명히 있으리라 생각됨
- 본 기관의 협력회사(의남식품)를 통해 건열처리 타피오카 전분을 첨가한 당면의 시제품을 파일럿 스케일(200kg)에서 제조(그림 3-20)했으며, 이에 대한 소비자 평가를 계획하고 있음



그림 3-20. 파일럿 스케일에서 제조한 건열처리 타피오카 당면 일부

### 3. 제품 생산 비용 산출 및 화학적 변형전분과 비교

- 건열처리 고구마 전분 및 건열처리 타피오카 전분의 생산 경험을 토대로 각 건열처리 전분의 생산비용을 산출했으며, 자세한 산출 내역은 아래와 같음
- 재료비
  - 원재료비

- 국산 고구마 전분 및 수입 타피오카 전분으로 1회 생산량 500kg 기준
- 고구마전분(국산): 3,200원/kg
- 타피오카전분(수입): 1,100원/kg

- 부재료비

- 포장재 (20kg 지대포장 기준)
- 전분kg당 비용 산출
- (25kg 포장지 매당 400원 \* 25매) / 500kg

○ 노무비

- 직접노무비

- 해당 원료의 가공 공정에 직접 참여하는 생산직 임직원에 대한 임금
- 시간 산출 기준: 저온건조 24시간 + 고온건조 2시간 + 오븐예열 및 준비 1시간\*3일
- 29시간 \* 2명 \* 15천원/시간

- 간접노무비

- 작업 현장에서 보조 작업에 종사하는 인력(환경, 공무, 지원, 품질 등)에 대한 임금
- 시업 1시간, 종업 1시간, 2명 지원 조건

○ 경비

- 전력비: 가공설비(전기오븐) 가동에 따른 소요 전력 비용

- 45°C에서 24시간 건조 & 130°C에서 2시간 건조
- Heater: 24kw(6kw\*4set), Motor 3kw(750w x 4ea)
- 27kw \* 27H \* 109.3원/kwh
- 산업용(을) I / 고압A/ 선택 II 최대부하 / 봄·가을철(3~5,9~10월) 기준

- 복리후생비

- 식사를 포함한 현물공여 및 기타 후생 지원 비용 중 식대만 산정
- 1식 6,000원 \* 3회 \* 2명

- 감가상각비: 공장건축물과 기계장치 감가상각

- 감가상각기간: 5년
- 감가상각방법: 정액법(Straight-line method) 내용연수에 걸쳐 매 기간 일정하게 감가상각비를 인식하는 방법

- 산출 공식: 감가상각비(D)=취득원가(Co) -잔존가치(Vs)/내용연수(n)

$$\therefore [\text{취득원가 } 20,000,000\text{원} - \text{잔존가치 } 2,000,000\text{원} / \text{내용연수 } 5\text{년}] / 365\text{일} * 3\text{일} = 29,589\text{원}$$

- 운반비: 음성공장=>하남물류창고 이동 파레트 단위 수송비 (35,000)

표 3-8. 변형 고구마전분(국산) 제조 원가

(단위:원/vat포함)

과목	금액(500kg)	kg당 단가	비고
재료비			
원재료비	1,600,000	3,200	
부재료비	10,000	20	20kg 지대 25장 소요
노무비			
직접 노무비	870,000	1,470	29H * 2명 * 15천원/H
간접 노무비	180,000	360	6H * 2명 * 15천원/H
경비			
전력비	79,700	159.4	산업용(을) I / 고압A
복리후생비	36,000	72	식대 6,000 * 2명 * 3일
감가상각비	29,589	59	취득원가 2천만원, 내용연수 5년
운반비	35,000	70	4파레트 기준 운반비 14만원
수선비			
기타			
총제조비용		5,410.4	

표 3-9. 변형 타피오카전분 제조 원가

(단위:원/vat포함)

과목	금액(500kg)	kg당 단가	비고
재료비			
원재료비	550,000	1,100	
부재료비	10,000	20	20kg 지대 25장 소요
노무비			
직접 노무비	870,000	1,470	29H * 2명 * 15천원/H
간접 노무비	180,000	360	6H * 2명 * 15천원/H
경비			
전력비	79,700	159.4	산업용(을) I / 고압A
복리후생비	36,000	72	식대 6,000 * 2명 * 3일
감가상각비	29,589	59	취득원가 2천만원, 내용연수 5년
운반비	35,000	70	4파레트 기준 운반비 14만원
수선비			
기타			
총제조비용		3,310.4	

○ 일반전분/건열처리전분/화학적변형전분 단가 비교 (표 3-10)

- 고구마전분과 건열처리 고구마 전분의 예상 원가는 각각 3,200원, 5,410원 / 출고가는 3,960원, 6,500원 / 소비자가는 4,800원, 7,800원이었음
- 천연 타피오카전분과 건열처리 타피오카 전분의 예상 원가는 각각 1,100원, 3,310원 / 출고가는 1,320원, 3,980원 / 소비자가는 1,600원, 4,780원이었음
- 추가적인 공정으로 인해 물리적 변형전분의 원가, 출고가, 소비자가는 일반 전분보다 높았음. 하지만 물리적 변형 전분은 고부가가치의 클린라벨 식품의 원료로써 물성 및 냉해동 안정성 증진 용도로 사용될 수 있기 때문에 상업적 이용 가능성은 충분하며 이에 대한 수요가 있을 것으로 생각됨
- 화학 변형 타피오카 전분의 소비자가는 약 2,000원 - 4,000원으로 조사됨. 이는 건열처리 타

피오카 전분보다 약간 저렴하거나 비슷한 수준임. 따라서 화학처리 변형전분을 사용할 수 없는 클린라벨 식품 분야에서는 물리적 변형전분에 대한 수요가 높을 것으로 생각됨

- 또한 대량 생산 및 생산 공정 최적화를 통하여 건열처리 타피오카 전분의 제조 단가는 더욱 저렴해질 수 있음
- 고구마 전분은 타피오카 전분 및 옥수수 전분보다 생산단가가 높기 때문에, 화학처리 변형전분은 상업적으로 이용이 되지 않는 실정임. 다만 노무비 및 경비 등을 고려했을 때, 화학적 변형 고구마 전분과 건열처리 고구마 전분의 소비자가는 유사한 수준이 될 것으로 사료됨
- 최근 웰빙 트렌드와 함께 식품 내 화학 첨가물 이용에 대한 소비자의 반감이 커졌으며, 국내 순수 기술로 제조된 물리적 변형전분(천연전분 대체제, 점증제, 및 겔화제 용도로 이용)은 화학적 변형전분 및 전량 수입에 의존해온 물리적 변형전분을 대체할 수 있을 것이라 기대됨

표 3-10. 천연 전분과 타피오카 전분의 생산원가, 출고가, 소비자가 비교

(단위:원/kg)

구분	원가		출고가		소비자가	
	일반전분	변형전분	일반전분	변형전분	일반전분	변형전분
고구마전분	3,200	5,410	3,960	6,500	4,800	7,800
타피오카전분	1,100	3,310	1,320	3,980	1,600	4,780

<3차년도> 주관연구기관(고려대)

1. 검(gum) 첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 변화 및 기작 연구

[연구 방법]

- 재료: 감자 전분,
- 검: 잔탄검, 카복시메틸셀룰로스, 검 아라빅, 구아검
- 검 첨가 후 냉해동 처리: 검(전분 대비 0.3%)을 포함한 40% 감자 전분 분산액을 -20°C 조건에서 12시간 동안 냉동 후, 25°C에서 해동시킴. 해동한 전분 분산액을 45°C에서 24시간 동안 건조하여 실험에 사용함. 이하 'FT'라 함
- 검 첨가 후 습열 처리: 검(전분 대비 0.3%)을 포함한 40% 감자 전분 분산액을 호화개시온도에서 1시간동안 가열 후, 4°C에서 12시간동안 방냉함. 방냉한 전분 분산액을 45°C에서 24시간 동안 건조하여 실험에 사용함. 이하 'HC'라 함
- 검 첨가 후 습열/냉해동 병행처리: 검(전분 대비 0.3%)을 포함한 40% 감자 전분 분산액을 호화개시온도에서 1시간동안 가열 후, 4°C에서 12시간동안 방냉함. 방냉한 전분 분산액을 -20°C 조건에서 12시간 동안 냉동 후, 25°C에서 해동시킴. 해동한 전분 분산액을 45°C에서 24시간 동안 건조하여 실험에 사용함. 이하 'HCFT'라 함
- 전자현미경을 이용한 전분 표면 관찰: Ultra-high resolution scanning electron microscope (HR-SEM)을 이용하여 전분 입자의 표면을 관찰함
- 광학현미경을 이용한 전분 관찰: 요오드 용액(0.2% I<sub>2</sub>+ 2% KI)으로 전분을 염색한 후, 40배율로 관찰함
- 전분 페이스트 특성 분석: Rapid visco-analyzer (RVA)를 이용하여 측정했으며, 시료로는 7% 전분 분산액을 사용함
- 전분의 호화온도 및 호화 엔탈피 측정: Differential scanning calorimetry (DSC)를 이용하여 측정했으며, 시료로는 3% 전분 분산액을 사용함
- 전분겔의 조직감 측정: 9% 전분 현탁액을 가열하여 전분 페이스트를 만들고, 이를 실온에서 12시간 동안 보관하여 전분겔을 만듦. 전분겔의 조직감은 물성분석기(texture analyzer)를 이용하여 측정했으며, 물성분석기의 분석 조건은 다음과 같음. TPA profile: cylindrical probe, 20 mm diameter; speed, 1.0 mm/s; deformation, 50%
- 전분겔의 이액 현상 분석: 9% 전분 분산액을 가열해 만든 전분 페이스트를 21개의 구멍이 뚫린 15ml 코니칼 튜브에서 냉해동함. 냉해동 주기는 -20°C 냉동 22시간, 실온 해동 2시간으로 하였으며, 총 5주기까지 반복함. 각 주기마다 페이스트가 담긴 튜브에 필터페이퍼를 깔고 원심 분리(1310g, 15분, 실온)하였으며, 구멍을 통해 나온 수분의 무게와 기존 페이스트의 무게를 비교하여 이액현상의 정도를 산출함

[연구 결과]

- 검 첨가 습열/냉해동 병행 처리 전분의 표면 관찰 (그림 4-1)
  - 물리적 변형 전분의 표면은 주사전자현미경(SEM)으로 관찰하였음

- 검의 첨가없이 물리적 변형한 전분의 표면은 천연전분과 매우 상이했음. 특히 냉해동 처리 (FT) 전분에서 그 현상이 두드러졌는데, 이는 냉해동 과정에서 얼음 결정으로 형성되는 물리적 스트레스가 전분입자를 비가역적으로 변화시켰기 때문임. 이와같이 손상을 입은 전분은 호화에 취약하고 쉽게 노화되는 것으로 보고되고 있음
- 단일 습열 처리(HC) 및 습열 및 냉해동 처리의 병행(HCFT)는 습열 과정에서 용출된 가용성 전분이 전분입자 표면에 흡착하고 새로운 물리적 방어막을 형성하는 것을 SEM을 통해 관찰할 수 있었으며, 이는 냉해동 처리 과정에서 발생할 수 있는 물리적 스트레스에 의한 전분입자의 파괴를 억제했음
- 물리적 처리가 병행되지 않은 단순한 검의 첨가는 전분 표면에 불안정하게 부착함에 따라 불균일한 전분 표면을 형성하였으며, 이와 같은 현상은 특히 잔탄검에서 두드러지게 나타남
- 물리적 처리에 앞서 검을 소량 첨가할 경우, 물리적 변형 과정에서 일어날 수 있는 전분입자의 구조 파괴가 억제되는 것을 관찰할 수 있었음. 검 첨가/물리적 변형처리를 병용한 시료(전분입자)의 표면은 매끄러웠으며, 이는 습열처리 과정에서 용출된 전분 사슬과 검 분자가 전분-검 복합체를 형성하고, 이렇게 형성된 복합체가 전분 입자 표면에서 베리어를 형성하였기 때문. 또한 일부 검분자는 습열 과정에서 팽윤(swelling)된 전분 입자 내부로 확산되어 전분 분자들 사이에서 접착제 역할을 했을 것을 예상됨
- 요약해보자면 미열처리는 전분 입자의 구조를 일시적으로 풀어줌, 이때 전분 밖으로 용출된 전분 분자(주로 amylose)는 수용액에 첨가된 검과 복합체를 형성하고, 형성된 복합체는 건조 과정에서 전분 입자 표면에 강하게 결합하여 전분 입자의 물리적 특성을 변화시킴

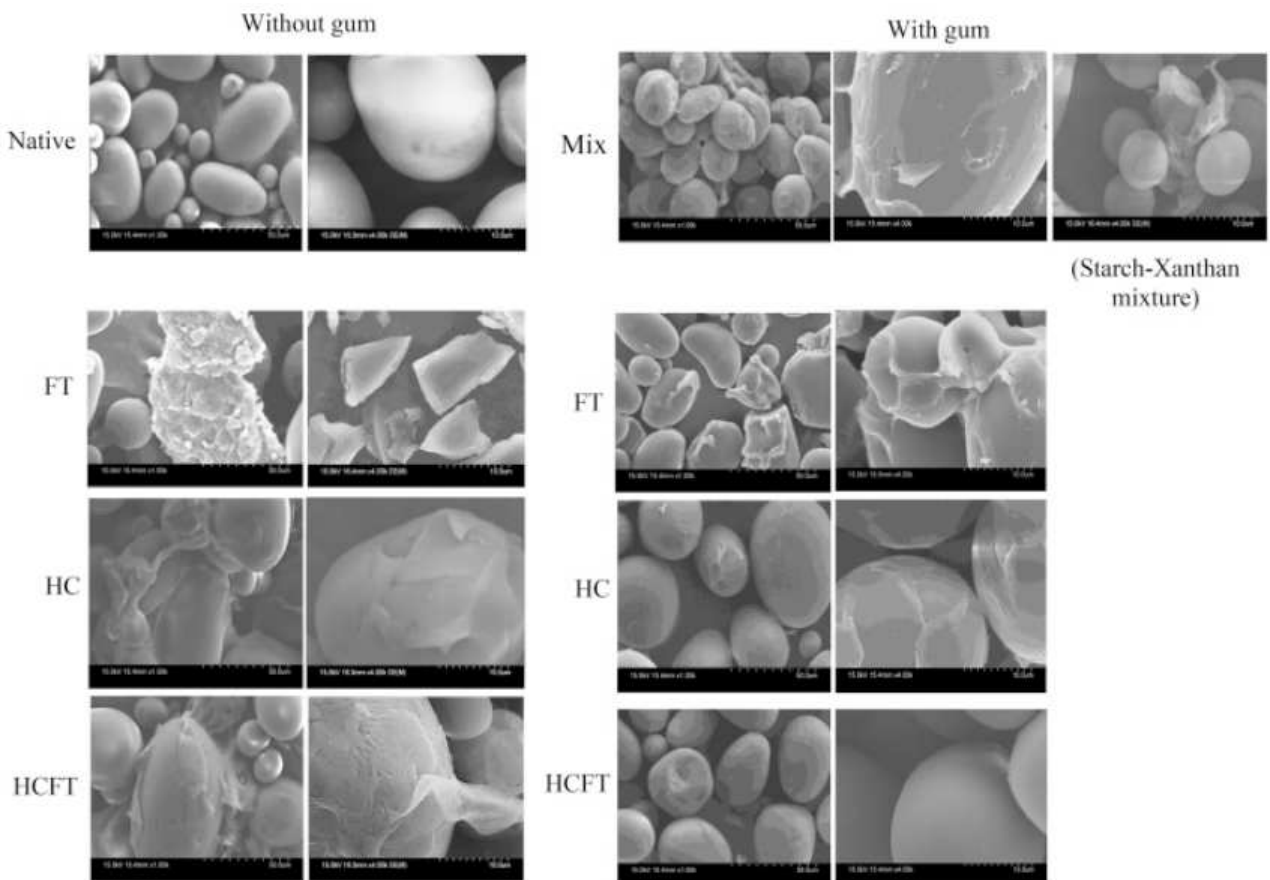


그림 4-1. 처리 전분의 표면 구조 (주사 전자 현미경)

- 검 첨가 습열/냉해동 병행 처리 전분의 입자 형태 관찰 (그림 4-2)
  - KI/I<sub>2</sub> 염색 후 광학 현미경으로 전분 입자를 관찰함
  - 물리적 변형 처리인 습열(HC) 또는 냉해동(FT) 처리는 전분에 대한 요오드 염색의 색이 열리는 것을 확인할 수 있으며, 이는 물리적 처리에 의해 가용성 전분의 용출이 발생함을 의미함
  - 검을 첨가한 시료에서도 대조군(천연전분)보다 낮은 요오드 염색 정도를 보였으며, 이는 검 분자가 전분 입자 표면에 흡착하여 전분과 요오드의 상호 작용을 방해한 것으로 사료됨
  - 이와 같은 현상은 검 단일 처리 및 검/물리적 변형 병용 처리한 모든 전분에서 동일하게 나타났음. 특히 검첨가와 습열/냉해동 병용 처리한 전분에서 가장 뚜렷하게 관찰됐음
  - 이는 가용성 전분과 검 분자의 복합체가 전분입자 표면에 강하게 부착되어 요오드의 전분 과립 내부로의 침투 및 이에 따른 염색을 강하게 억제하기 때문임
  - 요오드 염색 후 전분 입자의 관찰은 위에서 기술한 전분 표면 결과 (SEM)와 유사한 결과를 보였음. 종합적으로 봤을 때, 물리적 처리 과정에서 형성된 검-수용성 전분 복합체가 변형전분의 물리적 특성 변화에 중요한 역할을 할 것으로 예상할 수 있음

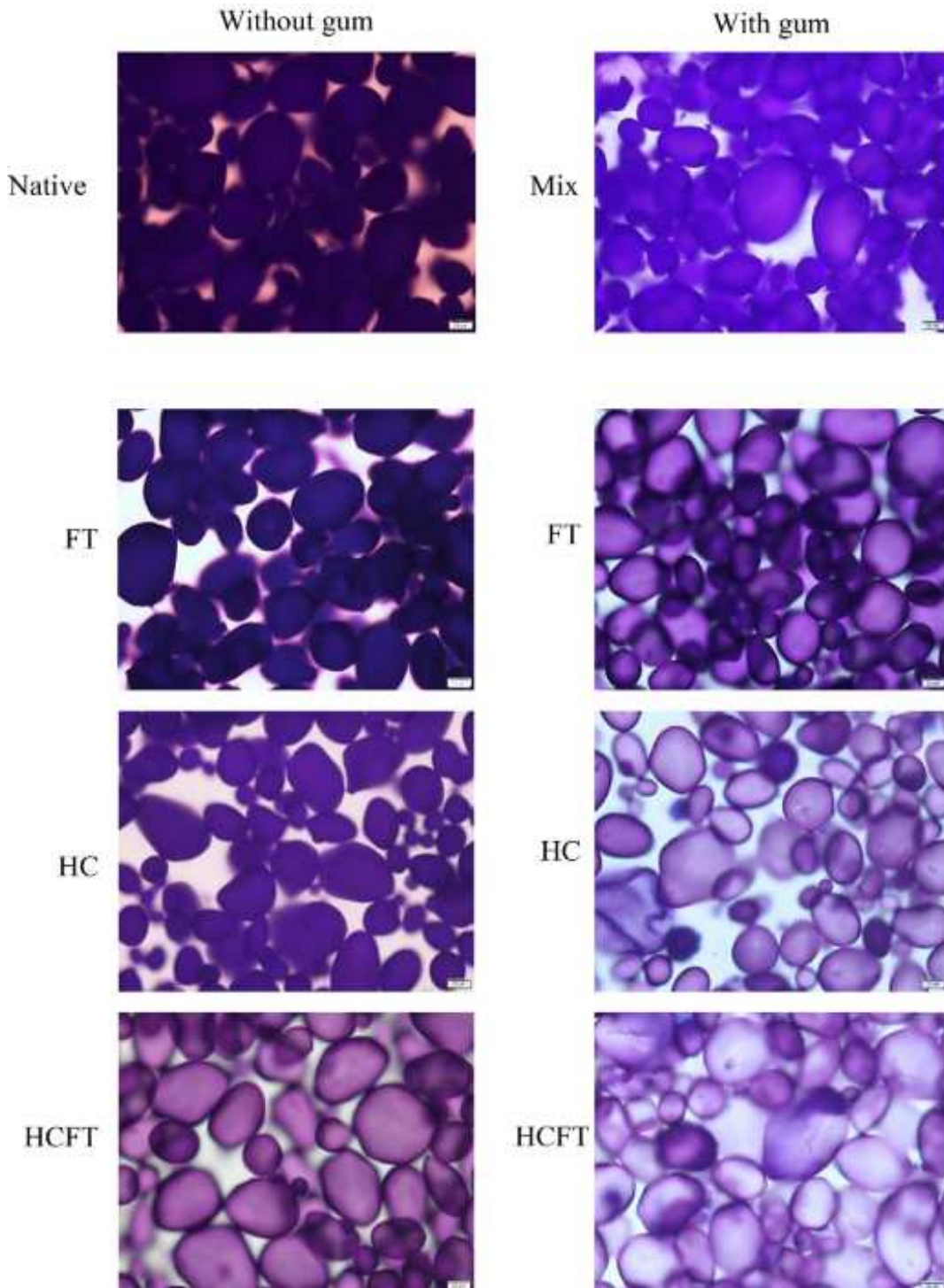


그림 4-2. 처리 전분의 입자 모양(광학 현미경)

