

보안과제( ) 일반과제(○) / 공개(○) 비공개( ) 발간등록번호( 0 )

맞춤형혁신식품 및 천연안심소재 기술개발사업 2021년도 최종보고서

발 간 등 록 번 호

11-1543000-004058-01

# 당뇨 전 단계 맞춤형 식사대용식 및 즉석밥 제조기술 개발

---

2022. 4. 18

주관연구기관 / 한국식품연구원  
협동연구기관 / (주)메타센테라퓨틱스

농림축산식품부  
농림식품기술기획평가원



## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “당뇨 전 단계 맞춤형 식사대용식 및 즉석밥 제조기술 개발”(개발기간 : 2020. 4. 20 ~ 2021. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2022. 4. 18

주관연구기관명 : 한국식품연구원 (대표자) 백 형 희

협동연구기관명 : (주)메타센테라퓨틱스 (대표자) 박 명 규

참여기관명 : (대표자) (인)

주관연구책임자 : 최 희 돈

협동연구책임자 : 최 원 희

참여기관책임자 :

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



## < 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명				총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)				연구개발과제번호			
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB1704	50%	LB1701	25%	LB1804	25%
	농림식품 과학기술분류	PA0103	50%	PA0101	25%	PA0201	25%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명	당뇨 전 단계 맞춤형 식사대용식 및 즉석밥 제조기술 개발						
전체 연구개발기간	2020. 04. 20. - 2021. 12. 31.						
총 연구개발비	총 773,400천원 (정부지원연구개발비: 580,000천원, 기관부담연구개발비: 193,400천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)						
연구개발단계	기초[ ] 응용[ ] 개발[○] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]			기술성숙도 (해당 시 기재)		8단계	
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표		쌀 알곡의 형태를 유지하면서 저항성 전분 함량을 높이는 가공 기술을 활용하여 공복혈당장애와 내당능 장애를 갖고 있는 당뇨 전 단계 소비자를 위한 혈당조절 및 장 건강 개선효과가 검증된 맞춤형 식사대용식 및 즉석밥 제품을 개발				
	전체 내용						
	1단계 (해당 시 작성)	목표	당뇨 전 단계 소비자를 위한 혈당조절 및 장 건강 개선효능을 갖는 맞춤형 식사대용식 및 즉석밥 제품 개발				
		내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 저항성 전분 강화 즉석밥용 가공쌀 제조공정 개발</li> <li>- 즉석밥의 풍미와 식감 개선을 통한 즉석밥 시제품 개발 및 소비자 평가</li> <li>- 저항성 전분 강화 쌀 소재의 in vitro 소화율 변화 및 유용미생물 이용률 평가</li> <li>- 동물모델을 이용한 저항성 전분 강화 쌀 소재의 인슐린저항성 개선 및 장 건강 개선 효능 평가</li> <li>- 쌀 기반 식사대용식으로서의 영양균형 배합비 조절 및 기호성 증진 기술 개발</li> <li>- 균일한 품질의 제품을 지속적으로 생산하기 위한 대량생산 공정 구축 및 사업화 전략 확립</li> </ul>				
n단계 (해당 시 작성)	목표						
	내용						
연구개발성과	<b>&lt;정성적 연구개발성과&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 저항성 전분 함량이 높으면서(백미 대비 5배 이상) 취반특성이 우수한 즉석밥용 쌀(RS쌀)의 가공공정을 확립하였고, 즉석밥 제품화를 위한 최적 배합조건과 소비자 기호도 기반 최적화 조건을 확립하였음</li> <li>- 당뇨 전 단계 동물모델에서 저항성 전분 강화 쌀(RS쌀) 및 식사대용식 원료의 식이에 의한 전 당뇨 개선 효능 및 장건강 증진 효능을 검증하였으며, 대사성 질환</li> </ul>						

	<p>관련 콜레스테롤, 체지방 등의 감소 효능을 규명하였음</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공정 개선(유기산 조정, 로스팅 공정 추가)을 통해 기존 식사대용식 원료의 신맛과 이미이취를 개선하였고 기능성을 증진한 리뉴얼 제품을 확립하였음</li> <li>- 저항성 전분 강화 쌀(RS쌀), 당노 전 단계 맞춤형 즉석밥, 식사대용식 원료의 대규모 제조공정을 확립하고 표준화 하였으며, 즉석밥 제품 2종(당앤베타현미밥, 방탄 베타현미곤약밥), 공정개선 1건(식사대용식 원료의 신맛 및 이미이취 개선 공정), 식사대용식 제품 4종(닥터에이지이알에스미, 닥터에이지이알에스미7, 디클레오, 슬로우베타현미 방탄바 콜)을 개발하고 품목제조를 완료하였음</li> </ul> <p><b>&lt;정량적 연구개발성과&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지적재산권화 3건</li> <li>- 국제학술지 논문 게재 1건 및 게재확정 1건</li> <li>- 학술발표 2건</li> <li>- 유상기술이전 1건 (기술료 50,000천원)</li> <li>- 제품화 7건</li> <li>- 매출액 1,275백만원</li> <li>- 고용창출 24명</li> <li>- 홍보전시 6건</li> <li>- 전문인력양성 1명</li> </ul>																												
<p>연구개발성과 활용계획 및 기대 효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 저항성 전분 강화 쌀을 포함한 다양한 곡류의 제조를 통한 제품군 확대 및 전 당노 개선, 장건강 증진 효능에 대한 전임상 결과를 브로셔 제작 등 마케팅 자료로 활용할 예정임. 이를 통해 병원 및 약국 중심의 당노 전 단계 맞춤형 즉석밥 및 대용식 시장을 선점하고 국내 제약사 및 대기업과 전략적 제휴를 통해 판로 확대 및 유통 다각화를 모색할 계획임</li> <li>- 개발된 기술을 활용하여 저항성 전분 및 단백질 강화 제품, 저항성 전분 강화/다이어트 컨셉의 즉석밥 등의 제품 등으로 다각화 하여 출시할 예정임</li> <li>- 추가적으로 요양병원 중심의 밀키트 형태의 즉석밥 출시 진행 및 계약을 검토 중이며, 식품 플랫폼 업체와 밀키트 형태의 ODM 제조 및 납품 검토 진행 중임</li> <li>- 혈당 조절 및 장 건강 효과의 과학적 입증자료를 바탕으로 글로벌 네트워크 및 메디컬푸드 업체에 대한 적극적 원료 사업화를 추진하여 수출을 확대할 계획임</li> </ul>																												
<p>연구개발성과의 비공개여부 및 사유</p>																													
<p>연구개발성과의 등록·기탁 건수</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">논문</th> <th rowspan="2">특허</th> <th rowspan="2">보고서 원문</th> <th rowspan="2">연구 시설·장비</th> <th rowspan="2">기술 요약 정보</th> <th rowspan="2">소프트웨어</th> <th rowspan="2">표준</th> <th colspan="2">생명자원</th> <th rowspan="2">화합물</th> <th colspan="2">신품종</th> </tr> <tr> <th>생명 정보</th> <th>생물 자원</th> <th>정보</th> <th>실물</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종		생명 정보	생물 자원	정보	실물	1	3										
논문	특허								보고서 원문	연구 시설·장비		기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종											
		생명 정보	생물 자원	정보	실물																								
1	3																												
<p>연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구입 기관</th> <th>연구시설·장비명</th> <th>규격 (모델명)</th> <th>수량</th> <th>구입 연월일</th> <th>구입가격 (천원)</th> <th>구입처 (전화)</th> <th>비고 (설치장소)</th> <th>ZEUS 등록번호</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호																			
구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호																					
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>저항성전분      내당능 장애      당노 전 단계      식사대용식      즉석밥</p>																												
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Resistant starch      Impaired Glucose Tolerance      Prediabetes      Convenient Meal Replacement      Instant Rice</p>																												

최종보고서							보안등급 일반[ <input checked="" type="checkbox"/> ], 보안[ <input type="checkbox"/> ]				
중앙행정기관명					사업명		사업명				
전문기관명					사업명		내역사업명				
전문기관명					총괄연구개발 식별번호						
					연구개발과제번호						
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB1704	50 %	LB1701	25 %	LB1804	25 %				
	농림식품과학기술분류	PA0103	50 %	PA0101	25 %	PA0201	25 %				
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문									
		영문									
연구개발과제명		국문		당뇨 전 단계 맞춤형 식사대용식 및 즉석밥 제조기술 개발							
		영문		Convenient meal replacement and instant rice tailored for the prediabetes							
주관연구개발기관		기관명		한국식품연구원		사업자등록번호		129-82-02585			
		주소		(55365) 전북 완주군 이서면 농생명로 245		법인등록번호					
연구책임자		성명		최희돈		직위		책임연구원			
		연락처		직장전화		휴대전화					
				전자우편		국가연구자번호		10113065			
연구개발기간		전체		2020. 04. 20 - 2021. 12. 31(1년 9개월)							
		단계 (해당 시 작성)		1단계		2020. 04. 20 - 2021. 12. 31(1년 9개월)					
				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 합계			
총계		580,000		19,340 174,060				599,340 174,060 773,400			
1단계		1년차		250,000 8,340 75,060				258,340 75,060 333,400			
		n년차		330,000 11,000 99,000				341,000 99,000 440,000			
n단계		1년차									
		n년차									
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위		휴대전화 전자우편		비고 역할 기관유형	
공동연구개발기관		(주)메타센테라퓨틱스		최원희		연구소장				수요 중소기업	
위탁연구개발기관											
연구개발기관 외 기관											
연구개발담당자 실무담당자		성명		박희원		직위		행정원			
		연락처		직장전화		휴대전화					
				전자우편		국가연구자번호					

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

2022 년 4 월 18 일

연구책임자: 최 희 돈

주관연구개발기관의 장: 백 형 희

공동연구개발기관의 장: 박 명 규

위탁연구개발기관의 장:



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하





## < 목 차 >

제 1 장	연구개발과제의 개요 .....	9
제 2 장	연구개발과제의 수행과정 및 수행내용 .....	38
제 3 장	연구개발과제의 수행결과 및 목표달성도 .....	132
제 4 장	목표 미달시 원인분석 .....	141
제 5 장	연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여정도 .....	142
제 6 장	연구개발성과의 관리 및 활용계획 .....	143
제 7 장	참고문헌 .....	145
<별첨 1>	정량성과 증빙자료	
<별첨 2>	자체평가의견서	
<별첨 3>	연구성과 활용계획서	



# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 연구개발의 목적

### 1. 연구개발 목표

- 국내 쌀 농산물을 활용하여 쌀 알곡의 형태를 유지하면서 저항성 전분(Resistant starch) 함량을 증가시키는 가공기술을 확립하고, *in vitro*와 *in vivo* 시험을 통해 혈당조절과 장 건강 개선 효과를 검증하여 식이조절로 질환 개선이 가능한 당뇨 전 단계 소비자들을 위한 맞춤형 식사대용식과 즉석밥을 제조하여 보급함

### 2. 연구개발의 핵심기술

- 쌀 알곡 내 저항성 전분 함량을 증가시키는 즉석밥용 도정 전 전처리 기술 개발
- 즉석밥의 풍미와 식감 개선을 위한 가공쌀 공정개발 및 즉석밥 조성물 배합비 개발
- 쌀 기반 식사대용식으로서의 영양균형 배합비 조절 및 기호성 증진 기술
- 저항성 전분 강화 쌀 소재의 생리적 효능 *in vitro* 및 *in vivo* 검증
- 균일한 품질의 제품을 지속적으로 생산하기 위한 대량생산 공정 구축



<그림. 연구개발 개요도>

### 3. 연구개발 대상기술의 개요

- 쌀 알곡 유지를 위한 도정 전처리 공정 개발
  - 본 연구사업은 쌀 알곡 형태를 유지할 수 있는 반조리 쌀(Parboiled rice) 가공공정을 활용하여 도정 전 벼의 수침과 열처리 공정으로 인해 쌀 알곡 모양을 유지한 채 내부 전분 구조를 변형시킬 수 있는 도정 전처리 공정을 개발하는 사업임.

- 쌀 알곡 내 저항전분 함량이 강화된 가공쌀 개발
  - 본 연구사업의 선행기술인 ‘난소화성 잡곡 제조기술’을 도정 전처리 공정에 접목시켜 전처리 공정 자체로 인한 저항성 전분 함량(RS3) 증대 효과와 가교결합 형성에 의해 저항성 전분 함량(RS4)이 증대된 당노 전 단계 맞춤형 가공쌀을 제조함.
  - 비가역적인 전분 구조변화를 유도하여 즉석밥의 취반 및 재가열 공정에도 저항성 전분 함량 저하 효과가 최소화되는 가공쌀 제조공정을 개발함.
  
- 취반 전처리 공정이 필요 없는 기능성 즉석밥 제조공정 개발
  - 벼의 열처리 및 건조공정을 포함하는 본 연구사업의 개발기술을 통해 도정 후 전처리 없이 바로 취반이 가능하여 밥의 형태 복원을 위한 취반 전처리 공정을 필요로 하지 않으며, 도정 전 열처리 공정으로 인해 밥의 복원력이 우수한 당노 전 단계 맞춤형 즉석밥을 개발함.
  - 구연산 처리 공정을 포함하는 선행기술을 통해 제작한 잡곡을 즉석밥 제조에 활용하였을 때 산미제거 및 중화공정 등의 취반 전처리 공정이 불가피하므로 선행기술의 가공 한계를 도정 전처리 기술로 극복하여 즉석밥 제조를 위한 취반공정을 간소화시킴.
  
- 기존의 당뇨환자용 즉석밥의 풍미 및 식감 개선
  - 본 연구사업을 통해 당뇨병 환자뿐만 아니라 당뇨 전 단계로 식이조절을 통해 증상 개선이 가능하며 일반 즉석밥의 기호성과 편의성을 선호하는 전임상 소비층을 위한 백미 형태의 즉석밥 제조가 가능함.
  - 즉석밥의 풍미를 높이기 위해 취반 시 첨가하는 일본산 미강추출물의 국산화가 CJ제일제당을 중심으로 추진 중이나, 본 사업에서 추진하는 도정 전처리 기술은 미강층으로부터 유래되는 풍미성분을 쌀 알곡으로 적극적으로 끌어들이 추가적인 미강추출물 첨가공정을 배제할 수 있으므로 일본산 미강추출물의 방사능 오염가능성에 대한 불안을 해소함.
  
- 당뇨 전 단계 소비자를 위한 웨이크형 식사대용식 개발
  - 본 연구사업에서 개발될 저항성 전분 강화 쌀 소재를 사용하여 하루에 필요한 영양성분의 1/3수준을 고루 갖춰 한 끼 식사를 대체할 수 있으며 웨이크 제형으로 섭취성과 기호성이 강화된 식사대용식을 개발함.
  
- 저항성 전분 강화 쌀 조성물의 생리학적 효과 구명
  - 이화학적 처리에 의해 제조된 저항성전분 식품소재가 소화과정 중 변화 없이 대장에 도달하여 흡수율의 변화를 분석하고 장내 유익균의 증식을 평가함.
  - 고지방식이 당뇨 전 단계 동물 모델에서 사료에 개발한 저항성전분을 혼합하여 장기간 식이 후 내당능장애와 인슐린저항성을 지연 및 예방하는 효능을 과학적으로 입증함.

## 제 2 절 연구개발의 필요성

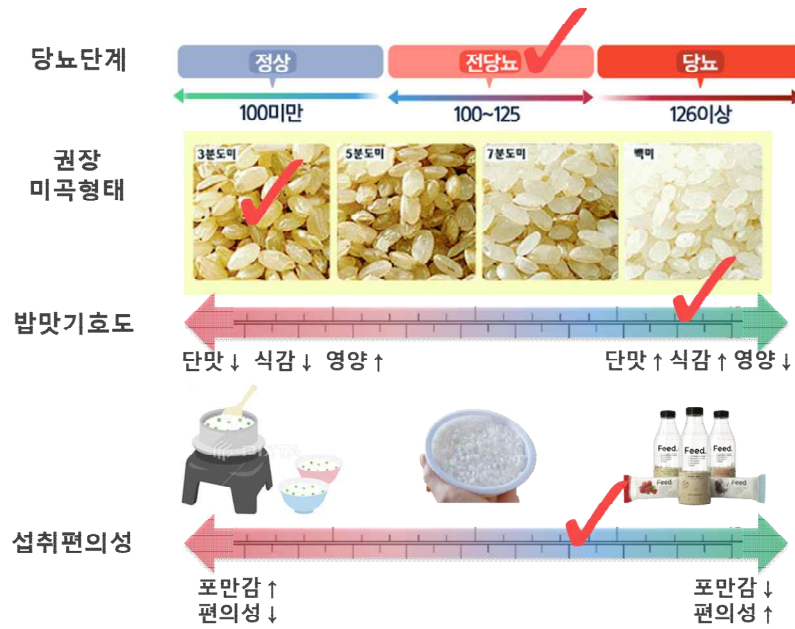
### 1. 연구개발의 필요성

- 즉석밥 시장에도 건강지향적 소비트렌드 지속적 증가
  - 건강지향적 소비층이 늘어나면서 백미 위주의 즉석밥보다 잡곡밥 형태의 즉석밥 매출은 2018년 기준 30% 증가하였으며, 즉석밥의 종류와 형태가 점점 더 다양해지고 있음.
  - 최근에는 단순 잡곡밥 형태에서 기능성 즉석밥이 출시되고 있음. 2013년 CJ제일제당에서 난소화성 말토덱스트린을 함유한 ‘식후 혈당 조절에 도움을 줄 수 있는 밥’ 을 시작으로 혈당강하 효능 쌀(동의진미)로 제조한 ‘절당미(농업법인(주))’ 와 ‘맛있게 건강한 밥(화심영농조합법인)’, 인슐린 대체물질인 바나듐을 함유한 ‘밥다운밥(태전그룹)’, 재성형 다이어트 쌀인 곤약쌀로 제조한 ‘밥이곤약(동우F&C)’ 등 기능성 즉석밥 제품들이 출시되고 있음.
  - 상기 당뇨환자를 위한 즉석밥은 혈당강하 기능성 성분들(여주, 실크아미노산(누에), 강황, 수용성 식이섬유)을 코팅한 ‘동의진미’ 를 가공하여 만든 제품과 바나듐 수용액에 발아시킨 쌀로 제조하는 등의 방법을 사용하여 제품단가가 비싼 것이 단점이며 취반을 위한 쌀을 오래 불리거나 물에 과도하게 세척할 경우 기능성 성분들이 씻겨나가는 단점이 있음.
  - 따라서, 쌀 알곡 내 전분의 구조가 저항성 전분 형태로 비가역적으로 변화되어 취반 후에도 혈당강하 효과를 유지할 수 있는 새로운 형태의 당뇨 전 단계 맞춤형 즉석밥 제조기술이 필요함.



<즉석밥 시장의 다양화와 기능성화>

- 기능성 즉석밥 소비층에게도 요구되는 편의성과 기호성
  - 당뇨조절제 처방이 불가한 수준의 당뇨 전 단계 인구가 급격하게 증가하고 있으며, 식단 관리의 중요성을 인지하면서도 바쁜 현대인, 1인 가구, 노령인구들은 간편하게 조리 가능한 즉석밥 형태의 간편가정식의 선호도가 여전히 높음.
  - 편의성이 증대된 기능성 즉석밥의 경우 혈당강하의 목적으로 두류 및 통곡물을 지나치게 섞어 식감이 거칠고 백미의 풍미가 저하되어 기호성이 낮다는 점 때문에 능동적인 식이조절이 어려움.



<당뇨 전 단계 소비층의 권장 미곡형태와 실제 선호도>

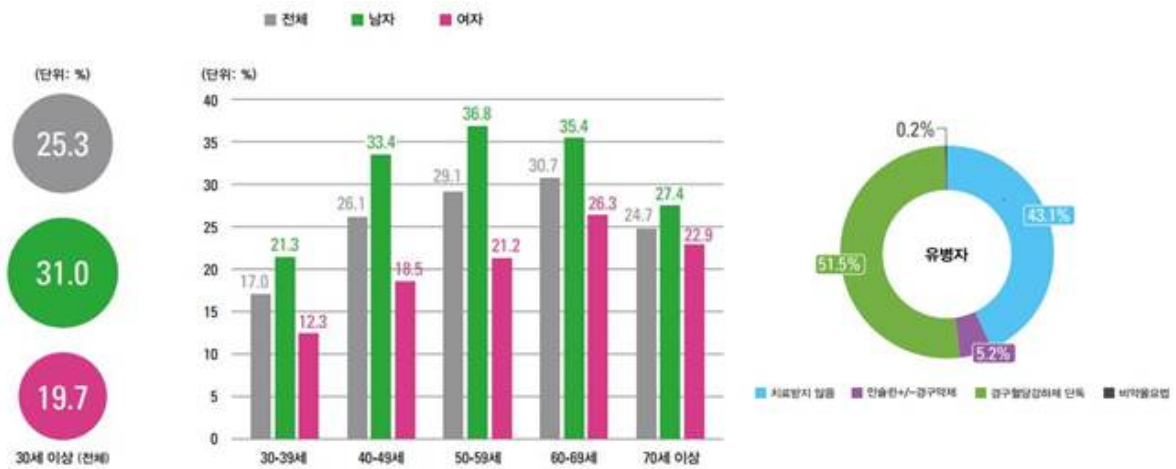
○ 당뇨 전 단계 인구 우리나라 성인 인구의 25% 이상 차지

- 본 연구는 당뇨병 전 단계, 즉 공복혈당이나 식후혈당이 정상과 비정상 사이에 있어서 아직은 당뇨병이 아니지만 당뇨병의 전 단계에 해당하는 소비자들을 위한 식이조절 및 장 건강 개선용 식사대용식 및 즉석밥을 개발하는 데 목적이 있음.

<당뇨병과 당뇨 전 단계 진단기준>

진단		공복혈당	식후혈당
정상		70~99mg/dL	140mg/dL 미만
당뇨병		126mg/dL 이상	200mg/dL 이상
당뇨병 전 단계	공복혈당장애	100~125mg/dL	.
	내당능장애	.	140~199mg/dL

- 당뇨환자의 수는 현재 국내 500만명 세계적으로 2억 6000만명 수준이며 2025년 이면 국내 670만 명 세계적으로 3억 명이 넘을 것으로 추산됨. 이에 따른 의료비는 세계적으로 2000 억 달러 이상 소요됨.
- 2016년 기준 국내 30세 이상 성인의 당뇨병 유병률은 14.4%이며, 당뇨 전 단계에 해당하는 공복혈당 100-125mg/dL(공복혈당장애)인 인구는 30세 이상 남녀 전체 인구의 25.3%에 육박하는 것으로 보고되고 있음.



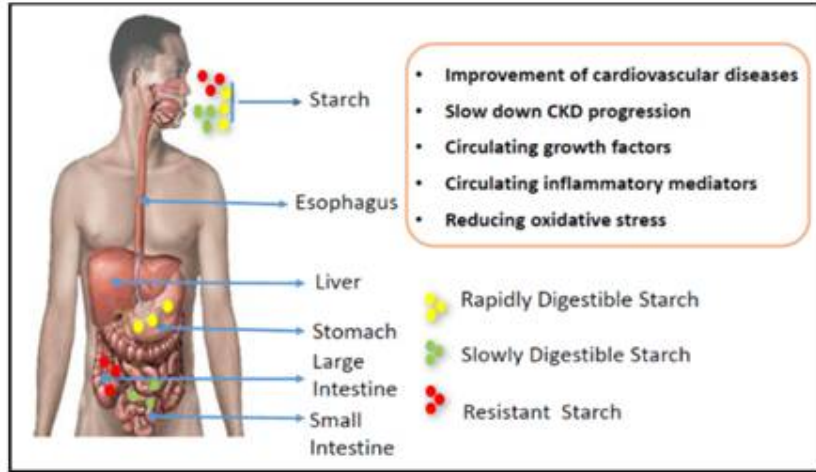
〈2016년 공복혈당장애 유병률 및 혈당 관리 방법〉  
(출처:Diabetes fact sheet in Korea 2018)

○ 당뇨 전 단계에서 식이요법의 중요성

- 공복혈당장애와 내당능장애 등 당뇨 전 단계일 때 당뇨병으로 진행될 위험은 정상인보다 5~17배 높기 때문에 당뇨병으로 진행되기 전에 식이조절과 규칙적인 운동을 통해 적극적으로 중재해야 되는 중요한 전임상 단계에 해당함.
- 당뇨환자의 경우 당뇨 치료제나 혈당 조절제의 처방을 통한 적극적 치료가 가능하지만 당뇨 전단계의 내당능 환자의 경우 당뇨 판정이 어렵고 적극적 치료제 처방이 불가능 하며 환자 본인이 자각하지 못하는 경우가 많음.
- 식이조절은 당뇨 전 단계의 혈당과 당화혈색소 완화 및 다양한 증상 완화의 도움이 되나 환자 본인의 노력이 필요하며 1인 가구의 증가로 당류 가공식품과 같은 혈당 상승 유발 식품의 범람으로 현실적인 식이조절의 어려움이 있음.
- 따라서, 식이요법의 어려움을 극복하고 병원과 약국에서 적극적 처방이 가능한 당뇨 전단계 내당능 장애 개선을 위한 맞춤형 식이요법 제품이 절실히 필요함.

○ 당뇨 전 단계 환자를 위한 저항성 전분의 역할

- 저항성 전분(Resistant starch, RS)은 탄수화물 분해효소에 대해 저항성이 있는 녹분의 함유량이 높은 전분을 총칭하는데 이는 식이섬유와 같이 섭취할 때 소장에서 소화되지 않고 대장 미생물에 의해 분해되어 프로피온산과 같은 단쇄 지방산을 생성함.
- 저항성 전분 섭취 시 대장암과 직장암 억제, 혈당 저하, 프로바이오틱 미생물 성장, 담석 생성 감소, 저분자 콜레스테롤 감소, 지방 축적 방지, 미네랄 성분의 흡수 증가 등 다양한 생리적 효능이 있다고 알려져 있음.



<저항성 전분이 흡수되는 속도와 신체 대사 개선 효과(Yang et al. 2017)>

- RS는 공급원과 생성방법에 따라 5가지로 분류되며, 부분적으로 도정된 잡곡 자체(RS I, 예, 현미와 통곡물)나 생 전분 자체(RS II)가 갖고 있는 기본 RS함량을 더욱 높이기 위해 냉장 밥처럼 소화 후 냉장저장 동안 노화된 전분(RSIII)을 이용하거나, 따로 분리된 전분에 화학적 처리를 통해 구조를 변형시키거나(RSIV), 유지와의 복합체 형성을 유도하여 가수분해 효소 저항성을 높이는 방법(RSV) 등이 보고되고 있음.

<난소화성 전분의 종류(Birt et al., 2013)>

Designation	Description	Example
RSI	Physically inaccessible starch	Coarsely ground or whole-kernel grains
RSII	Granular starch with the B- or C-polymorph	High-amylose maize starch, raw potato, raw banana starch
RSIII	Retrograded starch	Cooked and cooled starchy foods
RSIV	Chemically modified starches	Cross-linked starch and octenyl succinate starch
RSV	Amylose-lipid complex	Stearic acid-complexed high-amylose starch

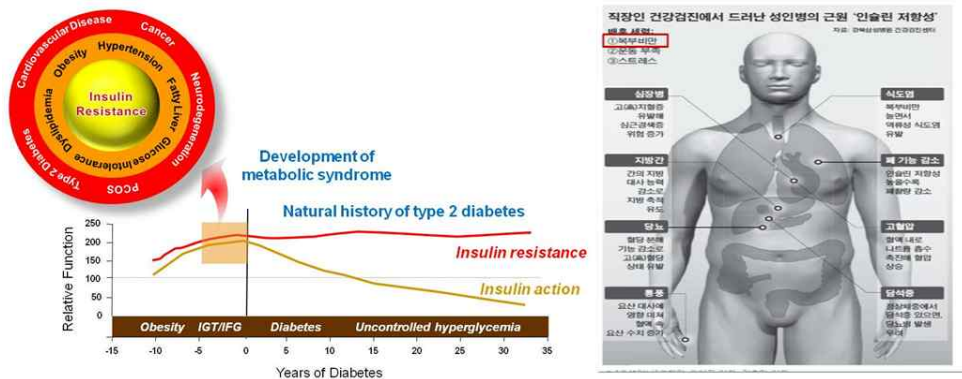
○ 인슐린 저항성(Insulin resistance)과 대사성질환과의 연관성

- 인슐린 저항성(Insulin resistance)은 혈당을 낮추는 인슐린의 기능이 떨어져 세포가 포도당을 효과적으로 연소하지 못하는 것을 말함.
- 인슐린 저항성은 비만, 고혈압, 지방간, 글루코즈 대사 등과 크게는 암, 심장혈관 질환, 당뇨 등 다양한 질환과 연관된 것으로 알려져 있음.
- 특히 인슐린 저항성으로 인한 당뇨는 췌장의 베타세포에서 인슐린 분비가 되지만 비만, 이상 지질 혈증 등의 요인으로 인하여 인슐린에 대해 저항성이 생기면서 인슐린의 역할을 하지 못하였을 때 제 2형 당뇨병이 유발됨.
- 이전 강북삼성병원 건강검진센터 보고에 의하면 직장인 건강검진에서 드러난 성인병의 근원이 인슐린 저항성이며 복부 비만이 그 원인으로 나타남.
- 인슐린 저항성의 근본적인 원인은 탄수화물 과잉 섭취에 의한 것이며 특히 소화흡수가 빠른 알파화 구조를 갖는 소화된 탄수화물이나 단당류 과잉섭취에 의한 혈당 상승이 간에



서 지방 형성을 유도하고 당독소 생성을 촉진하여 이로 인한 염증 유발과 산화적 스트레스를 증가시켜 인슐린 신호 전달 체계를 교란함으로써 인슐린신호전달의 저항성을 유발하게 됨.

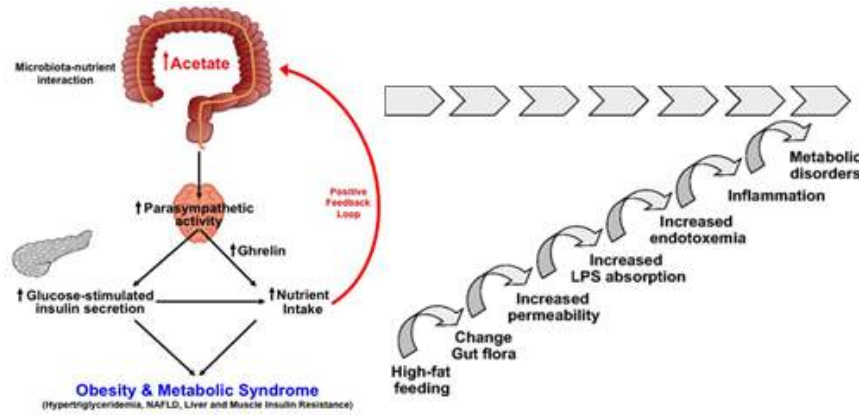
- 따라서 인슐린 저항성으로 인해 제 2형 당뇨병으로 진행되는 것을 예방할 수 있는 가장 기초적인 방법은 건강한 탄수화물 섭취를 통해 혈당이 급격히 증가하는 것을 제한하는 것이 필수적임.



<인슐린 저항성으로 유발되는 제 2형 당뇨, 비만과의 관계>

○ 장내미생물과 대사성 질환과의 연관성

- 장내 미생물군과 관련된 질환의 연구를 위하여 건강한 사람의 장내 미생물군의 조성특정 균들에 의한 장대사(intestinal metabolism)를 규명하려는 노력을 하고 있으며, 이런 연구결과에서 식습관이 단기간 또는 장기간에 걸쳐 장내 미생물군의 조성을 변화시킬 가능성을 제시하고 있음. 장내 미생물군은 건강관리뿐만 아니라 특정질환의 치료/예방을 위한 새로운 방법으로 떠오르고 있음.
- 고지방식이에 의한 장내미생물 변화에 의한 유해균 내독소(endotoxin) 분비 및 장투과도 증가에 따른 혈중 내독소 증가가 장기간 지속될 경우 인슐린 저항성을 야기하고 여러 대사성질환을 야기하는 metabolic endotoxemia를 통해 현대인의 대사성질환 유병률이 증가하고 있음을 증명되고 있음.
- 비만, 제 2형 당뇨 등 다양한 대사성 질환들과 장내미생물의 연관성이 보고된 바 있음. 최근 미국 예일대 연구팀에 의하여, 장내미생물이 생산하는 대사물질인 acetate가 비만을 유도하는데 중요한 역할을 한다는 것이 밝혀짐. 지방 함량이 높은 식이를 한 쥐의 경우, 장내미생물의 구성이 바뀌는데, 이들에 의해 acetate의 생성이 증가하고, acetate에 의해서 이자의 베타세포에서 인슐린 분비가 증가, 공복호르몬인 그렐린의 분비가 증가하는 것으로 나타남. 이는 장내미생물에 의해 생성되는 물질이 뇌에 신호를 보냄으로써 비만 및 대사증후군에 영향을 끼치는 것을 보여주는 결과임 (Perry et al., 2016, Nature).



<장내미생물 매개에 의한 대사성질환 발병 기작>

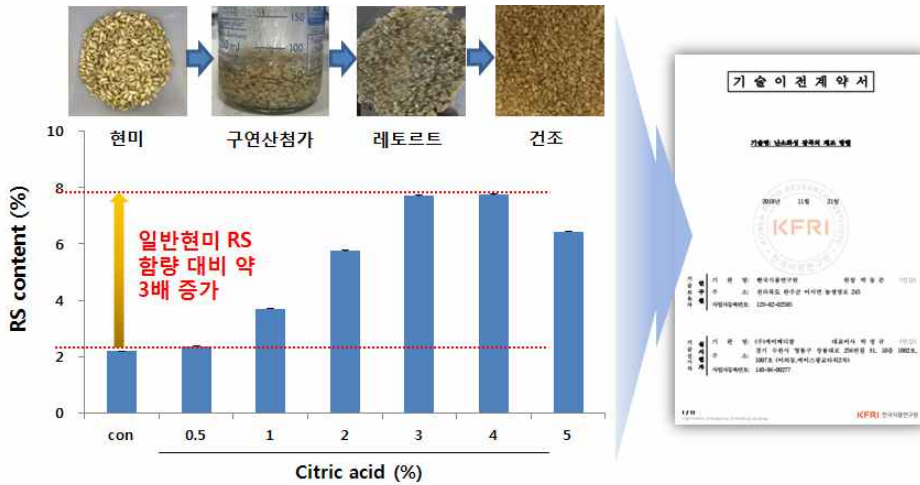
## 2. 연구개발 대상의 국내의 현황

### 가. 국내 기술수준 및 시장현황

#### ■ 기술현황

#### ○ 체중조절 및 당뇨 환자용 맞춤형 식품 개발 관련 선행 연구기술 현황

- 당뇨 전 단계 환자 맞춤형 제품 시장은 현재 없으나 선식이나 생식 형태의 제품들이 대용식 시장에서 시장을 형성함.
- 선식이나 생식 제품은 당뇨 전 단계 환자의 질환 완화 효과에 대한 과학적 근거가 부족하고 실제 효과에 대한 정확한 메카니즘 또한 명확히 규명되지 않아 당뇨 전단계 환자 맞춤형 대용식으로 부족함.
- 한국식품연구원에서는 식물유래 유기산인 구연산(citric acid)을 현미 내 침투시켜 열처리로 인한 전분의 산 분해 및 탈수가교결합을 유도하여 RS3와 RS4 타입(물리적·화학적 변성전분)의 저항성 전분을 함유한 난소화성 현미를 제조하여 이를 특허출원 (10-2018-0115332) 하였으며, (주)메타센테라퓨틱스에 기술 이전으로 이어진 우수한 사례가 있음.
- 본 기술은 전분을 따로 분리하지 않고 잡곡 내 저항성 전분 획득을 증가시키는 기술로써 건조 후 알곡 형태로 회수할 수 있다는 장점이 있으며, 이는 분리된 전분 자체를 원료소재로 활용하는 타 연구들과 차별화됨.



<한국식품연구원에서 (주)메타센테라퓨틱스로 난소화성 잡곡 개발 기술이전 현황>

- 메타센테라퓨틱스는 한국식품연구원과 공동으로 저항성 전분을 함유하는 난소화성 현미를 개발하여 당뇨 전 단계 환자 및 다양한 질환자를 대상으로 5일간 체질개선과 해독을 할 수 있는 대용식을 개발하였음.



<메타센테라퓨틱스의 5일 해독 체질 개선식의 효과>

- 메타센테라퓨틱스는 5일 해독 체질 개선식을 제품화 하여 현재 500여 회원 약국과 150여 병원 거래처를 연계하여 유통판매 함으로써 다양한 처방 후 당뇨 전 단계 환자의 혈당조절 및 장 기능 개선 효과를 확인함.
- 5일 해독 체질 개선식 처방을 통해 체중, 혈당, 혈액 바이오 마커의 개선을 확인하였을 뿐 아니라 당뇨 및 대사질환, 다양한 염증성 질환 및 퇴행성 질환이 5일만에 완화되는 결과를 얻음.

○ 당뇨병 질환 완화 기능성식품소재 개발 관련 선행 연구기술 현황

- 한국식품연구원의 본 연구팀은 대사성 질환과 관련된 비만, 당뇨, 고혈압에 대한 연구에 대한 논문이 꾸준히 발표하고 있으며, 최근 1년간에만 대사성 질환 및 인슐린 저항성 개선 식품에 관련된 SCI 논문을 4편을 주저자/교신저자로 투고하였으며, 다수의 관련 국제학술지 논문을 투고한 바가 있음.
- 대사성 질환과 관련 기전 연구를 미국의 하버드 의대 내분비대사과와 협업하여 연구 중에 있으며, 최근 Nature communication(IF:11.87) 논문을 한국식품연구원과 협업하여 투고 중에 있으며, 한국연구재단에서 지원하는 FGF21 경로를 통한 대사성 질환 치료제 개발 연구를 진행 중에 있음.
- 이 연구에서 개발한 소재는 건강기능식품에 국한되지 않고 식사대용으로 당뇨 환자에게 적용하는데 있어서 가치가 높을 것으로 사료되며, 본 연구팀은 당뇨병 전 단계 위험인자인 1) 인슐린 저항성을 개선하는 효과와 내당능 장애를 개선시키는 효과에 대해 심층적으로 분석할 여력이 충분함.
- 인슐린 저항성은 대사성 질환(비만, 고혈압, 제 2형 당뇨병)과 밀접하게 연관되어 있으며, 본 연구팀은 인슐린 저항성과 대사성 질환과 관련된 다수의 논문을 아래와 같이 투고한 바가 있음.

<본 연구팀의 대사성 질환/인슐린 저항성과 관련된 국제 학술지 논문>

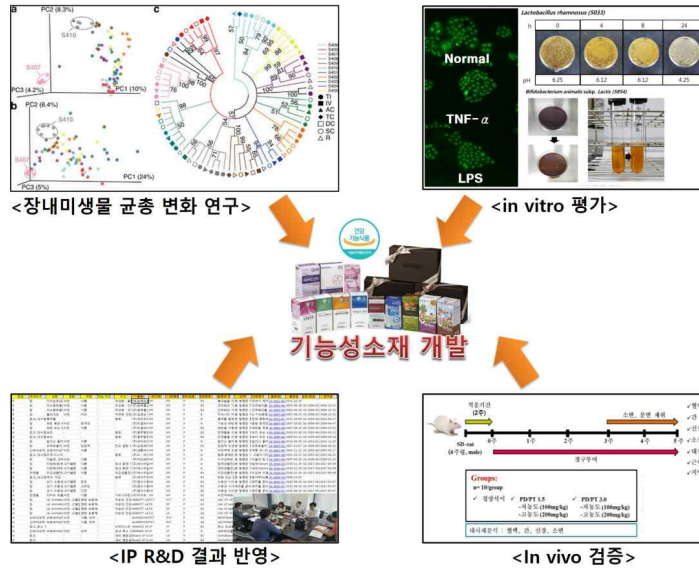
구분	논문명/저서명	게재지	게재연도 (발표연도)	비고 (Impact Factor)
논문 (SCI)	Anti-Obesity Effects of Grateloupia elliptica, a Red Seaweed, in Mice with High-Fat Diet-Induced Obesity via Suppression of Adipogenic Factors in White Adipose Tissue and Increased Thermogenic Factors in Brown Adipose Tissue (교신저자)	Nutrients	2020	4.171
논문 (SCIe)	Inhibition of Adipogenesis by Diphloretohydroxycarmalol (DPHC) through AMPK Activation in Adipocytes (주저자)	Marine drugs	2019	3.503
논문 (SCIe)	Anti-Obesity Effect of Diphloretohydroxycarmalol Isolated from Brown Alga Ishige okamurae in High-Fat Diet-Induced Obese Mice (교신저자)	Marine drugs	2019	3.503
논문 (SCI)	Circulating ApoJ is closely associated with insulin resistance in human subjects (주저자)	Metabolism	2018	5.777
논문 (SCIe)	Indole Derivatives Isolated from Brown Alga Sargassum thunbergii Inhibit Adipogenesis through AMPK Activation in 3T3-L1 Preadipocytes (주저자)	Marine drugs	2017	3.503
논문 (SCI)	Popular edible seaweed, Gelidium amansii prevents against diet-induced obesity.(주저자)	Food and Chemical Toxicology	2016	3.778
논문 (SCI)	Anti-obesity effects of seaweeds of Jeju Island on the differentiation of 3T3-L1 preadipocytes and obese mice fed a high-fat diet (주저자)	Food and Chemical Toxicology	2016	3.778
논문 (SCI)	2,4,6-Trihydroxybenzaldehyde, a potential anti-obesity treatment, suppressed adipocyte differentiation in 3T3-L1 cells and fat accumulation induced by high-fat diet in C57BL/6 mice (주저자)	Environmental Toxicology and Pharmacology	2015	2.187
논문 (SCIe)	Protective effect of fucoxanthin isolated from Ishige okamurae against high-glucose induced oxidative stress in human umbilical vein endothelial cells and zebrafish model(주저자)	Journal of Functional Foods	2014	3.574
논문 (SCI)	Dieckol isolated from brown seaweed Ecklonia cava attenuates type II diabetes in db/db mouse model(주저자)	Food and Chemical Toxicology	2013	3.778

○ 장 건강 개선 용도 기능성식품소재 개발 관련 선행 연구기술 현황

- 한국식품연구원은 장 건강 상태가 대사성질환이나 만성질환에 영향을 끼친다는 연구결과가 발표되고 있기 때문에 혈당조절기능이나 인슐린저항성을 개선하기 위한 전략으로 장 건강을 개선하는 소재를 활발히 개발하고 다수의 지식재산권을 보유하고 있음.
- 장 건강 중에서도 특히, 장내 유용균주를 선택적으로 증진시키는 prebiotic activity와 장누수증후군을 진단하는 gut-permeability 평가법을 포함하는 소재 개발 플랫폼을 보유하고 있어 장내 균총 불균형으로 인한 대사성질환으로의 진행을 원천적으로 차단할 수 있는 장점이 있음.
- 개발소재 섭취 후 단순한 metagenome 변화 분석에 머무르지 않고 장내균총, pH, 유해세균, SCFA, mucin, gut-permeability 등 장 환경에서 일어나는 일련의 현상을 분석, 해석하고 있음.

<본 연구팀의 장건강과 관련된 주요 연구성과>

구분	논문명/출원명	게재지/출원국가	게재/출원 연도	비고 (IF/번호)
논문 (SCIE)	The Effects of Gelatinized Wheat Starch and High Salt Diet on Gut Microbiota and Metabolic Disorder (주저자)	Nutrients	2020	4.171
논문 (SCIE)	Alteration of gut microbiota composition by short-term low-dose alcohol intake is restored by fermented rice liquor in mice (주저자)	Food Research International	2020	3.579
논문 (SCIE)	Signaling pathway and structural features of macrophage-activating pectic polysaccharide from Korean citrus, Cheongkyool peels (공저자)	International Journal of Biological Macromolecules	2019	4.784
논문 (SCIE)	High-Glucose or -Fructose Diet Cause Changes of the Gut Microbiota and Metabolic Disorders in Mice without Body Weight Change (주저자)	Nutrients	2018	4.171
특허 (등록)	몰로키아를 포함하는 장내 미생물 개선용 조성물 (주발명자)	대한민국	2019	10-2018-0118793
특허 (등록)	고춧잎 추출물을 포함하는 장내 미생물 개선용 조성물 (주발명자)	대한민국	2019	10-2018-0118793
특허 (출원)	무청 추출물을 포함하는 장내 미생물 개선용 조성물 (주발명자)	대한민국	2018	10-2018-0163753
특허 (출원)	고구마줄기를 포함하는 장내 미생물 개선용 조성물 (주발명자)	대한민국	2019	10-2018-0133678
특허 (출원)	몰로키아 추출물을 포함하는 장내 염증 또는 장누수증후군 개선, 예방 또는 치료용 조성물 (주발명자)	대한민국	2019	10-2019-0038911
특허 (출원)	무청 추출물을 포함하는 장내 염증 또는 장누수증후군 개선, 예방 또는 치료용 조성물 (주발명자)	대한민국	2019	10-2019-0049158
특허 (출원)	몰로키아 추출물을 포함하는 비만 및 대사성질환 개선, 예방 또는 치료용 조성물 (주발명자)	대한민국	2019	10-2019-0048995
특허 (출원)	무청 추출물을 포함하는 비만 및 대사성질환 개선, 예방 또는 치료용 조성물 (주발명자)	대한민국	2019	10-2019-0048996



<본 연구팀의 장 건강 개선 용도 기능성식품소재 개발 전략>

○ 밥의 식미 및 기호도 평가 전문성 및 데이터 축적 현황

- 한국식품연구원의 본 연구팀은 전국 각 지역에서 생산되는 쌀의 식미평가 용역사업을 통해 다년간 밥의 품질 및 기호도 검사를 실시해 오고 있으며, 이와 관련한 품종 및 수확시기, 쌀의 품위 및 특성에 따른 기호도 특성에 대한 데이터와 관능평가 전문성을 확보하고 있음.
- 본 연구사업은 당뇨 전 단계 맞춤형 즉석밥 개발을 위해 연구팀이 축적해 온 쌀의 기본 특성 및 식미평가 데이터를 바탕으로 저항성 전분 함량을 높이는데 유리하며 즉석밥의 식감에 영향을 줄 수 있는 최적화된 품종 선별이 가능할 것으로 예상됨.
- 본 연구팀이 갖고 있는 밥의 식미평가에 대한 축적된 경험과 식미평가 데이터 분석 능력을 바탕으로 보다 신뢰도 높은 기호도 검사 결과를 도출할 수 있음.

■ 시장현황

○ 식이조절용 간편대용식 시장

- 국내 간편대용식 시장은 1인가구의 증가, 현대인의 생활패턴의 변화 등 사회구조적인 변화 등에 힘입어 지속 성장 중이며 2011년 1조 1,067억원에서 2015년에는 1조 6,720억원으로 51.1%로 증가하였으며 (식품의약품안전처) 2017년에는 3조억원으로 가파르게 증가함.
- 제품의 형태는 과거 시리얼, 영양바, 소포장 견과류, 단백질 음료 위주로 형성됐으나, 최근 분말형 간편 대용식 제품의 성장이 두드러짐.
- 국내 체중조절식 시장은 2014년 기준 출하량 754억원, 소매시장 기준 2015년 기준 1500억의 시장을 형성하였으며 이러한 시장규모 중 당뇨 전단계 환자의 정상인 대상 약 60% 수준으로 체중 조절식 구매의 60-80%를 형성 할 것으로 예상됨.
- 최근 특수의료용도식품은 9개의 하위품목으로 분류되었다가 2018년 일부유형을 환자용식

품으로 통합하여 총 4개의 하위품목으로 변경함. 2017년 생산액 기준, 특수의료용도등식품 중 환자용 식품군에 속하는 환자용 균형영양식(72.6%)이 가장 큰 시장을 형성하며, 이어서 질환별 환자용식품 중 당뇨환자용식품(16.7%), 열량 및 영양공급용 의료용도식품(6.2%)임. 당뇨환자용식품은 최근 당뇨 및 고혈당 환자가 늘어나면서 생산액이 2013년 48억에서 2017년 74억으로 5년사이 1.5배 정도 증가함. 이에 따라 당뇨전단계 환자(고혈당 환자 포함) 및 대사성질환을 타겟으로 하는 특수의료용도등식품 및 식이조절용 간편식 개발에 대한 요구가 증가하고 있음

- 특수의료용도 식품은 질환 및 수술환자들이 주로 먹는 식품으로 최근 요양병원의 장기입원 환자의 수요가 늘면서 증가되었으며 환자용 영양균형식의 차지 비중이 높은 가운데 당뇨 환자용 식품 생산이 크게 증가함.
- 국내 및 국외시장 분석결과 현재 의료용 식품과 체중 조절식 제품 등의 식이조절 식품의 생산 및 판매가 이루어지고 있으나, 당뇨 전 단계 소비자에 특화된 맞춤형 제품 시장은 매우 부족함

○ 식이조절용 즉석밥 시장

- 2019 가공식품 세분 시장 현황 보고서'에 따르면 올해 1분기 즉석밥(가공밥) 소매 시장 규모는 1172억원으로 지난해 동기과 비교해 11.3% 증가함. 2018년도 즉석밥 시장 규모는 4660억원으로 전년보다 29.7% 늘어난 것으로 조사됨. 즉석밥이 차지하는 비중은 2016년 48.1%, 2017년 49.2% 등 매년 증가되고 있는데 이러한 현상은 기술력을 바탕으로 기존 흰 밥에서 잡곡밥과 컵밥 및 기능성 밥으로 제품이 다양화돼 시장이 확대된 것으로 파악됨
- (주)브이네이처의 혈당조절 기능성 쌀 인증, 혈당강하쌀 개발 : 도정하지 않은 범씨를 바나듐 수용액과 함께 발아시킨 후 도정해 생산
- 경남생약협동조합 : 혈당상승을 억제하는 기능성쌀 “동의진미” 특허, 현미에 기능성 성분을 코팅하는 형태로 쌀을 불리고 세척하는 과정에서 기능성 성분이 손실
- 기능성 밥솥 : 기능성 쌀의 구매 없이 취사과정 중 전분 및 당질 성분을 낮춰주는 원리로 사업화

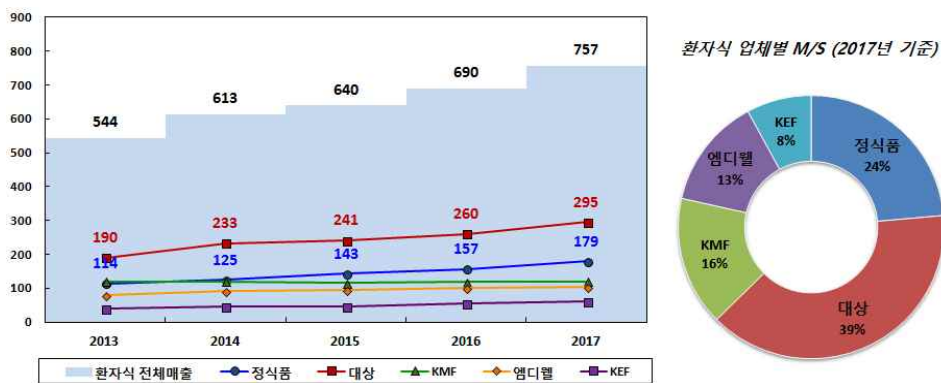
■ 경쟁기관현황



○ 식이조절용 간편대용식 시장

- 식음료 관련 간편식의 경우, 아침을 거르는 현대인을 타겟으로 한국야크르트의 ‘하루 곡물’, 동원 F&B의 ‘양반 모닝밀’, 롯데제과의 ‘퀘이커 오프그레놀라’, 스타벅스의 ‘이천햅쌀 라테’ 등이 출시되어 높은 판매량을 기록함

하루곡물	양반모닝밀	웨이커 오트그래놀라	이천햐쌀 라테
			

- 현재 국내 환자식 시장현황은 2017년 기준 757억의 매출을 기록하였으며, 업체별 M/S는 대상(39%) > 정식품(24%) > KMF(16%) > 엠디웰(13%) 순으로 나타남

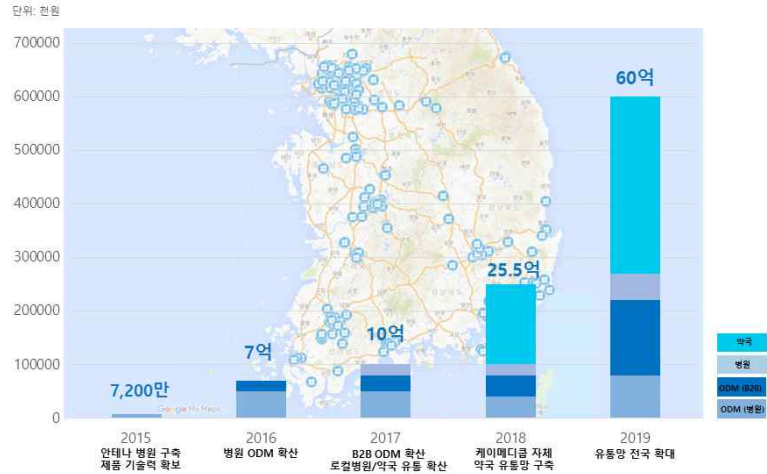


주요제품/제조사	주원료	제품 (경구용)
정식품 그린비아 디엠/정식품 뉴케어 당플랜/대상웰라이프	- 대두유액 - 말토덱스트린, 정제수	
그린비아 플러스 케어 당뇨식/정식품 메디웰 당뇨식/엠디웰	- 말토덱스트린, ISP - 말토덱스트린, 카제인나트륨, ISP	

<국내 당뇨환자용 치료식 주요제품>

- 본 과제의 참여기관인 (주)메타센테라퓨틱스는 체중조절용 조제식품인 에이지이밀 FMD를 개발하여 기 500개의 약국 및 150개의 병원을 통하여 사업화를 실시하고 있음.





○ 식이조절용 즉석밥 시장(“혈당강하 쌀” 포함)

- 1996년 12월 CJ제일제당의 햇반이 출시되며 즉석밥 시대가 성장하며 2017년 3억개의 판매, 매출 3200억원을 돌파하며 시장의 75% 이상을 차지함
- 즉석밥은 초기 비상식의 개념에서 일상식으로 개념이 커지며 최근 여러 기능성을 기대할 수 있는 즉석밥 시장이 대두되고 있음. 초기 선천성 대사질환자를 위한 햇반 저단백밥을 개발하였으며 2013년 ‘햇반 식후혈당조절에 도움을 줄수 있는밥’을 개발, 건강기능식품으로 상품밥을 개발함

식후 혈당 조절에 도움을 줄 수 있는 밥

2013년 7월

식사 후 당 흡수를 완만하게 해줌

혈당 상승을 걱정하는 사람

즉석밥도 이젠 기능성 시대

제품명: 햇반 저단백밥




출시일: 2009년 10월

제품 특징: 단백질 함유량이 일반 햇반의 10분의 1

주 소비층: 단백질 섭취가 제한되는 선천성 대사 질환자(국내 약 200여명)

사진=CJ제일제당 제공

- 제일제당의 햇반 이외에 태전그룹의 ‘당N밥’, 위두의 동의진미 특허받은 혈당강하용 기능성쌀 즉석밥, 하이미소의 기능성 쌀(절당미)을 이용한 즉석밥(절당미량)이 식이조절용 기능성 즉석밥 시장을 형성하고 있음

당N밥/밥다운밥	동의진미 즉석밥	절당미랑
 <p>혈당강하 특허쌀 (칼슘성분 이온화) 헬스케어 서비스 시스템 (약국주문, 소비자 수령)</p>	 <p>혈당강하 특허쌀 제품화 온라인 쇼핑몰 판매</p>	 <p>기능성분 특수감압코팅 특허 온라인 쇼핑몰 판매</p>

<국내 당뇨환자용 즉석밥 주요제품>

■ 지식재산권현황

○ 저항성 전분 함량 증진기술 및 혈당강하 기능성 잡곡 제조기술

발명 명칭	출원인	년도	상태	비고
유기산 첨가에 의한 효소저항전분의 함량을 증진시키는 방법	삼양제넥스	2003	등록	전분에 유기산을 첨가하고 호화시킨 후 냉각시키는 방법
열안정성이 증진된 지소화성 또는 난소화성 전분의 제조방법 및 그로부터 제조된 전분	서울대학교 산학협력단	2011	등록	전분에 알긴산칼슘 코팅을 하여 가열 후에도 지소화성 및 난소화성 전분 함량이 유지됨
비만억제용 발아현미 및 그 제조방법	전남대학교 산학협력단	2013	등록	두릅나무목, 두릅나무피, 솔잎, 오미자, 둥글레, 뽕잎, 상지, 양파껍질, 감초, 홍삼추출액 등이 코팅된 비만억제용 발아현미 제조방법
가공성이 향상된 난소화성 전분 및 이의 제조방법	(주)대상	2014	등록	압출성형에 의한 가교결합 유도, RSV 타입 전분제조
고농도의 바나듐이 함유된 작물의 재배방법	현대그린푸드	2014	등록	바나듐이 포함된 비료에서 작물을 시비하고 바나듐 혼합수를 관수하는 방법으로 인슐린대체제인 바나듐을 함유한 작물을 재배함
난소화성 구연산 가교화 전분의 제조방법	안동대학교 산학협력단	2015	등록	난소화성 구연산 가교화 전분의 제조 방법
감소된 혈당지수를 갖는 현미의 제조방법	(주)바이오벤	2016	등록	GABA함량 및 감소된 혈당지수를 갖는 현미제조를 위해 과일수증기를 이용한 고온단시간 열처리 방법
혈당 강하용 쌀 제조방법 (ie, 동의진미)	박신자	2018	등록	여주 혼합액(여주, 실크아미노산, 강황, 식이섬유)을 침투시킨 후 저온으로 건조시켜 혈당강하용 현미를 제조
고아밀로스의 도담쌀을 이용한 저항전분이 증가된 다이어트용 선식의 제조 방법	농촌진흥청	2018	등록	고아밀로오스 품종의 쌀을 고온(160C)에서 볶는 방법으로 건열처리하여 난소화성 전분 함량을 높인 선식을 제조함
물리적 방법 및 화학적 방법의 병용 처리에 의한 난소화성 전분의 제조방법	(주)산돌식품	2018	등록	전분을 110-130℃ 온도로 물리적 처리 후 가교용액(STMP/STPP)을 첨가하여 화학적 반응을 유도한 후 전분 침전물을 회수함
흰강낭콩을 함유하는 기능성 곡류 제조방법	최종철	2018	등록	익힌 흰강낭콩 분말을 물에 혼합하여 곡류에 흰강낭콩 혼합액을 코팅, 진공침투, 건조시켜 기능성 곡류를 제조함

발명 명칭	출원인	년도	상태	비고
수분-열 처리 및 알코올-알칼리 처리를 이용한 냉수 증점성 지소화성 전분의 제조방법	서울대학교 산학협력단	2019	등록	수분-열처리 및 알코올-알칼리 이중 변형 처리를 통해 냉수증점 및 지소화성이 증진된 일반 옥수수 전분 제조방법
혈당 강하용 인공쌀의 제조방법	(주)자연미약선 연구원	2019	등록	귀리식이섬유와 기능성분말을 섞은 부재료 분말에 쌀 분말을 혼합하여 쌀알형태로 성형하는 혈당 강하용 인공쌀
저항전분 함량, 식미와 저장성이 개선된 현미의 특성 및 이의 제조 방법	(주)바이오라이젠	2019	등록	세척, 증숙 및 건조방법 변형을 통해 저항전분 함량이 증가한 현미를 제조함

- 분리되어 상용화된 전분을 원료로 활용하여 물리적·화학적 처리방법을 사용하여 저항성 전분함량을 높이거나 잡곡을 활용하는 경우에도 아밀로오스 함량이 50% 이상인 고아밀로 오스 옥수수 품종을 활용하는 데 치중되어 있으므로 원곡 자체를 원료로 활용하여 알곡 내 난소화성 전분 함량을 높일 수 있는 기술개발의 필요성이 있음
- 혈당강하 기능성 쌀 제조방법으로는 혈당강하 기능성 물질 혼합물을 쌀에 침투시키거나 코팅하는 방법으로 제조되고 있음. 이는 취반 전 세척으로 인해 기능성 성분들이 빠져나갈 수 있으므로 잡곡 내부의 구조변형을 통한 비가역적인 저항성전분 강화 기술이 필요함
- 인슐린 대체물질로 사용되는 바나듐 광물을 포함한 비료에서 작물을 키우는 방식으로 쌀 알곡 내 고농도의 바나듐을 축적하는 방법으로 혈당강하 쌀이 제조되고 있으나 제조 기간이 길며 단가가 기존 쌀의 4배이므로 제조단가가 절감된 가공방법이 필요함

○ 잡곡활용 기능성 즉석식품 제조기술

발명 명칭	출원인	년도	상태	비고
당뇨환자용 즉석죽 및 그 제조 방법, 즉석죽용 프리믹스	농업회사법인 (주)청맥	2013	등록	유색보리(후맥), 귀리, 현미 등의 잡곡을 증자·건조·제분 등의 물리적 방법으로 가공함
맞춤형 잡곡밥 레시피를 이용한 항산화능이 강화된 편이식품 및 그 제조방법	(주)케이엠에프	2015	등록	백미를 액화효소 처리 후 습식분쇄 후 혼합잡곡을 배합함
즉석 현미밥 제조방법 및 이에 의한 즉석 현미밥	주식회사 케이원	2015	등록	현미를 동결시켜 현미의 속껍질에 균열이 생기게 하고 해동된 현미에 물을 공급하여 취반한 후 동결 및 해동한 후 35-40℃에서 보관함
레토르트 파우치 포장밥의 제조방법	김춘석	2016	등록	찹쌀과 멥쌀을 혼합하여 조미육수에 침지한 후 야채와 조미소스를 혼합하여 레토르트 파우치에 충전하고 진공포장하여 취반한 후 살균처리하여 냉각함
화이버 비드를 함유하는 곡물 즉석 밥 및 이의 제조방법	(주)팜드림	2017	등록	섭취시 비만 예방, 당뇨에 도움 등의 건강 기능성이 부가된 즉석밥을 제조함
식물성 기름이 코팅된 쌀의 제조방법, 죽의 제조방법 및 레토르트 죽의 제조방법	허시은, 김영원, 김진현	2017	등록	불린 쌀을 식물성 기름으로 볶으면서 익힌 후 냉각시킴
기름이 코팅된 레토르트 즉석밥의 제조방법	(주)동우에프엔씨	2018	등록	쌀을 취반하는 방법을 응용하는 방법으로 화살나무 잎, 레논밤 추출액을 첨가하여 취반
즉석밥의 제조방법 및 이에 의해 제조된 즉석밥	(주)티엔농산	2018	등록	건조된 상태에서 취반에 의해 복원되는 즉석밥 제조에 관련된 방법

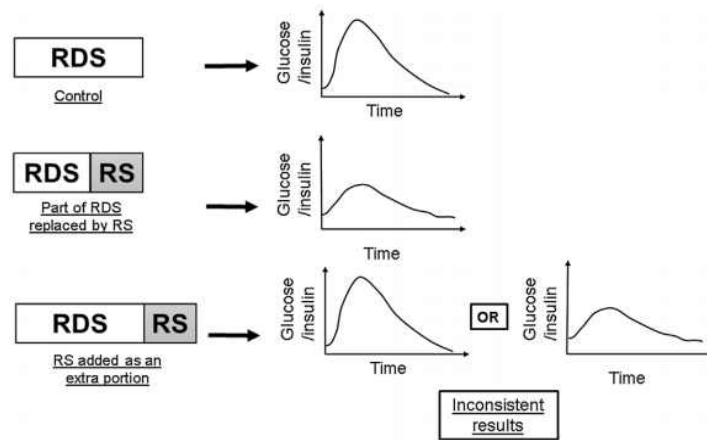
- 현미를 포함한 잡곡을 활용하여 취반을 통해 복원이 가능한 당뇨환자용 또는 체중조절용 즉석밥을 제조하는 기술들이 국내에 특허등록되어 있으나, 저항성 전분 기능이 추가적으로 부여된 잡곡 소재를 활용한 즉석밥, 또한 재가열 후 식감이 복원되고 향미가 개선된 당뇨 전단계 맞춤형 즉석밥 제조에 관련된 기술 개발은 부재함

## 나. 국외 기술수준 및 시장현황

### ■ 기술현황

#### ○ 저항성 전분의 항당뇨 및 항비만 효과에 대한 국외 논문 현황

- 현재까지 보고된 인체시험 적용 결과, 저항성 전분을 식이에 첨가하였을 때 대부분의 경우 혈당지수가 감소하며 인슐린 저항성이 개선되고 지방축적이 감소되는 효과가 보고되었으나, RDS(Rapid Digestible Starch) 함량이 높은 기존 탄수화물 식이에 RS를 추가한 식이의 경우, 혈당 및 인슐린 조절효과에 대한 모순된 결과들이 관찰됨



< RDS(Rapid digestible starch)와 RS(Resistant starch) 식이조절에 따른 혈당 및 인슐린 조절 효과(Wong and Louie, 2017. Starch/Starch 69:1-9)>

- 따라서, 저항성 전분 강화 기능쌀의 효능을 규명할 수 있는 적합한 동물모델 및 식이조성물의 설계가 필요하며, 정제된 탄수화물 식이, 잡곡 자체를 활용한 식이, 저항성 전분을 활용한 식이 간의 효능 차이를 규명하는 것이 본 동물실험 연구의 핵심이며 선진 연구들과의 차별화 전략임
- 기존 인체 적용 시험을 위한 모집단의 경우, 정상인을 대상으로 한 임상연구가 type2 당뇨 및 비만환자 대상으로 한 연구보다 더 많이 관찰되었으며, 비정상인을 대상으로 하였을 때 RS섭취가 혈당조절 및 내당능 장애에 대한 유의적인 개선효과를 나타냈음(Meenu & Xu, 2018, Critical Reviews in Food Science and Nutrition 1-13)
- 따라서, 제2형 당뇨병 환자보다 본 연구의 타겟 소비자인 당뇨 전 단계 소비자들이 저항성 전분 강화 쌀소재를 통한 증상 완화 및 질환 예방효과가 더 두드러질 것이라 예상됨

#### ○ 반조리쌀(Parboiled rice)의 소화율에 대한 국외 논문 현황

- 반조리 쌀의 소화율에 대한 국외 논문 자료들을 살펴볼 때, 쌀의 품종, 침지방법(wet-soaking vs dry soaking), 열처리 방법(wet heating vs. dry heating) 방법에 따라 저항

성 전분함량이 상이하여 소화율에 대한 경향성이 다양하게 나타남

- 그러나, 대체적으로 전분의 비가역적인 노화 현상과 관련성이 있는 아밀로오스 함량에 따라 소화율이 변화하며, 아밀로오스가 거의 없는 찹쌀 품종보다 아밀로오스 함량이 높은 품종일수록 저항성 전분 형성에 의한 소화율 감소가 관찰됨
- 또한 반조리 공정에 벼의 쌀겨와 미강층에 함유된 지질 성분이 수분과 함께 배유(endosperm)쪽으로 이동하여 수침공정으로 유연해진 전분의 긴 사슬들과 복합체 형태를 이룰 수 있기 때문에 RS5 형태의 아밀로오스-지질 중합체 형성율이 증가하는 것으로 보고됨
- 반조리 공정 중 쌀의 완전미 수율을 결정하는 단계인 템퍼링(tempering) 공정을 통하여 고무질 상태의 전분의 무정형 구조가 유리질 상태로 변화하는 상전이 현상을 겪게 되며 이를 통한 추가적인 저항성 전분 함량 강화 효과를 기대할 수 있으나 이에 대한 선행연구들은 미흡한 실정임

#### ○ 당뇨병 질환 완화 기능성식품소재 개발 관련 선행 연구기술 현황

- 당뇨병 질환 완화 기능성 식품소재 개발을 위해서는 당뇨 질환과 밀접한 관계가 된 혈당의 정의, 혈당의 조절기전, 혈당의 대사가 연관되었다고 보고되어짐
- 신체 내 영양분이 흡수되게 되면 근육에서 대부분 연소되어 에너지를 생산할 때 인슐린이 필요함. 고혈당증은 췌장에서 정상적인 인슐린 분비가 이루어지지 못하여 체내의 혈당을 정상적으로 조절하지 못할 때 일어나는 인슐린 저항성으로 일어나는 경우가 대부분임
- 췌장의 베타세포 손상으로 인해 일어나는 것을 제1형이라고 하며, 인슐린 저항성을 통하여 일어나는 당뇨병을 제2형 당뇨병이라고 함
- 본 과제에서 실시하고자 하는 전 당뇨는 공복혈당장애 및 내당능장애를 말하며, 향후 제2형 당뇨로 진행될 가능성이 큰 상태를 말함
- 2003년 전체 성인인구 8.2%가 전 당뇨에 해당 되는 것으로 나타났으며, 2025년에는 전체 성인 인구 9%가 전 당뇨로 해당될 것으로 예측되어 이에 대한 시장 규모가 점차 증가될 것으로 사료됨
- 당뇨 질환 개선 개별인정형 기능성 원료는 솔잎 증류농축액, 콩발효 추출물, 알부민, nopal추출물, 동결건조 누에분말, 지각상엽 추출 혼합물, 서목태 펩타이드 복합물, 인삼 가수분해농축액, 타가 토스, 계피추출분말, 씨폴리놀 감태 주정추출물 등이 개별 인정 기능성 원료로 인증 받았으며, 고시형 기능성 원료는 구아바 잎 추출물, 바나바잎 추출물, 달맞이꽃종자 추출물, 구아검 가수분해물, 귀리식이섬유, 옥수수겨 식이섬유 등이 있음
- 다양한 당뇨병 개선 식품 소재에 대한 연구가 이루어졌으나, 저항성 전분을 활용한 전 당뇨 식품 소재에 대한 산업화는 미흡한 실정임.

#### ○ 장 건강 개선 용도 기능성식품소재 개발 관련 선행 연구기술 현황

- 장내미생물에 매개한 대사질환 개선용 의약품 및 건강기능식품과 관련된 연구동향은 아직 시작단계라 할 수 있음. 현재에는 장내미생물에 의한 다양한 질환, 특히 비만, 당뇨와

같은 대사질환과의 상관성에 대한 과학적 결과들이 제시되고 있으나 구체적인 주 원료 소재와 이를 개선시킬 수 있는 기작에 대해서는 산발적 연구가 진행되는 수준임. 특히 프리바이오틱스 소재가 장내미생물에 의해 분해됨에 따라 생산되는 단쇄지방산에 대한 효능이 기대되고 있어, 그에 대한 과학적 입증이 더 요구되고 있음

- 또한 비탄수화물인 폴리페놀과 파이토케미컬 등의 프리바이오틱 효능 연구가 진행되고 있으며, 이에 따라 프리바이오틱스의 정의 및 응용 범위가 확대되고 있는 추세임
- 따라서 장내미생물을 조절할 수 있는 프리바이오틱스 소재 개발 및 연구 진행을 통해 기능성 효능 검증과 기작에 대한 과학적 입증이 필요한 실정임
- 장내미생물에 매개한 대사질환 개선용 의약품 및 건강기능식품과 관련된 연구동향은 아직 시작단계라 할 수 있음. 현재에는 장내미생물에 의한 다양한 질환, 특히 비만, 당뇨와 같은 대사질환과의 상관성에 대한 과학적 결과들이 제시되고 있으나 구체적인 주 원인균과 이를 개선시킬 수 있는 기작에 대해서는 산발적 연구가 진행되는 수준임
- 영국 시장조사업체 글로벌데이터에 따르면 2015년 장내미생물 치료제 임상시험은 세계적으로 5건이었지만 2018년에는 총 50건(9월 기준)으로 3년 만에 10배 폭증함. 이 중 5건은 임상시험 마지막 단계인 3상이며 동물을 상대로 안전성 평가를 하는 전임상시험에 진입한 신약 후보물질도 2015년 8건에서 2018년 111건으로 가파르게 늘어남
- Probiotics 또는 prebiotics에 의한 장내미생물 개선 효능은 동물모델과 일부 소규모 임상을 위주로 수행되고 있으며, 아직까지는 후보 소재도 제한적이라는 데에서 한계가 있음. 또한 임상을 통한 식이 습관 변화 시에 다시 본래의 장내미생물 균총으로 회복하는 결과들이 계속적으로 보고되고 있어 단발성의 장내미생물 개선 효능에 대한 의구심도 제시되고 있음. 이를 해결하기 위해서는 지속적 섭취가 가능한 pro/prebiotic food나 효능적 특성이 강화된 pro/prebiotic drug, 즉 pharmabiotics 연구가 필요함
- 현재 프로바이오틱스로 사용할 수 있는 균주는 Lactobacillus, Lactococcus, Enterococcus, Streptococcus, Bifidobacterium 등이 있음. 이 외의 식품사용불가 미생물 또는 신규미생물의 경우 실제 제품화를 위해 안전성 평가가 진행되어야 하기 때문에 즉각적인 상용화의 제한점으로 작용하며 현재 사용 가능한 프로바이오틱스 중에서도 위해효과를 일으킨다고 보고된 균주도 있으므로 식품으로 섭취해온 유산균 또는 유산균을 포함하고 있는 발효식품 유래의 probiotics를 pharmabiotics 수준으로 끌어올리는 방향으로의 연구도 검토되어야 할 것임.

