

(옆면)

(앞면)

RS-2021
-IP82101
3

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

기술사업화지원사업 2023년도 최종보고서 (건고덕 13p)

발간등록번호

11-1543000-004682-01

나노 발포 구조체를 이용한 전면적 통기성 포장지 상용화 기술 개발

나노 발포 구조체를 이용한 전면적 통기성 포장지 상용화 기술 개발

(납본일자)2024.07.29.

주관연구기관 / 부산대학교
공동연구기관 / 세계김치연구소,
지큐지원

2024

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “나노 발포 구조체를 이용한 전면적 통기성 포장지 상용화 기술 개발”
(개발기간 : 2021.04.01. ~ 2023.12.31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 07. 12.

주관연구기관명 : 부산대학교 산학협력단 (대표자) 강정은 (인)
공동연구기관명 : 세계김치연구소 (대표자) 장해춘 (인)
공동연구기관명 : (주) 지큐지원 (대표자) 정해동 (인)

주관연구책임자 : 신보성
공동연구책임자 : 천호현
공동연구책임자 : 이병민

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명	기술사업화지원사업	총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)					
내역사업명 (해당 시 작성)	공공기술 사업화 촉진(시스템)	연구개발과제번호	821013-3				
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB 1705	60%	LB 1708	30%	LB 1706	10%
	농림식품 과학기술분류	RC0404	60%	PA0104	30%	PA0105	10%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명	나노 발포 구조체를 이용한 전면적 통기성 포장지 상용화 기술 개발 부제: 향아리 통기구조 모방형 김치 포장지						
전체 연구기간	2021. 04. 01 - 2023. 12. 31						
총 연구개발비	총 892,000 천원 (정부지원연구개발비: 825,000 천원, 기관부담연구개발비: 67,000 천원, 지방자치단체지원연구개발비: 0 천원, 그 외 지원연구개발비: 0 천원)						
연구개발단계	기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]		기술성숙도 (해당 시 작성)		착수시점 기준(5단계) 종료시점 목표(9단계)		
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<p>나노 발포 구조체(NFS, Nano-Foamed Structure)를 이용한 전면적 통기성 포장지의 생산 및 김치 발효식품 포장지 상용화를 목표로 함</p> <p>○ 나노 발포 구조체를 이용한 통기성 NFS 포장지 개발</p> <p>- 부산대학교(주관연구) : 나노 발포 구조체 필름 제작 원천 기술 개발 PE를 모재로 발포제를 혼합한 필름을 UV 파장 영역의 레이저를 활용하여 마이크로 나노 구조체를 형성하고 발포제 노광 변수에 따른 필름의 투과성을 비롯한 특성을 개질하고 그 원리를 규명함.</p> <p>- 세계김치연구소(공동연구) : 전면적 통기성 NFS 포장지를 이용한 김치의 품질 안정성 향상 연구 유통환경에서의 김치 숙성 중 발생하는 가스로 인한 포장 팽창과 품질에 미치는 영향을 연구하고 투과성 포장지를 적용한 중량 및 규격별 품질을 관리함.</p> <p>- (주)지큐지원(공동연구) : 나노 발포 구조체를 이용한 NFS 포장지 대량 생산 시스템 설계 및 제작 상품화용 포장지 생산 공정을 구축하고 공정 조건에 따른 특성 제어 및 마스터배치와 발포제 혼합비율에 따른 변수를 관리하고 생산라인에서의 문제점 개선. 합지공정 및 레이저 RtR시스템 적용을 위한 장비기술 개발</p> <p>○ 성능목표</p> <p>- GTR 15,000 cm²/(m² · atm · day) 이상의 산소투과도 갖는 필름의 생산 (공인인증 KS M ISO 7229 기준)</p> <p>- 산업 현장에서 상용화 가능한 수준의 생산성 확보 (폭 1m 이내의 필름 기준 분당 10m 이상)</p>					

	<p>전체 내용</p>	<p>김치를 비롯한 발효식품은 그 보관 및 유통 과정에 발생하는 가스로 일반적인 밀봉 포장방법에 문제가 있음. 이를 해결하기 위해 본 사업에서 나노 구조체를 적용한 포장지를 개발하고 시중 김치 포장에 적용하여 상용화하는 것이 목표임.</p> <p>UV파장(200-400 nm) 영역에서 광 흡수율이 낮은 PE 소재와 상대적으로 그 파장대에서 광 흡수율이 높은 발포제를 혼합한 필름에 레이저광을 조사하면 모재로 사용된 PE는 투과하고 발포제가 대부분 흡수하게 됨. 노광된 발포제는 기체가 발생하게 되고 레이저가 조사된 영역에서 선택적으로 PE 내부에 다수의 마이크로-나노 구조체(Micro-nano pores and channels)를 형성하게 되는데, 이는 본 과제에서 제안하는 새로운 NFS 포장지의 핵심 생산 공정으로 Nano PPP(Nano scale porous polymer patterning)의 공정변수 연구를 진행함. 이 공정의 최적 혼합비(종류와 조성비)와 가공조건(Fluence, Scan speed, Power 등)을 규명하고 외부 표면 손상 없이 필름 내부에 생성된 나노 구조체와 가스 투과도 상관관계를 연구함.</p> <p>나노 발포 포장지 필름을 개발함에 있어 기존 공인인증 시험 방식으로는 시간 및 비용적으로 다양한 시편을 테스트하기 힘들. 대기 중 산소가 포장 내부로 교환되는 비율을 기반으로, 현장에서 바로 적용할 수 있게 개발한 새로운 국가 표준을 제시함. 이는 시제품 형태의 시편도 별도의 처리 없이 농도 측정기만 있으면 내부 부피 및 외부 면적을 계산하여 적용 가능하여 다양한 분야에 응용 가능할 것으로 기대됨.</p> <p>밀폐형 Multilayer film 포장지와 NFS 전면적 통기성 포장지를 각각 적용한 김치 중량 규격별 저장 중 품질 변화와 포장 안전성을 연구함. 가공 업체 현장 실증연구를 통해 유통 환경에서 NFS 전면적 통기성 포장지의 기체투과도에 따른 저장 중 김치의 품질과 숙성도 변화에 미치는 영향을 구명함.</p> <p>(주)지규지원의 설비를 나노 구조체 필름 생산에 적합한 환경으로 구성하기 위하여 부산대학교에서 발포제 합성 필름의 레이저 나노 발포 조건을 연구하여 적용하고 본 과제에서 개발된 나노 구조체 필름을 기반으로 김치 포장지를 생산하고 세계김치연구소에서 포장된 김치를 유통환경에 적용하여 김치의 특성 변화를 연구함.</p> <p>이를 위해 연차별로 각각 다른 크기의 소량, 중량, 대량의 포장별로 시제품을 제작하여 테스트하고 장비의 생산 장비 및 공정을 피드백하는 산학연 협력관계를 구축함.</p> <p>기존 기술이전 특허인 ‘미세 다공성 구조체 제조법’의 연장선으로 나노 구조체 필름을 활용한 NFS 포장지의 경우 대량생산 공정 개발과 동시에 추가 특허출원 진행하여 본 과제의 핵심 기술로써 등록할 예정임.</p> <p>세계김치연구소의 전문 연구인력 및 김치 발효 관련 연구 자료를 기반으로 생산한 포장지의 김치 특성에 끼치는 영향을 현장 환경으로 연구하여 수요업체들의 제품 품질 향상에 이바지함.</p> <p>지규지원은 현재 발효식품 제조업체 (주)강순의명가, (주)농어촌푸드, (주)대광에프앤지 등 다수의 업체와 긴밀한 거래 관계를 유지하고 있으므로, 개발 기술의 적용이 용이하고 사업화 관련 새로운 거래처 확보에도 상당한 긍정적 요인으로 작용할 것으로 판단됨.</p>
	<p>1단계[] 목표</p>	<p>○ 광화학반응 공정에 따른 Nano PPP 연구</p>

			○ 실험실 환경(정온 조건)에서 NFS 전면적 통기성 포장지가 김치의 팽창 억제와 품질에 미치는 영향 구명 ○ 포장지 생산 조건 최적화 연구
		내용	- 나노 구조체 통기성 제어 메커니즘 규명 연구 - 발포제 함량과 가공 변수 등에 따른 필름의 물성 변화 연구 - 100mm×100mm 시제품 필름 제작 - 포장지를 적용한 김치의 미생물학적 품질 변화 분석 - 온도별 저장 조건에서 포장 내부 가스 농도 변화 분석 - 나노 발포 구조체 분산 기술 확립 및 생산기술 개발 - 부분합지기술 확립 및 생산공정 표준화 구축 - 레이저 나노 발포 RtR 가공기 설계
	2단계[]	목표	○ 대면적 연속 생산을 위한 최적화 시스템 연구 ○ 김치가공 업체 현장 실증 연구를 통한 NFS 전면적 통기성 포장지의 상품김치 품질 안정성 향상 효과 구명 ○ 대면적 포장지 상용화 연구
		내용	- 고속 가공용 오차 제어 메커니즘 연구 - 병렬형 레이저 어레이 가공시스템 연구 - 현장 실증연구를 통한 포장지 성능 평가 - 유통 및 저장 환경에서 이화학적 품질 분석 - Dual type 고속 스캐너 도입 및 대량생산환경 구축(600mm X 600mm) - NFS 포장지 상용화를 위한 시장조사 및 피드백

연구개발성과	레이저 가공에 의한 필름의 투과도 경향성 실험실 환경에서 밀폐형 Multilayer film 포장지와 NFS 전면적 통기성 film 포장지를 각각 적용한 김치 중량규격별 저장 중 미생물학적 품질 변화 발포제의 배합 및 분산공정에 관한 연구
--------	---

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	○ 활용계획 - 본 연구개발과제의 성과물인 NFS 통기성 필름은 김치 제조업체에 공급하여 국내 시장과 및 해외 수출 시장에서의 김치 포장재로서 사용할 예정임. - 과냉각 저장 기술은 김치 제조업체와 유통업체를 대상으로 한 기술 지도를 통해 저장고, 냉장탑차, 판매 쇼케이스 등의 다양한 저장 및 유통 환경에서 김치의 품질유지기한 연장기술로 활용할 계획임. - 머신러닝 기반 알고리즘 모델은 푸드테크 산업에서 식품 품질 관리 및 예측 시스템 개발에 관련한 기초 데이터로 사용될 예정임. - 본 연구개발과제에서 도출된 김치의 소비기한 산출법은 추후 NFS 통기성 필름을 사용하는 김치 제조업체를 대상으로 한 교육자료로 활용될 계획임. ○ 기대효과 - 김치 산업에서 NFS 통기성 필름은 추가적인 공정과 비용이 필요한 CO ₂ 흡수제 또는 one-way gas valve 대신 중소 김치 제조업체의 포장재로 활용될 수 있음. 이는 중소 김치 제조업체의 포장 효율성과 생산성을 증가시키고 저장 또는 유통 과정에서 발생할 수 있는 포장 문제를 방지하여 관련 비용과 노동력을 절감할 수 있음. - 과냉각 저장 기술과 머신러닝 기반 알고리즘 모델은 신선 농산물, 발효 식품 분야의 식품 저장 기술로 확장될 수 있음. 해당 기술들은 식품의 품질유지기한을 효과적으로 연장하고 품질 변화를 정밀하게 예측하여 저장, 유통, 판매 과정에서 발생하는 식품 폐기를 줄이는 데 기여할 수 있음. - 점중제(잔탄검)와 대체당 소재(토마틴, 솔비톨, 자일리톨)를 첨가한 김치 레시피는 일본, 미국, 유럽 등 해상 경로를 통해 수출되는 김치 제품에 활용되어 김치의 글로벌 유통과 소비를 촉진시킬 수 있음.
---------------------------	---

국문핵심어 (5개 이내)	나노 발포	폴리머 패터닝	전면적 통기성	항아리 구조	김치
영문핵심어 (5개 이내)	Nano porous	Polymer patterning	Full-scale ventilation	Jar structure	Kimchi

목차

1장 연구개발과제의 개요	7
2장 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용	7
부산대학교	7
세계김치연구소	12
지큐지원	27
3장 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성정도	28
정성적 연구개발 성과	28
부산대학교	28
세계김치연구소	42
지큐지원	120
정량적 연구개발 성과	127
과학적 성과	128
기술적 성과	149
경제적 성과	155
사회적 성과	165
그 밖의 성과	168
4장 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도	169
5장 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	169

최종보고서							보안등급			
							일반[<input checked="" type="checkbox"/>], 보안[<input type="checkbox"/>]			
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명		기술사업화지원사업			
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원			내역사업명 (해당 시 작성)		공공기술 사업화 촉진(시스템)			
공고번호		제 농축 2021-41호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)					
					연구개발과제번호		RS-2021-IP821013			
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB 1705	60%	LB 1708	30%	LB 1706	10%			
	농림식품과학기술분류	RC0404	60%	PA0104	30%	PA0105	10%			
총괄연구개발명 (해당 시 기재)		국문								
		영문								
연구개발과제명		국문	나노 발포 구조체를 이용한 전면적 통기성 포장지 상용화 기술 개발 부제: 향아리 통기구조 모방형 김치 포장지							
		영문	Development of technology for commercialization of full-scale ventilated packaging film using nano-foamed structure (Subtitle: Kimchi packaging films imitating a Korean jar's ventilation structure)							
주관연구개발기관		기관명	부산대학교산학협력단		사업자등록번호		621-82-06530			
		주소	(46241) 부산광역시 금정구 부산대학로 63번길 2 (장전동, 부산대학교내)		법인등록번호		180111-0705913			
연구책임자		성명	신보성		직위		교수			
		연락처	직장전화		휴대전화					
			전자우편		국가연구자번호		10096419			
연구개발기간		전체		2021. 04. 01 - 2023. 12. 31(2년 9개월)						
		단계	1단계[<input type="checkbox"/>]		2021. 04. 01 - 2022. 12. 31(21개월)					
			2단계[<input type="checkbox"/>]		2023. 01. 01 - 2023. 12. 31(12개월)					
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금		합계		연구개발비 외 지원금
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계		825,000	4,600	62,400			829,600	62,400	892,000	
1단계	1년차	225,000		21,000			225,000	21,000	246,000	
	2년차	300,000	1,800	16,200			301,800	16,200	318,000	
2단계	1년차	300,000	2,800	25,200			302,800	25,200	328,000	
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명	책임자		직위	휴대전화	전자우편	비고		
								역할	기관유형	
공동연구개발기관		세계김치연구소	천호현		선임연구원			공동	정부출연연	
		(주)지큐지원	이병민		이사			수요	중소기업	
위탁연구개발기관										
연구개발기관 외 기관										
연구개발과제 실무담당자		성명	김진수		직위			학생연구원		
		연락처	직장전화		휴대전화					
			전자우편		국가연구자번호					

이 연차보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 연구개발과제 중단, 협약 해약, 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2024 년 2 월 28 일

주관연구책임자: 신 보 성 (인)

주관연구개발기관의 장: 부산대학교산학협력단장 최 경 민 (직인)

공동연구개발기관의 장: 세계김치연구소 소장 장 해 춘 (직인)

공동연구개발기관의 장: 지큐지원 대표이사 정 해 동 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

1. 연구개발과제의 개요

- 나노 발포 구조체를 이용한 통기성 NFS 포장지 개발
 - 부산대학교(주관연구) : 나노 발포 구조체 필름 제작 원천 기술 개발
 - PE를 모재로 발포제를 혼합한 필름을 UV 파장 영역의 레이저를 활용하여 마이크로 나노 구조체를 형성하고 발포제 노광 변수에 따른 필름의 투과성을 비롯한 내부 구조체 특성을 개질하고 그 원리를 규명함.
 - 세계김치연구소(공동연구) : 전면적 통기성 NFS 포장지를 이용한 김치의 품질 안정성 향상 연구
 - 저장 및 유통환경에서 김치 숙성 중 발생하는 가스로 인한 포장 팽창과 품질에 미치는 영향을 연구하고 나노 발포 구조체를 이용한 통기성 포장지 적용에 따른 김치 품질과 포장 안정성 향상 효과를 규명함.
 - (주)지큐지원(공동연구) : 레이저 Roll to Roll 기반의 NFS 포장지 대량 생산 기술 개발
 - 상품화용 포장지 생산 공정을 구축하고 공정 조건에 따른 특성 제어 및 마스터배치와 발포제 혼합 비율에 따른 변수를 관리하고 생산라인에서의 문제점 개선. 합지공정 및 대면적 레이저장치 설계 제작 및 상용화 개발.

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

[주관연구기관 : 부산대학교]

○ 1차년도

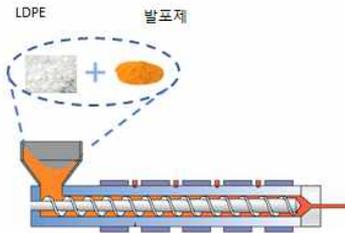
UV파장(200~400 nm) 영역에서 광 흡수율이 낮은 PE 소재와 상대적으로 그 파장대에서 광흡수율이 높은 발포제를 혼합한 필름에 레이저광을 조사 하면 모재로 사용된 PE는 투과하고 발포제가 대부분 흡수하게 됨. 노광 된 발포제는 기체가 발생하게 되고 레이저가 조사된 영역에서 선택적으로 PE내부에 다수의 마이크로-나노 구조체(Pores and Channels)를 형성하게 됨. 이는 본 과제에서 제안하는 포장지의 생산 공정인 Nano PPP(Nano-scale Porous Polymer Patterning)의 주요 메커니즘임. 이 공정의 최적 혼합비(종류와 조성비)와 가공조건(Fluence, Scan speed, Power 등)을 규명하고 외부 표면 손상 없이 필름 내부에 생성된 나노 구조체와 가스 투과도 상관관계를 연구함.

- 광화학반응공정을 이용한 Nano PPP 핵심 공정 연구
- 폴리머 & 발포제 기반 다공성 구조 생성 기술 및 마이크로-나노패턴 제작 연구
 - 화학 및 물리발포제 종류에 따른 나노 발포 공정 특성 연구
 - 발포제 함량에 따른 산소투과도 및 투습도의 변화와 통기성 제어 메커니즘 연구
 - 100mm×100mm 시제품 필름을 대상으로 공정 변수에 대한 연구
- UV-wavelength nanosecond pulsed laser 실험 장비 구축
 - Nano PPP 패터닝을 위한 광학계 및 제어장치 구축
 - 고속 패터닝을 위한 마이크로 나노 발포 구조체 배열 최적 패턴 연구
 - O₂, CO₂ 등 가스별 투과 특성 측정 및 피드백
 - 소용량(100g 이하) 포장김치 포장지 시제품 생산 및 특성 연구

Nano-PPP Process

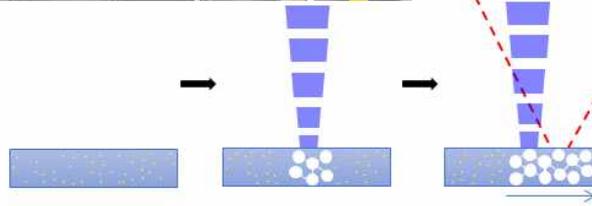
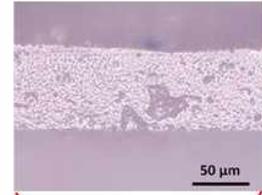
합성

- 발포제와 PE를 해당 비율로 합성
- Roll을 이용하여 필름 형태로 제작



나노발포 성형

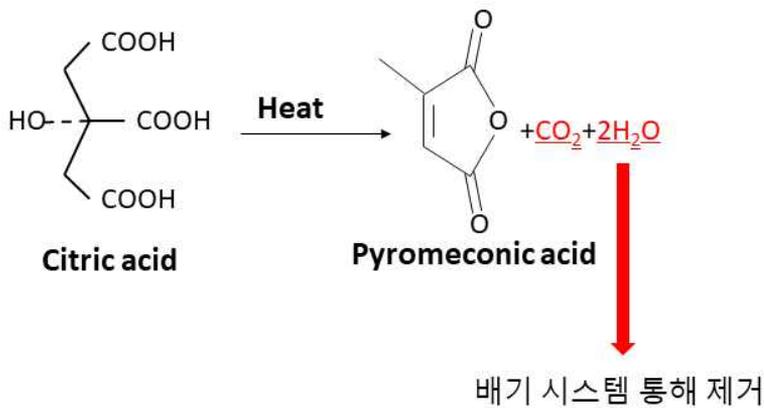
- 355nm 펄스 레이저 및 갈바노스캐너 활용하여 필름 롤투를 공정
- 발포제와 레이저 광의 광-물리적-화학적 반응
- PE의 낮은 광 흡수율로 인한 대부분의 레이저 투과



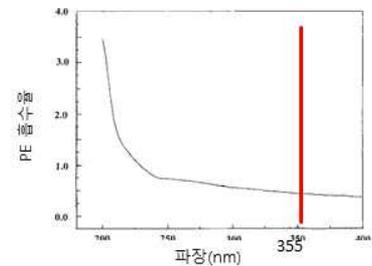
<Nano PPP 발포 공정 순서도와 실험실 규모의 레이저 가공장비>

Nano Porous Foaming

Citric acid(발포제)



PE 광흡수율



- LDPE film(95%~) : $T_m = 120^\circ\text{C}$
- CBA (~5%) : $T_m = 205^\circ\text{C}$
- 1% 수준의 매우 낮은 흡수율 (두께 20μm 기준)

-> 레이저에 의해 직접 가공되지 않고 필름 속 발포제만 반응함

<발포제의 기체 생성 원리와 PE 소재의 레이저 광 흡수율 상관 관계>

KUM YANG CO., LTD.

HEAD OFFICE & FACTORY
 81, Nakdong-daero 960beon-gil, Sasang-gu, Busan, South Korea (47028)
 TEL : 82-51-316-5848 FAX: 82-51-325-5887
 Website: www.kyc.co.kr

October 20th, 2020

GUARANTEE LETTER

Kum Yang Company Limited guarantees that Cellcom AC1000 complies with the sanitary measures and Mexican standards in order to be used as a food additive according with the following regulations:

Entity	Section
FDA (Food and Drug Administration)	21 CFR 110 Current Good Manufacturing, Packing or Holding Human Food. PART 137, Cereal flours, part 172-food, additives permitted for direct addition to food for human consumption subpart i- multipurpose additives CFR 172,806.
Secretaria de Salud (SSA)	Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, hygiene practices for the food, drinks, or alimentary supplements processes.

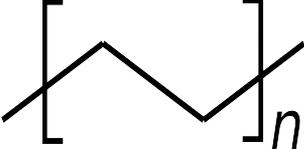
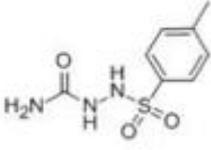
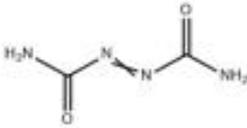
In accordance with the GMO's declarations, we communicate that the product is not derived from a genetically modified source and it is free from genetically modified DNA, as well as from proteins derived from it and radiation

KUMYANG COMPANY LIMITED
K. J. Ryi
 RYU KWANG JY PRESIDENT

<발포제 원료생사업체 식품포장용 FDA승인서>

- 투과도 측정을 위한 간이 측정 장비 구축
 - 다양한 조건의 필름 투과도 경향성 테스트 위한 간이 측정기 구축
 - 정확한 투과도를 측정하기 위한 측정 방식변화
- 나노 구조체와 UV laser의 조건에 따른 가스 투과도 상관관계
 - 필름의 나노 발포제의 함량에 따른 투과도 경향성 테스트
 - 대량생산을 위한 UV pulse laser의 Pulse당 가스 투과도 상관관계 연구
- IPL을 활용한 나노구조체 필름 가스 투과도 상관관계
 - IPL을 활용한 필름합지의 나노구조체 발포 연구
 - 대량생산을 위해 IPL을 조사한 필름의 가스투과도 상관관계 연구

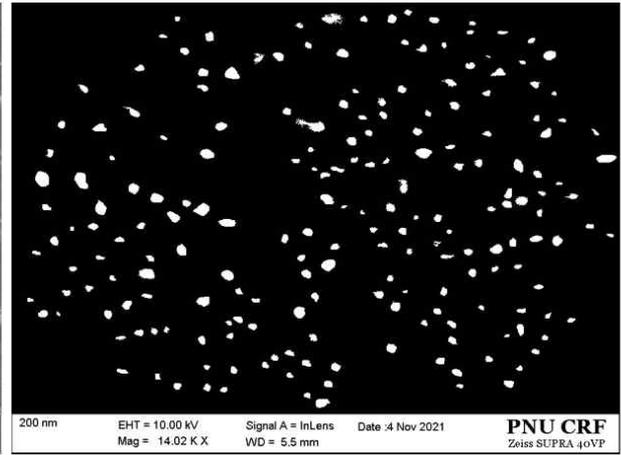
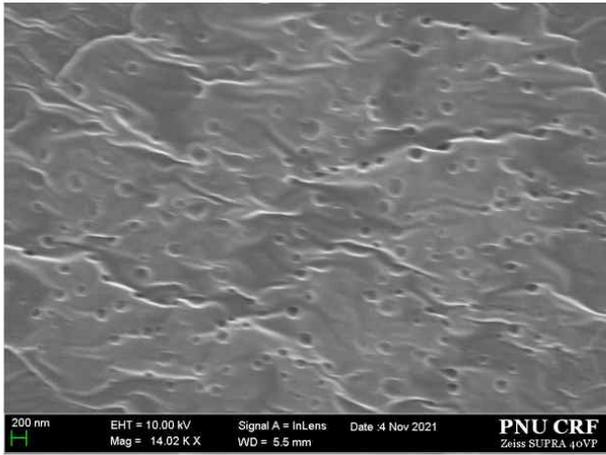
※필름, 발포제

이름	polyethylene film(PE 필름)	p-Toluenesulfonylsemicarbazide (PTSS)	Azodicarbonamide
이미지			
화학식			
밀도	0.88~0.96 g/cm ³	1.381 g/cm ³	1.65 g/cm ³
녹는점	115-135 °C	224-235°C	220-225°C
특징	열 가소성 플라스틱으로 다양한 분야에서 응용됨	Gas Volume in air(ml/g): ≤140-150	Gas Volume in air(ml/g): ≤280-300

○ 2차년도

- 새로운 가공 공정의 최적 조건연구
 - IPL의 최적 가공 조건 연구
 - 가공 횟수별 가스 투과도 데이터 정리
- 발포 필름의 통기성 기능 향상
 - 합지를 활용하여 내구성이 강하고 기체 투과도가 높은 필름 제작
 - 추가 첨가물을 이용한 발포 필름의 통기성 향상
- 아두이노를 활용한 실시간 산소농도 측정
 - 아두이노 산소센서를 이용하여 실시간 측정 가능한 시스템 구축
 - 연구자 편의성 개선 및 정확한 산소 농도 측정
- 마이크로 발포 구조체 공극의 크기와 분포도 규명

-발포제 5%가 들어간 기준 공극의 크기는 크게 30 nm에서 작게는 수 nm 에 이르기까지 다양한 공극의 크기가 존재한다. 위 사진으로 구한 공극의 분포도는 프로그램을 사용하면 다음과 같이 나온다.



Area	Mean	Min	Max	%Area	
1	716800	9.992	0	255	8.404

Area	Mean	Min	Max	%Area
206	120	255	255	100
207	112	255	255	100
208	64	255	255	100
209	86	255	255	100
210	83	255	255	100
211	273	255	255	100

○ 3차년도

- PE를 모재로 발포제를 혼합한 필름을 UV 파장 영역의 레이저를 비롯 다양한 가공 기술을 활용하여 마이크로 나노 구조체를 형성하고 발포제 노광 변수에 따른 필름의 투과성을 비롯한 특성을 개발하고 그 원리를 규명함.

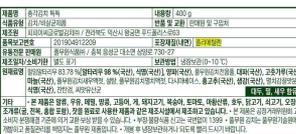
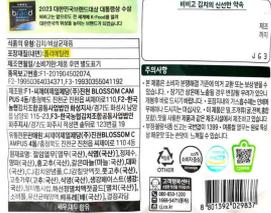
■ 대면적 연속 생산을 위한 최적화 시스템 연구

- 고속 가공용 오차 제어 메커니즘 연구
- 병렬형 레이저 어레이 가공시스템 연구
- IPL 가공 시스템에서 최적의 가공조건 연구
- RtR 연속생산 Nano PPP 공정 레이저 실험 장비 구축 및 시제품 제작

[공동연구기관: 세계김치연구소]

○ 1차년도

- 실험실 환경에서 밀폐형 Multilayer film 포장지와 NFS 전면적 통기성 film 포장지를 각각 적용한 김치 중량규격별 저장 중 미생물학적 품질 변화 분석
- 포장지 재질 및 규격 선택: 시중의 상품김치는 포장 내에 CO₂ absorbers sachet를 부착하여 판매되고 있다. 김치 포장지는 적층 필름(polyethylene terephthalate/aluminum/polyethylene)이 사용되며 김치와 접촉되는 내면의 포장 재질은 polyethylene이다. 또한 파우치형 상품김치는 100~400 g의 중량으로 판매되고 있다. 따라서 본 실험의 김치 포장지는 실제 시중에서 사용 중인 적층 필름 포장지와 동일하게 설계되었으며 100~400 g의 김치 중량 규격이 선정되었다. 아래 표는 시중에 유통 중인 상품김치 제품을 나타낸 것이다.

	피피이씨글로벌김치(주)	대상(주)	씨제이제일제당(주)
상품김치 포장 외관			
상품김치 포장 재질			
상품김치 중량	400 g	200 g	400 g

- 실험 재료: 본 연구에서는 전북 익산 소재의 김치가공업체에서 당일 제조한 맛김치와 총각김치를 각각 구입하여 시료로 사용하였다. 맛김치와 총각김치 시료는 냉장 상태를 유지하며 광주 남구 소재 연구실로 운송 후 -1℃로 설정한 저온 저장고에서 약 15시간 보관하였다. 맛김치 원료 및 구성 비율은 절임배추(75%), 무(6.5%), 김치전용풀(3.7%), 고춧가루(2.5%), 마늘(2%), 정제소금, 양파, 대파, 멸치액젓, 부추, 새우젓, 다시마베이스, 설탕, 생강, 멸치감칠맛 분말과 유산균 스타터이다. 총각김치 원료 및 구성 비율은 절임알타리무(84%), 양파(2.2%), 김치전용풀(2.1%), 대파(2%), 고춧가루(2%), 정제소금, 마늘, 새우액젓, 멸치액젓, 다시마베이스, 홍고추, 생강, 멸치감칠맛 분말, 잔탄검과 유산균 스타터이다.
- 포장 방법: 맛김치 시료는 laminar flow clean bench에서 multilayer(ML) film bag(polyethylene terephthalate/aluminum/polyethylene, 13 × 20 cm, 0.1 mL O₂/m²·day·atm, GQGONE Co., Gimhae, Korea)과 nano-foamed structure(NFS) 통기성 film bag 2종(13 × 20 cm, 20,000 mL O₂/m²·day·atm과 40,000 mL O₂/m²·day·atm, GQGONE Co., Gimhae, Korea)에 100 g씩 각각 옮겨 담은 후 열접착기를 이용하여 밀봉하였다. 총각김치 시료는 laminar flow clean bench에서 CO₂ absorbers sachet이 부착되거나 부착되지 않은 ML film bag(polyethylene terephthalate/aluminum/polyethylene, 17.5 × 22.5 cm, 0.1 mL O₂/m²·day·atm, GQGONE Co., Gimhae, Korea)과 nano-foamed structure(NFS) 통기성 film bag(17.5 × 22.5 cm, 40,000 mL O₂/m²·day·atm, GQGONE Co., Gimhae, Korea)에 400 g씩 각각 옮겨 담은 후 열접착기를 이용하여 밀봉하였다.
- 저장 조건: 장기 저장 중 과냉각과 냉장 온도가 맛김치와 총각김치의 미생물학적 및 이화학적 품질 특성과 포장 안정성에 미치는 영향 분석을 위해 맛김치 시료는 -3±0.5, 4±1와 10±1℃에서 36일간

저장하였으며 총각김치는 -2 ± 0.5 와 4 ± 1 °C에서 32일간 저장하였다. ML film bag에 포장한 맛김치 또는 총각김치는 대조구로 하였다.

- 미생물 수 분석: 저장 중 맛김치와 총각김치의 미생물 수 측정을 위해 시료 20 g과 0.85% 멸균 생리 식염수 180 mL는 멸균 stomacher bag에 넣은 후 stomacher(Bagmixer R400, Interscience Inc., Saint Nom, France)를 이용해 3분간 균질화하였다. 균질 용액은 단계별로 희석한 다음, 희석액 1 mL는 각각의 배지에 접종하였다. 총 호기성 세균, 총 유산균, 효모 및 곰팡이, 총 대장균군은 각각 3M Petrifilm™ aerobic count plate(Petrifilm AC, 3M Co., St. Paul, MN, USA), 3M Petrifilm™ Lactic Acid Bacteria Count Plate(Petrifilm LAB, 3M Co.), Yeast and Mold Count Plate(Petrifilm YM, 3M Co.) 및 Coliform Count Plate(Petrifilm CC, 3M Co.)을 사용하였으며 총 호기성 세균 및 총 유산균은 37°C에서 48시간, 효모 및 곰팡이는 25°C에서 72시간, 총 대장균군은 37°C에서 24시간 배양하였다. 배양 후 30~300개 집락을 생성한 배지를 선택하여 총 호기성 세균과 총 유산균은 붉은 집락수를, 효모 및 곰팡이는 녹푸른색 및 다양한 색의 집락수를, 총 대장균군은 gas가 생성된 붉은 집락수를 계수하였다. 검출된 미생물 수는 colony forming unit per gram(CFU/g)으로 나타내었다.

- 실험실 환경에서 밀폐형 Multilayer film 포장지와 NFS 전면적 통기성 film 포장지를 각각 적용한 김치 중량 규격별 이화학적 품질 분석

- pH와 적정산도(titratable acidity, TA) 분석: pH는 시료를 blender(HR1390, Philips, Guangzhou, China)로 분쇄 후 multiparameter benchtop meter(Orion VERSA STAR 90, Thermo Fisher Scientific Inc., Chelmsford, MA, USA)에 장착한 pH 전극(Orion 8157BNUMD ROSS Ultra pH/ATC Triode, Thermo Fisher Scientific Inc., Chelmsford, MA, USA)을 이용하여 실온에서 측정하였다. 적정산도는 분쇄된 시료 1 g을 정확히 달아 50배 희석한 뒤 여과한 여액 20 mL를 0.01 N NaOH 용액으로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하였다. 적정산도는 아래의 수식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Titratable acidity(\%)} = \frac{(A - B) \times 0.0009 \times f \times D \times 100}{\text{Sample(g)}}$$

A: 본 시험에 소비된 0.01N NaOH 용액의 mL 수, B: 바탕시험에 소비된 0.01N NaOH 용액의 mL 수, f: 0.01N NaOH의 역가, D: 희석배수

- 환원당 함량 분석: 환원당 함량은 dinitrosalicylic acid(DNS) 방법에 따라 측정하였다. 분쇄 시료를 1 차 증류수로 50배 희석 후 희석한 시료 용액 1 mL은 DNS 시약 3 mL와 혼합하여 100°C water bath에서 5분 동안 증탕시켰다. 증탕 완료 후 시료-DNS 혼합 용액은 실온에서 충분히 냉각시킨 다음 증류수 16 mL을 가하여 희석한 후 분광광도계(UV-1800, Shimadzu Scientific Instruments Inc., Columbia, MD, USA)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준검량선은 표준물질로서 glucose(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 농도별로 DNS 시약과 반응시켜 작성하였으며 환원당 함량은 mg/g으로 나타냈다.
- 염도 분석: 김치 시료의 염도는 디지털 염도계(PAL-ES3, Atago Co. Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하여 실온에서 측정하였다.
- 전기전도도(electrical conductivity, EC) 분석: 김치 시료의 전기전도도는 EC probe(013005MD, Thermo Fisher Scientific Inc., Chelmsford, MA, USA)를 장착한 multiparameter benchtop meter(Orion VERSA STAR 90, Thermo Fisher Scientific Inc., Chelmsford, MA, USA)를 이용하여 EC 표준용액으로 보정 후 실온에서 측정하였다.
- 기계적 경도 분석: 김치 시료의 기계적 경도는 texture analyzer(TA-XT Plus, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK)에 장착된 직경 2 mm의 원통형 probe가 10 mm/s의 속도로 시료를 관통할 때 얻어지는 최대값을 측정하였다. 시료 측정 횟수는 각 처리구당 10회 이상 반복하였으며 평균값은 kgf로 나타내었다.

- 기계적 색도 분석: 맛김치 시료 표면의 색도는 색차계(Chroma meter CR-400, Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan)를 이용하여 표준백판($L^*=98.86$, $a^*=-0.28$, $b^*=4.06$)으로 보정 후 측정하였다. CIE L^* (lightness), a^* (redness) 및 b^* (yellowness) 값은 각 시료의 표면을 10회 반복하여 평균±표준편차로 나타내었다.
- 통계처리: 모든 실험 결과는 3회 이상 반복 분석하여 평균값±표준편차로 나타냈다. 결과에 대한 유의성 통계분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Science, Version 19, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software program을 사용하여 one-way analysis of variance test(ANOVA)를 실시하였고 유의성 검정은 $P < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 행하였다.

- 과냉각 및 냉장저장 조건에서 김치 품목과 중량 규격별 포장 내부 가스 농도 변화 분석

- 포장 내부 headspace 가스 농도 변화 분석: 저장 중 맛김치 또는 총각김치를 포장한 ML film bag과 NFS 통기성 film bag 내부 headspace의 O_2 와 CO_2 농도(%) 변화는 포장재 표면에 septum을 부착한 후 headspace gas analyzer(Checkpoint 3 premium, Dansensor, Ringsted, Denmark)를 이용하여 측정하였다.
- 포장 내부의 가스 농도변화와 김치 품질의 상관관계 분석: 저장 중 맛김치와 총각김치 포장 내부 headspace O_2 또는 CO_2 농도(%), pH, 적정산도와 환원당 함량 변화 간 상관관계는 Pearson correlation coefficient에 의해 유의성 검정(유의수준: $P < 0.05$, $P < 0.01$ 과 $P < 0.001$)을 실시하여 분석하였다.

- NFS 통기성 포장지가 적용된 김치의 품질 예측 머신러닝 알고리즘 모델 수립

- NFS 통기성 포장지가 적용된 김치의 저장 중 품질 예측 머신러닝 알고리즘 모델 수립을 위해 기체투과도를 달리한 통기성 포장 적용 맛김치 저장 실험 데이터를 사용하였다. 저장 중 김치의 품질 예측 머신러닝 알고리즘 모델을 개발하기 위해 사용된 데이터의 개수는 378개이다.
- 독립변수는 맛김치의 저장기간, 저장온도, 포장지 종류와 pH를 사용하였으며 종속변수는 김치의 품질 지표인 적정산도를 사용하였다.
- 독립변수는 수치형 데이터와 범주형 데이터로 이루어져 있으며 범주형 데이터인 포장지 종류는 더미 변수로 변환하여 사용하였다. 단위가 전부 다른 수치형 데이터(저장기간, 저장온도와 pH)는 다양항 머신러닝 알고리즘의 성능을 비교하기 위해 비정규화(Non-normalized), MinMax 정규화와 Standardization을 사용하였다.
- 데이터는 학습 데이터(Train)와 평가 데이터(Test)의 2가지 형식을 사용하였고 형식은 비무작위(Unshuffled) 데이터와 무작위(Shuffled) 데이터이다.
- 김치의 품질을 예측하기 위해 사용된 머신러닝 알고리즘은 선형 회귀(Linear regression), Randomforest와 XGBoost를 이용하였다. Randomforest는 여러 결정 트리(Decision trees)를 결합하여 각 트리의 예측을 평균 내거나 다수결로 합치는 앙상블 학습 방법의 하나이며 XGBoost는 Gradient Boosting 알고리즘을 기반으로 오류를 순차적으로 수정해 나가면서 여러 결정 트리를 학습시키는 고성능, 고속 실행 모델이다. 각각의 트리를 구축할 때 무작위성을 추가하여 모델의 일반화 능력을 향상시키고 과적합을 방지하였다.
- 머신러닝 알고리즘 모델은 평가지표로 평균제곱근 편차(Root mean square error, RMSE), 평균 절대 오차(Mean Absolute Error, MAE), 평균 백분율 오차(Mean Percentage Error, MPE)와 R^2 를 사용하여 성능을 평가하였다. 평가지표 중에서 R^2 는 높을수록, 나머지 평가지표는 0에 가까울수록 좋은 알고리즘이라고 해석할 수 있다.
- 머신러닝 알고리즘 분석을 위한 프로그램은 Python(version 3.8.8)을 이용하였으며 라이브러리는 pandas(version 1.2.4), numpy(version 1.19.5), sklearn(version 0.24.2), xgboost(version 1.4.2)를 각각 사용하였다.

○ 2차년도

- 상품김치 품목 및 규격별 단위 시간당 이산화탄소 발생량과 발효 기체 압력 분석

- 실험 재료: 전라북도 익산시 소재 김치가공업체(피피이씨글로벌김치(주))에서 제조한 맛김치 및 총각김치와 경상남도 김해시 소재 김치가공업체(대광에프앤지)에서 생산한 깍두기를 이용하였으며 시료로 사용한 상품김치의 구성 성분은 아래 표에 나타내었다.

<상품김치 품목별 구성 성분>

품목	제조사	구성 성분
맛김치	피피이씨글로벌김치(주)	절임배추 75%[배추 98%(국산), 정제소금(국산)], 무(국산), 김치전용풀, 고춧가루(국산), 양파, 대파, 멸치액젓, 부추, 새우젓, 다시마베이스, 설탕, 생강, 멸치감칠맛분말, 정제소금(국산), 씨앗유산균
총각김치	피피이씨글로벌김치(주)	절임알타리무(84%), 양파(2.2%), 김치전용풀(2.1%), 대파(2%), 고춧가루(2%), 정제소금, 마늘, 새우액젓, 멸치액젓, 다시마베이스, 홍고추, 생강, 멸치감칠맛 분말, 잔탄검과 유산균 스타터
깍두기	대광에프앤지	절임무 87%[무 98%(국산), 정제소금(국산)], 고춧가루(국산), 다시액, 멸치액, 새우젓, 마늘, 양파, 대파, 생강, 설탕, 조미료, 정제소금(국산)

- 포장 방법 및 저장 조건: 상품김치 품목 및 규격별 포장 방법 및 저장 조건은 아래 표에 나타내었다.

<상품김치 품목 및 규격별 포장방법 및 저장조건>

No.	품목	규격	가스 흡착제	가스투과도 (mL O ₂ /m ² ·day·atm)	저장조건
1	맛김치	100 g	○	-	-3, 4, 10 ℃
2	맛김치	100 g	-	20,000	-3, 4, 10 ℃
3	맛김치	100 g	-	40,000	-3, 4, 10 ℃
4	맛김치	400 g	○	-	- 5, 10℃
5	맛김치	400 g	-	25,000	- 5, 10℃
6	맛김치	400 g	○	-	변온저장
7	맛김치	400 g	-	6,000	변온저장
8	맛김치	400 g	-	4,000	변온저장
10	총각김치	400 g	-	-	-2, 4 ℃
11	총각김치	400 g	-	40,000	-2, 4 ℃
12	깍두기	400 g	-	-	변온저장
13	깍두기	400 g	-	4,000	변온저장
14	깍두기	400 g	-	4,000 & 반면적	변온저장

- 포장 내부 headspace 가스 농도 변화 분석: 저장 중 맛김치, 총각김치와 깍두기를 포장한 ML film bag과 NFS 통기성 film bag 내부 headspace의 CO₂ 농도(%) 변화는 포장재 표면에 septum을 부착한 후 headspace gas analyzer(Checkpoint 3 premium, Dansensor, Ringsted, Denmark)를 이용하여 측정하였다.
- 기체 압력 측정 방법 및 외관 변화 조사: 저장 중 김치 발효로 인한 기체 압력 변화는 맛김치를 포장한 film bag 포장재 표면에 septum을 부착한 후 headspace pressure gauge (UTK-P5000, Ultra Tec, Seoul, South Korea)를 이용하여 측정하였다. 결과값은 각 측정값에 대기압(1.01 Bar)을 더하여 보정하였다. 김치의 외관 변화는 포장된 맛김치 시료의 저장 0일과 저장 28일에 디지털 카메라를 이용해서 촬영하였다.

- 모의 유통환경에서 NFS 전면적 통기성 포장지의 기체 투과도에 따른 저장 중 김치의 품질과 숙성도 변화에 미치는 영향 구명

[실험조건 1. 기체투과도를 달리한 통기성 포장 적용 맛김치 저장 실험]

- 실험 재료: 전라북도 익산시 소재 김치가공업체(피피이씨글로벌김치(주))에서 제조한 맛김치를 이용하였다.

<맛김치 시료 구성 성분>

품목	제조사	구성 성분
절단 배추김치 (비살균제품)	피피이씨글로벌김치(주)	절임배추 75%[배추 98%(국산), 정제소금(국산)], 무(국산), 김치전용풀, 고춧가루(국산), 양파, 대파, 멸치액젓, 부추, 새우젓, 다시마베이스, 설탕, 생강, 멸치감칠맛분말, 정제소금(국산), 씨앗유산균

- 포장 방법: 맛김치 시료는 CO₂ absorbers sachet이 부착된 ML film bag과 NFS film bag 2종(18 × 24 cm, 6,000 mL O₂/m²·day·atm과 4,000 mL O₂/m²·day·atm, GQGONE Co., Gimhae, Korea)에 400 g씩 각각 옮겨 담은 후 열접착기를 이용하여 밀봉하였다. 6,000 mL O₂/m²·day·atm 기체 투과도를 갖는 NFS film bag에 포장한 맛김치는 NFS-6000로, 4,000 mL O₂/m²·day·atm 기체 투과도를 갖는 NFS film bag에 포장한 맛김치는 NFS-4000로 각각 명명하였다. 피피이씨글로벌김치(주)에서 사용 중인 ML film bag(CO₂ absorbent 부착)에 포장한 맛김치는 대조구로 명명하였다.
- 저장 조건: 맛김치는 모의 저장 및 유통환경 조건을 설정하여 저장하였으며, 모의 유통환경은 상품 김치의 실제 유통 중 냉장/상온 온도와 노출 시간 등을 고려하여 변온 조건으로 설정하였다.

<맛김치 저장조건>

저장기간	0일~7일	7일~21일	21일~28일
	1℃	6℃	4℃
모의 저장 및 유통 환경	김치가공업체 또는 소매유통업체 저온저장고 온도 조건	소매유통업체 쇼케이스 보관 온도 조건	가정 냉장고 보관 온도 조건

[실험조건 2. 통기성 면적을 달리한 포장 적용 깍두기 저장 실험]

- 실험 재료: 시료는 경상남도 김해시 소재 김치가공업체(대광에프앤지)에서 생산한 깍두기를 이용하였으며 구성 성분은 아래 표에 나타내었다.

<깍두기 시료 구성 성분>

품목	제조사	구성 성분
깍두기 (비살균제품)	피피이씨글로벌김치(주)	절임무 87%[무 98%(국산), 정제소금(국산)], 고춧가루(국산), 다시액, 멸치액, 새우젓, 마늘, 양파, 대파, 생강, 설탕, 조미료, 정제소금(국산)

- 포장 방법: 깍두기 시료는 ML film bag(118 × 24 cm, GQGONE Co., Gimhae, Korea), 전면적 통기성 NFS film bag(18 × 24 cm, 4,000 mL O₂/m²·day·atm, GQGONE Co., Gimhae, Korea)과 반면적 통기성 NFS film bag(18 × 24 cm, 4,000 mL O₂/m²·day·atm, GQGONE Co., Gimhae, Korea)에 400 g씩 각각 옮겨 담은 후 열접착기를 이용하여 밀봉하였다. ML film bag에 포장한 깍두기는 대조구로 사용하였으며 전면적과 반면적 통기성 NFS film bag에 포장한 깍두기는 각각 NFS-1 처리구와 NFS-2 처리구로 명명하였다.



< 전면적과 반면적 통기성 포장 필름 >

- 저장 조건: 깍두기의 저장은 모의 저장 및 유통환경을 설정하여 실험하였으며, 모의 유통환경은 상품김치의 실제 유통 중 냉장/상온 온도와 노출 시간 등을 고려하여 변온 조건으로 설정하였다.

<깍두기 저장조건>

저장기간	0일~7일	7일~21일	21일~28일
	1℃	6℃	4℃
모의 저장 및 유통 환경	김치가공업체 또는 소매유통업체 저온저장고 온도 조건	소매유통업체 쇼케이스 보관 온도 조건	가정 냉장고 보관 온도 조건

- 미생물 분석: 저장 중 맛김치와 깍두기의 미생물 수 측정을 위해 시료 20 g과 0.85% 멸균 생리식염수 180 mL는 멸균 stomacher bag에 넣은 후 stomacher(Bagmixer R400, Interscience Inc., Saint Nom, France)를 이용해 3분간 균질화하였다. 균질 용액은 단계별로 희석한 다음, 희석액 1 mL는 각각의 배지에 접종하였다. 총 호기성 세균, 총 유산균, 효모 및 곰팡이, 총 대장균군은 각각 3M Petrifilm™ aerobic count plate(Petrifilm AC, 3M Co., St. Paul, MN, USA), 3M Petrifilm™ Lactic Acid Bacteria Count Plate(Petrifilm LAB, 3M Co.), Yeast and Mold Count Plate(Petrifilm YM, 3M Co.) 및 Coliform Count Plate(Petrifilm CC, 3M Co.)을 사용하였으며 총 호기성 세균 및 총 유산균은 37℃에서 48시간, 효모 및 곰팡이는 25℃에서 72시간, 총 대장균군은 37℃에서 24시간 배양하였다. 배양 후 30~300개 집락을 생성한 배지를 선택하여 총 호기성 세균과 총 유산균은 붉은 집락수를, 효모 및 곰팡이는 녹푸른색 및 다양한 색의 집락수를, 총 대장균군은 gas가 생성된 붉은 집락수를 계수하였다. 검출된 미생물 수는 colony forming unit per gram(CFU/g)으로 나타내었다.
- pH와 적정산도 분석: pH는 시료를 blender(HR1390, Philips, Guangzhou, China)로 분쇄 후 multiparameter benchtop meter(Orion VERSA STAR 90, Thermo Fisher Scientific Inc., Chelmsford, MA, USA)에 장착한 pH 전극(Orion 8157BNUMD ROSS Ultra pH/ATC Triode, Thermo Fisher Scientific Inc., Chelmsford, MA, USA)을 이용하여 실온에서 측정하였다. 적정산도는 분쇄된 시료 1 g을 정확히 달아 50배 희석한 뒤 여과한 여액 20 mL를 0.01 N NaOH 용액으로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하였다. 적정산도는 아래의 수식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Titrateable acidity(\%)} = \frac{(A - B) \times 0.0009 \times f \times D \times 100}{\text{Sampl (g)}}$$

A: 본 시험에 소비된 0.01N NaOH 용액의 mL 수, B: 바탕시험에 소비된 0.01N NaOH 용액의 mL 수, f: 0.01N NaOH의 역가, D: 희석배수

- 환원당 함량 분석: 환원당 함량은 dinitrosalicylic acid(DNS) 방법에 따라 측정하였다. 분쇄 시료를 1차 증류수로 50배 희석 후 희석한 시료 용액 1 mL은 DNS 시약 3 mL와 혼합하여 100℃ water bath에서 5분 동안 중탕시켰다. 중탕 완료 후 시료-DNS 혼합 용액은 실온에서 충분히 냉각시킨 다음 증류수 16 mL을 가하여 희석한 후 분광광도계(UV-1800, Shimadzu Scientific Instruments Inc., Columbia, MD, USA)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준검량선은 표준물질로서 glucose(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 농도별로 DNS 시약과 반응시켜 작성하였으며 환원당 함량은 mg/g으로 나타냈다.
- 염도 분석: 김치 시료의 염도는 디지털 염도계(PAL-ES3, Atago Co. Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하여 실온에서 측정하였다.
- 포장 내부 headspace 가스 농도 변화 분석: 저장 중 맛김치 또는 깍두기를 포장한 ML film bag과 NFS 통기성 film bag 내부 headspace의 O₂와 CO₂ 농도(%) 변화는 포장재 표면에 septum을 부착한 후 headspace gas analyzer(Checkpoint 3 premium, Dansensor, Ringsted, Denmark)를 이용하여 측정하였다.
- 관능검사: 세계김치연구소 관능검사실에서 실시하였으며 세계김치연구소 발간한 김치 관능검사 매뉴얼(2016)을 참고하여 실시하였다. SensMine 프로그램(Sensmine version 4.8, Sensometrics, Seoul, Korea)을 활용하여 세계김치연구소에서 훈련된 패널 20을 대상으로 실시하였으며, 9점 척도를 이용하여 기호도를 표시하도록 하였다. 시료는 20 g씩 무늬가 없는 백색용기에 담아 아래의 그림과 같이 제시하였으며, 시료와 시료 사이에는 물과 크래커로 입가심을 하도록 하였다. 평가항목은 기호도(외관, 냄새, 맛, 조직감)와 전체적인 기호도로 구성하였다.

<9점 척도>

	대단히 싫다	매우 싫다	싫다	약간 싫다	보통이다	약간 좋다	좋다	매우 좋다	대단히 좋다
외관	1	2	3	4	5	6	7	8	9
냄새									
맛									
조직감									
전체적 기호도									



출처 : 김치 관능검사 매뉴얼, 2016
 < 세계김치연구소 관능검사실 >



< 관능검사 예시 >

- 통계처리: 모든 실험 결과는 3회 이상 반복 분석하여 평균값±표준편차로 나타냈다. 결과에 대한 유의성 통계분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Science, Version 19, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software program을 사용하여 one-way analysis of variance test(ANOVA)를 실시하였고 유의성 검정은 $P < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 행하였다.
- NFS 통기성 포장지가 적용된 김치의 저장 중 품질 예측 모델 수립
- NFS 통기성 포장지가 적용된 김치의 저장 중 품질 예측 모델 수립을 위해 1) 기체투과도를 달리한 통기성 포장 적용 맛김치 저장과 2) 통기성 면적을 달리한 포장 적용 깍두기 저장 실험으로 나누어 진행하였다.
 - 상관관계 분석 : 저장 중 맛김치와 깍두기의 저장온도, 김치의 pH, 산도, 환원당 함량, 총 유산균 수와 포장 내부 가스 농도 변화 간 상관관계는 Pearson correlation coefficient에 의해 유의성 검정(유의수준: $P < 0.05$, $P < 0.01$ 과 $P < 0.001$)을 실시하여 분석하였다.
 - 저장 중 김치의 품질 예측 모델을 개발하기 위한 선형 및 비선형 회귀 분석은 포장지의 기체투과도를 독립변수로 설정하고 김치의 품질 지표(산도, pH, 총 유산균 수)를 종속변수로 설정하여 실시하였다. 김치 품질 예측에 사용된 모델 수식과 매개변수는 아래에 나타내었다.

품질 지표	김치 품질예측 모델	모델 수식
pH	Linear-regression	$Y = a + bt$
	Exponential	$Y = Y_0 \times e^{-kt}$
	One phase dissociation	$Y = (Y_0 - Y_{end}) \times e^{-kt} + Y_{end}$
적정산도	Linear-regression	$Y = a + bt$
	Gompertz	$Y = Y_{max} \times \left(\frac{y_0}{y_{max}}\right)^{e^{-kt}}$
	Logistic	$y = \frac{Y_{max} \times Y_0}{(Y_{max} - Y_0) \times e^{-kt} + Y_0}$
유산균 수	Linear-regression	$Y = a + bt$
	Gompertz	$Y = Y_{max} \times \left(\frac{Y_0}{Y_{max}}\right)^{e^{-kt}}$
	Third order polynomial	$Y = b_0 + b_1t + b_2t^2 + b_3t^3$

- 선형 및 비선형 회귀 분석으로부터 도출된 김치의 품질 예측 모델은 통계적 지표인 Coefficient of determination(R^2), Adjusted coefficient of determination(R^2_{adj}), Accuracy factor(A_f), Bias factor(B_f)와 Root mean square error(RMSE)을 분석하여 적합성을 검증하였다. 적합성 평가를 위해 사용한 통계적 지표의 수식과 정의는 아래에 나타내었다.

김치 품질 예측 모델 적합성 평가를 위한 통계적 지표 수식	정의
$A_f = 10^{\left(\frac{\sum_{i=1}^n \log(Y_{predicted} - Y_{observed})^2}{n}\right)}$	예측 값과 실측 값이 얼마나 가까운가를 측정
$B_f = 10^{\left(\frac{\sum_{i=1}^n \log(Y_{predicted} - Y_{observed})}{n}\right)}$	예측 값과 실측 값 사이 상대적 편차
$RSME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{predicted} - Y_{observed})^2}{n}}$	예측 값과 실측 값의 차이(정밀도)
$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{observed} - Y_{predicted})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_{observed} - Y_{mean})^2}$	실제 측정값과 회귀 분석을 통해 예측된 값이 얼마나 일치하는지를 나타내는 값(결정 계수)
$R^2_{adj} = 1 - \left[\frac{(1 - R^2) \times (n - 1)}{(n - k - 1)}\right]$	표본의 크기와 독립변수 수를 고려하여 계산한 결정 계수

○ 3차년도

- 김치가공 업체 현장 실증 연구를 통한 NFS 전면적 통기성 포장지의 성능 평가

- 실험 재료: 광주광역시 소재 김치가공업체((주)김치타운)에서 제조한 물김치(백김치)와 경상남도 김해시 소재 김치가공업체(대광에프앤지)에서 제조한 깍두기를 구입하여 시료로 사용하였으며 구성 성분은 아래 표에 나타내었다. 열무김치는 전라남도 익산 소재 김치제조업체(피피이씨글로벌김치(주))에서 구입하여 사용하였으며 열무김치 제조에 사용된 원재료 및 함량은 아래 표에 나타내었다.

<상품김치 품목별 구성 성분>

품목	제조사	구성 성분
물김치 (백김치)	(주)김치타운	배추(국산) 60.4%, 정제수 22.7%, 배(국산) 4.8%, 양파, 식염(국산) 1.5%, 파프리카(국산) 1.2%, 당근, 대파, 마늘, 새우젓, 청양고추, 멸치액젓, 생강, 찹쌀, 설탕, 건조명태머리, 다시마, 송고버섯
깍두기	대광에프앤지	무(국산) 86.8%, 다시육수, 멸치액젓(국산), 고춧가루(국산), 찹쌀풀, 대파(국산), 마늘(국산), 새우젓(국산), 정제소금(국산), 생강(국산), 설탕, 흑마늘진액(국산)
열무김치	피피이씨글로벌김치(주)	절임열무 52%(열무 98%, 정제소금), 정제수, 얼갈이배추, 양파, 김치전용풀, 홍고추, 마늘, 고춧가루, 풋고추, 새우액젓, 설탕, 다시마베이스, 멸치액젓, 정제소금, 생강, 멸치감칠맛분말, 씨앗유산균

- 포장 방법: 물김치(백김치) 시료는 ML film bag(15 × 22 cm, Rizen P&M, Gwangju, Republic of Korea)과 NFS 부분 통기성 film bag 2종(15 × 22 cm, 10 mL O₂/m²·day·atm과 700 mL O₂/m²·day·atm, Rizen P&M, Gwangju, Republic of Korea)에 200 g씩 각각 옮겨 담은 후 열접착기를 이용하여 밀봉하였다. ML film bag에 포장한 물김치(백김치)를 대조구로 사용하였으며 700 mL O₂/m²·day·atm 기체투과도를 갖는 NFS film bag에 포장한 물김치(백김치)는 HA-NFS로, 10 mL O₂/m²·day·atm 기체투과도를 갖는 NFS film bag에 포장한 물김치(백김치)는 PA-NFS 처리구로 각각 명명하였다. 깍두기 시료는 ML film bag(15 × 22 cm, Rizen P&M, Gwangju, Republic of Korea), NFS 부분 통기성 film bag(15 × 22 cm, 10 mL O₂/m²·day·atm과 700 mL O₂/m²·day·atm, Rizen P&M, Gwangju, Republic of Korea)과 one-way degassing valve가 부착된 ML film bag(15 × 22 cm, Pack4U, Seoul, Republic of Korea)에 300 g씩 각각 옮겨 담은 후 열접착기로 이용하여 밀봉하였다. ML film bag에 포장한 깍두기를 대조구로 사용하였으며 700 mL O₂/m²·day·atm 기체투과도를 갖는 NFS film bag에 포장한 깍두기는 HA-NFS로, 10 mL O₂/m²·day·atm 기체투과도를 갖는 NFS film bag에 포장한 깍두기는 PA-NFS 처리구로 각각 명명하였다. One-way degassing valve가 부착된 ML film bag에 포장한 깍두기는 ML+ODV 처리구로 명명하였다. 열무김치 시료는 NFS 부분 통기성 film bag(15 × 22 cm, 280 mL O₂/m²·day·atm, Rizen P&M, Gwangju, Republic of Korea)에 200 g씩 각각 옮겨 담은 후 열접착기를 이용하여 밀봉하였다.
- 물김치(백김치) 저장 조건: 저장 중 NFS 포장지 성능을 평가하기 위해 물김치(백김치) 시료는 -2.5와 0℃에서 28일간 저장하였다. 유통, 판매 및 보관 중 NFS 포장지 성능과 김치의 품질 안정성을 평가하기 위해 깍두기는 상품김치의 실제 유통 온도와 기간을 고려한 변온 저장 조건으로 저장하였다.
- 깍두기 저장 조건: 깍두기의 저장 온도는 김치가공업체와 소매유통업체에서 직접 방문하여 김치의 저장 환경을 조사하여 설정되었다. 김치제조업체와 소매유통업체의 저장 환경은 아래 표에 나타내었다. 김치제조업체에서 상품김치 출하 전 보관온도는 0~1℃였으며 소매유통업체에서 판매 진열대의 온도는 6℃였다.

