

1. 표지

<p>3cm</p>	<p>11-1543 000-002 198-01</p>	<p>4cm</p>			<table border="1"><tr><td data-bbox="699 280 960 324"><p>발간등록번호</p></td></tr><tr><td data-bbox="699 324 960 369"><p>11-1543000-002198-01</p></td></tr></table> <p>(견고닥31p) 5cm</p> <h1 style="text-align: center;">전통식품의 식미개선을 통한 스타디저트 상품개발 최종보고서</h1> <hr/> <p>(0.1cm)</p> <p style="text-align: right;">2018. 4. 2.</p> <p style="text-align: center;">0.15cm (견고닥15p)</p> <p>(별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)</p> <p style="text-align: center;">주관연구기관 / (주) 농심 협동연구기관 / 중앙대학교</p> <p style="text-align: center;">(견고닥 15.5p)</p> <p style="text-align: center;">(백색바탕)</p> <p style="text-align: center;">농림축산식품부</p> <p style="text-align: right;">(견고닥 20p)</p>	<p>발간등록번호</p>	<p>11-1543000-002198-01</p>
<p>발간등록번호</p>							
<p>11-1543000-002198-01</p>							
<p>5cm</p>	<p>2017</p>	<p>Development of K-Dessert products mainly prepared with rice flour Report</p>					
<p>3cm</p>	<p>전통식품의 식미개선을 통한 스타디저트 상품개발 최종보고서</p>	<p>2017</p>			<p>(견고닥 25p)</p>		

11-1543
000-002
198-01

전통식품의 식미개선을 통한 스타디저트 상품개발 최종보고서
2017

농림축산식품부

Development of K-Dessert products mainly
prepared with rice flour Report

발간등록번호

11-1543000-002198-01

전통식품의
식미개선을 통한
스타디저트 상품개발
최종보고서

2018. 4. 2.

주관연구기관 / ㈜ 농심

협동연구기관 / 중앙대학교

농림축산식품부

2. 제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “전통식품의 식미 개선을 통한 스타 디저트 상품개발 (K-디저트 개발 프로젝트)”
(개발기간 : 2016. 07. 07 ~ 2017. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 04. 02.

주관연구기관명 : (주) 농심 (대표자) 박준 (인)
협동연구기관명 : 중앙대학교 (대표자) 김 원 용 (인)



주관연구책임자 : 이광락

협동연구책임자 : 이지현

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

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제고유번호	316059-02	해당단계 연구기간	2017.01.01 - 2017.12.31	단계구분	2단계 / 2단계
연구사업명	단위사업	농식품기술개발사업			
	사업명	고부가가치식품기술개발사업			
연구과제명	대과제명	(해당 없음)			
	세부과제명	쌀가루를 기반으로 하는 K-스타 디저트 레시피 및 제품 개발			
연구책임자	이광락	해당단계 참여 연구원 수	총: 11명 내부: 8명 외부: 3명	해당단계 연구개발비	정부:200,000천원 민간:200,000천원 계:400,000천원
		총연구기간 참여 연구원 수	총: 11명 내부: 8명 외부: 3명	총연구개발비	정부:340,000천원 민간:340,000천원 계:680,000천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)농심 중앙대학교 산학협력단			참여기업명	(주) 농심
위탁연구	-			-	
				보고서 면수 : 143	

4. 국문 요약문

		코드번호	D-01
연구의 목적 및 내용	<p><연구의 목적> 본 연구는 미국 현지인을 위한 쌀가루 기반의 K-스타 디저트 상품을 개발하고 산업화함으로써 미국 현지인들이 우리나라의 식문화를 공유하고 즐길 수 있는 토대를 마련하는데 있음. 기존의 한식 세계화 관련 연구는 우리나라의 전통음식 및 식품을 외국인들이 얼마나 좋아하고 구매하는지에 초점을 맞춘 반면, 본 연구는 우리나라의 독특한 "식문화"를 미국 현지인의 "가정"에 홍보한다는 목적 하에 완제품뿐만 아니라 "간편조리식 제품"을 개발하고, 미국 현지인의 식습관 및 조리환경에 맞는 "레시피"를 개발하는데 우선순위를 두었다는 점에서 차이를 보임. 다시 말하면, K-스타 디저트 상품 판매를 통한 이익창출의 목적보다는 우리나라의 독특한 "식문화를 공유하고 홍보"하는데 중점을 두고자 함. 또한, "글루텐 프리 (gluten free)"가 미국 및 전 세계 식품시장의 주요 이슈인 점과 아울러 우리나라 쌀 가공식품 시장의 활성화 및 쌀 소비 촉진방안의 일환으로 본 연구에서는 쌀 및 쌀가루를 기반으로 한 디저트 제품을 개발하고자 함.</p> <p><연구의 내용> 국내 쌀 및 쌀가루를 기반으로 여섯 가지 K-스타 디저트 제품을 개발하고자 함.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 디저트 떡에 대한 믹스 제품: 백미 쌀가루와 향미/소스/부재료를 기반으로 하는 믹스 제품으로, 미국 현지인들이 자신의 기호 및 식습관에 맞게 기본 레시피를 다양하게 응용할 수 있음. 2. 디저트 떡에 대한 즉석 간편조리 제품: 현미 쌀가루와 향미/소스/부재료를 기반으로 하는 컵 형태 제품으로, 전자레인지 조리를 통한 즉석조리 제품. 3. 디저트 쌀 푸딩에 대한 믹스 제품: 차가운 죽을 모태로 한 쌀 푸딩 제품으로 백미 쌀가루와 향미/소스/부재료를 기반으로 하는 믹스 제품임. 미국 현지인들이 자신의 기호 및 식습관에 맞게 기본 레시피를 다양하게 응용할 수 있음. 4. 디저트 쌀 푸딩에 대한 즉석 간편조리 제품: 현미 쌀가루와 향미/소스/부재료를 기반으로 하는 컵 형태 제품으로, 전자레인지 조리를 통한 즉석조리 제품. 5. 디저트 쌀 크리스피 스낵 제품: 누룽지를 모태로 하여 미국 현지화 시킨 쌀 크리스피(누룽지) 제품으로 다양한 맛의 디저트 제품(완제품). 6. 디저트 쌀 음료 제품: 식혜를 모태로 하여 미국 현지화 시킨 쌀 음료 (완제품). 		
연구개발성과	<ol style="list-style-type: none"> 1. 제품군 개발: 6건(디저트 떡 믹스 및 간편 조리제품, 디저트 푸딩 믹스 및 간편 조리제품, 디저트 쌀 크리스피 스낵, 디저트 쌀 음료). 2. 특허등록: 제품 또는 제품개발에 관한 특허 1건 이상 3. SCI급 논문발표: 제품 또는 제품개발에 관한 연구결과 2건 발표. 4. KCI급 논문발표: 미국 현지화 레시피 개발 연구결과 1건 발표. 5. 국제 및 국내 학술대회 5건 발표 6. 디저트 떡 믹스와 디저트 푸딩 믹스에 관한 레시피 개발 		

<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 미국 현지인의 가정에 우리나라의 독특한 식문화(예, 찌는 방식)를 널리 보급시킴으로써 자연스럽게 한식문화의 세계화를 꾀할 수 있음 ○ 미국 현지인의 기호에 맞춘 다양한 K-스타 디저트 상품의 산업화 ○ 본 연구결과를 바탕으로, 전통식품의 레시피를 현지화 시킴으로써 완제품의 산업화뿐만 아니라 "Meal kit" 형태의 제품을 판매하고, 이를 우리나라의 독특한 식문화 및 조리방식에 결합시킴 ○ 국내 쌀 가공 산업의 활성화 및 쌀 소비촉진을 통해 국내 농식품 산업의 발전을 추구함 ○ 미국 소비자뿐만 아니라 국내 소비자의 건강한 먹거리 소비를 유도하고 홈 쿠킹의 비율을 증가시킴으로써 식이관련 대사질환의 이환율을 조금이나마 경감시킬 수 있을 것으로 사료됨 ○ 국내·외 대학과 산업체간의 다각적 연계 및 융합적 연구를 통해 세계화 시대에 맞는 우수한 인력 창출을 추구함 				
<p>중심어 (5개 이내)</p>	<p>현지화된 레시피</p>	<p>쌀 프리믹스</p>	<p>쌀 푸딩</p>	<p>쌀 크리스피 스낵</p>	<p>쌀 음료</p>

5. 영문 요약문

< SUMMARY >

		코드번호		D-02	
Purpose& Contents	<p>The purpose of the study is to develop of K-star dessert. The products are made with rice and reflect Korean food culture.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rice cake premix, Instant cooking rice cake - Rice pudding premix, Instant cooking rice pudding - Rice Snack(Crisp) - Rice beverage 				
Results	<ul style="list-style-type: none"> - 2 SCI papers, 2 KCI paper published. - 5 poster presentation at academic symposiums of 5 international and domestic conferences. - 1 patent registered. 				
Expected Contribution	Plan to commercialize rice dessert products in Korea and US.				
Keywords	localized recipe	rice premix	rice porridge	rice crisp	rice beverage

6. 영문목차

< Table of contents >

1. Outline of research	8
2. Current technique development trend in internal and external	10
3. Contents and results of research	22
4. Purpose achievement and level of contribution related field	128
5. Output and applicable plan	129
6. Foreign science technique information collected in research	129
7. Security level for results of research	129
8. Current condition research facility and equipment registered in NTIS	129
9. Results of safety action of laboratory	130
10. Representative results of research	130
11. Considerations	133
12. References	138

7. 본문목차

< 본문 목차 >

1. 연구개발과제의개요	8
2. 국내외 기술개발 현황	10
3. 연구수행 내용 및 결과	22
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	128
5. 연구결과의 활용계획 등	129
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	129
7. 연구개발성과의 보안등급	129
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황	129
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	130
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적	130
11. 기타사항	133
12. 참고문헌	138

8. 뒷면지

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

<최종보고서 본문>

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발 목적

- 미국 현지인을 위한 쌀가루 기반의 K-스타 디저트 상품개발 및 산업화를 통해 미국 현지인들이 우리나라의 식문화를 공유할 수 있는 토대를 마련함.

나. 연구개발의 필요성

(1) 우리나라의 독특한 "식문화"를 미국 현지인의 "가정"에 홍보한다는 목적 하에, 완제품뿐만 아니라 "간편 조리식 제품" 개발과 함께 미국 현지인의 실정에 맞는 "레시피" 개발하는데 우선순위를 둠.

(2) K-스타 디저트 상품 판매를 통한 이익창출의 목적보다는 우리나라의 독특한 "식문화를 공유하고 홍보"하는데 중점을 둠.

(3) "글루텐 프리(gluten free)"가 미국 및 전 세계 식품시장의 주요 이슈인 점을 감안하여 "쌀 및 쌀가루"를 기반으로 한 디저트 제품을 개발함.

(4) 우리나라의 "쌀을 이용한 가공식품 시장의 활성화 및 쌀 소비 촉진방안의 일환"으로 국내 쌀 및 쌀가루를 기반으로 한 디저트 제품을 개발함.



figure 1. 연구개발 목적

다. 연구개발 범위

- 국내 쌀 및 쌀가루를 기반으로 한 여섯 가지 종류의 K-스타 디저트 제품을 개발하고자 함.

(1) 디저트 떡에 대한 프리믹스 제품

- 백미 쌀가루와 향미/소스/부재료를 기반으로 하는 프리믹스 제품

- 간편 조리식 제품으로, 미국 현지인들이 자신의 기호 및 식습관에 맞게 레시피를 다양하게 응용

- (2) 디저트 떡에 대한 즉석 간편 조리 제품
 - 현미 쌀가루와 향미/소스/부재료를 기반으로 하는 컵 형태 제품
 - 전자레인지 조리를 통한 즉석 조리 제품(즉석 간편 조리식)
- (3) 디저트 쌀 푸딩에 대한 프리믹스 제품
 - 차가운 죽을 모태로 한 쌀 푸딩 제품으로, 백미 쌀가루와 향미/소스/부재료를 기반으로 하는 프리믹스 제품
 - 간편 조리식 제품으로, 미국 현지인들이 자신의 기호 및 식습관에 맞게 레시피를 다양하게 응용
- (4) 디저트 쌀 푸딩에 대한 즉석 간편 조리 제품
 - 현미 쌀가루와 향미/소스/부재료를 기반으로 하는 컵 형태 제품
 - 전자레인지 조리를 통한 즉석 조리 제품(즉석 간편 조리식)
- (5) 디저트 쌀 크리스피 스낵 제품
 - 누룽지를 모태로 하여 미국 현지화된 쌀 크리스피(누룽지) 제품 및 향미 코팅 기술을 응용한 다양한 맛의 디저트 제품(완제품)
- (6) 디저트 쌀 음료 제품
 - 식혜를 모태로 하여 미국 현지화시킨 쌀 음료 제품(완제품)

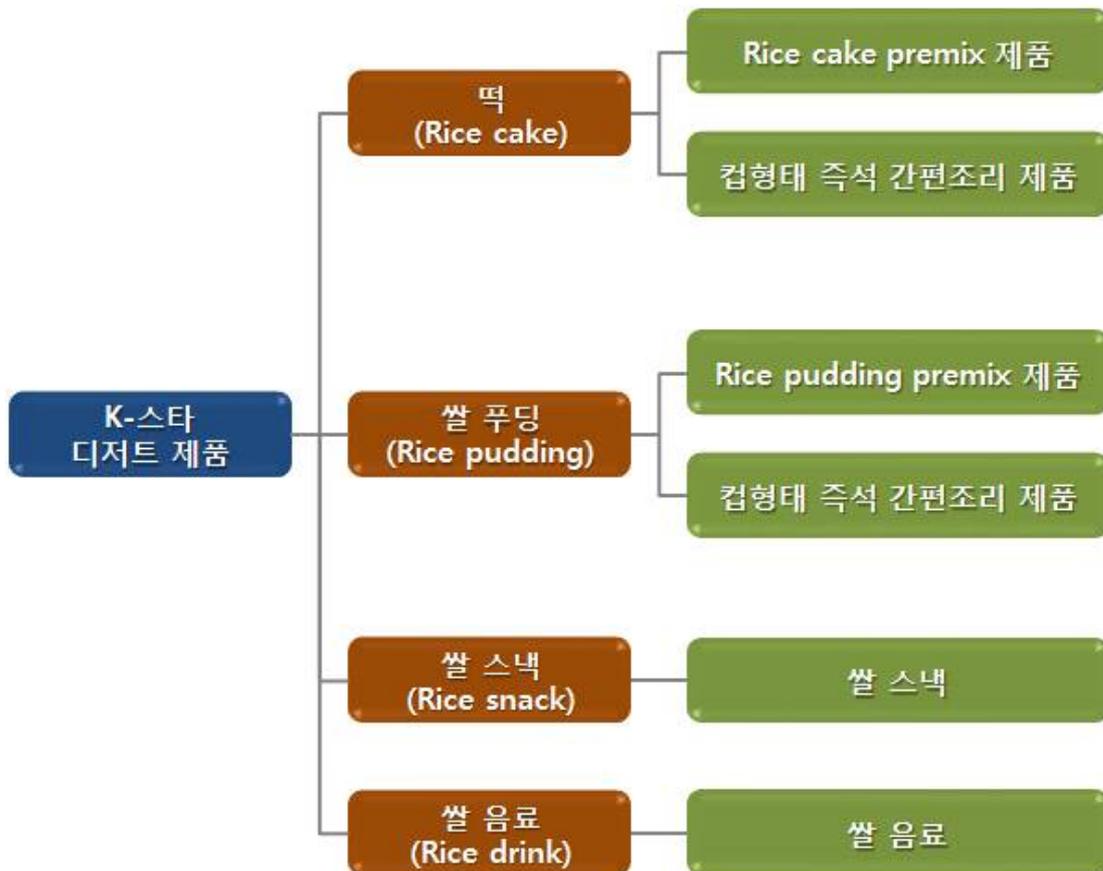


figure 2. 연구개발 범위

2. 국내외 기술개발 현황

가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

(1) 기술현황

- 쌀은 95%가 취반용으로 이용되며, 가공용으로는 5% 내외로 일본의 쌀 생산량 기준 10~13% 수준에 비하면 매우 낮은 비율을 차지함.
- 쌀가공 식품은 밥류, 죽류, 떡류, 한과류가 있으며, 최근 제면, 제과, 제빵 등에 이용되며 현미를 원료로 건강식품류도 판매됨.

table 1. 국내 쌀 가공제품의 종류 및 특징

구분	제품	특징	구분	제품	특징
밥류	레도르트밥	포장용기에 넣어 밀봉가압 100℃ 이상에서 살균	음정류	쌀 발효음료	쌀을 유산균으로 발효시킨 요구르트 타입의 배합음료
	무균포장밥	무균상태에서 조리 후 포장밀봉(비빔밥, 팔밥, 원밥 등)		식혜	멥쌀, 찹쌀 등을 이용한 다양한 제품 출시
	냉동밥	조리가공한 후 -40℃ 이하에서 급속 냉동		즉석식혜	전통의 맛이 보존된 분말식혜 제품
	철드밥	포장 후 냉각상태로 보존		쌀음료	미세한 쌀가루를 이용한 음료
	건조밥	조리가공한 후 열풍에서 급속히 건조한 것		쌀 첨가우유	현미 등 곡류를 넣은 우유
	즉석 건조쌀밥	뜨거운 물만 부으면 단시간에 복원 가능		즉석 미숫가루	냉·온수에 잘 풀리도록 한 미숫가루
	즉석 고기덮밥	밥과 육류 등을 동시에 열처리 가공한 것		송농	농은밥으로부터 비롯된 것으로 구수한 토속음료
	기타	볶음밥, 영양밥류, 주먹밥, 덮밥류 등		과자류	쌀과자
면류	쌀라면	쌀 30%내외를 이용한 즉석 면류 제품	기타	쌀고기	쌀과 콩을 사용, 압출성형공법으로 조직화
	수제비	밀가루에 쌀 10%내외 첨가하여 반죽		청결미	물로 씻지 않고도 취반이 가능한 쌀
	중숙면	쌀 20%, 기름에 튀기지 않고 찌서 건조한 즉석면		알파하 미분	압출성형으로 소화성·가공 특성을 향상한 쌀 중간제품
	즉석 비빔우동	면발이 굵은 즉석면, 독특한 비빔소스 및 조미소프 첨가로 조리 후 쌀 고유의 풍미와 조직감 유지		현미 후레이크	현미 영양이 보존된 아침식사용 주식 대체 편의식품
죽류	압출면	100% 쌀가루를 압출 가열처리 기법으로 제조한 조리면, 쫄면, 냉면타입의 제품	떡류	즉석 쌀죽	쌀에 들깨, 잣, 호박, 닭 등을 첨가하여 호화시켜 조리 시간을 단축한 것
	제세시장 유통 떡류	행사나 간식 등의 용도로 시장에서 주로 판매되는 것		떡볶이용 가래떡	전통떡으로 즉석 열수 조리 가능한 것

(출처: 한국쌀가공식품협회, 2015, 2)

(2) 시장현황

- 1인당 연간 쌀 소비량은 2000년 93.9kg에서 78.8kg (2006년), 72.8 kg (2010년), 62.9 kg (2015년)으로 지속적으로 감소하고 있음.
- 쌀 생산량은 1980년대~90년대 500만톤 이상을 유지하다가 2000년대 감소세에 들어 2014년도 424만 톤을 생산하였으며 이는 농민 소득 중 25%임.
- 가공용 쌀의 소비는 지속적으로 증가하고 있으나, 값싼 수입쌀과 재고미를 쌀 가공에 이용함에 따라 쌀의 과잉 공급에 따른 소비를 충족시키기는 역부족이며, 여전히 쌀 소비량에 비해 공급 과잉 현상으로 인해 국내산 쌀의 이월되는 재고의 문제로 경제적 손실이 크게 발생함.



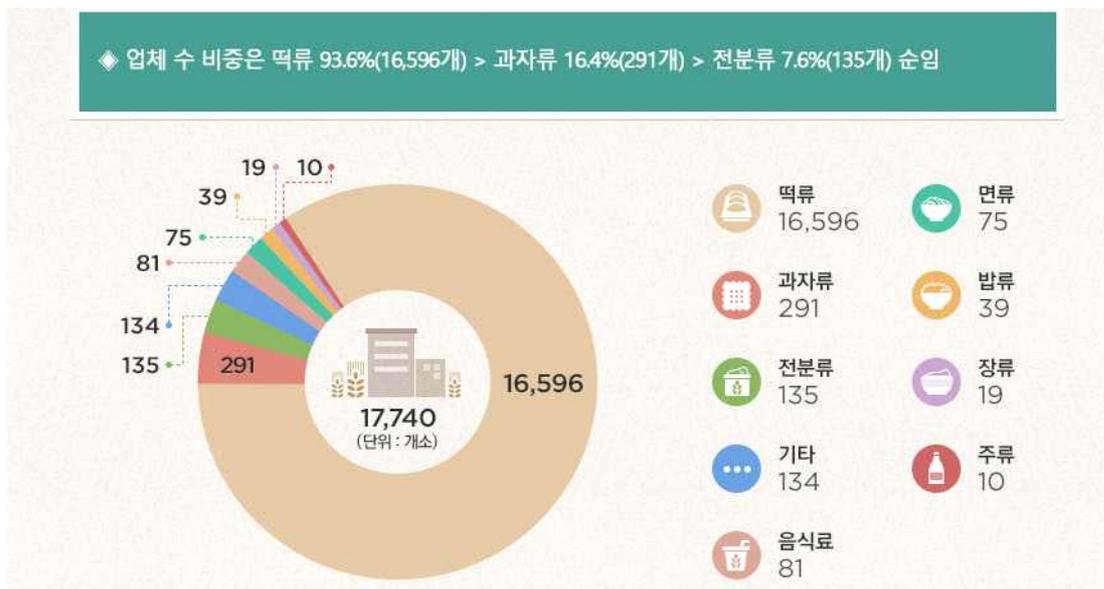
(출처: 농림축산식품부, 2015)

figure 3. 1인당 연간 쌀 소비량과 가공용 쌀 공급량

- 쌀의 전면 수입 자유화 및 쌀 소비량 감소 추이를 고려시 농민의 소득 보장을 위해 쌀의 소비 확대 방안이 시급함.
- “쌀가공산업 육성 및 쌀 이용 촉진에 관한 법률”로 제정 (2013.11.22.)하여 쌀가공산업 육성 정책을 법적으로도 뒷받침.
- 청와대에서는 2015년 쌀 가공식품에 대한 인지도 제고 및 소비 촉진을 위해 청와대 사랑채에 ‘쌀 가공식품 전시회’ 운영함.
- 국내 쌀 가공 식품은 2008년 1.8조에서 2014년 4.2조원 규모로 4년만에 2배 이상 성장하였으며, 최근 5년 사이 연평균 17.9% 성장하였음.
- 2013년 쌀가공산업의 제품군별 매출액은 떡류(36.5%, 1조 4,951억원), 밥류(29.5%, 12,082억원), 주류 (17.3%, 7,077억원) 등으로 활용됨.
- 쌀가공식품 시장은 꾸준히 성장함에도 불구하고 90% 이상을 차지하는 떡류의 경우 새벽부터 작업을 시작하고 쌀을 대량으로 씻어 불리고 쌀가루를 만드는 등 가공 과정 전반적으로 노동 집약적이고 1인당 노동 생산성이 매우 낮은 편임. 이는 고품질 쌀가루를 생산함으로써 해결 가능.
- 농심미분을 필두로 대선제분, 대두식품, 태평양물산, SPL 등 빅 5개사가 전체 쌀가루 시장의 15%를 차지함.
- 쌀가공 식품 제조업체들은 영세업체들이 대부분이라서 연구에 투자하기 어려워 가공 식품의 다양성이 부족함.
- 농림축산식품부는 쌀 수급불균형을 해소하고 가공을 통해 쌀의 새로운 부가가치 창출을 위해 “쌀 가공산업 활성화 방안”을 마련하여 쌀 가공산업을 고급화, 다양화, 차별화 전략을 통해 고부가가치 산업으로 육성할 계획이라고 밝힘.
- 쌀 가공 산업은 기존 떡, 면류에서 빵, 과자, 프리믹스 등으로 제품이 다양화되고 있고

글루텐 프리 제품 출시. 100% 쌀로 만들어진 빵이 출시되어 2015년 광주 유니버시아드대회에 납품됨.

- 프리믹스 시장은 부침가루, 튀김가루, 베이커리 믹스 등이 있으며 최근에 형성된 시장으로 소매시장 규모는 2012년 기준 약 954억원이며 이 중 베이커리 믹스가 456억원으로 48%의 시장임. 베이커리 믹스의 경우 제품 카테고리 확장, 쌀가루 등 다양한 재료로 인해 성장 가능성이 전망됨.
- 쌀 가공 식품 수출 시장은 2012년 지속적으로 상승세이며, 호주, 일본, 홍콩 등으로 3개국 수출이 전체 수출의 약 52% 임.
- 쌀 가공식품 수출 물류비 지원을 6개 (쌀과자, 떡, 누룽지, 가공밥, 쌀국수)에서 전 품목으로 확대, 중국의 프리미엄 시장 진출 지원, 만성소화장애 발생 비율이 높은 미국이나 유럽 시장으로 진출할 수 있도록 해외 글루텐프리 인증 획득 지원을 통해 정부차원에서 쌀 가공식품을 국내외 시장으로 확대하고자 함.
- 글루텐은 밀에 함유된 단백질 복합체로 밀가루에 점착성 등의 물리적 특성을 부여함.
- 셀리악 병 (Celiac disease, 글루텐 불내증, 밀가루 알러지)은 글루텐 섭취시 발병하며, 배앓이, 설사, 구토 등 소장 내 면역 반응을 일으키는 질환임. 심한 경우 저혈압, 신경발작 및 자가면역질환을 동반하는 중증의 증상도 보임. WHO에 따르면 전 세계 인구 중 0.5~1% 인구가 이 질병을 앓고 있음.



(단위: 억원/개)

구분	떡류	밥류	주류	음식료	장류	과자류	전분류	면류	기타	계
매출액	14,951	12,082	7,077	2,363	2,020	751	358	198	1,118	40,918
개소	16,596	39	10	81	19	291	135	75	134	17,740

출처: 한국쌀가공식품협회

figure 4. 2013년 쌀가공식품산업 제품군별 업체수 및 매출액

- 글루텐 프리(Gluten free)란 글루텐에 민감한 사람들을 위해 식품의 글루텐을 완전히 제거하거나 낮은 수준으로 포함되어있음을 의미함.
- 각국의 글루텐 프리 인증제도
 - 1) (한국) 「식품 등의 표시기준」, 재료에 밀·호밀·보리 등 미사용, 글루텐 함량이 20ppm 미만일 경우 업체가 자율적으로 글루텐프리 표시 가능.
 - 2) (미국) FDA는 글루텐프리 라벨링법을 시행하고 글루텐프리 관한 가이드라인을 제시하고 있음.
 - : 글루텐 함량이 20ppm 미만인 제품에만 글루텐프리 표시 가능하며, 셀리악병환자협회 등 민간 인증마크 활용, FDA는 감시 및 관리.
 - : 직접인증제가 아닌 개별 사업자가 공인된 시험연구기관의 분석 후 표시 가능.
 - 3) (캐나다, 프랑스) 미국과 유사한 제도를 도입하여 활용하고 있음.

(3) 경쟁기관현황

- CJ (제일제당), 오뚜기, 농심, 대상, 동원F&B, 풀무원 등이 쌀 가공품을 생산함.
- 쌀가공 제품 중 주로 CJ와 오뚜기가 무균포장밥으로 시장점유율이 높으며 이 밖에 오뚜기, 하림, 한국야쿠르트 등이 즉석죽 제품을 출시함.
- 오뚜기 (참설호떡 믹스, 쌀 핫케이크 믹스, 찹쌀 미니도나스 믹스), CJ (참쌀 호떡 믹스, 자일로스 찹쌀 호떡 믹스), 초록마을 (쌀 호떡 믹스), 온성드림에프앤비 (인절미 믹스, 찰떡가루) 등이 쌀 가공품 프리 믹스 제품을 이용하여 쌀 가공 디저트류를 개발하였음.
- 쌀 가공 디저트류 프리 믹스 같은 경우 현재 소비량이 높지 않아서 보다 다양한 쌀 가공 제품 개발 및 출시를 통하여 쌀 가공 제품의 소비를 촉진하여 쌀 소비량을 늘리고자 함.
- 전통식품 현대화를 위해 레토르트 기술을 도입하여 실온에서 3개월 이상 보관 가능한 떡을 (사)한국전통음식연구소에서 개발함.

(4) 지식재산권현황

table 2. 쌀가공품 관련 국내 특허 현황

특 허 명	공개년도
다 종류의 떡용 프리믹스	2013
전자레인지용 떡 프리믹스 조성물 및 그를 이용한 즉석 떡의 제조방법	2013
전자레인지 조리가 가능한 찰떡용 프리믹스, 이를 이용하여 제조되는 찰떡 및 이의 제조방법	2016
전자레인지 조리용 찰떡 프리믹스 조성물과 그 제조방법	2010
쌀을 원료로 한 몰드 식품 제조용 프리믹스 조성물, 및 이를 이용하여 제조된 몰드 식품 및 그 제조방법	2013
증편 제조용 프리믹스 및 이를 이용한 증편 제조방법	2016
누룽지 맛 스낵용 펠릿 제조방법	2013
현미 누룽지 스낵의 제조방법 및 현미 누룽지 스낵	2014
밥알형태가 보이는 누룽지 스낵의 제조방법	2004
쌀 스낵 및 그 제조 방법 및 그를 포함하는 대용식품	2013
누룽지 칩의 제조방법	2011

(5) 국내 쌀 가공 제품 현황

- 한국 믹스 제품: 쌀로 만든 떡, 호떡, 빵



- 쌀로 만든 떡과 빵



청우-초코파이 찰떡



청우-찰떡쿠키



빛은-배짱쌀케익



예다손-호박설기케익

- 누룽지 스낵



참좋은 식품-가마솥의 누룽지



오성제과-쌀 컵 누룽지



해태-가마솥에 누룽지

- 빵튀기 스낵



빵튀기 아이스크림



예다손-쌀강정



롯데-쌀로별



조은제과-쌀강정



롯데제과-메이플 유과



청우-종합강정

- 기타



크라운제과-참쌀 설빙

청우식품-순쌀과자 미본

청우식품-순쌀과자 미랑

PEI TIEN FOOD-크리스피플 12곡

Calbee-구운인절미

우리식품-인절미스낵

나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

(1) 기술현황

- 미국의 경우 쌀은 59%가 취반용으로 이용되며, 가공용으로는 18%로 우리나라에 비해 가공식품용 쌀의 용도가 더 높음.
- 미국의 경우 쌀 가공품 중 대표적으로 쌀과자가 있으며, 쌀과자는 옥수수 또띠야 혹은 밀가루 칩과 같은 형태로 쌀 과자가 유통되고 있음.
- 쌀과자는 미국인에게 다이어트식, 건강식으로 인지되고 있음.

(2) 시장현황

- 미국의 경우 쌀 주산지는 아칸소주, 캘리포니아주, 루이지애나주이며 특히 아칸소주는 미국의 최대 쌀 생산지로 전체 생산량의 50%임.
- 1인당 쌀 소비량은 2006년 11.4 kg에서 2010년 12.3 kg으로 지속적으로 증가하고 있는 추세임.
- 세계 글루텐 프리 시장은 2014년 175억\$이며, 2016년 265억\$까지 성장 전망 (민텔사 추정)

table 3. 유통 쌀로 만들어진 미국 쌀 과자 제품군

구분	쌀로 만든 간식류(쌀과자)	이미지
Rice Cake	보통 미국시장에서 팔리는 Rice Cake은 한국에서 말하는 떡 종류가 아닌, 쌀을 튀밥처럼 부풀린 다음 동그랗게 뭉쳐놓은 제품을 말함. 간식으로 먹을 뿐 아니라, 크래커와 같이 참치 샐러드나 다른 것들을 얹어서먹는 식이거나 샌드위치의 빵 대신 사용하는 요리법도 나오고 있음	
Rice Chips /crakers	또띠야칩과 같은 모양으로 나오기도 하고 보통의 크래커 모양으로 나오기도 함. 퀘이커사에서 rice cake를 더 작게 만들어 스낵사이즈로 만든 것도 출시하고 있음	
Rice Krispies Treats	Rice Krispies Treats는 미국에서 아이들에게 사랑받는 스낵종류 중 하나임. 켈로그사의 라이스 크리스피 시리얼을 버터와 마시멜로우를 섞어서 만든 간식으로 여러 사람들에게 사랑받는 대표적인 쌀 간식중 하나임	

(출처: 한국 농수산 식품 유통 공사, 2015)

- 미국 시장에서 글루텐 프리 제품의 성장세는 2011년부터 2013년까지 44% 성장하였음. 설문 조사 결과 글루텐 프리 제품을 선택하는 이유는 글루텐에 민감한 소비자 외에도 웰빙을 추구하는 소비자까지 확대되는 추세임 (민텔사).
- 떡은 미국으로 수출량이 2010년 699톤(262만6천\$)에서 2014년 1,188톤(403만5천\$)으로 꾸준히 증가하며 주로 떡볶이 떡이나 떡국 떡의 형태로 수출됨. 디저트 떡의 경우 주로 현지에서 소규모 영세업체에서 생산되며 한인 마켓 등 에스닉 푸드 마켓에서 유통 됨. (한국 농수산 식품 유통 공사, 2015).
- 미국인들의 대부분은 떡으로 번역되는 영단어인 “rice cake”이 쌀 튀밥을 종류를 뭉쳐놓은 스낵의 종류로 인지되어 한국의 떡이 무엇인지 알지 못하는 미국인이 대다수임. 캘리포니아 로스엔젤레스 당국에서 떡집 위생 단속을 강화하여 떡의 상온판매 허용시간을 4시간에서 24시간으로 늘리는 법안이 통과되었으나 조지아주 애틀랜타에서는 조지아주 공공보건 규정에 따라 ‘조리된 음식을 5°C 이상 실온에서 4시간이상 판매할 수 없다는 규정하여 애틀랜타에 위치한 떡집에 위생 기준 미달 판정이 내려짐.
- 미국 내 디저트 믹스 시장의 경우 2013, 2014년에 27억\$로 성장세는 주춤하며 2019년 25억\$ 예상되는데, 이는 미국인들이 베이킹의 경우 건강하지 않은 먹거리라는 인식 때문임 (민텔사). 현 시장에서는 밀가루가 디저트 믹스의 주원료인데 재료를 밀가루에서 쌀가루로 바꾸어 글루텐이 없는 건강한 먹거리를 강조할 경우 충분히 성장할 가능성이 있음.
- 미국 내 과자류 중 rice cake 소매 시장은 2012년 2200만\$에서 2014년 2900만\$로 성장함 (Statistica, 2015)
- 설문 조사 결과 쌀과자는 미국인들에게 건강식으로 인지되고 있으며, 다른 스낵류보다 건강할 것 같다는 응답이 대부분이며, 견과류와 말린 과일 등을 건강식으로 인지하므로 스낵 제조시 이를 첨가하는 제품 개발도 필요함.
- 미국인들은 스낵을 작고 쉽게 먹을 수 있는 것이라 인지하기에 스낵을 만들 때 작고 한

입에 먹을 수 있는 'bite size'로 만드는 것이 필요함.

- 2011년부터 2015년까지 24,000명의 미국인을 대상으로 조사한 결과, 56%의 미국인들이 푸딩을 섭취하였음. (Statistica, 2015)
- 미국의 경우 유제품 대체 시장은 두유, 아몬드 밀크, 쌀 밀크 등이며 시장 규모는 2015년 기준 20억\$ 이상임.

(3) 경쟁기관현황

- 미국 디저트 믹스는 다양한 제조사가 있으며 이 중 1위 업체는 General Mills의 Betty Crocker 브랜드임. 쌀가루를 이용한 디저트 믹스의 경우 그 외에도 Zatarain, Gits, Minutes, My Grandpa's Farm, Arnel's Original 등이 있음.



<Betty Crocker 디저트 믹스 제품>

- 미국 현지 쌀과자 업체 중 Mrs. May's의 경우 한국의 강정에서 힌트를 얻어 미국의 에너지바와 결합하여 미국 주류 시장 입점에 성공함.



<Mrs. May's 쌀과자>

- 일본 최고 쌀과자 제조 기업인 카메다 세이코의 쌀과자 (Kameda Crisps)가 고급 상품으로 출시하여 미국인에게 인기를 얻음. Gelson's나 Whole Foods 등 건강 식품점과 아시안 마켓에서 쌀과자 시장이 성장하고 있으며 2008년에 제조 유통까지 담당하는 Kameda USA를 설립함.



<카메다 세이코 쌀과자>

-한국 맘모스 제과의 쌀과자 제품인 ‘밤부레인 쌀과자 (Bamboo lane cruncy rice rollers)’가 2014년 미국 대형 마켓인 코스트코에 입점하여 한국에서 미국으로 수출하는 한국 쌀과자의 수출량이 대폭 증가함.



<맘모스제과 밤부레인 쌀과자>

- 일본산 쌀과자는 미국 주류 시장에서도 쉽게 찾아볼 수 있으나, 한국산 제품은 한인마켓을 통해 주로 유통되며 소비자도 미국 내 거주하는 한국 소비자임. 주로 빵튀기 (쌀튀밥) 제품이나 쉐베이와 같은 쌀 과자가 주를 이룸.