## ■ 시장현황

### ○ 의료용식품 시장 규모 및 시장동향

- 2015년 기준 세계 의료용 식품(Medical Foods)의 시장 규모는 약 123억 달러로 나타나며, 2022년 210.7억 달러로 연 평균 6.9%의 성장세를 보일 것으로 분석됨. 시장 규모의 성장 원인으로서는 질병으로 인한 영양 부족 증가, 만성 질환의 유행 증가, 전 세계적인 노인 인구 증가, 당뇨병, 알츠하이머 등 질병의 치료 요법의 일환으로 환자의 영양 요구 사항을 지원하는데 있어서 의료용 식품의 중요성이 커지고 있기 때문임
- 미국의 의료용 식품은 일본식품기업인 “Ajinomoto 그룹”에 따르면 미국의 의료용 식품

의 시장규모는 2016년에 약 17억 5천만 달러로 세계에서 가장 큰 시장을 형성하고 있으며 연 평균 약 10%의 성장세를 나타내고 있음

- 특히 해외 체중조절식 시장 규모는 2014년 2735억달러에서 2020년에는 4228억 달러 규모로 확대 전망하며 현재 북미 시장이 가장 크지만 2020년까지 중국, 인도등 아시아시장이 폭발적으로 확대될 것으로 예상됨
- 세계 시장 트렌드는 소아비만, 단백질 제품, 저칼로리/소포장, 체중관리 음식으로 볼 수 있음으며 국내.외 모두 비만, 당뇨의 질환이 증가함에 따라 식이조절을 중심으로 하는 영양 균형식과 질환 완화 효과를 갖는 제품 시장이 확대될 것으로 판단됨

국가	시장 규모 및 특징	주요 제조사
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2013년 기준 605억 달러</li> <li>• 미국 체중감량 및 다이어트시장은 크게 8개 분야로 구분되며, 그 중 체중조절식품과 관련된 분야는 다이어트 음료(Diet Soft Drinks), 저칼로리 식품(Low cal/ diet food), 식사대용품(Meal Replacement)임</li> <li>• 미국에서는 다이어트 식품의 가정 배달이 점차 인기를 얻고 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>허벌라이프</li> <li>뉴트리시스템</li> <li>할리우드 다이어트</li> <li>슬림패스트</li> </ul>
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2015년 182억 달러로 전망되고 있음</li> <li>• 다이어트 식품 시장은 남녀간, 세대간 시장 세분화에 따라 복잡·다양화되고 있음</li> <li>• 맛있고, 간편하면서 안전한 다이어트 식품에 대한 선호가 높음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>삿포로 파인 푸드</li> <li>패밀리마트</li> <li>기린</li> </ul>
중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2014년 기준 120억 달러</li> <li>• 다이어트 산업 중 보건품(식품·차 등)과 약품이 시장에서 차지하는 비중이 약 51%로 가장 많음</li> <li>• 식품의 안전성과 해외브랜드를 선호하는 중국 소비자의 특성으로 비싼 가격에도 해외 다이어트 식품 인기</li> <li>• 주 소비층은 베이징, 상하이, 광둥 등 연안지역의 여성들임(전체 소비의 70% 이상)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>후난타이얼제약주식 유한회사</li> <li>베이징 아오터수얼 보건품개발유한회사</li> <li>광둥다인상(그룹) 유한회사</li> </ul>

#### ○ 식이조절용 즉석밥 시장현황(중국)

- 중국산업정보망 및 유로모니터에 따르면 중국의 1인 가구는 2015년 기준 7442만가구로 전체 가구수의 16.1%를 차지, 1인 가구 증가는 지속돼 2025년에는 1억 가구를 돌파할 것으로 전망함. 1인가구의 증가와 함께 즉석식품 시장도 2015년도 5300억위안(86조 2151억 원) 규모로 2020년 8000억위안 규모로 예상됨
- 중국의 즉석밥 시장은 다른 즉석식품군과 비교해 기술력과 홍보 부족으로 인지도나 선호도가 낮은 수준으로 평가되며 현지에 유통되는 즉석밥 브랜드는 자국산과 수입산을 포함해 20여개 정도에 불과함
- 중국의 즉석밥 시장은 수요나 선호도로 볼 때 아직 미미한 수준임. 이는 제품 기술의 부족과 우수하지 못한 밥의 맛, 낮은 쌀의 입도, 영양 부족의 문제 등 때문임. 또한 다른 일반 인스턴트 식품에 비해 즉석밥의 가격이 저렴하지도 않아 구매가 많이 이루어지지 않고 있으나 중국 인구의 주식이 쌀인 것을 감안할 때 즉석밥 시장의 성장 가능성은 충분할 것으로 전망됨. 또한 빠른 경제성장과 서구화된 식습관의 변화로 인한 비만 및 당뇨 유행률의 증가와 휴대성 높은 즉석식품 찾는 소비가 증가하는 것도 성장 가능성의 주요 요인이 될 수 있음
- 그러나 중국의 즉석밥 수입규모는 2013년 247만달러에서 지난해 518만달러로 5년 사이에 두 배 이상 증가함

○ 식사대용식 시장현황(중국)

- 중국 경제가 지속 성장하고 소비자들이 건강식을 중시하는 경향이 강해지며, 최근 매년 30% 이상의 속도로 발전할 정도로 강한 상승세를 보임. 2017년 중국의 식사대용식 시장 규모는 571억 위안에 이르며, 2020년에는 현재 규모의 약 두 배인 천억 위안을 넘어설 것으로 예상
- 중국 식사대용 분말 업계의 주요 기업은 캄바오라이와 캄비터, 웨이팅, 러핑, 푸지런탕 등임. 중국 본토 기업 이외에도 비교적 많은 외자 브랜드들이 시장 경쟁에 참여하고 있으나 이들의 시장 점유율은 높지 않은 편
- 대표적인 중국의 식사 대용 간편식은 에너지바로, 시장규모는 급격하게 확대됨. 2015년 에너지바 시장규모는 10억 위안을 넘지 않았으나, 2017년 통계에 따르면 100억 위안을 넘어섬.
- 2014년 중국의 식사대용분말(대찬분)의 시장규모는 27억 2900만 위안이었으며 2017년에는 47억 5800만 위안까지 증가해 4년 전 대비 74.3% 증가율을 기록함. 중국 시장에 대찬분 제품의 보급이 증가하면서, 향후 5년간 중국 대찬분 산업의 시장규모는 약 17~23% 정도를 유지할 것으로 예상되며 2022년에는 약 117억 위안에 이를 전망

■ 지식재산권현황

○ 잡곡 내 저항성 전분 함량 증진기술

발명 명칭	출원인	년도	비고
Cereal grains with high total dietary fiber and/or resistant starch content and their preparation	National Starch & Chemical company (미국)	2002	고아밀로오스 품종(Hylon®VII)의 곡물 자체를 수분과 온도를 조절하여 열수처리를 통해 식이섬유와 저항성전분 함량이 높은 잡곡을 제조함
건조 곤약 및 그 제조 방법 그리고 그 건조 곤약을 사용한 가공 식품	에이비에스 가부시키가이샤(일본)	2012	타피오카, 감자, 옥수수전분 등의 가공전분과 곤약분말, 난소화성 전분, 식이 섬유, 오토밀 화이버, 밀 화이버, 포테이토 화이버, 사탕수수 화이버, 결정 셀룰로오스, 알긴산나트륨, 카라기난, 구아검 등의 검류와 혼합한 가공 조성물
High TDF starch made by high temperature steeping of grain	Corn products development, INC.(미국)	2016	고아밀로오스 품종의 잡곡을 wet-milling 과정 중 71-93C 온도에서 침지하여 total dietary fiber의 함량을 70%까지 상승시킴
Method for manufacturing foodstuff comprising resistant starch for use in the treatment of metabolic syndrome and products therefrom	Camasone Co., Ltd. (중국)	2014	분말화된 잡곡을 press-kneading, press-forming 등의 물리적 공정을 통해 변형, 건조 후 건조첼머에 결합제를 분사시켜 파우더를 필름코팅함.



○ 잡곡활용 기능성 즉석식품 제조기술

발명 명칭	출원인	년도	비고
멸균 상태로 완전히 조리된 즉석밥의 제조 장치 및 방법	YUM, Kwang Suk (일본)	2016	고온고압 스팀을 주입하는 멸균 및 증자 단계, 고온고압의 쿨링단계, 질소가스를 공급하여 실링하는 실링단계를 통합 구성하여 즉석밥 제조
건조 곤약 및 그 제조 방법 그리고 그 건조 곤약을 사용한 가공 식품	에이비에스 가부시키가이샤 (일본)	2012	타피오카, 감자, 옥수수전분 등의 가공전분과 곤약분말, 난소화성 전분, 식이 섬유, 오트밀 화이버, 밀 화이버, 포테이토 화이버, 사탕수수 화이버, 결정 셀룰로오스, 알긴산나트륨, 카라기난, 구아검 등의 검류와 혼합한 가공 조성물
성형 쌀밥, 성형 쌀밥의 제조 방법 및 즉석밥	SUBARU SUISAN:KK (일본)	2016	맛과 색이 가미된 성형된 쌀밥 제조방법

- 잡곡 자체를 활용하여 저항성 전분 획득을 증가시킨 기술들은 주로 침지과정에서 온도와 수분함량을 조절하거나 건조공정을 변형함으로써 물리적으로 변형시킨 RSⅢ 형태의 저항성 전분을 유도하였으나, 효능적으로 우수한 화학적으로 변형시킨 RSⅣ와 지질 복합체 형태인 RSⅤ 형태의 저항성 전분을 잡곡 내 증가시키는 연구개발이 필요함.

### 제 3 절 연구개발의 범위

#### 1. 최종목표

- 국내 쌀 농산물을 활용하여 알곡의 형태를 유지하면서 저항성 전분(Resistant starch) 함량이 증가된 쌀 소재 제조 및 가공 기술을 확립하고, *in vitro*와 *in vivo* 시험을 통해 내당능 장애(IGT, Impaired Glucose Tolerance)를 갖고 있는 당뇨 전 단계 소비자들을 위한 혈당 조절 및 장 건강 개선용 맞춤형 대용식 및 즉석밥 제품을 개발하고자 함

#### 2. 세부목표

- 저항성 전분 강화 즉석밥용 가공쌀 제조공정 개발
  - 쌀 알곡 유지를 위한 도정 전처리 공정 개발
  - 쌀 알곡 내 저항전분 강화 가공쌀 제조 공정 개발
- 즉석밥의 풍미와 식감 개선을 위한 취반공정 및 최적 배합비 개발
- 쌀 기반 식사대용식으로서의 영양균형 배합비 조절 및 기호성 증진 기술
  - 식사대용식의 기호성 및 기능성 증진을 위한 제조법(Formulation) 개발
  - 즉석밥 및 식사대용식 시제품의 개발(시제품 2건)
- 저항성전분 강화 쌀 및 쌀 가공 소재의 *in vitro* 소화율 변화 및 유용미생물 이용률 평가
  - 인공소화관 모델을 이용한 저항성 전분 강화 쌀 소재의 소화과정에서의 구조 및 특성 변

## 화 분석

- 장내유용미생물의 증식효능 평가
- 동물모델을 이용한 저항성 전분 강화 쌀 소재의 당뇨 전 단계 개선 효능 평가
  - 고지방식이 유도 내당능장애 동물 모델을 이용한 저항성 전분 강화 쌀 소재의 내당능장애 개선 효능 평가
  - 장환경 관련 지표 및 바이오 마커 평가
- 균일한 품질의 제품을 지속적으로 생산하기 위한 대량생산 공정 구축
  - 저항성전분 함량이 증가된 소재의 대량생산 공정 구축
  - 즉석밥 및 식사대용식 대량생산 공정 개발 및 제품화

### 3. 연차별 개발목표 및 내용

#### <1차년도>

[주관연구기관(한국식품연구원)]

- 저항성 전분 강화 즉석밥용 가공쌀 개발
  - 취반 후 RS 함량 최종목표: 대조군(일반백미, RS<1.0%) 대비 3배
  - 취반 후 식미평가: 맛, 향, 색, 조직감 기호도 평가 및 강도평가(9점 척도)
- 소화과정 중 저항성 전분 강화 쌀 소재의 분해율과 특성 변화 분석
  - 입/위/소장/대장의 소화관모사모델 적용
  - 소화 전·후 저항성 전분 강화 쌀 소재의 구조적 특성 변화 분석

[협동연구기관(주)메타센테라퓨틱스]

- 식사대용식의 기호성 및 기능성 증진을 위한 제조법(Formulation) 개발
  - 식사 대용식의 기호도 증진을 위한 부원료의 선정 및 배합비 설정
  - 소비자 관능검사 및 기호도 테스트를 통한 최적의 기호성을 갖는 식사대용식의 포뮬레이션 도출
- 식사대용식 제품의 양산형 제조공정 확립 및 최적화
  - 양산화를 위한 최적의 제형 포뮬러 확립 및 스케일업
  - 시제품 생산 및 품질 평가
- 식사대용식 제품의 유통관로 개발 및 사업화 전략 확립
  - 제품화를 위한 브랜드 및 포장 및 디자인 확립: 일반 헷반의 이미지에서 탈피하여 좀더 전문화된 형태의 새로운 카테고리 형성 브랜딩 및 메디컬적인 요소를 녹인 디자인 아이덴티티 확립
  - 기존 유통에 대한 직관적 테스트
  - 자사 유통별 직접적인 체험단 모집하여 바이럴 마케팅

- 온라인 홍보
- 국내외 전시회 홍보
- 기존 유통 대상 프로모션
- 국내 제약사 및 대기업 원료 및 제품 제안
- 글로벌 네트워크 및 메디컬 푸드회사 원료 및 제품 제안]

## <2차년도>

[주관연구기관(한국식품연구원)]

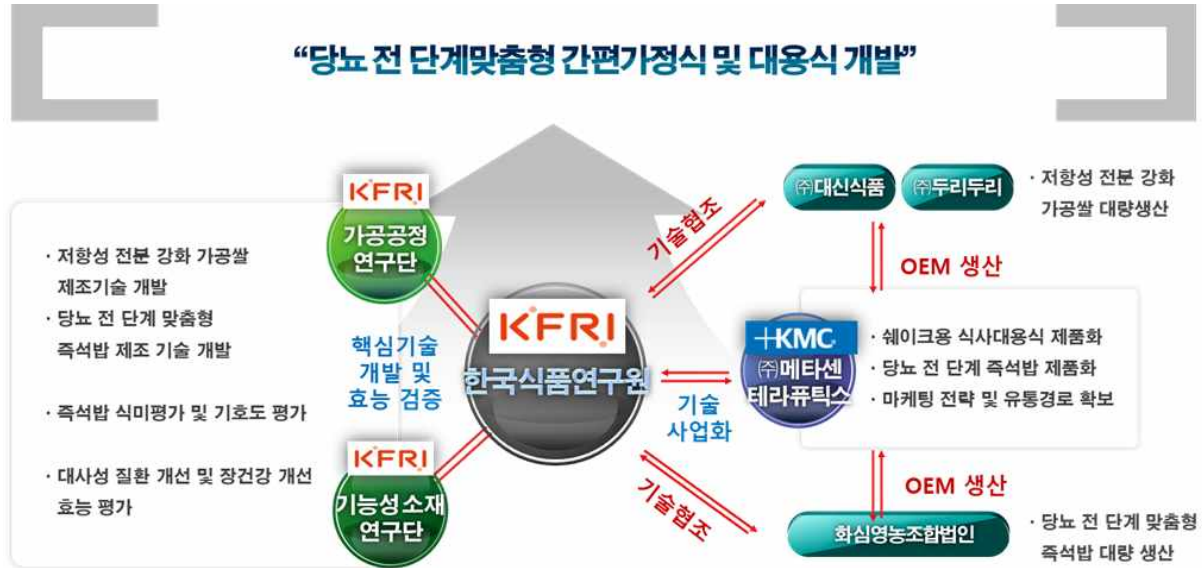
- 즉석밥의 풍미와 식감 개선을 위한 쌀 가공 최적화 및 즉석밥 시제품 개발
  - 즉석밥 활용을 위한 저항성 전분 함량 및 취반능이 개선된 쌀의 가공공정 최적화
  - 당노 전 단계 맞춤형 즉석밥 시제품 개발 및 소비자 평가
- 저항성 전분 강화 쌀밥 및 소재의 당노 전 단계 개선 효능 평가
  - 고지방식이 동물 모델에서 공복 혈당 개선 효과 평가
  - 개발 소재의 동물 모델에서 내당능 개선 효과 평가
- 저항성 전분 강화 쌀밥 및 소재의 장 건강 개선 효능 평가
  - *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*속 유익미생물 prebiotic activity 평가
  - 장 환경 개선 지표(장 길이, 장내 미생물, 장 기능 단백질 활성) 평가

[협동연구기관(주)메타센테라퓨틱스]

- 개발 소재활용 즉석밥 제품화 공정 최적화
  - 즉석밥 제품 포물러 확립
  - 물성특성(수분함량 및 경도측정) 분석
- 즉석밥 시제품 개발 완료 및 대량생산
  - 시제품 제조공정 최적화
  - 시제품의 생산 및 품질 평가
  - 컨셉에 따른(당노전 환자용 즉석밥 제조) 전처리 조건 연구
  - 영양성분 분석 및 저장유통기한 설정
- 즉석밥 제품의 유통 판로 개발 및 사업화 전략 확립

## 제 4 절 연구개발의 추진전략 · 방법 및 추진체계

### 1. 추진전략



〈연구개발 추진체계도〉

- 저항성 전분 함량이 강화된 가공쌀 제조 핵심기술 개발
  - 주관연구기관의 가공공정연구단은 기 보유 난소화성 잡곡의 제조방법을 활용하여 핵심기술인 저항성 전분 강화 가공쌀 제조기술을 개발
  - 주관연구기관인 한국식품연구원은 저항성 전분 강화 가공쌀 제조기술을 협동연구기관인 (주)메타센테라퓨틱스에 기술이전을 실시하며 대량생산에 필요한 긴밀한 기술적 협력관계를 유지함
  - (주)메타센테라퓨틱스는 OEM 생산업체의 제조설비를 활용하여 신규 기능성 쌀소재의 대량생산화 공정을 실시함
  - 주관연구기관의 기능성 소재 연구단은 신규 가공쌀의 대사성 질환 개선 효과 및 장 건강 개선 효능을 평가하여 신규 소재의 효능을 검증하고 당뇨 전 단계 즉석밥 및 식사대용식 소재로서의 활용가능성에 대한 과학적 타당성을 제공함
- 저항성 전분 함량이 강화된 가공쌀을 활용한 당뇨 전 단계 즉석밥 제조기술 개발
  - 주관연구기관은 신규 개발된 가공쌀을 활용하여 취반공정을 개량하고 기존 기능성 즉석밥 식품보다 밥의 식감 및 풍미를 개선한 즉석밥 제조기술을 개발함
  - 가공공정연구단 내 관능검사팀은 밥의 식미평가 전문성과 노하우를 바탕으로 즉석밥 시제품의 식미평가와 기호도 검사를 진행하여 품질제고에 필요한 관능적 요소들에 대한 통계적 분석자료를 제공함
  - 협동연구기관인 (주)메타센테라퓨틱스는 주관연구기관의 개발기술을 즉석밥 생산업체와 OEM을 체결하여 대량생산화 공정을 실시함

○ 당노 전 단계 맞춤형 식사대용식 개발

- 협동연구기관인 (주)메타센테라퓨틱스는 1단계 기술을 적용한 제품보다 기호성인 증진된 웨이크형 대용식 개발에 필요한 새로운 배합비를 개발함
- (주)메타센테라퓨틱스는 선행연구를 통해 기술이전 한 난소화성 잡곡의 제조방법을 활용한 잡곡 소재와 신규 기능성 쌀소재를 활용하여 웨이크 형태의 식사대용식을 현 OEM 생산 업체인 (주)다움을 통해 대량생산 공정을 실시함
- 주관연구기관인 한국식품연구원은 식사대용식의 품질제고를 위한 개선공정 및 가공기술을 개발함

○ 당노 전 단계 맞춤형 식사대용식 및 즉석밥의 제품화 기술 개발

- 주관연구기관인 한국식품연구원은 저항성 전분 함량을 높인 쌀 가공소재의 안전한 생산 공정과 관련하여 식품의약품안전처와 긴밀한 협조 관계 유지
- 주관연구기관은 식품성분분석 및 위해성 평가, 건강증진 효능평가, 가공공정 및 제품화 기술 분야에 대한 목표달성과 문제점 해결을 위해 지역연구기관 및 관공서와 긴밀한 협력 체계를 이뤄 컨설팅 및 문제 해결 시스템을 가동함
- (주)메타센테라퓨틱스는 저항전분의 함량이 증가된 소재를 활용한 제품의 대량화/양산화를 위하여 해당 품목 전문제조업체와의 MOU 및 OEM 계약을 통하여 유기적이고 지속적인 시스템을 유지

○ 기술정보 수집 및 활용방안

- 저항성 전분 함량 강화 가공쌀 제조와 관련하여 올벼쌀 또는 찌쌀을 제조하는 지역농가 단위 영농업체의 생산라인 기술자들과 대량생산 제조 공정에 대한 자문을 받을 계획임
- 국내 외 대학 및 기업 연구소들의 저항성 전분의 함량을 높이는 연구와 잡곡을 이용한 가공품 개발 및 특성 평가와 관련된 특허 및 논문 발표 성과의 지속적인 모니터링
- 저항성 전분 함량이 강화된 쌀 소재들의 대량생산 전략에 대한 국내외 최신 연구동향, 연구보고자료를 한국식품연구원, 국내외 대학, 기업 연구소의 학술연구 data, 특허 데이터를 통한 수집
- 국내외 가공식품 전시회에 참석하여 국내산 저항성 전분을 활용한 소재들과 이를 활용한 가공식품들에 대한 정보와 동향을 지속적으로 파악

○ 전문가 확보 방안

- 국내/국제 학술대회 발표를 통한 국내 외 관련 전문가 의견 수렴 및 개선방향 수립
- 국내외 각종 전문학술지 게재 논문 자료 및 특허 정보를 지속적으로 수집
- 국내외 전분 및 식품 소재 시장을 선도하는 기업체와 유기적인 기술정보 교류
- 국내외의 본 연구와 직·간접적인 연구를 주도하는 연구자들과 학회 및 세미나를 통한 정보 공유

## 2. 연구개발 접근방법

### ○ 쌀 알곡 유지를 위한 도정 전처리 공정 개발

- 본 연구사업을 통해 저항성 전분으로 전환하기 위해 분리된 전분소재를 활용하는 기존의 방법들과는 달리 쌀 알곡 형태를 유지할 수 있는 반조리 쌀(Parboiled rice)에 활용되는 가공 공정을 바탕으로 하여 알곡 내 저항성 전분 함량을 증가시킬 수 있는 쌀 가공 변형기술을 개발하고자 함

### ○ 쌀 알곡 내 저항전분 함량이 강화된 가공쌀 개발

- 유기산을 매개로 하는 탈수가교결합 반응을 활용하여 가공 공정 중 수분 및 열에 의한 물리적 구조 변화에 의한 저항성 전분 함량(RS3) 증대 효과와 가교결합 형성에 의해 저항성 전분 함량(RS4)이 증대되는 시너지 효과를 유도할 계획임
- 가교결합 반응의 최적화를 통해 탈수축합반응에 의한 전분질의 소수성 변화 정도를 조절하여 전분질의 흡습, 팽윤특성을 유지하여 취반 품질을 높이고 유의미한 저항성 전분 함량을 유지하는 가공 기술을 도출할 계획임

### ○ 취반 전처리 공정이 필요 없는 기능성 즉석밥 제조공정 개발

- 본 연구사업의 선행연구기술인 “저항성 전분을 함유한 난소화성 현미를 제조” 기술은 탈수가교결합을 위해 현미의 수분함량을 낮추는 건조 공정이 필수적이므로 즉석밥 제조를 위해서 취반 전 쌀 알곡 형태 복원을 위한 재수화 및 추가적인 전처리 공정을 필요로 하였음
- 벼의 열처리 및 건조공정을 포함하는 본 연구사업의 개발기술을 통해 도정 후 전처리 없이 바로 취반이 가능하여 밥의 형태 복원을 위한 재수화 공정을 필요로 하지 않으므로 즉석밥 제조 시 나타나는 선행기술의 한계를 극복할 수 있으며, 추가적인 가공단계 없이 즉석밥을 제조할 수 있음

### ○ 당뇨병자용 즉석밥의 풍미 및 식감 개선

- 현재까지 당뇨병자용 즉석밥으로는 통곡물과 두류, 또는 나물을 혼합한 잡곡밥 형태가 추천되었으며, 최근 인슐린 대체 물질인 마나딕을 함유한 혈당강하 즉석밥이 출시되었으나 밥의 기호성이 일반 백미 즉석밥에 비해 저하됨
- 본 연구사업을 통해 개발될 당뇨 전 단계 즉석밥의 경우 가교결합 반응의 최적화를 통해 경제적이고 안전한 곡물 가공 기술을 활용하여 선행기술을 사용하였을 때 문제점으로 제기된 구연산 잔여물로 인한 신맛을 제어할 수 있을 것이라 예상됨
- 본 연구사업을 통해 당뇨병 환자뿐만 아니라 당뇨 전 단계로 식이조절을 통해 증상 개선이 가능하며 일반 즉석밥의 기호성을 선호하는 소비층을 위한 처방용 즉석밥을 제조하기 위해 밥의 풍미 및 식감 개선을 위한 즉석밥 배합비 선정과 소비자 기호도 평가 결과를 반영하여 제품화를 실시할 계획임

- 당뇨 전 단계 소비자를 위한 셰이크형 식사대용식 개발
  - 본 연구사업을 통해 식이조절을 통해 내당능 장애(Impaired Glucose Tolerance)로부터 기인되는 추가적인 대사성 질환으로의 전환을 예방할 수 있는 전임상 단계의 소비자를 위한 식사대용식 제품을 개발할 것임
  - 최근 하루에 필요한 영양성분의 1/3 수준을 고루 갖춰 한 끼 식사를 대체할 수 있는 간편대용식(Convenient meal replacement)들의 맛과 제형이 다양화되면서 섭취성과 기호성이 증대되는 것을 고려하여 새로 개발될 쌀 소재를 활용하여 풍미를 증진시키고 영양성분 및 기호성 증진을 위한 곡류 가공 기술 및 제품 배합비를 개발할 것임
  
- 저항성 전분 강화 쌀 및 쌀가공 소재의 생리학적 효과 규명
  - 저항성전분 식품 소재가 소화 과정 중 거치는 구조적 변화 및 대장 도달 시 활용률 등을 분석하고 이에 의한 장내 유익균의 증식을 평가하고자 함
  - 고지방식이 당뇨 전 단계 동물 모델에서 사료에 개발한 저항성 전분 강화 시료를 혼합하여 장기간 식이 후 내당능장애와 인슐린저항성을 지연 및 예방 등 전 당뇨 개선 효능을 과학적으로 입증하고자 함

## 제 2 장 연구개발과제의 수행과정 및 수행내용

### 제 1 절 당료 전 단계 맞춤형 즉석밥 제조기술 개발 및 효능 검증

#### 1. 연구 방법

##### 가. 저항성 전분 함량이 강화된 즉석밥용 가공쌀 개발

###### (1) 쌀의 가공 특성을 향상시키기 위한 도정 전처리 공정 개발

###### (가) 재료

습열 공정에서는 품종에 따른 가공 품질 개선 효과를 확인하기 위하여 아밀로오스 함량이 서로 다른 세 가지의 품종인 동진(찰쌀, 아밀로오스 1.7%), 신동진(멥쌀, 아밀로오스 18.6%), 새미면(고아밀로오스쌀, 아밀로오스 26.7%) 벼를 사용하였다. 건열 공정에서는 밥용 쌀의 알곡 형태 유지를 확인하기 위한 대표 품종으로서 밥용 쌀로 가장 널리 사용되어 수급이 용이한 동시에 고아밀로오스 종과 유사하게 장립에 가까운 알곡 형태를 가지고 있는 품종인 신동진 벼를 사용하였다.

###### (나) 습열 공정에 의한 도정 전처리 기술

본 연구진의 선행 연구에서 확립된 습열 가공공정에 따라 도정 전처리를 수행하였다. 벼와 물을 1:3의 비율로 혼합 후 밀봉하여 60℃ 항온 수조에 보관하여 침지하였다. 수침 후 3시간 동안 체에 받쳐 상온에 정치하여 물을 제거하였다. 수침한 벼를 알루미늄 파우치에 밀봉한 후 레토르트기(PRS-03-1, Kyunghan, Kyungsan, Korea)를 사용하여 120℃, 1.2 kgf/cm<sup>2</sup>의 조건으로 5분간 가열처리하였다. 습열처리 벼는 밀봉 상태로 60℃에서 18시간 동안 정치하여 템퍼링 하였다. 이를 상온에서 수분함량 14% 이하로 건조하였으며, 도정하여 백미 상태로 실험에 사용하였다.

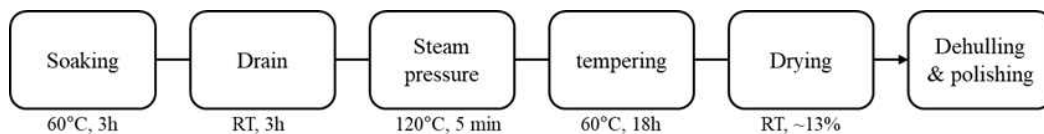


Fig. 1. Wet-heating process paddy rice

###### (다) 건열 공정에 의한 도정 전처리 기술

본 연구진의 선행 연구에서 확립된 건열 가공공정에 따라 도정 전처리를 수행하였다. 벼와 물을 1:3의 비율로 혼합 후 밀봉하여 60℃ 항온수조에서 15시간동안 보관하여 침지하였다. 수침된 벼를 체에 받쳐 과잉의 물을 제거 후, 1 kg을 취하여 로스팅기(THDR-01, 태환자동화산업, Korea)로 250℃에서 15분간 건열처리 하였다. 이를 습도 80%, 온도 60℃에서 6시간 보관하여 조질 공정(tempering)을 거친 뒤, 수분함량 14% 이하가 되도록 40℃에서 23시간 동안 건조하였다. 건조된 벼는 도정하여 백미 상태로 실험에 사용하였다.



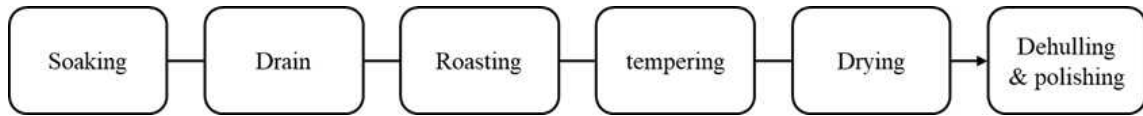


Fig. 2. Dry-heating process of paddy rice

(라) 가공 쌀의 특성 분석

1) 벼의 도정

가공 전 후의 벼는 제현기(FC2K, Otake, Nagoya, Japan)로 왕겨를 분리하고 연삭식정미기(TM05C, Satake, Hiroshima, Japan)를 사용하여 도정하였다.

2) 완전립률

현미 또는 백미 상태에서 낱알의 3/4 이상이 남아있는 낱알을 완전립으로 정의하였으며, 쌀 10 g을 취하여 완전립을 구분한 뒤 다음의 식에 의하여 계산하였다.

$$HRY(\%) = \frac{\text{완전립의 무게 (g)}}{\text{전체쌀의 무게 (10g)}} \times 100$$

3) 호화도 측정

가공된 쌀은 분쇄하여 호화도를 differential scanning calorimetry(DSC4000, Perkin Elmer, Waltham, Massachusetts, USA)를 사용하여 조사하였다. 쌀가루의 건물 중량 약 6 mg과 증류수를 1:3 중량비로 팬에 담은 뒤 밀봉하여 수분평형시킨 뒤, 30-130°C의 범위에서 1 0°C/min의 속도로 측정하여 호화개시( $T_o$ ), 피크( $T_p$ ), 종결온도( $T_c$ ) 및 호화 엔탈피( $\Delta H$ )를 구하였다. 호화도(Degree of starch gelatinization, %)는 아래의 식에 의하여 계산하였다.

$$DSG(\%) = \frac{(1 - \Delta H_{treatment})}{\Delta H_{native}} \times 100$$

4) 가공쌀의 취반 물성 평가

대조구, 습열가공쌀, 건열가공쌀로 제조한 밥의 물성을 물성분석기(TA-XT Express, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK)로 분석하였다. 쌀의 건물 중량 대비 1.4배 가수하여 30분간 불린 뒤, 일반 가정용 전기밥솥(CR-E0352FP, 쿠쿠전자)을 이용하여 백미취사모드로 취반하였다. 중심부만을 취하여 10분간 방냉시킨 뒤, 9 g씩 원형 용기에 담아 성형 후 분석하였다. 분석 조건은 25 mm 원형 probe를 이용하여 1 mm/sec의 속도로 strain 50% 수준에서 TPA(texture profile analysis)를 실시하였다.

5) 가공쌀의 식미 평가

식미 평가를 위한 시료는 일반 밥용 품종인 신동진 쌀에 대하여 수행하였으며, 대조구(무처리)와 건열 가공쌀 총 2점을 사용하여 수행하였다. 쌀의 건물 중량 대비 1.6배 가수하여 30분간 불린 뒤, 일반 가정용 전기밥솥(CR-E0352FP, 쿠쿠전자)을 이용하여 백미취사모드로 취반하였다. 취반 완료 후 중심부만을 취하여 10분간 방냉시킨 뒤, 15 g씩 주먹밥 형태로 준비하여 플라스틱 용기에 담아 무작위 순서로 제공하였다. 일반 소비자 패널 100명을 대상으로 하여 전반적인 기호도와 단맛, 구수한 향미, 경도(밥알의 단단한 정도), 탄력성(밥알이 쫄깃한 정도), 응집성(밥알과 밥알이 뭉쳐지는 정도), 부착성(밥이 입

안/치아에 달라붙는 정도)에 대한 강도를 7점 척도로 평가하였다.

## (2) 저항성 전분 함량 강화 공정 개발

### (가) 재료

저항성 전분 함량의 대조구 시료로서 일반 밥용으로 유통되는 신동진(아밀로오스 함량 18.6%) 및 히토메보레(아밀로오스 함량 13.6%) 백미를 사용하였다. 가공처리에 의해 저항성 전분 함량을 강화시키기 위한 쌀로서 고아밀로오스 품종인 새미면의 벼를 사용하였으며(아밀로오스 함량 26.7%), 필요에 따라 도정하여 현미 또는 백미의 상태로 사용하였다. 저항성 전분 함량 강화를 위한 첨가물은 식품용 등급의 구연산 및 구연산삼나트륨을 사용하였다.

### (나) 벼 가공을 통한 저항성 전분 함량 강화 공정 개발

#### 1) 저항성 전분 함량 강화를 위한 벼의 습열 전처리 공정

구연산 침투율 증대 효과를 비교하기 위하여 1)(나)에서 확립된 습열처리 공정을 기반으로 하여 벼의 습열 전처리 공정을 다음 그림과 같이 시험하였다. 벼 겉껍질(왕겨)의 섬유질 분해를 목표로 하여 수침 단계에서 Celluclast 1.5L, Ultraflo max, Viscozyme L 효소 첨가의 효과를 알아보려고 하였다. 이 때, 일반 증류수 또는 효소의 활성 pH에 해당하는 농도의 citric acid: trisodium citrate 혼합 용액을 사용하였다. 벼와 물 또는 구연산 용액을 1:2의 비율로 하여 수침한 뒤(60°C, 3시간), 120°C에서 5분간 레토르트하여 습열처리하였다. 일부 시료는 습열처리 후 3% citric acid 용액에 후침지 하였다(60°C, 1시간). 각 시료는 tempering 후 90°C에서 4시간동안 건조하여 도정하였으며, 완전립쌀 및 취반 후의 저항성 전분 함량을 비교하였다.

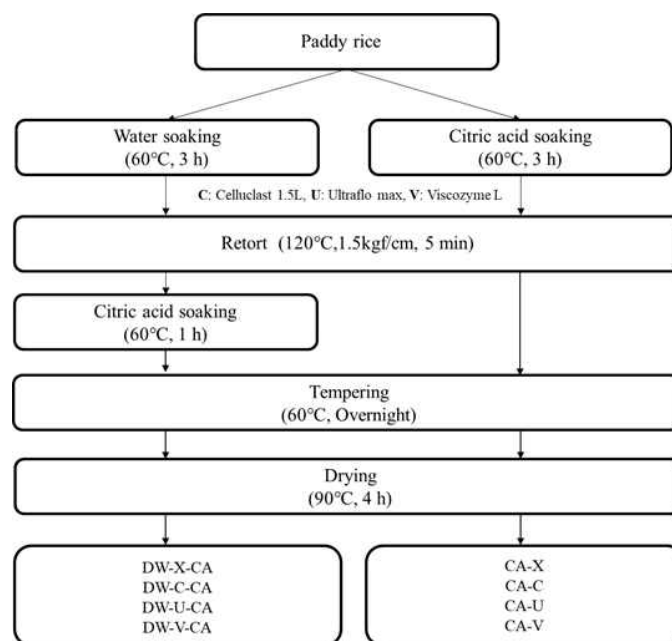


Fig. 3. Pre-treatments for wet-heating process of paddy rice

Table 1. Food grade enzyme used in the enzymatic pre-treatment process

Enzyme	Condition	Dosage	Citric acid: Tri-sodium citrate mixing ratio
Celluclast 1.5L	pH 3.0-4.5, 25-60°C	0.1 g/kg 벼	75:25 (pH 3.08)
Ultraflo max	pH 4.0-6.5, 45-70°C	0.1 mL/kg 벼	50:50 (pH 4.0)
Viscozyme L	pH 3.0-7.0, 50-60°C	0.1 g/kg 벼	75:25 (pH 3.08)

2) 저항성 전분 함량 강화를 위한 벼의 가압 습열 공정

벼와 물을 1:2의 비율로 하여 수침한 뒤(60°C, 3시간), 120°C에서 5분 또는 10분 간 레토르트하여 습열처리 하였다. 습열처리 후 3% citric acid 용액에 후침지 하였다(60°C, 1-3시간). 각 시료는 tempering 후 90°C에서 4시간동안 건조하여 도정하였으며, 완전립률 및 취반 후의 저항성 전분 함량을 비교하였다.

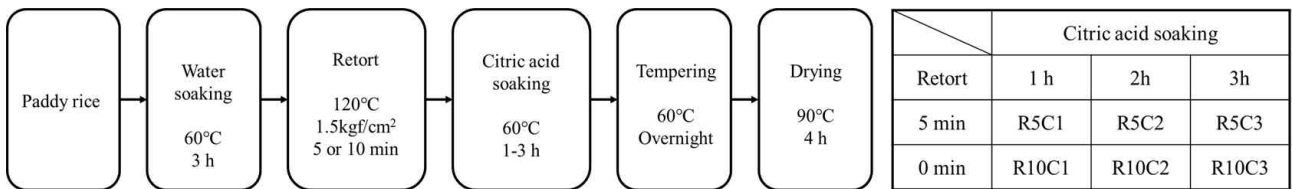


Fig. 4. Wet-heating process of paddy rice under pressure

3) 저항성 전분 함량 강화를 위한 벼의 상압 습열 공정

벼와 물을 1:2의 비율로 하여 수침한 뒤(60°C, 3시간) 회수하였으며, 일반 찜기를 이용하여 1분 내지 10분간 가열하여 상압 습열처리 하였다. 습열처리 후 3% citric acid 용액에 후침지 하였다 (60°C, 1시간). 각 시료는 tempering 후 90°C에서 4시간동안 건조하여 도정하였으며, 완전립률 및 취반 후의 저항성 전분 함량을 비교하였다.

4) 가공쌀의 특성 분석

가) 완전미 수율 및 호화도

저항성 전분 함량 강화 공정에 따라 생산된 쌀의 완전미 수율 및 호화도는 1)-라)에 기술된 바와 같이 시험하였다.

나) 저항성 전분 함량

저항성 전분 함량 분석은 Megazyme 사의 Resistant Starch kit를 사용하였다. 시료 100 mg을 취하여 pancreatin  $\alpha$ -amylase로 37°C에서 16시간 반응시킨 후, 분해된 획분(가용성 전분)과 분해되지 않은 잔여물(저항성 전분)을 각각 회수하였다. 저항성 전분 획분은 2 M KOH solution을 첨가하여 분산 및 용해시켰다. 각각 1.2 M sodium acetate buffer(pH 3.8)와 amyloglucosidase을 첨가하여 50°C에서 30분 반응시킨 후 생성된 glucose의 양에 따라 저항성 전분과 가용성 전분의 양을 각각 환산하고, 두 값을 바탕으로 총 전분 함량 대비 저항성 전분 함량을 계산하였다.

(다) 쌀 가공을 통한 저항성 전분 함량 강화 공정 개발

1) 저항성 전분 함량 강화를 위한 취반 공정

새미면 현미와 백미를 각각 2회 세척 후, 건물대비 1.4배의 구연산 용액(3%, w/v)에 침지하여 전기밥솥(CR-E0352FP, 쿠쿠전자)의 백미취사모드로 취반하였다. 이를 90°C dry oven에서 충분히 건조시킨 뒤 세척하여 잔여 구연산을 제거하고, 건물 대비 1.4배의 정수에 침지하여 동일한 방법으로 취사하였다. 취사한 시료를 동결건조하여 저항성 전분 함량을 측정하였다.

2) 저항성 전분 함량 강화를 위한 쌀의 건열 가공공정

새미면 현미를 3%(w/v) 구연산 용액과 1:3 비율로 혼합 후 밀봉하여 60°C 에서 1시간 보관하여 침지하였다. 수침된 현미를 체에 받쳐 과잉의 용액을 제거 후, 로스팅 및 템퍼링 공정을 거쳐 90°C dry oven에서 건조하였다. 로스팅 온도(200°C, 250°C) 및 시간(10분 및 그 이상), 템퍼링 온도(60°C 및 90°C)에 의한 완전립률 및 취반 후의 저항성 전분 함량을 비교하였다. 상세 조건과 그에 따른 시료의 명칭을 다음 그림에 정리하였다.

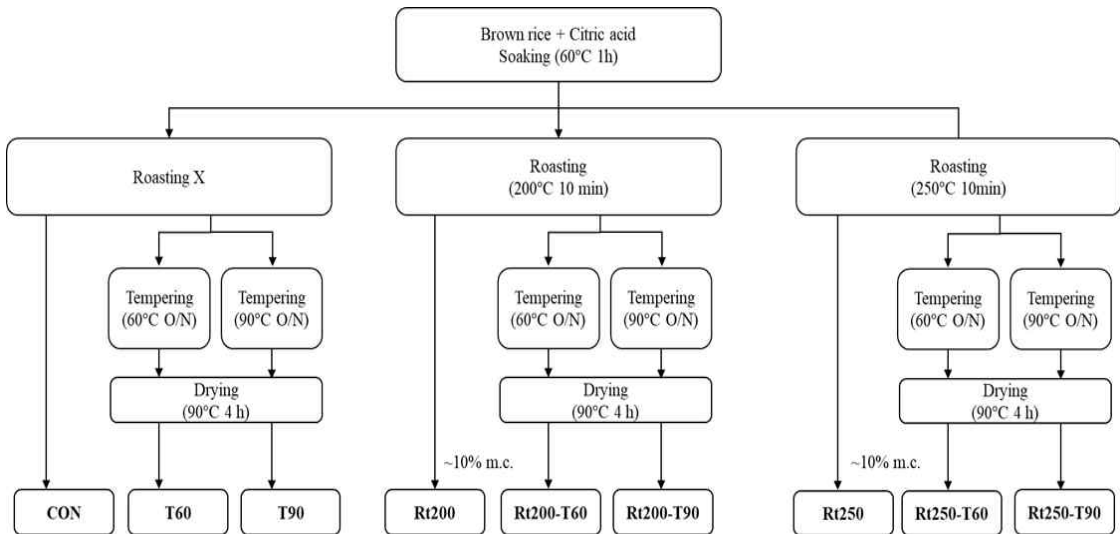


Fig. 5. Dry-heating process of dehulled rice

3) 가공쌀의 특성 분석

가) 완전미 수율, 호화도 및 저항성 전분 함량

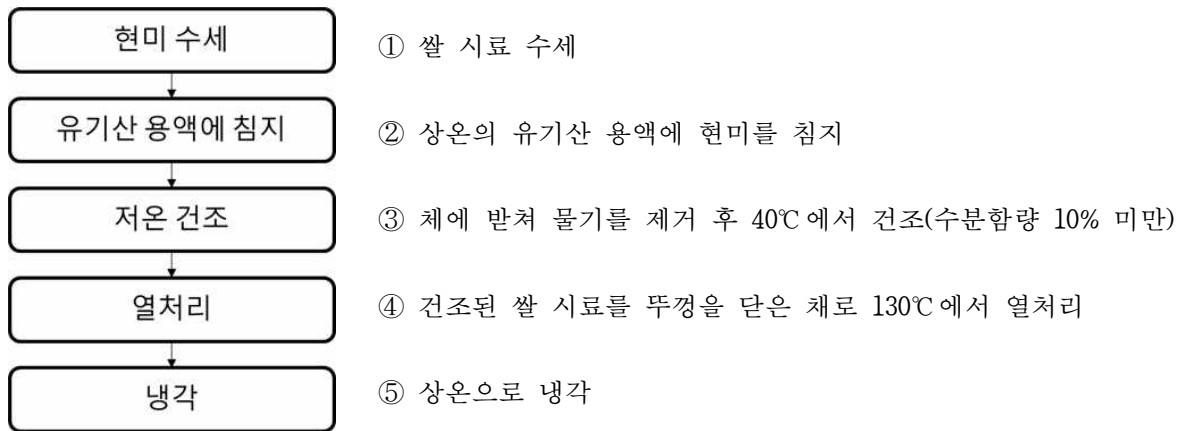
저항성 전분 함량 강화 공정에 따라 생산된 쌀의 완전미 수율, 호화도 및 저항성 전분 함량은 2)-나)-(4)에 기술된 바와 같이 시험하였다.

(3) 즉석밥 활용을 위한 저항성 전분 함량 및 취반능이 개선된 쌀의 가공공정 최적화

(가) 즉석밥 활용을 위한 저항성 전분 함량 및 취반능이 개선된 쌀의 가공공정

1) 쌀의 가공공정

즉석밥 활용을 위한 쌀의 가공공정은 1)-3)의 연구 결과를 바탕으로 하여 다음과 같은 순서로 설계하였다.



즉석밥으로 활용 가능하도록 쌀 알곡의 형태 및 취반능을 유지하는 동시에 저항성 전분 함량을 증대시킬 수 있는 쌀의 가공 조건을 최적화하기 위하여 유기산의 종류 및 농도, 가교 반응 시간, 쌀의 품종, 원료 쌀의 도정도 등 다양한 조건을 시험하였다.

## 2) 취반 품질 평가 및 저항성 전분 함량 분석

각 조건별로 가공한 쌀을 흐르는 수돗물에 2회 세척 후 건중량 대비 1.4배의 물을 가수하여 레토르트 방식으로 취사하였다. 취반 품질은 내부 전문 패널 6명이 참여하여 외관의 특징을 서술하고, 신맛의 강도 및 밥의 품질을 0점에서 5점으로 평가하였다. 저항성 전분 함량 분석은 각 쌀로 취반한 밥을 동결건조하여 분쇄한 뒤 실시하였다.

### (나) 유기산 종류 및 농도에 따른 저항성 전분 함유 쌀의 취반 특성 및 저항성 전분 함량

#### 1) 재료

쌀은 고아밀로스 품종인 새미면을 현미 상태로 사용하였다. 유기산의 종류에 따른 저항성 전분 함량 및 취반 특성을 비교하기 위해 식품 등급의 사과산, 젖산, 주석산, 구연산을 1.5%(w/w) 수용액으로 제조하여 사용하였다. 유기산의 농도에 따른 특성을 비교하기 위하여 0-5% 및 3M 농도의 사과산 수용액을 사용하였다.

#### 2) 쌀의 가공공정

쌀의 가공공정은 3)-가)-(1)에 서술된 방법을 따르되, 유기산 종류와 농도를 서로 다르게 하였다. 열처리 공정은 130℃ 에서 7시간 동안 수행하였다.

### (다) 가교반응 시간에 따른 저항성 전분 함유 쌀의 취반 특성 및 저항성 전분 함량

#### 1) 재료

쌀의 전분질과 유기산 간의 가교반응시간에 따른 저항성 전분 함량 및 취반능을 비교하기 위하여 고아밀로오스 품종인 새미면 현미를 사용하였으며, 유기산은 1.5% 농도의 사과산을 사용하였다.

#### 2) 쌀의 가공공정

쌀의 가공 공정은 3)-가)-(1)에 서술된 방법을 따르되, 열처리 공정은 130℃ 에서 0시간

내지 9시간 동안 수행하였다. 대조구로는 아무 처리를 하지 않은 새미면 현미(대조구1)와, 사과산이 아닌 일반 물에 침지한 후 동일한 과정을 거친 시료(대조구2)를 사용하였으며 이때 열처리 공정의 처리 시간은 7시간으로 하였다.

(라) 쌀의 품종에 따른 저항성 전분 함유 쌀의 취반 특성 및 저항성 전분 함량

1) 재료

쌀의 품종에 따른 저항성 전분 함량 및 취반능을 비교하기 위하여 백옥(찰쌀, 아밀로오스 5.8%), 신동진(멥쌀, 아밀로오스 18.6%), 새미면(고아밀로오스쌀, 아밀로오스 27%)의 3종류 쌀을 각각 백미와 현미 상태로 사용하였다. 유기산은 1.5% 농도의 사과산을 사용하였다.

2) 쌀의 가공공정

쌀의 가공공정은 3)-가)-(1)에 서술된 방법을 따르되, 열처리 공정은 130° C에서 7시간 동안 수행하였다.

(마) 쌀의 도정도에 따른 저항성 전분 함유 쌀의 취반 특성 및 저항성 전분 함량

1) 재료

쌀의 도정도에 따른 저항성 전분 함량 및 취반능을 비교하기 위하여 고아밀로스 품종인 새미면 현미를 사용하였으며, 현미를 도정기(TM05C, Satake, Hiroshima, Japan)를 이용하여 1분도-10분도의 다양한 수준으로 도정하여 사용하였다. 유기산은 1.5% 농도의 사과산을 사용하였다.

2) 쌀의 가공공정

쌀의 가공공정은 3)-가)-(1)에 서술된 방법을 따르되, 열처리 공정은 130° C에서 7시간 동안 수행하였다.

(바) 저항성 전분 강화 쌀의 대량 생산공정 최적화

즉석밥 활용을 위한 저항성 전분 강화 쌀의 대량 생산공정 최적화를 위하여 협력업체((주)대신식품)의 생산 설비를 활용하였다.

생산 설비의 특성에 따라 설비 내 시료의 건조 위치 및 건조 시간 (4시간-8시간)의 생산공정에 따른 저항성 전분의 함량 차이를 비교하였으며, 공정 소요시간 단축을 위해 고온으로 건조 가능한 조건을 시험하였다. 대량생산 및 안정적 유통을 위한 원활한 원료 수급에 대비하기 위하여 안정적 수급이 가능한 쌀의 품종별로 대량 생산공정 후 저항성 전분 생성 차이를 검토하였다.

## 나. 당뇨 전 단계 맞춤형 즉석밥 시제품 개발을 위한 소비자 평가

### (1) 즉석밥 제조를 위한 배합 원료 선정

#### (가) 원료 선정 및 배합

##### 1) 재료

즉석밥 제조를 위한 배합 결정에는 일반 밥용 쌀로 사용되는 백미(신동진), 본 연구에서 개발된 RS쌀, 이의 원료가 되는 새미면 현미, 시판 혼합잡곡(15곡), 시판 렌틸콩, 시판 귀리를 사용하였다.

##### 2) 원료 배합 및 조리 방법

저항성 전분을 함유하는 밥용 쌀을 활용한 즉석밥 제품을 제조하기 위하여, 기호도를 증진시킬 수 있는 조성물의 배합비를 결정하고자 하였다. 시료는 총 4종으로, (1)의 재료를 사용하여 다음의 표와 같은 조합으로 구성하였다. 각 비율에 따라 혼합한 원료곡을 수압세미기로 일정하게 수세한 후, 중량의 1.4배 가수하여 일반 전기밥솥의 ‘잡곡’ 모드를 이용하여 취반하였다.

Table 2. The ingredient information of cooked rice samples

	RS rice	Brown rice	Polished rice	Micellaneous grain	Lentil	Oat
1	50	-	30	-	10	10
2	50	-	30	20	-	-
3	-	50	30	-	10	10
4	-	50	30	20	-	-

#### (나) 평가 방법

약 25 g씩 사기그릇에 담아 평가 시 밥의 온도가  $55 \pm 3^\circ\text{C}$  수준을 유지되도록 하였다. 시료에 대한 편견을 제거하기 위해 난수표에서 추출한 세 자리 숫자를 표기하였으며, 제시 순서는 factorial design에 의해 랜덤화하여 순서상의 오차를 최소화하였다. 시료에 대한 전반적인 기호도, 외관, 향, 맛/향미, 조직감 기호도를 내부 전문 패널 6명이 참여하여 0점에서 5점으로 평가하였으며, 당뇨 전 단계 개선을 위한 기능성 즉석밥으로서의 구매 의향 또한 평가하였다.

### (2) 당뇨 전 단계 맞춤형 즉석밥 시제품 개발 및 소비자 평가

#### (가) 시료

즉석밥 시료는 나.-1)에서 시험한 결과를 바탕으로 하여 시판 백미, 렌틸콩, 귀리 및 본 연구에서 개발된 RS쌀을 사용하여 협동연구기관에서 제조한 시제품을 사용하였으며, 시료의 조성은 아래의 표에 따라 제조하였다..

즉석밥 시료는 전자레인지에서 2분 30초간 조리하여 1인당 1개(210 g)씩 제공하였다. 평소 식사와 동일한 환경에서 평가하기 위해 도시락 업체에서 구입한 버섯소불고기 반상

과 함께 섭취하도록 하였다.

Table 3. The ingredient information of cooked rice samples

Sample name	Composition (%)				
	Polished rice	RS rice	Oat	Lentil	Total
W	100.0	-	-	-	100.0
B	80.0	-	10.0	10.0	100.0
RS	50.0	30.0	10.0	10.0	100.0

(나) 즉석밥 시료의 혈당 및 포만감 분석

1) 연구대상자

즉석밥 시료의 혈당 및 포만감 분석을 위한 소비자 조사에는 총 20명의 연구대상자가 참여하였으며, 이들은 모두 정상혈당 범위(>100mg/dL) 근처의 건강인으로 남성과 여성이 각 4명(20.0%), 16명(80.0%)이었다.

2) 평가방법

연구대상자는 일주일 간격으로 총 3회 실험에 참여하였으며, 시료는 단일맹검(single-blind), 교차시험(crossover trial)에 의해 무작위로 배정되었다(randomized). 또한, 전날 섭취하는 음식이 혈당에 미치는 영향을 최소화하기 위해 한국식품연구원 구내식당에서 저녁식사를 제공하였으며, 식사 이후에는 평가 직전까지 공복상태를 유지하게 하였다. 연구대상자는 식사 전에 자가혈당 측정기(ACCU-Check performa, Roche)를 이용하여 공복혈당을 측정하고, 배고픈 정도(hungry)와 음식을 먹고 싶은 정도(want to eat)를 9점 척도(1=전혀 배고프지 않음, 9=매우 배고픔)로 응답하였다. 식사 중에는 즉석밥 시료에 대한 기호도 항목(전반, 외관, 향, 맛/향미, 조직감)을 9점 기호척도(9-point hedonic scale, 1=대단히 싫음, 5=좋지도 싫지도 않음, 9=대단히 좋음)로 평가하였다. 식사는 20분 내외로 끝낼 수 있도록 유도하였고, 식사 직후, 15분, 30분, 60분, 90분, 120분마다 혈당을 측정하고 포만감을 9점 척도(1=전혀 배부르지 않음, 9=매우 배부름)로 평가하였다.

3) 분석방법

즉석밥 시료 간 혈당조절 효과를 분석하기 위해 개별 연구대상자의 혈당농도 곡선하면적(iAUC)를 산출하였으며, 이를 통해 혈당 농도곡선 간 통계적 차이유무를 검정하였다. 기호도 항목의 즉석밥 시료 간 차이는 분산분석(ANOVA, analysis of variance)을 수행하여 알아보았고, 유의차가 있는 경우 Tukey의 다중비교를 통해 유의확률 5% 수준에서 각 시료의 평균값을 비교하였다.

(다) 즉석밥 시료의 texture 분석

즉석밥은 위와 동일한 조건으로 전자렌지 조리 후 가운데 부분만을 취하여 체에 펼쳐 10분간 방냉하였으며, 이를 petri dish(35×10 mm)에 9 g씩 소분 후 1시간동안 상온에 정치하였다. 각 dish에 담긴 밥을 Texture analyser(TA-XT Plus, Stable Micro System,



England)를 사용하여 texture profile analysis(TPA)를 실시하였다. 직경이 20 mm인 plastic probe를 사용하여 calibration height 20 mm, return speed 10 mm/sec, contact force 50 g 조건으로 측정하여 밥의 경도(hardness)와 흡착성(adhesiveness)을 비교하였다.

(라) 즉석밥 시료의 *in vitro* 소화특성 분석

각 즉석밥 시료는 동결건조 후 분말화하여 80 mesh 체를 통과시켜 분석에 사용하였다. 각 시료를 2 mL-microtube에 30 mg씩 넣은 후, sodium acetate buffer(pH 5.2) 0.75 mL에 분산시켰으며, 사용 직전 10분 동안 37°C에서 보관하였다. 가수분해를 위한 효소 용액은 pancreatin (P7545, activity 8×USP/g, Sigma-Aldrich) 2 g을 증류수 24 mL에 넣고 10분간 교반한 뒤, 이를 원심분리한(1,500×g, 10분) 상층액 20 mL를 취해 증류수 3.6 mL, amyloglucosidase (Sigma-aldrich) 0.4 mL과 혼합하여 제조하였다. 각 시료 현탁액이 담긴 tube에 0.75 mL의 효소 용액을 분주한 뒤 37°C shaking incubator에서 240 rpm으로 특정 시간(10분-120분) 교반하며 가수분해 반응을 진행시킨 뒤, 각 tube를 10분간 끓여 효소의 가수분해 반응을 정지하였다. 이를 원심분리하여 상층액 중의 포도당 농도를 GOD-POD assay를 이용하여 분석하였다.

(3) 곤약 함유 즉석밥 시제품 개발을 위한 소비자 조사

(가) 시료

RS쌀과 곤약을 함유하는 즉석밥 시제품을 개발하기 위하여, 적절한 곤약쌀의 함유량을 결정하고자 곤약 함유 밥 시료의 소비자 조사를 실시하였다. 시료는 RS쌀, 귀리, 렌틸콩의 함량을 고정하고 백미와 곤약쌀의 비율을 달리하여 아래의 표와 같이 구성하였다.

Table 4. The ingredient information of cooked rice samples

	Composition (%)					Total
	Polished rice	Konjac rice	RS rice	Oat	Lentil	
Control	60.0	0.0	25.0	7.5	7.5	100.0
15G	45.0	15.0	25.0	7.5	7.5	100.0
30G	30.0	30.0	25.0	7.5	7.5	100.0
45G	15.0	45.0	25.0	7.5	7.5	100.0
60G	0.0	60.0	25.0	7.5	7.5	100.0

시료 800 g을 수압세미기(PR-7A, Aiho, Co. Ltd., Japan)로 수세한 후, 곤약쌀을 제외한 원료(백미, RS쌀, 귀리, 렌틸콩)의 중량을 기준으로 1.40배 가수하여 전기밥솥(Twin Pressure Master Chef, CRP-LHTR0610FW, Cuckoo, Co. Ltd., Korea)에서 무압모드로 취반하였다. 취반 후, 아이스크림 스푼을 사용하여 약 25 g의 시료를 흰색의 사기그릇(지름×높이, 90 mm×21 mm)에 담고 뚜껑을 닫아 연구대상자에게 제시하였다. 이때, 보온고에 시료를 보관하여 평가 시 밥의 온도가 50±5°C가 되도록 하였다.

(나) 곤약 함유 밥 시료의 texture 분석

위와 동일한 조건으로 시료를 조리 후 가운데 부분만을 취하여 체에 펼쳐 10분간 방냉 하였으며, 이를 petri dish(35×10 mm)에 9 g씩 소분 후 1시간동안 상온에 정치하였다. 각 dish에 담긴 밥을 Texture analyser(TA-XT Plus, Stable Micro System, England)를 사용하여 texture profile analysis(TPA)를 실시하였다. 직경이 20 mm인 plastic probe를 사용하여 calibration height 20 mm, return speed 10 mm/sec, contact force 50 g 조건으로 측정하여 밥의 경도(hardness)와 흡착성(adhesiveness)을 비교하였다.

(다) 소비자 조사

1) 연구대상자

곤약 함유 즉석밥 시제품 개발을 위한 소비자 조사에는 총 56명의 연구대상자가 참여하였으며, 남성과 여성이 각 17명(29.8%), 40명(70.2%)이었다. 이들의 평균연령은  $34.7 \pm 8.5$  세였고, 연령대의 분포를 살펴보면 20대와 30대, 40대 이상이 각 17명(29.8%), 29명(50.9%), 11명(19.3%)이었다.

2) 평가방법

연구대상자는 시료의 전반적인 기호도, 외관, 향, 맛/향미, 조직감에 대한 기호도를 9점 기호척도(9-point hedonic scale, 1=대단히 싫음, 5=좋지도 싫지도 않음, 9=대단히 좋음)로 평가하였고, 각 시료에 대한 좋은 점과 싫은 점은 개방형 질문(open-ended question)으로 응답하였다. 평가 시, 시료에 대한 편견을 없애기 위해 시료에 무작위 세 자리 숫자를 표기하였으며, 시료의 제시순서는 윌리엄 라틴 스퀘어 방식(william latin-square design)을 이용하여 위치오류와 대조효과에 의한 오차를 최소화하였다. 또한, 한 개의 시료에 대한 평가를 모두 끝낸 후 그 다음 시료를 제시하는 순차적 방식(sequential monadic order)을 사용하였고, 시료와 시료 사이에 입가심을 위한 정수를 제공하여 둔화효과를 제거하고자 하였다.

3) 분석방법

기호도 항목의 시료 간 차이는 분산분석(ANOVA, analysis of variance)을 수행하여 알아보았고, 유의차가 있는 경우 Tukey의 다중비교를 통해 유의확률 5% 수준에서 각 시료의 평균값을 비교하였다. 개방형 질문은 정성적으로 분석하였는데, 각 시료의 좋은 점과 싫은 점으로 언급된 특성 중 유사한 의미의 단어는 대표적인 단어로 병합하고(예를 들어 ‘밥알이 흩어짐’, ‘응집력이 약함’ 등은 ‘찰기가 없음’으로 통합됨), 텍스트 분석(textual analysis)을 활용하여 빈도를 알아보았다. 이 때, 5% 이상의 소비자가 언급한 용어만이 이들 특성과 시료 간 관계를 시각적으로 요약하기 위해 대응분석(CA, correspondence analysis)에 사용되었다. 통계분석은 Xlstat(Addinsoft, Paris, France, 2020)과 R-studio(RStudio team, 2020)를 이용하여 수행하였다.

(4) 즉석밥 제품화 공정 최적화 및 시제품 개발

(가) 즉석밥 시제품 개발

본 연구에서 개발된 저항성 전분 강화 쌀(RS쌀)을 포함한 당노 전 단계 환자용 즉석밥은

사업화 컨셉에 따라 혈당 조절용(병원 및 약국 판매용) 및 체중 조절용(온라인 판매용)으로 구분하여 총 2종으로 개발하였다. 본 시제품은 즉석밥 전문제조업체인 (주)화심영농조합 법인을 통하여 개발 및 생산하였다.

(나) 즉석밥 시제품의 물성 및 저장 유통기한 설정

즉석밥 시제품의 이화학적 특성 검토를 위해 완제품의 조리 후 경도 및 수분함량을 측정하였다. 영양학적 특성을 분석하여 총 열량, 나트륨, 탄수화물, 지방, 콜레스테롤, 단백질, 식이섬유 등의 100g 당 함량을 구하였다. 해당 제품의 등록 형태인 ‘즉석조리식품’의 지정 유통기한을 따르고자 하였으며(상온저장 기준 9개월), 해당 기간 중 미생물수의 측정을 통해 저장성을 확인하고자 1개월 간격으로 총 미생물수 및 육안을 통한 이상 유무를 측정하였다.

(5) 개발 완료된 곤약 함유 즉석밥 시제품에 대한 소비자 조사

(가) 시료

최종적으로 개발된 즉석밥 시제품 중 혈당 조절용 제품에 대한 소비자 조사를 실시하였으며 조성은 다음과 같다: 백미 37.9%, 곤약쌀 25.9%, RS쌀 19.8%, 찰현미 6%, 귀리 5.2%, 렌틸콩 5.2%.

(나) 소비자 조사

1) 연구대상자

즉석밥 시제품에 대한 소비자 조사에는 40대 이상의 연구대상자가 총 77명 참여하였으며, 남성과 여성이 각 14명(18.2%), 63명(81.8%)이었다. 이들의 평균연령은  $46.2 \pm 6.5$ 세였고, 이들 중 현재 혈당 관련 어려움/질환을 가지고 있는 연구대상자는 5명으로 전체의 6.5% 수준이었다.

2) 평가방법

연구대상자는 시료의 전반적인 기호도, 외관, 향, 맛/향미, 조직감에 대한 기호도를 9점 기호척도(9-point hedonic scale, 1=대단히 싫음, 5=좋지도 싫지도 않음, 9=대단히 좋음)로 평가하였고, 시료에 대한 특성 중 잡곡의 비율, 질은 정도, 찰기를 5점 적당척도(JAR, just-about-right scale, 1=매우 약함, 3=적당함, 5=매우 강함)를 이용하여 평가하였다. 각 시료에 대한 좋은 점과 싫은 점은 개방형 질문(open-ended question)으로 응답하였다.

시료에 대한 평가를 모두 마친 후 연구대상자는 시료 패키지에 대한 정보를 제공받았고, 제품에 대한 구입의향, 추천의향을 5점 척도로 평가하고, 개(210g)당 지불의향가격에 대해 응답하였다. 이때, 시판되고 있는 기능성 밥(혈당조절에 도움이 되는 밥)의 판매가격(1,970원/개)을 기준가격으로 함께 제시하였다. 또한, 해당 시료 패키지를 보고 시료가 건강, 비만예방, 혈당조절에 얼마나 도움이 될 것 같은지 5점 척도로 평가하였다.

3) 분석방법

시료의 기호도 수준은 평균값으로 알아보았고, 연구대상자의 전반 기호도의 분포형태를 알아보기 위해 히스토그램(histogram)을 활용하였다. 시료의 특성강도에 대한 분석을 위

해 적당척도의 항목을 5점에서 3점으로 변환한 후(‘1=매우 약함’과 ‘2=약함’은 ‘약함’으로, ‘3=적당함’, ‘4=강함’, ‘5=매우 강함’은 ‘강함’), 패널티 분석(penalty analysis)을 이용하여 적당척도의 항목별 선택빈도가 기호도 점수에 유의미하게 영향을 미치는지 알아보았다. 이 때, 항목별 선택빈도가 20% 미만인 경우 통계적 신뢰도가 낮아 추후 분석에 활용하지 않았다.

개방형 질문은 정성적으로 분석하였는데, 각 시료의 좋은 점과 싫은 점으로 언급된 특성 중 유사한 의미의 단어는 대표적인 단어로 병합하고(예를 들어 ‘밥알이 흩어짐’, ‘응집력이 약함’ 등은 ‘찰기가 없음’으로 통합됨), 텍스트 분석(textual analysis)을 활용하여 빈도를 알아보았다. 통계분석은 Xlstat(Addinsoft, Paris, France, 2020)과 R-studio(RStudio team, 2020)를 이용하여 수행하였다.

## 다. 저항성 전분 강화 쌀의 분해율과 특성 변화 분석

### (1) 재료

#### (가) 재료

대장 발효를 위한 균주는 한국인 장에서 분리한 탄수화물 이용 균주인 *Bacteroides cocktail*을 이용하였고, 유용균 증식 효능 평가는 인간 장에서 분리한 *Lactobacillus* 속 2종(*L. plantarum*, *L. rhamnosus*)과 *Bifidobacterium* 속 2종(*B. longum*, *B. bifidum*)과 이에 대응하는 대장균주로 *Escherichia coli* KCTC2441를 이용하였다. 균주를 배양하기 위한 배지인 M9 broth는 BD사(Becton, Dickinson & Co., Franklin Lakes, NJ, USA), 소화율 변화 확인을 위해 사용된 digestible starch and resistant starch kit는 Megazyme(Sydney, Australia), 소화관모사모델에 사용된 효소 및 시약들은 Sigma aldrich(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하여 사용하였다.

#### (나) 저항성 전분 강화 쌀(RS쌀)

소화율 분석을 위해 가장 높은 RS 함량이 관찰되었던 저항성 함량 강화 현미시료(RS쌀)를 사용하였으며, 대조군으로 무처리 백미 및 현미(현미control)를 활용하였다. 모든 쌀 시료는 취반 후 동결건조하여 분말화한 뒤 사용하였다.

### (2) 특성 변화 분석

#### (가) 저항성 전분 강화 쌀의 소화관 모사 모델 적용

입, 위, 소장 단계 소화액은 표에 제시된 조성별로 혼합 후 500 mL로 정량하여 사용하였다. 시료에 인공 타액을 첨가하여 37°C에서 5분간 반응시킨 후 인공 위액, 인공 소장액을 첨가하여 각각 37°C에서 2시간 반응을 통해 소화 과정을 모사하였다. 이 때 소화 과정별 pH 유지는 HCl과 NaOH를 첨가하여 조정하였다. 각 단계 종료 시점마다 시료를 수집하였으며, 100°C에 10분 열처리를 통해 효소를 불활성화 하였고, 이렇게 얻은 시료는 원심분리 및 동결건조를 진행하여 -18°C에서 보관하며 구조적 특성을 확인하였다. 소장 단계 완료 후 한국인 장에서 분리한 탄수화물 이용균주 복합물인 *Bacteroides cocktail*을 이용하여

대장 발효과정을 모사하였다. 활성화시킨 *Bacteroides* cocktail을 M9 broth에 희석한 후 동일 비율로 혼합하여 소장 단계를 거친 시료에 접종한 후 혐기상태를 유지한 상태로 37°C에서 24시간 발효 후 원심분리 및 동결건조를 진행하여 시료를 수득하였다.

Table 5. Composition of artificial saliva, gastric juice, and intestinal juice used in the experiment

Artificial saliva	Gatric juice	Intestinal juice
<b>Inorganic components</b>		
10 mL KCl 89.6 g/L	15.7 mL NaCl 175.3 g/L	40 mL NaCl 175.3 g/L
10 mL KSCN 20 g/L	3 mL NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 88.8 g/L	40 mL NaHCO <sub>3</sub> 84.7 g/L
10 mL NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 88.8 g/L	9.2 mL KCl 89.6 g/L	10 mL KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 8 g/L
1.7 mL NaCl 175.3 g/L	18 mL CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O 22.2 g/L	6.3 mL KCl 89.6 g/L
	10 mL NH <sub>4</sub> Cl 30.6 g/L	10 mL MgCl <sub>2</sub> 5 g/L
	8.3 mL HCl 37% g/g	180 µL HCl 37% g/g
<b>Organic components</b>		
8 mL urea 25 g/L	10 mL glucose 65 g/L	4 mL urea 25 g/L
	10 mL glucuronic acid 2 g/L	
	3.4 mL urea 25 g/L	
<b>Enzymes and other compounds added to mixture</b>		
145 mg α-amylase	1 g BSA	9 mL CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O 22.2 g/L
15 mg uric acid	1 g pepsin	1 g BSA
50 mg mucin	3 g mucin	3 g pancreatin
		0.5 g lipase
		6 g bile
pH 6.5 ± 0.1	pH 1.0 ± 0.1	pH 7.8 ± 0.1

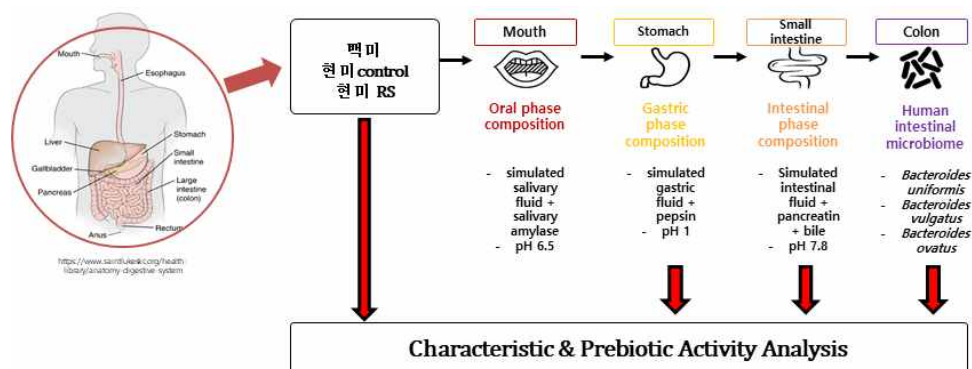


Fig. 6. *In vitro* digestive tract used in the experiment

(나) 소화 전후 저항성 전분 강화 쌀의 특성 평가

1) 수율 확인

수율 변화는 소화 과정 단계 별로 샘플링 후 원심분리 및 동결건조를 진행하여 각 단계 별 사용된 원물량 대비 수율을 계산하여 비교하였다.

## 2) 소화율 변화 평가

소화 전후 소화율 변화 확인을 위해 Megazyme digestible starch and resistant starch kit를 구입하여 분석하였다. 시료 500 mg을 95% EtOH과 maleate buffer로 37°C에서 5분간 반응시킨 후 PAA/AMG solution을 첨가하여 37°C의 shaking water bath에서 170 rpm의 조건하에 240분간 반응시켰으며 표준품으로는 glucose를 이용하였다. 240분 이내 소화되는 전분을 total digestible starch(TDS, 전체 소화전분), 240분 이후에도 소화되지 않는 전분을 resistant starch(RS, 저항성 전분)으로 분류하였다. RS와 TDS를 각각 환산하고, 총 전분의 함량으로 두 값을 합산하여 RS%와 TDS%를 계산하였다.

## 3) SEM 분석

미세구조는 전계방사형 주사전자현미경(FE-SEM, GeminiSEM 500, Carl Zeiss)을 사용하여 검경하였으며, 120초간 도금한 후 가속전압 2.00 kV에서 시료의 미세구조를 Inlens detector와 SE detector 각각 1000배, 2000배의 배율로 관찰하였다.

# 라. 저항성 전분 강화 쌀의 당노 전 단계 개선 효능 평가

## (1) 고지방식으로 유도한 당노 전 단계 동물 모델에서 RS쌀밥의 전 당노 개선 효능 평가

### (가) 동물 실험 모델 설정

#### 1) 동물 실험 개요

18~25 g의 C57BL/6 마우스(7주령, 한국, 수컷)를 실험에 사용하였다. 아크릴 케이지(45 X 60 X 25 cm)에서 사육되었으며, 충분한 사료와 물이 공급되며 적절한 인공 조도로 12시간의 낮, 밤을 조절하였다(am 8:00부터 낮). 그리고 일정한 온도(20~24°C) 및 습도(45~65%)를 유지시켜 주었다. 바뀐 환경에 적응하도록 일주일간 살펴보며 수면주기를 유지하고, 이상행동을 확인하였다. 물과 실험식은 자유롭게 섭취하도록 하였으며, 7주 동안 체중 변화가 일정하고 건강한 동물만을 선별하였다. 이후 7주부터 13주까지 고지방식을 공급하여 비만 및 당노 전 단계를 유도한 다음 임의 배치법에 의해 시료 군별로 10마리씩 구성하였다. 이후 14주부터 20주까지 계속 고지방식을 공급한 고지방식이군; 고지방식이+현미밥 30%군; 고지방식이+저항성 쌀밥(15%)군; 고지방식이+저항성 쌀밥(30%)군으로 10마리씩 실험을 진행하였다. 정상식이군은 정상식을 공급한 10마리를 사용하였다. 동물 실험의 프로토콜은 한국식품연구원 기관 동물 관리 및 사용위원회의 승인을 받았다 (IACUC 승인번호: KFRI-M-21030).