○ 검 첨가 습열/냉해동 병행 처리 전분의 페이스트 특성 관찰 (그림 4-3, 표 4-1)

- 물리적 변형 처리 전분의 페이스트 특성은 신속 점도 분석기(Rapid Visco-Analyzer)를 이용하여 측정하였음
- 검을 첨가하지 않은 습열(HC) 또는 습열/냉해동 병행(HCFT) 처리한 전분의 최종점도(FV)는 대조군(native starch)에 비해 높았음. 반면, 최고점도 및 강하점도는 물리적 처리에 의해 유의적으로 낮아졌는데, 이는 물리적 변형과정에서 용출된 아밀로스 분자가 전분 입자 표면에 흡착하여 보호층이 형성되어 전분의 전단 및 열 안정성이 개선되었기 때문임
- 단순한 검 첨가 또한 전분의 페이스트 특성에 큰 영향을 미쳤으며, 특히 최고(PV) 및 강하



(BD) 점도가 감소하는 안정화 효과가 관찰되었음. 이 또한 첨가된 검이 전분 입자 표면에 흡착하였기 때문으로 생각됨

- 검과 용출 아밀로스에 의한 안정화 효과는 검첨가/물리적 처리를 병용하였을 때 가장 효과적이었음. 검 분자와 가용성 전분의 상호작용으로 인해 병용처리한 전분의 강하(BD) 및 치반(SB) 점도는 크게 낮아졌음. 이와 같은 호화 및 전단 스트레스에 대한 안정성 증가는 화학적 변성 중 가교 처리에 의한 효과와 유사하며, 이는 해당 물리적 변형 방법이 화학적 변성을 대체할 수 있음을 시사함
- 검의 종류에 상관없이 검첨가/물리적 병용처리 전분의 페이스트 특성은 유사한 경향으로 변화하였음. 하지만 첨가된 검의 종류에 따라 페이스트 특성 변화 정도의 차이는 보였으며, 이는 검의 화학적 구조 및 점도 특성 등에 기인하는 것으로 생각됨
- 카복시메틸셀룰로스(CMC)와 잔탄검을 첨가한 시료에서는 최고 점도의 감소가 다른 검에 비해 뚜렷하였으며, 이는 CMC와 잔탄검의 선형 고분자 구조가 분지형태의 검아라빅 및 구아검보다 전분과 복합체 형성이 용이하기 때문으로 생각됨
- 수용액 상 검 자체의 점도나 표면에 부착된 전분-검 복합체의 용해도 또한 페이스트 특성에 영향을 주었을 수 있음

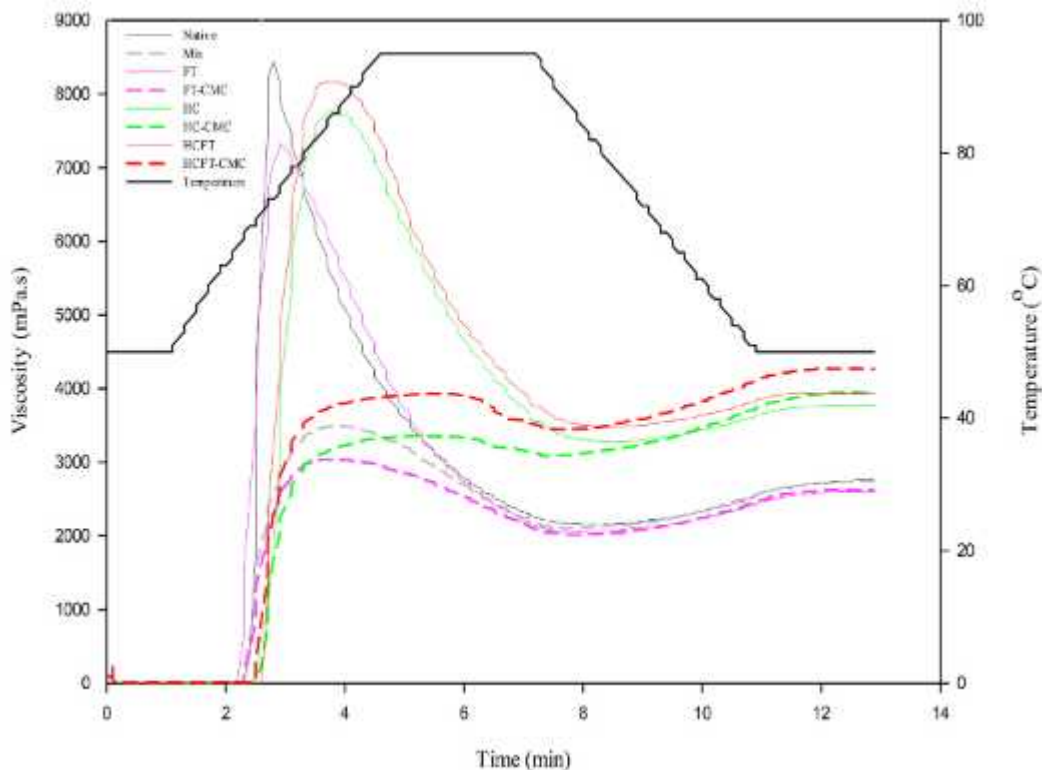


그림 4-3 처리 전분의 호화 점도 및 페이스트 특성

표 4-1. 처리 전분의 호화점도 및 페이스트 특성

Pasting viscosity and temperature<sup>1</sup> of potato starches physically-treated with or without gums.

Samples <sup>2</sup>		Viscosity (mPas)				PT
		PV	BD	FV	SB	
Without gum	Native	8200.00 ± 0.00 <sup>d</sup>	6178.50 ± 0.71 <sup>c</sup>	2771.50 ± 2.12 <sup>b</sup>	750.00 ± 1.41 <sup>d</sup>	65.40 ± 0.00 <sup>a</sup>
	FT	7328.00 ± 1.41 <sup>a</sup>	6336.00 ± 2.83 <sup>d</sup>	2598.50 ± 0.71 <sup>a</sup>	1606.50 ± 2.12 <sup>c</sup>	67.70 ± 0.00 <sup>b</sup>
	HC	7786.00 ± 2.83 <sup>b</sup>	4430.00 ± 1.41 <sup>a</sup>	3866.50 ± 16.26 <sup>c</sup>	510.50 ± 20.51 <sup>b</sup>	70.30 ± 0.01 <sup>c</sup>
	HCFT	8016.00 ± 5.66 <sup>c</sup>	4515.50 ± 6.36 <sup>b</sup>	3932.50 ± 3.54 <sup>d</sup>	432.00 ± 4.24 <sup>a</sup>	70.30 ± 0.00 <sup>c</sup>
XT	Mix	4832.00 ± 1.41 <sup>b</sup>	2901.50 ± 2.12 <sup>d</sup>	2994.00 ± 7.07 <sup>b</sup>	1063.50 ± 3.54 <sup>d</sup>	67.80 ± 0.00 <sup>a</sup>
	FT	4154.00 ± 2.83 <sup>a</sup>	2709.00 ± 1.41 <sup>c</sup>	2394.50 ± 7.78 <sup>a</sup>	949.50 ± 12.02 <sup>c</sup>	67.90 ± 0.00 <sup>b</sup>
	HC	4393.00 ± 2.83 <sup>c</sup>	900.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	4015.00 ± 7.07 <sup>c</sup>	522.00 ± 4.24 <sup>ab</sup>	71.82 ± 0.03 <sup>c</sup>
	HCFT	5517.50 ± 3.54 <sup>d</sup>	1110.00 ± 14.14 <sup>ab</sup>	4547.00 ± 2.83 <sup>d</sup>	139.50 ± 13.44 <sup>a</sup>	71.91 ± 0.01 <sup>d</sup>
CMC	Mix	3494.50 ± 0.71 <sup>c</sup>	1396.00 ± 1.41 <sup>d</sup>	2731.00 ± 1.41 <sup>b</sup>	632.50 ± 3.54 <sup>d</sup>	67.00 ± 0.00 <sup>a</sup>
	FT	3037.00 ± 1.41 <sup>a</sup>	1022.00 ± 2.83 <sup>c</sup>	2634.50 ± 4.95 <sup>a</sup>	619.50 ± 0.71 <sup>c</sup>	67.15 ± 0.07 <sup>b</sup>
	HC	3358.50 ± 0.71 <sup>b</sup>	260.50 ± 0.71 <sup>a</sup>	3652.50 ± 3.54 <sup>c</sup>	554.50 ± 2.12 <sup>b</sup>	70.30 ± 0.00 <sup>c</sup>
	HCFT	4205.00 ± 7.07 <sup>d</sup>	278.50 ± 2.12 <sup>b</sup>	4452.50 ± 6.54 <sup>d</sup>	503.50 ± 30.93 <sup>a</sup>	71.10 ± 0.00 <sup>d</sup>
GA	Mix	7353.50 ± 2.12 <sup>d</sup>	4595.50 ± 2.12 <sup>d</sup>	3535.00 ± 0.00 <sup>b</sup>	777.00 ± 4.24 <sup>d</sup>	65.01 ± 0.01 <sup>a</sup>
	FT	5109.00 ± 2.83 <sup>a</sup>	3100.50 ± 0.71 <sup>c</sup>	2613.00 ± 4.24 <sup>a</sup>	604.50 ± 7.78 <sup>c</sup>	66.41 ± 0.01 <sup>b</sup>
	HC	5849.50 ± 0.71 <sup>b</sup>	2104.50 ± 6.36 <sup>a</sup>	4012.50 ± 3.54 <sup>c</sup>	267.50 ± 3.54 <sup>b</sup>	71.00 ± 0.00 <sup>c</sup>
	HCFT	6618.00 ± 2.83 <sup>c</sup>	2295.00 ± 5.66 <sup>b</sup>	4578.50 ± 2.12 <sup>d</sup>	255.50 ± 4.95 <sup>a</sup>	72.00 ± 0.00 <sup>d</sup>
GG	Mix	7006.50 ± 2.12 <sup>b</sup>	5046.50 ± 3.54 <sup>d</sup>	2432.00 ± 2.83 <sup>a</sup>	472.00 ± 8.49 <sup>d</sup>	65.40 ± 0.00 <sup>a</sup>
	FT	7107.00 ± 2.83 <sup>c</sup>	4883.50 ± 2.12 <sup>c</sup>	2653.00 ± 12.73 <sup>b</sup>	429.50 ± 17.68 <sup>c</sup>	67.20 ± 0.00 <sup>b</sup>
	HC	6453.50 ± 2.12 <sup>a</sup>	3205.00 ± 7.07 <sup>a</sup>	3636.00 ± 5.66 <sup>c</sup>	387.50 ± 10.61 <sup>b</sup>	69.50 ± 0.00 <sup>c</sup>
	HCFT	7828.00 ± 2.83 <sup>d</sup>	3607.50 ± 10.61 <sup>b</sup>	4410.00 ± 14.14 <sup>d</sup>	189.50 ± 21.92 <sup>a</sup>	70.30 ± 0.00 <sup>d</sup>

○ 검 첨가 습열/냉해동 병행 처리 전분의 열적 특성 연구 (표 4-2)

- 처리 전분의 열적 특성은 시차 주사 열량 분석법(Differential Scanning Calorimetry)을 이용하여 측정하였음
- 물리적 처리(H, HC, HCFT)은 전분의 용융 온도를 증가시켰으며, 엔탈피 값은 감소하였음. 열처리에 의한 용융 온도의 증가는 열처리에 의해 전분의 열 안정성이 증가했음을 의미하며, 반면 감소한 엔탈피는 전분 입자 내 규칙적인 전분의 배열이 감소했음을 의미함
- 검첨가와 물리적 처리의 병용 처리는 단일의 열처리와 유사하게 용융 온도를 증가시키고, 엔탈피를 감소시켰음. 습열 및 냉해동에 따라 침출된 전분 체인과 검의 복합체 형성은 전분 과립을 안정화시킴에 따라 용융 온도를 더욱 증가시킴. 동시에 가용성 전분의 침출 증가로 전분 구조의 변형으로 엔탈피는 더욱 감소했음

표 4-2. 처리 전분의 열적 특성

Samples <sup>2</sup>		T <sub>u</sub> (°C)	T <sub>p</sub> (°C)	T <sub>e</sub> (°C)	ΔH (J/g)
Without gum	Native	54.75 ± 0.07 <sup>b</sup>	61.05 ± 0.07 <sup>b</sup>	76.51 ± 0.01 <sup>b</sup>	18.71 ± 0.01 <sup>d</sup>
	FT	54.32 ± 0.02 <sup>a</sup>	59.63 ± 0.04 <sup>a</sup>	67.53 ± 0.04 <sup>a</sup>	16.30 ± 0.00 <sup>c</sup>
	HC	59.32 ± 0.02 <sup>c</sup>	63.84 ± 0.06 <sup>c</sup>	78.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	14.80 ± 0.00 <sup>b</sup>
	HCFT	62.42 ± 0.03 <sup>d</sup>	64.32 ± 0.02 <sup>d</sup>	79.65 ± 0.07 <sup>d</sup>	14.55 ± 0.07 <sup>a</sup>
XT	Mix	56.58 ± 0.04 <sup>b</sup>	60.68 ± 0.03 <sup>a</sup>	74.68 ± 0.03 <sup>b</sup>	14.00 ± 0.00 <sup>d</sup>
	FT	56.26 ± 0.06 <sup>a</sup>	61.00 ± 0.00 <sup>b</sup>	72.37 ± 0.05 <sup>a</sup>	13.75 ± 0.07 <sup>c</sup>
	HC	60.25 ± 0.07 <sup>c</sup>	64.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	75.32 ± 0.02 <sup>b</sup>	13.00 ± 0.00 <sup>b</sup>
	HCFT	61.42 ± 0.03 <sup>d</sup>	64.79 ± 0.02 <sup>d</sup>	75.13 ± 0.04 <sup>c</sup>	10.40 ± 0.00 <sup>a</sup>
CMC	Mix	59.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	63.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	74.03 ± 0.04 <sup>b</sup>	13.65 ± 0.07 <sup>d</sup>
	FT	60.11 ± 0.01 <sup>b</sup>	63.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	73.11 ± 0.01 <sup>a</sup>	12.85 ± 0.07 <sup>c</sup>
	HC	62.05 ± 0.07 <sup>c</sup>	63.65 ± 0.07 <sup>b</sup>	74.89 ± 0.01 <sup>c</sup>	12.60 ± 0.00 <sup>b</sup>
	HCFT	63.21 ± 0.01 <sup>d</sup>	64.63 ± 0.04 <sup>c</sup>	75.63 ± 0.04 <sup>d</sup>	11.05 ± 0.07 <sup>a</sup>
GA	Mix	57.00 ± 0.00 <sup>b</sup>	60.45 ± 0.35 <sup>a</sup>	74.55 ± 0.07 <sup>b</sup>	14.05 ± 0.07 <sup>d</sup>
	FT	56.85 ± 0.07 <sup>a</sup>	60.89 ± 0.01 <sup>b</sup>	68.16 ± 0.06 <sup>a</sup>	13.65 ± 0.07 <sup>c</sup>
	HC	61.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	63.89 ± 0.01 <sup>d</sup>	76.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	12.55 ± 0.07 <sup>b</sup>
	HCFT	61.42 ± 0.03 <sup>d</sup>	64.53 ± 0.04 <sup>c</sup>	76.21 ± 0.01 <sup>d</sup>	11.63 ± 0.04 <sup>a</sup>
GG	Mix	57.89 ± 0.01 <sup>b</sup>	61.26 ± 0.06 <sup>b</sup>	73.58 ± 0.04 <sup>b</sup>	13.11 ± 0.01 <sup>c</sup>
	FT	57.05 ± 0.07 <sup>a</sup>	60.47 ± 0.04 <sup>a</sup>	72.05 ± 0.07 <sup>a</sup>	13.61 ± 0.01 <sup>d</sup>
	HC	60.26 ± 0.06 <sup>c</sup>	64.41 ± 0.01 <sup>c</sup>	74.37 ± 0.05 <sup>c</sup>	11.21 ± 0.01 <sup>b</sup>
	HCFT	60.75 ± 0.07 <sup>d</sup>	64.74 ± 0.05 <sup>d</sup>	74.95 ± 0.06 <sup>d</sup>	9.00 ± 0.00 <sup>a</sup>

○ 검 첨가 습열/냉해동 병행 처리 전분 겔의 조직감 연구 (표 4-3).

- 물리적 변형 전분으로 제조한 겔(gel)의 물성은 만능물성 분석기(Texture Analyzer)를 활용하여 측정하였음. 겔의 물성은 단순 물성 측정뿐만 아니라 소비자 기호적 측면에서도 매우 중요하며, 이를 활용하여 본 과제로 개발한 물리적 변형 전분을 적용하기 적합한 식품을 예상할 수 있음
- 습열(HC) 및 습열/냉해동 병행(HCFT) 처리는 아밀로스의 침출을 증가시켜 단단한 겔 네트워크를 형성할 수 있도록 했음
- 소량의 검 첨가는 단일 뿐만 아니라 병용처리군 모두에서 겔의 물성을 개선하였음. 검첨가/습열/냉해동 병용처리한 겔은 매끄러운 표면을 가지고 있을 뿐만 아니라, hardness 또한 높았음. 이는 병용 처리 과정에서 전분과 검의 상호작용으로 인해 균일하고 안정적인 겔 네트워크가 형성되기 때문으로 생각됨
- 다양한 검 중에서 잔탄검 및 CMC를 첨가하여 물리적 변형처리한 전분 겔이 검아라빅 및 구아검을 첨가하여 제조한 전분겔보다 물성 개선효과가 뚜렷했음. 이는 앞선 페이스트 특성 연구의 경향과 일치했음. 이를 통해 각 검의 분자 구조 및 이화학적 특성이 물리적 변형 전분의 최종 물성에 영향을 주는 것을 알 수 있으며, 응용 및 적용되는 식품에 따라 검의 종류를 선택하여 사용할 수 있을 것으로 사료됨. 예를 들어 높은 잔탄검 및 CMC를 첨가하여 물리적 변형한 전분은 다른 변형전분에 비해 높은 탄성 및 응집성을 보였으며, 해당 전분은 목 및 푸딩과 같은 식품에 적용하기 적합할 것임

표 4-3. 처리 전분겔의 조직감

Gel textual property of potato starches physically-treated with or without gums.

Samples <sup>1</sup>		Hardness (g)	Springiness (mm)	Cohesiveness	Chewiness (g)
Without gum	Native	201.40 ± 5.68 <sup>b</sup>	0.86 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.85 ± 0.00 <sup>a</sup>	144.18 ± 1.34 <sup>b</sup>
	FT	178.10 ± 4.14 <sup>a</sup>	0.83 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.00 <sup>a</sup>	138.02 ± 8.11 <sup>a</sup>
	HC	348.33 ± 9.72 <sup>c</sup>	0.87 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.92 ± 0.01 <sup>b</sup>	263.06 ± 5.98 <sup>c</sup>
	HCFT	397.33 ± 2.23 <sup>d</sup>	0.92 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.93 ± 0.01 <sup>c</sup>	331.06 ± 7.01 <sup>d</sup>
XT	Mix	231.43 ± 12.10 <sup>a</sup>	0.89 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.88 ± 0.00 <sup>a</sup>	184.16 ± 15.04 <sup>a</sup>
	FT	239.87 ± 0.58 <sup>a</sup>	0.90 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.01 <sup>a</sup>	183.75 ± 6.28 <sup>a</sup>
	HC	473.00 ± 3.61 <sup>b</sup>	0.95 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.87 ± 0.05 <sup>a</sup>	384.71 ± 14.47 <sup>b</sup>
	HCFT	511.00 ± 12.00 <sup>c</sup>	0.98 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.94 ± 0.01 <sup>b</sup>	497.67 ± 2.08 <sup>c</sup>
CMC	Mix	221.33 ± 2.52 <sup>b</sup>	0.87 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.01 <sup>a</sup>	151.78 ± 6.23 <sup>a</sup>
	FT	206.47 ± 3.83 <sup>a</sup>	0.88 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.86 ± 0.01 <sup>a</sup>	142.42 ± 2.74 <sup>a</sup>
	HC	413.33 ± 5.77 <sup>c</sup>	0.92 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.90 ± 0.01 <sup>b</sup>	216.71 ± 32.59 <sup>b</sup>
	HCFT	426.33 ± 5.51 <sup>d</sup>	0.95 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.95 ± 0.06 <sup>b</sup>	387.37 ± 6.47 <sup>c</sup>
GA	Mix	210.00 ± 1.00 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.88 ± 0.01 <sup>a</sup>	169.96 ± 12.97 <sup>a</sup>
	FT	206.50 ± 4.70 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.88 ± 0.01 <sup>a</sup>	186.00 ± 1.73 <sup>b</sup>
	HC	325.00 ± 5.00 <sup>b</sup>	0.97 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.92 ± 0.01 <sup>b</sup>	417.67 ± 2.52 <sup>c</sup>
	HCFT	403.67 ± 4.74 <sup>c</sup>	0.98 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.93 ± 0.00 <sup>b</sup>	492.27 ± 8.79 <sup>d</sup>
GG	Mix	213.83 ± 6.64 <sup>a</sup>	0.86 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.87 ± 0.02 <sup>a</sup>	174.00 ± 5.20 <sup>a</sup>
	FT	204.27 ± 6.64 <sup>a</sup>	0.88 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.89 ± 0.01 <sup>a</sup>	199.62 ± 0.54 <sup>a</sup>
	HC	358.33 ± 2.89 <sup>b</sup>	0.93 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.91 ± 0.01 <sup>b</sup>	297.59 ± 1.16 <sup>b</sup>
	HCFT	416.57 ± 5.06 <sup>c</sup>	0.97 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.96 ± 0.02 <sup>c</sup>	394.47 ± 5.07 <sup>c</sup>

○ 검 첨가 습열/냉해동 병행 처리 전분 겔의 이액 현상 연구 (그림 4-4).