○ 지식재산권현황

table 4. 쌀가공품 관련 해외 특허 현황

특 허 명	보유국, 공개년도
Premix composition of glutinous rice cake for baking in microwave oven and a preparation method thereof	미국, 2014
Rice Cake-like Food Mix	일본, 2014

(4) 미국 쌀 가공 제품 현황

- 미국 믹스 제품



My Grandpa's Farm - Organic Gluten Free Spice Cake Mix



Baking Mixes by Arnel's Original



Zatarain-Caribbean Rice Mix



gits-rice idli mix



Pamela's Products - Gluten Free Cake Mix



Pamela's Products - Gluten Free pizza crust Mix



gits-BASMATI rice KHEER mix



Minute-Spanish rice mix

- 미국: 쌀로 만든 빵



Quaker - Rice cake lightly salted



Lundberg - Farms Rice Cakes Apple sinnamon



Food For Life Baking - whole grain brown rice



Sunrice - Original Thick Rice Cakes

- 미국: 쌀로 만든 차가운 죽(푸딩)



Alete - alere body dessery



avert GmbH - Davert Rice pudding



Oetker - Mein moment



Stovetop Rice Pudding



Kozy - Shack Rice Pudding



Muller - Rice Original Low Fat Dessert



HEINZ - creamy rice pudding

-미국: 누룽지 스낵(rice crispy)



Kellogg's - Rice Crispy Treats
Double Chocolatey Chunk



Kellogg's - Rice Krispies Treats Blasted
M&M'S Minis Crispy Marshmallow Squares

- 미국: 빵튀기 스낵



Quaker - popped



Sunrice - BBQ rice crackers



Lundberg - smoky maple rice chips



Coco - cocopop



Coles - plain rice crackers



Lundberg - organic thin stackers 5 grain



Jayone - crunchy rice snack

3. 연구수행 내용 및 결과

가. 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계

table 5. 연구개발 추진전략

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도 (2016)	K-스타 디저트의 제품 개발 (주관)	○ 1차적으로 sticky한 식감을 배제한 제품 개발 2건(4종) 개발 완료	- rice cake premix 2종 (plain 1종, cheese 맛 1종) - rice porridge mix 2종 (original 1종, porridge type 1종)	미국 현지인의 디저트 떡 믹스 및 디저트 푸딩 믹스 제품 대한 관능적 기호도 조사 보고서 작성
	K-스타 디저트의 품질 특성 연구 (협동)	○ 미국 현지인을 대상으로 한 디저트 떡 믹스 및 디저트 푸딩 믹스 제품에 대한 향미분석을 포함한 이화학적 특성 및 저장성 분석	- 시판 백설기를 떡 믹스 모델로 이용하여 이화학적 특성 분석 방법 수립	- 백설기의 Hunter Color Values (L*a*b*) 측정 - 향기 성분 지표 물질을 이용한 HS-SPME 추출법 최적화 (HS-SPME fiber 최적화, 염석처리 여부, 추출 시간 및 온도 설정 등) - 향기 성분 GC/MS 분석 방법 조건 수립
2차 년도 (2017)	K-스타 디저트의 제품 개발 (주관)	○ 미국 현지인을 대상으로 한 제품 4종(떡 및 푸딩 간편조리식, 쌀 크리스피 스낵, 쌀 음료) 개발 완료	- 미국 현지인을 대상으로 한 제품 4종(떡 및 푸딩 간편조리식, 쌀 크리스피 스낵, 쌀 음료) 개발 및 공정 설정	- 공정 최적화, 개발 제품 공정도 외
		○ 미국 현지인을 대상으로 한 제품 4종(떡 및 푸딩 간편조리식, 쌀 크리스피 스낵, 쌀 음료) 기호도 조사	- 아칸소대학 관능센터를 통한 현지 기호도 조사	- 개발 제품 미국 현지 기호도 조사 보고서
	K-스타 디저트의 품질 특성 연구 (협동)	○ 미국 현지인을 대상으로 한 제품 4종(떡 및 푸딩 간편조리식, 쌀 크리스피 스낵, 쌀 음료)에 대한 이화학적 특성 및 저장성 분석	미국 현지인을 대상으로 한 제품 4종(떡 및 푸딩 간편조리식, 쌀 크리스피 스낵, 쌀 음료)에 대한 이화학적 특성 및 저장성 분석을 수행함. 이화학적 특성은 색도, 조직감, 향미 및 일반성분 함량을 포함하며 저장기간에 따른 특성 분석	- 공정 최적화에 따른 관련된 제품의 이화학적 특성 및 저장성 검사 - 이화학적 특성은 색도, 조직감, 향미 및 일반성분 함량을 포함하며 저장기간에 따른 지표 성분 설정 및 특성 변화 추이 분석

(1) 미국 소비자 맞춤형 제품 개발 2건(4종) 개발 완료

- rice cake premix 3종 (plain 1종, cheese 맛 1종)
- rice porridge mix 2종 (original 1종, porridge type 1종)

라이스케이크는 설기떡을 타깃으로 개발하였다. 설기떡은 당도가 낮고 조직감이 푸슬푸슬해서 외국인도 부담없이 먹일 수 있으며, 다양한 맛타입 개발이 가능하다. 또 다른 특징으로는 쌀가루와 향미, 소스, 부재료를 기반으로 하는 컵 형태 프리믹스 제품으로, 가정에서 찜 조리를 통해 즉석 조리가 가능하도록 개발하였다. 맛은 전통적인 설기떡 맛과 외국인이 선호하는 치즈맛으로 각각 개발하였다.

table 6. 라이스케이크 처방

설기떡 (Plain Type)		
원료명	1 식(g)	배합비(%)
쌀가루	40.0	80.0
정제염	0.5	0.9
정백당	5.6	11.2
변성전분_C	2.3	4.6
변성전분_B	1.7	3.4
Total	50.0	100.0

설기떡 (Cheese Type)		
원료명	1 식(g)	배합비(%)
쌀가루	32.8	65.6
생크림분말	1.6	3.3
체다치즈분말	1.4	2.7
혼합치즈분말	2.5	4.9
천연치즈분말	1.4	2.7
정제염	0.3	0.5
정백당	4.9	9.8
변성전분_C	1.9	3.8
변성전분_B	3.3	6.6
Total	50.0	100.0

라이스푸딩은 쌀가루와 향미소재, 소스 및 부원료를 기반으로 하는 프리믹스 제품으로 개발하였다. 외국인들이 자신의 기호 및 식습관에 맞게 기본 레시피를 다양하게 응용할 수 있도록 하였으며 일정한 탄성을 지닌 전통적인 조직감의 오리지널 푸딩 타입과 차가운 죽을 모태로 한 스푼으로 떠먹는 타입을 각각 개발하였다.

table 7. 라이스푸딩 처방

라이스 푸딩 (Original)		
원 료 명	식당함량(g)	배합비(%)
분당	10.4	29.7
쌀가루	6.2	17.6
덱스트린	6.5	18.6
크림분말	6.5	18.6
탈지분유	3.9	11.1
분말한천	0.8	2.3
정제염	0.1	0.2
난황분말	0.1	0.3
효소처리스테비아	0.1	0.3
카라멜분말향	0.5	1.3
합계	35	100

라이스 푸딩 (Porridge type)		
원 료 명	식당함량(g)	배합비(%)
팽화미	30.0	37.5
분쇄팽화미	15.0	18.75
알파미분	6.0	7.5
생크림분말	10.0	12.5
탈지분유	15.0	18.75
정제염	1.7	2.125
정백당	2.3	2.875
합계	80.0	100

- 현지인의 기호도를 고려하여 완성된 처방을 미국 가정의 조리환경에 맞춰 다음과 같이 조리법을 개발 하였다.

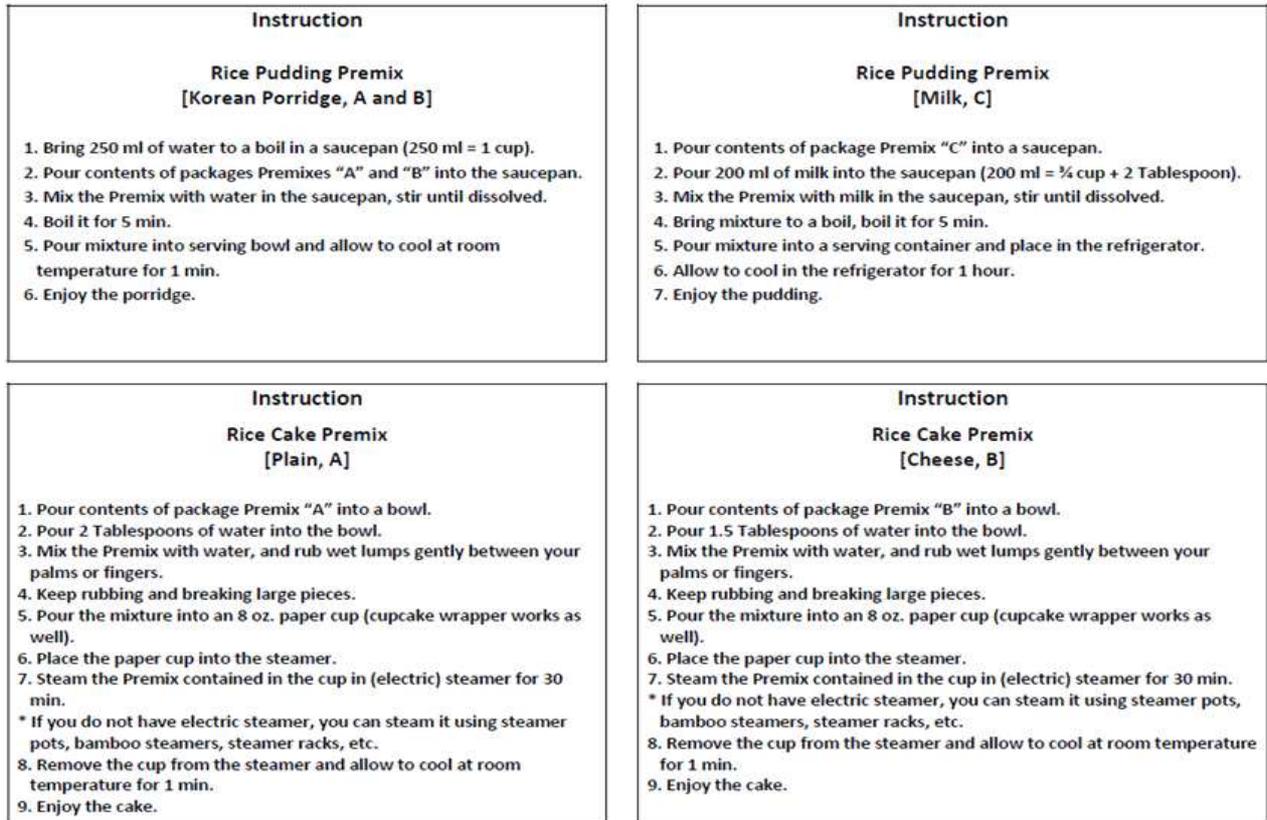


figure 5. 2013년 쌀가공식품산업 제품군별 업체수 및 매출액

(2) 미국 현지인의 디저트 떡 믹스 및 디저트 푸딩 믹스 제품 대한 관능적 기호도 조사 진행

- 글로벌 고객을 대상으로 하는 제품 개발이기 때문에 타겟 소비자를 우선적으로 선정하였다. 한국 식문화에 대한 관심이 높은 미국인을 대상으로 선정하였으며 미국 아칸소주립대학 식품공학과와의 협업을 통해 미국 현지인을 대상으로 하는 라이스케익 2종 및 라이스푸딩 2종 시제품에 대한 관능평가를 진행하였다.

- 현지인을 대상으로 개발된 4종의 관능적 기호도 조사를 2회에 걸쳐 실시하였으며, 그 대표적 결과는 다음과 같다. (자세한 결과 보고서는 추가 파일로 첨부함.)

table 8. 미국 소비자 관능평가 결과(1 차)

제품명	평가점수(Overall Linking)
라이스케익(플레인)	4.9/9
라이스케익(치즈)	4.8/9
라이스푸딩(오리지날)	5.9/9
라이스푸딩(죽타입)	5.5/9

제품명	라이스케익 (플레인)	라이스케익 (치즈)	라이스푸딩 (밀크)	라이스푸딩 (죽)
Concept 및 특징	<ul style="list-style-type: none"> 한국 전통의 떡을 프리믹스로 간편하게 취식 		<ul style="list-style-type: none"> 부드럽고 풍부한 밀크맛을 간편하게 프리믹스로 조리 	<ul style="list-style-type: none"> 한국전통의 죽을 간편하게 프리믹스로 조리
				
Spec.	50g/食	50g/食	35g/食	80g/食
주요 원료	쌀(64%), 변성전분, 정백당, 정제염	쌀(52%), 변성전분, 치즈분말, 생크림, 정백당, 정제염	쌀(20%), 크림분말, 탈지분유, 덱스트린, 한천, 정백당	팥화미(38%), 분쇄팥화미(19%), 생크림분말, 정백당, 정제염
조리법	용기에 케익믹스와 물 30ml를 섞은 후 30분간 찜기에 넣고 찜		냄비에 믹스와 우유 200ml를 넣고, 약불에서 4분간 수저로 저어준 후 용기에 넣고 1시간 냉장	냄비에 물 250ml를 넣고 물이 끓으면 푸딩믹스를 넣고 4분간 조리

figure 6. 2013년 쌀가공식품산업 제품군별 업체수 및 매출액

■ Focus Group Interview (FGI)



■ 묘사분석 (Descriptive Analysis)



묘사분석 후, 연구자들과 패널들 간의 토의 시간

☞ Spectrum™ Method 사용

(Ref) Sensory spectrum Inc, Chatham, NJ, USA

- 9명의 훈련된 전문 패널 참가
- 묘사 분석에 사용될 용어 개발 및 훈련 실시
- 외관, 맛, 향, 촉감 요소, 텍스처 등에 대한 분석 실시
- 측정적도는 연속형 수치화 척도 (범위 0-15)

- : 단맛 (Sucrose solutions)
- 짠맛 (Sodium chloride solutions)
- 신맛 (Citric acid solutions)
- 쓴맛 (Caffeine solutions) 등

■ 소비자 사용 조사 (HUT, Home Use test)



제공된 프리믹스 패키지



제공된 프리믹스 패키지



제공된 프리믹스 패키지



제공된 프리믹스 패키지

→ 소비자 실제 사용 조사를 위해 제공된 샘플 및 레시피

figure 7. 미국 소비자 대상 관능평가(1차)

- 라이스케익 2종 관능평가 세부결과

1. Rice Cake, Plain Type



☞ 소비자 기호도 조사

→ 총 105명의 미국 현지인이 참가 (연령대: 18세부터 75세; 평균나이: 43.6세).

Attributes	Females	Males	Total
Appearance	5.33 (± 2.32)	6.21 (± 1.52)	5.57 (± 2.16)
Flavor/Taste	5.01 (± 2.07)	5.79 (± 1.90)	5.57 (± 2.16)
Texture	4.57 (± 2.26)	5.45 (± 2.06)	4.81 (± 2.23)
Sweetness	3.40 (± 1.16)	3.24 (± 1.06)	3.35 (± 1.13)
Softness	4.18 (± 1.12)	3.90 (± 1.05)	4.11 (± 1.10)
Chewiness	4.72 (± 1.04)	4.79 (± 1.08)	4.74 (± 1.05)
Overall Liking	4.75 (± 2.28)	5.41 (± 2.06)	4.93 (± 2.23)

☞ 소비자 사용 조사 (HUT, Home Use test)

→ 총 94명의 미국 현지인이 참가 (연령대: 19세부터 68세; 평균나이: 40.6세).

Attributes	Females	Males	Total
Appearance	4.99 (± 1.87)	5.42 (± 1.82)	5.11 (± 1.86)
Flavor/Taste	5.59 (± 1.99)	5.65 (± 1.85)	5.61 (± 1.94)
Texture	4.93 (± 2.17)	5.00 (± 1.96)	4.95 (± 2.11)
Sweetness	3.46 (± 1.01)	3.58 (± 1.06)	3.49 (± 1.02)
Chewiness	3.85 (± 1.01)	4.00 (± 1.20)	3.89 (± 1.06)
Overall Liking	5.07 (± 2.00)	5.42 (± 1.84)	5.17 (± 1.96)
Easiness of recipe	6.53 (± 2.03)	5.89 (± 2.32)	6.35 (± 2.12)

2. Rice Cake, Cheese Type



☞ 소비자 기호도 조사

→ 총 105명의 미국 현지인이 참가 (연령대: 18세부터 75세; 평균나이: 43.6세).

Attributes	Females	Males	Total
Appearance	5.53 (± 2.13)	5.79 (± 1.72)	5.60 (± 2.02)
Flavor/Taste	5.11 (± 2.28)	5.97 (± 1.66)	5.34 (± 2.15)
Texture	4.55 (± 2.30)	5.69 (± 1.85)	4.87 (± 2.24)
Saltiness	3.71 (± 1.04)	3.31 (± 0.97)	3.60 (± 1.03)
Softness	3.91 (± 0.91)	3.86 (± 0.64)	3.90 (± 0.84)
Chewiness	4.50 (± 1.17)	4.38 (± 0.78)	4.47 (± 1.08)
Overall Liking	4.62 (± 2.43)	5.55 (± 1.94)	4.88 (± 2.33)

☞ 소비자 사용 조사 (HUT, Home Use test)

→ 총 94명의 미국 현지인이 참가 (연령대: 19세부터 68세; 평균나이: 40.6세).

Attributes	Females	Males	Total
Appearance	5.06 (± 1.95)	5.19 (± 2.04)	5.10 (± 1.97)
Flavor/Taste	4.97 (± 2.13)	4.96 (± 2.41)	4.97 (± 2.20)
Texture	4.63 (± 2.07)	4.46 (± 2.14)	4.59 (± 2.08)
Saltiness	3.82 (± 0.91)	3.69 (± 1.16)	3.79 (± 0.98)
Softness	3.85 (± 1.01)	3.81 (± 1.10)	3.84 (± 1.03)
Chewiness	3.88 (± 1.09)	4.27 (± 1.37)	3.99 (± 1.18)
Overall Liking	4.51 (± 2.13)	4.65 (± 2.23)	4.55 (± 2.14)
Easiness of recipe	6.44 (± 1.93)	5.65 (± 2.26)	6.22 (± 2.05)

- 라이스푸딩 2종 관능평가 세부결과

3. Rice Porridge



☞ 소비자 기호도 조사

→ 총 100명의 미국 현지인이 참가 (연령대: 18세부터 75세; 평균나이: 44.2세)

Attributes	Females	Males	Total
Appearance	6.16 (± 1.59)	5.92 (± 1.66)	6.10 (± 1.61)
Flavor/Taste	5.49 (± 2.15)	5.44 (± 2.16)	5.48 (± 2.14)
Texture	6.11 (± 1.74)	5.96 (± 1.84)	6.07 (± 1.76)
Rice-grain texture	6.25 (± 1.79)	6.32 (± 1.77)	6.27 (± 1.78)
Saltiness	2.52 (± 1.10)	2.72 (± 1.21)	2.57 (± 1.12)
Thickness	4.07 (± 0.72)	4.32 (± 0.69)	4.13 (± 0.72)
Overall Liking	5.49 (± 2.03)	5.68 (± 2.10)	5.54 (± 2.04)

☞ 소비자 사용 조사 (HUT, Home Use test)

→ 총 102명의 미국 현지인이 참가하였음 (연령대: 19세부터 74세; 평균나이: 40.8세).

Attributes	Females	Males	Total
Appearance	5.72 (± 1.90)	5.17 (± 2.30)	5.59 (± 2.00)
Flavor/Taste	5.31 (± 2.15)	4.71 (± 2.12)	5.17 (± 2.14)
Texture	5.08 (± 2.32)	4.67 (± 2.39)	4.98 (± 2.33)
Rice-grain texture	5.28 (± 2.04)	5.21 (± 2.09)	5.26 (± 2.04)
Saltiness	4.46 (± 1.07)	4.17 (± 1.40)	4.39 (± 1.15)
Thickness	4.05 (± 0.84)	4.25 (± 1.11)	4.10 (± 0.91)
Overall Liking	4.90 (± 2.23)	4.42 (± 2.10)	4.78 (± 2.20)
Easiness of recipe	7.67 (± 1.44)	7.54 (± 1.31)	7.64 (± 1.41)

4. Rice Pudding



☞ 소비자 기호도 조사

→ 총 100명의 미국 현지인이 참가 (연령대: 18세부터 75세; 평균나이: 44.2세)

Attributes	Females	Males	Total
Appearance	5.04 (± 1.62)	5.04 (± 1.67)	5.04 (± 1.63)
Flavor/Taste	6.60 (± 1.90)	6.80 (± 1.80)	6.65 (± 1.87)
Texture	4.88 (± 2.07)	5.00 (± 2.04)	4.91 (± 2.05)
Sweetness	4.27 (± 0.95)	4.12 (± 0.60)	4.23 (± 0.88)
Thickness	3.00 (± 1.16)	2.96 (± 0.93)	2.99 (± 1.11)
Smoothness	4.04 (± 0.98)	3.84 (± 0.69)	3.99 (± 0.92)
Overall Liking	5.75 (± 1.88)	6.60 (± 1.92)	5.96 (± 1.92)

☞ 소비자 사용 조사 (HUT, Home Use test)

→ 총 102명의 미국 현지인이 참가하였음 (연령대: 19세부터 74세; 평균나이: 40.8세).

Attributes	Females	Males	Total
Appearance	6.63 (± 1.65)	6.50 (± 1.93)	6.60 (± 1.71)
Flavor/Taste	6.91 (± 1.80)	6.75 (± 1.65)	6.87 (± 1.76)
Texture	6.30 (± 1.90)	6.33 (± 2.10)	6.30 (± 1.94)
Sweetness	3.95 (± 0.75)	3.92 (± 0.93)	3.94 (± 0.79)
Thickness	3.73 (± 0.95)	4.00 (± 0.59)	3.79 (± 0.88)
Smoothness	3.73 (± 0.72)	3.88 (± 0.45)	3.77 (± 0.66)
Overall Liking	6.68 (± 1.94)	6.54 (± 2.02)	6.65 (± 1.95)
Easiness of recipe	7.92 (± 1.18)	7.88 (± 1.19)	7.91 (± 1.18)

- 미국 현지 관능평가를 통해 다음과 같은 소비자의 의견을 확인할 수 있었다.

* 라이스케익

- 떡의 쫄깃한 식감이 어색하고 불편하다

- 따뜻한 간식 같은 느낌으로 스낵 또는 아침식사 대용으로 좋을 것 같다
- 처음 접하는 제품이라서 제품에 대한 기준이 모호하다(식감, 조리방법)
- 엔젤푸드케익과 같은 이미지이며 식감이 비슷했으면 좋겠다
- 직접 원하는 타입의 소스나 토핑을 올려서 조리할 수 있을 것 같다
(다양한 활용이 가능한 부분에 대한 긍정적인 평가)

* 라이스푸딩

- 너무 흐르는 조직감으로 단단하게 개선되었으면 좋겠다

- 간식의 용도로 적합할 것 같다
- 맛과 향은 만족스럽다(대부분 선호)
- 조리하는 사람에 따른 물성 편차 발생
- 보다 조리법이 간편했으면 좋겠다(ex. 전자레인지 조리)

- 상기 요구사항에 맞춰 개선 제품을 개발하였다.

table 8. 라이스케익 개선 처방

설기떡 (Plain Type-2)		
원료명	1 식(g)	배합비(%)
쌀가루	6.5	13.0
변성전분_C	5.8	11.5
변성전분_B	5.2	10.2
정백당	20.8	42.0
우유-크림분말	3.2	6.5
식이섬유	1.3	2.5
분말유지	3.8	7.5
아가베분말	1.2	2.3
물성계량제	2.1	4.2
정제염	0.1	0.3
Total	50.0	100.0

table 9. 라이스푸딩 개선 처방

라이스 푸딩 (Original-2)		
원 료 명	식당함량(g)	배합비(%)
분당	10.6	30.3
쌀가루	6.7	19.1
덱스트린	6.7	19.1
크림분말	6.5	18.6
탈지분유	3.4	9.7
검 프리믹스 NSP	0.6	1.7
난황분말	0.1	0.3
효소처리스테비아	0.1	0.3
카라멜분말향	0.3	0.9
합계	35.0	100.0

(3) 디저트 떡 믹스 및 디저트 푸딩 믹스 조리 레시피 개발

- 제조된 프리믹스는 물 또는 우유에 혼합하고, 전자레인지로 이용하여 조리할 수 있다.
- 라이스케익은 250ml 가량의 용기 혹은 머그컵에 프리믹스 40g 과 중간크기 계란 1 개를 잘 혼합하고 700 와트 전자레인지에서 1 분간 조리하여 제조할 수 있다.
- 라이스푸딩은 용기에 푸딩믹스 50g 과 우유(혹은 물) 200ml 를 넣고 잘 교반한 뒤에 700 와트 전자레인지에서 3 분간 조리한 뒤 1 시간 이상 냉장(10℃ 내외) 시켜 제조할 수 있다. 이에 앞서서 작은 컵이나 모양틀에 나누어 담아 냉각하면 다양한 형태의 푸딩을 제조할 수 있다.

구 분	라이스 케익	라이스 푸딩
컨 셉	 <p>계란 하나와 함께 잘 섞어서 전자레인지에서 손쉽게 조리할 수 있는 바닐라 맛의 컵케익 프리믹스</p>	 <p>우유에 잘 섞은 뒤에 전자레인지로 손쉽게 조리할 수 있는 크림카라멜 맛의 푸딩 프리믹스</p>
주요 원재료	쌀가루(알파미분), 분당, 전지분유, 식이섬유, 변성전분, 아가베 분말, 정제염, 바닐라향 등	쌀가루(알파미분), 분당, 올리고당, 쌀지분유, 난황분말, 카라멜향 등
중 량 (g)	40g	50g
조 리 법	<ol style="list-style-type: none"> 1. 달걀을 프리믹스와 함께 용기에서 혼합해 줍니다 2. 700와트 전자레인지에서 1분 20초 조리합니다 • 조리 후 기호에 따라 시럽이나 꿀을 얹어 먹으면 더욱 좋습니다 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 우유 200ml과 프리믹스를 함께 용기에서 잘 혼합 2. 700와트 전자레인지에서 3분간 가열 3. 원하는 모양틀에 부어 냉장고에서 냉각 (1시간)

figure 7. 라이스케익, 라이스푸딩 시제품

(4) 미국 현지인의 디저트 떡 믹스 및 디저트 푸딩 믹스 제품 대한 관능적 기호도 조사 진행(2차)

- 64명의 현지 소비자를 대상으로 관능평가를 진행하였다.

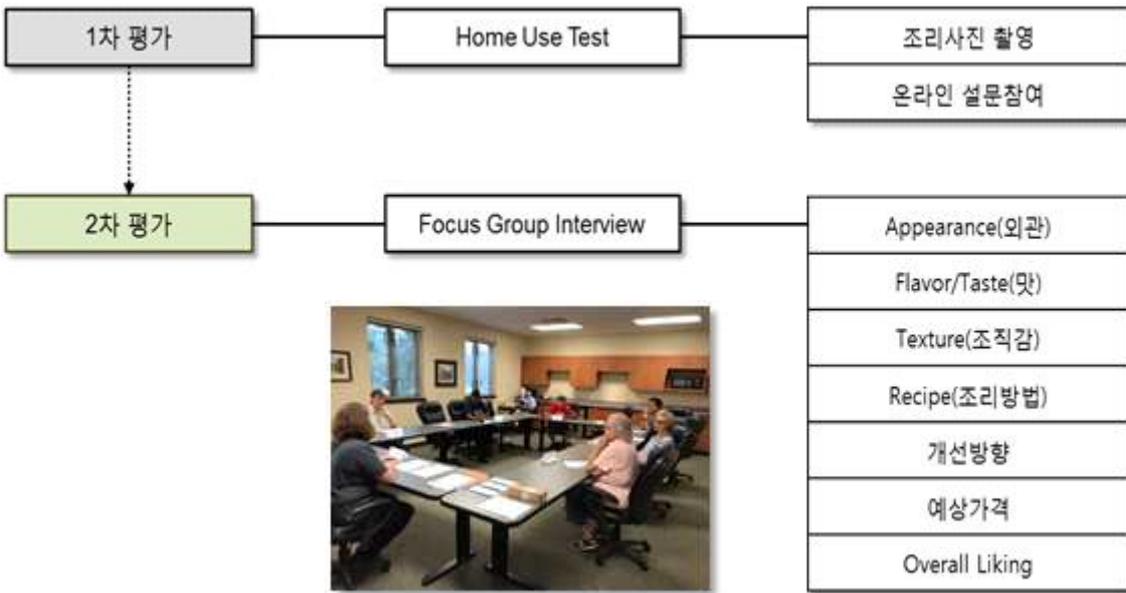


figure 8. 미국 소비자 관능평가(2차)

table 10. 라이스케익 관능평가 결과

구분	Rice Cupcake
Aroma liking	5.4 (± 2.1)
Appearance liking	6.7 (± 1.6)
Flavor liking	6.6 (± 1.7)
Texture liking	6.0 (± 2.2)
Overall liking	6.2 (± 2.0)

table 11. 라이스푸딩 관능평가 결과

구분	Rice Cup	Pudding
Aroma liking	6.2 (± 1.7)	
Appearance liking	5.9 (± 1.6)	
Flavor liking	6.7 (± 1.7)	
Texture liking	6.4 (± 1.8)	
Overall liking	6.3 (± 1.9)	

- 미국 현지 관능평가(2차)를 통해 다음과 같은 소비자의 의견을 확인할 수 있었다

* 라이스케익

- 전반적으로 품질에 만족스럽다
- 조리가 매우 간편하고 맛이 좋다는 평가
- 조직감이 쫄깃하면서 부드러워서 ‘엔젤푸드케익’ 같다(다수 의견)
- 예상가격 : 1.5~4.0\$ / 2 pack

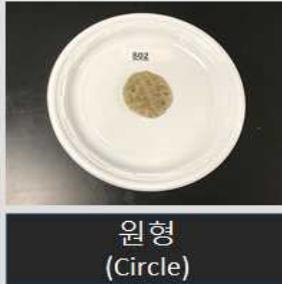
* 라이스푸딩

- 전반적 만족도 비교적 만족스럽다
- 조리가 간편하나 전자레인지에서 넘침 발생 의견 다수
- 조직감이 조금 더 단단하면 좋겠다
- 단맛을 조금 줄였으면 좋겠다
- 예상가격 : 0.5~1.5\$ / 1 pack

(5) 미국 현지 소비자 대상 쌀 스낵 기호도 평가

- 총 113명의 미국 현지인 참가(연령대: 20세부터 74세 평균나이: 40세)

- 외형이 다른 4 종류의 쌀스낵이 사용되었음.
- 쌀스낵을 아래와 같이 하얀 플라스틱 접시에 담아 제공하였음.
- 모든 패널들은 쌀스낵을 제공받아 관능적 특성 (외형) 및 기호도를 평가하였음.



원형
(Circle)



해조류형
(Seaweed)



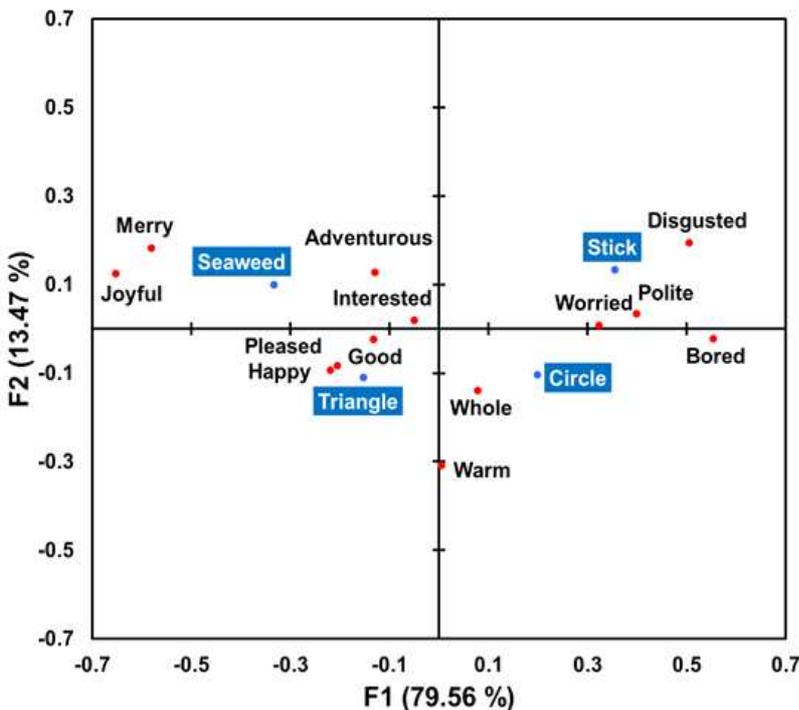
막대형
(Stick)



삼각형
(Triangle)

제공된 쌀스낵 시료의 예

A biplot of correspondence analysis based on emotional responses evoked by four shapes of rice snacks



- 스낵에 대한 감정반응은 스낵의 외관에 따라 각각 다른 반응을 보였음.
- 스낵에 대한 감정반응에 기반하여 네 종류의 스낵을 분류할 수 있었음.
- 해조류형과 삼각형 모양의 스낵은 긍정적인 감정반응을 일으켰음.
- 해조류형은 흥미 및 새로운 시도에 관련된 감정반응을 일으켰음.
- 막대형과 원형은 다소 부정적인 감정반응을 일으켰음.

table 12. 쌀 스낵 관능평가 결과

table 12. 라이스스낵 선호도조사 결과

A contingency table of the proportions of selection by 113 panelists					
	원형 (Circle)	해조류형 (Seaweed)	막대형 (Stick)	삼각형 (Triangle)	P-value
Adventurous	0.23b	0.39a	0.25ab	0.29ab	0.01
Bored	0.19a	0.04b	0.20a	0.11ab	< 0.001
Disgusted	0.13a	0.06a	0.18a	0.06a	0.004
Good	0.22ab	0.27a	0.15b	0.25ab	0.04
Happy	0.12a	0.15a	0.01a	0.15a	0.04
Interested	0.54ab	0.63a	0.45b	0.58ab	0.02
Joyful	0.04ab	0.12a	0.01b	0.06ab	< 0.001
Merry	0.02a	0.09a	0.02a	0.05a	0.002
Pleased	0.16a	0.21a	0.10a	0.22a	0.03
Polite	0.12a	0.05ab	0.07ab	0.02b	0.008
Warm	0.14a	0.08a	0.06a	0.15a	0.02
Whole	0.20a	0.13a	0.11a	0.14a	0.04
Worried	0.21a	0.11a	0.21a	0.15a	0.02

Sample comparisons in terms of overall appearance liking, willingness to eat, and matching level with seaweed flavor					
	원형 (Circle)	해조류형 (Seaweed)	막대형 (Stick)	삼각형 (Triangle)	P-value
Appearance liking	5.4 (± 2.0)b	6.2 (± 1.7)a	4.9 (± 1.9)b	6.0 (± 1.8)a	< 0.001
Willingness to eat	6.4 (± 1.8)b	7.0 (± 1.5)a	6.0 (± 1.9)c	6.9 (± 1.4)a	< 0.001
Matching level with seaweed flavor	5.5 (± 1.8)bc	6.4 (± 1.6)a	5.0 (± 2.0)c	5.7 (± 1.9)b	< 0.001

Mean (± standard deviation)
Means with different letters within each row represent a significant difference at $P < 0.05$.

(6) 미국 현지 소비자 대상 쌀음료 기호도 평가

- 총 100명의 미국 현지인 참가(연령대: 20세부터 76세 평균나이: 41세)

- 오른쪽과 같은 3종류의 쌀음료가 사용되었음.
- 각 쌀음료를 아래와 같이 118-mL soufflé cup에 담아 제공하였음.
- 시료 제공 온도는 4 °C 였으며, 시료간 간격은 3분이었음.
- 모든 패널들은 총 3개의 쌀음료를 Latin Square 방법에 따라 제공받았고, 관능적 특성 및 기호도를 평가하였음.

- 1) Rice Dream Original
- 2) Rice Valley
- 3) Balanced Nutrition



제공된 쌀음료 시료의 예

table 13. 라이스 음료 관능평가 결과

table 13. 라이스 음료 관능평가 결과

Sample comparisons in terms of attribute liking and overall liking				
	Rice Dream Original	Rice Valley	Balanced Nutrition	P-value
Aroma liking	5.3 (± 1.0)b	5.4 (± 1.1)b	6.2 (± 1.5)a	< 0.001
Appearance liking	5.0 (± 1.8)b	6.6 (± 1.5)a	5.4 (± 1.8)b	< 0.001
Flavor liking	6.0 (± 1.9)a	3.9 (± 2.0)b	5.8 (± 2.1)a	< 0.001
Texture liking	6.2 (± 1.8)	5.6 (± 2.0)	5.7 (± 2.1)	0.06
Overall liking	5.8 (± 1.9)a	4.2 (± 2.1)b	5.6 (± 2.2)a	< 0.001

Mean (± standard deviation)
Means with different letters within each row represent a significant difference at $P < 0.05$.

Percentages for the JAR levels

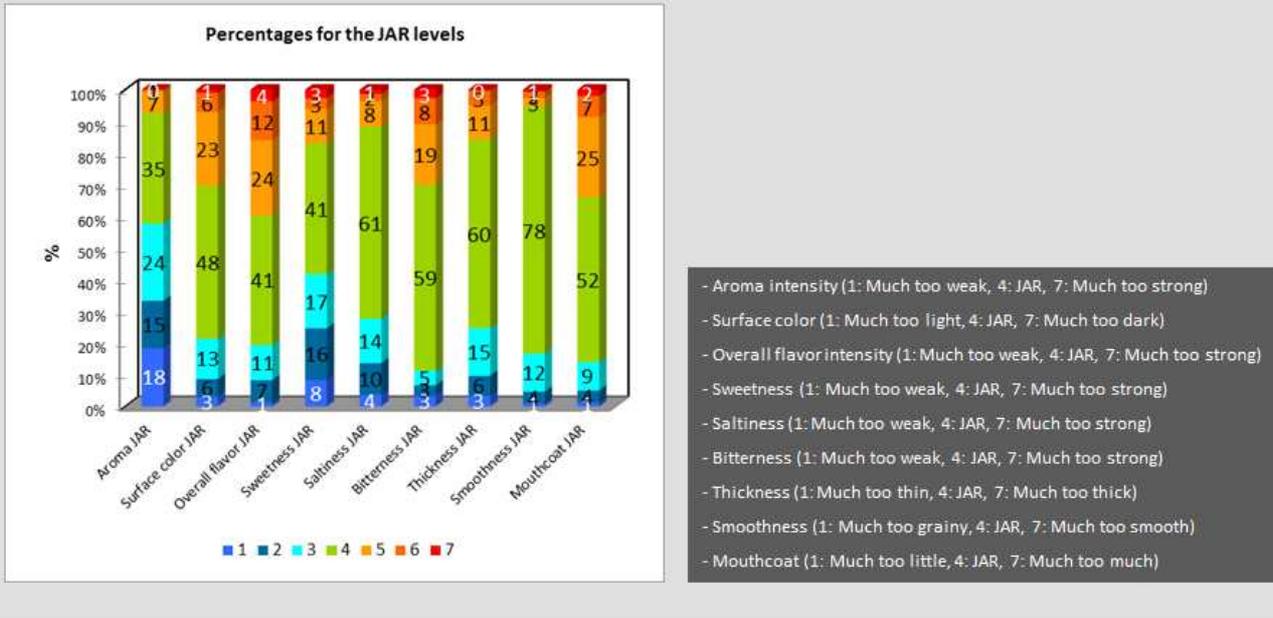


table 14. 라이스 음료 JAR Test 결과

(7) 연구 결과

(가) 라이스 케이크

1차년도에 개발한 라이스케이크는 쫄깃한 조직감을 지니고 있어서 현지 소비자 평가 결과 낮은 점수를 받았다. 미국 소비자는 쫄깃한 조직감에 대한 낮은 선호도를 느끼고 있지만 한편으로는 차별화된 새로운 컨셉이 될 수 있으므로 기존의 특징을 가진 현지인에게 어필할 수 있는 제품 개발이 지속될 필요가 있어 보인다.