Table 6. Animal grouping and group name diet

No.	Diet	Group name	Mice
1	Chow diet (정상식이군)	Chow diet	10
2	High-fat diet (고지방식이군)	High-fat diet (HF)	10
3	HF+현미밥 30% (현미밥 30%군)	BR 30%	10
4	HF+RS쌀밥 15% (RS쌀밥 15%군)	RS 15%	10
5	HF+RS쌀밥 30% (RS쌀밥 30%군)	RS 30%	10

## 2) 사료 조성

동물실험에 사용한 고지방식이와 현미 및 저항성 쌀밥을 혼합한 사료는 두얼바이오텍(DooYeol Biotech, Korea)을 통하여 제작하였으며, 각 조성은 다음의 표와 같이 나타내었다. 사료에 사용한 쌀 시료는 모두 취반 후 동결건조하여 분말화한 상태로 사용하였다.

Table 7. Composition of high fat diet and samples diets used in the experiment (g/kg diet)

g, 60 kcal	High-fat diet (HF)	HF+BR30%	HF+RS15%	HF+RS30%
Casein	265.0	185.50	185.50	185.50
L-Cystin	4.0	2.80	2.8	2.80
Maltodextrin	160.0	112.0	112.0	112.0
Sucrose	90.0	83.0	83.0	83.0
Lard	310.0	217.0	217.0	217.0
Soybean oil	30.0	21.0	21.0	21.0
Cellulose	65.5	48.85	48.85	48.85
Mineral mix	48.0	33.60	33.60	33.60
Calcium phosphate	3.4	2.38	2.38	2.38
Vitamin mix	21.0	14.70	14.70	14.70
Choline bitartrate	3.0	2.10	2.10	2.10
Blue color	0.1	0.07	0.07	0.07
Brown rice	-	300	150	-
RS-rice	-	-	150	300

### (나) 전 당뇨 개선 효능 평가

#### 1) 마우스의 체중, 체중 변화 및 섭취량 측정

마우스의 체중 변화는 1주일 간격으로 오전 10시에 체중을 측정하여 기록하였으며, 급여 사료의 종류를 달리한 13주부터 19주까지 각 식이군의 사료 섭취량을 측정하였다. 사료 변화량은 매주 남은 사료의 양을 측정하여 마우스 한 마리당 식이량을 계산하였다.

#### 2) 마우스의 공복 혈당 측정

마우스의 공복 혈당은 20주에 정상식이군, 고지방식이와 현미밥, 저항성 쌀밥 식이군을 12시간 절식 후에 혈당 측정기로 혈당을 측정하여 구하였다.

#### 3) 마우스의 경구포도당부하검사(Oral glucose tolerance test, OGTT) 및 AUC 측정

경구포도당부하 검사는 미정맥에서 혈당기(Accu-Check Performa, Roche)를 이용하여 12시간 이상 절식한 실험동물의 공복 혈당을 측정한 뒤 혈당 상승인자인 glucose를 2 g/kg 씩 모든 군에 투여하여 30분 간격으로 미정맥에서 혈당을 측정하여 수행하였다. 상기 내당능 검사에서 혈당 측정 후 혈당 변화 곡선의 면적(AUC, Area under the curve)을 구하여 각 시험군당 혈당변화를 분석하였다.

4) 마우스의 공복 혈당과 인슐린 저항성 및 분비능의 상관관계

혈중인슐린 저항성의 지표로서 HOMA-IR index(Homeostasis model Assessment of insulin resistance index)를 공복 혈당 및 혈액 인슐린 분비능을 측정하여 산출하였다.

5) 마우스의 체지방 무게 및 체지방 이미지 측정

마우스의 체지방 무게 및 체지방 이미지를 측정하기 위하여 이중 에너지 엑스선 흡수 계측법(Dual Energy X-ray Absorptiometry, DEXA) 방식의 InAlyzer(Medikors Inc, Korea) 장비를 활용하였으며, High 80 kv 및 1.0 mA, low 55 kV 및 1.0 mA로 분석 조건을 설정하였다. 측정 중에 마우스의 움직임에 의한 오차를 방지하기 위하여, 마취제(3% Isoflurane, v/v)으로 호흡마취 시켰다. 호흡 마취 후, 마우스의 팔과 다리를 옆으로 뻗는 자세로 스캔 장소에 배치하였다. InAlyzer software를 사용하여 확보한 이미지를 통해 체지방 정보를 획득하였다.

6) 마우스의 혈청 콜레스테롤, ALT, AST, Adiponectin, Insulin 함량 측정

마우스의 고지방식이 및 저항성 쌀밥의 식이 섭취 21주 시점에서 12시간 공복 후에 해부하여 혈중 총콜레스테롤, 저밀도 콜레스테롤, 고밀도 콜레스테롤, AST, ALT 수준을 생화학 분석 장비 (AU-480, Beckman)를 사용하여 측정하였다. 인슐린 함량은 ELISA KIT Instruction(Crystal Chem, ELK Grove Vliage, IL 60007, USA), Adiponectin은 Mouse Adiponectin/Acrp30 Immunoassay(R&D systems, Inc, Mineapolis, MN55413, USA)를 사용하여 분석하였다.

7) Hematoxylin and eosin staining

마우스의 고지방식이 및 저항성 쌀밥의 식이 섭취 21주일 때, 12시간 공복 후에 해부하여 간 및 백색지방조직을 10%(v/v) 인산 완충액 포르말린에 고정하고 파라핀 왁스에 고정하였다. 절편(3  $\mu$ m)을 절단하고 각 절편을 헤마톡실린 및 에오신 염색으로 염색하였다. 모든 절편은 광학현미경(Olympus D970, Olympus Optical Co., Japan)으로 검사하였다.

## 마. 저항성 전분 강화 쌀의 장 건강 개선 효능 평가

### (1) 저항성 전분 강화 쌀의 장내 유익균 증식효능 평가

#### (가) 저항성 전분 강화 쌀 (RS쌀)

가.에서 확립된 공정으로 제조된 RS쌀 시료를 사용하였으며, 비교를 위해 무처리 백미 및 동일한 품종의 현미를 사용하였다. 모든 쌀 시료는 취반 후 동결건조하여 분말화한 뒤 사용하였다.

#### (나) 균주 및 배양 방법

장내 유익균으로는 대사과정을 통해 유기산을 생성하여 장내 환경을 개선함에 따라 유해균의 침입과 성장을 억제하고, 배변을 촉진하고 면역력을 증진시키는 *Lactobacillus* 2종과



*Bifidobacterium* 2종을 이용하였으며, 장내 유해균으로 *E.coli*를 이용하였다. 평가 시료 간 장내 유익균 증식 효능은 prebiotic activity score로 비교하였다.

배양을 위해 *Lactobacillus* 균주는 MRS 배지를 이용하였고, 이때 배양조건은 pH 6.5±0.2, 37°C에서 48시간 정치 배양시켰으며, 산소 요구성은 통성혐기성이고 동결건조보존 또는 세포현탁액 동결을 통해 균주를 보존시켰다. *Bifidobacterium* 및 *E. coli* 균주는 5% sheep blood와 0.05% L-cysteine이 포함된 TSA 배지로 배양하였으며, 37°C 및 48~72시간 배양하였으며, 편성 혐기성균으로 혐기조건에서 배양하였다.

(다) Prebiotic activity 평가

Prebiotic activity score 분석을 위한 배양 배지는 glucose 2 g/L, CaCl<sub>2</sub> 0.015 g/L, MgSO<sub>4</sub> 0.5 g/L를 첨가한 M9 broth를 사용하였다. 구체적으로 본 배양은 상기 각 균주의 콜로니를 각 균주에 해당하는 고체배지에 도말하고, 37°C 배양기에서 24~48 시간 1차 배양한 다음, 이를 다시 액체배지 10 mL에 접종하여 37°C 배양기에서 24~48 시간 2차 배양하였다. M9 배지에 균 배양액 1%(v/v)과 대조군(glucose) 5 mg/mL 또는 소화관모사모델 처리군 5 mg/mL을 혼합하고 즉시(0시간), 24~48 시간이 지난 후 마이크로 플레이트 리더기를 사용하여 600 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 이들 값을 아래의 식에 대입하여 장내 유익균 활성(prebiotic activity score) 수치를 얻었다. 이때, 양성대조군으로 프럭토올리고당(Fructooligosaccharide, FOS)을 5 mg/mL의 농도로 이용하였다.

$$\text{Prebiotic activity score} = \left[ \frac{(\text{probiotic log O.D. on the prebiotic at 24 h} - \text{probiotic log O.D. on the prebiotic at 0 h})}{(\text{probiotic log O.D. on glucose at 24 h} - \text{probiotic log O.D. on glucose at 0 h})} \right] - \left[ \frac{(\text{enteric log O.D. on the prebiotic at 24 h} - \text{enteric log O.D. on the prebiotic at 0 h})}{(\text{enteric log O.D. on glucose at 24 h} - \text{enteric log O.D. on glucose at 0 h})} \right]$$

(라) pH 분석

배양 전·후 배지 내 pH 변화는 pH meter(Orion star A211, Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 3회 측정하고 평균 수치를 사용하였다.

(2) 소화 전후 저항성 전분 강화 쌀의 장 건강 개선 평가

(가) 실험동물 및 식이

장 건강 개선 평가를 위한 실험의 실험동물 및 식이의 내용은 라.와 동일하였다.

(나) 혈액과 장기의 채취

동물실험 종료 후 실험동물을 12시간 절식시키고 아이프란액을 이용하여 마취하고 복부와 흉강을 절개하였다. 간문맥에서 채취한 혈액을 응고시킨 후 혈청을 분리하여 바이오마커를 분석하는데 이용하였다. 각각의 실험동물로부터 장 조직을 적출하여 길이를 측정하였으며, -80°C에서 분석시까지 보관하였다.

(다) 장 조직 내 단백질 발현 분석

대장 조직을 Pro-prep protein extraction solution (Intron Biotechnology, Korea)을 첨가하

여 조직 분쇄와 초음파 분해를 하여 파쇄한 후 4°C에서 12,000 rpm으로 15분간 원심분리하고 상층액을 취하여 단백질을 분리하였다. 이 시료를 15% SDS 폴리아크릴아마이드 겔을 이용하여 전기영동으로 분리하였다. 이후, 1차 항체[anti-ZO-1, anti-occludin, anti-claudin1, anti-TNF  $\alpha$ , anti- $\beta$ -actin; abcam (Cambridge, USA)와 2차 항체인 HRP-conjugated anti-rabbit antibody와 anti-mouse antibody를 반응시킨 후 발색된 밴드의 강도를 ChemiDoc XRS+ imaging system(Bio-rad, USA)로 확인하였다.  $\beta$ -actin은 각각의 시료에 동량의 단백질이 들어 있는지 확인하기 위한 대조군으로 사용하였다.

## 2. 연구 결과

### 가. 저항성 전분 함량이 강화된 즉석밥용 가공쌀 개발

#### (1) 쌀의 가공 특성 개선을 위한 도정 전처리 가공 공정 연구

##### (가) 도정 전처리 가공에 의한 쌀의 완전립률 및 호화 특성 변화

습열 및 건열 공정을 통한 가공 후 쌀의 특성 변화를 다음의 표에 나타내었다. 모든 품종에서 습열처리 후 완전립률은 대조군(75.2~86.9%)에 비해 유의적으로 증가하였으며(89.5~90.3%), 이는 선행 연구 결과와 일치하는 결과였다. 건열처리 시 습열처리에 비해 완전립률이 크게 증가하여 97%의 값을 나타내었다. 이와 같이 가열 공정이 완전립률을 높여 쌀의 가공성이 우수하므로, 저항성 전분 함량 강화 쌀을 제조하기 위한 전처리 공정으로서 사용될 수 있을 것으로 기대되었다.

열적 특성 분석 결과, 도정 전처리 가공에 의해 모든 시료의 onset, peak 및 conclusion 온도가 크게 증가하였다. 전분의 이중 나선 및 결정 구조가 일부 호화되어 파괴되었으며, 잔여 구조의 HMT 효과에 의하여 전체적인 온도 이동이 일어난 것으로 판단되었다. 그 결과 습열처리 시 모든 품종에서 85% 이상의 호화도를 나타내었다. 한편 신동진 벼의 건열 가공 시, 호화 온도는 습열처리한 경우와 유사하였으나, 호화도는 더 낮은 특성을 나타내었다. 이는 습열공정과는 달리 건열공정 중에 수분손실이 발생하기 때문으로 판단되었다.

Table 8. Head rice yield and gelatinization properties of wet- or dry-heated rice

Sample		HRY (%)	T <sub>o</sub> (° C)	T <sub>p</sub> (° C)	T <sub>c</sub> (° C)	$\Delta H$ (J/g)	DSG(%)
Waxy rice ( <i>Dongjin</i> )	control	86.9±0.7	62.5±0.1	71.8±0.1	83.6±0.0	11.7±0.7	-
	wet-heating	90.3±0.6	72.3±0.6	80.7±0.1	90.1±0.6	1.7±0.1	85.4±0.8
Normal rice ( <i>Sindongjin</i> )	control	76.0±3.2	61.9±0.5	69.0±0.1	77.2±0.3	6.6±1.2	-
	wet-heating	89.5±0.3	68.2±3.3	75.3±0.4	83.0±0.4	0.4±0.1	83.4±0.8
High-amylose rice ( <i>Saemimyeon</i> )	control	75.2±1.1	67.9±1.1	79.5±0.7	90.2±1.1	14.3±1.8	-
	wet-heating	89.7±1.1	80.1±0.6	86.1±0.2	93.4±0.4	2.0±0.3	85.7±1.9
Normal rice ( <i>Sindongjin</i> )	control	76.0±3.2	61.9±0.5	69.0±0.1	77.2±0.3	6.6±1.2	-
	dry-heating	97.0±0.0	69.1±0.2	74.7±0.2	85.8±1.1	2.7±0.3	62.7±3.4

(나) 가공쌀의 취반 특성 평가

습열 및 건열 공정을 거친 쌀로 제조한 밥의 물성 분석 결과, 습열 가공 쌀은 높은 호화도를 가졌음에도 불구하고 밥알의 단단한 정도인 경도는 대조구보다 높은 값을 나타내었다. 또한 쌀의 표면 점착성은 매우 낮아, 뭉쳐지지 않고 흩어지는 특성을 나타내었다. 반면 건열 가공 시에는 쌀의 가장 대표적인 물성 특성인 경도 및 점착성이 대조구와 유사하여 식미용으로 적합할 것으로 판단되었다.

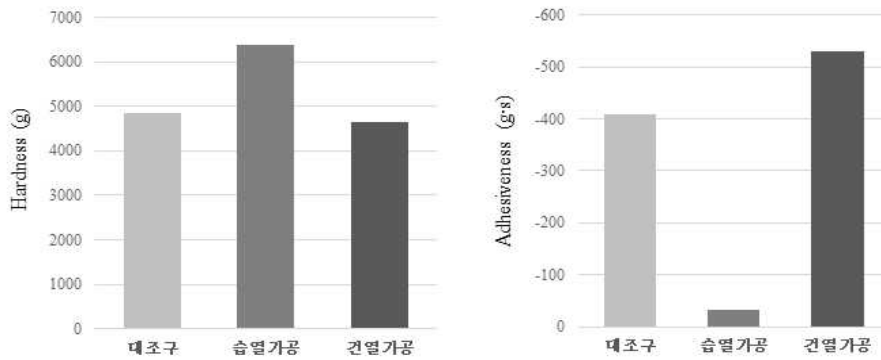


Fig. 7. Hardness(left) and adhesiveness(right) of cooked rice according to wet- or dry-heating

(다) 가공쌀의 식미 특성 평가

물성 분석 결과 대조구와 유사한 특성을 나타낸 건열가공 쌀을 택하여 식미 평가를 수행하였다. 대조구와 가공 쌀은 전반적인 기호도가 거의 비슷하게 평가되었으며, 특성 강도 또한 경도, 탄력성, 응집성, 부착성 등에서 유의적인 차이를 보이지 않아 가공 쌀이 일반 쌀과 매우 유사한 취반 및 관능 특성을 나타내었다. 한편 구수한 향미의 강도는 가공 쌀에서 유의적으로 ( $p < 0.05$ ) 높게 평가되어, 향미 면에서 긍정적인 특성을 나타낼 것으로 기대되었다.

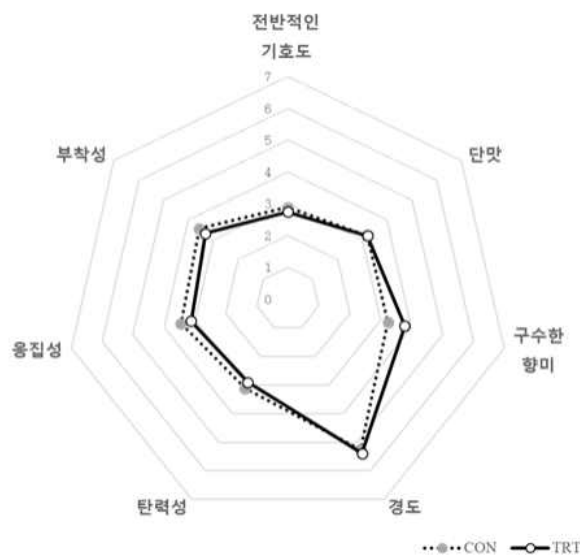


Fig. 8. Sensory properties of cooked dry-heated rice

## (2) 저항성 전분 함량 강화 공정 개발

### (가) 일반 백미의 저항성 전분 함량

백미 상태의 각 품종을 취반하여 저항성 전분 함량을 측정된 결과, 멥쌀인 신동진과 히토메보레는 1.19%의 동일한 저항성 전분 함량을 가졌으며, 새미면은 2.39%의 함량을 나타내었다. 이 중 저항성 전분 함량이 높은 새미면 품종을 선택하여 저항성 전분 함량 강화를 위한 공정 개발에 사용하였다.

### (나) 벼 가공을 통한 저항성 전분 함량 강화 공정 개발

#### 1) 저항성 전분 함량 강화를 위한 벼의 습열 전처리 공정

습열가공 벼를 도정한 경우, 백미 상태임에도 황색도가 크게 증가하여 현미와 유사한 색깔을 나타내었으며, 조건에 따른 완전립 비율 외의 특별한 차이는 확인되지 않았다. 습열처리 후 구연산 침지한 경우(DW-X/C/U/V-CA) 대부분의 시료에서는 새미면 백미 대비 약 1.2배, 일반 백미 대비 2.3-2.9배 수준으로 저항성 전분 함량 증가가 관찰되었다. 침지 조건 중 효소에 의한 추가적인 저항성 전분 증가 효과는 확인되지 않았으므로, 본 연구에 사용된 효소는 낱알 내로 구연산 침투율을 증가시키기에 효과적이지 않은 것으로 판단되며, 오히려 낱알의 구조 변화를 유도하여 완전립률을 감소시킨 것으로 판단되었다. 구연산 침지 후 습열처리한 경우(CA-X/C/U/V), 현미 대비 유의적인 저항성 전분 강화 효과가 관찰되지 않았다. 또한 대부분이 부서져 5% 미만의 완전립률을 나타내었으며, 이는 고온 고압의 습열처리 과정에서 산가수분해가 촉진되어 알곡 구조를 열화시켰기 때문으로 판단되었다.

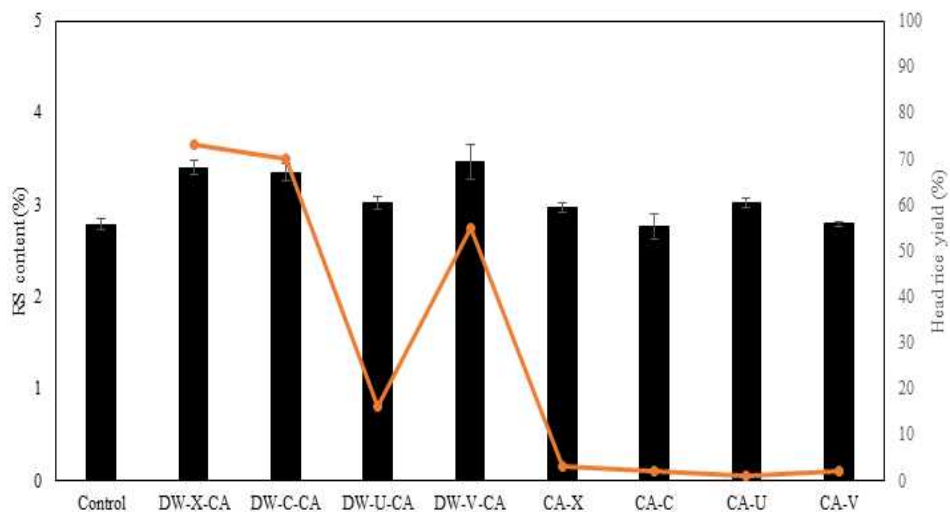


Fig. 9. HRY(line graph) and RS content(bar graph) of rice according to the different pre-treatment of wet-heating process

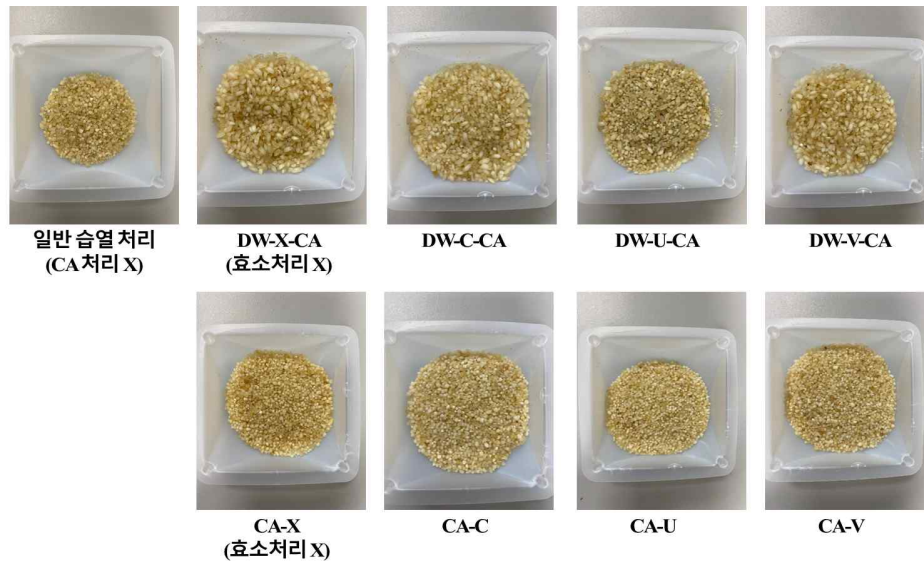


Fig. 10. Appearance of polished rice according to the different pre-treatment of wet-heating process

## 2) 저항성 전분 함량 강화를 위한 벼의 가압 습열 공정

1) 단계의 시험을 통해 습열처리 후 추가적인 구연산 침지 과정이 저항성 전분 함량 증가에 긍정적인 영향을 미침을 발견하였으며, 저항성 전분 함량 강화를 위하여 가압 습열 및 구연산 침지 조건을 시험하였다. RS 함량 분석결과 모든 처리구에서 저항성 전분 함량이 3.75~5.20% 수준으로 새미면 백미 대비 1.3~1.9배, 일반 백미 대비 3.2~3.4배의 증가를 나타내었다. 저항성 전분 함량은 전반적으로 구연산 침지시간과 습열처리 시간에 의존적으로 증가하는 경향을 보여, 습열 10분 및 구연산 침지 3시간 조건에서(R10C3) 가장 높은 값을 가졌다. 습열 공정 중 벼의 겉껍질(왕겨)이 개방되고 부분적 호화가 일어남에 따라 알곡 내부로 구연산 침투가 효과적으로 일어난 것으로 판단되며, 침지시간이 증가하는 경우 전분 사슬의 구연산과 상호작용 가능성이 증가하여 저항성 전분이 잘 형성된 것으로 여겨졌다. 그러나 구연산 침지시간이 길어질수록 완전립률이 감소하였으므로, 추가 연구를 통해 RS 함량과 도정 안정성을 동시에 증가시키는 공정으로 개선시킬 필요성이 확인되었다.

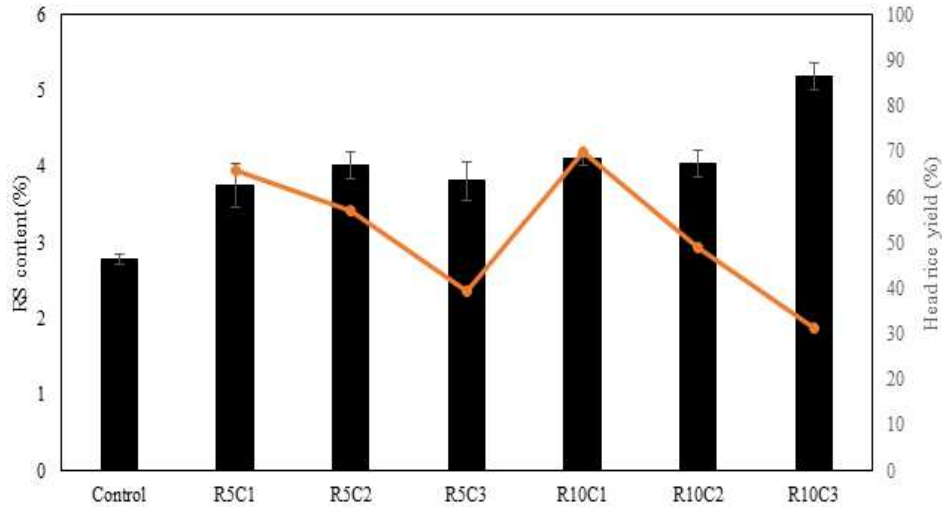


Fig. 11. HRY(line graph) and RS content(bar graph) of rice according to the different wet-heating process under pressure

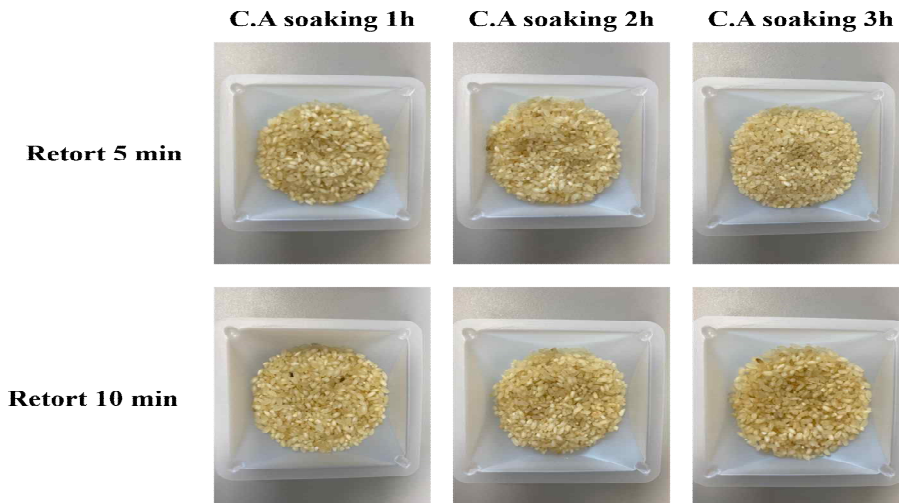


Fig. 12. Appearance of polished rice according to the different wet-heating process under pressure

### 3) 저항성 전분 함량 강화를 위한 벼의 상압 습열공정

가압 습열공정의 단순화를 위하여, 동일한 원리를 기반으로 하는 스팀 처리를 통한 상압 습열공정을 고안하여 시험하였다. 분석 결과, 모든 처리구에서 새미면 백미 대비 1.4~1.7 배, 일반 백미 대비 2.8~3.4배 수준으로 증가하였으며, 습열공정 3분 이상에서는 유의적인 시간 의존성은 관찰되지 않았다. 따라서 간편한 상압공정으로도 저항성 전분 함량을 효과적으로 증가시킬 수 있음을 확인하였다. 외관 또한 가압 습열공정에 비해 밝은 색을 나타내어, 취반 시 외관 기호도가 더 우수할 것으로 예상되었다. 반면 완전립 수율은 가압 습열처리 시에 크게 저하되었다. 따라서 완전립률과 저항성 전분 함량을 가압공정 수준으로 증가시키기 위한 공정 변수 탐색이 요구되었다.

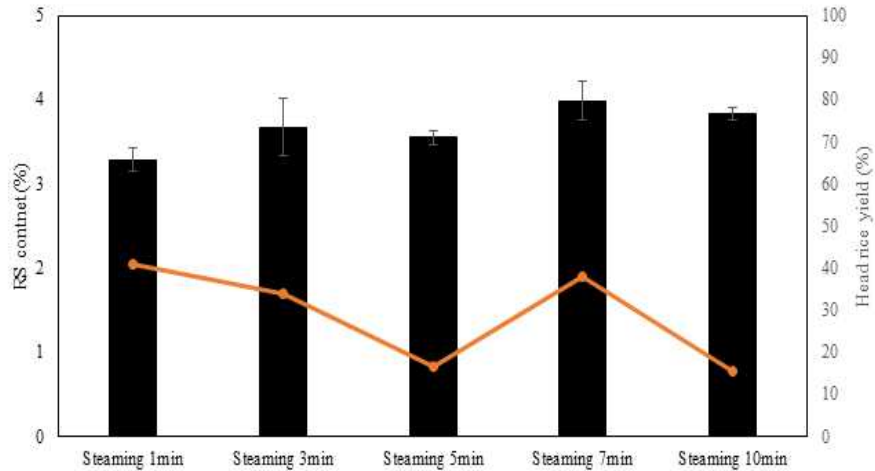


Fig. 13. HRY(line graph) and RS content(bar graph) of rice according to the steaming time of wet-heating process

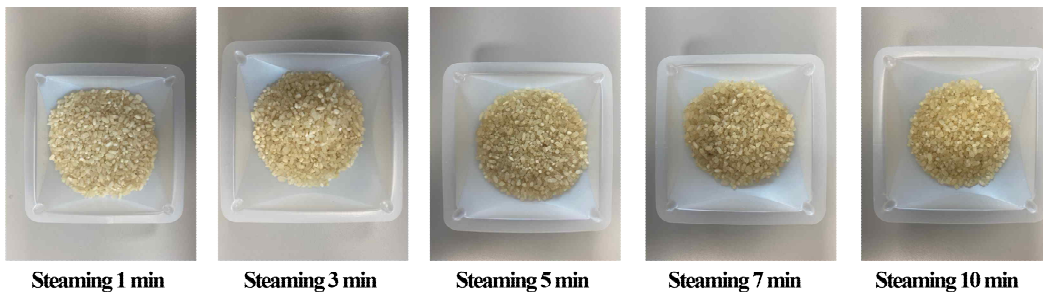


Fig. 14. Appearance of polished rice according to the steaming time of wet-heating process

(다) 쌀 가공을 통한 저항성 전분 함량 강화 공정 개발

1) 저항성 전분 함량 강화를 위한 취반 공정 시험

백미를 개선 공정으로 취반한 경우 저항성 전분 함량은 9.71%로 기존 취반 공정 대비 3 배 이상, 일반 백미 대비 약 8.2배의 RS 증가를 보였다. 그러나 산가수분해 등의 영향으로 쌀의 알곡 형태가 거의 남아있지 않았다. 현미 시료에서 또한 기존 취반 공정 대비 2.9배, 일반 백미 대비 약 6배 RS 함량 증가를 보였으며, 외관 또한 알곡 형태를 유지하였다. 이는 미강 부분이 물리적으로 낱알의 형태 유지에 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 본 취반 조건을 통해 분말이 아닌 쌀에서도 동일한 원리를 통해 저항성 전분 함량을 증가시킬 수 있음을 확인하였다. 현미보다 백미에서 더 높은 저항성 전분 함량을 나타내었으나 즉석밥 제품화를 위한 취반공정으로는 부적합하며 상용화를 위하여 추가 공정 개선이 필요할 것으로 사료되었다.

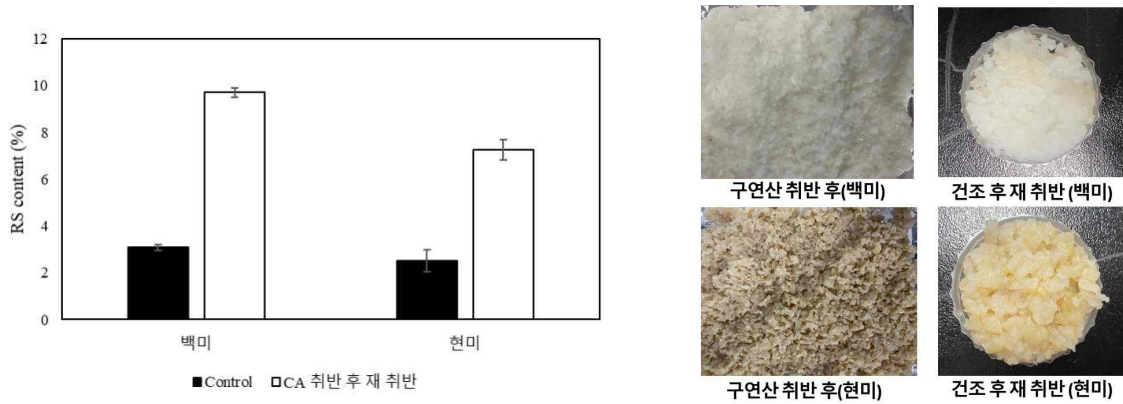


Fig. 15. RS content and appearance of rice samples after various cooking method

2) 저항성 전분 함량 강화를 위한 쌀의 건열 가공 공정

현미를 구연산 침지하여 건열처리 후, 취반하여 저항성 전분 함량을 비교하였다. 건열 공정의 온도에 관계 없이 모든 처리구에서 저항성 전분 함량이 3.63-4.64 범위로 측정되어, 일반 백미 대비 저항성 전분 함량이 3배 이상 증가하였다(최대 3.9배 수준). 이 때, 짧은 시간의 고온 로스팅보다 90℃에서 장시간 템퍼링한 경우 저항성 전분 함량 증가에 가장 효과적이었다. 현미 상태의 완전립률은 65~77%를 보였으나, 대부분 알곡에서 실금이 관찰되어 추후 백미로의 도정 공정 중 파손될 가능성이 있을 것으로 예상되었다. 취반 후 공정조건에 따른 외관차이는 관찰되지 않았다.

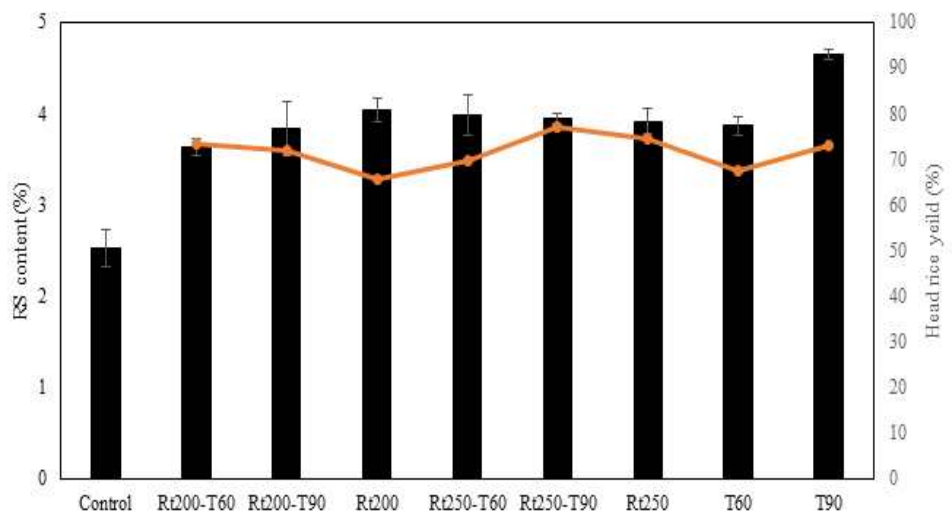


Fig. 16. HRY(line graph) and RS content(bar graph) of rice according to the dry-heating process



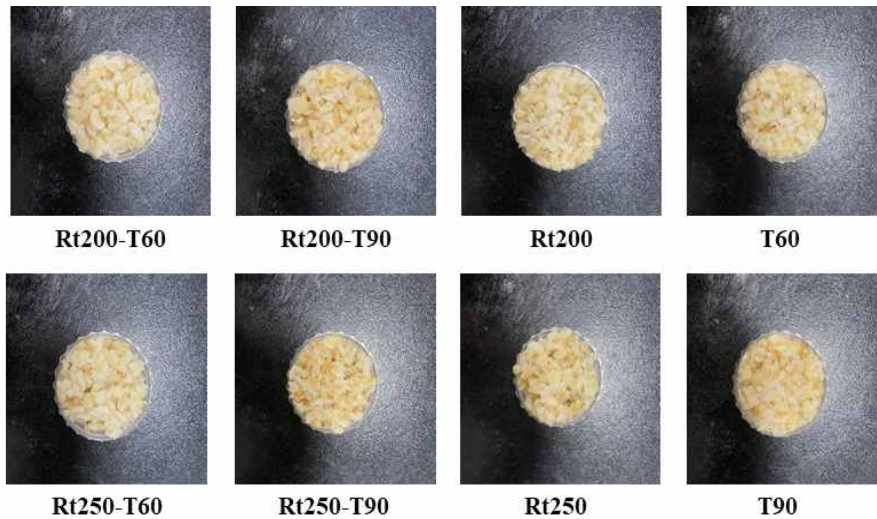


Fig. 17. Appearance of dehulled rice(brown rice) according to the dry-heating process

### (3) 즉석밥 활용을 위한 저항성 전분 함량 및 취반능이 개선된 쌀의 가공공정 최적화

(가) 유기산 종류 및 농도에 따른 저항성 전분 함유 쌀의 취반 특성 및 저항성 전분 함량


저항성 전분 함량이 증대된 동시에 쌀 알곡의 형태를 유지하며 취반 특성이 뛰어난 쌀의 가공공정을 개발하고자 하였다. 상기에서의 연구 내용을 바탕으로 즉석밥 제품화 전략 수립을 위해 협동연구기관, 쌀가공 제조업체, 즉석밥 생산 업체 등과 협의한 결과, 가공의 용이성 증진을 위해 벼 가공이 아닌 쌀 가공을 통해 공정 최적화 연구를 수행하였다.

#### 1) 유기산 종류

산업적으로 활용 가능한 다양한 유기산을 선정하여 유기산의 종류에 따라 가공 후 쌀 알곡 내에서의 저항성 전분 형성 수준 및 취반 특성이 달라지는지 비교하였다. 처리한 유기산의 종류에 관계없이, 모든 시료에서 서로 유사한 저항성 전분 함량을 나타내었으며, 수치상으로는 사과산에서 가장 높은 값을 나타내었다. 구연산과 사과산은 특유의 상쾌한 산미를 가지고 있으며 상대적으로 저렴한 가격을 가진다는 점이 유리할 것으로 판단되었다. 주석산은 구연산의 1.2배 수준의 산미를 가지는 것으로 알려져 있는데, 가공 후에도 가장 강한 신맛을 나타내었으며 상대적으로 높은 가격으로 인해 즉석밥용 가공쌀의 원료로는 적합하지 않을 것으로 판단되었다. 젖산은 비교적 부드럽고 온화한 신맛을 가지고 있는 것으로 알려져 있으나, 실험에 사용된 다른 유기산에 비해 비교적 높은 가격대를 형성하고 있어 경제성을 고려할 경우 적합도가 낮을 것으로 판단되었다.

결과적으로 같은 가공조건을 사용하였을 때, 종류에 관계없이 다양한 유기산으로부터 저항성 전분 함량을 높인 밥용 쌀을 제조할 수 있음을 확인하였으며, 가공쌀의 제품화를 위해서 경제성 및 신맛의 특성을 고려하여 유기산을 선택할 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 9. Properties of cooked rice according to the type of organic acid


Sample	Citric acid	Malic acid	Lactic acid	Tartaric acid
취반 사진				
RS(%)	5.78±1.16	5.82±0.30	5.22±0.18	5.27±0.15
소매 가격 (2021년)	9,000원/kg	11,000원/kg	16,000원/kg	16,000원/kg

2) 유기산 농도

유기산의 농도는 전분과 반응하여 전분 분자의 -OH기를 대체할 수 있는 -COO<sup>-</sup>기의 농도와 직접적으로 관계되므로, 침지액의 유기산 농도가 높을수록 가열공정 후 esterification 및 이로 인한 cross-linking 구조를 형성할 수 있는 기회가 증가할 수 있다. 그러나 esterification에 의한 변성 정도가 증가할수록 전분의 소수성이 증가하여 수분 흡수가 억제될 수 있으며, 따라서 전분의 팽윤 및 호화가 억제됨에 따라 일반 쌀과 같은 정도로 쌀이 조리되지 않을 수 있다.

또한 높은 농도의 산에 의한 전분의 산가수분해(acidic hydrolysis; lintnerization)의 가능성 또한 증가하기 때문에, 쌀의 전분이 가수분해되어 완전미가 아닌 짜라기 형태로 알곡이 쉽게 부서져 밥의 품질이 심하게 저하될 수 있다. 따라서 즉석밥으로서의 품질을 저해시키지 않는 동시에 저항성 전분 함량을 최대로 높일 수 있는 유기산의 농도를 결정하기 위하여 침지액 내 유기산의 농도에 따른 저항성 전분 함량을 시험하였다.

Table 10. Properties of cooked rice according to the concentration of organic acid

Sample	Control	MA 1.0%	MA 1.5%	MA 3.0%	MA 5.0%	MA 3M
취반 사진						
밥의 품질 (0-5)	5	4	4	0	0	0
밥의 외관묘사	색과 형태가 매우 우수함	색과 형태가 우수함	색과 형태가 우수함	밥이 되지 않음	밥이 되지 않음	색깔과 밥알의 형태가 불량함
RS(%)	1.57±0.02	3.66±0.04	5.82±0.29	6.84±0.30	5.06±0.16	2.67±0.07
신맛강도 (0-5)	0	1	1	4	5	5

쌀 침지액의 유기산 농도를 1.0% 및 1.5%로 하여 가공한 쌀로 취반한 밥에서는 신맛이 매우 약하게 느껴져 식미성이 가장 우수하게 판정되었다. 반면 해당 조건 이상의 유기산 농도에서는 신맛이 급격하게 증가하였다. 즉, 1.0%와 1.5% 농도에서는 쌀 알곡 내부에 침투한 대부분의 유기산이 전분분자 간의 esterification에 참여하여, RS 형성을 위한 작용기 치환 및 가교 결합 반응에 참여하지 않은 잉여 유기산이 거의 잔류하지 않을 것으로 예상되었다. RS 함량 분석 결과, 가장 높은 RS 함량을 가지는 유기산 침지 조건은 침지액의 유기산 농도가 3.0%일 때로 확인되었다. 이는 구연산 처리를 통해 쌀가루의 RS 함량을 증가시킨 기존 연구에서 보고한 최적 조건과 유사한 조건이었다(Kim et al., Combination of rice varieties and cooking methods resulting in a high content of resistant starch, Cereal Chemistry, 2020). 그러나 3.0% 이상의 유기산 농도로 침지하여 제조한 쌀에서는 취반시 쌀이 밥물을 흡수하지 못하여 밥이 되지 않는 것으로 관찰되었다. 이는 esterification이 과도하게 일어나 전분이 수분을 흡수하고 팽윤하는 능력을 상실했기 때문으로 판단되었다. 이러한 특성은 분말상으로 활용하는 용도의 제품에서는 문제가 되지 않았으나, 즉석밥으로 활용하기에는 부적합한 특성이었다.

또한 유기산 농도 5.0% 이상에서는 esterification과 동시에 산가수분해가 촉진되었기 때문에 저항성 전분의 함량이 다시 감소한 것으로 판단되었다. 특히 3 M의 고농도에서는 산가수분해가 매우 촉진되었기 때문에 RS 함량이 큰 폭으로 감소하였으며, 생성된 소당류로 인해 갈변 반응이 심하게 유도되어 외관 특성이 우수하지 못하였다. 3 M의 조건은 선행 문헌에서 높은 RS 함량을 가지는 전분 소재를 만들기 위해서 채택된 조건이었으나, 저항성 전분을 함유하는 밥용 쌀을 제조하기 위한 조건으로는 부적합하였으며, 더 낮은 유기산 농도 조건에 비해서 밥용 쌀로서의 품질이 저하되었다. 따라서 유의미한 RS 함량을 가지면서, 산미에 의해 기호성이 저해되지 않고, 적당한 수분흡수 및 팽윤에 의해 밥으로서 품질 특성을 나타내기에 적합한 유기산 침지액의 농도는 1.5%인 것으로 판단되었다.

#### (나) 가교반응 시간에 따른 저항전분 함유 쌀의 취반 특성 및 저항 전분 함량

열처리 공정은 유기산 분자의 탈수에 의해 anhydride 형태의 분자구조를 형성하고, 탈수 축합 반응으로 anhydride acid와 전분 분자의 -OH기 간 ester 구조를 형성하기 위해 필수적인 단위공정이다. 열처리 공정의 주요 변수는 온도와 시간인데, 낮은 온도에서는 탈수 반응에 소요되는 시간이 지나치게 오래 소요되며 탈수축합반응에 소요되는 열에너지를 충분히 제공하기 어렵다. 따라서 열처리 온도의 조건은 선행 연구의 결과를 바탕으로 하여 충분히 높은 온도인 동시에 대량 생산을 위한 식품용 가열 가공 장비(건조기, 로스터 등)로 구현 가능한 조건인 130°C로 고정하고, 해당 온도에서 수행된 가교반응 유도시간에 따른 저항성 전분의 함량 및 취반 특성을 비교하였다.

아무 처리하지 않은 일반 현미시료(Con1)로 제조한 밥은 1.57%의 저항성 전분 함량을 가졌다. 한편 유기산이 함유되지 않은 순수한 물에 침지하여 동일한 공정으로 가공한 시료(Con 2)는 Con1에 비하여 저항성 전분 함량이 소폭 증가하였다. 따라서 유기산의 관여없이 수침 및 열처리만으로도 수분열처리(Heat moisture treatment; HMT)의 효과에 의한 저항성 전분 증대를 유도할 수 있음을 확인하였다.

모든 열처리 조건에서 쌀의 수분 흡수 및 취반 특성 차이는 확인되지 않았으나, 저항성 전분 함량은 열처리 시간에 따라 유의적인 변화를 나타내었다. 유기산에 침지하여 건조한 직

후(0h)의 쌀로 제조한 밥의 저항성 전분 함량은 2.94%였으며, 열처리 이후 (1h~)부터 큰 증가를 보여 비가역적으로 저항성 전분을 형성하기 위해 가장 중요한 공정은 건조 이후의 열처리 공정임을 확인하였다. 저항성 전분 함량은 열처리 시간에 따라 점차 증가하여 7시간에서 최대값(4.84%)을 보였으며, 그 이상의 열처리 시간에서는 오히려 저항성 전분 함량이 감소하였다. 따라서 시료의 용량에 따라 최소 3시간에서 최대 7시간 사이가 가장 적합한 열처리 시간으로 확인되었다.

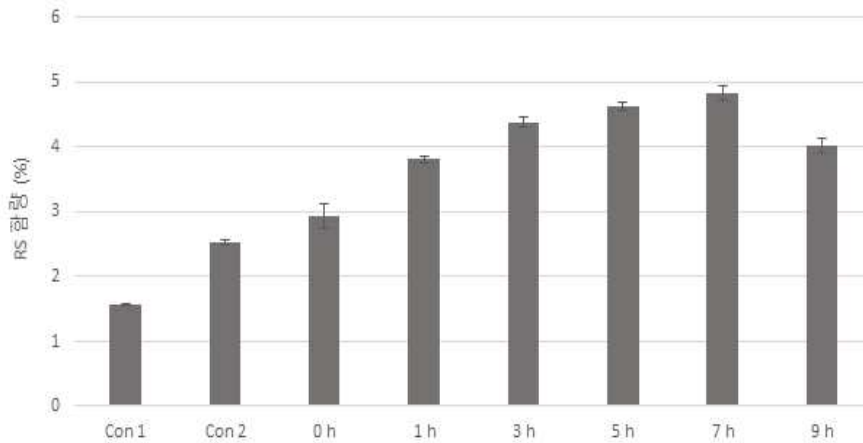


Fig. 18. Content of resistant starch(RS) in cooked rice according to the heat treatment time







(다) 쌀의 품종에 따른 저항성 전분 함유 쌀의 취반 특성 및 저항성 전분 함량

동일한 공정을 거쳐 제조한 유기산 처리 쌀들은 품종에 따라, 또는 현미 및 백미 상태에 따라 큰 차이를 나타내었다. 찰쌀과 멥쌀 품종의 경우 백미와 현미에서 모두 갈변 현상이 관찰되었으며, 갈변의 정도는 품종별로 찰쌀>멥쌀>고아밀로오스 쌀 순서로 관찰되었다. 이는 위에서 기술한 바와 같이 산가수분해에 의한 소당류 생성으로부터 기인한 것으로 판단되었다. 산에 의한 가수분해는 아밀로오스 함량이 높을 경우 더 천천히 일어나는 것으로 알려져 있다.

모든 품종에서 유기산 처리한 백미에서는 수분흡수가 일어나지 않아 취반 시 취식 가능한 밥으로 조리되지 않았으며, 일부 품종에서는 쌀알의 형태가 보존되지 않고 싸라기 형태로 파괴되는 현상이 관찰되었다. 현미는 표면의 미강에 의해 산의 침투, 산가수분해 및 물리적 손상에 대한 보호 효과를 가졌을 것으로 판단되나, 백미는 미강부분이 제거되었기 때문에 유기산과의 상호작용 정도가 높아 산가수분해 및 에스테르화 반응이 모두 촉진되어 이러한 현상이 일어난 것으로 판단되었다. 따라서 품종에 관계없이 백미를 유기산으로 가공하는 경우 즉석밥 및 밥용 쌀로서 활용할 수 없을 것으로 판단되어 RS 함량 측정에서 제외하였다.

현미에서는 모든 품종에서 취반 후 쌀알의 형태가 유지되어 식미용으로 섭취 가능한 밥을 형성할 수 있었다. 그러나 RS 함량 측정 결과, 찰쌀과 멥쌀 품종에서는 측정된 RS 함량이 1%대에 불과하였으며, 고아밀로오스 품종에서만 높은 RS 함량을 가지는 것을 확인하였다. 이는 앞서 기술한 바와 같이 산가수분해 정도와 관련이 있을 것으로 예상되었다. 따라서 본 기술을 적용하기에 가장 적합한 품종은 고아밀로오스 쌀의 현미인 것으로 판단되었다.

Table 11. Properties of organic acid treated rice samples according to polishing and variety






품종	백옥 (찰쌀)		신동진 (멥쌀)		새미면 (고아밀로스쌀)	
	백미	현미	백미	현미	백미	현미
취반 사진						
밥의 품질 (0-5)	0	2	0	3	0	4
밥의 외관	수분 흡수가 일어나지 않아 밥이 되지 않음	어두운 갈색을 띠며, 밥알 형태가 불량함	수분 흡수가 일어나지 않아 밥이 되지 않음	어두운 갈색을 띠며, 밥알 형태가 불량함	수분 흡수가 일어나지 않아 밥이 되지 않음	밥알의 형태가 유지됨
RS(%)	미측정	1.02±0.11	미측정	1.62±0.05	미측정	5.82±0.29

(라) 원료 쌀의 도정도에 따른 저항성 전분 함유 쌀의 취반 특성

(다)의 수행 결과에 따르면, 현미와는 달리 백미에서는 가공 후 쌀알의 형태가 보존되지 않고 취반 시 수분흡수가 억제되어 밥이 되지 않았다. 일반적으로 현미는 백미에 비해 식감이 거칠고 딱딱한 점이 단점으로 받아들여지고 있기 때문에, 즉석밥으로 활용 시 밥의 식감을 개선하기 위한 방법으로서 도정도를 조절할 수 있다.

백미와 현미 사이의 다양한 도정도로 제조된 쌀을 유기산으로 가공하여 취반 특성을 시험한 결과, 미강의 호분층을 70% 이상 제거하는 경우(7분도미 이상) 백미에서 관찰된 것과 마찬가지로 알곡의 형태가 유지되지 않고 취반 특성이 불량하였다. 그러나 호분층이 대부분 남아있는 경우(최대 50%) 현미에서 관찰된 것과 유사한 특성을 나타내어, 도정도가 저항성 전분 함유 쌀의 취반 특성에 중요한 요인임을 확인하였다. 따라서 즉석밥으로 활용 가능한 저항성 전분 함유 쌀을 제조하고자 하는 경우, 5분도미 이하의 현미를 활용하는 것이 적절할 것으로 판단되었다.

Table 12. Properties of organic acid treated rices samples with different degree of polishing

구분	9분도미	7분도미	5분도미	3분도미	1분도미
취반 후 사진					
밥의 품질 (0-5)	0	0	3	3	3.5
외관 묘사	짜라기 발생율이 높으며 수분 흡수가 일어나지 않음	짜라기 발생율이 높으며 수분 흡수가 일어나지 않음	밥알의 어느정도 유지되며 취반 가능함	밥알의 형태가 적당히 유지되며 취반 가능함	밥알의 형태가 온전히 유지되며 취반 가능함

(마) 저항성 전분 함량 및 취반능이 개선된 쌀의 최종 가공과정

본 연구 결과에 따라 즉석밥 활용을 위한 쌀의 최종 가공조건을 다음과 같이 확정하였으며, 이에 따라 가공한 쌀을 “저항성 전분 강화 쌀 (RS쌀, RS-rice)” 로 명명하였다. RS쌀을 당뇨 전 단계 맞춤형 즉석밥의 제조, 소화 과정에 의한 분해율 및 특성 변화, 당뇨 전 단계 개선 효능 검증, 장내 유익균 증식 효능 검증 등의 추가 연구에 사용하였다.

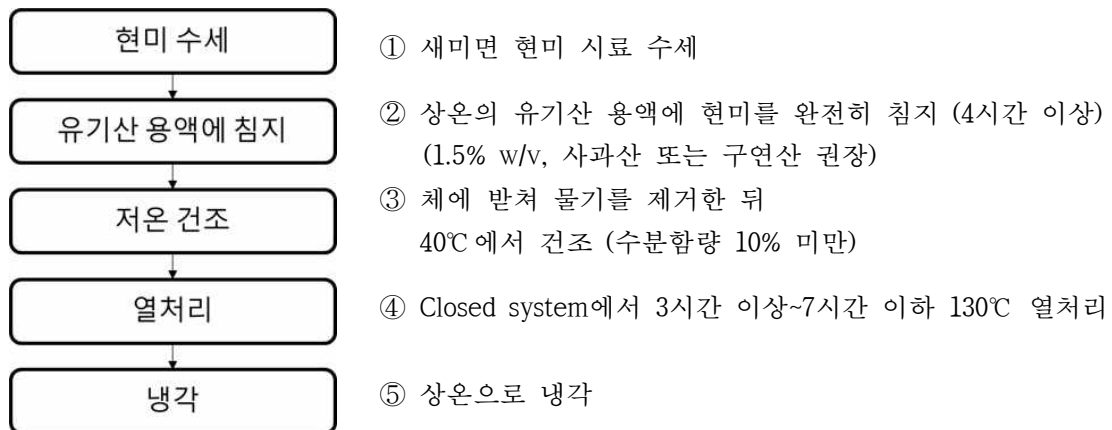


Fig. 19. Process for production of “RS-rice”

(바) 저항성 전분 강화 쌀의 대량 생산과정 최적화

생산설비의 특성에 따라 설비 내 시료의 건조 위치 및 건조 시간(4시간-8시간)의 생산 공정에 따른 저항성 전분의 함량 차이를 비교하였다. 대량생산 시 건조방법(건조 위치) 및 건조시간(4 & 8h)에 따른 저항성 전분 함량의 차이는 보이지 않는 것으로 나타나 대량생산과정 중 건조처리 온도 및 건조실의 위치 등은 생산공정의 편리에 맞추어 진행하기로 하였다.

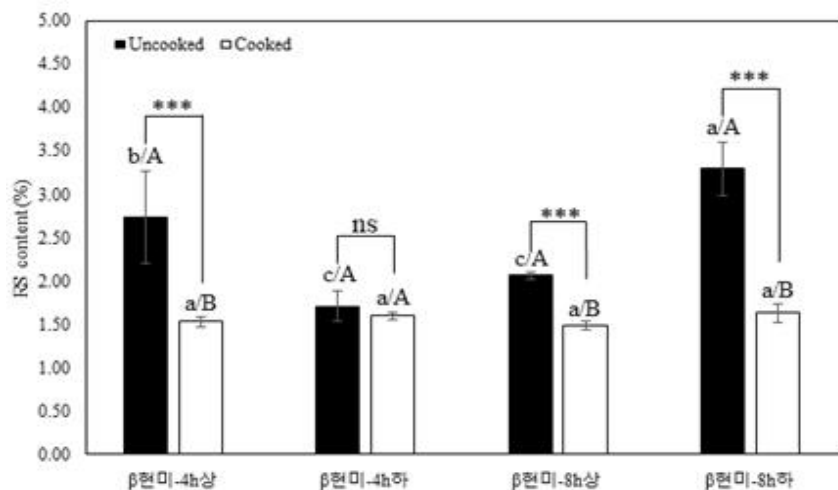


Fig. 20. Resistant starch content of “RS-rice” according to drying condition

저항성 전분의 함량 유지 및 원활한 원료수급에 대비하기 위하여 현미품종의 차이에 따른 저항성 전분 함량을 측정하였다. 새미면 외 일반 현미 2종에 대하여 동일한 공정을 실

시한 후 저항성 전분 함량을 측정한 결과, 저항성 전분은 일반 현미 품종에 비하여 세미면 현미에서 가장 높게 형성되는 것으로 나타나, 고아밀로오스 쌀 품종에 대한 안정적인 원료 수급을 위해 계약 재배 등의 방법을 모색해야 할 것으로 판단되었다.

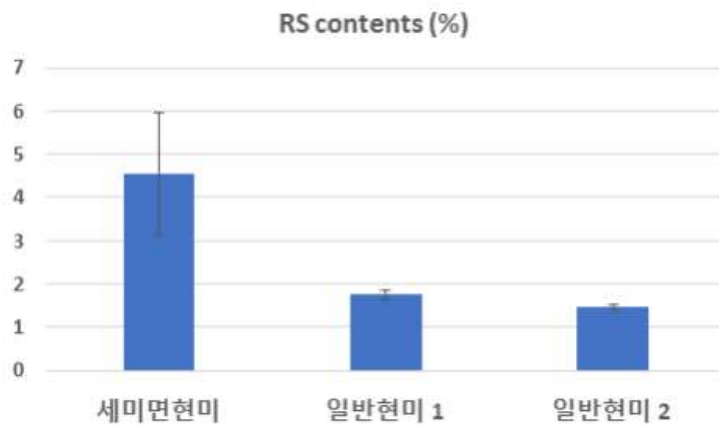


Fig. 21. Resistant starch content of “RS-rice” according to rice variety

대량 생산 공정을 통해 생산한 RS쌀의 저항성 전분 함량은 Lab scale을 통하여 생산한 시료보다는 소폭 감소하였으나 유의적인 차이를 나타내지 않음을 확인하였다.

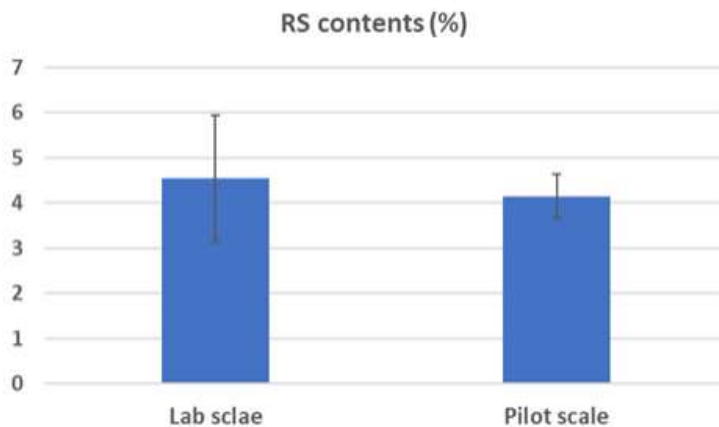


Fig. 22. Resistant starch content of “RS-rice” produced by pilot scale

## 나. 당노 전 단계 맞춤형 즉석밥 시제품 개발을 위한 소비자 평가

### (1) 즉석밥 제조를 위한 배합 원료 선정

혼합잡곡 및 렌틸콩, 귀리를 이용하여 RS쌀을 즉석밥으로 제조하기 위한 배합 원료를 시험한 결과를 아래의 표에 나타내었다.

Table 13. Ratings of liking for cooked rice samples

	전반 기호도	외관 기호도	향 기호도	맛/향미 기호도	조식감 기호도	구매 의향
1	4	3	5	4	5	4
2	1	2	1	1	3	1
3	3	3	3	3	4	2.5
4	5	5	5	5	5	2

기호도는 모든 항목에서 4번 시료가 가장 높게 평가되었으며, 이는 기능성 원곡이 포함되지 않아 일반 밥의 식미 특성을 가지기 때문으로 판단되었다. 그러나 ‘당뇨 예방 효과’와 관련한 기능성 밥으로서의 구매 의향은 비교적 낮게 평가되었는데, 이는 기존에 판매되는 제품과의 차별점이 없기 때문으로 판단되었다.

2번 시료는 모든 항목에서 기호도가 가장 낮게 평가되었다. 저항성 전분 함유 쌀이 가지는 특유의 외관 특성(백미 또는 일반 현미 비해 어두운 색깔)이 도드라져 외관 기호도가 낮게 평가된 것으로 판단되었다. 또한 향과 맛/향미 또한 매우 낮게 평가되었는데, 이는 산처리에 의해 생긴 신맛과 산의 냄새가 약하게 남아있어 식사용 밥의 특성으로서 어울리지 않기 때문으로 여겨진다. 따라서 저항성 전분 함유 쌀을 단독으로 활용하여 즉석밥을 제조하기는 어려울 것으로 판단되며, 이러한 특성으로 인해 건강적인 이점에도 불구하고 구매 의향이 매우 낮게 평가되었다.

저항성 전분 함유 쌀에 렌틸콩과 귀리가 혼합된 시료(1번)는 전반적으로 우수한 점수로 평가되었다. 이는 저항성 전분 함유 가공쌀과 외관 특성이 유사한 곡물인 귀리를 혼합하여 단점을 보완하였기 때문으로 판단되었다. 또한 렌틸콩의 혼합으로 인해 구수한 향미가 증가하여 향 및 맛/향미 기호도가 우수하게 평가되었으며, 2번과 달리 신맛이 느껴지지 않아 즉석밥으로서의 품질이 뛰어난 것으로 확인되었다. 그 결과, 관능 특성 및 건강적인 이점으로 인해 모든 시료 중 구매 의향에서 가장 높은 점수로 평가되었다. 한편 3번 시료는 1번과 비슷하게 평가될 것으로 예상하였으나, 향과 맛/향미, 조식감에서 1번보다 낮은 점수를 받았는데, 이는 렌틸콩에서 유래한 콩비린내와 쫄쫄한 질감에 의한 것으로 판단되었다.

따라서, 저항성 전분 함유 가공 쌀이 가지는 단점을 보완하고 장점을 부각시킨 제품을 제조하기 위하여 사용할 수 있는 저항성 전분 함유 쌀을 포함하는 즉석밥용 원료곡의 조성은 백미 단독 또는 일반 잡곡보다는 귀리와 렌틸콩을 적정한 비율로 혼합하는 것이 적합할 것으로 판단되었다.

## (2) 당뇨 전 단계 맞춤형 즉석밥 시제품 개발 및 소비자 평가

### (가) 즉석밥 시료의 물성 분석

즉석밥 시료의 물성 분석 결과를 아래의 그림에 나타내었다. 시판 백미 즉석밥 시료와 본 연구에서 제조한 즉석밥 시료는 제조 시의 원료 비율, 곡물의 전처리 공정, 취반 공정이 서로 다르기 때문에, 측정 결과는 오직 시판 제품과의 겉보기 특성을 비교하는 용으로만 해석하였다.



현재 시판되고 있는 백미 즉석밥의 경도를 측정된 결과 모든 시료 중 경도가 가장 낮게 관찰되었다. 백미 잡곡밥은 일반 렌틸콩과 귀리를 포함하고 있기 때문에, 해당 작물들의 특성에 의해 백미보다 경도가 높게 나타남을 확인하였다. RS 잡곡밥의 경우 렌틸콩과 귀리 뿐만 아니라, 현미 상태로 가공된 RS 쌀을 함유하고 있어 백미잡곡밥 대비 경도가 증가하였다. 그러나 본 연구에서 제조한 즉석밥 2종 시료는 모두 레토르트 공정을 통해 1차로 조리되었기 때문에, 백미(신동진)를 일반 밥솥으로 직접 취사한 밥(경도  $2812.5 \pm 351$  g)에 비해 낮은 경도를 가져 일반 밥솥으로 섭취하기에 어려움이 없을 뿐만 아니라 보다 부드러운(경도가 낮은) 식감을 가질 것으로 판단하였다.

부착성(adhesiveness)은 시료가 측정 probe의 표면에 부착되는 힘의 정도를 나타내는 특성으로, 시료의 구성요소간의 결합도와 관련된 응집성(cohesiveness)과 함께 복합적으로 작용하여 밥의 찰기를 반영하는 특성이다. 응집성은 시료간 차이가 최대 0.2 미만으로 매우 적게 관찰되었다. 부착성은 백미잡곡밥 시료에서 가장 높게 관찰되었으며, RS잡곡밥 시료에서도 시판 시료보다 부착성이 높아 당노 전 단계 맞춤형 즉석밥 제품은 일반 백미밥과 비교하여 준수한 수준의 찰기를 가지는 것으로 확인되었다. 탄력성(Springiness), 씹힘성(chewiness), 복원력(resilience) 등의 특성은 경도에서 관찰된 시료간의 순서와 유사한 경향으로 관찰되었다.

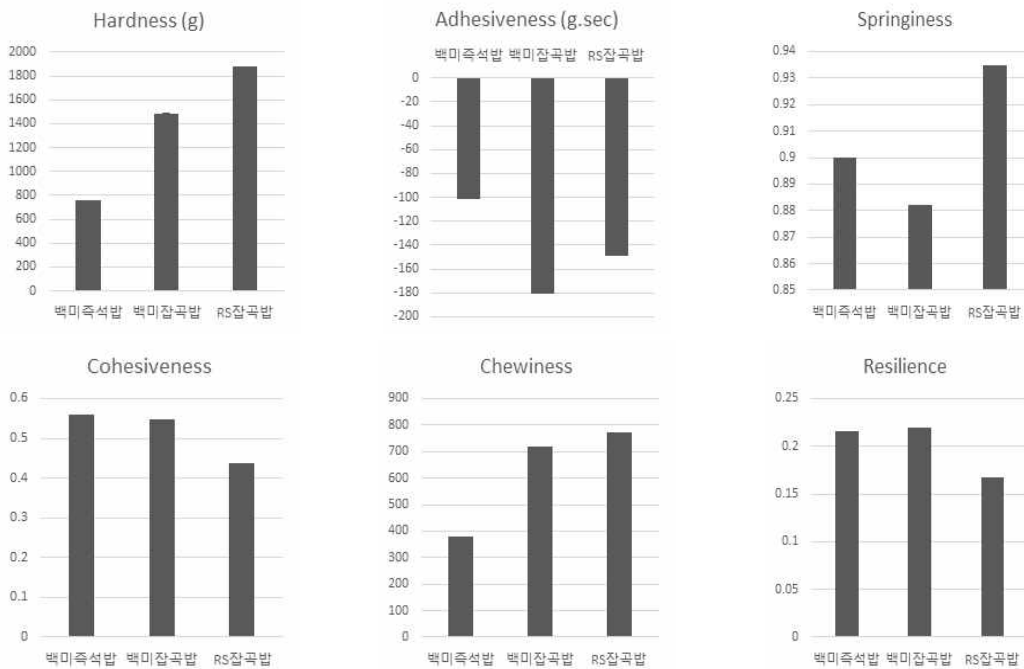


Fig. 23. Textural properties of cooked rice samples.

(나) 즉석밥 시료의 *in vitro* 소화특성 분석

각 즉석밥 시료의 *in vitro* 가수분해에 의해 생성된 포도당의 농도 변화를 비교하여 아래의 그림에 나타내었다. 모든 시료는 초기 소화 5분 이내에 급격한 가수분해가 일어나는 것으로 확인되었으며, 해당 시점에서의 가수분해 정도는 서로 비슷하였다(생성된 포도당 농도  $0.33 \pm 0.01$  mg/mL). 그러나 10분 시점부터는 시료간 확연한 차이가 발생하기 시작하였

으며, 구체적으로 백미즉석밥 0.38 mg/mL, 백미잡곡밥 0.36 mg/mL, RS잡곡밥 0.33 mg/mL 수준으로, 이를 각각 소화율로 환산 시 76.1%, 71.7%, 65.3%로 계산되었다.

백미즉석밥 시료는 소화 초기 단계인 15분 시점과 종료 단계인 120분 시점에서의 용출 포도당 농도 간 유의적인 차이를 보이지 않아(각 0.39 mg/mL, 0.41 mg/mL), 10분 시점에서 소화가 완료되는 것으로 판단되었다. 백미 즉석밥이 최종 가수분해되는 정도는 전체 고형분 중량 대비 소화율(%)로 환산하였을 경우 약 80% 수준에 이르는 것으로 확인되었다.

백미잡곡밥 시료는 백미즉석밥 시료와 5분 시점에서의 분해 정도는 거의 비슷하였으나, 약 30분 내지 60분 시점까지 가수분해에 의한 용출 포도당 농도 증가가 관찰되었다. 최종(120분) 용출 포도당 농도는 0.39 mg/mL로 백미즉석밥 시료의 15분 가수분해 시점과 동일하여, 동일한 정도까지 가수분해되는데 소요되는 시간이 증가하는 것으로 확인되었다. 즉, 백미에 렌틸콩과 귀리 등의 잡곡밥을 혼합함으로써 순수 백미밥 대비 혈당 조절 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단되었다.

RS잡곡밥 시료는 초기 단계에서 가수분해가 종료되었던 다른 시료와 달리 120분 동안 계속해서 가수분해가 지속되었다. 또한 전체 고형분 중량 대비 최종 소화율이 72.4% 수준으로(최종 용출 포도당 농도 0.37 mg/mL) 타 시료에 비해 확연히 낮은 값을 보였다. 즉, RS 구조에 의해 최종 소화율이 감소하였으며 천천히 소화되는 전분의 획득인 SDS(slowly digestible starch, 지소화성 전분)로서의 특성 또한 일부 보이는 것으로 확인되었다.

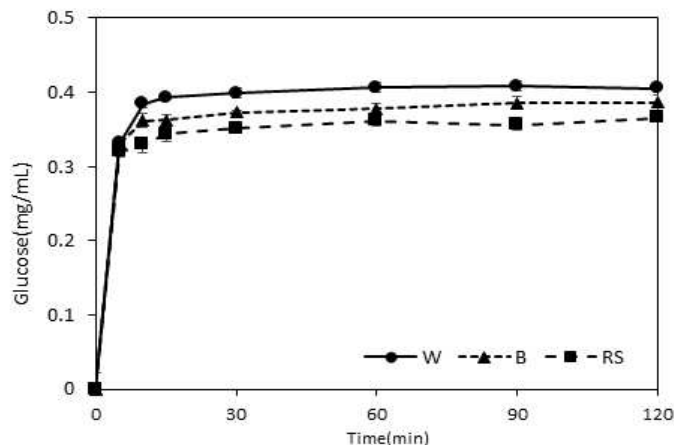


Fig. 24. Concentration of glucose released during in vitro digestion of cooked rice samples

W: 백미밥, B: 백미 잡곡밥, RS: RS쌀 잡곡밥

(다) 즉석밥 시료 섭취에 따른 혈당 및 포만감 측정

1) 혈당 분석

각 즉석밥 시료의 혈당농도 곡선하면적을 아래의 그림에 제시하였다. W와 B, RS 시료를 평가하기 전 공복혈당은 각 95.6, 93.5, 94.9 mg/dL로 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 식후에 측정된 혈중 glucose 농도의 peak 지점은 각 시료별로 상이하게 나타났다. B와 RS 시료의 경우, 식사 종료 후 15분에 peak에 도달하여 (약 148.8 mg/dL 수준) 이후 혈당이 하강하는 형태를 보였으나, W 시료는 식후 30분까지 지속적으로 혈당이 상승하여 더 높은 혈당 수준까지 도달하였다. 즉, 백미만으로 구성된 시료는 혈당 상승 구간이 오래 지속되는데 비하여, 렌틸콩과 귀리 등의 잡곡을 함유하거나 이에 RS쌀이 추가로 구성되는

경우 혈당 상승 구간이 단축되는 것으로 확인되었다. 이는 *in vitro* 소화 실험 결과에서 확인된 것과 유사한 결과였다.

또한, 각 즉석밥 시료의 혈당농도 곡선하면적 값을 산출한 결과, RS 시료가 16832.3으로 가장 낮았고, B(17238.0), W(17471.3) 순으로 나타나 RS 시료의 혈당 조절 효과가 일부 관찰되었다. 이는 *in vitro* 소화 실험 결과에서 관찰된 최종 소화율(%)과 유사한 결과로, 백미에 렌틸콩과 귀리 등의 잡곡을 혼합함으로써 순수 백미밥 대비 혈당 상승 완화 효과를 가지며, RS 쌀을 함유하는 경우 더욱 뛰어난 혈당 조절 능력을 가짐을 뒷받침하였다.

본 소비자 조사에서 즉석밥 뿐만 아니라 한 끼 식단으로 구성된 다양한 종류의 반찬 및 국을 함께 섭취하였음을 고려했을 때, RS쌀을 포함한 즉석밥이 당뇨 전 단계 환자의 식후 혈당 조절에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대되었다.