<김치제조업체의 저장환경>

업체명	미미식품	
	김치 제조 후 저온창고 보관 온도: 0~1℃	
저장 조건		
		

<소매유통업체의 저장환경>

업체명	이마트	
	판매 진열대 설정 온도: 6℃	
저장 조건		
		

- 조사한 내용을 바탕으로 깍두기의 실제 유통 환경을 모의한 저장 온도는 아래 표와 같이 설정하였다. 유통·판매 환경 조건 A는 김치가공업체 저온창고 온도를 모의한 0℃에서 7일(0~6일), 소매업체 판매 진열대 온도를 모의한 6℃에서 7일(저장 7~13일), 가정용 냉장고 온도를 모의한 4℃에서 17일(저장 14~30일)로 설정하였다. 유통·판매 환경 조건 B는 김치가공업체 저온창고 온도를 모의한 0℃에서 7일(0~6일), 소매업체 판매 진열대 온도를 모의한 6℃에서 7일(저장 7~13일), 가정에서 과냉각 저장 온도를 모의한 -3℃에서 33일(저장 14~46일)로 설정하였다.

<유통·판매 환경 조건 A>

저장 온도	1℃	6℃	4℃
저장 기간	0일~6일	7일~14일	15일~30일
유통·판매 환경	김치가공업체 또는 소매유통업체 저온저장고 온도 조건	소매유통업체 쇼케이스 보관 온도 조건	가정 냉장고 보관 온도 조건

<유통·판매 환경 조건 B>

저장 온도	1℃	6℃	-3℃
저장 기간	0일~6일	7일~14일	15일~46일
유통·판매 환경	김치가공업체 또는 소매유통업체 저온저장고 온도 조건	소매유통업체 쇼케이스 보관 온도 조건	가정 과냉각 온도 조건

- 열무김치 저장 조건: 저장 중 열무김치의 미생물학적 및 이화학적 품질 특성 변화와 시각적 품질 특성 변화를 확인하고 소비기한을 설정하기 위해 열무김치는 0, 5, 10(냉장 유통 온도)과 15℃(냉장 남용 온도)에서 60일간 저장하였다.
- 미생물 수 분석: 저장 중 물김치(백김치), 깍두기와 열무김치의 미생물 수 측정을 위해 시료 20 g과 0.85% 멸균 생리식염수 180 mL는 멸균 stomacher bag에 넣은 후 stomacher(Bagmixer R400, Interscience Inc., Saint Nom, France)를 이용해 3분간 균질화하였다. 균질 용액을 0.85% 멸균 생리식염수로 10배수 연속 희석한 후 희석액 1 mL는 각각의 배지에 분주하였다. 총 호기성 세균, 총 유산균, 효모 및 곰팡이와 총 대장균군은 각각 3M Petrifilm™ aerobic count plate(Petrifilm AC, 3M Co., St. Paul, MN, USA), 3M Petrifilm™ Lactic Acid Bacteria Count Plate(Petrifilm LAB, 3M Co.), Yeast and Mold Count Plate(Petrifilm YM, 3M Co.) 및 Coliform Count Plate(Petrifilm CC, 3M Co.)을 사용하였으며 총 호기성 세균 및 총 유산균은 37℃에서 48시간, 효모 및 곰팡이는 25℃에서 72시간, 총 대장균군은 37℃에서 24시간 배양하였다. 배양 후 30~300개 집락을 생성한 배지를 선택하여 총 호기성 세균과 총 유산균은 붉은 집락수를, 효모 및 곰팡이는 녹푸른색 및 다양한 색의 집락수를, 총 대장균군은 gas가 생성된 붉은 집락수를 계수하였다. 검출된 미생물 수는 colony forming unit per gram(CFU/g)으로 나타내었다.
- 위생지표세균 및 병원성 미생물 오염도 분석: 모의 유통 환경 저장 중 깍두기와 열무김치의 위생지표세균(대장균군) 및 병원성 미생물 오염도(*B. cereus*, *S. aureus*, *Salmonella* spp.)분석을 위해 시료 20 g과 0.85% 멸균 생리식염수 180 mL는 멸균 stomacher bag에 넣은 후 stomacher(Bagmixer R400, Interscience Inc., Saint Nom, France)를 이용해 3분간 균질화하였다. 균질 용액을 0.85% 멸균 생리식염수로 10배수 연속 희석한 후 희석액 0.2 mL는 각각의 배지에 분주하였다. *B. cereus*는 MYP(Mannitol-Yolk-PolymyxinB) agar를 사용하였고 37℃에서 24시간 배양하였으며, 혼탁한 환을 갖는 분홍색 집락수를 계수하였다. *S. aureus*는 3M Petrifilm™ Staph Express Count Plate(Petrifilm STX, 3M Co., St. Paul, MN, USA)를 사용하였고 37℃에서 24시간 배양하였으며, 검정색 집락수를 계수하였다. *Salmonella* spp.는 Xylose Lysine Deoxycholate(XLD) agar를 사용하였고 37℃에서 24시간 배양하였으며, 검정색 집락수를 계수하였다. 검출된 미생물 수는 colony forming unit per gram(CFU/g)으로 나타내었다.
- pH와 적정산도 분석: pH는 시료를 blender(HR1390, Philips, Guangzhou, China)로 분쇄 후 multiparameter benchtop meter(Orion VERSA STAR 90, Thermo Fisher Scientific Inc., Chelmsford, MA, USA)에 장착한 pH 전극(Orion 8157BNUMD ROSS Ultra pH/ATC Triode, Thermo Fisher Scientific Inc., Chelmsford, MA, USA)을 이용하여 실온에서 측정하였다. 적정산도는 분쇄된 시료 1 g을 정확히 달아 50배 희석한 뒤 여과한 여액 20 mL를 0.01 N NaOH 용액으로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하였다. 적정산도는 아래의 수식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Titrateable acidity(\%)} = \frac{(A - B) \times 0.0009 \times f \times D \times 100}{\text{Sample(g)}}$$

A: 본 시험에 소비된 0.01N NaOH 용액의 mL 수, B: 바탕시험에 소비된 0.01N NaOH 용액의 mL 수, f: 0.01N NaOH의 역가, D: 희석배수

- 환원당 함량 분석: 환원당 함량은 dinitrosalicylic acid(DNS) 방법에 따라 측정하였다. 분쇄 시료를 1

차 증류수로 50배 희석 후 희석한 시료 용액 1 mL은 DNS 시약 3 mL와 혼합하여 100°C water bath에서 5분 동안 중탕시켰다. 중탕 후 시료-DNS 혼합 용액은 실온에서 충분히 냉각시킨 다음 증류수 16 mL을 가하여 희석한 후 분광광도계(UV-1800, Shimadzu Scientific Instruments Inc., Columbia, MD, USA)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준검량선은 표준물질로서 glucose(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 농도별로 DNS 시약과 반응시켜 작성하였으며 환원당 함량은 mg/g으로 나타냈다.

- 염도 분석: 김치 시료의 염도는 디지털 염도계(PAL-ES3, Atago Co. Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하여 실온에서 측정하였다.
- 기계적 경도 분석: 물김치(백김치)의 기계적 경도는 시료를 4×4 cm로 절단 후 사용하였으며 깍두기의 기계적 경도는 2×2 cm 크기인 시료를, 열무김치의 기계적 경도는 줄기를 선별하여 사용하였다. 기계적 경도는 직경 2 mm cylindrical probe가 장착된 texture analyzer(TA-XT Plus, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK)를 이용하여 측정되었다. Probe가 10 mm/s의 속도로 시료를 관통시킬 때 얻어지는 최대값을 측정하였다. 시료 당 20회 이상 반복 측정하여 결과는 kg_f 으로 나타내었다.
- 포장 내부 headspace 가스 농도 변화 분석: 저장 중 물김치(백김치), 깍두기와 열무김치를 포장한 ML film bag과 NFS film bag 내부 headspace의 O₂와 CO₂ 농도(%) 변화는 포장재 표면에 septum을 부착한 후 headspace gas analyzer(Checkpoint 3 premium, Dansensor, Ringsted, Denmark)를 이용하여 측정하였다.
- 포장 부피 분석: 포장 부피를 측정하기 위해 빈 사각 용기 안에 물을 가득 담은 5 L 비커를 넣어 포장된 김치를 집게로 잡고 변위(치환)된 물이 비커에서 흘러나올 때까지 물 표면 아래에 고정하였다. 그 후 사각 용기에 옮겨진 물의 무게를 측정하였다. 포장 부피(mL)의 수치는 대체된 물의 무게(g)와 동일한 것으로 가정하였다.
- 관능검사: 깍두기의 관능검사는 훈련된 패널 20명(김치 제품에 대한 감각 평가 경험이 있는 자)을 대상으로 실시되었다. 각 저장 일자마다 4개의 깍두기 시료(각 20 g씩)는 3자리 코드 번호가 표시된 균일한 플라스틱 용기에 담겨서 감각 패널들에게 제공되었다. 김치의 외관, 숙성도, 냄새, 조직감과 전체적인 기호도 등을 9점 Hedonic scale을 사용하여 관능검사를 실시하였다.
- 시각적 품질 평가: 열무김치의 시각적 품질 평가는 광주 소재 세계김치연구소에서 숙련된 감각 패널 15명(20~50세, 여성 8명, 남성 7명, 김치 제품에 대한 감각 평가 경험이 있는 자)을 대상으로 실시되었다. 각 저장 일자마다 4개의 열무김치 시료(각 20 g 씩)는 3자리 코드 번호가 표시된 균일한 플라스틱 용기에 담겨서 감각 패널들에게 제공되었다. 김치의 감각 평가에 일반적으로 사용되는 9점 척도법을 사용하여 시각적 품질을 평가하였다. 시각적 품질의 허용 한계는 9점 만점 중 5점으로 설정되었다.
- 미생물 군집 분석: 제조사의 프로토콜에 따라 DNeasyPowerSoil Kit(Qiagen, Hilden, Germany)을 사용하여 DNA를 추출하였다. 각각의 sequencing된 샘플은 Illumina 16S Metagenomic Sequencing Library 프로토콜을 사용하였다. Bacteria는 16S rRNA 유전자는 16S V3-V4 primer(forward: 5'-TCG TCG GCA GCG TCA GAT GTG TAT AAG AGA CAG CCT ACG GGN GGC WGC AG-3', reverse: 5'-GTC TCG TGG GCT CGG AGA TGT GTA TAA GAG ACA GGA CTA CHV GGG TAT CTA ATC C-3')를 사용하여 증폭시켰다. Yeast는 ITS3(forward: 5'-CCTACGGGNGGCWGCAG-3')과 ITS4 (reverse: 5'-GACTACHVGGGTATCTAATCC-3')를 이용해 ITS 구간의 PCR을 수행하였다. 1차 PCR의 주기 조건은 95°C에서 3분 동안 heat activation 하였으며, 95°C에서 30초, 55°C에서 30초, 72°C에서 30초의 25 cycle을 거친 후 72°C에서 5분 동안 final extension 되었다. 1차 PCR 생성물은 AMPure beads(Agencourt Bioscience, Beverly, MA)로 정제되었다. 정제 후, 1차 PCR 생성물의 2 uL는 NexteraXT Indexed Primer를 사용하여 인덱스를 포함한 최종 라이브러리 구성을 위해 PCR 증폭시켰다. 2차 PCR의 주기 조건은 1차 PCR 조건과 동일하며 cycle만 10회로 변경하였다. PCR 생성물은 AMPure 비드로 정제 후, 마지막 정제된 생성물은 qPCR Quantification Protocol Guide(KAPA Library Quantification kits for Illumina Sequencing platforms)에 따라 qPCR을 사용하

여 양적으로 측정되고, Agilent Technologies의 TapeStation D1000 ScreenTape을 사용하여 품질이 확인하였다. Paired-end (2×300 bp) sequencing은 Macrogen에서 MiSeq™ platform(Illumina, San Diego, USA)을 사용하여 수행하였다.

- GC-IMS를 이용한 향기성분 분석: HS-GC-IMS(FlavourSpec®, Gesellschaft für Analytische Sensorsysteme mbH [G.A.S.], Dortmund, Germany)를 이용한 VOC 분석은 길이 20cm, 내경 3mm의 multi-capillary column(MCC)을 사용하였다. 이 칼럼은 parallel glass capillaries(ID=40 μm)로 구성되어 있으며, 고정상은 20% rifluoropropyl과 80% poly-dimethylpolysiloxan을 포함하였다 (film thickness=0.2 μm; Multichrom Ltd., Novosibirsk, Russia). 주입 속도는 500 μL, 운반 가스의 흐름 속도는 30 mL/s였다. HS-GC-IMS 분석을 위해 1 g 의 시료를 20mL headspace vial에 넣고 magnetic cap으로 밀봉한 후, 30°C에서 10분간 방치하였다. 이후 자동으로 headspace에서 500 μL를 추출하여 기기에 주입하였다. 교차 오염을 방지하기 위해 주입기 온도는 80°C로 설정하고, 주사기는 2분 동안 nitrogen gas 흐름으로 자동 flush되었다. 질소는 운반 가스로 사용되었으며(MCC inlet pressure=2bar), 주입기를 통해 시료를 GC column으로 이동시켰다. 이 column은 적절한 분리를 위해 40°C로 유지되었다. 분자는 tritium source(6.5 keV)를 이용하여 이온화되었으며, shutter grid(Bradbury and Nielson design)를 통해 drift region으로 이동되었다. 5 cm 길이의 drift tube는 400 V·cm⁻¹의 일정한 전압으로 작동하였다. Capillary column은 45°C로 유지되었고, drift nitrogen gas의 유량은 다음과 같이 조절되었다(2분 2 mL/min, 8분 30 mL/min, 10분 100 mL/min, 5분 150 mL/min). 각 화합물의 The retentionindex(RI)는 C4부터 C9까지의 n-ketones(Sinopharm Chemical Reagent Beijing Co., Ltd., China)을 외부 기준으로 산출하였다. VOC는 ex-perimental RI 및 drift time value를 GC-IMS library(Korkmaz, Hayaloglu, & Atasoy, 2017)와 비교하여 식별되었다.
- 통계처리: 모든 실험은 3회 반복하여 측정하였으며 실험 결과는 평균값±표준편차로 나타냈다. 각 저장 처리구의 평균값 간의 차이는 SPSS(Statistical Package for the Social Science, Version 19, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 소프트웨어를 이용하여 일원배치 분산분석법(one-way analysis of variance test, one-way ANOVA)으로 검증하였고 유의적 차이가 있는 경우는 $P < 0.05$ 수준에서 Duncan의 다중검정 방법으로 사후분석을 실시하였다. 이원배치 분산분석법(two-way ANOVA)은 상품김치의 미생물학적 및 이화학적 품질과 포장 안정성에 포장 필름 종류와 저장기간의 상호작용 효과를 평가하기 위해 실시하였다.

- NFS 통기성 포장지 상용화를 위한 상품김치 레시피 제시와 유통기한 설정

[NFS 통기성 포장지 적용에 적합한 상품김치 레시피 제시]

- NFS 통기성 포장지 상용화를 위한 상품김치의 레시피를 제시하기 위해 여러 문헌과 보고서를 참고하여 배경과 정보를 조사하였다.

[NFS 통기성 포장지를 적용한 상품김치의 소비기한 설정]

- 소비기한 설정: 유통기한은 제품의 제조일로부터 소비자에게 유통·판매가 허용되는 기한으로 영업자 중심 표시제라면, 소비기한은 표시된 보관 방법을 준수할 경우 섭취하여도 안전에 이상이 없는 기한으로 소비자 중심의 표시제이다. 현행 유통기한은 그 기한이 경과하여도 일정기간 섭취 가능하나, 소비자는 폐기 시점으로 인식하거나 섭취 가능 여부 판단에 혼란이 있었다. 국제식품규격위원회(CODEX), 유럽, 미국, 일본, 호주, 캐나다 등 대부분의 국가에서 식량낭비 감소, 소비자에게 명확한 정보 제공 등을 목적으로 소비기한 표시제를 도입했으며 우리나라 또한 식품 폐기물 감소와 탄소중립 실현 등에 대한 소비자들의 관심이 커지며, 2021년 12월 「식품 등의 표시·광고에 관한 법률」이 개정되면서 유통기한이 소비기한으로 전환(시행 23.1.1)하게 되었다. 이에 본 연구에서도 김치의 유통기한 대신 소비기한을 설정하였다.
- 소비기한 설정 방법: 소비기한 설정 방법은 포장재질과 제조방법 등 제품의 특성과 냉장·냉동 등 유

통실통을 고려하여 위해방지와 품질을 보장할 수 있도록 소비기한 설정을 위한 실험을 실시하고, 이를 통해 도출된 “품질안전한계기간”내에서 실제 유통조건을 고려하여 설정할 수 있다. 김치의 지표별 품질안전한계 설정 기준은 아래 표와 같다. 본 연구에서는 소비기한을 설정하기 위해 열무김치 저장 중 미생물학적, 이화학적, 관능학적 품질 변화를 관찰하였으며, 소비기한 설정실험 지표별 품질안전한계 값을 기준으로 어느 한 설정 지표라도 한계값을 초과한 경우, 설정 지표의 한계값에 이르기 바로 직전 실험일을 품질안전한계기간으로 정하였다.

<김치의 지표별 품질안전한계 설정 기준>

설정실험 지표	품질안전한계	근거
유산균수	-	-
대장균군	n=5, c=1, m=0, M=10 (살균제품에 한함)	「식품의 기준 및 규격」 제 5. 식품의 기준 및 규격 14. 절임류 또는 조림류 14-1. 김치류 6) 규격 (4) 대장균군
바실루스 세레우스	10,000/g 이하	「식품의 기준 및 규격」 제 3. 식품일반의 기준 및 규격 4) 위생지표균 및 식중독균 (2) 식중독균 나) 바실루스 세레우스
pH	-	-
산도	1.0 w/v% 이하	「e나라 표준인증」 KS H 2169:2021 김치류 5. 품질 5.1 김치류의 품질 기준
관능	외관의 변화 및 이취가 없으며 곰팡이가 관찰되지 않아야함	「식품, 축산물 및 건강기능식품의 유통기간 설정시험 가이드라인」 4. 유통기간 설정을 위한 관능검사 가이드라인

출처: 식품 유형별 소비기한 설정 보고서. 한국식품산업협회 소비기한연구센터, 2022

- 안전계수 산출: 내부적과 외부적 요인을 고려해 적정 안전계수를 도출하여 김치의 소비기한을 결정하였다.
- 소비기한 산출: 설정실험 품질안전지표인 총 유산균 수와 대장균군, pH, 적정산도, 관능의 품질안전한계를 근거로 산출하였다.

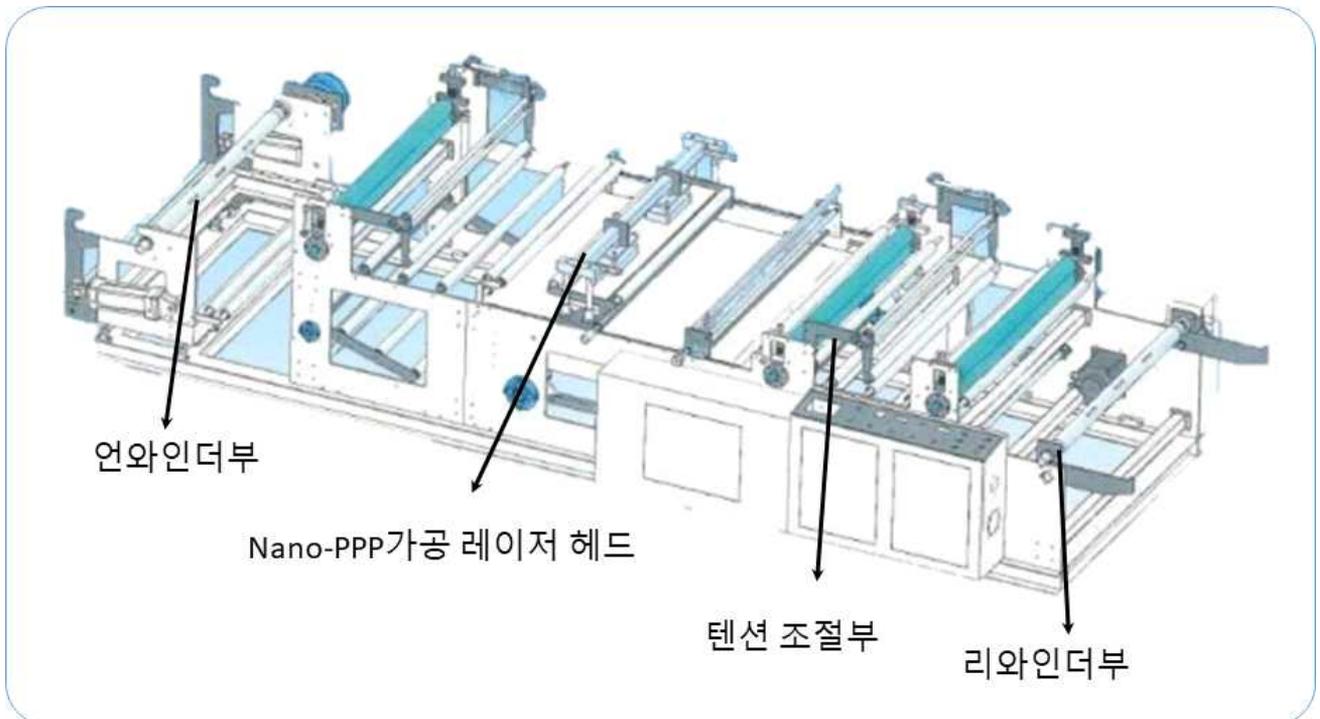
[공동연구기관 : (주) 지큐지원]

○ 1차년도

나노 발포 구조체의 분산은 재료의 배합 생산 시 롤이나 회전체 등에 배합물이 달라붙지 않아야 하며 압출 시 배합물의 분산 효과 및 압출 속도에 영향이 없어야 함. 또한 배합물이 재료의 물성 변화에 큰 영향을 미치지 않도록 설계하여야 함. 따라서 나노 발포구조체의 마스터 배치 제작 시에도 적절한 배합비가 필요하고 필름 압출 공정에서도 마스터배치와 레진의 적정 혼합비를 찾는 것이 최종 결과물인 NFS 포장지의 물성을 최적화 방안임.

NFS통기성 포장지는 Nano PPP필름 및 외부 1차 합지 천공을 이용한 필름을 다층 합지하여 제작됨. 전면 접착을 통한 다층 포장지를 만들 경우 투과 성능이 현저히 떨어지기 때문에 내부 공기층을 가지는 다층 포장지 부분합지 기술을 적용하여 포장지를 만들 경우 이러한 문제를 해결할 수 있음. 라인 설계 시 부분합지를 위한 라미네이팅 폭 조절이 가능하며 재료가 받는 인장력을 바꿀 수 있도록 설계가 필요함. 설계를 기반으로 100mm ×100 mm 소형 포장지를 만들어 테스트하고자 함.

- 나노 발포 구조체 분산 기술 확립 및 생산 기술 개발
 - 발포체 마스터 배치 제작 시 분산하는 적정 비율과 발포체의 적정 사이즈를 필름 압출 공정의 생산성과 관련하여 분석하고 최적의 조합 설정
 - 발포체 마스터 배치와 레진의 혼합비에 의한 산소 투과도의 변동을 분석하여 레이저 발포 가공기 설계의 기본 데이터로 활용
- 부분합지 기술 확립 및 생산공정 표준화 구축
 - 부분 합지가 가능한 부분 부식된 라미네이팅 롤러 제작과 적정한 부식 깊이 규명
- 레이저 나노 발포 RtoR 가공기 상세 설계



<Roll-to-roll 기반의 레이저 발포 가공기 설계 도면 >

○ 2차년도

- IPL 기반 대량생산 가능한 RtR 가공기 상세 설계
 - 밀양 캠퍼스의 IPL 장비를 통해 성능 테스트 후 최적의 가공 조건을 계산하여 시스템 구축
 - 발포체 마스터 배치와 레진의 혼합비에 의한 기체 투과도를 분석하여 IPL 가공기 설계의 기본 데이터로 활용
- 대면적 생산장비 구축
 - 고속 스캐너 방식 레이저 장비 구축 및 생산공정변수 최적화
 - NFS 포장지 생산을 위한 다층합지공정 구축(300mm X 300mm)
- 산소 투과도 측정장비 도입

○ 3차년도

- . 공정조건에 따른 특성제어 및 마스터배치와 발포제 혼합비율에 따른 변수 관리
- . NFS 포장지 생산라인 적용을 위한 문제점 개선
- . NFS 포장지 상용화를 위한 시장조사 및 피드백
- . 합지공정 및 IPL RtR 시스템 적용
- . IPL 기반 대량생산 가능한 RtR 가공기 상품화 포장지 생산공정 구축

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

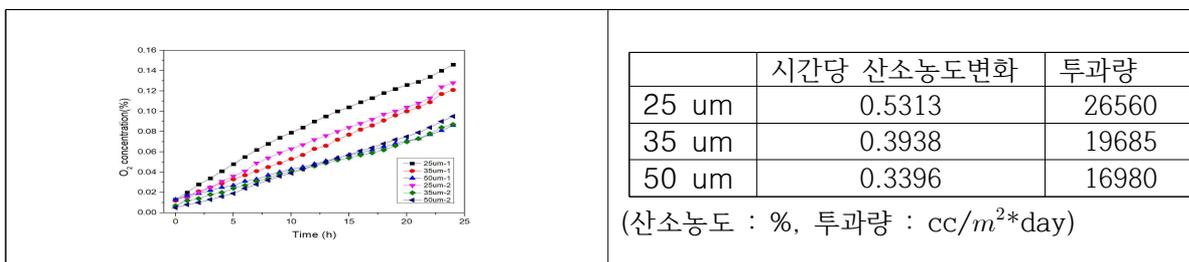
1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

[주관연구기관 : 부산대학교]

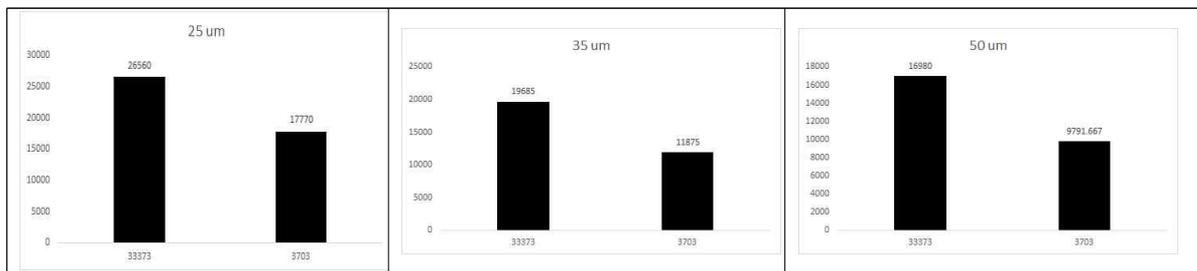
○ 1차년도

- 레이저 가공에 의한 필름의 투과도 경향성
 - 레이저 가공에 의한 얇은 필름의 투과도 경향성 : 세종류 두께의 필름(25, 35, 50 μm)을 레이저파워 3.78W, 스캔속도 1500 mm/s, 해칭 간격 0.06 mm 의 레이저 조건으로 가공한뒤 산소분석기를 이용해서 시간당 변하는 산소의 농도를 측정하여 필름의 투과도를 측정하였다. 이때 샘플은 가로세로 150 mm 인 필름 두 장을 실링하여 만들었다. 아래 그림과 같이 전반적으로 세 종류의 필름 모두 투과도가 우상향하는 경향성을 나타내었으며 같은 레이저 가공조건을 가질 경우 필름의 두께가 얇을수록 더 높은 투과도를 나타내었다.



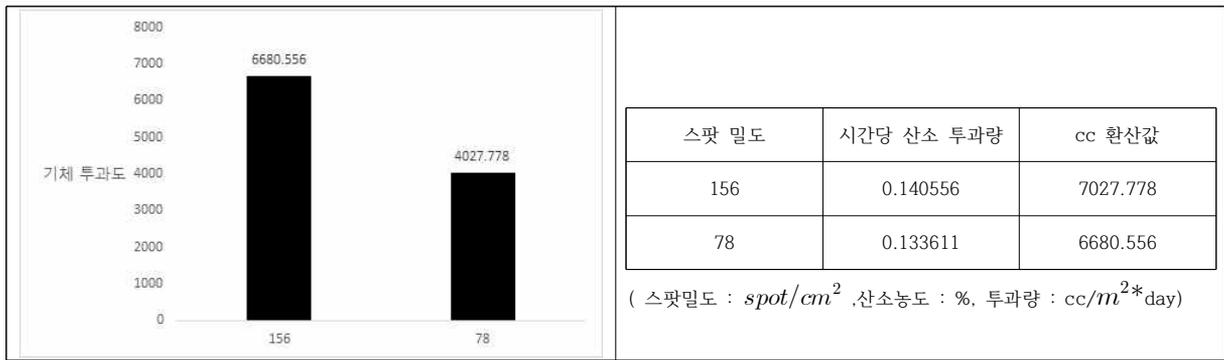
<필름의 두께별 투과도>

- 레이저 가공 조건에 따른 필름의 투과도 경향성 : 레이저 가공 조건을 변화시키고 이에 따른 필름의 투과도가 어떻게 변하는지 확인하고자 실험을 진행하였다. 우선 레이저 파워를 일정하게 유지하고 레이저 스캔 속도와 해칭간격을 조절하면서 실험을 진행하였다. 기존 스캔속도 1500 mm/s, 해칭간격 0.06 mm의 조건으로 가공을 한 시편과 비교하기 위해 스캔속도 4500 mm/s, 해칭간격 0.18 mm 로 조절하여 시편을 레이저로 가공하였으며 샘플을 만든 후 산소의 농도를 측정하고 24시간 뒤의 산소의 농도를 측정하여 투과된 산소의 농도를 측정하고 이를 이용하여 샘플의 투과량을 측정하였다. 스캔속도와 해칭간격에 따라서 단위면적당 레이저 스팟의 개수가 결정되는데 스캔속도 1500 mm/s, 해칭간격 0.06 mm 일 경우 단위면적당 레이저 스팟은 33733개이고 스캔속도 4500 mm/s, 해칭간격 0.18 mm 일 경우 단위면적당 레이저 스팟은 3703개다. 산소 농도를 측정하여 투과도를 계산한 결과 스팟 개수가 10배 차이나는 것에 비해 투과량 자체는 크게 차이나지 않았으나 같은 두께의 필름일 경우 단위면적당 스팟이 33733개인 샘플이 3703개인 샘플보다 전체적으로 투과량이 높은 것을 확인하였다.

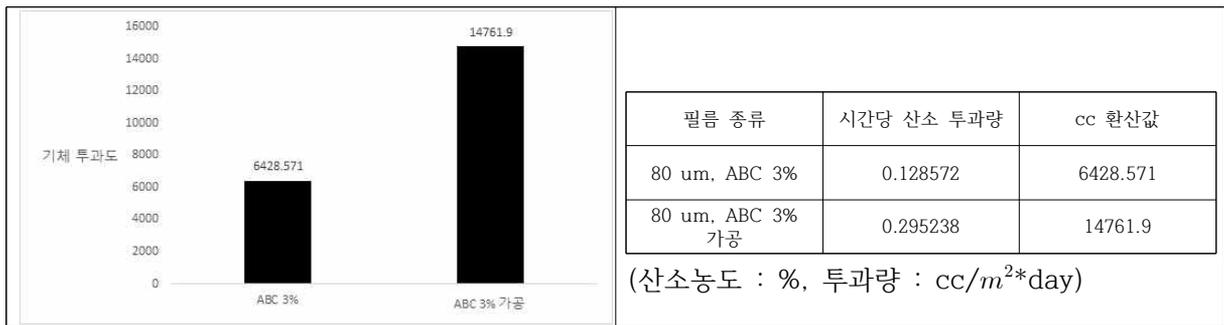


<필름별 레이저 스팟 밀도에 따른 투과도>

- 두꺼운 필름(80 um)에 대한 투과도 경향성 : 얇은 필름에 대한 레이저 가공 시 투과도 변화를 파악후 실제 김치보관 실험에 사용될 두꺼운 두께의 필름에 대한 레이저 가공시 투과도 경향성과 투과량 값을 알아내기 위해 실험을 진행하였다. 80 um 필름은 기본적으로 3중층으로 되어있고 필름의 종류는 총 3가지이다. 3층에 모두 발포제가 3% 씩 들어간 필름(ABC 3%)과 발포제가 중간층에만 들어간 필름 두 종류(B 3%, B 3.5%)를 사용하여 실험을 진행하였다. 어느 필름이 가장 통기성이 우수한지 확인하기 위해 우선 가공하지 않은 세 필름을 샘플로 만든 다음 산소 분석기를 이용하여 투과도를 측정하였다. 아래 그림과 같이 3층에 모두 발포제가 들어간 ABC 3% 필름의 투과도가 가장 높게 측정되었고 이에 따라 추가적으로 레이저를 가공한 다음 산소 농도를 통해 투과도를 측정하고 가공하지 않은 샘플과 비교해 보았다. 레이저 파워는 3.00 W, 스팟 밀도는 33733 spot/cm²로 설정하였다. 투과도의 경우 그렇게 많이 증가하지는 않았지만 레이저 가공을 안한 상태에 비해서는 거의 두배 가까이 올랐다. 실제 제품으로서의 성능을 테스트 해보기 위해 다음으로 김치 보관용기와 비슷한 크기의 샘플(250 mm*200mm 두 필름 실링)을 만들고 생산라인으로 사용하기 위한 요구 스팟 밀도에 비해 현재 가공하는 스팟 밀도가 높기 때문에 이를 맞춰주기 위해 레이저 스팟 밀도도 낮게 설정하였다. 샘플의 크기가 커지고 스캔속도가 빨라진 영향으로 가공한 샘플의 투과도는 가공하지 않은 샘플의 투과도와 거의 차이가 없었다.



<80 um 필름의 투과도(샘플크기, 스팟 밀도 변화)>



<80 um 필름의 투과도(기존 실험 방식)>

- 실험과정에서 필름을 실링한 뒤 샘플을 만들고 산소 분석기로 산소 농도를 측정하여 투과도를 얻는 방식은 질소를 넣는 양에 따라 변화하는 산소 농도가 달라지고 실링이 제대로 되지 않았을 경우 너무 높은 값을 가지게 되는 등 여러 문제점을 파악하였고 이에 따라 직접 가공한 필름을 투과하는 공기의 양을 측정하기로 하였다. 컴프레셔로 일정 압력을 챔버에 가해주고 챔버 속으로 들어간 일정 압력(대기압)의 기체는 챔버에 위치한 필름을 통과하여 외부로 연결된 호스로 빠져 나간다. 빠져나가는 부분에 관을 연결하고 염색한 액체를 넣어줘 시간당 움직이는 액체의 거리를 구한 다음 환산식을 이용하여 기체의 투과량을 구한다. 이는 기존 사용하던 산소분석기를 통한 투과량 측정에 비해 좀 더 정확한 기체 투과량을 측정할 수 있게 되었고 샘플이 상할 염려 없이 반복해서 사용할 수 있게 되었다. 더 나아가 염색된 액체가 움직이는 관의 폭이 너무 좁아 온도, 습도 등 외부 요인에 의해 영향을 받을 수 있다고 생각하여 가스통에 일정 수준의 압력을 채워 넣고 챔버를 연결하여 감소한

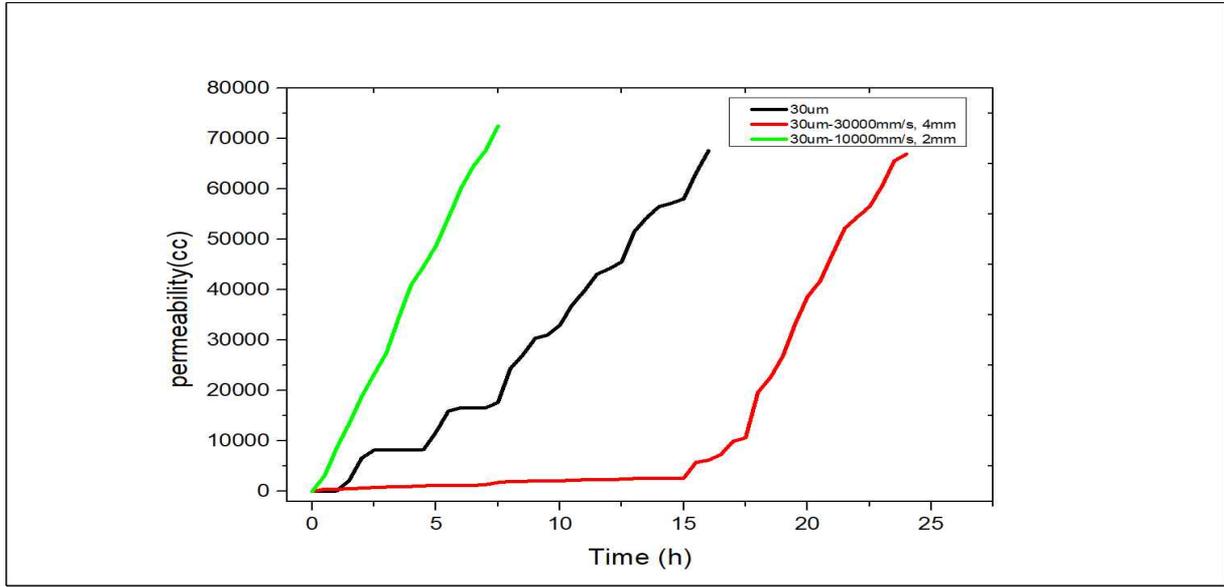
- 압력으로 기체의 투과량 데이터를 얻고 있다.



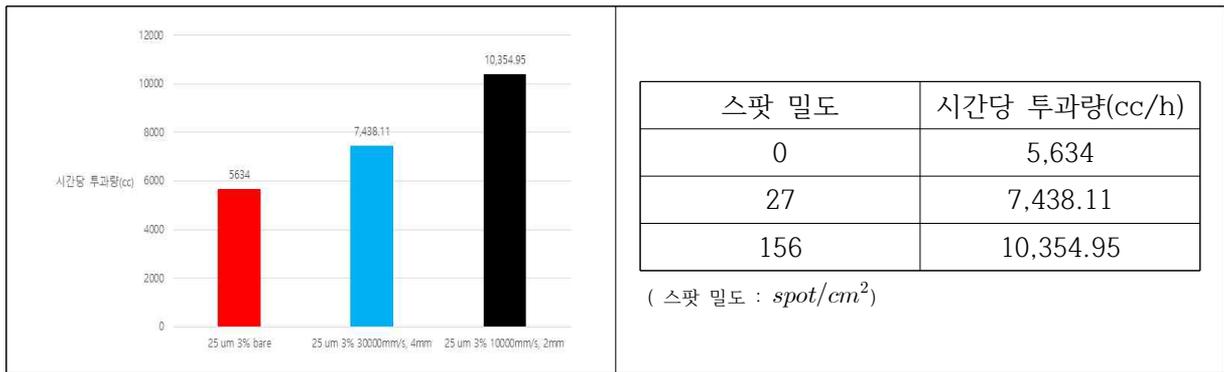
<기체 투과도 측정장치>

- 챔버로 측정하는 투과량이 신뢰할 수 있는지 알아보기 위해 25 um PE 필름을 레이저 스팟

밀도별로 준비하여 챔버를 이용하여 기체 투과도를 측정하였다. 절대적인 값은 산소 분석기를 사용하여 측정한 값과 차이가 났지만 스팟 밀도가 증가할수록 기체 투과도가 증가함을 알 수 있다.

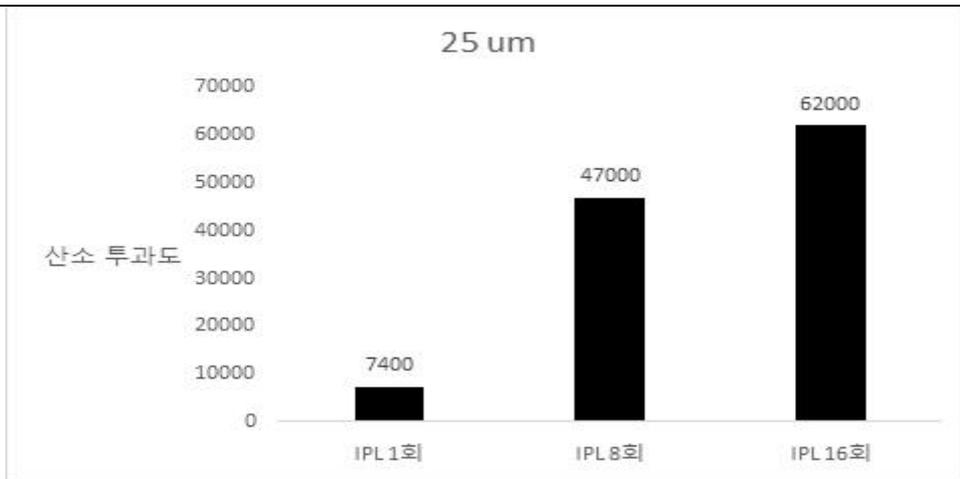


<25 um 레이저 스팟 밀도별 투과량>

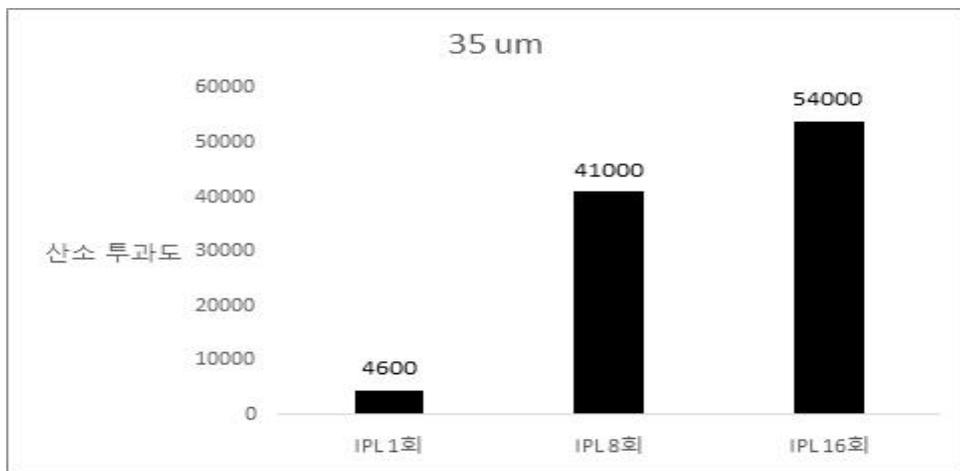


<25 um 레이저 스팟 밀도별 투과량>

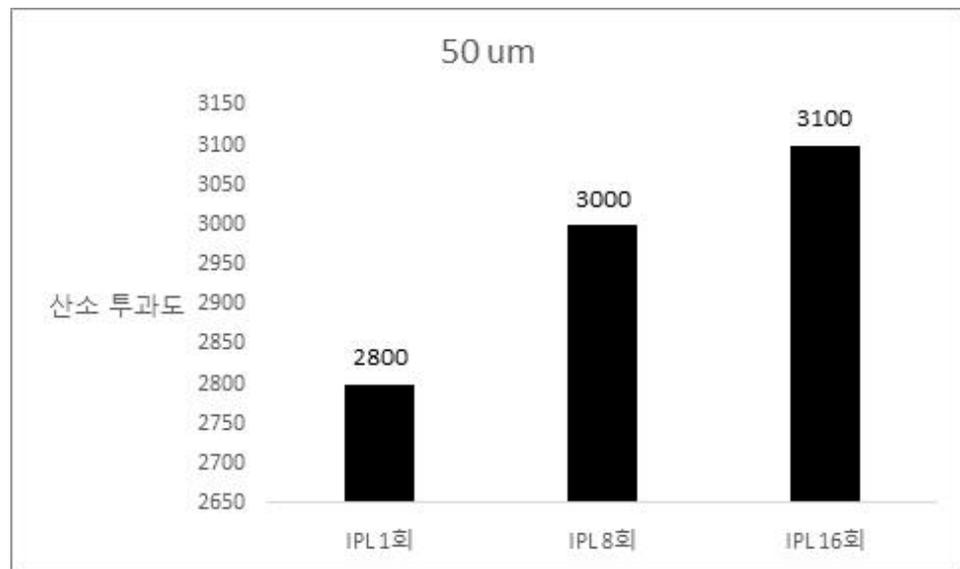
- 레이저 가공 이외에도 IPL(Intensed Pulse Light)을 이용하여 필름을 가공한 뒤 투과도 성능을 시험해 보았다. 5.0 ms, 1.5 Hz 가공 조건을 이용하여 25, 35, 50 um 세 종류의 필름을 각각 IPL 1회, 8회, 16회 가공을 하여 한국건설생활환경시험연구원(KCL)에 의뢰하여 ASTM 방법으로 OTR(Oxygen Transmisson Rate) 측정을 의뢰하였다. 전체적으로 보면 얇은 필름일수록 같은 IPL 가공횟수에서 더 높은 산소 투과도를 나타냈고 두꺼운 필름을 제외하고 IPL의 가공횟수가 증가할수록 산소투과도는 크게 증가하였다. 챔버를 이용하여 기체 투과도를 측정했을 때 35 um에서 투과도 값은 차이가 있었지만 KCL 시험 성적서와 비슷한 경향성을 보였다. 8회 가공했을 시 필름에서 물이 새는 것을 발견하여 IPL 가공횟수를 줄이면서 추가로 필름을 가공하였다.



<25 um IPL 가공 결과 (KCL)>



<35 um IPL 가공 결과 (KCL)>



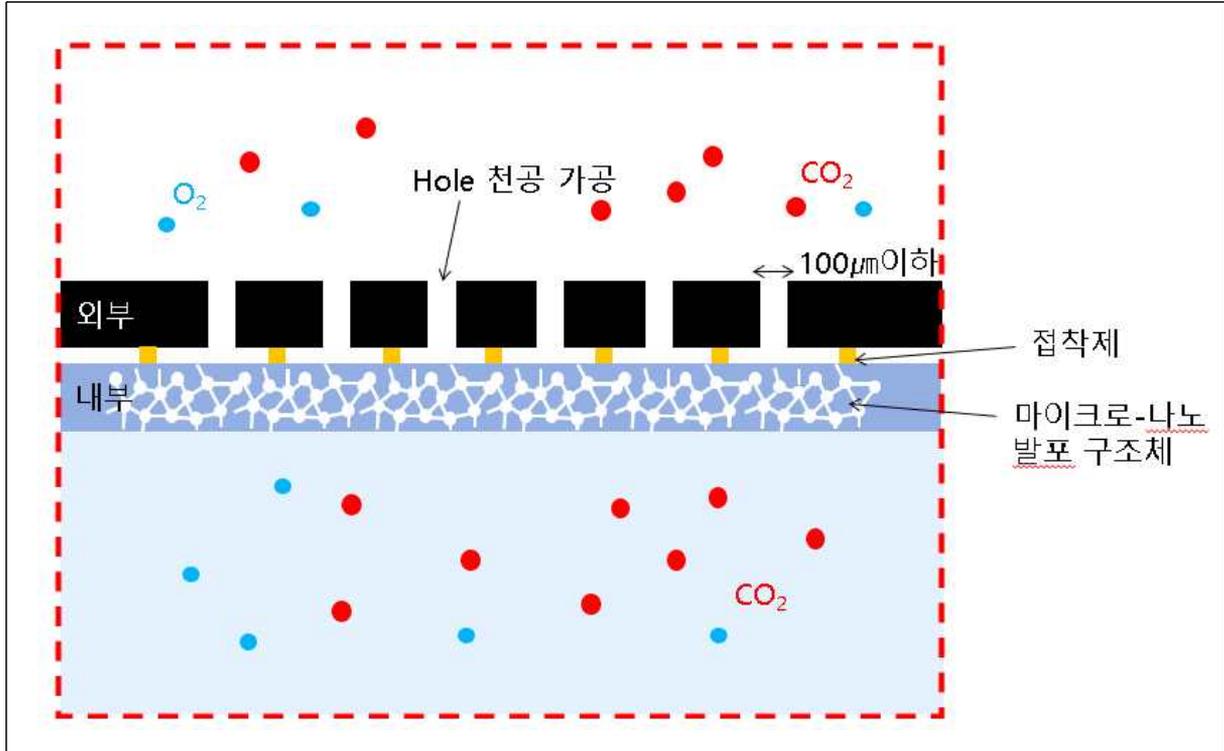
<50 um IPL 가공 결과 (KCL)>

○ 2차년도

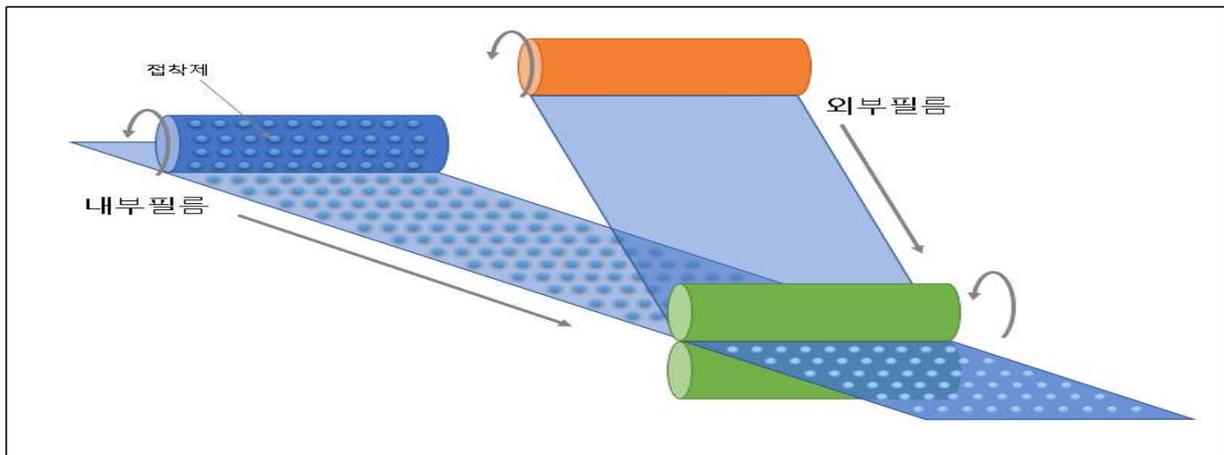
- 투과성능이 있는 접착제를 이용한 합지 필름 제작

필름의 두께가 두꺼워질수록 내구성이 높아지는 대신 투과도가 감소하고 필름의 두께가 얇으면 투과도는 높게 나오지만 내구성이 감소한다는 문제점이 있었다. 이를 해결하기 위해 미세 천공된 외부 필

름과 가스투과성을 띠는 내부 필름을 접합시켜 합지 필름을 만들었다. 앞에서도 언급했듯 고 투과성 내부 필름의 약한 내구도를 외부필름이 지탱하여 높은 투과성과 내구도를 유지하게 하였다. 접합 방법은 Dot 형태의 접착제를 도포하여 접합하였고 접착면 패턴에 따라 통기성 면적을 조절할 수 있게 하였다. 걸지는 PET, PE, PP 등 여러 필름을 사용할 수 있으며 추후 연구를 통해 방호복으로도 개발을 할 수 있다. 접착제도 다양하게 사용할 수 있으나 투과성능이 높은 투과성 접착제를 사용하였다.



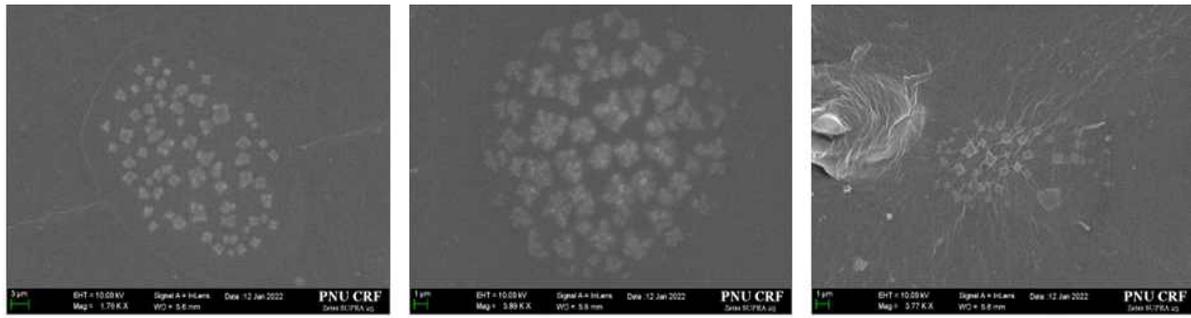
<합지 필름의 투과 메커니즘>



<합지 필름의 투과 메커니즘>

-IPL 가공 필름의 표면 상태 확인 및 성분 분석

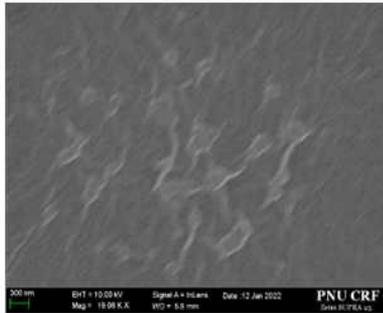
필름을 가공할 때 레이저보다 가공 효율이 더 높은 IPL로 가공한 필름의 표면 분석을 진행하였다. 아래 그림을 확인해보면 필름에 포함된 발포제가 있었던 형태가 보이고 발포제가 IPL에 의해 가공되어 발포되면서 공간이 형성된 것을 확인 할 수 있다. EDS 성분 분석을 했을 때 발포제가 확실하게 발포가 되었음을 알 수 있었다. 발포제의 EDS 분석결과 질소 성분이 대부분을 차지하는 것을 확인 할 수 있었고 이후 표면의 성분 분석을 하였을 때 질소에 해당하는 피크가 없어진 것을 확인 할 수 있었다. 이를 통해 IPL의 성능을 확인 할 수 있었고 앞으로의 가공 방향을 IPL로 잡기로 하였다.



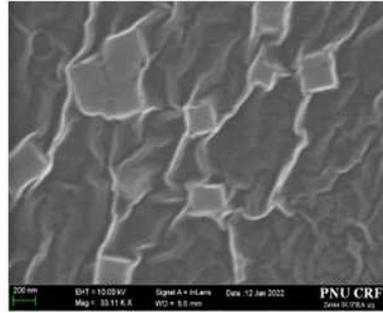
< AZD_IPL particle #1 >

< AZD_IPL particle #2 >

< AZD_IPL particle #3 >

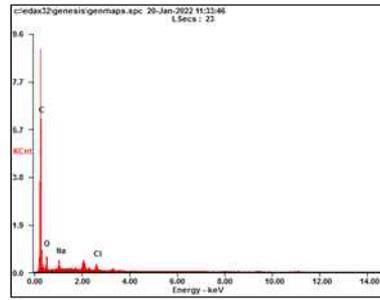
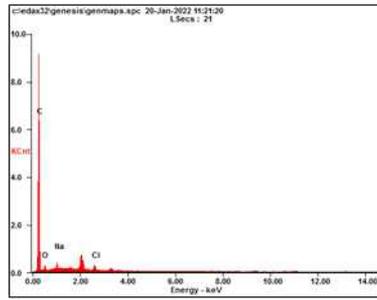
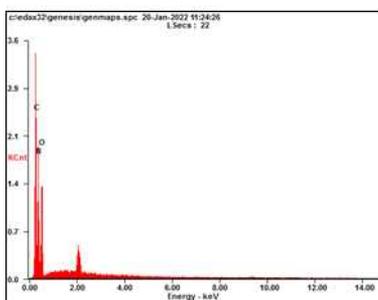
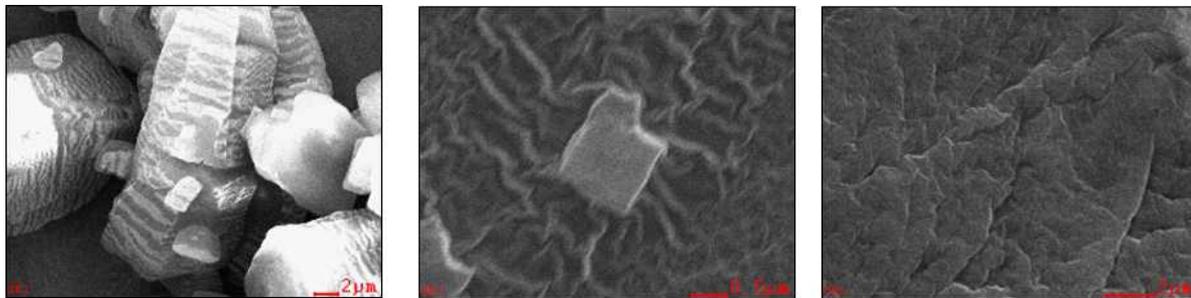


< AZD_IPL particle #3_2 >



< AZD_IPL particle #3_3 >

<IPL 가공 필름의 SEM image>

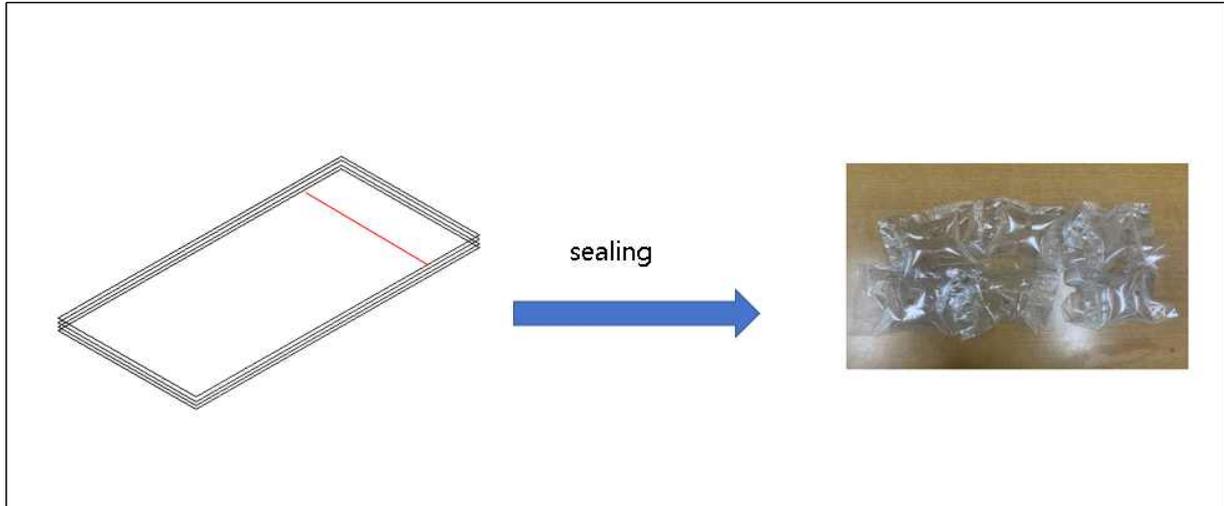


<발포제, 필름 표면의 EDS 성분분석 표>

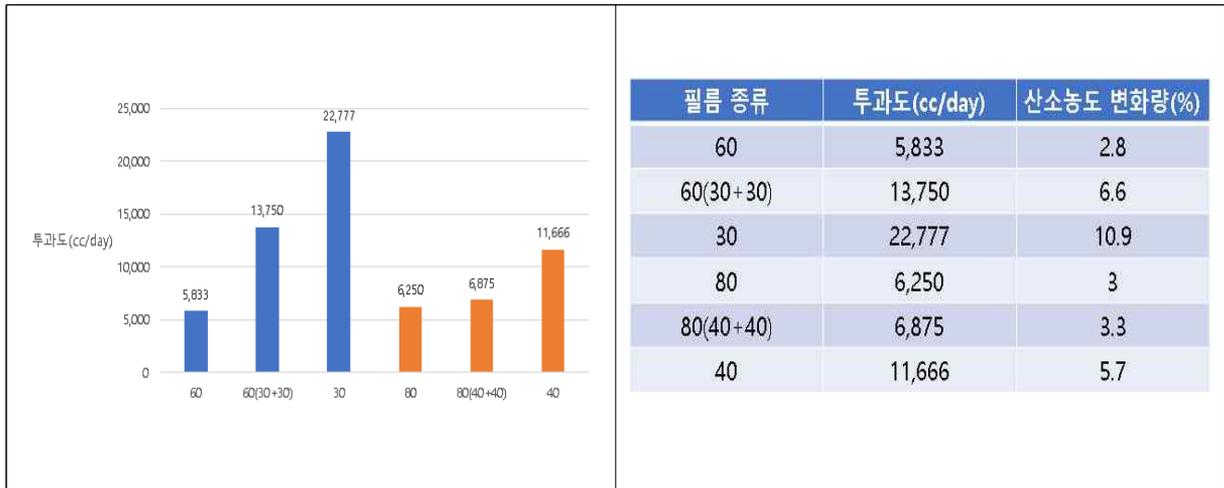
-단순 합지 필름의 기체 투과도 테스트

접착제를 이용한 합지 필름 제작과는 별도로 필름의 두께에 따른 투과도를 확인하게 위해 얇은 필름

두 개를 이어 샘플을 만들고 그 투과도 성능을 테스트 하였다. 30 um 와 40 um 두필름을 겹쳐서 두께를 60 um , 80 um로 맞춘다음 실제 두께가 60, 80 um인 필름과 투과도를 비교해 보기로 하였다. 투과도 테스트 결과 겹쳐진 상태의 필름이 두꺼운 필름 보다는 확실히 높은 투과도를 보였다. 특히 30 um 두장을 합지한 필름의 경우 투과도가 13,750 cc/day로 생각보다 높은 기체 투과도를 나타내었다. 이번 실험의 경우 단순히 두께가 필름에 미치는 영향을 확인해보기 위해 실험을 진행하였고 겹쳐서 만든 샘플이 생각보다 투과도가 높아 추후 IPL로 가공한 필름을 겹친 샘플로 테스트를 진행할 경우 더 높은 투과도값을 가질 수 있을 것으로 기대된다.