한편, 현지 소비자가 요구하는 라이스케이크의 맛과 조직감을 목표로 한 개선 제품을 개발하였다. 이렇게 2차년도에 개발된 라이스케이크의 품질은 현지 소비자에게 우수하다고 평가를 받았으며 추후 제품출시로 이어질 수 있도록 상품화 검토 예정이다.

(나) 라이스 푸딩

1차년도에 개발한 라이스푸딩 부드럽지만 흐르는듯한 조직감을 지니고 있어서 현지 소비자 평가 결과 낮은 점수를 받았다. 따라서, 현지 소비자가 요구하는 라이스푸딩의 맛과 조직감을 목표로 개선을 진행하였다. 2차년도에 개발된 라이스 푸딩은 이같은 단점이 보완되었으며 현지 소비자에게 우수하다는 평가를 받았으며 추후 제품출시로 이어질 수 있도록 상품화 검토 예정이다.

(다) 라이스 스낵

모양을 다르게 한 라이스스낵은 해조류 원료를 사용하여 맛과 식감의 차별화를 이루고자 하였으며 각기 다른 4가지의 형태로 개발하였다. 원형, 해조류형, 삼각형, 스틱형의 네 가지 형

태 가운데 삼각형과 해조류형에 대한 선호도가 높게 나타났으며 삼각형 형태의 제품에 대한 미국 현지 제품 출시를 검토중이다.

(라) 라이스 음료

맛과 영양에 차이를 둔 두 가지 라이스음료를 개발하였으며 미국 현지의 라이스 음료와 함께 비교평가를 진행하였다. 현지 소비자는 부드러운 맛 보다는 맛과 영양이 강화된 형태의 제품을 선호하는 결과를 얻을 수 있었다.

다. 디저트 상품의 프리믹스 및 완제품의 이화학적 특성 규명

디저트 상품의 프리믹스 및 완제품의 색도, 일반성분(수분, 회분, 조지방, 조단백, 탄수화물), 조직감(물성, 점성), 휘발성성분(지방산 산패 지표물질, 향기성분) 분석 및 프리믹스의 저장성을 평가하였다.

또한, 플레인 디저트 떡, 흑미 디저트 떡, 쌀 컵케익, 라이스 푸딩 완제품의 색도, 조직감(떡과 컵케익의 경우 물성, 라이스 푸딩의 경우 점성), 향기 성분을 포함한 휘발성 성분을 분석하였다.

(1) 믹스의 일반성분 분석

(가) 연구 방법

일반성분 분석은 AOAC (2000) 방법에 따라 수분, 조회분, 조단백, 조지방을 측정하였다. 식품공전 탄수화물은 100%에서 수분, 조회분, 조단백, 조지방을 감한 값으로 계산하였다. 수분은 105℃상압 가열 건조법, 조회분은 550℃ 직접회화법, 조단백은 Kjeldahl 질소정량법, 조지방은 Soxhlet 추출법으로 각각 정량하였다.

(나) 연구 결과

본 연구에 사용한 믹스의 일반성분을 조사한 결과(Table 1), 플레인과 흑미 디저트 떡의 수분은 7.0-7.2%, 조회분은 1.4-1.6%, 조지방은 1.2%, 조단백은 3.6-4.4%, 탄수화물 함량은 85.6-86.8%로 나타났다. 쌀 컵케익의 수분은 2.5%, 조회분은 1.1%, 조지방은 8.7%, 조단백은 2.3%, 탄수화물은 85.4%로 디저트 떡에 비해 수분 함량은 더 낮고 조지방의 함량은 더 높은 것으로 보인다. 라이스 푸딩의 수분은 3.7%, 조회분은 0.8%, 조지방은 6.6%, 조단백은 6.4%, 탄수화물은 82.5%였다.

Table 1. Proximate analysis of rice dessert premixes

Type	Dessert rice cake		Rice cup cake	Rice pudding
	Plain	black rice		
Moisture(%)	7.0 ± 0.3	7.2 ± 0.4	2.5 ± 0.1	3.7 ± 0.6
Crude ash(%)	1.4 ± 0.1	1.6 ± 0.3	1.1 ± 0.2	0.8 ± 0.1
Crude fat(%)	1.2 ± 0.1	1.2 ± 0.1	8.7 ± 0.4	6.6 ± 0.6
Crude protein(%)	3.6 ± 0.4	4.4 ± 0.2	2.3 ± 0.3	6.4 ± 0.7
Carbohydrate(%)	86.8 ± 0.4	85.6 ± 0.4	85.4 ± 0.6	82.5 ± 0.9

(2) 믹스의 저장성 평가

(가) 연구 방법

① HS-SPME GC-MS 를 이용한 hexanal 을 포함한 지방 산패 관련 휘발성 성분 분석

40°C에서 믹스 4 종류(플레인 디저트 떡, 흑미 디저트 떡, 쌀 컵케익, 라이스 푸딩 믹스) 를 10주 동안 저장하며, 믹스의 주성분인 쌀가루에서 발생하는 hexanal을 포함한 지방 산패 관련 휘발성 성분의 변화를 headspace solid phase microextraction (HS-SPME) gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)를 이용하여 측정하였다. 측정은 10주(0, 2, 4, 7, 14, 28, 42, 56, 70일) 동안 진행하였다.

믹스 30 g 을 균질화시킨 후 2.0 g (±0.5%)을 샘플링한 후, HS-SPME 추출법으로, 2cm 길이의 DVB/CAR/PDMS fiber 를 이용하여 휘발성 성분을 추출하고, Agilent 사의 MSD 5975 가 연결된 GC 7890A (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)으로 splitless mode 로 분석하였다. GC 칼럼은 DB-WAX (30 m×0.250 mm×0.25 μm, Agilent Technologies)을 사용하였고, GC 오븐은 초기온도 35°C에서 1분간 유지하고, 100°C까지 5°C/min 의 속도로 증가 시킨 후 20°C/min 의 속도로 250°C까지 온도를 높인 후, 5분간 유지하였다. 운반기체는 헬륨 가스(0.7 mL/min)를 사용하였다. 주입구 온도는 220°C이며 solvent delay time 은 1min 이었다. Ionization voltage 는 70 eV, electron multiplier voltage 는 1,800V 로 설정하였다. 휘발성 성분 동정을 위해서는 n-alkane standard (C6-C40)를 이용하여 Kovats retention index (KI)를 산출한 후 NIST Mass Spectral Search program 과 휘발성 성분 스탠다드를 이용하였다. 저장 중 지방 산패 관련 휘발성

성분 변화를 분석하기 위해, hexanal (m/z 82)과 nonanal (m/z 98)의 extracted ion peak area 값을 internal standard 인 octanal- d_{16} 의 peak area 값과 비교하여 계산하여 상대 정량(relative quantification)을 실시하였다.

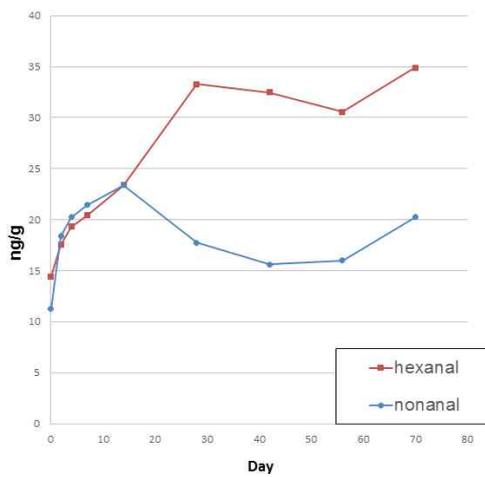
$$\text{concentration} \left(\frac{\text{ng}}{\text{g}} \right) = \frac{\text{extracted ion peak area}}{\text{extracted ion peak area of IS}} \times \left(\text{IS} \times \frac{10 \text{ ng}}{\text{g}} \right)$$

(나) 연구 결과

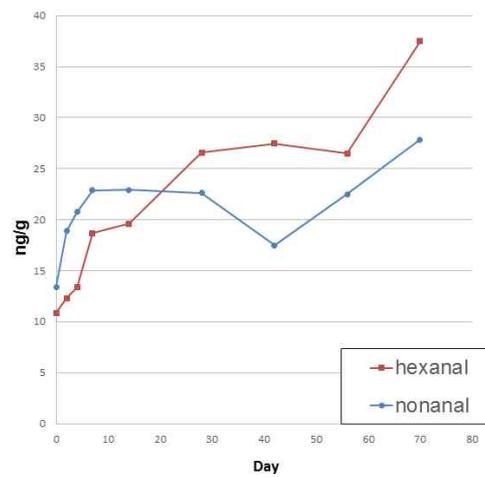
믹스 4 종류(플레인 디저트 떡, 흑미 디저트 떡, 쌀 컵케익, 라이스 푸딩 믹스)에 있는 지방 산패의 지표물질을 GC/MS로 분석한 결과는 Figure 1에 나타내었다. Hexanal은 쌀과 같은 불포화 지방산의 함량이 높은 식품의 경우 저장 중 주로 생성되는 대표적인 지방 산패 지표 물질이다. 저장 전 (0일) 플레인 디저트 떡 믹스의 경우 14.4 ng/g였으나 저장 28일까지 급격하게 증가하는 경향을 보였다. 저장 28일에 33.3 ng/g 으로 저장 0일에 비해 2.3배 증가하였고 최종 저장일인 70일에는 34.9 ng/g으로 가장 높은 함량을 보였다. 흑미 디저트 떡 믹스에서는 저장 초기 10.9 ng/g으로 저장 28일까지 26.6 ng/g로 급격하게 증가하는 경향을 보였고, 최종 저장일인 70일에는 37.5 ng/g으로 저장 초기보다 약 3.4배 증가하였다. 저장 70일 후 4종의 믹스 중 흑미 디저트 떡 믹스의 hexanal 증가폭이 가장 컸다.

쌀 컵케익 믹스의 hexanal 함량 증가 폭은 디저트 떡 2종(플레인, 흑미)에 비해 낮았으며, 저장 0일(12.4 ng/g)에 비해 최종 저장일인 70일차에서는 22.5 ng/g으로, 저장 초기에 비하여 1.8배 증가하였다. 쌀 푸딩 믹스의 hexanal의 경우 저장 0일(7.2 ng/g)부터 저장 56일(10.7 ng/g)까지 큰 변화를 보이지 않았으나, 최종 저장일인 70일에 급격히 증가하여 16.2 ng/g였으나 나머지 3종의 믹스에 비해 최종 hexanal 농도가 가장 낮았다.

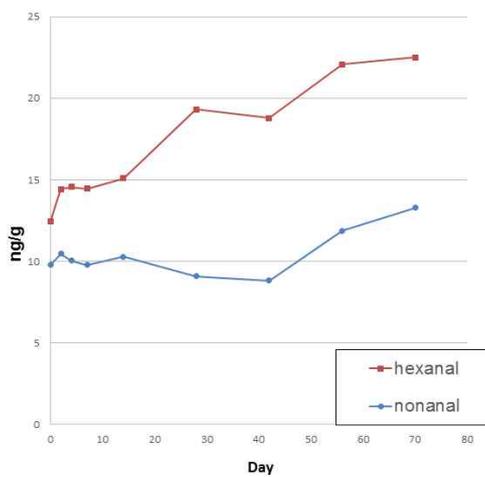
플레인 디저트 떡 믹스와 흑미 디저트 떡 믹스 모두 nonanal의 경우 초기에 hexanal에 비해 더 빨리 급격하게 증가하기 시작하였다. 두 믹스 모두 저장 0일(11.2 ng/g)에 비해 저장 7-14일에 최고점으로 급격하게 증가하였으며, 이후에 감소하다가 저장 42-56일부터 다시 증가하는 경향을 보였다. 쌀 컵케익 믹스와 푸딩 믹스의 경우 nonanal은 저장 42일까지 함량의 큰 변화를 보이지 않았다. 따라서, 플레인 디저트 떡 믹스와 흑미 디저트 떡 믹스의 경우 hexanal에 비해 더 빨리 증가하는 nonanal을 산패에 더 빨리 반응하는 산패 지표 물질(early lipid oxidation marker)로 사용될 수 있는 가능성이 있다고 사료된다.



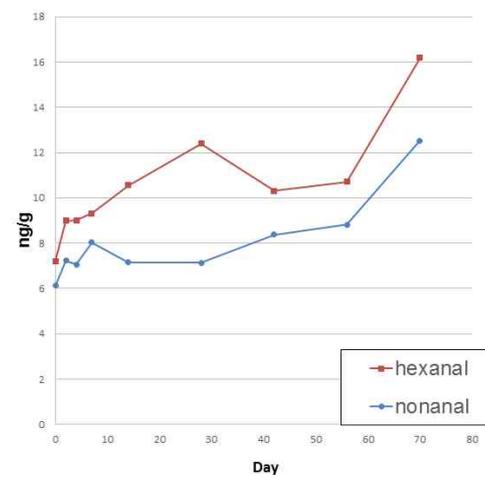
(A)



(B)



(C)



(D)

Figure 1. Changes of relative concentrations of hexanal and nonanal in rice dessert premixes: (A) plain dessert ricecake, (B) black rice dessert rice cake, (C) rice cup cake, (D) rice pudding.

(3) 디저트 상품의 조리법

(가) 디저트 떡(플레인)

믹스 50 g 에 물 30 g 을 가수하여 혼합 후 상기 혼합물을 18 mesh standard sieve 를 이용하여 채친다. 그 후 30 분간 찜기를 이용하여 조리한다.

(나) 디저트 떡(흑미)

믹스 50 g 에 물 28.5 g 을 가수하여 혼합 후 상기 혼합물을 18 mesh standard sieve 를 이용하여 채친다. 그 후 30 분간 찜기를 이용하여 조리한다.

(다) 디저트 컵케익

250 mL 용량의 전자레인지 용 용기에 믹스 40 g 과 계란 한 개를 충분히 혼합한다. 이 후 전자레인지에서 1 분간 조리한다(700 W 기준).

(라) 디저트 푸딩

전자레인지 용 믹싱볼에 믹스 50 g 과 우유 200 mL 를 넣고 충분히 혼합한다. 이 후 전자레인지에서 3 분간(700 W 기준) 조리 후 컵에 일정량을 담아 나누고 40 분 이상 냉장한다.

디저트 상품 4품종(플레인 디저트 떡, 흑미 디저트 떡, 쌀 컵케익, 라이스 푸딩)을 위의 조리법을 이용하여 제조하였다(Figure 2).

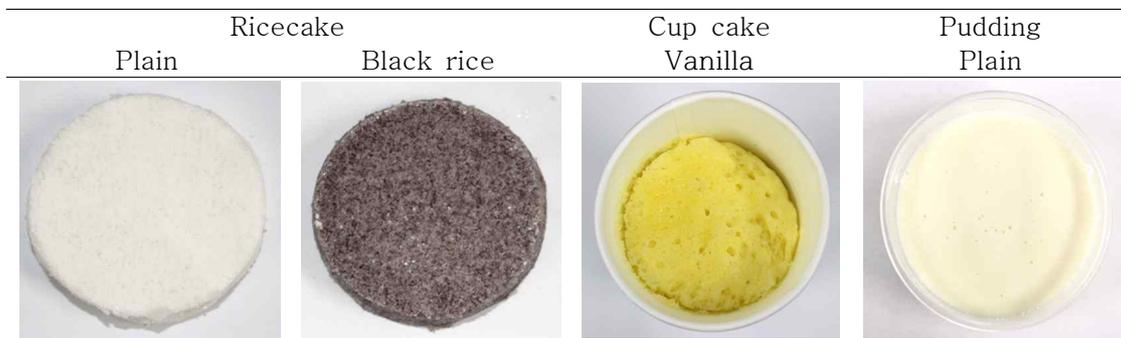


Figure 2. Cooked rice dessert products pictures (plain rice cake, black rice cake, rice cup cake, and plain pudding)

(4) 디저트 상품의 색도 분석

(가) 연구 방법

위의 조리법으로 믹스를 이용하여 만든 디저트 제품 완제품 4종의 색도는 색차계 (UltraScan PRO, Hunterlab, VA, USA)를 사용하여 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)값을 측정하였다. 표준 색판으로는 백색판(L*= 99.97 a*= 0.09 b*=-0.04)을 사용하였다. 디저트 제품 완제품을 유리 원형용기(φ 40 × 12 mm)에 담아 중심부분을 측정하였다.

(나) 연구 결과

믹스를 이용하여 만든 4종의 쌀 디저트(플레인 디저트 떡, 흑미 디저트 떡, 쌀 컵케익, 라이스 푸딩) 완제품의 외부 색도를 측정한 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Hunter' s color values of cooked rice products

Type	Rice cake		Cup cake	Rice pudding
	Plain	Black rice	Vanilla	Plain
L*	81.80 ± 0.05	46.86 ± 0.09	78.64 ± 0.18	83.87 ± 0.07
a*	-2.01 ± 0.05	5.80 ± 0.09	0.68 ± 0.02	-3.42 ± 0.05
b*	7.17 ± 0.05	3.55 ± 0.09	33.30 ± 0.05	9.93 ± 0.03

(5) 디저트 상품의 조직감 측정

(가) 연구 방법

① 디저트 떡(플레인, 흑미)과 쌀 컵케익의 조직감 측정

믹스를 이용하여 만든 플레인 디저트 떡, 흑미 디저트 떡, 쌀 컵케익의 조직감 분석은 texture analyzer (TA-XT2, Stable Micro System Ltd., London, UK)를 사용하여 two-cycle compression test로 측정하였고 조건은 Table 3에 나타내었다. 쌀 컵케익의 경우 타사의 쌀 컵케익 믹스 2종을 시중에서 구매하여 조리하여 측정하였다. Texture Profile Analysis (TPA)를 이용하여 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness) 및 탄성(springiness)을 본 연구에서 사용하였다. 사용한 TPA 조건은 Table 3와 같다. 조직감 측정을 위해, 지름 20 mm의 실린더 탐침(cylinder aluminium probe)을 사용하였으며, 모든 완제품에 대해 10회 이상 반복 측정하였다.

Table 3. Test condition for texture profile analysis

Parameter	Value
Pre-test speed	2.00 mm/sec
Test speed	1.00 mm/sec
Post-test speed	1.00 mm/sec
Strain	70%
Trigger force	5.0 g

② 라이스 푸딩의 점성 측정

쌀 디저트 제품 중 라이스 푸딩과 시중에서 구매한 타사의 라이스 푸딩 믹스로 만든 라이스 푸딩 완제품의 점도 분석은 Rapid Visco Analyser (RVA)(SV-10, AND Ltd, Gyeonggi-do, Korea)를 사용하여 측정하였으며, 50 mL의 푸딩 샘플을 5회 이상 반복 측정하여 평균값을 나타내었다.

(나) 분석 결과

① 디저트 떡(플레인, 흑미)과 쌀 컵케익의 조직감

Table 4 에서 보는 바와 같이 믹스를 이용하여 디저트 제품(디저트 떡, 쌀 컵케익)을 만들어 TPA를 관찰한 결과, 흑미를 첨가한 흑미 디저트 떡이 플레인 디저트 떡에 비하여 hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness의 모든 결과에서 서로 유의한 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). 쌀 컵케익은 타사의 쌀컵케익 믹스 제품과 비교하였을 때 hardness는 B 제품과 유사한 수준을 보였으며 adhesiveness는 A 제품과 유사한 수준을 보였다. 또한 springiness, cohesiveness는 모든 샘플에서 유의한 차이를 보이지 않았으며, gumminess와 chewiness는 A 제품의 값보다 유의하게 높았으며 B 제품의 값보다 유의하게 낮은 결과를 보였다($p < 0.05$).

Table 4. Instrumental textural properties of cooked rice products

Type	Dessert rice cake		Rice cup cake	C** cup cake	
	Plain	Black rice		(A) Chocolate flavor	(B) Banana flavor
Hardness(g)	399.9 ± 19.4	415.9 ± 130.1	184.6 ± 11.8b	127.1 ± 7.6a	190.2 ± 17.1b
Adhesiveness(g.sec)	38.4 ± 2.1	37.8 ± 1.6	42.6 ± 10.1b	30.4 ± 10.3ab	20.1 ± 8.5a
Springiness	0.8 ± 0.0	0.8 ± 0.0	0.9 ± 0.0	1.0 ± 0.1	0.9 ± 0.0
Cohesiveness	0.8 ± 0.0	0.8 ± 0.0	0.8 ± 0.0	0.8 ± 0.0	0.8 ± 0.0
Gumminess	316.9 ± 15.5	322.4 ± 100.2	144.8 ± 8.9b	98.4 ± 5.5a	217.6 ± 4.7c
Chewiness(g)	245.3 ± 21.1	268.3 ± 81.9	136.6 ± 9.7b	96.8 ± 5.3a	189.4 ± 2.7c

② 라이스 푸딩의 점성 측정

Table 5에서 보는 바와 같이 믹스를 이용하여 라이스 푸딩을 만들어 점성을 측정한 결과, 해외에서 구매한 타사의 C 제품과 비교하였을 때 유의한 차이를 보이지 않았다 ($P < 0.05$).

Table 5. Instrumental viscosity properties of cooked rice puddings

Type	Rice pudding	(C) J* pudding (Competitor) Vanilla flavor
Viscosity(cP)	370.3 ± 32.6	356.0 ± 38.1

(6) 디저트 떡 믹스(플레인, 흑미)의 고온 저장이 디저트 떡 조리 후 완제품에 미치는 휘발성 성분 변화 분석

(가) 연구방법

40°C에서 10주간 플레인 디저트 떡 믹스와 흑미 디저트 떡 믹스를 저장 후 저장 전과 저장한 믹스를 조리하여 완제품을 만든 후 바로 샘플링 한 후 HS-SPME GC/MS를 이용하여 휘발성 성분을 분석하였다. 완제품 조리 직 후 완제품 50 g을 균질화 한 후 2.0 g ($\pm 0.5\%$)을 취하여 24시간 이내로 equilibrium을 하였다. 이 후 HS-SPME 추출법으로, 2 cm 길이의 DVB/CAR/PDMS fiber를 이용하여 휘발성 성분을 추출하고, Agilent사의 MSD 5975가 연결된 GC 7890A (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)으로 splitless mode로 분석하였다. GC 칼럼은 DB-WAX (30 m×0.250 mm×0.25 μ m, Agilent Technologies)을 사용하였고, GC 오븐은 초기온도 35°C에서 1분간 유지하고, 100°C까지 5°C/min의 속도로 증가시킨 후 20°C/min의 속도로 250°C까지 온도를 높힌 후, 5분간 유지하였다. 운반기체는 헬륨가스(0.7 mL/min)를 사용하였다. 주입구 온도는 220°C이며 solvent delay time은 1 min이었다. Ionization voltage는 70 eV, electron multiplier voltage는 1,800 V로 설정하였다.

휘발성 성분 동정을 위해서는 n-alkane standard (C6-C40)를 이용하여 Kovats retention index를 산출한 후 NIST Mass Spectral Search program과 휘발성 성분 스탠다드를 이용하였다.

휘발성 성분 정량의 경우 휘발성 물질의 extracted ion peak area 값을 internal standard (aldehydes: octanal- d_{16} ; nitrogen-containing compounds: 2-methylpyrazine- d_6 ; alcohols: n-hexyl- d_{13} alcohol)의 peak area 값과 비교하여 계산하여 상대 정량(relative quantification)을 실시하였다.

$$\text{concentration} \left(\frac{\text{ng}}{\text{g}} \right) = \frac{\text{extracted ion peak area}}{\text{extracted ion peak area of IS}} \times \left(\text{IS} \times \frac{10 \text{ ng}}{\text{g}} \right)$$

(나) 연구 결과

① 플레인 디저트 떡 믹스의 고온 저장이 디저트 떡 조리 후 완제품에 미치는 휘발성 성분 변화 분석

HS-SPME GC/MS로 플레인 디저트 떡의 향기 성분을 분석하였고 GC 크로마토그램과 정량 결과는 Figure 3와 Table 6에 나타내었다. 총 55개의 휘발성 성분이 동정이 되었으며 알데하이드류 5종, 케톤류 7종, 알코올류 5종, 알케인류 7종, 올레핀류 1종, acid와 ester류 7종, 그리고 23종의 기타 성분을 확인하였다. 전체 휘발성 성분 중 46개의 성분이 향기활성을 보이는 물질로 나타났다. 10주간 저장 후 조리한 완제품의 휘발성 성분의 함은 저장 전에 비하여 저장 후 현저하게 감소하여 저장 전 값의 27%에 불과했다. 저장 전 조리시 동정되었던 휘발성 성분 중 9개의 휘발성 성분(ethanol, decane, longifolene, N,N-dibutylformamid, 4-isopropyl-1,6-dimethyl-1,2,3,4-tetrahydronaphthalene, 5-dodecanylbenzene, 4-dodecanylbenzene, 3-dodecanylbenzene, methyl palmitate)은 저장 후 조리시 검출되지 않았다. 특이적으로 저장 전 조리시에는 없었던 5-pentyl-2(5H)-furanone가 10주 저장 믹스로 만든 디저트 떡 제품에서 동정이 되었다. 이와 같이 전반적으로 휘발성 성분의 함량이 저장 후 조리시 낮아지거나 없어졌지만 지방 산패 관련 성분들의 함량은 오히려 증가하였다. 예를 들어, 대표적인 지방 산패 지표물질인 hexanal은 저장 전 믹스로 만든 디저트 떡보다 저장 10주 후 만든 디저트 떡에서 1.3배 증가하였고, 2-pentylfuran은 2.3배 증가하였다. 따라

서 저장시 쫄내에 관여하는 향기 성분으로 알려진 hexanal과 hexanol 등의 함량이 증가로 제품의 향기 특성이 바뀔 것이라 예상된다. 지질의 산화 및 분해, 당과 아미노산의 가열에 의한 반응 등으로 생성되는데 휘발성 물질이 생성이 되며, 특히 알데히드류는 산화효소에 의해 지방산이 분해됨에 따라 발생한다 (Quach ML et al., 1999).

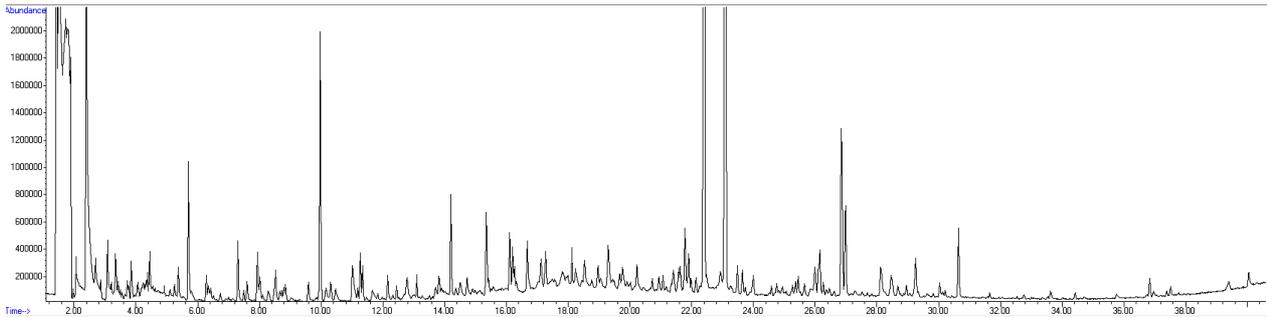


Figure 3. A representative GC chromatogram of cooked plain dessert rice cake.

Table 6. Concentration of volatile compounds identified in cooked plain dessert rice cake.

No.	volatile compound	t _R of unknown	unknown RI	literature RI	odor description	initial (10 ⁶)	after 10 weeks (10 ⁶)
aldehydes							
5	hexanal	4.44	1078	1080	fruity, fatty, leafy, vegetative	5.8 ± 0.0	7.8 ± 0.0
15	octanal	8.72	1279	1284	aldehydic, green, peely, citrus	0.8 ± 0.0	1.4 ± 0.0
17	(2E)-2-heptenal	9.59	1314	1318	green, sweet, fresh, fruity	3.8 ± 0.0	3.9 ± 0.0
22	(2E)-2-octenal	12.16	1415	1416	sweet, green, citrus peel, fatty	4.1 ± 0.0	2.9 ± 0.0
30	(2E,4E)-2,4-decadienal	20.94	1784	1789	fatty, chicken, aldehydic, green	2.7 ± 0.0	9.1 ± 0.3
ketones							
1	acetone	1.97	814	814	solvent, ethereal, apple, pear	0.7 ± 0.0	0.6 ± 0.0
14	2-octanone	8.66	1277	1283	dairy, waxy, cheesy, woody	1.0 ± 0.0	2.1 ± 0.1
19	2-nonanone	11.19	1377	1378	fruity, cheesy	1.6 ± 0.0	0.2 ± 0.0
41	2-pentadecanone	25.27	2001	1997	fatty, spicy, floral	2.1 ± 0.0	0.5 ± 0.0
42	5-pentylidihydro-2(3H)-furanone	25.37	2007	2005		1.9 ± 0.1	1.4 ± 0.0
46	5-pentyl-2(5H)-furanone	26.05	2046	2052	minty, fruity	n.d.	4.8 ± 0.2
48	4-hydroxy-4-methyl-2,6-bis(2-methyl-2-propenyl)-2,5-cyclohexadien-1-one	26.98	2096	2094		18.8 ± 0.4	4.3 ± 0.2
alcohols							

2	ethanol	2.69	925	926	alcoholic, ethereal, medicinal	2.9 ± 0.0	n.d
13	1-pentanol	8.02	1251	1246	fusel, fermented, bready, cereal	2.8 ± 0.0	1.2 ± 0.0
18	1-hexanol	10.46	1350	1356	green, fruity, apple skin	3.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0
20	nonanol	11.27	1380	1390	aldehydic, citrus, cucumber, melon	6.7 ± 0.0	6.9 ± 0.0
44	1-phenoxy-2-propanol	25.52	2017			0.0 ± 0.0	13.7 ± 0.1
alkanes							
3	decane	3.43	1008	1000	gasoline	0.9 ± 0.0	n.d.
10	dodecane	6.43	1181	1200	alkane	1.0 ± 0.0	0.1 ± 0.0
12	tricyclo[5.2.1.0 ^{2,6}]decane	7.6	1233	1243	disagreeable, camphor	3.3 ± 0.0	0.5 ± 0.0
16	tridecane	8.85	1284	1300	gasoline	1.6 ± 0.0	0.5 ± 0.0
21	tetradecane	11.34	1383	1400	mild, waxy	4.9 ± 0.0	3.5 ± 0.0
23	pentadecane	13.82	1481	1500	guineense fruit	3.4 ± 0.0	2.1 ± 0.0
27	hexadecane	16.26	1579	1600	mild, waxy	2.1 ± 0.1	10.0 ± 0.1
olefins							
24	1-pentadecene	14.72	1517	1515		3.8 ± 0.1	8.1 ± 0.0
acids and esters							
33	hexanoic acid	21.78	1825	1827	cheesy, fruity, phenolic, fatty	11.9 ± 0.0	4.3 ± 0.0
47	octanoic acid	26.1	2048	2050	rancid, soapy, cheesy, fatty	1.5 ± 0.1	2.0 ± 0.0
49	nonanoic acid	28.12	2158	2162	fatty, waxy, cheesy, sweet	11.1 ± 0.6	8.6 ± 1.0

50	methyl palmitate	28.96	2208	2210	oily, waxy, fatty, orris	2.0 ± 0.2	n.d.
52	decanoic acid	30.03	2272	2270	soapy, waxy, fruity	2.6 ± 0.0	0.2 ± 0.0
54	dodecanoic acid	33.62		2503	mild, fatty, coconut, bay, oil	1.8 ± 0.1	2.3 ± 0.0
56	hexadecanoic acid	40.04		2900	waxy, creamy	3.5 ± 0.1	0.0 ± 0.0
additional compounds							
4	toluene	3.85	1040	1043	sweet, pungent, benzene	6.2 ± 0.1	0.8 ± 0.0
6	ethylbenzene	5.1	1114	1116	aromatic	0.9 ± 0.0	0.6 ± 0.0
7	p-xylene	5.22	1125	1130	aromatic	1.8 ± 0.0	n.d.
8	m-xylene	5.38	1130	1140	plastic	4.9 ± 0.0	1.2 ± 0.0
9	o-xylene	6.28	1174	1176	geranium	3.3 ± 0.0	1.0 ± 0.0
11	2-pentylfuran	7.31	1220	1226	green, waxy, musty, caramellic	8.2 ± 0.0	10.2 ± 0.1
25	3-cyclohexene-1-carbonitrile	15.35	1543			13.4 ± 0.1	6.1 ± 0.2
26	longifolene	15.43	1546	1557	sweet, woody, rose, medical	1.0 ± 0.0	n.d.
28	(1S,8aR)-1-isopropyl-4,7-dimethyl-1,2,3,5,6,8a-hexahydronaphthalene	19.77	1731	1730	thyme, herbal, woody, dry	4.5 ± 0.1	2.9 ± 0.0
29	N,N-dibutylformamid	20.23	1753	1744	fishy, ammoniacal	3.6 ± 0.0	n.d.
31	4-isopropyl-1,6-dimethyl-1,2,3,4-tetrahydronaphthalene	21.41	1806	1808	herb, spice	4.4 ± 0.1	n.d.
32	5-undecanylbenzene	21.58	1815	1828		2.8 ± 0.0	3.5 ± 0.0
34	2-methoxyphenol	21.98	1835	1850	warm, spicy, vanilla, guaiacol	1.9 ± 0.0	2.1 ± 0.1
35	3-undecanylbenzene	22.47	1859	1873		1.5 ± 0.0	0.4 ± 0.0

36	4-methyl-2,6-bis(2-methyl-2-propanyl)phenol	23.09	1889	1893	mild, phenolic, camphor	379.1 ± 6.1	7.9 ± 0.2
37	5-dodecanylbenzene	23.64	1917	1928		4.3 ± 0.1	n.d.
38	4-dodecanylbenzene	24	1936	1943		4.5 ± 0.3	n.d.
39	3-dodecanylbenzene	24.59	1966	1972		1.6 ± 0.1	n.d.
40	phenol	24.94	1984	1973	sweet and tarry	1.5 ± 0.0	1.4 ± 0.0
43	6-tridecanylbenzene	25.45	2012	2015	aromatic	2.7 ± 0.1	2.7 ± 0.0
45	5-nonanylbenzene	25.66	2023		aromatic, gasoline-like	3.0 ± 0.0	0.2 ± 0.0
51	4-isopropyl-1,6-dimethyl-1,2,3,4,4a,7,8,8a-octahydro-1-naphthalenol	29.25	2226	2222	herb, wood	10.1 ± 0.7	5.6 ± 0.1
53	2,4-bis(2-methyl-2-propanyl)phenol	30.64	2308	2312	phenolic	12.3 ± 0.3	11.6 ± 0.8
sum						591.7 ± 8.4	160.5 ± 1.3

② 흑미 디저트 떡 믹스의 고온 저장이 디저트 떡 조리 후 완제품에 미치는 휘발성 성분 변화 분석

HS-SPME GC/MS로 흑미 디저트 떡의 향기 성분을 분석하였고 GC크로마토그램과 정량 결과는 Figure 4와 Table 7에 나타내었다. 총 48개의 휘발성 성분이 동정이 되었으며 알데하이드류 12종, 알코올류 3종, 알케인류 9종, acid와 ester류 8종, 그리고 16종의 기타 성분을 확인하였다. 전체 휘발성 성분 중 46개의 성분이 향기활성을 보이는 물질로 나타났다. 플레인 디저트 떡과 마찬가지로 0주간 저장 후 조리한 완제품의 휘발성 성분의 함은 저장 전에 비하여 저장 후 현저하게 감소하여 저장 전 값의 47%에 불과했다. 저장 전 조리시 동정되었던 휘발성 성분 중 10주의 저장 후 만든 완제품에는 3-ethoxy-4-hydroxybenzaldehyde, ethanol, tridecane, longifolene, 6-tridecanylbenzene이 검출이 되지 않았으며, 반면에 4-hydroxy-3,5-bis(2-methyl-2-propanyl)benzaldehyde가 10주 저장된 믹스로 만들어진 시료에서 새로 동정이 되었다. 지방 산패의 대표적인 지표 물질인 hexanal은 저장 초기의 믹스로 만든 디저트 떡보다 저장 10주 후 만든 디저트 떡에서 약 1.6배 증가하였고, 그 외 지방 산패시 생성된다고 알려진 2-pentylfuran은 약 2.3배 증가하였다. 당과 아미노산을 가열하였을 때 캐러멜 반응에서와 비슷한 단향(sweet aroma)이 생성되는데 이러한 향기의 대부분이 furan 유도체로 알려져 있다. 이런 furan 유도체는 개별적으로는 좋은 향기에 속하지 않으나 다른 성분들과 혼합되어 독특한 향기를 낸다. Furan류는 축육 가공품의 탄 냄새와 쓴 냄새에 관여한다. 이 중 2-pentylfuran이 쌀을 가열하는 동안 발생한다는 보고가 있다(Mandin et al., 1999). 또한 흑미의 smoky한 향을 주는 guaiacol의 농도는 저장 10주 후 그 농도가 저장 초기에 비해 약 1.8배 감소하였다. 저장 기간에 따라 풋내에 관여하는 향기 성분으로 알려진 hexanal, hexanol 등의 함량이 늘어나는 것으로 추정되며 이들 성분의 증가가 저장시 풋내에 관여하는 향기 성분으로 알려진 hexanal과 hexanol 등의 함량이 증가로 고온 저장시에는 제품의 향기 특성이 바뀔 것이라 예상된다. 낮은 농도에서도 인지할 수 있는 냄새의 역치(threshold)가 낮은 향기 성분도 존재하므로 이에 관해서는 좀 더 면밀한 연구가 진행되어야 할 것이다.