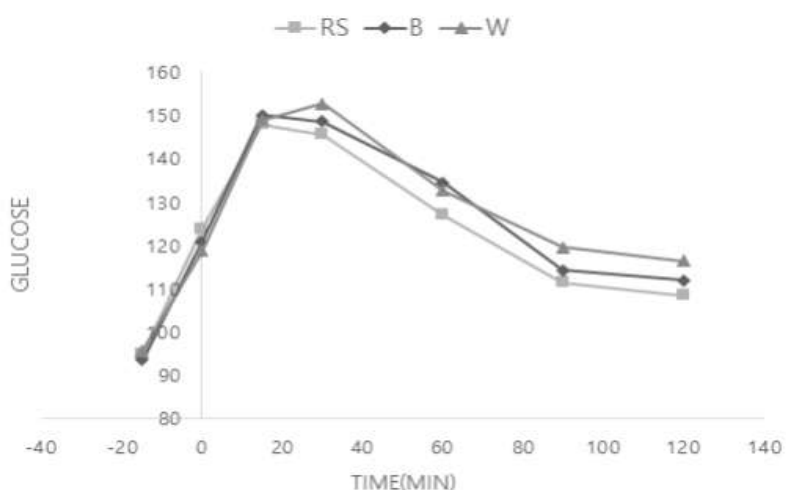


Fig. 25. Incremental area under blood glucose response curve of cooked rice samples

W: 백미밥, B: 백미 잡곡밥, RS: RS쌀 잡곡밥

## 2) 포만감 분석 결과

식사 전에 연구대상자는 배고픈 정도(hungry)와 음식을 먹고 싶은 정도(want to eat)를 각 6.0점, 5.9점 수준으로 평가하였고, 각 즉석밥을 평가하기 전에는 유의미한 차이가 없었다. 또한, 식사 직후 8.4점이었던 포만감 수준이 120분 후에는 5.9점으로 완만하게 감소하는 경향이었으나 즉석밥 시료 간의 효과를 관찰하기 어려웠다. 잡곡 및 현미(RS쌀) 시료의 혼입에 따라 육안으로 확인되는 외관 인지에 따른 편향이 포만감에 영향을 줄 것으로 기대하였으나, 실제 소비자가 느끼는 포만감은 시료의 외관에 영향을 받지 않음을 확인하였다.

## 3) 기호도 및 (비)선호 유도인자

각 즉석밥 시료에 대한 기호도 항목의 시료 별 평균값과 분산분석 결과를 아래의 표에 제시하였다. 시료의 주요효과는 전반 기호도( $W \geq B \geq RS$ )와 외관 기호도( $W > B = RS$ ) 항목에 영향을 주었으나, 향과 맛/향미, 조직감 기호도에서는 통계적으로 유의미한 차이를 유발하지 않았다.

건강기능성에 대한 정보를 제공하지 않고 일반 즉석밥 제품으로 평가되었을 때, RS쌀을

함유하는 즉석밥은 향, 맛/향미, 조직감에서는 일반 백미 즉석밥과 유사한 수준의 기호 품질을 가지며, 단순히 외관 특성에 의해 전반 기호가 영향을 받은 것으로 이해되었다. 특히 RS쌀은 단순 잡곡밥과는 모든 항목에서 기호도에 유의적 차이를 보이지 않아, RS 쌀의 혼입이 제품의 기호에 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

Table 14. Ratings of liking for cooked rice samples

시료	기호도 <sup>1</sup>				
	전반*	외관***	향	맛/향미	조직감
W	6.55 <sup>a2</sup>	6.45 <sup>a</sup>	6.30	6.25	6.25
B	6.05 <sup>ab</sup>	4.60 <sup>b</sup>	5.75	6.00	6.00
RS	5.35 <sup>b</sup>	4.65 <sup>b</sup>	5.45	5.75	5.45

1 9점 기호척도(1=대단히 싫음, 5=좋지도 싫지도 않음, 9=대단히 좋음)  
 2 20명의 소비자가 평가한 기호도의 평균값  
 abc column 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임  
 \*, \*\*, \*\*\* 시료가  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ,  $p < 0.001$  수준에서 유의적인 차이가 있음

즉석밥 시료에 대한 선호 및 비선호 유도인자 분석 결과, B와 RS 시료 모두에서 색이나 잡곡여부 등 외관 항목이 비선호 유도인자로 다수 언급되어 낮은 수준의 외관 기호도를 설명하였으며, 이로 인해 기호척도를 통해 조사한 바와 같이 외관 항목이 전반적 기호도 형성에 일부 기여한 것으로 판단할 수 있다.

또한, B와 RS 시료 모두 기호 유도인자로 고소한 향미가 특징적으로 언급되었고, ‘건강할 것 같다’ 등의 감정적 요인 또한 응답되었다. 그러나, 잡곡의 식감이 좋다는 의견과 푸석하고, 건조하며 거칠다는 의견이 양분되어 조직감 항목이 선호 및 비선호 유도인자로 모두 언급되어 소비자 내(within) 차이도 관찰되었다.

### (3) 곤약 함유 즉석밥 시제품 개발을 위한 소비자 조사

#### (가) 곤약 함량에 따른 RS쌀밥의 소비자 조사 결과

##### 1) 기호도

곤약 함유 즉석밥 시제품 개발을 위한 기호도 조사에 의한 기호도 항목의 시료 별 평균 값과 분산분석 결과를 아래의 표에 제시하였다. 시료의 주요효과는 향 기호도를 제외한 모든 기호도 항목에서 통계적으로 유의미한 차이가 관찰되었으며, 모든 기호도 항목에서 곤약쌀이 첨가되지 않은 대조군 시료가 가장 높게 평가되었으나, 15G와 30G 시료와 통계적으로 유의미한 차이는 없었다. 그러나 45G와 60G 시료의 경우, 다른 세 시료에 비해 전반 기호도 수준이 상대적으로 낮게 평가되었다. 즉, 소비자는 기호를 해치지 않는 범위에서 적용 가능한 곤약쌀의 최대 비율은 30% 내외일 것으로 판단되었다.

Table 15. Ratings of liking for cooked rice samples

시료	기호도 <sup>1</sup>				
	전반 <sup>***</sup>	외관 <sup>***</sup>	향	맛/향미 <sup>***</sup>	조식감 <sup>***</sup>
Control	5.48 <sup>a2</sup>	5.80 <sup>a</sup>	5.20	5.48 <sup>a</sup>	5.55 <sup>a</sup>
15G	5.16 <sup>ab</sup>	5.48 <sup>a</sup>	5.18	5.30 <sup>a</sup>	4.86 <sup>ab</sup>
30G	5.05 <sup>ab</sup>	5.34 <sup>ab</sup>	5.14	5.21 <sup>a</sup>	4.96 <sup>ab</sup>
45G	4.61 <sup>b</sup>	4.55 <sup>b</sup>	5.09	4.82 <sup>ab</sup>	4.43 <sup>bc</sup>
60G	3.50 <sup>c</sup>	3.39 <sup>c</sup>	4.64	4.04 <sup>b</sup>	3.52 <sup>c</sup>

1 9점 기호척도(1=대단히 싫음, 5=좋지도 싫지도 않음, 9=대단히 좋음)

2 56명의 소비자가 평가한 기호도의 평균값

abc column 내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

\*\*\* 시료가 p<0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

## 2) (비)선호 유도인자

시료별 5% 이상의 소비자가 언급한 선호 및 비선호 유도인자를 활용하여 대응분석(CA, correspondence analysis)을 수행한 결과, 주성분 1이 61.4%, 주성분 2가 21.2%로 총 분산의 82.6%를 설명하였다. 대응분석 결과는 기호도 평가 경향과 유사하였는데, 상대적으로 높은 기호도 수준으로 평가된 Control, 15G, 30G 시료는 식감이나 찰기가 좋다는 응답이 많았다. 특히 Control 시료는 쌀밥과 비슷하고, 부드러운 식감을 가졌으며, 잡곡의 비율이 적절하다는 의견이 다수 있었다. 반면, 상대적으로 낮은 기호도 수준으로 평가된 45G와 60G 시료는 끈약쌀에서 유발된 미끌미끌한 식감이 싫다는 응답과 더불어 식감이 조화롭지 않고, 찰기가 없다는 의견이 지배적이었다. 또한, 어두운 갈색 등 외관이 싫다는 응답도 상당수 있었다.

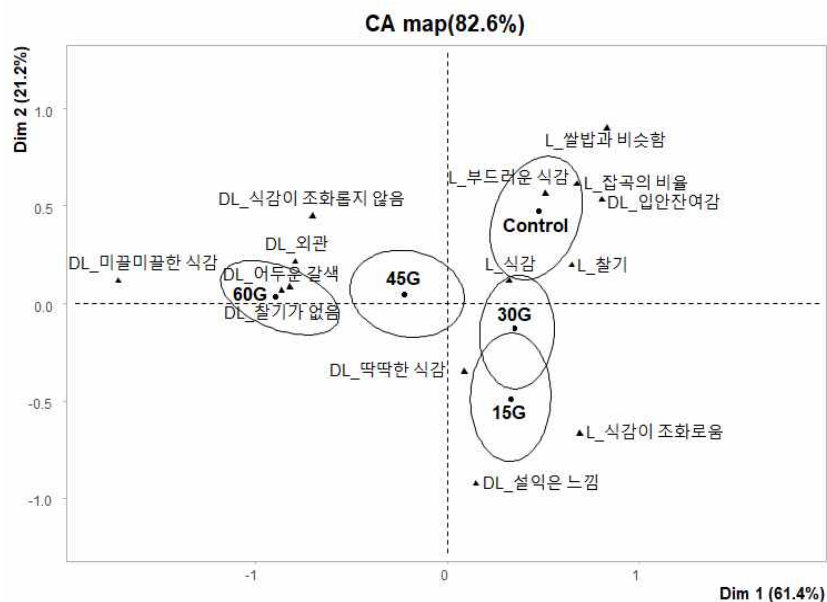


Fig. 26. Correspondence analysis(CA) plot of reasons for liking and disliking attributes and their cooked rice sample loadings

(나) 곤약 함량에 따른 RS쌀밥의 물성 측정 결과

곤약을 함유한 밥의 물성 측정 결과, control 시료는 잡곡 및 RS 쌀을 함유하고 있음에도 불구하고 백미밥(신동진)에 비해 경도가 낮아 부드러운 식감을 가지고, 부착성이 높아 뛰어난 품질을 가지는 것으로 확인되었다. 즉, 잡곡 및 RS 쌀은 밥으로서의 품질에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 소비자 조사에서 평가된 조직감 기호도 항목과 밥 시료의 경도 및 부착성 값의 순서가 유사하게 관찰되었다. 즉, 소비자 기호 결과 유의적 차이를 보이지 않았던 control, 15G, 30G 시료는 물성 측정 결과에서도 서로 경도 및 부착성 특징이 유사하였으며, 45G와 60G 시료는 곤약쌀 함량의 증가에 따라 점차 경도와 부착성이 크게 감소하는 특성을 보였다.

이러한 물성 측정 결과는 소비자의 비선호 인자로 도출된 ‘미끌미끌한 식감’, ‘찰기가 없음’ 등의 용어와 일맥상통하는 것으로, 실제로 물성 측정시 시료간의 유의적인 차이를 소비자가 섭취 시에도 인지하는 것으로 판단되었다.

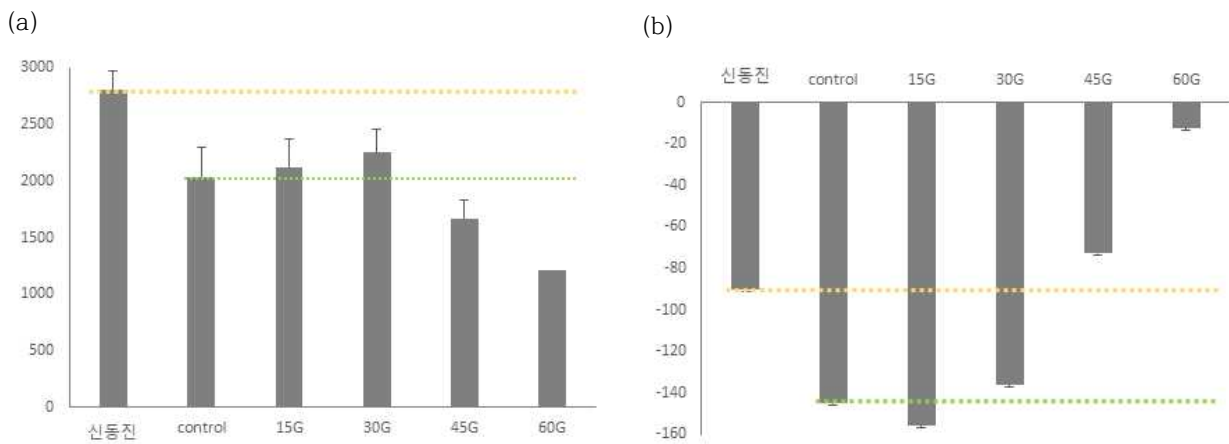


Fig. 27. (a) Hardness and (b) adhesiveness of cooked rice samples.

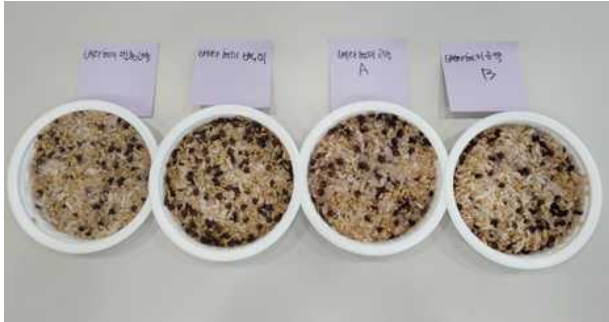
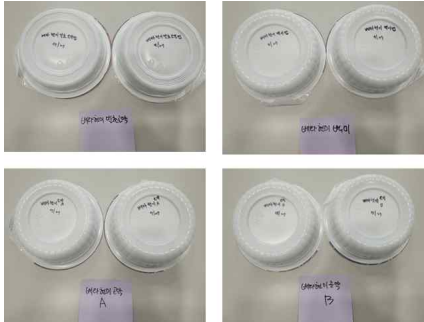
(4) 즉석밥 제품화 공정 최적화 및 시제품 개발

(가) 즉석밥 시제품 개발

본 연구에서 개발된 저항성 전분 강화 쌀(RS쌀)을 포함한 당노 전 단계 환자용 즉석밥은 사업화 컨셉에 따라 혈당 조절용(병원 및 약국 판매용) 및 체중 조절용(온라인 판매용)으로 구분하여 총 2종으로 개발하였다.

Table 16. Concepts of prototype products

컨셉 및 주요 유통라인	개발 시제품	
	혈당 조절 (병원/약국)	체중 조절 (온라인/B2C)
제품유형	즉석조리식품	즉석조리식품
주요사양	RS쌀 20 ~ 30%, 곤약쌀 30% 미만, 기타 잡곡 (렌틸콩, 귀리)	RS쌀 20 ~ 30%, 곤약쌀 50 ~ 60%, 기타 잡곡 (렌틸콩, 귀리)
중량	210g	150g

각 컨셉의 즉석밥을 상기에서 연구한 내용을 바탕으로, 대량생산용 원료를 활용하여 아래의 표에 따라 제조하였다. 관능적 특성을 검토한 결과, 혈당 조절용 즉석밥 시제품인 A, B 제품을 비교하였을 때, 물과 찰현미의 함량이 높은 A 제품이 B제품에 비해 관능성이 우수하였으며, 체중조절용 즉석밥의 경우 찰현미의 비율을 증가시킴으로 관능성을 개선하였다.

Table 17. Formulation of prototype products

	백미(%)	곤약쌀 (%)	RS쌀(%)	귀리(%)	렌틸콩 (%)	찰현미 (%)	물(g)	중량(g)
<b>A (혈당조절용)</b>	<b>33</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>94</b>	<b>210</b>
B (혈당조절용)	35	25	25	5	5	5	90	210
C (기본 대조군)	50		30	10	10		100	210
<b>D (체중조절용)</b>	<b>5</b>	<b>60</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>22</b>	<b>150</b>

생산 공정, 생산 원가, 관능적 특성 및 시장성 등을 고려하여 사업화를 위한 최종 제품의 포플러를 결정하여 품목제조보고를 완료하였다. 연구에서 개발된 RS쌀은 기존 출시한 제품과의 연결성을 고려하여 ‘베타현미’로 라벨에 표기하였다.

Table 18. Information of final products

		최종 시제품																																																																																																																														
컨셉 및 주요 유통라인	혈당 조절 (병원/약국)	체중 조절 (온라인/B2C)																																																																																																																														
제품유형	즉석조리식품	즉석조리식품																																																																																																																														
제품명	당안베타현미밥	방탄베타현미곤약밥																																																																																																																														
구성 (%)	백미 37.9, 곤약쌀 25.9 베타현미 19.8, 귀리 5.2 렌틸콩 5.2, 찰현미 6	백미 5, 곤약쌀 60.1 베타현미 20, 찰현미 11.5 렌틸콩 4.6, 귀리 3.8																																																																																																																														
중량	210g	150g																																																																																																																														
제품 이미지																																																																																																																																
품목제조 보고서	<p>발급번호 : MAMB-B8DA-YPRJ-MKJQ-AGDU</p> <p><b>식품 - 식품첨가물 품목제조보고서</b></p> <table border="1"> <tr> <td>보고인</td> <td>성명 이정영</td> <td>생년월일 1982년 12월 18일</td> </tr> <tr> <td></td> <td>주소 광주광역시 북구 서강로131번길 60,302동 405호 ( 유대관동 )</td> <td>전화번호 01073802501</td> </tr> <tr> <td>영입소</td> <td>영입(상호) 환식영농조합법인</td> <td>영입등록번호 20150461821</td> </tr> <tr> <td></td> <td>소제지 충청남도 아산시 신창면 서부목로 629(1층)</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="10">제품정보</td> <td>식품의 유형</td> <td>즉석조리식품</td> <td>품목제조보고번호</td> <td>20150461821189</td> </tr> <tr> <td>재분명</td> <td>당안베타현미밥</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>유통기한</td> <td>제조일로부터 9개월</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>복합유지기간</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>원재료명 또는 성분명 및 배합비율</td> <td>맛장애 기재</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>원도 명칭</td> <td>맛장애 기재</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>보관방법 및 포장재질</td> <td>맛장애 기재</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>포장방법 및 포장단위</td> <td>맛장애 기재</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>성상</td> <td>제품 고유의 형태와 색택을 지니며 이미 예외가 없어야 한다.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>품목의 특성</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>기타</td> <td colspan="3"> <p>「식품위생법」 제37조 제5항 및 같은 법 시행규칙 제45조 제1항에 따라 식품 (식품첨가물) 품목제조 사항을 보고합니다.</p> <p style="text-align: right;">2021년 11월 29일 보고인 이정영</p> <p style="text-align: center;">충청남도 아산시청 귀하</p> <p>품목보고번호 : 20150461821189</p> <table border="1"> <tr> <td>처리부서</td> <td>복지문화국 위생과</td> <td>처리자성명</td> <td>최광준</td> <td>처리일자</td> <td>2021년 11월 30일</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	보고인	성명 이정영	생년월일 1982년 12월 18일		주소 광주광역시 북구 서강로131번길 60,302동 405호 ( 유대관동 )	전화번호 01073802501	영입소	영입(상호) 환식영농조합법인	영입등록번호 20150461821		소제지 충청남도 아산시 신창면 서부목로 629(1층)		제품정보	식품의 유형	즉석조리식품	품목제조보고번호	20150461821189	재분명	당안베타현미밥			유통기한	제조일로부터 9개월			복합유지기간				원재료명 또는 성분명 및 배합비율	맛장애 기재			원도 명칭	맛장애 기재			보관방법 및 포장재질	맛장애 기재			포장방법 및 포장단위	맛장애 기재			성상	제품 고유의 형태와 색택을 지니며 이미 예외가 없어야 한다.			품목의 특성				기타	<p>「식품위생법」 제37조 제5항 및 같은 법 시행규칙 제45조 제1항에 따라 식품 (식품첨가물) 품목제조 사항을 보고합니다.</p> <p style="text-align: right;">2021년 11월 29일 보고인 이정영</p> <p style="text-align: center;">충청남도 아산시청 귀하</p> <p>품목보고번호 : 20150461821189</p> <table border="1"> <tr> <td>처리부서</td> <td>복지문화국 위생과</td> <td>처리자성명</td> <td>최광준</td> <td>처리일자</td> <td>2021년 11월 30일</td> </tr> </table>			처리부서	복지문화국 위생과	처리자성명	최광준	처리일자	2021년 11월 30일	<p>발급번호 : MAMB-B8DA-OXEQ-YLGF-WUQK</p> <p><b>식품 - 식품첨가물 품목제조보고서</b></p> <table border="1"> <tr> <td>보고인</td> <td>성명 이정영</td> <td>생년월일 1982년 12월 18일</td> </tr> <tr> <td></td> <td>주소 광주광역시 북구 서강로131번길 60,302동 405호 ( 유대관동 )</td> <td>전화번호 01073802501</td> </tr> <tr> <td>영입소</td> <td>영입(상호) 환식영농조합법인</td> <td>영입등록번호 20150461821</td> </tr> <tr> <td></td> <td>소제지 충청남도 아산시 신창면 서부목로 629(1층)</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="10">제품정보</td> <td>식품의 유형</td> <td>즉석조리식품</td> <td>품목제조보고번호</td> <td>20150461821190</td> </tr> <tr> <td>재분명</td> <td>방탄베타현미곤약밥</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>유통기한</td> <td>제조일로부터 9개월</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>복합유지기간</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>원재료명 또는 성분명 및 배합비율</td> <td>맛장애 기재</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>원도 명칭</td> <td>맛장애 기재</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>보관방법 및 포장재질</td> <td>맛장애 기재</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>포장방법 및 포장단위</td> <td>맛장애 기재</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>성상</td> <td>제품 고유의 형태와 색택을 지니며 이미 예외가 없어야 한다.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>품목의 특성</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>기타</td> <td colspan="3"> <p>「식품위생법」 제37조 제5항 및 같은 법 시행규칙 제45조 제1항에 따라 식품 (식품첨가물) 품목제조 사항을 보고합니다.</p> <p style="text-align: right;">2021년 11월 29일 보고인 이정영</p> <p style="text-align: center;">충청남도 아산시청 귀하</p> <p>품목보고번호 : 20150461821190</p> <table border="1"> <tr> <td>처리부서</td> <td>복지문화국 위생과</td> <td>처리자성명</td> <td>최광준</td> <td>처리일자</td> <td>2021년 11월 30일</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	보고인	성명 이정영	생년월일 1982년 12월 18일		주소 광주광역시 북구 서강로131번길 60,302동 405호 ( 유대관동 )	전화번호 01073802501	영입소	영입(상호) 환식영농조합법인	영입등록번호 20150461821		소제지 충청남도 아산시 신창면 서부목로 629(1층)		제품정보	식품의 유형	즉석조리식품	품목제조보고번호	20150461821190	재분명	방탄베타현미곤약밥			유통기한	제조일로부터 9개월			복합유지기간				원재료명 또는 성분명 및 배합비율	맛장애 기재			원도 명칭	맛장애 기재			보관방법 및 포장재질	맛장애 기재			포장방법 및 포장단위	맛장애 기재			성상	제품 고유의 형태와 색택을 지니며 이미 예외가 없어야 한다.			품목의 특성				기타	<p>「식품위생법」 제37조 제5항 및 같은 법 시행규칙 제45조 제1항에 따라 식품 (식품첨가물) 품목제조 사항을 보고합니다.</p> <p style="text-align: right;">2021년 11월 29일 보고인 이정영</p> <p style="text-align: center;">충청남도 아산시청 귀하</p> <p>품목보고번호 : 20150461821190</p> <table border="1"> <tr> <td>처리부서</td> <td>복지문화국 위생과</td> <td>처리자성명</td> <td>최광준</td> <td>처리일자</td> <td>2021년 11월 30일</td> </tr> </table>			처리부서	복지문화국 위생과	처리자성명	최광준	처리일자	2021년 11월 30일
보고인	성명 이정영	생년월일 1982년 12월 18일																																																																																																																														
	주소 광주광역시 북구 서강로131번길 60,302동 405호 ( 유대관동 )	전화번호 01073802501																																																																																																																														
영입소	영입(상호) 환식영농조합법인	영입등록번호 20150461821																																																																																																																														
	소제지 충청남도 아산시 신창면 서부목로 629(1층)																																																																																																																															
제품정보	식품의 유형	즉석조리식품	품목제조보고번호	20150461821189																																																																																																																												
	재분명	당안베타현미밥																																																																																																																														
	유통기한	제조일로부터 9개월																																																																																																																														
	복합유지기간																																																																																																																															
	원재료명 또는 성분명 및 배합비율	맛장애 기재																																																																																																																														
	원도 명칭	맛장애 기재																																																																																																																														
	보관방법 및 포장재질	맛장애 기재																																																																																																																														
	포장방법 및 포장단위	맛장애 기재																																																																																																																														
	성상	제품 고유의 형태와 색택을 지니며 이미 예외가 없어야 한다.																																																																																																																														
	품목의 특성																																																																																																																															
기타	<p>「식품위생법」 제37조 제5항 및 같은 법 시행규칙 제45조 제1항에 따라 식품 (식품첨가물) 품목제조 사항을 보고합니다.</p> <p style="text-align: right;">2021년 11월 29일 보고인 이정영</p> <p style="text-align: center;">충청남도 아산시청 귀하</p> <p>품목보고번호 : 20150461821189</p> <table border="1"> <tr> <td>처리부서</td> <td>복지문화국 위생과</td> <td>처리자성명</td> <td>최광준</td> <td>처리일자</td> <td>2021년 11월 30일</td> </tr> </table>			처리부서	복지문화국 위생과	처리자성명	최광준	처리일자	2021년 11월 30일																																																																																																																							
처리부서	복지문화국 위생과	처리자성명	최광준	처리일자	2021년 11월 30일																																																																																																																											
보고인	성명 이정영	생년월일 1982년 12월 18일																																																																																																																														
	주소 광주광역시 북구 서강로131번길 60,302동 405호 ( 유대관동 )	전화번호 01073802501																																																																																																																														
영입소	영입(상호) 환식영농조합법인	영입등록번호 20150461821																																																																																																																														
	소제지 충청남도 아산시 신창면 서부목로 629(1층)																																																																																																																															
제품정보	식품의 유형	즉석조리식품	품목제조보고번호	20150461821190																																																																																																																												
	재분명	방탄베타현미곤약밥																																																																																																																														
	유통기한	제조일로부터 9개월																																																																																																																														
	복합유지기간																																																																																																																															
	원재료명 또는 성분명 및 배합비율	맛장애 기재																																																																																																																														
	원도 명칭	맛장애 기재																																																																																																																														
	보관방법 및 포장재질	맛장애 기재																																																																																																																														
	포장방법 및 포장단위	맛장애 기재																																																																																																																														
	성상	제품 고유의 형태와 색택을 지니며 이미 예외가 없어야 한다.																																																																																																																														
	품목의 특성																																																																																																																															
기타	<p>「식품위생법」 제37조 제5항 및 같은 법 시행규칙 제45조 제1항에 따라 식품 (식품첨가물) 품목제조 사항을 보고합니다.</p> <p style="text-align: right;">2021년 11월 29일 보고인 이정영</p> <p style="text-align: center;">충청남도 아산시청 귀하</p> <p>품목보고번호 : 20150461821190</p> <table border="1"> <tr> <td>처리부서</td> <td>복지문화국 위생과</td> <td>처리자성명</td> <td>최광준</td> <td>처리일자</td> <td>2021년 11월 30일</td> </tr> </table>			처리부서	복지문화국 위생과	처리자성명	최광준	처리일자	2021년 11월 30일																																																																																																																							
처리부서	복지문화국 위생과	처리자성명	최광준	처리일자	2021년 11월 30일																																																																																																																											



즉석밥의 제조 공정 및 상세 단계를 다음과 같다.

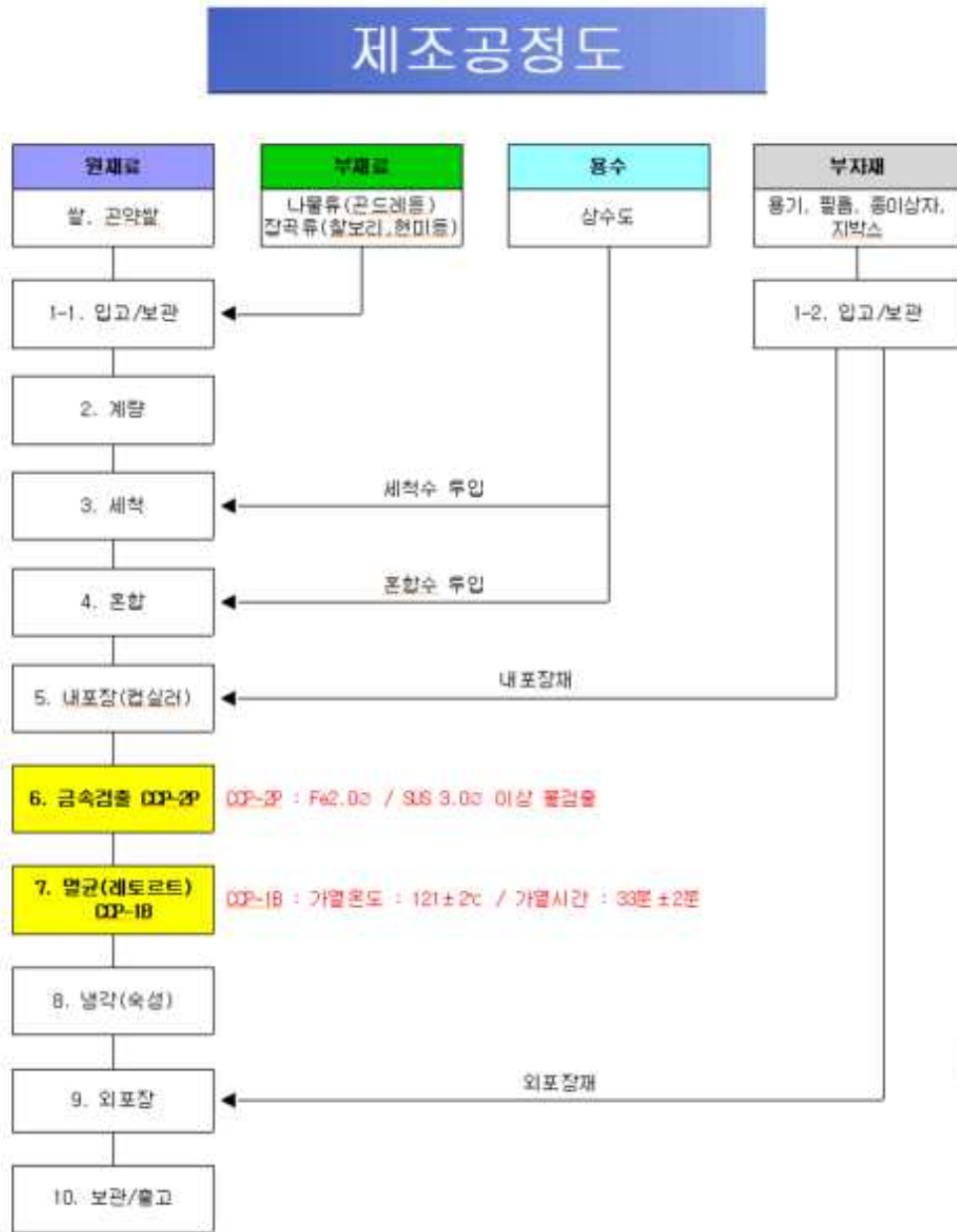


Fig. 28. Manufacturing process of “RS-rice” cooked rice

1. 세척



계량된 원료의 개별세척

2. 혼합



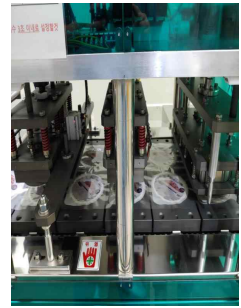
세척이 완료된 원재료를 품목에 따라 혼합

3. 충전



정해진 중량별 자동용기에 충전

4. 밀봉포장



제품노출을 최소화하여 2중 실링 포장

5. 날인



밀봉포장 완료된 공정품의 날인 입력

6. 금속검출



원자재 또는 제조과정 중 혼입될 수 있는 금속성 이물 검출

7. 날인검수



정상날인 여부 확인과 레토르트 대체에 공정품 적재

8. 멸균



한계기준으로 설정된 온도 및 시간에 따른 레토르트

9. 성형



완료 후 제품보관 및 외포장 대기

10. 최종검수



성형완료된 공정품 출고 전 전수검사

11. 포장



검수 후 이상없는 제품의 포장 (반자동 포장기)

12. 출고



품목별 적재 후 출고

Fig. 29. Detail process of “RS-rice” cooked rice manufacturing

(나) 즉석밥 시제품의 물성 및 저장 유통기한 설정

즉석밥 시제품의 이화학적 특성 검토를 위해 완제품의 물성 측정 결과는 아래의 그림에 나타내었으며, 수분함량은 평균 60~62% 내외인 것으로 확인되었다.

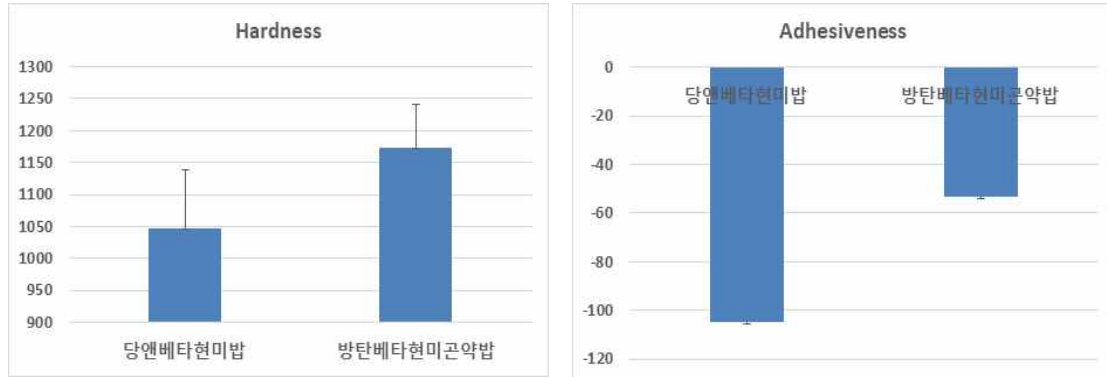


Fig. 30. Hardness and adhesiveness of cooked rice products

공인기관을 통해 당앤베타현미밥과 방탄베타현미곤약밥의 영양성분을 아래와 같이 분석하였다. 본 과제를 통해 개발된 시제품의 열량은 타사 즉석밥에 비해 열량이 10% 정도 낮으며 비교제품에 비해 탄수화물은 약 15% 낮고 단백질 및 식이섬유의 함량이 비교적 높은 것으로 분석되어 당뇨 전 단계 환자의 혈당관리에 용이할 것으로 판단되었다. 또한 방탄베타현미곤약밥의 경우 시중 곤약밥 대비 열량이 10% 정도 낮은 동시에 유사한 곤약쌀 함량 제품과 비교하여 기호도가 높은 것으로 나타나 상품성이 있다고 판단되었다.

Table 19. Nutrition factors of cooked rice products

	당앤베타현미밥 (210 g)		방탄베타현미곤약밥 (150 g)	
영양성분 (100g 당)	열량 (kcal)	139.99	열량 (kcal)	127.77
	나트륨 (mg)	5.05	나트륨 (mg)	9.39
	탄수화물 (g)	28.40	탄수화물 (g)	26.45
	당류 (g)	0	당류 (g)	0
	지방 (g)	1.39	지방 (g)	0.77
	트랜스지방 (g)	0	트랜스지방 (g)	0
	포화지방 (g)	0.16	포화지방 (g)	0.18
	콜레스테롤 (mg)	0	콜레스테롤 (mg)	0
	단백질 (g)	3.47	단백질 (g)	3.76
	식이섬유 (g)	4.64	식이섬유 (g)	7.19

즉석밥 식품의 형태는 즉석조리식품으로 해당 품목 9개월의 유통기한이 기 설정되어 있으므로, 현재 상온저장 9개월의 유통기한 중 미생물수의 측정을 통해 저장성을 확인하고자 1개월 간격으로 총 미생물수 및 육안적 이상 유무를 측정중이다.




Table 20. Records of CFU and appearance cooked rice products for shelf life

	당앤베타현미밥		방탄베타현미곤약밥	
	총미생물수 (cfu/g)	육안적 이상 유무	총미생물수 (cfu/g)	육안적 이상 유무
0	-	이상없음	-	이상없음
1개월	-	이상없음	-	이상없음
2개월	-	이상없음	-	이상없음
...	수행중		수행중	

(다) 즉석밥 제품의 유통판로 개발 및 사업화 전략 확립

현재 개발 시제품(즉석밥)의 사업화에 대하여 1) NS홈쇼핑 진출 2) 요양병원 3) 식품플랫폼 이용 등 3가지 비즈니스 모델을 아래와 같이 수립하여 상호간 검토를 수행중이다.

Table 21. Business model for prototype products

비즈니스모델	홈쇼핑	요양병원	식품플랫폼 및 ODM
해당업체	 NS홈쇼핑	 (주)닥터조자연한끼	 (주)푸드트리
제품군	방탄베타현미곤약밥	당앤베타현미밥	당앤베타현미밥 방탄베타현미곤약밥
제품컨셉	다이어트	혈당조절 및 관리 (밀키트형태)	혈당조절 및 관리 다이어트
예상매출	10억/년 (6회)	1억/년	1억5천/년
진행상황	기존 약국 비즈니스 모델을 통한 선 사업화 진행 검토	계약서 검토 중	사업화 검토 중
진입허들	원가 및 단가	MOQ/ 원가 및 단가	MOQ/ 원가 및 단가

(5) 개발 완료 즉석밥 시제품에 대한 소비자 조사

(가) 소비자 조사 결과

1) 기호도 및 (비)선호 유도인자

개발된 즉석밥 시제품에 대한 기호도 항목별 평균값과 기호도의 분포를 알아보기 위한 히스토그램 결과를 아래 그림에 제시하였다. 전반적인 기호도의 평균값은 6.2점으로 ‘6=약간 좋다’ 수준이었으며, 6점 이상이라고 응답한 연구대상자가 전체의 약 62.3%로 과반수였다. 개발된 즉석밥 시제품의 선호 및 비선호 유도인자를 분석한 결과, 응답자의 26.0%가 건강에 좋을 것 같다고 응답하였고, ‘잡곡이 많아서 좋다(13.0%)’, ‘식감이 좋다(13.0%)’, ‘잡곡의 양이 적당하다(11.7%)’, ‘찰기가 적당하다(11.7%)’ 등도 선호 유도인자로 다수 언급되었다. 그러나, ‘너무 질다(20.8%)’, ‘향이 너무 강하다(16.9%)’, ‘오래된 밥인 것 같다(11.7%)’ 등이 비선호 유도인자로 선택되어 향과 조직감 항목에서의 낮은 기호도 점수와 연관이 있었다.

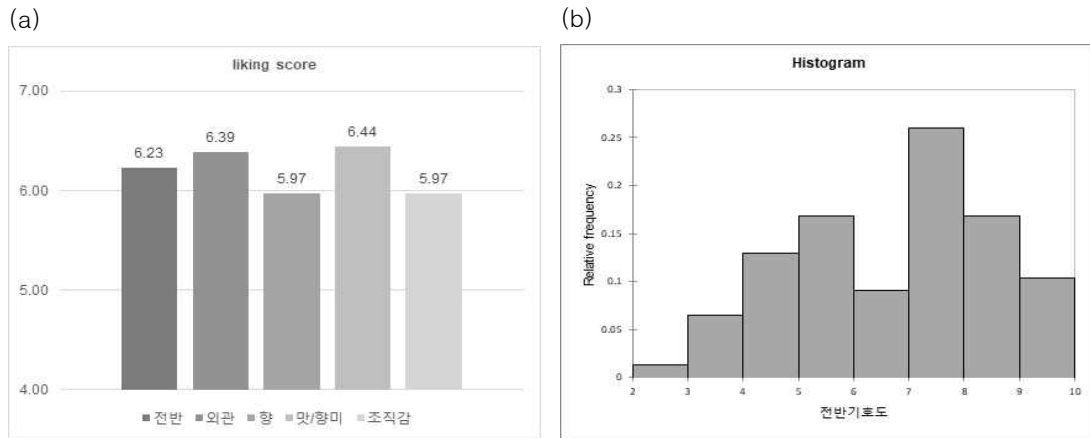


Fig. 31. (a) liking rating and (b) histogram of overall liking score for cooked rice sample

## 2) 특성강도

개발된 즉석밥 시제품에 대한 특성강도 평가 결과를 아래의 표와 그림에 나타내었다. ‘적당함’으로 선택한 소비자의 전반기호도 평균값과 ‘약함’ 혹은 ‘강함’을 선택한 소비자의 전반기호도 평균값의 차이(mean drop)를 보면, 잡곡 비율, 질은 정도, 찰기가 각각 0.5점, 1.3점, 0.6점으로 질은 정도가 상대적으로 높은 mean drop을 가지고 있으며 통계적으로도 유의미한 차이가 있어 다른 특성보다 전반기호도에 미치는 영향이 크다고 할 수 있다. 따라서 개발된 즉석밥 시제품을 추후 실제 제품으로 출시하고자 할 경우, 주요 소비층으로 예상되는 40대 이상의 일반 소비자 그룹의 의견을 반영하여 즉석밥의 수분함량을 조절할 경우 소비자 만족도를 높일 수 있을 것으로 사료된다.

Table 22. Penalty analysis results of mean drop and penalties in overall liking and percentage based on rating of selected attribute for cooked rice sample

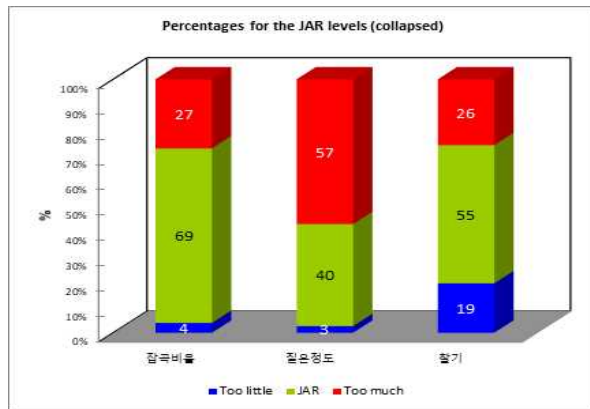
특성	JAR scale	선택빈도	%	기호도	Mean drop <sup>1</sup>	p-value	penalties
잡곡의 비율	적음	3	3.9 <sup>2</sup>	4.7			
	적당함	53	68.8	6.4			0.642
	많음	21	27.3	6.0	0.5	0.304 <sup>3</sup>	
질은 정도	약함	2	2.6	4.0			
	적당함	31	40.3	7.0			1.337
	강함	44	57.1	5.8	1.3	0.002	
찰기	흠어짐	15	19.5	5.9			
	적당함	42	54.6	6.5			0.638
	찰짐	20	26.0	5.9	0.6	0.216	

1 ‘적당함’을 선택한 소비자의 전반기호도 평균값과 ‘약함’ 혹은 ‘강함’을 선택한 소비자의 전반기호도 평균값의 차이

2 선택빈도의 %가 20% 미만일 경우 mean drop은 계산하지 않음

3 ‘적당함’과 ‘약함’ 혹은 ‘강함’를 선택한 소비자의 전반적인 기호도에 유의적 차이(\* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$ )

(a)



(b)

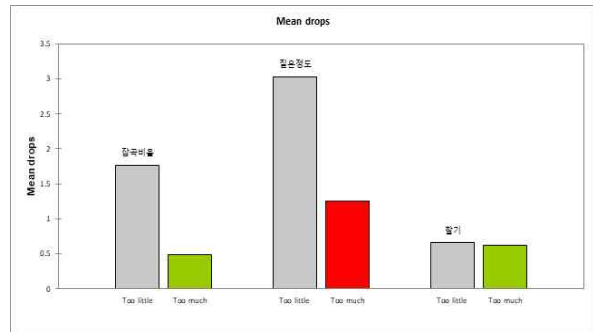


Fig. 32. (a) percentage for the JAR levels and (b) mean drop of cooked rice sample

### 3) 인식조사

개발된 즉석밥 시제품을 구입하거나 주변의 지인에게 추천하고자 하는 의향은 각 3.36 점, 3.42점으로 ‘3=보통이다’ 보다 높은 수준이었으며, 개발된 즉석밥 시제품이 건강이나 비만예방, 혈당조절에 얼마나 도움이 될지 평가한 결과, 연구대상자들은 각 4.40점, 4.12점, 4.23점으로 평가하였고 각 93.5%, 80.5%, 84.4%의 연구대상자가 ‘3=보통이다’ 이상으로 응답하였다.

개발된 즉석밥 시제품의 지불의향 가격은 1,810원/개로 기준가격(1,970원/개)으로 제시된 제품보다는 약간 낮은 수준이었으나, 시장점유율이 가장 높은 백미 즉석밥 보다는 높은 수준이었다 (1,700원/개). 따라서 해당 제품은 출시 후에도 시중의 혈당 조절 목적의 즉석밥과 유사한 가격 수준으로 판매될 수 있을 것으로 기대되며, 해당 결과를 판매 전략 시 가격 책정에 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

## 다. 소화과정 중 저항성 전분 강화 쌀의 분해율과 특성 변화 분석

### (1) 소화율 변화

각 소화 단계별 회수된 insoluble 희분의 수율은 아래 표와 같이 확인되었다. 각각 시료는 모두 *in vitro* 소화 과정을 거치며 변화하며, 위 단계까지는 현미 시료가 백미와 RS쌀 시료보다 insoluble 수율이 더 높았지만, 소장과 대장 단계에서는 RS쌀 시료가 백미와 현미보다 수율이 더 높은 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 RS쌀 시료가 일반 백미와 현미 시료보다 저항성 전분 함량이 상대적으로 증가함에 따라 소장, 대장에서 분해가 지연된 것으로 판단된다. RS쌀 소재가 소장, 대장에서 상대적으로 분해가 지연됨에 따라 장내유용미생물 증식 효능 등 장 건강에 도움이 될 것으로 기대되며, 전임상 실험을 통해 이를 검증하고자 하였다.

Table 23. Insoluble yield(%) of samples during *in vitro* digestion

Sample	Digestive phase	Insoluble yield(%)
Polished rice	Stoma	69.54±3.14
	S-intes	8.88±0.51
	L-intes	7.02±0.56
Brown rice control	Stoma	78.68±1.19
	S-intes	15.27±1.48
	L-intes	11.06±0.69
RS rice	Stoma	65.39±1.66
	S-intes	18.62±0.71
	L-intes	12.55±0.39

(2) TDS 및 저항성 전분 함량 변화

각 소화 단계별 시료들의 소화율 확인을 위한 TDS 및 저항성 전분 함량을 비교한 결과, 백미와 현미, RS쌀 시료는 각각 *in vitro* 소화 과정을 거치면서 TDS 함량은 감소하고 저항성 전분 함량은 유의적으로 증가하였다. 소화 과정 중에 TDS는 분해되어 함량이 감소하는 반면, 저항성 전분은 체내 소화 효소에 의해 잘 분해되지 않기 때문에 상대적으로 그 함량이 증가하는 것으로 판단된다. TDS의 경우, 현미와 RS쌀의 변화가 비슷한 수치임이 관찰되었으나, 저항성 전분 함량의 경우에는 기대한 바와 같이 RS쌀 시료가 원물, 위, 소장 단계에서 모두 일반 백미와 현미보다 함량이 유의하게 높은 것을 확인하였다. 특히 소장 단계에서 RS쌀의 저항성 전분 함량이 유의적으로 높게 관찰되었다. 이를 %로 산출하였을 때도, 백미, 현미, 현미RS 순으로 TDS가 유의하게 감소하고 RS가 유의하게 증가하는 것을 확인하였다. 따라서 본 실험 결과를 통해, 저항성 전분 강화 소재인 RS쌀 시료가 *in vitro* 소화 과정 중 소화 효소들 작용에 큰 영향을 받지 않을 것으로 판단되며 백미와 현미control 보다 상대적으로 분해되지 않아 장내 환경에 많은 영향을 끼칠 수 있을 것으로 판단된다.

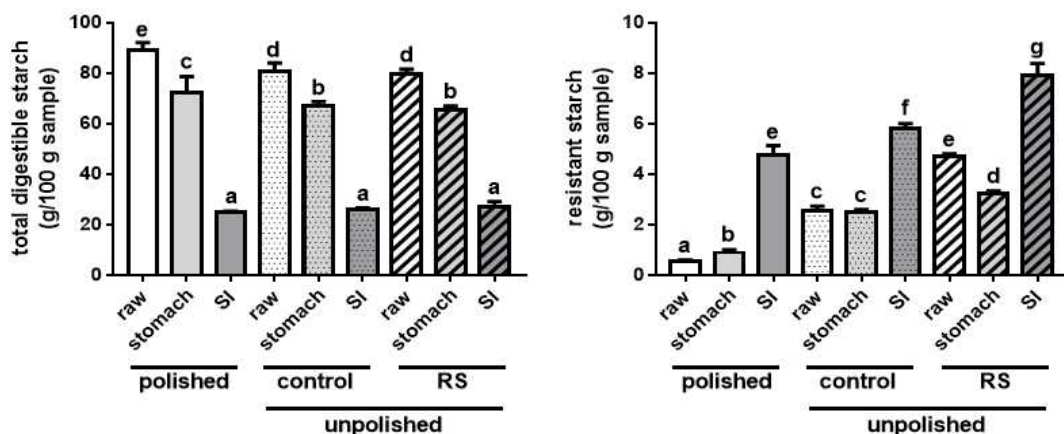


Fig. 33. TDS and resistant starch amount of polished rice, brown rice, and RS-rice during *in vitro* digestion

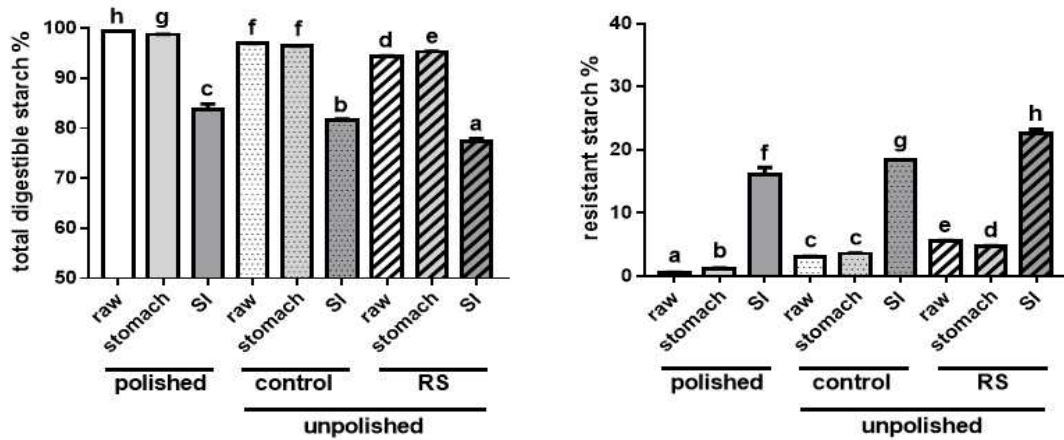


Fig. 34. Percentage of TDS and resistant starch of polished rice, brown rice, and RS-rice during in vitro digestion

### (3) SEM 분석

각 소화 단계별 시료들의 미세구조를 FE-SEM을 통해 검경한 결과를 아래 그림과 같이 나타내었다. 1,000배 및 2,000배의 배율로 구조적 특성 변화를 확인한 결과, 일반 백미와 현미, RS쌀 시료 모두 *in vitro* 소화 과정을 거치면서 처음의 표면 형태가 파괴되었다. 백미의 경우 소장 단계부터 급격하게 입자 크기가 작아진 것으로 확인되며 따라서 현미 시료들에 비해 상대적으로 분해가 더 진행됐음이 확인된다. 현미와 RS쌀 시료의 경우 소화 과정을 완료했을 때 표면상의 입자 크기가 소화 단계 전에 비해 상대적으로 작아진 것으로 보여진다. 소화율과 저항성 전분 함량 분석을 통해, 저항성 전분 관련 구조가 상대적으로 분해되지 않고 남아있을 것으로 판단된다.

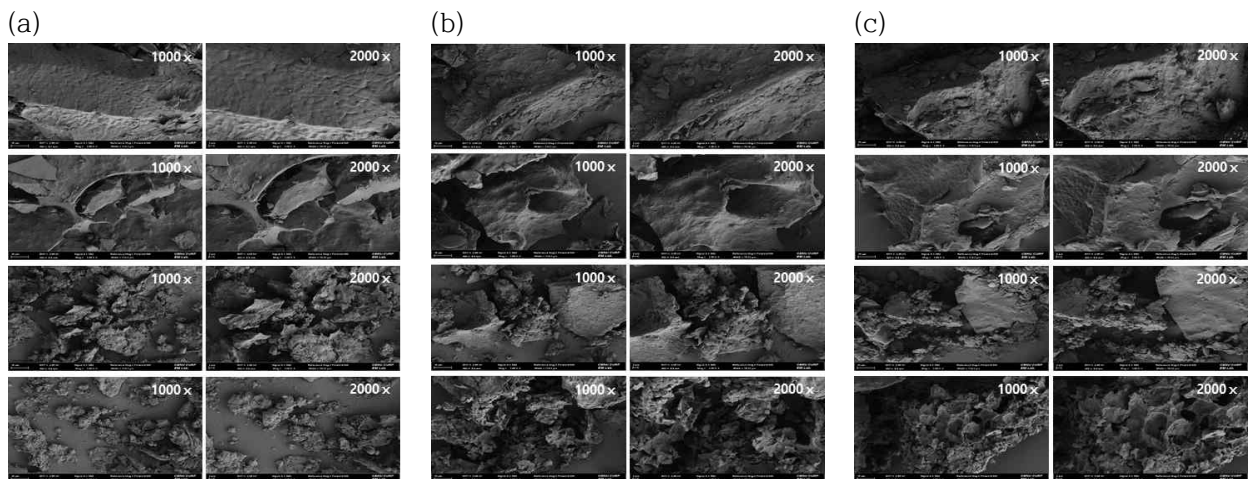


Fig. 35. SEM image of rice samples during in vitro digestion (raw, stomach, small intestine, large intestine from top to bottom). (a) polished rice, (b) brown rice, (c) RS-rice.



## 라. 저항성 전분 강화 쌀 소재의 당뇨 전 단계 개선 효능 평가

### (1) 마우스의 체중, 체중 변화 및 사료 섭취량

실험군 간 사료 섭취량을 조사한 결과, 각 군에서 섭취량의 차이는 확인되지 않았다. 아래 그림은 정상식이군(Chow-diet), 고지방식이군(High-fat diet), 고지방식이+현미밥 30%군(BR), 고지방식이+RS쌀밥 15%군, 고지방식이+RS쌀밥 30%군의 12주부터 19주까지의 체중을 측정 한 결과이다. (a)에 나타난 바와 같이 정상식이군과 비교하여 고지방식이군에서 체중이 유의적으로 증가한 결과를 확인할 수 있으며, 고지방식이군과 비교하여 저항성 쌀밥을 각각 15%, 30%를 병행하여 식이한 군에서 체중이 유의적으로 감소하였다.

식이 섭취 19주차의 체중을 측정한 결과, (b)에 나타난 바와 같이 정상식이군과 비교하여 고지방식이군에서 유의적으로 체중이 증가하였으나, 현미밥 30%, RS쌀 각각 15%, 30% 식이군에서는 고지방식이군 대비 유의적으로 체중이 감소하였다. 특히, 현미밥 30% 단독 투여군과 비교하여 RS쌀밥 투여군에서 사료 혼입 비율(15%, 30%)에 상관없이 체중이 감소하는 결과를 확인할 수 있었다.

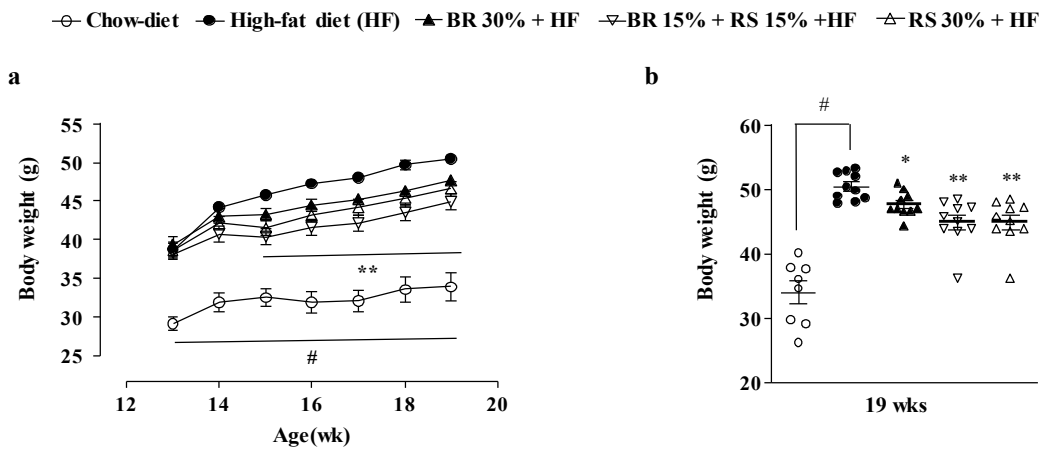


Fig. 36. (a) Body weight gain of mice fed experimental diet for 7 weeks. (b) Body weight for mice at week 19 of the experiment

Significant differences were identified at #( $p < 0.05$ ) as compared to the Chow-diet group, or \*( $p < 0.05$ ) and \*\*( $p < 0.005$ ) as compared to the high-fat diet group.

### (2) 마우스의 경구포도당부하검사 (Oral glucose tolerance test, OGTT) 및 AUC

경구포도당부하 검사는 당뇨병이나 내당능 장애를 진단하는데 주로 사용되는 방법이다. 아래의 그림에서 (a)는 각 실험군 별 내당능을 측정한 결과이며, (b)는 내당능 측정 후 혈당 변화곡선의 면적(AUC)을 나타낸 결과이다.

포도당을 식이하였을 때, 정상식이군과 비교하여 고지방식이군에서 혈당이 높아지는 결과를 확인하였으며, 고지방식이군과 현미밥을 병행하여 식이한 군에서는 차이가 없는 반면, RS 쌀밥을 각각 15%, 30% 병행하여 식이한 군에서는 혈당강하 효과가 나타나는 결과를 확인할 수 있었다. 이 결과를 통해서 저항성 쌀밥(RS쌀)의 혈당강하 효능을 규명하였다.

○ Chow-diet ● High-fat diet (HF) ▲ BR 30% + HF ▼ BR 15% + RS 15% +HF △ RS 30% + HF

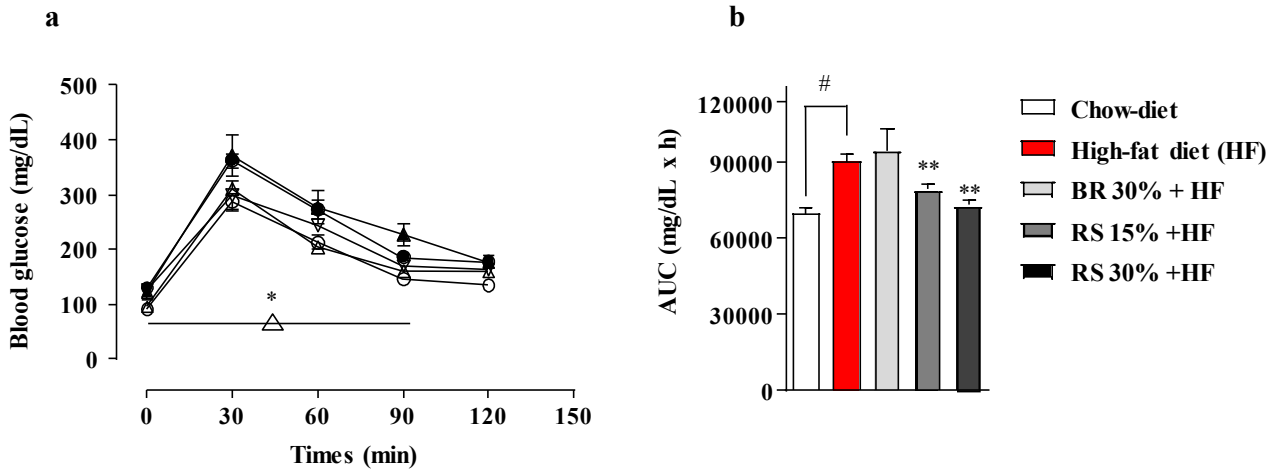


Fig. 37. Oral glucose tolerance test(OGTT) performed in HFD and/or RS-rice(RS) fed mice. (a) Glucose level during OGTT. (b) Area under the curve(AUC) calculated from OGTT. Significant differences were identified at #( $p < 0.05$ ) as compared to the Chow-diet group, or \*( $p < 0.05$ ) and \*\*( $p < 0.005$ ) as compared to the high-fat diet group.

### (3) 마우스의 공복 혈당, 인슐린, HOMA-IR 측정을 통한 인슐린 저항성 개선 효능 평가

공복 혈당을 측정한 결과, 아래 그림의 (a)에 나타난 바와 같이 정상식이군과 비교하여 고지방식이 군에서 공복혈당이 유의적으로 높아지는 결과를 확인할 수 있었으나, RS쌀밥 30%를 식이한 군에서 유의적으로 공복 혈당이 감소하였다. 현미밥 30%군, RS쌀밥 15%군에서도 공복혈당이 감소하였으나, 유의적인 차이는 보이지 않았다.

혈청 내의 인슐린 함량을 측정한 결과, (b)에 나타난 바와 같이 정상식이군에 비교하여 고지방식이 군에서 유의적으로 인슐린 함량이 증가하였으나, RS쌀밥 15%, 30% 식이를 병행한 군에서는 혈청 내의 인슐린 함량이 고지방식이군과 비교하여 유의적으로 감소하는 결과를 확인하였다.

Homeostatic Model Assessment for insulin resistance(HOMA-IR)은 인슐린 저항성과 인슐린 분비능의 개선을 평가할 때 주로 사용되는 방법으로, 혈청에서 공복 혈당과 인슐린 레벨을 측정하여 상관관계를 나타내어 인슐린 저항성을 평가하는데 사용되는 방법이다. (c)에 나타난 바와 같이, 정상 식이군과 비교하여 고지방식이군에서 HOMA-IR이 유의적으로 증가하였으나, RS쌀밥 투여군에서는 함량(15%, 30%)에 관계없이 HOMA-IR이 유의적으로 감소하는 결과를 확인하였다.

이와 같이, 고지방식이로 유도한 전 당뇨 모델 마우스에서 본 연구에서 개발된 RS쌀밥의 인슐린 저항성 개선 효능을 확인할 수 있었다.

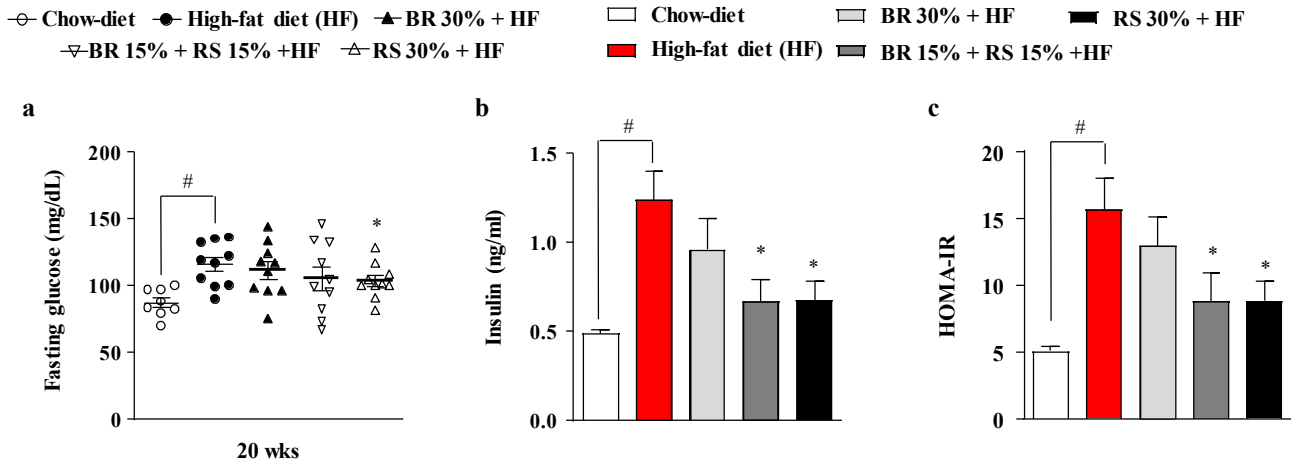


Fig. 38. Effect of RS-rice on (a) fasting glucose levels, (b) blood insulin levels, and (c) HOMA-IR in mice.

Significant differences were identified at #( $p < 0.05$ ) as compared to the Chow-diet group, or \*( $p < 0.05$ ) as compared to the high-fat diet group.

(4) 고지방식이로 전 당뇨를 유도한 마우스에서 이상지질혈증, 지방간, 비만 개선 인자 변화  
 고지방식이로 전 당뇨를 유도한 마우스 모델에서 RS쌀밥의 이상지질혈증, 지방간, 비만 개선 인자를 측정하기 위하여 혈청에서 총콜레스테롤 (TC), 저밀도 콜레스테롤 (LDL-C), 고밀도 콜레스테롤 (HDL-C), ALT, AST, Adiponectin을 측정하였다. 아래 표에 나타난 바와 같이, 고지방식이군과 비교하여 RS쌀밥을 식이한 군에서 총콜레스테롤, 저밀도 콜레스테롤을 감소시키므로 이상지질혈증 감소가 확인되었으며, 고지방식이로 유도한 간 염증/독성 지표 ALT, AST의 감소 경향이 관찰되어 지방간의 예방 및 개선 효과가 확인되었을 뿐만 아니라, 비만 인자인 Adiponectin의 개선 효능을 확인하였다.

Table 24. Effects of RS-rice on serum levels of Total cholesterol (TC), LDL-cholesterol (LDL-C), HDL-cholesterol (HDL-C), AST, AST, and Adiponectin

Groups	TC (mg/dL)	LDL-C (mg/dL)	HDL-C (mg/dL)	ALT (U/L)	AST (U/L)	Adiponectin ( $\mu$ g/mL)
Chow-diet	114.67 $\pm$ 5.79	9.67 $\pm$ 0.33	71.67 $\pm$ 2.75	21.33 $\pm$ 4.67	57.67 $\pm$ 4.33	17.82 $\pm$ 0.45
High-fat diet (HF)	226.20 $\pm$ 5.48 <sup>#</sup>	23.20 $\pm$ 0.74 <sup>#</sup>	101.80 $\pm$ 1.17 <sup>#</sup>	171.40 $\pm$ 20.6 <sup>#</sup>	247.20 $\pm$ 26.15 <sup>#</sup>	13.46 $\pm$ 0.42 <sup>#</sup>
BR 30% + HF	215.50 $\pm$ 8.57	23.20 $\pm$ 1.74	94.40 $\pm$ 2.54 <sup>*</sup>	130.60 $\pm$ 33.49	160.20 $\pm$ 25.50 <sup>*</sup>	16.14 $\pm$ 0.66 <sup>*</sup>
BR 15% + RS 15% + HF	198.20 $\pm$ 5.84 <sup>*</sup>	19.20 $\pm$ 1.16 <sup>*</sup>	88.90 $\pm$ 1.55 <sup>*</sup>	96.19 $\pm$ 10.75 <sup>*</sup>	102.89 $\pm$ 11.36 <sup>*</sup>	15.26 $\pm$ 0.51 <sup>*</sup>
RS 30% + HF	208.80 $\pm$ 5.33 <sup>*</sup>	19.75 $\pm$ 1.03 <sup>*</sup>	93.80 $\pm$ 1.75 <sup>*</sup>	102.25 $\pm$ 12.79 <sup>*</sup>	121.00 $\pm$ 11.26 <sup>*</sup>	15.06 $\pm$ 0.56 <sup>*</sup>

Significant differences were identified at #( $p < 0.05$ ) as compared to the Chow-diet group, or \*( $p < 0.05$ ) as compared to the high-fat diet group.

**(5) 고지방식으로 전 당뇨를 유도한 마우스에서 InAlyzer를 활용한 체지방 함량 변화**

아래 그림에 나타난 바와 같이, 정상식이군과 비교하여 고지방식이군에서 체지방 함량이 유의적으로 증가하였으나, 현미 30% 식이군, RS쌀밥 30% 식이군에서 유의적으로 체지방의 감소 경향을 확인하였다. 이 결과를 통하여 RS쌀밥이 체지방 감소에 도움이 되며, 항비만 활성을 가짐을 확인하였다.

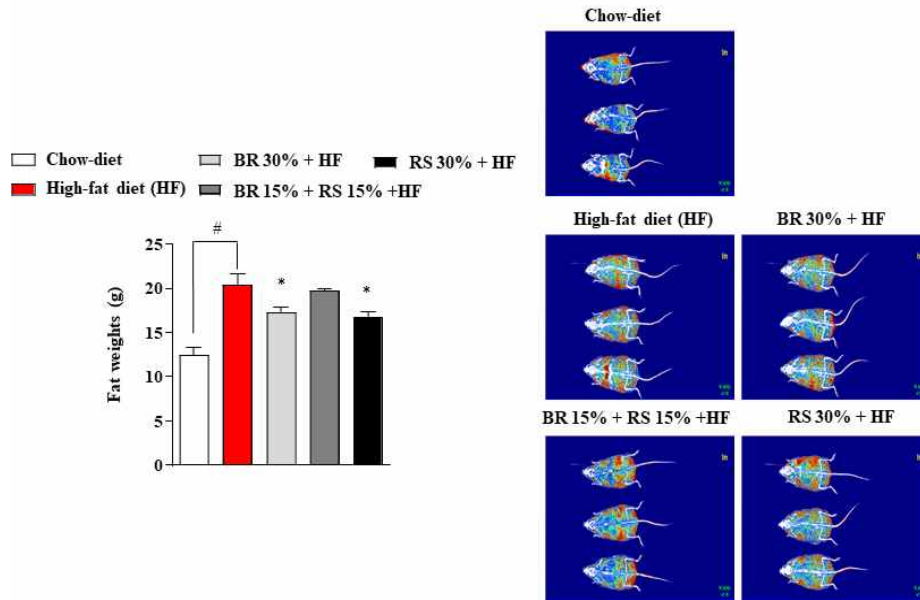


Fig. 39. Fat weight (left) and representative abdominal fat pad distribution(right)

Significant differences were identified at #( $p < 0.05$ ) as compared to the Chow-diet group, or \*( $p < 0.05$ ) as compared to the high-fat diet group.

**(6) 고지방식으로 전 당뇨를 유도한 마우스에서 간과 백색지방의 조직학적 변화**

적출된 간과 백색지방조직의 형태학적 변화를 비교하기 위해 H&E 염색을 사용하여 간 및 백색지방조직에서의 지방 축적을 비교하였다. 아래 그림에 나타난 바와 같이 정상식이군과 비교하여 고지방식이군에서 간과 백색지방 조직에서 지방 축적이 증가하였으나, RS쌀밥 15%, 30% 투여군에서는 지방간과 백색지방조직에서 지방 축적이 개선됨을 확인할 수 있었다.

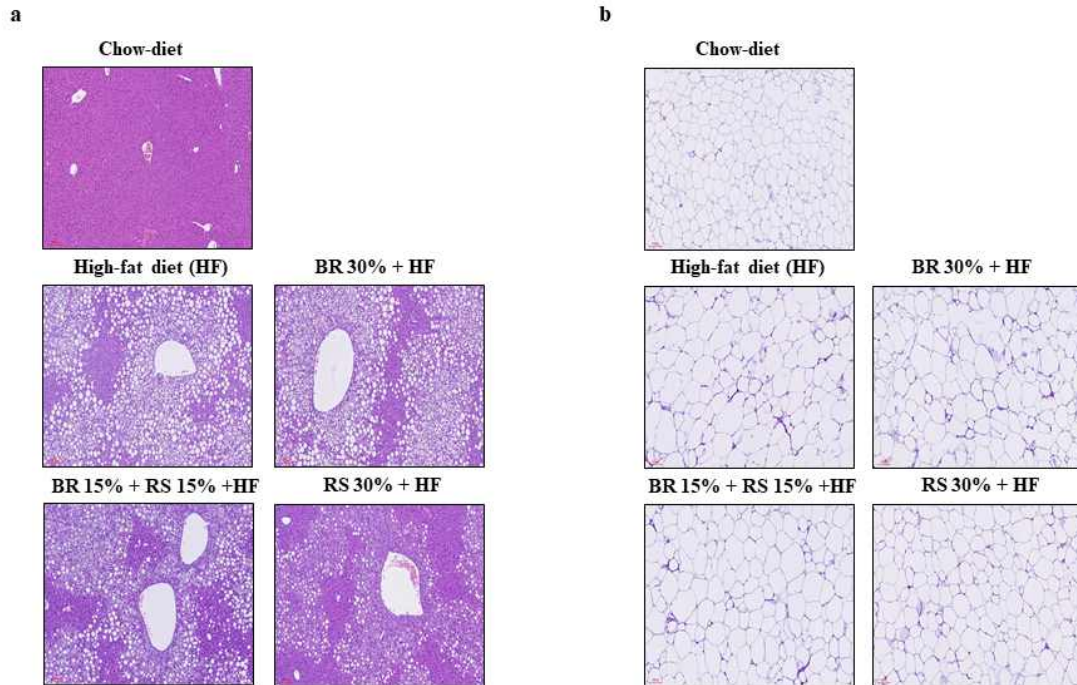


Fig. 40. Histopathologic changes of central vein and portal area of (a) liver and (b) white adipose tissue in high fat diet mice

#### 마. 저항성 전분 강화 쌀의 장건강 개선 효능 평가

##### (1) 소화과정 중 저항성 전분 강화 쌀의 장내 유익균 증식 효능

저항성 전분은 인간의 소화 효소에 의해 분해되지 않고 구조를 유지한 상태로 대장까지 도달한 후 장내 미생물이 이용할 수 있는 탄소원이 되기 때문에 미생물이 성장할 수 있는 에너지원으로 이용되며, 이로 인해 생성되는 SCFA(Short-chain fatty acids, 단쇄지방산) 등의 일부 미생물 대사산물은 숙주의 건강에 이로운 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 저항성 전분을 거의 함유하지 않은 백미, 저항성 전분을 일부 함유하고 있는 것으로 알려진 현미, 본 연구를 통해 개발된 RS쌀 시료를 이용하여 소화과정 전·후 과정별 장내 유용 미생물의 증식효능을 평가하였다. 일반 백미와 현미, RS쌀 시료를 소장 단계의 soluble(상등액), insoluble(침전물), total 시료로 구분하여 소화단계 전 시료와 비교하였다. *L. plantarum* 균에 대한 증식효능을 평가한 결과, 모든 시료가 양성 대조군인 FOS균에 비해 활성이 좋은 것으로 확인되었다. 또한 세 개의 시료 모두 소장 단계의 insoluble 활성이 소화 전보다 증가한 것으로 확인되어(백미 3.258 에서 6.09, 현미 4.720에서 8.378, RS쌀 5.356에서 7.307), 소화효소에 의해 분해되지 않는 저항성 전분의 함량 증가로 인해 증식효능이 좋아진 것으로 판단되었다. 소장 단계의 total 시료에서 백미 5.114, 현미 5.334, RS쌀 5.766의 활성으로, RS쌀에서 가장 활성이 높게 나타났으나 큰 차이는 없는 것으로 확인되었다.