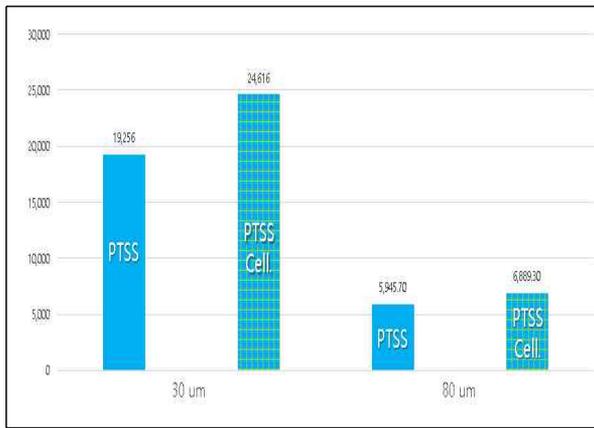
<같은 필름을 겹쳐서 샘플을 제작함>



<겹친 필름의 투과도 비교(30 um, 40 um, 60 um, 80 um)>

- 발포 필름에 첨가물 추가하여 투과도 테스트

기존에 사용하던 발포제의 안정성에 문제점이 있어 PTSS 라는 신규 발포제를 필름에 넣어 통기성 필름을 제작하였다. 신규 발포제의 경우 기존 발포제보다 조금 더 안정성이 높지만 투과도 자체는 낮게 나오는 경향이 있었다. 그래서 추가로 필름에 첨가물을 넣어보는 실험을 진행하였다. 기존 필름 중에 셀룰로오스를 첨가한 바이오필름 같은 것이 있어 이에 영감을 받아 기존 발포제 필름에 셀룰로오스 파우더를 추가하여 필름을 만든 뒤 가공하지 않은 상태에서 넣지 않은 필름과 투과도를 비교해 보았다. 투과도 테스트 결과 셀룰로오스를 첨가한 필름이 넣지 않은 필름보다 투과도가 높게 나오는 경향을 보였다. 투과도 차이는 필름의 두께가 얇을수록 더 크게 나타났다. 이를 통해 첨가물이 투과도 향상에 도움이 된다고 파악하였고 이후에 나올 필름에 셀룰로오스를 추가해서 필름을 제작해도 괜찮겠다는 결론이 나왔다.

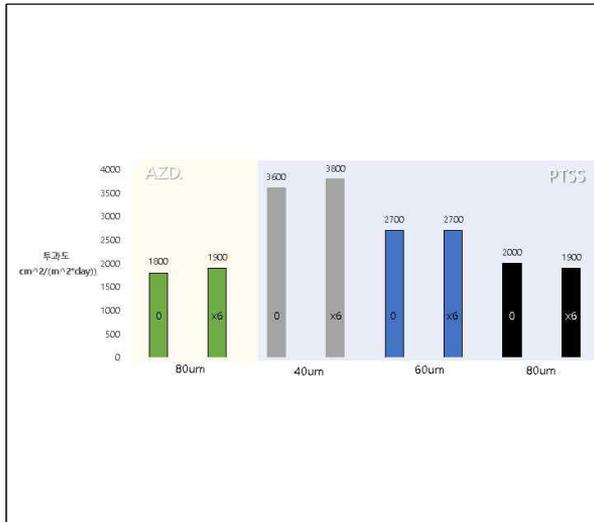


필름 종류	투과도(cc/day)	산소농도 변화량(%)
30um	PTSS 20%	9.24
	PTSS 20%, Cell. 20%	11.8
80um	PTSS 20%	2.85
	PTSS 20%, Cell. 20%	3.31

<셀룰로오스 첨가 필름의 투과도 비교>

-두 발포제간의 투과도테스트비교(KCL)

학교에서 자체테스트만으로는 신뢰성을 확보하기 어려워 한국건설생활환경시험연구원(KCL)에 의뢰하여 ASTM 방법으로 OTR(Oxygen Transmisson Rate) 측정을 의뢰하였다. 투과도가 잘 나오는 30 um 필름을 제외하고 두꺼운 필름으로 투과도비교를 진행하였다. 기본적으로 두께가 얇은 필름이 높게 나왔고 같은 두께의 필름이 있었던 80 um의 경우 PTSS가 좀더 높은 투과도를 보였으나 절대 수치로 따지면 두 필름 모두 낮은 투과도가 나와 큰 의미는 없는 데이터였다.



샘플 조건			투과도(cm ² /(m ² *day))
발포제	두께	Pulsed	
AZD	80um	0	1,800
	80um	6	1,900
PTSS	40um	0	3,600
	40um	6	3,800
	60um	0	2,700
	60um	6	2,700
	80um	0	2,000
	80um	6	1,900

<두 발포제 필름의 투과도 비교 실험(KCL)>

-아두이노 센서를 활용한 실시간 산소 측정

샘플에 산소 센서 모듈을 넣고 실시간으로 측정데이터를 받은 후 산소 분석기를 이용하여 측정한 산소 농도와 비교하였다. 거의 동일한 농도로 측정되어 실제 김치를 포장한 용기에 산소 센서를 넣어 실시간으로 데이터를 수령할 수 있게 하였다.

< Arduino_O₂sensing_Bluetooth >

```

COM3
18:41:56.330 -> I2C connect #success !
18:41:56.478 -> Oxygen concentration is 5.02 %vol
18:42:56.616 -> Oxygen concentration is 5.05 %vol

10:16:01.477 -> Oxygen concentration is 6.56 %vol
10:16:01.631 -> Oxygen concentration is 6.56 %vol
10:20:01.747 -> Oxygen concentration is 6.56 %vol
10:21:01.910 -> Oxygen concentration is 6.56 %vol
10:23:02.027 -> Oxygen concentration is 6.57 %vol
10:23:02.195 -> Oxygen concentration is 6.58 %vol
10:24:02.332 -> Oxygen concentration is 6.57 %vol
10:25:02.445 -> Oxygen concentration is 6.57 %vol
10:26:02.617 -> Oxygen concentration is 6.58 %vol
10:27:02.761 -> Oxygen concentration is 6.58 %vol
10:28:02.892 -> Oxygen concentration is 6.59 %vol
10:28:03.041 -> Oxygen concentration is 6.59 %vol
10:30:03.150 -> Oxygen concentration is 6.59 %vol
          
```

<아두이노 센서를 활용한 실시간 산소농도 측정>

○ 3차년도

- 일상적으로 이용하는 투명 소재의 경우 약 340nm의 파장에서 투과율이 99%에 달하며 가시광선 영역을 지나서 흡수율이 증가하며 투명한 PE도 똑같은 광 투과 특성을 가지고 있음
에너지를 받아야하는 주요 목표인 발포제는 폴리머 내부에 존재하여 실험적으로 발포를 확인할 필요가 있음

Power/Shot	Sample	PE 25 μm (3%)	
		before	after
14kW	1	0.7	8.0
	2	1.3	14.1
	3	1.8	20.8
16kW	1	3.6	11.0

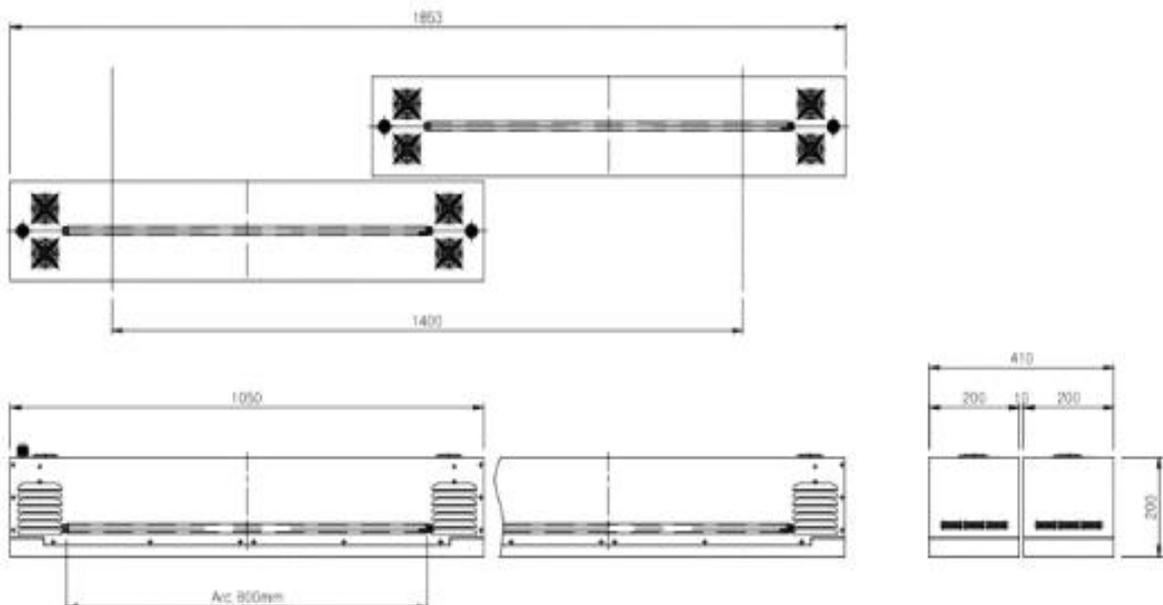
- 위 표는 양산형 장비를 제작하기 위해 실험하던 장비 중 Intense Pulsede Light(IPL)을 이용하여 측정 한 25 μm 두께 PE필름(3%)의 가스투과도를 대기를 채워 산소분율을 측정한 표임

- 장비의 표시 전원 기준 14kW에서 선형적으로 가스투과도가 증가하는 것을 확인할 수 있었으며 16kW 기준의 Power 1shot 역시 에너지와 비례하여 투과도를 내는 것을 확인할 수 있었음

- 투과도를 점진적으로 조절할 수 있어야 하며 Roll-to-Roll 장비의 속도를 보장을 하여야 하기 때문에 14kW의 램프를 기준으로 1,000mm폭 롤을 커버할 수 있는 램프를 설계하여야 함

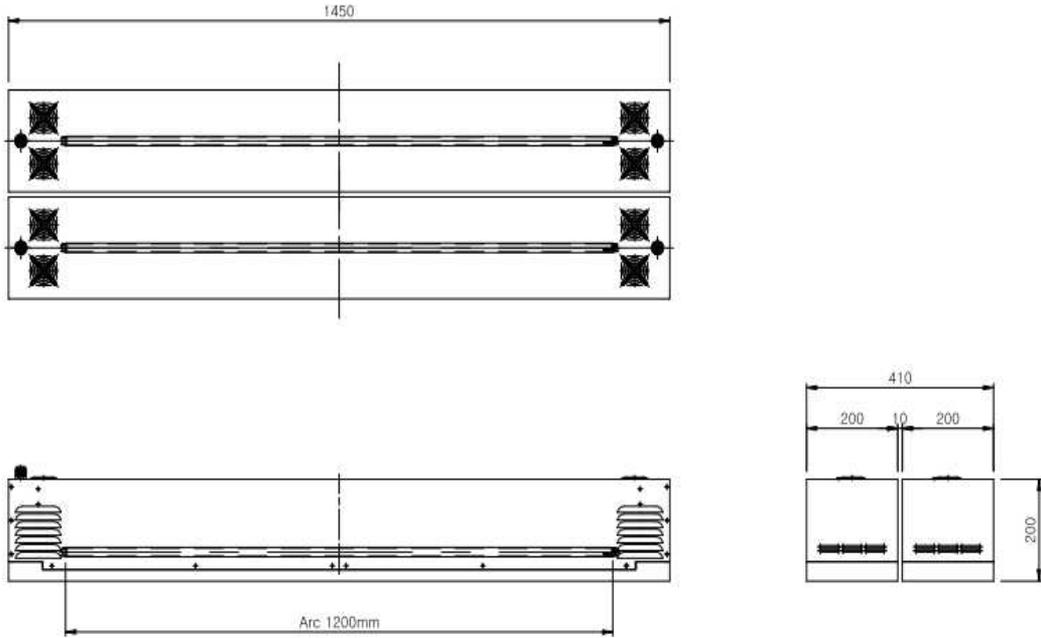
- 기존 반도체 공정에 널리 이용하고 있는 800mm 너비의 양산형 램프를 커버 범위에 맞게 직렬로 여러 개 설치하는 방법과 1,100mm의 램프를 설계 및 제작을 하여 한번에 커버하는 방법이 있음

- 800mm폭의 기존 램프를 이용하는 방법은 소모품인 램프의 비용이 싸지는 장점이 있으나 램프의 특성에 따라 램프의 중심부가 높은 에너지, 가장자리일수록 낮은 에너지의 빛을 내는 문제와 램프하우징 자체에서 넓은 자리를 차지하여 필름 가스투과도의 균일도에 문제가 발생하였을 시 발생하는 문제를 잡기 어려운 문제가 있음. 또한 하우징이 크기 때문에 차후에 양산속도 향상을 위한 추가 램프 설치에 있어 기계 공간이 많이 필요한 문제도 발생함.



- 1,100mm 램프의 경우 중심부와 가장자리의 거리가 멀어 에너지 균일도를 잘 맞춰 램프를 설계해야 하며 새로 설계하기 때문에 가격이 오르는 문제가 있으나 가스 투과도 균일도를 잡기에 훨씬 편하고 병렬로 연결하여도 차지하는 부피가 작아 추가적으로 램프를 설치하기 편하기 때문에 새로 램프를 설계하여 하우스 폭이 총 1,350mm정도의 폭을 가지는 램프를 제작하기로 함

- 최종적으로 플래시 램프의 경우 XF 231200LTW를 선택함. 최대 1,000mm까지 가공이 가능하기 위해서는 램프의 가장자리 부분 에너지 강화를 고려하여 안전을 위해 램프 길이를 100mm 증가하여 1,200mm 크기의 램프를 설계하여 병렬 2램프 장비를 구성하여 양산성을 향상시킴.



- 전원과 관련된 장비 설계는 PStek에서 하였고, 램프 제작은 (주)유니램에서 제작하였음

- 실제로 제작된 장비의 출력 전기에너지의 측정값은 다음과 같음

전압별 광E

* 전압별
예상
참고
광E

전압(V)	펄스광E (J)	전압별 광E 증가율 (%)	펄스별 편차 (J)	편차율 (%)	10Hz 기준 Avr. 전력	전압별 전력 증가율 (%)
1600	5.50	100.0%	0.105	1.9%	14160	100.0%
1800	8.12	147.6%	0.293	3.6%	20230	142.9%
2000	11.08	201.5%	0.256	2.3%	27130	191.6%

- 기준 전력인 14kW를 조절하는 전압 기준 중심부인 1,600V에서 확인할 수 있으며, 최대 3,200V까지 출력 증가가 가능함.

장비 폭 기준 측정 위치별 광E

측정위치 (mm)	펄스광E (J)	거리별 광E 증가율 (%)	펄스별 편차 (J)	편차율 (%)	비고
0	10.54	95.1%	0.220	2.1%	0(양측면)
500	11.08	100.0%	0.256	2.3%	500(중앙부)
1000	10.44	94.2%	0.275	2.6%	1000(양측면)

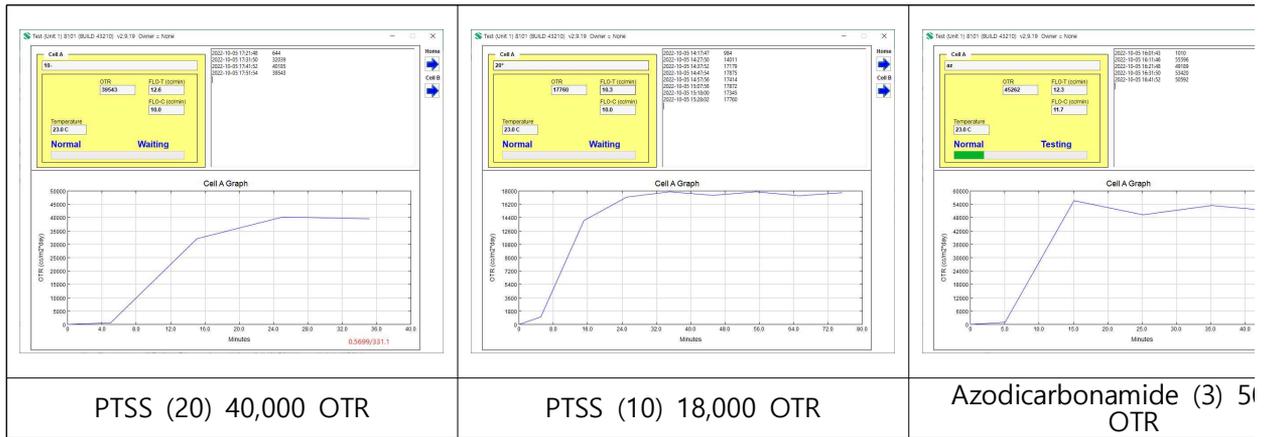
- Roll-to-Roll 가공 기준폭인 1,000mm기준 램프 위치별 에너지 편차는 약 2.1~2.6%로 발포제 가공에 큰 영향이 없는 오차범위내에 들어왔음을 확인할 수 있음

- 초당 10번의 가장 높은 반복율로 가공했을 시 펄스별 에너지 편차는 약 1.9~3.6%가 나는 것을 확인할 수 있었으며, 약 4~5펄스마다 에너지 최고점을 보이는 것으로 보아 Power 회복 시간은 약 0.5초 정도가 필요하나 최고 반복율에서도 5% 이내의 균일한 에너지를 방출하는 것을 확인할 수 있음

- 장비의 성능을 테스트하기 위해 영점 위치에서 2,000V, 2,000mA, 1.5ms의 파워로 1.5초간 아주 오래 가공했을 때 타입별 필름의 산소투과 성능은 표와 같음

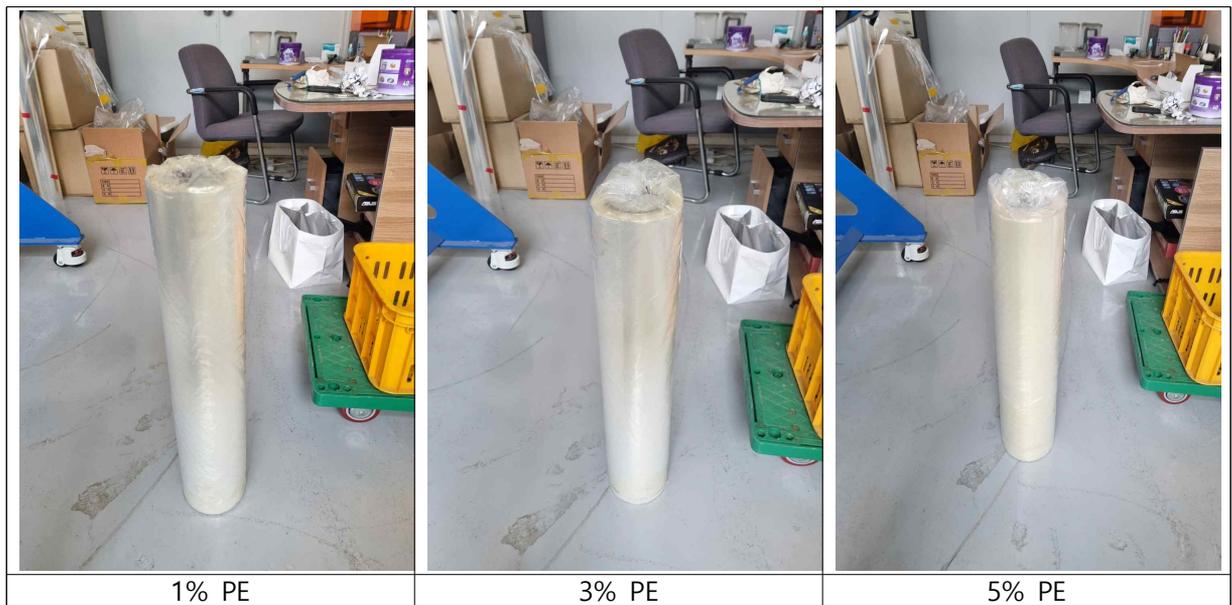
필름	PTSS (20)	PTSS (10)	Azodicarbonan
산소투과도	40,185	17,760	503,420

- 결과 PTSS Masterbatch 20% 필름은 최대 40,000cc/m²·day, 10% 필름은 18,000 cc/m²·day, Azodicarbonamide Masterbatch 3%의 3%함량의 경우 50,000cc/m²·day정도 나오는 것을 확인함.



- 1, 2차년도에 결과가 잘 나왔던 25μm 두께의 3% Masterbatch의 3% 필름은 50000cc/m²·day정도인 것을 확인하였고, 600V, 1500mA, 3ms 연구용 IPL 장비에서 약 6회가 임계점임을 확인하였으므로 기존 가공과 동일한 결과를 얻을수 있음을 알 수 있음

- 투과도 조절 성능 테스트를 위해 PTSS보다 성능이 비교적 잘 나온 Azodicarbonamide의 샘플을 10% Masterbatch를 만들어 각각 1, 3, 5, 8, 15, 20%의 필름을 제작하여 연구용 IPL 장비로 확인을 진행함





- 기존에 사용하던 발포제 필름의 경우 마스터 배치 3%를 이용하여 이를 이용하여 필름을 제작함. 기존에 첨가제를 PE 에 첨가하는 방식은 정밀하게 온도를 조절할 필요가 없어서 이정도가 한계였지만, 정밀하게 온도를 조절해야하는 플라스틱 생산 라인을 이용하면 마스터배치 비율이 높은 필름을 생산 할 수 있음.

- 이를 이용하여 기존 Azodicarbonamide 3% 마스터배치를 7% 높인 10% 마스터 배치를 만들어 사용함. 발포제 농도가 동일할 때 가장 기체 투과도가 좋았던 30 μm 필름을 기준으로하여 마스터 배치 농도를 조절해가며 총 6종류의 30 μm PE 필름을 1~20% 까지 첨가하여 제작함.

- 기본적으로 마스터 배치 농도가 높아질수록 가공하지 않은 조건이나 가공한 조건에서 기체 투과도가 증가하는 경향성을 보임. 하지만 마스터 배치 농도가 높아질수록 발포제인 Azodicarbonamide 특유의 색이 필름에 나타나 전체적인 필름의 투명도가 감소하는 현상이 발생함. 상용화 시 목표한 기체 투과도에 맞게 적절한 농도의 마스터배치를 선택해야 할 것으로 보임.

※ OTR(한국생산기술연구원 패키징기술센터 측정 기준)

산소 투과도 샘플(%)	PE 1	PE 3	PE 5	PE 8	PE 15	PE 20
shot 수 0회	9,100					
shot 수 4회	30,000			51,000		
shot 수 6회	51,000			62,000		

- 필름의 가스 투과도는 필름이 얇을수록, 불순물이 많이 섞일수록 가스투과도가 높으며 불순물이 섞이는 경우는 상용 필름 두께 내에서는 10,000cc/m²·day를 넘기 어려움. 따라서 IPL 에너지가 0회 조사된 필름은 마스터 배치량이 필름에 비해 압도적으로 높은 10% Masterbatch이며 30 μm 두께의 얇은 필름이기 때문에 약 9,000cc/m²·day정도의 투과도를 보였음

- 600V, 1500mA, 3ms 연구용 IPL 장비의 에너지 기준에서 4shot과 6shot을 조사했을 때 PE 1의 투과도는 기존에 Azodicarbonamide 샘플과 같은 결과를 가졌음을 알 수 있음. 기준은 3% 3%이므로 총 0.0009%, 신규는 10%, 1%이므로 0.001으로 신규 PE1 필름이 약간 높은 임계점인 51,000cc/m²·day 을 가짐을 알 수 있음.

- 전면 조사이므로 Azodicarbonamide의 미세 채널 형성온도인 205~220 $^{\circ}\text{C}$ 가 총 6회에서 도달하는줄 알았으나 3~20% 필름이 IPL shot 수에 비례하여 똑같은 정도의 투과도를 보였어서 미세채널 형성의

한계가 62,000cc/m²·day인지 알기위해 더 많은 shot수의 IPL 조사를 진행할 필요가 있었음

- 그러나 OTR 장비는 일반적으로 10cc이하의 정밀한 투과도를 측정하기위해 많이 사용되며 일반적으로 가장 널리 사용되는 Mocom社의 장비의 경우 30,000cc 정도가 신뢰범위이며 Illinois社는 최대 432,000이나 측정 범위를 한정해야하는 한계가 있음. 따라서 이후의 고투과도 측정의 경우 차압법을 이용한 장비로 자체 측정을 실시함.
- 산소 농도를 이용한 기체 투과도를 보다 정확하게 측정하기 위해서 기체 투과장치를 제작하여 2년 차부터 사용함. 초기에는 기체가 투과되는 양을 호스에 액체를 넣고 액체가 밀리는 거리를 이용하여 투과된 기체를 측정함. 이방법은 모세관의 액체가 온도의 영향을 많이 받아 장치의 개선을 통해 필름을 통해 투과되는 기체의 양을 측정하기로 함.
- 차압법이란 특정 용기에 일정한 압력을 걸어두고 그 압력으로 기체를 필름에 투과시켜 일정한 시간이 지났을 때 압력의 차를 이용하여 기체 투과도를 추정하는 방법. 이상 기체 방정식의 부피와 온도가 일정할 때 압력은 기체 몰수에 비례하는 것에 착안.
- 기체 압력용기에 일정한 기압(1 bar)를 걸어준 다음 투과도 측정장치에 필름을 고정하고 장치를 압력용기에 연결한 후 일정 시간동안 감소한 압력을 측정함. 감소한 압력을 이용하여 기체 상수와 온도를 이용해 감소한 기체의 몰수를 cc로 환산하여 대략적인 투과도 경향성을 파악함.
- 기체 압력용기에 일정한 기압(1 bar)를 걸어준 다음 투과도 측정장치에 필름을 고정하고 장치를 압력용기에 연결한 후 일정 시간동안 감소한 압력을 측정함. 감소한 압력을 이용하여 기체 상수와 온도를 이용해 감소한 기체의 몰수를 cc로 환산하여 대략적인 투과도 경향성을 파악함.
- 초기 측정장치의 경우 장치 상단부분을 회전하여 돌려 필름에 손상이 가는 경우가 발생함. 이를 보완하기 위해 2차, 3차년도를 통하여 단계적으로 통기성 측정 장치를 제작함.



※ 차압법 기준(감소한 압력)

shot 수	5	15	20	30
산소 투과도 샘플 8%	10분 0.0025	10분 0.035	10분 0.04	10분 0.22

※ 투과도 환산(cc/hour)

shot 수	5	15	20	30
산소 투과도 샘플 8%	37318	522452	597088	3283988

- 기존 대기압에 장치에 1기압을 더 걸어서 측정을 진행하여 산소농도를 통해 변환한 기체 투과도나 OTR 측정을 이용해 측정한 투과도 보다 높게 나와서 투과도 경향을 주로 파악하는데 사용함.



시험·검사성적서

제035호

발행처	KO2023-12-13-0051	접수번호	230119048-001
검사완료일	2023.12.13	접수완료일	2023.12.06
제품명	무연식품포장지(기능성)	제조수입/출 (대중번호)	2023-12-06
유형·재질·용역명	플러미필름	품목제조신고번호	
의뢰자	영남남도 교육청 시군연 시무부 1701방실 306 전화번호: 051-892-XXXX	업체명	주식회사 지유지음
제조원	소재지	주소지	소재지
시험·검사목적	비율 (자기분해능력검사)		

시험·검사 항목 및 결과

시험·검사 항목	시험·검사 기준	시험·검사 결과	판정	비고
납(mg/L)	1이하	불검출	적합	
카드뮴(mg/L)	10이하	2	적합	
중금속(mg/L)	30이하(단 산성도 300 이하) 중금속(이) 기준(비열부 150 이하)	1.4%산소(가) 기준 합계	적합	
1-헥산(mg/L)	3이하	불검출(50%이전) 불검출(4%산소) 불검출(50%이전)	적합	
1-옥탄(mg/L)	150이하	불검출(4%산소) 불검출(50%이전) 불검출(50%이전)	적합	
납, 카드뮴, 수은 및 유기 크롬(mg/g)	100이하	0	적합	
벤조피렌(mg/L)	0.4이하	불검출(50%이전) 불검출(4%산소) 불검출(50%이전)	적합	
플루오린(mg/g)	2이하	0	적합	

* 본 증명서는 인터넷으로 발급받으실 수 있으며, 발급비용을 별도로 부담하고, 재발급을 받으실 수 있습니다.
또한, 본 시험결과를 바탕으로 품질관리(수입/출)를 위하여 품질관리를 하실 수 있습니다.

Page 1 of 2

본서확인번호 : 25WH-975M-ZIPC-LBSC



KATRI
KOREAN ANALYTICAL TECHNIQUE RESEARCH INSTITUTE

총괄과장: 지음
시험과장: 성재명
시험검사책임자: 강병호

비고: 특허번호: 제10-1623060호, 출원인: 지음

* 위 판정은 특별한 시험·검사 항목을 대상으로 한 것입니다.
* 시험이 부족한 경우 시험·검사 항목 및 결과에 불거릴 여지가 있습니다.
* 검사결과를 공개하거나 용기 포장 등에 표시할 때에는 시험·검사결과서 전체 내용을 모두 표시하여야 합니다.
* 식품·의약품분야 시험·검사 등에 관한 법률, 제11조제2항 및 같은 법 시행규칙 제112조제4항제1호에 따라 위와 같이 시험·검사성적서를 발급합니다.

2023년 12월 13일

주식회사 한국분석기술연구원 대표이사 이태훈

601839 부산시 동구 내동로 207 (해운대동,해운대구) 71051465-1231 71051469-3298

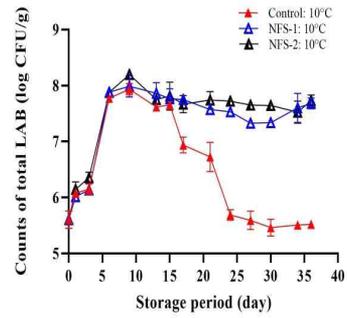
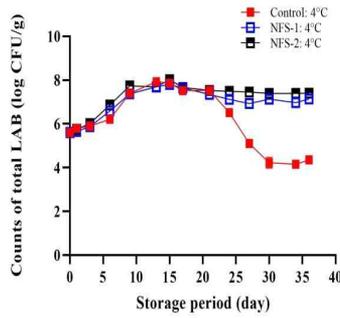
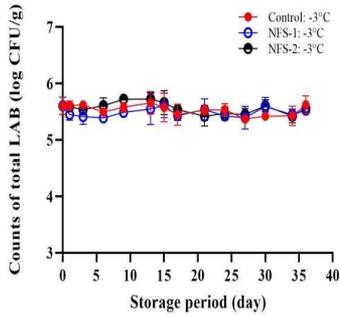
* 본 증명서는 인터넷으로 발급받으실 수 있으며, 발급비용을 별도로 부담하고, 재발급을 받으실 수 있습니다.
또한, 본 시험결과를 바탕으로 품질관리(수입/출)를 위하여 품질관리를 하실 수 있습니다. http://www.katri.go.kr Page 2 of 2

모든 식품 포장지(기능성) 시험 검사 성적서

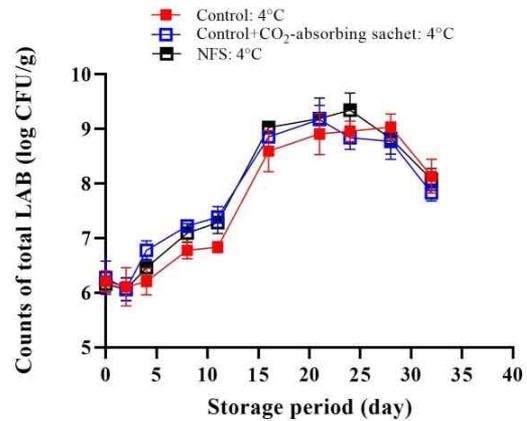
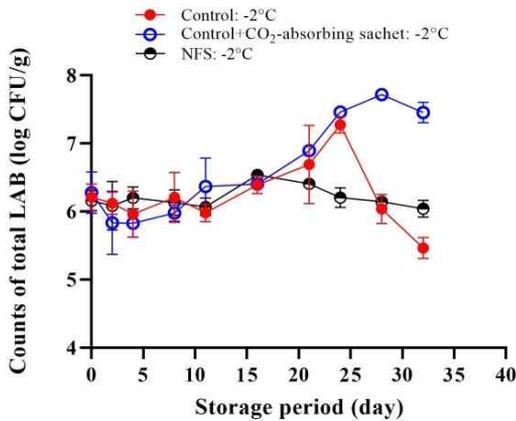
[공동연구기관: 세계김치연구소]

- 실험실 환경에서 밀폐형 Multilayer film 포장지와 NFS 전면적 통기성 film 포장지를 각각 적용한 김치 중량규격별 저장 중 미생물학적 품질 변화

 - 김치에 존재하는 유산균은 발효에 중요한 역할을 하지만 상품김치 저장 및 유통 관점에서 유산균의 과도한 증식은 산도 증가, 조직 연화 및 부패취 생성을 유발하여 상품성을 떨어뜨린다. -3, 4와 10°C 저장 중 포장지의 산소 투과도에 따른 맛김치의 총 유산균 수 변화는 아래에 나타내었다. -3°C 과냉각 저장 36일 동안 대조구(multilayer film bag 포장), NFS-1과 NFS-2 처리구의 총 유산균 수는 5.4~5.7 log CFU/g이었다. 따라서 과냉각 저장온도는 맛김치에 존재하는 총 유산균의 수를 저장 초기 수준으로 유지하는데 효과를 나타냈다.
 - 4와 10°C 저온 저장 중 NFS-1과 NFS-2 처리구의 총 유산균 수는 최대 8.0과 8.2 log CFU/g까지 각각 증가하였으며 저장 21일 이후 7 log CFU/g 이상을 유지하였다. 반면 4와 10°C 저온 저장한 대조구의 총 유산균 수는 저장 9일 후 7.4와 7.9 log CFU/g까지 각각 증가하였지만 30일 이후 대조구의 총 유산균 수는 4.4와 5.5 log CFU/g 이하로 감소하여 NFS-1과 NFS-2 처리구와 비교하여 유의적인(P < 0.05) 차이를 보였다. 이러한 결과를 통해 저온 저장 중 multilayer film bag의 headspace에 축적된 CO₂와 고갈된 O₂가 맛김치의 유산균 생육에 영향을 미친 것으로 판단하였다.
 - 2와 4°C 저장 중 multilayer film bag(대조구), multilayer film bag(대조구)+CO₂ absorbers sachet과 NFS 전면적 통기성 film bag에 각각 포장한 총각김치의 총 유산균 수 변화는 아래에 나타내었다. 저장 초기 총각김치의 총 유산균 수는 6.2~6.3 log CFU/g이었으며 -2°C 저장 32일 후 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구의 총 유산균 수는 7.5와 6.0 log CFU/g으로 각각 관찰되었다. 한편 대조구의 총 유산균 수는 5.5 log CFU/g으로 대조구+CO₂ absorbers sachet 또는 NFS 처리구와 유의적(P < 0.05) 차이를 보였다.

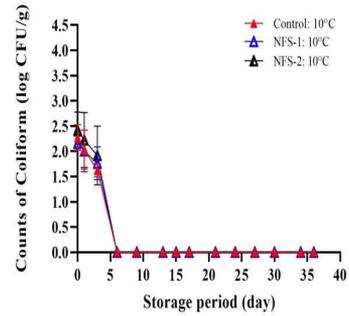
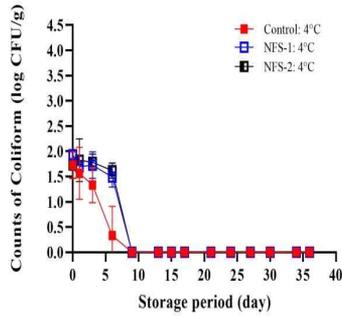
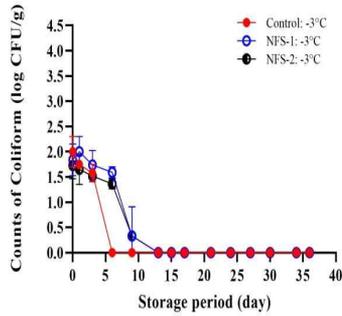


<저장 중 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 맛김치의 총 유산균 수 변화>

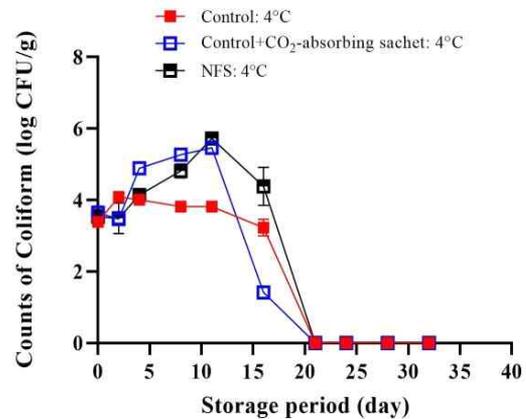
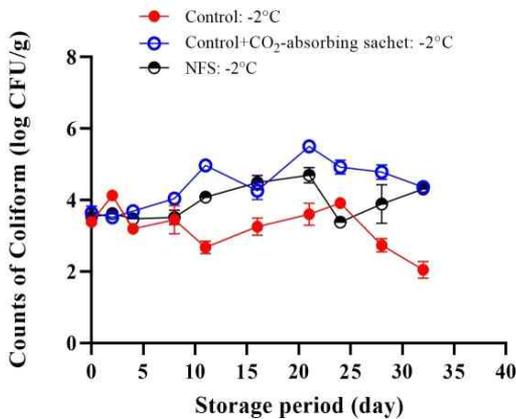


<저장 중 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 총각김치의 총 유산균 수 변화>

- -3, 4와 10°C 저장 중 포장지의 산소 투과도에 따른 맛김치의 대장균군 수 변화는 아래에 나타내었다. 저장 전 맛김치의 대장균군 수는 1.7~2.4 log CFU/g이었지만 저장기간이 증가함에 따라 -3, 4와 10°C 저장한 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구의 대장균군 수는 검출한계(1 log CFU/g) 이하까지 감소하였다.
- -2와 4°C 저장 중 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치 시료의 대장균군 수 변화는 아래와 같다. 저장 초기 총각김치의 대장균군 수는 3.4~3.7 log CFU/g이었으며 -2°C 저장 32일 후 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구의 대장균군 수는 4.4 log CFU/g으로 유의적 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 그러나 대조구의 대장균군 수는 2.1 log CFU/g으로 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구에 비해 낮은 수준을 나타냈다. 4°C 저장한 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치 시료의 대장균군 수는 저장 20일 이후부터 검출한계(1 log CFU/g) 이하로 나타났으며 이는 저장 중 발효에 의한 총각김치의 pH 감소와 유기산 생성이 대장균군의 불활성에 영향을 끼친 것으로 판단된다.

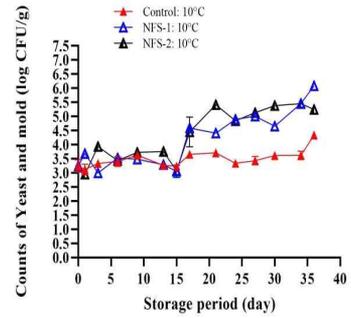
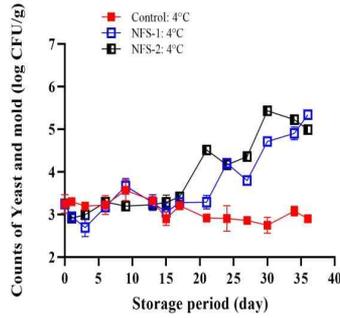
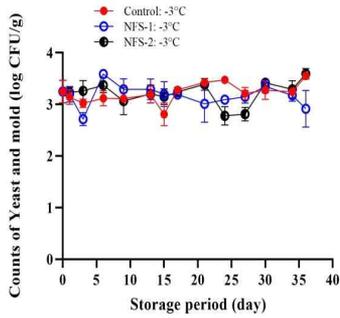


<저장 중 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 맛김치의 대장균군 수 변화>

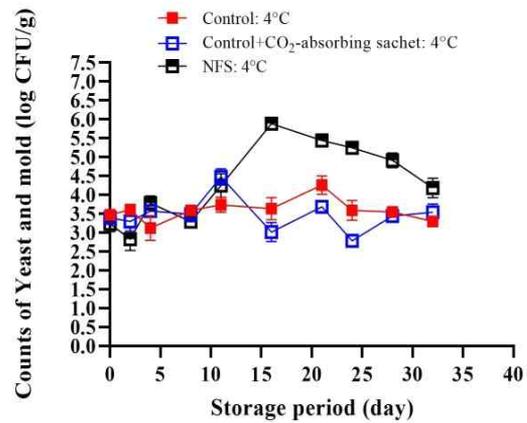
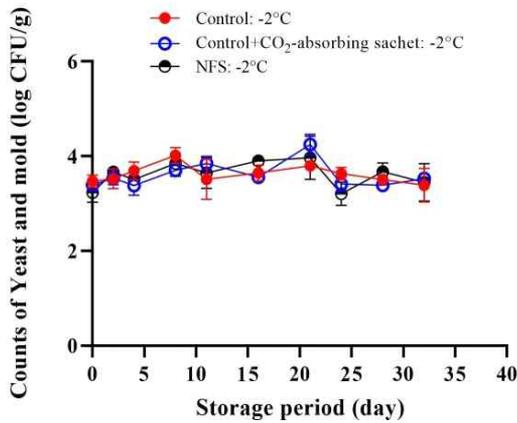


<저장 중 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 총각김치의 대장균군 수 변화>

- -3, 4와 10°C 저장 중 포장지의 산소 투과도에 따른 맛김치의 효모 및 곰팡이 수 변화는 아래에 나타내었다. 저장 전 맛김치의 효모 및 곰팡이 수는 2.9~3.3 log CFU/g이었다. -3°C 과냉각 저장 36일 동안 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구의 효모 및 곰팡이 수는 2.8~3.6 log CFU/g 수준을 유지하였다. 4와 10°C 저온 저장 중 NFS-1과 NFS-2 처리구 맛김치의 효모 및 곰팡이 수는 증가하는 경향을 보이며 저장 36일 후 5.3~6.1 log CFU/g으로 나타나 대조구의 효모 및 곰팡이 수와 비교하여 유의적인($P < 0.05$) 차이를 보였다.
- -3°C 과냉각 저장한 맛김치의 효모 및 곰팡이 수 결과와 유사하게 -2°C 과냉각 저장 32일 동안 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치 시료의 효모 및 곰팡이 수는 3.2~4.3 log CFU/g 수준을 유지하였다.
- 반면 4°C 저온 저장 16일부터 저장종료까지 NFS 처리구 총각김치 시료의 효모 및 곰팡이 수는 대조구 또는 대조구+CO₂ absorbers sachet와 비교하여 유의적으로($P < 0.05$) 높았다.



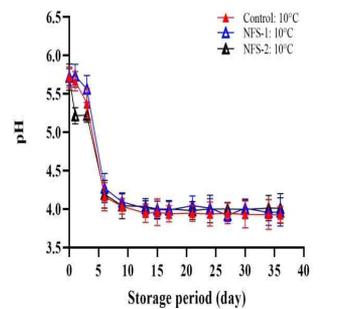
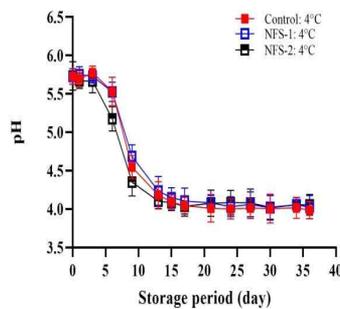
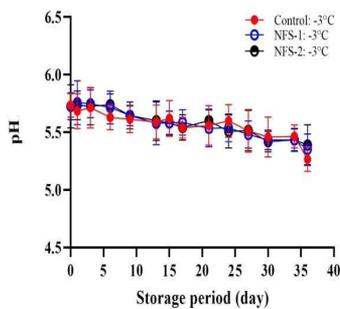
<저장 중 포장지 기체투과도 및 저장온도에 따른 맛김치의 효모 및 곰팡이 수 변화>



<저장 중 포장지 기체투과도 및 저장온도에 따른 총각김치의 효모 및 곰팡이 수 변화>

- 실험실 환경에서 밀폐형 Multilayer film 포장지와 NFS 전면적 통기성 film 포장지를 각각 적용한 김치 중량 규격별 이화학적 품질 변화

- 3, 4와 10°C 저장 중 포장지의 산소 투과도에 따른 맛김치의 pH 변화는 다음과 같다. 저장 초기 맛김치의 pH는 5.7이었으며 -3°C 과냉각 저장 36일 후 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구의 pH는 5.3 이상을 유지하였으며 포장지의 산소 투과도에 따른 유의적($P < 0.05$) 차이는 확인되지 않았다. 한편 4와 10°C 저장한 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구 맛김치 시료의 pH는 저장 일수가 증가함에 따라 유의적으로 감소하여 저장 36일 후 3.9~4.0을 나타냈다.

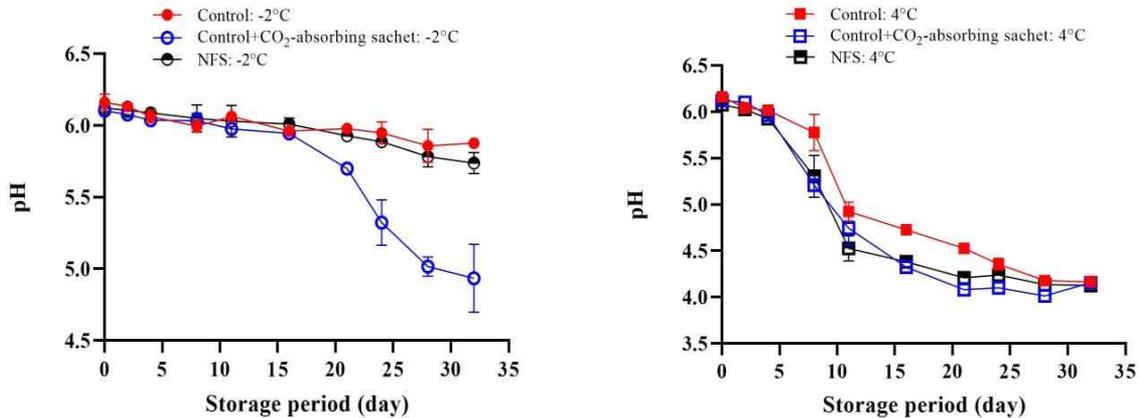


<저장 중 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 맛김치의 pH 변화>

- 2와 4°C 저장 중 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치 시료의 pH 변

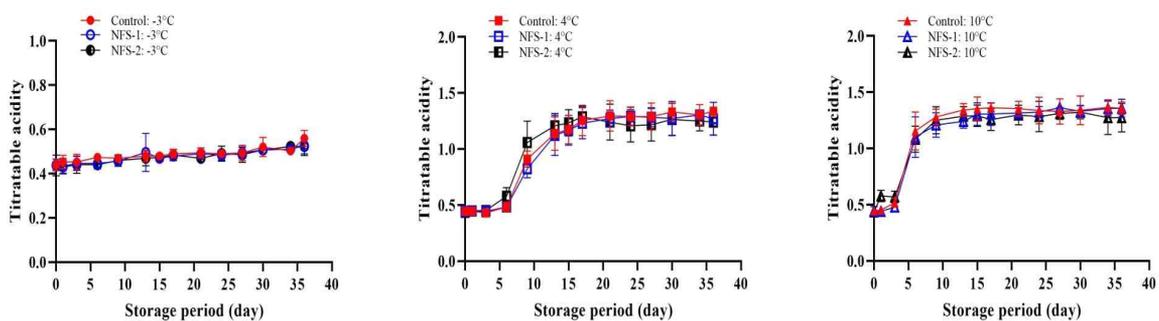
화는 아래에 나타내었다. 저장 초기 총각김치의 pH는 6.1~6.2로 관찰되었으며 -2°C 과냉각 저장 32일 동안 대조구와 NFS 처리구 시료의 pH는 5.7 이상을 유지하였다. 한편 -2°C 과냉각 저장 32일 후 대조구+ CO_2 absorbers sachet 시료의 pH는 4.9로 대조구 또는 NFS 처리구의 pH와 비교하여 유의적인($P < 0.05$) 차이를 보였다.

- 4°C 저온 저장 중 대조구, 대조구+ CO_2 absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치 시료의 pH는 저장기간이 증가함에 따라 감소하여 저장 32일 후 4.2와 4.1을 각각 나타냈으며 포장지 종류에 따른 유의적 차이는 보이지 않았다($P > 0.05$).



<저장 중 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 총각김치의 pH 변화>

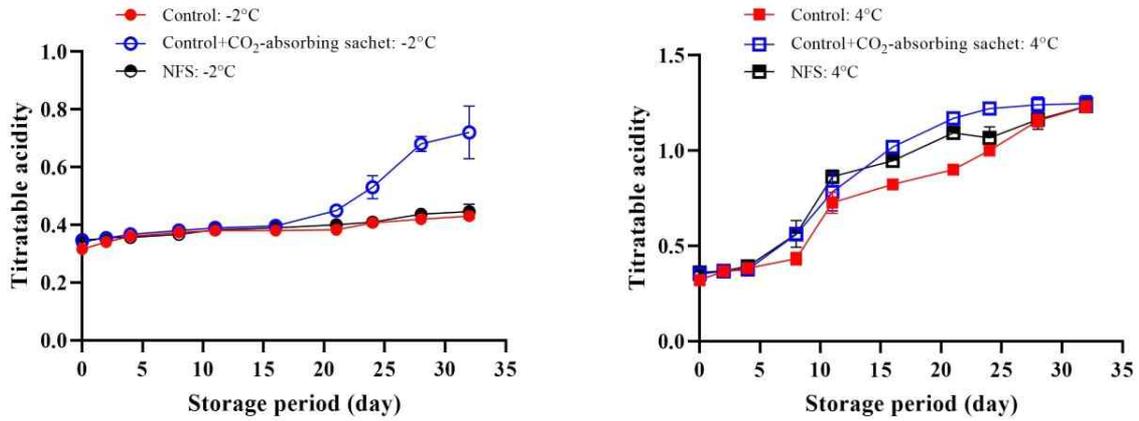
- -3 , 4 와 10°C 저장 중 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구 맛김치 시료의 적정산도 변화는 아래에 나타내었다. 저장 전 맛김치의 적정산도는 0.4이었으며 -3°C 과냉각 저장 36일 동안 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구의 적정산도는 0.4~0.6 수준을 유지하였으며 처리구 간의 유의적 차이는 확인되지 않았다($P > 0.05$). 4 와 10°C 저온 저장 36일 후 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구 맛김치 시료의 적정산도는 1.2~1.4이었으며 포장지의 산소 투과도에 따른 뚜렷한 차이는 확인되지 않았다.



<저장 중 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 맛김치의 적정산도 변화>

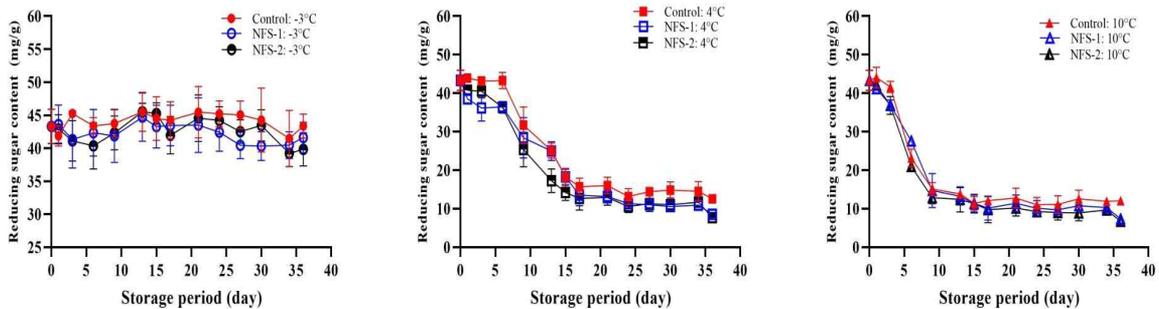
- -2 와 4°C 저장 중 대조구, 대조구+ CO_2 absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치 시료의 적정산도 변화는 아래에 나타내었다. 저장 초기 총각김치의 적정산도는 0.3~0.4이었으며 -2°C 과냉각 저장 32일 동안 대조구와 NFS 처리구 시료의 적정산도는 0.4 이하를 유지하였다. 한편 -2°C 과냉각 저장 32일 후 대조구+ CO_2 absorbers sachet 시료의 적정산도는 0.7로 대조구 또는 NFS 처리구의 pH와 비교하여 유의적으로($P < 0.05$) 높았지만 미발효 상태는 유지하였다.
- 4°C 저온 저장 중 대조구, 대조구+ CO_2 absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치 시료의 적정산도는 저장기간이 증가함에 따라 증가하여 저장 32일 후 1.2를 나타냈으며 포장지 종류에

다른 유의적 적정산도 차이는 보이지 않았다($P > 0.05$).



<저장 중 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 총각김치의 적정산도 변화>

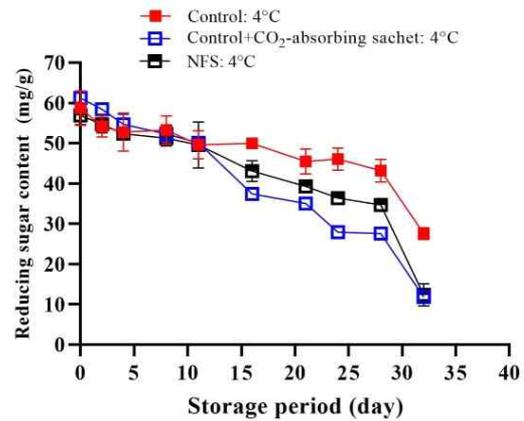
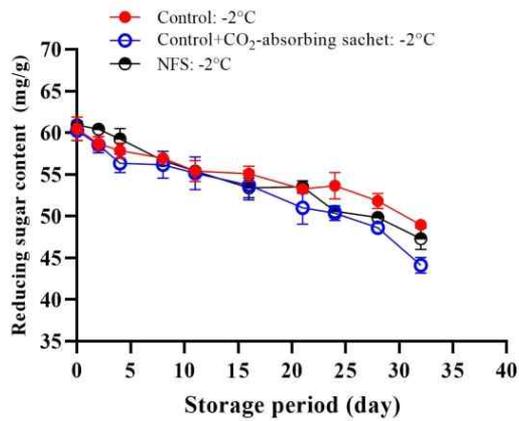
- -3, 4와 10°C 저장 중 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구 맛김치 시료의 환원당 함량 변화는 아래에 나타내었다. 저장 전 맛김치의 환원당 함량은 43.3 mg/g이었다. -3°C 과냉각 저장 36일 동안 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구의 환원당 함량은 39.2 mg/g 이상을 유지하였다.
- 4°C 저온 저장의 경우 저장 15일까지 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구의 환원당 함량은 급격하게 감소하였으며 저장 15일 이후 완만한 환원당 함량 감소를 나타냈다. 또한 10°C 저온 저장한 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구의 환원당 함량은 저장 9일까지 급격한 감소를 보였지만 이후 저장 36일까지 유지하거나 완만한 감소를 나타냈다. 따라서 본 연구 결과 과냉각 및 저온 저장 조건에서 맛김치의 환원당 함량은 포장지의 산소 투과도에 따른 뚜렷한 차이가 없음이 증명되었다.



<저장 중 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 맛김치의 환원당 함량 변화>

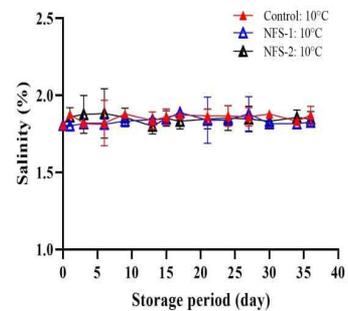
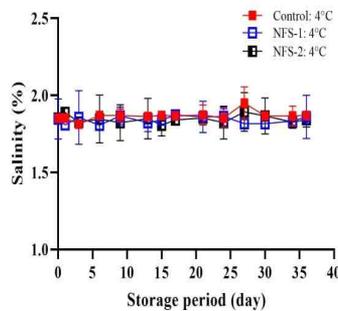
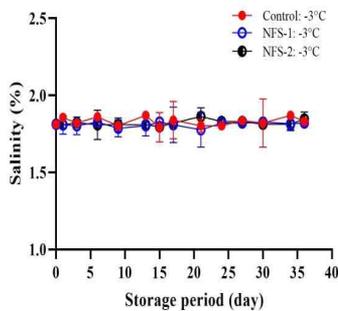
- -2와 4°C 저장 중 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치의 환원당 함량 변화는 아래에 나타내었다. 저장 초기 총각김치의 환원당 함량은 56.9~61.2 mg/g으로 맛김치에 비해 높은 것으로 나타났다. -2°C 과냉각 저장 중 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 시료의 환원당 함량은 저장 기간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며 저장 32일 후 44.1~49.0 mg/g으로 나타났다.
- 4°C 저온 저장 중 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치 시료의 환원당 함량은 -2°C 과냉각 저장과 비교하여 빠르게 감소하였다. 4°C 저온 저장 32일 후 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구의 환원당 함량은 11.8과 12.3 mg/g인 반면 대조구의 환원당 함량은 27.6 mg/g으로 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구와 비교하여 유의적($P < 0.05$) 차이를 보였다. 이러한 연구 결과를 토대로 장기 저장 중 김치의 품질 안정성을 판단할 때

김치 내 잔존 환원당 함량은 품질 지표로 활용할 수 있다.