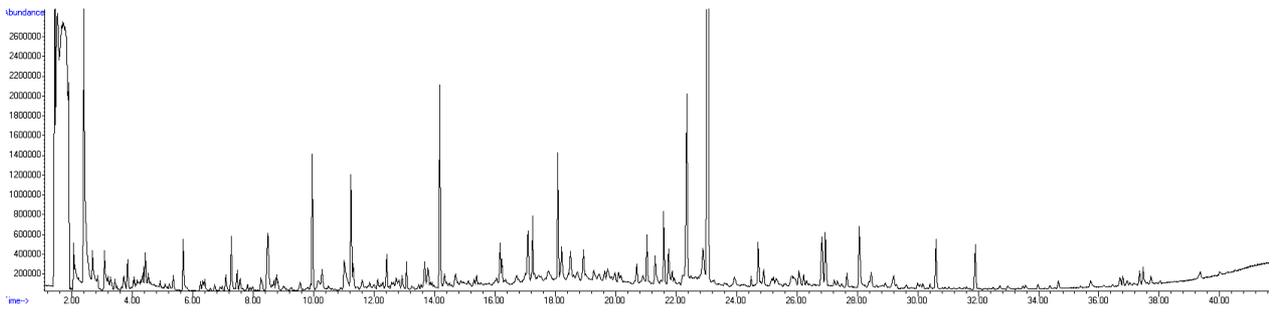


Figure 4. Gas chromatogram of flavor compounds of cooked black rice dessert rice cake

Table 7. Concentration of volatile compounds identified in cooked black rice dessert rice cake

No. volatile compound	t _R of unknown	unknown RI	literature RI	odor description	initial (10 ⁶)	after 10 weeks (10 ⁶)
aldehydes						
4 hexanal	4.42	1077	1080	green, fatty, leafy, vegetative, fruity	4.2 ± 0.2	6.3 ± 0.0
14 octanal	8.69	1278	1284	aldehydic, green, peely, citrus, orange	1.4 ± 0.0	3.7 ± 0.0
16 (2E)-2-heptenal	9.55	1312	1318	green, sweet, fresh, fruity	2.1 ± 0.2	26.4 ± 0.1
18 nonanal	11.23	1379	1390	aldehydic, citrus, cucumber, melon	18.8 ± 0.2	24.9 ± 0.2
20 (2E)-2-octenal	12.12	1413	1416	sweet, green, peel, fatty	2.3 ± 0.1	6.0 ± 0.0
27 (2E,4E)-2,4-decadienal	20.90	1784	1789	fatty, chicken, aldehydic, green	1.8 ± 0.1	2.7 ± 0.0
44 4-hydroxy-3,5-bis(2-methyl-2-propenyl)benzaldehyde	33.40				n.d.	3.5 ± 0.0
46 3-ethoxy-4-hydroxybenzaldehyde	33.98			sweet, creamy, vanilla, caramellic	1.6 ± 0.3	n.d.
47 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde	34.66		2566	vanilla, sweet, creamy, spicy	3.5 ± 1.3	1.6 ± 0.0
ketones						
33 2-pentadecanone	25.18	1997	1997	fatty, spicy, floral	1.2 ± 0.1	0.5 ± 0.0
34 5-pentylidihydro-2(3H)-furanone	25.23	1999	2005		1.0 ± 0.1	3.0 ± 0.0
37 4-hydroxy-4-methyl-2,6-bis(2-methyl-2-propenyl)-2,5-cyclohexadien-1-one	26.94	2096	2094		14.9 ± 1.4	38.3 ± 0.9
alcohols						
1 ethanol	2.68	923	926	strong, alcoholic, ethereal, medical	5.2 ± 0.3	n.d.
13 1-pentanol	7.90	1246	1246	fusel, oily, sweet, balsamic	0.7 ± 0.0	0.8 ± 0.0

17	1-hexanol	10.48	1350	1356	pungent, etherial, fusel, fruity	0.4 ± 0.0	1.0 ± 0.0
alkanes							
2	decane	3.41	1007	1000	gasoline	2.1 ± 0.0	0.2 ± 0.0
5	undecane	4.53	1083	1100	gasoline	1.2 ± 0.0	0.3 ± 0.0
10	dodecane	6.39	1179	1200	alkane	1.5 ± 0.0	2.0 ± 0.0
12	tricyclo[5.2.1.0 ^{2,6}]decane	7.56	1232	1243	disagreeable, camphor	3.2 ± 0.4	0.2 ± 0.0
15	tridecane	8.81	1283	1300	gasoline	0.9 ± 0.0	n.d.
19	tetradecane	11.31	1382	1400	mild, waxy	3.7 ± 0.0	10.1 ± 0.0
21	pentadecane	13.79	1480	1500	waxy	5.6 ± 0.3	6.2 ± 0.1
22	1-pentadecane	14.69	1515	1515		6.1 ± 0.3	6.0 ± 0.1
24	hexadecane	17.02	1600	1600	mild, waxy	0.5 ± 0.1	1.7 ± 0.0
acids and esters							
26	methyl 2-hydroxybenzoate	20.09	1746	1735	sweet, wintergreen, aromatic, balsamic	2.1 ± 0.0	0.8 ± 0.0
28	hexanoic acid	21.75	1823	1827	cheesy, fruity, phenolic, fatty	9.3 ± 0.9	15.2 ± 0.0
36	octanoic acid	26.07	2046	2050	rancid, soapy, cheesy, brandy	6.8 ± 1.6	4.3 ± 0.0
38	nonanoic acid	28.06	2158	2162	fatty, waxy, cheesy, sweet	18.0 ± 0.5	12.2 ± 0.7
39	methyl palmitate	28.92	2207	2210	oily, waxy, fatty, orris	1.3 ± 0.2	2.7 ± 0.0
41	decanoic acid	29.99	2270	2270	soapy, waxy, fruity	1.3 ± 0.0	0.1 ± 0.0
45	dodecanoic acid	33.58		2503	mild, fatty, coconut, bay, oil	1.2 ± 0.1	0.4 ± 0.0
48	hexadecanoic acid	40.04		2900	waxy, creamy	1.4 ± 0.4	0.9 ± 0.0
additional compounds							

3	toluene	3.83	1038	1043	sweet	6.4 ± 0.1	1.4 ± 0.0
6	ethylbenzen	5.08	1114	1116	aromatic	0.9 ± 0.0	0.2 ± 0.0
7	p-xylene	5.22	1122	1130	sweet	1.2 ± 0.0	0.4 ± 0.0
8	m-xylene	5.34	1129	1140	plastic	3.4 ± 0.1	1.1 ± 0.0
9	o-xylene	6.25	1173	1176	geranium	1.9 ± 0.1	0.7 ± 0.0
11	2-pentylfuran	7.27	1218	1226	floral, fruit	5.8 ± 0.3	13.1 ± 0.0
23	longifolene	15.39	1545	1557	sweet, woody, rose	2.2 ± 0.3	n.d.
25	(1S,8aR)-1-isopropyl-4,7-dimethyl-1,2,3,5,6,8a-hexahydronaphthalene	19.73	1731	1730	thyme, herbal, woody, dry	4.4 ± 0.4	5.0 ± 0.1
29	guaiacol	22.03	1839	1850	smoky	0.9 ± 0.0	0.5 ± 0.0
30	4-methyl-2,6-bis(2-methyl-2-propyl)phenol	23.04	1886	1893	mild, phenolic, camphor	387.5 ± 6.3	34.5 ± 0.5
31	4-dodecanylbenzene	23.92	1932	1943		3.2 ± 0.1	0.7 ± 0.0
32	phenol	24.9	1982	1973	sweet, tarry	4.7 ± 0.4	3.0 ± 0.0
35	6-tridecanylbenzene	25.32	2004	2015	aromatic	2.9 ± 0.7	n.d.
40	4-isopropyl-1,6-dimethyl-1,2,3,4,4a,7,8,8a-octahydro-1-naphthalenol	29.20	2226	2222	herb, wood	4.3 ± 0.5	7.0 ± 0.1
42	2,4-bis(2-methyl-2-propyl)phenol	30.61	2306	2312	phenolic	12.9 ± 0.3	9.5 ± 0.2
43	4-vinylphenol	31.91	2385	2382	phenolic, medicinal, spicy	13.3 ± 0.9	13.9 ± 0.1
sum						581.3 ± 14.4	273.0 ± 0.6

③ 쌀 컵케익믹스 제품의 휘발성 성분 변화 분석

HS-SPME GC/MS로 쌀 컵케익 향기 성분을 분석하였고 GC 크로마토그램과 결과는 Figure 5와 Table 8에 나타내었다. 총 62개의 휘발성 성분이 동정이 되었으며 알데하이드류 10종, 케톤류 8종, 알코올류 5종, 알케인류 10종, 올레핀류 4종, acid와 ester류 12종, 그리고 14종의 기타 성분을 확인하였다. 전체 휘발성 성분 중 46개의 성분이 향기활성을 보이는 물질로 나타났다. 바닐라향으로 인해서인지 디저트 떡 2종에 비해 쌀 컵케익의 휘발성 성분의 합이 2배 넘게 높았다.

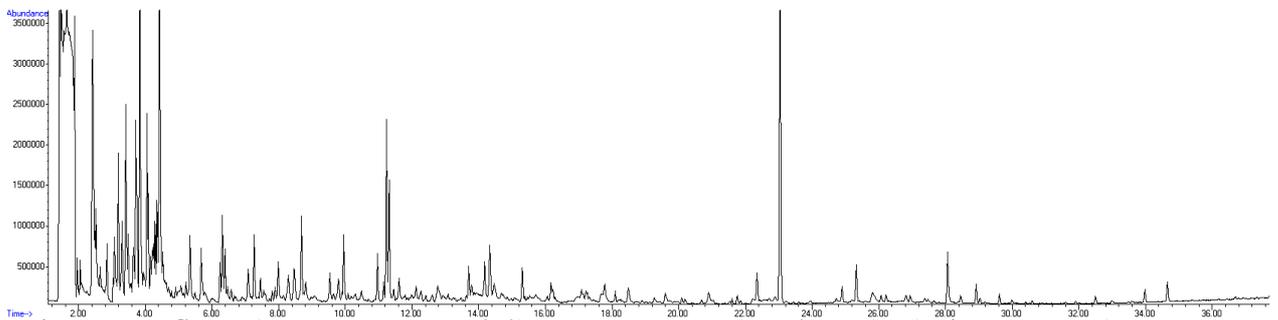


Figure 5. Gas chromatogram of flavor compounds of cooked rice cup cake

Table 8. Concentration of volatile compounds identified in cooked rice cup cake

No.	volatile compound	t _R of unknown	unknown RI	literature RI	odor description	peak area (10 ⁶)
aldehydes						
3	3-methylbutanal	2.53	903	902	fruity, dry, green, chocolate	6.5 ± 0.1
8	hexanal	4.43	1077	1080	green, fatty, leafy, vegetative	95.8 ± 0.3
22	octanal	8.69	1278	1284	aldehydic, green, peely, citrus	19.8 ± 0.8
24	(E)-2-heptenal	9.54	1311	1318	green, sweet, fresh, fruity	8.4 ± 0.1
28	nonanal	11.23	1379	1390	aldehydic, citrus, cucumber, melon	86.6 ± 1.8
32	2-octenal	12.12	1413	1416	sweet, green, citrus, peel	3.6 ± 0.0
38	benzaldehyde	14.33	1499	1508	almond, fruity, powdery, nutty	20.3 ± 0.9
43	phenylacetaldehyde	17.08	1613	1613	Honey, floral rose, swaat, powdery	1.9 ± 0.2
48	(2E,4E)-2,4-decadienal	20.9	1783	1789	fatty, chicken, aldehydic, green	3.8 ± 0.1
63	3-ethoxy-4-hydroxybenzaldehyde	33.98		2514	sweet, creamy, vanilla, caramellic	705.8 ± 22.3
ketones						
2	acetone	1.96	812	814	ethereal, apple, pear	6.6 ± 0.1
14	2-heptanone	6.31	1176	1178	cheese, fruity, ketonic, green	19.8 ± 0.7
21	2-octanone	8.63	1276	1283	dairy, waxy, cheesy, woody	0.5 ± 0.0

27	2-nonanone	11.15	1376	1378	fruity, cheesy	4.4 ± 0.2
36	2-decanone	13.71	1477	1480	orange, floral, fatty, peach	8.4 ± 0.1
44	1-phenylethanone	17.32	1624	1621		0.9 ± 0.0
54	5-Pentyldihydro-2(3H)-furanone	25.33	2005			14.5 ± 3.4
58	5-heptyldihydro-2(3H)-furanone	29.62	2248	2247		2.8 ± 0.3
alcohols						
4	ethanol	2.7	927	926	strong, alcoholic, ethereal, medical	3.1 ± 0.0
20	1-pentanol	7.99	1250	1246	fusel, oily, sweet, balsamic	11.3 ± 0.1
26	1-hexanol	10.48	1350	1356	green, fruity, apple skin	1.8 ± 0.0
34	1-octen-3-ol	12.77	1440	1445	mushroom, earthy, fungal, green	9.9 ± 0.7
50	phenylmethanol	22.59	1864	1864	chemical, fruity, balsamic	0.7 ± 0.1
alkanes						
1	octane	1.89	800	800	gasoline	20.5 ± 0.1
6	decane	3.41	1007	1000	gasoline	42.1 ± 0.4
9	undecane	4.53	1083	1100	green, fatty, leafy, vegetative, fruity	3.1 ± 0.0
15	dodecane	6.39	1179	1200	alkane	10.2 ± 0.1
18	tricyclo[5.2.1.0 ^{2,6}]decane	7.55	1231	1243	disagreeable, camphor	1.2 ± 0.0
23	tridecane	8.81	1283	1300	gasoline	4.4 ± 0.1
29	tetradecane	11.45	1387	1400	mild, waxy	2.9 ± 0.2

37	1-(vinylloxy)dodecane	13.79	1480	1479		3.9 ± 0.0
42	hexadecane	16.23	1578	1600		1.3 ± 0.2
51	(methylsulfonyl)methane	22.71	1871	1881	sulfurous, burnt	0.8 ± 0.1
	olefins					
17	(2Z)-2-dodecene	7.45	1227	1222		5.3 ± 0.0
30	1-tetradecene	11.54	1390	1390		0.3 ± 0.0
31	(3E)-3-ethyl-2-methyl-1,3-hexadiene	11.79	1399	1404		1.0 ± 0.1
40	1-pentadecene	14.69	1515	1515		0.9 ± 0.0
	acids and esters					
7	methyl 3-methylbutanoate	3.54	1017	1018	fruity, pineapple, apple, juicy	0.5 ± 0.0
33	ethyl octanoate	12.27	1420	1420	waxy, sweet, musty, pineapple	3.8 ± 0.1
35	4-tetradecanyl heptafluorobutanoate	13.48	1468	1470		0.9 ± 0.0
39	butyl 2-hydroxypropanoate	14.46	1505	1508		6.8 ± 0.4
41	ethylnonanoate	14.74	1517	1521	waxy, cognac, estery, fruity	0.2 ± 0.0
46	methyl 2-hydroxybenzoate	20.09	1746	1730		1.6 ± 0.2
49	hexanoic acid	21.75	1823	1827	cheesy, fruity, phenolic, fatty	3.0 ± 0.1
55	octanoic acid	26.07	2046	2050	rancid, soapy, cheesy, fatty	2.6 ± 0.2
56	nonanoic acid	28.06	2158	2162	fatty, waxy, cheesy, sweet	18.5 ± 0.5

57	methyl palmitate	28.92	2206	2210	oily, waxy, fatty, orris	4.9 ± 0.7
59	decanoic acid	30	2270	2270	soapy, waxy, fruity	1.3 ± 0.0
61	methyl stearate	32.5		2434	oily, waxy	2.4 ± 0.2
additional compounds						
5	biacetyl	3.03	968	971	sweet, buttery, creamy, milky	1.7 ± 0.0
10	ethylbenzene	5.08	1114	1116	gasoline	1.8 ± 0.0
11	p-xylene	5.22	1122	1130	sweet	4.0 ± 0.1
12	m-xylene	5.35	1129	1140	plastic	15.0 ± 0.0
13	o-xylene	6.24	1173	1176	geranium	8.3 ± 0.1
16	2-pentylfuran	7.27	1218	1226	floral, fruit	17.8 ± 0.0
19	styrene	7.89	1246	1254	sweet, floral	3.9 ± 0.2
25	2,6-dimethylpyrazine	9.79	1322	1319	nutty, coffee, cocoa, musty	10.2 ± 0.1
45	(1S,8aR)-1-Isopropyl-4,7-dimethyl-1,2,3,5,6,8a-hexahydronaphthalene	19.6	1723		fresh, woody, longifolone	4.2 ± 0.3
47	N,N-dibutylformamid	20.19	1751	1744	fishy, ammoniacal	1.2 ± 0.0
52	4-methyl-2,6-bis(2-methyl-2-propanyl)phenol	23.04	1886	1898	mild, phenolic, camphor	154.1 ± 14.7
53	phenol	24.9	1983	1973	Sweet, tarry	6.3 ± 1.4
60	2,6-bis(2-methyl-2-propanyl)phenol	30.6	2305	2327		1.0 ± 0.0
62	1H-indole	33.59		2441	Feces, jasmine	0.5 ± 0.1
sum						1411.6 ± 44.5

④ 라이스 푸딩 제품의 휘발성 성분 변화 분석

HS-SPME GC/MS로 라이스 푸딩의 향기 성분 및 저장성을 분석하였고, GC/MS 크로마토그램과 결과는 Figure 6와 Table 9에 나타내었다. 총 62개의 휘발성 성분이 동정이 되었으며 알데하이드류 4종, 케톤류 9종, 알코올류 4종, 알케인류 2종, acid와 ester류 33종, 그리고 10종의 기타 성분을 확인하였다. 전체 휘발성 성분 중 46개의 성분이 향기활성을 보이는 물질로 나타났다. 라이스 푸딩 또한 디저트 떡 2종에 비해 휘발성 성분의 함이 3배 넘게 높았다.

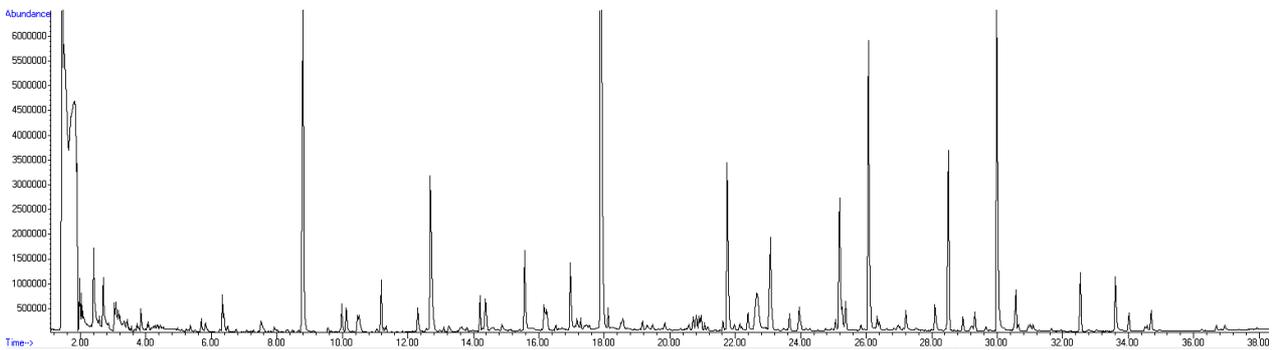


Figure 6. Gas chromatogram of flavor compounds of cooked rice pudding

Table 9. Concentration of volatile compounds identified in cooked rice pudding

No.	volatile compound	t _R of unknown	unknown RI	literature RI	odor description	peak area (10 ⁶)
aldehydes						
8	hexanal	4.44	1078	1080	green, fatty, leafy, vegetative	1.2 ± 0.0
26	benzaldehyde	14.37	1501	1508	almond, fruity, powdery, nutty	21.2 ± 1.7
59	3-ethoxy-4-hydroxybenzaldehyde	34.03		2514	sweet, creamy, vanilla, caramellic	9.2 ± 1.3
61	4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde	34.70		2608	vanilla, sweet, creamy, spicy	11.6 ± 0.0
ketones						
1	acetone	1.97	814	814	ethereal, apple, pear	10.9 ± 0.2
11	2-heptanone	6.34	1177	1178	cheese, fruity, ketonic, green	10.6 ± 0.1
17	3-hydroxybutan-2-one	8.79	1282	1280	bland, yogurt	229.7 ± 38.5
20	2-nonanone	11.19	1377	1380	fruity, sweet, waxy, soapy	21.6 ± 1.5
39	2-tridecanone	20.96	1785	1790	fatty, waxy, mushroom, coconut	5.9 ± 1.3
47	2-ethyl-3-hydroxy-4H-pyran-4-one	25.18	1997		sweet, sugar, burnt, sugar	71.1 ± 3.7
51	6-pentyltetrahydro-2H-pyran-2-one	28.51	2183	2179	coconut, creamy, fatty, buttery	100.6 ± 2.7
54	6-hexyltetrahydro-2H-pyran-2-one	30.57	2303	2329	creamy, coconut, milky, creamy	23.5 ± 2.2
57	6-heptyltetrahydro-2H-pyran-2-one	32.54		2426	coconut, creamy, fatty, buttery	33.9 ± 3.1
alcohols						

3	ethanol	2.69	925	926	strong, alcoholic, ethereal, medical	13.1 ± 0.3
10	1-butanol	5.82	1153	1150	amyl, alcohol	4.0 ± 0.1
16	1-pentanol	8.06	1253	1246	fusel, oily, sweet, balsamic	0.0 ± 0.0
19	1-hexanol	10.46	1350	1356	pungent, ethereal, fusel, oil	11.9 ± 0.0
alkanes						
21	tetradecane	11.33	1383	1400	mild, waxy	1.9 ± 0.2
25	pentadecane	13.80	1480	1500	waxy	1.8 ± 0.2
acids and esters						
2	methyl acetate	2.01	822	825	cheesy, fruity, coconut, waxy	5.9 ± 0.3
5	methyl butyrate	3.16	983	984	pungent, ethereal, fruity, perfumey	2.2 ± 0.2
6	methyl 3-methylbutanoate	3.55	1018	1018		1.6 ± 0.1
12	methyl hexanoate	6.38	1179	1177	fruity, pineapple, ether	2.8 ± 0.0
14	methyl 2-oxopropanoate	7.52	1230	1217		6.3 ± 0.4
18	methyl 2-hydroxypropanoate	9.56	1312	1314		2.6 ± 0.2
22	ethyl octanoate	12.31	1421	1420	waxy, sweet, musty, pineapple	11.5 ± 0.1
23	acetic acid	12.69	1437	1441	pungent, sour, fruit, overripe	110.0 ± 6.2
24	methyl 3-hydroxybutanoate	13.65	1474	1478	mild, fruity, green, apple	4.1 ± 0.1
27	propanoic acid	14.88	1523	1528	acidic, dairy, fruity	2.7 ± 0.3
28	2-methylpropanoic acid	15.56	1552	1544	acidic, sour, cheese, dairy	53.4 ± 12.1
29	ethyl 4-oxopentanoate	16.52	1589	1602	fruity, green, waxy, melon	3.1 ± 0.7

30	butanoic acid	16.96	1607	1610	acidic, sour, cheesy, dairy	40.1 ± 3.6
31	ethyl decanoate	17.17	1617	1624	waxy, fruity, sweet, apple	3.4 ± 0.1
32	dimethyl glutarate	18.58	1678	1687	estery, floral	8.6 ± 1.2
33	benzyl acetate	19.17	1703	1710	fruity, sweet, balsamic, jasmin	3.9 ± 0.5
35	methyl phenylacetate	19.85	1735	1725	floral, honey, spicy, waxy	3.8 ± 0.1
36	benzyl propionate	20.58	1769	1769	sweet, fruity, apple, banana	2.4 ± 0.2
37	3,3-dimethylacrylic acid	20.71	1774	1776		6.8 ± 1.0
38	dodecanoic acid	20.81	1779	1785	waxy, creamy, fatty, soapy	7.7 ± 1.0
40	dimethyl adipate	21.16	1794	1804	mild, nutty	2.6 ± 1.0
41	hexanoic acid	21.75	1823	1827	cheesy, fruity, phenolic, fatty	127.2 ± 39.9
42	benzyl butyrate	22.2	1846	1853	floral	1.1 ± 0.1
46	methyl myristate	25.07	1991	1990	fatty, waxy, petal	4.4 ± 0.1
48	ethyl myristate	25.84	2033	2043	sweet, waxy, creamy	2.9 ± 0.5
49	octanoic acid	26.06	2046	2050	rancid, soapy, cheesy, brandy	194.5 ± 44.5
50	nonanoic acid	28.10	2160	2169	fatty, waxy, cheesy, sweet	15.2 ± 0.2
52	methyl palmitate	28.96	2209	2210	oily, waxy, fatty, orris	7.2 ± 0.6
53	decanoic acid	29.99	2270	2270	soapy, waxy, fruity	203.7 ± 16.7
56	undecanoic acid	31.02	2343	2371	waxy, creamy, cheesy, fatty	2.1 ± 0.5
58	lauric acid	33.61		2503	mild, fatty, coconut	33.9 ± 1.0
60	tridecanoic acid	34.52		2570	waxy, woody	1.1 ± 0.1
62	myristic acid	36.95		2712	waxy, fatty, pineapple, citrus	3.4 ± 0.1

additional compounds

4	biacetyl	3.04	969	971	strong, butter, sweet, creamy	5.0 ± 0.3
7	toluene	3.85	1040	1043	sweet	10.2 ± 0.1
9	p-xylene	5.36	1129	1130	sweet	2.3 ± 0.2
13	2-pentylfuran	7.31	1220	1226	floral, fruit	0.0 ± 0.0
15	styrene	7.93	1247	1254	sweet, floral	2.4 ± 0.1
34	naphthalene	19.31	1710	1707	coal, tar	3.5 ± 0.0
43	phenylmethanol	22.66	1868	1864	chemical, fruity, balsamic	49.5 ± 4.9
44	4-methyl-2,6-bis(2-methyl-2-propyl)phenol	23.07	1888	1898		58.9 ± 14.0
45	2-methoxy-4-methylphenol	23.95	1933	1937		16.0 ± 2.1
55	2,6-bis(2-methyl-2-propyl)phenol	30.65	2312	2327	phenolic	2.7 ± 0.6
sum						1616.2 ± 158.5

(7) 흑미의 항산화성 및 페놀산 분석

우리나라는 주로 백미로 쌀을 섭취하고 있었으나 영양과 기능성을 고려할 때 유색미로 섭취하는 것을 권고하고 있다. 유색미의 경우 기능성 성분의 분포가 주로 미강층과 배아에 분포하고 있어 현미의 영양과 기능성이 부각되어 현미 상태로 섭취하는 비율이 증가하고 있다. 특히 항산화력 등 생리활성이 우수한 phenolic acid, tocopherol, oryzanol, phytic acid 등 쌀에 함유된 유용 성분들은 대부분 aleurone과 pericarp layer을 포함한 미강층과 배아에 분포하고 있다고 보고되었다(Ti et al., 2015). Phenolic acid와 anthocyanin 색소의 분석에는 HPLC가 가장 많이 사용되고 있으며 쌀과 발아현미 등에 존재하는 페놀산의 조성 및 함량이 보고되었다(Rice-Evans et al., 1997). 일반 백미의 품종 및 도정도별 항산화 성분 분석 및 활성 성분 연구로 현미의 우수성이 구명되어 있지만, 최근 국내에서 재배되고 있는 흑미의 품종 및 도정도별 항산화 성분 분석 및 활성을 통한 흑미의 특성 비교는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 가장 많이 재배되고 있는 흑미 6품종(신토흑미, 흑진주, 신농흑찰, 보석흑찰, 조생흑찰, 흑향찰)을 선정하여 도정도를 달리함에 따라 항산화 성분인 총 폴리페놀, 푹 플라보노이드, 안토시아닌 함량을 동정 및 정량하고, 항산화 활성을 분석하여 품종 간 특성 변화를 연구하고자 한다. 이는 흑미를 이용한 제품 개발을 위한 가공 적성 기초 자료로 사용될 수 있을 것이다.

(가) 연구 방법

① 흑미 시료 준비

흑미는 국내에서 재배되는 흑미 6 품종(신토흑미, 흑진주, 신농흑찰, 보석흑찰, 조생흑찰, 흑향찰)이 연구에 사용되었으며, 도정이 되지 않은 볍씨 형태로 농업기술실용화재단에서 구매하였다. 볍씨는 현미기를 이용하여 나락과 현미로 분리하였고, 분리된 현미는 가정용 도정기(FS-200, Misul, Seoul, Korea)를 이용하여 3 개의 도정도로 도정하였다(step 0, 0%; step 1, 4.2%; and step 2, 10.5%, w/w). Step 2 의 경우 백미로 도정한 수준과 같다.

② 흑미의 항산화 물질 추출

페놀 물질은 Sumczynski 등(Sumczynski et al., 2016)의 방법에 따라 흑미 시료로부터 추출하여 실험에 사용하였다. 쌀 시료를 100g 분쇄하여 18 mesh 체를 통과시켜 각 시료 0.5 g ($\pm 1\%$)에 8 mL의 methanol-water (80:20, v/v) 혼합용매를 가한 후 35°C에서 1시간 동안 sonication을 한 후 상등액을 모았다. 그 후 상등액은 4,321 g으로 25분간 원심분리한 후 상등액을 옮겨담아 6N HCl을 이용하여 pH 4.5-5.5으로 산성화 시켜 유리 페놀(free phenolics) 분석에 사용하였다. 원심분리 후 침전물은 불용성 결합형 페놀(insoluble bound phenolics)의 분석에 사용하였다. 불용성 결합형 페놀산 분석을 위해 고형분을 3차 증류수를 이용하여 세척하였다. 세척 후 탈수 시킨 샘플을 이용하여 20 mL 4N NaOH를 섞은 후 2시간 sonication을 한 후 상등액을 모았다. 상등액은 4,321g으로 25분간 원심분리한 후 고형분과 분리 후 6N HCl을 이용하여 pH 4.5-5.5으로 산성화 시켜 불용성 결합형 페놀산 분석에 사용하였다(Shao et al., 2014).

③ 항산화 활성 분석

㉞ 총 페놀 함량 측정

시료의 총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 법을 변형하여 측정하였다. 희석한 흑미 추

출액 40 μL 에 Folin-Ciocalteu reagent를 50 μL 를 가하여 1분동안 방치 후 2% Na_2CO_3 160 μL 를 가하고 37 $^\circ\text{C}$ 에서 30분 반응 시킨 후 반응액의 흡광도 값을 700 nm에서 측정하였다. 표준물질로 gallic acid의 표준 검량선을 작성한 후 추출물의 총 페놀 함량은 시료 1 g 중의 mg gallic acid equivalent (GAE)로 나타내었다.

㉔ 총 플라보노이드 함량 측정

시료의 총 플라보노이드 함량은 Sumczynski 등(Sumczynski et al., 2016)의 방법을 변형하여 측정하였다. 희석한 추출액 0.5 mL에 10% aluminum nitrate 0.1 mL를 첨가하였다. 이 용액에 1 M potassium acetate 0.1 mL와 메탄올 4.3 mL를 첨가한 후 상온에서 40분간 반응시켰다. 반응 후 415 nm에서 흡광도를 측정하였으며 quercetin의 표준 검량선을 작성한 후 추출물의 총 플라보노이드 함량은 시료 1 g 중의 mg quercetin equivalent (QE)로 나타내었다.

㉕ 2,2'-Diphenyl-1-picryl-hydrazil (DPPH) radical 소거활성

DPPH assay는 Shao 등(2014)의 방법을 변형하여 측정하였다. 희석한 추출액 150 μL 에 0.15 mM DPPH 용액 200 μL 를 첨가하여 암소에서 15분간 반응시킨 후에 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며 trolox의 표준 검량선을 작성한 후 추출물의 총 DPPH radical 소거활성은 시료 1g 중의 mg trolox equivalent (TE)로 나타내었다.

④ HPLC를 이용한 phenolic acid와 anthocyanin 조성 분석

Phenolic acid와 anthocyanin 조성은 Lee 등(Lee et al., 2011)의 방법을 이용하여 HPLC (Agilent 1260 Infinity II LC system, Agilent, CA, USA)를 이용하였다. 시료 주입량은 20 μL , 칼럼은 Zorbax Eclipse XDB-C18 (4.6 \times 250mm, 5 μm , Agilent, CA, USA)을 이용하였다. 칼럼 온도는 40 $^\circ\text{C}$ 및 유속은 1.0 mL/min이었다. 이동상은 (A) 1% TFA in water solution과 (B) 1% TFA in acetonitrile solution으로 gradient program을 0-6.5 min, 10-12% (B); 6.5-10.5 min, 12-13% (B); 10.5-33 min, 13-17% (B); 33-60 min, 17-65% (B); 그리고 60-70 min, 65-95% (B)로 설정하였다. 검출기는 photodiode array detector (PDA)를 사용하여 gallic acid, syringic acid, catechin, vanillic

acid 그리고 protocatechuic acid는 280 nm, caffeic acid, p-coumaric acid, ferulic acid 그리고 sinergic acid는 320 nm, rutin과 quercetin은 360 nm, cyanindin-3-O-glucoside 와 peonidin-3-O-glucoside는 520 nm에서 검출하였다.

(나) 연구 결과

① 흑미의 항산화성 분석

㉔ 흑미의 총페놀 함량 측정 결과

도정도가 다른 6 품종의 흑미의 유리형 페놀 추출물과 불용성 결합형 페놀 추출물의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 결과를 Table 10에 나타내었다. 곡류에 함유된 항산화 성분 중 폴리페놀 화합물들은 우수한 항산화력을 갖고 있는 것으로 알려져 있다. 이전에 연구 (Ko M et al., 2013)에 의하면 유색미의 총 폴리페놀 함량을 비교하였을 때 흑미의 함량이 흰쌀, 녹미 그리고 적미의 함량보다 높다고 알려져 있다. 총 폴리페놀 함량은 유리 페놀 추출물이 불용성 결합형 페놀 추출물에서 더 높은 함량을 보였다. 또한 모든 품종에서 도정도가 진행되면서 유리, 불용성 결합형, 전체의 총 폴리페놀 함량이 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 현미(step 0)에서 총 폴리페놀의 함량은 유리, 불용성 결합형, 전체가 각각 2.10-3.74 GAE mg/g, 0.26-0.79 GAE mg/g, 2.65-4.53 GAE mg/g의 결과를 보였다. 총 폴리페놀 함량 중 평균적으로 현미에서 유리형이 76-91%, 불용성 결합형이 9-24% 함유되어 있었다. 반면 도정도가 가장 높은 step 2에서는 유리와 불용성 결합형 페놀산이 각각 58-94%, 6-42%로 총 폴리페놀 함량의 구성비가 변화하였다. 도정도가 변화하면서 신토흑미의 전체 페놀산 추출물의 총 폴리페놀 함량이 3.7 배까지 가장 큰 감소율을 보였고 조생흑찰의 함량이 1.7 배까지 감소하여 가장 작은 감소율을 보였다. Step 1에서는 흑진주의 총 폴리페놀 함량이 2.97 ± 0.02 GAE mg/g으로 다른 흑미 품종과 비교하였을 때 유의적으로 높았고 ($p < 0.05$), 이는 step 1에서 흑진주의 유리 페놀산 추출물(2.72 ± 0.04 GAE mg/g)로 감소된 함량이 다른 품종에 비하여 낮은 것으로 확인되었다. 품종에 있어 현미 중 신토흑미의 유리 페놀 추출물에서 3.74 ± 0.05 GAE mg/g으로 다른 품종에 비하여 높은 비교적 폴리페놀 함량($p < 0.05$)을 나타내었으며, 불용성 결합형 페놀 추출물에서도 0.79 ± 0.01 GAE mg/g으로 유의하지 않지만 비교적 높은 함량을 나타내었다. 전체 페놀 추출물의 총 폴리페놀 함량은 현미에서 신토흑미가 4.53 ± 0.56 GAE mg/g으로 가장 높았으며($p < 0.05$), 그 다음으로 흑진주>보석흑찰>신평흑찰>흑향찰>조생흑찰 순이었다. 현미(step 0)의 경우 모든 품종에서 유의적으로 step

1-2 에 비해 총 페놀 함량이 높았다($p < 0.05$). 일반적으로 현미는 딱딱한 식감으로 인해 수용도가 낮은 편인데(Choi et al., 2017), 흑진주 품종과 같이 step 1 과 같이 약간만 도정을 한다면 기능성 영양 성분인 총 페놀 함량의 손실이 적은 품종을 선택하여 섭취를 유도한다면 완전히 도정하지 않고도 높은 기능성을 가진 장기적인 섭취를 유도할 수 있을 것이라 사료된다.

㉔ 총 플라보노이드 함량 측정 결과

이전의 연구에 의하면 플라보노이드는 nitric oxide 와 활성산소 제거력에 있어 복합적 역할을 한다고 보고된다(Jovanovic et al., 1998). Kim 등(2010)의 연구에서는 흰쌀과 녹미의 총 플라보노이드 함량에 비해 흑미의 총 플라보노이드 함량이 유의적으로 높았다(Kim DJ et al., 2010). 본 연구에서는 모든 흑미 품종에서 총 플라보노이드 함량은 유리 페놀 추출물이 불용성 결합형 페놀 추출물에서 보다 더 높은 함량을 보였다($p < 0.05$). 또한 모든 품종의 현미(step 0)가 step 2 로 도정되면서 유리, 불용성 결합형 그리고 전체 페놀 추출물의 총 플라보노이드 함량이 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 현미(step 0)에서 총 플라보노이드의 함량은 유리 페놀, 불용성 결합형 페놀, 전체 페놀 추출물에 각각 0.20-0.83 QE mg/g, 0.09-0.22 QE mg/g, 0.29-1.05 QE mg/g 이었다. 불용성 결합형 페놀 추출물의 총 플라보노이드 함량이 현미에서는 더 높았으나 도정을 함에 따라 낮아지는 경향을 보였다. 예를 들어, 조생흑찰의 경우 step 2 에서 불용성 결합형 페놀 추출물에서는 플라보노이드가 검출되지 않았다.

총 플라보노이드 함량은 현미에서 신토흑미가 1.05 ± 0.02 QE mg/g 으로 가장 높았으며($p < 0.05$), 그 다음으로 유의적이지 않지만 흑진주>보석흑찰>신평흑찰>흑향찰>조생흑찰으로 총 페놀 함량과 유사한 경향을 보였다.

㉕ 2,2'-Diphenyl-1-1-ptycryl-hydrazil(DPPH) radical 소거활성

DPPH radical 소거능 측정법을 이용하여 흑미 추출물의 항산화 활성을 비교하였고 그 결과를 Table 11 에 나타내었다. DPPH radical 소거능 또한 유리형 페놀 추출물에서 불용성 결합형 페놀 추출물에서보다 더 높은 소거능을 보였다. 또한 모든 품종의 현미가 step 2 로 도정되면서 유리형, 불용성 결합형 그리고 전체 페놀 추출물의 DPPH radical 소거능이 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 현미(step 0)에서 DPPH radical 이 유리, 불용성 결합형 그리고 전체 페놀 각각 6.31-9.36 TE mg/g, 1.17-1.49 TE mg/g, 7.48-10.76 TE mg/g 이었다. Step 2 로 도정 후에는 신토흑미의 전체 페놀 추출물의 DPPH radical 소거능이 1.8 배로 가장 큰 감소율을 보였고, 조생흑찰이 1.2 배로 가장 작은 감소율을 보였다. 총 페놀과 총 플라

보노이드 함량 분석 결과와 마찬가지로 흑미 품종에 있어 현미 중 신토흑미의 유리 페놀 추출물에서 9.37 ± 0.12 TE mg/g 으로 다른 품종에 비하여 높은 DPPH radical 소거능을 나타내었으며 ($p < 0.05$), 불용성 결합형 페놀 추출물에서는 신토흑미, 흑진주, 신평흑찰, 보석흑찰이 높은 DPPH 소거능을 보였다. 전체 페놀 추출물의 총 DPPH radical 소거능은 신토흑미가 10.76 ± 0.13 TE mg/g 으로 가장 높았으며 ($p < 0.05$), 그다음으로 흑진주 > 보석흑찰 > 신평흑찰 > 흑향찰 > 조생흑찰 순으로 앞서 측정된 향산화성 물질 함량과 유사한 경향을 보였다.