- 단순 검 첨가하여 제조한 전분의 겔은 냉해동에 따른 이액현상이 대조군(native starch)보다 유의적으로 적었으며, 이는 물과 강한 친화력을 가진 검이 전분 사슬의 노화를 억제하기 때문임. 이런 현상은 분지 구조를 가진 구아검 및 검 아라빅에서 뚜렷하게 나타났으며, 이는 분지(branch)를 가진 유연한 분자 구조가 수분 보유 능력을 높여주기 때문임

- 물리적 변형처리 (HC, HCFT)는 이액 현상을 효과적으로 감소시켰으며, 검침가 및 물리적 처리의 병용처리는 겔을 안정화하는데 시너지 효과를 보임. 즉, 병용처리가 단일처리와 비교해 이액현상 감소에 효과적이었음
- 특히 구아검을 첨가하고 습열/냉해동 처리한 실험군의 겔 이수현상은 크게 감소했음 (57% → 15%)
- 소량의 검침가와 간단한 물리적 변형처리만으로 냉해동 안정성이 우수한 전분겔을 만들 수 있었으며, 이는 해당 전분이 전분질 냉동 식품의 안정성을 높이는데 적용할 경우 품질이 우수한 냉동식품을 만들 수 있음을 의미함

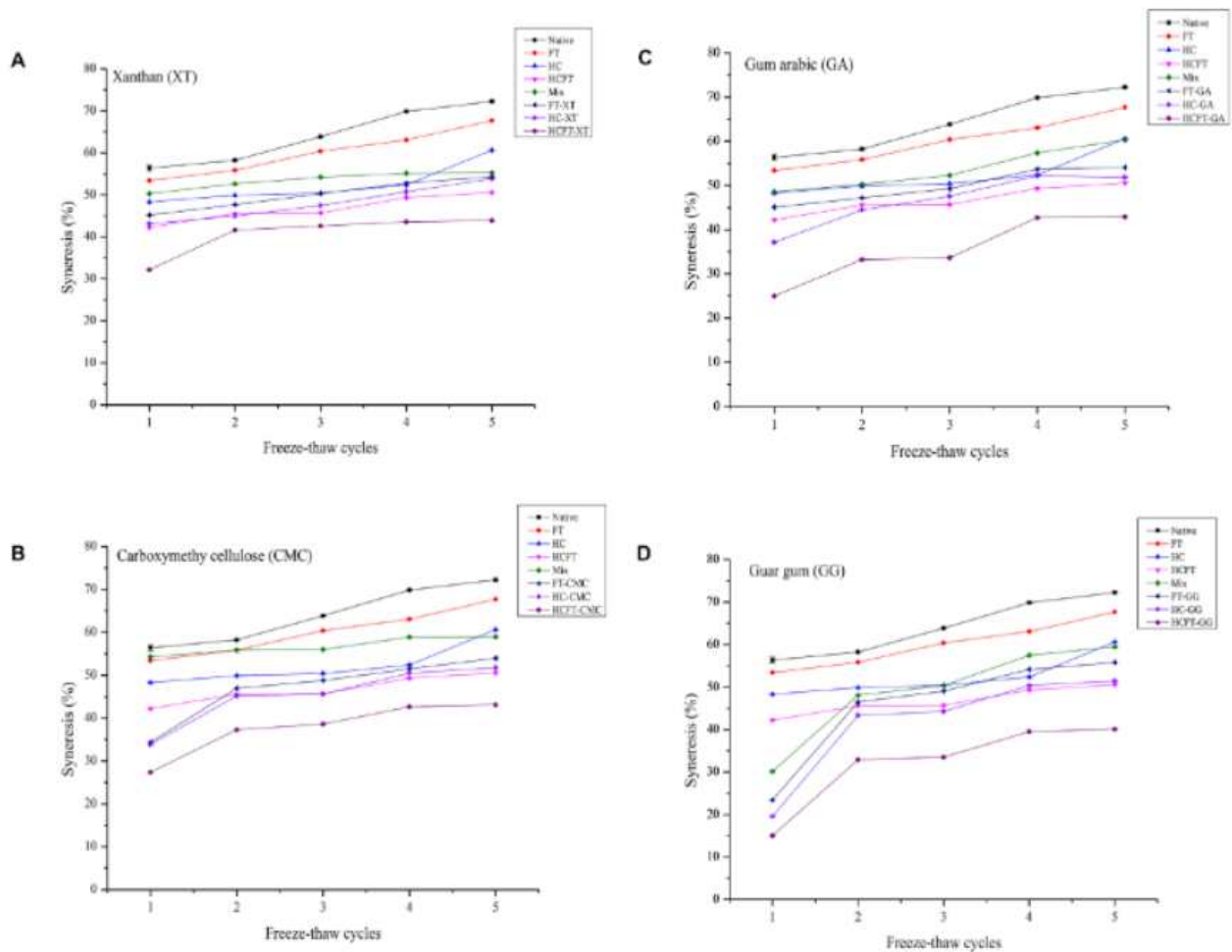


그림 4-4. 처리 전분겔의 이액 현상 그래프

## 2. 포도당 첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 변화 및 기작 연구

[연구 방법]

- 재료: 옥수수 전분, 찹옥수수 전분, 감자 전분, 타피오카 전분
- 포도당 첨가 후 건열 처리: 40% 전분 분산액에 포도당(전분 대비 0.3%)을 첨가한 후, 0.1N NaOH 수용액을 첨가해 분산액의 pH를 약알칼리 조건(pH 8)로 조정함. 전분 분산액을 45°C에서 24시간 동안 건조한 후, 건조된 전분을 130°C 고온에서 2시간동안 건열처리함
- 전분 페이스트 특성: Rapid visco-analyzer (RVA)를 이용하여 측정하였으며 시료로는 7% 전

분 분산액을 사용함

- 전분의 호화온도 및 호화 엔탈피 측정: Differential Scanning Calorimetry (DSC)를 이용하여 측정하였으며, 시료로는 40% 전분 분산액을 사용함
- 전분겔의 조직감 측정: 9% 전분 현탁액을 가열하여 전분 페이스트를 만든 후, 이를 실온에서 24시간 동안 보관하여 전분겔을 만듦. 전분겔의 조직감은 물성분석기(texture analyzer)를 이용하여 측정하였으며, 물성 측정기의 조건은 다음과 같음. TPA profile; cylindrical probe, 20 mm diameter; speed, 1.0 mm/s; deformation, 50%
- 전분 호화액의 투명도 측정: 1% 전분 분산액을 교반과 함께 가열 후, 이를 실온에 1시간동안 보관하여 전분 페이스트를 만듦. 전분 페이스트의 흡광도(투명도)는 분광광도계를 활용하여 650nm에서 측정함

#### [연구 결과]

- 포도당 첨가 건열처리 전분의 페이스트 특성 관찰 (표 4-4).
  - 처리 전분의 페이스트 특성은 rapid viscoanalyzer로 측정했음
  - 약알칼리 조건(CON)은 입자 내부의 수소결합을 약화시키며 전분의 용해도를 높였고, 그에 따라 최고점도를 소폭 감소시켰음. 단순 포도당 첨가(CON-G)는 첨가물에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았음
  - 반면 건열처리(DH)는 전분의 호화 특성을 유의적으로 변화시켰음. 건열처리에 의해 옥수수전분, 찹옥수수전분, 타피오카전분의 최고점도는 증가했으나, 감자전분의 최고점도는 오히려 감소했음. 최종점도는 모든 전분에서 증가했음
  - 이와 같은 물성 변화는 건열처리의 고온 조건에서 전분 내 결합 중 일부가 분해 및 재결합함으로써 발생하는 것으로 생각됨
  - 포도당 첨가 후 건열처리한 전분은 이와 같은 효과를 더욱 더 증진시켰음. 이는 가열처리 과정에서 포도당 분자가 분해된 전분 체인 사이로 침투하고, 고온 조건에 의해 전분 사이의 화학적 결합을 매개하여 전분 구조를 단단하게 만들기 때문임. 이때 약알칼리 조건에 의한 입상 팽윤의 증가는 포도당-전분 간의 반응을 더 용이하게 유도한 것으로 사료됨
  - 포도당첨가/건열처리에서 감자전분은 다른 세 전분과 다른 페이스트 특성 변화를 보였는데, 이는 감자 전분 내 아밀로펙틴 체인의 배열 및 구조가 다른 전분들과 상이하여 물리적 변형 처리에 대한 감수성이 높기 때문으로 사료됨.

표 4-4. 처리 전분의 호화점도 및 페이스트 특성

Pasting properties<sup>1</sup> of native and treated normal corn, waxy corn, potato, and tapioca starches.

Samples <sup>2</sup>		Peak viscosity (mPa·s)	Breakdown (mPa·s)	Final viscosity (mPa·s)	Setback (mPa·s)	Pasting temp. (°C)
Normal corn	Native	909.3 ± 7.5 <sup>c</sup>	236.3 ± 6.5 <sup>c</sup>	783.0 ± 6.2 <sup>d</sup>	110.0 ± 1.4 <sup>d</sup>	88.1 ± 0.9 <sup>a</sup>
	CON	824.3 ± 4.5 <sup>c</sup>	217.0 ± 3.6 <sup>d</sup>	790.3 ± 9.7 <sup>d</sup>	183.0 ± 9.1 <sup>c</sup>	83.2 ± 0.9 <sup>b</sup>
	CON-G	896.3 ± 6.5 <sup>d</sup>	300.3 ± 10.0 <sup>b</sup>	863.3 ± 11.6 <sup>c</sup>	267.3 ± 11.1 <sup>a</sup>	79.7 ± 0.4 <sup>d</sup>
	DH	1032.7 ± 4.2 <sup>b</sup>	288.0 ± 5.7 <sup>b</sup>	898.7 ± 16.7 <sup>b</sup>	154.0 ± 13.4 <sup>c</sup>	81.3 ± 0.4 <sup>c</sup>
	DH-G	1134.0 ± 3.6 <sup>a</sup>	355.3 ± 2.6 <sup>a</sup>	993.3 ± 18.6 <sup>a</sup>	214.7 ± 23.3 <sup>b</sup>	79.2 ± 0.0 <sup>d</sup>
Waxy corn	Native	1774.3 ± 12.7 <sup>c</sup>	1019.7 ± 14.4 <sup>a</sup>	822.0 ± 6.5 <sup>c</sup>	67.3 ± 9.1 <sup>c</sup>	74.7 ± 0.4 <sup>a</sup>
	CON	1623.7 ± 17.3 <sup>d</sup>	895.3 ± 22.3 <sup>b</sup>	809.7 ± 4.5 <sup>c</sup>	81.3 ± 18.7 <sup>c</sup>	74.9 ± 0.4 <sup>a</sup>
	CON-G	1587.7 ± 2.5 <sup>c</sup>	888.0 ± 10.6 <sup>b</sup>	777.3 ± 9.0 <sup>d</sup>	77.7 ± 0.5 <sup>c</sup>	74.7 ± 0.5 <sup>a</sup>
	DH	1834.0 ± 9.9 <sup>b</sup>	812.7 ± 24.0 <sup>c</sup>	1150.7 ± 16.2 <sup>b</sup>	129.3 ± 18.7 <sup>b</sup>	73.6 ± 0.8 <sup>b</sup>
	DH-G	1946.7 ± 16.2 <sup>a</sup>	716.0 ± 19.6 <sup>d</sup>	1559.3 ± 3.1 <sup>a</sup>	328.7 ± 3.3 <sup>a</sup>	73.6 ± 0.0 <sup>b</sup>
Potato	Native	6310.7 ± 47.8 <sup>b</sup>	4537.7 ± 33.6 <sup>b</sup>	2246.7 ± 21.8 <sup>d</sup>	473.7 ± 3.8 <sup>b</sup>	68.1 ± 0.5 <sup>ab</sup>
	CON	6148.0 ± 31.0 <sup>c</sup>	3813.0 ± 17.2 <sup>c</sup>	2792.7 ± 15.2 <sup>c</sup>	457.7 ± 17.1 <sup>b</sup>	68.7 ± 0.0 <sup>a</sup>
	CON-G	7055.0 ± 12.7 <sup>a</sup>	4808.0 ± 39.1 <sup>a</sup>	2722.3 ± 16.1 <sup>c</sup>	475.3 ± 23.2 <sup>b</sup>	67.6 ± 0.5 <sup>b</sup>
	DH	5222.0 ± 26.0 <sup>d</sup>	2468.7 ± 40.9 <sup>d</sup>	3224.7 ± 7.0 <sup>b</sup>	471.3 ± 25.3 <sup>b</sup>	65.7 ± 0.4 <sup>c</sup>
	DH-G	4784.0 ± 50.0 <sup>e</sup>	1688.0 ± 67.1 <sup>e</sup>	3657.7 ± 93.8 <sup>a</sup>	561.7 ± 40.6 <sup>a</sup>	65.9 ± 0.5 <sup>c</sup>
Tapioca	Native	1683.0 ± 21.6 <sup>bc</sup>	840.7 ± 9.0 <sup>a</sup>	1536.7 ± 15.2 <sup>c</sup>	694.3 ± 18.3 <sup>a</sup>	73.1 ± 0.5 <sup>b</sup>
	CON	1631.7 ± 16.8 <sup>c</sup>	718.3 ± 16.7 <sup>c</sup>	1419.0 ± 24.8 <sup>d</sup>	505.7 ± 36.6 <sup>d</sup>	73.9 ± 0.4 <sup>a</sup>
	CON-G	1675.3 ± 5.0 <sup>bc</sup>	782.3 ± 5.2 <sup>b</sup>	1540.3 ± 1.9 <sup>c</sup>	647.3 ± 2.9 <sup>b</sup>	73.0 ± 0.5 <sup>b</sup>
	DH	1742.3 ± 75.8 <sup>b</sup>	617.7 ± 39.4 <sup>d</sup>	1699.3 ± 47.4 <sup>b</sup>	574.7 ± 9.9 <sup>c</sup>	72.2 ± 0.5 <sup>c</sup>
	DH-G	1853.7 ± 24.1 <sup>a</sup>	655.0 ± 18.5 <sup>d</sup>	1867.7 ± 6.1 <sup>a</sup>	669.0 ± 1.6 <sup>ab</sup>	72.0 ± 0.0 <sup>c</sup>

○ 포도당 첨가 건열처리 전분의 열적 특성 연구 (그림 4-5, 표 4-5).

- 건열처리(DH)군의 용융온도는 비가열처리군(CON, CON-G)군 비해 낮았으며, 엔탈피값 또한 작았음. 이는 고온 처리에 의한 전분 분자간 수소결합 일부가 깨짐에 의한 것으로 사료됨
- 포도당 첨가 후 건열처리(DH-G) 또한 열적 특성을 유의적으로 변화시켰음. 옥수수, 찹옥수수, 타피오카 전분의 경우 포도당 첨가에 따라 용융 온도가 더욱 감소했으나, 감자 전분의 경우 용융 온도가 증가함. 감자전분에서 포도당 분자는 전분 사슬의 이동을 억제하여 입자의 붕괴를 억제한 것으로 보여짐
- 단순 건열처리(DH)와 포도당 첨가 건열처리(DH-G) 시료에서는 용융 엔탈피의 유의적인 변화는 관찰되지 않았음. 이는 해당 변형 처리 과정에서 전분의 구조 변화가 무정형 영역에서 한정적으로 발생했음을 의미함

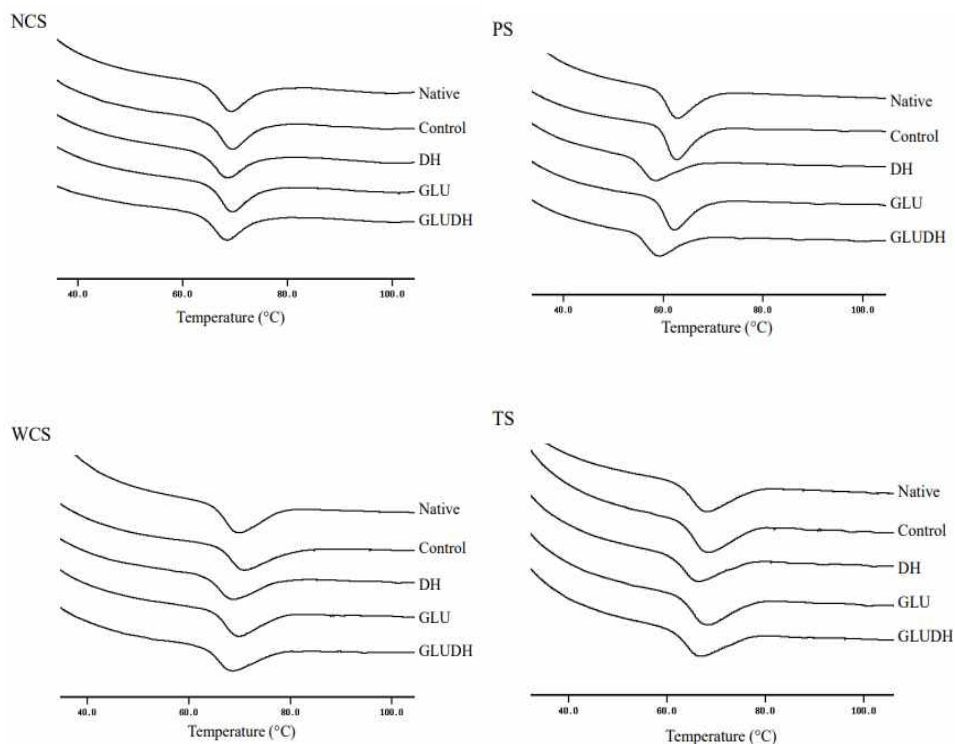


그림 4-5 처리 전분의 열 특성 그래프

표 4-5. 처리 전분의 열적 특성

Samples <sup>2</sup>		T <sub>o</sub> (°C)	T <sub>p</sub> (°C)	T <sub>c</sub> (°C)	ΔH (J/g)
Normal corn	Native	64.8 ± 0.2 <sup>b</sup>	69.2 ± 0.2 <sup>b</sup>	75.4 ± 0.0 <sup>ab</sup>	7.9 ± 0.1 <sup>a</sup>
	CON	65.5 ± 0.3 <sup>a</sup>	69.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	75.6 ± 0.4 <sup>a</sup>	7.7 ± 0.5 <sup>ab</sup>
	CON-G	65.4 ± 0.2 <sup>a</sup>	69.5 ± 0.1 <sup>ab</sup>	75.5 ± 0.1 <sup>ab</sup>	7.6 ± 0.2 <sup>abc</sup>
	DH	64.3 ± 0.0 <sup>c</sup>	68.6 ± 0.0 <sup>c</sup>	74.9 ± 0.1 <sup>bc</sup>	7.1 ± 0.1 <sup>c</sup>
	DH-G	64.3 ± 0.1 <sup>c</sup>	68.7 ± 0.2 <sup>c</sup>	74.8 ± 0.3 <sup>c</sup>	7.1 ± 0.2 <sup>bc</sup>
Waxy corn	Native	65.1 ± 0.1 <sup>b</sup>	69.8 ± 0.0 <sup>b</sup>	78.3 ± 0.2 <sup>b</sup>	11.0 ± 0.5 <sup>a</sup>
	CON	66.3 ± 0.0 <sup>a</sup>	71.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	80.8 ± 0.8 <sup>a</sup>	10.7 ± 0.6 <sup>a</sup>
	CON-G	64.8 ± 0.6 <sup>b</sup>	69.4 ± 0.5 <sup>b</sup>	78.2 ± 0.5 <sup>b</sup>	10.4 ± 0.4 <sup>ab</sup>
	DH	63.7 ± 0.1 <sup>c</sup>	68.6 ± 0.0 <sup>c</sup>	78.0 ± 0.5 <sup>b</sup>	9.6 ± 0.2 <sup>b</sup>
	DH-G	63.9 ± 0.2 <sup>c</sup>	68.7 ± 0.1 <sup>c</sup>	78.0 ± 0.6 <sup>b</sup>	9.6 ± 0.2 <sup>b</sup>
Potato	Native	59.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	62.7 ± 0.0 <sup>a</sup>	69.3 ± 0.2 <sup>a</sup>	10.8 ± 0.1 <sup>a</sup>
	CON	59.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	62.7 ± 0.0 <sup>a</sup>	68.5 ± 0.0 <sup>b</sup>	11.1 ± 0.2 <sup>a</sup>
	CON-G	58.9 ± 0.1 <sup>b</sup>	62.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	68.6 ± 0.1 <sup>b</sup>	11.0 ± 0.1 <sup>a</sup>
	DH	54.4 ± 0.2 <sup>d</sup>	58.5 ± 0.2 <sup>d</sup>	65.9 ± 0.2 <sup>d</sup>	9.6 ± 0.1 <sup>b</sup>
	DH-G	55.1 ± 0.2 <sup>c</sup>	59.2 ± 0.0 <sup>c</sup>	66.4 ± 0.2 <sup>c</sup>	9.8 ± 0.2 <sup>b</sup>
Tapioca	Native	62.9 ± 0.1 <sup>a</sup>	68.3 ± 0.2 <sup>a</sup>	77.7 ± 0.4 <sup>a</sup>	9.9 ± 0.5 <sup>a</sup>
	CON	63.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	68.3 ± 0.2 <sup>a</sup>	78.2 ± 0.5 <sup>a</sup>	10.6 ± 0.4 <sup>a</sup>
	CON-G	62.9 ± 0.1 <sup>a</sup>	68.3 ± 0.2 <sup>a</sup>	77.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	10.0 ± 0.6 <sup>a</sup>
	DH	61.5 ± 0.4 <sup>b</sup>	66.2 ± 0.3 <sup>c</sup>	76.0 ± 0.7 <sup>b</sup>	8.4 ± 0.2 <sup>b</sup>
	DH-G	61.9 ± 0.2 <sup>b</sup>	66.8 ± 0.1 <sup>b</sup>	76.6 ± 0.2 <sup>b</sup>	8.6 ± 0.3 <sup>b</sup>

○ 포도당 첨가 건열처리 전분 겔의 조직감 변화 (표 4-6).