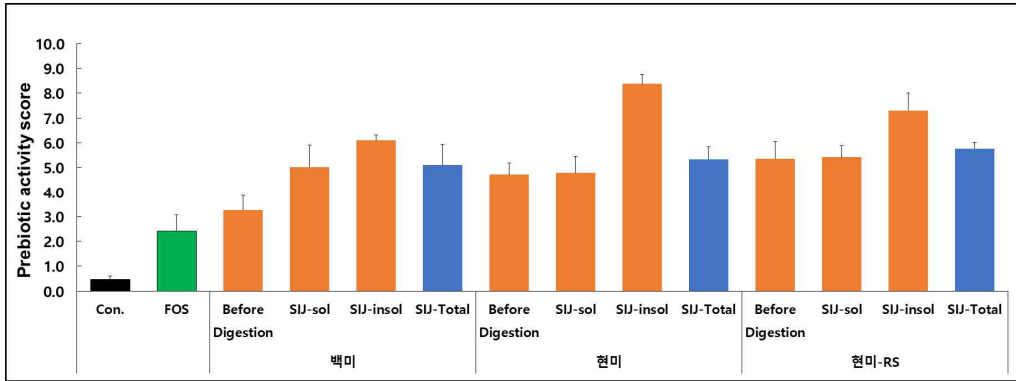


Fig. 41. Prebiotic activity of rice samples on *L. plantarum*

*L. rhamnosus* 균에 대한 증식효능을 평가한 결과, 앞의 결과와 마찬가지로 세 개의 시료 모두 소장 단계 후의 활성이 소화 전보다 크게 증가한 것으로 확인되었다. 그러나 양성 대조군인 FOS군( $4.033 \pm 0.652$ )보다 활성이 증가한 것은 RS쌀 뿐이었으며, total 시료가 소화 전  $2.581 \pm 0.579$  활성에서 소화 후  $6.672 \pm 0.490$  활성으로 가장 크게 증가하였다. 세 개의 시료 모두 소장 단계에서 활성이 소화 전보다 증가한 것으로 확인되어, 저항성 전분인 증식 효능 증가에 영향을 미친 것으로 판단되었다. 특히 RS쌀 시료는 소장 단계의 insoluble, soluble, total 모두 백미와 현미 군보다 활성이 높게 측정됨에 따라 유용균주인 *L. rhamnosus* 균에 이용성이 더 높을 것으로 예측되었다.

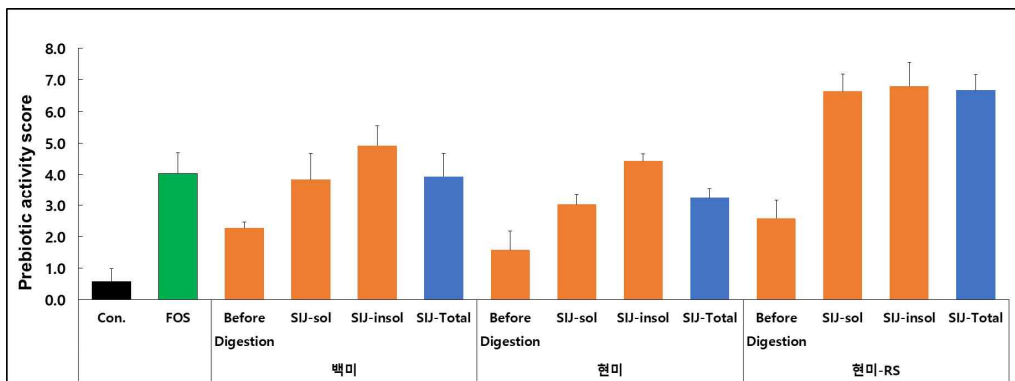


Fig. 42. Prebiotic activity of rice samples on *L. rhamnosus*

*B. longum* 균에 대한 증식효능을 평가한 결과, *Lactobacillus* 결과와 마찬가지로, 세 개의 시료 모두 소장 단계에서 활성이 소화 전보다 증가한 것으로 확인되었다. 소장 단계의 insoluble의 활성을 비교했을 때, 백미는  $4.384 \pm 0.392$ , 현미는  $5.116 \pm 0.499$ , RS쌀은  $5.704 \pm 0.440$ 의 활성을 가졌으며 양성대조군인 FOS군( $4.802 \pm 0.451$ )과 비교했을 때 RS쌀 시료가 유의적으로 증식효능이 높은 것으로 확인되었다. 소장 단계의 total 시료도 백미는  $3.607 \pm 0.734$ , 현미는  $4.064 \pm 0.265$ , RS쌀은  $4.405 \pm 0.213$ 으로, RS쌀이 유용균주인 *B. longum* 균에 이용성이 가장 높을 것으로 예측되었다.

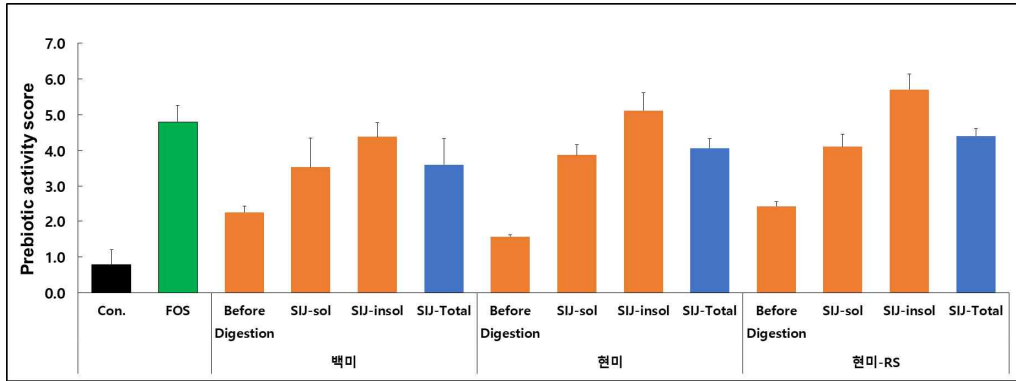


Fig. 43. Prebiotic activity of rice samples on *B. longum*

*B. bifidum* 균에 대한 증식효능을 평가한 결과, 세 개의 시료 모두 소장 단계에서 활성이 소화 전보다 증가한 것으로 확인되어, 소화 효소에 의해 분해되지 않는 전분의 함량 증가로 인해 증식효능이 좋아진 것으로 판단되었다. 특히 RS쌀 시료는 소장 단계의 insoluble, soluble, total 모두 백미와 현미군보다 활성이 높게 측정됨에 따라 유용균주인 *B. bifidum* 균에 이용성이 더 높을 것으로 예측되었다. 양성대조군인 FOS군( $2.437 \pm 0.258$ )과 비교 시에도 RS쌀의 insoluble 시료만이  $2.785 \pm 0.297$ 로 증식 활성이 더 높은 것으로 확인되었다. 따라서 *B. bifidum* 균의 소장 소화에 의한 저분자 수용성 산물의 이용률은 RS쌀에서 가장 높을 것으로 예상되었다.

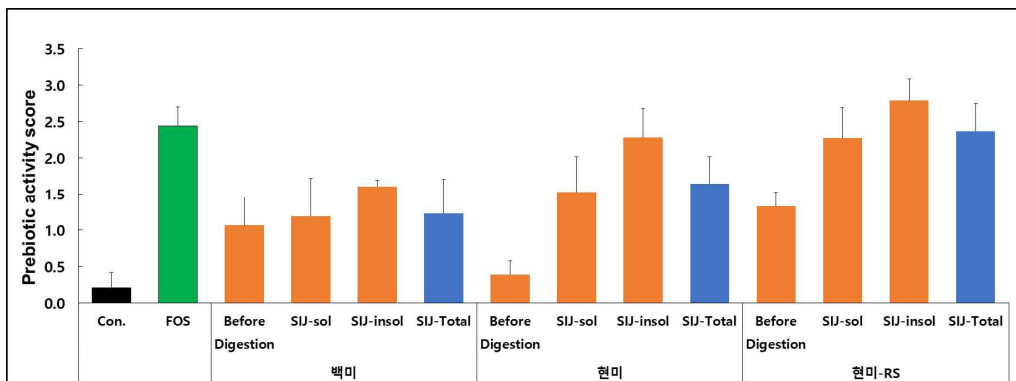


Fig. 44. Prebiotic activity of rice samples on *B. bifidum*

## (2) 저항성 전분 강화 쌀의 장 건강 개선 효능

정상식이, 고지방식이 및 각 사료를 식이한 마우스 모델에서, 장 길이와 장내미생물 균총 변화를 확인하여 저항성 전분 강화 쌀(RS쌀)의 장 건강 개선 효능을 확인하였다.

### (가) 장 길이 개선

아래 표와 같이 고지방食이를 지속적으로 섭취한 동물군의 경우 유의적으로( $p < 0.05$ ) 장 길이가 감소하지만, RS쌀을 사료에 30% 혼합하여 식이한 동물군의 경우 일반식이군과 같은 장 길이를 유지하고 있음을 확인하였다.

Table 25. Length of intestine of High-fat diet mice model according to the RS-rice diet

		Length of intestine (cm)
Chow-diet	정상식이군 (Normal control)	81.75 ± 1.27 <sup>a</sup>
High-fat diet (HF)	고지방 식이군 (High-fat control)	75.40 ± 1.20 <sup>b</sup>
BR 30% + HF	현미 30% 식이군 (BR30)	80.80 ± 1.44 <sup>a</sup>
RS 30% + HF	RS쌀 30% 식이군 (RBR30)	81.70 ± 1.47 <sup>a</sup>
BR 15% + RS 15% + HF	RS쌀 15%+현미15% 식이군 (RBR15+BR15)	79.50 ± 1.66 <sup>a</sup>

(나) 장내미생물 개선 효능

다양한 장내미생물 중 단쇄지방산을 생산하고 탄수화물 대사과정에 관여하는 장내 유익균으로 알려진 비피도박테리아목 미생물의 비율을 확인하였다. 정상식이군은 0.54%의 비피도박테리아목 구성이 확인되나 고지방식이은 전혀 발견되지 않았으며, 현미 30% 식이군은 0.25% 구성비율이 확인되었다. 반면, RS쌀 30% 식이군의 경우 0.8% 구성비율이 확인되어 유의미하게 비피도박테리아목을 증식시키는 효능이 확인되었다.

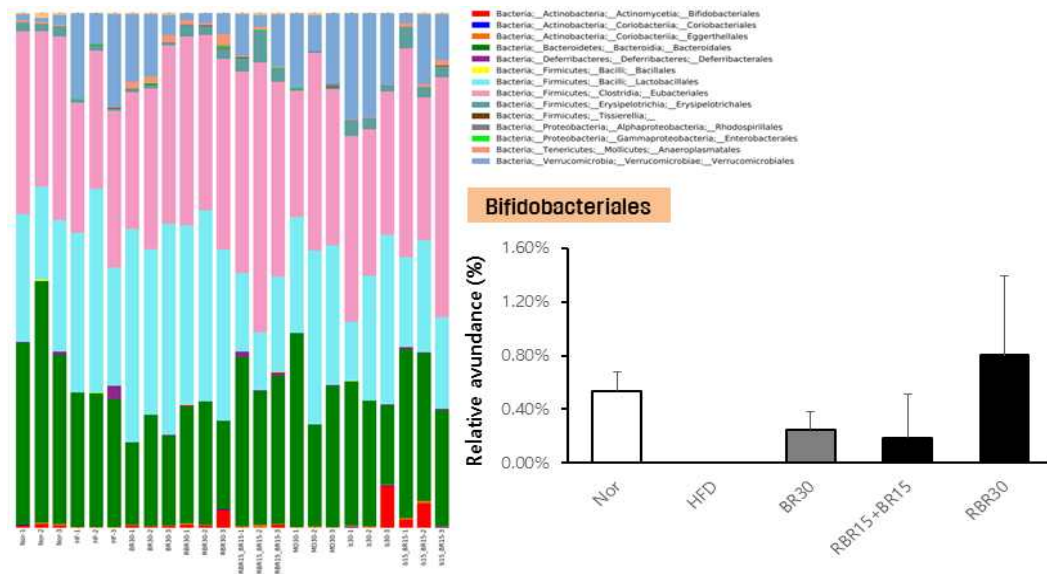


Fig. 45. Relative abundance of Bifidoacteriales according to RS-rice diet

(3) 장 기능 단백질 개선

대장 조직에서 장투과도를 조절하는 단백질인 zonula occludens(ZO)-1, occludin, claudin-1의 발현량을 비교하였다. 고지방식이군은 정상식이군에 비해 ZO-1, occludin, claudin-1의 발현량이 감소하였으나, RS쌀 30% 식이군에서는 유의적으로( $p < 0.05$ ) 3개 관련단백질 모두 발현량이 증가하는 것을 확인하였다. 또한, 장조직 내 염증 유발 사이토카인인 TNF- $\alpha$ 의



발현이 RS쌀 30% 식이군에서 억제되는 것으로 확인되었다. 또한 이들 장 조직 내 단백질 발현량 변화를 확인한 결과, 본 연구를 통해 개발된 RS쌀은 장 상피세포간 막을 강화하여 고지방 식이로 인한 장투과도 저하와 염증수준을 개선하는 것으로 확인되었다.

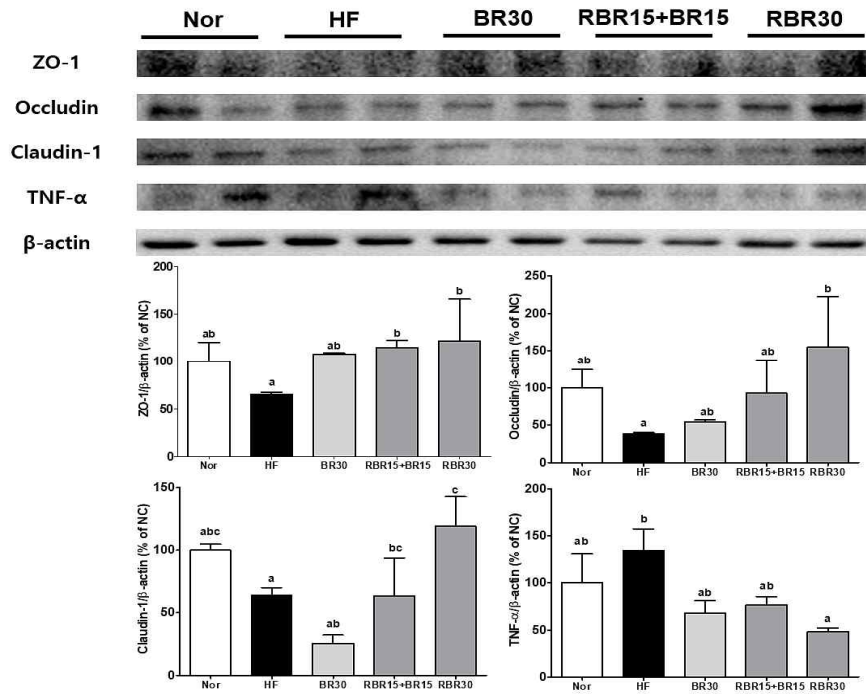


Fig. 46. Expression of intestinal tissue permeability (zonula occludens-1, occludin, claudin-1) and inflammation-related (TNF- $\alpha$ ) proteins

## 제 2 절 당노 전단계 맞춤형 식사대용식 제조기술 개발 및 효능검증

### 1. 연구 방법 및 내용

#### 가. 간편대용식 제품화(리뉴얼)를 위한 저항성전분 강화 식사대용식 원료( $\beta$ BR) 제조공정 최적화

##### (1) 저항성 전분 강화 식사대용식 원료의 개선 공정 확립

당노 전 단계 맞춤형 식사대용식의 원료로 활용하기 위한 현미 가공 시료는 제품의 특성과 출시된 제품명 등을 종합적으로 고려하여 ‘ $\beta$ BR(또는 베타현미)’로 지칭하였다.

##### (가) 재료

고아밀로오스 품종인 새미면(아밀로오스 26.7%) 쌀을 사용하였으며, 벼를 2회 도정하여 현미 상태로 사용하였다. 저항성 전분 함량 강화를 위하여 첨가한 유기산은 식품 등급의 구연산(Citric acid, CA) 및 구연산삼나트륨(Trisodium citrate, TC)을 사용하였다.



Fig. 47. Brown rice of *Saemimyeon*

##### (나) 식사대용식 활용을 위한 저항성 전분 강화 시료 제조(기존 공정)

새미면 현미는 흐르는 수돗물에 2회 세척하였고, 체에 두어 물기를 제거 후 1.3배 용량의 구연산 용액(3%, w/v)에 침지하였다. 침지한 새미면 현미를 멸균병에 넣고 레토르트기(PRS-03-1, Kyunghan, Kyungsan, Korea)를 이용하여 120°C, 1.2 kgf/cm<sup>2</sup>의 조건으로 30분간 가열하였다. 가열 후 dry oven을 이용하여 90°C에서 골고루 건조되도록 뒤집어 주면서 약 4시간 동안 건조하였다. 최종 수분함량이 10% 이하에 도달하였을 때 건조를 완료하였다.

##### (다) 식사대용식 원료의 신맛 제어를 위한 변환 공정 개발

기존에 제조된 간편대용식 시료의 저항성 전분 함량 강화 및 신맛 제어를 위해 첨가물 비율 및 건조온도를 조절하였다. 새미면 현미는 흐르는 수돗물에 2회 세척하였고, 체에 두어 물기를 제거 후 1.3배의 구연산 용액(3%, w/v)과 구연산삼나트륨 용액(3%, w/v)을 50:50, 75:25, 100:0의 비율로 혼합하여 침지하였다. 침지한 새미면 현미는 멸균병에 넣고 레토르트기를 이용하여 120°C, 1.2 kgf/cm<sup>2</sup>의 조건으로 30분간 가열하였다. 가열 후 dry oven을 이용하여 90°C에서 4시간, 120°C에서 2시간~2시간 30분, 150°C에서 1시간 15분~1

시간 40분 동안 골고루 건조되도록 뒤집어 주면서 건조하였고, 최종 수분함량이 10% 이하에 도달하였을 때 건조를 완료하였다. 잔여 구연산의 가수분해를 유도하기 위해 90°C 에서 4시간 건조 후 추가 열처리 공정(150°C, 30분)에 따른 신맛제어 정도를 평가하였다.

(라) 저항성 전분 함량

저항성 전분 함량 분석은 Megazyme 사의 Resistant Starch kit를 사용하였다. 시료 100 mg을 취하여 pancreatin  $\alpha$ -amylase로 37°C 에서 16시간 반응시킨 후, 분해된 획분(가용성 전분)과 분해되지 않은 잔여물(저항성 전분)을 각각 회수하였다. 저항성 전분 획분은 2 M KOH solution을 첨가하여 분산 및 용해시켰다. 각각 1.2 M sodium acetate buffer(pH 3.8)와 amyloglucosidase을 첨가하여 50°C 에서 30분 반응시킨 후 생성된 glucose의 양에 따라 저항성 전분과 가용성 전분의 양을 각각 환산하고, 두 값을 바탕으로 총 전분 함량 대비 저항성 전분 함량을 계산하였다.

(마) 에스테르화 반응 치환도(DS) 측정 및 정량 분석

비가역적 RS구조가 형성된 정도를 평가하기 위해 에스테르화 반응 치환도(DS) 측정 및 정량 분석을 실시하였다(Xu, Miladinov, and Hanna, 2004). 건량 기준의 0.5 g의 시료를 50 mL 증류수에 실온에서 1시간 교반하여 분산시켰다. 0.5 N NaOH 25 mL을 넣고 50°C 에서 24시간 교반하였다. 교반 후 0.5 M HCl로 pH 6.5이 될 때까지 적정하였다. 공시험(blank, 생쌀가루)과 동시에 진행하였다. DS는 다음과 같은 공식에 대입하여 계산되었다.

$$DS \text{ (Degree of substitution)} = \frac{0.162 \times (V_{\text{sample}} - V_{\text{blank}}) \times M/W}{1 - [0.192 \times (V_{\text{sample}} - V_{\text{blank}}) \times M/W]}$$

$V_{\text{sample}}$ : 구연산 처리 쌀가루시료에 대한 NaOH의 적정량 (mL)

$V_{\text{blank}}$ : 생쌀가루시료에 대한 NaOH의 적정량 (mL)

M: NaOH의 몰 농도 (mol),

W: 시료의 건조중량 (g)

‘162’ : 무수 포도당 단위의 분자량 (Mw)

‘192’ : citric acid의 분자량 (Mw)

(바) FT-IR를 이용한 쌀가루 치환결합 특성 분석 및 치환 구조 규명

쌀가루를 12시간 동안 40° C에서 건조시킨 후, 건조된 시료와 KBr을 1:100으로 섞은 후 압축기(CrushIR Digital Hydraulic Press, Pike Technologies, Wisconsin, USA)를 이용하여 pellet 형태로 제조하였다. FT-IR Spectroscop(Spectrum TWO, Perkin-Elmer, Shelton, USA)를 이용하여 pellet을 400-4,000 wavelength( $\text{cm}^{-1}$ ) 범위에서 측정하여 치환된 형태의 구조를 파악하였다.

**(2) 식사대용식의 기호성 및 기능성 증진을 위한 제조법(Formulation) 개발**

(가) 저항성 전분 강화소재의 대량생산을 통한 시제품 개발

(1)에서 제안된 개선 공정에 따른 대량생산을 시도하였다. 1차 건조 후 2차 건조가 고온에서 이루어짐을 바탕으로 하여, 대량 생산공정을 산업적으로 활용가능한 열풍 roasting (230°C, 45 sec), 직화 roasting의 방법으로 변경하여 시험하였다.

(나) 기능성이 강화된 식사대용식 개발을 위한 부원료 탐색 및 선정

1) 재료

미역추출물, 포멜로추출물 및 밀배아추출물은 대사기능을 촉진시킬 수 있는 부원료로서의 가능성이 검토되어 기능성이 강화된 제품의 리뉴얼 시 효과적인 원료 관리를 위하여 지표물질의 함량을 측정하고자 하였다.

2) 추출 및 분석

가) 미역 추출물

검체(미역 시료, 미역귀 시료) 60 mg을 취한 후 70% ACN에 용해하여 60 mg/mL로 조제 후(60000 ppm) 초음파 진탕기로 20분간 녹인 후 0.45 μm PVDF 멤브레인 필터로 여과하여 시험용액으로 하였다. 표준물질(fucoxanthin standard) 1 mg을 70% ACN으로 용해하여 1 mg/mL가 되게 녹여 표준원액(3.906, 1.953, 0.977, 0.488, 0.244 ppm)으로 하고, 초음파 진탕기로 20분간 녹인 후 0.45 μm PVDF 멤브레인 필터로 여과하여 표준용액으로 하였다. 분석은 고속액체크로마토그래프를 이용하여 다음과 같은 조건으로 실시하였다.

항목	조건	용매		
		시간 (분)	A (%)	B (%)
기기	Agilent 1260 Infinity II Quat Pump, CA, USA DAD WR detector, CA, USA	0	83	17
컬럼	INNO C18 column (25 cm X 4.6 mm, 5 μm)	10	70	30
컬럼온도	Room temperature	25	70	30
주입량	10 μL	30	20	80
이동상	Gradient 조건[A 물(0.5% 아세트산) : B 아세토니트릴]	35	0	100
유속	1.0 mL/분	40	0	100
검출기과장	UV 283 nm (hesperetin), UV 330 nm (caffeic acid), UV 440 nm (fucoxanthin)	50	83	17
		55	83	17

나) 포멜로 추출물

검체(포멜로 시료) 5 mg을 취한 후 70% ACN에 용해하여 5 mg/mL로 조제 후(5000 ppm) 초음파 진탕기로 20분간 녹인 후 0.45 μm PVDF 멤브레인 필터로 여과하여 시험용액으로 하였다. 표준물질(apigenin standard) 1 mg을 70% ACN으로 용해하여 1 mg/mL가 되게 녹여 표준원액(1000, 500, 250, 125, 62.5 ppm)으로 하고, 초음파 진탕기로 20분간 녹인 후 0.45 μm PVDF 멤브레인 필터로 여과하여 표준용액으로 하였다. 분석은 고속액체크로마토그래프를 이용하여 다음과 같은 조건으로 실시하였다.

항목	조건	시간 (분)	용매	
			A (%)	B (%)
기기	Agilent 1260 Infinity II Quat Pump, CA, USA DAD WR detector, CA, USA	0	83	17
컬럼	INNO C18 column (25 cm X 4.6 mm, 5 $\mu$ m)	10	70	30
컬럼오븐	Room temperature	25	70	30
주입량	10 $\mu$ L	30	20	80
이동상	Gradient 조건[A 물(0.5% 아세트산) : B 아세토니트릴]	35	0	100
유속	1.0 mL/분	40	0	100
검출기 파장	UV 280 nm	50	83	17
		55	83	17

#### 다) 밀배아 추출물

검체(밀 배아 시료) 50 mg을 취한 후 100% Water에 용해하여 50 mg/mL로 조제 후 (50000 ppm) 초음파 진탕기로 20분간 녹인 후 0.45  $\mu$ m PVDF 멤브레인 필터로 여과하여 시험용액으로 하였다. 표준물질(spermidine) 1 mg을 100% Water로 용해하여 1 mg/mL가 되게 녹여 표준원액(300, 150, 75 ppm)으로 하고, 초음파 진탕기로 20분간 녹인 후 0.45  $\mu$ m PVDF 멤브레인 필터로 여과하여 표준용액으로 하였다. 분석은 고속액체크로마토그래프를 이용하여 다음과 같은 조건으로 실시하였다.

항목	조건	시간 (분)	용매	
			A (%)	B (%)
기기	GILSON 72, RUE GAMBETTA - BP45 95400 VILLERS LE BEL FRANCE	0	100	0
컬럼	YMC-Pack Pro C18 column (15 cm X 4.6 mm, 5 $\mu$ m)	10	98	2
컬럼오븐	Room temperature	25	95	5
주입량	20 $\mu$ L	30	90	10
이동상	Gradient 조건[A 물(0.5% 아세트산) : B 아세토니트릴]	35	80	20
유속	1.0 mL/분	40	0	100
검출기파장	ELSD ( 드리프트 관 : 75 $^{\circ}$ C, 질소가스 : 1.9 L/min )	50	0	100
		55	100	0

#### (다) 기호성 및 기능성이 증진된 식사대용식의 포물레이션 개발

기능성 원료로 선정된 미역추출물, 포멜로추출물, 밀배아추출물의 최적배합비율을 선정하고, (1)에서 개발된 저항성 전분 강화 식사대용식 원료( $\beta$ BR)를 바탕으로 하여 추출물의 첨가에 따른 관능검사를 수행하였다. 이를 기존에 판매되던 에이지밀(RS meal)과의 비교를 통해 상품성 증진 가능성을 파악하였다.

#### (라) 식사대용식 제품의 유통관로 개발 및 사업화 전략 확립

학회참석 및 발표/부스참석 등을 통한 제품 홍보 및 병원마케팅을 실시하였고, 언택트 마케팅 활용을 위한 마케팅 모델을 수립하였다.

## 나. 저항성 전분 강화 식사대용식 원료( $\beta$ BR)의 소화 중 분해율과 특성 변화 분석

### (1) 재료

대장 발효를 위한 균주는 한국인 장에서 분리한 탄수화물 이용 균주인 *Bacteroides cocktail*을 이용하였고, 유용균 증식 효능 평가는 인간 장에서 분리한 *Lactobacillus*속 2종 (*L. plantarum*, *L. rhamnosus*)과 *Bifidobacterium*속 2종(*B. longum*, *B. bifidum*)과 이에 대응하는 대장균주로 *Escherichia coli* KCTC2441를 이용하였다. 균주를 배양하기 위한 배지인 M9 broth는 BD사(Becton, Dickinson & Co., Franklin Lakes, NJ, USA), 소화율 변화 확인을 위해 사용된 digestible starch and resistant starch kit는 Megazyme(Sydney, Australia), 소화관모사모델에 사용된 효소 및 시약들은 Sigma Aldrich(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하여 사용하였다.

### (2) 저항성 전분 강화 식사대용식 원료( $\beta$ BR)

소화율 분석을 위해 가.에서 개선된 공정으로 제조된 최종 시료인  $\beta$ BR을 사용하였으며, 대조군으로 무처리 현미시료 100%를 활용하였다.

### (3) 저항성 전분 강화 식사대용식 원료의 소화관 모사 모델 적용

입, 위, 소장 단계 소화액은 표에 제시된 조성별로 혼합 후 500 mL로 정량하여 사용하였다. 시료에 인공 타액을 첨가하여 37°C에서 5분간 반응시킨 후 인공 위액, 인공 소장액을 첨가하여 각각 37°C에서 2시간 반응을 통해 소화 과정을 모사하였다. 이 때 소화 과정별 pH 유지는 HCl과 NaOH를 첨가하여 조정하였다. 각 단계 종료 시점마다 시료를 수집하였으며, 100°C에 10분 열처리를 통해 효소를 불활성화 하였고, 이렇게 얻은 시료는 원심분리 및 동결건조를 진행하여 -18°C에서 보관하며 구조적 특성을 확인하였다. 소장 단계 완료 후 한국인 장에서 분리한 탄수화물 이용균주 복합물인 *Bacteroides cocktail*을 이용하여 대장 발효 과정을 모사하였다. 활성화 시킨 *Bacteroides cocktail*을 M9 broth에 희석한 후 동일 비율로 혼합하여 소장 단계를 거친 시료에 접종한 후 혐기상태를 유지한 상태로 37°C에서 24시간 발효 후 원심분리 및 동결건조를 진행하여 시료를 수득하였다.

### (4) 소화 전후 $\beta$ BR의 특성 평가

#### (가) 소화율 변화 평가

소화율 변화는 소화 과정 단계 별로 샘플링 후 원심분리 및 동결건조를 진행하여 각 단계별 사용된 원물량 대비 수율을 확인하였다.

#### (나) 저항성 전분 함량 분석

소화 단계별 저항성 전분 함량은 상기 가.-(4)에 기술된 바와 같이 측정하였다.

#### (다) SEM 분석

미세구조는 전계방사형 주사전자현미경(FE-SEM, GeminiSEM 500, Carl Zeiss)을 사용하여 검경하였다. 90초간 도금한 후 가속전압 1.00 kV에서 시료의 미세구조를 Inlens detector

와 SE detector 각각 500배, 1000배의 배율로 관찰하였다.

(라) 분자 구조(가지 사슬길이 분포) 분석

소화 과정에 따른 전분의 분자구조 변화는 전분을 debranching 시킨 후 아밀로펙틴 가지 사슬길이 분포를 분석하여 비교하였다. 시료 50 mg을 90% DMSO 10 mL에 완전히 녹인 뒤, 에탄올 30 mL를 첨가하여 회수하였다. 이를 건조하여 9 mL 증류수에 재분산시킨 뒤 vortexing하며 끓여 완전한 용액 상태로 제조하였다. 이에 1 mL 40 mM sodium acetate buffer(pH 4.0)를 더한 뒤, isoamylase(Sigma-Aldrich)를 12500 U 수준으로 첨가하여 40°C 항온수조에서 교반하여 48시간 동안 반응시켜 debranching 하였다. 이를 10분간 끓여 효소 반응을 정지시킨 후, 0.45  $\mu$ m membrane filter를 통과시켜 Carbopac PA100 음이온 교환 컬럼(250×4 mm; Dionex, Sunnyvale, CA, USA)이 연결된 고성능액체크로마토그래피(Metrohm 940 Professional IC Vario system)에 주입하였다. 100 mM NaOH 용액에 대한 600 mM sodium acetate의 농도를 시간대별로 증가시켜 1.0 mL/min의 속도로 흘러보내며 시료의 가지 사슬길이 분포를 분석하였다.

## 다. 저항성 전분 강화 식사대용식 원료( $\beta$ BR)의 당뇨 전 단계 개선 효능 평가

### (1) 동물실험

#### (가) 동물 실험 개요

18~25 g의 C57BL/6 마우스(7주령, 한국, 수컷)를 실험에 사용하였다. 아크릴 케이지(45X60X25 cm)에서 사육되었으며, 충분한 사료와 물이 공급되며 적절한 인공 조도로 12시간의 낮, 밤을 조절하였다(am 8:00부터 낮). 그리고 일정한 온도(20~24°C) 및 습도(45~65%)를 유지시켜 주었다. 바뀐 환경에 적응하도록 일주일간 살펴보며 수면주기를 유지하고, 이상행동을 확인하였다. 물과 실험식은 자유롭게 섭취하도록 하였으며, 7주 동안 체중변화가 일정하고 건강한 동물만을 선별하였다. 이후 7주부터 13주까지 고지방식을 공급하여 비만 및 당뇨 전 단계를 유도한 다음 임의 배치법에 의해 시료 군별로 10마리씩 구성하였다. 이후 14주부터 20주까지 계속 고지방식을 공급한 고지방식이군; 고지방식이+현미밥 30%군; 고지방식이+ $\beta$ BR(15%)군; 고지방식이+ $\beta$ BR(30%)군으로 10마리씩 실험을 진행하였다. 정상식이군으로는 정상식을 공급한 10마리를 사용하였다. 동물 실험의 프로토콜은 한국식품연구원 기관 동물 관리 및 사용위원회의 승인을 받았다(IACUC 승인번호: KFRI-M-21030).

Table 26. Animal grouping and group name diet

No.	Diet	Group name	Mice
1	Chow diet (정상식이군)	Chow diet	10
2	High-fat diet (고지방식이군)	High-fat diet (HF)	10
3	HF+현미밥 30% (현미밥 30%군)	BR 30%	10
4	HF+ $\beta$ BR 15% ( $\beta$ BR 15%군)	$\beta$ BR 15%	10
5	HF+ $\beta$ BR 30% ( $\beta$ BR 30%군)	$\beta$ BR 30%	10

(가) 사료 조성

동물 실험에 사용한 고지방식이와 현미 및  $\beta$ BR(베타현미) 시료를 혼합한 사료는 두열바이오텍 (DooYeol Biotech, Korea)을 통하여 제작하였으며, 각 조성은 다음의 표와 같이 나타내었다.

Table 27. Composition of high fat diet and samples diets used in the experiment (g/kg diet)

g, 60 kcal	High-fat diet (HF)	HF + BR30%	HF + $\beta$ BR15%	HF + $\beta$ BR30%
Casein	265.0	185.50	185.50	185.50
L-Cystin	4.0	2.80	2.8	2.80
Maltodextrin	160.0	112.0	112.0	112.0
Sucrose	90.0	83.0	83.0	83.0
Lard	310.0	217.0	217.0	217.0
Soybean oil	30.0	21.0	21.0	21.0
Cellulose	65.5	48.85	48.85	48.85
Mineral mix	48.0	33.60	33.60	33.60
Calcium phosphate	3.4	2.38	2.38	2.38
Vitamin mix	21.0	14.70	14.70	14.70
Choline bitartrate	3.0	2.10	2.10	2.10
Blue food color	0.1	0.07	0.07	0.07
BR	-	300	150	-
$\beta$ BR	-	-	150	300

(2) 전 당뇨 개선 효능 평가

(가) 마우스의 체중, 체중 변화 및 섭취량 측정

마우스의 체중 변화는 1주일 간격으로 오전 10시에 체중을 측정하여 기록하였으며, 급여 사료의 종류를 달리한 13주부터 19주까지 각 식이군의 사료 섭취량을 측정하였다. 사료 변화량은 매주 남은 사료의 양을 측정하여 마우스 한 마리당 식이량을 계산하였다.



(나) 마우스의 공복 혈당 측정

마우스의 공복 혈당은 20주 시점에 12시간 절식 후 혈당 측정기로 혈당을 측정하여 구하였다.

(다) 마우스의 경구포도당부하검사(Oral glucose tolerance test, OGTT) 및 AUC 측정

경구포도당부하 검사는 미정맥에서 혈당기(Accu-Check Performa, Roche)를 이용하여 12시간 이상 절식한 실험동물의 공복 혈당을 측정한 뒤 혈당 상승인자인 glucose를 2 g/kg 씩 모든 군에 투여하여 30분 간격으로 미정맥에서 혈당을 측정하여 수행하였다. 상기 내당능 검사에서 혈당 측정 후 혈당 변화 곡선의 면적(AUC, Area under the curve)을 구하여 각 시험군당 혈당변화를 분석하였다.

(라) 마우스의 공복 혈당과 인슐린 저항성 및 분비능의 상관관계

혈중 인슐린 저항성의 지표로서 HOMA-IR index(Homeostasis model Assessment of insulin resistance index)를 공복 혈당 및 혈액 인슐린 분비능을 측정하여 산출하였다.

(마) 마우스의 체지방 무게 및 체지방 이미지 측정

마우스의 체지방 무게 및 체지방 이미지를 측정하기 위하여 이중 에너지 엑스선 흡수 계측법 (Dual Energy X-ray Absorptiometry, DEXA) 방식의 InAlyzer(Medikors Inc, Korea) 장비를 활용하였으며, High 80 kv 및 1.0 mA, low 55 kV 및 1.0 mA로 분석 조건을 설정하였다. 측정 중에 마우스의 움직임에 의한 오차를 방지하기 위하여, 마취제(3% Isoflurane, v/v)으로 호흡마취 시켰다. 호흡 마취 후, 마우스의 팔과 다리를 옆으로 뻗는 자세로 스캔 장소에 배치하였다. InAlyzer software를 사용하여 확보한 이미지를 통해 체지방 정보를 획득하였다.

(바) 마우스의 혈청 콜레스테롤, ALT, AST, Adiponectin, Insulin 함량 측정

마우스의 고지방식이 및  $\beta$ BR(베타현미)의 식이 섭취 21주 시점에서 12시간 공복 후에 해부하여 혈중 총콜레스테롤, 저밀도 콜레스테롤, 고밀도 콜레스테롤, AST, ALT 수준을 생화학 분석 장비 (AU-480, Beckman)를 사용하여 측정하였다.

인슐린 함량은 ELISA KIT Instruction (Crystal Chem, ELK Grove Vliage, IL 60007, USA), Adiponectin은 Mouse Adiponectin/Acrp30 Immunoassay (R&D systems, Inc, Mineapolis, MN55413, USA)를 사용하여 분석하였다.

(사) Hematoxylin and eosin staining

마우스의 고지방식이 및 저항성 쌀밥의 식이 섭취 21주일 때, 12시간 공복 후에 해부하여 간 및 백색지방 조직을 10%(v/v) 인산 완충액 포르말린에 고정하고 파라핀 왁스에 고정하였다. 절편 (3  $\mu$ m)을 절단하고 각 절편을 헤마톡실린 및 에오신 염색으로 염색하였다. 모든 절편은 광학현미경(Olympus D970, Olympus Optical Co., Japan)으로 검사하였다.

## 라. 저항성 전분 강화 식사대용식 원료( $\beta$ BR)의 건강 개선 효능 평가

### (1) 장내 유익균 증식효능 평가

#### (가) 균주 및 배양 방법

장내 유익균으로는 대사과정을 통해 유기산을 생성하여 장내 환경을 개선하여 유해균의 침입과 성장을 억제하고, 배변을 촉진하고 면역력을 증진시키는 *Lactobacillus* 2종과 *Bifidobacterium* 2종을 이용하였으며, 장에서 장내 유해균으로 그람음성 대장균을 이용하였다. 장내 유익균 증식 효능은 prebiotic activity score로 비교하였다.

배양을 위해 *Lactobacillus* 균주는 MRS 배지를 이용하였고, 이때 배양조건은 pH  $6.5 \pm 0.2$ , 37°C에서 48시간 정치 배양시켰으며, 산소 요구성은 통성혐기성이고 동결건조보존 또는 세포현탁액 동결을 통해 균주를 보존시켰다. *Bifidobacteria* 및 *E. coli* 균주는 5% sheep blood와 0.05% L-cysteine이 포함된 TSA 배지로 배양하였으며, 37°C 및 48~72시간 배양하였으며, 편성 혐기성균으로 혐기조건에서 배양하였다.

#### (나) Prebiotic activity 평가

Prebiotic activity score 분석을 위한 배양 배지는 glucose 2 g/L, CaCl<sub>2</sub> 0.015 g/L, MgSO<sub>4</sub> 0.5 g/L를 첨가한 M9 broth를 사용하였다. 구체적으로 본 배양은 상기 각 균주의 콜로니를 각 균주에 해당하는 고체배지에 도말하고, 37°C 배양기에서 24~48 시간 1차 배양한 다음, 이를 다시 액체배지 10 mL에 접종하여 37°C 배양기에서 24~48 시간 2차 배양하였다. M9 배지에 균 배양액 1%(v/v)과 대조군(glucose) 5 mg/mL 또는 소화관모사모델 처리군 5 mg/mL을 혼합하고 즉시(0시간), 24~48 시간이 지난 후 마이크로플레이트 리더기를 사용하여 600 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 이들 값을 아래의 식에 대입하여 장내 유익균 활성(prebiotic activity score) 수치를 얻었다. 이때, 양성대조군으로 프럭토올리고당(Fructooligosaccharide, FOS)을 5 mg/mL의 농도로 이용하였다.

$$\text{Prebiotic activity score} = \left[ \frac{(\text{probiotic log O.D. on the prebiotic at 24 h} - \text{probiotic log O.D. on the prebiotic at 0 h})}{(\text{probiotic log O.D. on glucose at 24 h} - \text{probiotic log O.D. on glucose at 0 h})} \right] - \left[ \frac{(\text{enteric log O.D. on the prebiotic at 24 h} - \text{enteric log O.D. on the prebiotic at 0 h})}{(\text{enteric log O.D. on glucose at 24 h} - \text{enteric log O.D. on glucose at 0 h})} \right]$$

#### (다) pH 분석

배양 전·후 배지 내 pH 변화는 pH meter(Orion star A211, Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 3회 측정하고 평균 수치를 사용하였다.

### (2) 장 건강 개선 효능 평가

#### (가) 실험동물 및 식이

장 건강 개선 평가를 위한 실험의 실험동물 및 식이의 내용은 상기와 동일하였다.

#### (나) 혈액과 장기의 채취

실험이 종료되고, 실험동물을 12시간 절식시킨 후, 아이프란액을 이용하여 마취하고 복부

와 흉강을 절개하였다. 간문맥에서 채취한 혈액을 응고시킨 후 혈청을 분리하여 바이오마커를 분석하는데 이용하였다. 각각의 실험동물로부터 장 조직을 적출하여 길이를 측정하였으며, -80℃에서 분석시까지 보관하였다.

#### (다) 장 조직 내 단백질 발현 분석

대장 조직을 Pro-prep protein extraction solution(Intron Biotechnology, Korea)을 첨가하여 조직 분쇄와 초음파 분해를 하여 파쇄한 후 4℃에서 12,000 rpm으로 15분간 원심분리하고 상층액을 취하여 단백질을 분리하였다. 이 시료를 15% SDS 폴리아크릴아마이드 겔을 이용하여 전기영동으로 분리하였다. 이후, 1차 항체 [anti-ZO-1, anti-occludin, anti-claudin1, anti-TNF  $\alpha$ , anti- $\beta$ -actin; abcam (Cambridge, USA)와 2차 항체인 HRP-conjugated anti-rabbit antibody와 anti-mouse antibody를 반응시킨 후 발색된 밴드의 강도를 ChemiDoc XRS+ imaging system(Bio-rad, USA)로 확인하였다.  $\beta$ -actin은 각각의 시료에 동량의 단백질이 들어 있는지 확인하기 위한 대조군으로 사용하였다.

## 2. 연구 결과

### 가. 저항성 전분 강화 식사대용식 시료 ( $\beta$ BR) 제조 공정 최적화

#### (1) 간편대용식 제품화(리뉴얼)를 위한 $\beta$ BR 시료 제조 공정 최적화

##### (가) 첨가물 비율 및 온도조건에 따른 현미시료의 RS 함량 변화

CA 및 TC를 비율별로 침지 후 레토르트하여 저항성 전분 함량 강화 현미 시료를 제조하였다. 첨가물(CA:TC)의 비율에 따라 pH 측정 결과 50:50은 pH 3.97, 75:25는 pH 3.00, 100:0은 pH 2.02로 CA 함량이 높아질수록 낮게 나타났다. 저항성 전분 함량 측정 결과, CA:TC의 비율이 75:25 및 100:0에서 대조구 대비 저항성 전분 함량이 증가하였고, 가열 온도에 따라서는 90℃ 대비 120℃ 및 150℃에서 저항성 전분 함량이 감소하였다. CA:TC의 비율이 100:0, 건조온도는 90℃에서 저항성 전분 함량이 가장 크게 증가하였으나, pH 저하로 인해 호화된 밥의 신맛 및 향이 강하게 느껴져 간편대용식으로서의 제품화에 어려움이 있을 것으로 예상되었다. 따라서 가장 높은 RS가 관찰된 90℃로 건조온도를 고정하고, CA:TC의 비율을 75:25로 하여 CA의 비율을 낮추는 공정을 채택하였다.

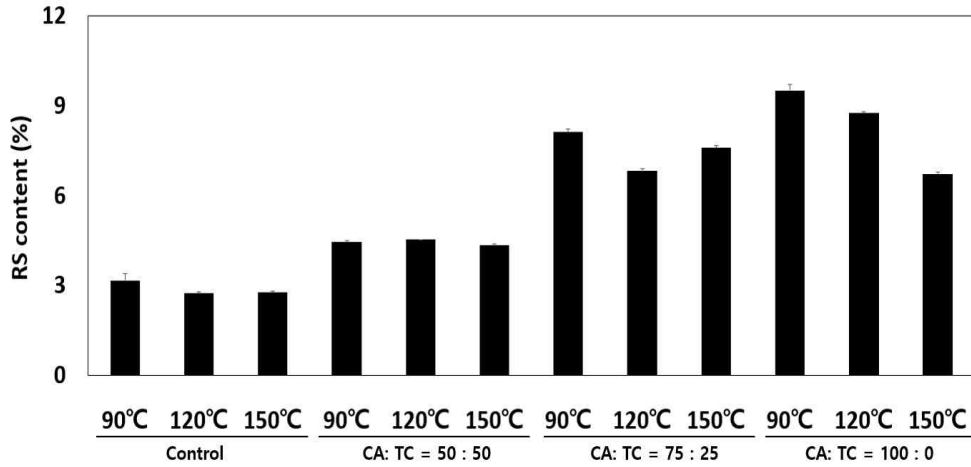


Fig. 48. RS content according to the CA:TC ratio and drying temperature

(나) 건조온도 조건(150°C 추가) 변화에 따른 현미시료의 RS 함량 및 식미변화

새미면 현미에 CA와 TC는 50:50 및 75:25의 비율로 침지하고, 가열 후 건조 온도를 90°C 처리후 추가로 150°C에서 건조하여 잔여 구연산의 가수분해를 유도하여 신맛을 제어하고자 하였다. 실험 결과, CA:TC 비율은 75:25에서(50:50대비) 저항성 전분 함량이 증가하였고, CA:TC 비율에 관계없이 건조 조건으로 150°C 조건을 추가하였을 때 저항성 전분 함량의 추가적인 증가는 나타나지 않았다. 그러나, 150°C 조건을 추가하였을 때 신맛이 제어되고 로스팅 풍미로 인해 기존의 이미 이취가 마스킹(masking)되는 효과를 나타내었다. 따라서 90°C 가열반응 후 150°C 추가 건조공정을 최종적으로 확립하였다.

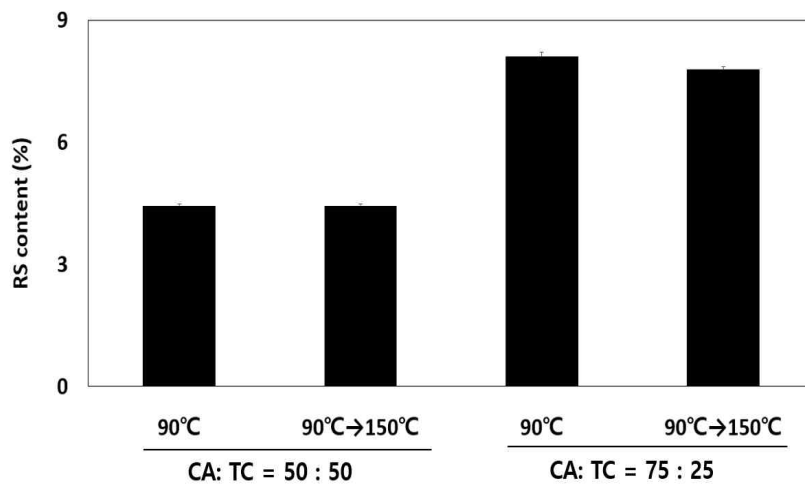


Fig. 49. RS content according to the post-drying process(150°C)

(다) 간편대용식 제품화(리뉴얼)를 위한 가공 시료의 에스테르화 치환도 분석

구연산의 고온반응을 통해 나타나는 에스테르화 치환기는 탄수화물 분해 효소작용을 억제할 뿐만 아니라, 비가역적인 구조변화를 통해 재가열에 의한 RS 함량 감소효과를 제어하는 역할을 한다. 치환도 분석 결과, 가장 높은 치환도를 나타낸 시료는 기존 공정으로 제조한 CA100% 시료였으며, 현미 대조군 시료 대비 2.8배의 수준을 나타내었다. 간편대

용식 제품화(리뉴얼)를 위해 제조된 신맛이 제어되고 풍미가 향상된 현미시료 (CA:TC=75:25, 90~150°C)의 경우, CA100%보다 다소 낮은 치환도(0.098)를 나타내었으며 이는 저항성 전분 함량 측정 결과와 유사한 경향이였다. 결과적으로,  $\beta$ BR 시료의 제조를 위한 개선 공정에서도 유의미한 수준의 치환도 및 RS가 형성됨을 확인하였다. FT-IR 스펙트럼 분석 결과, control 시료와 달리 에스테르화 치환기로 인해 나타나는 1738  $\text{cm}^{-1}$ 의 carbonyl 피크가 기존 공정 및 리뉴얼( $\beta$ BR) 공정에서 모두 관찰됨을 확인하였다.

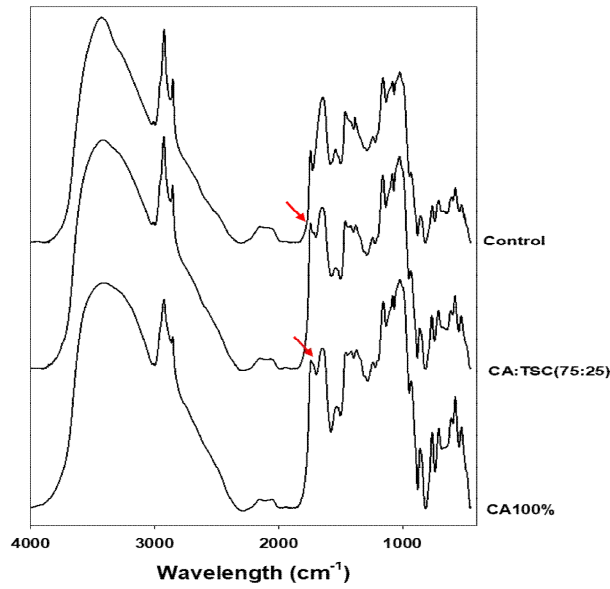


Fig. 50. FT-IR spectra of rice flour samples

(라) 저항성 전분 강화 식사대용식 원료의 최종 공정

본 연구 결과에 따라 식사 대용식 활용을 위한 쌀의 최종 가공조건을 다음과 같이 확정 하였으며, 이에 따라 가공한 쌀을 제품의 특성과 출시된 제품명 등을 종합적으로 고려하여 ‘ $\beta$ BR(또는 베타현미)’로 지칭하였다. 해당 소재를 소화 과정에 의한 분해율 및 특성 변화, 당노 전 단계 개선 효능 검증, 장 건강 개선 효능 검증 등의 추가 연구에 사용 하였다.

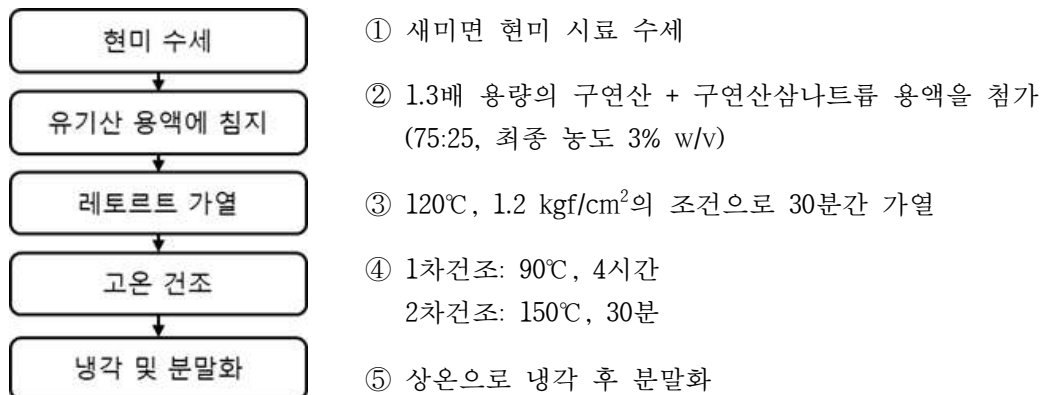


Fig. 51. Process for production of “ $\beta$ BR”

(2) 식사대용식의 기호성 및 기능성 증진을 위한 제조법 (Formulation) 개발

(가) 저항성 전분 강화 식사대용식 원료의 대량생산 및 시제품 개발

(1)에서 개발된 Lab scale의 제조공정을 (주) 대신식품(기존 베타현미 제조업체)의 생산라인에 적용, scale up test를 통하여 대량생산 시제품을 생산하였으며, (주)두리두리를 통해 다양한 로스팅 기법을 적용함으로써 시제품의 관능적 특성의 향상 여부를 검토하였다.

Pilot scale을 통해 생산된 베타현미의 관능검사 결과 침지액의 변화(구연산의 함량)에 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 그러나 건조 후 로스팅의 적용은 베타현미 분말의 관능성을 크게 향상시키는 것으로 나타났으며 특히 맛과 향의 경우 관능적 기호성이 크게 증가하였다. 로스팅의 방법(열풍/직화)의 방법에 따른 관능적인 차이는 나타나지 않았다. 따라서 향후 대규모 생산시 경제성 및 용이성에 따라 최적의 로스팅 처리를 적용하고자 하였다.

베타현미2 생산공정  
( Pilot scale)

원료준비	현미 침지
가수 (유기산용액)	침지액 : 3% 구연산 : 3% trisodium citrate = 75: 25
세척	수돗물 3회 세척
가열 후 냉각	멸균기 : 121°C, 30분
건조 및 Roasting	Dry oven : 70 °C, 5hr Roasting a) 열풍 (230 °C, 45 sec) b) 직화
분쇄	

Fig. 52. Process for production of “βBR” in pilot scale



CTR (A) : 베타현미1 침지액 (citrate 100%)      TSC (B) : 베타현미2 침지액 (TSC 20%)  
 CTR (A-1) : 기존침지 + 열풍 roasting      TSC (B-1) : new침지 + 열풍 roasting  
 CTR (A-2) : 기존침지 + 직화 roasting      TSC (B-2) : new침지 + 직화 roasting

Fig. 53. “βBR” products produced via various conditions

Table 28. Consumer likings for “βBR” products

	CTR (A)	CTR (A-1)	CTR (A-2)	TSC (B)	TSC (B-1)	TSC (B-2)
Taste	3.2	7.5	8.3	3.3	7.9	8.1
Flavor	4.3	6.5	6.2	4.1	6.9	6.7
Color	6.5	6.6	6.5	6.2	6.5	6.5
Acceptance	4.3	7.6	7.7	4.0	7.8	7.7

(나) 기능성 강화 식사대용식 개발을 위한 부원료 탐색 및 선정

미역추출물, 포멜로추출물 및 밀배아추출물은 대사기능을 촉진시킬 수 있는 부원료로의 가능성이 검토되어 기능성이 강화된 제품의 리뉴얼시 효과적인 원료 관리 및 효능의 검증을 위하여 기능물질의 함량을 측정하였다.

1) 미역추출물의 기능성분(Fucoxanthin) 함량

Fucoxanthin의 경우 미역, 미역귀 시료에서 검출되었고(각각 0.005 mg/g extract, 0.074 mg/g extract), 특히 미역귀에서 다소 높게 검출되었다. 또한 Hesperetin 및 caffeic acid의 경우 미역, 미역귀 시료에서 검출되지 않았다.

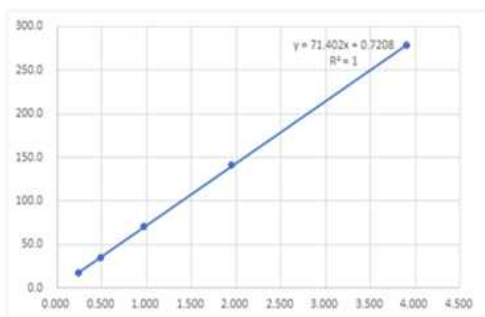


Fig. 1. Calibration curves of fucoxanthin standard

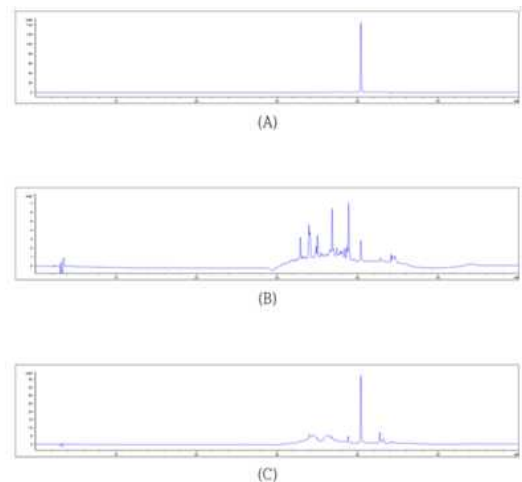


Fig. 2. HPLC chromatograms of fucoxanthin (A), 미역 sample (B), and 미역귀 sample (C) (440nm)

2) 포멜로추출물의 기능성분(Apigenin) 함량

포멜로 추출물의 apigenin 함량은 96.318 mg/g로 확인되었다.

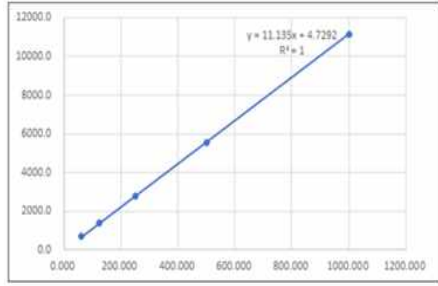


Fig. 1. Calibration curves of Apigenin standard

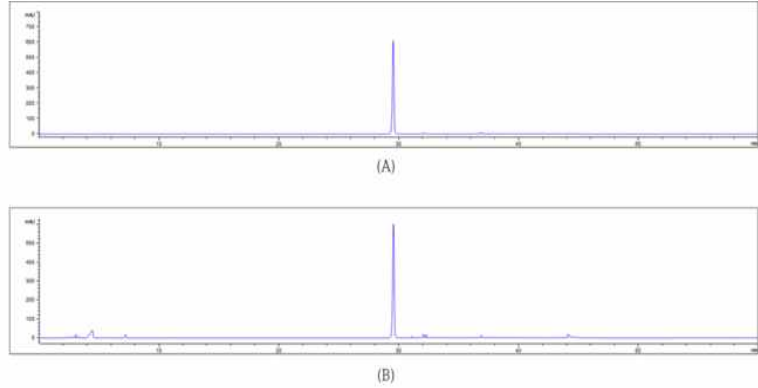


Fig. 2. HPLC chromatograms of standard, apigenin (A), 포멜로 sample (B) (280 nm)

### 3) 밀배아추출물의 기능성분(spermidine) 함량

밀배아 추출물의 spermidine 함량은 3.807 mg/g로 확인되었다.

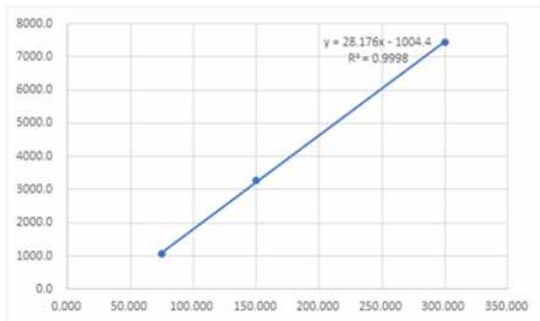


Fig. 1. Calibration curve of spermidine

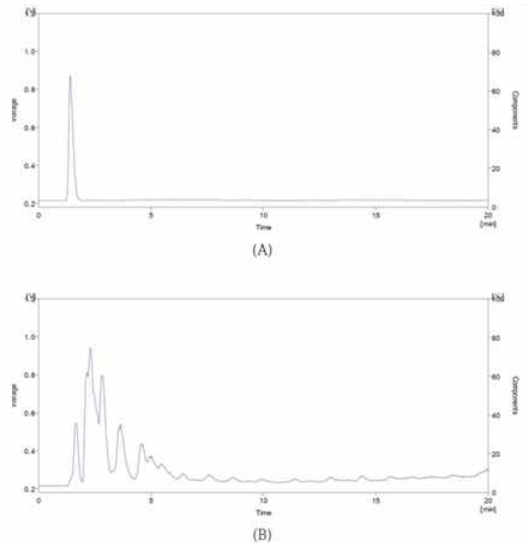


Fig. 3. Expanded HPLC-ELSD chromatograms of spermidine (A) and 밀 배아 sample (B)

### (다) 기호성 및 기능성이 증진된 식사대용식의 포물레이션 개발

#### 1) 기능성 추출물 첨가 배합비 결정

기능성 성분이 확인된 3가지 추출물(미역추출물, 포멜로추출물, 밀배아추출물)의 적정 배합비 도출을 위하여 βBR(베타현미) 분말 베이스(TSC B-1)의 각 추출물 첨가에 따른 관능검사를 실시하였다. 관능적 특성 등을 고려하여 미역추출물, 포멜로추출물, 밀배아추출물의 혼합비율은 10:20:70으로 조정하였다.

위와 같이 결정한 혼합추출물(가칭)의 첨가량을 설정하고자 관능검사를 실시한 결과 대조구에 비하여 혼합추출물 0.25%의 첨가까지는 관능적인 항목에 영향을 미치지 않았으나 0.75% 이상의 농도에서는 이취가 강하게 느껴져 기능성 강화를 위한 혼합추출물의 첨가량은 0.5% 미만으로 결정하였다.



Table 29. Consumer likings for “βBR” products according to the addition of functional extract

	TSC B-1	0.1%	0.25%	0.5%	0.75%	1%
Taste	7.2	7.5	7.5	7.2	6.4	5.9
Flavor	7.0	7.0	7.1	6.5	6.8	6.5
Color	7.0	7.4	7.0	6.9	6.9	7.0
Acceptance	7.8	7.5	7.5	7.2	6.2	5.8

2) 식사대용식 제품의 양산형 제조공정 확립 및 최적화

기존 생산되던 식사대용식 제품에서, 개선 공정으로 생산된 βBR(베타현미) 분말로 원료를 대체하고, 혼합추출물을 0.25% 첨가한 닥터에이지알에스밀 리뉴얼 시제품을 개발하였다. 기존제품과의 비교 관능검사를 실시한 결과, 기존 제품에 비해 roasted 베타현미에 혼합추출분말 0.25%를 첨가한 리뉴얼제품이 관능적으로 월등한 것으로 나타났다. 추가로 βBR(베타현미) 분말의 저항성 전분 함량의 증가를 위한 대량생산공정에서, 침지 후 세척과정 없이 바로 가열을 통해 공정 간소화를 위한 공정 변경 연구를 수행중이다.

닥터에이지알에스밀

리뉴얼제품

원재료 및 성분명		배합비율 (%)	원재료 및 성분명		배합비율 (%)
1	분리대두단백	46.8	1	분리대두단백	46.8
2	난소화성말토덱스트린	13	2	난소화성말토덱스트린	13
3	베타현미	10.11	3	베타현미	10.11
4	호박분말	9.42	4	호박분말	9.42
			5	혼합추출분말	0.25%

Fig. Formulation of “에이지알에스밀” product

베타현미 생산공정  
( Pilot scale)

베타현미 생산공정  
( Pilot scale)

원료준비	현미 침지	원료준비	현미 침지
가수 (유기산용액)	침지액 : 3% 구연산 : 3% trisodium citrate = 75: 25	가수 (유기산용액)	침지액 : 3% 구연산 : 3% trisodium citrate = 75: 25
세척	수돗물 3회 세척	세척과정 삭제	
가열 후 냉각	열균기 : 121°C, 30분	가열 후 냉각	열균기 : 121°C, 30분
건조 및 Roasting	Dry oven : 70 °C., 5hr Roasting a) 열풍 (230 °C, 45 sec) b) 직화	건조 및 Roasting	Dry oven : 70 °C., 5hr Roasting a) 열풍 (230 °C, 45 sec) b) 직화
분쇄		분쇄	

Fig. 54. Modified process for production of “βBR” in pilot scale

(라) 식사대용식 제품의 유통관로 개발 및 사업화 전략 확립

1) 학회참석 및 발표/ 부스참석 등을 통한 제품 홍보 및 병원마케팅

기존 마케팅의 방법으로 직접 병원/의사협회 등 학회활동 중심의 홍보 및 총 6회 이상의 학회발표 및 부스를 통한 관련제품(저항성 전분 함유 제품을 이용한 관련질환에의 응용)을 홍보하였다.

20201011 대한임상암대사의학회



세종대학교 광개토관 15층  
광주오아시스병원 김준희원장 강의 : 암환자 5일  
요법의 성과

20201025 대한약물영양의학회



백범기념관  
메타센테라퓨틱스 최원희 이사 강의 : 저항성전분  
및 단식모방식이

20201115 대한비만연구이사회



롯데호텔  
메타센테라퓨틱스 박명규대표 강의 : 다이어트 프  
로그램

Fig. Promotions in 2020 on products



20210502  
대한성장학회



20210606  
한국영양의학회



20210620  
대한비만미용체형학회

Fig. 55. Promotions in 2021 on products

2) 언택트 마케팅의 개발 및 활용

코로나로 인한 비대면 마케팅을 통한 사업화 전략을 구축하였다. 기존에 실시하던 오프라인 중심의 영업 및 마케팅 방법에서 탈피하여 온라인 커뮤니케이션을 강화, 거래처와의 커뮤니케이션(학술자료, 브로셔 등)은 SNS 등을 활용하여 전달하는 방식을 활용하고자 하였다.

현재의 기존방식은 의사 및 약사가 영업사원을 통해 직접 주문하는 방식으로 다수의 영업사원이 필요하지만, 새로운 마케팅툴로 개발된 언택트 방식은 의사 및 약사가 영업사원을 거치지 않고 온라인 몰에 접속 및 주문하는 방식으로 영업인력을 최소화 할 수 있으며, 코로나 시대 비대면 마케팅의 새로운 방법으로 활용 가능할 것으로 활용하였다. 메타센테라퓨틱스의 MCT 비대면 서비스는 다음의 그림과 같이 구축하였다.

### MCT 비대면 Service 구축 (案)



### Customer E-Detailing



Fig. 56. MCT ‘Untact’ service model

## 나. 저항성 전분 강화 식사대용식 원료( $\beta$ BR)의 분해율과 특성 변화 분석

### (1) Insoluble 수율 변화

각 소화 단계별 사용된 원물량 대비 수율을 비교한 결과는 아래의 표와 같다. 대조군 현미와 저항성 전분 강화 소재인  $\beta$ BR 시료 각각 *in vitro* 소화 과정을 거쳐 단계별 소화율을 확인한 결과, 입과 위 단계까지는  $\beta$ BR 시료가 소화율이 더 높은 것으로 확인되었다. 그러나 소장, 대장 단계를 거치면서 현미 시료는 67.45, 84.50%,  $\beta$ BR은 58.31, 70.70%로, 저항성 전분 강화 소재가 소화율이 상대적으로 낮은 것이 확인되었으며, 이는  $\beta$ BR의 경우 현미 대조군에 비해 저항성 전분 함량이 상대적으로 증가함에 따라 소장, 대장에서 분해가 지연된 것으로 사료되었다.  $\beta$ BR 소재는 소장, 대장에서 상대적으로 분해가 지연됨에 따라 장내 유용미생물 증식 효능 등 장 건강에 도움이 될 것으로 기대되었다.

Table 30. Insoluble yield (%) during *in vitro* digestion

Sample	Digestive phase	Insoluble yield (%)
BR(Brown rice)	Oral	11.25
	Stomach	20.89
	S-intestine	67.45
	L-intestine	84.50
$\beta$ BR	Oral	39.09
	Stomach	50.34
	S-intestine	58.31
	L-intestine	70.70

## (2) 저항성 전분 변화

각 소화단계별 시료들의 저항성 전분 함량 변화는 아래의 표와 같이, 현미 대조군 시료와  $\beta$ BR 모두 소화과정을 거치면서 RS 함량이 유의적으로 증가하는 것이 확인되었다. 현미 시료는 원물상태(1.37%)보다 소화과정을 완료했을 때(2.20%) RS 함량이 1.6배 증가하였으며,  $\beta$ BR의 경우, 원물상태(6.94%)보다 소화과정을 완료했을 때(17.14%) RS 함량이 약 2.5 배 증가하였다. 이는 소화과정 중 비 저항성전분은 분해되어 함량이 감소하는 반면, 저항성 전분은 체내 소화효소에 의해 잘 분해되지 않기 때문에 상대적으로 함량이 증가하는 것으로 사료되었다. 본 실험 결과를 통해, 저항성전분 강화 소재인  $\beta$ BR 시료가 *in vitro* 소화과정 중 소화효소들 작용에 큰 영향을 받지 않을 것으로 판단되며 현미 대조군보다 상대적으로 분해되지 않아 장내환경에 많은 영향을 끼칠 수 있을 것으로 사료되었다.

Table 31. Resistant starch content (%) during *In vitro* digestion

Sample	Digestive phase	RS content (%)
BR	RAW (원물)	1.37 $\pm$ 0.09 <sup>1)a2)</sup>
	Oral-insol	1.29 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>
	Stoma-insol	1.70 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>
	S-intes-insol	1.59 $\pm$ 0.18 <sup>b</sup>
	L-intes-insol	2.20 $\pm$ 0.08 <sup>c</sup>
$\beta$ BR	RAW (원물)	6.94 $\pm$ 0.34 <sup>A3)</sup>
	Oral-insol	9.04 $\pm$ 0.24 <sup>B</sup>
	Stoma-insol	10.83 $\pm$ 0.15 <sup>C</sup>
	S-intes-insol	15.68 $\pm$ 1.90 <sup>D</sup>
	L-intes-insol	17.14 $\pm$ 0.30 <sup>E</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean  $\pm$  SD.

<sup>2)</sup>Different lower-case letters(a, b, c, etc.) in the same column indicate a significant difference according to Duncan' s multiple test( $p < 0.05$ ).

<sup>3)</sup>Different upper-case letters(A, B, C, etc.) in the same column indicate a significant difference according to Duncan' s multiple test( $p < 0.05$ ).

### (3) SEM 분석

현미와  $\beta$ BR 시료의 단계별 미세구조 변화를 FE-SEM을 통해 검경한 결과는 아래의 그림에 각각 제시하였다. 500배 및 1000배의 배율로 구조적 특성 변화를 확인한 결과, 현미 시료와  $\beta$ BR 시료 모두 소화과정을 거치면서 구조적 형태가 변화되는 것을 확인하였다. 두 시료 모두 원물상태는 구형, 타원형의 형태로 큰 입자들이 주로 관찰되는 반면에, 소화단계가 진행됨에 따라 형태가 파손되어 구형, 타원형보다는 길쭉하고 뾰족한 형태가 주로 관찰되었다. 또한 두 시료 모두 원물 상태의 경우 표면이 상대적으로 매끄러워 보였지만, 소화 과정을 완료했을 때는 표면상의 입자 크기가 상대적으로 작아지는 것으로 확인되었다. 위의 소화율과 저항성 전분 함량 분석을 통해, 저항성 전분 관련 구조가 상대적으로 분해되지 않고 남아있을 것으로 판단되며, 향후 추가적인 FE-SEM 분석시 시료의 금속도금시간을 늘려 1000배 이상의 배율로 검경해야 할 것으로 사료되었다.