Table 10. Total phenolic and total flavonoid contents in free and bound phenolic fractions of black rice cultivars varying in milling degrees

Sample	Milling degree	Total polyphenol contents (mg GAE/g)			Total flavonoid contents (mg QE/g)		
		Free	Bound	Total	Free	Bound	Total
Bosukheukchal	Step 0	2.94 dC	0.49 bC	3.43 dC	0.42 cC	0.14 bcB	0.56 bC
	Step 1	1.78 aB	0.33 cB	2.12 aB	0.33 bB	0.04 aA	0.38 bB
	Step 2	0.9 bA	0.14 aA	1.04 aA	0.25 bA	0.04 cA	0.29 bA
Heukhyangchal	Step 0	2.72 cC	0.26 aB	2.98 bC	0.25 abC	0.1 abB	0.35 aC
	Step 1	2.57 dB	0.13 aA	2.7 cB	0.17 aB	0.04 aA	0.21 aB
	Step 2	1.51 dA	0.09 aA	1.6 cA	0.05 aA	0.02 bA	0.08 aA
Heukjinju	Step 0	2.97 dC	0.75 cC	3.72 eC	0.6 dB	0.16 cB	0.76 cB
	Step 1	2.72 eB	0.26 bB	2.97 eB	0.36 bA	0.14 cB	0.5 cA
	Step 2	1.78 eA	0.11 aA	1.9 dA	0.35 cA	0.07 dA	0.42 cA
Josengheukchal	Step 0	2.1 aC	0.55 bB	2.65 aC	0.2 aC	0.09 aB	0.29 aC
	Step 1	1.77 aB	0.49 dB	2.25 bB	0.16 aB	0.02 aAB	0.19 aB
	Step 2	1.27 cA	0.27 bA	1.54 cA	0.05 aA	n.d.	0.05 bA
Sinnongheukchal	Step 0	2.42 bC	0.75 cC	3.17 cC	0.34 bcC	0.17 cC	0.51 bC
	Step 1	2.1 bB	0.67 eB	2.77 cdB	0.3 bB	0.1 bB	0.41 bB
	Step 2	1.23 cA	0.57 cA	1.8 dA	0.26 bA	0.02 bA	0.29 bA
Sintoheugmi	Step 0	3.74 eC	0.79 cC	4.53 fC	0.83 eB	0.22 dC	1.05 dB
	Step 1	2.2 cB	0.64 eB	2.83 dB	0.43 cA	0.13 cB	0.56 cA
	Step 2	0.71 aA	0.52 cA	1.23 bA	0.39 cA	0.07 dA	0.45 cA
Cultivar effect		***	***	***	***	***	***
Degree of milling effect		***	***	***	***	***	***
Cultivar × Degree of milling		***	***	***	***	***	***

Values are presented as mean \pm standard deviation. Values followed by different lowercase letters in different cultivars for the same milling degree are significantly different at $p < 0.05$. Values followed by different capital letters with each column in the same cultivar for different milling degrees are significantly different at $p < 0.05$. *, **, *** means significant differences at $p < 0.05$, 0.01 and 0.001, respectively. n.d. stands for not detected.

Table 11. Antioxidant activity (DPPH radical scavenging activity) in free and bound phenolic fractions of black rice cultivars varying in milling degrees

Sample	Milling degree	DPPH (mg TE/g)		
		Free	Bound	Total
Bosukheukchal	Step 0	7.84 dC	1.40 bcC	9.24 dC
	Step 1	7.30 dB	1.29 cB	8.59 dB
	Step 2	4.29 aA	0.79 bA	5.07 aA
Heukhyangchal 1	Step 0	6.98 bC	1.25 aC	8.23 bC
	Step 1	6.42 bB	1.07 aB	7.49 bB
	Step 2	5.31 bA	0.66 aA	5.98 bA
Heukjinju	Step 0	8.17 eC	1.49 cC	9.65 eC
	Step 1	7.18 cdB	1.27 cB	8.45 cdB
	Step 2	6.54 cA	1.02 cA	7.55 dA
Josengheukchal	Step 0	6.31 aC	1.17 aB	7.48 aC
	Step 1	5.88 aB	1.07 aAB	6.95 aB
	Step 2	5.42 bA	0.99 cA	6.40 cA
Sinnongheukchal	Step 0	7.44 cC	1.39 bC	8.83 cC
	Step 1	6.91 cB	1.27 cB	8.19 cB
	Step 2	6.41 cA	1.02 cA	7.43 dA
Sintoheugmi	Step 0	9.37 fC	1.40 bcC	10.76 fC
	Step 1	7.60 eB	1.18 bB	8.78 cdB
	Step 2	5.56 bA	0.67 aA	6.23 bcA
Cultivar effect		***	***	***
Degree of milling effect		***	***	***
Cultivar × Degree of milling		***	***	***

Values are presented as mean \pm standard deviation. Values followed by different lowercase letters in different cultivars for the same milling degree are significantly different at $p < 0.05$. Values followed by different capital letters with each column in the same cultivar for different milling degrees are significantly different at $p < 0.05$. *, **, *** means significant differences at $p < 0.05$, 0.01 and 0.001, respectively. n.d. stands for not detected.

② HPLC를 이용한 phenolic acid와 anthocyanin 조성 분석

곡류에는 항산화 성분 중에는 저분자 항산화 물질인 ferulic, gallic, syringic, vanillic, p-coumaric acid 등이 있으며 이 중 현미에는 ferulic acid가 가장 높게 존재하는 것으로 보고되었다(Sumczynski et al., 2016). 흑미에는 페놀산 및 총 폴리페놀이 상당량 함유되어 있으며 그 대부분은 aleurone 및 pericarp layer을 포함한 미강층에 주로 분포하고 페놀산은 주로 식물 세포벽의 arabionxylan에 ester 결합으로 존재하거나 lignan에 ester 혹은 ether 결합한 상태로 존재한다는 보고 되어 있다(Kim SR et al., 2004). 따라서 도정도를 달리한 흑미 시료로부터 유리형 및 불용성 결합형 페놀을 추출하였고 HPLC를 사용하여 함량을 조사하여 Table 12에 나타내었으며 HPLC chromatogram은 Figure 7과 같았다.

페놀산의 함량을 모두 합산했을 때, 신토흑미 현미(step 0)에서 $255.2 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 함량을 보였고($p < 0.05$), 흑진주>보석흑찰>흑향찰>신농흑찰>조생흑찰 순으로 측정된 항산화성 물질 함량과 유사한 경향을 보였다($p < 0.05$). 모든 품종에서 도정도가 높아질수록 페놀산 함량이 유의적으로 낮아지는 경향을 보였다($p < 0.05$). 예를 들어, gallic, syringic, vanillic, p-coumaric, ferulic acid는 모든 품종의 현미와 step 1에서 관찰되었고, vanillic acid는 step 2에서 관찰되지 않았다.

Gallic acid와 syringic acid는 유리 페놀 추출물에서만 있었고, vanillic acid, p-coumaric acid 및 ferulic acid는 불용성 결합형 페놀 추출물에 주로 나타났다. 이 결과는 이전에 보고된 페놀 함량의 연구와 비교하여 매우 유사하였다(Ti et al., 2015). 모든 품종에서 도정이 진행되면서 전체 추출물의 페놀산 함량은 모두 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 현미의 gallic acid는 흑진주와 보석흑찰에서 각각 $9.6 \pm 0.3 \mu\text{g/g}$, $9.8 \pm 0.1 \mu\text{g/g}$ 으로 다른 품종에 비하여 유의적으로 높게 나타났으며($p < 0.05$), 이 결과는 가장 낮은 함량을 보인 조생흑찰($3.3 \pm 0.2 \mu\text{g/g}$)에 비하여 약 3배의 차이를 보였다. Syringic acid 또한 두 품종에서 각각 $28.0 \pm 1.2 \mu\text{g/g}$, $29.3 \pm 0.5 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 높게 관찰되었고($p < 0.05$), 조생흑찰($14.5 \pm 0.4 \mu\text{g/g}$)에서 가장 낮게 관찰되었다($p < 0.05$). Step 1에서 흑진주의 gallic과 syringic acid는 각각 $7.1 \pm 0.8 \mu\text{g/g}$, $23.0 \pm 0.2 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 높게 관찰되었고, 반면 현미에서 두 페놀의 함량이 가장 높았던 신토흑미는 step 1에서 각각 $0.7 \pm 0.0 \mu\text{g/g}$, $11.6 \pm 0.1 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 낮은 함량을 기록하였다. 이는 같은 수율을 내는 도정도에서도 미강층의 특성이 품종마다 서로 달라 나타난 결과라 사료된다. Vanillic acid는 조생흑찰 현미에서 $17.9 \pm 0.1 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 함량을 나타내었고($p < 0.05$), 가장 낮은 함량은 신토흑미가 $6.37 \pm 0.1 \mu\text{g/g}$ 로 약 2.8배 낮은 함량을 보였다($p < 0.05$). Step 1에서는 보석흑찰이 $8.7 \pm 0.2 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 많았고, 신토흑미에서는 미량(LOQ) 검출되었다. Step 2로 도정하였을 때 vanillic acid가 흑진주와 조생

흑찰에서 각각 $5.37 \pm 0.6 \mu\text{g/g}$, $5.4 \pm 0.1 \mu\text{g/g}$ 의 함량을 보였고, 신토흑미, 신평흑찰, 보석흑찰, 흑향찰에서는 검출되지 않았다. 미강층은 바깥쪽인 aleurone layer와 안쪽인 pericarp layer로 구성이 되어있는데 vanillic acid는 aleurone layer에서 높은 함량을 보이며 미강층 두께가 서로 다른 품종에 영향을 받아 도정되는 aleurone layer의 수율의 차이에 의해 함량이 결정된다고 사료된다. Ferulic acid는 흑미에서 동정된 페놀산 중 가장 높은 함량을 보였다. Ferulic acid의 경우 6 품종의 흑미 현미 중 신토흑미에 $182.7 \pm 0.7 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 많은 함량을 보였고($p < 0.05$), 그 다음으로 흑진주에 $158.1 \pm 1.1 \mu\text{g/g}$ 의 함량을 나타냈다. Ferulic acid의 경우 신토흑미 step 2에서 $37.0 \pm 0.9 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 낮은 함량을 보였으며($p < 0.05$), 현미에 비하여 약 4.9배 감소하였다. 쌀과 미강의 주요 페놀산인 ferulic acid는 항산화 효과와 항돌연변이 활성, 당뇨 유도쥐의 혈중 지질 개선효과 등 여러 생리활성이 보고됨에 따라 주목을 받고 있다(Kim SR et al., 2004)으나 도정할수록 그 함량이 낮아지는 것으로 보인다.

흑미는 대표적인 블랙푸드로서 주로 anthocyanin 계통의 색소를 가지고 있으며, 색소인 peonidin 3-O-glucoside와 cyanidin 3-glucoside가 주요 성분인 것으로 알려져있다(Ti et al., 2015). 또한 이들 anthocyanin 색소는 항산화 뿐만 아니라 항염증, 항알러지 및 항바이러스 등의 생리활성이 있는 것으로 밝혀져 있다(Ti et al., 2015). 품종 및 도정도별 흑미의 anthocyanin 구성성분의 함량을 조사한 결과는 Table 12와 같다. 모든 품종에서 흑미의 두 가지 anthocyanin 색소인 peonidin 3-O-glucoside와 cyaniding 3-glucoside를 확인할 수 있었으며, 유리형 페놀 추출물에서만 anthocyanin 색소가 검출되었다. 모든 흑미 품종 중 peonidin 3-O-glucoside와 cyanidin 3-glucoside의 조성비는 각각 2-7%, 93-98%로 cyanidin 3-O-glucoside가 주요 안토시아닌 성분으로 보인다. 현미에서 각각 $7.0-22.5 \mu\text{g/g}$, $258.2-809.4 \mu\text{g/g}$ 의 함량을 나타냈으며 step 2로 도정이 진행되면서 그 함량이 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 현미에서 peonidin 3-O-glucoside는 신토흑미와 조생흑찰이 각각 $22.0 \pm 1.1 \mu\text{g/g}$, $22.5 \pm 0.5 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 함량을 보였으며($p < 0.05$), 가장 낮은 함량을 보인 흑향찰($7.0 \pm 0.1 \mu\text{g/g}$)보다 약 3.1배 차이를 보였다. Cyanidin 3-O-glucoside의 함량은 현미에서 신토흑미가 $803.4 \pm 1.4 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 함량을 보였지만($p < 0.05$), step 1에서는 흑진주가 $490.9 \pm 8.4 \mu\text{g/g}$ 으로 신토흑미($480.5 \pm 2.0 \mu\text{g/g}$)보다 높은 함량을 나타내었다($p < 0.05$). Step 2로 도정이 진행되었을때는 흑진주가 $320.0 \pm 0.8 \mu\text{g/g}$ 으로 유의적으로 높았고, 신토흑미는 $93.6 \pm 1.2 \mu\text{g/g}$ 으로 현미에 비하여 8.6배로 가장 높은 감소율을 보여 조생흑찰($72.2 \pm 1.1 \mu\text{g/g}$)에 이어 낮은 함량을 보였다. 총 anthocyanin 함량은 총 페놀산 함량과 마찬가지로 신토흑미 현미가 $831.4 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 많은 높은 값을 보였고($p < 0.05$), 흑진주>보석흑찰>신평흑찰>조생흑찰>흑향찰 순으로 측정된 항산화성 물질 및 총 페놀산 함량과 유사한 경향을 보였다($p < 0.05$). 이러한 결과로부터 흑미의 품종 중 신토흑미를

사용한다면 anthocyanin 색소의 함량이 높은 기능성 블랙푸드 개발에 도움이 될 것이라 사료된다. 식감 때문에 일부 도정한다면 신토흑미 보다는 흑진주 품종을 이용하는 것이 천연 기능성 색소 성분인 anthocyanin 함량이 높을 것이다.

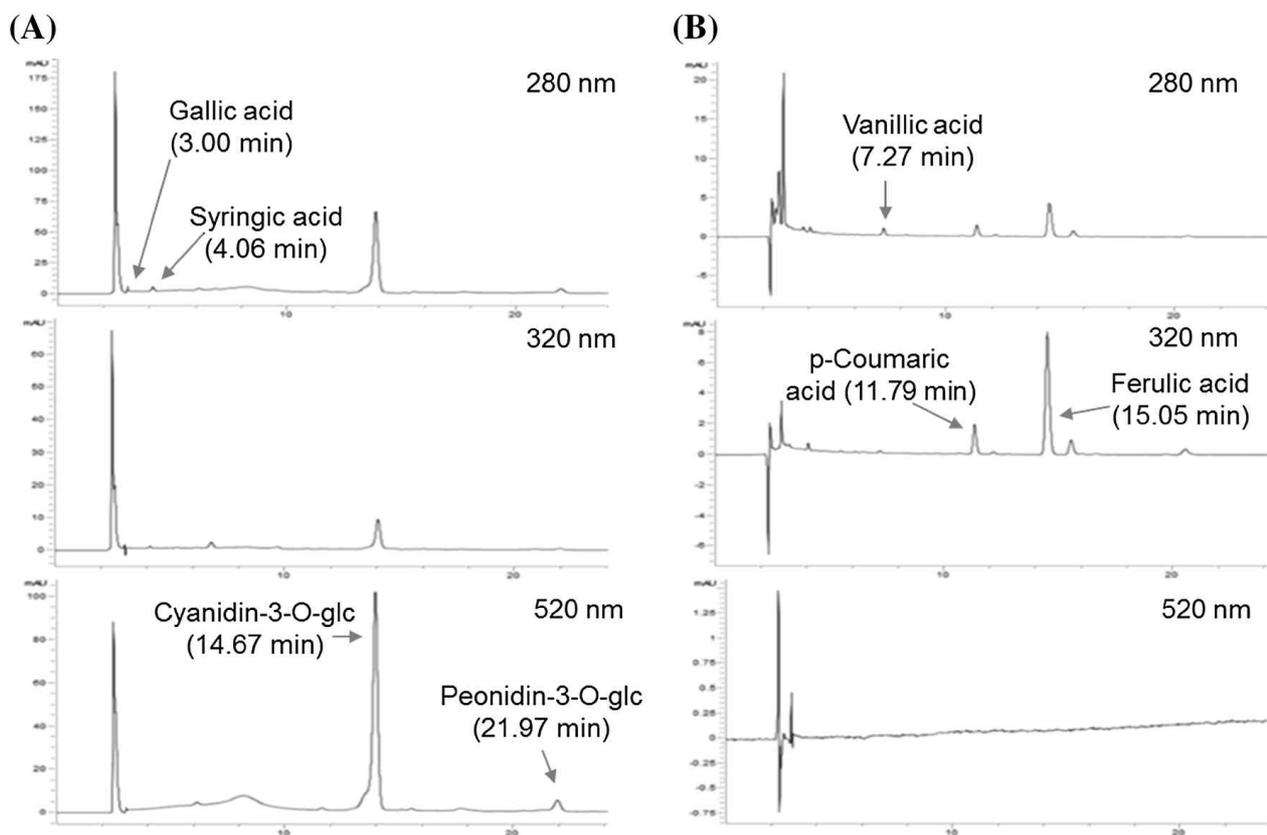


Figure 7. HPLC chromatogram for determination of phenolic acids and anthocyanins in free (A) and bound (B) phenolic fractions of black rice (cv. Sintoheugmi).

Table 12. HPLC determination of individual phenolic acid and anthocyanin in milled black rice cultivars

Sample	Milling degree	Phenolic acid content ($\mu\text{g/g}$)						Anthocyanins ($\mu\text{g/g}$)		
		Galllic acid	Syringic acid	Vanillic acid	p-Coumaric acid	Ferulic acid	Sum	Cyanidin-3-O-glucoside	Peonidin-3-O-glucoside	Sum
Bosukheukchal	Step 0	9.8 cC	29.3 dC	13.8 eB	33.5 cC	128.5 bcC	214.9 cC	487.5 dB	11.6 cB	499.1 dB
		(9.8)	(29.3)	(t.r.)	(10.6)	(36.1)	(85.8)	(487.5)	(11.6)	(499.0)
	Step 1	1.8 bB	17.2 cB	8.7 eA	19.8 aB	78.7 bB	126.2 bB	466.1 dB	11.3 dB	477.5 dB
		(1.8)	(17.2)	(t.r.)	(t.r.)	(19.9)	(38.9)	(466.1)	(11.3)	(477.5)
	Step 2	0.8 bA	12.0 cA	n.d.	16.8 aA	42.9 bA	72.5 bA	295.7 eA	7.0 eA	302.7 eA
		(0.8)	(12.0)		(t.r.)	(9.2)	(21.9)	(295.7)	(7.0)	(302.7)
Heukhyangchal	Step 0	6.9 bC	22.9 bC	8.8 cB	38.1 fC	131.3 cC	208.0 bC	258.2 aC	7.0 aB	265.2 aC
		(6.9)	(22.9)	(t.r.)	(10.7)	(41.6)	(82.1)	(258.2)	(7.0)	(265.2)
	Step 1	4.2 dB	18.8 dB	5.3 bA	26.1 dB	120.9 eB	175.2 eB	240.8 bB	6.8 aB	247.7 bB
		(4.2)	(18.8)	(t.r.)	(t.r.)	(37.7)	(60.7)	(240.8)	(6.8)	(247.7)
	Step 2	1.6 cdA	10.2 bA	n.d.	19.3 bA	62.9 dA	93.9 cA	184.5 cA	5.3 bA	189.9 cA
		(1.6)	(10.2)		(t.r.)	(20.6)	(32.3)	(184.5)	(5.3)	(189.9)
Heukjinju	Step 0	9.6 cC	28.0 cdC	8.1 bC	31.3 bC	158.1 dC	235.0 dC	544.9 eC	11.0 bcC	555.9 eC
		(9.6)	(28.0)	(t.r.)	(10.7)	(59.4)	(107.6)	(544.9)	(11.0)	(555.9)
	Step 1	7.1 fB	23.0 eB	6.7 cB	20.4 bB	141.2 fB	198.4 fB	490.9 eB	9.6 cB	500.6 eB
		(7.1)	(23.0)	(t.r.)	(t.r.)	(51.1)	(81.2)	(490.9)	(9.6)	(500.6)
	Step 2	1.9 dA	13.2 dA	5.4 A	19.2 bA	122.2 fA	161.9 fA	320.0 fA	6.2 dA	326.1 fA
		(1.9)	(13.2)	(t.r.)	(t.r.)	(33.6)	(48.7)	(320.0)	(6.2)	(326.1)
Josengheukchal	Step 0	3.3 aB	17.5 aC	17.9 fC	23.4 aC	117.3 aC	179.3 aC	356.1 bC	22.5 dC	378.6 bC
		(3.3)	(17.5)	(t.r.)	(t.r.)	(25.5)	(46.3)	(356.1)	(22.5)	(378.6)
	Step 1	3.1 cB	14.7 bB	8.1 dB	21.7 cB	94.4 cB	141.9 cB	190.3 aB	12.9 eB	203.2 aB
		(3.1)	(14.7)	(t.r.)	(t.r.)	(20.4)	(38.2)	(190.3)	(12.9)	(203.2)
	Step 2	1.5 cA	9.6 bA	5.4 A	19.5 bA	72.8 eA	108.9 eA	72.2 aA	5.7 cA	77.9 aA

		(1.5)	(9.6)	(t.r.)	(t.r.)	(17.1)	(28.3)	(72.2)	(5.7)	(77.9)
Sinnongheukchal	Step 0	6.6 bC	25.4 cC	9.6 d	36.1 eB	127.5 bC	205.2 bC	426.2 cC	10.0 bC	436.2 cC
		(6.6)	(25.4)	(t.r.)	(10.6)	(44.3)	(87.0)	(426.2)	(10.0)	(436.2)
	Step 1	5.6 eB	22.4 eB	t.r.	19.6 aA	73.9 aB	121.5 aB	379.8 cB	8.9 bB	388.7 cB
		(5.6)	(22.4)		(t.r.)	(23.4)	(51.4)	(379.8)	(8.9)	(388.7)
	Step 2	1.0 bA	19.2 eA	n.d.	19.2 bA	60.0 cA	99.5 dA	200.3 dA	5.3 bA	205.6 dA
		(1.0)	(19.2)		(t.r.)	(20.4)	(40.7)	(200.3)	(5.3)	(205.6)
Sintoheugmi	Step 0	7.3 bC	23.7 bcC	6.4 aB	35.2 dC	182.7 eC	255.2 eC	809.4 fC	22.0 dC	831.4 fC
		(7.3)	(23.7)	(t.r.)	(10.6)	(57.0)	(98.6)	(809.4)	(22.0)	(831.4)
	Step 1	0.7 aB	11.6 aB	4.9 aA	20.3 bB	111.9 dB	149.2 dB	480.5 dB	12.6 eB	493.0 eB
		(0.7)	(11.6)	(t.r.)	(t.r.)	(34.3)	(46.5)	(480.5)	(12.6)	(493.0)
	Step 2	0.3 aA	1.2 aA	n.d.	19.5 bA	37.0 aA	58.0 aA	93.6 bA	3.3 aA	96.9 bA
		(0.3)	(1.2)		(t.r.)	(11.1)	(12.6)	(93.6)	(3.3)	(96.9)
Cultivar effect		***	***	***	***	***	***	***	***	***
Degree of milling effect		***	***	***	***	***	***	***	***	***
Cultivar × Degree of milling		***	***	***	***	***	***	***	***	***

Values are presented as mean \pm standard deviation. Values followed by different lowercase letters in different cultivars for the same milling degree are significantly different at $p < 0.05$. Values followed by different capital letters with each column in the same cultivar for different milling degrees are significantly different at $p < 0.05$. *, **, *** means significant differences at $p < 0.05$, 0.01 and 0.001, respectively. n.d. stands for not detected. 2) Phenolic contents in free phenolic fraction.

(8) 저장 온도에 따른 흑미의 저장성 평가

쌀의 경우 저장 중 산패취가 나타날 수 있고 흑미 특유의 소비자 수용도가 높은 2-AP와 같은 성분이 저장 중 손실된다고 알려져 있다. 그러나 흑미의 경우 저장 연구가 충분히 되어 있지 않아 본 연구에서는 앞서 기능성 물질의 함량이 가장 높은 것으로 나타난 신토흑미 품종을 이용하여 흑미의 저장 중 저장 온도와 기간에 따른 향기 성분의 변화를 살펴보았다.

(가) 연구방법

① 흑미의 도정

본 연구에서는 강원도 횡성군에서 2016년 수확한 흑미(신토흑미 품종)를 농업기술실용화재단에서 법씨로 분양 받아 사용하였다. 흑미의 탈각은 수동 현미기(Rice huller, Jtech, Incheon, Korea)를 사용해 왕겨와 현미를 분리하였고, 쌀의 도정은 도정기(FS-2000, Misul, Seoul, Korea)를 이용하여 현미의 중량 기준으로 4.2%(step 1), 10.5%(step 2)의 비율(w/w)로 도정하였다. Step 0은 일반 백미의 현미 수준으로 step 2는 백미 수준의 도정도와 같다.

② 흑미의 저장

도정된 흑미는 25℃와 35℃에서 step 0, step 1, step 2의 상태로 유리 용기에 넣어 저장되었다. 고온(35℃)에서는 3개월(12주)의 기간 동안 저장하였으며 25℃에서는 9개월(63주)의 기간 동안 저장하면서 휘발성 성분 및 향기 성분의 변화를 관찰하였다.

③ 흑미의 휘발성 성분 분석

흑미 30 g 을 균질화시킨 후 2.0 g ($\pm 0.5\%$)을 샘플링한 후, HS-SPME 추출법으로, 2cm 길이의 DVB/CAR/PDMS fiber 를 이용하여 휘발성 성분을 추출하고, Agilent 사의 MSD 5975 가 연결된 GC 7890A (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)으로 splitless mode 로 분석하였다. GC 칼럼은 DB-WAX (30 m \times 0.250 mm \times 0.25 μ m, Agilent Technologies)을 사용하였고, GC 오븐은 초기온도 35 $^{\circ}$ C에서 1 분간 유지하고, 100 $^{\circ}$ C까지 5 $^{\circ}$ C/min 의 속도로 증가 시킨 후 20 $^{\circ}$ C/min 의 속도로 250 $^{\circ}$ C까지 온도를 높힌 후, 5 분간 유지 하였다. 운반기체는 헬륨 가스(0.7 mL/min)를 사용하였다. 주입구 온도는 220 $^{\circ}$ C이며 solvent delay time 은 1min 이었다. Ionization voltage 는 70 eV, electron multiplier voltage 는 1,800 V 로 설정하였다. 휘발성 성분 동정을 위해서는 n-alkane standard (C6-C40)를 이용하여 Kovats retention index 를 산출한 후 NIST Mass Spectral Search program 과 휘발성 성분 스탠다드를 이용하였다. 저휘발성 성분 정량의 경우 휘발성 물질의 extracted ion peak area 값을 internal standard (aldehydes: octanal- d_{16} ; nitrogen-containing compounds: 2-methylpyrazine- d_6 ; alcohols: n-hexyl- d_{13} alcohol)의 peak area 값과 비교하여 계산하여 상대 정량(relative quantification)을 실시하였다.

$$\text{concentration} \left(\frac{\text{ng}}{\text{g}} \right) = \frac{\text{extracted ion peak area}}{\text{extracted ion peak area of IS}} \times \left(\text{IS} \times \frac{10 \text{ ng}}{\text{g}} \right)$$

(나) 연구 결과

도정도와 저장온도에 따른 휘발성 성분을 동정하기 위하여, HS-SPME 방법으로 추출한 시료를 GC/MS로 분리한 결과 Figure 8과 같은 total ion chromatogram (TIC)를 얻었다. 총 52개의 휘발성 성분을 동정하였으며 이 중 알데하이드류 10종, 케톤류 6종, 알콜류 6종, acid and ester 류 12종, 알케인 류 1종, 올레핀류 1종, 그리고 17종의 기타 성분을 동정하였다(Table 13). 이 중 중요한 향기 성분 중 aldehyde 화합물로 hexanal (green tomato, green), octanal (citrus), (E)-2-heptenal (pungent, green, fatty), nonanal (aldehydic, waxy, citrus, tart, sweet), benzaldehyde (almond), 2-nonenal (beany, cucumber) 등이 동정되었으며, 이는 Buttery 등(1986)과 동일한 결과를 보였다. 동정된 휘발성 성분 중 4-vinylphenol은 lignin의 thermal degradation에 의해 형성되며, 취반미에서는 불쾌한 냄새를 나타낸다고 보고되고 있다(Widjaja et al., 1996).

현미(step 0)의 중량 기준으로 4.2%(step 1), 10.5%(step 2)의 비율(w/w)로 도정된 흑미를 12주 동안 휘발성 성분 변화를 측정된 결과를 Table 14, Table 15에 나타내었다. 저장기간 중 흑미의 향기성분의 변화를 확인하기 위해 HS-SPME 법을 이용하여 휘발성 성분을 추출하고 이를 GC/MS를 이용하여 분석하였다. 저장기간에 따른 aldehyde 류의 변화는 저장기간이 증가함에 따라 증가하였으며, 이는 저장기간 중 지방 산패에 의한 carbonyl 화합물의 증가에 의한 것으로 지질 산패 생성물은 흑미에 함유된 불포화 지방산의 산화에 의해 형성된 것으로 보인다. 쌀의 지방산의 60% 이상은 불포화 지방산으로 구성되어 있으며 불포화 지방산은 지질 산화 생성물의 전구체로 작용한다. Yasumatsu 등(1964)은 쌀에 함유되어 있는 oleic acid, linoleic acid, linolenic acid가 저장 기간 중 산화하여 carbonyl 화합물을 생성하고 이 화합물들은 불쾌한(stale) 향을 생성한다고 보고하였다. 또한 hexanal의 함량은 초기에 비해 저장 종료 시 더 높은 함량을 보였고 이 결과는 Bergman 등(2000)의 쌀 저장 기간에 따른 hexanal의 변화를 확인해 본 결과 증가함을 나타낸다고 보고와 일치하였다.

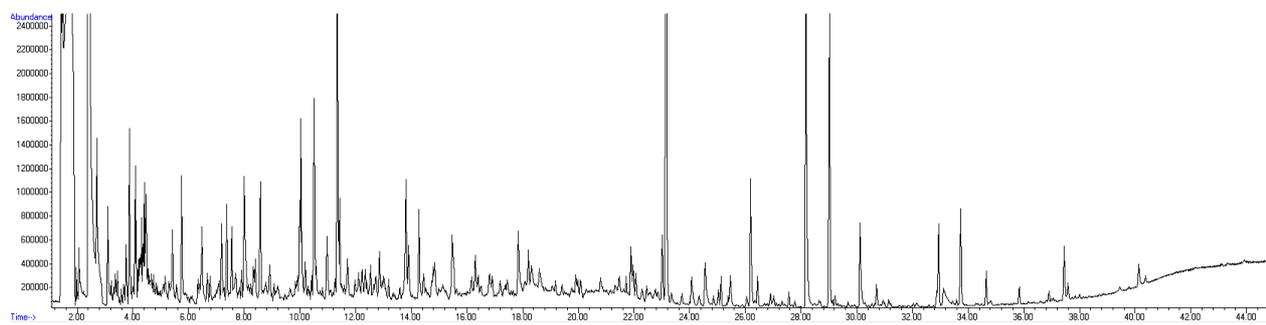


Figure 8. Gas chromatogram of flavor compounds of raw black rice (cv. Sintoheugmi).

Table 13. Identification of volatile compounds in raw black rice (cv. Sintoheugmi)

No.	volatile compound	tR of unknown	unknow n RI	literature RI	m/z	odor description
aldehydes						
4	hexanal	4.47	1080	1080	44	green tomato, green
16	octanal	8.78	1282	1284	84	citrus
17	(2E)-2-ethyl-2-hexenal	9.01	1285	1330	97	
18	(E)-2-heptenal	9.65	1316	1318	83	pungent, green, fatty
21	nonanal	11.34	1383	1390	98	aldehydic, waxy, citrus, tart, sweet
23	(E)-2-octenal	12.18	1416	1416	83	
27	decanal	13.9	1484	1484	112	citrus
28	benzaldehyde	14.45	1505	1508	106	almond
29	2-nonenal	14.79	1519	1532	140	beany, cucumber
40	pentadecanal	25.46	2012	2040	96	fresh
ketones						
1	acetone	1.97	815	814	58	acetone, ethereal, fruity
9	2-heptanone	6.39	1179	1180	58	cheesy
15	2-octanone	8.72	1280	1283	58	parmesan cheese like
26	2-decanone	13.81	1480	1480	113	fermented, generic cheese notes
31	6-methyl-3,5-heptadien-2-one	16.12	1590	1582	109	cinnamon, coconut, spicy
35	geranyl acetone	21.97	1834	1843	136	floral, rose, fresh, slightly soapy
alcohols						
3	ethanol	2.71	927	926	46	strong alcoholic, ethereal, medical
14	1-pentanol	8.02	1259	1261	70	
20	1-hexanol	10.52	1352	1358	56	green, fruity, apple-skin, oily
25	1-octen-3-ol	12.84	1444	1442	57	mushroom
30	1-octanol	15.47	1548	1555	84	waxy, green, citrus
32	1-nonanol	17.84	1633	1629	81	
acids and esters						
10	methyl hexanoate	6.44	1181	1183	74	
34	hexanoic acid	21.89	1830	1850	73	cheesy, fatty
39	methyl myristate	25.12	1994	2008	143	fatty, waxy, petal
41	octanoic acid	26.19	2053	2050	101	oily, fatty, rancid
42	methyl 2-methylpentanoate	26.78	2081		88	
44	nonanoic acid	28.17	2164	2169	129	cheese, dairy, fatty, waxy
45	methyl palmitate	29.02	2206	2206	143	waxy, fat, candle
46	ethyl palmitate	29.69	2227	2246	157	mild, waxy

47	decanoic acid	30.13	2241	2250	172	fatty, rancid
50	methyl (9Z)-9-octadecenoate	32.94	2449	2452	264	mild, fatty
51	methyl (9Z,12Z)-9,12-octadeca dienoate	33.73	2497	2484	95	oily, fatty
53	palmitic acid	40.12		2910	213	waxy, creamy fatty, so apy
	alkanes					
43	heneicosane	26.81	2086	2100	85	waxy
	olefins					
22	(3E)-3-Ethyl-2-methy l-1,3-hexadiene	11.85	1400	1404	124	
	additional compounds					
2	methyl acetate	2.02	823	825	74	ethereal, sweet
5	2-butylfuran	5.22	1122	1126	81	
6	p-xylene	5.30	1126	1130	91	medicinal
7	isopropylbenzene	6.06	1147	1166	105	
8	o-xylene	6.33	1177	1176	91	peanut
11	propylbenzene	6.84	1201	1212	91	solvent, sweet
12	1-ethyl-3-methylbenze ne	7.21	1219	1222	105	
13	2-pentylfuran	7.36	1223	1226	138	floral, fruit
19	2-hexylfuran	9.74	1320	1326	111	
24	2-Heptylfuran	12.25	1418	1416	81	
33	calamenene	21.47	1809	1808	159	herb
36	guaiacol	22.04	1839	1850	109	smoky, black rice-like
37	4-methyl-2,6-bis(2-m ethyl-2-propanyl)phenol	23.14	1891	1902	205	
38	phenol	25.00	1989	2002	94	
48	4-vinylphenol	32.02	2392	2382	120	chemical, phenolic, medicinal
49	1H-indole	32.87	2444	2441	117	animal, fecal, naphthyl, with earthy
52	4-nonylphenol	36.79			135	

t_R stands for retention time

RI stands for retention index. RI values were obtained from <https://www.nist.gov> or flavornet.org

Extracted ion from total ion scan used for quantitation

Odor-active compounds and eodor threshold (ppb) were described in previous studies

① 35℃에서 흑미의 휘발성 성분 변화

35℃의 저장 온도 중 흑미의 지방 산패 지표물질과 흑미의 주요 향기 활성 성분의 변화를 내부표준물질의 peak area ratio로 상대적 농도를 나타내었다(Table 14). 저장 중 oleic acid, linoleic acid, linolenic acid의 2차 산화물의 지표인 hexanal, octanal, 1-pentanol의 변화를 확인하였다. Step 0의 도정도에서 hexanal은 저장 초기에 12.5 ng/g의 함량을 보였고 저장 4주에서 32.4 ng/g으로 약 2.6배 증가하였으나 저장 12주에는 0.8 ng/g으로 저장 초기보다 약 감소하였다. 도정이 이루어진 step 1에서 또한 저장 4주까지 28.5 ng/g으로 증가하는 경향을 보였으며 8주에서 감소하였으며 최종 저장일인 12주에는 다시 증가하는 경향을 보였다. 도정이 가장 많이 이루어진 step 2에서는 저장 기간이 증가할수록 hexanal의 함량 또한 증가하였으며 저장 12주에서 33.1 ng/g으로 약 4.7배 증가하였다. Hexanal은 도정도에 따라 생성량에 영향을 주는 것으로 보인다.

Octanal은 모든 도정도에서 저장 경과에 따라 계속 증가하는 경향을 보였고 step 2의 저장 12주에는 저장 초기인 1.2 ng/g에 비하여 약 229.8배 증가하였다. Oleic acid와 linoleic acid의 2차 산화물의 지표인 2-pentylfuran은 모든 도정도에서 저장 2주차까지 감소한 후 저장 이후 12주까지 계속 증가하는 경향을 보였다. Linoleic acid와 linolenic acid는 지방 산화효소인 lipoxygenase의 기질로 사용되며 이로 인해 산화되어 carbonyl 화합물 등의 산화생성물을 발생 시키는데 이는 불쾌한 맛과 향을 나타내게 된다. 산화 생성물의 경우 식품에서 풀냄새를 나타내며, 특히 불포화된 알데하이드류의 경우 산패취를 나타낸다고 보고되어있다(Grimm et al., 2002). 저장 중 지방의 산패 지표로서 퀴퀴한(stale) 향을 내는 1-pentanol과 1-hexanol의 함량이 증가하였다. 특히, 1-pentanol은 모든 도정도에서 초기 저장시 동정되지 않았지만, 저장 2주부터 검출 되었으며, 모든 도정도에서 저장 12주에 가장 높은 함량을 보였다. 또한 1-hexanol은 저장이 진행되면서 그 함량이 계속 증가하였으며 최종 저장일에서 약 4-11배 증가하였다. 흑미의 특징적인 향을 내는 guaiacol은 smoky한 향을 내며 step 0의 경우 증가와 감소를 반복하였으며, step 1과 step 2 또한 마찬가지로 저장하면서 증가와 감소를 반복하는 경향을 보였다. 열에 의해 lignin의 대사체인 이며, 취반미에서 불쾌한 냄새를 나타낸다고 보고된 4-vinylphenol의 함량 또한 저장하면서 증가하는 경향을 보였다.