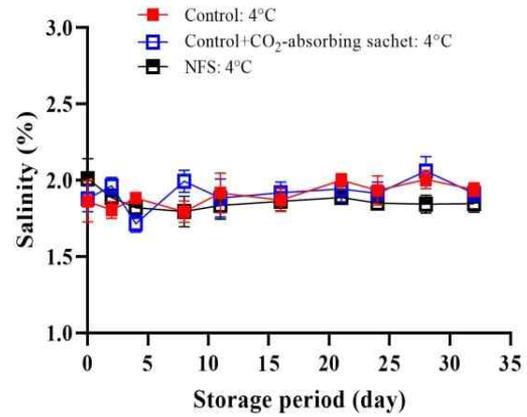
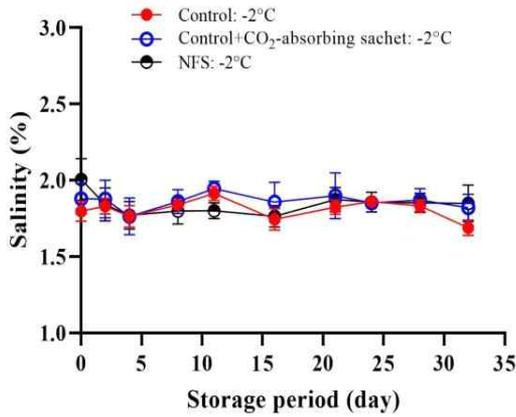
<저장 중 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 총각김치의 환원당 함량 변화>

- -3, 4와 10°C 저장 중 포장지의 산소 투과도에 따른 맛김치의 염도 변화는 아래에 나타내었다. -3°C 과냉각 저장 36일 동안 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구 시료의 염도는 1.8~2.0%이었으며 포장지의 산소 투과도에 따른 맛김치의 유의적 염도 차이는 확인되지 않았다($P > 0.05$).
- 4와 10°C 저온 저장한 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구 시료의 염도는 -3°C 과냉각 저장과 유사하게 36일 동안 1.8~2.0% 수준을 유지하였으며 처리구 간의 유의적 차이도 확인되지 않았다($P > 0.05$).



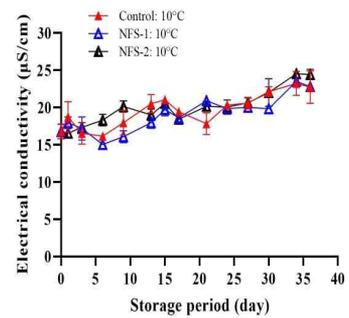
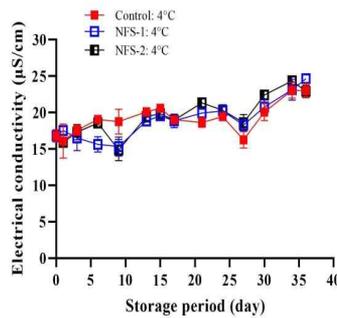
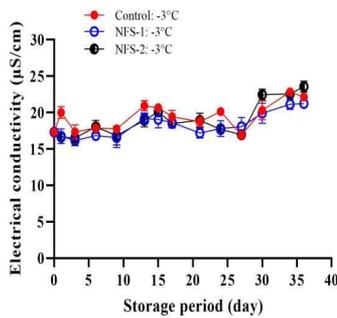
<저장 중 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 맛김치의 염도 변화>

- -2와 4°C 저장 중 포장지의 산소 투과도에 따른 총각김치의 염도 변화는 다음과 같다. -2°C 과냉각 저장 32일 동안 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치의 염도는 1.7~2.0%이었으며 저장기간과 포장지 종류에 따른 총각김치의 유의적 염도 차이는 확인되지 않았다($P > 0.05$).
- 4°C 저온 저장 32일 동안 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치의 염도는 1.7~2.1% 수준을 유지하였으며 CO₂ absorbers 부착이나 포장 film의 산소 투과도가 저장 중 총각김치의 염도에 영향을 미치지 않았다.



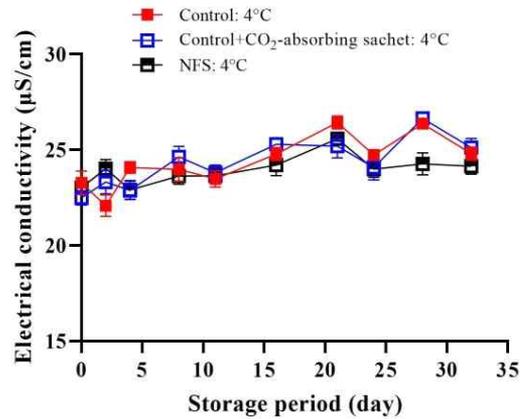
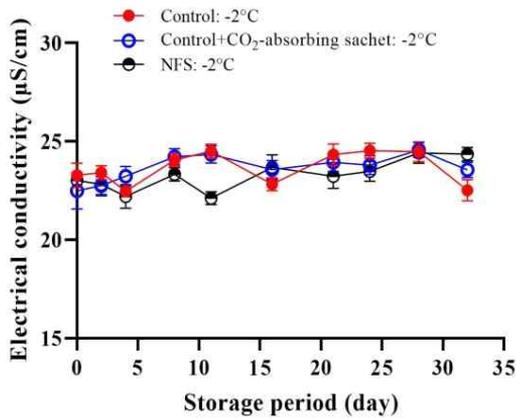
<저장 중 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 총각김치의 염도 변화>

- -3, 4와 10°C 저장 중 포장지의 산소 투과도에 따른 맛김치의 전기전도도 변화는 아래에 나타내었다. 저장 전 맛김치의 전기전도도는 16.8~17.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이었으며 -3°C 과냉각 저장 36일 후 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구의 전기전도도는 22.1, 21.2와 23.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 으로 나타나 처리구 간에 유의적 차이가 확인되지 않았다($P < 0.05$).



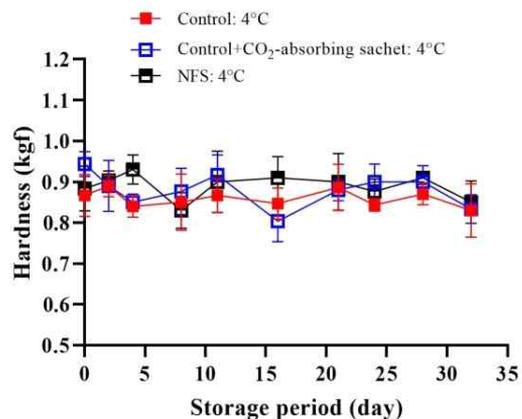
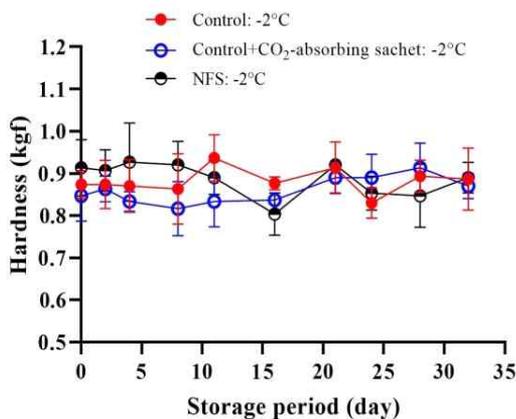
<저장 중 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 맛김치의 전기전도도 변화>

- -2와 4°C 저장 중 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치의 전기전도도 변화는 다음과 같다. 저장 전 총각김치의 전기전도도는 22.5~23.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이었으며 -2°C 과냉각 저장 32일 후 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 시료의 전기전도도는 22.5, 23.6와 24.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 으로 나타나 처리구 간에 유의적 차이가 확인되지 않았다($P < 0.05$).



<저장 중 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 총각김치의 전기전도도 변화>

- -2와 4°C 저장 중 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치의 기계적 경도 변화는 아래에 나타내었다. 저장 전 총각김치의 기계적 경도는 0.8~0.9 kgf이었다. -2°C 과냉각 및 4°C 저온 저장 32일 동안 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 시료의 기계적 경도는 0.8~0.9 kgf이었으며 저장기간과 포장지 종류에 따른 유의적 경도 차이는 확인되지 않았다.



<저장 중 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 총각김치의 기계적 경도 변화>

- 김치의 색도는 소비자가 김치의 외관적 품질을 결정하는 지표이다. -3°C 과냉각 저장 중 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구 시료의 CIE L*, a*와 b* 값의 변화는 아래에 나타내었다. -3°C 저장 말기(21일 이후)부터 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구 시료의 CIE L* 값은 저장 초기에 비해 감소하는 경향을 나타냈다. 한편 -3°C 저장 중 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구 시료의 CIE a*와 b* 값은 저장기간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였지만 포장지의 산소 투과도에 따른 맛김치의 유의적 색도 차이는 확인되지 않았다($P > 0.05$).

- 4°C 저온 저장 36일 후 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구 시료의 CIE L* 값은 51.7~54.3으로 저장 초기(59.7)와 비교하여 5.4~8.0 감소하였다. 한편 4°C 저온 저장 중 대조구, NFS-1과 NFS-2 맛김치 시료의 CIE a*와 b* 값은 증가하는 경향을 보인 반면 처리구 간 a* 또는 b* 값의 유의적 차이는 없는 것으로 나타났다.

- 4°C 저장과 유사하게 10°C 저온 저장한 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구 시료의 CIE L* 값은 저장 기간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며 CIE a*와 b* 값은 증가하는 경향을 나타냈다. 본 색도 결과를 통해 포장지의 산소 투과도 차이는 과냉각 또는 저온 저장 중 맛김치의 색 품질에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

[저장온도 -3℃에 저장한 포장지 기체 투과도에 따른 맛김치의 색도 변화]

Color parameter	Treatment	Storage period(day)							
		0	3	9	13	15	21	27	34
L*	Control	59.7±1.8 ^A	59.2±2.3 ^B	61.4±2.1 ^A	56.9±2.4 ^A	57.3±0.7 ^A	56.8±2.8 ^A	53.4±1.7 ^A	52.4±2.1 ^f
	NFS-1	59.7±1.8 ^A	64.1±1.2 ^A	60.2±1.3 ^A	55.6±1.9 ^A	55.0±0.8 ^B	53.6±1.5 ^A	53.3±1.2 ^A	54.6±1.8 ^f
	NFS-2	59.7±1.8 ^A	64.8±1.3 ^A	60.3±1.3 ^A	57.6±1.6 ^A	53.5±1.0 ^C	56.3±1.8 ^A	54.5±0.6 ^A	49.3±1.8 ^f
a*	Control	0.9±1.8 ^A	0.3±0.4 ^A	0.6±0.9 ^A	0.6±0.7 ^B	3.6±0.4 ^A	6.0±1.3 ^A	4.5±0.8 ^A	4.1±1.0 ^{A^E}
	NFS-1	0.9±1.8 ^A	1.0±0.8 ^A	-0.1±0.7 ^A	1.9±1.4 ^{AB}	1.8±0.2 ^B	4.3±0.9 ^B	3.7±1.6 ^A	4.9±0.7 ^A
	NFS-2	0.9±1.8 ^A	0.9±1.0 ^A	-0.1±0.6 ^A	3.1±1.0 ^A	2.4±1.5 ^{AB}	4.8±0.5 ^{AB}	4.2±0.6 ^A	3.0±0.6 ^B
b*	Control	15.5±2.7 ^A	11.8±0.6 ^B	18.7±1.8 ^A	19.1±4.5 ^A	22.8±1.2 ^A	26.9±2.7 ^A	21.9±1.2 ^A	20.7±3.4 ^f
	NFS-1	15.5±2.7 ^A	17.1±1.0 ^A	15.1±1.2 ^B	16.8±3.1 ^A	17.1±0.7 ^B	20.0±1.5 ^B	19.8±4.7 ^A	20.4±2.2 ^f
	NFS-2	15.5±2.7 ^A	16.5±2.4 ^A	17.1±1.3 ^{AB}	20.1±1.6 ^A	16.1±3.0 ^B	25.8±1.0 ^A	18.8±0.6 ^A	18.0±1.7 ^f

L*, degree of whiteness (0 black - 100 white), a*, degree of redness (-80 greenness - 100 redness), b*, degree of yellowness (-80 blue - 70 yellowness)

Mean values in the same column (A-B) followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

[저장온도 4℃에 저장한 포장지 기체 투과도에 따른 맛김치의 색도 변화]

Color parameter	Treatment	Storage period(day)							
		0	3	9	13	15	21	27	34
L*	Control	59.7±1.8 ^A	63.3±1.6 ^A	58.5±2.6 ^{AB}	58.8±3.5 ^A	56.0±2.8 ^A	56.5±0.8 ^A	53.3±2.6 ^A	54.3±4.2 ^f
	NFS-1	59.7±1.8 ^A	60.5±1.4 ^{AB}	61.0±2.0 ^A	57.0±2.9 ^{AB}	57.4±1.2 ^A	55.9±2.5 ^A	55.0±3.8 ^A	53.6±3.5 ^f
	NFS-2	59.7±1.8 ^A	60.3±2.3 ^B	57.2±1.0 ^B	52.9±2.3 ^B	55.1±1.8 ^A	54.0±3.5 ^A	53.3±1.3 ^A	51.7±2.6 ^f
a*	Control	0.9±1.8 ^A	1.1±0.6 ^{AB}	-0.1±1.1 ^A	2.1±1.7 ^A	3.2±1.0 ^A	4.9±1.1 ^A	4.1±1.3 ^A	4.6±0.5 ^A
	NFS-1	0.9±1.8 ^A	0.2±2.0 ^B	0.7±0.9 ^A	3.5±1.1 ^A	3.4±1.2 ^A	4.6±1.0 ^A	3.1±0.7 ^A	5.0±0.8 ^A
	NFS-2	0.9±1.8 ^A	2.8±0.8 ^A	1.0±0.6 ^A	2.9±2.1 ^A	4.3±2.0 ^A	4.2±1.7 ^A	4.4±1.1 ^A	4.0±0.4 ^A
b*	Control	15.5±2.7 ^A	17.4±0.9 ^A	16.4±2.0 ^A	19.0±2.8 ^A	22.3±1.4 ^B	22.2±1.6 ^A	20.9±2.3 ^A	23.2±1.8 ^{A^f}
	NFS-1	15.5±2.7 ^A	19.7±4.1 ^A	18.4±2.4 ^A	19.3±3.5 ^A	20.6±1.8 ^B	22.9±1.9 ^A	19.3±1.0 ^A	23.7±2.0 ^f
	NFS-2	15.5±2.7 ^A	20.3±1.9 ^A	17.5±1.1 ^A	17.6±3.3 ^A	24.7±1.1 ^A	22.1±2.4 ^A	23.1±3.8 ^A	20.6±1.1 ^f

L*, degree of whiteness (0 black - 100 white), a*, degree of redness (-80 greenness - 100 redness), b*, degree of yellowness (-80 blue - 70 yellowness)

Mean values in the same column (A-B) followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

[저장온도 10℃에 저장한 포장지 기체 투과도에 따른 맛김치의 색도 변화]

Color parameter	Treatment	Storage period(day)							
		0	3	9	13	15	21	27	34
L*	Control	59.7±1.8 ^A	58.6±0.8 ^B	60.7±2.4 ^A	59.5±1.1 ^A	54.4±1.3 ^A	54.3±2.5 ^A	56.0±2.3 ^A	56.4±2.1 ^A
	NFS-1	59.7±1.8 ^A	60.4±1.4 ^{AB}	59.3±2.9 ^{AB}	56.0±2.3 ^B	57.6±2.6 ^A	53.3±2.2 ^A	51.9±3.2 ^{AB}	53.7±2.7 ^A
	NFS-2	59.7±1.8 ^A	61.2±1.2 ^A	56.1±1.1 ^B	56.0±1.6 ^B	55.9±2.0 ^A	53.7±3.1 ^A	50.1±2.7 ^B	53.2±5.5 ^A
a*	Control	0.9±1.8 ^A	3.7±0.8 ^A	0.7±0.6 ^A	4.3±1.3 ^A	2.9±1.5 ^A	4.2±1.2 ^A	3.8±1.0 ^A	3.5±1.3 ^A
	NFS-1	0.9±1.8 ^A	0.1±1.0 ^C	0.4±0.5 ^A	2.7±1.2 ^A	2.7±1.0 ^A	2.4±0.6 ^A	3.8±1.4 ^A	3.5±0.5 ^A
	NFS-2	0.9±1.8 ^A	2.2±0.8 ^B	1.0±0.8 ^A	2.5±0.5 ^A	2.5±1.1 ^A	4.1±1.4 ^A	3.4±1.2 ^A	3.6±1.2 ^A
b*	Control	15.5±2.7 ^A	20.6±1.1 ^A	16.6±1.1 ^B	22.7±0.9 ^A	21.1±2.3 ^A	23.6±2.8 ^A	21.1±3.3 ^A	24.0±2.6 ^A
	NFS-1	15.5±2.7 ^A	18.2±1.6 ^B	15.0±1.5 ^B	22.5±1.9 ^A	21.7±3.9 ^A	19.7±1.2 ^B	20.9±0.7 ^A	20.5±1.7 ^A
	NFS-2	15.5±2.7 ^A	16.1±1.6 ^B	18.6±0.9 ^A	19.0±1.7 ^B	20.4±2.3 ^A	23.2±1.5 ^A	17.7±0.4 ^B	21.3±2.7 ^A

L*, degree of whiteness (0 black - 100 white), a*, degree of redness (-80 greenness - 100 redness), b*, degree of yellowness (-80 blue - 70 yellowness)

Mean values in the same column (A-B) followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

- 2°C 과냉각 저장 중 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치 시료의 CIE L*, a*와 b* 값의 변화는 위 표에 나타내었다. 저장기간이 증가함에 따라 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 시료의 CIE L* 값은 감소하고 CIE a* 값은 증가하는 경향을 보였다. 한편 -2°C 저장 중 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구 시료의 CIE b* 값은 뚜렷한 증가 또는 감소 경향을 나타내지 않았다.

- 4°C 저온 저장 36일 후 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치 시료의 CIE L* 값은 45.9~47.7로 저장 초기(52.1)와 비교하여 4.4~6.2 감소하였다. 4°C 저온 저장한 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치 시료의 CIE a* 값은 저장기간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였지만 처리구 간의 유의적 차이는 없었다($P > 0.05$). 4°C 저온 저장 중 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치 시료 간의 CIE b* 값의 유의적 차이는 없는 것으로 나타났다.

[저장온도 -2°C에 저장한 포장지 기체 투과도에 따른 총각김치의 색도 변화]

Color parameter	Treatment	Storage period(day)					
		0	4	8	16	24	32
L*	Control	52.1±1.0 ^A	52.8±3.5 ^A	47.8±1.3 ^B	49.3±2.5 ^A	46.0±1.5 ^A	45.5±1.7 ^A
	Control+CO ₂ -absorbing sachet	52.1±1.0 ^A	49.4±1.5 ^{AB}	52.1±2.2 ^A	49.4±1.1 ^A	46.3±1.0 ^A	46.4±2.3 ^A
	NFS	52.1±1.0 ^A	48.6±1.1 ^B	50.1±1.4 ^{AB}	49.7±1.6 ^A	45.6±2.0 ^A	46.9±1.8 ^A
a*	Control	12.4±1.9 ^A	12.7±1.7 ^A	13.7±0.6 ^A	15.3±2.2 ^A	16.2±1.6 ^A	16.8±1.2 ^A
	Control+CO ₂ -	12.4±1.9 ^A	15.6±1.4 ^A	12.2±0.9 ^B	13.1±2.0 ^A	15.6±1.0 ^A	16.5±0.4 ^A

		absorbing sachet					
	NFS	12.4±1.9 ^A	12.7±2.1 ^A	14.5±1.2 ^A	15.4±1.3 ^A	15.5±2.3 ^A	16.5±2.3 ^A
	Control	35.8±3.7 ^A	31.3±1.3 ^A	25.8±1.2 ^A	33.5±0.6 ^A	26.6±3.4 ^A	30.7±1.2 ^A
b*	Control+CO ₂ - absorbing sachet	35.8±3.7 ^A	30.9±1.8 ^A	28.8±1.9 ^A	34.1±2.1 ^A	28.9±3.1 ^A	29.1±1.6 ^A
	NFS	35.8±3.7 ^A	25.7±1.1 ^B	26.8±3.4 ^A	31.4±2.3 ^A	30.2±2.4 ^A	32.0±2.6 ^A

L*, degree of whiteness (0 black – 100 white), a*, degree of redness (–80 greenness – 100 redness), b*, degree of yellowness (–80 blue – 70 yellowness)

Mean values in the same column (A–B) followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

[저장온도 4°C에 저장한 포장지 기체 투과도에 따른 총각김치의 색도 변화]

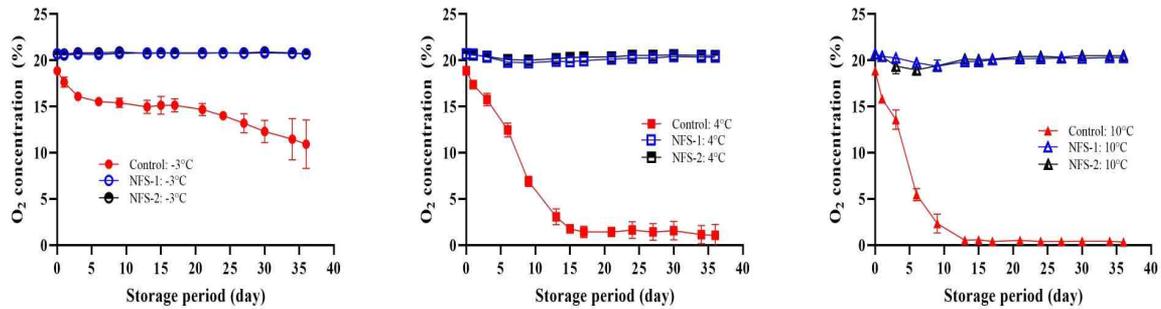
Color parameter	Treatment	Storage period(day)					
		0	4	8	16	24	32
L*	Control	52.1±1.0 ^A	51.5±2.3 ^A	48.7±1.4 ^A	48.8±1.4 ^A	48.0±0.7 ^A	47.7±1.1 ^A
	Control+CO ₂ - absorbing sachet	52.1±1.0 ^A	49.6±3.0 ^A	47.9±1.7 ^A	46.7±2.8 ^A	47.2±1.2 ^A	45.9±0.4 ^A
	NFS	52.1±1.0 ^A	50.7±3.2 ^A	47.8±1.6 ^A	47.0±0.8 ^A	47.4±2.0 ^A	45.9±1.7 ^A
a*	Control	12.4±1.9 ^A	14.1±0.9 ^A	15.5±2.3 ^A	17.9±1.9 ^A	16.6±1.4 ^A	17.0±1.2 ^A
	Control+CO ₂ - absorbing sachet	12.4±1.9 ^A	12.9±2.3 ^A	16.7±1.1 ^A	15.7±1.5 ^A	17.8±1.0 ^A	17.3±1.2 ^A
	NFS	12.4±1.9 ^A	14.2±2.5 ^A	17.0±1.7 ^A	15.8±1.5 ^A	17.0±1.8 ^A	17.3±1.2 ^A
b*	Control	35.8±3.7 ^A	32.3±1.5 ^A	28.5±2.8 ^B	34.8±2.0 ^A	30.8±5.0 ^A	32.2±2.4 ^A
	Control+CO ₂ - absorbing sachet	35.8±3.7 ^A	26.0±3.2 ^B	33.9±2.4 ^A	34.9±1.3 ^A	31.6±1.9 ^A	31.6±2.3 ^A
	NFS	35.8±3.7 ^A	26.7±1.5 ^B	29.9±4.0 ^{AB}	35.3±1.4 ^A	28.1±2.1 ^A	33.1±1.8 ^A

L*, degree of whiteness (0 black – 100 white), a*, degree of redness (–80 greenness – 100 redness), b*, degree of yellowness (–80 blue – 70 yellowness)

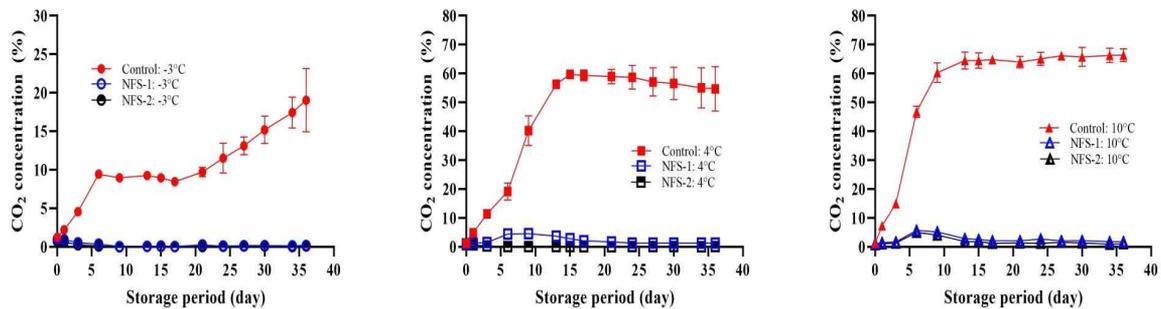
Mean values in the same column (A–B) followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

- 과냉각 및 냉장저장 조건에서 김치 품목과 중량 규격별 포장 내부 가스 농도 변화 분석
 - 저장 또는 유통 중 상품김치의 포장 내부 headspace 가스 농도는 김치에 존재하는 유산균 생장 속도, 저장온도와 포장지의 통기성에 의해 영향을 받는다. –3, 4와 10°C 저장 중 포장지의 산소 투과도에 따른 맛김치 포장 film bag 내부 headspace O₂와 CO₂ 농도는 아래에 각각 나타났다. –3°C 과냉각 저장 36일 후 대조구 headspace O₂ 농도는 10.9%로 저장 초기 대비 약 8% 감소하였다. 또한 4와 10°C 저장한 대조구의 headspace O₂ 농도는 저장 15일까지 급격히 감소하였으며 저장 36일 후 1.1과 0.3%로 각각 관찰되었다. 반면 –3, 4와 10°C에서 36일 저장 기간 동안 NFS-1과 NFS-2 처리구의 headspace O₂ 농도는 19.0~20.7%를 유지하였다.

- -3, 4와 10°C 저장 중 대조구 headspace CO₂ 농도는 19.0, 59.7과 66.4%까지 각각 증가하였다. 특히 4와 10°C 저장한 대조구 맛김치 포장 headspace에 60% 이상 CO₂ 축적은 포장 film bag 팽창을 유발하였다. 김치류는 저장 중 이형 젖산 발효(heterolactic fermentation)에 의해 젖산, 초산, 알코올과 CO₂가 생성되며 포장 내부에 축적된 CO₂는 포장 팽창 등 김치 상품성에 부정적 영향을 미친다.
- 반면 -3, 4와 10°C 저장 36일 동안 NFS-1과 NFS-2 처리구 맛김치의 headspace CO₂ 농도는 0.0~5.7% 수준을 유지하였으며 저장기간 내내 포장 팽창이나 변형은 관찰되지 않았다.



<저장 중 포장지 기체 투과도에 따른 맛김치 포장 headspace O₂ 농도 변화>

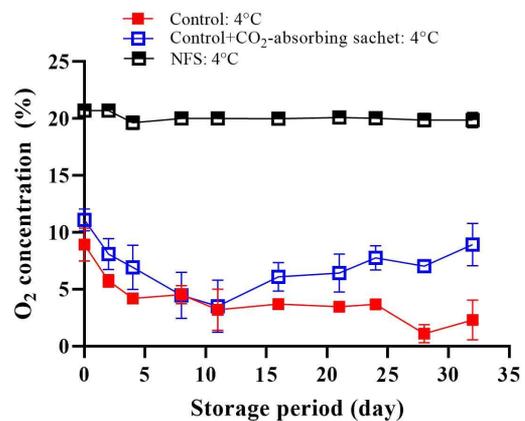
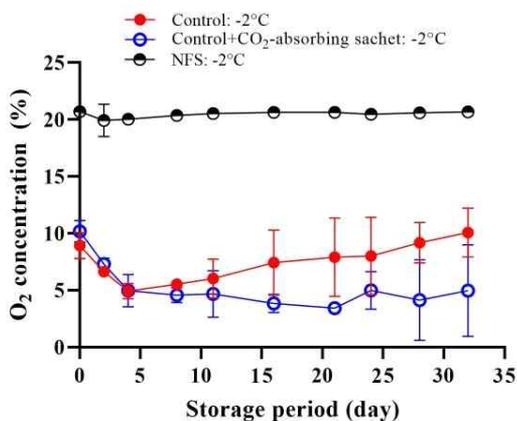


<저장 중 포장지 기체 투과도에 따른 맛김치 포장 headspace CO₂ 농도 변화>

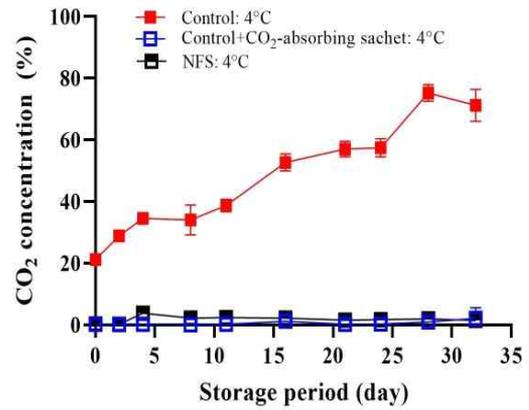
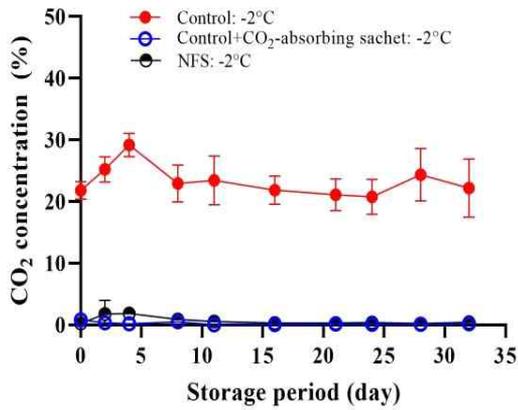


<저장 36일 후 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 맛김치의 포장 외관 변화>

- -2와 4°C 저장 중 포장지의 산소 투과도와 CO₂ absorbers sachet 부착에 따른 총각김치 포장 film bag 내부 headspace O₂와 CO₂ 농도는 아래에 각각 나타났다. 저장 초기 대조구와 대조구+CO₂ absorbers sachet의 headspace O₂ 농도는 8.9~11.1%로 NFS 처리구 headspace O₂ 농도(20.7%)와 비교하여 유의적 차이를 보였다. -2°C 과냉각 저장 32일 후 대조구와 대조구+CO₂ absorbers sachet의 headspace O₂ 농도는 10.1과 5.0%로 각각 나타났다. 4°C 저온 저장 32일 후 대조구와 대조구+CO₂ absorbers sachet의 headspace O₂ 농도는 2.3%와 8.9% 이하로 각각 나타났다. 반면 -2와 4°C 저장 36일 후 NFS 처리구의 headspace O₂ 농도는 20.7과 19.9%로 각각 나타나 대기 수준을 유지하였다.
- 저장 전 대조구의 headspace CO₂ 농도는 21.2~21.8%로 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 headspace CO₂ 농도 0.2~0.8%와 비교하여 뚜렷한 차이를 보였다. -2°C 과냉각 저장 32일 후 대조구 headspace CO₂ 농도는 22.2%로 관찰된 반면 4°C 저온 저장 32일 후 대조구 headspace CO₂ 농도는 71.2%까지 증가하여 포장 팽창이 확인되었다. 그러나 -2와 4°C 저장 36일 동안 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구의 headspace CO₂ 농도는 0.0~1.8%와 0.1~3.8%를 각각 유지하면서 포장 팽창은 발생하지 않았다.



< 저장 중 포장지 기체 투과도에 따른 총각김치 포장 headspace O₂ 농도 변화 >



<저장 중 포장지 기체 투과도에 따른 총각김치 포장 headspace CO₂ 농도 변화>



<저장 32일 후 포장지 기체 투과도 및 저장온도에 따른 총각김치의 포장 외관 변화>

- 과냉각 및 저온 저장 중 맛김치 multilayer film(대조구)과 NFS 전면적 통기성 film 포장 내부 headspace CO₂ 농도와 품질 지표(pH, 적정산도와 환원당 함량) 간 상관관계를 분석한 결과는 아래 표에 나타냈다. -3°C 저장한 대조구 맛김치 포장 headspace CO₂ 농도는 pH와 음의 상관관계(-0.833)를 나타낸 반면 적정산도와 양의 상관관계(0.675)를 보였다. 4°C 저장한 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구의 경우 pH는 적정산도와 유의적인($P < 0.01$) 음의 상관관계를 보였으며 적정산도는 환원당 함량과 유의적인($P < 0.01$) 음의 상관관계를 나타냈다.
- 4°C 저장한 대조구 맛김치 포장 headspace CO₂ 농도 변화와 pH, 적정산도와 환원당 함량의 상관관계수는 -0.985, 0.979와 -0.950으로 각각 나타나 유의적으로 높은 상관관계가 확인되었다. 또한 10°C 저장한 대조구 맛김치 포장 headspace CO₂ 농도는 pH와 환원당 함량과 유의적인($P < 0.01$) 음의 상관관계를 나타낸 반면 적정 산도와 유의적인($P < 0.01$) 양의 상관관계가 확인되었다.
- 한편 10°C 저장한 NFS-1과 NFS-2 처리구 맛김치 포장 headspace CO₂ 농도와 pH, 적정산도

및 환원당 함량의 상관계수는 $-0.107 \sim 0.284$ 수준으로 나타나 headspace CO₂ 농도-pH, headspace CO₂ 농도-적정산도와 headspace CO₂ 농도-환원당 함량의 상관성은 없었다. 이러한 결과는 저온 저장 중 NFS-1과 NFS-2 처리구 맛김치 포장 headspace CO₂ 농도가 대기 수준을 유지하였기 때문으로 판단된다.

[-3°C 에 저장한 맛김치의 포장 내부 headspace CO₂ 농도와 pH, 적정산도와 환원당 함량 간 Pearson's correlation coefficient]

Parameter		Headspace CO ₂	pH	Titrateable acidity	Reducing sugar content
맛김치 (Control)	Headspace CO ₂	1	-	-	-
	pH	-0.833**	1	-	-
	Titrateable acidity	0.675**	-0.734**	1	-
	Reducing sugar content	-0.037**	0.081	0.015	1
맛김치 (NFS-1)	Headspace CO ₂	1	-	-	-
	pH	0.636*	1	-	-
	Titrateable acidity	-0.855**	-0.796**	1	-
	Reducing sugar content	0.213	0.542*	-0.145	1
맛김치 (NFS-2)	Headspace CO ₂	1	-	-	-
	pH	0.582*	1	-	-
	Titrateable acidity	-0.776**	-0.774**	1	-
	Reducing sugar content	0.087	0.246	0.227	1

Level of significance: *** $P < 0.001$, ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

[4°C 에 저장한 맛김치의 포장 내부 headspace CO₂ 농도와 pH, 적정산도와 환원당 함량 간 Pearson's correlation coefficient]

Parameter		Headspace CO ₂	pH	Titrateable acidity	Reducing sugar content
맛김치 (Control)	Headspace CO ₂	1	-	-	-
	pH	-0.985**	1	-	-
	Titrateable acidity	0.979**	-0.993**	1	-
	Reducing sugar content	-0.950**	0.971**	-0.990**	1
맛김치 (NFS-1)	Headspace CO ₂	1	-	-	-
	pH	0.085	1	-	-

	Titrateable acidity	-0.184	-0.990**	1	-
	Reducing sugar content	0.277	0.952*	-0.974**	1
	Headspace CO ₂	1	-	-	-
맛김치	pH	0.836**	1	-	-
(NFS-2)	Titrateable acidity	-0.823**	-0.991**	1	-
	Reducing sugar content	0.788**	0.972**	-0.969**	1

Level of significance: *** $P < 0.001$, ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

[10°C에 저장한 맛김치의 포장 내부 headspace CO₂ 농도와 pH, 적정산도와 환원당 함량 간 Pearson's correlation coefficient]

	Parameter	Headspace CO ₂	pH	Titrateable acidity	Reducing sugar content
	Headspace CO ₂	1	-	-	-
맛김치	pH	-0.993**	1	-	-
(Control)	Titrateable acidity	0.986**	-0.988**	1	-
	Reducing sugar content	-0.994**	0.998**	-0.984**	1
	Headspace CO ₂	1	-	-	-
맛김치	pH	-0.362	1	-	-
(NFS-1)	Titrateable acidity	0.284	-0.990**	1	-
	Reducing sugar content	-0.153	0.963**	-0.975**	1
	Headspace CO ₂	1	-	-	-
맛김치	pH	-0.261	1	-	-
(NFS-2)	Titrateable acidity	0.205	-0.996**	1	-
	Reducing sugar content	-0.107	0.974**	-0.986**	1

Level of significance: *** $P < 0.001$, ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

- -2°C 과냉각 및 4°C 저온에서 총각김치 저장 중 multilayer film(대조구), CO₂ absorbers sachet 부착한 multilayer film과 NFS 전면적 통기성 film 포장 내부 headspace CO₂ 농도와 품질 지표(pH, 적정산도와 환원당 함량) 간 상관관계를 분석한 결과는 다음 표에 각각 나타났다. -2°C 저장한 대조구 총각김치 포장 headspace CO₂ 농도는 pH, 적정산도와 환원당 함량과 낮은

상관관계를 보였다(-0.048~0.594). -2℃ 저장한 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구의 pH는 환원당 함량과 유의적인($P < 0.01$) 양의 상관관계(0.902~0.940)를 나타냈다.

- 4℃ 저장한 대조구 총각김치 포장 headspace CO₂ 농도 변화와 pH, 적정산도와 환원당 함량의 상관계수는 -0.939, 0.978와 -0.847로 각각 나타나 유의적으로 높은 상관관계가 확인되었다. 또한 4℃ 저장한 대조구, 대조구+CO₂ absorbers sachet과 NFS 처리구 총각김치의 경우 pH와 적정산도의 상관계수는 -0.975~-0.983으로 나타났으며 pH와 환원당 함량의 상관계수는 0.766~0.861이었다.
- 한편 4℃ 저장한 NFS 처리구 총각김치 포장 headspace CO₂ 농도와 pH, 적정산도 및 환원당 함량의 상관계수는 -0.010~0.829 수준으로 나타났으며 headspace CO₂ 농도-pH, headspace CO₂ 농도-적정산도와 headspace CO₂ 농도-환원당 함량의 상관관계는 유의하지 않았다($P > 0.05$).

[-2℃에 저장한 총각김치의 포장 내부 headspace CO₂ 농도와 pH, 적정산도와 환원당 함량 간 Pearson's correlation coefficient]

Parameter		Headspace CO ₂	pH	Titrateable acidity	Reducing sugar content
Headspace CO ₂		1	-	-	-
총각김치 (Control)	pH	0.238	1	-	-
	Titrateable acidity	-0.048	-0.667*	1	-
	Reducing sugar content	0.324	0.902**	-0.673*	1
Headspace CO ₂		1	-	-	-
총각김치 (Control+C O ₂ -absorbent g sachet)	pH	0.399	1	-	-
	Titrateable acidity	-0.475	-0.953**	1	-
	Reducing sugar content	0.573	0.935**	-0.924**	1
Headspace CO ₂		1	-	-	-
총각김치 (NFS)	pH	0.564	1	-	-
	Titrateable acidity	0.277	-0.322	1	-
	Reducing sugar content	0.594	0.940**	-0.465	1

Level of significance: *** $P < 0.001$, ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

[4℃에 저장한 총각김치의 포장 내부 headspace CO₂ 농도와 pH, 적정산도와 환원당 함량 간 Pearson's correlation coefficient]

Parameter		Headspace CO ₂	pH	Titrateable acidity	Reducing sugar content
총각김치	Headspace CO ₂	1	-	-	-

(Control)	pH	-0.939**	1	-	-
	Titrateable acidity	0.978**	-0.975**	1	-
	Reducing sugar content	-0.847**	0.792**	-0.857**	1
총각김치 (Control+C O ₂ -absorbin g sachet)	Headspace CO ₂	1	-	-	-
	pH	-0.526	1	-	-
	Titrateable acidity	0.569	-0.980**	1	-
총각김치 (NFS)	Reducing sugar content	-0.787**	0.861**	-0.917**	1
	Headspace CO ₂	1	-	-	-
	pH	0.634	1	-	-
(NFS)	Titrateable acidity	0.829	-0.983**	1	-
	Reducing sugar content	-0.010	0.766**	-0.828**	1

Level of significance: *** $P < 0.001$, ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

▪ NFS 통기성 포장지가 적용된 김치의 품질 예측 머신러닝 알고리즘 개발

- 저장 중 NFS 포장 맛김치의 적정 산도 예측 머신러닝 알고리즘 모델의 성능 평가를 위한 지표는 아래에 나타내었다. R²는 1, 나머지 평가지표는 0에 가까울수록 알고리즘의 성능이 좋다고 해석할 수 있다.
- 비정규화, 비무작위 상태의 데이터를 사용한 머신러닝 알고리즘은 Train과 Test 데이터의 비율이 5:5와 6:4일 때, 모든 평가지표에서 각각 XGBoost와 RandomForest의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났다.

< NFS 포장 맛김치의 저장 중 적정산도 예측 알고리즘 비교(비정규화, 비무작위) >

Model	Train:Test	RMSE	MAE	MPE	R ²
Linear Regression	5:5	0.2096	0.1679	-18.0171	0.8766
	6:4	0.1769	0.1422	-12.4124	0.9142
	7:3	0.1723	0.1370	-9.0159	0.9194
	8:2	0.2051	0.1649	-4.5631	0.8958
	9:1	0.2468	0.2060	-4.5592	0.8630
RandomForest	5:5	0.1800	0.1194	-1.5409	0.9089
	6:4	0.1682	0.1007	-0.0141	0.9224
	7:3	0.1766	0.1100	0.6765	0.9154
	8:2	0.1675	0.1153	-0.1446	0.9305
	9:1	0.2024	0.1475	-5.1143	0.9079
XGBoost	5:5	0.1788	0.1089	-0.2871	0.9101
	6:4	0.1828	0.1047	0.3112	0.9083
	7:3	0.1952	0.1187	-0.2645	0.8966
	8:2	0.1526	0.1041	1.5356	0.9423
	9:1	0.1695	0.1284	-1.8578	0.9354

- 아래 표는 평가지표별 가장 성능이 좋은 머신러닝 알고리즘을 나타낸 표이다. Train과 Test의 비율은 6:4 또는 8:2로 하고, 모델은 RandomForest 또는 XGBoost를 사용하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

< 평가지표별 가장 성능이 좋은 산도 예측 머신러닝 알고리즘(비정규화, 비무작위) >

평가지표	비율	모델	평가지표 값
RMSE	8:2	XGBoost	0.1526
MAE	6:4	RandomForest	0.1007
MPE			-0.0141
R ²	8:2	XGBoost	0.9423

- 아래 표는 비정규화, 비무작위 상태의 데이터를 사용한 머신러닝 알고리즘의 계수를 나타낸 표이다. XGBoost와 RandomForest는 변수 중요도(Feature Importance)의 값을 표시하였고, 나머지 알고리즘은 계수(Coefficients)를 표시하였다.

< 적정산도 예측 알고리즘 계수(비정규화, 비무작위) >

Model	Train:Test	저장 일자	저장 온도	Control	NFS-1	NFS-2	pH
Linear Regression	5:5	0.8766	0.0099	0.0153	-0.0382	0.0298	0.0084
	6:4	0.9142	0.0062	0.0180	-0.0340	0.0253	0.0086
	7:3	0.9194	0.0046	0.0189	-0.0325	0.0237	0.0088
	8:2	0.8958	0.0028	0.0195	-0.0322	0.0164	0.0159
	9:1	0.8630	0.0029	0.0203	-0.0351	0.0150	0.0201
RandomForest	5:5	0.9089	0.0367	0.0357	0.0074	0.0053	0.0044
	6:4	0.9224	0.0360	0.0349	0.0073	0.0037	0.0026
	7:3	0.9154	0.0362	0.0338	0.0073	0.0027	0.0029
	8:2	0.9305	0.0345	0.0284	0.0063	0.0022	0.0030
	9:1	0.9079	0.0355	0.0261	0.0061	0.0025	0.0033
XGBoost	5:5	0.9101	0.0547	0.0863	0.0403	0.0265	0.0106
	6:4	0.9083	0.0348	0.0869	0.0388	0.0127	0.0083
	7:3	0.8966	0.0263	0.1165	0.0406	0.0121	0.0134
	8:2	0.9423	0.0221	0.0807	0.0327	0.0088	0.0086
	9:1	0.9354	0.0199	0.0553	0.0231	0.0075	0.0107

- 아래 표는 비정규화, 무작위 상태의 데이터를 사용한 머신러닝 알고리즘의 평가지표이다.
- 5:5일 때, 모든 평가지표에서 XGBoost의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났으며 6:4일 때, MPE에서는 XGBoost, 나머지 평가지표에서는 RandomForest의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났다.
- 7:4, 8:2, 9:1일 때, 모든 평가지표에서 XGBoost의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났다.

< NFS 포장 맛김치의 저장 중 적정산도 예측 알고리즘 비교(비정규화, 무작위) >

Model	Train:Test	RMSE	MAE	MPE	R ²
Linear Regression	5:5	0.1717	0.1340	-4.6910	0.9167
	6:4	0.1627	0.1296	-4.3554	0.9253
	7:3	0.1738	0.1383	-5.1651	0.9132
	8:2	0.1814	0.1435	-5.6082	0.9081
	9:1	0.2070	0.1651	-6.9221	0.8817
RandomForest	5:5	0.1032	0.0538	-2.3257	0.9699
	6:4	0.0931	0.0488	-2.1165	0.9755
	7:3	0.0986	0.0541	-3.0274	0.9721
	8:2	0.0901	0.0462	-2.6454	0.9773
	9:1	0.1135	0.0518	-5.0007	0.9645
XGBoost	5:5	0.1006	0.0536	-1.1306	0.9714
	6:4	0.0960	0.0483	-0.7951	0.9740
	7:3	0.0823	0.0470	-1.9192	0.9805
	8:2	0.0788	0.0424	-1.7410	0.9826
	9:1	0.1046	0.0477	-4.3345	0.9698

- 아래 표는 평가지표별 가장 성능이 좋은 머신러닝 알고리즘을 나타낸 표이다. Train과 Test의 비율은 6:4 또는 8:2로 하고, 모델은 XGBoost를 사용하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

< 평가지표별 가장 성능이 좋은 산도 예측 머신러닝 알고리즘(비정규화, 무작위) >

평가지표	비율	모델	평가지표 값
RMSE			0.0788
MAE	8:2		0.0424
MPE	6:4	XGBoost	-0.7951
R ²	8:2		0.9826

- 아래 표는 비정규화, 무작위 상태의 데이터를 사용한 머신러닝 알고리즘의 계수를 나타낸 표이다.

< 적정산도 예측 알고리즘 계수(비정규화, 무작위) >

Model	Train:Test	저장 일자	저장 온도	Control	NFS-1	NFS-2	pH
Linear Regression	5:5	0.0034	0.0283	-0.0484	0.0158	0.0326	-0.5629
	6:4	0.0038	0.0262	-0.0452	0.0104	0.0348	-0.573
	7:3	0.0033	0.0255	-0.0430	0.0057	0.0373	-0.5793
	8:2	0.0033	0.0234	-0.0414	0.0035	0.0380	-0.5905
	9:1	0.0035	0.0230	-0.0459	0.0107	0.0351	-0.5922
RandomForest	5:5	0.0344	0.0267	0.0059	0.0027	0.0031	0.9273
	6:4	0.0379	0.0275	0.0054	0.0017	0.0035	0.9240
	7:3	0.0311	0.0216	0.0048	0.0021	0.0038	0.9366
	8:2	0.0351	0.0203	0.0049	0.0024	0.0049	0.9324
	9:1	0.0357	0.0209	0.0063	0.0020	0.0040	0.9312
XGBoost	5:5	0.0227	0.0497	0.0376	0.0026	0.0147	0.8728
	6:4	0.0329	0.0678	0.0232	0.0037	0.0167	0.8557
	7:3	0.0272	0.0582	0.0385	0.0027	0.0134	0.8600
	8:2	0.0263	0.0622	0.0290	0.0028	0.0274	0.8522
	9:1	0.0274	0.0424	0.0312	0.0022	0.0262	0.8706

- 아래 표는 MinMax 정규화, 비무작위 상태의 데이터를 사용한 머신러닝 알고리즘의 평가지표이다.

- 5:5와 6:4일 때, 모든 평가지표에서 각각 XGBoost와 RandomForest의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났다.

- 7:3일 때, RMSE와 R²에서는 Linear Regression, MAE에서는 RandomForest, MPE에서는 XGBoost의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났다.

- 8:2일 때, MPE에서는 RandomForest, 나머지 평가지표에서 XGBoost의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났으며 9:1일 때, 모든 평가지표에서 XGBoost의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났다.

< NFS 포장 맛김치의 저장 중 적정산도 예측 알고리즘 비교(MinMax 정규화, 비무작위) >

Model	Train:Test	RMSE	MAE	MPE	R ²
Linear Regression	5:5	0.2105	0.1691	-18.0530	0.8755
	6:4	0.1769	0.1422	-12.4124	0.9142
	7:3	0.1723	0.1370	-9.0159	0.9194
	8:2	0.2051	0.1649	-4.5631	0.8958
	9:1	0.2524	0.1966	-4.2220	0.8567
RandomForest	5:5	0.1800	0.1194	-1.5603	0.9090
	6:4	0.1683	0.1007	-0.0965	0.9223
	7:3	0.1763	0.1098	0.6624	0.9156
	8:2	0.1675	0.1157	-0.1856	0.9305
	9:1	0.2024	0.1476	-5.1178	0.9078
XGBoost	5:5	0.1790	0.1090	-0.2943	0.9100
	6:4	0.1828	0.1046	0.3063	0.9083
	7:3	0.1953	0.1188	-0.2514	0.8965
	8:2	0.1527	0.1049	1.4564	0.9422
	9:1	0.1695	0.1285	-1.9129	0.9354

- 아래 표는 평가지표별 가장 성능이 좋은 머신러닝 알고리즘을 나타낸 표이다. Train과 Test의 비율은 6:4 또는 8:2로 하고, 모델은 RandomForest 또는 XGBoost를 사용하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

< 평가지표별 가장 성능이 좋은 산도 예측 머신러닝 알고리즘(MinMax 정규화, 비무작위) >

평가지표	비율	모델	평가지표 값
RMSE	8:2	XGBoost	0.1527
MAE	6:4	RandomForest	0.1007
MPE			-0.0965
R ²	8:2	XGBoost	0.9422

- 아래 표는 MinMax 정규화, 비무작위 상태의 데이터를 사용한 머신러닝 알고리즘의 계수를 나타낸 표이다.

< 적정산도 예측 알고리즘 계수(MinMax 정규화, 비무작위) >

Model	Train:Test	저장 일자	저장 온도	Control	NFS-1	NFS-2	pH
Linear Regression	5:5	0.1479	0.2014	9.7229E+12	9.7229E+12	9.7229E+12	-1.1737
	6:4	0.1300	0.2334	-0.0340	0.0253	0.0086	-1.2342
	7:3	0.1107	0.2451	-0.0325	0.0237	0.0088	-1.2568
	8:2	0.0850	0.2537	-0.0322	0.0164	0.0159	-1.2949
	9:1	0.0975	0.2804	-1.677E+13	-1.677E+13	-1.677E+13	-1.3027
RandomForest	5:5	0.0367	0.0357	0.0074	0.0053	0.0044	0.9104
	6:4	0.0360	0.0349	0.0073	0.0037	0.0026	0.9154
	7:3	0.0362	0.0338	0.0073	0.0027	0.0029	0.9171
	8:2	0.0345	0.0284	0.0063	0.0022	0.0030	0.9257
	9:1	0.0355	0.0261	0.0061	0.0025	0.0033	0.9265
XGBoost	5:5	0.0547	0.0863	0.0403	0.0265	0.0106	0.7815
	6:4	0.0348	0.0869	0.0388	0.0127	0.0083	0.8185
	7:3	0.0263	0.1165	0.0406	0.0121	0.0134	0.7911
	8:2	0.0221	0.0807	0.0327	0.0088	0.0086	0.8471
	9:1	0.0199	0.0553	0.0231	0.0075	0.0107	0.8835

- 아래 표는 MinMax 정규화, 무작위 상태의 데이터를 사용한 머신러닝 알고리즘의 평가지표이다.
- 5:5일 때, 모든 평가지표에서 XGBoost의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났다. 6:4일 때, RMSE와 R²에서는 RandomForest, MAE와 MPE에서는 XGBoost의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났다.
- 7:3일 때, 모든 평가지표에서 XGBoost의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났으며 8:2, 9:1일 때, 모든 평가지표에서 XGBoost의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났다.

< NFS 포장 맛김치의 저장 중 적정산도 예측 알고리즘 비교(MinMax 정규화, 무작위) >

Model	Train:Test	RMSE	MAE	MPE	R ²
Linear Regression	5:5	0.1717	0.1340	-4.6910	0.9167
	6:4	0.1627	0.1296	-4.3554	0.9253
	7:3	0.1745	0.1387	-5.2986	0.9125
	8:2	0.1814	0.1435	-5.6082	0.9081
	9:1	0.2070	0.1651	-6.9221	0.8817
RandomForest	5:5	0.1039	0.0539	-2.3314	0.9695
	6:4	0.0937	0.0490	-2.1279	0.9752
	7:3	0.0986	0.0543	-3.0213	0.9720
	8:2	0.0902	0.0464	-2.6282	0.9773
	9:1	0.1160	0.0522	-5.0555	0.9629
XGBoost	5:5	0.1006	0.0536	-1.1282	0.9714
	6:4	0.0960	0.0484	-0.7778	0.9740
	7:3	0.0823	0.0470	-1.9200	0.9805
	8:2	0.0789	0.0425	-1.7445	0.9826
	9:1	0.1046	0.0477	-4.3378	0.9698

- 아래 표는 평가지표별 가장 성능이 좋은 머신러닝 알고리즘을 나타낸 표이다. Train과 Test의 비율은 6:4 또는 8:2로 하고, 모델은 XGBoost를 사용하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

< 평가지표별 가장 성능이 좋은 산도 예측 머신러닝 알고리즘(MinMax 정규화, 무작위) >

평가지표	비율	모델	평가지표 값
RMSE			0.0789
MAE	8:2		0.0425
MPE	6:4	XGBoost	-0.7778
R ²	8:2		0.9826

- 아래 표는 MinMax 정규화, 무작위 상태의 데이터를 사용한 머신러닝 알고리즘의 계수를 나타낸 표이다.

< 적정산도 예측 알고리즘 계수(MinMax 정규화, 무작위) >

Model	Train:Test	저장 일자	저장 온도	Control	NFS-1	NFS-2	pH
Linear Regression	5:5	0.1228	0.3675	-0.0484	0.0158	0.0326	-1.2214
	6:4	0.1350	0.3411	-0.0452	0.0104	0.0348	-1.2433
	7:3	0.1146	0.3299	-1.133E+13	-1.133E+13	-1.133E+13	-1.2684
	8:2	0.1194	0.3046	-0.0414	0.0035	0.0380	-1.2874
	9:1	0.1256	0.2994	-0.0459	0.0107	0.0351	-1.2970
RandomForest	5:5	0.0344	0.0267	0.0059	0.0027	0.0031	0.9273
	6:4	0.0379	0.0275	0.0054	0.0017	0.0035	0.9240
	7:3	0.0311	0.0216	0.0048	0.0021	0.0038	0.9366
	8:2	0.0351	0.0203	0.0049	0.0024	0.0049	0.9324
	9:1	0.0357	0.0209	0.0063	0.0020	0.0040	0.9312
XGBoost	5:5	0.0227	0.0497	0.0376	0.0026	0.0147	0.8728
	6:4	0.0329	0.0678	0.0232	0.0037	0.0167	0.8557
	7:3	0.0272	0.0582	0.0385	0.0027	0.0134	0.8600
	8:2	0.0263	0.0622	0.0290	0.0028	0.0274	0.8522
	9:1	0.0274	0.0424	0.0312	0.0022	0.0262	0.8706

- 아래 표는 Standardization 정규화, 비무작위 상태의 데이터를 사용한 머신러닝 알고리즘의 평가 지표를 나타낸 것이다.

- 5:5와 6:4일 때, 모든 평가지표에서 각각 XGBoost와 RandomForest의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났다.

- 7:3일 때, 모든 평가지표에서 XGBoost의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났으며 8:2일 때, RMSE와 R²에서는 Linear Regression, MAE에서는 RandomForest, MPE에서는 XGBoost의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났다.

- 9:1일 때, 모든 평가지표에서 XGBoost의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났다.

< NFS 포장 맛김치의 저장 중 적정산도 예측 알고리즘 비교(Standardization 정규화, 비무작위) >

Model	Train:Test	RMSE	MAE	MPE	R ²
Linear Regression	5:5	0.2096	0.1679	-18.0171	0.8766
	6:4	0.1769	0.1422	-12.4124	0.9142
	7:3	0.1723	0.1370	-9.0159	0.9194
	8:2	0.2051	0.1649	-4.5631	0.8958
	9:1	0.2468	0.2060	-4.5592	0.8630
RandomForest	5:5	0.1790	0.1182	-1.3130	0.9100
	6:4	0.1683	0.1009	-0.0009	0.9223
	7:3	0.1768	0.1102	0.6780	0.9152
	8:2	0.1675	0.1156	-0.1854	0.9305
	9:1	0.2024	0.1475	-5.1143	0.9079
XGBoost	5:5	0.1790	0.1090	-0.2943	0.9100
	6:4	0.1828	0.1046	0.3075	0.9083
	7:3	0.1952	0.1187	-0.2634	0.8966
	8:2	0.1527	0.1047	1.4281	0.9422
	9:1	0.1687	0.1278	-1.8876	0.9360

- 아래 표는 평가지표별 가장 성능이 좋은 머신러닝 알고리즘을 나타낸 표이다. Train과 Test의 비율은 6:4 또는 8:2로 하고, 모델은 RandomForest 또는 XGBoost를 사용하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

< 평가지표별 가장 성능이 좋은 산도 예측 머신러닝 알고리즘(Standardization 정규화, 비무작위) >

평가지표	비율	모델	평가지표 값
RMSE	8:2	XGBoost	0.1527
MAE	6:4	RandomForest	0.1009
MPE			-0.0009
R ²	8:2	XGBoost	0.9422

- 아래 표는 Standardization 정규화, 비무작위 상태의 데이터를 사용한 머신러닝 알고리즘의 계수를 나타낸 표이다.

< 적정산도 예측 알고리즘 계수(Standardization 정규화, 비무작위) >

Model	Train:Test	저장 일자	저장 온도	Control	NFS-1	NFS-2	pH
Linear Regression	5:5	0.0534	0.0813	-0.0382	0.0298	0.0084	-0.3895
	6:4	0.0437	0.0954	-0.0340	0.0253	0.0086	-0.4346
	7:3	0.0369	0.1002	-0.0325	0.0237	0.0088	-0.4484
	8:2	0.0279	0.1037	-0.0322	0.0164	0.0159	-0.4663
	9:1	0.0312	0.1080	-0.0351	0.0150	0.0201	-0.4693
RandomForest	5:5	0.0367	0.0357	0.0074	0.0053	0.0044	0.9104
	6:4	0.0360	0.0349	0.0073	0.0037	0.0026	0.9154
	7:3	0.0362	0.0338	0.0073	0.0027	0.0029	0.9171
	8:2	0.0345	0.0284	0.0063	0.0022	0.0030	0.9257
	9:1	0.0355	0.0261	0.0061	0.0025	0.0033	0.9265
XGBoost	5:5	0.0547	0.0863	0.0403	0.0265	0.0106	0.7815
	6:4	0.0348	0.0869	0.0388	0.0127	0.0083	0.8185
	7:3	0.0263	0.1165	0.0406	0.0121	0.0134	0.7911
	8:2	0.0221	0.0807	0.0327	0.0088	0.0086	0.8471
	9:1	0.0199	0.0553	0.0231	0.0075	0.0107	0.8835

- 아래 표는 Standardization 정규화, 무작위 상태의 데이터를 사용한 머신러닝 알고리즘의 평가지표를 나타낸 것이다.

- 5:5, 7:3, 8:2, 9:1일 때, 모든 평가지표에서 XGBoost의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났으며
- 6:4일 때, RMSE와 R²에서는 RandomForest, MAE와 MPE에서는 XGBoost의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났다.

< NFS 포장 맛김치의 저장 중 적정산도 예측 알고리즘 비교(Standardization 정규화, 무작위) >

Model	Train:Test	RMSE	MAE	MPE	R ²
Linear Regression	5:5	0.1717	0.1340	-4.6910	0.9167
	6:4	0.1627	0.1296	-4.3554	0.9253
	7:3	0.1738	0.1383	-5.1651	0.9132
	8:2	0.1814	0.1435	-5.6082	0.9081
	9:1	0.2070	0.1651	-6.9221	0.8817
RandomForest	5:5	0.1031	0.0538	-2.3583	0.9700
	6:4	0.0933	0.0490	-2.1429	0.9754
	7:3	0.0986	0.0542	-3.0392	0.9720
	8:2	0.0901	0.0463	-2.6461	0.9773
	9:1	0.1160	0.0522	-5.1087	0.9629
XGBoost	5:5	0.1006	0.0536	-1.1160	0.9714
	6:4	0.0958	0.0482	-0.7342	0.9741
	7:3	0.0823	0.0470	-1.9192	0.9805
	8:2	0.0788	0.0425	-1.7354	0.9826
	9:1	0.1046	0.0477	-4.3378	0.9698

- 아래 표는 평가지표별 가장 성능이 좋은 머신러닝 알고리즘을 나타낸 표이다. Train과 Test의 비율은 6:4 또는 8:2로 하고, 모델은 XGBoost를 사용하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

< 평가지표별 가장 성능이 좋은 산도 예측 머신러닝 알고리즘(Standardization 정규화, 무작위) >

평가지표	비율	모델	평가지표 값
RMSE			0.0788
MAE	8:2		0.0425
MPE	6:4	XGBoost	-0.7342
R ²	8:2		0.9826

- 아래 표는 Standardization 정규화, 무작위 상태의 데이터를 사용한 머신러닝 알고리즘의 계수를 나타낸 표이다.