- 9% 전분 현탁액으로 만든 겔의 조직감은 표 4-6에 나타냄
- 찹옥수수 전분 겔의 경도는 포도당 첨가 건열 처리에 의해 170% 증가했으며, 씹힘성은 221% 증가했음. 다른 전분에서도 유사한 경향을 보였으며, 옥수수 전분 및 타피오카 전분으로 제조한 겔의 씹힘성 또한 유의적으로 증가했음
- 건열처리는 전분 분자간 상호작용을 증가시켜 조밀한 겔 구조의 형성을 유도했으며, 첨가된 포도당은 전분의 수산기(-OH)와 일부 가교를 형성하여 전분 사슬 간 응집을 증가시킴. 또한 이에 따라 변형 전분의 노화 경향이 증가하여 전분겔의 hardness가 증가함
- 또한 첨가된 포도당 분자는 외부로 용출된 전분 분자와 빠르게 결합을 형성하고 겔 네트워크 형성을 도왔을 것으로 예상됨
- 포도당첨가/건열처리에 의한 겔 물성 개선 효과는 찹옥수수 전분에서 가장 뚜렷했으며, 다음으로 타피오카 전분이었음. 이는 낮은 아밀로스 함량으로 인해 약한 겔을 형성하는 전분에서 그 효과가 뚜렷하기 보이기 때문임

표 4-6. 처리 전분겔의 조직감

Samples <sup>2</sup>		Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Chewiness
Normal corn	Native	112.57 ± 6.57 <sup>b</sup>	0.89 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.91 ± 0.01 <sup>c</sup>	90.83 ± 5.47 <sup>c</sup>
	CON	110.67 ± 0.62 <sup>b</sup>	0.92 ± 0.03 <sup>ab</sup>	0.91 ± 0.00 <sup>abc</sup>	93.30 ± 2.73 <sup>c</sup>
	CON-G	118.97 ± 1.39 <sup>b</sup>	0.92 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.91 ± 0.01 <sup>bc</sup>	100.01 ± 0.98 <sup>c</sup>
	DH	133.97 ± 5.24 <sup>a</sup>	0.92 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.93 ± 0.01 <sup>a</sup>	115.39 ± 3.55 <sup>b</sup>
	DH-G	139.40 ± 3.69 <sup>a</sup>	0.96 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.93 ± 0.01 <sup>ab</sup>	125.31 ± 6.26 <sup>a</sup>
Waxy corn	Native	49.60 ± 6.30 <sup>b</sup>	0.52 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.40 ± 0.06 <sup>a</sup>	10.31 ± 2.00 <sup>b</sup>
	CON	54.53 ± 3.07 <sup>b</sup>	0.60 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.41 ± 0.10 <sup>a</sup>	14.07 ± 6.28 <sup>b</sup>
	CON-G	49.27 ± 8.47 <sup>b</sup>	0.54 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.43 ± 0.01 <sup>a</sup>	11.37 ± 2.37 <sup>b</sup>
	DH	65.37 ± 8.46 <sup>b</sup>	0.53 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.40 ± 0.01 <sup>a</sup>	13.98 ± 2.61 <sup>b</sup>
	DH-G	84.33 ± 10.58 <sup>a</sup>	0.55 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.49 ± 0.03 <sup>a</sup>	22.85 ± 2.25 <sup>a</sup>
Potato	Native	78.30 ± 6.30 <sup>b</sup>	0.82 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.78 ± 0.02 <sup>b</sup>	49.48 ± 2.67 <sup>b</sup>
	CON	76.87 ± 3.05 <sup>b</sup>	0.90 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.84 ± 0.01 <sup>a</sup>	57.74 ± 3.13 <sup>b</sup>
	CON-G	78.13 ± 7.69 <sup>b</sup>	0.88 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.83 ± 0.00 <sup>a</sup>	56.95 ± 5.56 <sup>b</sup>
	DH	114.17 ± 4.74 <sup>a</sup>	0.89 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.83 ± 0.00 <sup>a</sup>	84.82 ± 6.90 <sup>a</sup>
	DH-G	116.23 ± 11.13 <sup>a</sup>	0.88 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.84 ± 0.01 <sup>a</sup>	86.05 ± 6.10 <sup>a</sup>
Tapioca	Native	52.30 ± 10.79 <sup>b</sup>	0.77 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.69 ± 0.03 <sup>b</sup>	31.21 ± 6.97 <sup>b</sup>
	CON	52.47 ± 5.57 <sup>ab</sup>	0.75 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.68 ± 0.03 <sup>b</sup>	26.88 ± 2.98 <sup>b</sup>
	CON-G	55.67 ± 2.17 <sup>ab</sup>	0.80 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.71 ± 0.02 <sup>ab</sup>	31.60 ± 0.26 <sup>b</sup>
	DH	62.50 ± 4.53 <sup>ab</sup>	0.79 ± 0.04 <sup>ab</sup>	0.73 ± 0.02 <sup>ab</sup>	35.61 ± 2.98 <sup>b</sup>
	DH-G	69.07 ± 5.48 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.76 ± 0.01 <sup>a</sup>	44.76 ± 3.54 <sup>a</sup>

○ 포도당 첨가 건열처리 전분 호화액의 투명도 관찰 (그림 4-6)

- 포도당 첨가 후 건열 처리(DH-G)는 찹옥수수, 감자, 타피오카 전분 호화액의 투명도를 감소 시킴. 반면 옥수수 전분 호화액의 투명도는 증가하는 경향을 보였음
- 특히, 포도당 첨가 건열처리(DH-G) 찹옥수수 전분의 투명도는 59.2%에서 41.6%로 크게 감소하였음, 이는 전분 분자 간 결합 증가에 의한 페이스트 최종 점도 및 겔 경도 증가와 관련이 있는 것으로 사료됨
- 포도당 첨가 건열처리(DH-G) 찹옥수수 전분의 겔 경도 증가는 물리적 처리 및 포도당 첨가에 의한 전분 입자 간 결합이 강해졌기 때문임
- 팽윤된 전분 입자에 침투한 포도당 분자는 건열 처리 중, 전분 간의 화학 결합 또는 수소 결합을 유도했으며, 그에 따라 전분 호액의 용해도 및 투명도를 감소시킨 것으로 사료됨

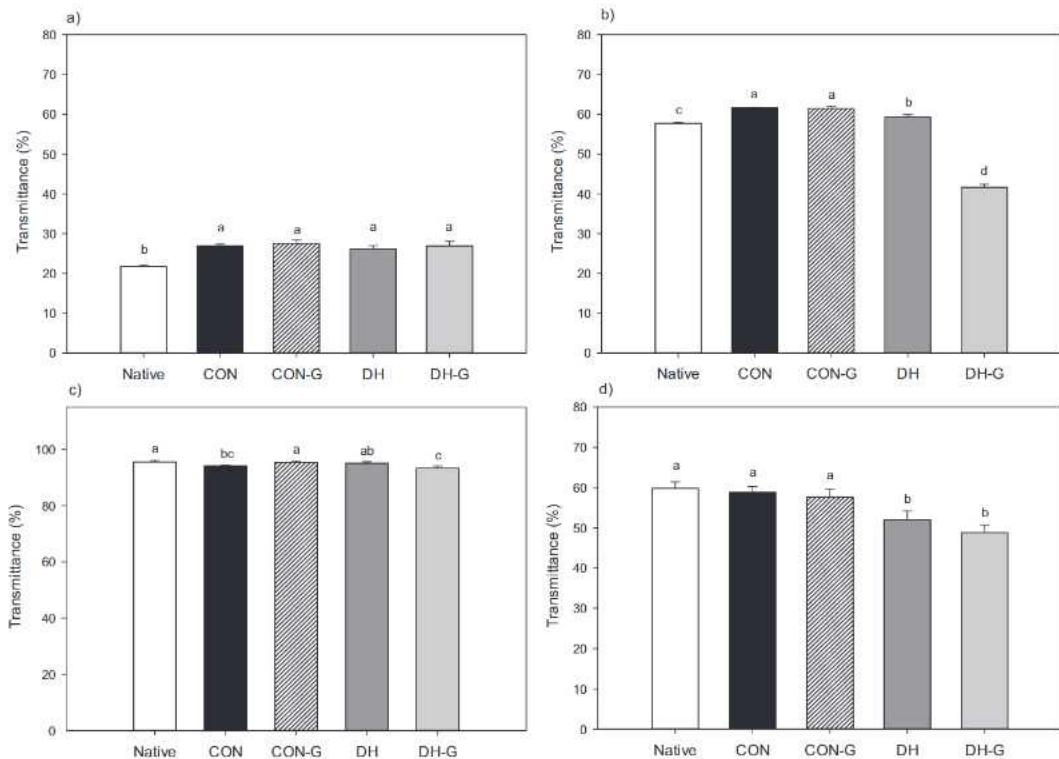


그림 4-6. 처리 전분의 호액의 투명도 (a. 옥수수전분, b. 찹옥수수전분, c. 감자전분, d. 타피오카전분)



### 3. 천연 유화제 (lecithin) 첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 변화 및 기작 연구

#### [연구 방법]

- 재료: 감자 전분
- 레시틴 첨가 습열 처리: 40% 전분 분산액을 호화 개시온도에서 1시간 동안 습열처리 시킨 후, 2% 레시틴 알코올 용액을 분산액에 천천히 가함. 레시틴은 전분 고품분 기준 1%가 되도록 첨가하였음 이후, 실온에서 레시틴 혼합 전분 분산액의 온도가 25°C가 될 때까지 교반하며 냉각함. 전분 분산액을 원심분리하여 레시틴과 반응한 전분을 수득하고, 해당 전분을 45°C 조건에서 24시간 동안 건조하였음
- 전분 페이스트 특성: Rapid Visco-Analyzer (RVA)를 이용하여 측정했으며, 시료로는 7% 전분 분산액을 사용함
- 전분의 호화온도 및 호화 엔탈피 측정: Differential Scanning Calorimetry (DSC)를 이용하여 측정하였으며, 시료로는 40% 전분 분산액을 사용함

#### [연구 결과]

- 천연 유화제(lecithin) 첨가 후 습열처리한 전분의 페이스트 특성 관찰 (그림 4-7).
  - 전분의 페이스트 특성은 rapid visco-analyzer로 측정했음
  - Native, MH, MH+Lec는 각각 생전분, 습열처리 전분, 레시틴 첨가 후 습열처리한 전분을 의미함
  - 기보고한 것과 같이 습열 처리(MH)는 감자 전분의 페이스트 특성을 유의적으로 변화시킴. 습열처리에 의해 호화는 지연되었으며, 최고 및 강하 점도가 감소했음. 이는 습열처리에 따라 입자 내부에서 용출된 아밀로스 분자가 전분 표면에서 재응집함에 따라 나타난 것으로 이는 기존 보고와 일치함
  - 레시틴 첨가 및 습열처리를 병용처리하여 제조한 전분(MH+Lec)은 일반전분 및 단순 습열처리 전분과 비교해 호화 온도 및 시간이 증가했으며, 이는 MH+Lec 전분의 호화가 다른 전분에 비해 힘들음을 의미한다. 또한 최고점도 및 강하점도가 증가했으며, 최종점도는 약간 증가했음
  - 천연 유화제 (레시틴) 첨가 후 습열처리한 전분(MH+Lec)은 단일 습열처리(MH) 보다 낮은 강하점도와 높은 최종점도를 나타냄. 이는 천연유화제 처리가 전분 호액의 안정화에 기여했기 때문
  - 습열 처리 중 용출된 아밀로스 분자는 레시틴과 빠르게 포접 화합물을 형성하고, 건조 과정에서 전분입자 표면에 단단하게 흡착했을 것으로 사료됨. 또한 이렇게 형성된 단단한 레시틴-용출전분으로 구성된 전분 표면 층(layer)이 호화 중 전분의 팽윤 및 용출을 지연함

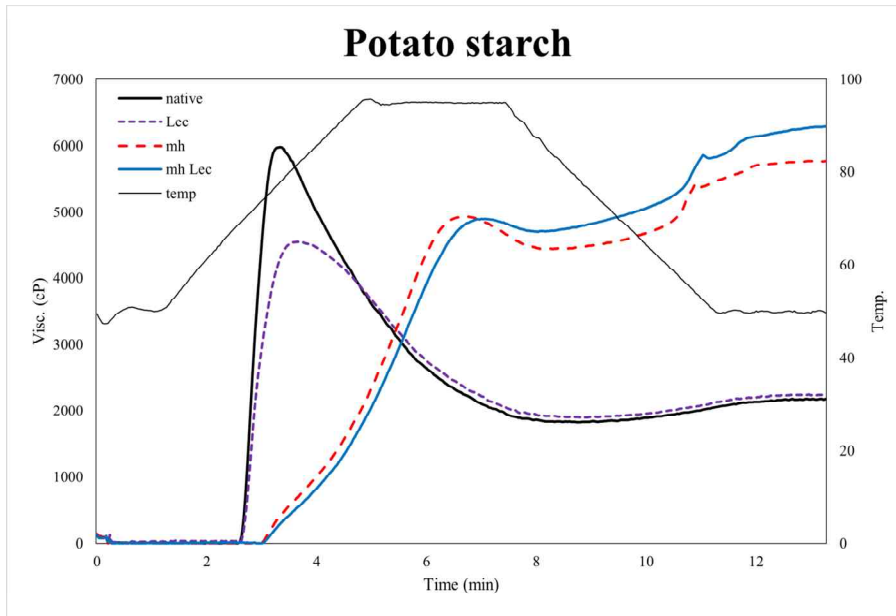


그림 4-7. 처리 전분의 호화점도 및 페이스트 특성

○ 천연 유화제(lecithin) 첨가 후 습열처리한 전분의 열적 특성 관찰 (그림 4-8)

- 처리 전분의 열적 특성은 시차 주사 열량 분석법(Differential scanning calorimetry)으로 측정했음
- 습열처리 및 천연유화제 첨가 후 습열처리법은 전분의 용융 온도를 증가시키고, 용융 엔탈피를 감소시킴. 이와 같은 결과는 상기 기술한 호화특성 변화에서 호화온도의 증가 결과와 일치하며, 처리에 따른 표면 구조 변형에 의한 것으로 보여짐
- 또한 이와 같은 경향은 레시틴 첨가 후 습열처리한 전분(MH+Lec)에서 두드러지게 나타났음. 이는 용출된 아밀로스과 레시틴의 복합체로 이루어진 전분 표면의 층(layer)이 용출 전분만으로 이루어진 층보다 단단하고 소수성이 강하기 때문으로 생각됨
- 변형처리에 따른 melting 온도의 증가는 전분의 열적 안정성이 개선되었음을 의미함

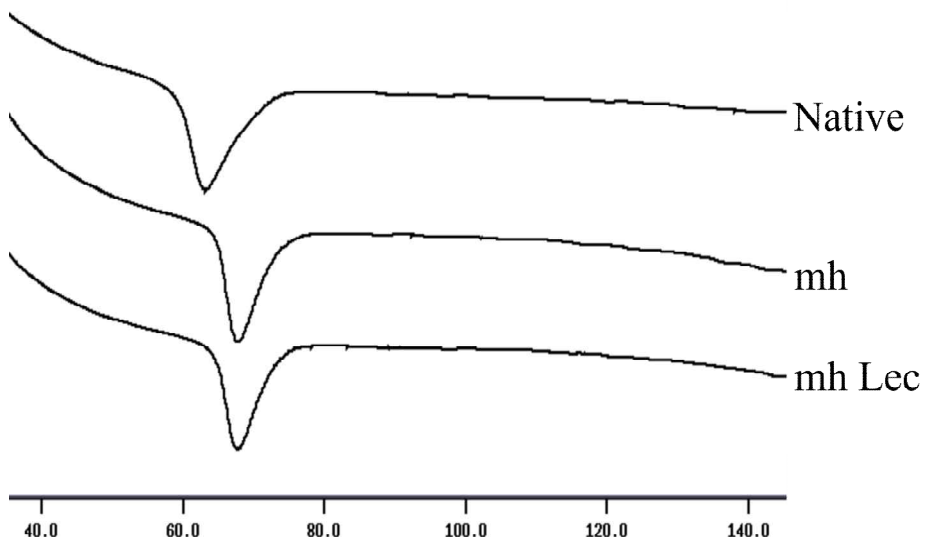


그림 4-8. 처리 전분의 결정성 패턴

#### 4. 습열/주정 병용 처리에 따른 고구마 조전분의 물성 변화 연구

→ 해당 연구를 통하여 본 연구과제에서 개발되는 물리적 처리 방법이 전분뿐만 아니라 곡류 가루 및 조전 분에도 적용될 수 있음을 검토함 (과제 계획서 상에는 없으나 추가적인 연구를 진행함)

##### [연구 방법]

- 재료: 고구마 가루, 고구마 조전분, 고구마 전분
- 습열/주정 병행 처리: 40% 시료 분산액(10% 주정, 20% 주정)을 호화개시온도에서 1시간 동안 반응시킴. 습열처리한 전분 분산액은 45°C에서 24시간 동안 건조하여 연구에 사용함
- 전분 페이스트 특성: Rapid Visco-Analyzer (RVA)를 이용하여 측정했으며, 시료로는 7% 전 분 분산액을 사용함
- 고구마겔(고구마 묵)의 조직감 측정: 12% 고구마 가루 및 전분 현탁액을 가열하여 페이스트를 만든 후, 이를 실온에서 24시간 동안 보관하여 겔을 만듦. 겔의 조직감은 물성분석기(texture analyzer)를 이용하여 측정하였으며, 물성 측정기의 조건은 다음과 같음. TPA profile; cylindrical probe, 20 mm diameter; speed, 1.0 mm/s; deformation, 50%

##### [연구 결과]

- 습열/주정 병용처리 고구마 가루의 페이스트 특성 관찰 (그림 4-9)
  - 그림 4-9에서 Ac, B, D, St는 각각 도토리 조전분, 고구마 가루, 고구마 조전분, 고구마 전분을 의미함
  - 습열/주정 병용 처리에 의한 페이스트 변화는 2차년도의 감자전분, 타피오카전분, 옥수수전 분 결과의 경향과 유사하였음
  - 습열/주정처리에 의해 최고점도(peak viscosity), 치반점도(breakdown), 최종점도(final viscosity)를 유의적으로 감소시킴. 이는 저농도의 주정 처리에 의해 용출된 전분 분자들이 습열 및 건조 과정에서 전분 입자의 표면에 흡착하여 보호막을 형성하였기 때문임
  - 이와 같은 보호막은 전분입자로의 수분 유입 및 전분 입자의 팽윤을 효과적으로 억제하기 때 문에 최고점도(peak viscosity), 치반점도(breakdown), 최종점도를 억제함