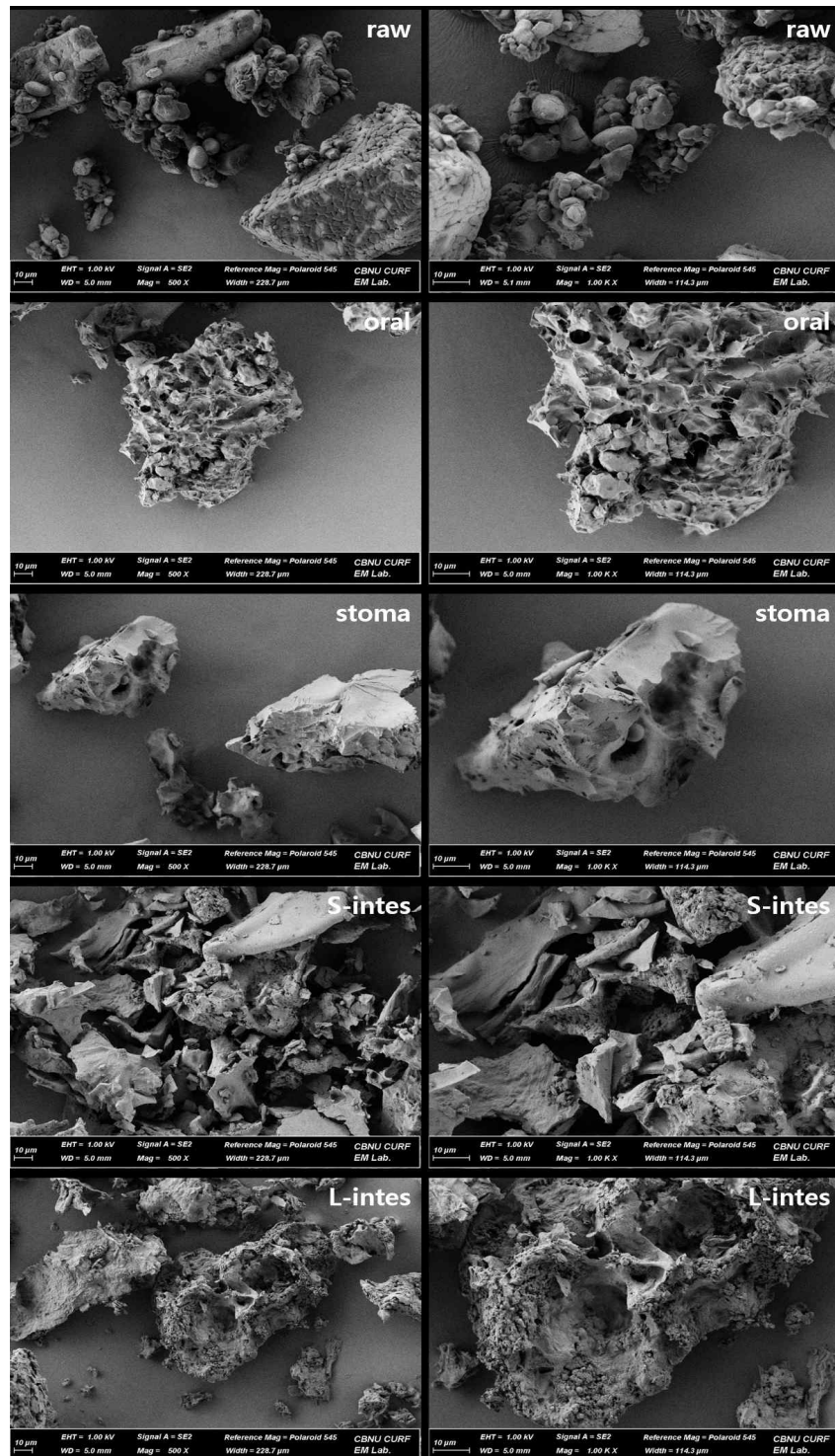


Fig. 57. SEM image of BR rice samples during in vitro digestion (left:  $\times 500$ , right:  $\times 1000$ )

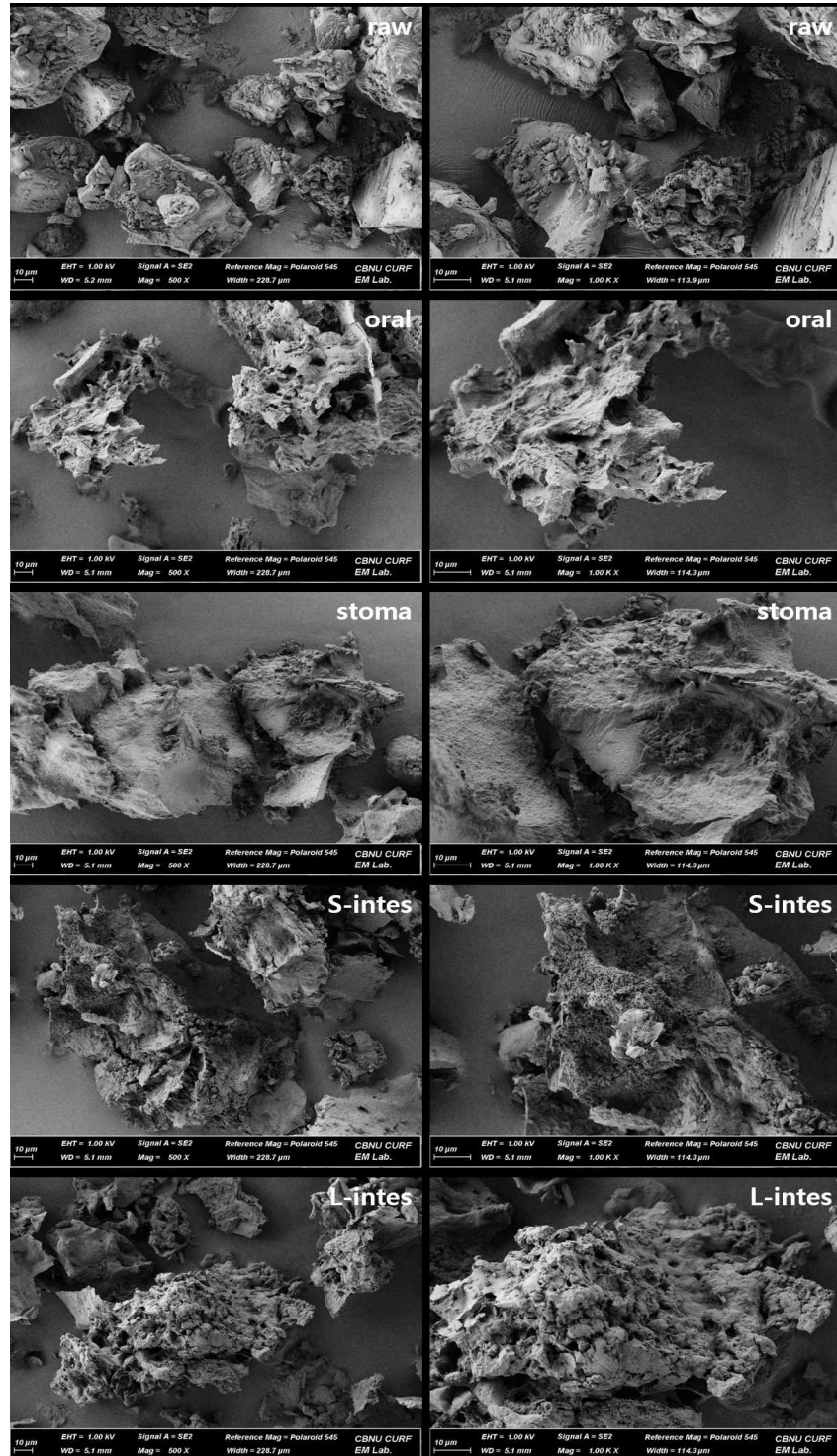


Fig. 58. SEM image of  $\beta$ BR rice samples during in vitro digestion (left:  $\times 500$ , right:  $\times 1000$ )

(4) 분자구조(가지 사슬길이 분포) 분석

현미와  $\beta$ BR 시료의 소화 단계별 가지 사슬길이 분포 변화를 DP 1~72 범위의 상대적인 함량을 비교하여 아래의 표에 제시하였다. 일반 현미는 원물 상태에서 짧은 사슬(DP 6~12) 및 중간 길이 사슬 (DP 13~24) 함량이 높은 전형적인 A형 곡류 전분의 가지 사슬 분포를 나타내었다.  $\beta$ BR 시료는 매우 짧은 사슬(DP 1~5) 함량이 일반 현미 대비 증가하였으며 중간 길이 사슬(DP 13~24) 또한 감소하였다. 이는 구연산 처리 과정에 의한 부분

적인 산가수분해의 영향으로 판단되며, 그 결과 평균 DP 또한 감소하였다( $p < 0.05$ ).

현미와  $\beta$ BR 시료는 *in vitro* 소화 과정에 의해 가지 사슬 길이 분포의 큰 변화를 보였다. 가지 사슬의 평균 DP는 현미 시료에서는 소화 과정에 의해 유의적으로 감소하였으나,  $\beta$ BR은 근소한 변화를 보여 소화 완료 후에도 비슷한 평균 중합도를 유지하였다. 현미 시료는 DP 13 이상의 사슬 비율이 전반적으로 감소하고 짧은 사슬 함량이 증가하는 형태의 변화를 나타내었으나,  $\beta$ BR 시료는 오히려 DP 6-24 사이의 사슬이 감소하고 DP 5 이하 및 DP 25 이상의 사슬 비율이 증가하는 특이적인 변화를 나타내었다.

Table 32. Changes in branch chain length distribution during *in vitro* digestion

Sample	Digestive phase	DP <sup>1)</sup> 1-5	DP 6-12	DP 13-24	DP 25-36	DP $\geq$ 37	DP <sub>n</sub>
BR	RAW (원물)	0.71 $\pm$ 0.39 <sup>2c3)</sup>	27.08 $\pm$ 0.16 <sup>c</sup>	52.66 $\pm$ 0.72 <sup>a</sup>	11.75 $\pm$ 0.15 <sup>a</sup>	7.80 $\pm$ 0.46 <sup>a</sup>	18.79 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup>
	Oral-insol	2.45 $\pm$ 0.36 <sup>c</sup>	28.08 $\pm$ 0.22 <sup>bc</sup>	51.45 $\pm$ 0.63 <sup>a</sup>	11.04 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	6.98 $\pm$ 0.32 <sup>b</sup>	18.11 $\pm$ 0.11 <sup>a</sup>
	Stoma-insol	12.67 $\pm$ 3.09 <sup>ab</sup>	42.55 $\pm$ 2.53 <sup>a</sup>	36.69 $\pm$ 3.26 <sup>c</sup>	5.95 $\pm$ 1.87 <sup>c</sup>	2.14 $\pm$ 0.42 <sup>d</sup>	13.17 $\pm$ 1.03 <sup>c</sup>
	S-intes-insol	10.86 $\pm$ 1.04 <sup>b</sup>	29.14 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>	46.09 $\pm$ 0.83 <sup>b</sup>	9.42 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	4.50 $\pm$ 0.34 <sup>c</sup>	15.77 $\pm$ 0.23 <sup>b</sup>
	L-intes-insol	16.68 $\pm$ 5.81 <sup>a</sup>	26.38 $\pm$ 0.54 <sup>c</sup>	43.95 $\pm$ 3.92 <sup>b</sup>	8.76 $\pm$ 0.96 <sup>b</sup>	4.23 $\pm$ 0.47 <sup>c</sup>	14.86 $\pm$ 1.16 <sup>b</sup>
$\beta$ BR	RAW (원물)	2.43 $\pm$ 0.29 <sup>B4)</sup>	28.83 $\pm$ 0.19 <sup>B</sup>	49.12 $\pm$ 0.60 <sup>A</sup>	12.15 $\pm$ 0.06 <sup>B</sup>	7.46 $\pm$ 0.61 <sup>B</sup>	18.33 $\pm$ 0.20 <sup>A</sup>
	Oral-insol	2.59 $\pm$ 0.34 <sup>B</sup>	29.23 $\pm$ 0.50 <sup>B</sup>	48.53 $\pm$ 0.75 <sup>A</sup>	12.14 $\pm$ 0.21 <sup>B</sup>	7.50 $\pm$ 0.76 <sup>B</sup>	18.29 $\pm$ 0.27 <sup>A</sup>
	Stoma-insol	5.29 $\pm$ 0.23 <sup>B</sup>	32.72 $\pm$ 0.48 <sup>A</sup>	43.81 $\pm$ 0.47 <sup>B</sup>	11.42 $\pm$ 0.86 <sup>B</sup>	6.76 $\pm$ 0.67 <sup>B</sup>	17.25 $\pm$ 0.13 <sup>B</sup>
	S-intes-insol	21.68 $\pm$ 4.96 <sup>A</sup>	18.72 $\pm$ 0.55 <sup>C</sup>	30.10 $\pm$ 3.60 <sup>C</sup>	16.58 $\pm$ 1.57 <sup>A</sup>	12.92 $\pm$ 0.36 <sup>A</sup>	18.49 $\pm$ 0.94 <sup>A</sup>
	L-intes-insol	22.54 $\pm$ 3.50 <sup>A</sup>	17.80 $\pm$ 0.66 <sup>C</sup>	29.59 $\pm$ 3.00 <sup>C</sup>	16.87 $\pm$ 2.17 <sup>A</sup>	13.20 $\pm$ 1.16 <sup>A</sup>	18.65 $\pm$ 0.48 <sup>A</sup>

<sup>1)</sup>DP, degree of polymerization; DP<sub>n</sub>, number-average degree of polymerization

<sup>2)</sup>Values are mean $\pm$ SD.

<sup>3)</sup>Different lower-case letters(a, b, c etc.) in the same column indicate a significant difference according to Duncan's multiple test ( $p < 0.05$ ).

<sup>4)</sup>Different upper-case letters(A, B, C etc.) in the same column indicate a significant difference according to Duncan's multiple test ( $p < 0.05$ ).

현미와  $\beta$ BR 시료의 소화 단계별 가지 사슬 길이 분포 변화를 구체적으로 아래의 그림에 비교하여 나타내었다. 원물과 입 소화 단계에서 두 시료의 가지 사슬 길이 분포는 비슷한 형태의 분포를 가지고 있었으나, 위 소화 이후부터 눈에 띄는 차이가 관찰되었다.

위 소화 단계에서 DP 13을 교차점으로 하여 DP 13 이하의 사슬은 현미에서, DP 13 이상의 사슬은  $\beta$ BR에서 더 높은 함량을 나타내었다. 특히  $\beta$ BR에서는 검출되는 가장 긴 사슬의 길이가 이전 단계와 유사하게 (DP 70 이상), 일반 현미에서는 DP 60 수준으로 크게 감소하였다. 소장 소화 이후 peak DP는 현미에서 더 높게 나타났으나(현미 DP 12,  $\beta$ BR DP 3), DP 25 이상의 긴 사슬 비율은  $\beta$ BR에서 더 높게 유지되어 현미에 비해 더 높은 평균 DP를 나타내었다.  $\beta$ BR의 이러한 구조가 대장으로 이동하여 3종 유익균의 발효원으로 사용되기에 유리한 형태일 것으로 판단되었다. 대장 발효 이후, 현미는 DP 1의 상대적 비율이 9.4% 수준으로 전체 가지사슬 중 압도적으로 높았으며, DP 8~24의 사슬 함량이 높게 나타났다. 반면,  $\beta$ BR은 DP 1 사슬은 상대적으로 낮았으며(1.66%), DP 2~4 사슬을



최고 함량으로 가지는 동시에 DP 25 이상의 사슬이 현미에 비해 유의미하게 높게 관찰되었다.

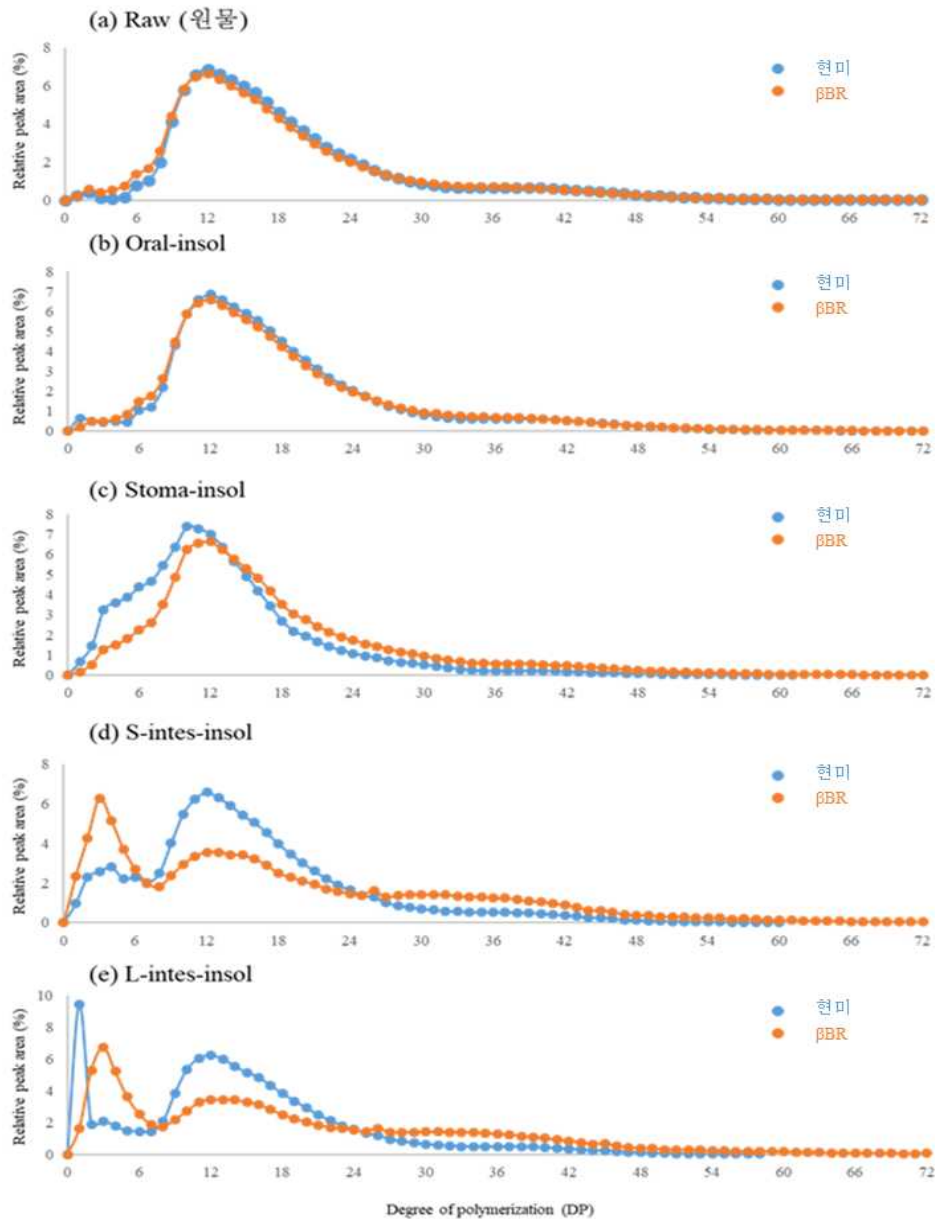


Fig. 59. Comparison of branch chain length distribution during *in vitro* digestion between BR and  $\beta$ BR

각 소화단계에 의해 발생한 각 가지 사슬의 증감을 도식화하여 아래 그림에 나타내었다. 입 소화 단계에 의한 소폭 변화가 관찰되었다. 현미에서는 DP 12 이상의 사슬이 전부 감소하여 DP 11 이하 사슬의 증가로 반영되었고,  $\beta$ BR은 DP 3~4, DP 12~30 영역에서 주요한 감소세가 관찰되었으며 변화폭 또한 일반 현미보다 매우 작았다. 현미의 경우 입에서의 짧은 소화 과정에서 소량의 amylase 계열 효소에 의해 쉽게 가수분해되는 RDS 상의 일부가 가수분해 되었을 것으로 판단되었다.  $\beta$ BR에서는 구연산 처리에 의한 작용기 치환 및 가교결합 형성으로, 현미와는 다른 화학적 결합 형태를 가지고 있어 효소에 의한

가수분해 패턴이 상이하게 나타난 것으로 판단되었다.

위 소화 단계는 탄수화물계 소화 효소를 포함하고 있지 않음에도 불구하고, 입에서보다 더 큰 폭의 변화가 관찰되었다. 현미에서는 입에서와 마찬가지로 DP 13 이하의 사슬이 큰 폭으로 감소하였다. 이는 HCl을 포함하는 산성 환경(pH 1.0)에 의해 RDS 분획의 산분해가 유도되었기 때문으로 판단되었다.  $\beta$ BR에서도 입 소화 단계와 유사한 범위의 사슬이 일부 감소하였으나 소폭에 불과하여, 산분해에 보다 안정한 구조를 가지고 있을 것으로 판단되었다.

전분은 소장에서 주요하게 소화·흡수되며, 소장 단계에 의해  $\beta$ BR에서도 큰 폭의 감소가 관찰되었다.  $\beta$ BR의 가수분해는 DP 9~25 범위에 걸쳐 주요하게 일어났으며, 이 과정에서 생성되는 저분자 soluble oligosaccharide가 prebiotic activity 증가에 기여하였을 것으로 판단되며, 그 결과 짧은 사슬의 (DP 3~8) 함량이 증가하였다. 현미의 경우, 이전 단계에서 이미 가수분해가 일어난 DP 12이상의 사슬보다는, DP 12 미만의 사슬이 주로 감소하는 것으로 확인되었다. 현미는 대장 모사 발효에 의해 DP 4~20 사슬이 전반적으로 감소하여 DP 3의 짧은 가지 사슬을 형성하였고,  $\beta$ BR은 대장 발효에 의한 가지사슬 변화 폭이 매우 작아 큰 변화를 나타내지 않았다.

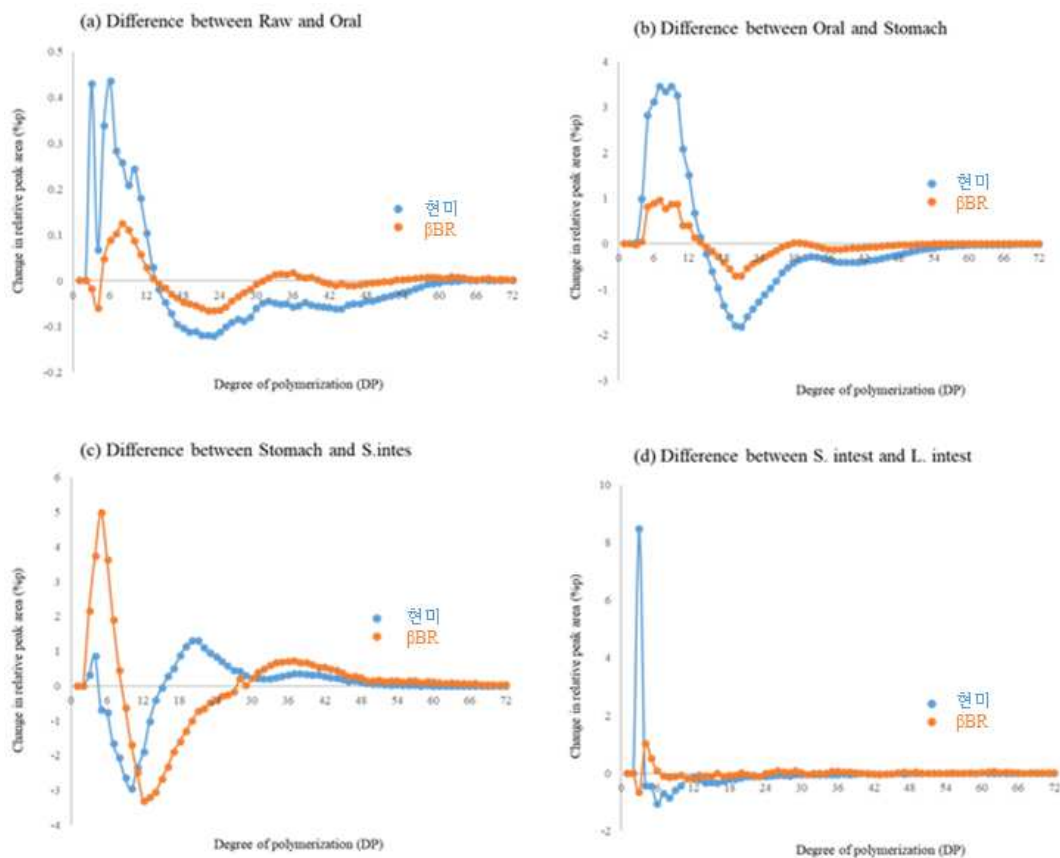


Fig. 60. Changes in relative area of each DP during *in vitro* digestion

## 다. 저항성 전분 강화 식사대용식 원료( $\beta$ BR)의 당뇨 전 단계 개선 효능 평가

### (1) 마우스의 체중 변화 및 사료 섭취량

실험군 간 사료 섭취량을 조사한 결과, 각 군에서 섭취량의 차이는 확인되지 않았으며, 이는 실험 결과에 사료의 섭취량에 따른 변수가 작용하지 않은 것으로 해석되었다.

아래 그림 (a)에 나타낸 바와 같이, 정상식이군과 비교하여 고지방식이군에서 체중이 유의적으로 증가한 결과를 확인할 수 있으며, 고지방식이군과 비교하여 베타현미( $\beta$ BR)를 각각 15%, 30%를 병행하여 급여한 군에서 체중이 유의적으로 감소하였다. 식이 섭취 19주차의 체중을 측정한 결과, (b)에 나타낸 바와 같이 정상식이군과 비교하여 고지방식이군에서 유의적으로 체중이 증가하였으나, 고지방식이 시에도 현미밥 30%, 베타현미( $\beta$ BR)가 포함된 경우에는 유의적으로 체중이 감소하였다. 특히, 현미밥 30% 단독 투여군과 비교했을 때에도 베타현미( $\beta$ BR) 투여군에서 사료 혼입 비율(15%, 30%)에 관계없이 체중이 감소하는 결과를 확인할 수 있었다.

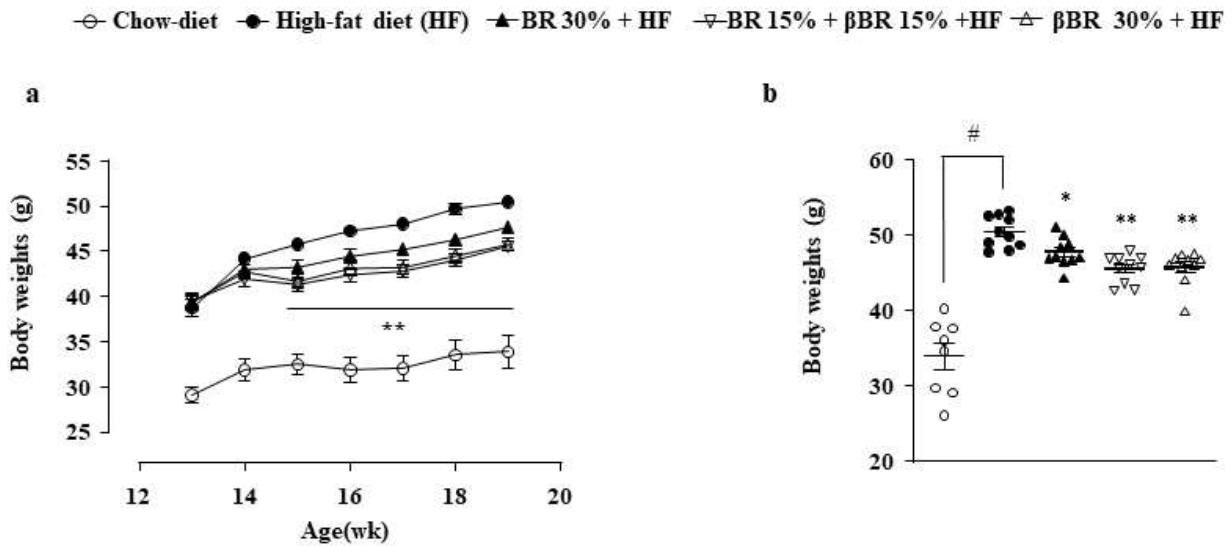


Fig. 61. (a) Body weight gain of mice fed experimental diet for 7 weeks. (b) Body weight for mice at week 19 of the experiment

Significant differences were identified at #( $p < 0.05$ ) as compared to the Chow-diet group, or \*( $p < 0.05$ ) and \*\*( $p < 0.005$ ) as compared to the high-fat diet group.

### (2) 마우스의 경구포도당부하검사 (Oral glucose tolerance test, OGTT) 및 AUC

아래의 그림에서 (a)는 각 실험군 별 내당능을 측정한 결과이며, (b)는 내당능 측정 후 혈당변화곡선의 면적(AUC)을 나타낸 결과이다. 포도당을 식이하였을 때, 정상식이군에 비해 고지방식이군에서 혈당이 높아지는 결과를 확인하였으며, 고지방식이군과 현미밥을 병행하여 식이한 군에서는 차이가 없는 반면에 베타현미( $\beta$ BR)를 각각 15%, 30% 병행하여 식이한 군에서는 혈당강하 효과가 크게 나타나는 결과를 확인할 수 있었다. 이 결과를 통해서 베타현미( $\beta$ BR)의 식이가 혈당강하 활성을 보이는 것을 확인하였고, 전 당뇨 개선 효능을 가지고 있는 것을 확인하였다.

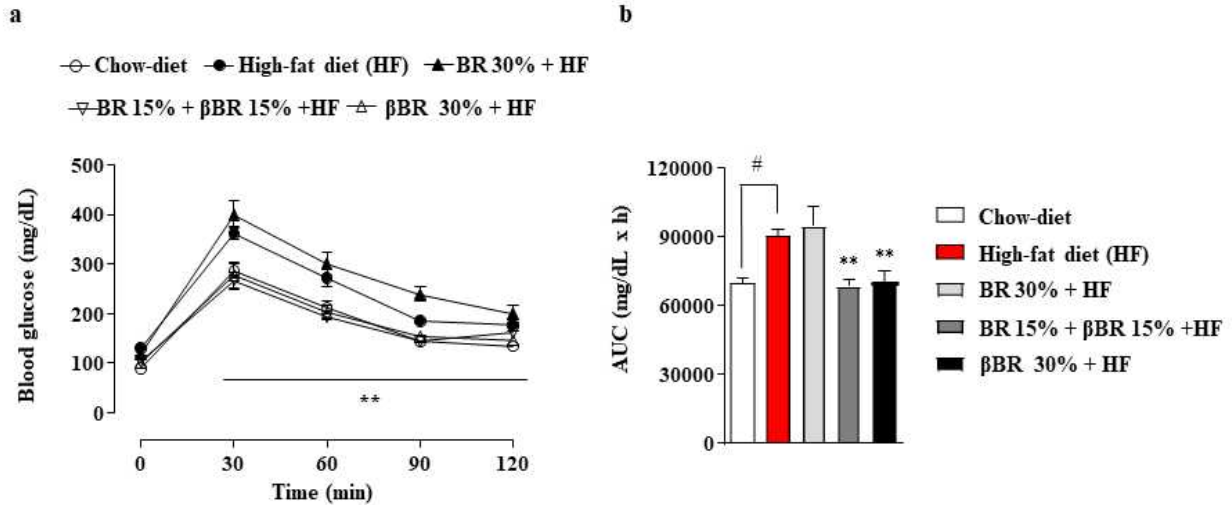


Fig. 62. Oral glucose tolerance test(OGTT) performed in HFD-fed and/or  $\beta$ BR-fed mice. (a) Glucose level during OGTT. (b) Area under the curve (AUC) calculated from OGTT. Significant differences were identified at # ( $p < 0.05$ ) as compared to the Chow-diet group, or \* ( $p < 0.05$ ) and \*\* ( $p < 0.005$ ) as compared to the high-fat diet group.

### (3) 마우스의 공복혈당, 인슐린, HOMA-IR 측정을 통한 인슐린 저항성 개선 효능 평가

공복 혈당 측정 결과, 아래 그림의 (a)에 나타난 바와 같이 정상식이군과 비교하여 고지방식이군에서 공복 혈당이 유의적으로 높아지는 결과를 확인할 수 있었으나, 베타현미( $\beta$ BR) 30%를 식이한 군에서 유의적으로 공복 혈당이 감소한 결과를 확인할 수 있었다. 현미밥 30%군, 베타현미( $\beta$ BR) 15%군에서는 공복혈당이 감소하였으나, 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 즉, 공복혈당의 유의적 감소를 위해서는 베타현미( $\beta$ BR)를 고함량으로 섭취하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

혈청 내의 인슐린 함량을 측정한 결과, (b)에 나타난 바와 같이 정상식이군에 비해 고지방식이군에서 유의적으로 인슐린 함량이 증가하였으나, 베타현미( $\beta$ BR) 15%, 30% 식이를 병행한 군에서는 혈청 내의 인슐린 함량이 고지방식이 군과 비교하여 유의적으로 감소하는 결과를 확인하였다.

(c)에 나타난 바와 같이, 정상식이군과 비교하여 고지방식이군에서 HOMA-IR이 유의적으로 증가하였으나, 베타현미( $\beta$ BR) 15%, 30% 투여군에서는 HOMA-IR이 유의적으로 감소하는 결과를 확인하였다. 본 결과를 통하여 고지방식이로 유도한 전당뇨 모델 마우스에서 베타현미( $\beta$ BR)의 인슐린 저항성 개선 효능을 확인할 수 있었다.

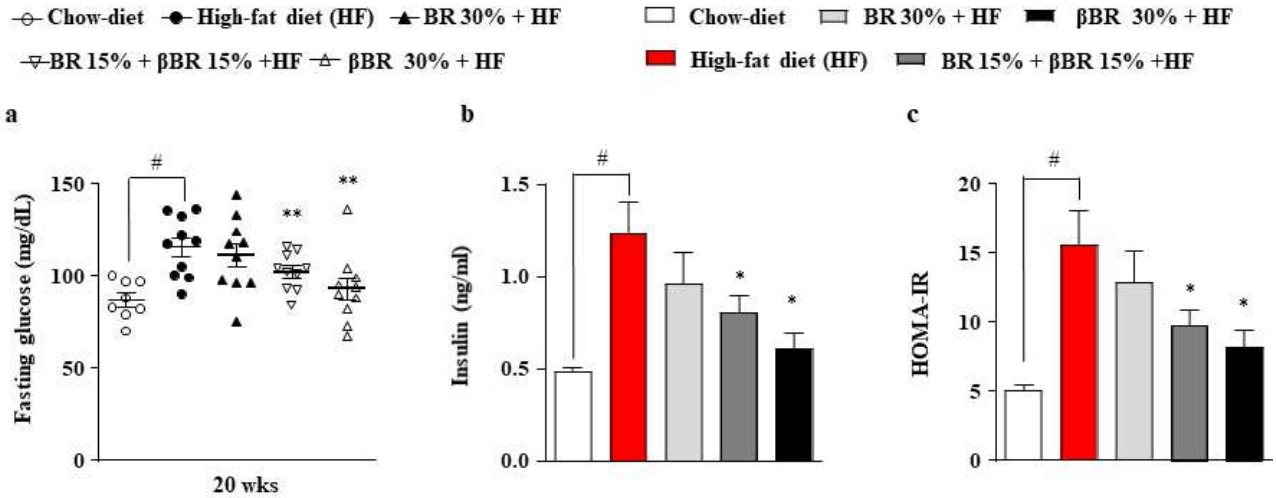


Fig. 63. Effect of  $\beta$ BR on (a) fasting glucose levels, (b) blood insulin levels, and (c) HOMA-IR in mice

Significant differences were identified at # ( $p < 0.05$ ) as compared to the Chow-diet group, or \* ( $p < 0.05$ ) and \*\* ( $p < 0.005$ ) as compared to the high-fat diet group.

#### (4) 베타현미( $\beta$ BR)의 이상지질혈증, 지방간, 비만 개선 인자 변화

고지방식이로 전당뇨를 유도한 마우스 모델에서 베타현미( $\beta$ BR) 식이에 따른 총콜레스테롤(TC), 저밀도 콜레스테롤(LDL-C), 고밀도 콜레스테롤(HDL-C), ALT, AST, Adiponectin을 측정하였으며 이를 통해 이상지질혈증, 지방간, 비만 개선 인자를 확인하였다.

고지방식이군과 비교하여 베타현미( $\beta$ BR) 식이군에서 총콜레스테롤, 저밀도 콜레스테롤 수치가 감소하여 이상지질혈증 감소 효능이 확인되었으며, 고지방식이로 유도한 간 염증/독성 지표 ALT, AST의 감소 경향으로 지방간의 예방 및 개선 효과가 확인되었다. 또한 비만 인자인 Adiponectin의 유의적 변화에 의한 개선 효능을 확인하였다.

Table 33. Effects of  $\beta$ BR on serum levels of Total cholesterol(TC), LDL-cholesterol(LDL-C), HDL-cholesterol(HDL-C), ALT, AST, and Adiponectin

Groups	TC (mg/dL)	LDL-C (mg/dL)	HDL-C (mg/dL)	ALT (U/L)	AST (U/L)	Adiponectin ( $\mu$ g/mL)
Chow-diet	114.67 $\pm$ 5.79	9.67 $\pm$ 0.33	71.67 $\pm$ 2.75	21.33 $\pm$ 4.67	57.67 $\pm$ 4.33	17.82 $\pm$ 0.45
High-fat diet (HF)	226.20 $\pm$ 5.48 <sup>#</sup>	23.20 $\pm$ 0.74 <sup>#</sup>	101.80 $\pm$ 1.17 <sup>#</sup>	171.40 $\pm$ 20.6 <sup>#</sup>	247.20 $\pm$ 26.15 <sup>#</sup>	13.46 $\pm$ 0.42 <sup>#</sup>
BR 30% + HF	215.50 $\pm$ 8.57	23.20 $\pm$ 1.74	94.40 $\pm$ 2.54 <sup>*</sup>	130.60 $\pm$ 33.49	160.20 $\pm$ 25.50 <sup>*</sup>	16.14 $\pm$ 0.66 <sup>*</sup>
BR 15% + $\beta$ BR 15% + HF	203.40 $\pm$ 4.01 <sup>*</sup>	19.20 $\pm$ 1.12 <sup>*</sup>	91.40 $\pm$ 1.49 <sup>*</sup>	58.80 $\pm$ 6.88 <sup>*</sup>	90.60 $\pm$ 15.69 <sup>*</sup>	14.97 $\pm$ 0.61
$\beta$ BR 30% + HF	155.20 $\pm$ 10.90 <sup>*</sup>	17.60 $\pm$ 1.07 <sup>*</sup>	78.80 $\pm$ 4.26 <sup>*</sup>	100.00 $\pm$ 11.16 <sup>*</sup>	117.00 $\pm$ 13.24 <sup>*</sup>	15.34 $\pm$ 0.61 <sup>*</sup>

Significant differences were identified at # ( $p < 0.05$ ) as compared to the Chow-diet group, or \* ( $p < 0.05$ ) as compared to the high-fat diet group.

(5) 고지방식이로 전당뇨를 유도한 마우스에서 InAlyzer를 활용한 체지방 함량 변화

정상식이군과 비교하여 고지방식이군에서 체지방 함량이 유의적으로 증가하였으나, 현미 30% 식이군, 베타현미( $\beta$ BR) 15%, 30% 식이군에서 유의적으로 체지방의 감소 경향을 확인하였다. 이 결과를 통하여 베타현미( $\beta$ BR) 식이가 체지방 감소에 도움이 되며, 항비만 활성을 가짐을 확인하였다.

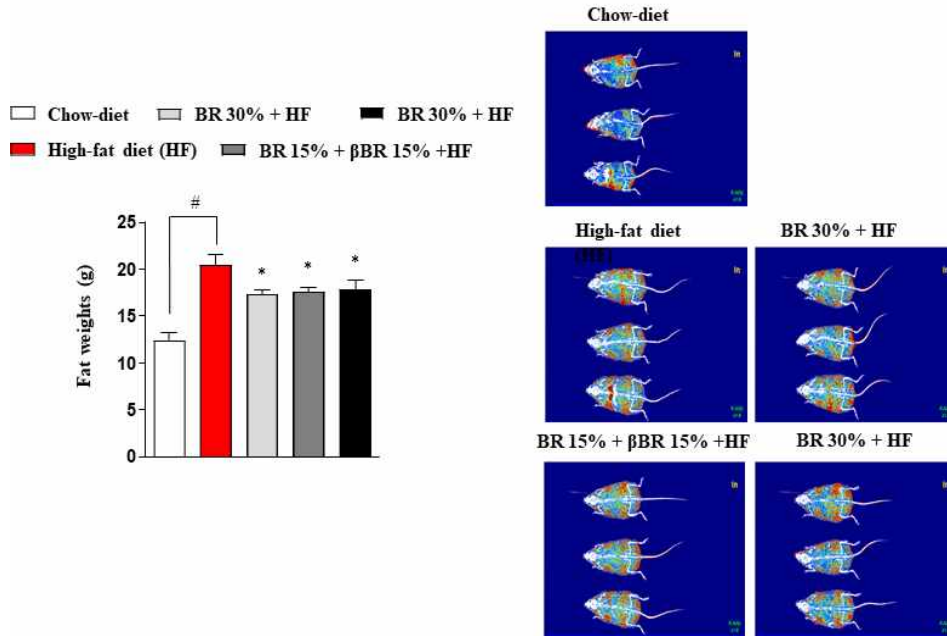


Fig. 64. Fat weight (left) and representative abdominal fat pad distribution.

Significant differences were identified at #( $p < 0.05$ ) as compared to the Chow-diet group, or \*( $p < 0.05$ ) as compared to the high-fat diet group.

(6) 고지방식이로 전당뇨를 유도한 마우스에서 간과 백색지방에서 조직학적 변화

적출된 간과 백색지방조직의 형태학적 변화를 비교하기 위해 H&E 염색을 사용하여 간 및 백색지방조직에서의 지방 축적을 비교하였다. 아래 그림에 나타난 바와 같이 정상식이군과 비교하여 고지방식이군에서 간과 백색지방 조직에서 지방 축적이 증가하였으나, 베타현미 ( $\beta$ BR) 15%, 30% 급여군에서 간과 백색지방조직에서 지방 축적이 개선됨을 확인할 수 있었다.

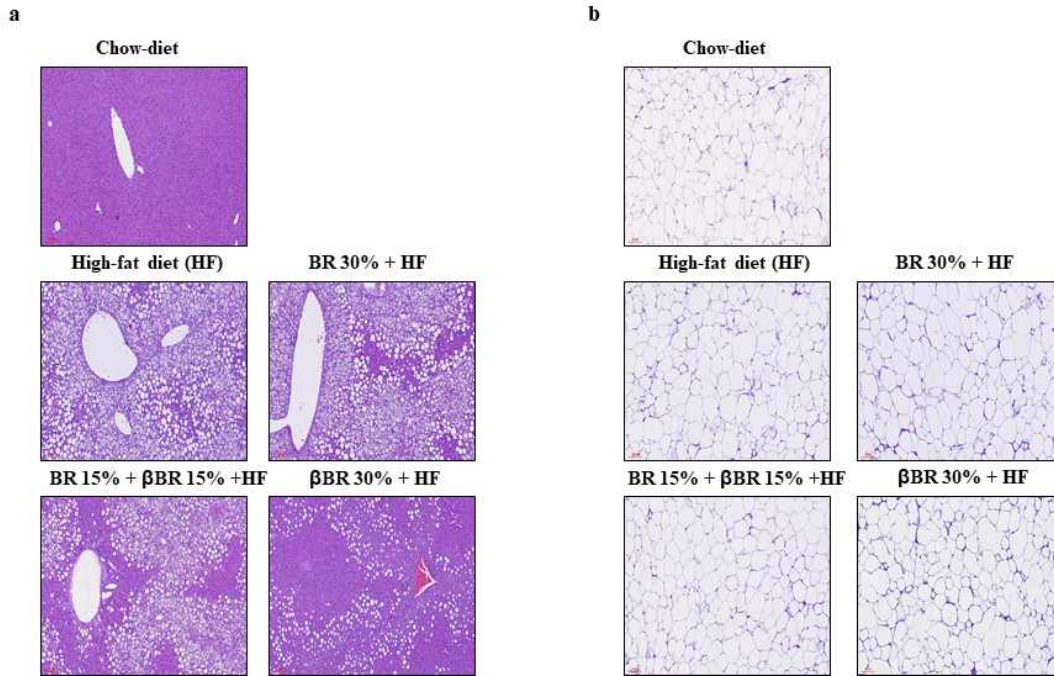


Fig. 65. Histopathologic changes of central vein and portal area of (a) liver and (b) white adipose tissue in high fat diet mice

The liver and white adipose tissue sections were stained with hematoxylin and eosin (H&E staining)

## 라. 저항성 전분 강화 식사대용식 원료( $\beta$ BR)의 장 개선 효능 평가

### (1) 장내 유익균 증식효능 및 pH 변화 확인

일부 저항성 전분을 함유하고 있는 것으로 알려진 현미와 이를 이용해 본 연구팀에서 현미를  $\beta$ 화 시켜 저항성 전분을 강화하여 개발한  $\beta$ BR을 이용하여 소화과정 전·후 과정별 장내 유용 미생물의 증식효능을 평가하였다.

현미와 이를 가공처리하여 저항도를 향상시킨  $\beta$ BR을 각 소화단계별 침전물(insoluble)과 소장단계의 상등액(soluble)의 *L. rhamnosus* 균에 대한 증식효능을 평가한 결과, 양성 대조군인 FOS균에 비해 활성이 좋은 것으로 확인되었으며, 현미균의 위 단계 시료 0.1%, 0.5%의 농도에서 각각  $2.070 \pm 0.065$ ,  $8.701 \pm 1.351$ 로 농도의존적으로 활성이 높게 측정되었으나, 소장과 대장 단계의 시료 0.5% 농도에서 활성이 적어지는 것을 확인하였다.  $\beta$ BR 처리군에서도 위 단계의 시료 0.1%, 0.5%의 농도에서 각각  $2.464 \pm 0.362$ ,  $6.529 \pm 1.391$ 로 농도의존적으로 활성이 높게 측정되었으며, 특히 소장 단계의 상등액 시료 0.1%, 0.5%의 농도에서 각각  $0.874 \pm 0.199$ ,  $26.547 \pm 0.473$ 으로 활성이 가장 높게 확인되었다.

소장 소화 후 대장 내 *L. rhamnosus* 균이 이용할 수 있는 prebiotic score의 합은 현미가 9.9이고  $\beta$ BR은 11.4로  $\beta$ BR이 대장 내 *L. rhamnosus* 균이 활발히 이용할 수 있을 것으로 분석되었으며, 소장 소화 후 상등액의 pH 수치를 확인하면, 현미와  $\beta$ BR은 각 6.46, 6.07로 분석되었고 소장소화를 거친 소화상태의 저분자 수용성 성분을 대장 내 존재하는 *L. rhamnosus* 균이 이용할 수 있는 것으로 확인되었다.

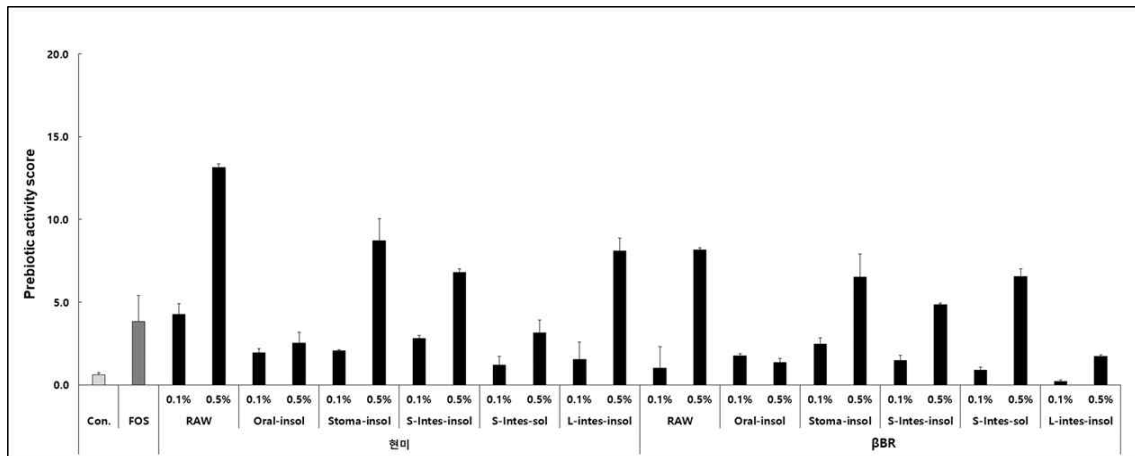


Fig. 66. Prebiotic activity of BR and  $\beta$ BR on *L. rhamnosus*

Table 34. Changes in pH after incubation of *Lactobacillus rhamnosus* for 24 h

<i>Lactobacillus rhamnosus</i>		0.1%		0.5%	
Incubation time(h)		0	24	0	24
BR	RAW	6.97±0.01	6.51±0.01	7.00±0.01	6.44±0.01
	Oral-insol	7.02±0.01	6.78±0.06	7.00±0.01	6.74±0.00
	Stoma-insol	7.01±0.01	6.80±0.01	6.98±0.03	6.48±0.08
	S-intes-insol	7.02±0.01	6.62±0.01	6.98±0.01	7.04±0.00
	S-intes-sol	7.02±0.01	6.83±0.04	7.00±0.01	6.46±0.02
	L-intes-insol	7.03±0.01	6.69±0.00	6.97±0.01	7.05±0.01
$\beta$ BR	RAW	7.03±0.01	6.80±0.01	6.89±0.01	6.43±0.01
	Oral-insol	7.02±0.01	6.80±0.01	6.88±0.01	6.58±0.02
	Stoma-insol	7.03±0.00	6.75±0.03	6.86±0.01	6.36±0.03
	S-intes-insol	6.98±0.01	6.87±0.00	6.88±0.01	6.97±0.01
	S-intes-sol	7.02±0.01	6.58±0.31	6.96±0.01	6.07±0.13
	L-intes-insol	7.01±0.00	6.79±0.01	6.99±0.00	6.97±0.01

*L. plantarum* 균을 현미에 0.5%의 농도로 인공 소화관 모델 적용하였을 때 입, 위 소화관 모델에 비해 소장과 대장 모델에서 각각  $9.226 \pm 0.610$ ,  $10.261 \pm 0.113$ 으로 prebiotic activity 활성이 높게 측정되었으며, pH 또한  $6.48 \pm 0.00$ 과  $6.42 \pm 0.01$ 로 낮게 측정되었다. 이는 단쇄 지방산이 형성되어 pH가 낮아졌을 것으로 예상되었다.  $\beta$ BR 처리군에서도 입, 위 단계에 비해 특히 소장과 대장 단계의 시료 0.5%의 농도에서 각각  $7.277 \pm 0.361$ ,  $6.252 \pm 0.185$ 로 활성이 좋았으며, pH 또한  $6.56 \pm 0.04$ ,  $6.54 \pm 0.01$ 로 낮아졌음을 확인하였다. 소장 소화 후 대장 내 *L. plantarum* 균이 이용할 수 있는 prebiotic score의 합은 현미가 19.9이고  $\beta$ BR은 12.4로 현미의 *L. plantarum* 균 증식효능이 확인되나, 양성대조군인 FOS에 비해 두 소재 모두 유의적으로 증식효능이 높은 것이 확인되었다. 소장 소화 후 상등액의 pH 수치를 확인한 결과 현미와  $\beta$ BR은 각각 6.34, 6.57으로 분석되었고, 이는 prebiotic activity 결과를 반영하는 것으로 사료되었다.



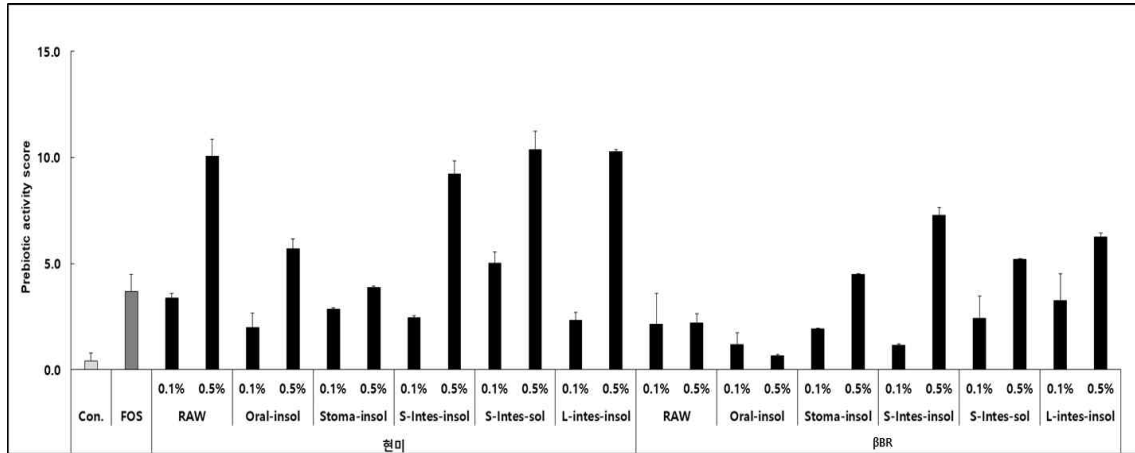


Fig. 67. Prebiotic activity of BR and  $\beta$ BR on *L. plantarum*

Table 35. Changes in pH after incubation of *Lactobacillus plantarum* for 24 h

<i>Lactobacillus plantarum</i>		0.1%		0.5%	
Incubation time(h)		0	24	0	24
BR	RAW	7.05 ± 0.01	6.45 ± 0.00	6.99 ± 0.01	6.45 ± 0.03
	Oral-insol	7.05 ± 0.01	6.87 ± 0.04	7.01 ± 0.01	6.69 ± 0.05
	Stoma-insol	7.06 ± 0.01	6.52 ± 0.20	6.98 ± 0.00	6.61 ± 0.00
	S-intes-insol	7.06 ± 0.01	6.75 ± 0.01	7.01 ± 0.01	6.48 ± 0.00
	S-intes-sol	7.04 ± 0.01	6.62 ± 0.02	7.03 ± 0.00	6.34 ± 0.01
	L-intes-insol	7.06 ± 0.01	6.77 ± 0.02	7.03 ± 0.01	6.42 ± 0.01
$\beta$ BR	RAW	7.06 ± 0.01	6.81 ± 0.06	7.02 ± 0.01	6.78 ± 0.00
	Oral-insol	7.06 ± 0.01	6.79 ± 0.06	7.01 ± 0.01	6.76 ± 0.00
	Stoma-insol	7.04 ± 0.01	6.82 ± 0.01	6.99 ± 0.01	6.48 ± 0.01
	S-intes-insol	7.05 ± 0.01	6.82 ± 0.01	6.97 ± 0.00	6.56 ± 0.04
	S-intes-sol	7.05 ± 0.01	6.87 ± 0.01	7.06 ± 0.01	6.57 ± 0.01
	L-intes-insol	7.05 ± 0.00	6.79 ± 0.07	6.97 ± 0.00	6.54 ± 0.01

*B. longum* 균을 현미 시료에 0.1, 0.5%의 농도로 인공 소화관 모델 적용하였을 때 전반적으로 농도 의존적인 활성을 보였다. 특히 위 단계에서 0.1, 0.5% 각각  $55.777 \pm 18.866$ 과  $100.434 \pm 16.976$ 으로 가장 활성이 높게 측정되었으며, 소장 단계의 경우 농도 의존적이지는 않았지만 0.1%의 농도에서  $57.779 \pm 0.208$ 로 활성이 좋았다.  $\beta$ BR 처리군에서도 대부분 농도 의존적으로 활성이 측정되었으며, 대장 단계에서 0.1, 0.5% 각각  $27.214 \pm 2.034$ ,  $53.062 \pm 10.403$ 으로 높게 측정되었으며, 24시간 뒤 배양액의 pH 또한  $6.73 \pm 0.01$ 로 낮게 확인되었다. 소장 소화 후 대장 내 *B. longum* 균이 이용할 수 있는 prebiotic score의 합은 현미가 24.4이고  $\beta$ BR은 55.6으로  $\beta$ BR이 대장 내 *B. longum* 균이 활발히 이용할 수 있을 것으로 분석되었으며, 소장 소화 후 상등액의 pH 수치를 확인하면, 현미와  $\beta$ BR에서 각각 6.46, 6.07으로 분석되었고, 이는 소장소화를 거친 소화상태의 저분자 수용성 성분을 대장 내 존재하는 *L. rhamnosus* 균이 이용할 수 있는 것으로 확인되었다.

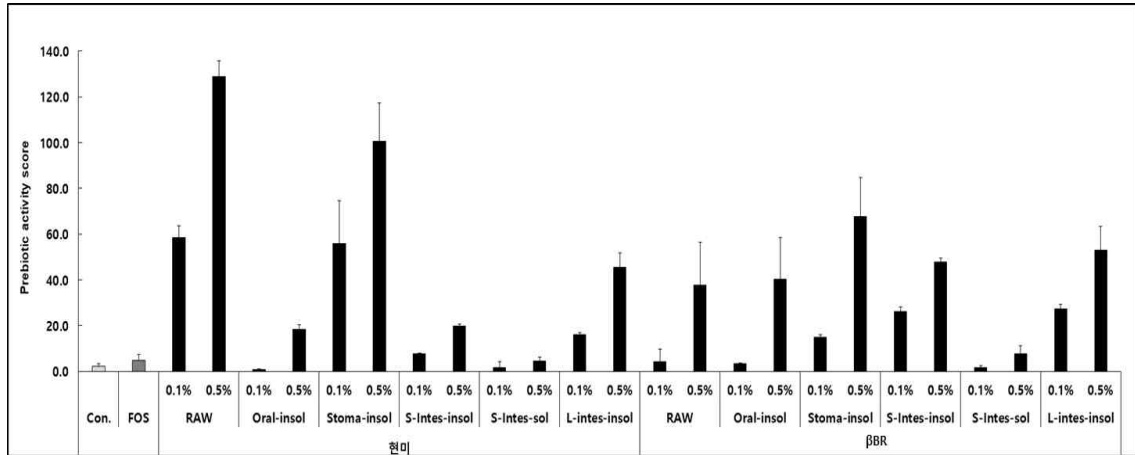


Fig. 68. Prebiotic activity of BR and  $\beta$ BR on *B. longum*

Table 36. Changes in pH after incubation of *Bifidobacterium longum* for 24 h

<i>Bifidobacterium longum</i>		0.1%		0.5%	
Incubation time(h)		0	24	0	24
현미	RAW	7.03±0.01	6.50±0.02	7.01±0.01	7.02±0.00
	Oral-insol	7.02±0.01	7.02±0.00	7.01±0.01	7.01±0.01
	Stoma-insol	7.02±0.00	6.72±0.25	6.99±0.00	6.39±0.40
	S-intes-insol	7.06±0.01	6.70±0.01	7.04±0.01	6.89±0.01
	S-intes-sol	7.02±0.01	6.70±0.01	7.04±0.01	6.50±0.01
	L-intes-insol	7.07±0.01	6.83±0.01	7.05±0.00	6.78±0.02
	$\beta$ BR	RAW	7.00±0.01	6.97±0.01	6.95±0.01
Oral-insol		7.01±0.01	6.99±0.01	6.94±0.01	6.58±0.13
Stoma-insol		7.01±0.01	6.99±0.01	6.91±0.00	6.25±0.19
S-intes-insol		7.04±0.01	6.82±0.01	7.00±0.01	6.86±0.01
S-intes-sol		7.01±0.01	6.59±0.00	7.01±0.01	6.02±0.01
L-intes-insol		7.06±0.01	6.89±0.01	7.01±0.01	6.73±0.01

*B. breve* 균에서도 위 단계의 시료 0.1, 0.5%의 농도에서 각각  $5.047 \pm 1.453$ ,  $5.884 \pm 1.608$ 로 다른 소화관 모델에 비해 활성이 높게 측정되었으며, 특히 소장 단계의 상등액 시료 0.5%의 농도에서  $12.712 \pm 2.937$ 로 가장 활성이 좋았으며, pH 또한  $6.12 \pm 0.12$ 로 낮아졌음을 확인하였다.  $\beta$ BR 처리군에서 입, 위, 소장, 대장 단계에서 시료 0.1%농도에 비해 0.5%의 농도에서 활성이 높게 측정되었으며, 특히 소장 단계의 상등액 시료 0.1, 0.5%의 농도에서 각각  $8.257 \pm 1.562$ ,  $17.270 \pm 4.337$ 로 가장 활성이 좋았으며, 24시간 뒤 배양액의 pH 또한  $6.31 \pm 0.28$ ,  $5.01 \pm 0.52$ 로 낮게 측정되었다. 소장 소화 후 대장 내 *B. breve* 균이 이용할 수 있는 prebiotic score의 합은 현미가 11.9이고  $\beta$ BR은 22.3으로 Ciric-100이 대장 내 *B. breve* 균이 활발히 이용할 수 있을 것으로 분석되었으며, 소장 소화 후 상등액의 pH 수치를 확인하면, 현미와  $\beta$ BR은 각 6.12, 5.01으로 분석 되었고 이는, 소장소화를 거

친 소화상태의 저분자 수용성 성분을 대장 내 존재하는 *B. breve* 균이 이용하고 유기산을 활발히 생성하는 것으로 확인되었다.

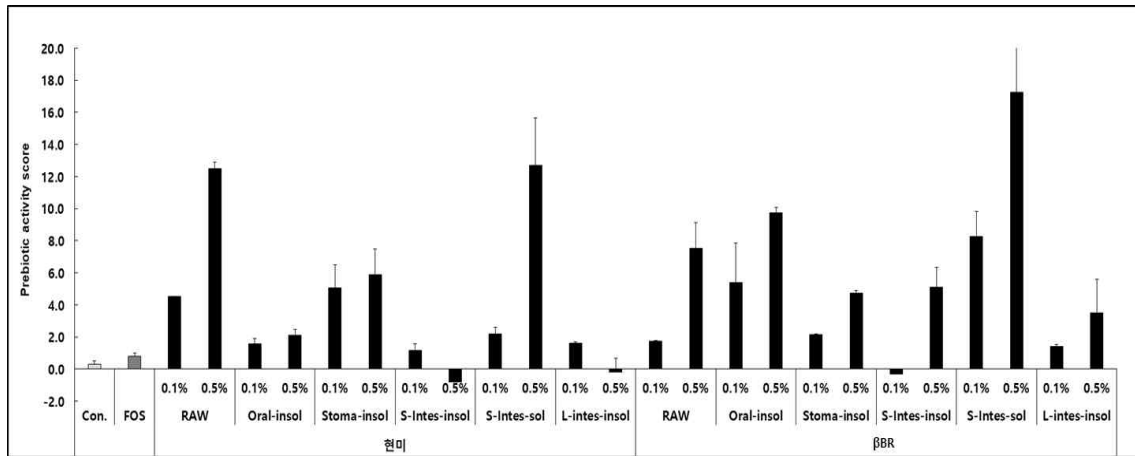


Fig. 69. Prebiotic activity of BR and  $\beta$ BR on *B. breve*

Table 37. Changes in pH after incubation of *Bifidobacterium breve* for 24 h

<i>Bifidobacterium breve</i>		0.1%		0.5%	
Incubation time(h)		0	24	0	24
BR	RAW	7.02±0.01	6.53±0.01	7.02±0.01	6.61±0.01
	Oral-insol	7.01±0.01	6.80±0.01	7.03±0.01	6.76±0.00
	Stoma-insol	6.98±0.01	6.70±0.13	7.01±0.01	6.59±0.05
	S-intes-insol	7.02±0.01	6.70±0.01	7.01±0.01	7.00±0.01
	S-intes-sol	7.03±0.01	6.41±0.01	7.03±0.01	6.12±0.12
	L-intes-insol	7.03±0.01	6.75±0.08	7.02±0.01	6.96±0.01
$\beta$ BR	RAW	7.00±0.01	6.84±0.01	6.97±0.01	6.46±0.06
	Oral-insol	7.00±0.01	6.40±0.01	6.97±0.01	6.60±0.18
	Stoma-insol	7.00±0.01	6.65±0.03	6.93±0.01	6.54±0.01
	S-intes-insol	6.98±0.02	6.81±0.00	6.95±0.00	6.81±0.01
	S-intes-sol	7.08±0.01	6.31±0.28	7.02±0.01	5.01±0.52
	L-intes-insol	7.01±0.00	6.79±0.01	6.99±0.00	6.97±0.01

저항성 전분은 대장에서 박테리아에 의해 분해되어 단쇄 지방산으로 변환시켜 pH를 낮추고, 염증을 줄이며, 이 단쇄 지방산은 에너지 대사에 이용되며 장내 미생물과 인체의 주요 신호물질로써 역할을 하여 암, 심혈관 질환, 소화관계 질환을 감소시키는 것으로 알려져 있으며, 대장까지 도달하는 저항성 전분은 단쇄 지방산의 생성에 있어 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있었는데, 일반 현미와  $\beta$ BR을 이용하여 각 소화단계별 유익균의 증식 효능을 평가한 결과, 소장까지 소화과정 후 3개 균주에서 모두  $\beta$ BR이 유의적으로 현미에 비해 장내 유익균의 증식을 높여주고, 유기산 생성에 의해 장내 pH를 낮춰줄 수 있을 것으로 기대되었다.

## (2) $\beta$ BR의 장 건강 개선 효능

### (가) 장 길이 개선

아래 표와 같이 8주간 고지방식이를 지속적으로 섭취한 실험군의 경우 유의적으로( $p < 0.05$ ) 장 길이가 감소하지만,  $\beta$ BR 시료를 사료에 30% 혼합하여 식이한 실험군의 경우 정상식이군과 같은 장 길이를 유지하고 있음을 확인하였다.

Table 38. Length of intestine of High-fat diet mice model according to the RS-rice diet

		Length of intestine (cm)
Chow-diet	정상식이군 (Normal control)	$81.75 \pm 1.27^a$
High-fat diet (HF)	고지방식이군 (High-fat control)	$75.40 \pm 1.20^b$
BR 30% + HF	현미 30% 식이군 ( $\beta$ BR30)	$80.80 \pm 1.44^a$
$\beta$ BR 30% + HF	$\beta$ BR 30% 식이군 ( $\beta$ BR30)	$81.90 \pm 1.25^a$
BR 15% + $\beta$ BR 15% + HF	$\beta$ BR 15%+현미15% 식이군 ( $\beta$ BR15+BR15)	$76.10 \pm 1.06^b$

### (나) 장내미생물 개선 효능

다양한 장내미생물 중 단쇄지방산을 생산하고 탄수화물 대사과정에 관여하는 장내 유익균으로 알려진 비피도박테리아목 미생물의 비율을 확인하였다. 정상식이군은 0.54%의 비피도박테리아목 구성이 확인되나 고지방식이군은 전혀 발견되지 않았으며, 현미30% 식이군은 0.25% 구성비율이 확인되었다. 반면, 15%, 30%  $\beta$ BR 식이군의 경우 각각 2.11%, 2.71% 구성비율이 확인되어 비피도박테리아목을 증식시키는 효능이 확인되었다.

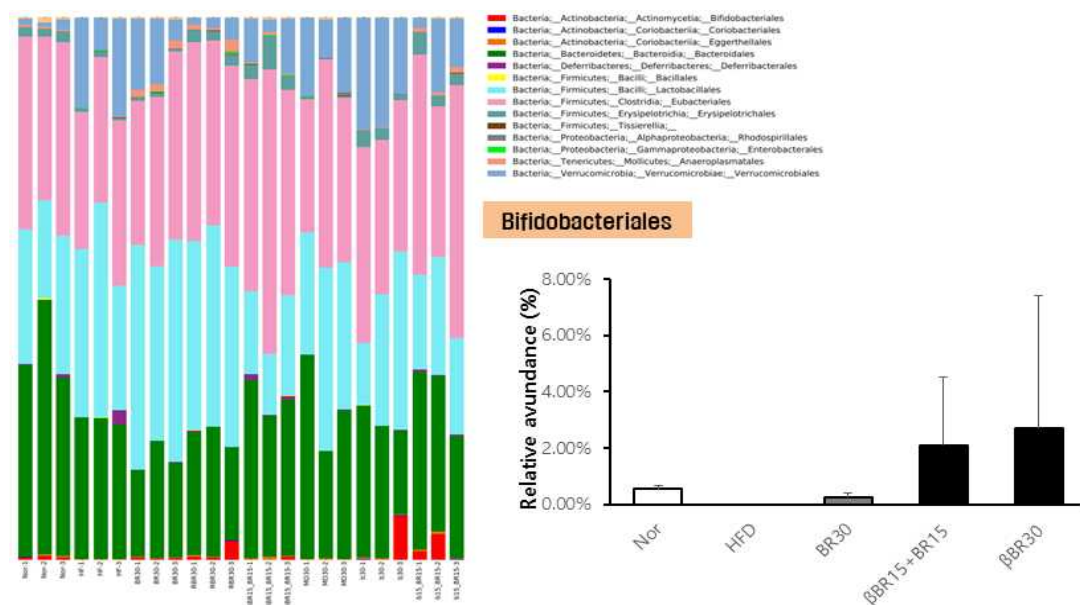


Fig. 70. Relative abundance of Bifidobacteriales according to RS-rice diet

(다) 장 기능 단백질 개선

대장조직에서 장투과도를 조절하는 단백질인 zonula occludens(ZO)-1, occludin, claudin-1의 발현량을 비교하였다. 고지방식이군은 정상식이군에 비해 ZO-1, occludin, claudin-1의 발현량이 감소하였으나,  $\beta$ BR30% 식이군에서는 유의적으로( $p < 0.05$ ) 3개 관련 단백질 모두 발현량이 증가하는 것을 확인하였다. 또한, 장조직 내 염증 유발 사이토카인인 TNF- $\alpha$ 의 발현이 역시 감소하는 경향이 확인되었다. 이들 장 조직 내 단백질 발현량 변화를 확인한 결과,  $\beta$ BR 소재는 장 상피세포간 막을 강화하여 고지방 식이로 인한 장투과도 저하와 염증 수준을 개선하는 것으로 확인되었다.

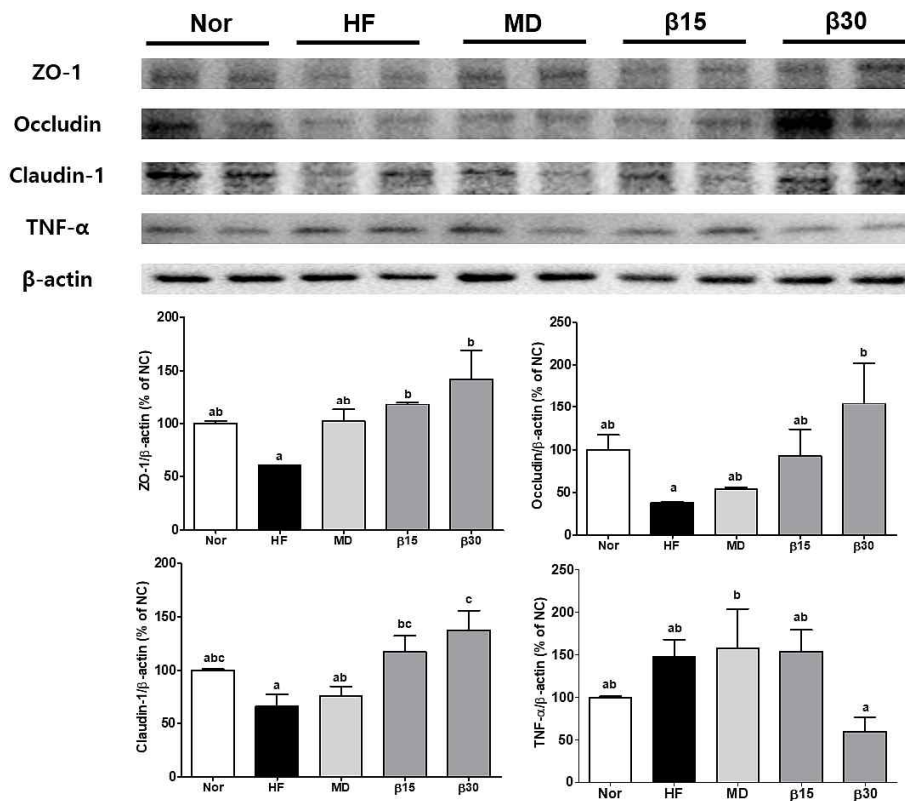


Fig. 71. Expression of intestinal tissue permeability(zonula occludens-1, occludin, claudin-1) and inflammation-related(TNF- $\alpha$ ) proteins

## 제 3 장 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성도

### 1. 연구수행 결과

#### 가. 정성적 연구개발성과

---

- 당노 전 단계 맞춤형 즉석밥 및 식사대용식 가공 기술 개발
    - 본 연구에서는 벼 및 쌀의 가공을 통해 일반 백미 대비 각각 3.4배 및 최대 8.2배의 저항 전분 증가 효과를 확인하였음
    - 유기산의 종류 및 농도, 열처리 공정 시간, 쌀의 품종 및 가공 수준 등의 다양한 조건을 최적화하여 저항전분 함량이 백미 대비 5배 이상 증대된 동시에 밥용 쌀로 활용 가능한 뛰어난 취반 특성을 갖는 쌀의 가공공정을 확립하였음
    - 저항성 전분 강화 쌀을 즉석밥으로 제품화하기 위한 배합조건을 결정하고 소비자의 선호 유도인자를 도출하여 제품 최적화에 활용하였음
    - 식사대용식 제품 활용을 위한 쌀 가공 공정을 개선하여 신맛을 제어하고 로스팅 풍미에 의한 이미이취를 개선하여 품질을 제고하였음
  
  - 당노 전단계 맞춤형 건강기능 개선 효능 입증
    - 저항성 전분 강화 쌀밥과 베타현미가 고지방식이로 유도한 당노 전 단계 동물모델에서 체중, 체지방, 공복혈당, 인슐린 저항성과 혈액 내 지방간 위험인자 및 전 당노 관련 주요 지표를 개선함을 확인하였음
    - 저항성 전분 강화 쌀밥과 베타현미 식이의 대사성 질환 개선 효능을 과학적으로 입증하였고, 건강기능식품 및 당뇨환자 식사대용식으로의 개발 가능성을 확인하였음
  
  - 장내 유익균 개선 및 장 건강 지표 개선 효능 입증
    - 인공소화관모델에 적용한 저항성 전분 강화 쌀밥과 베타현미가 현미에 비해 소화과정 후 대장에서의 장내유익균주인 *Bifidobacterium* 및 *Lactobacillus*의 증식을 유의적으로 증가시킴을 확인하였고, 고지방식이 마우스의 장 관련 지표 역시 유의적으로 개선됨을 확인하였음
    - *In vitro* 장내 유익균 증식 및 *in vivo* 마우스 장환경 개선 효능 검증을 통해 저항성 전분 강화 쌀밥과 베타현미가 장 건강에 도움을 줄 수 있음을 입증하였음
  
  - 당노 전 단계 맞춤형 즉석밥 및 식사대용식의 제품화 및 사업화
    - 저항성전분 강화 쌀 및 식사대용식 원료(베타현미) 생산에 대한 scale up 공정 개발을 통하여 대규모 제조방법을 표준화하였으며, 이를 활용하여 다양한 제품(닥터에이지이알에스 등 4종)을 개발하고 당노 전 단계 환자용(당앤베타현미밥) 및 다이어트용(방탄베타현미곤약밥) 즉석밥 2 종 제품의 개발 및 품목제조를 완성하였음
    - 관련제품의 사업화를 통하여 약 12억 이상의 매출을 달성하였으며, 향후 홈쇼핑 및 요양병원, 식품플랫폼 업체를 통한 사업 다각화가 기대됨
-

## 나. 정량적 연구개발성과

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1단계 (2020~2021)	n단계 (YYYY~YYYY)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 <sup>1)</sup>	논문(SCIE)	목표(단계별)	1		1	
		실적(누적)	1		1	
	특허출원	목표(단계별)	1		1	5
		실적(누적)	3		3	5
	학술발표	목표(단계별)	1		1	5
		실적(누적)	2		2	5
	기술요약 정보	목표(단계별)				
		실적(누적)				
연구개발과제 특성 반영 지표 <sup>2)</sup>	기술실시 (이전)	목표(단계별)	1		1	10
		실적(누적)	1		1	10
	기술료	목표(단계별)	50,000		50,000	10
		실적(누적)	50,000		50,000	10
	제품화	목표(단계별)	2		2	20
		실적(누적)	5		5	20
	시제품	목표(단계별)				
		실적(누적)	2		2	
	매출액	목표(단계별)	700,000		700,000	20
		실적(누적)	1,276,137		1,276,137	20
	고용창출	목표(단계별)	2		2	20
		실적(누적)	24		24	20
	고용효과	목표(단계별)				
		실적(누적)				
	인력양성	목표(단계별)	1		1	5
		실적(누적)	1		1	5
	홍보전시	목표(단계별)	1		1	5
		실적(누적)	6		6	5
계	목표(단계별)	10건 750,000천원		10건 750,000천원	100	
	실적(누적)	45건 1,326,137천원		45건 1,326,137천원	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, 실제 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).