< 적정산도 예측 알고리즘 계수(Standardization 정규화, 무작위) >

Model	Train:Test	저장 일자	저장 온도	Control	NFS-1	NFS-2	pH
Linear Regression	5:5	0.0393	0.1473	-0.0484	0.0158	0.0326	-0.4432
	6:4	0.0433	0.1373	-0.0452	0.0104	0.0348	-0.4493
	7:3	0.0377	0.1345	-0.0430	0.0057	0.0373	-0.4574
	8:2	0.0384	0.1232	-0.0414	0.0035	0.0380	-0.4651
	9:1	0.0404	0.1221	-0.0459	0.0107	0.0351	-0.4660
RandomForest	5:5	0.0344	0.0267	0.0059	0.0027	0.0031	0.9273
	6:4	0.0379	0.0275	0.0054	0.0017	0.0035	0.9240
	7:3	0.0311	0.0216	0.0048	0.0021	0.0038	0.9366
	8:2	0.0351	0.0203	0.0049	0.0024	0.0049	0.9324
	9:1	0.0357	0.0209	0.0063	0.0020	0.0040	0.9312
XGBoost	5:5	0.0227	0.0497	0.0376	0.0026	0.0147	0.8728
	6:4	0.0329	0.0678	0.0232	0.0037	0.0167	0.8557
	7:3	0.0272	0.0582	0.0385	0.0027	0.0134	0.8600
	8:2	0.0263	0.0622	0.0290	0.0028	0.0274	0.8522
	9:1	0.0274	0.0424	0.0312	0.0022	0.0262	0.8706

○ 2차년도

- 상품김치 품목 및 규격별 단위 시간당 이산화탄소 발생량과 발효 기체 압력 분석

- 상품김치 포장내 이산화탄소 발생량과 발효 기체 압력 측정

김치 포장 내 이산화탄소 발생량과 압력 실측값은 아래 표와 같다. 이산화탄소 30.50% 이하에서는 압력이 1 Bar 수준으로 확인되며, 이산화탄소 70% 이상부터는 압력이 급격하게 증가하였다.

< 김치포장내 이산화탄소 발생량과 압력 실측값 >

No.	CO ₂ Concentration (%)	Pressure (Bar)	No.	CO ₂ Concentration (%)	Pressure (Bar)
1	1.10	0.95	16	6.77	0.78
2	1.27	0.96	17	8.25	0.94
3	1.97	0.61	18	8.70	1.00
4	2.67	0.99	19	10.73	0.96
5	2.70	1.02	20	12.83	0.97
6	2.70	0.96	21	13.20	0.97
7	2.80	0.98	22	14.40	0.96
8	2.95	0.96	23	14.83	0.96
9	3.67	0.65	24	14.90	0.97
10	3.80	1.01	25	25.15	1.00
11	3.80	0.94	26	26.70	0.96
12	4.00	1.00	27	30.50	0.96
13	5.00	0.95	28	70.55	2.60
14	5.37	0.95	29	76.85	49.07
15	5.87	0.97	30	84.57	88.68

김치 포장내 이산화탄소 발생량과 압력 실측값을 통해 아래와 같은 식을 구하였으며, 이를 근거로 상품김치 품목 및 규격별 단위 시간당 이산화탄소 발생량과 발효 기체 압력 분석하였다.

Equation	Log-log line $Y=10^{(YIntercept + Slope \cdot \log(X))}$
Best-fit values	
YIntercept	-16.09
Slope	9.365
95% CI (profile likelihood)	
YIntercept	-19.40 to -13.25
Slope	7.882 to 11.09
Goodness of Fit	
Degrees of Freedom	28
R squared	0.9606
Sum of Squares	369.8
Sy.x	3.634

- 상품김치 품목 및 규격별 이산화탄소 발생량과 발효 기체 압력 예측값 분석

아래 표는 상품김치 품목 및 규격별 이산화탄소 발생량에 따른 압력 예측값을 분석한 것이다. 김치는 미숙, 적숙, 과숙으로 구분하여 분석하였으며, 미숙김치는 저장 전 김치이며, 적숙김치는 pH 4.2 ~ 4.5 또는 산도 0.8~1.0% 사이의 김치이며, 과숙김치는 pH 4.2 이하, 또는 산도 1% 이상의 김치를 사용하였다. 통기성 포장지를 적용한 모든 상품김치는 압력이 1 Bar 이하로 확인되어 통기성 포장 적용은 가스투과도에 관계없이 모든 상품김치 포장의 부풀음 및 파열 방지에 효과적임을 확인하였다. 가스흡착제를 사용한 경우 대부분 압력이 1 Bar 이하로 유지되었으나 규격이 100 g으로 소용량 맛김치의 경우 적숙기에 포장내부 이산화탄소가 59.67%로 증가하여 압력이 3.47 Bar 로 예측되어 통기성 포장 적용이 더 효과적임을 확인하였다. Multi-layered film bag 만을 사용한 총각김치는 적숙기 및 과숙기의 포장 내 이산화탄소는 57.43 및 71.20%이며, 압력은 적숙기 및 과숙기에 각각 2.42 및 18.13 Bar로 예측되었으며, 깍두기는 적숙기 및 과숙기의 포장내 이산화탄소는 76.85 및 84.57%이며, 적숙기와 과숙기에 압력이 각각 37.07 및 90.83 Bar로 예측되었다. 실제 측정 압력이 30 Bar 이상인 경우 포장 부풀음이 확인되고 80 Bar 이상인 경우는 포장지가 터질 듯이 팽창하므로 상품김치 포장 및 보관에 유의하여야 한다.

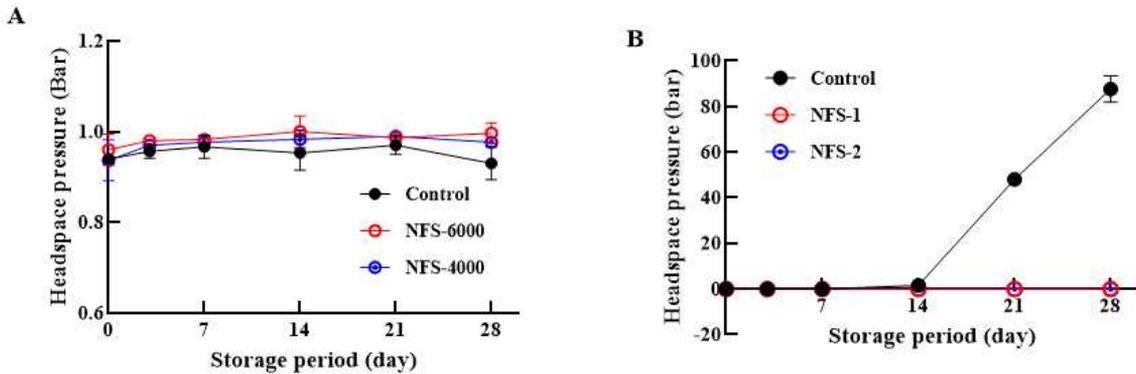
< 상품김치 품목 및 규격별 이산화탄소 발생량과 발효 기체 압력 예측값 >

No.	품목	규격	가스 흡착제	가스투과도 (mL O ₂ /m ² ·day·atm)	미숙		적숙		과숙	
					이산화탄소 (%)	압력 (Bar)	이산화탄소 (%)	압력 (Bar)	이산화탄소 (%)	압력 (Bar)
1	맛김치	100 g	○	-	1.23	< 1	59.67	3.47	54.73	1.5
2	맛김치	100 g	-	20,000	1.00	< 1	4.57	< 1	1.30	<
3	맛김치	100 g	-	40,000	0.73	< 1	0.10	< 1	0.10	<
4	맛김치	400 g	○	-	0.30	< 1	2.65	< 1	0.57	<
5	맛김치	400 g	-	25,000	4.00	< 1	9.70	< 1	4.50	<
6	맛김치	400 g	○	-	0.00	< 1	2.97	< 1	0.70	<
7	맛김치	400 g	-	6,000	4.00	< 1	5.87	< 1	2.70	<
8	맛김치	400 g	-	4,000	3.80	< 1	6.77	< 1	2.70	<
10	총각김치	400 g	-	-	21.17	< 1	57.43	2.42	71.20	18.
11	총각김치	400 g	-	40,000	0.30	< 1	2.17	< 1	1.43	<
12	깍두기	400 g	-	-	14.83	< 1	76.85	37.07	84.57	90.
13	깍두기	400 g	-	4,000	10.73	< 1	14.90	< 1	5.00	<
14	깍두기	400 g	-	4,000 & 반면적	12.83	< 1	30.50	< 1	13.20	<

- 저장 중 김치 발효에 의해 발생하는 기체 압력 측정 및 외관 변화 확인

저장 중 기체투과도 차이에 따른 포장 headspace 압력(Bar) 변화와 외관 변화는 아래 그림에 나타내었다. 기체투과도를 달리한 포장 맛김치의 압력은 저장 28일 동안 기체 압력은 0.65~1.02 Bar 수준을 유지하였다. 저장 28일 후 NFS 처리구 맛김치 시료에서 포장 팽창은 확인되지 않았다. 대조구로 CO₂ absorbent 부착한 multi-layered film bag을 사용하였기에 대조구 역시 포장 팽창은 확인

되지 않았다. 통기성 면적을 달리한 포장 적용 깍두기의 압력은 Multi-layered film bag을 사용한 대조구는 압력이 저장 초기 0.96 ± 0.01 Bar 에서 저장 28일 후 88.7 ± 5.6 Bar 로 저장 초기 대비 약 89% 증가하여 포장 팽창이 확인되었다. 반면 통기성 포장을 적용한 NFS-1과 NFS-2 처리구는 저장 28일동안 기체 압력 0.94 ~ 1.00 Bar 수준을 유지하였으며, 포장 팽창이 확인되지 않았다.



< 변온 저장 중 전면적 통기성 포장지 적용한 맛김치(A)와 전면적과 반면적 통기성 필름 포장한 깍두기(B)의 포장 압력 변화 >

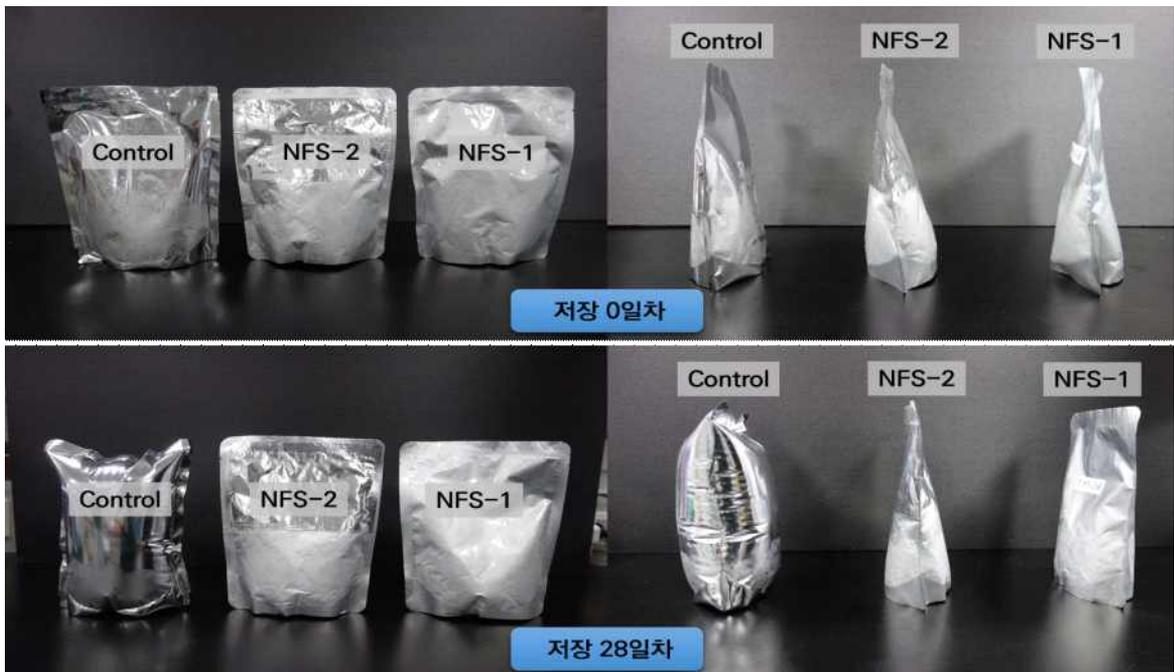
- 모의 유통환경에서 NFS 전면적 통기성 포장지의 기체 투과도에 따른 저장 중 김치의 품질과 숙성도 변화에 미치는 영향 구명

[실험조건 1. 기체투과도를 달리한 통기성 포장 적용 맛김치 저장 실험]

- 변온 저장 중 포장지의 기체 투과도에 따른 맛김치의 미생물학적 특성 변화를 아래 그림에 나타내었다. 저장 초기 맛김치의 총 호기성 세균 수는 6.82 log CFU/g로 나타났다. 포장방법에 관계없이 모든 맛김치 시료의 총 호기성 세균 수는 저장 14일까지 증가하며 저장 21일부터 감소하였다. 저장 28일 경과 후 대조구의 총 호기성 세균 수는 5.71 log CFU/g이었으나 NFS-4000 및 NFS-6000 처리구의 총 호기성 세균 수는 각각 6.83 및 6.83 log CFU/g으로 대조군보다 유의적 ($P < 0.05$)으로 높았다. 대조구는 저장 21일 이후부터 총 호기성 세균 수가 감소했는데 이는 저장 기간이 증가할수록 호기성 세균이 이용할 수 있는 포장 내부의 headspace O₂ 농도의 감소와 젖산 발효에 의한 산성 환경에 영향을 받은 것으로 생각되었다. 반면 기체 투과성을 보유한 NFS 필름으로 포장된 NFS-4000과 NFS-6000 처리구의 경우 저장 21일 이후에도 포장 내부 headspace O₂를 일정 수준 유지하여 저장 기간 동안 총 호기성 세균 수의 감소를 지연시킨 것으로 판단되었다.
- 유산균은 김치 발효에 중요하지만 상품김치의 저장 및 유통 관점에서 유산균의 과도한 증식은 상품김치의 산도 증가, 조직감 연화 및 부패취 생성을 유발하여 상품성을 떨어뜨리는 요인이다. 저장 전 맛김치의 초기 유산균 수는 6.88 log CFU/g으로 나타났다. 모든 맛김치 시료의 유산균 수는 저장 7일까지 유의적 ($P < 0.05$)으로 증가하였고 최대 7.45 log CFU/g까지 증가하였다. 저장 14일 경과 후 대조구와 NFS-4000 처리구의 유산균 수는 저장 기간이 길어질수록 감소하는 경향을 보여주었지만 통기성 필름 포장 적용에 따른 유의적인 유산균 수 차이는 확인되지 않았다 ($P > 0.05$).
- 효모 및 곰팡이는 김치 고유의 풍미를 내는 미생물이지만 김치 저장 및 유통환경에서 과잉 생육 시 골마지라 불리는 김치 표면에 흰 반점이나 얇은 층을 형성하고 이미 또는 이취를 유발하여 상품성을 저하시키는 요인으로 여겨진다. 대조구의 효모 및 곰팡이 수는 저장 28일 동안 2.8~3.55 log CFU/g 수준을 유지하였다. 저장 21일 경과 후 NFS-6000 및 NFS-4000 처리구들의 효모 및 곰팡이 수는 각각 6.34 및 4.12 CFU/g으로 나타나 대조구의 효모 및 곰팡이 수보다 유의적 ($P < 0.05$)으로 높았다. 대조구는 저장기간이 증가함에 따라 포장 내부의 headspace O₂ 고갈로 인해



<변온 저장 중 전면적 통기성 포장지 적용한 맛김치 시료의 외관 변화>

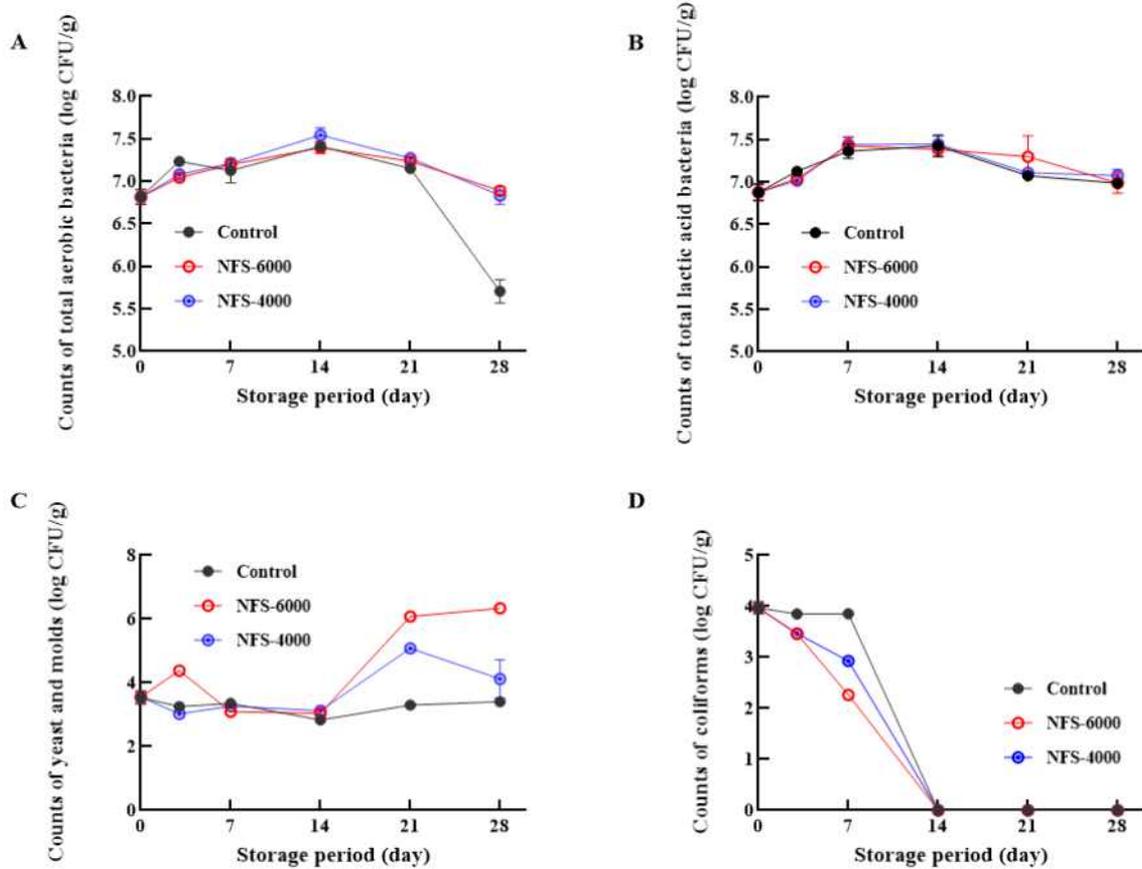


<변온 저장 중 전면적과 반면적 통기성 필름 포장한 깍두기 시료의 외관 변화>

호기성 효모 등의 불활성화로 효모 및 곰팡이 수가 일정하게 유지하는 것으로 판단되었다. 포장지의 기체투과도를 낮추거나 통기성 기능을 가진 면적을 줄일 경우 맛김치의 효모 및 곰팡이 수를 제어가 가능할 것으로 사료되었다.

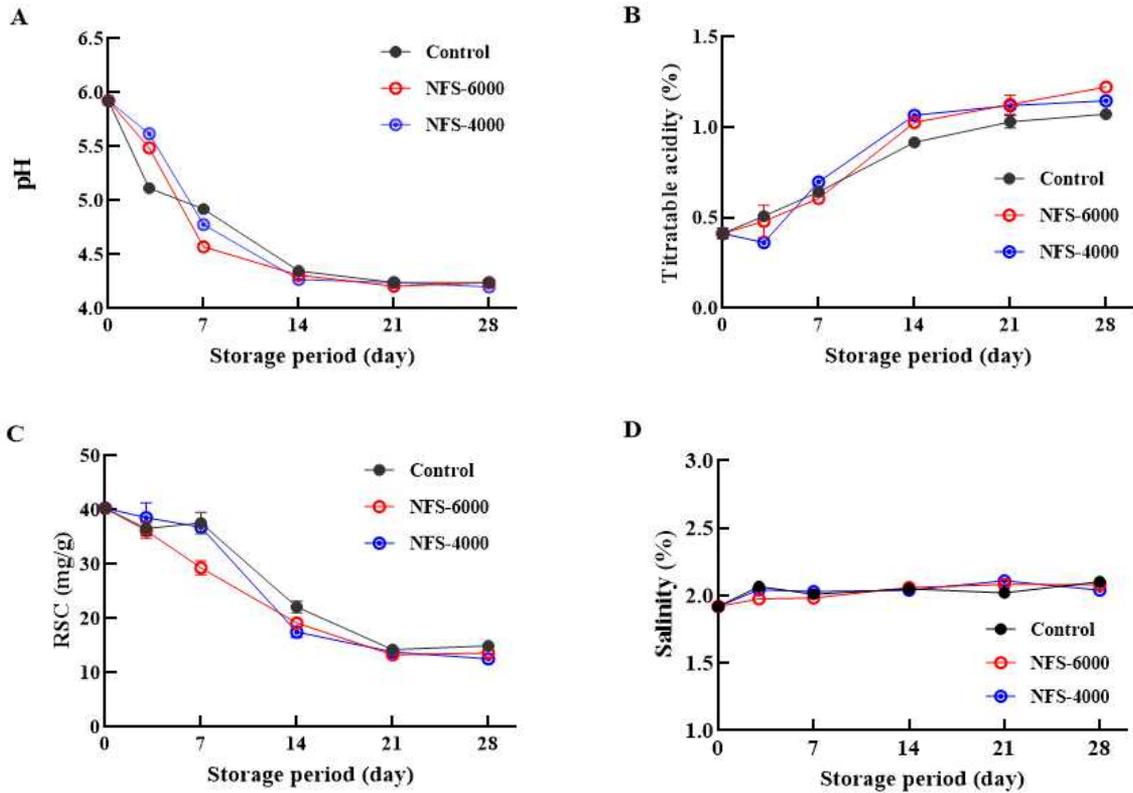
- 저장 초기 맛김치의 총 대장균군 수는 3.97 log CFU/g이었고 모든 맛김치 시료는 포장방법에 관계없이 저장 기간이 경과함에 따라 감소하였음. 저장 7일 경과 후 대조구의 총 대장균군 수는 3.86 log CFU/g이었으나 NFS-6000, NFS-4000 처리구들의 총 대장균군 수는 각각 2.26 및 2.93 log CFU/g으로 대조군에 비해 유의적으로 낮았다($P < 0.05$). 모든 맛김치 시료의 총 대장

균군 수는 저장 14일 이후부터 검출한계(1 log CFU/g) 이하까지 감소하였다.



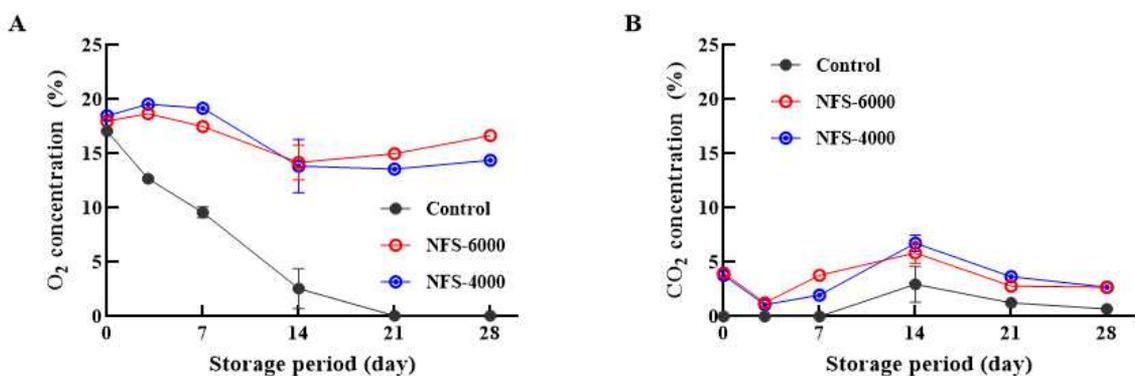
<변온 저장 중 포장지 기체 투과도에 따른 맛김치의 미생물학적 특성 변화>

- 변온 저장 중 기체 투과도에 따른 맛김치의 이화학적 특성 변화를 아래 그림에 나타내었다. 저장 전 맛김치의 초기 pH는 5.92로 측정되었으며 저장 기간이 길어질수록 포장 방법에 관계없이 유의적으로 감소하여 4.20~4.24 수준을 보여주었다($P < 0.05$). 적숙기 맛김치의 pH는 일반적으로 4.2~4.6으로 보고되는데 NFS-6000 처리구는 저장 7일, 대조구와 NFS-4000 처리구는 저장 14일 경과 후 적숙기에 해당하는 pH 수준에 도달하였다. 저장 14일 이후 동일 보관 날짜의 모든 맛김치 시료의 pH는 유의적인 차이가 없었다($P < 0.05$).
- 초기 맛김치 시료의 적정산도는 0.31%로 나타나 미숙 상태로 확인되었다. 모든 맛김치 시료는 저장 기간이 증가할수록 적정산도가 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$). 일반적으로 적숙기 맛김치의 적정산도는 0.6~0.8%로 보고되는데 저장 7일 경과 후 모든 맛김치 시료의 적정산도가 0.61~0.70% 수준을 보여주어 적숙기에 진입하였다. 저장 21일 이후 모든 맛김치 시료의 적정산도가 1% 이상으로 측정되어 적숙기를 거쳐 과숙기에 진입한 것을 보여주었다. 저장 28일 경과 후 맛김치의 적정산도는 1.07~1.22% 수준을 나타내었으며 NFS-6000 및 NFS-4000 처리구가 대조구보다 유의적으로 높았다 ($P < 0.05$). 따라서 pH와 적정산도 연구 결과를 통해 대조구와 NFS-4000 처리구의 발효 양상이 유사한 것으로 확인되었다.
- 초기 맛김치의 환원당 함량은 40.34 mg/g으로 측정되었다. 모든 맛김치 시료의 환원당은 저장 기간이 길어질수록 유의적으로 감소하였다($P < 0.05$). 저장 온도를 1°C에서 6°C로 변경한 저장 7~14일 사이에 맛김치의 환원당 함량이 급격한 감소가 나타났으며 이는 유산균 증식 및 젖산 발효로 인해 환원당 함량이 감소된 것으로 생각되었다.
- 초기 맛김치의 염도는 2.00%으로 측정되었고 저장 기간 동안 2.00~2.08% 수준을 유지하였으며 모든 맛김치 시료 간의 유의적인 차이는 없었다($P < 0.05$). 맛김치의 염도는 저장 온도와 통기성 포장 여부에 영향을 받지 않는 것으로 판단되었다.



<변온 저장 중 포장지 기체 투과도에 따른 맛김치의 이화학적 특성 변화>

- 변온 저장 중 포장지의 기체투과도 차이에 따른 내부 headspace의 CO₂와 O₂ 농도는 아래에 그림으로 나타내었다. 저장 기간 동안 모든 맛김치 시료의 포장 내 headspace의 CO₂ 농도는 평균 7% 이하를 유지하였다. 대조구의 포장 내부 CO₂ 농도는 저장 7일까지 평균 0% 수준이었으며 이는 내부에 부착된 CO₂ absorbers sachet에 의해 포장 내부의 CO₂가 흡수된 것에 기인한다. 저장 3일까지 NFS-6000와 NFS-4000 처리구의 headspace CO₂ 농도는 유의적으로($P < 0.05$) 감소했기 때문에 통기성 포장지는 내부 축적한 CO₂의 배출 효과가 있다고 판단된다. 모든 맛김치 시료는 저장 7일 이후부터 내부 CO₂ 농도가 증가하다가 저장 14일 이후부터는 감소하는 양상을 보였으며, 이는 이형 발효유산균(heterofermentative lactic acid bacteria) 증식으로 인한 CO₂ 발생량 증가에 기인한 것으로 생각되었다. 저장 28일 후 NFS-6000와 NFS-4000 처리구의 내부 headspace CO₂ 농도는 2.80%과 2.48%로 각각 나타났고 대조구는 0.98%로 관찰되었다.



<변온 저장 중 전면적 통기성 포장지 적용한 맛김치의 포장 내부 headspace의 O₂(A) 및 CO₂(B) 농도 변화>

- 전면적 통기성 포장 필름의 기체투과도 차이에 따른 맛김치의 관능적 품질 변화는 아래 표와 같다. 저장 21일까지 대조구, NFS-4000과 NFS-6000 처리구 사이에 외관, 냄새, 맛, 조직감과 종합적 기호도 항목에서 유의적 차이는 확인되지 않았다. 한편 저장 28일에 냄새, 조직감 및 종합적 기호도 항목에서 대조구와 비교하여 NFS-6000 처리구가 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. 그러나 대조구와 NFS-4000 처리구 사이에 외관, 맛과 종합적 기호도 값은 뚜렷한 차이가 확인되지 않았다.

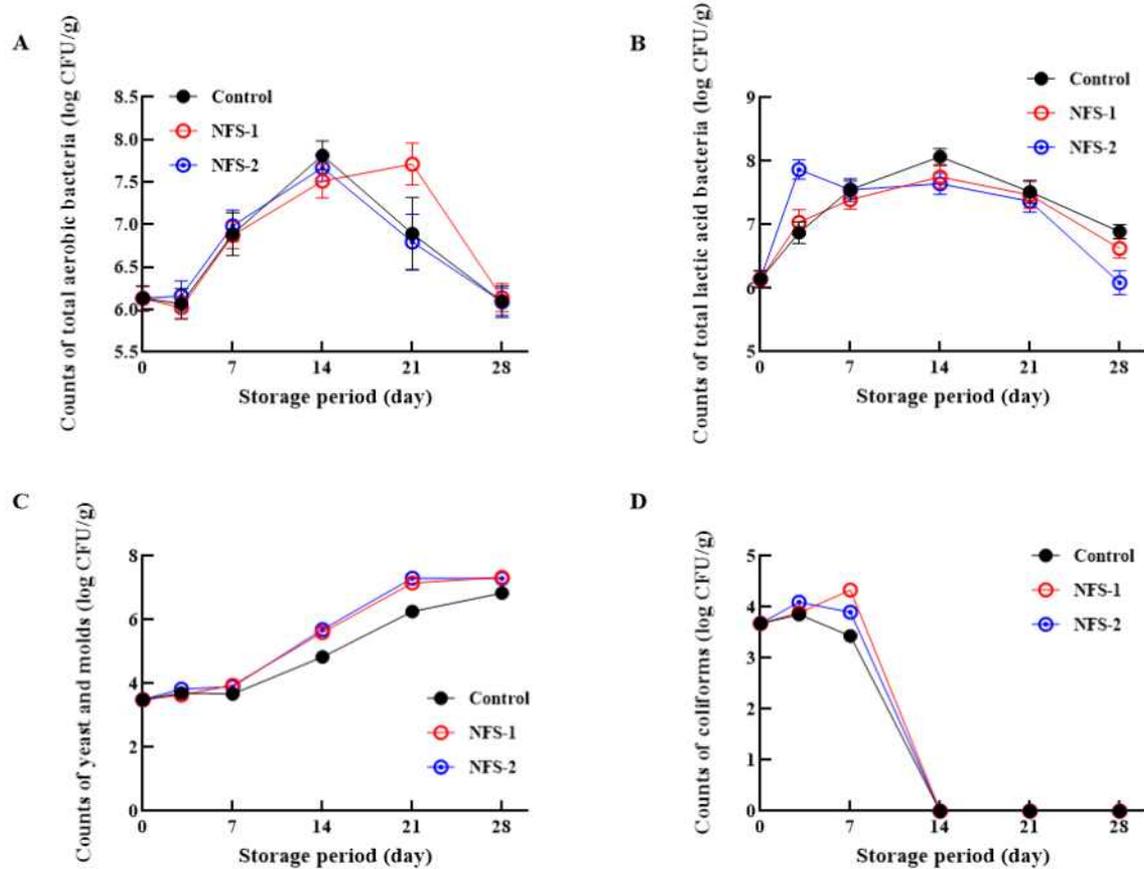
< 변온 저장 중 포장지 기체 투과도에 따른 맛김치의 관능적 품질 변화 >

항목	처리구	저장 기간(일)					
		0	3	7	14	21	28
외관	Control	5.89±1.30 ^a	6.17±1.34 ^a	5.33±1.15 ^a	6.08±1.38 ^a	5.70±1.54 ^a	6.10±1.30 ^a
	NFS-6000	5.89±1.30 ^a	5.83±1.11 ^a	5.92±1.31 ^a	5.33±1.07 ^b	5.55±1.29 ^a	5.80±1.30 ^a
	NFS-4000	5.89±1.30 ^a	6.25±0.87 ^a	6.08±1.56 ^a	6.08±1.00 ^a	6.07±1.19 ^a	5.80±1.30 ^a
냄새	Control	5.83±1.36 ^a	6.08±1.44 ^a	5.83±0.83 ^a	5.58±1.08 ^a	6.23±1.07 ^a	6.30±1.30 ^a
	NFS-6000	5.83±1.36 ^a	5.92±1.56 ^a	5.50±1.00 ^a	5.58±1.38 ^a	5.98±1.08 ^a	4.70±1.30 ^a
	NFS-4000	5.83±1.36 ^a	6.08±1.51 ^a	5.75±1.54 ^a	5.75±1.06 ^a	6.13±1.37 ^a	5.30±1.30 ^a
맛	Control	5.25±1.89 ^a	5.58±2.19 ^a	5.58±1.51 ^a	5.17±1.34 ^a	5.13±1.19 ^a	5.70±1.30 ^a
	NFS-6000	5.25±1.89 ^a	6.08±1.93 ^a	5.08±1.51 ^a	5.83±1.34 ^a	5.80±1.31 ^a	5.30±1.30 ^a
	NFS-4000	5.25±1.89 ^a	5.75±2.01 ^a	5.58±1.31 ^a	5.50±1.88 ^a	6.10±1.54 ^a	5.40±1.30 ^a
조직감	Control	5.47±1.50 ^a	5.92±1.93 ^a	5.08±1.68 ^a	5.08±1.73 ^a	5.28±1.51 ^a	6.60±1.30 ^a
	NFS-6000	5.47±1.50 ^a	6.33±1.61 ^a	5.17±1.27 ^a	5.92±1.44 ^a	5.50±1.45 ^a	5.50±1.30 ^a
	NFS-4000	5.47±1.50 ^a	5.75±1.83 ^a	5.08±1.56 ^a	5.83±1.27 ^a	5.92±1.31 ^a	5.30±1.30 ^a
종합적 기호도	Control	5.17±1.93 ^a	5.50±2.15 ^a	5.33±1.50 ^a	5.13±1.19 ^a	5.38±1.24 ^a	6.30±1.30 ^a
	NFS-6000	5.17±1.93 ^a	6.00±1.86 ^a	5.17±1.40 ^a	5.58±1.31 ^a	5.62±1.08 ^a	4.80±1.30 ^a
	NFS-4000	5.17±1.93 ^a	5.83±2.12 ^a	5.58±1.56 ^a	5.58±1.73 ^a	5.90±1.35 ^a	5.40±1.30 ^a

[실험조건 2. 통기성 면적을 달리한 포장 적용 깎두기 저장 실험]

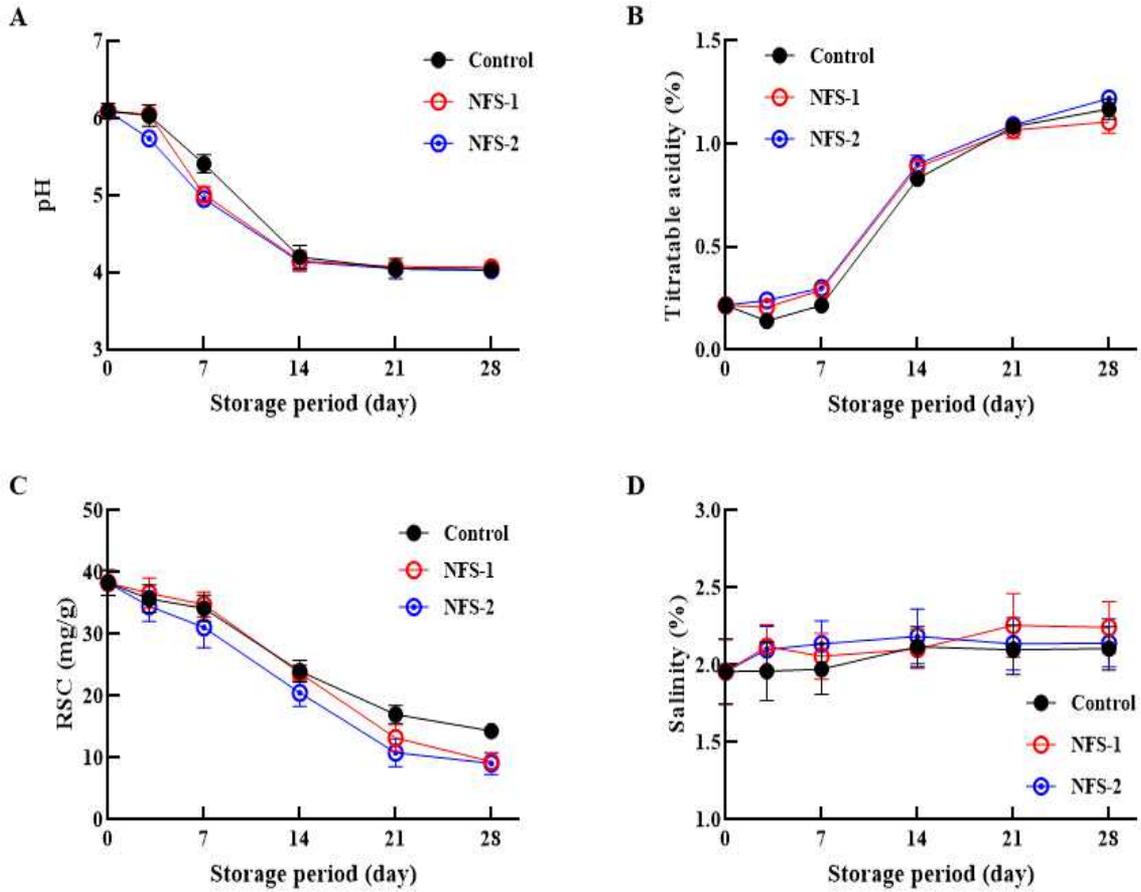
- 아래 그림은 변온 저장 중 포장지의 기체 투과 면적에 따른 깎두기의 미생물학적 특성을 나타낸 것이다. 저장 초기 깎두기의 총 호기성 세균 수는 6.13 log CFU/g이었고 저장 28일 후 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구의 총 호기성 세균 수는 6.09~6.14 log CFU/g 수준으로 시료 간의 유의적인 차이를 나타내지 않았다($P < 0.05$). 대조구와 NFS-2 처리구는 저장 14일까지 각각 최대 7.81, 7.67 log CFU/g으로 증가하다가 저장 말기까지 감소하는 경향을 보여준 반면 NFS-1 처리구는 저장 21일에 최대 7.71 log CFU/g까지 증가한 다음 이후 감소하여 저장 28일에 6.14 log CFU/g을 보여주었다.
- 저장 초기 깎두기 시료의 총 유산균 수는 6.15 log CFU/g이었으며 저장 28일 이후 대조구, NFS-1 및 NFS-2 처리구의 총 유산균 수는 6.09~6.89 log CFU/g 수준이었다. 저장 기간이 경과함에 따라 대조구와 NFS-1 처리구의 총 유산균 수는 각각 최대 8.07, 7.75 log CFU/g까지 증가하였으며 저장 21일 이후에도 약 6 log CFU/g 이상을 유지하였다. 반면 NFS-2 처리구의 유산균 수는 저장 3일까지 7.87 log CFU/g까지 유의적($P < 0.05$)으로 증가하다가 저장 말기까지 감소하는 경향을 보였다.
- 저장 초기 깎두기의 효모 및 곰팡이 수는 3.5 log CFU/g이었으며 저장 기간이 증가함에 따라 유의적($P < 0.05$)으로 증가하여 저장 28일 후 대조구, NFS-1, NFS-2 처리구들의 효모 및 곰팡이 수는 각각 6.84, 7.33 및 7.30 log CFU/g을 나타내었다. 통기성 포장 처리구가 대조구와 비교하여 유의적($P < 0.05$)으로 높은 효모 및 곰팡이 수를 나타내었다.
- 저장 중 깎두기의 총 대장균군 수는 3.68 log CFU/g이었으며 저장 7일 후 대조구, NFS-1, NFS-2 처리구의 대장균군 수는 3.43~4.34 log CFU/g 수준을 나타내었다. 반면 저장 14일 후

포장방법에 관계없이 모든 깍두기 시료의 대장균군 수는 검출한계(1 log CFU/g) 이하까지 감소하였다. 이러한 결과는 저장기간이 길어짐에 따라 김치 포장 내부의 젖산 발효 진행을 조성된 산성과 혐기 환경이 대장균군 생육에 영향을 미친 것으로 판단되었다.



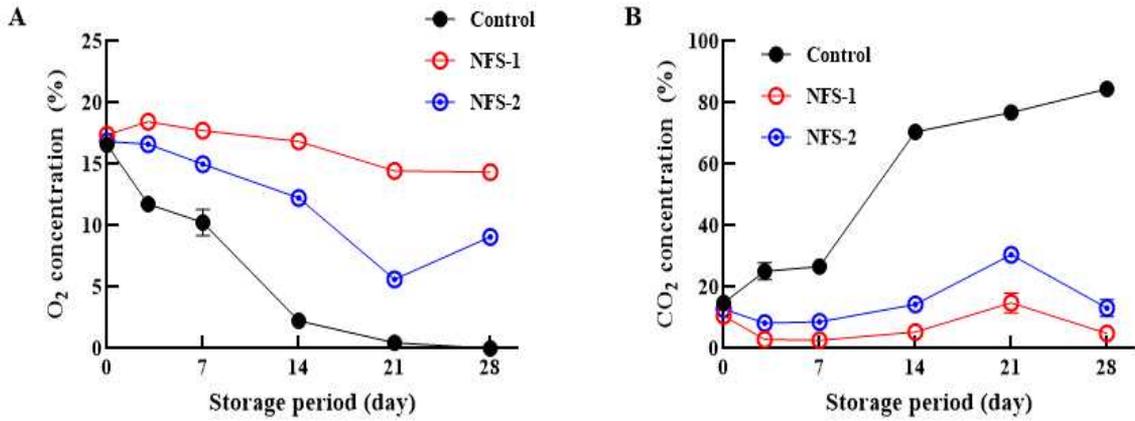
<변온 저장 중 전면적과 반면적 통기성 필름 포장한 깍두기의 미생물학적 특성 변화>

- 변온 저장 중 포장지의 기체 투과 면적에 따른 깍두기의 이화학적 품질 변화를 아래에 그림으로 나타내었다. 저장 초기 깍두기의 pH는 6.09이었으며 저장 28일 후 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구의 pH는 4.03~4.06 수준을 보여주어 포장지의 기체 투과 면적에 따른 유의적인 차이는 확인되지 않았다($P < 0.05$).
- 저장 전 깍두기의 적정 산도는 0.22%이었으며 저장 28일 후 대조구, NFS-1 및 NFS-2 처리구들의 적정산도는 각각 1.17, 1.11 및 1.22% 이었다. 모든 깍두기 시료의 적정산도는 포장방법에 관계 없이 저장 기간이 길어짐에 따라 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$). 저장 14일까지 NFS 처리구의 적정산도는 대조구에 비해 다소 높은 값을 보였지만 저장 21일부터 NFS-2 처리구의 적정산도는 대조구와 비교하여 유의적인 차이를 나타내지 않았다($P > 0.05$).
- 초기 깍두기 시료의 환원당 함량은 36.30 mg/g으로 측정되었다. 저장 28일 이후 대조구, NFS-1 및 NFS-2 처리구들의 환원당 함량은 각각 13.34, 9.41 및 9.10 mg/g으로 나타났으며 대조구와 NFS 처리구 간에 유의적인 차이가 있었다($P < 0.05$).
- 변온 저장 중 포장지의 기체 투과 면적에 따른 깍두기의 염도 변화는 아래에 나타내었다. 변온 저장 28일 동안 대조구, NFS-1, NFS-2 처리구의 염도는 1.96~2.26%를 나타내었으며 포장지의 기체 투과 면적과 저장 온도 및 기간에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P > 0.05$).



<변온 저장 중 전면적과 반면적 통기성 필름 포장한 잣두기의 이화학적 특성 변화>

- 변온 저장 중 전면적과 반면적 통기성 포장 필름 적용한 잣두기 시료의 포장 내부 headspace O₂ 와 CO₂ 농도 변화는 아래에 나타내었다. 저장 초기 대조구의 headspace O₂ 농도는 16.6%였으나 저장 28일 후 0%까지 감소하여 혐기(anaerobic) 상태를 나타냈었다. 28일 저장기간 동안 NFS-1 처리구의 포장 내부 headspace O₂ 농도는 약 14~18% 범위를 유지하였다. 반면 NFS-2 처리구의 포장 내부 headspace O₂ 농도는 저장 14일까지 약 12~17% 수준을 유지하였다가 저장 21~28일 동안 약 5~9% 수준을 나타냈었다. 저장 초기 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구의 포장 내부 headspace CO₂ 농도는 10.7~14.8% 수준을 나타냈다. 저장 28일 후 대조구의 headspace CO₂ 농도는 84.6%로 저장 초기 대비 약 70% 증가였다. 저장 21일 후 NFS-1과 NFS-2의 headspace CO₂ 농도는 14.9와 30.5%까지 각각 증가하였다가 저장 28일 후 감소하는 양상을 보였다.



<변온 저장 중 전면적과 반면적 통기성 필름 포장한 깍두기의 포장 내부 headspace의 O₂(A) 및 CO₂(B) 농도 변화>

- 변온 저장 중 통기성 포장 필름 종류에 따른 깍두기의 관능적 품질 변화는 아래 표에 나타내었다. 저장 3일까지 대조구, NFS-1과 NFS-2 처리구 사이에 외관, 냄새, 맛, 조직감과 종합적 기호도 항목에서 유의적 차이는 확인되지 않았다. 반면 저장 7일 후 NFS-1 처리구의 외관, 냄새, 종합적 기호도 값이 대조구에 비해 유의적으로 낮았다. 반면 28일 저장기간 동안 NFS-2 처리구의 외관, 냄새, 종합적 기호도 값은 대조구와 비교하여 유의적인 차이를 나타내지 않았다($P < 0.05$). 본 연구 결과 반면적 통기성 포장 필름은 깍두기의 관능적 품질에 부정적 영향을 미치지 않으면서 저장기간 동안 포장 팽창을 효과적으로 억제할 수 있음이 확인되었다.

< 변온 저장 중 전면적과 반면적 통기성 포장지 적용한 깍두기의 관능적 품질 변화 >

항목	처리구	저장 기간(일)				
		0	3	7	14	21
외관	Control	5.92±1.27 ^a	6.25±0.75 ^a	6.25±1.29 ^a	6.33±1.07 ^a	6.50±0.67 ^a
	NFS-1	5.92±1.27 ^a	5.67±1.23 ^a	5.08±0.90 ^b	6.17±0.83 ^a	6.00±1.04 ^a
	NFS-2	5.92±1.27 ^a	5.58±1.08 ^a	6.33±1.23 ^a	6.42±1.00 ^a	6.25±0.75 ^a
냄새	Control	5.81±1.43 ^a	6.00±0.95 ^a	5.50±1.51 ^a	6.17±1.27 ^a	5.42±1.68 ^a
	NFS-1	5.81±1.43 ^a	5.83±0.83 ^a	4.83±0.58 ^b	5.50±1.31 ^a	4.75±1.29 ^a
	NFS-2	5.81±1.43 ^a	6.42±1.38 ^a	5.08±1.16 ^{ab}	6.33±1.07 ^a	5.25±1.06 ^a
맛	Control	5.25±1.48 ^a	5.33±1.37 ^a	4.92±1.44 ^a	5.83±1.75 ^a	4.83±1.53 ^a
	NFS-1	5.25±1.48 ^a	6.08±1.62 ^a	4.50±1.62 ^a	5.58±1.24 ^a	4.17±1.34 ^a
	NFS-2	5.25±1.48 ^a	5.75±2.05 ^a	4.75±1.71 ^a	5.75±1.29 ^a	4.67±1.67 ^a
조직감	Control	5.00±1.60 ^a	5.58±1.51 ^a	5.50±1.73 ^a	5.75±1.54 ^a	4.50±1.88 ^a
	NFS-1	5.00±1.60 ^a	5.54±1.62 ^a	4.75±1.29 ^a	5.42±1.68 ^a	4.33±1.87 ^a
	NFS-2	5.00±1.60 ^a	5.08±2.19 ^a	5.42±1.51 ^a	5.83±1.47 ^a	4.67±1.37 ^a
종합적 기호도	Control	5.17±1.52 ^a	5.25±1.36 ^a	5.25±1.48 ^a	5.92±1.62 ^a	4.92±1.31 ^a
	NFS-1	5.17±1.52 ^a	5.75±1.60 ^a	4.42±1.38 ^b	5.67±1.30 ^a	4.00±1.60 ^a
	NFS-2	5.17±1.52 ^a	5.67±1.78 ^a	4.83±1.70 ^{ab}	5.58±1.38 ^a	4.75±1.42 ^a

- NFS 전면적 통기성 포장지가 적용된 김치의 저장 중 품질 예측 모델 수립

[실험조건 1. 기체투과도를 달리한 통기성 포장 적용 맛김치 저장 실험 품질 지표의 상관관계]

- 변온 저장 중 multilayer film (대조구)과 NFS 전면적 통기성 film bag에 포장된 맛김치의 저장온도, 품질 지표(pH, 적정산도와 환원당 함량), 내부 headspace CO₂ 농도와 총 유산균 수 간 상관관계를 분석한 결과는 아래 표에 나타냈다. 변온 저장한 대조구, NFS-6000과 NFS-4000 처리구 맛김치의 저장 온도는 pH와 음의 상관관계(-0.741~-0.797)를 보였고 저장 온도와 적정산도와 유의적인($P < 0.05$) 양의 상관관계를 보였으며 저장온도는 환원당 함량과 유의적인($P < 0.05$) 음의 상관관계를 나타냈다. 변온 저장한 대조구와 NFS-4000 처리구 맛김치의 pH는 적정산도와 유의적인($P < 0.01$) 음의 상관관계를 나타낸 반면 환원당 함량과 유의적인($P < 0.05$) 양의 상관관계가 확인되었다. 변온 저장한 대조구, NFS-6000과 NFS-4000 처리구의 적정산도는 환원당 함량과 유의적인($P < 0.01$) 음의 상관관계(-0.965~-0.987)를 나타냈다. 한편 변온 저장한 대조구와 NFS-4000 처리구의 환원당 함량과 총 유산균 수의 상관계수는 -0.224~0.004 수준으로 나타나 환원당 함량-총 유산균 수의 상관성을 나타내지 않았다. 변온 저장한 대조구 맛김치의 총 유산균 수는 저장 온도, pH, 적정산도, 환원당 함량과 -0.389~0.260의 상관계수를 나타내 총 유산균 수-저장온도, 총 유산균 수-pH, 총 유산균 수-적정산도, 총 유산균 수-환원당 함량의 상관성은 없었다.

[변온 저장한 맛김치의 온도, pH, 적정산도, 환원당 함량, 포장 내부 headspace CO₂ 농도와 총 유산균 수 간 Pearson's correlation coefficient]

	Parameter	Temperature	pH	Titrateable acidity	Reducing sugar content	Headspace CO ₂	Total lactic acid bacteria
맛김치 (Control)	Temperature	1	-	-	-	-	-
	pH	-0.787	1	-	-	-	-
	Titrateable acidity	0.832*	-0.945**	1	-	-	-
	Reducing sugar content	-0.861*	0.893*	-0.974**	1	-	-
	Headspace CO ₂	0.879*	-0.625	0.614	-0.605	1	-
	Total lactic acid bacteria	0.260	-0.389	0.155	0.004	0.517	1
맛김치 (NFS-6,000)	Temperature	1	-	-	-	-	-
	pH	-0.741	1	-	-	-	-
	Titrateable acidity	0.843*	-0.887*	1	-	-	-
	Reducing sugar content	-0.839*	0.938**	-0.987**	1	-	-
	Headspace CO ₂	0.395	-0.236	0.160	-0.137	1	-
	Total lactic acid bacteria	0.452	-0.661	0.294	-0.413	0.444	1
맛김치 (NFS-4,000)	Temperature	1	-	-	-	-	-
	pH	-0.797	1	-	-	-	-
	Titrateable acidity	0.857*	-0.968**	1	-	-	-
	Reducing sugar content	-0.886*	0.902*	-0.965**	1	-	-
	Headspace CO ₂	0.713	-0.388	0.491	-0.467	1	-
	Total lactic acid bacteria	0.331	-0.580	0.415	-0.224	0.359	1

Level of significance: *** $P < 0.001$, ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

[실험조건 2. 통기성 면적을 달리한 포장 적용 각두기 저장 실험 품질 지표의 상관관계]

- 변온 저장 중 multilayer film (대조구)과 NFS 전면적 통기성 film bag에 포장된 깍두기의 저장온도, 품질 지표(pH, 적정산도와 환원당 함량), 내부 headspace CO₂ 농도와 총 유산균 수 간 상관관계를 분석한 결과는 아래 표에 나타났다. 변온 저장한 대조구, NFS-전면적과 NFS-반면적 처리구의 저장온도는 pH와 유의적인($P > 0.05$) 음의 상관관계를 나타내었고 적정산도와 유의적인($P > 0.05$) 양의 상관관계를 나타내었다. 변온 저장한 대조구, NFS-전면적과 NFS-반면적 처리구의 pH와 적정산도의 상관계수는 각각 -0.960, -0.932와 -0.922를 나타내어 유의적인($P > 0.01$) 음의 상관관계를 나타냈다. 변온 저장한 대조구와 NFS-반면적 처리구의 pH와 환원당 함량의 상관계수는 0.954와 0.936 수준으로 나타나 유의적인($P > 0.01$) 상관성을 나타내었다. 변온 저장한 대조구, NFS-전면적과 NFS-반면적 처리구의 적정산도는 환원당 함량과 유의적인($P < 0.01$) 음의 상관관계(-0.988~-0.975)를 나타냈다. 반면 변온 저장한 NFS-전면적과 NFS-반면적 처리구의 환원당 함량과 총 유산균 수의 상관계수는 -0.396~0.149 수준으로 나타나 환원당 함량-총 유산균 수의 상관성은 없었다. 한편 변온 저장한 NFS 처리구 깍두기 포장 headspace CO₂농도와 총 유산균 수의 상관계수는 -0.125~-0.008 수준으로 나타나 headspace CO₂ 농도-총 유산균 수의 상관관계는 유의하지 않았다($P > 0.05$).

[변온 저장한 깍두기의 온도, pH, 적정산도, 환원당 함량, 포장 내부 headspace CO₂ 농도와 총 유산균 수 간 Pearson's correlation coefficient]

	Parameter	Temperature	pH	Titrateable acidity	Reducing sugar content	Headspace CO ₂	Total lactic acid bacteria
깍두기 (Control)	Temperature	1	-	-	-	-	-
	pH	-0.886*	1	-	-	-	-
	Titrateable acidity	0.840*	-0.960**	1	-	-	-
	Reducing sugar content	-0.797	0.954**	-0.988**	1	-	-
	Headspace CO ₂	0.863*	-0.979**	0.981**	-0.984**	1	-
	Total lactic acid bacteria	0.660	-0.611	0.378	-0.396	0.506	1
깍두기 (전면적)	Temperature	1	-	-	-	-	-
	pH	-0.844*	1	-	-	-	-
	Titrateable acidity	0.874*	-0.932**	1	-	-	-
	Reducing sugar content	-0.759	0.889*	-0.975**	1	-	-
	Headspace CO ₂	0.454	-0.182	0.350	-0.326	1	-
	Total lactic acid bacteria	0.584	-0.545	0.329	-0.219	-0.125	1
깍두기 (반면적)	Temperature	1	-	-	-	-	-
	pH	-0.838*	1	-	-	-	-
	Titrateable acidity	0.837*	-0.922**	1	-	-	-
	Reducing sugar content	-0.793	0.936**	-0.984**	1	-	-
	Headspace CO ₂	0.742	-0.533	0.614	-0.634	1	-
	Total lactic acid bacteria	0.145	-0.063	-0.210	0.149	-0.008	1

Level of significance: *** $P < 0.001$, ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

[실험조건 1. 기체투과도를 달리한 통기성 포장 적용 맛김치 저장 실험 품질 지표의 상관관계]

- NFS 포장 맛김치의 변온 저장 중 pH 실측값 및 예측 모델을 통해 계산된 예측값을 아래의 표에 나타내었다. 맛김치의 pH 실측값은 포장방법에 관계없이 저장 기간이 경과할수록 낮아졌다. 모든 품질예측 모델의 pH 예측값도 저장 기간이 증가함에 따라 감소하는 모습을 보여주었다.

< NFS 포장 맛김치의 변온 저장 중 pH 실측값 및 예측 모델에 따른 예측값 >

처리구	저장 일자	Observed value	Predicted value Model		
			Linear regression	Exponential	One phase dissociation
Control	0	5.93	5.45	5.93	5.92
	3	4.11	5.29	5.72	4.77
	7	4.92	5.08	5.45	4.44
	14	4.35	4.70	5.02	4.21
	21	4.24	4.32	4.61	4.20
	28	4.24	3.94	4.24	4.20
NFS-6000	0	5.93	5.49	5.56	6.01
	3	5.49	5.32	5.35	5.28
	7	4.57	5.09	5.08	4.73
	14	4.31	4.69	4.64	4.34
	21	4.21	4.29	4.24	4.22
	28	4.24	3.88	3.87	4.18
NFS-4000	0	5.93	5.59	5.67	6.03
	3	5.62	5.41	5.44	5.40
	7	4.78	5.16	5.15	4.87
	14	4.27	4.73	4.67	4.40
	21	4.24	4.29	4.25	4.21
	28	4.20	3.86	3.86	4.14

- NFS 포장 맛김치의 pH 예측 모델의 적합성 평가를 위한 통계적 지표를 아래에 나타내었다. RSME는 모델의 예측값과 실제값 사이의 차이 면적의 합에 제곱근을 씌운 것으로 score가 높을수록 모델의 성능이 낮다고 판단된다. 맛김치의 종류에 상관없이 Linear regression과 Exponential 모델이 각각 0.2870~0.3565과 0.2925~0.3636 수준을 보여주었고 One phase dissociation 모델은 0.0994~0.1320 수준을 보여주었다.
- R^2 은 실제 측정값과 회귀 분석을 통해 예측된 값이 얼마나 일치하는 지를 나타내는 값으로서 일반적으로 높을수록 모델의 성능이 좋다고 평가된다. Linear regression 모델의 R^2 값은 0.7168~0.7824 수준을 보여주었고, Exponential model은 0.7558~0.8994 수준, One phase dissociation 모델은 0.9390~0.9697 수준을 보여주었다. R^2_{adj} 값은 표본의 크기와 독립변수 수를 고려하여 계산한 결정 계수를 의미하며 R^2 와 유사하게 값이 높을수록 모델의 적합성이 높다는 것을 보여준다. R^2_{adj} 값 또한 One phase dissociation 모델이 0.8983~0.9495 수준을 보여주어 가장 높았다.
- A_f 는 실측값과 예측값이 일치하게 되면 1을 나타내는 것으로 1에서 멀어질수록 모델의 정확도가 떨어진다고 보고되었으며 모든 품질 예측 모델의 A_f 값은 1.02~1.05 수준을 나타내었다. B_f 의 값이 0.9~1.05 사이면 예측 모델의 우수, 0.7~0.9 또는 1.06~1.15이면 보통으로 판단하는데 모든 모델의 B_f 값은 1.00 수준을 나타내 우수하다고 평가되었다. 세 가지 품질 예측 모델의 통계적 지표를 분석하였을 때 A_f 와 B_f 에서는 모든 품질예측 모델이 우수하다고 평가되었지만 RMSE, R^2 , R^2_{adj} 값 모두 One phase dissociation 모델이 다른 두 모델에 비해서 더 우수하다고 생각되었다.