Table 14. Concentration of volatile compounds in raw black rice stored at 35°C for 36 weeks

No.	volatile compound	unpolished (weeks)					step 1 (weeks)					step 2 (weeks)				
		0	2	4	8	12	0	2	4	8	12	0	2	4	8	12
aldehydes																
4	hexanal	12.5	25.6	32.4	30.5	0.8	8.3	19.1	28.5	23.9	28.4	7.1	16.8	19.4	20.0	33.1
16	octanal	4.2	8.3	18.1	23.7	27.7	2.1	4.1	15.2	134.3	161.6	1.2	4.0	11.2	52.2	275.8
17	(2E)-2-ethyl-2-hexenal	n.d.	13.5	33.2	49.3	5.9	n.d.	18.8	68.3	92.6	26.9	n.d.	14.7	8.4	14.9	29.7
18	(E)-2-heptenal	4.4	10.9	17.3	17.3	20.4	3.3	4.6	15.1	18.4	15.7	3.6	4.8	12.6	16.4	23.0
21	nonanal	170.7	163.2	173.5	422.5	176.8	169.7	132.1	209.6	230.7	116.9	238.5	114.9	152.6	160.6	415.1
23	(E)-2-Octenal	13.7	11.4	28.9	22.1	22.9	17.6	8.1	11.4	15.0	18.2	18.3	5.6	20.4	21.8	19.1
27	decanal	60.5	18.5	11.9	6.2	35.7	18.1	14.5	18.8	92.2	82.3	36.7	7.9	11.4	127.4	57.0
28	benzaldehyde	13.2	12.9	26.5	40.4	41.2	10.5	11.2	21.5	33.0	35.4	12.4	8.5	25.0	28.0	39.3
29	2-nonenal	3.6	17.3	28.8	22.7	25.7	3.8	6.8	38.2	40.8	20.7	3.8	4.3	29.8	17.3	29.9
40	pentadecanal	15.2	16.5	18.3	19.3	26.9	9.4	13.1	13.6	205.1	27.4	5.1	7.4	9.5	15.2	51.8
ketones																
1	acetone	8.5	8.4	15.6	14.1	19.1	5.9	7.6	15.7	13.9	16.5	4.2	5.1	8.5	7.1	12.8
9	2-heptanone	2.3	1.9	6.7	5.9	9.9	1.7	2.1	3.1	24.4	1.4	2.0	0.6	3.3	1.8	21.6
15	2-octanone	0.8	0.6	1.3	1.9	2.1	0.6	0.7	2.6	41.5	2.6	0.7	0.5	1.9	3.6	16.1
26	2-decanone	60.5	13.6	6.5	14.7	21.9	52.4	17.2	11.4	89.7	14.1	7.6	25.0	4.3	3.2	36.3
31	6-methyl-3,5-heptadien-2-one	8.8	10.4	26.9	29.2	40.6	6.1	11.1	7.8	7.9	78.7	3.5	9.4	11.5	6.3	6.6
35	geranyl acetone	9.2	3.8	26.2	16.5	16.6	6.1	2.6	27.5	15.0	11.0	8.0	1.6	18.0	7.7	7.4
alcohols																
3	ethanol	115.5	78.8	87.2	104.9	70.7	84.8	60.8	87.8	110.5	58.2	61.4	61.8	73.0	78.2	77.3
14	1-pentanol	n.d.	7.2	3.1	52.6	63.1	n.d.	6.8	0.3	6.0	12.3	n.d.	1.0	3.9	2.6	10.6
20	1-hexanol	212.6	348.2	627.2	1149.2	1174.1	117.6	183.8	314.7	452.1	474.0	37.3	112.0	222.8	377.1	418.1
25	1-octen-3-ol	45.0	60.9	114.6	135.8	150.0	16.7	31.9	89.0	113.6	89.3	13.8	19.8	64.8	81.9	74.3
30	1-octanol	105.7	109.5	113.8	368.3	39.1	92.0	66.2	96.5	34.6	40.7	14.0	47.5	84.3	35.6	34.8
32	1-nonanol	69.8	106.9	n.d.	n.d.	n.d.	129.1	67.3	6.6	76.7	n.d.	52.2	44.1	30.6	46.8	n.d.
acids and esters																

10	methyl hexanoate	4.7	10.1	33.2	45.8	76.2	0.8	37.7	15.8	16.4	81.8	2.3	1.9	3.2	14.5	13.6
34	hexanoic acid	39.5	46.6	230.7	432.6	601.7	26.9	22.4	103.1	344.6	274.0	6.3	14.4	44.2	77.1	255.3
39	methyl myristate	24.9	12.2	127.3	82.7	43.0	16.1	7.0	57.9	19.3	17.6	3.8	2.1	35.1	9.0	10.8
41	octanoic acid	146.3	28.9	69.2	198.6	181.3	69.5	10.0	41.1	839.2	88.2	20.6	12.4	28.8	58.2	171.2
42	methyl 2-methylpentanoate	n.d.	7.8	17.1	43.3	51.6	n.d.	5.8	15.2	76.2	40.6	n.d.	3.8	13.1	34.5	69.5
44	nonanoic acid	430.1	262.3	264.1	685.4	494.4	292.8	90.7	181.6	635.0	331.9	84.3	116.9	127.2	307.9	342.1
45	methyl palmitate	289.1	143.6	1293.4	696.2	583.4	150.8	89.4	533.6	390.2	227.3	47.3	33.1	329.1	180.2	143.7
46	ethyl palmitate	5.7	5.9	14.3	31.6	23.2	4.2	5.8	14.6	40.6	23.0	2.1	3.4	10.7	18.6	17.6
47	decanoic acid	104.3	16.8	19.8	44.1	18.9	22.9	7.0	15.1	31.1	15.3	7.9	7.5	9.5	14.6	9.8
50	methyl (9Z)-9-octadecenoate	64.1	37.6	298.8	241.7	159.8	29.4	23.1	135.1	138.8	63.5	10.2	8.8	106.2	66.7	40.4
51	methyl (9Z,12Z)-9,12-octadecadienoate	96.9	44.5	355.8	193.2	217.6	46.6	31.8	149.5	125.2	90.4	10.6	12.7	103.1	51.2	55.1
53	palmitic acid	27.7	16.0	61.9	119.8	59.7	8.1	22.4	42.2	129.4	31.6	5.1	12.5	42.0	86.3	26.3
	alkanes															
43	heneicosane	1.6	1.3	17.6	42.1	14.3	0.8	0.8	16.8	17.1	11.2	0.4	0.6	12.9	9.1	15.2
	olefins															
22	(3E)-3-Ethyl-2-methyl-1,3-hexadiene	n.d.	2.3	5.8	18.7	32.0	n.d.	n.d.	n.d.	3.0	14.1	n.d.	n.d.	0.0	10.1	12.2
	additional compounds															
2	methyl acetate	1.4	0.7	0.8	0.7	0.8	0.7	0.5	0.9	0.6	1.0	0.3	0.4	0.5	0.4	0.6
5	2-butylfuran	n.d.	0.5	7.1	53.1	97.5	n.d.	n.d.	4.5	21.2	42.1	n.d.	n.d.	0.2	0.8	1.6
6	p-xylene	12.2	19.7	12.7	71.6	69.1	10.8	15.2	11.2	51.8	49.9	5.0	11.5	10.3	34.1	33.1
7	isopropylbenzene	3.1	2.3	13.7	24.4	6.1	2.5	2.7	4.2	12.3	3.6	1.6	1.9	4.6	4.5	5.5
8	o-xylene	13.0	16.1	7.0	48.6	54.6	14.4	20.6	6.5	21.7	39.9	5.8	10.5	5.6	19.5	17.2
11	propylbenzene	2.0	1.6	10.1	6.4	7.9	2.0	2.4	4.9	1.9	7.3	1.5	1.3	3.6	4.6	2.8
12	1-ethyl-3-methylbenzene	n.d.	0.3	1.8	3.3	1.9	n.d.	n.d.	2.6	3.3	2.0	n.d.	n.d.	1.5	1.7	1.5
13	2-pentylfuran	76.1	68.6	215.9	506.5	736.6	43.2	37.2	111.0	181.4	339.1	24.8	17.3	62.8	108.8	150.3
19	2-hexylfuran	n.d.	n.d.	4.3	10.0	64.8	n.d.	n.d.	1.8	46.4	14.4	n.d.	n.d.	1.4	2.7	66.8
24	2-Heptylfuran	n.d.	n.d.	2.6	7.4	39.8	n.d.	n.d.	6.2	16.5	13.1	n.d.	n.d.	0.3	4.6	6.5
33	calamenene	20.4	13.2	28.6	49.9	59.9	15.4	11.1	22.9	26.3	27.4	10.1	5.4	18.7	22.6	21.4

36	guaiacol	22.3	10.1	25.9	39.0	29.5	16.1	7.0	18.9	31.0	20.9	8.7	4.6	13.8	14.1	13.3
37	4-methyl-2,6-bis(2-methyl-2-propanyl)phenol	803.2	250.4	767.6	n.d.	n.d.	546.0	262.7	488.5	n.d.	n.d.	2444.2	191.1	443.1	n.d.	n.d.
38	phenol	15.2	10.2	20.1	43.9	26.7	12.7	8.9	16.6	33.2	16.3	7.1	5.6	13.0	19.4	14.3
48	4-vinylphenol	1.6	2.0	4.2	5.5	5.8	1.6	1.9	5.3	6.8	6.1	1.0	1.2	3.9	4.0	4.9
49	1H-indole	4.1	3.5	2.1	5.4	6.6	5.1	1.6	2.2	10.1	4.2	4.3	0.7	2.7	3.1	2.5
52	4-nonylphenol	2.4	12.6	122.4	178.2	15.8	337.2	8.0	15.7	24.4	11.7	5.3	6.9	1.5	10.3	11.0

n.d. stands for not detected

② 25℃에서 흑미의 휘발성 성분 변화

Table 15에서는 25℃의 저장 온도에서 36주간 저장하며 흑미의 지방 산패 지표 물질과 흑미의 주요 향기 활성 성분의 상대적인 변화를 나타내었다. Oleic acid, linoleic acid, linolenic acid의 2차 산화물의 지표인 hexanal, octanal, 1-pentanol의 변화를 확인하였다. Step 0의 도정도에서 hexanal은 저장 초기에 12.5 ng/g의 함량을 보였고 저장 12주에서 32.4 ng/g으로 약 2.6배 증가하였으나 저장 24주에서 25.1 ng/g으로 약간 감소한 함량을 보였다. 이후 최종 저장일인 36주에는 124.8 ng/g으로 초기 저장 함량보다 약 10배 증가한 함량을 나타내었다. 도정이 이루어진 step 1에서는 저장 36주까지 현미(step 0)에 비해 절반인 60.3 ng/g으로 증가하는 경향을 보였으며 24주에서 최종 저장일인 36주에는 약 3배의 급격한 증가를 보였다. 도정이 가장 많이 이루어진 step 2에서는 저장 기간이 증가할수록 hexanal의 함량 또한 증가하였으며 step 1과 비슷한 경향을 보이며 증가하였다.

Octanal은 step 0와 step 1에서 저장 경과에 따라 계속 증가하는 경향을 보였고 step 2에서는 저장 24주까지 증가하는 경향을 보이다가, 최종 저장일인 36주에서 감소하는 경향을 보였다. Oleic acid와 linoleic acid의 2차 산화물의 지표인 2-pentylfuran은 step 0과 step 1의에서 저장 24주까지 약 5배 증가하는 경향을 보이다가 최종 저장일인 36주에서 감소하는 경향을 보였다. Step 2에서는 저장 기간이 증가할수록 1-pentanol의 함량 또한 증가하였으며 약 4.6배인 111.6 ng/g까지 증가하였다. 추가적으로 지방의 산패 지표로 쿼퀴한(stale) 향을 내는 1-pentanol과 1-hexanol이 동정이 되었다. 1-Pentanol은 모든 도정도에서 초기 저장시 동정되지 않았지만 저장 2주부터 확인되었으며 모든 도정도에서 저장 36주에 가장 높은 함량을 보였다. 특히 현미에서는 389.5 ng/g까지 증가하였으며 step 1, step 2에서는 각각 20.3 ng/g, 160.3 ng/g으로 증가를 보였다. 또한 1-hexanol은 저장이 진행되면서 35℃의 저장 온도와 마찬가지로 그 함량 또한 계속 증가하였으며 최종 저장일에서 가장 높은 함량을 보였다. 흑미의 특징적인 향을 내는 guaiacol은 smoky한 향을 내며 35℃의 저장 온도와 마찬가지로 step 0의 경우 증가와 감소를 반복하였으며, step 1과 step 2 또한 마찬가지로 저장하면서 증가와 감소를 반복하는 경향을 보였다. 취반미에서는 불쾌한 냄새를 나타낸다고 보고된 4-vinylphenol은 가속 실험(35℃)에서는 저장 중 계속 증가하는 경향을 보였지만 25℃에서는 저장하면서 증가와 감소를 반복하다가 최종 저장일인 36주에는 동정되지 않았다. 추가적으로, (2E)-2-ethyl-2-hexenal, methyl 2-methylpentanoate, (3E)-3-Ethyl-2-methyl-1,3-hexadiene, 2-butylfuran, 1-ethyl-3-methylbenzene,

2-hexylfuran, 2-heptylfuran 이 저장 초기에는 동정되지 않았지만 저장기간 중 새롭게 동정이 되었다.

Table 15. Concentration of volatile compounds in raw black rice stored at 25°C for 36 weeks

No.	volatile compound	unpolished (weeks)						step 1 (weeks)						step 2 (weeks)								
		0	2	4	8	12	24	36	0	2	4	8	12	24	36	0	2	4	8	12	24	36
aldehydes																						
4	hexanal	12.5	23.6	29.9	30.1	32.4	25.1	124.8	8.3	10.1	15.0	16.3	16.8	20.0	60.3	7.1	11.0	11.3	11.5	15.6	34.0	58.0
16	octanal	4.8	7.4	16.8	17.2	29.9	30.4	44.7	2.1	6.2	7.5	8.5	10.1	16.2	29.6	1.2	5.9	10.1	11.2	16.5	93.8	24.3
17	(2E)-2-ethyl-2-hexenal	n.d.	n.d.	31.5	25.8	34.7	37.0	68.8	n.d.	12.6	41.2	41.7	88.2	83.5	117.6	n.d.	n.d.	6.1	11.8	17.7	18.1	9.6
18	(E)-2-heptenal	5.1	6.7	16.8	16.0	20.4	26.7	48.7	3.3	3.4	8.2	7.9	15.5	31.2	10.8	3.6	3.7	7.7	8.4	10.5	36.7	60.1
21	nonanal	195.9	149.9	266.9	128.3	276.2	89.6	82.3	169.7	153.1	115.3	70.4	91.2	107.5	80.7	238.5	150.2	102.8	238.0	195.7	221.5	138.1
23	(E)-2-Octenal	15.7	9.3	31.2	27.7	31.9	27.2	23.3	17.6	6.6	15.0	13.2	13.0	18.2	11.1	18.3	8.1	5.2	10.8	13.7	31.0	19.9
27	decanal	69.4	16.0	8.0	64.9	47.1	33.0	3.2	18.1	10.5	73.9	65.3	57.7	34.5	7.3	36.7	15.0	48.0	77.0	59.1	41.9	34.1
28	benzaldehyde	15.2	12.2	75.4	34.2	37.6	2.7	32.0	10.5	8.3	26.8	20.5	18.7	3.9	29.1	12.4	7.2	14.3	29.8	22.5	3.7	29.2
29	2-nonenal	4.2	8.2	26.8	25.7	30.3	57.0	53.8	3.8	7.8	20.1	17.1	14.1	70.7	66.8	3.8	11.7	18.5	13.9	24.0	125.7	59.5
40	pentadecanal	17.4	16.4	39.1	35.6	29.6	17.4	6.1	9.4	10.1	25.1	19.5	16.9	12.1	24.8	5.1	6.4	14.3	13.8	12.6	8.7	4.1
ketones																						
1	acetone	9.8	8.9	13.7	11.0	12.5	14.3	124.0	5.9	6.2	8.8	7.7	8.1	12.1	93.9	4.2	4.4	4.8	4.5	5.0	9.0	7.7
9	2-heptanone	2.6	1.2	5.9	3.8	4.2	4.3	13.7	1.7	0.7	1.8	0.4	1.3	1.9	6.2	2.0	1.9	1.6	0.6	0.9	2.4	8.6
15	2-octanone	0.9	0.6	2.0	1.6	1.7	1.1	3.6	0.6	0.5	1.3	1.6	0.8	0.9	3.4	0.7	0.2	1.2	1.1	1.1	1.5	8.8
26	2-decanone	69.4	7.4	77.5	10.4	17.8	65.4	248.7	52.4	12.4	2.6	1.7	7.6	149.6	172.2	7.6	7.8	2.2	2.3	9.6	103.2	45.0
31	6-methyl-3,5-heptadien-2-one	10.1	7.6	20.6	16.7	33.6	182.9	39.7	6.1	8.3	19.0	8.5	16.5	207.4	38.6	3.5	5.7	6.4	3.8	10.6	195.9	23.7
35	geranyl acetone	10.6	2.5	24.7	15.4	9.1	96.6	15.0	6.1	1.8	12.6	10.1	4.9	59.8	9.0	8.0	1.6	9.6	5.6	5.5	68.3	12.5
alcohols																						
3	ethanol	112.9	80.9	73.7	89.8	73.6	66.5	132.3	84.8	75.3	65.5	94.5	62.1	57.8	153.0	61.4	71.7	95.1	71.7	49.3	58.3	146.1
14	1-pentanol	n.d.	6.4	9.5	5.5	39.7	34.0	389.5	n.d.	4.1	5.5	4.1	9.1	10.4	20.3	n.d.	6.7	1.1	3.0	6.9	29.4	160.3
20	1-hexanol	224.2	331.3	570.8	599.7	941.6	883.9	2665.8	117.6	263.8	281.5	231.2	330.0	353.8	370.4	37.3	267.4	207.4	211.4	263.8	544.7	686.3

25	1-octen-3-ol	47.4	45.4	72.6	93.2	120.0	160.6	284.7	16.7	33.4	41.2	57.2	57.9	131.3	40.6	13.8	35.8	36.4	40.5	62.6	166.2	213.0
30	1-octanol	111.5	97.2	145.2	126.1	25.4	74.9	297.5	92.0	83.6	89.1	12.4	14.7	48.0	42.4	14.0	69.4	76.4	125.0	24.1	32.2	177.8
32	1-nonanol	73.6	78.3	69.2	6.4	n.d.	n.d.	n.d.	129.1	114.6	118.1	4.3	n.d.	n.d.	n.d.	52.2	42.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	acids and esters																					
10	methyl hexanoate	4.9	9.5	18.7	18.0	53.7	34.0	107.7	0.8	4.2	8.9	17.5	15.7	14.8	7.4	2.3	2.3	3.2	3.8	7.6	12.2	11.5
34	hexanoic acid	41.7	53.6	122.5	147.3	123.0	25.6	334.9	26.9	28.4	54.0	56.2	75.3	22.6	31.6	6.3	25.1	29.1	28.9	59.1	24.6	219.0
39	methyl myristate	26.2	10.7	13.9	45.9	16.2	15.2	8.7	16.1	4.6	6.0	24.0	10.1	9.5	2.7	3.8	1.6	2.3	5.2	7.4	7.0	16.7
41	octanoic acid	154.3	33.6	41.3	47.8	61.7	30.4	119.1	69.5	16.8	26.4	27.5	33.7	14.2	1.2	20.6	12.6	24.6	24.0	53.1	12.7	50.8
42	methyl 2-methylpentanoate	n.d.	7.8	7.1	12.9	17.3	61.1	15.3	n.d.	5.0	6.6	9.7	9.0	44.4	32.7	n.d.	3.3	5.5	8.3	12.4	57.1	1.2
44	nonanoic acid	453.7	239.7	268.7	432.3	527.6	463.7	326.0	292.8	163.7	170.6	237.0	372.2	313.4	19.9	84.3	121.8	153.4	204.9	399.1	307.5	179.5
45	methyl palmitate	304.9	145.6	545.7	412.0	190.4	461.8	n.d.	150.8	62.7	206.9	192.2	129.9	233.7	n.d.	47.3	29.6	73.7	77.8	89.7	152.3	n.d.
46	ethyl palmitate	6.0	5.2	12.1	14.4	15.7	8.8	7.6	4.2	3.1	12.3	13.8	9.5	10.9	2.9	2.1	1.8	6.3	7.6	11.2	8.4	8.9
47	decanoic acid	110.0	15.0	21.7	23.3	14.0	22.5	5.7	22.9	9.9	14.0	14.8	8.7	22.0	0.9	7.9	5.9	16.6	12.9	15.1	46.3	8.6
50	methyl (9Z)-9-octadecenoate	67.6	34.2	45.8	131.0	59.2	124.4	n.d.	29.4	16.8	30.0	62.9	42.7	56.2	n.d.	10.2	7.9	12.1	27.7	27.2	49.2	n.d.
51	methyl (9Z,12Z)-9,12-octadecadienoate	102.2	45.5	377.6	113.4	92.7	161.7	20.2	46.6	20.4	169.7	51.9	67.3	78.0	5.1	10.6	11.4	73.1	19.2	46.8	60.9	13.9
53	palmitic acid	29.2	43.4	49.8	57.9	39.7	27.2	n.d.	8.1	12.3	26.7	64.6	62.5	25.2	n.d.	5.1	8.8	14.1	19.2	19.1	18.8	n.d.
	alkanes																					
43	heneicosane	1.7	0.6	2.0	6.4	9.2	100.8	15.3	0.8	0.5	1.9	3.4	3.3	74.0	33.5	0.4	0.2	1.5	2.8	4.2	78.1	76.5
	olefins																					
22	(3E)-3-Ethyl-2-methyl-1,3-hexadiene	n.d.	n.d.	n.d.	6.8	15.4	11.6	33.3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4.6	5.7	3.3	n.d.	n.d.	2.4	2.7	5.9	7.6	10.4
	additional compounds																					
2	methyl acetate	1.6	0.8	0.9	1.0	0.9	0.6	4.8	0.7	0.5	0.6	0.5	0.4	0.5	3.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.7
5	2-butylfuran	n.d.	n.d.	n.d.	3.0	5.7	49.7	4.6	n.d.	0.5	0.8	0.7	1.6	1.5	0.1	n.d.	n.d.	0.4	0.4	0.7	1.2	0.7
6	p-xylene	12.8	34.2	16.7	52.3	67.8	19.4	48.1	10.8	20.4	15.8	36.1	44.0	22.8	14.3	5.0	8.0	9.3	23.4	36.4	25.8	52.5
7	isopropylbenzene	3.3	4.0	6.2	10.3	1.8	4.7	7.9	2.5	1.9	8.4	5.7	3.7	3.9	2.8	1.6	0.7	3.9	4.1	2.9	2.8	2.8

8	o-xylene	13.7	34.4	33.7	44.0	58.8	31.2	96.0	14.4	19.2	17.2	28.5	39.7	24.3	22.8	5.8	11.3	12.1	15.7	37.6	29.8	96.5
11	propylbenzene	2.2	1.7	4.1	11.3	3.7	7.8	7.0	2.0	0.8	8.6	9.5	3.5	4.6	3.1	1.5	0.4	3.6	7.4	3.2	2.2	15.0
12	1-ethyl-3-methylbenzene	n.d.	n.d.	n.d.	2.1	2.7	1.9	14.8	n.d.	0.2	0.6	2.6	2.1	2.1	4.9	n.d.	n.d.	0.1	1.5	1.5	2.0	43.3
13	2-pentylfuran	80.3	98.7	183.7	210.2	362.1	405.8	300.1	43.2	59.1	86.9	84.0	121.1	162.2	30.7	24.8	43.1	49.8	42.7	80.1	110.5	111.6
19	2-hexylfuran	n.d.	n.d.	n.d.	5.0	8.2	63.5	308.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.8	46.8	110.4	n.d.	n.d.	n.d.	1.4	2.3	4.5	283.8
24	2-Heptylfuran	n.d.	n.d.	n.d.	3.1	6.1	61.3	16.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10.9	15.8	4.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.8	2.3	85.8
33	calamenene	21.6	24.5	33.6	33.7	36.4	16.8	31.5	15.4	16.2	23.3	22.6	16.2	13.0	5.8	10.1	10.6	13.0	13.7	18.0	15.7	34.7
36	guaiacol	23.5	10.4	35.0	27.1	23.7	35.4	9.9	16.1	7.0	23.6	17.3	13.6	20.7	2.2	8.7	3.8	13.1	9.0	11.1	20.6	2.8
37	4-methyl-2,6-bis(2-methyl-2-propanyl)phenol	847.2	820.5	390.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	546.0	266.2	200.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	$\frac{2444}{2}$	348.8	249.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
38	phenol	16.0	14.9	24.4	27.3	17.4	9.1	58.7	12.7	11.1	13.5	14.7	11.1	7.0	3.7	7.1	7.0	9.0	11.9	8.8	6.0	19.5
48	4-vinylphenol	1.8	1.8	4.1	4.1	3.7	2.6	n.d.	1.6	1.3	2.8	2.7	1.9	2.7	n.d.	1.0	0.9	2.3	2.7	1.8	2.7	n.d.
49	1H-indole	4.3	6.9	6.3	7.2	8.9	9.4	5.3	5.1	5.3	6.2	3.8	3.4	3.9	1.1	4.3	1.1	6.2	2.4	4.1	5.5	3.6
52	4-nonylphenol	2.5	8.3	11.6	25.6	26.8	29.7	22.4	337.2	10.6	1.7	15.9	17.4	25.3	2.7	5.3	5.3	2.4	8.5	18.7	32.4	17.4

n.d. stands for not detected

(9) 조리가 도정도가 다른 흑미의 조직감과 향기성분에 주는 영향

앞서 향산화능이 높은 흑미 품종을 선택하고 그 저장성을 살펴보았다. 그러나 조리에 따라 곡물의 경우 조직감과 향기 성분의 변화가 일어나는데 이에 흑미의 조리 방법에 따른 조직감과 향기 성분 변화를 연구하였다.

(가) 연구 방법

① 흑미 시료 준비

본 연구에서는 강원도 횡성군에서 2016년 수확한 흑미(*Oryza sativa* L.) 4 품종(흑향찰 1호, 신농흑찰, 흑진주 및 신토흑미)을 농업기술실용화재단에서 별씨로 분양 받아 사용하였다. 또한 동진찰의 경우 충청북도 괴산에서 2016년에 수확한 벼를 현미 상태로 시중에서 구매하여 사용하였다. 흑미의 탈각은 수동 현미기(Rice huller, Jtech, Incheon, Korea)를 사용해 왕겨와 현미를 분리하였고, 쌀의 도정은 도정기(FS-2000, Misul, Seoul, Korea)을 이용하여 현미의 중량 기준으로 4.2%(step 1), 10.5%(step 2)의 비율(w/w)로 도정하였다. 도정 정도 중 step 2의 경우 멍쌀 흑미, 찰쌀 흑미, 동진찰을 모두 백미로 도정한 수준과 같다.

② 취반미 제조

취반미의 조직감과 향기 성분 평가를 하기 위한 취반법은 다음과 같다. 이전 연구에서 보고된 바와 같이 취반 시 수세, 침지, 취반 조건은 모든 시료에 동일하게 적용하였다(Meullenet JF et al., 2000, Bhat FM et al., 2017, Samyori D et al., 2016). 취반 전 쌀 시료 300 g을 3회 수세 후 체에 받쳐 5분간 물기를 제거하고 수세 전 쌀 시료 무게를 기준으로 1.8배로 가수하고 23°C에서 1시간 침지하였다(Hiemori H et al., 2009). 이후 전기보온 밥솥(DWX-200K, Daewoong Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 30분간 취반한 후 10분간 뜸을

들었다. 취반미는 상온에서 2-3분 식혀 보온 용기에 담아 실험에 사용하였다.

③ 도정도에 따른 흑미 취반미의 조직감 측정

도정도에 따른 취반미의 물성 측정은 Okabe의 3립 방법으로 Texture Analyzer (TA-XT2, Stable Micro System Ltd., London, UK)를 사용하여 Two-cycle compression test로 측정하였다(Okabe M, 1979). TPA (Texture Profile Analysis)를 이용하여 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness) 및 탄성(springiness)을 본 연구에서 사용하였다. 지름 20 mm의 실린더 탐침(cylinder aluminium probe)을 사용하였으며, Choi WS & Seo HS (2016) 논문을 참고하여 압착 비율은 70%에서 탐침 이동속도는 0.5 mm/s의 조건으로 실험을 수행하였다(Choi WS & Seo HS 2016). 취반미 시료당 10회 이상 반복 측정하였다. 취반미의 물리적 품질을 평가할 수 있는 점착성 대비 경도값 (점착성/경도)은 Okabe M (1979)의 논문을 참고하였다.

④ 흑미의 휘발성 성분 분석

시료 60 g을 균질화시킨 후 2.0 g ($\pm 0.5\%$)을 샘플링한 후, HS-SPME 추출법으로, 2cm 길이의 DVB/CAR/PDMS fiber를 이용하여 휘발성 성분을 추출하고, Agilent사의 MSD 5975가 연결된 GC 7890A (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)으로 splitless mode로 분석하였다. GC 칼럼은 DB-WAX (30 m \times 0.250 mm \times 0.25 μ m, Agilent Technologies)을 사용하였고, GC 오븐은 초기온도 35 $^{\circ}$ C에서 1분간 유지하고, 100 $^{\circ}$ C까지 5 $^{\circ}$ C/min의 속도로 증가시킨 후 20 $^{\circ}$ C/min의 속도로 250 $^{\circ}$ C까지 온도를 높힌 후, 5분간 유지하였다. 운반기체는 헬륨 가스(0.7 mL/min)를 사용하였다. 주입구 온도는 220 $^{\circ}$ C이며 solvent delay time은 1min이었다. Ionization voltage는 70 eV, electron multiplier voltage는 1,800 V로 설정하였다. 휘발성 성분 동정을 위해서는 n-alkane standard (C6-C40)를 이용하여 Kovats retention index를 산출한 후 NIST Mass Spectral Search program과 휘발성 성분 스탠다드를 이용하였다. 저휘발성 성분 정량의 경우 휘발성 물질의 extracted ion peak area 값을 internal standard (aldehydes: octanal- d_{16} ;

nitrogen-containing compounds: 2-methylpyrazine- d_6 ; alcohols: n-hexyl- d_{13} alcohol)의 peak area 값과 비교하여 계산하여 상대 정량(relative quantification)을 실시하였다.

$$\text{concentration} \left(\frac{\text{ng}}{\text{g}} \right) = \frac{\text{extracted ion peak area}}{\text{extracted ion peak area of IS}} \times \left(\text{IS} \times \frac{10 \text{ ng}}{\text{g}} \right)$$

(나) 연구 결과

① 도정도에 따른 취반한 흑미밥의 기계적 조직감 변화

물성 값에 대하여 이원배치 분산분석을 수행한 결과 멥쌀에서 총 5 개의 특성 중 점착성에는 품종 간 유의적인 차이($p < 0.05$)가 나타났고 도정도에 따라 모든 조직감 특성이 유의적 차이($p < 0.001$)를 보였다. 품종과 도정도 간에는 상호 작용이 나타나지 않았다(Table 16). 찰쌀에서 총 5 개의 특성중 경도, 씹힘성에서 품종 간 유의적인 차이($p < 0.05$)가 나타났고 도정도에 따라 모든 조직감 특성이 유의적 차이($p < 0.001$)를 보였다. 품종과 도정도 간에는 점착성에서 상호 작용이 나타났다($p < 0.01$) (Table 17).

흑진주 및 신토흑미 품종을 이용하여 멥쌀 흑미와(Table 16) 흑향찰 1호와 신평흑찰을 이용하여 찰쌀 흑미를(Table 17) 3단계로 도정도를 달리하여 취반시 도정도에 따른 흑미밥의 조직감을 멥쌀은 멥쌀끼리 찰쌀은 찰쌀끼리 비교 분석하였다. 흑미밥의 경도(hardness), 점착성(adhesiveness), 탄성(springiness), 응집성(cohesiveness) 및 씹힘성(chewiness)을 측정한 결과, 현미 흑미밥의 경우(step 0), 멥쌀에서 흑진주가 1435.36 ± 83.01 g으로 신평흑미(1305.17 ± 123.47 g)에 비해 유의적으로 경도가 높았으나 찰쌀의 경우 유의적인 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). 또한, 품종에 관계없이 도정도가 높아질수록 경도가 유의적으로 낮아졌다($p < 0.05$). Oh 등(2002)의 연구 결과와도 비슷한데, 현미 상태의 찰흑미와 도정된 일반백미를 혼합하여 취반하여 연구한 조직감 보고에서도 흑미의 함량이 높아질수록 취반미의 경도가 높아지는 경향을 보였다고 한다. Step 1의 경우에는 멥쌀 흑미 흑진주와 신평흑미의 경

도가 유의적인 차이를 보이지 않았고, 찹쌀 흑미 두 품종 또한 유의적인 차이를 보이지 않았다 ($p < 0.05$). 그렇지만 step 1에서 흑향찰을 동진찰과 비교하였을 때 동진찰의 경도가 유의하게 높았다($p < 0.05$). 일반 백미 수준의 도정도인 가장 도정도가 높은 step 2의 경우에는 찹쌀 흑미 두 품종 간에 유의적인 차이를 보이지는 않았지만 신농흑찰이 흑향찰에 비해 상대적으로 더 높은 정도 값을 보였고 두 흑미 품종 모두 동진찰에 비해 유의적으로 낮은 정도를 보였다 ($p < 0.05$). 같은 찹쌀 품종임에도 불구하고 도정함에 따라 흑미 찹쌀(신농흑찰, 흑향찰)밥의 정도 감소폭이 동진찰밥의 정도 감소폭보다 더 컸다. 멥쌀 흑미 두 품종의 경우, 현미의 경우 품종별 조직감의 차이가 있었으나 도정이 진행될수록 품종간 차이가 나타나지 않았다. 현미의 미강 층에는 섬유질과 왁스함량이 품종마다 서로 다르지만(Lee J et al., 2014), 도정 과정에서 미강 층이 제거되면서 품종간 차이가 나지 않는 결과가 보여졌다고 사료된다.

점착성의 경우 멥쌀로 지은 현미 흑미밥에서 신토흑미가 $30.19 \pm 6.88 \text{ g} \cdot \text{sec}$ 으로 흑진주($12.63 \pm 2.61 \text{ g} \cdot \text{sec}$)에 비해 유의적으로 높았으나 찹쌀의 경우 유의적인 차이를 보이지 않았고($p < 0.05$), 찹쌀 흑미와 비교하였을 때 동진찰 또한 유의적인 차이를 보이지 않았다 ($p < 0.05$). 또한, 품종에 관계없이 현미에서 step 2로 도정이 진행되면서 점착성이 유의적으로 높아졌다($p < 0.05$). Mohapatra D 등(2006)의 연구결과에서 도정도가 다른 다양한 백미(non-pigmented rice) 품종의 취반미의 점착성이 도정도가 높아질수록 높아지는 값을 나타내어 흑미를 이용한 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다. 도정시 단백질 함량, 지방 함량, 미네랄 및 회분 함량이 감소하고 전분질이 노출되면서 밥의 점착성이 증가하는 한 것으로 보인다(Mohapatra D et al., 2006). Step 1의 경우에는 멥쌀 흑미인 흑진주와 신토흑미의 점착성이 유의적인 차이를 보이지 않았고, 찹쌀 흑미인 흑향찰과 신농흑찰도 점착성이 유의적인 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). 가장 도정도가 높은 일반 백미 수준인 step 2의 경우에도 멥쌀과 찹쌀 상관없이 흑미 품종 간에 점착성이 유의적인 차이를 보이지는 않았다($p < 0.05$).

점착성과 점착성/경도는 취반한 밥의 품질을 결정하는 중요한 요인으로 보고되고 있으며, 점착성과 경도의 비가 0.15-0.20일 때, 조직감이 가장 좋다고 보고된 바 있고(Okabe M 1979), 최근에도 적용된 사례가 있다(Oh et al., 2002, Choi WS et al., 2016). 따라서 본 연구에서는 서로 다른 도정도의 흑미의 ‘점착성/경도’ 값이 어떠한 변화를 보이는지를 연구하였다. 취반 흑미의 점착성과 경도의 비를 비교하였을 때, 신농흑찰과 흑향찰의 step 2가 ‘점착성/경도’ 수치가 0.20으로 가장 높았으며 이 값은 식미가 좋다고 평가되는 흑진주의 step 2보다도 오히려 높은 값을 나타내어 조직감이 좋은 취반미로 평가될 가능성이 높다고 하겠다. 특히 흑미 4품종 중 찰벼인 신농흑찰과 흑향찰 step 1의 경우에는 0.12-0.14로 도정도가 낮음에도 불구하고 상당히 높은 점착성/경도 수치를 보였고 0.13인 동진찰과 유사한 점착

성/경도 값을 보였다. 신토흑미의 step 2와 모든 품종의 step 0(현미), step 1은 0.15-0.20 범위에 들지 않았다. 동진찰의 step 2는 0.22로 모든 취반미 중 가장 높은 값을 보였지만 조직감이 좋은 취반미 범위인 0.15-0.20에는 오히려 들지 못하였다. 조직감 측면에서 대부분의 흑미가 현미에 비해 도정이 더 진행되었을 때 조직감이 좋은 취반미로 여겨질 수 있는 것으로 여겨진다. 특히 찰벼인 신평흑찰과 흑향찰의 경우 도정도를 낮게 해도 식미가 어느 정도는 유지가 될 가능성이 있다고 보여진다.

흑미밥의 탄성값은 멥쌀로 지은 현미 흑미밥에서 0.44-0.46으로 유의적으로 차이를 보이지 않았고 찰쌀의 경우 또한 0.64-0.67로 유의적인 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). 또한, 품종에 관계없이 탄성값은 step 2가 현미에 비해 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 멥쌀과 찰쌀 모두 같은 도정도에서 품종간에 탄성값이 유의적인 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). 찰쌀 흑미의 경우 step 1에서 백미 수준인 step 2로 도정시 탄성값이 유의적인 차이는 보이지는 않았지만($p < 0.05$), 도정을 더 할수록 증가하는 경향을 보였고, 동진찰의 경우에는 유의적으로 탄성값이 증가하였다($p < 0.05$).