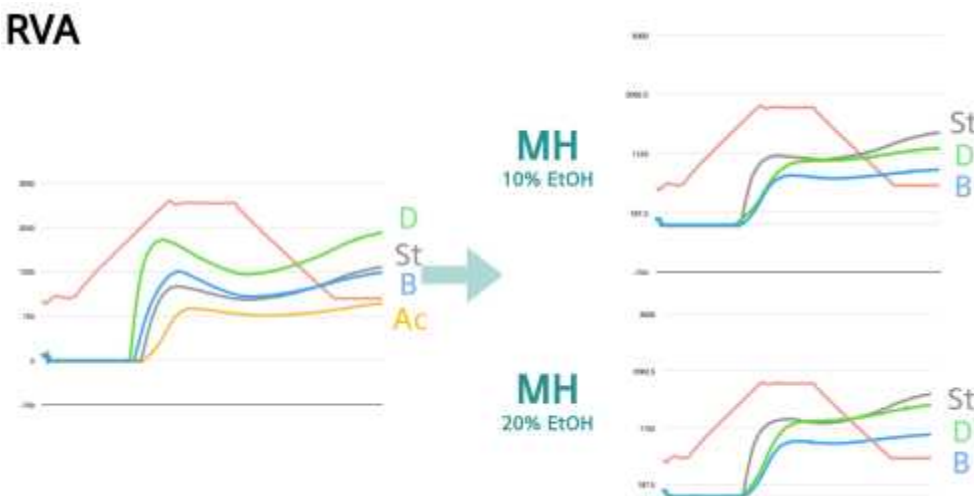


그림 4-9. 처리 고구마 시료의 호화점도 및 페이스트 특성

○ 습열/주정 병용처리 고구마 가루로 만든 겔의 외형 (그림 4-10)

- 그림 4-10에서 Ac, B, D, St는 각각 도토리 조전분, 고구마 가루, 고구마 조전분, 고구마 전분을 의미함
- 천연 도토리 조전분으로 제조한 겔(목)은 매끄럽고 그 형태를 잘 유지하하는 반면, 천연 상태의 고구마 가루 및 전분으로 만든 겔은 그 형태를 잘 유지하지 못할 뿐만 아니라 표면이 거친 것을 볼 수 있음
- 습열/주정 병용처리는 고구마 전분 뿐만 아니라 고구마 가루로 만든 겔의 외형도 변화시킴. 클린라벨 처리에 의해 겔은 케스팅된 형태를 더 잘 유지하게 되었음. 이는 겔 형성 능력이 부족하여 목 및 겔 식품에 이용되지 못했던 고구마 가루 및 전분이 해당 물리적 처리를 통하여 목 및 겔 식품에 적용할 수 있는 형태로 변화되었음을 의미함

## Gel photo

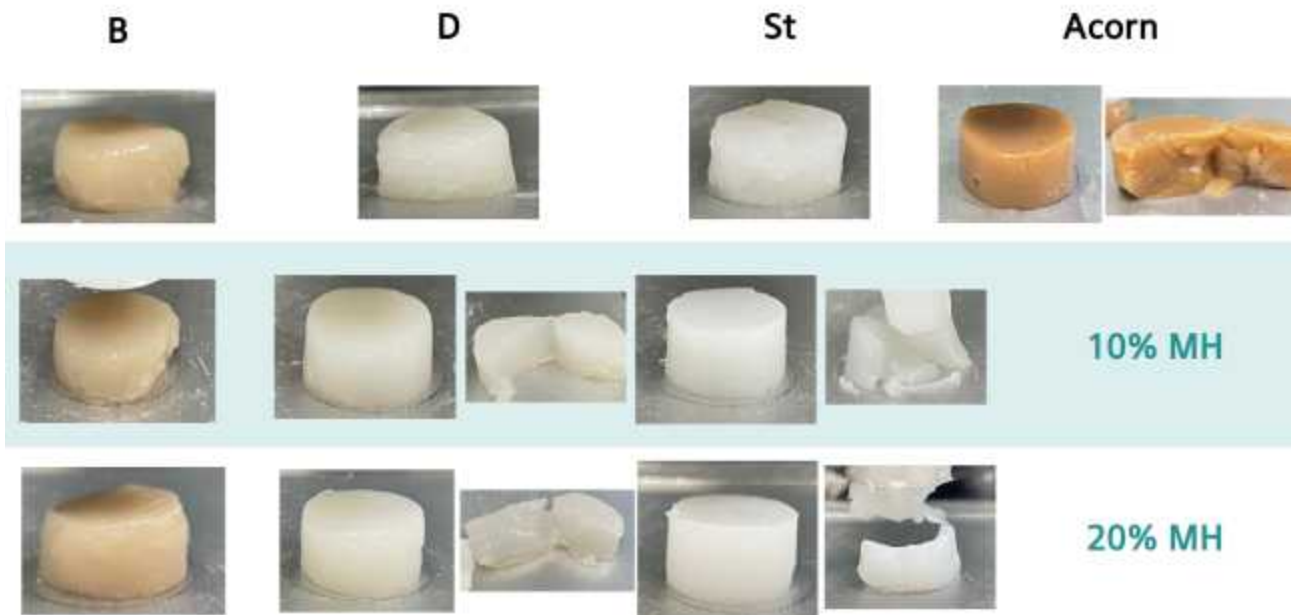


그림 4-10. 처리 고구마 시료로 제조한 겔의 형태

○ 습열/주정 병용처리 고구마 가루로 만든 겔의 조직감 변화 (그림 4-11)

- 그림11에서 Ac, B, D, St는 각각 도토리 조전분, 고구마 가루, 고구마 조전분, 고구마 전분을 의미함
- 도토리가루로 만들 겔과 비교하여 고구마 가루 및 고구마 조전분, 고구마 전분으로 만든 겔의 hardness가 유의적으로 작았음. 특히 전분 함량이 적고, 섬유질 및 단백질 함량이 높은 고구마 가루가 특히 hardness가 작았으며, 해당 결과는 겔의 외형 결과와 유사함
- 습열/주정처리에 의해 고구마 가루 및 조전분, 전분으로 만들 겔의 hardness는 유의적으로 증가했으며, 특히 고구마 조전분 및 고구마 전분에서 그 효과가 두드러짐
- 습열/주정 처리에 의한 전분겔의 특성 변화 경향은 2차년도 결과와 그 경향이 유사하나, 3차년도 결과를 통해 해당 물리적 변형 처리가 단순 전분뿐만 아닌 전분질을 많이 포함한 가루에도 효과적임을 확인할 수 있었음

## TPA NT · 10%MH · 20% MH

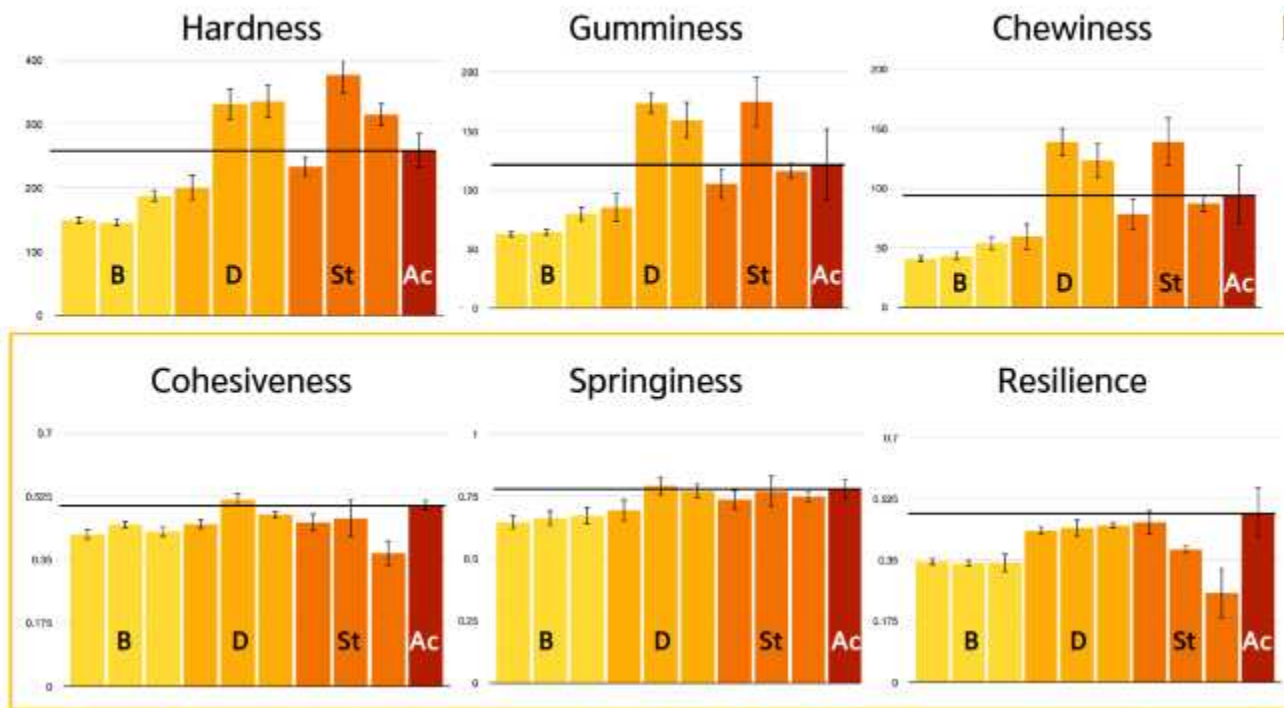


그림 4-11. 처리 고구마 시료로 제조한 겔의 조직감

<3차년도> 협동연구기관(영흥식품)

### 1. 점증제 용도로 개발된 물리적 변형전분의 시제품 생산

- 재료: 타피오카 전분, 고구마 전분
- 10% 주정 수용액에 전분을 현탁시킨 전분 분산액(40%, w/w)을 호화개시온도에서 1시간 동안 가열하고, 열풍 건조(45°C, 24시간)함
- 두 종의 물리적 변형 전분의 시제품을 대량 생산함 (습열/주정 병행처리 감자 전분 600kg, 습열/주정 병행처리 고구마 전분 600kg)
- 랩 스케일(Lab. scale)에서 생산된 물리적 변형 전분과 파일럿 스케일(pilot scale)에서 생산된 물리적 변형 전분(시제품)의 성능(페이스트 특성)을 비교함. 이하 파일럿 스케일 시료는 bulk로 표시(보라색)하였으며, 랩 스케일(파란색)과 단순 습열 처리 시료를 대조군으로 하였음 (그림 4-12)
- 파일럿 스케일(pilot scale)과 랩 스케일(Lab scale)에서 생산된 물리적 변형전분의 페이스트 특성은 약간의 차이를 보였음
- 감자 전분의 경우, 랩 스케일과 파일럿 스케일 모두 단순 습열처리보다 높은 페이스트 점도를 나타냈으며 유사한 점도 경향을 보였음. 이는 해당 변형 방법이 소규모 뿐만 아니라 대규모 생산에도 쉽게 적용될 수 있음을 의미함. 특히, 파일럿 스케일에서 생산된 시료의 최종 점도는 랩 스케일보다 1.13배 더 높았음. 이를 통하여 파일럿 스케일에서 제조된 감자전분이 랩 스케일에서 제조된 전분보다 우수한 겔 특성을 가질 것으로 예상할 수 있음
- 고구마 전분의 경우, 파일럿 스케일에서 생산된 전분이 대조군에 비해 낮은 점도를 보였음. 이

는 생산 규모가 증대됨에 따라 소량 생산보다 열 전달이 제한적으로 발생함에 따라 변형 효과가 낮았던 것으로 예상되며, 이는 처리 시간 및 처리 과정에서의 교반 속도를 조절하여 개선할 수 있을 것으로 사료됨

- 파일럿 스케일에서 생산된 두 가지 물리적 변형전분은 랩스케일에서 생산된 변형 전분과 마찬가지로 생전분보다 우수한 페이스트 특성을 보였음

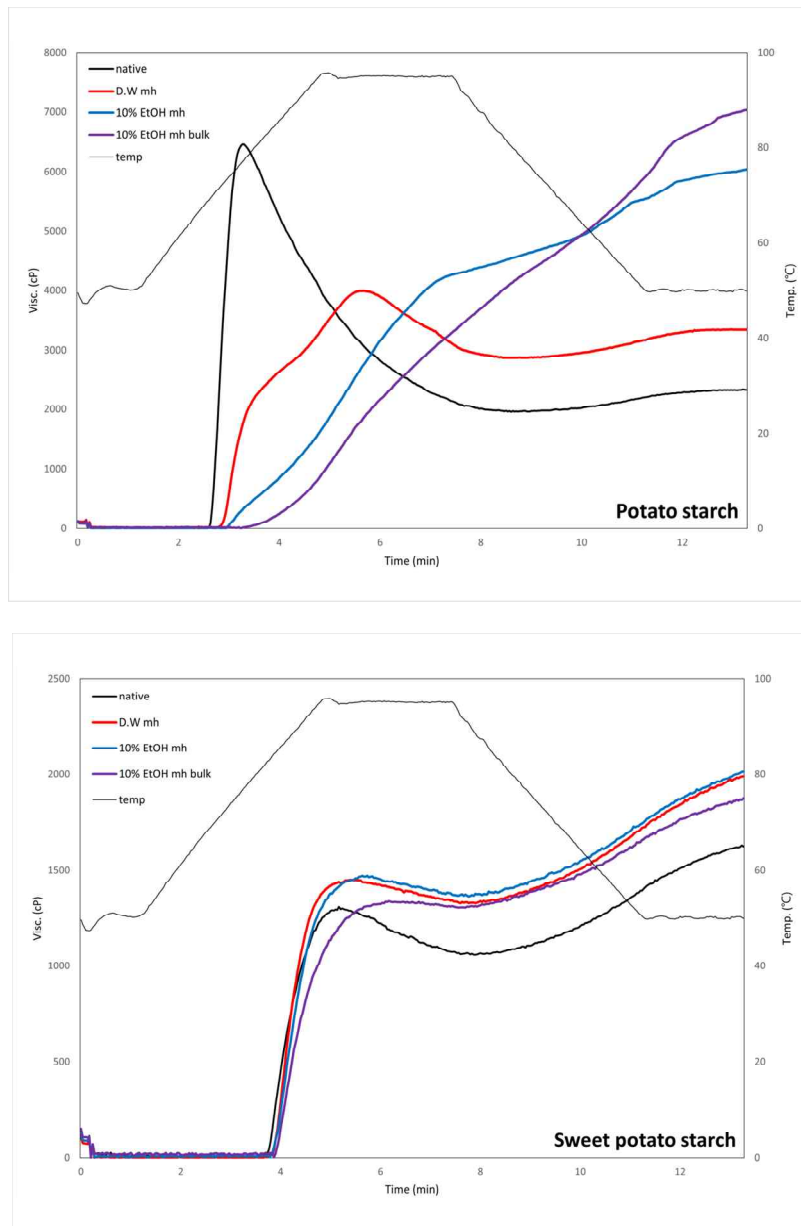


그림 4-12. 소량/대량 생산된 물리적 변형전분의 페이스트 특성

## 2. 시제품을 2종 이상의 클린라벨 식품에 첨가 활용하고 상업적 이용 가능성 검토

- 당면은 고구마 전분, 감자전분, 옥수수 전분 등의 전분질을 주원료로 하는 면류로, 동아시아 지역에서 주로 소비되고 있으며 그 시장은 꾸준히 성장하는 추세에 있음
- 한국 전통 당면은 주로 고구마 전분을 주원료로 하며, 최근 가공 식품의 형태가 다양해짐에 따라 타피오카, 감자, 옥수수 전분 등을 원료로 한 다양한 당면이 생산 및 유통되고 있음
- 당면의 제조 공정은 크게 냉동 과정의 유무에 따라 크게 둘로 나뉘지며, 한국 전통 고구마 당면은 냉동식 가공법 중 하나인 자연낙하법으로 생산하는 제품이 일반적임. 냉동과정이 없는 비

냉동식 당면으로는 납작한 형태의 당면인 쿠즈끼리가 대표적이며, 전 공정이 자동화되어 있는 것이 특징임

- 본 연구에서는 겔화제 용도로 대량 생산한 습열/주정처리 감자, 고구마 및 타피오카 전분(시제품)과 두 가지 생산 방법을 활용하여 클린라벨 당면 3종을 제조하고 이들의 조리 후 조직감을 분석함
  1. 비냉동식 방법을 활용한 감자 및 고구마 전분을 습열/주정처리 전분으로 치환하여 보다 높은 식감을 보유한 다양한 형태의 당면을 제조하고자 했음
  2. 타피오카 전분 일부를 습열/주정 처리 타피오카 전분으로 치환하여 경제성이 높고, 고품질의 냉동식 타피오카 당면을 제조하고자 했음

<시제품1. 습열/주정처리 감자/고구마 전분을 첨가한 비냉동식 당면 제조>

- 습열/주정처리한 감자 및 고구마 전분으로 제조한 비냉동식 당면의 조리 후 사진은 그림 4-13에 나타냄
- 감자 당면(고형분 함량 36%)은 고구마 당면(고형분 함량 44%)보다 전분 함량이 낮았음에도 단단한 형태의 당면을 나타냈으며, 이는 감자 전분이 고구마 전분에 비해 겔화 능력이 높기 때문임
- 미처리 또는 단일 습열처리 전분을 원료로 한 당면의 경우 조리 후 면이 빠르게 붓고 쉽게 물러진 데 반해, 습열/주정처리 전분으로 만든 당면은 조리 후에도 면의 불거나 퍼지는 현상이 없이 뚜렷한 단면과 외형을 보였음

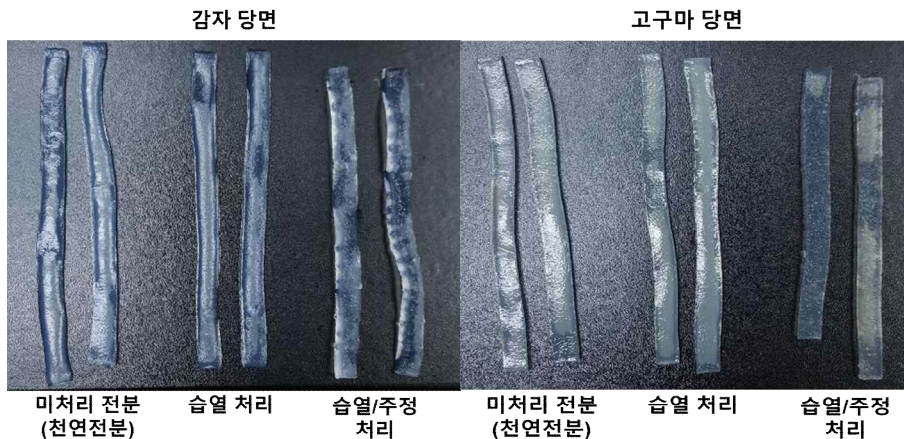


그림 4-13. 습열/주정처리 감자 및 고구마 전분 치환에 따른 비냉동식 당면의 형태 변화

- 습열/주정처리 감자 및 고구마 전분으로 제조한 비냉동식 당면의 조리 후 조직감은 그림 4-14과 그림 4-15에 나타냄
- 습열 단일 처리 및 습열/주정 병용처리한 전분으로 당면을 제조했을 때, 당면의 물리적 특성(조직감)은 크게 개선되었으며, 특히 습열/주정 병용처리가 습열 단일처리에 비해 그 효과가 뛰어났음. 습열/주정 병용처리한 감자 및 고구마 당면의 씹힘성은 천연 전분으로 제조한 당면에 비해 각각 2.67배, 1.79배로 증가했음. 면류 제품을 판단하는 중요한 조직감 중 하나인 탄성 및 응집성 역시 습열/주정처리에 의해 유의적으로 증가했음

- 물리적 변용처리에 따른 당면의 물성 개선은 고구마전분보다 감자전분에서 효과적이었으며, 이는 감자전분이 다량의 인산기를 가지고 있기 때문으로 사료됨
- 미처리 전분(천연전분)을 물리적 변형 전분으로 대체함을 통해, 기존 제품보다 겔 특성이 개선된 당면을 제조할 수 있었으며, 특히, 탄성 및 씹힘성의 유의적인 개선은 높은 소비자 선호도를 얻을 수 있을 것으로 예상됨