< 연구개발성과 성능지표 >

평가 항목 (주요성능 <sup>1)</sup> )	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 <sup>2)</sup> (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치		목표설정 근거
			보유국/보유기관	성능수준	성능수준	1단계 (YYYY~YYYY)	n단계 (YYYY~YYYY)	
1								
2								

\* 1) 정밀도, 인장강도, 내충격성, 작동전압, 응답시간 등 기술적 성능판단기준이 되는 것을 의미합니다.

\* 2) 비중은 각 구성성능 사상의 최종목표에 대한 상대적 중요도를 말하며 합계는 100%이어야 합니다.

## 다. 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	Effects of Citrus Peel Hydrolysates on Retrogradation of Wheat Starch	Foods	박호영	10	스위스	MDPI	SCIE	2021. 10. 13.	2304-8158	100
2	Impact of chemical modification by immersion with malic acid on the physicochemical properties and resistant starch formation in rice	Journal of Food Science	김하람	게재 확정	미국	Wiley-Blackwell	SCI	게재확정 (2022년)	0022-1147 1750-3841	100

#### 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2020 한국식품과학회 국제학술대회	송윤서	2020. 7. 3	김대중컨벤션센터	한국
2	2021 한국식품과학회 국제학술대회	김하람	2021. 7. 9	대전컨벤션센터	한국

#### 기술 요약 정보

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

#### 보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

#### 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

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

### [기술적 성과]

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

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	저항성 전분의 함량이 증대된 밥용 쌀의 제조방법 및 이에 따라 제조된 밥용 쌀	한국	한국식품연구원	2021.08.02	10-2021-0101204					100	활용
2	저항성 전분의 함량이 증대된 장건강 증진용 쌀	한국	한국식품연구원	2021.12.21	10-2021-0183634					100	활용
3	저항성 전분의 함량이 증대된 전당노 개선용 쌀	한국	한국식품연구원	2021.12.21	10-2021-0184226					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	√		√			√				
3	√		√			√				

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

□ 신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

□ 표준화

○ 국내표준

번호	인증구분 <sup>1)</sup>	인증여부 <sup>2)</sup>	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 <sup>3)</sup>	제안/인증일자

\* 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제표준

번호	표준화단계구분 <sup>1)</sup>	표준명	표준기구명 <sup>2)</sup>	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 <sup>3)</sup>	제안자	표준화 번호	제안일자

\* 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 3) 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	당앤베타현미밥	2021.11.29	화심영농조합법인		기능성 즉석밥(당뇨)	1년		
2	방탄베타현미곤약밥	2021.11.29	화심영농조합법인		기능성 즉석밥(비만)	1년		

□ 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	전용실시	저항성 전분의 함량이 증대된 전 당료 개선용 쌀 및 이의 제조방법	(주)메타센테라퓨틱스	2021. 12. 29	50,000,000원	50,000,000원

\* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

□ 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	신제품 개발	국내	저항성전분 강화 베타현미 생산을 통한 식사대용식 개발	제품명: 닥터에이 지이알에스밀	(주)메타센테라퓨틱스	95,767		2020-2021	5년
2	기술이전	신제품 개발	국내	저항성전분 강화 베타현미 생산을 통한 기능성 식품의 개발	제품명: 디클레오	(주)메타센테라퓨틱스	36,928		2020-2021	5년
3	기술이전	공정개선	국내	저항성전분이 강화된 베타현미분말의 생산	저항성전분 강화 조건 확립 및 이에 따른 공정 개선	(주)메타센테라퓨틱스	-		2020-2021	5년
4	기술이전	신제품 개발	국내	저항성전분 강화 쌀 생산을 통한 식사대용식 개발	제품명: 닥터에이 지이알에스밀 7	(주)메타센테라퓨틱스	71,326		2021	5년
5	기술이전	신제품 개발 (사업화 예정)	국내	저항성 전분 강화 쌀 생산을 통한 즉석밥 개발(전단계 당료 개선)	제품명: 당앤베타 현미밥	(주)메타센테라퓨틱스	-		2021	5년
6	기술이전	신제품 개발 (사업화 예정)	국내	저항성 전분 강화 베타현미 생산을 통한 즉석밥 개발(체중조절용)	제품명: 방탄베타 현미곤약 밥	(주)메타센테라퓨틱스	-		2021	5년
7	기술이전	신제품 개발	국내	저항성 전분 강화 베타현미 생산을 통한 견과류 가공품 개발	제품명: 슬로우 베타현미 방탄바 쿨	(주)메타센테라퓨틱스	19,922		2021	5년

\* 1) 기술이전 또는 자기실시

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

\* 3) 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
식사대용식	2020	429,453		429,453	
식사대용식	2021	846,684		846,684	
합계		1,276,137		1,276,137	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		저항성전분 강화 현미(분말) 개발 및 즉석밥 시제품 개발			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	5년			
	소요예산(천원)	약 5억			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		1,200,000	5,000,000	10,000,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
			국내	0.16%	0.5%
국외					
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		1. 저항성전분 강화 분말(베타현미)을 이용한 제품군 확대(두유, 생식) 2. 흡쇼핑/밀키트 시장 진출			
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
	수출				

(\*\*현 국내 두유시장 5400억, 생식제품 시장 2000억, 즉석밥 시장 3800억 기준 산정)

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2020년	2021년	
1	식사대용식 제품	(주)메타센테라퓨틱스	4	20	24
합계			4	20	24

□ 고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	2
		생산인력(행정, 영업지원 포함)	17
	개발 후	연구인력	6
		생산인력(행정, 영업지원 포함)	28

(\*\*해당년도 신규고용인력 기준)

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
2020년	식사대용식	-	-	429,453천원		4명	연구 2 영업지원 2
2021년	식사대용식	-	-	846,684천원		20명	연구 6 영업지원 14
기대 목표	식사대용식	-	-	7,400,000천원/년		10명	연구 2 영업지원 8
기대 목표	즉석밥			3,800,000천원/년		15명	연구 5 영업지원 10

고용창출 : 해당년도 신규고용인력 (관련제품개발연구 및 관련제품 마케팅/영업)  
 매출증대 기대목표 : 현재 식사대용식 (두유 및 생식) 시장 규모 7400억 대비 1% 점유 기대  
 현재 즉석밥 시장 규모 3800억 대비 1% 점유 기대

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

□ 기술 무역

(단위: 천원)

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

[사회적 성과]

□ 법령 반영

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

□ 정책활용 내용

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

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

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

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황											
			학위별				성별		지역별					
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타	
1		2020		1					1				1	

산업 기술 인력 양성

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

다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	전시회	대한임상암대사의학회 학술대회	‘닥터에이지이밀’ 홍보	2020. 10. 11.
2	전시회	대한약물영양의학회 학술대회	‘닥터에이지이밀’ 홍보	2020. 10. 25.
3	전시회	대한비만연구의사회 학술대회	‘닥터에이지이밀’ 홍보	2020. 11. 15.
4	전시회	대한성장의학회 학술대회	‘닥터에이지이밀’ 홍보	2021. 5. 2.
5	전시회	한국영양의학회 학술대회	‘닥터에이지이밀’ 홍보	2021. 6. 6.
6	전시회	대한비만미용체형학회 학술대회	‘닥터에이지이밀’ 홍보	2021. 6. 20.

포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

연구시설·장비

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

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

[그 밖의 성과]


4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항


## 2. 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 저항성 전분의 함량이 증대된 전 당노 개선 및 장건강 증진용 쌀 제조기술 개발	○ 저항성 전분 함량이 일반 백미 대비 약 5배 수준 향상되고 취반 및 식미 특성이 뛰어난 즉석밥용 쌀의 가공 공정을 개발하였음	100%
	○ 당노 전 단계 맞춤형 즉석밥 개발을 위해 저항성 전분 강화 쌀밥의 풍미와 식감 개선 방안을 도출하였음	100%
	○ 당노 전 단계 유도 동물모델을 통해 저항성 전분 강화 쌀 소재 및 쌀밥의 체중 조절, 인슐린 저항성 개선, 지방대사 개선 등의 효능을 검증하였음	100%
	○ 저항성 전분 강화 쌀 소재 및 쌀밥의 <i>in vitro</i> 소화 특성 및 prebiotic 활성을 평가하고, 당노 전 단계 유도 동물모델에서의 장내미생물 개선 및 장 기능 단백질 개선 등 장건강 증진 효능을 검증하였음	100%
○ 즉석밥 및 식사대용식 대량생산 공정 구축 및 사업화 전략 확립	○ 협력업체 선정을 통해 저항성 전분 강화 쌀 및 즉석밥 2종 제품과 식사대용식 리뉴얼 제품의 대량생산 공정 구축을 완료하였음	100%
	○ 즉석밥 및 식사대용식의 시제품 출시를 완료하였으며, 오프라인 유통판로 강화 및 언택트 마케팅 모델 수립을 통한 사업화 전략을 확립하였음	100%

## 제 4 장 목표 미달시 원인 분석

해당사항 없음

## 제 5 장 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

---

### ○ 기대효과

- 분말이 아닌 원곡을 이용하여 즉석밥 형태로 활용 가능한 저항성 전분 강화 곡물 원료를 개발하여 제품화를 완료한 최초 사례임
- 독성과 부작용이 없는 안전하고 우수한 기능성 일상식 및 대용식의 개발
- 본 연구에서는 밥의 주원료인 쌀을 활용하였으나 이에 국한되지 않고 다양한 곡물에 적용 가능한 식품가공기술로서 다양한 국내 농산물의 부가가치 제고 가능
- 천연 대사성질환 개선/장 건강 개선 원료 및 소재 개발로 산업적 활용 가능성 제고
- 국내 농산물을 이용한 기능성 소재의 효능 및 신규 메커니즘 규명으로 향후 기능성 식품과 연계된 대사성질환 연구의 기초자료로 활용 가능
- 전 세계적으로 시도되지 않은 신기술 개발을 통한 기술 선진국 위치 선점

### ○ 파급 효과

#### ■ 과학기술적 측면

- 다기능성 평가를 통한 가공식품의 과학적 우수성 검증 및 노하우 전파
- 국내 농산물 자원을 활용한 신규 가공법 적용을 통해 국내 농산물에 대한 학술적 가치 창출
- 국내 뿐 아니라 국제적으로 분말이 아닌 원곡을 이용하여 즉석밥 형태로 활용 가능한 기능성 식품을 상품화한 최초 사례로 식품 가공 기술의 세계적 선도 가능

#### ■ 경제/산업적 측면

- 국산 자원 소재 활용에 따른 농가 경쟁력 제고 및 저비용 고효율성 제품 개발을 통한 고부가가치화
- 1차 산업을 기반으로 하는 지역산업기반의 고부가가치 창출 시스템을 제공함으로써 지속적인 성장 동력을 제공함은 물론 수입식품에 대한 대응 및 FTA 체제를 극복하는 수단으로 활용
- 당뇨 전 단계 및 초기 대사질환 예방, 완화를 통한 의료비 감소

#### ■ 사회적 측면

- 국산 농산물의 부가가치 제고에 의한 지역 농가 안정 및 국산자원 우수성 제고
  - 비만, 당뇨 전 단계 등 초기 대사질환 예방 및 완화를 통한 사회적 비용 감소와 국민 건강 증진
-



## 제 6 장 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

- 
- 연구를 통해 도출된 결과는 국제저명학술지(생명/식품관련분야 SCIE)에 게재하여 개발소재의 우수성을 부각하고 농식품산업의 경쟁력 강화를 위한 정책적 활용
  - 국내산 농산물을 활용한 저항성 전분 강화기술을 개발함으로써 다양한 기능성 가공식품 개발의 기초자료로의 활용 뿐만 아니라 다양한 기능성 제품의 해외시장 진입 시도
  - 국내산 농산물의 대사성질환 및 장건강 개선 식품 소재 개발을 통한 다양한 고객층을 확보하고 건강식품 전문업체의 생산 라인과 수출 인프라를 이용하여 국내 수요 창출 뿐만 아니라 수출 상품으로 개발에 활용
  - 본 연구과제를 통해 도출된 구체적인 결과에 따른 활용 계획은 다음과 같음
    - 당노 전 단계 맞춤형 즉석밥 및 식사대용식 가공 기술 개발
      - 본 연구에서 확립한 저항성 전분 강화 쌀의 가공기술은 원료의 조성 및 제조공정이 간단하고, 가열조리 이후에도 유의미한 저항성 전분 함량을 가지는 동시에 즉석밥으로서 취식 가능한 우수한 식미 특성을 보유하므로 대량생산 및 제품화가 용이하며 즉각적인 산업화가 가능함. 해당 공정은 현재 1건의 특허출원 완료하였으며, 본 연구 사업을 통해 기술이전을 완료하였음.
      - 즉석밥을 비롯한 전분질 식품의 품질 유지에 관한 연구 내용을 바탕으로 국제 학술지(SCIE)에 게재하였음(Foods, Park et al., 2021, IF 4.350). 유기산의 침지에 의한 저항성 전분의 형성과 관련된 연구 결과는 국제 학술지(SCIE)에 투고하여 2022년 게재 확정되었음(Journal of Food Science, Kim et al., 2022, IF 3.167). 당노 전 단계 맞춤형 즉석밥의 소비자 기호 및 식후 혈당·포만감, *in vitro* 소화 특성을 바탕으로 국제 학술지(SCIE) 논문 투고 예정임.
    - 고지방식이로 유도한 전 당노 마우스 모델에서 저항성 전분 강화 쌀밥, 베타현미 식이의 전 당노 개선 및 장건강 증진 효능
      - 본 연구 내용으로 2건의 특허를 출원 완료하였으며, 추후 고지방식이로 유도한 전 당노 마우스 모델에서 저항성 전분 강화 쌀밥, 베타현미의 전 당노 개선 및 장건강 증진 효능 관련 연구 결과를 SCIE 국제 학술지에 3편 이상 투고할 예정임.
      - 개발된 저항성 전분 강화 쌀밥, 베타현미의 효능을 과학적으로 입증한 연구 결과를 산업적으로 폭 넓게 적용하기 위해 추가적인 대사성 질환 개선 효능을 검증할 예정임.
    - 당노 전 단계 맞춤형 즉석밥 및 식사대용식의 제품화 및 사업화
      - 저항성 전분 강화 쌀을 포함한 다양한 곡류의 제조를 통한 제품군 확대 및 전 당노 개선, 장건강 개선 효능에 대한 전임상 시험 결과는 브로셔 제작 등 마케팅 자료로 활용할 예정임. 이를 통해 병원 및 약국 중심의 당노 전단계 맞춤형 즉석밥 및 대용식 시장을 선점하
-

고 국내 제약사 및 대기업과 전략적 제휴를 통해 판로 확대 및 유통 다각화를 모색할 계획임.

- 개발기술을 활용하여 저항성 전분 및 단백질 강화 제품, 저항성 전분 강화/다이어트 컨셉의 즉석밥 등의 제품을 개발 및 출시하여 NS 홈쇼핑에 진출하고 이를 확대해 나갈 예정임.
- 추가적으로 요양병원 중심의 밀키트 형태의 즉석밥 출시 진행 및 계약을 검토 중이며, 식품관련 플랫폼 업체 또는 밀키트 형태의 ODM 제조 및 납품 검토 진행 중임.
- 혈당 조절 및 장 건강 효능의 과학적 입증자료를 바탕으로 글로벌 네트워크 및 메디컬푸드 업체에 대한 적극적 원료 사업화를 추진하여 수출을 확대할 계획임.

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내	
국외논문	SCIE	2022년: 1건, 2023년: 2건	
	비SCIE		
	계	2022년: 1건, 2023년: 2건	
국내논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
특허출원	국내		
	국외		
	계		
특허등록	국내	2024년: 3건	
	국외		
	계	2024년: 3건	
인력양성	학사		
	석사	2022년: 1건	
	박사		
	계	2022년: 1건	
사업화	상품출시	2022년: 2건	
	기술이전		
	공정개발		
제품개발	시제품개발		
비임상시험 실시			
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	
		2상	
		3상	
	의료기기		
진료지침개발			
신의료기술개발			
성과홍보			
포상 및 수상실적			
정성적 성과 주요 내용			

## 제 7 장 참고문헌

- Amorim, C., Silverio, S.C., Cardoso, B.B., Alves, J.I., Pereira, M.A., Rodrigues, L.R. 2020. In vitro assessment of prebiotic properties of xylooligosaccharides produced by *Bacillus subtilis* 3610, *Carbohydr. Polym.* 229, 115460
- Birt, D.F., Boylston, T., Hendrich, S., Jane, J.L., Hollis, J., Li, L., McClelland, J., Moore, S., Phillips, G.J., Rowling, M., Schalinske, K., Scott, M.P., Whitley, E.M. 2013. Resistant starch: promise for improving human health. *Adv. Nutr.* 4, 587-601
- Blundell, J., De Graaf, C., Hulshof, T., Jebb, S., Livingstone, B., Luch, A., Westerterp, M. 2010. Appetite control: methodological aspects of the evaluation of foods. *Obesity Reviews* 11(3), 251-270
- Chang, U.J., Jung, E.Y., Hong, I.S. 2007. The effect of the reduced portion size by using a diet rice bowl on food consumption and satiety rate. *Korean J. Community Nutr.* 12(5), 639-645
- Chen, G.J., Chen, X.H., Yang, B., Yu, Q.Q., Wei, X.Y., Ding, Y.B., Kan, J.Q. 2019. New insight into bamboo shoot (*Chimonobambusa quadrangularis*) polysaccharides: Impact of extraction processes on its prebiotic activity, *Food Hydrocolloids* 95, 367-377
- Dai, J., Wu, Y., Chen, S.W., Zhu, S., Yin, H.P., Wang, M. Tang, J.A. 2010. Sugar compositional determination of polysaccharides from *Dunaliella salina* by modified RP-HPLC method of precolumn derivatization with 1-phenyl-3-methyl-5-pyrazolone, *Carbohydr. Polym.* 82(3), 629-635
- Englyst, H.N., Kingman, S.M., Cummings, J.H. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European J. Clin. Nutr.* 46, S33-S50
- Gere, A., Szabo, Z., PasztorHuszar, K., Orban, C., Kokai, Z., Sipos, L. 2017. Use of JARbased analysis for improvement of product acceptance: a case study on flavored kefir. *J. Food Sci.* 82(5), 1200-1207
- Golachowski, A., Drozd, W., Golachowska, M., Kapelko-Zeberska, M., Raszewski, B. 2020. Production and properties of starch citrates-current research. *Foods* 9, 1311
- Han, G., Lee, Y. 2014. Analysis of consumption status of cooked rice with different grains and related factors in a Korean population: Based on data from 2011 Korean National Health and Nutritional Examination Survey (KNHANES). *Journal of the East Asian Soc. Dietary Life* 24(6), 748-758

- Hasjim, J., Lee, S.O., Hendrich, S., Setiawan, S., Ai, Y., Jane, J.L. 2010. Characterization of a novel resistant-starch and its effects on postprandial plasma-glucose and insulin responses. *Cereal Chem.* 87, 257-262
- Hirashima, M., Takahashi, R., Nishinari, K. 2005. Effects of adding acids before and after gelatinization on the viscoelasticity of cornstarch pastes. *Food Hydrocolloids* 19, 909-914
- Hoover, R. 2000. Acid-treated starches. *Food Rev. Int.* 16, 369-392
- Hsu, R.J.C., Lu, S., Chang, Y.H., Chiang, W. 2015. Effects of added water and retrogradation on starch digestibility of cooked rice flours with different amylose content. *J. Cereal Sci.* 61, 1-7
- Hu, P., Zhao, H., Duan, Z., Linlin, Z., Wu, D. 2004. Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of rice differing in amylose contents. *J. Cereal Sci.* 40, 231-237
- Hung, P.V., Vien, N.L., Phi, N.T.L. 2016. Resistant starch improvement of rice starches under a combination of acid and heat-moisture treatments. *Food Chem.* 191, 67-73
- Iserliyska, D., Dzhevoderova, M., Nikovska, K. 2017. Application of penalty analysis to interpret JAR data-A case study on orange juices. *Curr. Trends Nat. Sci.* 6(11), 6-12
- Juansang, J., Puttanlek, C., Rungsardthong, V., Pancha-arnon, S., Uttapap, D. 2012. Effect of gelatinisation on slowly digestible starch and resistant starch of heat-moisture treated and chemically modified canna starches. *Food Chem.* 131, 500-507
- Juliano, B. 1992. Structure, chemistry and function of the rice grain and its fractions. *Cereal Foods World* 37, 772-779
- Khodaei, N., Fernandez, B., Fliss, I., Karboune, S. 2016. Digestibility and prebiotic properties of potato rhamnogalacturonan I polysaccharide and its galactose-rich oligosaccharides/oligomers, *Carbohydr. Polym.* 136, 1074-1084
- Kim, H.R., Hong, J.S., Ryu, A.R., Choi, H.D. 2020. Combination of rice varieties and cooking methods resulting in a high content of resistant starch. *Cereal Chem.* 97, 149-157
- Kumar, A., Sahoo, U., Baisakha, B., Okpani, O.A., Ngangkham, U., Parameswaran, C., Basak, N., Kumar, G., Sharma, S.G. 2018. Resistant starch could be decisive in determining the glycemic index of rice cultivars. *J. Cereal Sci.* 79, 348-353
- Lee, C.J., Na, J.H., Park, J.Y., Chang, P.S. 2019. Structural characteristics and in vitro digestibility of malic acid-treated corn starch with different pH conditions. *Molecules* 24, 1900

- Lee, H.B., Oh, M.J., Do, M.H., Kim, Y.S., Park, H.Y. 2020. Molokhia leaf extract prevents gut inflammation and obesity, *J. Ethnopharmacol.* 112866
- Lee, D.B., Kim, M.R., Heo, J., Byeon, Y.S., Kim, S.S. 2021. Physicochemical Properties and Drivers of Liking and Disliking for Cooked Rice Containing Various Types of Processed Whole Wheat. *Foods* 10(7), 1470
- Lee, S.Y., Lee, K.Y., Lee, H.G. 2018. Effect of different pH conditions on the in vitro digestibility and physicochemical properties of citric acid-treated potato starch. *Int. J. Biol. Macromol.* 107, 1235-1241
- Lehmann, U. Robin, F. 2007. Slowly digestible starch-its structure and health implications: a review. *Trends Food Sci. Technol.* 18, 346-355
- Liu, H., Liang, R., Antoniou, J., Liu, F., Shoemaker, C.F., Li, Y., Zhong, F. 2014. The effect of high moisture heat-acid treatment on the structure and digestion property of normal maize starch. *Food Chem.* 159, 222-229
- Miller, J.B., Pang, E., Bramall, L. 1992. Rice: a high or low glycemic index food? *Am. J. Clin. Nutr.* 56, 1034-1036
- Na, J.H., Jeong, G.A., Park, H.J., Lee, C.J. 2021. Impact of esterification with malic acid on the structural characteristics and in vitro digestibilities of different starches. *Int. J. Biol. Macromol.* 174, 540-548
- Ogawa, Y., Glenn, G.M., Orts, W.J., Wood, D.F. 2003. Histological structures of cooked rice grain. *J. Agric. Food Chem.* 51, 7019-7023
- Park, H.R., Lee, S.J., Im, S.B., Shin, M.S., Choi, H.J., Park, H.Y., Shin, K.S. 2019. Signaling pathway and structural features of macrophage-activating pectic polysaccharide from Korean citrus, Cheongkyool peels, *Int. J. Biol. Macromol.* 137, 657-665
- Perdon, A., Siebenmorgen, T.J., Mauromoustakos, A. 2000. Glassy state transition and rice drying: Development of a brown rice state diagram. *Cereal Chem.* 77, 708-713
- Ritudomphol, O., Luangsakul, N. 2019. Optimization of processing condition of instant rice to lower the glycemic index. *J. Food Sci.* 84, 101-110
- Sajilata, M., Singhal, R.S., Kulkarni, P.R. 2006. Resistant starch-a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 5, 1-17
- Sasaki, G.L., Gorin, P.A.J., Souza, L.M., Czelusniak, P.A., Iacomini, M. 2005. Rapid synthesis of partially O-methylated alditol acetate standards for GC-MS: some relative activities of

hydroxyl groups of methyl glycopyranosides on Purdie methylation, *Carbohydr. Res.* 340 731-739

- Shalini, R., Abinaya, G., Saranya, P., Antony, U. 2017. Growth of selected probiotic bacterial strains with fructans from Nendran banana and garlic, *Lwt-Food Sci. Technol.* 83, 68-78
- Shi, M., Gao, Q. 2011. Physicochemical properties, structure and in vitro digestion of resistant starch from waxy rice starch. *Carbohydr. Polym.* 84, 1151-1157
- Shin, S.I., Lee, C.J., Kim, D.I., Lee, H.A., Cheong, J.J., Chung, K.M., Baik, M.Y., Park, C.S., Kim, C.H., Moon, T.W. 2007. Formation, characterization, and glucose response in mice to rice starch with low digestibility produced by citric acid treatment. *J. Cereal Sci.* 45, 24-33
- Shin, S.I., Lee, C.J., Kim, M.J., Choi, S.J., Choi, H.J., Kim, Y., Moon, T.W. 2009. Structural characteristics of low-glycemic response rice starch produced by citric acid treatment. *Carbohydr. Polym.* 78, 588-595
- Singh, J., Dartois, A., Kaur, L. 2010. Starch digestibility in food matrix: a review. *Trends Food Sci. Technol.* 21, 168-180
- Sivakamasundari, S.K., Priyanga, S., Moses, J.A., Anandharamkrishnan, C. 2021. Impact of processing techniques on the glycemic index of rice. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 1-22
- Sugiyama, M., Tang, A.C., Wakaki, Y., Koyama, W. 2003. Glycemic index of single and mixed meal foods among common Japanese foods with white rice as a reference food. *European J. Clin. Nutr.* 57(6), 743-752
- Tian, S.Q., Liu, C.X., Zhao, R.Y., Wang, Z.L. 2019. Physicochemical properties and digestion characteristics of corn starch esterified by malic acid. *J. Food Sci.* 84, 2059-2064
- Tharanathan, R. 2005. Starch-Value addition by modification. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 45, 371-384
- Tian, J., Cai, Y., Qin, W., Matsushita, Y., Ye, X., Ogawa, Y. 2018. Parboiling reduced the crystallinity and in vitro digestibility of non-waxy short grain rice. *Food Chem.* 257, 23-28
- Trithavisup, K., Charoenrein, S. 2016. Influence of acid treatment on physicochemical properties of aged rice flour. *International Journal of Food Properties*, 19, 2074-2086
- Tsuiki, K., Fujisawa, K., Itoh, A., Sato, M., Fujita, N. 2016. Alterations of starch structure lead to increased resistant starch of steamed rice: Identification of high resistant starch rice lines. *J. Cereal Sci.* 68, 88-92

- Wang, X., Huang, M.Y., Yang, F., Sun, H.J., Zhou, X.X., Wang, X.L., Zhang, M.L. 2015. Rapeseed polysaccharides as prebiotics on growth and acidifying activity of probiotics in vitro, *Carbohydr. Polym.* 125, 232-240
- Wepner, B., Berghofer, E., Miesenberge, E., Tiefenbacher, K., Ng, P.N.K. 1999. Citrate starch-application as resistant starch in different food systems. *Starch/Stärke* 51, 354-361
- Wing, R.E. 1996. Starch citrate: Preparation and ion exchange properties. *Starch/Stärke* 48, 275-279
- Xia, H., Li, Y., Gao, Q. 2016. Preparation and properties of RS4 citrate sweet potato starch by heat-moisture treatment. *Food Hydrocolloids* 55, 172-178
- Yamazaki, E., Sago, T., Kasubuchi, Y., Imamura, K., Matsuoka, T., Kurita, O., Nambu, H., Matsumura, Y. 2013. Improvement on the freeze-thaw stability of corn starch gel by the polysaccharide from leaves of *Corchorus olitorius* L., *Carbohydr. Polym.* 94, 555-560
- Yi, D., Maiké, W., Yi, S., Xiaoli, S., Dianxing, W., Wenjian, S. 2021. Physicochemical properties of resistant starch and its enhancement approaches in rice. *Rice Sci.* 28, 31-42
- Zhang, S.S., Hu, H.J., Wang, L.F., Liu, F.X., Pan, S.Y. 2018. Preparation and prebiotic potential of pectin oligosaccharides obtained from citrus peel pectin. *Food Chem.* 244, 232-237

## [별첨 1] 정량성과 증빙자료

### ■ 자료 목록

번호	자료	세부
1	참고 문헌	참고문헌 목록
2	논문(국내외 전문학술지) 게재 증빙	논문 사본 (표지 및 사사) 1) Effects of citrus peel hydrolysates on retrogradation of wheat starch, Park et al., Foods, 2021 2) Impact of chemical modification by immersion with malic acid on the physicochemical properties and resistant starch formation in rice, Kim et al., Journal of Food Science, 2022 (비고: 게재 예정으로 accept 통지 자료 첨부)
3	국내 및 국제 학술회의 발표 증빙	1) 2020년도 국제학술회의 초록 및 포스터 발표 2) 2021년도 국제학술회의 초록 및 포스터 발표
4	지식재산권	특허출원통지서: 1) 저항성 전분의 함량이 증대된 밥용 쌀의 제조방법 및 이에 따라 제조된 밥용 쌀 2) 저항성 전분의 함량이 증대된 장건강 증진용 쌀 3) 저항성 전분의 함량이 증대된 전 당료 개선용 쌀
5	시제품 제작	제품출시확인서, 품목제조보고서 1) 당앤베타현미밥 2) 방탄베타현미곤약밥
6	기술실시 (이전)	1) 기술실시보고서 2) 기술료 징수결과보고서 3) 기술료 징수 및 사용현황 보고서 4) 기술이전계약서 (사본) 5) 기술료 입금확인내역 (계좌거래내역)
7	사업화	제품사진 1) 닥터에이지이알에스밀 2) 디클레오 3) 저항성전분 강화 조건 확립 및 이에 따른 공정 개선 (닥터에이지이알에스밀 리뉴얼) 4) 닥터에이지이알에스밀 7 5) 당앤베타현미밥 (시제품, 미출시) 6) 방탄베타현미곤약밥 (시제품, 미출시) 7) 슬로우 베타현미 방탄바 쿨  매출액증빙 1) 2020년 제품 매출액 2) 2021년 제품 매출액
8	고용창출	1) 2020년: 4대보험 가입자 명부 (자격취득일 2020년 해당자) 2) 2021년: 4대보험 가입자 명부 (자격취득일 2021년 해당자)
9	전문 연구 인력 양성	학위취득 증명서
10	홍보 실적	행사장 홍보현장 사진



1. Effects of citrus peel hydrolysates on retrogradation of wheat starch, Park et al., Foods, 2021



Communication

## Effects of Citrus Peel Hydrolysates on Retrogradation of Wheat Starch

Ho-Young Park <sup>1,†</sup>, A-Reum Ryu <sup>2,†</sup>, Ha Ram Kim <sup>2</sup>, Kwang-Soon Shin <sup>3</sup>, Jung Sun Hong <sup>2</sup> and Hee-Don Choi <sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Research Division of Food Functionality, Korea Food Research Institute, Seongnam-si 55365, Korea

<sup>2</sup> Research Division of Strategic Food Technology, Korea Food Research Institute, Seongnam-si 55365, Korea

<sup>3</sup> Department of Food Science and Biotechnology, Kyonggi University, Suwon 16227, Korea

\* Correspondence:

† These authors contributed equally to this work.

**Abstract:** Retrogradation is the principal cause for bread staling and, therefore, it has attracted a lot of interest from the food industry. In this study, the inhibitory effect of citrus peel hydrolysates (CPH) on retrogradation of wheat starch (WS) in the presence of sucrose was investigated. The pasting properties showed that further addition of CPH caused a lower setback value than the addition of sucrose alone. Hardness of the gel, retrograded at 4 °C for five days, showed a similar tendency, which was reduced more in CPH addition than WS itself or sucrose addition alone. The low retrogradation enthalpy of the CPH including starch gel also indicated the positive effect of CPH on retarding retrogradation. These results suggested that incorporation of CPH in starch-based foods would be effective for inhibiting retrogradation, preventing the deterioration of the quality of food products.

**Keywords:** citrus peel; hydrolysates; retrogradation; textural property; wheat starch

check for updates

**Citation:** Park, H.-Y.; Ryu, A.-R.; Kim, H.R.; Shin, K.-S.; Hong, J.S.; Choi, H.-D. Effects of Citrus Peel Hydrolysates on Retrogradation of Wheat Starch. *Foods* **2021**, *10*, 2422. <https://doi.org/10.3390/foods10102422>

**Academic Editors:** Ke-Xue Zhu, Man Li and Robert G. Gilbert

Received: 15 September 2021

Accepted: 12 October 2021

Published: 13 October 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

### 1. Introduction

Starch is the main component of wheat flour, accounting for 80 g/100 g [1]. It is also one of the most common polymers used in the food industry and is widely used to improve the textural properties, viscosity, and stability of starch-based food products [2]. Starch granules are semi-crystalline with a varying crystallinity from 15% to 45% and are composed of different proportions of amylose and amylopectin [3].

Generally, starch is gelatinized before being consumed as food, either during processing or cooking [4]. Starch gelatinization is the irreversible transition of starch granules from a structured to disordered state under high temperature in the presence of water [5]. Gelatinization induces several changes, such as the destruction of the inherent crystalline structure in starch granules [6,7]. Retrogradation involves the destruction of the original granular crystalline structure (gelatinization), and then reconstruction of the novel crystalline structure [8]. The retrogradation of starch mainly depends on the structure of amylose and amylopectin in starch. A higher amylose content results in greater retrogradation [9]. Amylose rearrangement proceeds quickly and begins immediately upon storage. Compared to amylose retrogradation, amylopectin recrystallization proceeds slowly over weeks or even months [10,11].

Retrogradation of starchy foods occurs during food storage. It results in a decrease in water retention capacity and digestibility, and negatively affects the quality of starch-containing food products by destroying the texture and increasing the hardness, opacity, and fragmentation and, therefore, finally affects the storage stability of products [12]. Starch

**Funding:** This research was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through the Innovative Food Product and Natural Food Materials Development Program, funded by the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (No. 120021-02).

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

**Informed Consent Statement:** Not applicable.

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

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

## References

1. Fu, Z.-q.; Che, L.-m.; Li, D.; Wang, L.-j.; Adhikari, B. Effect of partially gelatinized corn starch on the rheological properties of wheat dough. *LWT- Food Sci. Technol.* **2016**, *66*, 324–331.
2. Niu, H.; Zhang, M.; Xia, X.; Liu, Q.; Kong, B. Effect of porcine plasma protein hydrolysates on long-term retrogradation of corn starch. *Food Chem.* **2018**, *239*, 172–179.
3. Maignon, A.; Tecante, A. Starch retrogradation: From starch components to cereal products. *Food Hydrocoll.* **2017**, *69*, 43–53.
4. Chen, X.; Guo, L.; Du, X.; Chen, P.; Ji, Y.; Hao, H.; Xu, X. Investigation of glycerol concentration on corn starch morphologies and gelatinization behaviours during heat treatment. *Carbohydr. Polym.* **2017**, *176*, 56–64.
5. Alishahi, A.; Farahnaky, A.; Majzoobi, M.; Blanchard, C.L. Physicochemical and textural properties of corn starch gels: Effect of mixing speed and time. *Food Hydrocolloids* **2015**, *45*, 55–62.
6. Ji, Z.; Yu, L.; Liu, H.; Bao, X.; Wang, Y.; Chen, L. Effect of pressure with shear stress on gelatinization of starches with different amylose/amylopectin ratios. *Food Hydrocoll.* **2017**, *72*, 331–337.
7. Sopade, P.A.; Halley, P.J.; Junming, L.L. Gelatinisation of starch in mixtures of sugars. II. Application of differential scanning calorimetry. *Carbohydr. Polym.* **2004**, *58*, 311–321.
8. Shujun, W.; Caili, L.; Les, C.; Qing, N.; Shuo, W. Starch Retrogradation: A Comprehensive Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2015**, *14*, 568–585.
9. Wang, L.; Xu, J.; Fan, X.; Wang, Q.; Wang, P.; Zhang, Y.; Cui, L.; Yuan, J.; Yu, Y. Effect of disaccharides of different composition and linkage on corn and waxy corn starch retrogradation. *Food Hydrocoll.* **2016**, *61*, 531–536.
10. Chen, L.; Tian, Y.; Tong, Q.; Zhang, Z.; Jin, Z. Effect of pullulan on the water distribution, microstructure and textural properties of rice starch gels during cold storage. *Food Chem.* **2017**, *214*, 702–709.
11. Zhang, X.; Tong, Q.; Zhu, W.; Ren, F. Pasting, rheological properties and gelatinization kinetics of tapioca starch with sucrose or glucose. *J. Food Eng.* **2013**, *114*, 255–261.
12. Babić, J.; Šubarić, D.; Milicević, B.; Aćkar, D.; Kopjar, M.; Tiban, N.N. Influence of trehalose, glucose, fructose, and sucrose on gelatinisation and retrogradation of corn and tapioca starches. *Czech J. food Sci.* **2009**, *27*, 151–157.
13. Gunaratne, A.; Ranaweera, S.; Corke, H. Thermal, pasting, and gelling properties of wheat and potato starches in the presence of sucrose, glucose, glycerol, and hydroxypropyl beta-cyclodextrin. *Carbohydr. Polym.* **2007**, *70*, 112–122.
14. Wang, L.; Xu, H.; Yuan, F.; Pan, Q.; Fan, R.; Gao, Y. Physicochemical characterization of five types of citrus dietary fibers. *Biocatal. Agric. Biotechnol.* **2015**, *4*, 250–258.
15. Burana-osot, J.; Soonthomchareonnon, N.; Chaidedgumjorn, A.; Hosoyama, S.; Toida, T. Determination of galacturonic acid from pomelo pectin in term of galactose by HPAEC with fluorescence detection. *Carbohydr. Polym.* **2010**, *81*, 461–465.
16. Gama, H.; Mabon, N.; Nott, K.; Wathelet, B.; Paquot, M. Kinetic of the hydrolysis of pectin galacturonic acid chains and quantification by ionic chromatography. *Food Chem.* **2006**, *96*, 477–484.
17. Deffenbaugh, L.B.; Walker, C.E. Use of the Rapid-Visco-Analyzer to measure starch pasting properties. Part I: Effect of sugars. *Starch-Stärke* **1989**, *41*, 461–467.
18. Zhou, D.-N.; Zhang, B.; Chen, B.; Chen, H.-Q. Effects of oligosaccharides on pasting, thermal and rheological properties of sweet potato starch. *Food Chem.* **2017**, *230*, 516–523.
19. Ji, Y.; Zhu, K.; Qian, H.; Zhou, H. Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour. *Food Chem.* **2007**, *104*, 53–58.
20. Hedayati, S.; Shahidi, F.; Koocheki, A.; Farahnaky, A. Comparing the effects of sucrose and glucose on functional properties of pregelatinized maize starch. *Int. J. Biol. Macromol.* **2016**, *88*, 499–504.
21. Biliaderis, C.G.; Maurice, T.J.; Vose, J.R. Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry. *J. Food Sci.* **1980**, *45*, 1669–1674.

2. Impact of chemical modification by immersion with malic acid on the physicochemical properties and resistant starch formation in rice, Kim et al., Journal of Food Science, 2022

- Manuscript status (2021.12.31.기준)

STATUS	ID	TITLE	CREATED	SUBMITTED
EOS: Kalaivanan, Nandhinie EOS: Ferguson, Amanda	JFDS-2021-1803.R1	Impact of chemical modification by immersion with malic acid on the physicochemical properties and resistant starch formation in rice <a href="#">View Submission</a> Submitting Author: Lee, Chang Joo	10-Dec-2021	10-Dec-2021

• Accept (29-Dec-2021)

[Contact Journal](#)

한국식품연구원(KFRI, Korea Food Research Institute)

[Check for updates](#)

Received: 22 September 2021 | Revised: 10 December 2021 | Accepted: 29 December 2021  
DOI: 10.1111/1750-3841.16058

**FOOD CHEMISTRY** **Food Science** WILEY

## Impact of chemical modification by immersion with malic acid on the physicochemical properties and resistant starch formation in rice

Ha Ram Kim<sup>1</sup> | Gyeong A. Jeong<sup>2</sup> | Ji-Eun Bae<sup>1</sup> | Jung Sun Hong<sup>1</sup> | Hee-Don Choi<sup>1</sup> | Chang Joo Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Research Group of Food Processing, Research Division of Strategic Food Technology, Korea Food Research Institute, Jeonbuk, Republic of Korea

<sup>2</sup> Department of Food Science and Biotechnology, Wonkwang University, Jeonbuk, Republic of Korea

**Correspondence**  
Chang Joo Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Wonkwang University, Iksan, Jeonbuk 54538, Republic of Korea.  
Email:

**Abstract:** The effects of immersion time on the physicochemical properties and resistant starch (RS) formation of malic acid-treated rice were investigated. Malic acid treatment decreased the frequency of cracks within the rice kernel. The color (lightness) was significantly affected by the immersion time, reflecting the browning of rice. The degree of substitution gradually increased with the immersion time and reached a plateau after 12 h, and the intensity of the C=O bond peak detected in the Fourier-transform infrared spectroscopy showed a similar trend. However, the crystallinity of rice decreased as the immersion time increased, which was confirmed by the X-ray diffraction and thermal transition properties. A gradual increase in RS was observed as the immersion time and DS increased, ranging from 44.5% to 73.3%, reaching a maximum after 12 h of immersion. Therefore, 12 h was determined to be the optimal immersion time for maximizing RS content. This information about the structural characteristics and heat-stable properties of malic acid-treated rice in starch digestion can be used to develop a low-digestible food ingredient and lead to further application of the study.

**KEYWORDS**  
immersion time, malic acid, resistant starch, rice kernel

**Practical Application:** This study reported the preparation and physicochemical properties of malic acid-treated resistant starch with different immersion times. This information could contribute to the structural characterization of resistant starch and the development of low-calorie processed rice products.

### 1 | INTRODUCTION

Rice is the third most productive agricultural food crop with a high global production of approximately 0.8 billion tonnes in a year (FAO, 2020). Rice is generally consumed after cooking with water in the form of an intact kernel, or is used for rice cakes, noodles, breads, and many gluten-free products in flour form. Rice has a high starch content (75–80%) compared to that of other cereals. Its consumption is associated with a rise in blood glucose levels and is classified as a high-glycemic index (GI) food (Miller et al., 1992). Therefore, various attempts have been made to alter the GI properties of rice and rice products (Sivakamasundari et al., 2021) to improve the effects on human health. Starch can be classified into three fractions according to their digestive properties during hydrolysis, namely,

J. Food Sci. 2022;1–11.

wileyonlinelibrary.com/journal/jfds

© 2022 Institute of Food Technologists® | 1

가공식품연구원/최희돈

rice, the RS content showed a negative correlation with the crystallinity. As the immersion time and DS increased, the crystallinity decreased, while the RS content increased. Therefore, in the malic acid-treated rice, the effect of DS on the content and stability of RS was greater than that of crystallinity.

#### 4 | CONCLUSION

The physicochemical properties of malic acid-treated rice affected by immersion time were investigated. The overall appearance of rice kernel were not affected, while the interaction with moisture within the rice grain was altered, indicated by the lower occurrence of cracks and fissures with longer immersion time. Partial acid hydrolysis of the components in rice seemed to accelerate the browning after treatment. Alteration of hydroxyl groups by esterification was proved by the increase in the DS and peak intensity in FT-IR, which showed a gradual increase until 12 h. The ester bonds formation resulted in the decrease in crystallinities and melting enthalpies. The formation of thermostable RS was directly related to the DS, which reached a maximum after 12 h immersion and an immersion of even a very short time (0 h) was able to achieve significant RS in rice kernels. This study determined novel, efficient processing conditions to obtain the highest RS content of rice-processed food products.

#### ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through Innovative Food Product and Natural Food Materials Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (No. I20021-02).

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Writing—original draft: Ha Ram Kim. Formal analysis: Gyeong A. Jeong. Formal analysis: Ji-Eun Bae. Investigation: Jung Sun Hong. Project administration: Hee-Don Choi. Supervision: Chang Joo Lee.

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

#### ORCID

Ha Ram Kim  <https://orcid.org/0000-0002-8790-9078>

Chang Joo Lee  <https://orcid.org/0000-0003-2212-252X>

#### REFERENCES

Baltnold, T. C. V., Jorge, L. M. D. M., & Jorge, R. M. M. (2018). Modeling the hydration step of the rice (*Oryza sativa*) parboiling process.

- Journal of Food Engineering*, 216, 81–89. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.07.020>
- Bittaderts, C. G., Grant, D. R., & Vose, J. R. (1981). Structural characterization of legume starches. I. Studies on amylose, amylopectin, and beta-limit dextrins. *Cereal Chemistry*, 58, 496–502.
- Birt, D. F., Boylston, T., Hendrich, S., Jane, J. L., Hollis, J., Li, L., McClelland, J., Moore, S., Phillips, G. J., Rowling, M., Schallnske, K., Scott, M. P., & Whitley, E. M. (2013). Resistant starch: Promise for improving human health. *Advances in Nutrition*, 4, 587–601. <https://doi.org/10.3945/an.113.004325>
- Englyst, H. N., Kingman, S. M., & Cummings, J. H. (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46, S33–S50.
- FAO. (2020). *World food and agriculture: Statistical yearbook 2020*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1329en-fig21>
- Golachowski, A., Drozd, W., Golachowska, M., Kapelko-Zeberska, M., & Raszewski, B. (2020). Production and properties of starch citrates—Current research. *Food*, 9, 1311. <https://doi.org/10.3390/foods9091311>
- Hoover, R. (2000). Acid-treated starches. *Food Reviews International*, 16, 369–392. <https://doi.org/10.1081/FRI-100100292>
- Kim, H. R., Hong, J. S., Ryu, A. R., & Choi, H. D. (2020). Combination of rice varieties and cooking methods resulting in a high content of resistant starch. *Cereal Chemistry*, 97, 149–157. <https://doi.org/10.1002/cche.10221>
- Lee, C. J., Na, J. H., Park, J. Y., & Chang, P. S. (2019). Structural characteristics and *in vitro* digestibility of malic acid-treated corn starch with different pH conditions. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24, 1900. <https://doi.org/10.3390/molecules24101900>
- Lee, S. Y., Lee, K. Y., & Lee, H. G. (2018). Effect of different pH conditions on the *in vitro* digestibility and physicochemical properties of citric acid-treated potato starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107, 1235–1241. <https://doi.org/10.1016/j.ijbtomac.2017.09.106>
- Liu, H., Liang, R., Antoniou, J., Liu, F., Shoemaker, C. F., Li, Y., & Zhong, F. (2014). The effect of high moisture heat-acid treatment on the structure and digestion property of normal maize starch. *Food Chemistry*, 159, 222–229. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.162>
- Miao, M., Jiang, B., Cui, S. W., Zhang, T., & Jin, Z. (2015). Slowly digestible starch—A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55, 1642–1657. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.704434>
- Miller, J. B., Pang, E., & Bramall, L. (1992). Rice: A high or low glycemic index food? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 56, 1034–1036. <https://doi.org/10.1093/ajcn/56.6.1034>
- Miskeen, S., Hong, J. S., Choi, H. D., & Kim, J. Y. (2021). Fabrication of citric acid-modified starch nanoparticles to improve their thermal stability and hydrophobicity. *Carbohydrate Polymers*, 253, 117242. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117242>
- Na, J. H., Jeong, G. A., Park, H. J., & Lee, C. J. (2021). Impact of esterification with malic acid on the structural characteristics and *in vitro* digestibilities of different starches. *International Journal of Biological Macromolecules*, 174, 540–548. <https://doi.org/10.1016/j.ijbtomac.2021.01.220>
- Nara, S., & Komlya, T. (1983). Studies on the relationship between water-saturated state and crystallinity by the diffraction method for moistened potato starch. *Starch-Stärke*, 35, 407–410. <https://doi.org/10.1002/star.19830351202>

# □ 국내 및 국제 학술회의 발표

## 1. 2020년 한국식품과학회 국제학술대회

**Get up Start up**  
for the future of food

**P06. Carbohydrate**

**P06-001** Effect of pressure level on physicochemical properties of pressure moisture treated starch (PMTS)  
Han-Yun Kim<sup>1\*</sup>, Byung-Tae Kim<sup>1</sup>, Moo-Yeol Baik<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Hee University, Korea

**P06-002** Starch characteristics of foxtail millet and sorghum cultivars grown in Korea  
Hyun-Iso Kim<sup>1\*</sup>, Soan-Sik Woo<sup>2</sup>, Byong-Won Lee<sup>1</sup>, Jin-Young Lee<sup>1</sup>, Yu-Young Lee<sup>1</sup>, Min-Young Kim<sup>1</sup>, Minyoung Kim<sup>1</sup>, Shunghyeon Lee<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Korea, <sup>2</sup>Rural Development Administration, Korea

**P06-003** Enhancement of rice flour pasting property with respect to process tolerance via dry heating process of rice grain  
Yoon-Seo Song<sup>1\*</sup>, Ha-Ram Kim<sup>1</sup>, Sieun Lee<sup>1</sup>, Hee-Dan Choi<sup>1</sup>, Jung-Sun Hong<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Research Group of Food Processing, Research Division of Strategic Food Technology, Korea Food Research Institute, Korea

**P06-004** Physicochemical and sensory characteristics of steak sauce added with resistant dextrin  
Ara Jo<sup>1\*</sup>, Suyoun Lim<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Samsung Corporation Food Biotech R&D Center, Korea

**P06-005** Production of novel isomalto-oligosaccharide using engineered 4,6- $\alpha$ -glucanotransferase and evaluation of its prebiotic effects  
Goo-yeong Jeong<sup>1\*</sup>, Seo-Hyeon Jeon<sup>1</sup>, Dong-Ho Shin<sup>1</sup>, Jong-Tae Park<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Korea

**P06-006** Development and validation of simultaneous analysis for maltooligosaccharides and isomaltooligosaccharides  
Junho Yang<sup>1\*</sup>, Hee-Don Choi<sup>1</sup>, So-I Kim<sup>1</sup>, Yunhyeong Lee<sup>1</sup>, Eunji Cha<sup>1</sup>, Ji-In Park<sup>1</sup>, Jiyoung Shin<sup>1</sup>, Ji-young Yang<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Pukang National University, Korea, <sup>2</sup>Department of Food Safety and Processing Research Division, National Institute of Fisheries Science, Korea

**P06-007** The effects of enzymatic treatment on native rice starch and its application: The enhancement of curcumin retention rate in filled hydrogel  
27  
2020 KOSFOST International Symposium and Annual Meeting

**P06-003**

**Enhancement of rice flour pasting property with respect to process tolerance via dry heating process of rice grain**

Yoon Seo Song<sup>1\*</sup>, Ha Ram Kim<sup>1</sup>, Sieun Lee<sup>1</sup>, Hee-Dan Choi<sup>1</sup>, Jung Sun Hong<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Research Group of Food Processing, Research Division of Strategic Food Technology, Korea Food Research Institute, Korea

To develop an eco-friendly process improving rice flour functionality, dry heating (roasting) was adopted as an alternative parboiling process resulting in partially gelatinized rice. Waxy type of brown rice (BR) or waxy rice (PR) was immersed in water (1:3, 60°C, 15 h). The hydrated rice was heated by a hot air roaster at 250°C for 15 min, stored at 60°C for 6 h, and dried at 25°C until 14% moisture content was achieved. The dried BR and PR including untreated raw rice as a control (CON) were polished and milled into flour. RVA analysis showed 4.3 times and 3.6 times higher peak viscosity for PR and BR than CON. Due to poor head rice yield for BR, apparent viscosities ( $\eta$ ) for PR paste (6%, 50°C) was examined before and after shear (4000 rpm, 30 sec). PR had 15.0 times greater  $\eta$  than CON, indicating a great improvement in thickening effect. After shear,  $\eta$  of PR was 5.5 times greater than that of CON, which corresponded to 68.0-88.3% of commercial clean label starches utilized in a heavy process environment. This result suggests that the dry heating process for PR has a potential to be a clean label approach producing functional rice flour with shear tolerance attribute.

**P06-004**

**Physicochemical and sensory characteristics of steak sauce added with resistant dextrin**

Ara Jo<sup>1\*</sup>, Suyoun Lim<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Samsung Corporation Food Biotech R&D Center, Korea

Resistant Dextrin is high in dietary fiber content (85% or higher) and a low-calorie ingredient (2 kcal/g) with low viscosity. Due to its resistance to heat and acid, it is good to apply to processed foods. And it is well dissolved in water. However, few studies have been done on sauce with resistant dextrin in Korea. The study was conducted to investigate quality and sensory characteristics changes of steak sauce added with resistant dextrin. Physicochemical and sensory properties were investigated by pH, viscosity, brix degree and trained sensory panel test. As the result, the values of brix degree and viscosity of steak sauce were not significantly different among samples. The results of the sensory evaluation are consistent with physicochemical characteristics. The overliking of the 10% Resistant Dextrin added sample was slightly higher (3.2) than the 10% dextrin added sample (3.0), but there were no significant differences. Therefore, it was confirmed that the addition of 10% Resistant Dextrin had little effect on the sensory quality of steak sauce.

**P06-005**

**Production of novel isomalto-oligosaccharide using engineered 4,6- $\alpha$ -glucanotransferase and evaluation of its prebiotic effects**

Goo-yeong Jeong<sup>1\*</sup>, Seo-Hyeon Jeon<sup>1</sup>, Dong-Ho Shin<sup>1</sup>, Jong-Tae Park<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Korea

Isomalto-oligosaccharide (IMO), a mainly  $\alpha$ -1,6 linkage glucose polymer, has been recognized as the prebiotics. However, the commercial IMOs with a low degree of polymerization (DP) are difficult to deliver in the large intestine because of the digestion by human enzymes. In this study, novel IMOs was synthesized using a recombinant 4,6- $\alpha$ -glucanotransferase (4,6- $\alpha$ -GT) originated from *Lactobacillus reuteri* 121. The recombinant enzyme fused with *Escherichia coli* maltose binding protein was expressed and purified from *E. coli* MC1061. Novel IMOs having 34%  $\alpha$ -1,6 linkages with main DPs greater than 3 were successfully synthesized from a commercial maltodextrin by the recombinant 4,6- $\alpha$ -GT. The prebiotic effect of the novel IMOs was evaluated using a single bacterial strain culture method. Growths of 9 lactic acid bacteria strains and *E. coli* were compared using MRS media supplemented with the novel IMOs or a commercial IMO product. Unfortunately, the novel IMO produced by 4,6- $\alpha$ -GT did not significantly promote the growths of the lactic acid bacteria. In the further study, the prebiotic effect of the novel IMOs would be evaluated using complex system of bacteria and animal experiments.

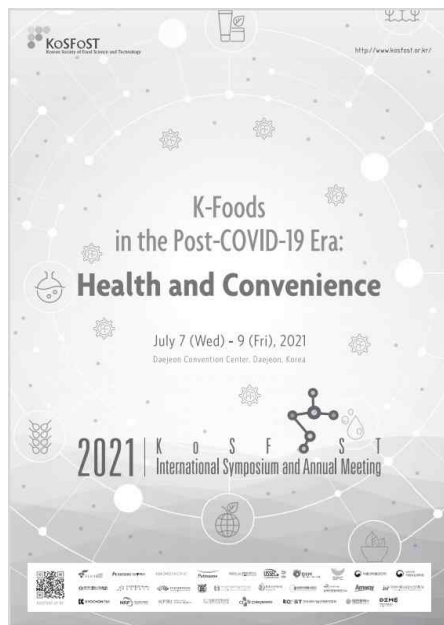
**P06-006**

**Development and validation of simultaneous analysis for maltooligosaccharides and isomaltooligosaccharides**

Junho Yang<sup>1\*</sup>, I-Seul Choi<sup>1</sup>, So-I Kim<sup>1</sup>, Yunhyeong Lee<sup>1</sup>, Eunji Cha<sup>1</sup>, Ji-In Park<sup>1</sup>, Jiyoung Shin<sup>1</sup>, Ji-young Yang<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Pukang National University, Korea, <sup>2</sup>Department of Food Safety and Processing Research Division, National Institute of Fisheries Science, Korea

Maltooligosaccharides (MO) and isomaltooligosaccharides (IMO) have various functionality as a food. However, a method for analyzing MO and IMO has not been established. This study was aimed to establish and validate simultaneous method for analyzing MO (DP2-6) and IMO (DP2-6) using HPLC-CAD. Amino column (HILICpak V5-50 AE) and charged aerosol detector (CAD) were used for analysis. The mobile phase consisted of acetonitrile (ACN) and water. For sample elution, ACN decreased from 80% to 66% in 50 min, and from 66% to 60% from 50 to 60 min, and from 60% to 80% from 60 to 60.10 min, and 80% from 60.10 to 65 min. The flow rate was 0.7 mL, the column oven temperature was 40°C and the sample injection volume was 5  $\mu$ L. The analysis conditions of CAD were set to 40°C for evaporator temperature and 5 Hz for data collection rate. The linearity of this simultaneous method expressed by the correlation coefficient (R<sup>2</sup>) was 0.99 or more. LOD and LOQ were 3-12 ppm and 8-32 ppm, respectively. Accuracy ranged from 100.417-100.7 $\pm$  8.5%, and intra and inter-day precision ranged from 0.12 to 4.07%. The newly developed method is suitable for simultaneous analysis of MO and IMO.

## 2. 2021 한국식품과학회 국제학술대회



K-Foods in the Post-COVID-19 Era:  
Health and Convenience

Hui-Yun Kim<sup>1\*</sup>, Hye Jeong Rim<sup>1</sup>, Sung-Won Choi<sup>2</sup>, Chang-Nam Kim<sup>3</sup>, Moo-Yeol Baik<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Hee University, Korea, <sup>2</sup>Department of Food and Culinary Arts, Osan University, Korea, <sup>3</sup>Department of Hotel Baking Technology, Hyejeon College, Korea

**P06-014 Changes in branch chain length distribution during *in vitro* digestion of resistant starch enriched rice produced via organic acid treatment**  
Ha Ram Kim<sup>1\*</sup>, Ho-Young Park<sup>2</sup>, A-Reum Ryu<sup>3</sup>, Hee-Don Choi<sup>1</sup>, Jung Sun Hong<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Research Group of Food Processing, Research Division of Strategic Food Technology, Korea Food Research Institute, Korea, <sup>2</sup>Research group of Functional Food Materials, Research Division of Food Functionality, Korea Food Research Institute, Korea, <sup>3</sup>Technical Assistance Center, Korea Food Research Institute, Korea

**P06-015 Effects of cross-linking on physicochemical properties of short-chain glucan aggregates (SCGA)**  
Joo-Sung Lee<sup>1\*</sup>, Seon-Min Oh<sup>1,2</sup>, Sung-Won Choi<sup>3</sup>, Chang-Nam Kim<sup>1</sup>, Moo-Yeol Baik<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Hee University, Korea, <sup>2</sup>Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Korea, <sup>3</sup>Department of Food and Culinary Arts, Osan University, Korea, <sup>4</sup>Department of Hotel Baking Technology, Hyejeon College, Korea

**P06-016 Microwave-assisted green synthesis of starch nanoparticles with high colloidal stability**  
Hazzel Joy Adra<sup>1\*</sup>, Young-Rok Kim<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Graduate School of Biotechnology & Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Hee University, Korea

**P06-017 Production and isolation of xylobiose isomers using the *exo-β*-xylosidase from *Bacillus pumilus***  
Jae-Wan Choi<sup>1\*</sup>, Eun-Soo Kim<sup>1</sup>, Sang-Ho Yoo<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, and Carbohydrate Bioprocess Research Center, Sejong University, Korea

**P06-018 Prebiotic effect of resistant dextrin prepared by debranching and crystallizing waxy maize starch**  
Hyeonjun Lim<sup>1\*</sup>, Dongjin Lee<sup>2</sup>, Seung-Tak Lim<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>College of Life Science and Biotechnology, Korea University, Korea

**P06-019 Characterization of short chain glucan aggregates (SCGA) prepared with or without insoluble glucan after debranching by pullulanase**  
Ji-Eun Park<sup>1\*</sup>, Seon-Min Oh<sup>1,2</sup>, Sung-Won Choi<sup>3</sup>, Chang-Nam Kim<sup>1</sup>, Moo-Yeol Baik<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Hee University, Korea,

103  
2021 KoSFoST International Symposium and Annual Meeting

### P06-013

#### Comparison of pressure-treatment (PMT) and hydro-thermal treatment (HMT) of starch

Hui-Yun Kim<sup>1\*</sup>, Hye Jeong Rim<sup>1</sup>, Sung-Won Choi<sup>2</sup>, Chang-Nam Kim<sup>3</sup>, Moo-Yeol Baik<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Hee University, Korea, <sup>2</sup>Department of Food and Culinary Arts, Osan University, Korea, <sup>3</sup>Department of Hotel Baking Technology, Hyejeon College, Korea

Pressure moisture treatment (PMT) was applied to various starches and their physicochemical properties were investigated. Native starches (NS; corn, potato, rice, tapioca) were equilibrated to 25% MC (db). PMT starches (PMTS) were high hydrostatic pressure (HPH) treated at 550 MPa for 10 min at room temperature, and hydro-thermal treated starches (HMTS) were heated at 100°C for 10 h. Morphology of starches was not significantly affected by PMT and HMT. In all starches, both PMTS and HMTS showed broader amylopectin melting transition and higher amylopectin melting enthalpy than those of NS. PMTS presented broader amylopectin melting transition and higher amylopectin melting enthalpy than those of HMTS and NS. In PMTS, tapioca starch showed the highest enthalpy increase followed by corn, potato and rice starches. SDS increased but RDS and RS decreased in both PMTS and HMTS compared to NS. PMTS showed the lowest RDS and the highest SDS. The highest SDS was observed in corn starch followed by rice, potato and tapioca starches. Consequently, PMTS showed distinctive physicochemical properties compared to NS and HMTS suggesting the potential as a new physical modification method.

### P06-014

#### Changes in branch chain length distribution during *in vitro* digestion of resistant starch enriched rice produced via organic acid treatment

Ha Ram Kim<sup>1\*</sup>, Ho-Young Park<sup>2</sup>, A-Reum Ryu<sup>3</sup>, Hee-Don Choi<sup>1</sup>, Jung Sun Hong<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Research Group of Food Processing, Research Division of Strategic Food Technology, Korea Food Research Institute, Korea, <sup>2</sup>Research group of Functional Food Materials, Research Division of Food Functionality, Korea Food Research Institute, Korea, <sup>3</sup>Technical Assistance Center, Korea Food Research Institute, Korea

In this study, changes in branch chain length distribution during *in vitro* digestion were traced in flours from raw rice and resistant starch (RS) enriched rice (RS-rice). RS-rice was prepared as follows: high-amylose brown rice was heated in 3% citric acid solution at 120°C for 30 min, and then dried at 90°C for 4 h. RS-rice contained 6.94% of RS, which was 5.07 times higher than that of raw brown rice (1.37%). RS-rice and raw rice were passed through *in vitro* gastrointestinal tract (oral, stomach, small and large intestine), and insoluble fractions were recovered from each stage. Raw rice showed significant ( $p < 0.05$ ) decrease in average branch chain length after *in vitro* digestion, while RS-rice retained its initial average chain length over digestion stages. During small intestinal digestion, which was the most intensive digestion stage, RS-rice showed noticeable decrease in DP 7-28 accompanying increase of short chains (DP 1-7), while raw rice showed major decrease in DP 5-14 chains. Substitution and crosslinking of citric acid with starch molecules in rice grain resulted in clearly distinguishable digestive pattern in amylopectin branch chains from unmodified one.

434

KoSFoST

### P06-015

#### Effects of cross-linking on physicochemical properties of short-chain glucan aggregates (SCGA)

Joo-Sung Lee<sup>1\*</sup>, Seon-Min Oh<sup>1,2</sup>, Sung-Won Choi<sup>3</sup>, Chang-Nam Kim<sup>1</sup>, Moo-Yeol Baik<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Hee University, Korea, <sup>2</sup>Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Korea, <sup>3</sup>Department of Food and Culinary Arts, Osan University, Korea, <sup>4</sup>Department of Hotel Baking Technology, Hyejeon College, Korea

Short-chain glucan aggregates (SCGA) has been received interest due to their high RS content and thermal stability. However, study on suitable modification and processing is limited. Cross-linking is known to increase the structural network via the additional covalent bonds and it enhances and imparts the structural stability of SCGA. The aim of this study is to prepare the cross-linked SCGA (CL-SCGA) and investigate their characteristics. SCGA was modified with a mixture of STMP/STPP at various levels (0-12% w/w, s.b.). As increasing the amount of reagent, degree of substitution (DS) and phosphorus content of CL-SCGA were also increased. All samples showed a spherical shape ranging from 0.9-1.1 μm. 12% CL-SCGA showed the lowest zeta-potential, suggesting a large amount of charge on the surface. However, 4% CL-SCGA maintained the dispersion for the longest time (48 h) in the dispersion test. In DSC, the broader double helical melting transition was observed with higher DS. Meanwhile, 4% CL-SCGA revealed the highest double helical melting enthalpy. Cross-linking increased dispersion stability and thermal property of SCGA providing a possibility of SCGA modification method.

### P06-016

#### Microwave-assisted green synthesis of starch nanoparticles with high colloidal stability

Hazzel Joy Adra<sup>1\*</sup>, Young-Rok Kim<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Graduate School of Biotechnology & Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Hee University, Korea

Starch nanoparticles (SNPs) have raised a tremendous level of attention due to its numerous applications in biosensing, drug delivery and advanced materials in food and personal care products. However, existing fabrication methods are either time-consuming with very low yields or requires the use of solvent or stabilizers, which unable to produce a "clean label" starch. In this paper, we report a novel approach to synthesize mono-disperse SNP, utilizing microwave irradiation as second gelatinization to the previously recrystallized aggregated starch microparticles (SMPs), composed of short chain glucans (SCGs), that is enzymatically obtained from waxy maize starch (WMS). This current technology is a solvent- and stabiliser-free synthesis of nanoparticles. We found out that this method follows a homogeneous nucleation and growth kinetics observed from the Turbidity vs time curve, that is crucial for the formation of uniform particles. This method is highly dependent on the second gelatinization temperature, concentration- and chain length distribution of SCGs. Our method successfully fabricated SNPs with an average size of 200 nm having an excellent colloidal stability.

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

1. 저항성 전분의 함량이 증대된 밥용 쌀의 제조방법 및 이에 따라 제조된 밥용 쌀

<p>한국식품연구원(KRFI, Korea Food Research Institute)</p> <p>관인생략</p> <p><b>출원번호통지서</b></p>		2021-08-02	
출원일자	2021.08.02	<b>【과제고유번호】</b>	1545022927
특기사항	심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(10017)	<b>【과제번호】</b>	GA202200-02
출원번호	10-2021-0101204 (합수번호 1-1-2021-0888144-66) (DAS원근코드4276)	<b>【부처명】</b>	농림축산식품부
출원명명칭	한국식품연구원(3-1998-007755-3)	<b>【과제관리(전문)기관명】</b>	농림식품기술기획평가원
대리인성명	특허법인 중원(9-2010-100021-9)	<b>【연구사업명】</b>	농식품기술개발
발명자성명	홍정선 최희준 김하람 류아름 송윤서 김미란 강민철	<b>【연구과제명】</b>	당노 전 단계 맞춤형 식사대용식 및 죽색밥 제조 핵심기술 개발
발명의명칭	저항성 전분의 함량이 증대된 밥용 쌀의 제조방법 및 이에 따라 제조된 밥용 쌀	<b>【기여율】</b>	1/1
<b>특 허 청 장</b>		<b>【과제수행기관명】</b>	한국식품연구원
<< 안내 >>		<b>【연구기간】</b>	2021.01.01 ~ 2021.12.31
<p>1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로 출원지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.</p> <p>2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 이 통지일까지 중동반 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.</p> <p>3. 납부차번호: 0131(기공번호) - 접수번호</p> <p>4. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 (특허)고객번호 정보변경(경정), 정정신고서를 제출하여야 하며 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.</p> <p>5. 기타 심사 절차제도에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8080)에 문의하여 주시기 바랍니다.</p> <p>※ 심사제도 안내: <a href="http://www.kipri.go.kr">http://www.kipri.go.kr</a>-지식재산제도</p>		<b>【취지】</b>	위와 같이 특허청장에게 제출합니다.  대리인 특허법인 중원 (서명 또는 인)
		<b>【수수료】</b>	
		<b>【출원료】</b>	0 면 46,000 원
		<b>【가산출원료】</b>	23 면 0 원
		<b>【우선권주장료】</b>	0 건 0 원
		<b>【심사청구료】</b>	13 항 715,000 원
		<b>【합계】</b>	761,000 원
		<b>【감면사유】</b>	정부출연연구기관(50%감면)[1]
		<b>【감면후 수수료】</b>	380,500 원
		28-4	

## 2. 저항성 전분의 함량이 증대된 장건강 증진용 쌀

관인생략

### 출원번호통지서

2021-12-21

출원일자 2021.12.21  
 특기사항 심사청구(무) 공개신청(무) 참조번호(10402)  
 출원번호 10-2021-0183634 (접수번호 1-1-2021-1479226-53)  
 (DAS접근코드DDA7)  
 출원인명칭 한국식품연구원(3-1998-007755-3)  
 대리인성명 특허법인 흥원(9-2010-100021-9)  
 발명자성명 박호영 강민철 김미란 김하람 박미리 오미진 이혜빈 최희돈 홍정선  
 발명의명칭 저항성 전분의 함량이 증대된 장건강 증진용 쌀

【주민등록번호】

【우편번호】

【주소】

【발명자】

【성명】 홍정선

【성명의 영문표기】 HONG, JUNG SUN

【주민등록번호】

【우편번호】

【주소】

【출원언어】 국어

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 1545022927

【과제번호】 12002102238010

【부처명】 농림축산식품부

【과제관리(전문)기관명】 농림식품기술기획평가원

【연구사업명】 맞춤형혁신식품및천연인삼소재기술개발(R&D)

【연구과제명】 당노 전 단계 맞춤형 식사대용식 및 축적법 제조 핵심기술

개발

【기여율】 1/1

【과제수행기관명】 한국식품연구원

61-4

### 특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로  
 홈페이지(www.patent.co.kr)에서 확인하실 수 있습니다.  
 2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가  
 까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.  
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호  
 3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 (특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서)를 제출하  
 여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.  
 4. 기타 심사 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8080)에  
 문의하여 주시기 바랍니다.  
 ※ 심사제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr> 지식재산제도

## 3. 저항성 전분의 함량이 증대된 전 당노 개선용 쌀

관인생략

### 출원번호통지서

2021-12-21

출원일자 2021.12.21  
 특기사항 심사청구(무) 공개신청(무) 참조번호(10239)  
 출원번호 10-2021-0184226 (접수번호 1-1-2021-1482444-71)  
 (DAS접근코드2492)  
 출원인명칭 한국식품연구원(3-1998-007755-3)  
 대리인성명 특허법인 흥원(9-2010-100021-9)  
 발명자성명 강민철 김미란 김하람 류아름 박미리 박호영 손석준 최희돈 홍정선  
 발명의명칭 저항성 전분의 함량이 증대된 전 당노 개선용 쌀

【주민등록번호】

【우편번호】

【주소】

【발명자】

【성명】 홍정선

【성명의 영문표기】 HONG, JUNG SUN

【주민등록번호】

【우편번호】

【주소】

【출원언어】 국어

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 1545022927

【과제번호】 12002102238010

【부처명】 농림축산식품부

【과제관리(전문)기관명】 농림식품기술기획평가원

【연구사업명】 맞춤형혁신식품및천연인삼소재기술개발(R&D)

【연구과제명】 당노 전 단계 맞춤형 식사대용식 및 축적법 제조 핵심기술

개발

【기여율】 1/1

【과제수행기관명】 한국식품연구원

46-4

### 특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로  
 홈페이지(www.patent.co.kr)에서 확인하실 수 있습니다.  
 2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가  
 까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.  
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호  
 3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 (특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서)를 제출하  
 여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.  
 4. 기타 심사 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8080)에  
 문의하여 주시기 바랍니다.  
 ※ 심사제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr> 지식재산제도







□ 기술 실시(이전)

1. 기술실시보고서

[ 별지 13의2 ]

<b>기술실시보고서</b>						
(단위 : 원)						
연구개발과제 현황	사업명	맞춤형혁신식품 및 친인안심소재 기술개발사업		연구과제번호	120021-02	
	연구과제명	당뇨 전 단계 맞춤형 식사대용식 및 죽식발 제조기술 개발				
	연구기관명	한국식품연구원	연구책임자	최희봉	참여기업명	-
	연구위약일	2020.04.20	연구기간	2020.04.20. ~ 2021.12.31		
	연구개발비	정부출연금	기업부담금	기타 ( 원불 )		계
580,000,000		19,340,000	174,060,000		773,400,000	
기술실시계약 및 성과활용 현황	계약(활용)명	저항성 전분의 함량이 증대된 전 당료 개선용 쌀 및 이의 제조방법				
	계약(활용)일	2021.12.30	실시(활용)기간	2021.12.30. ~ 2026.12.29		
	지재권 종류	특허	실시권 유형	전용실시권		
	* 지재권이 특허(출원,등록 )인 경우	명 칭	저항성 전분의 함량이 증대된 밥용 쌀의 제조방법 및 이에 따라 제 조된 밥용 쌀 등 3건			
		번호	10-2021-0101204	일자	2021-08-02	
	실시(활용)기 관	기관명	주메타센타라퓨틱스		기관유형	중소기업
		주소	경기 수원시 영통구 창룡대로 256번길 91		대표자	박명규
		사업자번호	140-86-00277		전화번호	
부서(담당자)		연구소(최원희)		e-mail		
기술료산정내역	외부 전문기관 기술가치 평가 수행					
기술료	정액기술료		정상기술료		기타 조건	
	정수(납부)예정일	정수(납부)금액	취수기본료	정수(납부)예정일		정수(납부)금액
	2021.12.29	55,000,000	매출에 따 른 기술료	정수(납부)시작일	결산일	
				정수(납부)종료일	정수율	
	계	55,000,000			매출액의 ( )%	
기타특기사항						
<p>국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제22조 제2항에 따라 위와 같이 기술실시계약이 체결되었음을 보고합니다.</p> <p>붙임 1. 기술실시계약서 사본 1부(타기관으로 기술이전시). 2. 지식재산권을 포함하는 기술이전인 경우 해당 증빙자료(특허 등록증, 출원증 등) 1부 (타기관으로 기술이전시). 3. 연구개발과제협약서 사본 1부(직접실시시).</p> <p style="text-align: center;">2021년 12월 30일</p> <p style="text-align: center;">주관연구기관 한국식품연구원의 대표 { 직인 }</p> <p style="text-align: center;"><b>농림식품기술기획평가원장 귀하</b></p>						

## 2. 기술료 징수결과 보고서

[별지 14]

<b>기술료 징수결과보고서</b>							
(단위 : 원)							
연구개발과제 현황	사업명	맞춤형혁신식품 및 전인양심소계 기술개발사업		연구과제번호	120021-02		
	연구과제명	당뇨 전 단계 맞춤형 식사대용식 및 증식밥 제조기술 개발					
	연구기관명	한국식품연구원	연구책임자	최희돈	참여기업명	-	
	연구협약일	2020.04.20	연구기간	2020.04.20. ~ 2021.12.31			
	연구개발비	정부출연금	기업부담금	기타 ( 현물 )	계		
	580,000,000	19,340,000	174,060,000	773,400,000			
기술실시계약 및 성과환용 현황	계약(환용)명	저항성 전분의 함량이 증대된 전 당도 개선용 쌀 및 이의 제조방법					
	계약(환용)일	2021.12.30	실시(환용)기간	2021.12.30. ~ 2026.12.29			
	지체권 종류	특허	실시권 유형	전용실시권			
	* 지체권이 특허(출원,등록) 일 경우	명 칭	저항성 전분의 함량이 증대된 밥용 쌀의 제조방법 및 이에 따라 제조 된 밥용 쌀 등 3건				
		번호	10-2021-0101204	일 자	2021-08-02		
		기관명	주메타셀테라퓨틱스	기관유형	중소기업		
		주 소	경기 수원시 영통구 장릉대로 256번길 91	대 표 자	박명규		
		사업자번호	140-86-00277	전화번호			
		부서(담당자)	연구소(최원희)	e-mail			
		구 분	징수 기술료	전문기관 납부기술료			
기술료 징수 및 납부 현황		구 분	징수일	징수 금액	구 분	납부일	납부금액
	기 징수	기 납부					
			소 계			소 계	
	금회 징수		2021.12.29	55,000,000	금회 납부		
계			55,000,000	계			
<p>국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제22조 제3항에 따라 위와 같이 기술료 징수 및 전문기관 납부결과를 보고합니다.</p> <p>붙임 1. 기술료 입금증 사본 1부.</p> <p style="text-align: center;">2021년 12월 30일</p> <p style="text-align: center;">주관연구기관 한국식품연구원의 대표 [ 직인 ]</p> <p style="text-align: center;"><b>농림식품기술기획평가원장 귀하</b></p>							

### 3. 기술료 징수 및 사용현황 보고서

[별지 15]

<b>기술료 징수 및 사용현황 보고서</b>						
(단위 : 원)						
연구개발과제 현황	사업명	맞춤형혁신식품 및 천연한삼소재 기술개발사업		연구과제번호	120021-02	
	연구과제명	당뇨 전 단계 맞춤형 식사대용식 및 죽석밥 제조기술 개발				
	연구기관명	한국식품연구원	연구책임자	최희돈	참여기업명	-
	연구취약일	2020.04.20	연구기간	2020.04.20. ~ 2021.12.31		
	연구개발비	정부출연금	기업부담금	기타 ( 원물 )	계	
	580,000,000	19,340,000	174,060,000	773,400,000		
기술실시계약 및 성과활용 현황	계약(활용)명	적항성 전분의 함량이 증대된 전 당료 개선용 쌀 및 이의 제조방법				
	계약(활용)일	2021.12.30	실시(활용)기간	2021.12.30. ~ 2026.12.29		
	지재권 종류	특허	실시권 유형	전용실시권		
	* 지재권이 특허(출원,등록) 인 경우	명 칭	적항성 전분의 함량이 증대된 밥용 쌀의 제조방법 및 이에 따라 제조 된 밥용 쌀 등 3건			
		번호	10-2021-0101204	일자	2021-08-02	
		기관명	주메타센테라퓨틱스	기관유형	중소기업	
		주소	경기 수원시 영통구 장남대로 256번길 91	대표자	박명규	
		사업자번호	140-86-00277	전화번호		
		부서(담당자)	연구소(최원희)	e-mail		
징수 기술료	구 분	징수년도	징수금액	사용금액	잔 액	
	지난년도 징수					
		소 계				
	당해년도 징수	2021.12.29	55,000,000	55,000,000	0	
계		55,000,000				
당해년도 징수 기술료 사용실적	구 분		사 용 금 액			
	- 연구개발과제 참여연구원 보상금		27,500,000			
	- 개발기술 이전 및 사업화 경비		12,500,000			
	- 연구개발 제투자		2,500,000			
	- 지식재산권 출원·등록·유지 등 비용		7,500,000			
	- 기술확산 기여직인 보상금					
	- 기관운영경비					
	- 전문기관 납부액(과학기술인공제회 포함)					
- 기타(부가세)		5,000,000				
계		55,000,000				
<p>국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제23조 제4항에 따라 위와 같이 기술료 사용실적을 보고합니다.</p> <p style="text-align: center;">2021년 12월 30일</p> <p style="text-align: center;">주관연구기관 한국식품연구원의 대표 [ 직인]</p> <p style="text-align: center;"><b>농림식품기술기획평가원장 귀하</b></p>						

# 4. 기술이전계약서 사본

## 기술이전계약서

기술명: 저항성 전분의 함량이 증대된 쌀

2021. 12. 30.