응집성의 경우 현미(step 0) 멥쌀과 찰쌀 흑미밥에서 모두 품종간 유의적인 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). 모든 흑미 품종에서 응집성은 현미(step 0)에서 백미(step 2)로 도정이 진행될수록 유의적으로 증가하였지만($p < 0.05$), 동진찰은 같은 찰쌀임에도 불구하고 도정이 진행되어도 응집성이 유의한 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$).

또한 점착성/경도의 값을 기준으로 흑미의 경우 도정이 진행될수록 현미에 비하여 조직감이 좋은 취반미로 조리할 수 있다는 것을 확인하였다. 상기의 결과에 따르면, 도정을 진행한 흑미가 도정하지 않은 흑미보다 조직감 특성에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다. 그러나 흑미의 경우 안토시아닌과 같은 유용 성분이 주로 미강에 분포하므로 도정 과정 상 손실된다. 이에 도정을 가급적 덜 한 후 섭취하는 것이 권고된다. 백미 수준(step 2)으로 도정하지 않고 그의 절반 정도만(step 1) 도정을 한 후 취반을 할 경우 멥쌀 흑미 품종인 흑진주, 신토흑미에 비해 찰쌀 흑미 품종인 신평흑찰이나 흑향찰이 점착성/경도 값이 0.15-0.20의 범위에 더 가까워 도정도를 낮추어 신평흑찰이나 흑향찰로 섭취를 하는 것을 제안한다.

Table 16. Instrumental Textural Properties of Non-glutinous Cooked Black Rice (cv. Heugjinju and Sintoheugmi) Milled to Different Degrees.

Sample	DOM ¹⁾	Hardness (g)	Adhesiveness (g · sec)	Springiness	Cohesiveness	Chewiness (g)	A/H ⁴⁾
Heugjinju	0	1435.36 ± 83.01 ²⁾ d ³⁾	12.63 ± 2.61a	0.44 ± 0.10a	0.30 ± 0.03a	185.26 ± 35.26ab	0.01 ± 0.00
	1	929.11 ± 92.09b	38.43 ± 6.36bc	0.50 ± 0.07bc	0.34 ± 0.04b	160.48 ± 28.33ab	0.04 ± 0.01
	2	508.79 ± 64.75a	47.70 ± 9.19de	0.56 ± 0.07c	0.55 ± 0.09c	156.24 ± 28.03a	0.16 ± 0.01
Sintoheugmi	0	1305.17 ± 123.47c	30.19 ± 6.88b	0.46 ± 0.09ab	0.32 ± 0.02ab	188.17 ± 27.80b	0.02 ± 0.01
	1	940.42 ± 275.76b	41.45 ± 10.50cd	0.51 ± 0.11ab	0.34 ± 0.03ab	163.77 ± 61.81ab	0.04 ± 0.02
	2	505.72 ± 49.84a	50.54 ± 7.66e	0.55 ± 0.03c	0.56 ± 0.03c	153.47 ± 15.76a	0.10 ± 0.02
Cultivar effect		N.S. ⁵⁾	*	N.S.	N.S.	N.S.	
Degree of milling effect		*** ⁶⁾	***	***	***	***	
Cultivar × Degree of milling		N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	

¹⁾DOM stands for degree of milling. 0, 1, 2 means 0%(step 0), 4.2%(step 1), 10.5%(step 2) weight reduction, respectively.

²⁾Values are presented as mean ± standard deviation. ³⁾Different letters in the same column represents significant difference between samples($p < 0.05$) ⁴⁾A/H stands for adhesiveness/hardness ratio. ⁵⁾N.S. stands for no significance at $p < 0.05$. ⁶⁾*,**,*** means significant differences at $p < 0.05$, 0.01 and 0.001, respectively.

Table 17. Instrumental Textural Properties of Glutinous Cooked Black Rice (cv. Sinnongheugchal, Heukhyangchal 1 and Dongjinchal) Milled to Different Degrees.

Sample	DOM ¹⁾	Hardness (g)	Adhesiveness (g · sec)	Springiness	Cohesiveness	Chewiness (g)	A/H ⁴⁾
Sinnongheugchal	0	1319.45 ± 170.20 ²⁾ f ³⁾	83.49 ± 8.43a	0.64 ± 0.02a	0.25 ± 0.03a	207.90 ± 47.92bc	0.06 ± 0.01
	1	797.29 ± 130.60cd	89.06 ± 12.65ab	0.67 ± 0.11ab	0.34 ± 0.05c	176.97 ± 29.10ab	0.12 ± 0.03
	2	580.65 ± 71.84a	114.48 ± 17.60b	0.73 ± 0.12bc	0.39 ± 0.03d	167.68 ± 40.18a	0.20 ± 0.04
Heukhyangchal 1	0	1228.90 ± 135.57f	79.79 ± 15.75a	0.67 ± 0.08ab	0.23 ± 0.03a	188.86 ± 16.21abc	0.06 ± 0.01
	1	742.23 ± 120.84bc	106.88 ± 18.42b	0.71 ± 0.12abc	0.29 ± 0.04b	154.00 ± 21.82a	0.14 ± 0.02
	2	512.38 ± 64.15a	104.60 ± 10.58b	0.78 ± 0.10cd	0.4 ± 0.05d	158.50 ± 27.73a	0.20 ± 0.03
Dongjinchal	0	1016.24 ± 95.19e	101.74 ± 13.23a	0.69 ± 0.15abc	0.31 ± 0.04bc	222.27 ± 57.93c	0.10 ± 0.01
	1	884.80 ± 121.27d	116.08 ± 21.02b	0.74 ± 0.08bc	0.33 ± 0.04c	217.88 ± 50.67c	0.13 ± 0.02
	2	685.08 ± 135.71b	152.06 ± 20.43b	0.83 ± 0.06d	0.33 ± 0.04c	190.52 ± 61.69abc	0.22 ± 0.03
Cultivar effect		* ⁵⁾	N.S.	N.S.	N.S.	*	
Degree of milling effect		*** ⁶⁾	***	***	***	***	
Cultivar × Degree of milling		N.S.	**	N.S.	N.S.	N.S.	

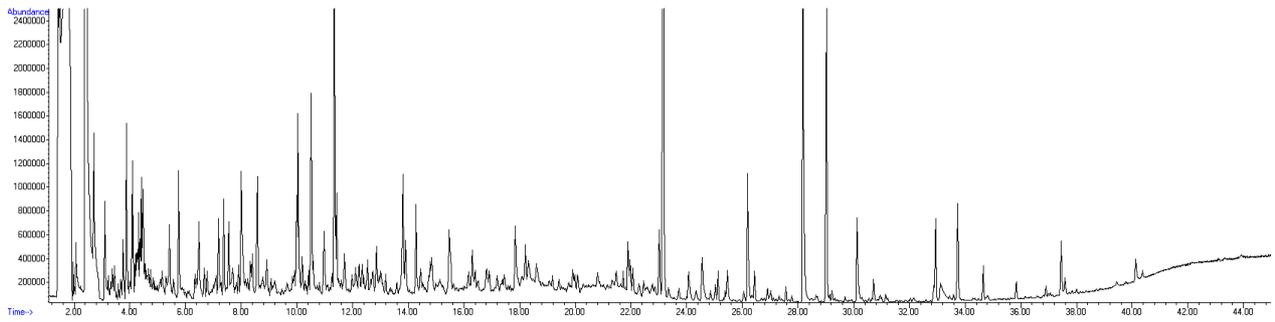
¹⁾DOM stands for degree of milling. 0, 1, 2 means 0% (step 0), 4.2% (step 1), 10.5% (step 2) weight reduction, respectively.

²⁾Values are presented as mean ± standard deviation. ³⁾Different letters in the same column represents significant difference between samples ($p < 0.05$) ⁴⁾A/H stands for adhesiveness/hardness ratio. ⁵⁾*,**,*** means significant differences at $p < 0.05$, 0.01 and 0.001, respectively.

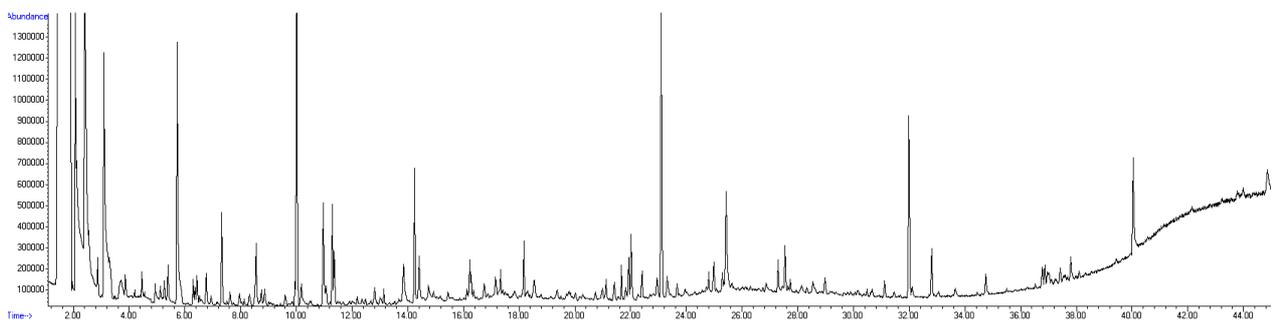
⁶⁾ N.S. stands for no significance at $p < 0.05$.

② 취반 전후의 흑미의 향기 성분 동정

SPME GC/MS로 흑미 시료의 휘발성 성분 분석 결과는 Table 18에 나타내었고, 아래 Figure 9에 취반 전후 흑미의 크로마토그램을 나타내었다. 총 62개의 향기 활성을 주는 성분이 동정이 되었으며 알데하이드류 10종, 케톤류 8종, 알코올류 5종, 알케인류 10종, 올레핀류 4종, acid와 ester류 12종, 그리고 14종의 기타 성분을 확인하였다. 총 62개의 향기 활성 성분 중 48종과 38종의 성분이 취반되지 않은 쌀과 취반 후의 쌀에서 각각 동정되었다. 취반이 되면서 24종의 향기 활성 성분이 사라졌고, 14종의 향기 활성 성분이 새롭게 검출되었다. 취반이 되면서 검출되지 않은 성분 24종에는 (E)-2-heptenal(pungent, green, fatty), geranyl acetone (floral, rose, fresh, slightly soapy), hexahydrofarnesyl acetone (fresh jasmine, celery), 4,4,7a-trimethyl-5,6,7,7a-tetrahydro-1-benzofuran-2(4H)-one (ripe, apricot, woody), 7,9-bis(2-methyl-2-propanyl)-1-oxaspiro[4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione (green, woody), ethanol (strong alcoholic, ethereal, medical), 1-pentanol(fusel,oily,sweet,balsamic), 1-octanol (waxy, green, citrus), 1-nonanol (floral, rosy, fatty, citrus-like), acetic acid (pungent, vinegar), ethyl nonanoate (fatty, fruity brandy-like), 3-methylbutanoic acid (cheesey, dairy, creamy), methyl myristate (fatty, waxy, petal), octanoic acid (oily, fatty, rancid), butyl myristate (oily,fatty), ethyl palmitate (mild, waxy), benzoic acid (balsamic, urine), methyl (9Z,12Z)-9,12-octadecadienoate (oily, fatty), palmitic acid (waxy, creamy fatty, soapy), heneicosane (waxy), methyl acetate (ethereal, sweet), 2-heptylfuran (green, fatty, lactonic, oily, roasted, nutty), calamenene (herb), diethylene glycol (sweet)이 있다. 또한 14종의 성분 중에는 2-furaldehyde (sweet, woody, almond, bread baked), 2,6,6-trimethyl-1-cyclohexene-1-carbaldehyde (tropical, saffron, herbal, clean, rose), phenylacetaldehyde (sweet, floral, nutty, fruity), 2-butyl-2-octenal (fruity, pineapple), 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde (vanilla, sweet, creamy), 2-nonanone (fruity, cheesey), 3-octen-2-one (creamy, earthy, oily, mushroom), 6-methyl-3,5-heptadien-2-one (cinnamon, coconut, spicy), (5E)-6,10-dimethyl-5,9-undecadien-2-one (fresh, green, fruity, waxy), 2-pentadecanone (fresh,., jasmin, celery), 5-pentyl-2(5H)-furanone (minty, fruity), 6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone (oily, herbal, jasmin), propylbenzene (solvent, sweet), 2-methoxy-4-vinylphenol (amber, cedar, peanut)이 있다.



(A)



(B)

Figure 9. Gas chromatogram of flavor compounds of raw black rice (A) and cooked black rice (B) (cv. Sintoheugmi).

Table 18. Identified volatiles in raw and cooked black rice varying in milling degrees

No.	volatile compound	t _R of unknown	unknown RI	literature RI	extracted ion	odor description	after cooking
aldehydes							
4	hexanal	4.47	1080	1080	82	green tomato, green	
14	octanal	8.78	1282	1284	84	citrus	
15	(E)-2-heptenal	9.65	1316	1318	83	pungent, green, fatty	absent
18	nonanal	11.34	1383	1390	98	aldehydic, waxy, citrus, tart, sweet	
21	(E)-2-octenal	12.23	1418	1416	83	cucumber, fatty, fresh, green, waxy	
24	2-furaldehyde	13.00	1449	1451	96	sweet,woody,almond,breadbaked	new
26	decanal	13.90	1484	1484	112	citrus	
27	benzaldehyde	14.45	1505	1508	106	almond	
28	2-nonenal	14.79	1519	1532	140	beany, cucumber	
32	2,6,6-trimethyl-1-cyclohexene-1-carbaldehyde	16.75	1598	1600	152	tropical, saffron, herbal, clean, rose	new
33	phenylacetaldehyde	17.16	1617	1613	120	sweet, floral, nutty, fruity	new
34	2-butyl-2-octenal	17.84	1646	1653	55	fruity, pineapple	new
46	pentadecanal	25.46	2012	2040	96	fresh	
64	4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde (vanillin)	34.75		2566	151	vanilla, sweet, creamy	new
ketone							
1	acetone	1.97	815	814	58	acetone, ethereal, fruity	

8	2-heptanone	6.39	1179	1180	58	cheesy	
13	2-octanone	8.72	1280	1283	58	parmesan cheese like	
17	2-nonanone	11.22	1378	1378	142	fruity, cheesy	new
19	3-octen-2-one	11.68	1395	1408	126	creamy, earthy, oily, mushroom	new
25	2-decanone	13.81	1480	1480	113	fermented, generic cheese notes	
31	6-methyl-3,5-heptadien-2-one	16.13	1574	1582	109	cinnamon, coconut, spicy	new
39	(5E)-6,10-dimethyl-5,9-undecadien-2-one	21.93	1832	1840	151	fresh, green, fruity, waxy	new
40	geranyl acetone	21.97	1834	1843	136	floral, rose, fresh, slightly soapy	absent
45	2-pentadecanone	25.29	2002	1998	58	fresh,, jasmin, celery	new
48	5-pentyl-2(5H)-furanone	26.31	2059	2052	125	minty, fruity	new
50	6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone	27.29	2113	2110	250	oily, herbal, jasmin	new
51	hexahydrofarnesyl acetone	27.33	2115	2110	43	fresh jasmine, celery	absent
58	4,4,7a-trimethyl-5,6,7,7a-tetrahydro-1-benzofuran-2(4H)-one	31.16	2271	2291	180	ripe, apricot, woody	absent
65	7,9-bis(2-methyl-2-propanyl)-1-oxaspiro[4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione	37.45			149	green, woody	absent
alcohols							
3	ethanol	2.71	927	926	46	strong alcoholic, ethereal, medical	absent
12	1-pentanol	8.06	1253	1246	55	fusel,oily,sweet,balsamic	absent
16	1-hexanol	10.52	1352	1358	56	green, fruity, apple-skin, oily	

23	1-octen-3-ol	12.86	1444	1442	57	mushroom	
30	1-octanol	15.47	1548	1555	84	waxy, green, citrus	absent
35	1-nonanol	17.84	1647	1653	98	floral, rosy, fatty, citrus-like	absent
	acids and esters						
22	acetic acid	12.81	1441	1442	60	pungent, vinegar	absent
29	ethyl nonanoate	14.84	1522	1516	88	fatty, fruity brandy-like	absent
36	3-methylbutanoic acid	18.05	1656	1684	60	cheesy, dairy, creamy	absent
38	hexanoic acid	21.89	1830	1850	73	cheesy, fatty	
44	methyl myristate	25.12	1994	2008	143	fatty, waxy, petal	absent
47	octanoic acid	26.19	2053	2050	101	oily, fatty, rancid	absent
52	nonanoic acid	28.17	2164	2169	129	cheese, dairy, fatty, waxy	
54	methyl palmitate	29.02	2206	2206	143	waxy, fat, candle	
55	butyl myristate	29.22	2213	2215	229	oily, fatty	absent
56	ethyl palmitate	29.69	2227	2246	157	mild, waxy	absent
57	decanoic acid	30.13	2241	2250	172	fatty, rancid	
61	methyl(9Z)-9-octadecenoate	32.94	2449	2452	264	mild, fatty	
62	benzoic acid	33.20	2465	2457	105	balsamic, urine	absent
63	methyl(9Z,12Z)-9,12-octadecadienoate	33.73	2497	2484	95	oily, fatty	absent
66	palmitic acid	40.12		2910	213	waxy, creamy fatty, soapy	absent
	alkanes						
49	heneicosane	26.81	2086	2100	85	waxy	absent

additional compounds

2	methyl acetate	2.02	823	825	74	ethereal, sweet	absent
5	2-butylfuran	5.23	1123	1126	81	mild, fruity, wine, sweet, spicy	
6	p-xylene	5.30	1126	1130	91	medicinal	
7	o-xylene	6.33	1177	1176	91	peanut	
9	propylbenzene	6.81	1197	1203	120	solvent, sweet	new
10	2-pentylfuran	7.36	1223	1226	138	floral, fruit	
11	styrene	8.00	1250	1254	104	sweet, balsam, floral, plastic	
20	2-heptylfuran	12.10	1412	1420	81	green, fatty, lactonic, oily, roasted, nutty	absent
37	calamenene	21.47	1809	1808	159	herb	absent
41	guaiacol	22.07	1839	1850	109	smoky, black rice-like	
42	4-methyl-2,6-bis(2-methyl-2-propyl)phenol	23.15	1892	1902	205	smoky, meaty, phenolic	
43	diethylene glycol	24.51	1963	1968	45	sweet	absent
53	2-methoxy-4-vinylphenol	28.55	2185	2180	135	amber, cedar, peanut	new
59	4-vinylphenol	32.02	2392	2382	120	chemical, phenolic, medicinal	
60	1H-indole	32.87	2444	2441	117	animal, fecal, naphthyl, with earthy	

t_R stands for retention time

RI stands for retention index. RI values were obtained from <https://www.nist.gov> or flavornet.org

Extracted ion from total ion scan used for quantitation

Odor-active compounds and eodor threshold (ppb) were described in previous studies

② 취반 전 흑미의 도정도에 따른 향기 성분의 변화

Table 19에 취반전 흑미의 3가지 도정도로 도정된 향기 활성 성분의 변화를 나타내었다. 도정은 일반적으로 벼씨에서 쌀겨와 미강을 제거하는 과정을 말한다. 따라서 부산물인 미강에서는 높은 함량으로 배젓이 포함되어있다. 쌀의 도정 정도는 일반적으로 쌀의 표면 지방의 농도가 감소하는 것과 관련이 있다. 따라서 도정도가 증가함에 따라 미강과 배젓에서 유래된 화합물인 알데하이드류와 알콜류와 같은 향기 활성 성분이 효과적으로 제거되게 된다.

취반 전 흑미에서 hexanal, octanal, (E)-2-heptenal, nonanal, (E)-2-octenal, decanal, benzaldehyde, 2-nonenal, 그리고 pentadecanal을 포함하는 알데하이드류를 확인하였다. 이 알데하이드류의 상대적 농도는 일반적으로 도정도가 증가함에 따라 감소하였다($p < 0.01$). 예를들어 hexanal의 상대적 농도는 step 0에서 step 2로 도정 후 52%의 감소를 보였다. 향기 활성 알데하이드 화합물은 냄새 역치가 낮고(0.1-13 ppb) 쌀알보다 부산물에서 더 높은 수준을 보인다는 보고가 있다(Yang et al., 2007). 또한 알콜류(e.g., ethanol, 1-pentanol, 1-hexanol, 1-octen-3-ol, 1-octanol, 1-nonanol)의 함량이 유의적으로 감소한 것으로 나타났다($p < 0.05$). 흑미에서 페놀류 2종(guaiacol, 4-vinylphenol), 벤젠류 2종(benzaldehyde and p-xylene), 퓨란류 2종(2-butylfuran and 2-pentyl furan), 1종의 질소 화합물(1H-indole)을 포함한 7종의 향기 활성 성분이 동정이 되었다. 주요 향기 활성 성분의 상대적 농도는 도정도가 증가함에 따라 유의하게 증가하였다. 흑미의 특유의 향기 활성 성분인 guaiacol은 낮은 역치(3 ppb)를 보이는 페놀 화합물로 보고되어있다(Buttery et al., 1988). 이전의 연구에 따르면, guaiacol은 로스팅된 커피, 가볍게 볶은 참깨, 훈제 연어와 같은 smoky한 냄새를 내는 것으로 보고되었다(Choi et al., 2017). 도정도가 step 0에서 step 2로 증가함에 따라, guaiacol의 상대적 농도는 65% 감소하였으나 step 1에서와 같이 쌀을 부분적으로 도정한 정도에서는 92%의 농도를 유지하였다. 이취를 내는 휘발성 성분 중 1H-Indole은 질소 화합물로 분변 냄새를 주는 성분이다. 취반 전 흑미에서 1H-Indole의 상대적 농도는 step 0에서 step 2로 도정되면서 74% 감소하는 경향을 보였다.

추가적으로, 흑미의 대표적인 지방 산패 지표인 hexanal, octanal, 2-nonenal, 1-pentanol 및 2-pentylfuran과 같은 5 가지 지질 산화 산물이 검출되었다. 이 지방 산패 지표는 낮은 역치를 보였으며, 흑미의 불포화 지방산의 산화에 의해 형성이 되었다. 쌀의 지방산의 60% 이상은 불포화 지방산으로 이루어져 있으며, 이들은 지방 산화물의 전구체로써 작용한다(Monsoor et al., 2004). 쌀의 주요 불포화 지방산에는 oleic acid, linoleic acid, linolenic acid가 있다. linoleic acid의 2 차 산화의 지표 인 hexanal, 1-pentanol, and 2-nonenal의 상대적 농도는 step 0에서 도정도가 증가함에 따라 유의하게 감소하였다

($p < 0.05$). Step 1은 step 0의 60%에 해당하는 hexanal 농도를 함유하였다. Oleic acid와 linoleic acid의 대표적인 2차 산화 생성물인 octanal은 도정도가 증가함에 따라 유의하게 감소하였다($p < 0.01$). Linolenic acid와 linoleic acid의 2차 산화 생성물인 2-pentylfuran의 농도 또한 도정도가 증가함에 따라 유의하게 감소하였다($p < 0.01$). 또한 1-pentanol의 상대적 농도는 도정도가 증가함에 따라 유의하게 감소하였으며($p < 0.001$), 도정이 지질 산화 생성물을 제거할 수 있는 효과적인 방법이라고 할 수 있겠다.

③ 취반 후 흑미의 도정도에 따른 향기성분의 변화

취반된 흑미에서 도정과는 관계없이 향기 활성 성분인 (E)-2-heptanal (pungent odor)은 확인되지 않았다. 반대로 2-furaldehyde (sweet, woody, almond, bread baked odor), 2,6,6-trimethyl-1-cyclohexene-1-carbaldehyde (saffron, herbal odor), phenylacetaldehyde (sweet, floral, nutty odor), 2-butyl-2-octenal (fruity, pineapple), 그리고 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde (vanilla odor)와 향기 활성 성분이 새롭게 동정이 되었다. 취반미에서 새롭게 동정된 향기 활성 성분의 상대적 농도는 도정도가 증가함에 따라 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 예를 들어, 취반된 흑미의 고유한 향기 활성 성분인 vanillin (4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde)은 step 0(78.4 ng/10 g)에 비하여 step 1 (37.4 ng/10 g)과 step 2 (20.9 ng/10 g)에서 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$).

취반된 흑미에서 케톤류 7종(2-nonanone (fruity, cheesy odor), 3-octen-2-one (creamy, earthy, oily odor), 6-methyl-3,5-heptadien-2-one (cinnamon, coconut odor), (5E)-6,10-dimethyl-5,9-undecadien-2-one (green, fruity, waxy odor), 2-pentadecanone (jasmin, celery odor), 5-pentyl-2(5H)-furanone (minty odor), 그리고 6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone (fresh jasmine, celery odor))이 취반 후 새롭게 확인되었다. 케톤류의 상대적 농도는 도정이 이루어지면서 현미에 비하여 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 예를 들어 3-octen-2-one 은 step 2에서 확인되지 않았다. 취반된 흑미에서 알콜류는 1-hexanol과 1-octen-3-ol만 검출되었고 다른 향기 활성 성분은 확인되지 않았다. 취반은 알콜류의 농도에 큰 영향을 미치는 것으로 보여진다.

취반된 흑미의 주요 향기 활성 성분으로 3종의 페놀류(guaiacol, 4-vinylphenol, 2-methoxy-4-vinylphenol), 2종의 벤젠류(benzaldehyde, p-xylene), 2종의 퓨란류(2-butylfuran, 2-pentyl furan), 그리고 1종의 질소 화합물(1H-indole)이 확인되었다. 이 취반된 흑미의 상대적 농도는 도정도가 증가할수록 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 도정이 진

행되면서 guaiacol(smoky, black rice-like odor)의 상대적 농도는 397.4 ng/10 g (step 0)에서 185.3 ng/10 g (step 2)으로 50% 가량 감소하였다. 그러나 step 1에서는 step 0의 78%의 수준인 311.2 ng/10 g을 유지하였다. 악취를 내는 휘발성 성분인 1H-indole은 step 2에서 step 0과 비교하여 42% 감소하였다.

추가적으로, 흑미의 대표적인 지방 산패 지표인 hexanal, octanal, 2-nonenal, 및 2-pentylfuran이 확인되었으며 취반전 확인된 1-pentanol은 취반 후에 검출되지 않았다. 이 지방 산패 지표는 낮은 역치를 보였으며, 흑미의 불포화 지방산의 산화에 의해 형성이 되었다. 쌀의 지방산의 60% 이상은 불포화 지방산으로 이루어져 있으며, 이들은 지방 산화물의 전구체로써 작용한다(Monsoor et al., 2004). hexanal, octanal, 2-nonenal, 및 2-pentylfuran의 상대 농도의 합은 step 0에서 step 1(65% 수준), step 2(49% 수준)에서 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). hexanal의 상대적 농도는 step 0에서 도정도가 증가함에 따라 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 2-pentylfuran의 상대적 농도는 step 0에서 step 1과 step 2에 비하여 유의하게 높았으나($p < 0.05$), step 1과 step 2사이에 유의한 차이는 보이지 않았다($p < 0.05$). 따라서 도정이 지질 산화 생성물을 제거할 수 있는 효과적인 방법이라고 할 수 있겠다.

Table 19. Concentration of volatile compounds identified in raw and cooked black rice varying with milling degrees

No.	volatile compound	Raw rice			Cooked rice		
		unpolished	step 1	step 2	unpolished	step 1	step 2
aldehydes							
4	hexanal	20.9 ± 0.0c	12.6 ± 0.2b	10.1 ± 0.0a	8.8 ± 0.0b	8.3 ± 0.3b	5.9 ± 0.2a
14	octanal	15.1 ± 0.1c	12.0 ± 0.8b	9.9 ± 0.5a	19.9 ± 1.1c	13.4 ± 0.4b	9.0 ± 0.4a
15	(E)-2-heptenal	8.8 ± 0.6d	7.2 ± 0.2b	5.2 ± 0.0a	n.d.	n.d.	n.d.
18	nonanal	299.7 ± 6.7e	271.4 ± 3.5c	215.4 ± 0.2a	117.3 ± 2.2c	97.3 ± 4.1b	69.6 ± 4.6a
21	(E)-2-octenal	32.8 ± 0.1c	31.8 ± 0.9bc	26.7 ± 1.9a	9.9 ± 0.1c	7.6 ± 0.2b	4.9 ± 0.2a
24	2-furaldehyde	n.d.	n.d.	n.d.	10.2 ± 0.1b	5.9 ± 0.6a	5.3 ± 0.2a
26	decanal	11.7 ± 0.3a	11.4 ± 0.2a	10.9 ± 0.0a	14.8 ± 1.4b	9.6 ± 0.3a	8.0 ± 0.6
27	benzaldehyde	82.5 ± 0.0e	56.5 ± 0.1c	41.7 ± 0.4a	157.1 ± 3.0b	145.0 ± 12.3ab	121.1 ± 3.9a
28	2-nonenal	1.6 ± 0.0d	1.5 ± 0.0c	1.3 ± 0.1a	1.7 ± 0.1b	1.2 ± 0.1a	1.0 ± 0.0a
32	2,6,6-trimethyl-1-cyclohexene-1-carbaldehyde	n.d.	n.d.	n.d.	10.9 ± 0.4b	10.1 ± 0.2b	4.7 ± 0.2a
33	phenylacetaldehyde	n.d.	n.d.	n.d.	23.5 ± 0.6c	15.9 ± 2.8b	6.5 ± 0.1a
34	2-butyl-2-octenal	n.d.	n.d.	n.d.	5.5 ± 1.0b	3.0 ± 0.0a	1.3 ± 0.1a
46	pentadecanal	15.0 ± 0.1d	12.1 ± 0.7bc	9.5 ± 0.4a	88.3 ± 3.7c	76.6 ± 0.8b	34.6 ± 0.5a
64	4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde (vanillin)	n.d.	n.d.	n.d.	78.4 ± 2.5c	37.4 ± 2.0b	20.9 ± 0.2a
ketone							
1	acetone	33.7 ± 1.3c	28.2 ± 0.5b	21.3 ± 0.3a	13.4 ± 0.4c	6.3 ± 0.0b	3.5 ± 0.2a
8	2-heptanone	23.6 ± 1.7c	16.7 ± 1.1b	10.6 ± 0.1a	22.9 ± 1.9c	18.1 ± 0.9b	13.5 ± 0.1a
13	2-octanone	8.8 ± 0.6d	6.3 ± 0.1bc	4.4 ± 0.2a	18.5 ± 0.9c	11.2 ± 0.3b	6.3 ± 0.3a
17	2-nonanone	n.d.	n.d.	n.d.	1.1 ± 0.0c	0.9 ± 0.0b	0.8 ± 0.1a

							n.d.
19	3-octen-2-one	n.d.	n.d.	n.d.	0.9 ± 0.0b	0.7 ± 0.1a	
25	2-decanone	7.8 ± 0.5c	7.3 ± 0.1bc	7.3 ± 0.0bc	4.3 ± 0.2b	4.2 ± 0.1b	2.7 ± 0.2a
31	6-methyl-3,5-heptadien-2-one	n.d.	n.d.	n.d.	26.4 ± 1.3b	27.0 ± 2.3b	10.0 ± 0.3a
39	(5E)-6,10-dimethyl-5,9-undecadien-2-one	n.d.	n.d.	n.d.	29.1 ± 0.1b	19.3 ± 1.0a	20.7 ± 1.8a
40	geranyl acetone	9.4 ± 0.1d	7.5 ± 0.0b	4.7 ± 0.2a	n.d.	n.d.	n.d.
45	2-pentadecanone	n.d.	n.d.	n.d.	136.8 ± 3.9c	98.2 ± 17.2b	49.4 ± 1.0a
48	5-pentyl-2(5H)-furanone	n.d.	n.d.	n.d.	5.6 ± 0.3c	4.5 ± 0.1b	3.4 ± 0.3a
50	6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone	n.d.	n.d.	n.d.	3.7 ± 0.4c	1.4 ± 0.0b	0.5 ± 0.0a
51	hexahydrofarnesyl acetone	9.6 ± 0.0c	7.6 ± 0.0c	6.6 ± 0.1a	n.d.	n.d.	n.d.
58	4,4,7a-trimethyl-5,6,7,7a-tetrahydro-1-benzofuran-2(4H)-one	2.9 ± 0.1d	2.2 ± 0.0b	1.3 ± 0.0a	n.d.	n.d.	n.d.
65	7,9-bis(2-methyl-2-propanyl)-1-oxaspiro[4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione	5.0 ± 0.2c	4.5 ± 0.2b	2.7 ± 0.1a	n.d.	n.d.	n.d.
	alcohols						
3	ethanol	83.7 ± 1.4d	70.3 ± 0.4c	22.4 ± 0.3a	n.d.	n.d.	n.d.
12	1-pentanol	30.3 ± 2.1d	19.3 ± 1.3c	6.6 ± 0.8a	n.d.	n.d.	n.d.
16	1-hexanol	286.7 ± 15.6e	190.5 ± 6.5c	56.8 ± 0.5a	56.4 ± 0.6c	29.9 ± 0.1b	22.4 ± 0.5a
23	1-octen-3-ol	73.9 ± 3.4d	46.8 ± 2.1c	26.4 ± 0.1a	115.2 ± 6.2c	90.1 ± 5.1b	45.4 ± 0.1a
30	1-octanol	21.7 ± 0.4e	16.4 ± 1.0c	9.1 ± 0.1a	n.d.	n.d.	n.d.
35	1-nonanol	12.5 ± 0.2e	8.0 ± 0.1c	4.4 ± 0.2a	n.d.	n.d.	n.d.
	acids and esters						
22	acetic acid	18.4 ± 1.3d	12.3 ± 0.4c	3.4 ± 0.3a	n.d.	n.d.	n.d.

29	ethyl nonanoate	31.2 ± 1.5d	27.2 ± 0.2c	21.9 ± 0.7a	n.d.	n.d.	n.d.
36	3-methylbutanoic acid	7.3 ± 0.5d	4.5 ± 0.4c	0.8 ± 0.0a	n.d.	n.d.	n.d.
38	hexanoic acid	42.8 ± 0.4d	22.7 ± 2.5b	7.4 ± 0.9a	69.3 ± 0.1c	57.0 ± 2.3b	40.5 ± 1.2a
44	methyl myristate	5.7 ± 0.3d	3.1 ± 0.2c	0.7 ± 0.0a	n.d.	n.d.	n.d.
47	octanoic acid	39.8 ± 0.3c	21.7 ± 3.4b	5.2 ± 1.1a	n.d.	n.d.	n.d.
52	nonanoic acid	100.5 ± 7.4b	61.0 ± 34.1ab	20.6 ± 5.9a	6.6 ± 0.1c	5.6 ± 0.1b	5.2 ± 0.1a
54	methyl palmitate	53.5 ± 0.2e	28.3 ± 1.5c	7.1 ± 0.2a	4.8 ± 0.4b	2.0 ± 0.1a	1.8 ± 0.2a
55	butyl myristate	6.3 ± 0.3c	6.1 ± 0.5c	2.5 ± 0.6a	n.d.	n.d.	n.d.
56	ethyl palmitate	3.5 ± 0.2d	1.0 ± 0.0bc	0.8 ± 0.0a	n.d.	n.d.	n.d.
57	decanoic acid	3.0 ± 0.1d	0.8 ± 0.1b	0.2 ± 0.0a	5.7 ± 0.2c	3.2 ± 0.1b	2.2 ± 0.1a
61	methyl(9Z)-9-octadecenoate	7.0 ± 0.5d	2.9 ± 0.0c	0.9 ± 0.1a	0.1 ± 0.0b	0.1 ± 0.0b	0.0 ± 0.0a
62	benzoic acid	27.0 ± 1.5d	12.6 ± 0.3c	3.0 ± 0.5a	n.d.	n.d.	n.d.
63	methyl(9Z,12Z)-9,12-octadecadienoate	23.0 ± 1.5d	13.0 ± 0.4c	2.3 ± 0.2a	n.d.	n.d.	n.d.
66	palmitic acid	3.4 ± 0.2e	1.6 ± 0.1c	0.5 ± 0.1a	n.d.	n.d.	n.d.
	alkanes						
49	heneicosane	1.1 ± 0.0c	0.5 ± 0.0b	0.2 ± 0.0a	n.d.	n.d.	n.d.
	additional compounds						
2	methyl acetate	7.1 ± 0.0d	4.0 ± 0.2c	1.9 ± 0.3a	n.d.	n.d.	n.d.
5	2-butylfuran	3.1 ± 0.0e	1.9 ± 0.2c	0.5 ± 0.1a	16.5 ± 0.1c	10.8 ± 0.3b	5.8 ± 0.0a
6	p-xylene	24.0 ± 0.3c	23.1 ± 0.6c	5.5 ± 0.3a	176.5 ± 8.9c	144.1 ± 12.2b	113.9 ± 3.7a
7	o-xylene	54.5 ± 0.2c	50.3 ± 3.7c	12.8 ± 0.5a	214.1 ± 3.3c	191.5 ± 3.8b	168.4 ± 8.4a
9	propylbenzene	n.d.	n.d.	n.d.	1.7 ± 0.0	1.5 ± 0.2	1.3 ± 0.0
10	2-pentylfuran	20.6 ± 0.4e	14.4 ± 1.0c	4.2 ± 0.1a	145.0 ± 3.3b	90.6 ± 1.2a	69.5 ± 12.2a
11	styrene	487.2 ± 11.7c	363.1 ± 29.9b	208.0 ± 12.1a	90.4 ± 0.2c	76.7 ± 0.2b	70.9 ± 0.5a
20	2-heptylfuran	4.8 ± 0.0a	4.2 ± 0.5b	3.4 ± 0.8c	n.d.	n.d.	n.d.

37	calamenene	35.4 ± 2.5d	23.8 ± 2.1c	8.3 ± 0.2a	n.d.	n.d.	n.d.
41	guaiacol	33.8 ± 2.5c	31.1 ± 0.2c	11.8 ± 0.2a	397.4 ± 33.8c	311.2 ± 15.7b	185.3 ± 0.9a
42	4-methyl-2,6-bis(2-methyl-2-propa nyl)phenol	6291.6 ± 190.9c	5872.3 ± 153.9c	2878.5 ± 1.0a	19.4 ± 1.0b	15.4 ± 0.4a	15.0 ± 0.8a
43	diethylene glycol	178.1 ± 0.9c	11.7 ± 0.9b	6.0 ± 1.5a	n.d.	n.d.	n.d.
53	2-methoxy-4-vinylphenol	n.d.	n.d.	n.d.	42.4 ± 1.7c	32.5 ± 0.8b	26.2 ± 0.3a
59	4-vinylphenol	12.5 ± 0.6c	10.4 ± 0.7b	8.1 ± 0.0a	920.8 ± 49.4c	572.9 ± 18.5b	447.0 ± 35.7a
60	1H-indole	15.3 ± 0.4e	12.1 ± 0.4c	4.0 ± 0.0a	500.7 ± 25.2c	402.4 ± 34.2b	212.8 ± 6.9a

n.d. stands for not detected

Different letters within the same column for raw or cooked black rice denote significant difference at *p<0.05; **p<0.01 and ***p<0.001, using Duncan' s multiple test (p<0.05)

(10) 흑미의 소비자 검사(미국 현지인 대상)

미국 현지에서 흑미 쌀가루를 구매하거나 만드는 것이 쉽지 않아 흑미에 친숙하지 않을 가능성이 있다. 미국 현지인을 대상으로, 조리된 흑미와 백미 모델로 밥을 제시하여 흑미와 백미에 대한 소비자 기호도를 비교하였다. 또한 도정도를 다르게하여 미국 현지인들의 기호에 맞는 적합한 흑미의 가공법을 조사하였고, 적합한 조직감 및 향미를 포함한 흑미의 종합적인 기호도를 살펴보았다.