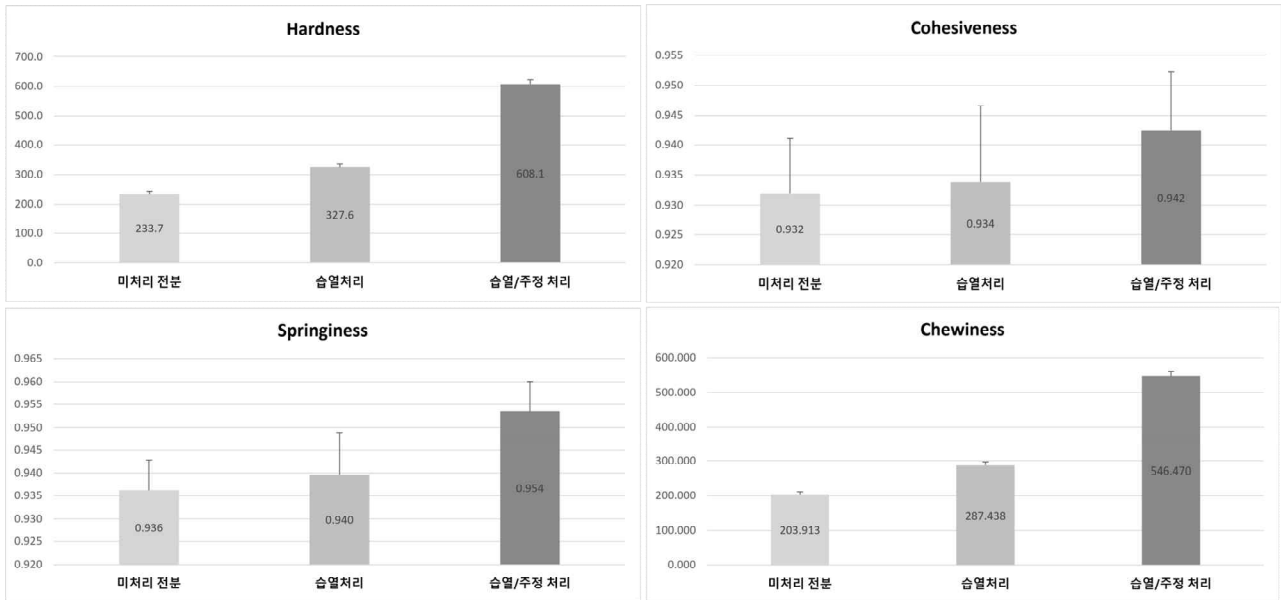


그림 4-14. 습열/주정처리 감자 전분 치환에 따른 비냉동식 당면의 조직감

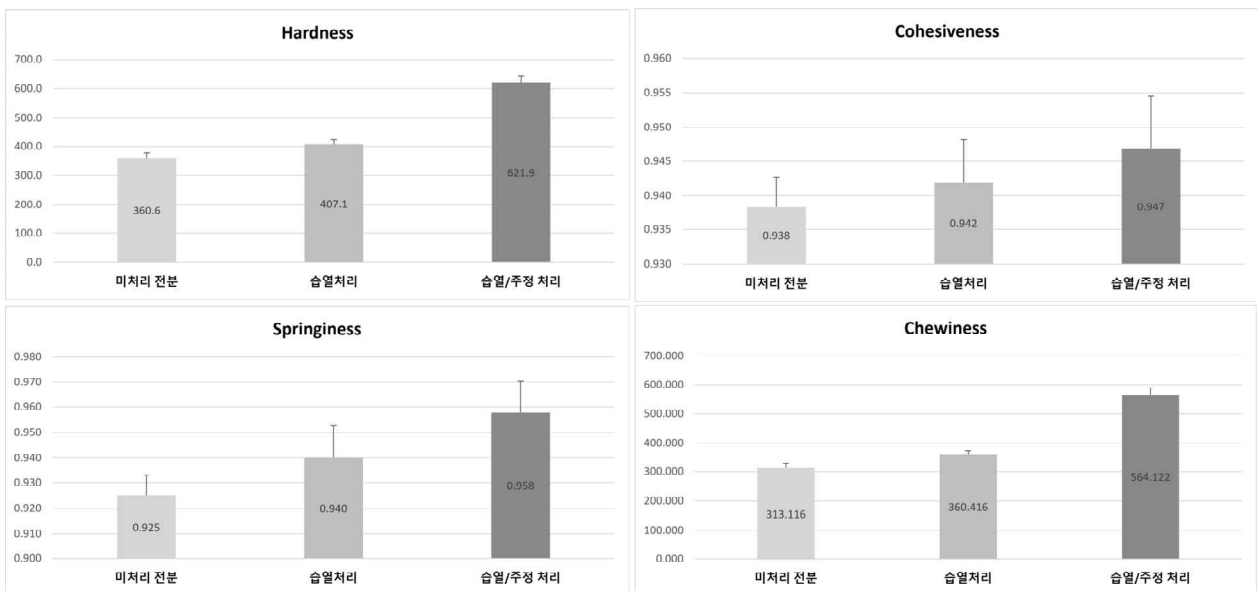


그림 4-15. 습열/주정처리 고구마 전분 치환에 따른 비냉동식 당면의 조직감

<시제품2. 습열/주정처리 타피오카 전분을 이용한 냉동식 타피오카 당면 제조>

- 습열/주정 처리 타피오카 전분을 이용하여 만든 당면의 조리 후 사진은 그림 4-16에 나타냄
- 무처리 타피오카 전분을 습열/주정 처리 전분으로 치환함에 따라 조리 당면의 단면과 외형이 개선되었음



- 습열/주정처리 전분의 첨가 비율이 높아짐에 따라 탁도 또한 유의적으로 증가했으며, 이는 변형 처리에 따라 전분 겔이 조밀한 매트릭스를 형성하기 때문임
- 일반적으로 타피오카 전분은 감자 및 고구마 전분에 비해 낮은 겔화 능력을 가지고 있는 것으로 알려져 있으나, 물리적 변형처리한 타피오카 전분으로 만든 당면은 감자 및 고구마 전분과 유사한 정도의 단단한 외형을 가짐(그림 4-15 vs. 그림 4-16)



무처리      10% 치환      20% 치환      50% 치환      100% 치환

무처리 (천연전분) 전분 비율	100	90	80	50	0
습열/주정 처리 전분 비율	0	10	20	50	100

그림 4-16. 습열/주정처리 타피오카 전분 치환에 따른 냉동식 당면의 형태 변화

- 습열/주정처리 타피오카 전분으로 만든 당면의 조리 후 조직감은 그림 4-17에 나타냄
- 천연타피오카 전분에 대한 습열/주정처리 타피오카 전분의 치환 비율이 증가함에 따라 당면의 경도 및 탄성, 씹힘성이 증가했음. 특히, 습열/주정처리 타피오카 전분으로 만든 당면은 무처리(천연) 전분으로 만든 당면과 비료하여 경도 및 씹힘성이 각각 1.44배, 1.47배 높았음
- 습열/주정처리 타피오카 전분의 치환 비율이 20% 이하인 경우, 무처리(천연) 전분과 유의적인 물성 차이를 보이지 않았으나, 치환 정도가 증가함에 따라 뚜렷한 조직감 개선을 관찰할 수 있었음. 치환 비율이 30% 이상으로 설정했을 때, 유의적인 조직감 개선 효과를 얻을 수 있었음

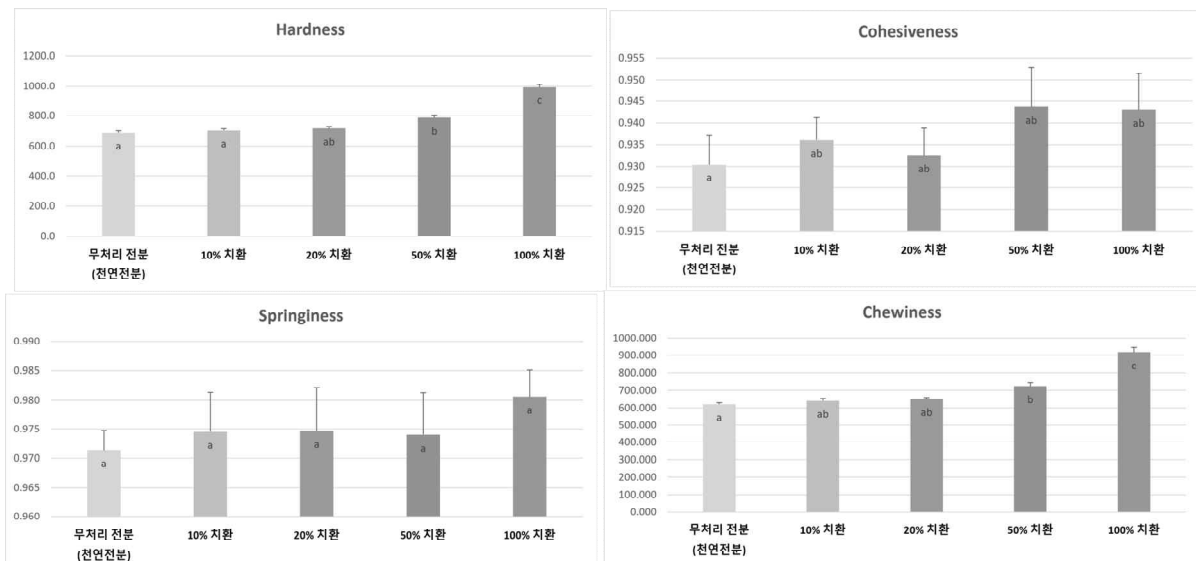


그림 4-17. 습열/주정처리 타피오카 전분 치환에 따른 냉동식 당면의 조직감 변화

- 습열/주정 처리 타피오카 전분의 생산 단가는 변형 처리에 따라 천연전분보다 소폭 높으며, 이를 활용한 제품의 제조 단가 및 소비자가 증가할 수밖에 없음. 그러나 단일 습열 처리 전분을 활용한 전분에 비해 비교적 낮은 함량의 첨가에도 유의적인 효과를 기대할 수 있음
- 아울러, 물리적 변형 처리 전분으로 제조한 당면의 식감은 미처리 전분(천연전분) 당면보다 훨씬 우수했으며, 조리 후에도 쉽게 불지 않는 등 가공 특성이 개선되었기 때문에 이에 대한 수요가 분명히 존재할 것으로 예상됨



그림 4-18. 파일럿 스케일에서 제조한 습열/주정처리 타피오카 당면 시제품

- 다만 습열/주정처리 타피오카 전분을 이용한 당면의 대량 생산 과정에서 일부 문제점 및 수정해야 할 사항이 있었음 (그림 4-19). 물리적 변형처리한 타피오카 전분은 천연 타피오카 전분에 비해 높은 호화 및 용융 온도를 가지고 있음
- 기존 당면 제조 공정 조건을 변경없이 이용하여 변형 타피오카 전분 당면을 만들 경우, 당면 굵기가 균일하지 않는 경우 (그림 4-19 (a), (b))와 반죽 및 호화가 완벽하게 되지 않아 생전분 반죽이 그대로 남아있는 경우 (그림 4-19 (c), (d))를 빈번히 관찰할 수 있었음
- 이와 같은 불량률이 발견되어 해당 당면은 판매하지 못하고 전량 폐기하였음. 해당 문제는 원료 배합 및 반죽 성형에 필요한 온도를 높이고 시간을 길게 설정함으로써 해당 문제를 해결할 수 있을 것이라 사료됨

(a)



(b)



(c)



(d)



그림 4-19. 파일럿 스케일에서의 당면 제고 과정 및 문제점

### 3. 제품 생산 비용 산출 및 화학적 변형전분과 비교

○ 습열/주정처리 감자 및 고구마, 타피오카 전분의 대량 생산 경험을 토대로 각 습열/주정처리 전분의 생산비용을 산출했으며, 자세한 산출 내역은 아래와 같음

#### ○ 재료비

##### - 원재료비

- 국산 고구마 전분 및 감자 전분, 그리고 수입 타피오카 전분으로 1회 생산량 500kg 기준
- 고구마전분(국산): 3,500원/kg
- 감자전분(국산): 3,400원/kg
- 타피오카전분(수입): 1,700원/kg

##### - 부재료비

- 포장재 (20kg 지대포장 기준)
- 전분kg당 비용 산출
- (25kg 포장지 매당 400원 \* 25매) / 500kg

#### ○ 노무비

##### - 직접노무비

- 해당 원료의 가공 공정에 직접 참여하는 생산직 임직원에 대한 임금
- 시간 산출 기준: 주정습열처리 3시간 + 고온건조 12시간 + 오븐예열 및 준비 2시간\*3일
- 17시간 \* 3명 \* 15천원/시간

##### - 간접노무비

- 작업 현장에서 보조 작업에 종사하는 인력(환경, 공무, 지원, 품질 등)에 대한 임금
- 시업 1시간, 종업 1시간, 3명 지원 조건

#### ○ 경비

##### - 전력비: 가공설비(전기오븐) 가동에 따른 소요 전력 비용

- 60°C에서 2시간 건조 & 45°C에서 12시간 건조 & 오븐예열 2시간
- Heater: 24kw(6kw\*4set), Motor 3kw(750w x 4ea)
- 27kw \* 17H \* 109.3원/kwh
- 산업용(을) I / 고압A/ 선택 II 최대부하 / 봄·가을철(3~5,9~10월) 기준

##### - 복리후생비

- 식사를 포함한 현물공여 및 기타 후생 지원 비용 중 식대만 산정
- 1식 6,000원 \* 3회 \* 3명

##### - 감가상각비: 공장건축물과 기계장치 감가상각

- 감가상각기간: 5년
- 감가상각방법: 정액법(Straight-line method) 내용연수에 걸쳐 매 기간 일정하게 감가상각비를 인식하는 방법

- 산출 공식: 감가상각비(D)=취득원가(Co) -잔존가치(Vs)/내용연수(n)

∴ [취득원가 20,000,000원 - 잔존가치 2,000,000원 / 내용연수 5년] / 365일 \* 3일 = 29,589원

- 운반비: 음성공장=>하남물류창고 이동 파레트 단위 수송비 (35,000)

표 4-7. 변형 고구마전분(국산) 제조 원가

(단위:원/vat포함)

과목	금액(500kg)	kg당 단가	비고
재료비			
원재료비	1,750,000	3,500	
부재료비	10,000	20	20kg 지대 25장 소요
노무비			
직접 노무비	765,000	1,530	17시간 * 3명 * 15천원/H
간접 노무비	270,000	540	6H * 3명 * 15천원/H
경비			
전력비	50,169	100	산업용(을) I / 고압A
복리후생비	54,000	108	식대 6,000 * 3명 * 3일
감가상각비	29,589	59	취득원가 2천만원, 내용연수 5년
운반비	35,000	70	4파레트 기준 운반비 14만원
수선비			
기타			
총제조비용		5,927	

표 4-8. 변형 감자전분 제조 원가

(단위:원/vat포함)

과목	금액(500kg)	kg당 단가	비고
재료비			
원재료비	1,700,000	3,400	
부재료비	10,000	20	20kg 지대 25장 소요
노무비			
직접 노무비	765,000	1,530	17시간 * 3명 * 15천원/H
간접 노무비	270,000	540	6H * 3명 * 15천원/H
경비			
전력비	50,169	100	산업용(을) I / 고압A
복리후생비	54,000	108	식대 6,000 * 3명 * 3일
감가상각비	29,589	59	취득원가 2천만원, 내용연수 5년
운반비	35,000	70	4파레트 기준 운반비 14만원
수선비			
기타			
총제조비용		5,827	

표 4-9. 변형 타피오카전분 제조 원가

(단위:원/vat포함)

과목	금액(500kg)	kg당 단가	비고
재료비			
원재료비	850,000	1,700	
부재료비	10,000	20	20kg 시대 25장 소요
노무비			
직접 노무비	765,000	1,530	17시간 * 3명 * 15천원/H
간접 노무비	270,000	540	6H * 3명 * 15천원/H
경비			
전력비	50,169	100	산업용(을) I / 고압A
복리후생비	54,000	108	식대 6,000 * 3명 * 3일
감가상각비	29,589	59	취득원가 2천만원, 내용연수 5년
운반비	35,000	70	4파레트 기준 운반비 14만원
수선비			
기타			
총제조비용		4,127	

○ 일반전분/건열처리전분/화학적변형전분 단가 비교 (표 4-10)

- 천연고구마전분과 주정/습열처리 고구마전분의 예상 원가는 각각 3,500원, 5,927원 / 출고가는 4,025원, 6,816원 / 소비자가는 4,830원, 8,179원이었음
- 천연감자전분과 주정/습열처리 감자전분의 예상 원가는 각각 3,400원, 5,827원 / 출고가는 3,910원, 6,701원 / 소비자가는 4,692원, 8,041원이었음
- 천연타피오카전분과 주정/습열처리 타피오카전분의 예상 원가는 각각 1,700원, 4,127원 / 출고가는 1,955원, 4,746원 / 소비자가는 2,346원, 5,695원이었음
- 미열처리 및 주정첨가 등의 공정이 추가됨에 따라 물리적 변형 전분의 원가, 출고가 및 소비자가는 천연 전분보다 높은 것은 필연적이었음
- 해당 과제에서 주정/습열처리 고구마 및 감자 전분은 공동연구기관인 영흥식품에서 생산하는 국산 전분을 사용하였기 때문에 시중에 시판중인 화학적 변형전분과 직접적인 생산원가 및 소비자가 비교는 힘들었음. 시중에 유통중인 모든 화학전분은 해외 생산임
- 다만 타피오카 전분은 국내 생산없이 전량 해외 생산 및 수입에 의존하고 있으며, 본 과제에서도 시제품을 외산 타피오카 전분으로 생산하였음
- 화학 변형 타피오카 전분의 소비자가는 생산 메이커 및 변형 종류에 따라 상이하나 kg 당 약 2,000원 ~ 4,000원 사이로 조사됨. 주정/습열처리 타피오카 전분의 소비자가는 5,695원으로 화학 변형 전분에 비해서는 가격적 경쟁력은 약함
- 다만 물리적 변형 전분의 사용처(웰빙 식품, 클린라벨 식품)를 고려하면 해당 가격은 충분히 고려될 수 있는 가격이라 생각됨. 특히 어린이 급식용 원재료를 포함한 다양한 분야에서 니즈가 있을 것으로 생각되어 상업적 이용 가능성은 충분할 것으로 사료됨
- 대량 생산 및 생산 공정 최적화를 통하여 건열처리 타피오카 전분의 제조 단가는 더욱 저렴해질 수 있음
- 특히 전분 생산 후 주정/미열처리를 하는 단계적 공정이 아닌 전분 생산 과정 중 주정첨가

및 미열처리하는 연속적 공정으로 전환할 경우, 단가는 화학적 변형처리 전분과 유사해질 것임

표 4-10. 천연 전분과 주정/습열처리 전분의 생산원가, 출고가, 소비자가 비교

(단위:원/kg)

구분	원가		출고가		소비자가	
	일반전분	변형전분	일반전분	변형전분	일반전분	변형전분
고구마전분(국산)	3,500	5,927	4,025	6,816	4,830	8,179
감자전분(국산)	3,400	5,827	3,910	6,701	4,692	8,041
타피오카전분(외산)	1,700	4,127	1,955	4,746	2,346	5,695

○ 대량 생산을 이용한 가격 경쟁력 확보 및 생산 규모 별 단가 예상

- 해당 과제에서의 시제품은 500kg 단위로 제조하였으며, 이에 따른 생산/소비자 단가를 계산했음
- 시제품은 전용 설비가 아닌 범용 설비를 활용하여 제조되었기 때문에 생산 단가가 증가했음
- 또한 시제품은 1차 가공된 전분을 다시 2차 가공하는 방식으로 제조되었기 때문에 단가가 높을 수 밖에 없음(원물 → 천연 전분 → 물리적 처리 전분)
- 하지만 대량 생산을 위한 전용 설비를 갖추게 되면 원물(고구마, 감자 등)에서 전분 추출과 함께 물리적 처리를 동시에 진행할 수 있음( 원물 → 물리적 처리 전분)
- 대량 생산에 의한 전분 생산 공정의 간소화는 생산 단가 증가의 주된 원인인 전분 건조 비용, 제조 공정에서 발생하는 폐기물 처리 비용 및 노무비를 획기적으로 줄여 줄 수 있음
- 물리적 변형전분을 대량 생산했을 경우(5ton 규모)의 예상 소비자가를 천연 타피오카 전분, 물리적 변형 타피오카 전분 시제품(500kg), 화학적 타피오카 전분 (기존 판매)과 비교했음 (표4-11)

표 4-11. 대량 생산한 물리적 변형 타피오카 전분의 소비자가 예상 및 화학적 변성 전분과의 비교

	소비자가(단위:원/kg)
천연 타피오카 전분	2,346
물리적 변형 타피오카 전분(시제품, 500kg 생산)	5,695
화학적 변성 타피오카 전분	3,500
물리적 변형 타피오카 전분(5ton 규모 대량 생산)	3,000 (예상 소비자가)

- 화학적 변성전분의 제조에는 합성 화합물 제거를 위하여 몇 번의 수세과정을 거쳐야 하는데, 이 과정에서 다량의 산업폐수가 발생함. 이에 따라 부재료비 및 폐수 처리 비용이 크게 증가함
- 전용 설비를 이용하여 물리적 변형 전분을 제조할 경우, 부재료비가 거의 들지 않을 뿐만 아니라 산업폐수 또한 천연 전분 제조와 유사한 수준으로 발생하기 때문에 화학적 변성 전분보다 저렴하게 공급이 가능할 것임
- 그리고 물리적 처리 전분 제조에는 기존 천연 전분 생산라인에 건조 및 냉/해동 장치만 추가하면 되기 때문에 화학적 변형 전분의 제조 설비에 비해 제조 및 유지 비용이 적게 드는 장점이 있음

- 해당 과제는 국가 기관의 지원을 통해 진행되었기 때문에 국산 식용 작물의 이용 및 우수성 증명에 초점을 두고 진행되었으며, 따라서 국내 생산된 감자 및 고구마에서 전분을 이용하여 시제품을 제조했음. 다만 카사바(타피오카)는 국내 생산되지 않기 때문에 해외에서 수입된 타피오카 전분을 이용했음
- 따라서 국산 고구마 및 감자로 제조한 물리적 변형 전분의 원가 및 소비자가는 기존 해외에서 수입되는 화학적 변성전분보다 높음
- 이는 농가와의 계약 재배를 통해 해결할 수 있음. 계약 재배를 통해 안정적인 원료 수급 및 판매단가 유지를 이룰 수 있을 뿐만 아니라 계약 재배 농가의 소득 안정 또한 도모할 수 있음

○ 물리적 변형 전분의 용도 다양화

- 해당 과제는 식품 내 첨가되는 화학적 변성 전분을 대체할 수 있는 물리적 변형 전분의 개발을 목표로 진행되었기 때문에, 식품에의 응용에 초점을 맞춰 진행하였음
- 하지만 해당 전분은 클린라벨 기술을 이용하여 제조되었기 때문에 식품 이외의 다양한 용도로 이용될 수 있음
- 특히 고부가가치의 천연 고분자 소재를 필요로 하는 의료분야, 화장품 분야, 생분해성 고분자 분야에서 이용이 가능할 것이라 판단됨
- 다만 의료 및 화장품 분야에서는 물성뿐만 아니라 뛰어난 생리활성 및 기능성을 요구하는 경우가 많이 있기 때문에 물리적 처리를 이용한 전분-기능성 물질간의 복합체 형성 및 포접된 기능성 물질의 안정화 등에 대한 연구가 추가적으로 진행될 필요가 있다고 사료됨
- 특히 생체 내에서 생분해될 수 있는 전분은 의료 및 제약 분야에서 쉽게 이용될 수 있으며, 특히 약물 전달 시스템(drug delivery system)에 쉽게 적용될 수 있을 것임. 물리적 처리에 의해 변형된 물성은 제형을 개선할 뿐만 아니라 약물의 생체 내 거동의 제어에 이용될 수 있음



## (2) 정량적 연구개발성과

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	2019년	2020년	2021년	계	가중치 (%)	
전담기관 등록·기탁 지표 <sup>1)</sup>	SCIE	목표(단계별)	0	0	1	1		
		실적	0	0	2	2		
	평균 impact factor	목표(단계별)	0	0	3	3	10	
		실적	0	0	7.5	7.5	10	
	특허	목표	0	0	1	1	5	
		실적	0	0	2	2	5	
	학술발표	목표	0	1	1	2	10	
		실적	0	1	2	3	10	
	연구개발과제 특성 반영 지표 <sup>2)</sup>	기술실시(이전)	목표(단계별)	0	1	0	1	5
			실적	0	1	1	2	5
기술료		목표(단계별)	0	0	3	3		
		실적	0	0	2	2		
사업화(제품화)		목표(단계별)	0	0	1	1	45	
		실적	0	0	2	2	45	
사업화(매출액)		목표(단계별)	0	0	2	2		
		실적	0	0	2	2		
사업화(고용창출)		목표(단계별)	0	0	1	1	15	
		실적	0	1	0	1	15	
인력양성		목표(단계별)	0	1	2	3	10	
		실적	0	3	2	5	10	
홍보전시		목표(단계별)	0	0	1	1		
		실적	0	0	1	1		
계		목표(단계별)	0	3	16	19	100	
		실적	0	6	23.5	29.5	100	

\* 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[에스시아이 Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서원문, 연구시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신제품 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.