기  
술  
보  
유  
자  
  
기  
술  
실  
시  
권  
자

기 관 명: 한국식품연구원 원 장 백 형 희  
주 소: 전라북도 완주군 이서면 농생명로 245  
사업자등록번호: 129-82-02585  
기술이전책임자: 최 희 돈

기 관 명: ㈜메타센테라퓨틱스 대표 박 명 규  
주 소: 경기도 수원시 영통구 창룡대로 256번길 91, B201호  
사업자등록번호: 140-86-00277  
기술이전책임자: 최 원 희

한국식품연구원 기술이전계약서 대외공개제한 | Disclosure Restrictions | 對外公開制限

### 제1조(계약의 목적)

“본계약”은 제3조에 기재된 “계약기술”에 대하여 “연구원”이 “실시권자”에게 실시권을 허여하고, “계약제품”을 상업화함에 있어 필요한 사항과 “연구원”과 “실시권자”의 권리 및 의무를 정함을 목적으로 한다.

### 제2조(용어의 정의)

본 계약서에 사용되는 용어는 다른 특별한 언급이 없는 한, 다음의 의미로 한정된다.

- “계약기술”이란 “연구원”이 개발하고 “계약일” 현재 보유하고 있는 제3조 “계약기술”에 기재된 기술 목록과 동조 제2항의 “계약제품”을 생산할 수 있는 기술을 의미하며, “계약기술” 이외의 파생기술이나 동조 제5항 “개발기술”은 포함되지 않는다.
- “계약제품”이란 “계약기술”을 사용하여 생산되는 제품 및 생산 장치를 말하고, 중간체 또는 원료를 생산 판매하는 경우, 그 중간체나 원료를 말하며, “계약기술”이 공정(공정개선 또는 공정대체물 포함)을 최종목적으로 하는 경우, 그 공정(개선된 공정, 대체된 공정 포함)을 말한다. 시계공장(Pilot Plant) 등으로 생산된 시제품의 경우, 이를 포함한다. 또한 “계약제품”을 시장에 출시한 일자를 “제품출시일”이라고 한다.
- “전용실시권”이란 대한민국 「특허법」 제100조에서 정의하는 것으로 “전용실시권”을 설정 받은 “실시권자”는 그 설정행위로 정한 범위에서 그 특허 발명을 임으로써 “실시”할 권리를 취득한다.
- “실시”란 “계약기술”을 사용하거나 “계약기술”을 사용하여 물건을 생산 또는 “계약기술”에 의하여 생산된 물건을 사용하는 행위를 의미한다.
- “개발기술”이란 “계약기술”을 개량, 확장 또는 대체하거나, “계약기술”을 사용하기 위하여 추가하거나, “계약기술”을 기초로 개발한 기술을 의미한다.
- “생산개시”란 “실시권자”가 “계약기술”을 이용하여 “계약제품”을 최초로 생산하는 것을 말하며 그 해당 일자를 “생산개시일”이라고 한다.
- “계약일”이란 “연구원”과 “실시권자” 쌍방이 대법원(가 등기소)에 등록된 법인 인감 증명서상의 인감으로 날인한 표지의 일자를 의미한다.
- “영업비밀”이란 「대한민국 부정경쟁방지 및 영업비밀보호에 관한 법률」 제2조 제2호에 근거하여 공공연히 알려져 있지 아니하고 독립된 경제적 가치를 가지는 것으로서, 비밀로 관리된 생산방법, 판매방법, 그 밖에 영업활동에 유용한 기술상 또는 경영상의 정보를 말한다.
- “우선협상권”이란 “연구원”이 제3자에게 “계약기술”이나 “개발기술” 등을 이전하거나 실시권을 설정하는 등 처분하고자 할 경우, 제3자와의 협상 이전에 “실시권자”와 “연구원” 사이에 “계약기술”이나 “개발기술” 등의 양수,

3 / 14 211222\_기술이전계약서\_한국식품연구원\_㈜메타센테라퓨틱스\_최희돈(11.20.2021)

KRFRI 한국식품연구원

한국식품연구원 기술이전계약서 대외공개제한 | Disclosure Restrictions | 對外公開制限

한국식품연구원(기술보유자, 이하, “연구원”이라 한다)과 ㈜메타센테라퓨틱스(기술실시자, 이하, “실시권자”라 한다)는 “연구원”이 개발하여 보유하고 있는 기술에 관하여 다음과 같이 합의하고 기술이전계약(이하, “본계약”이라 한다)을 체결한다.

### [계약 주요 조건]

1. 기술명	저항성 전분의 함량이 증대된 쌀	
2. 계약기간	2021. 12. 30. ~ 2026. 12. 29.	
3. 기술료 (일시납, 부가세별도)	정액기술료	-
	선금기술료	금 오천만 원(W50,000,000)
	결산기술료	-
4. 기술지도 및 기술이전 완료	자료제공기간	계약일로부터 60일 이내
5. 기술료 지급 계좌	거래은행: 농협중앙회 계좌번호: 586-17-002795 예금주: 한국식품연구원	
6. 허여 조건	전용실시권	
7. 허여 지역	대한민국 전 지역 및 대한민국에서 제조된 제품의 국외 판매 한정	
8. 허여 용도	대한민국 「식품위생법」 상의 식품 대한민국 「건강기능식품에 관한 법률」 상의 건강기능식품	
9. 시브라이센스	※ 계약서 내(內) 세부조항 및 특약사항 참조 “실시권자”는 “연구원”으로부터 허여 받은 실시권을 제3자에게 제공, 승계, 양도, 또는 재실시 금지	
10. 기타 조건	※ 계약서 내(內) 세부조항 및 특약사항 참조	

2 / 14 211222\_기술이전계약서\_한국식품연구원\_㈜메타센테라퓨틱스\_최희돈(11.20.2021)

KRFRI 한국식품연구원

한국식품연구원 기술이전계약서 대외공개제한 | Disclosure Restrictions | 對外公開制限

실시권 설정 등에 관하여 우선 협상할 권리를 말한다.

- “제실시권”이란 “실시권자”가 실시권의 범위에서 제3자에게 실시권을 양도하거나 통상실시권을 설정하는 것을 말한다. 다만 “실시권자”가 “계약제품”의 생산만을 제3자에게 위탁하거나 “실시권자”가 생산한 “계약제품”을 제3자에게 위탁판매하는 경우에는 “제실시권”의 설정에 포함되지 않는 것으로 한다.
- “제실시권자”란 “제실시권”의 설정에 의하여 “계약기술”을 “실시”할 권리를 갖는 자를 말한다.
- 동조에서 정의되지 않는 용어는 관계 법령에서 정하는 바에 따르며, 관계 법령에서 정의되지 않는 용어는 “계약기술”과 관련된 업계에서 통상적으로 의미하는 바에 따른다.

### 제3조(계약기술)

“본계약”상의 “계약기술”이라 함은 다음의 특허, “연구원”이 “실시권자”에게 전달한 연구(실험데이터 포함)자료, 노하우를 말한다.

발명의 명칭	출원번호	출원일	상태	출원인	비고
저항성 전분의 함량이 증대된 발효 쌀의 제조방법 및 이에 따른 제조된 발효 쌀	10-2021-0101204	22년 08월	출원	한국식품연구원	
저항성 전분의 함량이 증대된 전 당노 개신용 쌀	10-2021-0104226	22년 02월	출원	한국식품연구원	
저항성 전분의 함량이 증대된 장 건강 증진용 쌀	10-2021-0183634	22년 02월	출원	한국식품연구원	

### 제4조(계약내용)

- “연구원”은 “실시권자”에게 “본계약”의 조건에 따라 “계약기술”을 대한민국 전(全) 지역에서 “실시”할 수 있는 권한을 “전용실시권” 형태로 허여한다.
- “계약제품”의 용도는 대한민국 「식품위생법」과 「건강기능식품에 관한 법률」에 근거하여 식품과 건강기능식품에 한정하며 이외의 다른 용도로 사용하는 부분은 별도의 계약을 따르기로 하되 “연구원”은 “실시권자”에게 “우선협상권”을 부여한다.
- “연구원”은 필요할 경우 “계약기술” 및 “계약기술”과 관련된 정보를 대한민국 「부정경쟁방지 및 영업비밀보호에 관한 법률」에 따라 “영업비밀”로 특허정 산하 영업비밀 보호 전문 기관인 영업비밀보호센터에 등록한 후 “실시권자”에게 전달할 수 있다.
- “실시권자”는 “계약기술”을 “실시”함에 있어 “연구원”에 “계약기술”의 “실시”와 관련된 기술지원기술자문을 요청할 수 있고 “연구원”은 이에 협력할 수 있다. 단, 구체적인 기술지원의 범위는 제9조를 따른다.

4 / 14 211222\_기술이전계약서\_한국식품연구원\_㈜메타센테라퓨틱스\_최희돈(11.20.2021)

KRFRI 한국식품연구원

- ⑤ “실시권자”는 “본계약” 체결일로부터 24개월 이내에 “생산개시”를 해야 하며, “생산개시일”로부터 30일 이내에 “연구원”에 “생산개시일”을 서면으로 통보해야 한다. 단, “생산개시일”은 양 당사자의 합의 하에 연기할 수 있다.
- ⑥ “연구원”은 동조 제1항에 따라 “실시권자”에게 “전용실시권”을 허여하고 해당관청에 실시권을 신청했음에도 불구하고 “계약기술”과 “개발기술”에 대한 연구를 연구목적으로 자유롭게 수행할 수 있다.

제5조(계약기간)

- ① “본계약”의 계약기간은 “본계약”의 다른 조항에 의해 조기 종료되지 않는 한 “계약일”로부터 5년으로 한다.
- ② “실시권자”가 계약 연장을 원할 때는 계약 만료일을 기준으로 60일 이전에 계약 기간 연장 의사를 “연구원”에 서면으로 통보해야 함을 원칙으로 한다. “연구원” 또한 “실시권자”에게 계약 연장 의사의 확인을 회고할 수 있다.
- ③ “실시권자”의 계약 연장 의사가 있는 경우, “연구원”의 승인을 거쳐 계약 만료일 전에 연장 계약 또는 계약약을 체결해야 한다.
- ④ “실시권자”가 동조 각항에 근거하여 계약 기간 연장 의사가 없는 경우, 계약 기간 만료로 계약은 확정적으로 종료된다.

제6조(기술료)

- ① 기술료는 “실시권자”가 제3조 “계약기술”을 “실시”할 권리를 획득한 대가이며 선금기술료로 구성된다.
- ② “실시권자”는 선금기술료로 금 오천만 원(₩50,000,000)을 다음의 지급시기를 준수하여 “연구원”에 지급해야 한다.

구분	지급시기	금액
선금기술료	“계약일” 기준 30일 이내 전자세금계산서 청구 발행 진행, 청구일 기준 20일 이내 지급 조건	금 오천만 원 (₩50,000,000)
합계		금 오천만 원 (₩50,000,000)

- ③ 동조의 기술료는 부가가치세를 제외한 금액이며, 부가가치세는 기술료 지급 시에 별도로 지급해야 한다.

제7조(기술료의 지급방법)

- ① “실시권자”는 제6조에 명시된 지급시기에 따라 현금으로 기술료를 지급하기로

하위, 지급방법은 다음과 같이 “연구원”에서 정한 기술료 계좌에 지급하는 것으로 한다.

※ 기술료 계좌  
 예금주: 한국식품연구원, 예금은행: 농협중앙회 농협은행, 계좌번호: 586-17-002795

- ② “실시권자”가 정당한 사유 없이 지급기일까지 기술료를 지급하지 않을 경우, “연구원”은 지면이자를 “실시권자”에게 기술료에 가산하여 지급하도록 요청할 수 있으며, 이때의 지면이자율은 연 15%로 한다.

제8조(지식재산권)

- ① “본계약” 체결 이후 “계약기술”과 관련하여 “실시권자”가 국내 및/또는 국외에 사업을 목적으로 지식재산권 형태(특허, 권리 확보)를 하고자 하는 경우, “연구원”은 이에 협조하고 출원인을 “연구원” 및 “실시권자” 공동으로 설정한다.
- ② 동조 제1항에서 지식재산권 형태로 권리 확보가 완료 되었을 경우, “실시권자”는 확보가 완료된 일자로부터 30일 이내에 서면으로 “연구원”에 통보해야 한다.
- ③ 동조 제1항과 제2항의 권리 확보에 발생하는 비용은 “실시권자”가 부담한다.

제9조(기술지원·기술자문의 범위 및 비용부담)

- ① “실시권자”는 “계약기술”의 “실시”를 위해 필요한 문서자료를 “연구원”에 요청할 수 있고, “연구원”은 특별한 사정이 없으면 요청받은 날로부터 30일 이내에 해당 자료를 제공해야 한다.
- ② 동조 제1항에 따른 기술지원(기술자문)을 위한 인력 파견 등을 포함하여 발생하는 제반 비용은 “실시권자”가 부담하고, 지원범위 및 횟수는 별도 협약에 따른다.

※ 특약 사항  
 1. 단순하게 소규모의 “연구원” 인적 지원이 투입되어야 할 기술지원·기술자문의 경우, “연구원”에서 정하는 전문가활동비 형태로 처리하고, 중·대형 규모로 “연구원” 인적 및/또는 물적 자원이 투입되어야 할 기술지원·기술자문의 경우, “연구원” 기업(민간)수탁사업 형태로 협의하여 진행할 수 있다.  
 \* “연구원” 주요사업 규정에 따라 전문가 활동 형태로 추진(1일 기준 최대 60만 원, 교통비, 숙박비, 식비 별도)  
 \*\* “실시권자”가 상용화에 필요로 하는 내용(기술지원·기술자문 사항)과 필요인력, 소요기간을 기술이전협약서와 정하여 위 수탁하는 형태로 진행(12개월 기준 최소 5,000만 원부터)  
 2. 단, 정부에서 공고하는 후속 기술사업화(R&D) 사업의 공동 수주에 따라 역할 분담이 명확하게 설정된 경우에는 별도 협의에 따라 후속 기술사업화(R&D) 사업 내에서 기술지원·기술자문이 추진될 수 있다.

제10조(기술의 개발)

- ① “연구원” 또는 “실시권자”는 “계약일” 이후 “계약기술”에 대한 “개발기술”을 개발한 경우, 이를 상대방에게 통지해야 한다.
- ② “본계약”에 따라 “실시권자”가 “실시”하는 “계약기술” 범위 외에 “연구원”이 단독으로 연구한 “개발기술”에 대한 지식재산은 “연구원” 단독 소유로 한다. 단, 양 당사자가 합의하여 “개발기술”의 개발이 공동으로 이루어졌을 때는 기술 개발에 기여한 정도를 고려하여 기술의 소유권 및 지분을 경회하기로 하며 실시권 설정, 이전, 양도 등의 공동 소유로 인해 발생하는 조건에 대한 구체적인 사항은 별도 서면 합의에 따른다.

※ 특약 사항  
 “실시권자”가 “계약기술”을 활용하여 “본계약” 연구한 “개발기술”을 개발하는 경우에는 공동 소유로 한다.

- ③ 동조 제2항에서 “연구원” 단독 소유로 하는 지식재산권의 출원이 수반되는 비용은 “연구원”이 단독으로 부담한다. 단, 공동 소유의 경우, 지식재산권에 관한 비용은 “실시권자”가 부담하는 것으로 한다.
- ④ 동조 제2항에 따른 “개발기술”에 대한 실시권을 허여하는 경우, “연구원”은 “실시권자”에게 “우선협상권”을 부여한다. 추가 실시권이 설정되는 경우, 조건은 별도의 서면 합의에 따른다.

제11조(우선협상권)

- ① “실시권자”는 다음 각 호의 사항에 관하여 “우선협상권”을 갖는다.  
 1. 제4조 제2항 이외의 다른 용도에 관한 “실시” 협상  
 2. “개발기술”에 관한 “실시” 협상
- ② “연구원” 또는 “실시권자”는 동조 제1항 각 호의 사항에 관하여 상대방에게 서면으로 협상 개시 요청을 할 수 있다.
- ③ “실시권자”의 “우선협상권”은 동조 제2항에 따른 협상 개시 요청이 있는 날로부터 3개월간 존속하며, 그 기간이 만료된 때에는 소멸한다. 단, “실시권자”는 “연구원”에 서면으로 1회에 한하여 1개월간 “우선협상권” 존속기간의 연장을 요청할 수 있다.

제12조(신의성실 및 상호호혜)

- ① “본계약”이 목격하는 바를 상호 충족시키기 위해 필요한 제반 사항에 대하여 “연구원”은 신의와 성실을 다하여 “실시권자”에게 적극적으로 협조해야 하며, “실

시권자” 또한 “본계약”을 성실히 이행해야 한다.

- ② “실시권자”는 “연구원”으로부터 “계약기술”의 실시권을 허여 받지 않은 제3자의 “실시”에 대하여 인지하게 된 경우, 이를 “연구원”에 즉시 서면으로 통보해야 하며 관련 증거의 확보에 노력해야 한다.

제13조(비밀보장 및 기술보호)

- ① “연구원”과 “실시권자”는 상대방의 상호 서면 동의 없이 “본계약”과 관련하여 취득한 연구 활동상의 비밀 또는 경영상의 비밀을 제1조의 목적 이외에는 사용할 수 없다. 단, 다음 각 호의 경우에는 예외로 한다.

- 1. 특허공개, 학술지 게재 등으로 공지의 사실이 된 경우
- 2. “연구원” 또는 “실시권자”의 합법적 사유 없이 공지의 사실이 된 경우
- 3. 이미 제3자로부터 관련 정보를 적법하게 입수하고 있었던 경우
- 4. 연구과제와 관련이 없는 정상적인 연구 활동의 경우
- ② “실시권자”는 “계약일” 이후 “계약기술”과 관련하여 신문기사, 논문, 학회 발표 등으로 외부에 공개하고자 할 때는 “연구원”에 사전에 통보하여 동의를 얻어야 한다. 다만 “연구원” 또는 “실시권자”가 대한민국 법률에 근거하여 설립된 기관의 요구 자료에 대응하기 위해 공개하고자 할 때는 예외로 한다.
- ③ “실시권자”는 “연구원”의 사전 서면 동의 없이도 광고, 판매촉진, 기타 선전의 목적 및/또는 각 당사자와 제3자 간 법률적 분쟁에 대응하는 자료로 “본계약”과 관련하여 인정한 정보 및 상호 제공한 보고서나 문서의 일부 또는 전부에 대한 그 원본이나 복제 및/또는 복사물을 사용할 수 없다.
- ④ 동조 제1항에서 제3항은 “본계약”이 해제 또는 해지 되었을 경우, 해제 또는 해지된 시점으로 5년간 계속 유효하다. “본계약”이 해제 또는 해지되었을 경우, “연구원”은 “계약기술”의 “실시”할 수 있는 권한을 허여할 수 있다.
- ⑤ 동조 각항에 따른 비밀보장 의무를 위반한 경우, 당사자는 상대방에게 손해를 배상해야 한다.

제14조(기술의 결정 및 대가의 불(不)반환)

- ① “본계약”에 있어 기술의 내용 등에 대한 검증 및/또는 판단 및/또는 결정은 각 당사자의 책임과 판단 하에 이루어진다.
- ② “실시권자”가 “본계약”에 따라 “연구원”에게 지급한 기술의 대가는 “본계약”이 해지, 해제, 변경, 취소, 무효 등 어떤 상황에서도 반환하지 않는 것으로 한다.

제15조(계약의 변경)

“본계약”의 내용은 “연구원”과 “실시권자”의 서면 합의에 따라서만 유효하게 변경될 수 있으며, 해당 변경 내용은 특별한 규정이 없는 한 변경 일자를 기준으로 다음 날부터 효력이 발생된다.

제16조(불기행력)

“본계약”을 이행하는 데 있어 천재지변 또는 기타 어쩔 수 없는 사유로 인하여 발생한 손해 또는 손실에 대해서는 서로 책임을 지지 않는다. 다만, 이 경우에 일방 당사자는 상대방에게 가능한 한 상세하게 이 사실을 통보하며, 어쩔 수 없는 요인이 제기된 후에는 지속해서 의무를 이행한다.

제17조(계약의 해제, 해지, 계약기간의 만료로 인한 종료)

- 1. “실시권자”가 “계약기술” 중 전부 또는 일부분을 “계약일”을 기준으로 24개월 동안 “실시”하지 아니하는 경우, “연구원”은 “실시권자”에게 “계약기술” 전부 또는 일부에 대한 실시권을 포기하는 것인지 아닌지의 확인을 최고할 수 있고 이에 대해 “실시권자”가 30일 이내에 “실시” 여부를 객관적으로 확인할 수 있는 증명자료를 첨부하여 응답하지 아니하는 경우, “연구원”은 “실시권자”가 “계약기술” 전부 또는 일부에 대한 실시권을 포기한 것으로 간주하고 계약을 해지할 수 있다.
2. “연구원”과 “실시권자”는 다음 각 호의 경우에 이 행을 서면으로 최고할 수 있고 만일 상대방이 30일 이내에 시정조치를 취하지 않는 경우, “본계약”을 해제 또는 해지할 수 있다.
1. “실시권자”가 제15조의 기술료 지급을 정당한 이유 없이 지급하지 않는 경우
2. “실시권자”가 회생 또는 파산절차의 개시, 조립 중단 등의 사유가 발생하여 “계약기술”의 “실시”를 계속할 수 없다고 인정될 경우
3. “실시권자” 또는 “제실시권자”가 직접 또는 간접으로 “계약기술”의 유효성, “실시” 가능성, 상용화 가능성 등에 대해서 나누는 경우
4. “실시권자”의 명백한 귀책사유로 인하여 상용화가 불가능할 경우
5. “실시권자”가 제10조의 실험조사를 거부하는 경우
6. “실시권자”가 “생산개시일”을 통보하지 않거나 “생산개시일” 전이라도 생산을 포기할 경우
7. “생산개시일” 이후 “실시권자”가 조업중단 등으로 “실시”할 수 없다고

인정될 경우

- 8. “실시권자”가 “계약기술”을 국가 및 사회에 이롭지 못하게 활용할 경우
9. “제실시권”의 설정과 관련하여 “연구원”이 “제실시권자” 또는 제3자 사이에 손해배상 청구 및/또는 기타 법적 분쟁이 발생하는 경우
10. 동조 제1항의 특약사항에 해당할 경우
11. 기타 “연구원” 또는 “실시권자”가 “본계약”상의 의무를 위반하는 경우
③ “연구원”과 “실시권자”는 다음 각 호의 경우에는 최고하지 아니하고 “본계약”을 즉시 해제 또는 해지할 수 있다.
1. “실시권자”가 해산, 청산, 파산결정 등 사업을 포기한 것으로 인정되거나 할 수 없게 된 경우,
2. “실시권자”가 “연구원”과 사전에 합의 없이 제3자에게 영업을 양도하거나 제3자에게 인수 및/또는 합병될 경우,
3. “실시권자”가 “계약기술”을 “실시”하는 과정에서 상용화 가능성, 시장 적합성, 경제성이 없다고 판단하여 계약 해지를 요청하고 “연구원”이 이에 동의한 경우,
4. 대한민국 법원의 확정판결 및 전문중재 기관의 중재 등을 통해 “실시권자”가 “계약기술”을 사용할 수 없을 경우
④ “연구원”은 “본계약”이 해제 또는 해지되는 경우, “실시권자”에게 “본계약”과 관련하여 취득한 모든 자료를 필요에 따라 “연구원”에 반환케 할 수 있다.
⑤ “본계약”이 해제 또는 해지된 후에도 “연구원”과 “실시권자”는 제16조의 책임을 면할 수 없다.
⑥ “본계약”이 해제 또는 해지되는 경우에 “실시권자”는 제품의 생산 및 판매를 포함하여 “본계약”에 따른 일체의 권한 행사를 모두 중단하고 “연구원”에 협력해야 한다.
⑦ “본계약”의 해제 또는 해지 또는 계약기간의 만료로 인해 종료되더라도 “실시권자”는 해제 또는 해지 또는 계약기간의 만료 전 생산된 제품만을 소진 시까지 판매할 수 있다. 단, 계약 종료 시 종료 시점까지 생산하여 제고로 보관하고 있는 제품의 수량 등 제고 현황에 대하여 종료 후 30일 이전까지 “연구원”에게 서면으로 제출해야 하며, “연구원”은 이를 확인 및 검토하고 지급해야 할 계약기술료를 산정하여 “실시권자”에게 통보할 수 있다.
⑧ “실시권자”는 “본계약”이 해제 또는 해지 또는 계약기간의 만료로 인해 종료된 경우 “실시권자”의 부담으로 “계약기술”에 관한 실시권 설정등록을 말소해야 한다. 만일 “실시권자”가 실시권 설정등록을 계약의 해제 또는 해지일로부터

1개월 이내에 말소하지 않는 경우에는 매 1개월마다 위약벌로 금 일백만 원을 지급해야 한다.

제18조(주요사항 변경)

“연구원”과 “실시권자”는 “본계약”의 계약 체결 이후 사업장의 주소, 사업자등록번호, 법인등록번호, 기술이전책임자 등 계약과 관련된 중요한 사항이 변경되었을 때는 이를 바로 상대방에게 통보해야 한다.

※ 특약 사항
“연구원”은 “계약기술”의 원활한 기술사업화 및 상용화를 위해 “계약기간” 내 “실시권자”에게 “계약일” 현재 “계약기술”의 기술이전책임자 및 특정 연구진의 참여를 요구할 수 있다.

- ② “본계약”상의 주요사항 통지는 통기우편에 의해 당사자 주소 중 가장 최근의 주소로 하며, 어느 일방 당사자가 주소나 연락장소를 변경했을 때에는 상대방에게 이 사실을 알려야 한다.
③ 어느 일방이 동조 제1항 또는 제2항을 불이행함으로써 인하여 “연구원”이 손해를 입었을 때 “실시권자”는 이를 배상하여야 하며, “실시권자”가 변경사항을 통보하지 아니하여 손해를 입었을 때는 “연구원”에 그 책임을 물을 수 있다.

제19조(보조 및 면책)

- ① “연구원”은 기술을 현재 있는 상태 그대로 “실시권자”에게 제공하며, 성공적인 제품의 실용화, 기술 활용 또는 상용화와 관련하여 “연구원”의 기술 수준 이상으로 기술에 대하여 보증하지 않는다.
② “연구원”은 “계약기술”을 이용한 “계약제품”의 생산, 시장 적합성, 경제성, 판로, 시장 개척 또는 영업에 대하여 책임지지 않으며, “계약제품”의 생산을 위하여 “계약기술” 외에 “실시권자”가 임의로 적용한 기술에 대하여도 책임지지 않는다.
③ 제3자가 “계약기술”을 침해하거나, 침해하려고 하는 사실이 있거나 또는 제3자에 의해 소송이 제기된 경우, “연구원”과 “실시권자”는 상호 간에 그 사실을 통보하고 해결을 위하여 최선의 노력을 기울인다.
④ “연구원”은 “실시권자”가 “실시”하는 “계약기술”이 제3자의 권리를 침해하지 않는다는 것을 보증하는 것은 아니며, “계약기술”의 “실시”에 의하여 “실시권자”에게 발생한 제3자에 대한 기술료 지불을 포함하는 “실시권자”의 어떠한 손실에 대해서도 “연구원”은 책임을 지지 아니한다.

- ⑤ 필요에 따라, “연구원”과 “실시권자”는 모든 법적 수단을 마련할 수 있으며, 이에 소요되는 비용은 “실시권자”의 부담으로 한다.
⑥ 제3자의 침해로 인하여 배상받게 되는 손해배상금은 침해배제를 위하여 비용을 부담한 당사자와 법률적 조치를 한 당사자에게 50%씩 배분한다.

제20조(명칭 사용 및 사용제한)

- ① “실시권자”는 광고, 판매촉진, 기타 선전 등의 목적으로 “연구원”의 허락 없이 “실시권자”의 홈페이지나 “실시권자”가 작성한 문서, “계약제품”의 포장, 기타 홍보자료 등에 “연구원”의 명칭, 로고 및/또는 “연구원”의 임직원의 명칭(이하, “연구원 명칭”이라 한다)을 사용하거나 암시할 수 없다.
② 동조 제1항의 “연구원 명칭”을 사용하기 위해서는 “연구원”에서 요구하는 서류를 제출하여 사전에 **허락**을 얻어야 한다.
③ “연구원”은 “실시권자”가 제출한 서류를 검토하여 접수일로부터 30일 이내에 허락여부를 통보하며 “연구원 명칭”의 사용기한은 최대 2년을 초과할 수 없다.
④ “실시권자”가 “연구원 명칭”을 사용하도록 허락받은 경우에도 허락받은 범위 내에서 사실에 근거하여 합당한 내용 및 방법으로 사용해야 하며, “실시권자”가 동의무를 위반함으로써 인하여 “연구원”에 손해를 끼친 경우, “실시권자”는 이를 배상해야 한다.
⑤ “실시권자”가 “연구원” 허락 없이 무단으로 “연구원 명칭”을 도용 및/또는 사용함으로써 국가 또는 사회 또는 국민에게 피해를 주는 경우, 모든 민형사상의 책임은 “실시권자”가 지게 된다.
⑥ “실시권자”는 다음의 경우, “연구원 명칭” 사용을 즉시 중단해야 한다.
1. “연구원”으로부터 사용 중지 요청을 받은 경우
2. 대한민국 법률 또는 “실시권자”가 “실시”하고 있는 해당 국가의 법률에 근거하여 설립된 기관으로부터 사용 중지 요청을 받은 경우
3. 소비자에 직간접적인 피해 가능성이 있거나 발생할 경우
4. “계약기술”과 관련하여 “연구원”의 사전 동의 없이 “실시권자” 또는 제3자의 홍보 자료 및 제품에 “연구원 명칭”을 사용하는 경우

제21조(제실시권의 설정)

- ① “실시권자”는 “계약제품”의 판매 확대를 위해 “제실시권”이 필요한 경우, “연구원”에 사전 서면 동의를 얻어 제3자에게 “제실시권”을 설정할 수 있으며



“연구원”은 “실시권자” 요청에 따라 시장 상황 등을 판단하여 생산, 유통, 판매 등을 할 수 있는 “제실시권”의 설정에 동의할 수 있다. 단, “제실시권” 등의 시에 “실시권자”는 매년 “연구원”에 “제실시권자” 목록을 갱신하여 제출해야 한다.

- ② “연구원”은 “실시권자”로부터 제출받은 “제실시권자” 중에 특정 기업을 제한하도록 요청할 수 있으며 “실시권자”는 이에 협조해야 한다.
- ③ “실시권자”는 동조 제1항에 따라 “제실시권”을 설정할 때에는 “본계약”에 따른 “실시권자”의 권리 및 의무를 “제실시권자”가 승계하도록 해야 하고, “연구원”의 권리가 침해되지 않도록 해야 한다.
- ④ “실시권자”가 “제실시권자”와 계약을 체결했을 때 “실시권자”는 계약일로부터 30일 이내에 “연구원”에 계약 내용을 포함한 계약서를 첨부하여 서면으로 “연구원”에 통지해야 한다.
- ⑤ “실시권자”는 “제실시권” 설정과 관련하여 “연구원”이 “제실시권자” 또는 제3자와 사이에 손해배상청구 및/또는 기타 법적 분쟁이 발생한 경우 “실시권자” 부담으로 “연구원”을 면책시켜야 하며 손해가 발생한 때에는 이를 배상해야 한다.

제22조(권리 양도의 제한)

“실시권자”는 “연구원”의 허락 없이 제3자에게 “계약기술”에 대한 실시권의 전부 또는 일부를 이전할 수 없으며 양도 및/또는 담보 제공 및/또는 질권 설정을 할 수 없다.

제23조(손해배상)

- ① “본계약”의 의무를 위반한 귀책사유 있는 당사자는 상대방에게 그로 인한 손해를 배상해야 한다.
- ② “본계약”에 따른 손해배상액은 선급기술료의 20%를 최소 금액으로 한다.

제24조(분쟁해결)

- ① “본계약”과 관련하여 혹은 쌍방의 의무이행과 관련하여 분쟁이나 이견이 발생하는 경우, “연구원”과 “실시권자”는 이를 상호 협의하여 원만히 해결토록 노력해야 한다.
- ② 동조 제1항에도 불구하고 분쟁이나 이견이 해결되지 않는 경우, “본계약”으로부터 발생하는 모든 분쟁은 서울중앙지방법원을 1심 관할법원으로 하는 소송에 의하여 해결한다.

제25조(준거법)

“본계약” 및 “본계약”으로부터 발생하는 당사자 간의 권리, 의무관계는 대한민국 법률에 따라 해석되고 집행된다.

제26조(계약의 효력)

- ① “본계약”의 효력은 “계약일”부터 발생한다.
- ② “본계약”은 “연구원”과 “실시권자” 간에 “계약기술”의 “실시”에 관한 기본적인 사항을 규정한 것으로, “계약일” 이전에 “연구원”과 “실시권자” 간에 의견교환, 구두 합의, 문서에 우선한다. 또한, “본계약”과 관련된 다른 합의나 계약은 법인 인감 날인이 없는 한 효력이 없다.

제27조(해석)

“본계약” 상에 명기되지 않았거나 “본계약”에서 해석상의 의의가 있는 사항에 대하여는 쌍방의 협의로 결정한다.

“본계약”의 체결을 증명하기 위해 본 계약서 2통을 작성하여 대법원(각 등기소)에 등록된 법인 인감 증명서상의 인감으로 날인하고 “연구원”과 “실시권자”가 각각 1부씩 보관하기로 한다.

- 붙임 : 1. “연구원”과 “실시권자”의 법인인감증명서 원본 각 1부.
- 2. “연구원”과 “실시권자”의 사업자등록증 사본 각 1부. 끝.

사업자등록증  
(법인사업자)

등록번호 : 140-86-00277

법인명 (단체명) : 주식회사 메타센터리퓨틱스  
대표자 : 박영규

개업연월일 : 2015년 10월 06일 법인등록번호 : 134511-0271730  
사업장소재지 : 경기도 수원시 영통구 창룡대로256번길 91, B201호, 1007호(이의동, 에이스광고타워2차)  
본점소재지 : 경기도 수원시 영통구 창룡대로256번길 91, B201호, 1007호(이의동, 에이스광고타워2차)

사업종류 : [원래] 제조업 [종목] 건강기능성식품  
          도매업 건강기능성식품, 화장품  
          도매 및 소매업 의약품 도매업  
          도소매 의료기기  
          도매업 무역업(수출입)  
          일대업 의료기기  
          서비스업 건강기능성식품, 의약품, 화장품 연구개발

발급사유 : 상호변경

사업자 단위 과세 적용사업자 여부 : 여( ) 부(√)  
전자세금계산서 전용 전자우편주소 :

2019년 08월 14일

동수원세무서장



5. 기술료 입금확인내역 (계좌거래내역)

HanaroBranch 계좌 거래내역조회

사업장	한국식품연구원	은행	농협	계좌번호	586-17-002795
조회일자	2021-12-01 ~ 2021-12-30	계좌별칭	01.기술료	계좌잔액	1,892,510,332

거래일자	거래시간	입금액	출금액	잔액	거래기록사항	기록내용	취급점
2021-12-29	15:59:47	11,000,000	0	1,892,510,332	(주)메디뉴트라	E-국민은행	0069931
2021-12-29	12:32:21	55,000,000	0	1,888,379,670	(주)메타센테라류	E-기업은행	0039440
2021-12-27	14:02:44	5,500,000	0	1,835,201,870	(주)스윗미디어	E-기업은행	0036359
2021-12-25	09:20:10	436,426	0	1,829,769,060		예금이자	000860
2021-12-24	16:16:18	11,000,000	0	1,829,332,634	(주)중앙에프에이	E-우리은행	0207887
2021-12-23	16:18:21	10,000,000	0	1,819,967,134	농협오미사항도업 입금	인터넷당행	000783
2021-12-10	14:29:13	5,500,000	0	1,914,083,222	(주)삼익유가공	E-우리은행	0205737
합 계		98,436,426	0			7 건	

□ 사업화 현황

■ 제품 사진

1) 닥터에이지알에스밀



2) 디클레오



3) 저항성전분 강화 조건 확립 및 이에 따른 공정 개선 (닥터에이지알에스밀 리뉴얼)



(\* 제품 개선 관련 보고서 연구 결과에 상세사항 기술)

4) 닥터에이지알에스밀 7



5) 당앤베타현미밥 (시제품)



유광코팅 / CMYK 인쇄

6) 방탄베타현미곤약밥 (시제품)



7) 슬로우 베타현미 방탄바클



## ■ 매출액 증빙

### 1. 2020년

<첨부4>

#### 농림축산식품 연구개발과제 매출 확인서

과제명	당노 전 단계 맞춤형 식사대용식 및 즉석밥 제조기술 개발		
주관연구기관	한국식품연구원	참여기관	(주)메타센테라푸드
연구책임자	홍정선	연구기간	2020년 04월~20년 12월 (총 9개월)
기업 정보	기업 매출 총액 : 8,400,000원		
관련 실적	특허( ) , 공권( ) , 소프트웨어( ) , 디자인( ) , 상표( ) , 기타(계몽)		
	디플레오 (품목계조번호 19960372607371)-신규		
	닥터에이지알엑스밀 (품목계조번호경 2018041614663)-리뉴얼		
기술실시 명칭 :			
해당제품의 매출 실적			
제품명	제품사진	매출액(원)	해당 과제의 매출액 기여율(%)
방탄우유(관연)		국내 170,187,889	80
닥터에이지 알엑스밀 (아이엑스밀소식 포)		국내 33,333,638	100
아이엑스밀소식		국내 2,441,136	100
디플레오		국내 30,678,409	100

제품명	제품사진	매출액(원)	해당 과제의 매출액 기여율(%)
방탄아이엑스밀 우유		국내 118,028,091	80
아이엑스밀소식		국내 170,187,889	100
FMD5배타원미		국내 4,760,000	100
총액		429,453,459	5.11

\*첨부 : 당해연도 매출액을 확인할 수 있는 자회매출내역, 세금계산서, 매출원장, 수출계약 등  
상기와 같이 R&D 기술을 사업화하여 발생한 매출액을 보고합니다.

2020년 11월 30일  
연구책임자 : 홍정선 (서명/인)

### 2. 2021년

한국식품연구원(KRFRI, Korea Food Research Institute)

제품	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	총합계			
[세트]솔로우베타원미 방탄바콜 12개(1카톤)												129,600	129,600			
[세트]아이엑스밀우유 4개(1카톤)											108,000	816,000	924,000			
[세트]아이엑스밀우유 8개(2카톤)											96,000	1,728,000	1,824,000			
[정회원]디플레오_v3												1,400,000	1,400,000			
[정회원]아이엑스밀우유												3,696,000	3,696,000			
[정회원]약국_5일기적세트(포스트바이오틱스)												9,769,500	9,769,500			
[프로모션]병원_5일기적세트(바나나)												2,800,000	2,800,000			
[프로모션]병원_5일기적세트(바나나)												2,100,000	2,100,000			
[프로모션]병원_5일기적세트(오박)												700,000	700,000			
닥터에이지 알엑스밀 7							1,218,000	438,000	432,000	828,000	534,000	102,000	3,552,000			
닥터에이지알엑스밀	2,190,000	3,059,000	1,878,000	3,186,000	1,890,000	1,380,000	480,000	1,614,000	1,062,000	972,000	618,000		18,329,000			
디플레오	652,500	52,500	140,000	17,500		70,000	52,500		122,500	122,500	8,750	35,000	31,250			
디플레오(내추럴웨이)	11,708,375	5,672,625	9,416,750	5,449,490	6,426,161	3,167,500	3,955,000	3,447,300	3,046,000	227,500	5,000	35,000	52,031,701			
디플레오_v3									192,500	4,478,250	3,272,500		1,096,900			
방탄우유	16,826,123	12,510,889	22,245,038	38,097,055	36,047,740	29,256,912	4,425,410	3,316,400	3,370,400	7,652,690	302,000	309,600	174,360,257			
방탄우유 (15팩)							12,731,400	12,137,130	15,550,060	15,033,889	8,990,271	9,509,062	2,742,195	76,694,007		
병원_5일기적세트(닥터알엑스밀)완제품												14,350,000	11,312,000	16,464,000	1,078,000	43,204,000
병원_5일기적세트(알엑스밀)완제품										30,030,000	11,494,000	19,600,000	1,750,000	62,874,000		
솔로우베타원미 방탄바콜						257,810	3,144,390	5,711,400	3,525,730	2,134,402	3,031,963	1,158,780	18,964,475			
솔로우베타원미 방탄바콜(날개)						82,540	155,800	83,800	124,000	289,270	92,800		828,210			
솔림프로틴 방탄우유						320,200							320,200			
솔림프로틴방탄우유					3,677,340	3,232,090	3,310,600	2,398,920	1,293,740	1,196,980	2,095,882	261,900	17,467,452			
아이엑스밀우유	10,333,600	12,322,000	17,106,000	10,640,010	23,940,024	14,599,000	14,760,000	13,171,000	15,113,000	11,844,001	10,956,000	132,000	154,916,635			
아이엑스밀소식(다용생식제조)	5,817,625	6,810,375	11,995,500	13,086,150	9,685,775	12,229,250	11,078,650	11,280,000	11,117,250	8,996,950	8,100,175	1,277,375	111,475,075			
약국_5일기적세트(다용 호박통)완제품										29,609,100	24,786,280	11,873,700	66,269,080			
약국_5일기적세트(포스트바이오틱스)												8,341,650	4,601,040	12,942,690		
약국_5일기적세트(호박통)완제품												40,390	40,390			
<b>총합계</b>	<b>47,528,223</b>	<b>40,322,389</b>	<b>62,501,288</b>	<b>70,441,205</b>	<b>81,667,040</b>	<b>77,186,702</b>	<b>54,612,480</b>	<b>57,010,880</b>	<b>128,177,109</b>	<b>94,625,094</b>	<b>95,032,372</b>	<b>37,578,890</b>	<b>846,683,672</b>			

□ 고용 창출

1) 2020년 4대보험 가입자 명부 (자격취득일 2020년 해당자)

출력일시 : 2020.11.18 11:52

4대 사회보험 사업장 가입자 명부						
발급번호	20201118897103	발급일시	2020-11-18 11:51	사업장 관리번호	14086002770	
구분	국민연금	건강보험	산재보험	고용보험		
사업장등록번호	140-86-00277	140-86-00277	140-86-00277	140-86-00277		
사업장 명칭	주식회사에터엔터테인먼트스 주식회사에터엔터테인먼트스 주식회사에터엔터테인먼트스					
■ 가입 내역(발급일자 현재기준)						
연번	주민(외국인)등록번호	성명	자격취득일			
			국민연금	건강보험	산재보험	고용보험
1	601102-1*****	박영규		2015.10.15		
2	650209-1*****	김선태	2016.09.01	2016.09.01	2016.09.01	
3	650418-2*****	홍순진	2020.07.01	2020.07.01	2020.07.01	2020.07.01
4	650514-2*****	오정자	2015.12.01	2015.12.01	2015.12.01	2015.12.01
5	691225-2*****	최희희	2019.11.07	2019.11.07	2019.11.07	2019.11.07
6	700508-2*****	이은주	2019.01.01	2019.01.01	2019.01.01	2019.01.01
7	741026-1*****	임길태	2018.04.02	2018.04.02	2018.04.02	2018.04.02
8	750925-1*****	임동현	2020.02.17	2020.02.17	2020.02.17	2020.02.17
9	780902-1*****	윤종연	2019.12.23	2019.12.23	2019.12.23	2020.01.01
10	820416-2*****	김유진	2015.12.26	2015.12.26	2015.12.26	2015.12.26
11	830426-1*****	김윤석	2019.12.09	2019.12.09	2019.12.09	2019.12.09
12	850726-1*****	김강석	2020.07.06	2020.07.06	2020.07.06	2020.07.06
13	870217-1*****	이철용	2019.11.04	2019.11.04	2019.11.04	2019.11.04
14	880213-2*****	오은혜	2019.11.04	2019.11.04	2019.11.04	2019.11.04
15	880716-1*****	김분수	2019.06.26	2019.06.26	2019.06.26	2019.06.26
16	890211-1*****	유선호	2018.09.13	2018.09.13	2018.09.13	2018.09.13
17	920213-1*****	정필호	2019.01.01	2019.01.02	2019.01.02	2019.01.02
18	920223-2*****	조수정	2019.12.16	2019.12.16	2019.12.16	2019.12.16
19	920301-1*****	유승주	2020.08.20	2020.08.20	2020.08.20	2020.08.20
20	980829-2*****	박수진	2018.02.01	2018.02.01	2018.02.01	2018.02.01

> 위 사업장 가입자 명부는 4대 사회보험 정보연계시스템이 국민연금공단 국민건강보험공단 근로복지공단의 가입자 정보를 실시간 연계하여 제공하는 것이며, 발급일자에는 발급일로부터 90일까지 4대 사회보험 포털사이트(www.4insure.or.kr)의 발급사실확인 메뉴에서 확인 가능합니다.  
 정필호 정보연계서비스, 4대 사회보험이 함께 합니다.

■ 가입 내역(발급일자 현재기준)      발급번호: 20201118897103      출력일시: 2020.11.18 11:52    2 / 2

연번	주민(외국인)등록번호	성명	자격취득일			
			국민연금	건강보험	산재보험	고용보험
이희여백						
> 위 사업장 가입자 명부는 [확인용]으로 신청 발급된 것임을 알려드립니다. [확인용]은 4대 사회보험의 업무유무를 위해서만 제공하는 것이므로 재직증명용, 경력증명용, 대출용 등 다른 용도로 사용시에는 발급 기관에 법적 책임이 없다는 점을 알려드립니다. - 타 기관 제출을 위한 용도로 발급을 원하시는 경우에는 각 공단 지사 창구로 신청하시기 바랍니다. > 위 사업장 가입자 명부는 국민연금공단, 국민건강보험공단, 근로복지공단의 가입자 정보를 실시간 연계 받아 제공하는 것입니다. (문의전화: 국민연금 1355, 건강보험 1577-1000, 산재 고용보험 1588-0075) - 사업장 가입자 명부의 내용이 사실과 다를 경우에는 해당 공단으로 문의하시기 바랍니다. - 국가 가입내역은 해당 보험별 각 공단에 문의하여 발급하시기 바랍니다. > [산재보험]의 경우, 자격취득일은 근로자 고용일일이며, 건설업 및 벌목업 등 '재직신고 사업장'은 근로자 고용정보 신고 대상이 아니므로 '자격취득일(고용일)'은 표기되지 않습니다. > 위 사업장 가입자 명부는 [사업장 관리번호]를 기준으로 작성되었습니다.						
위와 같이 국민연금 가입내역을 확인합니다.	위와 같이 건강보험 가입내역을 확인합니다.	위와 같이 산재보험 가입내역을 확인합니다.	위와 같이 고용보험 가입내역을 확인합니다.			
						

> 위 사업장 가입자 명부는 4대 사회보험 정보연계시스템이 국민연금공단 국민건강보험공단 근로복지공단의 가입자 정보를 실시간 연계하여 제공하는 것이며, 발급일자에는 발급일로부터 90일까지 4대 사회보험 포털사이트(www.4insure.or.kr)의 발급사실확인 메뉴에서 확인 가능합니다.  
 정필호 정보연계서비스, 4대 사회보험이 함께 합니다.

2) 2021년 4대보험 가입자 명부 (자격취득일 2021년 해당자)

출력일시 : 2021.11.18 09:06

4대 사회보험 사업장 가입자 명부						
발급번호	2021118650748	발급일시	2021-11-18 09:05	사업장 관리번호	14086002770	
구분	국민연금	건강보험	산재보험	고용보험		
사업장등록번호	140-86-00277	140-86-00277	140-86-00277	140-86-00277		
사업장 명칭	주식회사에터엔터테인먼트스 주식회사에터엔터테인먼트스 주식회사에터엔터테인먼트스					
■ 가입 내역(발급일자 현재기준)						
연번	주민(외국인)등록번호	성명	자격취득일			
			국민연금	건강보험	산재보험	고용보험
1	011209-4*****	황은아	2021.07.01	2021.07.01	2021.07.01	2021.07.01
2	601102-1*****	박영규		2015.10.15		
3	640517-1*****	손길준	2021.04.19	2021.04.19	2021.04.19	2021.04.19
4	641031-1*****	계은성	2021.08.02	2021.08.02	2021.08.02	2021.08.02
5	650514-2*****	오정자	2015.12.01	2015.12.01	2015.12.01	2015.12.01
6	691225-2*****	최희희	2019.11.07	2019.11.07	2019.11.07	2019.11.07
7	700508-2*****	이은주	2019.01.01	2019.01.01	2019.01.01	2019.01.01
8	731117-1*****	임영빈	2021.10.01	2021.10.01	2021.10.01	2021.10.01
9	741026-1*****	임길태	2018.04.02	2018.04.02	2018.04.02	2018.04.02
10	780902-1*****	윤종연	2019.12.23	2019.12.23	2019.12.23	2020.01.01
11	800701-2*****	이성애	2021.03.15	2021.03.15	2021.03.15	2021.03.15
12	810612-2*****	정승권	2021.07.01	2021.07.01	2021.07.01	2021.07.01
13	820416-2*****	김유진	2015.12.26	2015.12.26	2015.12.26	2015.12.26
14	830426-1*****	김윤석	2019.12.09	2019.12.09	2019.12.09	2019.12.09
15	830712-1*****	임태선	2021.02.03	2021.02.03	2021.02.03	2021.02.03
16	850726-1*****	김강석	2020.07.06	2020.07.06	2020.07.06	2020.07.06
17	850726-2*****	이어진	2021.03.08	2021.03.08	2021.03.08	2021.03.08
18	851126-1*****	김주원	2021.07.01	2021.07.01	2021.07.01	2021.07.01
19	860802-2*****	유미라	2021.06.29	2021.06.29	2021.06.29	2021.06.29
20	861004-2*****	정다연	2021.07.20	2021.07.20	2021.07.20	2021.07.20

> 위 사업장 가입자 명부는 4대 사회보험 정보연계시스템이 국민연금공단 국민건강보험공단 근로복지공단의 가입자 정보를 실시간 연계하여 제공하는 것이며, 발급일자에는 발급일로부터 90일까지 4대 사회보험 포털사이트(www.4insure.or.kr)의 발급사실확인 메뉴에서 확인 가능합니다.  
 정필호 정보연계서비스, 4대 사회보험이 함께 합니다.

■ 가입 내역(발급일자 현재기준)      발급번호: 2021118650748      출력일시: 2021.11.18 09:06    2 / 2

연번	주민(외국인)등록번호	성명	자격취득일			
			국민연금	건강보험	산재보험	고용보험
21	870217-1*****	이철용	2019.11.04	2019.11.04	2019.11.04	2019.11.04
22	870726-1*****	최형순	2021.05.03	2021.05.03	2021.05.03	2021.05.03
23	890211-1*****	유선호	2018.09.13	2018.09.13	2018.09.13	2018.09.13
24	900716-2*****	박서연	2021.09.01	2021.09.01	2021.09.01	2021.09.01
25	920125-2*****	이수아	2021.07.01	2021.07.01	2021.07.01	2021.07.01
26	920223-2*****	조수정	2019.12.16	2019.12.16	2019.12.16	2019.12.16
27	920301-1*****	유승주	2020.08.20	2020.08.20	2020.08.20	2020.08.20
28	930628-1*****	남기태	2021.08.02	2021.08.02	2021.08.02	2021.08.02
29	940314-2*****	김혜리	2021.08.09	2021.08.09	2021.08.09	2021.08.09
30	950304-2*****	이재연	2021.06.04	2021.06.04	2021.06.04	2021.06.04
31	950412-2*****	신서희	2021.08.02	2021.08.02	2021.08.02	2021.08.02
32	970327-2*****	김소애	2021.06.14	2021.06.14	2021.06.14	2021.06.14
33	980829-2*****	박수진	2018.02.01	2018.02.01	2018.02.01	2018.02.01
34	980923-2*****	민지수	2021.03.02	2021.03.02	2021.03.02	2021.03.02

이희여백





> 위 사업장 가입자 명부는 [확인용]으로 신청 발급된 것임을 알려드립니다.  
 [확인용]은 4대 사회보험의 업무유무를 위해서만 제공하는 것이므로 재직증명용, 경력증명용, 대출용 등 다른 용도로 사용시에는 발급 기관에 법적 책임이 없다는 점을 알려드립니다.  
 - 타 기관 제출을 위한 용도로 발급을 원하시는 경우에는 각 공단 지사 창구로 신청하시기 바랍니다.  
 > 위 사업장 가입자 명부는 국민연금공단, 국민건강보험공단, 근로복지공단의 가입자 정보를 실시간 연계 받아 제공하는 것입니다. (문의전화: 국민연금 1355, 건강보험 1577-1000, 산재 고용보험 1588-0075)  
 - 사업장 가입자 명부의 내용이 사실과 다를 경우에는 해당 공단으로 문의하시기 바랍니다.  
 - 국가 가입내역은 해당 보험별 각 공단에 문의하여 발급하시기 바랍니다.  
 > [산재보험]의 경우, 자격취득일은 근로자 고용일일이며, 건설업 및 벌목업 등 '재직신고 사업장'은 근로자 고용정보 신고 대상이 아니므로 '자격취득일(고용일)'은 표기되지 않습니다.  
 > 위 사업장 가입자 명부는 [사업장 관리번호]를 기준으로 작성되었습니다.

위와 같이 국민연금 가입내역을 확인합니다.

위와 같이 건강보험 가입내역을 확인합니다.

위와 같이 산재보험 가입내역을 확인합니다.

위와 같이 고용보험 가입내역을 확인합니다.

□ 전문 연구 인력 양성

석사 1명 (석사학위졸업증명서)

 2021/03/16 10:54:54 우인번호	제출용도 : 취업제출용	발급일 : 2021/03/16
	제출처 : 한국식품연구원	유효기간 : 2021/06/14

제 2021-85448 호

### 학 위 수 여 증 명 서

성 명	최유정
생 년 월 일	1995년 5월 22일
대 학 원	대학원 석사과정
학 과	식품공학과
인 학 년 월 일	2018년 9월 3일
학 위 수 여 년 월 일	2020년 8월 28일
학 위 명	공학석사
학 위 영 표 번호	전북대-2019(석)0794

위의 사실을 증명합니다.

2021년 3월 16일

전 북 대 학 교 총 장



\* 우) 54898 전라북도 전주시 덕진구 북정대로 567 전북대학교 학사관리과 (088) 270-2094  
본 증명서는 전자증명서(국립)이므로 단행소통과 및 전자서명이 없는 증명서는 학포로 전송 되어 국립 대학교 홈페이지를 사정합니다.  
(INTERNET NO) 3935579742932279

본 증명서는 전자증명서(PDF파일)로 발급되었습니다. 전자증명서는 출력시 출력물은 사본으로 인정됩니다.  
전자증명서 확인용 영문부여가 아닌 경우 진본 여부 및 전자서명을 확인 할 수 없으며 진본여부가 표시되지 않습니다.  
전자증명서 확인용 영문부여는 [www.certpia.com/eDown](http://www.certpia.com/eDown) 에서 다운 받을 수 있습니다.

□ 홍보 실적

1) 2020년

20201011 대한임상암대사의학회



세종대학교 광개토관 15층  
광주오아시스병원 김준희원장 강의 : 암환자 5일  
요법의 성과

20201025 대한약물영양학회



백범기념관  
메타센테라퓨틱스 최원희 이사 강의 : 저항성전분  
및 단식모방식이

20201115 대한비만연구이사회



롯데호텔  
메타센테라퓨틱스 박명규대표 강의 : 다이어트 프  
로그램

2) 2021년



20210502  
대한성장학회



20210606  
한국영양학회



202120620  
대한비만미용체형학회

[별첨 2] 자체평가의견서

## 자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호	120021-02		
사업구분					
연구분야				과제구분	단위
사업명	맞춤형혁신식품 및 천연안심소재 기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	당뇨 전 단계 맞춤형 식사대용식 및 즉석밥 제조기술 개발			과제유형	개발
연구개발기관	한국식품연구원			연구책임자	최희돈
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2020.04.20.~ 2020.12.31	250,000	83,400	333,400
	2차년도	2021.01.01.~ 2021.12.31	330,000	110,000	440,000
	3차년도				
	4차년도				
	5차년도				
	계	2020.04.20.~ 2021.12.31	580,000	193,400	773,400
참여기업	(주)메타센테라퓨틱스				
상대국	상대국연구개발기관				

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2022. 02. 07

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
한국식품연구원	책임연구원	최희돈

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

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

확 약	
-----	--



## I. 연구개발실적

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

### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

연구개발 과정에서 얻어진 연구결과에 대해 국외 학술지 게재(1건 게재) 및 학술발표(2건), 지적재산권화(3건) 하였으며, 이를 토대로 기업에 기술이전(1건, 50,000천원)하였음. 또한 매출액(1,276백만원), 고용창출(24명), 홍보(6건) 등 모든 정량성과 지표에서 계획 대비 우수한 성과를 달성하였음. 기업에서 적용하기 용이하고 취반특성이 우수한 증석밥 제조기술을 개발하였고, 동물실험을 통해 전 당노 개선 및 장건강 증진 효능을 확인함으로써 향후 기업에서 산업화를 위한 활용도가 높을 것으로 판단됨.

### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

국내산 쌀의 전 당노 개선 및 장건강 증진을 위한 가공기술을 개발하고 이의 우수한 효능을 과학적으로 검증함으로써 국내 농산자원의 사업적 활용 가능성과 부가가치를 제고하였음. 이는 사업화를 통해 농가와 기업의 경쟁력을 크게 제고할 뿐만 아니라 당노 전 단계 및 초기 대사질환 예방, 완화를 통한 사회적 비용의 감소 그리고 국민 건강 증진에 기여할 것으로 기대됨.

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

연구수행을 통해 도출된 결과를 국제저명학술지에 게재하여 개발 소재의 우수성을 부각함으로써 농식품산업의 경쟁력 강화 및 국민건강 증진을 위한 정책자료로 활용할 수 있으며, 입증된 기능성을 바탕으로 다양한 건강기능성 식품 개발에 활용될 수 있음. 특히 맞춤형 증석밥의 형태로 개발이 이루어져 주식으로의 섭취를 통해 당노 전 단계 및 대사성질환 소비자의 건강관리가 가능하기 때문에 시장 파급력이 상당히 클 것으로 기대됨.

### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

연구계획에 따라 성실히 연구를 수행하여 당초 계획된 성과 이상으로 우수한 성과를 달성하였음. 그리고 당초 계획된 연구내용 이외에 기업에서 기존에 생산하고 있던 쌀가공소재의 전 당노 개선 및 장건강 증진 효능을 검증하여 그 결과를 기업에 제공하였음. 또한 기존 쌀가공소재의 제조공정을 개선하여 기존 소재의 저항성 전분의 함량을 증진시키고 제조공정을 효율화하였음.

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

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

학술성과에서 연구기간내 SCIE 논문실적을 100% 달성하였으며, 지적재산권에서는 전 당노 개선 및 장건강 증진 효능을 갖는 저항성 전분 함량 강화 쌀 제조기술 관련하여 3건의 특허를 출원하여 목표(1건) 대비 우수한 성과를 달성하였고 향후 이와 관련하여 3~4건의 논문이 게재되어 과제종료후 실적으로 활용가능할 것으로 판단됨.

## II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
저항성 전분 강화 즉석밥용 가공쌀 제조공정 개발	25	25	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 벼 및 쌀의 가공을 통해 일반 백미 대비 각각 3.4배 및 최대 8.2배의 저항 전분 증가 효과를 확인하였음.</li> <li>- 유기산의 종류 및 농도, 열처리 공정 시간, 쌀의 품종 및 가공 수준 등의 다양한 조건을 최적화하여 저항전분 함량이 백미 대비 5배 이상 증대된 동시에 밥용 쌀로 활용 가능한 뛰어난 취반 특성을 가지는 쌀 가공공정을 확립하였음</li> </ul>
즉석밥의 풍미와 식감 개선을 위한 취반공정 및 최적 배합비 개발	10	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 저항성 전분 강화 쌀을 즉석밥으로 제품화하기 위한 배합 조건을 결정하고 소비자의 선호 유도인자를 도출하여 제품 최적화에 활용하였음.</li> </ul>
쌀 기반 식사대용식으로서의 영양균형 배합비 조절 및 기호성 증진 기술	10	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 식사대용식 제품 활용을 위한 쌀 가공공정을 개선하여 신맛을 제어하고 로스팅 풍미에 의한 이미이취를 개선하여 품질을 제고하였음.</li> </ul>
저항성 전분 강화 쌀 소재의 <i>in vitro</i> 소화율 변화 및 유용미생물 이용률 평가	15	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 저항성 전분 강화 쌀 소재 및 쌀밥의 <i>in vitro</i> 소화 특성 및 prebiotic 활성을 평가하고, 당뇨 전 단계 유도 동물모델에서의 장내미생물 개선 및 장 기능 단백질 개선 등 장건강 증진 효능을 검증하였음</li> </ul>
동물모델을 이용한 저항성 전분 강화 쌀 소재의 인슐린저항성 개선 효능 평가	20	20	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 당뇨 전 단계 유도 마우스 모델을 통해 저항성 전분 강화 쌀 소재 및 쌀밥의 인슐린 저항 지표 (공복혈당, OGTT, HOMA-IR)를 평가하여 전 당뇨 위험 인자 개선 효능을 규명함</li> <li>- 추가적으로 대사성 질환과 연관된 콜레스테롤, 지방간, 체지방등의 감소 효능을 규명함</li> </ul>
균일한 품질의 제품을 지속적으로 생산하기 위한 대량생산 공정 구축	20	20	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 저항성전분 강화 쌀 및 식사대용식 원료 생산에 대한 scale up 공정을 표준화하였음</li> <li>- 이를 활용하여 다양한 제품(닥터에이지 이알에스 등 4종)을 개발하고 당뇨 전 단계 환자용(당앤베타현미밥) 및 다이어트용(방탄베타현미곤약밥) 즉석밥 2종 제품의 개발 및 품목제조를 완성하였음</li> </ul>
합계	100점	100점	

### III. 종합의견

#### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

연구계획에 따라 성실히 연구 수행하여 우수한 연구성과를 달성한 것으로 판단됨

#### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

#### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

국내외 식품시장에서 당뇨 전 단계 소비자에 특화된 맞춤형 제품이 매우 부족하므로 병원 및 약국을 통한 처방형 맞춤 식사대용식 및 즉석밥을 국내 및 국외에 판매할 예정이며, 병원 및 약국 중심의 당뇨 전 단계 맞춤형 대용식 시장을 선점하고 국내 제약사 및 대기업과 전략적 제휴를 통해 판로를 확대하고 유통을 다각화할 예정임. 또한 글로벌 네트워크 및 메디컬 푸드업체에 대한 원료 사업화를 추진하여 수출을 확대할 계획임.

### IV. 보안성 검토

해당사항 없음

#### 1. 연구책임자의 의견

해당사항 없음

#### 2. 연구개발기관 자체의 검토결과

해당사항 없음



당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
	재(밥 및 식사대용식 원료)가 장 건강에 도움을 줄 수 있음을 입증하였음
④ 즉석밥 및 식사대용식 대량생산 공정 구축 및 사업화 전략 확립	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 저항성전분 강화 쌀 및 식사대용식 원료 생산에 대한 scale up 공정개발을 통하여 대규모 제조방법을 표준화하였음</li> <li>- 이를 활용하여 다양한 제품(닥터에이지이알에스 등 4종)을 개발하고 당뇨 전 단계 환자용(당앤베타현미밥) 및 다이어트용(방탄베타현미곤약밥) 즉석밥 2 종 제품의 개발 및 품목제조를 완성하였음</li> <li>- 관련제품의 사업화를 통하여 약 12억 이상의 매출을 달성하였음.</li> <li>- 즉석밥 및 식사대용식의 시제품 출시를 완료하였으며, 오프라인 유통판로 강화 및 언택트 마케팅 모델 수립을 통한 사업화 전략을 확립하였음 (향후 홈쇼핑 및 요양병원, 식품플랫폼 업체를 통한 사업화 증진)</li> </ul>

### 3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용액)
	특허출원	특허등록	품종등록	SMART	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출		투자유치	논문	SCI			비SCI	논문평균IF	
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건	
가중치	5				10	10	20	20		20				5		5		5	
최종 목표	1				1	50	2	700		2		1		1		1		1	
당해 년도	목표	1			1	50	1	200		1		1		1				1	
	실적	3			1	50	4	846		20		1		1				3	
달성률 (%)	100				100	100	100	100		100		100		100				100	

#### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	저항성 전분 강화 즉석밥용 가공쌀 제조 기술
②	전 당노 개선 효능을 갖는 저항성 전분 강화 쌀 소재
③	장건강 증진 효능을 갖는 저항성 전분 강화 쌀 소재

#### 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
저항성 전분 강화 즉석밥용 가공쌀 제조기술		√				√	√			
전 당노 개선 효능을 갖는 저항성 전분 강화 쌀 소재		√				√	√			
장건강 증진 효능을 갖는 저항성 전분 강화 쌀 소재		√				√	√			

\* 각 해당란에 √ 표시

#### 6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
저항성 전분 강화 즉석밥용 가공쌀 제조기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 저항성 전분 강화 즉석밥용 쌀 가공 기술을 기반으로 1건의 특허 출원 및 기술 이전 완료하였음</li> <li>- 본 연구에서 확립한 가공 기술은 원료의 조성 및 제조 공정이 간단하고, 가열 조리 이후에도 유의미한 저항 전분 함량을 가지는 동시에 우수한 식미 특성을 보유하는 기술로, 대량생산 및 제품화가 용이하며 즉각적인 산업화가 가능함</li> <li>- 즉석밥을 비롯한 전분질 식품의 품질 유지에 관한 연구 내용을 바탕으로 국제 학술지(SCIE)에 게재하였음(Foods, Park et al., 2021, IF 4.350)</li> <li>- 유기산의 침지에 의한 저항성 전분의 형성과 관련된 연구 내용은 국제 학술지(SCIE)에 투고하여 2022년 게재가 확정되었음(Journal of Food Science, Kim et al., 2022, IF 3.167)</li> <li>- 당노 전 단계 맞춤형 즉석밥의 소비자 기호 및 식후 혈당·포만감, in vitro 소화 특성을 바탕으로 국제 학술지 논문 투고 예정임</li> <li>- 저항성 전분 강화 쌀을 포함한 다양한 곡류의 제조를 통한 제품군 확대 및 전 당노 개선, 장건강 개선 효능에 대한 전임상 시험 결과를 토대로 병원 및 약국 중심의 당노 전 단계 맞춤형 즉석밥 및 대용식 시장을 선점하고 국내 제약사 및 대기업과 전략적 제휴를 통해 판로 확대 및 유통 다각화를 모색할 계획임</li> <li>- 개발기술을 활용하여 저항성 전분 및 단백질 강화 제품, 저항성 전분 강화/다이어트 컨셉의 즉석밥 등의 제품을 개발 및 출시하여 NS 홈쇼핑에 진출하였고 이를 확대해 나갈 예정임. 추가적으로 요양병원 중심의 밀키트 형태의 즉석밥</li> </ul>

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
	출시 진행 및 계약을 검토 중이며, 식품관련 플랫폼 업체 또는 밀키트 형태의 ODM 제조 및 납품 검토 진행 중임 - 혈당 조절 및 장 건강 효과의 과학적 입증자료를 바탕으로 글로벌 네트워크 및 메디컬푸드 업체에 대한 적극적 원료 사업화를 추진하여 수출을 확대할 계획임
전 당뇨 개선 효능을 갖는 저항성 전분 강화 쌀 소재	- 전 당뇨 개선 효능 결과를 기반으로 1건의 특허 출원 및 기술이전 완료하였음 - 추후 고지방식이로 유도한 전 당뇨 동물모델에서 저항성 쌀밥, 베타현미의 전 당뇨 개선 효능 관련 연구 내용을 국제 학술지(SCIE)에 2편 이상 투고 예정임 - 개발된 저항성 전분 강화 쌀 원료의 효능을 과학적으로 입증한 연구 결과를 산업적으로 폭 넓게 적용하기 위해 추가적인 대사성 질환 개선 효능을 검증할 예정임
장건강 증진 효능을 갖는 저항성 전분 강화 쌀 소재	- 장 건강 개선 효능 결과를 기반으로 1건의 특허 출원 및 기술이전 완료하였으며, 관련 연구 결과를 국제 학술지(SCIE)에 투고할 예정임 - 확보된 특허와 학술논문은 주관기관의 개발소재 산업적 활용에 활용될 수 있을 것으로 기대됨.

### 7. 연구종료 후 성과창출 계획

(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 (타연구활용액) (백만원)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출		투자유치	논문 SC I	비 SC I			논문평균 I F	학술 발표	
단위	건	건	건	평균건수	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건		건	명	건	건	
가중치	5				10	10	20	20		20				5		5		5	
최종목표	1				1	50	2	700		2		1		1		1		1	
연구기간내 달성실적	3				1	50	7	1,275		24		1		2		1		6	
연구종료후 성과창출 계획		3					2	16,000	1,000	4		3				1		1	

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 <sup>1)</sup>	저항성 전분 강화 즉석밥용 가공쌀 제조 기술		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	50,000천원
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		실용화예상시기 <sup>3)</sup>	2022년 상반기
기술이전시 선행조건 <sup>4)</sup>	해당없음		

- 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)