(가) 연구 방법

① 흑미 시료 준비

흑미는 국내에서 재배되는 흑향찰, 신농흑찰이 연구에 이용되었으며 도정이 되지 않은 볍씨 형태로 농업기술실용화재단에서 구매하였다. 소비자 검사에서 대조군으로 이용할 동진찰은 시중에서 현미 형태로 구입하였다. 볍씨는 현미기를 이용하여 나락과 현미로 분리하였고, 분리된 현미는 가정용 도정기(FS-200, Misul, Seoul, Korea)를 이용하여 현미와 정백미, 2 개의 도정도로 도정하였다.

② 취반미 시료 제조

취반에 사용된 쌀과 물은 1:1.8의 비율로 준비하였고(Bhat & Riar, 2017; Samyor, Deka, & Das, 2016), 취반 전 한 시간 흑미를 수침하였다. 취반은 가정용 전기밥솥(DWX-200K, Daewoong Co., Ltd., Seoul, Korea)을 이용하였다. 취사는 30분 동안 이루어졌고 이후 10분간 뜸을 들였다(Hiemori et al., 2009). 취반 후 내솥으로부터 바닥 1 cm, 옆면 1 cm를 제외한 가운데 부분의 취반미를 밥알의 손상을 최소화하여 혼합시키고 2분간 상온에서 냉각하였다. 약 40 g 정도의 취반미를 스쿠퍼로 떠서 흰색의 보온 그릇에 담아 뚜껑을 닫아 보온을 유지하였다. 관능검사에 이용된 취반미는 온도를 약 75°C로 한 후 실온에서 시료를 제공하였고 시료간 간격은 5분이었다. 모든 패널들은 총 6개의 쌀밥을 Latin Square 방법에 따라 제공받았고 관능적 특성 및 기호도를 평가하였다. 시료를 제시할 때 입을 행굴 물과 물을 뱉을 용기를 같이 제시하였다.



Figure 10. Examples of provided rice samples

③ 인구 통계 조사

패널로 선정된 미국 현지인 87 명을 대상으로 Figure. 10 과 같이 소비자 검사를 실시하였다. 취반된 흑미 선호도를 군집화하기 위한 문항은 위해 인구 통계학적 특성 7 개의 문항을 도출하였고, 인구 통계학적 특성을 측정하기 위해 성별, 민족성, 연령, 평균 소득, 취반미 소비 시기, 주로 먹는 밥 형태를 포함하였다.

④ 소비자 검사 방법

소비자 패널들은 관능검사부스에서 시료에 대해 평가하였으며, 검사는 네 부분으로 나누어 특성강도와 선호도 조사를 수행하였다. 제시된 시료에 대한 정보를 주지 않고 향, 외관, 맛, 조직감, 전반적인 기호도 등 총 13 개 항목을 평가하였다. 특성 강도는 7 점 항목척도(1=매우 낮음 혹은 약함, 4=보통 정도, 7=매우 높음 혹은 강함), 기호도 특성은 9 점 항목척도(1=매우 싫다, 5=보통, 9=매우 좋다)를 사용하였으며, 이 시료가 좋은지 싫은지 여부를 자유롭게 서술하도록 하였다.

⑤ 통계분석

본 연구의 자료 정리 및 분석은 SPSS statistical software version 23 (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA) 및 XLSTAT software (XLSTAT, ver. 2017.03, Microsoft Excel Add-in software, New York, NY, USA) 프로그램을 이용하였다. 취반미 시료 간 평균차이를 알아보기 위하여 일원 분산분석(one-way analysis of variance)을 하였고, 유의적인 차이가 있는 경우, $p < 0.05$ 수준에서 Tukey's HSD (honest significant difference) test 을 실시하여 유의적인 차이를 검정하였다. 또한 penalty 분석은 5 점 JAR 척도에서 “매우 적게” 또는 “매우 많이” 특성을 채점하여 소비자가 전반적인 기호도에 미치는 영향을 결정하기 위해 JAR scale 데이터에서 수행되었다. 이 분석은 개별 항목이 제품의 전체적인 기호도에 미치는 영향을 찾는 데 필수적이다(Meullenet et al., 2007).

(나) 연구결과

① 미국 현지인의 인구 통계학적 특성

본 연구에서는 총 87부의 설문지를 배포하였고, 모두 분석에 사용하였다. 인구통계학적 특성은 Table 20에 나타내었다. 인구통계학적 특성에 따르면 87명 중 남자가 33(37.9%)명, 여자가 54(62.1%)명으로 나타났다. 연령대는 만 18-29세가 47(54%)명, 만 30-39세가 54(62.1%)명으로 나타났다. 민족성은 White / Caucasian이 77%로 가장 많았으며 그 다음으로 Hispanic(14.9%) 차지하였다. 연간소득은 \$15,000 - \$34,999가 35.6%로 가장 많았으며 \$35,000 - \$54,999이 19.5%를 차지하였다. 쌀의 소비량은 한 주에 2-3 소비가 26.4%로 가장 많았으며 그 다음으로 한 주에 한번 소비가 24.1%로 많았다.

Table 20. Demographic characteristics of US locals on rice intake

Categories	Subcategories	Frequency	Percentage (%)
Gender(N = 87)	Male	33	37.9
	Female	54	62.1
Age group(N = 87)	18-29 years old	47	54.0
	30-39 years old	40	46.0
Ethnicity(N = 87)	White / Caucasian	67	77.0
	Hispanic	13	14.9
	Asian	0	0
	Black / African-American	3	3.4
	Native American	1	1.1
	Others	3	3.4
Household Income before Tax(N = 87)	Below \$15,000	14	16.1
	\$15,000 - \$34,999	31	35.6
	\$35,000 - \$54,999	17	19.5
	\$55,000 - \$74,999	12	13.8
	\$75,000 - \$94,999	9	10.3
	\$95,000 or more	4	4.6
Frequency of rice consumption(N = 87)	< 1 time per month	1	1.1
	Once per month	3	3.4
	2-3 times per month	19	21.8
	Once per week	21	24.1
	2-3 times per week	23	26.4
	3-4 times per week	8	9.2
	5-6 times per week	3	3.4
	6 or more times a week	9	10.3

② 취반미의 소비자 검사 결과

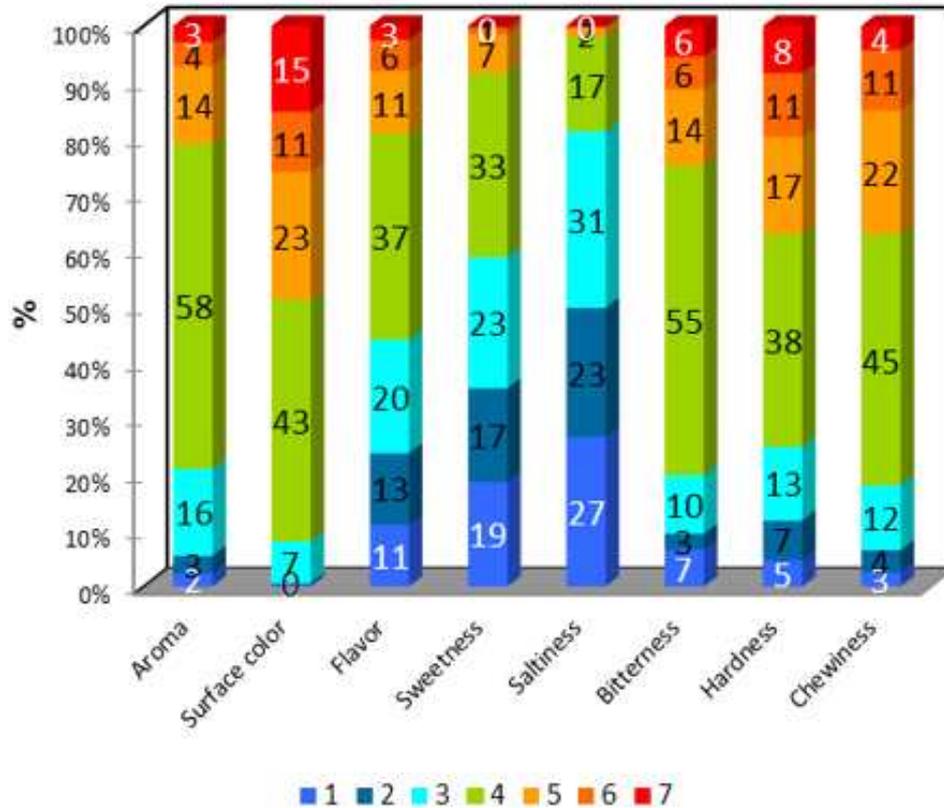
미국 현지인을 대상으로한 취반미의 소비자 검사 결과는 Table 21과 같다. 미국 현지인의 전반적인 품질 선호도가 샘플에 따라 유의한 차이를 보였다($p < 0.001$). 대조군으로 사용된 동진찰은 step 0, step 2 모두 aroma, appearance, flavor, texture 선호도에서 모두 유의하게 높은 선호도를 보였다($p < 0.001$). 흑향찰 step 0와 step 2 모두 aroma attribute에 대한 선호도는 동진찰 step 0, step 2와 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 흑향찰과 신농흑찰의 품질특성 결과는 대부분의 특성에서 step 2가 step 0보다 우수한 결과를 보였다. 흑향찰 step 2는 신농흑찰 step 2에 비하여 aroma 기호도에서 우수한 결과를 보였지만, texture 기호도에서는 신농흑찰 step 2가 더 우수한 결과를 보였고 신농흑찰 step 2의 texture에 대한 선호도는 동진찰 step 0, step 2와 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).

미국 현지인에게서 측정된 밥에 대한 특성강도의 조성비를 Figure 11에 나타내었다. JAR (Just-About-Right) 척도는 평가 점수가 가운데 값인 4에 가까울수록 소비자들이 그 시료의 평가 항목에 대해 ‘적절한 수준이다.’ 라고 인식하는 것으로 해석 될 수 있다. 미국 현지인의 경우 saltiness를 제외한 모든 쌀에 대한 특성 항목에서 적절한 수준의 결과를 보였으며 특히 aroma와 bitterness가 50% 이상의 값을 보였다. Flavor, sweetness, saltiness 강도는 JAR 값보다 낮은 수준을 보인 패널이 많았으며 미국 현지에서 이 특성에 대한 보완을 통하여 소비 촉진을 이루어야 할 것으로 생각된다.

이러한 취반미의 품질특성 및 관능검사 결과에서 흑미는 도정도가 증가할수록 미국 현지인을 대상으로 소비가 활성화 될 것으로 판단된다. 흑미를 이용한 제품 개발을 할 경우 제품에 따라 aroma 특성이 중요한 경우에는 흑향찰을, texture 특성이 중요한 경우에는 신농흑찰을 이용하는 것이 바람직 할 것으로 보인다. 또한 도정을 하여 다양한 용도의 흑미 제품 개발이 이루어진다면 흑미 소비촉진으로 재배농민의 소득 증대에도 기여할 것으로 기대된다.

Table 21. Sample comparisons in terms of attribute likings and overall liking of US locals

Attributes	Dongjinchal step 0	Dongjinchal step 2	Heukhyangchal step 0	Heukhyangchal step 2	Sinnongheukchal step 0	Sinnongheukchal step 2	P-value
Aroma liking	6.6 ± 1.2c	6.7 ± 1.5c	6.2 ± 1.6bc	6.2 ± 1.4bc	5.7 ± 1.5ab	5.5 ± 1.4a	< 0.001
Appearance liking	5.7 ± 1.7c	6.2 ± 1.7c	4.9 ± 2.1b	4.1 ± 1.7a	4.9 ± 2.0b	4.4 ± 1.8ab	< 0.001
Flavor liking	5.6 ± 1.5bc	6.0 ± 1.7c	4.8 ± 2.1a	5.1 ± 1.7ab	4.7 ± 1.8a	5.0 ± 1.6ab	< 0.001
Texture liking	5.7 ± 1.7d	5.2 ± 2.1cd	3.9 ± 2.2a	4.9 ± 2.2bc	4.3 ± 1.9ab	5.4 ± 1.7cd	< 0.001
Overall liking	5.8 ± 1.5c	5.9 ± 1.8c	4.2 ± 2.0a	4.9 ± 1.9b	4.4 ± 1.9ab	4.3 ± 1.0b	< 0.001



- Aroma intensity (1: Much too weak, 4: JAR, 7: Much too strong)
- Surface color (1: Much too light, 4: JAR, 7: Much too dark)
- Sweetness (1: Much too weak, 4: JAR, 7: Much too strong)
- Saltiness (1: Much too weak, 4: JAR, 7: Much too strong)
- Bitterness (1: Much too weak, 4: JAR, 7: Much too strong)
- Hardness (1: Much too soft, 4: JAR, 7: Much too hard)
- Chewiness (1: Much too weak, 4: JAR, 7: Much too strong)

Figure 11. Percentages for the JAR levels of US locals

4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

구분 (연도)	과제명	연구개발목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 년도 (2016)	K-스타 디저트의 제품 개발 (주관)	○ 1차적으로 sticky한 식감을 배제한 제품 개발 2건(4종) 개발 완료	100	- rice cake premix 2종 (plain, cheese 맛) - rice porridge mix 2종 (original 1종, porridge type 1종) - 미국 현지인의 디저트 떡 믹스 및 디저트 푸딩 믹스 제품 대한 관능적 기호도 조사 보고서 작성
	K-스타 디저트의 품질 특성 연구 (협동)	○ 미국 현지인을 대상으로 한 디저트 떡 믹스 및 디저트 푸 딩 믹스 제품에 대한 향미분석 을 포함한 이화학적 특성 및 저장성 분석	100	-시판 백설기를 떡 믹스 모델로 이용하여 이화 학적 특성 분석 방법 수립 -백설기의 Hunter Color Values (L*a*b*) 측 정 -향기 성분 지표 물질을 이용한 HS-SPME 추 출법 최적화 (HS-SPME fiber 최적화, 염석 처리 여부, 추출 시간 및 온도 설정 등) -향기 성분 GC/MS 분석 방법 조건 수립
2차 년도 (2017)	K-스타 디저트의 제품 개발 (주관)	○ 미국 현지인을 대상으로 한 제품 4종(떡 및 푸딩 간편조 리식, 쌀 크리스피 스낵, 쌀 음 료) 개발 완료	100	- 미국 현지인을 대상으로 한 제품 4종(떡 및 푸딩 간편조리식, 쌀 크리스피 스낵, 쌀 음료) 개발 및 공정 설정 - 공정 최적화, 개발 제품 공정도 외
	K-스타 디저트의 품질 특성 연구 (협동)	○ 시제품 4종 기호도 조사	100	- 미국 아칸소대학교 관능센터를 통한 현지 기 호도 조사 - 개발 제품 미국 현지 기호도 조사 보고서
	K-스타 디저트의 품질 특성 연구 (협동)	○ 미국 현지인을 대상으로 한 제품 4종(떡 및 푸딩 간편조 리식, 쌀 크리스피 스낵, 쌀 음 료)에 대한 이화학적 특성 및 저장성 분석	100	- 시제품 4종(떡, 푸딩, 쌀크리스피스낵, 쌀음료) 이화학적 특성 및 저장성 분석 수행. 이화학적 특 성은 색도, 조직감, 향미 및 일반성분 함량을 포함 하며 저장기간에 따른 특성 분석 - 공정 최적화에 따른 관련된 제품의 이화학적 특 성 및 저장성 검사

5. 연구결과의 활용계획

	코드번호	D-07
○ 다양한 카테고리 쌀 디저트 시제품에 대한 상품화 검토중		

6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

	코드번호	D-08
○		

7. 연구개발결과의 보안등급

	코드번호	D-09
○		

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

					코드번호		D-10	
구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

	코드번호	D-11
○ 본 연구실은 연구실 ‘연구실안전관리 규정’ 기준 하에 연구를 진행하였음.		

10. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	특허	가공 쌀가루를 함유하는 제조방법 프리믹스	(주)농심	-	대한민국	-	2017.09.15	0	출원
2	논문	Effect of cultivars and milling degrees on free and bound phenolic profiles and antioxidant activity of black rice	중앙대학교	저자	대한민국	0.75	2017.11.24	0	SCI
3	논문	Effect of milling degrees on volatile profiles of raw and cooked black rice	중앙대학교	저자	대한민국	0.75	2017.12.14	0	SCI
4	논문	도정도가 흑미밥의 관능적 특성에 미치는 영향	중앙대학교	저자	대한민국	-	2017.10.13	0	-



ARTICLE

Effect of cultivars and milling degrees on free and bound phenolic profiles and antioxidant activity of black rice

Sehun Choi¹ · Han-Seok Seo² · Kwang Rag Lee³ ·
Sunghee Lee³ · Jihyun Lee¹ 

Received: 3 November 2017 / Accepted: 24 November 2017
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2017



ARTICLE

Effect of milling degrees on volatile profiles of raw and cooked black rice (*Oryza sativa* L. cv. Sintoheugmi)

Sehun Choi¹ · Han-Seok Seo² · Kwang Rag Lee³ ·
Sunghee Lee³ · Jihyun Lee¹ 

Received: 18 November 2017 / Accepted: 14 December 2017
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2018

도정도가 흑미밥의 기계적 및 관능적 조직감 특성에 미치는 영향

최세현·서한석¹·이광락²·이성희²·이준영²·이지현¹

중앙대학교 식품공학과, ¹아칸소대학교 식품과학과, ²농심 R&D부문 간편식개발팀

Effects of Milling Degree on Instrumental and Sensory Texture Properties of Cooked Black Rice

Sehun Choi · Han-Seok Seo¹ · KwangRag Lee² · Sunghee Lee² · JunYoung Lee² · Jihyun Lee¹

Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Anseong 17546, Korea

¹*Department of Food Science, University of Arkansas, Fayetteville, AR 72704, USA*

²*Prepared Food Development Team, Nongshim, Seoul 07057, Korea*

기호도 검사방법이 쌀가루 기반의 프리믹스 제품으로 만든 푸딩 시료들의 소비자 기호도에 미치는 영향: 실험실 검사와 가정사용 검사 간의 비교

서한석¹·이지현¹·이광락²·이성희²·이준영²

아칸소대학교 식품과학과, ¹중앙대학교 식품공학과, ²농심 R&D부문 간편식개발팀

Variations with Respect to Acceptance of Pudding Samples Prepared Using Rice Flour-Based Premix Products as a Function of the Type of Consumer Acceptance Test: Standardized Central Location Test versus Home-Use Test

Han-Seok Seo¹ · Jihyun Lee¹ · KwangRag Lee² · Sunghee Lee² · JunYoung Lee²

Department of Food Science, University of Arkansas, Fayetteville, AR 72704, USA

¹*Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Anseong 17546, Korea*

²*Prepared Food Development Team, Nongshim Co., Ltd., Seoul 07057, Korea*

11. 기타사항

(1) 학술대회 발표 실적

① 발표일: 2017.06.15.

발표제목: Influence of Milling Degree on Volatile Profiles in Black Rice (*Oryza sativa* L.)

발표자: 최세현, 김인환, 이지현*

학술회의명: 2017 International Symposium and Annual Meeting of The Korean Society for Applied Biological Chemistry

인쇄물명: 2017 International Symposium and Annual Meeting of the KSABC

국내/해외 여부: 국내

개최장소: Haeundae Grand Hotel, Busan, Korea

발표내용: 5개 분도로 도정된 흑미(전북3호) 및 미강의 휘발성 성분을 GC/MS로 분석하여 정성 및 상대 정량 하였고, 대표적인 향기 활성 성분을 이용하여 도정에 따른 향기성분의 농도 변화를 측정하였다. 분석 결과 대부분의 향기 활성 성분이 도정과정에 의해 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 추가적으로 색도 측정을 통해 도정도가 색(L^* , a^* , b^*)에 미치는 영향을 확인하였다.

② 발표일: 2017.6.26.

발표제목: Sensory and Volatile Characteristics of Cooked Aromatic and Non-aromatic Rice

발표자: 최세현, 이광락, 이성희, 서한석, 한진영, 이지현*

학술회의명: 2017 Annual Meeting of the Institute of Food Technologists (IFT)

인쇄물명: IFT17 GO WITH PURPOSE

국내/해외 여부: 해외

개최장소: Las Vegas, Nevada, USA

발표내용: 흑미를 이용하여 도정도에 따른 취반미의 향기 성분 분석과 관능평가를 진행함으로써 상관 관계를 알아보려고 하였다. GC/MS를 이용하여 휘발성 성분을 분석하였고 흑미의 주된 향기 활성 성분에 대한 각각의 향기 묘사와 상대 정량을 통해 도정도 및 품종 사이의 차이를 확인하였다. 분석결과 대부분의 향기 활성 성분이 도정과정에 의해 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 또한 묘사분석을 통하여 직접 섭취하였을 때 도정도와 품종이 향

과 맛에 영향을 준다는 것을 확인하였다. 추가적으로 색도 측정을 통해 도정도가 색(L*, a*, b*)에 미치는 영향을 확인하였다.

③ 발표일: 2017.05.19.

발표제목: Volatile Profiles of 8 Pigmented Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars Using HS-SPME GC/MS

발표자: 최세현, 김인환, 이지현*

학술회의명: 2017 춘계연합학술대회

인쇄물명: 2017 춘계연합학술대회 4차 산업혁명과 식생활의 미래

국내/해외 여부: 국내

개최장소: aT 센터, 서울

발표내용: 유색미(흑미 5품종, 적미 2품종, 녹찰 1품종)의 현미와 정백미 및 미강를 GC/MS를 사용하여 휘발성 성분을 분석하였고 통계분석을 통하여 쌀의 색소가 휘발성 성분 에 주는 영향을 확인하였다. 또한 각 품종의 대표적 향기 활성 성분을 확인하여 그 변화를 확인하였다. 추가적으로 색도 측정을 통해 품종과 도정도가 색(L*, a*, b*)에 미치는 영향을 확인하였다.

④ 발표일: 2017.10.13.

발표제목: Effect of Cultivars and Milling Degrees on Free and Bound Phenolic Profiles of Black Rice

발표자: 최세현, 김인환, 안동희, 임지웅, 정효직, 안건호, 서한석, 이광락, 이성희, 이준영, 이지현*

학술회의명: 2017 추계학술대회 (한국식품조리과학회)

인쇄물명: 2017 추계학술대회 슈퍼푸드의 건강 기능 특성과 산업화를 위한 조리과학적 접근

국내/해외 여부: 국내

개최장소: aT 센터, 서울

발표내용: 품종과 도정도가 흑미의 총 플라보노이드 함량, 총 페놀 함량, 항산화 활성(DPPH, ABTS radicals scavenging activity), 그리고 페놀 화합물의 조성에 미치는 영향을 확인하였다. 여섯 품종의 흑미(흑진주, 신토흑미, 흑향찰, 보석흑찰, 신평흑찰, 조생흑찰)가 사용이 되었고, 도정도를 세 단계(step 0, 0%; step 1, 4.2%; and step 2, 10.5%, w/w)로 달리하여 연구되었다. 흑미의 주요 안토시아닌 성분인 cyanidin

3-glucoside 함량은 신토흑미 현미 ($809 \pm 41 \mu\text{g/g}$)에서 가장 높았고, 도정이 진행되면서 유의하게 감소하였다 ($p < 0.05$).

⑤ 발표일: 2017.10.27.

발표제목: Effects of Storage on Volatile Profiles of Milled Black Rice

발표자: 최세현, 김인환, 서한석, 이광락, 이성희, 이준영, 이지현*

학술회의명: 2017 정기총회 및 학술대회

인쇄물명: 2017 정기총회 및 학술대회 4차 산업혁명과 미래식품 산업의 전망

국내/해외 여부: 국내

개최장소: 경북대학교 글로벌프라자, 경상북도

발표내용: 현미와 도정미 흑미 (신토흑미)의 휘발성 성분을 GC/MS로 분석하여 정성 및 상대 정량 하였고, 대표적인 향기 활성 성분을 이용하여 도정에 따른 향기성분의 농도 변화를 측정하였다. 분석 결과 대부분의 향기 활성 성분이 도정과정에 의해 유의적으로 감소하였다 ($p < 0.05$). 기존 연구에서 발견되지 않았던 18개의 휘발성 성분을 동정하였고, 저장 초기에 비하여 3개월 후의 지방 산패 산물 (e.g., hexanal, octanal, 2-nonenal, and 2-pentylfuran)의 상대적 농도가 유의하게 높아지는 결과를 보였다 ($p < 0.05$).

(2) 제품 관련 홍보 전시회

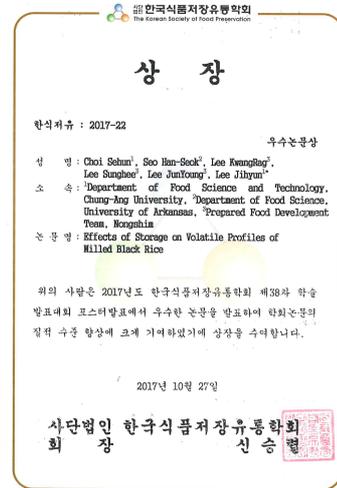
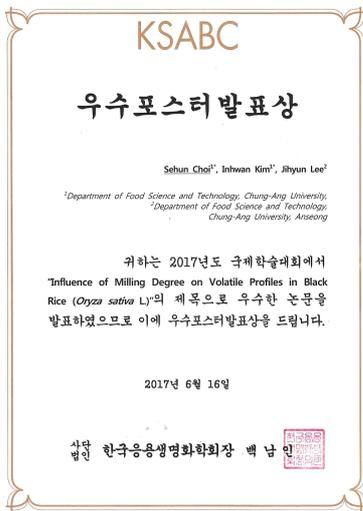
- Ozark Food Processors Association
(111th Annual conference)
- April 11-12, 2017
- Holiday Inn Convention Center, Springdale, Arkansas



홍보 전시회 전경

(3) 수상 실적

수상연도	수상명	수상내용	수여기관	과제책임자
2017	국제학술대회 우수 포스터상	(사) 한국응용생명화학회 2017년도 국제 학술대회 우수포스터상	(사) 한국응용생명화학회	이지현
2017	우수포스터상	(사) 한국식품조리과학회 추계 학술대회 우수포스터상	(사) 한국식품조리과학회	이지현
2017	우수논문상	(사) 한국식품저장유통학회 우수논문상	(사) 한국식품저장유통학회	이지현



12. 참고문헌

- Ajarayasiri, J., & Chaiseri, S. (2008). Comparative study on aroma-active compounds in Thai, black and white glutinous rice varieties. *Kasetsart J Nat Sci*, 42(4), 715–722.
- AOAC (2000). *Official methods of analysis of AOAC International* (17th ed.). Gaithersburg, MD, USA: AOAC International.
- Batey, R. A., & Quach, T. D. (2001). Synthesis and cross-coupling reactions of tetraalkylammonium organotrifluoroborate salts. *Tetrahedron Letters*, 42(52), 9099–9103.
- Bergman, C., Delgado, J., Bryant, R., Grimm, C., Cadwallader, K., & Webb, B. (2000). Rapid gas chromatographic technique for quantifying 2-acetyl-1-pyrroline and hexanal in rice (*Oryza sativa*, L.). *Cereal Chemistry*, 77(4), 454–458.
- Bhat, F. M., & Riar, C. S. (2017). Physicochemical, cooking, and textural characteristics of grains of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars of temperate region of India and their interrelationships. *Journal of texture studies*, 48(2), 160–170.
- Bhat, F. M., & Riar, C. S. (2017). Physicochemical, cooking, and textural characteristics of grains of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars of temperate region of India and their interrelationships. *Journal of texture studies*, 48(2), 160–170.
- Buttery, R. G., Ling, L. C., & Mon, T. R. (1986). Quantitative analysis of 2-acetyl-1-pyrroline in rice. *Journal of agricultural and food chemistry*, 34(1), 112–114.
- Buttery, R. G., Ling, L. C., Juliano, B. O., & Turnbaugh, J. G. (1983). Cooked rice aroma and 2-acetyl-1-pyrroline. *Journal of agricultural and food chemistry*, 31(4), 823–826.
- Buttery, R. G., Turnbaugh, J. G., & Ling, L. C. (1988). Contribution of volatiles to rice aroma. *Journal of agricultural and food chemistry*, 36(5), 1006–1009.
- Chen, H., & Siebenmorgen, T. (1997). Effect of rice kernel thickness on degree of milling and associated optical measurements. *Cereal chemistry*, 74(6), 821–825.
- Chen, X. Q., Nagao, N., Itani, T., & Irifune, K. (2012). Anti-oxidative analysis, and

- identification and quantification of anthocyanin pigments in different coloured rice. *Food Chemistry*, 135(4), 2783–2788.
- Choi, S., Seo, H. S., Lee, K. R., Lee, S., & Lee, J. Effect of milling degrees on volatile profiles of raw and cooked black rice (*Oryza sativa* L. cv. Sintoheugmi). *Applied Biological Chemistry*, 1–15.
- Choi, S., Seo, H. S., Lee, K. R., Lee, S., Lee, J., & Lee, J. Effect of milling degrees on instrumental and sensory texture properties of cooked black rice. *Korean Society of Food and Cookery Science*, 523–530.
- Choi, W., & Seo, H. (2016). Variations in the texture properties of cooked rice as a function of instrumental parameter conditions. *Korean J Food Sci Technol*, 48(5), 521–524.
- Coghe, S., Benoot, K., Delvaux, F., Vanderhaegen, B., & Delvaux, F. R. (2004). Ferulic acid release and 4-vinylguaiacol formation during brewing and fermentation: indications for feruloyl esterase activity in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(3), 602–608.
- Dambolena, J. S., Meriles, J. M., Rubinstein, H. R., & Zygadlo, J. A. (2012). Inhibitory effect of 10 natural phenolic compounds on *Fusarium verticillioides*. A structure-property-activity relationship study. *Food Control*, 28(1), 163–170.
- Edwards, J. R., & Lambert, L. S. (2007). Methods for integrating moderation and mediation: a general analytical framework using moderated path analysis. *Psychological methods*, 12(1), 1.
- Esatbeyoglu, T., Ulbrich, K., Rehberg, C., Rohn, S., & Rimbach, G. (2015). Thermal stability, antioxidant, and anti-inflammatory activity of curcumin and its degradation product 4-vinyl guaiacol. *Food & function*, 6(3), 887–893.
- Goodwin, H. (1996). Developing a common language for the US rice industry: Linkages among breeders, producers, processors, and consumers: Department of Agricultural Economics, Texas Agricultural Experiment Station, Texas Agricultural Extension Service, Texas A & M University.
- Goodwin, H., Holcomb, R. B., & Rister, M. E. (1996). Implicit price estimation of rice quality attributes for asian americans. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 28(2), 291–302.

- Grimm, C. C., Lloyd, S. W., Miller, J. A., & Spanier, A. M. (2002). The analysis of food volatiles using direct thermal desorption. *Flavor, Fragrance and Odor Analysis*, 55–74.
- Guadagni, D. G., Buttery, R. G., & Okano, S. (1963). Odour thresholds of some organic compounds associated with food flavours. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 14(10), 761–765.
- Hiemori, M., Koh, E., & Mitchell, A. E. (2009). Influence of cooking on anthocyanins in black rice (*Oryza sativa* L. japonica var. SBR). *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(5), 1908–1914.
- Hiemori, M., Koh, E., & Mitchell, A. E. (2009). Influence of cooking on anthocyanins in black rice (*Oryza sativa* L. japonica var. SBR). *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(5), 1908–1914.
- Jezussek, M., Juliano, B. O., & Schieberle, P. (2002). Comparison of key aroma compounds in cooked brown rice varieties based on aroma extract dilution analyses. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(5), 1101–1105.
- Jovanovic, S. V., Simic, M. G., Steenken, S., & Hara, Y. (1998). Iron complexes of gallic catechins. Antioxidant action or iron regulation? *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 2*(11), 2365–2370.
- Kim, D. J., Oh, S. K., Yoon, M. R., Chun, A., Hong, H. C., Lee, J. S., & Kim, Y. K. (2010). Antioxidant compounds and antioxidant activities of the 70% ethanol extracts from brown and milled rice by cultivar. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 39(3), 467–473.
- Kim, S. R., Ahn, J. Y., Lee, H. Y., & Ha, T. Y. (2004). Various properties and phenolic acid contents of rices and rice brans with different milling fractions. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 36(6), 930–936.
- Ko, M., Choi, H., Han, B., Yoo, S., Kim, H., Choi, S., Hur, N., Kim, C., Kim, B., & Baik, M. (2011). Antioxidative components and antioxidative capacity of brown and black rices. *Food Engineering Progress*.
- Lee, J., & Mitchell, A. E. (2011). Quercetin and isorhamnetin glycosides in onion (*Allium cepa* L.): varietal comparison, physical distribution, coproduct evaluation, and long-term storage stability. *Journal of agricultural and food*

- chemistry, 59(3), 857–863.
- Lee, J., Won, Y., Cho, J., Lee, J., Park, H., Lee, J., Yoon, M., & Kwak, J. (2014). Varietal difference of eating quality on different milling degree in japonica rice. *Korean Journal of Crop Science/Hanguk Jakmul Hakhoe Chi*, 59(1), 47–53.
- Lesage–Meessen, L., Delattre, M., Haon, M., Thibault, J. F., Ceccaldi, B. C., Brunerie, P., & Asther, M. (1996). A two–step bioconversion process for vanillin production from ferulic acid combining *Aspergillus niger* and *Pycnoporus cinnabarinus*. *Journal of biotechnology*, 50(2–3), 107–113.
- Lyon, B. G., Champagne, E. T., Vinyard, B. T., Windham, W. R., Barton, F. E., Webb, B. D., McClung, A. M., Moldenhauer, K. A., Linscombe, S., & McKenzie, K. S. (1999). Effects of degree of milling, drying condition, and final moisture content on sensory texture of cooked rice. *Cereal chemistry*, 76(1), 56–62.
- Mathure, S. V., Jawali, N., Thengane, R. J., & Nadaf, A. B. (2014). Comparative quantitative analysis of headspace volatiles and their association with BADH2 marker in non–basmati scented, basmati and non–scented rice (*Oryza sativa* L.) cultivars of India. *Food chemistry*, 142, 383–391.
- Meullenet, J. F., Champagne, E. T., Bett, K. L., McClung, A. M., & Kauffmann, D. (2000). Instrumental assessment of cooked rice texture characteristics: A method for breeders. *Cereal chemistry*, 77(4), 512–517.
- Mohapatra, D., & Bal, S. (2006). Cooking quality and instrumental textural attributes of cooked rice for different milling fractions. *Journal of food engineering*, 73(3), 253–259.
- Monsoor, M., & Proctor, A. (2004). Volatile component analysis of commercially milled head and broken rice. *Journal of food science*, 69(8).
- Monsoor, M., Proctor, A., & Siebenmorgen, T. (2004). Surface lipid and free fatty acids (FFA) content of head and broken rice produced by milling after different drying treatments. *Cereal Chemistry*, 81(6), 705–709.
- Oh, G. S., Na, H. S., Lee, Y. S., Kim, K., & Kim, S. K. (2002). Texture of cooked milled added waxy black rice and glutinous rice. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 34.

- OKABE, M. (1979). Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. *Journal of texture studies*, 10(2), 131–152.
- Olee, T., Hashimoto, S., Quach, J., & Lotz, M. (1999). IL-18 is produced by articular chondrocytes and induces proinflammatory and catabolic responses. *The Journal of Immunology*, 162(2), 1096–1100.
- Rice–Evans, C., Miller, N., & Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in plant science*, 2(4), 152–159.
- Rostad, C., & Pereira, W. (1986). Kovats and Lee retention indices determined by gas chromatography/mass spectrometry for organic compounds of environmental interest. *Journal of Separation Science*, 9(6), 328–334.
- Saleh, M. I., & Meullenet, J. F. (2007). Effect of moisture content at harvest and degree of milling (based on surface lipid content) on the texture properties of cooked long–grain rice. *Cereal chemistry*, 84(2), 119–124.
- Samyori, D., Deka, S. C., & Das, A. B. (2016). Evaluation of physical, thermal, pasting characteristics and mineral profile of pigmented and nonpigmented rice cultivars. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(2), 174–182.
- Samyori, D., Deka, S. C., & Das, A. B. (2016). Evaluation of physical, thermal, pasting characteristics and mineral profile of pigmented and nonpigmented rice cultivars. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(2), 174–182.
- Shao, Y., Xu, F., Sun, X., Bao, J., & Beta, T. (2014). Identification and quantification of phenolic acids and anthocyanins as antioxidants in bran, embryo and endosperm of white, red and black rice kernels (*Oryza sativa* L.). *Journal of cereal science*, 59(2), 211–218.
- Siebenmorgen, T., & Sun, H. (1994). Relationship between milled rice surface fat concentration and degree of milling as measured with a commercial milling meter. *Cereal chemistry*, 71(4), 327–329.
- Sumczynski, D., Kotłowski, E., Družbicková, H., & Mlček, J. (2016). Determination of contents and antioxidant activity of free and bound phenolics compounds and in vitro digestibility of commercial black and red rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Food Chemistry*, 211, 339–346.
- Ti, H., Zhang, R., Zhang, M., Wei, Z., Chi, J., Deng, Y., & Zhang, Y. (2015). Effect of

extrusion on phytochemical profiles in milled fractions of black rice. *Food Chemistry*, 178, 186–194.

Widjaja, R., Craske, J. D., & Wootton, M. (1996). Comparative studies on volatile components of non-fragrant and fragrant rices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 70(2), 151–161.

Xiao, L., Lee, J., Zhang, G., Ebeler, S. E., Wickramasinghe, N., Seiber, J., & Mitchell, A. E. (2014). HS-SPME GC/MS characterization of volatiles in raw and dry-roasted almonds (*Prunus dulcis*). *Food chemistry*, 151, 31–39.

Yang, D. S., Lee, K. S., Jeong, O. Y., Kim, K. J., & Kays, S. J. (2007). Characterization of volatile aroma compounds in cooked black rice. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(1), 235–240.

Yasumatsu, K., & Moritaka, S. (1964). Fatty acid compositions of rice lipid and their changes during storage. *Agricultural and Biological Chemistry*, 28(5), 257–264.