\* 2) 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용효과, 투자유치), 비용 절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도), 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 설계 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다 (연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Physical modification of various starches by partial gelatinization and freeze-thawing with xanthan gum	Food hydrocolloids	Cehn Zhang, Seung-Taik Lim	111	미국	elsevier	SCIE	2021.02	0268-005x	80
2	Effect of combination of dry heating and glucose addition on pasting and gelling behavior of starches	International journal of biological macromolecules	Su-Jung Lee, Chen Zhang, Seung-Taik Lim, Eun-Young Park	183	미국	elsevier	SCIE	2021.07	0141-8130	90

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2020 KoSFoST International Symposium and Annual Meeting	박한준, 조동화, 이수정, 임승택	2020.7.3	광주 컨벤션 센터, 광주	한국
2	2021 KoSFoST International Symposium and Annual Meeting	박한준, 조동화, 임승택	2021.7.9	대전 컨벤션 센터, 대전	한국
3	2021 KoSFoST International Symposium and Annual Meeting	최서영, 임승택	2021.7.9	대전 컨벤션 센터, 대전	한국

[기술적 성과]

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

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	가열 및 냉-해동을 이용하고, 다양한 식용 검류를 첨가한 물리적 변성전분의 제조방법	한국	임승택, 장재인, 이동진	2021.02.15	10-2217982-0000				100	활용	
2	알코올 첨가 및 미열 처리를 이용한 클린라벨 전분의 제조방법	한국	임승택, 박한준, 조동화	2021.07.02	1020210087003				100	활용	

○ 지식재산권 활용 유형

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

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1	√			√						
2	√			√						

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	건열처리 고구마 당면	2021.07.31	의남식품	제주도	전분 생산	7일		
2	건열처리 타피오카 당면	2021.07.31	의남식품	제주도	전분 생산	7일		
3	미열/주정처리 고구마 당면	2022.12.15	의남식품	제주도	전분 생산	7일		
4	미열/주정처리 타피오카 당면	2022.12.15	의남식품	제주도	전분 생산	7일		

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	통상실시	가열 및 냉-해동을 이용한 물리적 변성전분의 제조방법	영흥식품(주)	2020.10.29	10,000,000	10,000,000
2	통상실시	알코올 첨가 및 미열처리를 이용한 클린라벨 전분의 제조방법	영흥식품(주)	2021.12.20	10,000,000	10,000,000

\* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 <sup>1)</sup>	사업화 형태 <sup>2)</sup>	지역 <sup>3)</sup>	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	기술이전	신제품개발	국내	제품화	클린라벨 고구마전분 개발	영흥식품(주)	1,000		2021	
2	기술이전	신제품개발	국내	제품화	클린라벨 타피오카 전분 개발	영흥식품(주)	1,000		2021	

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
클린라벨전분생산	2021	2,000		2,000	시제품 납품가 기준
합계		2,000		2,000	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		클린라벨용 특수전분 국내 생산		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	2년		
	소요예산(천원)			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후
		2,000	500,000	1,000,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후
국내				
국외				
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		액상소스, 프리믹스등 활용 범위 확대 예정		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후
	수출		200,000	400,000

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2021년	yyyy년	
1	제품화	영흥식품(주)	1		1
합계			1		1

[사회적 성과]

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	박람회	2021 서울국제식품산업대전	물리적 변형 전문 홍보 및 시연	2021.7.27.-2021.7.30

## 2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
<p>[주관-1차년도]</p> <p>○ 다양한 물리적 처리를 활용한 점증제 용도의 물리적 변형전분개발</p>	<p>○ 가열처리에 따른 천연전분의 물성 변화 관찰 및 기작 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건열처리를 이용한 물리적 변형전분 개발 및 의의 물성 검증</li> <li>- 습열처리를 이용한 물리적 변형전분 개발 및 의의 물성 검증</li> </ul> <p>○ 비가열처리에 따른 천연전분의 물성 변화 관찰 및 기작 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 냉해동처리를 이용한 물리적 변형전분 개발 및 의의 물성 검증</li> <li>- 고속교반처리를 이용한 물리적 변형전분 개발 및 의의 물성 검증</li> <li>- 초음파 처리를 이용한 물리적 변형 전분 개발 및 의의 물성 검증</li> </ul>	100%
<p>[주관-2차년도]</p> <p>○ 물리적 처리법의 병행처리를 활용한 겔화제 용도의 물리적 변형전분 개발</p>	<p>○ 습열/냉해동 병행 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 습열/냉해동 병행 처리 전분의 입자 형태 연구</li> <li>- 습열/냉해동 병행 처리 전분의 표면 변화 관찰</li> <li>- 습열/냉해동 병행 처리 전분의 페이스트 특성 관찰</li> <li>- 습열/냉해동 병행 처리 전분의 열적 특성 연구</li> <li>- 습열/냉해동 병행 처리 전분의 결정성 연구</li> <li>- 습열/냉해동 병행 처리 전분 겔의 조직감 연구</li> </ul> <p>○ 습열/주정 병행 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 습열/주정처리 전분의 복굴절성</li> <li>- 습열/주정 병행처리 전분의 결정성 변화</li> <li>- 습열/주정 병행처리 전분의 열적 특성 연구</li> <li>- 습열/주정 병행처리 전분 겔의 조직감 연구</li> <li>- 습열/주정 병행처리 전분 겔의 이액현상</li> <li>- 습열/주정 병행처리 전분의 표면 관찰</li> </ul> <p>○ 습열/건열 병행처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 습열/건열 병행처리 전분의 페이스트 특성 관찰</li> <li>- 습열/건열 병행처리 전분의 결정성 변화</li> </ul>	100%
<p>[협동-2차년도]</p> <p>○ 점증제 용도로 개발된 물리적 변형전분의 시제품 제조 및 가공식품 적용 가능성 확인</p>	<p>○ 점도 상승제 용도의 물리적 변형 전분(단일처리 변형전분)의 시제품 생산</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전년도 주관 기관의 연구결과를 토대로 두 종의 물리적 변형전분을 생산함</li> <li>- 대량 생산한 물리적 변형 전분의 물성 확인</li> </ul> <p>○ 시제품을 2종 이상의 클린라벨 식품에 첨가 활용하고 상업적 이용 가능성 검토</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 클린라벨로 이용가능한 한국 전통 당면 제조</li> <li>- 클린라벨로 이용가능한 타피오카 당면 제조</li> </ul>	100%

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제품 생산 비용 산출 및 화학적 변형전분과 비교 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 건열처리 고구마 전분의 원가/출고가/소비자가 산출</li> <li>- 건열처리 타피오카 전분의 원가/출고가/소비자가 산출</li> <li>- 화학적 변형 전분과의 비교</li> </ul> </li> </ul>	
<p>[주관-3차년도]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 천연소재 첨가를 활용한 전분 복합체 형성 유도 및 물리적 변형 극대화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 검(gum) 첨가를 이용한 물리적 변형(습열/냉해동) 전분의 물성 변화 및 기작 연구 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 검첨가/습열/냉해동 병용 처리 전분의 표면 관찰</li> <li>- 검 첨가 습열/냉해동 병용 처리 전분의 입자 형태 연구</li> <li>- 검 첨가 습열/냉해동 병용 처리 전분의 페이스트 특성 관찰</li> <li>- 검 첨가 습열/냉해동 병용 처리 전분의 열적 특성 연구</li> <li>- 검 첨가 습열/냉해동 병용 처리 전분 겔의 조직감 연구</li> <li>- 검 첨가 습열/냉해동 병용 처리 전분 겔의 이액 현상 연구</li> </ul> </li> <li>○ 포도당 첨가를 이용한 건열처리 전분의 물성 변화 및 기작 연구 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 포도당 첨가 건열처리 전분의 페이스트 특성 관찰</li> <li>- 포도당 첨가 건열처리 전분의 열적 특성 연구</li> <li>- 포도당 첨가 건열처리 전분 겔의 조직감 변화</li> <li>- 포도당 첨가 건열처리 전분 호화액의 투명도 관찰</li> </ul> </li> <li>○ 천연 유화제 첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 변화 및 기작 연구 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 천연 유화제 첨가 후 습열처리한 전분의 페이스트 특성 관찰</li> <li>- 천연 유화제 첨가 후 습열처리한 전분의 열적 특성 관찰</li> <li>- 습열/주정 병용 처리에 따른 고구마 조전분의 물성 변화 연구</li> <li>- 습열/주정 병용처리 고구마 가루의 페이스트 특성 관찰</li> <li>- 습열/주정 병용처리 고구마 가루로 만든 겔의 외형</li> <li>- 습열/주정 병용처리 고구마 가루로 만든 겔의 조직감 변화</li> </ul> </li> </ul>	100%
<p>[협동-3차년도]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 겔화제 용도로 개발된 물리적 변형 전분의 시제품 제조 및 가공식품 적용 가능성 확인</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 점증제 용도로 개발된 물리적 변형전분의 시제품 생산 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전년도 주관 기관의 연구결과를 토대로 두 종의 물리적 변형전분을 생산함</li> <li>- 대량 생산한 물리적 변형 전분의 물성 확인</li> </ul> </li> <li>○ 시제품을 2종 이상의 클린라벨 식품에 첨가 활용하고 상업적 이용 가능성 검토 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 습열/주정처리 감자/고구마 전분을 첨가한 비냉동식 당면 제조</li> </ul> </li> </ul>	100%

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 습열/주정처리 타피오카 전분을 이용한 냉동식 타피오카 당면 제조</li> <li>○ 제품 생산 비용 산출 및 화학적 변형전분과 비교</li> <li>- 습열/주정처리 고구마 전분의 원가/출고가/소비자가 산출</li> <li>- 습열/주정처리 감자 전분의 원가/출고가/소비자가 산출</li> <li>- 습열/주정처리 타피오카전분의 원가/출고가/소비자가 산출 및 화학적 변형 전분과의 비교</li> </ul>	
--	---	--

#### 4. 목표 미달 시 원인분석

##### 1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

- 기술 실시(이전) 기술료 미달
  - 계획: 30,000,000원, 달성: 20,000,000원
- 미달 사유: 신종 코로나 바이러스의 급속한 확산은 경제 및 사회 전반에 큰 영향을 주었음. 물가 상승, 소비 위축, 경제 불안정 및 기업 매출 감소로 인하여 새로운 사업 확장에 대한 어려움이 있었음. 특히 해외 시장으로의 홍보 및 사업 확장이 불가능에 가까워짐에 따라 해당 과제에서 도출된 물리적 변형 전분의 수요처를 찾기가 힘들어졌음

##### 2) 자체 보완활동

- 비록 기술료 납부 금액이 미달되었으나, 다른 사업화 항목(제품화, 매출액, 고용창출)은 초과달성하였음

##### 3) 연구개발 과정의 성실성

- 주관기관인 고려대 및 협동기관인 영흥식품(주)는 코비드 19 상황속에서 서로 소통이 힘든 상황에서도 두 기관은 긴밀히 협력하여 과제가 원활히 수행될 수 있도록 노력하였음
- 이에 따라 각 기관은 정성적 목표 및 정량적 목표를 대부분 달성, 혹은 초과 달성하였음
- 다만, 과제 협약 당시(2019년 5월)와는 전혀 다른 사회 및 경제적 상황에 따라 신제품에 대한 소비자 및 기업의 심리 위축은 협동기관인 영흥식품(주)의 사업 확장에 큰 걸림돌이 되었음
- 이런 상황속에서도 과제의 성공적 수행을 위해 최선을 다하였으며, 제품화, 매출, 고용 창출은 기존 정량적 목표를 달성하였을 뿐만 아니라, 해당 과제에서 도출된 제품의 홍보 전시를 위해 2021 서울식품산업대전에도 참가하였음 (3개 부스 활용)
- 이를 미뤄보아 비록 기술료 부분에 대한 성과 미달은 있었으나, 고려대 및 영흥식품 두 기관 모두 수행 가능한 범위에서 과제 수행을 위해 최대한 노력 및 역할을 다했다고 생각됨

## 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

---

- 관련 분야 우수 학회지 게재를 통하여 관련 분야에서 학술적으로 유리한 입지를 선점함
  - 관련 특허 출원 및 등록을 통하여 해당 분야에 대한 국가 경쟁력 확보 및 해당 산업 분야 보호
  - 해당 과제로 도출된 물리적 변형을 활용한 새로운 식품 분야 개척
  - 클린라벨 식품 분야 개척을 통한 국내 식품 산업 활성화, 국내 기업의 해외 진출 역량 증진, 국민 건강 증진에 기여
- 

## 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

---

- 점증제 및 겔화제 용도의 물리적 변형전분의 가공식품 첨가물로 활용
  - 제품생산을 위한 기술이전 및 공정의 최적화를 위한 업체와의 협업 지속
  - 다국적 기업으로의 기술이전으로 글로벌 식품시장으로 진출 모색
  - 코팅제, 접착제, 난소화성 전분 등의 변형전분 용도로서의 기술로 지속적 연구
  - 식품외 제품, 즉 제지, 제약, 섬유 등에 활용되는 화학적 변형전분의 대체효과 모색
  - 해외시장 진출을 원활히 하기위해 다국적 전분당업체에 기술이전을 모색함
  - 물리적 특성에 따라 냉장 유통 식품용, 드레싱용 등의 다양한 클린라벨 전분을 원재료 형태로 생산 및 B2B (식품업체 및 식자재 대리점 등) 판매
  - 클린라벨 시제품 (가공식품)의 제조 노하우를 수요처에 제공함으로써 클린라벨 식품의 보급화에 기여
  - 과제에서 도출된 클린라벨 전분을 이용한 클린라벨 식품 (소스류, 디저트용 등)을 개발하고 자사 (영흥식품) 홈페이지를 통하여 소비자(B2C)에게 판매함
  - 개발한 클린라벨 전분은 자사 (영흥식품)의 우선적으로 자체 설비를 이용하여 생산할 계획에 있으며, 이후 자체 설비 증축을 통해 가격 경쟁력 확보하고 유럽 및 북미 시장 진출을 추진할 예정임
  - **제품별 사업화 계획**
    - 본 과제의 제품별 사업화는 크게 세 단계로 분류할 수 있음
    - 사업 초기에는 클린라벨 프리미엄 및 제품 생산단가를 고려하여 비싼 가격에도 불구하고 선호될 수 있는 환자·노인·영유아식을 제조하는 기업에 본 과제에서 도출된 물리적 변형전분을 공급할 예정에 있음
    - 다음으로는 시제품(2차 가공품) 제조 노하우와 함께 생산 단가가 높은 식품(디저트, 드레싱, 소스, HMR 등)을 제조하는 수요처에 물리적 변형전분을 공급할 예정에 있음
    - 생산 최적화 및 대량 생산으로 품질 및 가격경쟁력을 충분히 확보한 이후에는 전분류 식품(면, 만두피, 튀김) 생산업체에 물리적 변형전분을 공급할 예정임
  - **홍보 계획**
    - 대한민국 식품 대전 등 식품 국제 박람회에 관련 제품 출품
    - 자사 (영흥식품(주)) 물류 차량을 이용한 야외 광고
    - 자사 홈페이지에 별도 페이지 신설 및 관련 정보 홍보
    - 자사 유통망을 이용하여 유명 셰프 및 식당에 물리적 변형전분 및 클린라벨 시제품 배포
    - 유명 납품 회사 (풀무원 등)에 B2B 형태의 시제품 납품
-



< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내	
국외논문	SCIE	1	
	비SCIE		
	계	1	
국내논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
특허출원	국내	1	
	국외		
	계	1	
특허등록	국내	1	
	국외		
	계	1	
인력양성	학사		
	석사		
	박사		
	계		
사업화	상품출시	2	
	기술이전	1	
	공정개발		
제품개발	시제품개발		
비임상시험 실시			
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	
		2상	
		3상	
	의료기기		
진료지침개발			
신의료기술개발			
성과홍보		1	
포상 및 수상실적			
정성적 성과 주요 내용			

## 연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 클린라벨 식품을 위한 물리적 변형전분의 개발				
	(영문) Development of physically modified starches for the clean labeled foods				
주관연구기관	고려대학교 산학협력단		주 관 연 구 책 임 자	(소속) 고려대학교 식품공학과	
참 여 기 업	영흥식품(주)			(성명) 임 승 택	
총연구개발비  (305,400천원)	계	305,400,000	총 연 구 기 간	2019.05.20. - 2021.12.31(2년 8개월)	
	정부출연 연구개발비	228,000,000	총 참 여 원 수	총 인 원	12
	기업부담금	77,400		내부인원	12
	연구기관부담금			외부인원	

**○ 연구개발 목표 및 성과**

[연구개발 목표]

- 클린라벨 식품의 첨가물로 활용될 수 있는 점증제 및 겔화제 용도의 물리적 변형전분 2종 이상 개발
- 도출된 물리적 변형전분을 클린라벨 가공식품에 적용하고 시제품 3종 이상 생산
- 과제종료 3년 이내 매출액 5억원, 10년 이내 매출액 50억원 달성

[연구개발 성과]

- 물리적 처리를 이용하여 전분의 호화점도가 100% 이상 증가하여 점증제 용도로 적합한 클린라벨 전분을 개발함
- 물리적 처리를 이용하여 전분겔의 경도 및 씹힘성이 각각 3.2배, 4.0배 증가하여 겔화제 용도로 적합한 클린라벨 전분을 개발함
- 파일럿 스케일에서 해당 전분들을 대량 생산하였으며, 이렇게 생산된 전분의 물성은 랩 스케일에서 생산된 전분과 거의 유사하였음
- 본 과제로 도출된 물리적 변형 전분을 이용하여, 클린라벨 식품에 첨가 활용하였으며, 물성이 증진된 것을 확인함

**○ 연구내용 및 결과**

1차년도 연구 내용 및 결과

- 가열처리에 따른 천연전분의 물성 변화 관찰 및 기작 연구
  - 가열처리 방법: 습열 및 건열 처리
- 비가열처리에 따른 천연전분의 물성 변화 관찰 및 기작 연구
  - 냉해동처리, 고속교반처리, 초음파처리
- 품질 분석 방법
  - 신속속도점도계 (Rapid Viscoanalyzer, RVA): 점도 및 페이스트 형성 기작, 노화안정성
  - 시차주사열량법 (Differential scanning calorimeter, DSC): 전분의 호화온도 및 호화엔탈피
  - 물성분석기 (Texture analyzer, TA): 전분 겔의 조직감 분석
  - 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope, SEM): 전분입자 표면 분석