< NFS 포장 맛김치의 pH 예측 모델의 적합성 평가를 위한 통계적 지표 >

처리구	Model	Goodness of fit statistics				
		RMSE	R ²	R ² _{adj}	A _f	B _f
Control	Linear regression	0.2870	0.7743	0.6238	1.0542	1.0010
	Exponential	0.2925	0.7558	0.5930	1.0501	1.0002
	One phase dissociation	0.0994	0.9697	0.9495	1.0145	1.0001
NFS-6000	Linear regression	0.3565	0.7168	0.5280	1.0699	1.0023
	Exponential	0.3636	0.8207	0.7012	1.0631	1.0012
	One phase dissociation	0.1281	0.9699	0.9498	1.0186	1.0005
NFS-4000	Linear regression	0.3236	0.7824	0.6373	1.0639	1.0016
	Exponential	0.3222	0.8994	0.8323	1.0564	1.0006
	One phase dissociation	0.1320	0.9390	0.8983	1.0213	1.0005

- NFS 포장 맛김치의 변온 저장 중 적정산도 실측값 및 예측 모델에 따른 적정산도 예측값을 아래에 나타내었다. 맛김치의 pH 실측과 품질예측 모델에 의한 산출된 예측 모두 저장 기간이 증가함에 따라 감소하는 모습을 보여주었다.

< NFS 포장 맛김치의 변온 저장 중 적정산도 실측값 및 예측 모델에 따른 예측값 >

처리구	저장 일자	Observed value	Predicted value		
			Model		
			Non-linear regression	Gompertz	Logistic
Control	0	0.41	0.46	0.39	0.40
	3	0.51	0.54	0.52	0.51
	7	0.64	0.64	0.68	0.67
	14	0.92	0.81	0.89	0.90
	21	1.03	0.98	1.02	1.03
	28	1.07	1.16	1.09	1.08
NFS-6000	0	0.41	0.43	0.36	0.37
	3	0.48	0.52	0.50	0.49
	7	0.61	0.65	0.68	0.67
	14	1.03	0.87	0.95	0.96
	21	1.13	1.09	1.13	1.14
	28	1.22	1.31	1.24	1.23
NFS-4000	0	0.41	0.43	0.31	0.31
	3	0.36	0.52	0.49	0.47
	7	0.70	0.64	0.71	0.70
	14	1.07	0.86	0.99	1.01
	21	1.12	1.07	1.12	1.13
	28	1.15	1.29	1.18	1.17

- 맛김치의 종류에 상관없이 Linear regression 모델의 RSME 값은 0.0630~0.1249 수준, Gompertz 모델의 RSME 값은 0.0240~0.0820 수준, Logisitic 모델의 RMSE 값은 0.0172~0.0706 수준으로 나타났다. 모델의 종류와 관계 없이 R² 값은 0.8548~0.9926 수준을 보여주었고 R²_{adj} 값 또한 0.7580~0.9877 수준을 보여주었다. 맛김치와 품질예측 모델의 종류에 관계없이 A_f 값은 1.02~1.15 수준을 나타내었으며 B_f 또한 0.99~1.02 수준을 나타내 우수하다고 평가되어 세 가지 품질예측 모델 모두 맛김치의 적정산도를 예측하는데 적합하다고 생각되었다.

< NFS 포장 맛김치의 적정산도 예측 모델의 통계적 지표 >

처리구	Model	Goodness of fit statistics				
		RMSE	R ²	R ² _{adj}	A _f	B _f
Control	Linear regression	0.0630	0.8548	0.7580	1.0718	1.0090
	Gompertz	0.0240	0.9926	0.9877	1.0306	0.9983
	Logistic	0.0172	0.9613	0.9355	1.0203	0.9981
NFS-6000	Linear regression	0.0790	0.9162	0.8603	1.0793	1.0110
	Gompertz	0.0542	0.9765	0.9608	1.0657	0.9957
	Logistic	0.0464	0.9719	0.9532	1.0554	0.9944
NFS-4000	Linear regression	0.1249	0.9033	0.8388	1.1539	1.0285
	Gompertz	0.0820	0.9478	0.9130	1.1247	0.9951
	Logistic	0.0706	0.9711	0.9518	1.1089	0.9915

- NFS 포장 맛김치의 변온 저장 중 총 유산균 수 실측값 및 예측 모델에 따른 총 유산균 수 예측값을 아래에 나타내었다. 맛김치의 총 유산균 수 실측값은 저장 14일까지 증가하다가 남은 기간에는 점차 감소하는 모습을 보여주었다. 그러나 Linear-regression과 Gompertz 모델의 총 유산균 수 예측값은 저장 기간동안 증가하다가 유지되는 모습을 보여주었다. 반면 Third order polynomial 모델은 실측값과 유사하게 저장 14일까지 총 유산균 수가 증가하다가 남은 기간에는 감소하는 모습을 나타내었다.

< NFS 포장 맛김치의 변온 저장 중 총 유산균 수 실측값 및 예측 모델에 따른 예측값 >

처리구	저장 일자	Observed value	Predicted value		
			Model		
			Linear regression	Gompertz	Third order polynomial
Control	0	6.88	7.15	6.88	6.85
	3	7.13	7.15	7.16	7.17
	7	7.36	7.15	7.20	7.38
	14	7.43	7.15	7.21	7.36
	21	7.07	7.15	7.21	7.12
	28	6.99	7.15	7.21	6.97
NFS-6000	0	6.88	7.13	6.86	6.85
	3	7.13	7.14	7.14	7.09
	7	7.36	7.15	7.24	7.20
	14	7.43	7.18	7.26	7.09
	21	7.07	7.20	7.26	6.99
	28	6.99	7.23	7.26	6.92
NFS-4000	0	6.88	7.12	6.86	6.81
	3	7.13	7.13	7.13	7.15
	7	7.36	7.14	7.23	7.39
	14	7.43	7.17	7.25	7.39
	21	7.07	7.19	7.25	7.17
	28	6.99	7.22	7.25	7.06

- 변온 저장 중 NFS 포장 맛김치의 총 유산균 수 예측 모델의 적합성 평가를 위한 통계적 지표는 아래의 표에 나타내었다. Linear regression 모델의 RSME 값은 0.1949~0.2009 수준, Gompertz 모델은 0.1663~0.1730 수준, Third order polynomial 모델은 0.0427~0.0802 수준을 보여주었다. Linear regression 모델의 R²과 R²_{adj} 값은 각각 0.010~0.0252 및 -0.6650~-0.6247 수준을 보여주었고 Gompertz 모델은 0.3796~0.4473 및 -0.0340~0.0788 수준을 보여주어 총 유산균 수 예측에 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 반면, Third order polynomial의 R² 값은 0.8810~0.9599 수준을 나타내었고 R²_{adj} 값은 0.8017~0.9332 수준을 보여주어 나머지 두 가지 모델보다 상대적으로 총 유산균 수를 예측하는데 적합한 것으로 생각되었다. A_f와 B_f 값은 모델

종류에 관계없이 1.00~1.02 및 0.97~1.00 수준을 나타내어 적합 수준은 우수로 평가되었다.

< NFS 포장 맛김치의 변온 저장 중 총 유산균 수 예측 모델의 적합성 평가를 위한 통계적 지표 >

처리구	Model	Goodness of fit statistics				
		RMSE	R ²	R ² _{adj}	A _f	B _f
Control	Linear regression	0.1949	0.0010	-0.6650	1.0241	1.0013
	Gompertz	0.1681	0.3796	-0.0340	1.0179	1.0003
	Third order polynomial	0.0427	0.9599	0.9332	1.0049	0.9999
NFS-6000	Linear regression	0.2009	0.0028	-0.6620	1.0275	1.0004
	Gompertz	0.1663	0.4760	0.1267	1.0174	1.0002
	Third order polynomial	0.0590	0.9340	0.8900	1.0230	0.9797
NFS-4000	Linear regression	0.1997	0.0252	-0.6247	1.0271	1.0002
	Gompertz	0.1730	0.4473	0.0788	1.0201	1.0005
	Third order polynomial	0.0802	0.8810	0.8017	1.0090	1.0002

[실험조건 2. 통기성 면적을 달리한 포장 적용 각두기 저장 실험 품질 지표의 상관관계]

- NFS 포장 각두기의 pH 실측값 및 품질예측 모델로 계산한 예측값을 아래에 나타내었다. 포장 방법에 관계없이 모든 각두기 시료의 pH 실측값은 저장기간이 길어질수록 감소하였다. pH 예측값 또한 모델 종류에 관계 없이 저장기간이 길어질수록 감소하였다.

< NFS 포장 각두기의 변온 저장 중 pH 실측값 및 예측 모델에 따른 예측값 >

처리구	저장 일자	Observed value	Predicted value		
			Model		
			Linear regression	Exponential	One phase dissociation
Control	0	6.09	6.00	6.11	6.30
	3	6.03	5.74	5.78	5.77
	7	5.41	5.41	5.37	5.21
	14	4.20	4.81	4.72	4.54
	21	4.05	4.22	4.16	4.12
	28	4.03	3.63	3.66	3.87
	0	6.09	5.88	6.00	6.30
NFS-1	3	6.04	5.64	5.68	5.66
	7	5.01	5.32	5.29	5.05
	14	4.15	4.76	4.67	4.41
	21	4.07	4.20	4.12	4.09
	28	4.06	3.63	3.64	3.93
NFS-2	0	6.09	5.76	5.87	6.20
	3	5.73	5.53	5.57	5.54
	7	4.95	5.23	5.20	4.93
	14	4.14	4.69	4.61	4.34
	21	4.05	4.16	4.09	4.06
	28	4.03	3.62	3.63	3.93

- 아래의 표는 변온 저장 중 NFS 포장 각두기의 pH 예측 모델의 적합성 평가를 위한 통계적 지표를 아래에 나타낸 것이다. Linear regression 모델의 RSME 값은 0.3313~0.3812 수준을 보여주었고, Exponential 모델은 0.3508~0.4103 수준, One phase dissociation 모델은 0.1407~0.2444 수준을 보여주었다. 포장방법 및 모델의 종류에 관계 없이 R₂ 값은 0.8139~0.9761 수준을 보여주었으며 R²_{adj} 값 또한 0.8139~0.9602 수준을 나타내었다. A_f 및 B_f 값은 각각 1.02~1.07 및 0.99~1.00 수준을 나타내어 모델의 적합도는 우수하다고 판단되었다. 따라서 세 가지 모델 모두 변온 저장 중 각두기의 pH를 예측하는데 적합하다고 생각되었다.

< 변온 저장 중 NFS 포장 깍두기의 pH 예측 모델의 적합성 평가를 위한 통계적 지표 >

처리구	Model	Goodness of fit statistics				
		RMSE	R ²	R ² _{adj}	A _f	B _f
Control	Linear regression	0.3313	0.8655	0.8655	1.0596	1.0013
	Exponential	0.3508	0.8994	0.8743	1.0501	0.9999
	One phase dissociation	0.2444	0.9390	0.8983	1.0429	1.0011
NFS-1	Linear regression	0.3812	0.8139	0.8139	1.0765	1.0018
	Exponential	0.4103	0.8562	0.8203	1.0642	0.9999
	One phase dissociation	0.2375	0.9398	0.8996	1.0351	1.0010
NFS-2	Linear regression	0.3425	0.8303	0.8303	1.0694	1.0013
	Exponential	0.3619	0.8737	0.8423	1.0579	0.9995
	One phase dissociation	0.1407	0.9761	0.9602	1.0218	1.0004

- 아래의 표는 변온 저장 중 NFS 포장 깍두기의 적정산도 실측값 및 예측모델로 계산된 예측값을 나타낸 것이다. 깍두기의 적정산도 실측값과 예측값은 저장기간이 길어질수록 증가하는 모습을 보여주었다.

< NFS 포장 깍두기의 변온 저장 중 적정산도 실측값 및 예측 모델에 따른 예측값 >

처리구	저장 일자	Observed value	Predicted value		
			Model		
			Linear regression	Gompertz	Logistic
Control	0	0.22	0.43	0.09	0.07
	3	0.14	0.52	0.21	0.14
	7	0.22	0.64	0.44	0.31
	14	0.83	0.86	0.84	0.79
	21	1.08	1.07	1.10	1.09
	28	1.17	1.29	1.22	1.17
NFS-1	0	0.22	0.11	0.09	0.10
	3	0.21	0.23	0.21	0.19
	7	0.29	0.40	0.43	0.39
	14	0.89	0.69	0.80	0.83
	21	1.07	0.98	1.04	1.07
NFS-2	28	1.11	1.27	1.15	1.13
	0	0.22	0.17	0.12	0.13
	3	0.24	0.28	0.23	0.22
	7	0.30	0.43	0.44	0.41
	14	0.90	0.70	0.81	0.83
	21	1.09	0.97	1.08	1.12
	28	1.22	1.23	1.24	1.22

- 아래의 표는 변온 저장 중 NFS 포장 깍두기의 적정산도 예측 모델의 적합성 평가를 위한 통계적 지표를 아래에 나타낸 것이다. Linear regression 모델의 RSME 값은 0.1297~0.2524 수준을 보여주었고, Gompertz 모델은 0.0861~0.1003 수준, Logisitc 모델은 0.0700~0.0790 수준을 보여주었다. 포장방법 및 모델의 종류에 관계 없이 R² 값은 0.9033~0.9767 수준을 보여주었으며 R²_{adj} 값 또한 0.8388~0.9612 수준을 나타내었고 A_f 값은 1.70~1.18 수준을 나타내었다. 모든 모델의 B_f 값은 대조구의 Linear regression 모델만을 제외하고 0.90~1.04 수준을 보여주어 우수하다고 평가되었다.

< NFS 포장 깍두기의 적정산도 예측 모델의 통계적 지표 >

처리구	Model	Goodness of fit statistics				
		RMSE	R ²	R ² _{adj}	A _f	B _f
Control	Linear regression	0.2524	0.9162	0.8603	1.7014	1.6951
	Gompertz	0.1003	0.9548	0.9246	1.4020	1.0470
	Logisitic	0.0790	0.9719	0.9356	1.2905	0.8741
NFS-1	Linear regression	0.1297	0.9033	0.8388	1.3090	0.9175
	Gompertz	0.0963	0.9513	0.9189	1.2745	0.9073
	Logisitic	0.0742	0.9711	0.9532	1.2262	0.9088
NFS-2	Linear regression	0.1126	0.9374	0.8957	1.2121	0.9813
	Gompertz	0.0861	0.9648	0.9414	1.2103	0.9424
	Logisitic	0.0700	0.9767	0.9612	1.1818	0.9452

- 아래의 표는 변온 저장 중 NFS 포장 깍두기의 총 유산균 수의 실측값과 예측 모델에 따른 예측값을 나타낸 것이다. 깍두기의 총 유산균 수 실측값은 저장 14일까지 증가하다가 남은 기간에는 점차 감소하는 모습을 보여주었다. 그러나 Linear-regression 모델은 초기 유산균 수가 저장 기간이 길어질수록 감소하는 모습을 보여주었고 Gompertz 모델은 유산균 수가 저장 14일까지 증가하다가 유지되는 모습을 보여주었다. 반면 Third order polynomial 모델은 실측값과 유사하게 저장 14일까지 총 유산균 수가 증가하다가 남은 기간에는 감소하는 모습을 나타내었다.

< NFS 포장 깍두기의 변온 저장 중 총 유산균 수 실측값 및 예측 모델에 따른 예측값 >

처리구	저장 일자	Observed value	Predicted value		
			Model		
			Linear regression	Gompertz	Third order polynomial
Control	0	6.15	6.90	6.11	6.11
	3	6.87	6.83	7.01	6.91
	7	7.55	6.74	7.39	7.60
	14	8.07	6.58	7.50	7.96
	21	7.52	6.42	7.51	7.60
	28	6.89	6.26	7.51	6.87
NFS-1	0	6.15	6.91	6.14	6.22
	3	7.04	6.88	7.07	6.89
	7	7.39	6.82	7.28	7.47
	14	7.75	6.73	7.31	7.79
	21	7.47	6.64	7.31	7.42
	28	6.63	6.55	7.31	6.65
NFS-2	0	6.15	7.32	6.15	6.46
	3	7.87	7.27	6.93	7.24
	7	7.55	7.20	7.23	7.82
	14	7.64	7.08	7.30	7.86
	21	7.37	6.96	7.30	7.13
	28	6.09	6.83	7.30	6.16

- 아래의 표는 변온 저장 중 NFS 포장 깍두기의 총 유산균 수 예측 모델의 적합성 평가를 위한 통계적 지표를 아래에 나타낸 것이다. Linear regression 모델의 RSME 값은 0.6666~0.9203 수준을 보여주었고, Gompertz 모델은 0.3728~0.3880 수준, Third order polynomial 모델은 0.0368~0.0876 수준을 보여주었다. Linear regression 모델의 R² 값은 0.558~0.1352 수준을 보여주고 R² adj 값은 -0.4413~-0.5735를보여주어 총 유산균 예측에서 다른 모델보다 상대적으로 적합하지 않았다. 반면 Third order polynomial mode의 R²은 0.7803~0.9905 수준을 보여주어 높은 값을 기록하였다. 모든 모델의 A_f 및 B_f 값은 각각 1.00~1.12 수준, 0.92~1.00 수준을 보여 주어 적합도가 우수하다고 평가되었다.

< 변온 저장 중 NFS 포장 깍두기의 총 유산균 수 예측 모델의 적합도 평가를 위한 통계적 지표 >

처리구	Model	Goodness of fit statistics				
		RMSE	R ²	R ² _{adj}	A _f	B _f
Control	Linear regression	0.9203	0.1352	-0.4413	1.1230	0.9253
	Gompertz	0.3880	0.6714	0.4523	1.0351	1.0010
	Third order polynomial	0.0658	0.9905	0.9763	1.0071	1.0001
NFS-1	Linear regression	0.6666	0.0558	-0.5735	1.0854	0.9582
	Gompertz	0.3728	0.6084	0.3473	1.0335	1.0011
	Third order polynomial	0.0876	0.9784	0.9459	1.0096	1.0002
NFS-2	Linear regression	0.6957	0.0590	-0.5683	1.0961	1.0051
	Gompertz	0.6279	0.3613	-0.0645	1.0702	0.9928
	Third order polynomial	0.0368	0.7803	0.4508	1.0409	1.0013

○ 3차년도

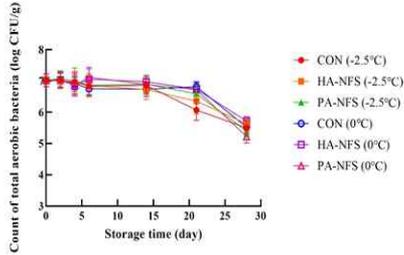
▪ 김치가공 업체 현장 실증 연구를 통한 NFS 전면적 통기성 포장지의 성능 평가

[저온 저장 중 NFS 통기성 포장지 적용에 따른 물김치(백김치)의 품질 특성 변화 분석]

- 아래 그림은 저장 중 포장지의 산소 투과 면적에 따른 물김치(백김치)의 미생물학적 품질 특성 변화를 나타낸 것이다. 저장 전 물김치(백김치)의 총 호기성 세균 수는 7.0 log CFU/g이었다. - 2.5와 0℃ 저장 28일 후 대조구, HA-NFS와 PA-NFS 처리구의 총 호기성 세균 수는 유의적으로 ($P < 0.05$) 감소하여 5.2~5.7 log CFU/g를 나타내었다.
- 저장 초기 물김치(백김치)의 총 유산균 수는 6.9 log CFU/g이었으며 -2.5와 0℃ 저장 28일 동안 대조구, HA-NFS와 PA-NFS 처리구의 총 유산균 수는 6 log CFU/g 이상을 유지하였다.
- 저장 전 물김치(백김치)의 효모 및 곰팡이 수는 3.4 log CFU/g이었으며 -2.5와 0℃ 저장 28일 동안 대조구와 PA-NFS 처리구의 효모 및 곰팡이 수는 3.1~3.6 log CFU/g 수준을 유지하였다. 반면 28일 후 -2.5와 0℃에 저장한 HA-NFS 처리구는 각각 3.8과 4.0 log CFU/g을 나타내어 대조구 또는 PA-NFS 처리구와 비교하여 유의적으로 ($P < 0.05$) 높은 효모 및 곰팡이 수를 나타내었다.
- 저장 전 물김치(백김치)의 총 대장균군 수는 5.6 log CFU/g였으며 저장기간이 증가함에 따라 - 2.5와 0℃ 저장한 대조구, HA-NFS와 PA-NFS 처리구의 총 대장균군 수는 감소하여 검출한계(< 1 log CFU/g) 이하를 나타내었다.

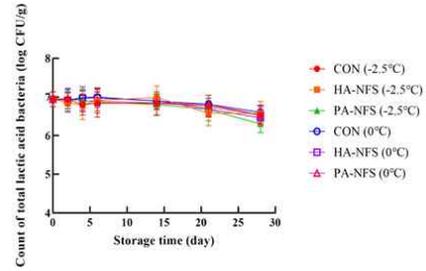
A

Symbol	Storage time (day)						
	0	2	4	7	14	21	28
●	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	BB	ABc
■	Aa	Aa	Aa	Aab	Aab	ABb	ABc
▲	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	ABb
□	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	ABb
◇	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Ab
△	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Bb



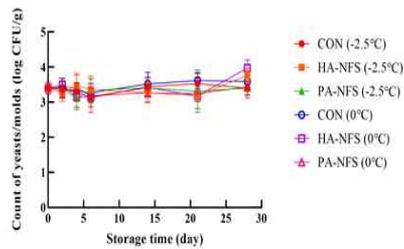
B

Symbol	Storage time (day)						
	0	2	4	7	14	21	28
●	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
■	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
▲	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
□	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
◇	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
△	Aab	Aa	Aab	Aab	Aab	Aab	Ab



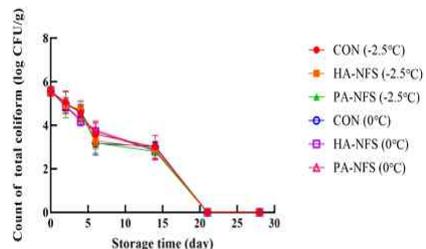
C

Symbol	Storage time (day)						
	0	2	4	7	14	21	28
●	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
■	Aab	Aab	Aab	Aab	Aab	Ab	ABa
▲	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Ba
□	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	ABi
◇	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Aa
△	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Ba



D

Symbol	Storage time (day)						
	0	2	4	7	14	21	28
●	Aa	Aab	Ab	Ac	Ac	Ad	Ad
■	Aa	Ab	Ab	Ac	Ac	Ad	Ad
▲	Aa	Aab	Ab	Ac	Ac	Ad	Ad
□	Aa	Ab	Ab	Ac	Ac	Ad	Ad
◇	Aa	Ab	Ac	Ad	Ad	Af	Af
△	Aa	Ab	Ac	Ad	Ac	Af	Af

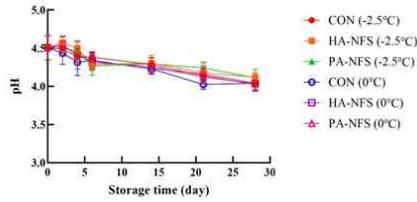


<-2.5와 0.0°C 저장 중 포장 필름 가스 투과 면적에 따른 물김치(백김치)의 총 호기성 세균 수(A), 총 유산균 수(B), 효모 및 곰팡이 수(C)와 총 대장균군 수(D) 변화>

- 아래 그림은 저온 저장 중 포장지의 산소 투과 면적에 따른 물김치(백김치)의 이화학적 특성 변화를 나타낸 것이다. 저장 초기 물김치(백김치)의 pH는 4.5였으며 적숙 상태였다. -2.5°C 과냉각 저장과 0°C 저장한 대조구, HA-NFS과 PA-NFS 처리구의 pH는 저장 일수가 증가함에 따라 유의적으로($P < 0.05$) 감소하여 저장 28일 후 4.0~4.1을 나타냈었다.
- 저장 전 물김치(백김치)의 적정산도는 0.3%이었으며 -2.5°C 과냉각 저장 28일 동안 모든 처리구의 적정산도는 0.3~0.5% 수준을 유지하며 포장지의 산소 투과 면적에 따른 뚜렷한 차이는 확인되지 않았다($P > 0.05$).
- -2.5°C 과냉각 저장 28일 동안 대조구, HA-NFS와 PA-NFS 처리구의 염도는 1.1~1.3% 수준을 나타내었으며 저장기간, 저장온도와 포장지 산소 투과 면적에 따른 물김치(백김치) 유의적인 차이는 확인되지 않았다($P > 0.05$).
- 저장 전 물김치(백김치)의 기계적 경도는 0.8 kg_f이었으며 -2.5°C 과냉각과 0°C 저온 저장 28일 동안 모든 처리구의 기계적 경도는 0.8~1.0 kg_f로 나타나 저장기간, 저장 온도와 포장지 산소 투과 면적에 따른 유의적인($P > 0.05$) 차이는 확인되지 않았다.

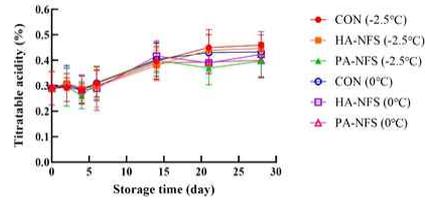
A

Symbol	Storage time (day)						
	0	2	4	7	14	21	28
●	Aa	Aa	Aab	Aab	Abc	Ac	Ad
■	Aa	Aa	Aa	Ab	Ab	Abc	Ac
▲	Aa	Aa	Aab	Ac	Abc	Ac	Ac
○	Aa	Aab	Aabc	Aabc	Abcd	Ac	Ad
□	Aa	Aa	Aab	Aabc	Abcd	Ac	Ad
△	Aab	Aa	Aabc	Abcd	Ac	Ade	Ae



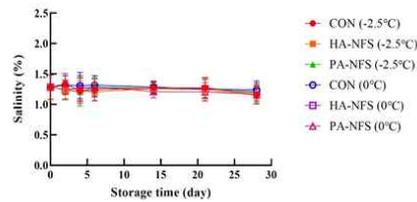
B

Symbol	Storage time (day)						
	0	2	4	7	14	21	28
●	Ab	Ab	Ab	Ab	Aab	Aa	Aa
■	Ab	Ab	Ab	Ab	Aab	Aa	Aa
▲	Aab	Aab	Ab	Ab	Aa	Aab	Aa
○	Ab	Ab	Ab	Ab	Aab	Aa	Aa
□	Ab	Aab	Ab	Ab	Aa	Aab	Aa
△	Ab	Aab	Ab	Aab	Aa	Aab	Aa



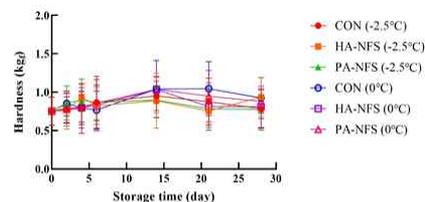
C

Symbol	Storage time (day)						
	0	2	4	7	14	21	28
●	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
■	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
▲	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
○	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
□	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
△	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa



D

Symbol	Storage time (day)						
	0	2	4	7	14	21	28
●	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
■	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
▲	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
○	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
□	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
△	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa

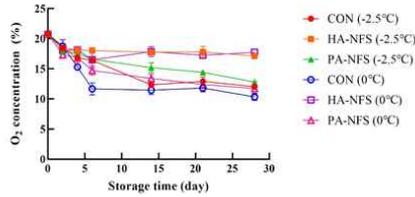


<-2.5와 0.0°C 저장 중 포장 필름 가스 투과 면적에 따른 물김치(백김치)의 pH(A), 적정산도(B), 염도(C)와 기계적 경도(D) 변화>

- -2.5와 0.0°C 저장 중 포장지의 기체투과도에 따른 물김치(백김치)의 포장 film bag 내부 headspace O₂와 CO₂ 농도는 아래에 각각 나타냈다. 저장 초기 대조구, HA-NFS와 PA-NFS 처리구의 포장 내부 headspace O₂ 농도는 20.9%였다. -2.5°C 과냉각 저장 28일 후 대조구와 PA-NFS 처리구의 포장 내부 headspace O₂ 농도는 12.0과 12.8%로 각각 나타났으며 0°C 저온 저장 28일 후 대조구와 PA-NFS 처리구의 포장 내부의 headspace O₂ 농도는 10.3%와 11.7% 이하로 각각 나타났다.
- 반면 -2.5와 0°C 저장 28일 후 HA-NFS 처리구의 headspace O₂ 농도는 각각 17.1과 17.7%로 나타나 대조구와 PA-NFS 처리구보다 유의적으로($P < 0.05$) 높은 값을 나타내었다.
- 저장 전 대조구, HA-NFS와 PA-NFS 처리구의 포장 내부 headspace CO₂ 농도는 0.2%로 나타났다. -2.5와 0°C 저장 28일 후 대조구와 PA-NFS 처리구의 포장 내부 headspace CO₂ 농도는 18.5~23.7%로 관찰되었다. 반면 HA-NFS 처리구의 포장 내부 headspace CO₂ 농도는 -2.5와 0°C 저장 28일 동안 6.6% 이하를 유지하였다.

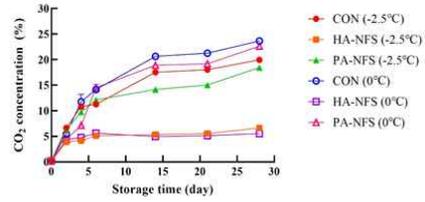
A

Symbol	Storage time (day)							
	0	2	4	7	14	21	28	
●	Aa	ABb	Ac	Bc	CDde	Cd	Be	
■	Aa	ABb	Ab	Ab	ABc	ABc	Ac	
▲	Aa	ABb	Ab	Bc	Bd	Bd	Bc	
□	Aa	Ab	Bc	DM	DM	CD	CD	
◇	Aa	ABb	Ab	Bc	Ab	ABc	ABc	
△	Aa	Bb	Ab	Cc	Ccd	Cde	Bc	



B

Symbol	Storage time (day)							
	0	2	4	7	14	21	28	
●	Ae	Ad	Ac	Cc	Cb	Cb	Ca	
■	Ad	Cc	Dc	Dd	Eb	Eb	Ea	
▲	Ag	Af	Be	Bd	Dc	Dd	Da	
□	Af	Be	ABd	Ac	Ab	Ab	Aa	
◇	Ad	Cc	Dbc	Dd	Eabc	Eab	Fa	
△	Af	Cc	CD	Ac	Bb	Bb	Ba	



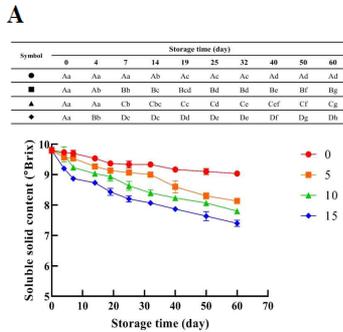
<-2.5와 0.0°C 저장 중 포장 필름 가스 투과 면적에 따른 물김치(백김치)의 포장 내부 headspace의 O₂(A) 및 CO₂(B) 농도 변화>

[저장 중 NFS 통기성 포장지 적용에 따른 열무김치의 품질 특성 변화 분석]

- 저장 초기 열무김치의 총 대장균군 수는 3.9 log CFU/g이었다. 10과 15°C에서의 열무김치의 총 대장균군 수는 저장 4일 이내에 검출 한계 미만(< 1 log CFU/g)으로 감소하였다. 0과 5°C에서 보관한 열무김치는 각각 저장 50일과 19에 총 대장균군 수가 검출 한계 미만으로 나타났다.
- 저장 초기 열무김치 시료의 총 호기성 세균 수는 6.9 log CFU/g이었다. 0과 5°C에서 보관한 열무김치의 총 호기성 세균 수는 저장 14일 후 부터 저장이 종료될 때까지 약 7 log CFU/g 이상을 유지하였다.
- 반면 10과 15°C에서 저장한 열무김치는 각각 저장 7일과 4일에 약 8 log CFU/g가 넘는 총 호기성 세균 수가 검출되다가 이후 시간이 경과함에 따라 5.6~5.7 log CFU/g 수준까지 감소하였다.
- 저장 기간 동안 0°C에 저장한 열무김치의 총 유산균 수는 약 8 log CFU/g 이하로 유지되었다. 반면 5, 10과 15°C에서 저장한 열무김치의 총 유산균 수는 각각 14, 7과 4일 차에 약 8 log CFU/g을 초과한 후 남은 저장 기간 동안 점차 감소하는 경향을 나타냈다.
- 저장 초기 깍두기의 효모 및 곰팡이 수는 3.1 log CFU/g이었다. 0과 5°C에서 저장된 열무김치의 효모 및 곰팡이 수는 저장 60일 후 각각 4.6과 6.5 log CFU/g로 유의적으로($P < 0.05$) 증가하였다. 반면 10과 15°C에서 저장한 열무김치의 효모 및 곰팡이 수는 각각 저장 25일과 14일에 최고치에 도달한 후 저장이 끝날 때까지 약 5~6 log CFU/g 범위를 유지하였다.

료될 때까지 약 9 °Brix 이상의 가용성 고형물 함량과 약 20 mg/g 이상의 환원당 함량을 유지하였다.

- 열무김치의 염도 수준은 1.9~2.0% 범위 수준으로 저장기간과 저장 온도에 유의적인($P > 0.05$) 영향을 받지 않았다. 위의 결과는 0°C 부근의 저온 보관이 젖산 발효로 인한 부분 통기성 포장 열무김치의 이화학적 품질 저하를 효과적으로 지연시킬 수 있다는 것을 시사하였다.



<통기성 포장이 적용된 열무김치의 저장 중 온도별 가용성 고형분 함량(A), 환원당 함량(B)과 염도(C) 변화>

- 포장 내 과도한 CO₂ 가스 축적은 김치 포장의 팽창을 유발하며 팽창된 김치 포장은 부적절한 조건에서 장기간 노출될 시 파손이 발생할 수 있다. 열무김치의 저장 중 부피 변화는 headspace CO₂ 농도의 변화와 유사한 경향을 보여주었다.
- 저장 전 초기 열무김치의 포장 부피는 331.5 mL이었으나 0과 5°C에서 60일 저장 후에는 각각 379.9로 635.5 mL로 유의하게($P < 0.05$) 증가하였다. 반면 10과 15°C에서 보관한 열무김치의 부피는 각각 저장 25와 14일에 731.0과 717.2 mL까지 증가한 후 남은 저장기간 동안 405.5~426.8 mL로 감소하였다.
- 따라서 이러한 결과는 0~5°C의 저온 보관은 열무김치의 젖산 발효에 의한 CO₂ 생성을 지연시켜 포장 팽창을 억제할 수 있다는 것을 시사한다.
- 저장 초기 통기성 필름의 포장 내부 headspace O₂ 농도는 17.5%로 측정되었다. 저장기간이 길어질수록 0과 5°C에서 보관한 열무김치의 포장 내부 headspace O₂ 농도는 3.4~4.5%까지 유의적으로($P < 0.05$) 감소하였으며 특히 5°C에서의 O₂ 농도 감소는 0°C보다 유의하게($P < 0.05$) 빨랐다. 반면 10과 15°C에서 보관된 열무김치는 각각 25일과 14일까지 O₂ 농도가 감소하다가 이후 시간이 지나면서 7.1~9.7%까지 증가하였다.
- 저장 초기 열무김치의 포장 내부 headspace CO₂ 농도는 4.9%이었다. 0과 5°C에서 보관한 열무김치의 포장 내부 headspace CO₂ 농도는 저장기간이 증가함에 따라 유의적으로($P < 0.05$) 증가하여 60일 이후 각각 29.9과 66.2%에 도달하였다. 이러한 결과는 젖산균이 냉장 온도 조건에서도 CO₂ 가스를 발생시킨 가스량이 필름의 가스 투과성을 축적하면 포장 내부에 축적될 수 있다는 것을 보여준다.
- 대조적으로 10과 15°C에서의 열무김치는 각각 25일과 14일에 CO₂ 농도가 각각 70.6과 73.4%까지 유의적으로($P < 0.05$) 증가한 후 시간이 경과함에 따라 18.6과 43.2%로 감소하였다. 이는 열무김치를 포장한 부분 통기성 필름은 NFS 구조에 의한 가스 투과를 통해 열무김치에서 생성된 CO₂를 지속적으로 방출한다는 것을 보여준다.

<통기성 포장에 적용된 열무김치의 저장 중 온도별 포장 부피(A)와 포장 내부 headspace O₂(B)/CO₂(C) 농도 변화>

- 시각적 외관은 식품의 소비자 수용성을 검증하는 데 가장 중요한 요소이다. 0℃에서 열무김치의 시각적 품질은 저장 전 7.1점에서 저장 후 6.3점으로 감소하였으나 저장기간에 따른 유의한($P > 0.05$) 차이는 없었다.
- 5와 10℃에서 저장한 열무김치의 시각적 품질은 저장기간에 따라 유의적으로($P < 0.05$) 감소하였으나 50일까지는 허용 한계인 5점 이상을 유지했다. 그러나 15℃에서 저장한 열무김치의 시각적 품질은 19일 이내에 허용 한계 미만으로 감소하였다.
- 이러한 결과는 저온 저장이 열무김치의 이화학적 및 미생물학적 품질뿐만 아닌 감각적 특성을 초기 수준과 유사하게 유지할 수 있다는 것을 보여준다.

<통기성 포장에 적용된 열무김치의 저장 중 온도별 시각적 품질 변화>

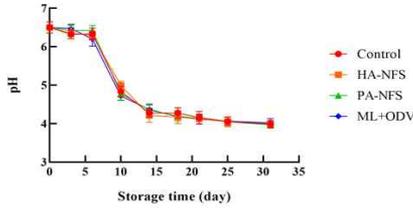
[유통·판매 환경 조건 저장 중 NFS 통기성 포장지 적용에 따른 깍두기의 이화학적 품질 분석]

- 발효 과정 중 생성된 유기산은 김치의 적정산도를 증가시키고 pH를 저하시킨다. 김치의 발효는 적정산도와 pH 등에 따라 미숙, 적숙과 과숙 상태로 나뉠 수 있으며 적숙기 김치의 산도는 0.6~1.0%, pH는 4.2~5.0 수준이다. 저장 전 깍두기의 초기 pH는 6.5로 관찰되었다. 유통·판매 환경 조건 A에서 저장한 깍두기의 pH는 저장 기간이 증가함에 따라 유의적으로($P < 0.05$) 감소하여 저장 30일 후 4.0를 나타내 과숙 상태에 도달하였다.
- 유통·판매 환경 조건 B에서 0℃ 저장 6일과 6℃ 저장 8일을 거치면서 모든 처리구의 pH는 4.2~4.4로 감소하였지만 이후 -3℃에서 저장은 모든 처리구의 pH는 4.2 이상을 유지하여 적숙상태를 유지하였다. 저장 중 깍두기의 pH 변화에 포장 필름 종류와 저장기간의 상호작용 효과가 유의적으로 확인되지 않았다($P > 0.05$).

A

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance	
	0	3	6	10	14	18	21	25	31			
●	Aa	Aa	Aa	Ab	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Film type	NS
■	Aa	Aa	Aa	Ab	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Storage time	***
▲	Aa	Aa	Aa	Ab	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Film type × Storage time	NS
◆	Aa	Aa	Ab	Ac								

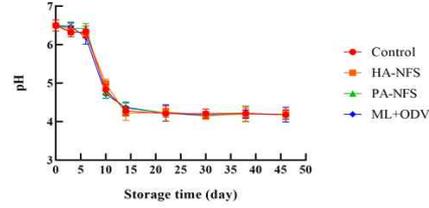
Level of significance: NS, not significant ($P > 0.05$); *** $P < 0.001$.



B

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance	
	0	3	6	10	14	22	30	38	46			
●	Aa	Aa	Aa	Ab	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Film type	NS
■	Aa	Aa	Aa	Ab	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Storage time	***
▲	Aa	Aa	Aa	Ab	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Film type × Storage time	NS
◆	Aa	Aa	Ab	Ac								

Level of significance: NS, not significant ($P > 0.05$); *** $P < 0.001$.



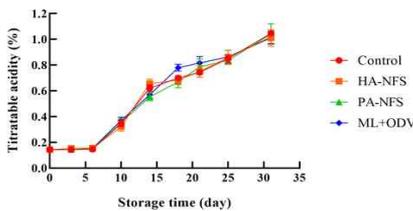
(A), 유통·판매 환경 조건 A; (B), 유통·판매 환경 조건 B
<유통·판매 환경 조건 저장 중 깍두기의 pH 변화>

- 저장 전 깍두기의 적정산도는 0.1%이었으며 0°C 저장 6일 동안 모든 처리구의 적정산도는 유의적 변화를 나타내지 않았다. 이후 6°C 저장 8일을 거치면서 모든 처리구의 적정산도는 0.6~0.7%까지 유의적으로($P < 0.05$) 증가하였다.
- 4°C 저온 저장(유통·판매 환경 조건 A)에서 모든 처리구의 적정산도는 저장기간이 경과함에 따라 유의적으로($P < 0.05$) 증가하여 저장 30일 후 1.0~1.1%를 나타내어 과숙 상태에 도달하였다.
- 반면 -3°C 과냉각 저장(유통·판매 환경 조건 B)에서 30일 이상 경과되어도 적숙 상태의 깍두기는 과숙기에 도달하지 않았으며 저장 46일 후에도 0.8% 이하(적숙 상태)를 유지하였다. 따라서 -3°C 과냉각 저장 온도는 김치의 pH와 산도 변화를 억제함으로써 적숙 상태 유지 기간을 효과적으로 연장할 수 있을 것으로 판단된다.

A

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance	
	0	3	6	10	14	18	21	25	31			
●	Af	Af	Af	Ae	Bd	Bc	Ab	Ab	Aa	Film type	NS	
■	Af	Af	Af	Ae	Ad	Bcd	Ac	Ab	Aa	Storage time	***	
▲	Af	Af	Af	Ae	Ad	Bc	Ab	Ab	Aa	Film type × Storage time	**	
◆	Af	Af	Af	Ae	Ad	Ac	ABb	Ab	Aa			

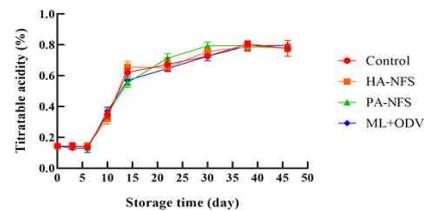
Level of significance: NS, not significant ($P > 0.05$); ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.



B

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance	
	0	3	6	10	14	22	30	38	46			
●	Af	Af	Af	Ae	ABd	ABc	Bb	Aa	Aa	Film type	NS	
■	Ad	Ad	Ad	Ac	Ab	Bb	ABa	Aa	Aa	Storage time	***	
▲	Ae	Ae	Ae	Ad	Cc	Ab	Aa	Aa	Aa	Film type × Storage time	**	
◆	Af	Af	Af	Ae	BCd	Bc	Bb	Aa	Aa			

Level of significance: NS, not significant ($P > 0.05$); ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.



(A), 유통·판매 환경 조건 A; (B), 유통·판매 환경 조건 B
<유통·판매 환경 조건 저장 중 깍두기의 적정산도 변화>

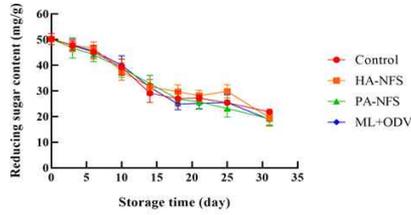
- 저장 초기 깍두기 시료의 환원당 함량은 50.2 mg/g이었다. 0°C 저장 6일 후 6°C 저장 8일 동안 대조구, HA-NFS, PA-NFS와 ML+ODV 처리구의 환원당 함량은 감소하여 저장 14일 차에 29.1~32.9 mg/g으로 나타났다.
- 유통·판매 환경 조건 A와 유통·판매 환경 조건 B에서 저장한 깍두기의 환원당 함량은 포장지에 관계없이 저장기간이 증가함에 따라 유의적으로($P < 0.05$) 감소하였다.
- 변온 저장 14일 후 4°C 저온 저장(유통·판매 환경 조건 A)한 깍두기의 환원당 함량은 저장 30일 후 18.9~21.8 mg/g을 나타내 저장 초기에 비해 약 2/5 수준으로 감소하였다.
- 한편 -3°C 과냉각 저장(유통·판매 환경 조건 B)한 깍두기는 저장 46일 후 저장 초기에 비해 약 3/5 수준으로 감소한 26.8~30.3 mg/g 수준의 환원당 함량을 나타내 저온 저장 보다 깍두기의

품질 유지에 효과적임을 보여주었다.

A

Symbol	Storage time (day)								Levels of significance	
	0	3	6	10	14	18	21	25		31
●	Ae	Ad	Ad	Ad	Ad	Ac	Ab	ABab	Aa	Film type NS Storage time *** Film type × Storage time NS
■	Ad	Ac	Ac	Ac	Ac	Ab	Aa	Aa	Aa	
▲	Af	Aef	Ae	Ae	Ad	Ac	Ab	Bab	Aa	
◆	Af	Ae	Ae	Ae	Ad	Ac	Ab	ABab	Aa	

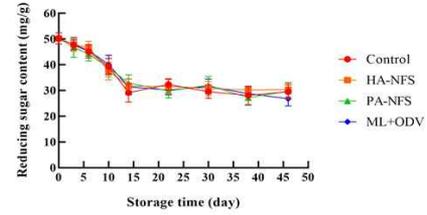
Level of significance: NS, not significant ($P>0.05$); *** $P<0.001$.



B

Symbol	Storage time (day)								Levels of significance	
	0	3	6	10	14	22	30	38		46
●	Aa	Aab	Ab	Ac	Ad	Ad	Ad	Ad	Ad	Film type NS Storage time *** Film type × Storage time NS
■	Aa	Aa	Aa	Ab	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	
▲	Aa	Aab	Abc	Ac	Ad	Ad	Ad	Ad	Ad	
◆	Aa	Aa	Aa	Ab	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	

Level of significance: NS, not significant ($P>0.05$); *** $P<0.001$.



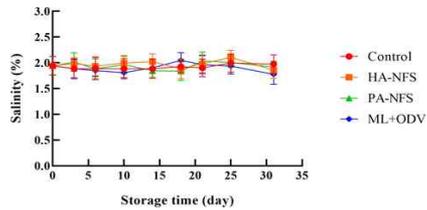
(A), 유통·판매 환경 조건 A; (B), 유통·판매 환경 조건 B
<유통·판매 환경 조건 저장 중 각두기의 환원당 함량 변화>

- 유통·판매 환경 조건 A의 변온 저장 30일과 유통·판매 환경 조건 B의 변온 저장 46일 동안 모든 처리구의 염도는 1.8~2.1%를 유지하였으며 포장 필름의 기체투과도 차이와 단방향 가스 제거 밸브 부착 여부에 따른 각두기 시료의 유의적 염도 차이는 확인되지 않았다($P > 0.05$).

A

Symbol	Storage time (day)								Levels of significance	
	0	3	6	10	14	18	21	25		31
●	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Film type NS Storage time NS Film type × Storage time NS
■	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	
▲	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	
◆	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	

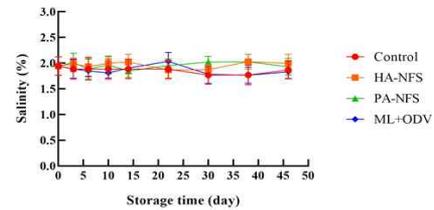
Level of significance: NS, not significant ($P>0.05$).



B

Symbol	Storage time (day)								Levels of significance	
	0	3	6	10	14	22	30	38		46
●	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Film type * Storage time NS Film type × Storage time NS
■	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	
▲	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	
◆	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	

Level of significance: NS, not significant ($P>0.05$); * $P<0.05$.



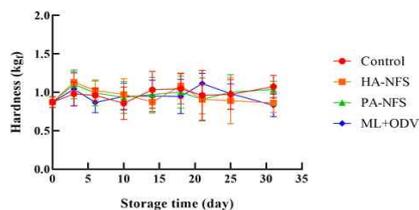
(A), 유통·판매 환경 조건 A; (B), 유통·판매 환경 조건 B
<유통·판매 환경 조건 저장 중 각두기의 염도 변화>

- 저장 30일(유통·판매 환경 조건 A)과 46일(유통·판매 환경 조건 B) 동안 대조구, HA-NFS, PA-NFS와 ML+ODV 처리구의 기계적 경도는 0.8~1.1 kgf로 나타났으며 처리구 간에 유의적 차이가 확인되지 않았다($P > 0.05$).

A

Symbol	Storage time (day)								Levels of significance	
	0	3	6	10	14	22	30	38		46
●	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Film type NS Storage time NS Film type × Storage time NS
■	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	
▲	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	
◆	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	

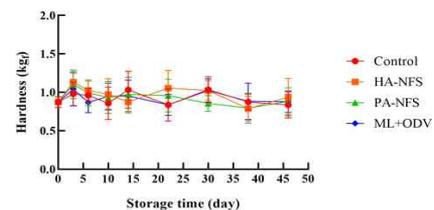
Level of significance: NS, not significant ($P>0.05$).



B

Symbol	Storage time (day)								Levels of significance	
	0	3	6	10	14	22	30	38		46
●	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Film type NS Storage time ** Film type × Storage time NS
■	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	
▲	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	
◆	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	

Level of significance: NS, not significant ($P>0.05$); ** $P<0.01$.



(A), 유통·판매 환경 조건 A; (B), 유통·판매 환경 조건 B
<유통·판매 환경 조건 저장 중 각두기의 기계적 경도 변화>

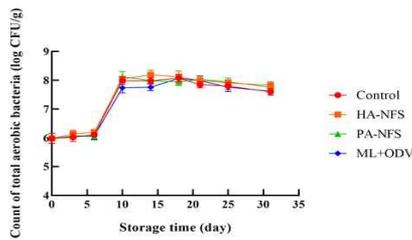
[유통·판매 환경 조건 저장 중 NFS 통기성 포장지 적용에 따른 깍두기의 미생물학적 품질 분석]

- 0°C 저장 6일까지 대조구, HA-NFS 처리구, PA-NFS 처리구와 ML+ODV 처리구의 총 호기성 세균 수는 6.0~6.2 log CFU/g을 유지하였다.
- 6°C 저장 7~14일에 대조구, HA-NFS 처리구, PA-NFS 처리구와 ML+ODV 처리구의 총 호기성 세균 수는 7.7~8.2 log CFU/g까지 증가하였다. 이후 -3°C 과냉각 저장 동안 모든 처리구의 총 호기성 세균 수는 감소하는 경향을 나타냈다.

A

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance	
	0	3	6	10	14	18	21	25	31			
●	Ad	Ad	Ad	ABab	ABab	Aa	Aab	Abc	Ac		Film type	***
■	Ad	Ad	Ad	Aabc	Aa	Aab	Aabc	Abc	Ac		Storage time	NS
▲	Ac	Ac	Ac	Aa	ABab	Aab	Aa	Aab	Ab		Film type × Storage time	NS
◆	Ad	Ad	Ad	Bbc	Bbc	Aa	Aab	Abc	Ac			

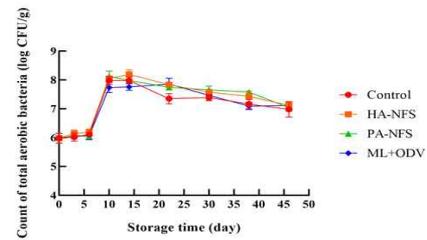
Level of significance: NS, not significant ($P > 0.05$); *** $P < 0.001$.



B

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance	
	0	3	6	10	14	22	30	38	46			
●	Ad	Ad	Ad	ABa	ABa	Bb	Bb	Bbc	Ac		Film type	***
■	Aa	Aa	Aa	Aab	Aa	Ab	ABc	Ac	Ad		Storage time	***
▲	Ad	Ad	Ad	Aa	ABa	Ab	Ab	Ab	Ac		Film type × Storage time	**
◆	Ad	Ad	Ad	Ba	Ba	Ba	ABb	Bc	Ac			

Level of significance: ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.



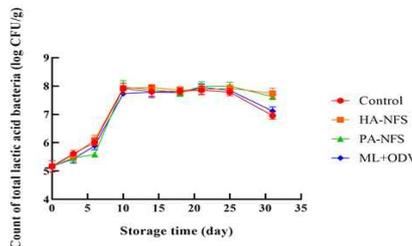
(A), 유통·판매 환경 조건 A; (B), 유통·판매 환경 조건 B
<유통·판매 환경 조건 저장 중 깍두기의 총 호기성 세균 수 변화>

- 저장 전 깍두기의 총 유산균 수는 5.2 log CFU/g이었다. 총 호기성 세균 수 변화와 유사하게 변 온 저장 14일 후 대조구, HA-NFS 처리구, PA-NFS 처리구와 ML+ODV 처리구의 총 유산균 수는 약 8.0 log CFU/g까지 증가하였다.
- 이후 4°C 저장한 모든 처리구의 총 유산균 수는 저장 15~20일까지 유지하였다. 한편 저장 30일 후 대조구와 ML+ODV 처리구의 총 유산균 수는 유의적으로 ($P < 0.05$) 감소하였다.
- -3°C 저장 15~46일에 대조구, HA-NFS 처리구, PA-NFS 처리구와 ML+ODV 처리구의 총 유산균 수는 약 7 log CFU/g 이상을 유지하였다.

A

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance	
	0	3	6	10	14	18	21	25	31			
●	Aa	Ad	Ac	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Bb		Film type	***
■	Ad	Ac	Ab	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa		Storage time	NS
▲	Ad	Ac	Bc	Aa	Aab	Aab	Aa	Aa	Ab		Film type × Storage time	NS
◆	Aa	Ad	Ac	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Bb			

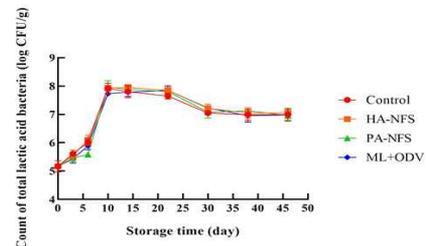
Level of significance: NS, not significant ($P > 0.05$); *** $P < 0.001$.



B

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance	
	0	3	6	10	14	22	30	38	46			
●	Aa	Ad	Ac	Aa	Aa	Aa	Ab	Ab	Ab		Film type	NS
■	Aa	Ad	Ac	Aa	Aa	Aa	Ab	Ab	Ab		Storage time	***
▲	Ad	Ac	Bc	Aa	Aa	Aa	Ab	Ab	Ab		Film type × Storage time	NS
◆	Ad	Ad	Ac	Aa	Aa	Aa	Ab	Ab	Ab			

Level of significance: NS, not significant ($P > 0.05$); *** $P < 0.001$.



(A), 유통·판매 환경 조건 A; (B), 유통·판매 환경 조건 B
<유통·판매 환경 조건 저장 중 깍두기의 총 유산균 수 변화>

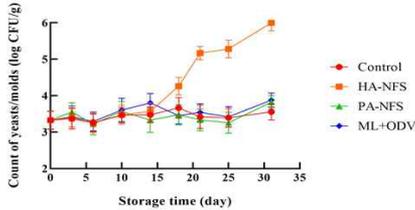
- 0°C 저장 6일 후 대조구, HA-NFS 처리구, PA-NFS 처리구와 ML+ODV 처리구의 효모 및 곰팡이 수는 3.2~3.6 log CFU/g로 저장 초기에 비해 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.
- 반면 유통·판매 환경 조건 A 저장 30일 후와 유통·판매 환경 조건 B 장 46일 후 HA-NFS 처리구의 효모 및 곰팡이 수는 각각 6.0과 4.1 log CFU/g를 나타내어 대조구, PA-NFS 처리구와 ML+ODV 처리구와 비교하여 유의적으로 높았다($P > 0.05$). 이러한 효모 및 곰팡이 수의 차이는 포장 방법에 기인하는 것으로 판단된다.

- 포장 필름 종류와 저장기간은 저장 중 깍두기의 효모 및 곰팡이 수에 상호작용 효과를 나타냈다 ($P < 0.001$).

A

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance	
	0	3	6	10	14	18	21	25	31			
●	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Ba	Ba	Ba	Ca		Film type	***
■	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ab	Aab	Aa	Aa		Storage time	NS
▲	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Ba	Ba	Ba	BCa		Film type × Storage time	NS
◆	Ab	Aab	Ab	Aab	Aab	Bab	Bab	Bab	Ba			

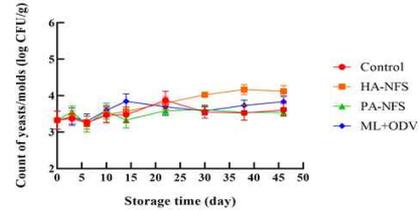
Level of significance: NS, not significant ($P > 0.05$); *** $P < 0.001$.



B

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance		
	0	3	6	10	14	22	30	38	46				
●	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Aa	Aa	Aab	Bab	Bab		Film type	***
■	Ade	Ade	Ae	Acde	Acde	Ac	Ac	Ab	Aa		Storage time	***	
▲	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Ba	Ba		Film type × Storage time	***	
◆	Ac	Ac	Ac	Ac	Abc	Aab	Aabc	Abc	Aa	Bab			

Level of significance: *** $P < 0.001$.



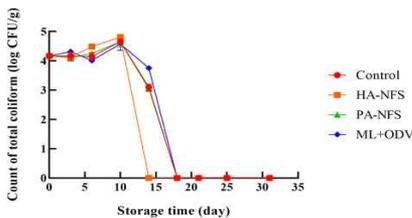
(A), 유통·판매 환경 조건 A; (B), 유통·판매 환경 조건 B
<유통·판매 환경 조건 저장 중 깍두기의 효모 및 곰팡이 수 변화>

- 저장 전 총 대장균군 수는 4.2 log CFU/g이었으며 저장기간이 증가함에 따라 감소하였다. HA-NFS 처리구의 총 대장균군 수는 저장 14일 이후부터, 대조구, PA-NFS 처리구와 ML+ODV 처리구의 총 대장균군 수는 저장 22일 이후부터 검출한계(1 log CFU/g) 이하로 각각 관찰되었다.
- 포장 필름 종류와 저장기간은 저장 중 깍두기의 총 대장균군과 총 호기성 세균 수에 상호작용 효과를 나타냈다($P < 0.01$ 또는 $P < 0.001$).

A

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance	
	0	3	6	10	14	18	21	25	31			
●	Ab	Ab	BCb	Aa	Bc	Ad	Ad	Ad	Ad		Film type	***
■	Ac	Ac	Ab	Aa	Cd	Ad	Ad	Ad	Ad		Storage time	***
▲	Ab	Ab	Bb	Aa	Bc	Ad	Ad	Ad	Ad		Film type × Storage time	***
◆	Ac	Ab	Cd	Aa	Ae	Af	Af	Af	Af			

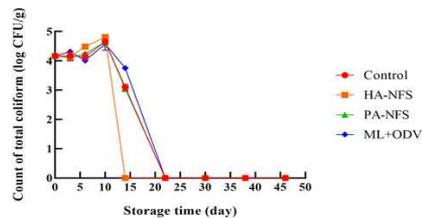
Level of significance: *** $P < 0.001$.



B

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance	
	0	3	6	10	14	22	30	38	46			
●	Ab	Ab	BCb	Aa	Bc	Ad	Ad	Ad	Ad		Film type	***
■	Ac	Ac	Ab	Aa	Cd	Ad	Ad	Ad	Ad		Storage time	***
▲	Ab	Ab	Bb	Aa	Bc	Ad	Ad	Ad	Ad		Film type × Storage time	***
◆	Ac	Ab	Cd	Aa	Ae	Af	Af	Af	Af			

Level of significance: *** $P < 0.001$.