2차년도 연구 내용 및 결과

[주관연구기관(고려대)]

- 물리적 처리법의 병행처리를 이용한 겔화제 용도의 물리적 변형전분 개발
  - 병행처리를 이용한 전분의 물성 부여 및 이의 기작 연구

- 1차년도 연구결과를 바탕으로 3종 이상의 병행처리 방법을 시행함
  - 습열/냉해동 병행 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
  - 습열/주정 병행 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
  - 습열/건열 병행 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
- 습열/냉해동 병행 처리를 이용하여 옥수수전분겔, 감자전분겔, 타피오카전분겔의 경도를 각각 110%, 61%, 56% 증가시킴
- 습열/주정 병행 처리를 이용하여 감자전분겔, 타피오카전분겔의 경도를 각각 320%, 40% 증가시킴
  - 2차년도의 수치화된 목표(전분겔의 경도가 50% 이상 증가한 물리적 변형전분 1종 이상 개발)를 초과 달성함

[협동연구기관(영홍식품)]

- 점증제 용도로 개발된 물리적 변형전분의 시제품 생산
  - 전년도 주관기관의 연구결과를 토대로 두 종의 물리적 변형전분의 시제품을 생산(건열처리 타피오카 전분, 건열처리 고구마 전분)
    - 대량생산(500kg)에서도 물리적 변형의 효과가 소량생산과 유사했음
- 제품 생산 비용 산출 및 화학적 변형전분과 비교
  - 제조 단가는 화학적 처리법과 큰 차이가 없었으며, 클린라벨 식품에 적용가능한 원재료로서 상업적 이용 가능성이 높을 것으로 판단함
- 시제품(물리적 변형 전분)을 2종 이상의 클린라벨 식품에 첨가 활용하고 상업적 이용 가능성을 검토함
  - 고구마 당면 및 타피오카 당면에 건열처리한 타피오카 전분을 첨가하였음
  - 대조군과 비교하여 물리적 변형전분을 첨가한 당면의 물성이 좋았으며 상업적 이용이 가능할 것으로 판단함

□ 3차년도 연구 내용 및 결과

[주관연구기관(고려대)]

- 천연소재 첨가와 물리적 처리의 병용처리를 이용한 물성 개선이 극대화된 전분 개발
  - 검 첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 변화 및 이의 기작 연구
    - 검첨가/냉해동 병용 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
    - 검첨가/습열 병용 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
    - 검첨가/습열/냉해동 병용 처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구
  - 포도당 첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 변화 및 이의 기작 연구
  - 천연 유화제(lecithin) 첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 변화 및 이의 기작 연구
    - 2차년도의 수치화된 목표(최종점도가 50% 이상 증가한 물리적 변형 전분 개발, 전분 gel의 경도가 100% 이상 증가한 물리적 변형 전분 개발, 전분 gel의 십힘성이 70% 이상 증가한 물리적 변형 전분 개발)를 초과 달성함

[협동연구기관(영홍식품)]

- 겔화제 용도로 개발된 물리적 변형전분의 시제품 생산
  - 전년도 주관기관의 연구결과를 토대로 세 종의 물리적 변형전분의 시제품을 생산 (주정/습열처리 타피오카 전분, 주정/습열처리 고구마 전분, 주정/습열처리 감자 전분)
    - 대량생산(500kg)에서도 물리적 변형의 효과는 소량생산과 유사했음.
- 제품 생산 비용 산출 및 화학적 변형전분과 비교
  - 제조 단가는 추가적인 공정과 함께 상승하였으나, 그럼에도 화학적 처리법으로 제조된 변형전분의 제조단가보다 약간 비싼 수준이었음. 고부가가치를 가진 클린라벨 식품에의 이용 가능성을 고려한다면 상업적 이용이 가능할 것으로 사료됨
- 시제품(물리적 변형 전분)을 2종 이상의 클린라벨 식품에 첨가 활용하고 상업적 이용 가능성을 검토함
  - 변형처리한 감자 및 고구마 전분을 한국 전통 식품인 당면 제조에 이용하였음

→ 변형처리한 타피오카 전분을 이용하여 경제성이 높은 고품질의 냉동식 타피오카 당면을 제조했음.

→ 대조군(천연전분으로 생성된 당면)에 비해 물성이 확연히 개선된 것을 확인할 수 있었음. 비록 변형전분은 천연전분보다 제조 단가 및 소비자가가 높지만, 유의적인 품질 개선을 고려하면 상업적 이용이 충분히 가능할 것임. 다만, 새롭게 변형된 타피오카 전분은 대조군에 비해 호화가 어려운 단점이 있어 2차 가공식품 생산 공정 일부를 수정할 필요가 있을 것으로 판단함

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- 해당 결과를 바탕으로 2건의 특허를 출원하였음
- 도출된 연구물을 협동기관에 기술이전하였음
- 물리적 변형 전분의 시제품을 제작하고, 제품 및 사업화하였음
- 해외 우수 학술지 논문 2편 게재
- 점증제 및 겔화제 용도의 물리적 변형전분의 가공식품 첨가물로 활용
- 제품생산을 위한 기술이전 및 공정의 최적화를 위한 업체와의 협업 지속
- 다국적 기업으로의 기술이전으로 글로벌 식품시장으로 진출 모색
- 코팅제, 접착제, 난소화성 전분 등의 변형전분 용도로서의 기술로 지속적 연구
- 식품외 제품, 즉 제지, 제약, 섬유 등에 활용되는 화학적 변형전분의 대체효과 모색
- 해외시장 진출을 원활히 하기위해 다국적 전분당업체에 기술이전을 모색함
- 물리적 특성에 따라 냉장 유통 식품용, 드레싱용 등의 다양한 클린라벨 전분을 원재료 형태로 생산 및 B2B (식품업체 및 식자재 대리점 등) 판매
- 클린라벨 시제품 (가공식품)의 제조 노하우를 수요처에 제공함으로써 클린라벨 식품의 보급화에 기여
- 과제에서 도출된 클린라벨 전분을 이용한 클린라벨 식품 (소스류, 디저트용 등)을 개발하고 자사 (영양식품) 홈페이지를 통하여 소비자(B2C)에게 판매함
- 개발한 클린라벨 전분은 자사 (영양식품)의 우선적으로 자체 설비를 이용하여 생산할 계획에 있으며, 이후 자체 설비 증축을 통해 가격 경쟁력 확보하고 유럽 및 북미 시장 진출을 추진할 예정임

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

		과제번호	119031-3		
사업구분	맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발(R&D)				
연구분야	자유응모		과제구분	단위	
사업명	맞춤형혁신식품기술개발사업			주관	
총괄과제	-		총괄책임자	-	
과제명	클린라벨 식품을 위한 물리적 변형전분의 개발		과제유형	개발	
연구개발기관	2019. 05. 20. - 2021. 12. 31 (32개월)		연구책임자	임승택	
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2019. 05. 20. - 2019. 12. 31 (8개월)	58,000	-	58,000
	2차년도	2020. 01. 01. - 2020. 12. 31 (12개월)	83,000	38,700	121,700
	3차년도	2021. 01. 01. - 2021. 12. 31 (12개월)	87,000	38,700	125,700
	계	2019. 05. 20. - 2021. 12. 31 (32개월)	228,000	77,400	305,400
참여기업	영흥식품(주)				
상대국	-	상대국연구개발기관	-		

2. 평가일 : 2022. 03. 21

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
고려대학교	교수	임승택

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	
----	---

## I. 연구개발실적

### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 본 연구 개발 과제로 도출된 물리적 변형 전분의 물성은 천연 전분에 비해 매우 우수하였으며, 이를 활용하여 제조한 전분 2차 가공품의 품질 또한 시중 시판 제품에 비해 품질이 뛰어난 것을 확인할 수 있었기에 연구 개발 결과의 우수성을 높게 평가할 수 있음
- 또한 해당 과제에서 사용된 물리적 방법은 기존 물리적 처리 방법 (HMT, annealing 등)에 비해 우수할 뿐만 아니라 매우 간단한 처리만으로 해당 결과를 달성할 수 있었기에 창의성이 높다고 평가함

### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 해당 연구결과로 도출된 물리적 변형 전분은 클린라벨 식품, 영유아식 등 화학적 첨가물을 지양하는 식품에 쉽게 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 해당 식품들의 품질 또한 유의미적으로 개선할 수 있었기 때문에 산업적 활용에 있어서 그 파급 효과가 클 것으로 예상됨
- 또한 해당 물리적 변형법은 주관기관 (고려대)의 주도하에 독점적으로 이루어지고 있으며 해당 성과물의 생산 및 응용이 국내에서 주로 될 것인바, 국내 전분 산업 분야에서 파급 효과가 클 것으로 예상됨.

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 전분은 상업적으로 이용되고 있는 모든 식품의 재료로 이용되고 있으며, 물리적 변형 전분 또한 기존에 천연전분 및 화학적 변형전분의 대체재로 활용될 수 있어 그 활용 범위가 매우 넓음
- 특히, 물성 개선이 필요하나 화학적 전분을 활용할 수 없어 품질 개선이 필요했던 클린라벨 식품 및 유기농 식품의 원료로 사용될 수 있어 활용 가능성이 높음
- 또한 이와 같이 개선된 물성은 식품 분야 뿐만 아니라 다양한 전분을 필요로 하는 산업 분야 (제지, 섬유)에서도 활용될 수 있을 것으로 사료됨

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 본 연구는 비영리 기관인 고려대와 참여기업인 영흥식품이 각자 맡은바의 연구를 성실히 수행하였다고 판단됨
- 각 기관은 연구과제를 수행하는 동안 정량적·정성적 목표를 모두 달성한 바 과제를 성실히 수행하였다고 판단할 수 있음
- 특히 코비드 19 상황임을 감안해 대면 미팅이 쉽지 않은 상황에서도 두 기관은 긴밀히 협력하여 과제 수행이 원활히 이루어질 수 있도록 하였으며, 연구 목표 달성을 위해 각 기관이 수행 가능한 범위에서 최대한 노력 및 역할을 다 했다고 평가함

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 해당 과제에 대한 연구개발 성과는 초과 달성하였을 뿐만 아니라, 과제 협약 당시 예상보다 높은 impact factor를 가진 저널에 논문을 게재하였음.
- 1) 특허
  - 가열 및 냉-해동을 이용하고, 다양한 식용 검류를 첨가한 물리적 변성전분의 제조방법 (10-2217982-0000)
  - 알코올 첨가 및 미열 처리를 이용한 클린라벨 전분의 제조방법 (10-2021008-7003)
- 2) 논문
  - Physical modification of various starches by partial gelatinization and freeze-thawing with xanthan gum (Food hydrocolloids)
  - Effect of combination of dry heating and glucose addition on pasting and gelling behavior of starches (International journal of biological macromolecules)

## II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
○ 건열처리를 이용한 물리적 변형전분의 제조	5	100	계획서 내 연구를 모두 수행함
○ 습열처리를 이용한 물리적 변형전분의 제조	5	100	계획서 내 연구를 모두 수행함
○ 냉해동처리를 이용한 물리적 변형전분의 제조	5	100	계획서 내 연구를 모두 수행함
○ 고압균질처리를 이용한 물리적 변형전분의 제조	5	100	계획서 내 연구를 모두 수행함
○ 초음파처리를 이용한 물리적 변형전분의 제조	5	100	계획서 내 연구를 모두 수행함
<b>○ 신속점도계상에서 viscosity의 값이 20% 이상 증가한 물리적 변형전분 1종 이상 개발</b>		-	<b>1차년도의 수치화된 목표 달성함</b>
○ 습열/냉해동 병행처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구	5	100	계획서 내 연구를 모두 수행함
○ 습열/주정 병행처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구	5	100	계획서 내 연구를 모두 수행함
○ 습열/건열 병행처리에 따른 전분의 물성 변화 및 기작 연구	5	100	계획서 내 연구를 모두 수행함
○ 점도 상승제 용도의 물리적 변형 전분(단일처리 변형전분)의 시제품 생산	10	100	자체 시설을 이용하여 시제품을 대량 생산하고, 랩스케일에서 생산된 물리적 변형전분과 비교함
○ 변형전분 시제품을 2종 이상의 클린라벨 식품에 첨가 활용하고 상업적 이용 가능성 검토	5	100	계획서 내 연구를 모두 수행함
○ 제품생산 비용 산출 및 화학적 변형전분과의 비교	5	100	계획서 내 연구를 모두 수행함
<b>○ 전분겔의 경도가 50% 이상 증가한 물리적 변형전분 1종 이상 개발</b>		-	<b>2차년도의 수치화된 목표 달성함</b>
○ 검(gum)첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 증진 및 이의 기작 연구	5	100	계획서 내 연구를 모두 수행함
○ 포도당(glucose) 첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 증진 및 이의 기작 연구	5	100	계획서 내 연구를 모두 수행함
○ 천연 유화제(lecithin) 첨가를 이용한 물리적 변형 전분의 물성 증진 및 이의 기작 연구	5	100	계획서 내 연구를 모두 수행함
○ 겔화제 용도의 물리적 변형전분(병행처리)의 시제품 생산	10	100	자체 시설을 이용하여 시제품을 대량 생산하고, 랩스케일에서 생산된 물리적 변형전분과 비교함
○ 제품생산 비용 산출 및 화학적 변형전분과의 비교	5	100	계획서 내 연구를 모두 수행함
○ 시제품의 홍보 전시 및 판매	10	100	2021년 서울국제식품산업대전에 해당 연구로 개발된 시제품을 홍보 및 전시함
<b>○ 전분겔의 경도가 50% 이상 증가한 물리적 변형전분 1종 이상 개발</b>		-	<b>3차년도의 수치화된 목표 달성함</b>
합계	100점		



### III. 종합의견

#### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 본 과제는 총 3년의 연구기간을 가진 고려대 및 영흥식품(주)의 협동과제로, 비영리기관인 고려대는 물성이 뛰어난 클린라벨 전분의 개발을 목표로 하고 과제를 수행하였으며, 영리기관인 영흥식품(주)는 고려대에서 개발한 물리적 변형전분을 대량 생산하고 이의 상업적 이용을 검토하였음
- 각 기관은 긴밀히 협력하여 원활히 과제를 수행하였으며, 각 기관이 과제 협약 시 설정한 정성 및 정량적 목표를 모두 성공적으로 달성하였음.
- 다만 코비드 19 등 국내외 힘든 여건에 따른 소비 심리 위축, 원자재 가격 상승, 인건비 증가 등으로 인하여 개발된 제품에 대한 해외 진출을 과제 수행기간동안 시도할 수 없었음이 아쉬움으로 남음

#### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 정량적 평가 기준은 모두 달성하였으나, 코비드 19 상황에 따른 제품 생산 및 판매, 그리고 해외 진출은 당초 과제 계획 당시 호기롭게 생각했던 것보다 힘들었음.
- 이 부분은 과제 종료 후 국내외 소비처를 다시 알아볼 예정에 있음,
- 또한 원자재(물리적 변형 전분)로 B2B 시장 진입 뿐만 아니라, 원자재의 2차 가공품에 대한 B2C 판매도 고려하고 있으며, 이를 목표로 자사(영흥식품)의 홈페이지를 소비자가 쉽게 접근할 수 있도록 개선중에 있음.

#### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- [활용방안]
- 해당 과제로 개발된 물리적 변형전분은 점증제 및 겔화제 용도의 식품 첨가물로 활용될 수 있음
  - 식품외 제품, 즉 제지, 제약, 섬유 등에 활용되는 화학적 변형전분을 대체 활용할 수 있을 것으로 기대됨
  - 감자, 고구마 생산 농가와의 직접 계약을 통한 국산 고품질 식량작물 소비 활성화에 기여함
    - 감자: 강원도, 제주도 지역 감자재배 농가 (연간 3,000톤 구매 예정)
    - 고구마: 전남, 충남, 제주도 지역 고구마 재배 농가 (연간 5,000톤 구매 예정)
    - 국내의 재배자, 생산자, 제품 공급자 모두의 수익창출에 활용될 수 있음.
- [향후조치에 대한 의견]
- 과제 수행 과정에서 도출된 클린라벨 가공품의 제조 노하우를 수요처에 제공함으로써 클린라벨 식품의 보급화에 기여할 것임
  - 개발한 클린라벨 전분은 자사(영흥식품)의 자체 설비를 이용하여 생산할 계획에 있으며, 이후 자체 설비 증축을 통해 가격 경쟁력 확보하고 유럽 및 북미 시장 진출을 추진할 예정임
  - 과제에서 도출된 클린라벨 전분을 이용한 클린라벨 식품 (소스류, 디저트용 등)을 개발하고 자사(영흥식품) 홈페이지를 통하여 소비자(B2C)에게 판매할 예정에 있음

### IV. 보안성 검토 - 해당사항 없음

## 연구성과 활용계획서

### 1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야	농업, 임업 및 어업
연구과제명	클린라벨 식품을 위한 물리적 변형전분의 개발			
주관연구개발기관	고려대학교 산학협력단		주관연구책임자	임승택
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	228,000	77,400		305,400
연구개발기간	2019. 05. 20. - 2021. 12. 31 (32개월)			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타(    )		<input type="checkbox"/> 미활용 (사유:    )	

### 2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 신속점도계상에서 점도 (viscosity)의 값이 20% 이상 증가한 물리적 변형전분 1종 이상 개발	- 건열처리를 이용하여 찹옥수수전분 및 감자전분의 점도를 각각 40%, 45% 증가시킴 - 습열처리를 이용하여 감자전분의 점도를 약 35% 증가시킴
② 전분겔의 경도가 50% 이상 증가한 물리적 변형 전분 1종 이상 개발	- 습열/냉해동 병행 처리를 이용하여, 옥수수, 감자 및 타피오카 전분 겔 경도를 각각 101%, 61%, 56% 증가시킴 - 습열/주정 병용처리를 이용하여 감자전분, 타피오카전분겔의 경도를 각각 320%, 40% 증가시킴
③ 전분겔의 경도와 씹힘성이 70% 이상 증가한 물리적 변형 전분 개발	- 검침가/습열/냉해동 처리를 병용하여 전분 gel의 경도와 씹힘성을 각각 150%, 200% 이상 증가시킴

### 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 (타연구활용비)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논 문 S C I	비 S C I			논 문 평 균 I F	학 술 발 표	
단위	건	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건	
가중치	5	0	0		5	0	45	0	0	15	0			10	10	0	10	0	0

최종 목표	1				1	30	1	2		1			1	1	3	2		3		1
당해 년도	목표	1				30	1	2		0			1	1	3	1		2		1
	실적(누적)	1	1			2	20	2	2		1		2	0	7.5	3		5		1
달성률 (%)	100				100	67	100	100		100			100		100	100		100		100

#### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	전분 입자의 파괴없이 전분 입자의 변형을 유도함
②	미량의 주정과 온열처리를 이용하여 가용성 전분 용출을 유도함
③	천연물(하이드로콜로이드, 포도당, 레시틴)과 가용성 전분의 복합체 형성 및 전분 표면 베리어 형성을 유도함

#### 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		v			v	v	v			
②의 기술	v					v	v			
③의 기술		v			v					

\* 각 해당란에 v 표시

#### 6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	- 무첨가 물리적 처리를 이용한 클린라벨 식품에 이용 가능한 비호화 전분 개발 - 2차 가공 식품에서 점증제 용도의 원료 및 첨가물로 이용 기대 - 다른 물리적 변형 방법의 병용 처리를 통한 새로운 물성 유도 기대
②의 기술	- 2차 가공 식품에서 겔화제 및 점증제 용도의 원료 및 첨가물로 이용 가능 - 주정이 아닌 기타 알코올류를 이용한 물리적 변형 전분 개발 기대 - 전분 뿐만 아니라 곡류가루(곡분)에 이용 가능 예상
③의 기술	- 기능성 천연물을 이용하여 물성 뿐만 아니라 기능성이 증진된 전분 개발 기대 - 첨가 천연물의 종류 및 농도 다양화를 통한 맞춤형 물리적 변형 전분 개발 가능 - 내열성이 우수한 전분 개발 및 식품 외 타산업 분야에의 이용 가능

#### 7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술인 증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활)
	특허 출	특허 등	품종 등	S M A	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창		투자유	논문				학술발	정책활	
											SCI		비SCI	논문평균					

	원	록	록	R T					출	치		I	I F	표		용	시	(영 원)
단위	건	건	건	건	백만 원	건	백만 원	백만 원	명	백만 원	건	건	건	건	명	건	건	
가중치	5				5	45			15				10	10		10		
최종목표	1	1			2	30	3	5,500	2,000	2	1	2	1	6	3	4		2
연구기간내 달성실적	1	1			2	20	2	2	0	1	0	2	0	7.5	3	5		1
연구종료후 성과장출 계획	1	0			1	10	1	5,000	2,000	1	1	1	0	6	0	0		1

### 8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 <sup>1)</sup>	알코올 첨가 및 미열 처리를 이용한 클린라벨 전분의 제조방법		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	10,000천원
이전방식 <sup>2)</sup>	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input checked="" type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타( )		
이전소요기간	3개월	실용화예상시기 <sup>3)</sup>	2021.11월
기술이전시 선행조건 <sup>4)</sup>	전분 가공 설비(반응조, 건조기) 구비		

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리  
통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

### 주 의

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