(A), 유통·판매 환경 조건 A; (B), 유통·판매 환경 조건 B
<유통·판매 환경 조건 저장 중 깍두기의 총 대장균군 수 변화>

- 유통·판매 환경 조건 A와 유통·판매 환경 조건 B에서 저장한 대조구, HA-NFS 처리구, PA-NFS 처리구와 ML+ODV 처리구의 위생지표세균 및 병원성 미생물 변화는 아래 표에 나타내었다.
- 식품 위생상 분변오염의 지표로 활용되고 있는 대장균군(Coliforms)은 저장 중 저장기간이 지남에 따라 감소하여 검출한계(1 log CFU/g) 이하를 나타내었다.
- 식품공전의 식품 일반의 기준 및 규격에 따르면 국내 김치류의 식중독균 규격은 살모넬라, 장염 비브리오균, 리스테리아 모노사이토제네스, 장출혈성 대장균, 캄필로박터 제주니/콜리, 여시니아, 엔테로콜리티카, 황색포도상구균 등에 대해 음성이어야한다.
- 변은 저장 30일(유통·판매 환경 조건 A)과 46일(유통·판매 환경 조건 B) 동안 깍두기의 병원성 미생물을 조사한 결과 *S. aureus*와 *Salmonella* spp.는 검출되지 않았다. 이에 NFS 부분 통기성 필름에 포장한 깍두기는 식품공전의 규격에 적합한 것으로 나타났다.

<모의 유통 저장(유통·판매 환경 조건 A) 중 각두기의 위생지표 세균 및 병원성 미생물 오염도 분석>

Type of packaging films	Foodborne pathogen (log CFU/g)	Storage day									
		Day 0 (0 ℃)	Day 3 (0 ℃)	Day 6 (0 ℃)	Day 10 (6 ℃)	Day 14 (6 ℃)	Day 18 (4 ℃)	Day 21 (4 ℃)	Day 25 (4 ℃)	Day 30 (4 ℃)	
Control	Coliforms	4.2±0.1 ¹⁾	4.2±0.2	4.2±0.1	4.7±0.1	3.1±0.1	ND	ND	ND	ND	
	<i>S. aureus</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	<i>Salmonella</i> spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
HA-NFS	Coliforms	4.2±0.1	4.1±0.1	4.5±0.1	4.8±0.1	ND	ND	ND	ND	ND	
	<i>S. aureus</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	<i>Salmonella</i> spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
PA-NFS	Coliforms	4.2±0.1	4.1±0.1	4.3±0.1	4.7±0.2	3.1±0.1	ND	ND	ND	ND	
	<i>S. aureus</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	<i>Salmonella</i> spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
ML+ODV	Coliforms	4.2±0.1	4.3±0.1	4.0±0.1	4.6±0.2	3.8±0.1	ND	ND	ND	ND	
	<i>S. aureus</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	<i>Salmonella</i> spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

1) Each value is mean±SD.

2) ND: Not detected.

<모의 유통 저장(유통·판매 환경 조건 B) 중 각두기의 위생지표 세균 및 병원성 미생물 오염도 분석>

Type of packaging films	Foodborne pathogen (log CFU/g)	Storage day									
		Day 0 (0 ℃)	Day 3 (0 ℃)	Day 6 (0 ℃)	Day 10 (6 ℃)	Day 14 (6 ℃)	Day 22 (-3 ℃)	Day 30 (-3 ℃)	Day 38 (-3 ℃)	Day 46 (-3 ℃)	
Control	Coliforms	4.2±0.1 ¹⁾	4.2±0.2	4.2±0.1	4.7±0.1	3.1±0.1	ND	ND	ND	ND	
	<i>S. aureus</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	<i>Salmonella</i> spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
HA-NFS	Coliforms	4.2±0.1	4.1±0.1	4.5±0.1	4.8±0.1	ND	ND	ND	ND	ND	
	<i>S. aureus</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	<i>Salmonella</i> spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
PA-NFS	Coliforms	4.2±0.1	4.1±0.1	4.3±0.1	4.7±0.2	3.1±0.1	ND	ND	ND	ND	
	<i>S. aureus</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	<i>Salmonella</i> spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
ML+ODV	Coliforms	4.2±0.1	4.3±0.1	4.0±0.1	4.6±0.2	3.8±0.1	ND	ND	ND	ND	
	<i>S. aureus</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	<i>Salmonella</i> spp.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

1) Each value is mean±SD.

2) ND: Not detected.

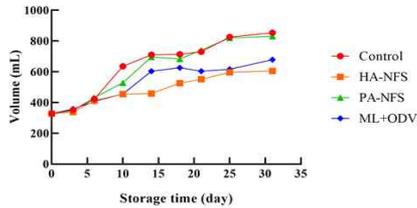
[유통·판매 환경 조건 저장 중 NFS 통기성 포장지 적용에 따른 각두기의 포장 부피 및 포장 내 가스 농도 분석]

- 저장 초기 필름 파우치의 부피는 328.3 mL를 나타내었다. 저장기간이 경과함에 따라 유통·판매 환경 조건 A와 유통·판매 환경 조건 B의 모든 처리구의 포장 부피는 유의적으로($P < 0.05$) 증가하였으며 저장 10일 후부터 저장 말기까지 대조구와 PA-NFS의 포장 부피는 HA-NFS와 ML+ODV 처리구에 비해 유의적으로 ($P < 0.05$) 높았다.
- 유통·판매 환경 조건 A 저장 30일 후 대조구의 포장 부피는 853.3 mL, PA-NFS 처리구의 포장 부피는 831.7 mL를 나타내었다. 유통·판매 환경 조건 B 저장 46일 후 대조구와 PA-NFS 처리구의 필름 부피는 각각 893.3과 846.7 mL를 나타냈으며 소비자에게 수용될 수 없을 정도의 포장 팽창이 관찰되었다. 이를 통해 본 연구에서 이용한 PA-NFS 필름은 장기 저장 중 각두기의 포장 팽창 방지에 뚜렷한 효과가 없는 것으로 확인되었다.
- 반면 유통·판매 환경 조건 B 저장 30일과 46일 동안 HA-NFS 처리구의 필름 부피는 ML+ODV 처리구와 비교하여 유의적으로($P < 0.05$) 작게 관찰되었으며 각각 605.0과 541.7 mL 이하를 유지하였다. 또한 저장 후 HA-NFS 처리구의 포장 팽창은 소비자의 수용성에 영향을 미치지 않을 것으로 판단되었다.

A

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance
	0	3	6	10	14	18	21	25	31		
●	Ah	Ag	Bf	Ae	Ad	Ad	Bc	Ab	Aa		Film type ***
■	Ah	Bg	Cf	Ce	De	Dd	Dc	Db	Ds		Storage time ***
▲	Ai	ABh	Ag	Bf	Be	Bd	Ac	Bb	Ba		Film type × Storage time ***
◆	Ah	Ag	Cf	Ce	Cd	Cd	Cc	Cb	Ca		

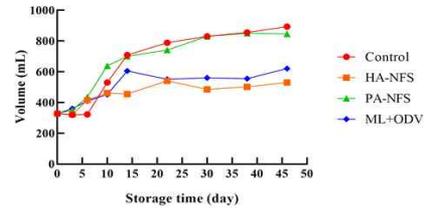
Level of significance: *** $P < 0.001$.



B

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance
	0	3	6	10	14	22	30	38	46		
●	Ag	Cg	Cg	Bf	Ae	Ad	Ac	Ab	Aa		Film type ***
■	Ag	Cg	Bf	Ce	Ce	Da	Cd	Cc	Db		Storage time ***
▲	Ah	Bg	Af	Ae	Ad	Bc	Ab	Aa	Ba		Film type × Storage time ***
◆	Ag	Af	Be	Cd	Bb	Cc	Bc	Bc	Ca		

Level of significance: *** $P < 0.001$.



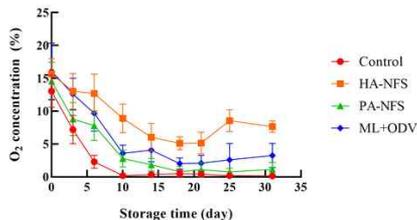
(A) 유통·판매 환경 조건 A, (B) 유통·판매 환경 조건 B
<유통·판매 환경 조건 저장 중 각두기의 포장 부피 변화>

- 저장 초기 각두기의 headspace O_2 농도는 13.0~16.1%로 나타났다. 유통·판매 환경 조건 A에서 저장 10일 후 대조구, PA-NFS와 ML+ODV 처리구의 headspace O_2 농도는 0.2~3.6%까지 유의적으로($P < 0.05$) 감소한 후 저장 30일까지 3.3% 이하의 O_2 농도를 유지하였다. 반면 HA-NFS 처리구는 저장 10일 후 8.9%의 headspace O_2 농도를 나타내었으며 이후 저장기간 동안 5.1~8.6%의 수준을 나타내어 다른 처리구들에 비해 유의적으로 높았다($P < 0.05$).
- $-3^\circ C$ 과냉각 저장(유통·판매 환경 조건 B) 10일 후 대조구의 headspace O_2 농도는 다른 포장 처리구들에 비해 빠르게 감소하여 0.2%로 나타났으며 이 headspace O_2 농도 수준은 저장 말기까지 유지되었다. 변온 저장 중 HA-NFS 처리구의 headspace O_2 농도는 PA-NFS 처리구에 비해 유의적으로 높았다($P < 0.05$).

A

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance
	0	3	6	10	14	18	21	25	31		
●	Aa	Bb	Cc	Cc	Cc	Bc	Bc	Bc	Cc		Film type ***
■	Aa	Aa	Aa	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab		Storage time ***
▲	Aa	ABb	Bb	BCc	BCc	Bc	Bc	Bc	BCc		Film type × Storage time *
◆	Aa	Aab	ABb	Bc	ABc	Bc	Bc	Bc	Bc		

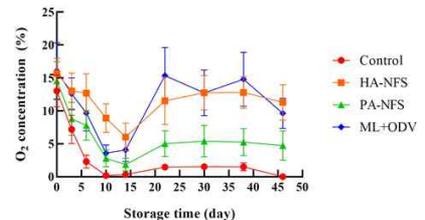
Level of significance: * $P < 0.05$, *** $P < 0.001$.



B

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance
	0	3	6	10	14	22	30	38	46		
●	Aa	Bb	Cc	Cod	Cod	Bod	Bcd	Bcd	Cd		Film type ***
■	Aa	Aab	Aab	Abc	Ac	Aab	Aab	Aab	Aab		Storage time ***
▲	Aa	ABb	Bb	BCc	BCc	Bbc	Bbc	Bbc	Bbc		Film type × Storage time **
◆	Aa	Aab	ABbc	Bd	ABcd	Aab	Aab	Aab	Abc		

Level of significance: ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.



(A) 유통·판매 환경 조건 A, (B) 유통·판매 환경 조건 B
<유통·판매 환경 조건 저장 중 각두기의 포장 내부 headspace O_2 농도 변화>

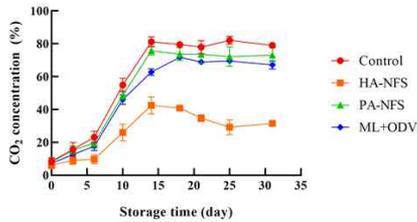
- 포장 필름 부피 변화 결과와 유사하게 유통·판매 환경 조건 A와 유통·판매 환경 조건 B에서 대조구의 필름 내 headspace CO_2 농도 변화 결과는 저장기간이 경과함에 따라 유의적으로($P < 0.05$) 증가하였다. 저장 초기 각두기 포장 파우치 내부의 headspace CO_2 농도는 6.2~8.4%이었다. 저장 14일 후 대조구, PA-NFS 처리구와 ML+ODV 처리구의 headspace CO_2 농도는 62.8~81.2%이었다. 반면 HA-NFS 처리구 headspace CO_2 농도는 42.5%로 가장 낮은 값을 보였다.
- $4^\circ C$ 저장(유통·판매 환경 조건 A) 18~30일 동안 HA-NFS 처리구의 headspace CO_2 농도는 29.2~40.9%를 유지하며 대조구, PA-NFS 처리구와 ML+ODV 처리구와 비교하여 유의적으로($P < 0.05$) 낮았다.
- 이와 유사하게 $-3^\circ C$ 저장(유통·판매 환경 조건 B) 22~46일 동안 HA-NFS 처리구 headspace CO_2 농도는 16.8~22.3%를 유지하였으며 대조구, PA-NFS 처리구와 ML+ODV 처리구와 비교

하여 유의적인 차이를 나타냈다($P < 0.05$). 이는 포장 필름 내부에 통기성 기능을 갖는 면적을 차이로 설명될 수 있다.

A

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance	
	0	3	6	10	14	18	21	25	31			
●	Ae	Ad	Ac	Ab	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa		Film type	***
■	Ad	Bd	Bd	Cc	Ca	Ca	Cb	Cbc	Dbc		Storage time	***
▲	Ad	Ac	Ac	ABb	Aa	Ba	ABa	Ba	Ba		Film type × Storage time	NS
◆	Ag	ABF	Ae	Bd	Bc	Ba	Bab	Bab	Cb			

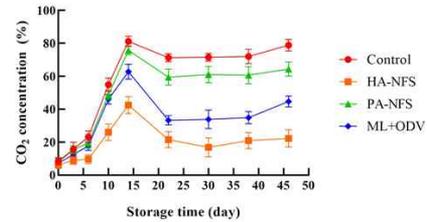
Level of significance: NS, not significant ($P > 0.05$); *** $P < 0.001$.



B

Symbol	Storage time (day)										Levels of significance	
	0	3	6	10	14	22	30	38	46			
●	Af	Ae	Ad	Ac	Aa	Ab	Ab	Ab	Aa		Film type	***
■	Ae	Bde	Bde	Cb	Ca	Dbc	Dcd	Dbc	Dbc		Storage time	***
▲	Ae	Ad	Ad	ABc	Aa	Bb	Bb	Bb	Bb		Film type × Storage time	***
◆	Ae	ABde	Ad	Bb	Ba	Cc	Cc	Cc	Cb			

Level of significance: *** $P < 0.001$.



(A) 유통·판매 환경 조건 A, (B) 유통·판매 환경 조건 B

<유통·판매 환경 조건 저장 중 깍두기의 포장 내부 headspace CO₂ 농도 변화>

[유통·판매 환경 조건 저장 중 NFS 통기성 포장지 적용에 따른 깍두기의 관능적 품질 변화 분석]

- 아래 표는 변온 저장(유통·판매 환경 조건 A) 중 포장지에 따른 깍두기의 특성 차이 검사와 기호도 검사 점수를 나타낸 것이다.
- 특성 차이 검사에서 HA-NFS 처리구가 이미 항목에서 대조구, PA-NFS와 ML+ODV보다 유의적으로 높은 점수를 기록하였으며($P < 0.05$) 그 외의 항목들은 유의적인 차이($P > 0.05$)가 없었다.
- 기호도 검사에서 저장 20일 후 HA-NFS 처리구의 냄새와 맛기호도 점수는 대조구, PA-NFS와 ML+ODV 처리구보다 유의적으로($P < 0.05$) 낮았다. 저장 30일 후 종합적 HA-NFS 처리구의 종합적 기호도는 다른 처리구보다 유의적으로($P < 0.05$) 낮은 점수를 나타내었다.
- 이러한 결과는 특성 차이 검사에서 HA-NFS 처리구의 이미 점수가 대조구, PA-NFS와 ML+ODV 처리구보다 유의적으로($P < 0.05$) 높은 것에 기인하였다.

<유통·판매 환경 조건 A 저장 중 각두기의 특성차이 검사 결과>

항목	처리구	저장 기간(저장 온도)				
		0일 (0℃)	6일 (0℃)	14일 (6℃)	21일 (4℃)	30일 (4℃)
붉은 정도	Control ¹⁾	6.1 ²⁾ ±1.1 ^{3)A4)}	6.0±1.5 ^A	5.8±1.4 ^A	6.1±1.1 ^A	6.2±1.2 ^A
	HA-NFS	6.1±1.1 ^A	5.8±1.4 ^A	6.3±1.2 ^A	6.5±0.9 ^A	6.1±1.0 ^A
	PA-NFS	6.1±1.1 ^A	6.1±0.9 ^A	5.7±1.3 ^A	6.3±1.2 ^A	6.5±1.1 ^A
	ML+ODV	6.1±1.1 ^A	6.3±0.8 ^A	5.8±1.2 ^A	5.9±1.3 ^A	6.4±1.1 ^A
잘익은냄새	Control	4.2±2.2 ^A	4.7±1.6 ^A	5.8±1.9 ^A	6.3±1.2 ^A	6.1±1.3 ^A
	HA-NFS	4.2±2.2 ^A	4.3±1.8 ^A	5.8±1.3 ^A	6.1±1.4 ^A	6.5±1.7 ^A
	PA-NFS	4.2±2.2 ^A	4.7±2.0 ^A	6.1±1.8 ^A	6.1±1.5 ^A	6.5±1.1 ^A
	ML+ODV	4.2±2.2 ^A	4.3±1.7 ^A	5.9±1.6 ^A	6.1±1.6 ^A	6.3±0.9 ^A
이취	Control	2.8±1.4 ^A	3.7±1.4 ^A	3.2±1.5 ^A	3.6±1.5 ^A	3.9±1.7 ^A
	HA-NFS	2.8±1.4 ^A	3.9±1.6 ^A	3.5±1.7 ^A	4.3±1.7 ^A	5.1±2.1 ^A
	PA-NFS	2.8±1.4 ^A	3.9±1.6 ^A	3.5±1.4 ^A	3.6±1.7 ^A	4.2±2.0 ^A
	ML+ODV	2.8±1.4 ^A	3.2±1.2 ^A	4.1±1.5 ^A	3.9±1.5 ^A	4.1±1.8 ^A
잘익은맛	Control	4.2±1.9 ^A	4.4±1.8 ^A	6.0±1.6 ^A	5.9±1.7 ^A	6.6±1.8 ^A
	HA-NFS	4.2±1.9 ^A	4.7±1.6 ^A	5.3±1.9 ^A	6.2±1.2 ^A	6.7±2.0 ^A
	PA-NFS	4.2±1.9 ^A	4.5±1.5 ^A	5.6±1.4 ^A	5.8±1.5 ^A	6.6±1.5 ^A
	ML+ODV	4.2±1.9 ^A	4.2±1.6 ^A	6.0±1.9 ^A	6.7±1.5 ^A	6.8±1.4 ^A
이미	Control	3.1±1.3 ^A	3.7±1.5 ^A	3.3±1.7 ^A	3.8±1.6 ^A	4.4±1.7 ^{AB}
	HA-NFS	3.1±1.3 ^A	3.7±1.8 ^A	3.7±1.8 ^A	4.5±1.5 ^A	5.7±2.1 ^A
	PA-NFS	3.1±1.3 ^A	4.0±1.7 ^A	3.2±1.5 ^A	3.8±1.3 ^A	4.9±2.7 ^{AB}
	ML+ODV	3.1±1.3 ^A	3.4±1.3 ^A	3.8±2.0 ^A	3.9±1.9 ^A	4.2±1.9 ^B
아삭한정도	Control	7.3±0.7 ^A	5.7±1.7 ^A	6.2±0.9 ^A	6.1±1.3 ^A	5.6±1.4 ^A
	HA-NFS	7.3±0.7 ^A	6.0±1.3 ^A	6.1±1.5 ^A	6.0±1.3 ^A	5.7±1.1 ^A
	PA-NFS	7.3±0.7 ^A	5.9±1.3 ^A	5.8±1.5 ^A	6.0±1.5 ^A	5.7±1.5 ^A
	ML+ODV	7.3±0.7 ^A	6.3±1.5 ^A	5.9±1.4 ^A	5.8±1.2 ^A	5.1±1.1 ^A
무른정도	Control	3.3±2.0 ^A	4.7±1.8 ^A	4.3±1.4 ^A	4.5±1.1 ^A	4.6±2.0 ^A
	HA-NFS	3.3±2.0 ^A	4.7±1.8 ^A	4.2±1.7 ^A	4.3±1.3 ^A	4.7±1.7 ^A
	PA-NFS	3.3±2.0 ^A	4.6±1.8 ^A	4.3±1.1 ^A	4.5±1.0 ^A	4.7±2.0 ^A
	ML+ODV	3.3±2.0 ^A	4.5±1.6 ^A	4.8±1.4 ^A	4.8±1.3 ^A	5.5±1.6 ^A

¹⁾Control, multi-layered film pouch; HA-NFS, half-area breathable film pouch; PA-NFS, partial area breathable film pouch; ML+ODV, one-way decassing valve-mounted film pouch.

²⁾Sensory score: 1(weak extremely)↔9(strong extremely).

³⁾Each value is mean±SD(n=20).

⁴⁾Mean values in the same column(A-B) followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test($P < 0.05$).

<유통·판매 환경 조건 A 저장 중 깍두기의 기호도 검사 결과>

항목	처리구	저장 기간(저장 온도)				
		0일 (0℃)	6일 (0℃)	14일 (6℃)	20일 (4℃)	30일 (4℃)
외관기호도	Control ¹⁾	6.0 ²⁾ ±1.5 ^{3)A4)}	5.8±1.6 ^A	5.8±1.2 ^A	6.2±1.3 ^A	5.9±1.0 ^A
	HA-NFS	6.0±1.5 ^A	5.9±1.2 ^A	6.5±0.9 ^A	6.3±0.7 ^A	6.2±1.1 ^A
	PA-NFS	6.0±1.5 ^A	6.1±0.9 ^A	5.9±1.2 ^A	6.1±0.9 ^A	6.0±1.1 ^A
	ML+ODV	6.0±1.5 ^A	6.3±1.0 ^A	6.1±0.9 ^A	5.8±1.2 ^A	5.7±1.1 ^A
냄새기호도	Control	6.0±1.3 ^A	6.1±1.3 ^A	5.7±1.8 ^A	6.1±1.3 ^{AB}	5.9±1.2 ^A
	HA-NFS	6.0±1.3 ^A	5.7±1.2 ^A	5.8±1.5 ^A	5.5±1.0 ^B	4.5±1.4 ^B
	PA-NFS	6.0±1.3 ^A	6.3±1.1 ^A	6.1±1.3 ^A	6.0±1.3 ^{AB}	5.4±1.6 ^{AB}
	ML+ODV	6.0±1.3 ^A	6.1±1.6 ^A	5.7±1.7 ^A	6.5±1.1 ^A	5.5±1.3 ^A
맛기호도	Control	5.8±1.9 ^A	6.3±0.9 ^A	6.1±1.7 ^A	6.0±1.5 ^A	5.7±1.7 ^A
	HA-NFS	5.8±1.9 ^A	5.7±1.7 ^A	5.7±1.7 ^A	5.5±1.2 ^A	4.0±1.8 ^B
	PA-NFS	5.8±1.9 ^A	5.5±1.6 ^A	5.7±1.6 ^A	5.9±1.4 ^A	5.0±2.2 ^{AB}
	ML+ODV	5.8±1.9 ^A	5.6±1.4 ^A	5.3±2.0 ^A	5.8±1.4 ^A	5.2±1.9 ^{AB}
조직감기호도	Control	6.9±1.3 ^A	5.8±1.0 ^A	6.2±1.4 ^A	6.3±1.4 ^A	5.4±1.3 ^A
	HA-NFS	6.9±1.3 ^A	5.7±1.1 ^A	5.6±1.4 ^A	5.8±1.0 ^A	5.0±1.3 ^A
	PA-NFS	6.9±1.3 ^A	5.8±1.2 ^A	5.9±1.4 ^A	6.0±1.5 ^A	5.4±1.3 ^A
	ML+ODV	6.9±1.3 ^A	6.3±1.3 ^A	6.0±1.0 ^A	5.8±1.3 ^A	5.1±1.4 ^A
종합적기호도	Control	6.1±1.7 ^A	6.3±1.2 ^A	6.3±1.6 ^A	5.8±1.4 ^A	5.4±1.7 ^A
	HA-NFS	6.1±1.7 ^A	5.7±1.2 ^A	5.9±1.8 ^A	5.5±1.3 ^A	4.0±1.9 ^B
	PA-NFS	6.1±1.7 ^A	5.9±1.3 ^A	5.5±1.8 ^A	5.7±1.4 ^A	5.0±2.0 ^{AB}
	ML+ODV	6.1±1.7 ^A	6.0±1.3 ^A	5.6±1.8 ^A	6.1±1.7 ^A	5.3±1.7 ^A

¹⁾Control, multi-layered film pouch; HA-NFS, half-area breathable film pouch; PA-NFS, partial area breathable film pouch; ML+ODV, one-way decassing valve-mounted film pouch.

²⁾Sensory score: 11(dislike extremely)↔9(like extremely).

³⁾Each value is mean±SD(n=20).

⁴⁾Mean values in the same column(A-B) followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test($P < 0.05$).

- 변온 저장(유통·판매 환경 조건 B) 중 포장지에 따른 깍두기의 특성 차이 검사와 기호도 검사 점수를 아래 표에 나타내었다.
- 특성 차이 검사와 기호도 검사에서 대조구, HA-NFS, PA-NFS와 ML+ODV 처리구는 유의적인 차이($P > 0.05$)를 나타내지 않았다.
- 이를 통해 유통·판매 환경 조건 B의 -3℃ 과냉각 저장은 유통·판매 환경 조건 A의 4℃ 저장보다 깍두기의 관능학적 품질을 유지하고 소비자의 선호도 감소 없이 가식기간을 연장할 수 있음을 보여주었다.

<유통·판매 환경 조건 B 저장 중 각두기의 특성차이 검사 결과>

항목	처리구	저장 기간(저장 온도)				
		0일 (0℃)	6일 (0℃)	14일 (6℃)	30일 (-3℃)	46일 (-3℃)
붉은 정도	Control ¹⁾	6.1 ²⁾ ±1.1 ^{3)A4)}	6.0±1.5 ^A	5.5±1.3 ^A	5.9±1.7 ^A	5.3±1.4 ^A
	HA-NFS	6.1±1.1 ^A	5.7±1.4 ^A	6.3±1.2 ^A	6.1±1.0 ^A	5.6±1.2 ^A
	PA-NFS	6.1±1.1 ^A	6.1±0.9 ^A	5.7±1.3 ^A	6.1±1.4 ^A	6.1±1.6 ^A
	ML+ODV	6.1±1.1 ^A	6.3±0.8 ^A	5.8±1.2 ^A	5.6±1.5 ^A	5.0±1.3 ^A
잘익은냄새	Control	4.2±2.2 ^A	4.7±1.6 ^A	5.8±1.9 ^A	6.1±1.7 ^A	5.8±1.5 ^A
	HA-NFS	4.1±2.2 ^A	4.3±1.8 ^A	5.8±1.3 ^A	5.8±1.2 ^A	5.7±1.4 ^A
	PA-NFS	4.1±2.2 ^A	4.7±2.0 ^A	6.1±1.8 ^A	5.2±1.5 ^A	6.0±1.3 ^A
	ML+ODV	4.1±2.2 ^A	4.3±1.7 ^A	5.9±1.6 ^A	6.1±0.9 ^A	6.3±1.3 ^A
이취	Control	2.8±1.4 ^A	3.7±1.4 ^A	3.2±1.5 ^A	3.9±2.2 ^A	3.9±1.3 ^A
	HA-NFS	2.8±1.4 ^A	3.9±1.6 ^A	3.5±1.7 ^A	4.6±1.9 ^A	4.0±1.4 ^A
	PA-NFS	2.8±1.4 ^A	3.9±1.6 ^A	3.5±1.4 ^A	3.5±1.5 ^A	4.1±1.3 ^A
	ML+ODV	2.8±1.4 ^A	3.2±1.2 ^A	4.1±1.5 ^A	3.4±1.0 ^A	4.5±1.5 ^A
잘익은맛	Control	4.2±1.9 ^A	4.4±1.8 ^A	6.0±1.6 ^A	5.9±1.9 ^A	6.0±1.3 ^A
	HA-NFS	4.2±1.9 ^A	4.7±1.6 ^A	5.3±1.9 ^A	5.7±1.7 ^A	5.4±1.6 ^A
	PA-NFS	4.2±1.9 ^A	4.5±1.5 ^A	5.6±1.4 ^A	5.6±1.8 ^A	5.6±1.5 ^A
	ML+ODV	4.2±1.9 ^A	4.2±1.6 ^A	6.0±1.9 ^A	6.0±1.0 ^A	5.8±1.4 ^A
이미	Control	3.1±1.3 ^A	3.7±1.5 ^A	3.3±1.7 ^A	4.0±1.9 ^A	4.5±1.4 ^A
	HA-NFS	3.1±1.3 ^A	3.7±1.8 ^A	3.7±1.8 ^A	4.2±1.8 ^A	4.8±1.7 ^A
	PA-NFS	3.1±1.3 ^A	4.0±1.7 ^A	3.2±1.5 ^A	3.9±1.6 ^A	3.7±1.3 ^A
	ML+ODV	3.1±1.3 ^A	3.4±1.3 ^A	3.8±2.0 ^A	3.7±1.4 ^A	4.2±1.4 ^A
아삭한정도	Control	7.3±0.7 ^A	5.7±1.7 ^A	6.2±0.9 ^A	6.2±0.8 ^A	6.7±0.8 ^A
	HA-NFS	7.3±0.7 ^A	6.0±1.3 ^A	6.1±1.5 ^A	5.9±1.0 ^A	6.5±1.1 ^A
	PA-NFS	7.3±0.7 ^A	5.9±1.3 ^A	5.8±1.5 ^A	5.4±1.4 ^A	6.5±0.8 ^A
	ML+ODV	7.3±0.7 ^A	6.3±1.5 ^A	5.9±1.4 ^A	6.0±1.5 ^A	6.7±1.0 ^A
무른정도	Control	3.3±2.0 ^A	4.7±1.8 ^A	4.3±1.4 ^A	4.4±1.4 ^A	3.9±1.3 ^A
	HA-NFS	3.3±2.0 ^A	4.7±1.8 ^A	4.2±1.7 ^A	4.1±1.6 ^A	3.8±1.3 ^A
	PA-NFS	3.3±2.0 ^A	4.6±1.8 ^A	4.3±1.1 ^A	4.4±1.5 ^A	4.0±1.8 ^A
	ML+ODV	3.3±2.0 ^A	4.5±1.6 ^A	4.8±1.4 ^A	4.2±1.4 ^A	3.5±1.2 ^A

¹⁾Control, multi-layered film pouch; HA-NFS, half-area breathable film pouch; PA-NFS, partial area breathable film pouch; ML+ODV, one-way decassing valve-mounted film pouch.

²⁾Sensory score: 1(weak extremely)↔9(strong extremely).

³⁾Each value is mean±SD(n=20).

⁴⁾Mean values in the same column(A) followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test($P < 0.05$).

<유통·판매 환경 조건 B 저장 중 깍두기의 기호도 검사 결과>

항목	처리구	저장 기간(저장 온도)				
		0일 (0℃)	6일 (0℃)	14일 (6℃)	30일 (-3℃)	46일 (-3℃)
외관기호도	Control ¹⁾	6.0 ²⁾ ±1.5 ^{3)A4)}	5.8±1.6 ^A	5.8±1.2 ^A	6.1±1.4 ^A	6.3±1.4 ^A
	HA-NFS	6.0±1.5 ^A	5.9±1.2 ^A	6.5±0.9 ^A	6.1±1.0 ^A	6.3±1.0 ^A
	PA-NFS	6.0±1.5 ^A	6.1±0.9 ^A	5.9±1.2 ^A	5.9±1.2 ^A	6.4±1.2 ^A
	ML+ODV	6.0±1.5 ^A	6.3±1.0 ^A	6.1±0.9 ^A	5.8±1.2 ^A	6.3±1.4 ^A
냄새기호도	Control	6.0±1.3 ^A	6.1±1.3 ^A	5.7±1.8 ^A	5.9±1.9 ^A	6.0±1.1 ^A
	HA-NFS	6.0±1.3 ^A	5.7±1.2 ^A	5.8±1.5 ^A	5.1±1.4 ^A	5.6±1.3 ^A
	PA-NFS	6.0±1.3 ^A	6.3±1.1 ^A	6.1±1.3 ^A	5.6±1.1 ^A	6.0±1.1 ^A
	ML+ODV	6.0±1.3 ^A	6.1±1.6 ^A	5.7±1.7 ^A	5.8±1.0 ^A	5.4±1.4 ^A
맛기호도	Control	5.8±1.9 ^A	6.3±0.9 ^A	6.1±1.7 ^A	5.8±1.9 ^A	5.6±1.6 ^A
	HA-NFS	5.8±1.9 ^A	5.7±1.7 ^A	5.7±1.7 ^A	5.4±2.0 ^A	5.4±1.5 ^A
	PA-NFS	5.8±1.9 ^A	5.5±1.6 ^A	5.7±1.6 ^A	5.3±1.5 ^A	6.1±1.3 ^A
	ML+ODV	5.8±1.9 ^A	5.6±1.4 ^A	5.3±2.0 ^A	5.8±1.2 ^A	5.5±1.7 ^A
조직감기호도	Control	6.9±1.3 ^A	5.8±1.0 ^A	6.2±1.4 ^A	6.0±1.4 ^A	6.3±0.9 ^A
	HA-NFS	6.9±1.3 ^A	5.7±1.1 ^A	5.6±1.4 ^A	5.8±1.0 ^A	6.0±1.3 ^A
	PA-NFS	6.9±1.3 ^A	5.8±1.2 ^A	5.9±1.4 ^A	6.1±1.6 ^A	6.2±1.3 ^A
	ML+ODV	6.9±1.3 ^A	6.3±1.3 ^A	6.0±1.0 ^A	6.0±0.9 ^A	6.2±1.1 ^A
종합적기호도	Control	6.1±1.7 ^A	6.3±1.2 ^A	6.3±1.6 ^A	5.9±1.9 ^A	6.0±1.8 ^A
	HA-NFS	6.1±1.7 ^A	5.7±1.2 ^A	5.9±1.8 ^A	5.1±2.0 ^A	5.5±1.7 ^A
	PA-NFS	6.1±1.7 ^A	5.9±1.3 ^A	5.5±1.8 ^A	5.1±1.8 ^A	6.3±1.5 ^A
	ML+ODV	6.1±1.7 ^A	6.0±1.3 ^A	5.6±1.8 ^A	5.9±1.0 ^A	5.6±1.8 ^A

¹⁾Control, multi-layered film pouch; HA-NFS, half-area breathable film pouch; PA-NFS, partial area breathable film pouch; ML+ODV, one-way decassing valve-mounted film pouch.

²⁾Sensory score: 11(dislike extremely)↔9(like extremely).

³⁾Each value is mean±SD(n=20).

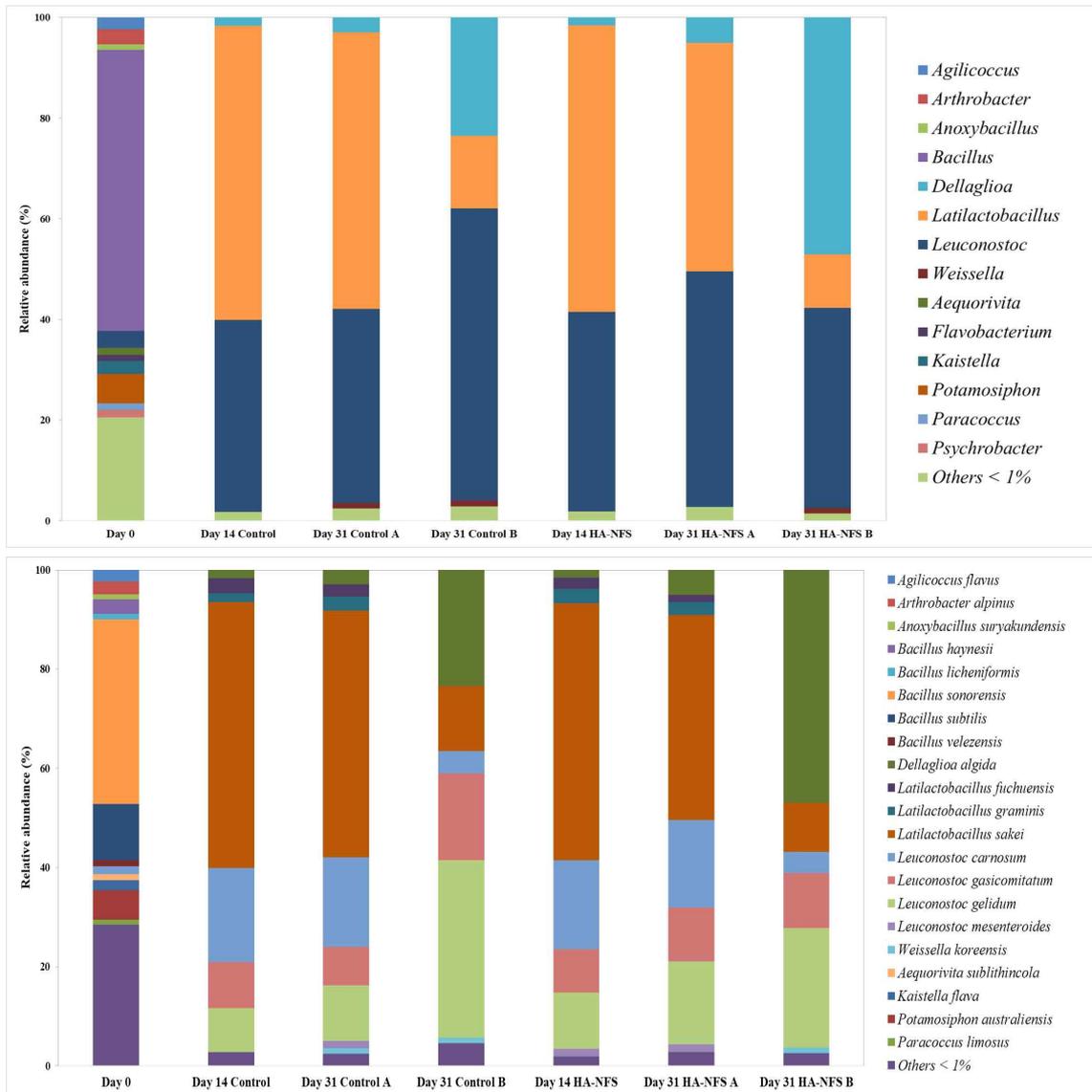
⁴⁾Mean values in the same column(A) followed by different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test($P < 0.05$).

[유통·판매 환경 조건 저장 중 NFS 통기성 포장지 적용에 따른 깍두기의 미생물 군집 분석]

- 유통·판매 환경 조건 저장 중 포장지 종류에 따른 깍두기의 미생물(세균, 효모/곰팡이) 군집 분석을 수행하였다. 김치 발효초기 발견되는 다양한 미생물은 발효가 진행됨에 따라 종류가 단순해졌다. 이는 김치 저장기간 증가에 따른 유산균 증식 및 이로 인한 pH 저하에 따른 것으로 보고된다.
- 아래 그림의 A는 세균의 속(genus) 수준의 군집 분석 결과이며, 저장 0일 *Bacillus* 속(55.89%), *Potamosiphon* 속(5.89%), *Leuconostoc* 속(3.41%), *Arthrobacter* 속(3.01%), *Kaistella* 속(2.55%), *Agilicoccus* 속(2.34%), *Psychrobacter* 속(1.47%), *Aequorivita* 속(1.30%), *Flavobacterium* 속(1.28%), *Paracoccus* 속(1.24%) 및 *Anoxybacillus* 속(1.04%) 순으로 분포가 확인되었다.
- 저장 14일 대조구과 HA-NFS 처리구는 각각 *Latilactobacillus* 속(58.40%와 56.97%), *Leuconostoc* 속(38.14%와 39.63%) 및 *Dellaglioia* 속(1.66%와 1.51%)이 발견되었다. 저장 14일부터 유산균이 우점함을 확인하였으며, 포장지 종류에 따른 속(genus) 수준에서 세균 종류의 차이는 확인되지 않았다. 또한 저장 0일 높은 비율로 발견되는 *Bacillus* 속은 대조구과 HA-NFS 처리구에서 저장 14일부터 발견되지 않았다.
- 저장 31일 대조구(유통·판매 환경 조건 A와 유통·판매 환경 조건 B)는 각각 *Latilactobacillus* 속(55.03%와 14.42%), *Leuconostoc* 속(38.47%와 58.05%), *Dellaglioia* 속(2.91%와 23.46%) 및 *Weissella* 속(1.15%와 1.15%)로 분포를 확인하였다. 대조구는 유통·판매 환경 조건 B에서 *Latilactobacillus* 속이 감소하고, *Leuconostoc* 속 및 *Dellaglioia* 속이 증가한 것을 발견할 수 있

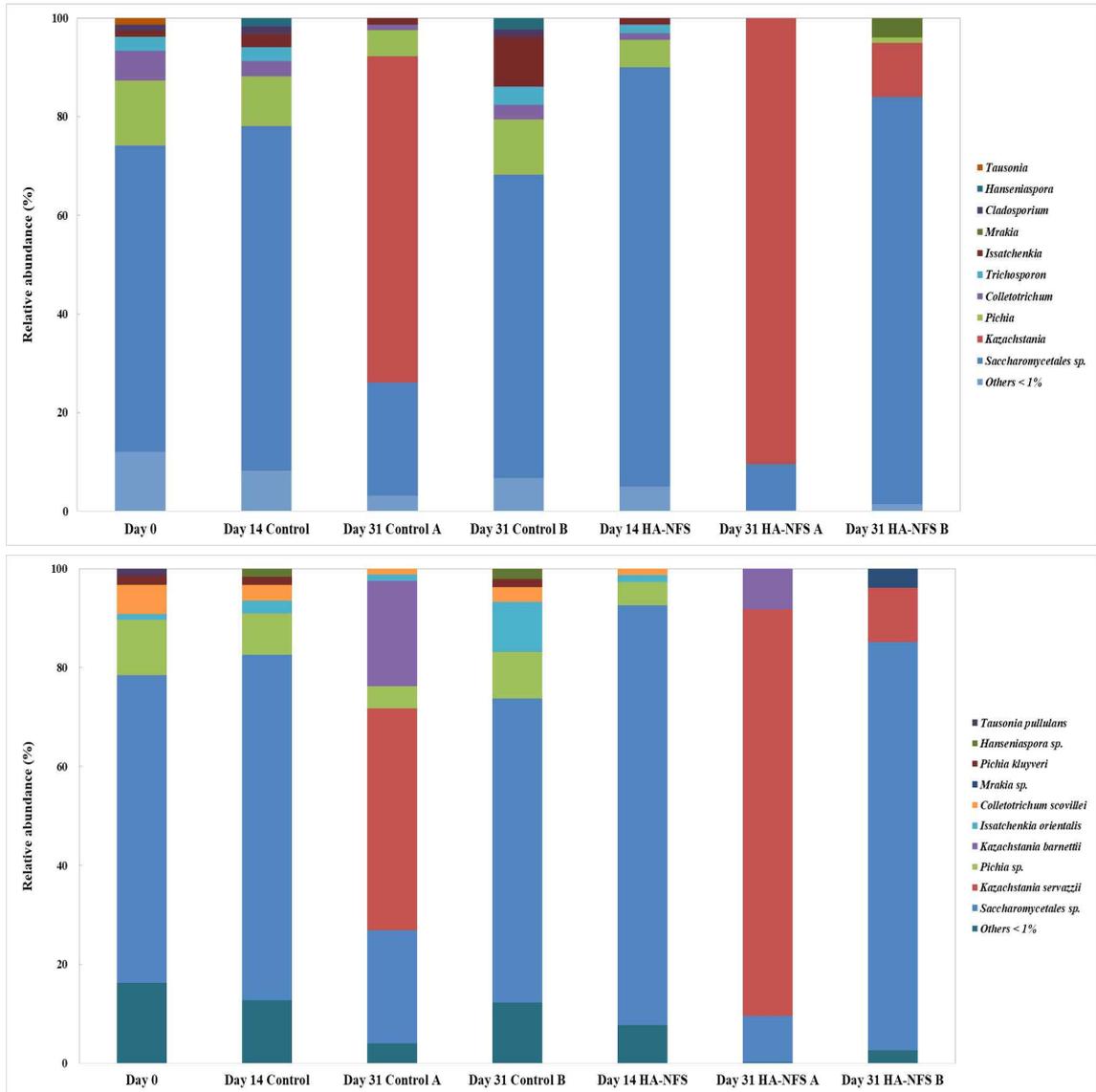
었다.

- 저장 31일 HA-NFS 처리구(유통·판매 환경 조건 A와 유통·판매 환경 조건 B)는 각각 *Latilactobacillus* 속(5.01%와 47.03%), *Leuconostoc* 속(46.80%와 39.71%), *Dellaglioia* 속(5.01%와 47.03%) 및 *Weissella* 속(0%와 1.14%)로 분포를 확인하였다. HA-NFS 처리구는 유통·판매 환경 조건 B에서 *Latilactobacillus* 속 및 *Leuconostoc* 속이 감소하고 *Dellaglioia* 속이 크게 증가한 것을 확인하였다.
 - 따라서 포장 종류와 유통 조건에 따라 속 수준의 세균의 분포에 차이가 있으며, 특히 *Dellaglioia* 속은 유통 조건에 따라 증식이 크게 달라짐을 확인하였다.
 - 아래 그림 중 B는 세균의 종(species) 수준의 군집 분석 결과이며, 저장 0일 *B. sonorensis*(37.25%), *B. subtilis*(11.28%), *P. australiensis*(5.89%), *B. haynesii*(2.85%), *Art. alpinus*(2.58%), *Agi. flavus*(2.34%), *K. flava*(2.02%), *Leu. carnosum*(1.55%), *Aeq. sublithincola*(1.30%), *B. velezensis*(1.27%), *B. licheniformis*(1.14%), *Ano. suryakundensis*(1.04%) 및 *P. limosus*(1.04%)로 확인되었다.
 - 저장 14일 대조구 세균 종(species) 수준의 분포는 *L. sakei*(53.56%), *Leu. carnosum*(18.96%), *Leu. gasicomitatum*(9.34%), *Leu. gelidum*(8.90%), *L. fuchuensis*(3.05%), *L. graminis*(1.79%), *D. algida*(1.66%) 순으로 확인되었으며, 저장 14일 HA-NFS 처리구 세균 종(species) 수준의 분포는 *L. sakei*(51.81%), *Leu. carnosum*(18.00%), *Leu. gelidum*(11.33%), *Leu. gasicomitatum*(8.75%), *L. graminis*(2.84%), *L. fuchuensis*(2.32%), *Leu. mesenteroides*(1.55%) 및 *D. algida*(1.51%) 순으로 분포가 확인되었다. 저장 14일 대조구와 HA-NFS 처리구의 세균 종(species) 수준의 종류는 대부분 유사하였으나, HA-NFS 처리구에서만 *Leu. mesenteroides*가 발견되었다.
 - 저장 31일 대조구 유통·판매 환경 조건 A의 분포는 *L. sakei*(49.73%), *Leu. carnosum*(18.06%), *Leu. gelidum*(11.17%), *Leu. gasicomitatum*(7.79%), *D. algida*(2.91%), *L. graminis*(2.87%), *L. fuchuensis*(2.43%), *Leu. mesenteroides*(1.44%) 및 *W. koreensis*(1.15%)이며, 저장 31일 대조구 유통·판매 환경 조건 B의 분포는 *Leu. gelidum*(35.83%), *D. algida*(23.46%), *Leu. gasicomitatum*(17.46%), *L. sakei*(13.13%), *Leu. carnosum*(4.43%) 및 *W. koreensis*(1.15%)로 확인되었다.
 - 저장 31일 HA-NFS 처리구 유통·판매 환경 조건 A의 분포는 *L. sakei*(41.37%), *Leu. carnosum*(17.64%), *Leu. gelidum*(16.65%), *Leu. gasicomitatum*(10.91%), *D. algida*(5.01%), *L. graminis*(2.51%), *Leu. mesenteroides*(1.60%) 및 *L. fuchuensis*(1.53%)로 확인되었으며, 저장 31일 HA-NFS 처리구 유통·판매 환경 조건 B의 분포는 *D. algida*(47.03%), *Leu. gelidum*(24.11%), *Leu. gasicomitatum*(11.09%), *L. sakei*(9.85%), *Leu. carnosum*(4.22%), 및 *W. koreensis*(1.14%)로 확인되었다.
 - 따라서 31일차 유통조건에 따라 *D. algida* 분포가 크게 달라짐을 확인하였다. *D. algida*는 통성 혐기성, 저온성 및 동형발효 유산균으로 보고되었으며, 본 결과에서도 과냉각 조건인 유통·판매 환경 조건 B에서 *D. algida*의 비율이 유통·판매 환경 조건 A와 비교하여 높게 나타남을 확인하였다.
-



Day 0: 저장 0일; Day 14 Control: 저장 14일, 대조구; Day 31 Control A: 저장 31일, 대조구, 유통·판매 환경 조건 A; Day 31 Control B: 저장 31일, 대조구, 유통·판매 환경 조건 B; Day 14 HA-NFS: 저장 14일, HA-NFS 포장; Day 31 HA-NFS A: 저장 31일, HA-NFS 포장, 유통·판매 환경 조건 A; Day 31 HA-NFS B: 저장 31일, HA-NFS 포장, 유통·판매 환경 조건 B.

<포장종류, 유통조건 및 저장기간에 따른 깍두기의 genus (A) 및 species (B) 수준에서 세균 군집 변화>



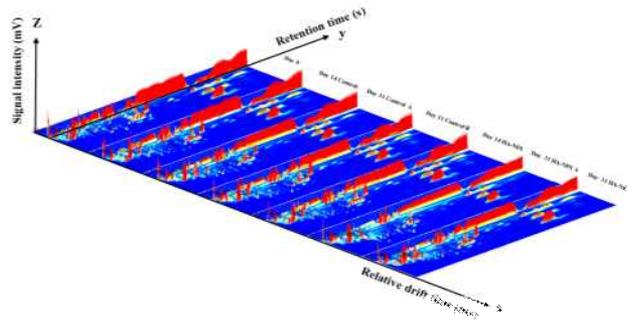
Day 0: 저장 0일; Day 14 Control: 저장 14일, 대조구; Day 31 Control A: 저장 31일, 대조구, 유통·판매 환경 조건 A; Day 31 Control B: 저장 31일, 대조구, 유통·판매 환경 조건 B; Day 14 HA-NFS: 저장 14일, HA-NFS 포장; Day 31 HA-NFS A: 저장 31일, HA-NFS 포장, 유통·판매 환경 조건 A; Day 31 HA-NFS B: 저장 31일, HA-NFS 포장, 유통·판매 환경 조건 B.

<포장종류, 유통조건 및 저장기간에 따른 깍두기의 genus (A) 및 species (B) 수준에서 효모 군집 변화>

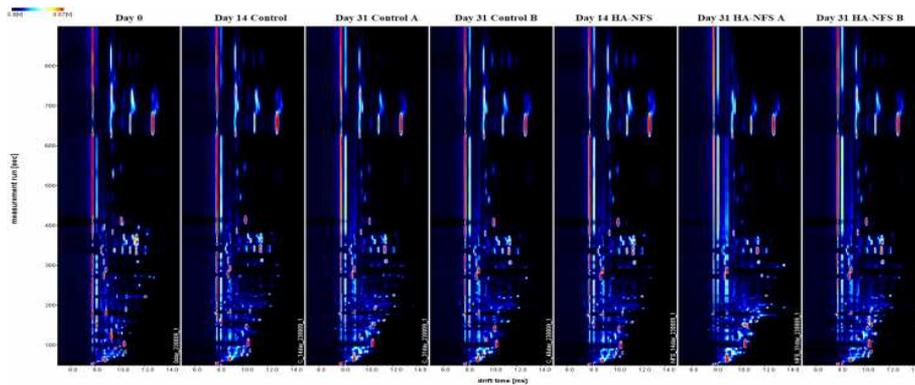
[유통·판매 환경 조건 저장 중 NFS 통기성 포장지 적용에 따른 깍두기의 향기성분 분석]

- 유통·판매 환경 조건 저장 중 포장지 종류에 따른 열무김치 시료의 휘발성 화합물 차이를 확인하기 위한 깍두기 시료의 GC-IMS profiles은 아래 그림과 같다.
- 포장 종류 및 유통 조건에 따른 깍두기의 휘발성 화합물 분석을 위해 3D-topographic plot을 생성했으며, 여기서 X, Y, Z축은 각각 이온 이동 시간(DT, 식별용), 보유 시간(RT, GC 분리용), 이온 피크 강도(정량화용)를 나타낸다.
- 포장 종류 및 유통 조건에 따른 깍두기 시료의 휘발성 화합물에 대한 2D-topographic spectra은 아래 그림 B에 나타내었다. 이는 깍두기 시료의 휘발성 화합물 유사한 유형을 가지고 있지만 signal의 강도는 다르다는 것을 보여준다.
- 이 샘플들의 차이를 명확하게 비교하기 위해, 그림 C에서 differential comparison model이 사용되었으며, 저장 0일 깍두기 시료를 control로 사용하였다.

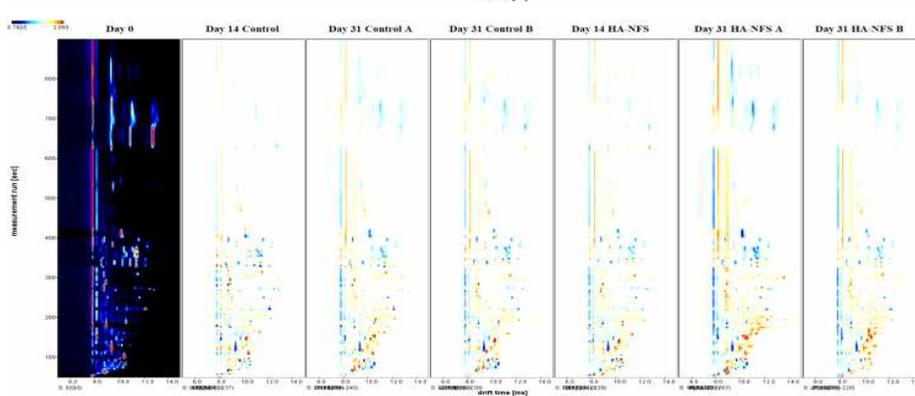
(A)



(B)



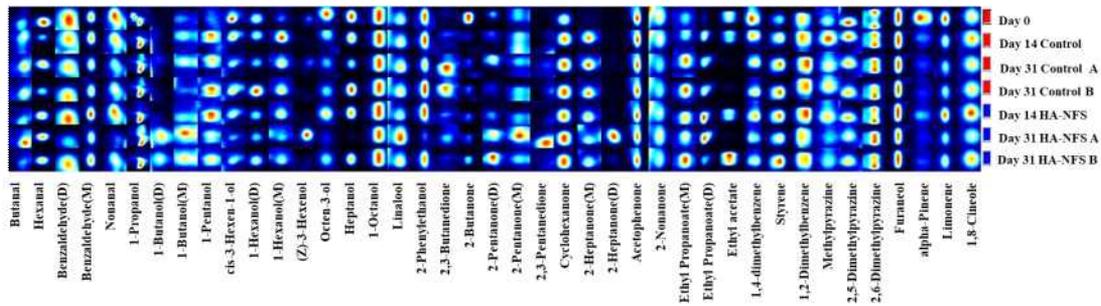
(C)



Day 0: 저장 0일; Day 14 Control: 저장 14일, 대조구; Day 31 Control A: 저장 31일, 대조구, 유통·판매 환경 조건 A; Day 31 Control B: 저장 31일, 대조구, 유통·판매 환경 조건 B; Day 14 HA-NFS: 저장 14일, HA-NFS 포장; Day 31 HA-NFS A: 저장 31일, HA-NFS 포장, 유통·판매 환경 조건 A; Day 31 HA-NFS B: 저장 31일, HA-NFS 포장, 유통·판매 환경 조건 B.

<포장 조건과 유통 조건에 따른 각두기의 3D topographic plots (A), 2D topographic plots (B) 및 different comparison topographic plots (C)>

- IMS 분석은 모세관 컬럼에 의해 분리된 VOC들이 개별적으로 이온화 반응 영역에 들어가 이동 영역 아래에서 이차 분리를 위한 분자 이온 그룹을 생성하며, 각 휘발성 화합물은 드리프트 가스와의 충돌로 인한 다른 이동 속도로 인해 탐지된다.
- 따라서 열무김치 시료의 휘발성 화합물은 분리된 각 화합물의 이온 이동 시간과 이온 피크 강도의 차이를 기반으로 정성적으로 식별될 수 있다. Plot의 색상은 화합물의 농도를 반영하는데, 빨간색은 높은 농도를 의미한다.
- Gallery plots의 각 행은 포장 종류 및 유통 조건에 따른 각두기 시료의 전체 휘발성 화합물의 signal peak를 나타내며, 각 열은 같은 휘발성 화합물의 포장 종류 및 유통 조건에 따른 각두기 시료의 signal peak를 보여준다.



Day 0: 저장 0일; Day 14 Control: 저장 14일, 대조구; Day 31 Control A: 저장 31일, 대조구, 유통·판매 환경 조건 A; Day 31 Control B: 저장 31일, 대조구, 유통·판매 환경 조건 B; Day 14 HA-NFS: 저장 14일, HA-NFS 포장; Day 31 HA-NFS A: 저장 31일, HA-NFS 포장, 유통·판매 환경 조건 A; Day 31 HA-NFS B: 저장 31일, HA-NFS 포장, 유통·판매 환경 조건 B.

<포장 조건과 유통 조건에 따른 각두기의 휘발성 화합물의 gallery plots>

- 아래 표는 포장 종류 및 유통 조건에 따른 각두기 시료의 GC-IMS 분석 결과 검출된 41종의 휘발성 화합물과 그 화합물의 특징을 나타낸다. 휘발성 화합물에는 5개의 aldehydes, 13개의 alcohols, 10개의 ketones, 3개의 esters, 3개의 benzenes, 3개의 pyrazines, 1개의 furans, 그리고 3개의 terpenoids가 포함되어 있었다. 화합물이 두 개의 signal peak를 보여주는 경우, 이들은 해당 화합물의 monomer와 dimer이다.
- 확인된 41종의 화합물에는 aldehydes인 butanal, hexanal, benzaldehyde 및 nonanal이 포함되어 있으며, alcohols 화합물인 1-propanol, 1-butanol, 1-pentanol, cis-3-hexen-1-ol, 1-hexanol, (Z)-3-hexenol, octen-3-ol, heptanol, 1-octanol, linalool, 및 2-phenylethanol이 포함되어 있다. 또한 ketones는 2,3-butanedione, 2-butanone, 2-pentanone, 2,3-pentanedione cyclohexanone, 2-heptanone, acetophenone, 및 2-nonanone이 확인되었다. Esters로는 ethyl propanoate와 ethyl acetate가 검출되었으며, benzenes로 1,4-dimethylbenzene, styrene, 1,2-dimethylbenzene이 확인되었다. Pyrazines으로 분류되는 methylpyrazine, 2,5-dimethylpyrazine, 2,6-dimethylpyrazine이 검출되었으며, furans에 속하는 furaneol과 terpenoids에 해당하는 alpha-pinene 및 limonene 1,8-cineole이 확인되었다.

<GC-IMS로 검출된 깍두기의 휘발성 화합물>

No.	Type of compound	Name	Flavor Description	CAS	Fomula	MW ^a	RI ^b	RI ^c	DT ^d	Typ
1	Aldehydes	Butanal	cocoa, musty, floral, green, pungent, bready	123-72-8	C ₄ H ₈ O	72.1	599.6	84.322	1.126	
2	Aldehydes	Hexanal	fresh, fruity, grass, green, sweet, almond	66-25-1	C ₆ H ₁₂ O	100.2	808	227.377	1.550	
3	Aldehydes	Benzaldehyde	almond, cherry, sweet, almond, nutty	100-52-7	C ₇ H ₆ O	106.1	949.3	370.074	1.463	Dimers
4	Aldehydes	Benzaldehyde	almond, cherry, sweet, almond, nutty	100-52-7	C ₇ H ₆ O	106.1	959.7	384.747	1.214	Momoi
5	Aldehydes	Nonanal	balsamic, orange peel, citrus, floral	124-19-6	C ₈ H ₁₆ O	142.2	1102.1	719.397	1.415	
6	Alcohols	1-Propanol	musty	71-23-8	C ₃ H ₈ O	60.1	553.4	61.66	1.134	
7	Alcohols	1-Butanol	balsamic	71-36-3	C ₄ H ₁₀ O	74.1	648.7	109.392	1.362	Dimers
8	Alcohols	1-Butanol	balsamic	71-36-3	C ₄ H ₁₀ O	74.1	665.1	118.606	1.195	Momoi
9	Alcohols	1-Pentanol	winey, sweet, balsamic, fusel, fermented	71-41-0	C ₅ H ₁₂ O	88.1	773.5	198.202	1.272	
10	Alcohols	cis-3-Hexen-1-ol	green, grassy	928-96-1	C ₆ H ₁₂ O	100.2	854.9	268.787	1.241	
11	Alcohols	1-Hexanol	fruity, green, sweet, banana, flower, grass, herb	111-27-3	C ₆ H ₁₄ O	102.2	855.7	269.527	1.643	Dimers
12	Alcohols	1-Hexanol	fruity, green, sweet, banana, flower, grass, herb	111-27-3	C ₆ H ₁₄ O	102.2	889.9	302.14	1.322	Momoi
13	Alcohols	(Z)-3-Hexenol	earthy, fresh, green, oily	928-96-1	C ₆ H ₁₂ O	100.2	860.7	274.084	1.507	
14	Alcohols	Octen-3-ol	mushroom	3391-86-4	C ₈ H ₁₆ O	128.2	955.5	378.602	1.575	
15	Alcohols	Heptanol	musty, herbal, green, woody	53535-33-4	C ₇ H ₁₆ O	116.2	974.3	407.429	1.300	
16	Alcohols	1-Octanol	herbal, citrus, woody, spicy	111-87-5	C ₈ H ₁₈ O	130.2	1079.1	653.96	1.396	
17	Alcohols	Linalool	coriander, floral, lavender, lemon, rose, sweet, fruity	78-70-6	C ₁₀ H ₁₈ O	154.3	1092.6	692.316	1.226	
18	Alcohols	2-Phenylethanol	fresh, sweet, vanilla, woody	1960-12-08	C ₈ H ₁₀ O	122.2	1133	807.141	1.193	
19	Ketones	2,3-Butanedione	buttery, fruity, milky, pastry, yeast	431-03-8	C ₄ H ₆ O ₂	86.1	579.4	74.373	1.188	
20	Ketones	2-Butanone	camphor, pleasant, pungent, fragrant, fruit, fusty	78-93-3	C ₄ H ₈ O	72.1	610.8	89.844	1.242	
21	Ketones	2-Pentanone	woody	107-87-9	C ₅ H ₁₀ O	86.1	680.1	127.638	1.365	Dimers
22	Ketones	2-Pentanone	woody	107-87-9	C ₅ H ₁₀ O	86.1	694.7	137.088	1.127	Momoi
23	Ketones	2,3-Pentanedione	buttery	600146	C ₅ H ₈ O ₂	100.1	718.3	153.814	1.302	
24	Ketones	Cyclohexanone	acetone, minty, perppermint	108-94-1	C ₆ H ₁₀ O	98.1	876.2	288.725	1.141	
25	Ketones	2-Heptanone	woody, blue cheese, fruit, green, nut, spice	110-43-0	C ₇ H ₁₄ O	114.2	882.7	295.023	1.636	Momoi
26	Ketones	2-Heptanone	woody, blue cheese, fruit, green, nut, spice	110-43-0	C ₇ H ₁₄ O	114.2	889	301.219	1.737	Dimers
27	Ketones	Acetophenone	must, flower, almond	98-86-2	C ₈ H ₈ O	120.2	1070.9	631.156	1.199	
28	Ketones	2-Nonanone	musty, humid, cheese, butter, strawberry	821-55-6	C ₉ H ₁₈ O	142.2	1093.1	693.801	1.444	
29	Esters	Ethyl Propanoate	sweet, fruity, grape, pineapples	105-37-3	C ₅ H ₁₀ O ₂	102.1	710.5	148.086	1.141	Momoi
30	Esters	Ethyl Propanoate	sweet, fruity, grape, pineapples	105-37-3	C ₅ H ₁₀ O ₂	102.1	723.5	157.796	1.457	Dimers
31	Esters	Ethyl acetate	grassy, pineapple, fusty, winey-vinegary, fruit, grape	141-78-6	C ₄ H ₈ O ₂	88.1	599	83.994	1.349	
32	Benzens	1,4-dimethylbenzene	aromatics, green	106-42-3	C ₈ H ₁₀	106.2	869.5	282.354	1.040	
33	Benzens	Styrene	balsamic, sweet, floral, plastic	100-42-5	C ₈ H ₈	104.2	896.4	308.667	1.474	
34	Benzens	1,2-Dimethylbenzene	fatty, oily, pungent, geranium	95-47-6	C ₈ H ₁₀	106.2	906.8	319.461	1.044	
35	Pyrazines	Methylpyrazine	cocoa, green, hazelnut, popcorn, roasted	109-08-0	C ₅ H ₆ N ₂	94.1	826.7	243.532	1.464	
36	Pyrazines	2,5-Dimethylpyrazine	roasted	123-32-0	C ₆ H ₈ N ₂	108.1	914.4	327.519	1.107	
37	Pyrazines	2,6-Dimethylpyrazine	cocoa, coffee, green, roast beef	108-50-9	C ₆ H ₈ N ₂	108.1	916.5	329.881	1.556	
38	Furans	Furaneol	caramel	3658-77-3	C ₆ H ₆ O ₃	128.1	1058.4	596.468	1.203	
39	Terpenoids	alpha-Pinene	earthy	80-56-8	C ₁₀ H ₁₆	136.2	922.3	336.428	1.224	
40	Terpenoids	Limonene	camphor	138-86-3	C ₁₀ H ₁₆	136.2	1033.5	531.408	1.214	
41	Terpenoids	1,8-Cineole	minty, herbal, eucalyptus	470-82-6	C ₁₀ H ₁₈ O	154.3	1039.2	545.845	1.299	

a) MW: 휘발성 화합물의 분자량, b) RI: Multi-capillary column에서 휘발성 화합물의 retention index, c) RT: GC-IMS에서 휘발성 화합물 retention time, d) DT: GC-IMS에서 휘발성 화합물의 drift time

- 아래 표는 포장 종류 및 유통 조건에 따른 깍두기의 GC-IMS 분석 결과 검출된 휘발성 화합물의 함량을 나타낸다. 깍두기 저장기간에 따라 증가한 화합물로는 butanal, 2,3-butanedione, cyclohexanone 및 styrene이 있다. 이들 화합물은 포장 종류와 관계없이 저장 31일 유통·판매 환경 조건 B에 저장시 유통·판매 환경 조건 A에 비하여 천천히 증가하는 경향을 나타내었다. 2,3-butanedione은 yeast향, cyclohexanone은 acetone향, styrene은 balsamic향을 나타낸다.
- 또한 깍두기 저장기간에 따라 감소한 화합물로는 benzaldehyde(D), nonanal, cis-3-hexen-1-ol, octen-3-ol, heptanol, 2-phenylethanol, 1,4-dimethylbenzene, alpha-pinene, 및 limonene이 있다. 저장기간에 따라 감소한 화합물인 중 heptanol은 herbal 및 green향을 가지며, 2-phenylethanol은 fresh 및 woody향을 가지고 있다. 1,4-dimethylbenzene는 green향, alpha-pinene는 earthy향, limonene은 camphor향을 가진다. 이들 화합물은 포장 종류와 관계없이 저장 31일 유통·판매 환경 조건 B에 저장시 유통·판매 환경 조건 A에 비하여 천천히 감소하는 경향을 나타내었다. Cha 등(1998) 연구에 따르면 김치 저장기간이 길어짐에 따라 2,3-butanedione의 함량이 증가하고 benzaldehyde 함량이 감소한다고 보고했다.
- HA-NFS 처리구는 대조구와 비교하여 hexanal, (Z)-3-hexenol, linalool, 2,3-pentanedione 및 ethyl propanoate-D이 증가하였다.
- 또한 대조구와 비교하여 HA-NFS 처리구는 nonanal, heptanol, 2-phenylethanol, 및 2,3-butanedione이 감소하였다. Nonanal은 floral향, heptanol은 green 및 grass향을 가지며,

2-phenylethanol은 fresh 및 woody향을 가진다.

- 저장 31일 HA-NFS 유통·판매 환경 조건 B는 HA-NFS 유통·판매 환경 조건 A과 비교하여 butanal, 1-butanol, (Z)-3-Hexenol, Linalool, 2,3-Pentanedione 및 2-Heptanone의 intensity를 유의적으로 낮추었다.
- 1-Butanol은 에탄올 발효로 생성되며, *Saccharomyces cerevisiae*의 대사를 통해 생성된다. 따라서 유통·판매 환경 조건 B는 효모 증식 억제로 1-Butanol의 intensity를 감소시켰다.
- Hu 등(2022)에 따르면 빵 발효에 있어 *S. cerevisiae*와 *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lactobacillus delbrueckii*와 같은 유산균의 복합 발효는 *S. cerevisiae* 단독 발효와 비교하여 (Z)-3-hexenol의 intensity를 유의적으로 증가시켰다고 보고했다. 따라서 유통·판매 환경 조건 B는 유산균의 증식으로 인한 산 생성을 감소시켰기 때문에 이로 인해 (Z)-3-hexenol의 intensity를 감소시킨 것으로 판단된다.
- 따라서 GC-IMS 분석 결과 포장 종류 및 유통 조건에 따라 깎두기 시료의 휘발성 화합물의 종류와 intensity가 달라짐을 확인하였다.

<포장 조건과 유통 조건에 따른 깎두기의 휘발성 화합물 intensity 변화>

No.	Name	Intensity (mV)						
		Day 0	Day 14 Control	Day 31 Control A	Day 31 Control B	Day 14 HA-NFS	Day 31 HA-NFS A	Day 31 HA-NFS B
1	Butanal	354.95 ± 36.42 ^d	471.20 ± 66.82 ^{bc}	520.44 ± 23.11 ^b	479.56 ± 69.96 ^{bc}	413.26 ± 35.52 ^{cd}	681.34 ± 25.42 ^a	337.36 ± 15.42 ^e
2	Hexanal	872.42 ± 96.76 ^a	249.78 ± 71.46 ^d	452.45 ± 13.06 ^c	366.88 ± 22.48 ^c	588.06 ± 22.91 ^b	641.36 ± 24.19 ^b	557.35 ± 84.33 ^b
3	Benzaldehyde(D)	1,196.08 ± 22.60 ^a	871.31 ± 85.66 ^{bc}	766.06 ± 94.37 ^{bc}	739.26 ± 40.93 ^c	903.47 ± 97.79 ^b	360.05 ± 37.54 ^d	795.28 ± 93.38 ^b
4	Benzaldehyde(M)	1,099.90 ± 85.25 ^b	1,221.22 ± 172.73 ^b	1,131.22 ± 108.92 ^b	1,184.26 ± 12.25 ^b	1,482.05 ± 132.48 ^a	1,131.04 ± 99.61 ^b	1,478.04 ± 43.79
5	Nonanal	4,376.17 ± 225.64 ^a	3,801.17 ± 44.43 ^b	2,384.16 ± 80.81 ^d	2,788.01 ± 183.65 ^c	3,981.96 ± 119.01 ^b	1,571.70 ± 58.04 ^d	2,599.67 ± 68.64
6	1-Propanol	4,685.82 ± 30.08 ^c	4,630.51 ± 160.10 ^c	5,435.08 ± 175.44 ^b	5,257.06 ± 120.75 ^b	4,752.60 ± 126.78 ^c	6,404.39 ± 104.64 ^a	4,519.77 ± 105.51
7	1-Butanol(D)	52.48 ± 3.09 ^a	79.08 ± 5.86 ^d	115.96 ± 15.17 ^c	56.02 ± 8.65 ^{ab}	59.20 ± 8.58 ^{ab}	393.76 ± 19.70 ^a	281.36 ± 17.45 ^d
8	1-Butanol(M)	127.96 ± 19.52 ^{cd}	130.28 ± 11.74 ^{cd}	198.44 ± 9.62 ^b	103.11 ± 13.80 ^d	145.42 ± 5.28 ^c	286.34 ± 27.86 ^b	261.57 ± 10.89 ^e
9	1-Pentanol	189.52 ± 4.08 ^c	330.81 ± 41.29 ^a	285.48 ± 19.09 ^b	306.07 ± 23.73 ^{ab}	310.56 ± 24.54 ^{ab}	187.26 ± 9.63 ^c	221.27 ± 15.01 ^d
10	cis-3-Hexen-1-ol	503.11 ± 65.72 ^a	491.62 ± 36.87 ^a	320.70 ± 9.42 ^c	387.18 ± 20.84 ^b	391.10 ± 32.58 ^b	261.82 ± 6.35 ^c	384.64 ± 39.10 ^b
11	1-Hexanol(D)	386.39 ± 99.18 ^a	203.37 ± 49.60 ^{bc}	183.00 ± 19.02 ^c	352.98 ± 8.99 ^c	176.69 ± 2.42 ^c	188.35 ± 10.34 ^{bc}	265.68 ± 20.97 ^c
12	1-Hexanol(M)	201.13 ± 50.46 ^b	386.45 ± 10.09 ^a	380.15 ± 17.70 ^a	390.34 ± 17.63 ^a	364.99 ± 8.20 ^a	370.71 ± 12.09 ^a	371.34 ± 6.46 ^c
13	(Z)-3-Hexenol	209.15 ± 3.41 ^c	98.01 ± 4.77 ^d	220.67 ± 33.04 ^c	134.24 ± 21.03 ^d	115.06 ± 10.05 ^d	810.91 ± 51.79 ^a	270.66 ± 12.97 ^d
14	Octen-3-ol	357.41 ± 20.50 ^a	185.97 ± 13.98 ^c	161.77 ± 2.42 ^c	166.79 ± 8.10 ^c	285.26 ± 4.72 ^b	111.15 ± 19.51 ^d	192.04 ± 58.40 ^d
15	Heptanol	4,976.17 ± 232.91 ^a	2,987.60 ± 130.02 ^d	1,403.34 ± 25.46 ^f	3,922.93 ± 122.37 ^b	3,329.84 ± 154.78 ^c	289.85 ± 31.29 ^e	2,102.17 ± 227.98 ^d
16	1-Octanol	4,316.09 ± 227.83 ^a	4,046.35 ± 326.53 ^{ab}	3,928.24 ± 235.31 ^{ab}	3,923.24 ± 380.20 ^{ab}	4,384.36 ± 258.51 ^a	3,778.22 ± 201.32 ^b	4,246.74 ± 166.11
17	Linalool	1,728.73 ± 88.83 ^c	1,915.56 ± 117.50 ^{bc}	1,986.46 ± 103.62 ^b	1,903.22 ± 58.96 ^{bc}	1,680.80 ± 96.65 ^c	2,608.10 ± 75.49 ^a	2,087.89 ± 282.11
18	2-Phenylethanol	4,655.65 ± 407.80 ^a	4,286.75 ± 670.10 ^a	2,754.53 ± 775.33 ^b	4,656.69 ± 568.45 ^a	4,663.81 ± 501.41 ^a	1,389.90 ± 31.88 ^e	3,024.35 ± 71.33 ^b
19	2,3-Butanedione	207.88 ± 8.67 ^c	439.84 ± 21.39 ^a	1,422.71 ± 27.71 ^a	1,210.09 ± 94.06 ^b	488.33 ± 25.70 ^d	636.52 ± 45.07 ^c	362.00 ± 15.40 ^e
20	2-Butanone	1,344.59 ± 250.76 ^a	476.17 ± 21.30 ^c	631.48 ± 63.64 ^{bc}	593.31 ± 11.31 ^{bc}	601.78 ± 74.13 ^{bc}	595.33 ± 90.66 ^{bc}	706.60 ± 58.78 ^c
21	2-Pentanone(D)	324.01 ± 94.80 ^c	395.84 ± 85.74 ^a	700.85 ± 47.45 ^c	287.21 ± 43.88 ^e	560.65 ± 55.49 ^d	833.70 ± 38.46 ^b	1,015.81 ± 18.97
22	2-Pentanone(M)	210.27 ± 11.92 ^c	295.83 ± 65.89 ^b	223.05 ± 42.99 ^c	257.79 ± 17.90 ^{cd}	201.47 ± 9.15 ^c	439.10 ± 26.38 ^b	257.93 ± 21.26 ^{cd}
23	2,3-Pentanedione	42.93 ± 4.40 ^c	72.46 ± 10.89 ^{bc}	98.87 ± 11.38 ^{bc}	118.82 ± 11.80 ^b	76.21 ± 14.03 ^{bc}	378.95 ± 83.91 ^a	81.09 ± 11.03 ^{bc}
24	Cyclohexanone	1,974.85 ± 211.08 ^d	2,487.12 ± 205.26 ^c	2,710.09 ± 173.05 ^{cd}	2,734.41 ± 236.57 ^{cd}	2,526.48 ± 168.90 ^c	3,071.22 ± 154.30 ^a	2,880.28 ± 205.96
25	2-Heptanone(M)	73.82 ± 15.83 ^c	226.20 ± 47.31 ^b	313.52 ± 9.95 ^c	238.37 ± 33.90 ^b	227.27 ± 13.07 ^b	191.67 ± 5.86 ^c	211.56 ± 55.99 ^d
26	2-Heptanone(D)	63.01 ± 9.55 ^c	70.97 ± 7.24 ^c	97.48 ± 10.45 ^{bc}	70.79 ± 6.15 ^c	75.81 ± 5.36 ^c	806.33 ± 72.39 ^a	148.26 ± 48.90 ^d
27	Acetophenone	2,213.06 ± 22.55 ^a	2,226.50 ± 131.90 ^a	2,180.15 ± 64.84 ^a	2,252.25 ± 27.94 ^a	2,211.42 ± 68.86 ^a	2,008.28 ± 144.94 ^b	2,157.59 ± 60.06
28	2-Nonanone	1,256.60 ± 239.75 ^a	1,088.66 ± 251.82 ^{ab}	789.24 ± 45.74 ^b	827.18 ± 49.31 ^b	979.01 ± 85.32 ^{ab}	1,056.81 ± 149.28 ^{ab}	1,063.23 ± 110.36
29	Ethyl Propanoate(M)	165.77 ± 38.86 ^b	164.92 ± 22.23 ^b	237.77 ± 22.44 ^a	253.87 ± 28.44 ^a	236.87 ± 4.98 ^a	215.32 ± 36.35 ^{ab}	266.16 ± 34.12 ^a
30	Ethyl Propanoate(D)	157.62 ± 27.95 ^b	550.97 ± 75.24 ^{ab}	668.89 ± 27.68 ^c	621.21 ± 75.22 ^{cd}	816.30 ± 47.79 ^b	1,055.76 ± 91.68 ^a	452.92 ± 7.80 ^d
31	Ethyl acetate	1,201.04 ± 63.35 ^b	1,030.74 ± 88.21 ^c	145.14 ± 22.87 ^d	153.53 ± 9.49 ^d	1,066.65 ± 104.75 ^{bc}	127.76 ± 7.94 ^d	2,006.56 ± 136.31
32	1,4-dimethylbenzene	528.40 ± 31.26 ^a	439.70 ± 86.10 ^b	366.69 ± 50.74 ^{bc}	374.38 ± 61.78 ^{bc}	424.50 ± 33.19 ^b	310.80 ± 21.16 ^c	322.56 ± 25.39 ^c
33	Styrene	723.20 ± 76.55 ^c	903.96 ± 41.93 ^{bc}	1,151.34 ± 238.27 ^{ab}	1,128.72 ± 284.67 ^{ab}	1,182.60 ± 185.45 ^{ab}	859.77 ± 18.60 ^{bc}	1,294.80 ± 254.31
34	1,2-Dimethylbenzene	1,303.80 ± 229.87 ^a	1,375.06 ± 93.71 ^a	1,420.42 ± 51.46 ^a	1,413.66 ± 106.74 ^a	1,388.48 ± 25.53 ^a	1,287.46 ± 19.83 ^a	1,318.62 ± 8.99
35	Methylpyrazine	215.75 ± 53.95 ^{cd}	279.00 ± 61.04 ^a	235.84 ± 41.52 ^{bc}	241.92 ± 61.50 ^{bc}	250.97 ± 58.73 ^{ab}	130.20 ± 19.45 ^c	165.01 ± 24.11 ^{bc}
36	2,5-Dimethylpyrazine	479.51 ± 54.51 ^a	463.81 ± 35.03 ^{bc}	457.80 ± 6.68 ^{bc}	471.16 ± 37.11 ^{ab}	423.77 ± 20.94 ^{bc}	426.87 ± 9.76 ^{bc}	419.22 ± 10.10 ^b
37	2,6-Dimethylpyrazine	1,045.63 ± 17.03 ^a	945.80 ± 47.06 ^{bc}	911.53 ± 39.05 ^c	858.62 ± 33.90 ^d	974.03 ± 16.41 ^b	852.38 ± 25.12 ^d	941.62 ± 8.27 ^{bc}
38	Furaneol	12,963.74 ± 959.12 ^{ab}	12,085.55 ± 123.23 ^{bc}	11,667.83 ± 770.98 ^c	11,719.68 ± 225.92 ^c	13,234.39 ± 158.98 ^a	11,290.89 ± 644.96 ^c	12,792.71 ± 576.6
39	alpha-Pinene	987.22 ± 80.14 ^a	394.48 ± 57.15 ^{bc}	298.19 ± 7.84 ^d	347.55 ± 23.87 ^{cd}	407.46 ± 26.30 ^b	278.70 ± 7.97 ^d	323.41 ± 2.07 ^{cd}
40	Limonene	1,245.06 ± 134.84 ^a	956.04 ± 81.73 ^{bc}	837.28 ± 87.06 ^{bc}	863.79 ± 49.60 ^{bc}	1,189.48 ± 133.47 ^a	796.47 ± 79.71 ^c	995.43 ± 29.08 ^b
41	1,8-Cineole	464.12 ± 92.84 ^{cd}	555.97 ± 93.22 ^{abc}	472.04 ± 43.45 ^{cd}	510.56 ± 55.35 ^{cd}	633.48 ± 76.86 ^b	422.11 ± 16.85 ^d	592.21 ± 34.59 ^d

Day 0: 저장 0일; Day 14 Control: 저장 14일, 대조구; Day 31 Control A: 저장 31일, 대조구, 유통·판매 환경 조건 A; Day 31 Control B: 저장 31일, 대조구, 유통·판매 환경 조건 B; Day 14 HA-NFS: 저장 14일, HA-NFS 포장; Day 31 HA-NFS A: 저장 31일, HA-NFS 포장, 유통·판매 환경 조건 A; Day 31 HA-NFS B: 저장 31일, HA-NFS 포장, 유통·판매 환경 조건 B.

- 맛김치, 총각김치, 깍두기, 물김치(백김치)와 열무김치에 대하여 NFS 포장지 적용 실험이 진행되었으며 상품김치의 중량은 100, 200, 300과 400 g이었다. 상품김치를 포장한 NFS 통기성 포장지의 가스투과도는 10~40,000 mL O₂/m²·day·atm 범위였다.
- 아래 표는 상품김치의 품목 및 중량별 NFS 통기성 필름 포장의 최적 가스투과도를 나타낸 것이다.
- 맛김치와 깍두기의 경우 NFS 통기성 필름 포장의 가스투과도는 중량에 따라 700~2,000 mL O₂/m²·day·atm이 적합할 것으로 판단된다.
- 또한 산소 접촉이 최소화할 수 있는 물김치인 백김치와 열무김치 포장을 위한 NFS 통기성 필름의 가스투과도는 280~700 mL O₂/m²·day·atm이 적합할 것으로 사료된다.

<상품김치 품목 및 중량에 따른 NFS 통기성 필름 포장의 최적 가스투과도>

상품김치 품목	상품김치 중량 (g)	포장지 가스투과도 (mL O ₂ /m ² ·day·atm)
맛김치, 깍두기	100~400	700~2,000
물김치(백김치)	200	700
열무김치	200	280

■ NFS 전면적 통기성 포장지 상용화를 위한 상품김치 레시피 제시와 유통기한 설정

[NFS 통기성 포장지 적용에 적합한 상품김치 레시피 제시]

- 조사된 배경의 내용은 다음과 같다. 김치에는 *Leuconostoc* spp., *Lactobacillus* spp., *Wissella* spp. 등 다양한 유산균이 존재하며, 유산균은 발효과정 중 김치에 함유된 당류를 분해하여 유기산, 알코올 및 CO₂를 생성시킨다. 이로 인해 기체 투과성이 매우 낮은 일반 다층 필름은 김치 유통 중 필름 내부에 CO₂가 축적되어 포장이 부풀거나 심할 경우 파손될 수 있으며 이는 결과적으로 김치의 저장 수명을 단축하는 원인으로 작용한다. 또한 수출을 위해 장기간 해상 운송되는 상품김치의 경우 부적절한 온도 노출 등 이유로 발효가 급격히 진행될 수 있으며 이로 인해 밀봉 포장지가 내부 압력을 견디지 못해 파손되어 김치 내용물이 누출될 우려가 있다.
- 2022년 김치 주요 수출 대상국은 일본, 미국, 홍콩 순이다. 일본 김치 수출액은 6,099만 9,000 달러(한화 약 532억 9,800만원)로 전체 수출의 43.3%를 차지하였으며 연도별 수출액 차이로 수출국의 순위 변동은 있었으나 점유율 상 일본과 미국이 지속적인 주요 수출국이다. 일본으로 김치를 수출하는 전체 66개 업체 중 2021 수출실적이 있는 45개 업체의 김치 수출 규모는 물량 기준 약 40,812톤, 금액 기준 약 174,094백만 원으로 나타났다. 품목별로는 맛김치가 28,763톤(약 117,388백만 원)으로 전체 김치 수출량 및 수출액 대비 매우 큰 비중을 차지하고 있다(수출량 기준 70.5%, 수출액 기준 67.4%). 또한 맛김치를 수출하는 업체의 타겟별 비율은 재외국민/교포:현지 외국인 비중이 36:64로 나타나, 현지인을 타겟으로 수출하고 있음을 짐작할 수 있다.
- 일본 상품김치의 첨가물은 기본적인 재료 외 어젯, 새우, 젓갈, 가쓰오부시, 당류, 사과, 배 주스 등이며 식품첨가물로는 산미료, 점증제, 감미료 등이 첨가된다. 일본의 소비자는 일본 김치보다 한국식 김치를 더욱 선호하고 있지만, 수년간 스키모노에 익숙해져 있어 절임과 비슷한 맛에 단맛과 신맛이 조금 변형된 것을 선호한다. 그로 인해 일본 내에서 판매되는 김치의 맛은 조미료 맛이 강하고, 맵지 않으면서 단맛이 가미되어 있다. 또한 일본인은 숙성된 김치의 우수성에 대한 인지도가 낮으며 신맛을 선호하지 않기 때문에 김치의 숙성을 지연시킬 수 있는 기술이 절실히 요구되고 있다.
- 유산균의 먹이가 되는 당류는 원재료인 배추와 부재료인 설탕과 찹쌀풀에 기인하며 일반적으로 김치에 첨가되는 설탕은 1~4%의 범위이다. 설탕은 미생물의 영양원이 되므로 숙성을 촉진시킨다(Lee, 1996). Kim(2000) 등은 김치의 젖산균은 발효성 당이 있어야 젖산발효가 가능하며 발

효성 당이 아닌 당알코올이 첨가된다면 김치가 익은 후에 과숙되지 않는다고 주장하였다. 그 연구 결과로 김치 제조 시 발효성 당인 설탕 대신에 자일로스나 비발효성 당인 자일리톨(당알코올)을 첨가하면 산의 생성 속도를 억제하여 가식기간을 연장시킬 수 있음을 입증하였다. 또한 Jeong(2021) 등의 연구에 따르면 찹쌀풀 함량이 높을수록 김치의 발효과정이 가속화하여 pH의 감소와 총균수의 증가 속도가 빠른 경향을 보여 상대적으로 빠르게 김치의 적숙기에 도달한다고 보고하였으며 Park(2002)는 김치 제조 시 부재료로 쓰이는 찹쌀풀은 김치의 발효를 촉진시킨다고 보고하였으며 잔탄검을 첨가한 김치 처리구에서 첨가하지 않은 대조구보다 높은 pH, 낮은 적정산도와 높은 환원당 함량을 나타내었다고 보고하였다.

- 이를 근거로 본 연구에서는 일본 수출용 김치의 숙성 지연 및 포장 팽창 억제를 위해 설탕과 찹쌀풀을 각각 유산균이 이용하기 어려운 대체감미료와 점증제로 대체하는 레시피를 추천하고자 한다.
 - 일본 수출용 김치 제조를 위한 레시피를 제시하기 위해 조사한 대체감미료와 점증제에 관한 내용은 다음과 같다.
 - 대체감미료는 크게 칼로리와 감미도를 기준으로 구분할 수 있다. 칼로리를 기준으로 하여 열량성과 비열량성 또는 저열량성으로 분류할 수 있으며, 비열량성/저열량성 감미료는 크게 감미도에 따라 고감미료와 저감미도 감미료로 구분할 수 있다. 대표적인 고감미료는 수크랄로스, 사카린, 스테비아, 아스파탐이 있으며, 저감미도 감미료는 솔비톨, 자일리톨, 만니톨과 같은 당알코올류와 트레할로스, 타가토스 등이 있다.
 - 식품의약품안전처에서 승인한 감미료는 총 22종으로 다음과 같다.
: 감초추출물, 글리실리진산이나트륨, 네오탐, 락티톨, D-리보오스, 만니톨, D-말티톨, 말티톨 시럽, 사카린나트륨, D-솔비톨, D-솔비톨액, 수크랄로스, 스테비올배당체, 아세설팜칼륨, 아스파탐, 에리스리톨, 이소말트, D-자일로오스, 자일리톨, 토마틴, 폴리그릴시톨시럽, 효소처리스테비아
 - 점증제는 식품의 점성을 증가시키기 위하여 특정적으로 쓰이는 물질로 식품, 의약품, 화장품 등 여러 분야에서 활용되고 있다. 점증제로 잔탄검, 구아검, 메칠셀룰로오즈, 펙틴 등이 이용되고 있다(Kim et al., 2013). 이 중 잔탄검은 낮은 농도에서도 높은 점도를 나타내며 산성 조건하에서도 안정하며 깎두기 숙성 중에도 점도의 변화가 크게 나타나지 않아 김치에 사용하기 적당한 점증제라고 보고되었다(Kim et al, 2002). 또한 찹쌀풀의 대체제로서 잔탄검의 사용이 CODEX 규격에 포함되어 있다.
 - 아래 표는 일본 수출용 김치를 제조하기 위한 레시피에 추천하고자 하는 대체감미료와 점증제의 특성을 나타낸 것이다.
-

<대체감미료와 점증제의 특성>

분류	종류	감미도 ¹⁾	열량 (kcal/g) ²⁾	가격 (1 kg)	
대체감미료	감미단백질 토마틴	 Thaumatococcus 99%	2,000~3,000	4	241,410
	당알코올 솔비톨	 D-솔비톨 푸드 ES식용안료	0.5~0.6	2.4	10,100
	자일리톨	 자일리톨 푸드 ES식용안료	0.7~0.8	2.4	29,920
점증제	잔탄검	 잔탄검 푸드 ES식용안료	-	-	32,860

¹⁾감미도: 설탕 기준 상대 감미도 (설탕=1)

²⁾열량: 무수물 기준 표시값, 국내기준

- 토마틴(thaumatococcus)은 설탕의 약 2,000~3,000배에 달하는 높은 감미도를 가진 식물 단백질로서 서아프리카에 열대 우림 지역에서 자생하는 카템페(Katemfe) 열매에서 유래되었다. 쓴맛이 없는 감미를 나타내며 풍미 증강 효과 및 수용성이 높다. 열과 광범위한 pH(pH 2.5~8)에서 안정적이고 독성이 없어 모든 식품에 사용 가능하며 극소량으로 단맛을 낼 수 있다. 하지만 과실에서 생산하기 때문에 한정된 지역과 계절에 따라 단백질의 품질이 달라져 가격이 비싼 단점을 가지고 있다.
- 당알코올은 과일이나 채소에 존재하는 물질로, 알도오스(aldose)의 알데하이드기(aldehyde group)가 수산화기(hydroxyl group)로 치환된 것이며, 알디톨(alditol)로 불리기도 한다. 당알코올은 보습효과가 좋아 식품산업에서 수분보유제로 이용하여 제품을 부드럽게 하고, 식품의 수분활성도를 낮추어 미생물의 증식을 지연시킬 수 있다. 또한 제품의 질감과 수분을 유지하고 청량감을 부여하는 등 다양한 목적으로 사용할 수 있다. 당알코올은 체내에서 소화 흡수가 완전하게 이루어지지 않아 설탕에 비해 열량이 낮으며, 당알코올 섭취 시 혈당 수치가 거의 증가되지 않고 인슐린 분비 유도가 없어 당뇨나 비만환자와 같은 식이조절이 필요한 사람들에게 권장될 수 있다.
- 솔비톨(sorbitol)과 자일리톨(xylitol)은 각각 0.5~0.6과 0.7~0.8의 설탕보다 낮은 감미도를 가지고 있어 일반적으로 부족한 감미도를 맞추기 위하여 다른 감미료와 혼합하여 사용되고 있다. 솔비톨과 자일리톨은 열과 pH에 안정하며, 다른 당류에 비해 미생물에 분해가 되지 않는 저칼로리 물질이다.
- 그러나 당알코올은 다량 섭취 시 완하효과와 부글거림, 복부팽만감과 같은 위장관 불편 현상이 발생한다고 알려져있어, 일회 섭취량이 제한(하루에 50 g 이하)이 있다.
- 잔탄검(xanthan gum)은 천연 고분자로서 두 개의 glucose, 두 개의 mannose 그리고 하나의

glucuronic acid 단당류 5분자로 이루어진 오당류로 3000~5000 KDa의 분자량을 갖는다. 잔탄검은 식품의 점착성 및 점도를 증가시키고 유화안정성을 증진하며 식품의 물성 및 촉감을 향상시키기 위한 식품첨가물이다. 식품에서 안정제, 점증제, 결착제, 유화제, 고결제, 발포제 등으로 사용된다. 천연 점증제인 잔탄검은 우수한 내열성을 가지고 pH에 의한 점도 저하가 없으며 pH 2~13의 범위 내에서도 안정한 편이다. 또한 식품 산업에서 매우 효율적인 안정제로 사용되고 있으며 1일 섭취 허용량은 정해져 있지 않다.

- 아래 표는 일본 수출용 맛김치를 제조하기 위한 대체감미료와 점증제 첨가 추천 배합비를 나타낸 것이다.
- 제조 직후 잔탄검 첨가 김치의 점도는 첨가된 잔탄검의 농도가 높을수록 높은 점도를 나타내어 0.05% 첨가군은 2,575 cP, 0.15% 첨가군은 12,690 cP, 0.25% 첨가군은 18,300 cP로 속성이 진행되어도 초기 점도와 유사하였다(Kim et al., 2002). Jeong et al.(2022)에 따르면 김치 양념의 점도는 4,760~12,066 cP 범위로 확인되었으며, 평균 8,159 cP였다고 보고하였다. 또 다른 연구에서 김치 양념의 점도는 6250 cP 정도를 나타내었다(Song et al., 2022).
- 맛김치 제조 시 찹쌀풀을 대체하고 유사한 점도를 가지기 위한 잔탄검은 절임배추 무게에 대하여 2%를 첨가하는 것을 추천한다(김치 양념에 잔탄검 용액을 5% 첨가한 맛김치를 구성하는 잔탄검의 최종 농도는 0.10%이다).
- 대체감미료의 첨가량은 설탕의 감미도를 기준으로 환산하여 결정하였다. 맛김치에 첨가된 설탕 대체를 위해 토마틴은 0.0013% 또는 솔비톨은 4.84% 또는 자일리톨은 3.5%를 첨가하는 것을 추천한다.

<일본 수출용 맛김치 제조를 위한 추천 배합비>

처리구	배합비(%)
원레시피	절임배추 (80%), 고춧가루(3.7%), 간 무(3.8%), 찹쌀풀(3.2%) , 새우젓(2.4%), 멸치액젓(2.1%), 마늘(1.3%), 생강(1.0%), 설탕(2.5%)
레시피 1	절임배추 (81.4%), 고춧가루(3.8%), 간 무(3.9%), 잔탄검 용액(4.1%) , 새우젓(2.4%), 멸치액젓(2.1%), 마늘(1.3%), 생강(1.0%), 토마틴(0.0013%)
레시피 2	절임배추 (77.4%), 고춧가루(3.6%), 간 무(3.7%), 잔탄검 용액(3.9%) , 새우젓(2.3%), 멸치액젓(2.0%), 마늘(1.3%), 생강(1.0%), 솔비톨(4.8%)
레시피 3	절임배추 (78.5%), 고춧가루(3.6%), 간 무(3.7%), 잔탄검 용액(3.9%) , 새우젓(2.4%), 멸치액젓(2.1%), 마늘(1.3%), 생강(1.0%), 자일리톨(3.5%)

*잔탄검 용액의 농도: 2%

*맛김치에 첨가된 잔탄검 최종농도: 0.10%

- 일본 김치시장에서 가장 높은 비율을 차지하고 있는 포장 용량은 400 g이다. 아래 표는 맛김치 400 g 제조를 위한 대체감미료와 점증제 첨가량을 포함한 레시피를 나타낸 것이다.
- 맛김치 400 g 제조 기준으로 설탕, 토마틴, 솔비톨과 자일리톨의 첨가에 필요한 재료 가격은 각각 16.5원(10.0 g), 1.2원(0.0051 g), 196원(19.4 g)과 117원(14 g)으로 나타났다. 일본 수출용 맛김치 제조 시 토마틴이 설탕, 솔비톨과 자일리톨보다 저렴하여 가장 적합할 것으로 판단된다.
- 결론적으로 찹쌀풀과 설탕을 잔탄검과 토마틴으로 대체한 일본 수출용 맛김치 제조 레시피는 수출 시 김치 속성 지연 및 포장 부풀음 문제를 해결할 수 있을 것으로 추측된다.

<맛김치 400 g 제조를 위한 대체감미료와 점증제 첨가 레시피>

원·부재료	첨가량 (g)		
	레시피 1	레시피 2	레시피 3
절임배추	325.5	309.8	314.1
고춧가루	15.1	14.3	14.5
간 무	15.5	14.7	14.9
잔탄검 용액	16.3	15.5	15.7
잔탄검	0.33	0.31	0.31
물	15.95	15.18	15.39
새우젓	9.8	9.3	9.4
멸치액젓	8.5	8.1	8.2
마늘	5.3	5.0	5.1
생강	4.1	3.9	3.9
토마틴	0.0051	-	-
솔비톨	-	19.4	-
자일리톨	-	-	14.0

[NFS 통기성 포장지를 적용한 열무김치의 유통기한 설정]

- 저장 중 온도별로 저장한 김치의 미생물 변화는 아래 표에 나타내었다. 열무김치의 총 유산균 수는 저장 온도에 관계없이 모두 7 log CFU/g을 유지하였다.
- 저장 전 위생지표균인 대장균군은 3.9 log CFU/g 이었으며, 이후 5, 10와 15°C에 저장한 열무김치의 대장균군은 검출되지 않았다.
- 저장 중 열무김치의 병원성 미생물 실험한 결과 *S. aureus*와 *B. cereus*는 검출되지 않았다.

<0°C에 저장한 열무김치의 미생물 변화>

저장기간(일)	총 유산균 수 (log CFU/g)	대장균군 (log CFU/g)	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>
0%(0일)	7.18±0.06 ¹⁾	3.85±0.06	N.D ²⁾	N.D
75%(22일)	7.68±0.01	2.32±0.05	N.D	N.D
100%(30일)	7.66±0.06	1.83±0.14	N.D	N.D
125%(37일)	7.64±0.05	1.41±0.07	N.D	N.D
150%(45일)	7.63±0.09	1.00±0.08	N.D	N.D
175%(52일)	7.61±0.08	N.D	N.D	N.D
200%(60일)	7.65±0.20	N.D	N.D	N.D

1) 모든 결과는 3반복 하였으며 Mean±SD로 나타냄

2) N.D: Not detected

<5°C에 저장한 열무김치의 미생물 변화>

저장기간(일)	총 유산균 수 (log CFU/g)	대장균군 (log CFU/g)	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>
0%(0일)	7.18±0.06 ¹⁾	3.85±0.06	N.D ²⁾	N.D
75%(22일)	8.21±0.05	N.D	N.D	N.D
100%(30일)	8.01±0.14	N.D	N.D	N.D
125%(37일)	7.84±0.06	N.D	N.D	N.D
150%(45일)	7.65±0.12	N.D	N.D	N.D
175%(52일)	7.48±0.04	N.D	N.D	N.D
200%(60일)	7.27±0.01	N.D	N.D	N.D

1) 모든 결과는 3반복 하였으며 Mean±SD로 나타냄

2) N.D: Not detected

3) 어느 한 설정 지표라도 한계값을 초과한 경우, 이후 실험은 진행하지 않음

<10℃에 저장한 열무김치의 미생물 변화>

저장기간(일)	총 유산균 수 (log CFU/g)	대장균군 (log CFU/g)	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>
0%(0일)	7.18±0.06 ¹⁾	3.85±0.06	N.D ²⁾	N.D
75%(22일)	8.02±0.09	N.D	N.D	N.D
100%(30일)	7.81±0.15	N.D	N.D	N.D
125%(37일)	7.63±0.03	- ³⁾	-	-
150%(45일)	7.42±0.10	-	-	-
175%(52일)	7.23±0.05	-	-	-
200%(60일)	7.04±0.01	-	-	-

1) 모든 결과는 3반복 하였으며 Mean±SD로 나타냄

2) N.D: Not detected

3) 어느 한 설정 지표라도 한계값을 초과한 경우, 이후 실험은 진행하지 않음

<15℃에 저장한 열무김치의 미생물 변화>

저장기간(일)	총 유산균 수 (log CFU/g)	대장균군 (log CFU/g)	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>
0%(0일)	7.18±0.06 ¹⁾	3.85±0.06	N.D ²⁾	N.D
75%(22일)	8.15±0.10	N.D	N.D	N.D
100%(30일)	7.95±0.05	- ³⁾	-	-
125%(37일)	7.77±0.06	-	-	-
150%(45일)	7.57±0.13	-	-	-
175%(52일)	7.39±0.03	-	-	-
200%(60일)	7.00±0.05	-	-	-

1) 모든 결과는 3반복 하였으며 Mean±SD로 나타냄

2) N.D: Not detected

3) 어느 한 설정 지표라도 한계값을 초과한 경우, 이후 실험은 진행하지 않음

- 저장 온도별 열무김치의 pH는 저장기간이 증가함에 따라 감소하였다. 열무김치의 적장산도는 저장기간이 경과함에 따라 증가하였으며, 10℃에서는 30일, 15℃에서는 22일에 품질한계값인 1.0%를 초과하여 실험을 중단하였다.

<저장 중 열무김치의 pH 변화>

저장기간(일)	저장온도(℃)			
	0℃	5℃	10℃	15℃
0%(0일)	5.59±0.06 ¹⁾	5.59±0.06	5.59±0.06	5.59±0.06
75%(22일)	4.97±0.03	4.19±0.02	3.90±0.03	3.65±0.03
100%(30일)	4.86±0.05	4.12±0.05	3.84±0.02	- ²⁾
125%(37일)	4.76±0.04	4.07±0.03	-	-
150%(45일)	4.64±0.05	4.00±0.04	-	-
175%(52일)	4.54±0.05	3.94±0.02	-	-
200%(60일)	4.42±0.03	3.88±0.03	-	-

1) 모든 결과는 3반복 하였으며 Mean±SD로 나타냄

2) 어느 한 설정 지표라도 한계값을 초과한 경우, 이후 실험은 진행하지 않음

<저장 중 열무김치의 적정산도 변화>

저장기간(일)	저장온도(°C)			
	0°C	5°C	10°C	15°C
0%(0일)	0.32±0.02 ¹⁾	0.32±0.02	0.32±0.02	0.32±0.02
75%(22일)	0.48±0.01	0.81±0.01	0.94±0.03	1.40±0.02
100%(30일)	0.53±0.02	0.85±0.02	1.14±0.02	- ²⁾
125%(37일)	0.56±0.02	0.89±0.02	-	-
150%(45일)	0.61±0.03	0.93±0.02	-	-
175%(52일)	0.64±0.03	0.95±0.02	-	-
200%(60일)	0.70±0.01	0.97±0.02	-	-

1) 모든 결과는 3반복 하였으며 Mean±SD로 나타냄

2) 어느 한 설정 지표라도 한계값을 초과한 경우, 이후 실험은 진행하지 않음

- 0, 5, 10과 15°C에서 저장한 열무김치의 관능검사 결과는 아래 표와 같다. 0°C에서는 저장기간 동안 관능학적 품질의 변화가 관찰되지 않았다. 5°C에 저장한 열무김치의 관능학적 품질은 60일에 5점 이하를 나타내었다.
- 10과 15°C 보관의 경우 저장 각각 저장 30과 22일에 이화학 지표에서 한계값을 초과하여 실험을 중단하였다

<저장 온도별 열무김치의 관능학적 품질 특성 변화>

저장 온도	관능학적 품질 특성	0% (0일)	75% (22일)	100% (30일)	125% (37일)	150% (45일)	175% (52일)	200% (60일)
0°C	외관	P ¹⁾	P	P	P	P	P	P
	이취	P	P	P	P	P	P	P
	색택	P	P	P	P	P	P	P
5°C	외관	P	P	P	P	P	P	F
	이취	P	P	P	P	P	P	F
	색택	P	P	P	P	P	P	F
10°C	외관	P	P	P	- ³⁾	-	-	-
	이취	P	P	P	-	-	-	-
	색택	P	P	P	-	-	-	-
15°C	외관	P	F ²⁾	-	-	-	-	-
	이취	P	P	-	-	-	-	-
	색택	P	F	-	-	-	-	-

1) P: Pass (9점 척도 5점 이상을 Pass로 표기함)

2) F: Fail (9점 척도 5점 미만을 Fail로 표기함)

3) 어느 한 설정 지표라도 한계값을 초과한 경우, 이후 실험은 진행하지 않음

- 소비기한 도출을 위한 안전계수는 아래 표에 나타내었다. pH 4.6 이상의 식품은 세균 생장이 용이해 가장 높은 안전계수 값인 0.92를 적용하며, pH 3.5~4.6 사이의 약산성 식품은 미생물(효모, 곰팡이 포함) 생장이 활발하지는 않지만 가능한 하므로 중간 값인 안전계수 0.96을 적용한다.
- 본 연구에서 사용된 시료(김치)는 자연유래 미생물(유산균)의 대사에 의해 발효가 진행되며, 대사 산물인 유기산 생성으로 인해 pH가 감소하는 특징을 가지고 있다. 김치의 pH는 저온(4~10°C)에서 저장할 경우 10일 후에 4.5 이하로 감소하게 된다(Kang et al., 2022). 또한 Choi et al. (2021)에 따르면 김치는 발효 과정 중 유산균에 의해 생성되는 유기산과 같은 항균제, 황 함유 성분, 높은 염도(>2.0%), 낮은 pH(<4.5)와 같은 이화학적 특성으로 인해 일반적으로 안전한 것으로 간주한다고 보고하였다.
- 이에 특성별 안전계수를 3.5 < pH < 4.6 기준으로 하여 0.96으로 적용하였다. NFS 통기성 포장 열무김치의 최종 산출된 안전계수는 0.77이다.

<안전계수 산출>

품목의 특성		특성별 안전계수	산출 안전계수
pH	3.5 < pH < 4.6	0.96	0.77
수분활성도	0.9 이상	0.92	
살균,보존료 함유, 저장성 향상 포장 저장온도	해당없음 냉장 제품	0.92	
(냉장,상온,실온)	(0~10℃)	0.97	

출처: 식품 유형별 소비기한 설정 보고서, 한국식품산업협회 소비기한연구센터 (2022)

- 김치의 소비기한 설정실험 품질안전지표인 총 유산균 수와 대장균군, pH, 적정산도와 관능의 품질안전한계를 근거로 냉장(5℃)에서 유통되는 김치의 품질안전한계기간은 52일로 산출되었다.
- 유통과정 중의 안전성을 고려하고자 안전계수 0.77을 품질안전한계기간에 곱하여 최종 소비기한은 40.0일로 설정되었다.

<열무김치의 저장 온도별 소비기한>

저장 온도	품질안전지표	품질안전 한계기간	최대설정 품질안전 한계기간	안전계수	소비기한
0℃	미생물지표 ¹⁾	60일	60일	0.77	46.2일
	이화학지표 ²⁾	60일			
5℃	관능	60일	52일		
	미생물지표	- ³⁾			
10℃	이화학지표	-	22일		
	관능	52일			
15℃	미생물지표	-	7일		
	이화학지표	7일			
	관능	-			5.4일

1) 미생물지표는 총 유산균 수 및 대장균군을 뜻함

2) 이화학지표는 pH 및 산도를 뜻함

3) 어느 한 설정 지표라도 한계값을 초과한 경우, 그 지표로 품질안전한계기간 설정

▪ NFS 통기성 포장 상품김치의 관리 및 주의 사항

[김치 포장 팽창 방지를 위한 가이드라인]

- 적절한 온도에서 제품을 보관, 운송 및 판매: 김치는 발효 과정에서 발생하는 가스로 인해 포장 이 팽창할 수 있으므로, 과냉각 또는 과냉각에 근접한 냉장 온도를 유지하는 것이 중요하다. 특히 제품의 보관, 운송 및 판매 과정에서 냉장 온도를 엄격히 관리하여야 한다.
- 포장 외부 충격 유의: 포장된 김치는 외부 충격에 의해 포장이 파손될 위험이 있어 운송 및 보관 과정에서 취급 시 주의하여야 한다. 또한 날카로운 물건이나 도구는 포장을 파손시킬 뿐만 아니라 내용물이 오염될 수 있어 주의하여야 한다.
- 중량규격별 정량 포장: 김치 포장 시 포장지 규격별 김치의 중량을 정확히 준수함으로써 포장 내 충분한 공간을 확보하여 발효 중 생성되는 CO₂가 과도하게 축적을 방지하여야 한다.
- 유통판매업체의 제품 상태 정기 점검: 유통 및 판매 과정 중 발생할 수 있는 포장 부풀음 상태를 주기적으로 점검하여 이상 유무를 확인하여야 한다.

[김치 포장 팽창 발생 시 대처방안]

- 문제 발생 시 김치제조업체, 유통업체, 판매업체 간의 신속한 해결: 포장 팽창 문제 발생 시 김치 제조업체, 유통업체, 판매업체는 문제의 원인과 해결 방안을 신속하게 파악하고 대응 조치를 취할 수 있는 통합 커뮤니케이션 프로토콜을 마련해야 한다.
- 포장 팽창 문제 발생 시 위기 대응 계획 마련: 포장 팽창이 발생할 경우를 대비하여 각 업체들은 사전에 역할 분담 및 절차를 확립하여 위기 대응 계획을 마련해야 한다.
- 포장 팽창 제품의 환불 또는 교환 서비스 제공: 소비자가 팽창된 김치 포장을 구매한 후 고객 불만 접수 시, 빠른 제품 교환 또는 환불을 실시해야 한다.

- 정온 및 변온 저장한 상품김치의 기존 포장(CO₂ 흡착제 부착)과 NFS 통기성 포장의 성능 비교 [기존 포장과 NFS 통기성 포장에 포장한 총각김치의 정온(4℃) 저장 이후 품질 특성 변화 비교]
 - 아래 표는 NFS 통기성 포장과 CO₂ 흡착제를 부착(기존 포장)하거나 부착하지 않은 밀폐 포장에 포장한 총각김치의 정온(4℃) 저장 이후 품질 특성 변화를 비교한 것이다.
 - NFS 통기성 포장지는 기존 포장법인 CO₂ 흡착제를 부착한 적층 밀폐 포장과 비교하여 저장 후 품질 저하와 포장 팽창을 나타내지 않아 김치 포장에 적합함을 보여주었다.

지표	포장 종류					
	밀폐 포장		밀폐 포장 + CO ₂ 흡착제 (기존 포장법)		NFS 통기성 포장 (40,000 mL O ₂ /m ² ·day·atm)	
	저장 전	저장 후	저장 전	저장 후	저장 전	저장 후
pH	6.2	4.2	6.1	4.2	6.1	4.1
적정산도(%)	0.3	1.2	0.4	1.3	0.4	1.2
환원당 함량(mg/g)	58.7	27.6	61.2	11.8	57.0	12.3
염도(%)	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	1.9
총 대장균군(log CFU/g)	3.4	N.D.	3.5	N.D.	3.4	N.D.
총 유산균(log CFU/g)	6.2	8.1	6.3	7.8	6.2	8.1
효모 및 곰팡이(log CFU/g)	3.5	3.3	3.4	3.5	3.2	4.2
Headspace O ₂ 농도(%)	8.9	2.3	11.1	10.6	20.7	20.0
Headspace CO ₂ 농도(%)	21.2	71.2	0.2	2.1	0.3	1.4

포장 외관



[기존 포장과 NFS 통기성 포장에 포장한 맛김치의 변온 저장 이후 품질 특성 변화 비교]

- 아래 표는 NFS 통기성 포장과 기존 포장 방법인 CO₂ 흡착제를 부착한 밀폐 포장(기존 포장법)에 포장한 맛김치의 변온(1℃→6℃→4℃) 저장 이후 품질 특성 변화를 비교한 것이다.
- NFS 통기성 포장지는 모의 유통 조건에서도 CO₂ 흡착제를 부착한 적층 밀폐 포장에 비해 저장 후 품질 저하와 포장 팽창을 나타내지 않아 김치 포장에 적합함을 보여주었다.

지표	포장 종류					
	밀폐 포장 + CO ₂ 흡착제 (기존 포장법)		NFS 통기성 포장 (6,000 mL O ₂ /m ² ·day·atm)		NFS 통기성 포장 (4,000 mL O ₂ /m ² ·day·atm)	
	저장 전	저장 후	저장 전	저장 후	저장 전	저장 후
pH	5.9	4.2	5.9	4.2	5.9	4.2
적정산도(%)	0.4	1.1	0.4	1.2	0.4	1.1
환원당 함량(mg/g)	40.3	15.0	40.3	13.6	40.3	12.6
염도(%)	1.9	2.1	1.9	2.1	1.9	2.0
총 대장균군(log CFU/g)	4.0	N.D.	4.0	N.D.	4.0	N.D.
총 호기성 세균(log CFU/g)	6.8	5.7	6.8	6.9	6.8	6.8
총 유산균(log CFU/g)	6.9	7.0	6.9	7.0	6.9	7.1
효모 및 곰팡이(log CFU/g)	3.5	3.4	3.6	6.3	3.6	4.1
Headspace O ₂ 농도(%)	17.1	0.1	18.1	16.7	18.5	14.4
Headspace CO ₂ 농도(%)	0.0	0.7	4.0	2.7	3.8	2.7



참고문헌

- (1) 김동경, 김상용, 이정걸, 노봉수. (2000). 자일로스와 자일리톨 첨가가 김치의 유기산 발효에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 32(4), 889-895.
- (2) 김승일, & 신창섭. (2013). 미세물분무의 소화성능 개선을 위한 증점제(잔탄검)의 영향. Journal of KOSHAM, 13(5), 233-237.
- (3) 김양희, 김성보, 김수진, 박승원. (2016). 저칼로리 저감미도 대체감미료 시장 및 동향. 식품과 학과 산업, 49(3), 17-28.
- (4) 김현석. (2014). 전분 페이스팅/페이스트 특성 및 냉해동 안정성에 대한 잔탄검-로커스트콩검 혼합물의 영향, 46(5), 593-600.
- (5) 김혜영, 김미리. (2002). Xanthan Gum 첨가 깍두기의 이화학적·관능적 특성. 한국식품영양과학회지, 31(2), 196-203.
- (6) 김혜영, 김봉찬, 김미리. (2001). 점증제 첨가 깍두기의 이화학적·관능적 특성. 한국식품영양과학회지, 30(6), 1060-1067.
- (7) 박우포. (2022). 점증제로 사용한 Xanthan Gum 첨가가 김치의 품질에 미치는 영향. 한국식품

- (8) 세계김치연구소. (2013). 김치 수출 가이드북(일본판). 한국학술정보(주).
- (9) 세계김치연구소. (2022). 김치 수출입 업체 현황 및 유통실태 조사연구.
- (10) 세계김치연구소. (2022). 김치 해외시장 정보집.
- (11) 이강자. (1996). Aspartame이 김치의 숙성과 품질에 미치는 영향. 동아시아식생활학회지, 6(1), 77-84.
- (12) 인만진. (2019). 요구르트 발효에서 효소로 당화시킨 주박 분해물의 탈지분유 대체 효과. 한국응용생명화학학회지, 62(3), 299-304.
- (13) 정두연, 이주현, 정현정. (2021). 찹쌀풀 첨가량에 따른 김치의 발효 중 대사산물 및 전분 구조 변화. 한국식품과학회지, 53(5), 514-520.
- (14) 정영배, 김예슬, 전서영, 최윤정, 민승기, 서혜영. (2022). 시판 김치 양념 제품의 품질 특성 평가. 한국식품저장유통학회지, 29(6), 895-906.
- (15) 정월계, 이정훈. (2010). 당알코올을 첨가한 스펀지 케이크 반죽 및 제품 특성. 한국조리학회지, 16(4), 305-311.
- (16) Alfian, G., Syafrudin, M., Farooq, U., Ma'arif, M. R., Syaekhoni, M. A., Fitriyani, N. L., ... & Rhee, J. (2020). Improving efficiency of RFID-based traceability system for perishable food by utilizing IoT sensors and machine learning model. Food Control, 110, 107016.
- (17) Baek, S., Maruthupandy, M., Lee, K., Kim, D., & Seo, J. (2020). Freshness indicator for monitoring changes in quality of packaged kimchi during storage. Food packaging and shelf life, 25, 100528.
- (18) Cha, Y. J., Kim, H., & Cadwallader, K. R. (1998). Aroma-active compounds in kimchi during fermentation. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(5), 1944-1953.
- (19) Choi, Y., Kang, J., Lee, Y., Seo, Y., Lee, H., Kim, S., ... & Yoon, Y. (2020). Quantitative microbial risk assessment for *Clostridium perfringens* foodborne illness following consumption of kimchi in South Korea. Food Science and Biotechnology, 29, 1131-1139.
- (20) Choi, S. J., Yang, S. Y., & Yoon, K. S. (2021). Lactic acid bacteria starter in combination with sodium chloride controls pathogenic *Escherichia coli* (EPEC, ETEC, and EHEC) in kimchi. Food Microbiology, 100, 103868.
- (21) Hu, Y., Zhang, J., Wang, S., Liu, Y., Li, L., & Gao, M. (2022). Lactic acid bacteria synergistic fermentation affects the flavor and texture of bread. Journal of Food Science, 87(4), 1823-1836.
- (22) Jaisan, C., & Lee, D. S. (2017). A mathematical model to predict ripening degree of kimchi, a Korean fermented vegetable for meeting consumer preference and controlling shelf life on real time basis. Food Packaging and Shelf Life, 12, 23-27.
- (23) Jung, M. J., Kim, J., Lee, S. H., Whon, T. W., Sung, H., Bae, J. W., ... & Roh, S. W. (2022). Role of combined lactic acid bacteria in bacterial, viral, and metabolite dynamics during fermentation of vegetable food, kimchi. Food Research International, 157, 111261.
- (24) Kang, M., Park, S. Y., Shin, B. S., Hong, S. M., Choi, Y. J., & Chun, H. H. (2022). Effect of nano-foamed structure film packaging on the quality of young radish (*Raphanus sativus* L.) kimchi during storage under supercooled and refrigerated
-

conditions. Korean Journal of Food Preservation, 29(5), 677-691.

- (25) Kim, E. J., Seo, S. H., Park, S. E., Lim, Y. W., Roh, S. W., & Son, H. S. (2020). Initial storage of kimchi at room temperature alters its microbial and metabolite profiles. LWT, 134, 110160.
- (26) Lee, H. G., Jeong, S., Park, J. Y., & Yoo, S. (2019). Effect of pasteurization on delayed kimchi ripening and regression analysis for shelf life estimation of kimchi. Food Science & Nutrition, 7(2), 711-720.
- (27) Lee, H. G., & Yoo, S. (2017). Use of laser-etched pouches to control the volume expansion of kimchi packages during distribution: Impact of packaging and storage on quality characteristics. Journal of Food Science, 82(8), 1876-1884.
- (28) Lee, J. H., Choi, E. J., Chang, J. Y., Song, K. B., & Chun, H. H. (2021). Effect of high hydrostatic pressure (HHP) and supercooling storage in leaf mustard (*Brassica juncea* L.) kimchi: Modelling of microbial activity and preservation of physicochemical properties. LWT, 145, 111325.
- (29) Seo, S. H., Park, S. E., Kim, E. J., Lee, K. I., Na, C. S., & Son, H. S. (2018). A GC-MS based metabolomics approach to determine the effect of salinity on Kimchi. Food Research International, 105, 492-498.
- (30) Song, H., Dang, Y. M., Ha, S., & Ha, J. H. (2022). Effect of ultraviolet-C light-emitting diode irradiation on inactivation of white colony-forming yeast in kimchi seasoning. Food Control, 140, 109157

[공동연구기관 : (주) 지큐지원]

○ 1차년도

- 발포제의 배합 및 분산공정에 관한 연구는 마스터배치를 제작하여 폴리머 롤 제작 시 첨가하는 방식을 채택함. 이러한 방식을 이용하면 재료의 배합 생산 시 롤이나 회전체 등에 배합물이 달라붙지 않으며 압출 시 배합물의 분산 효과 및 압출 속도에 영향이 없어 효율적임.

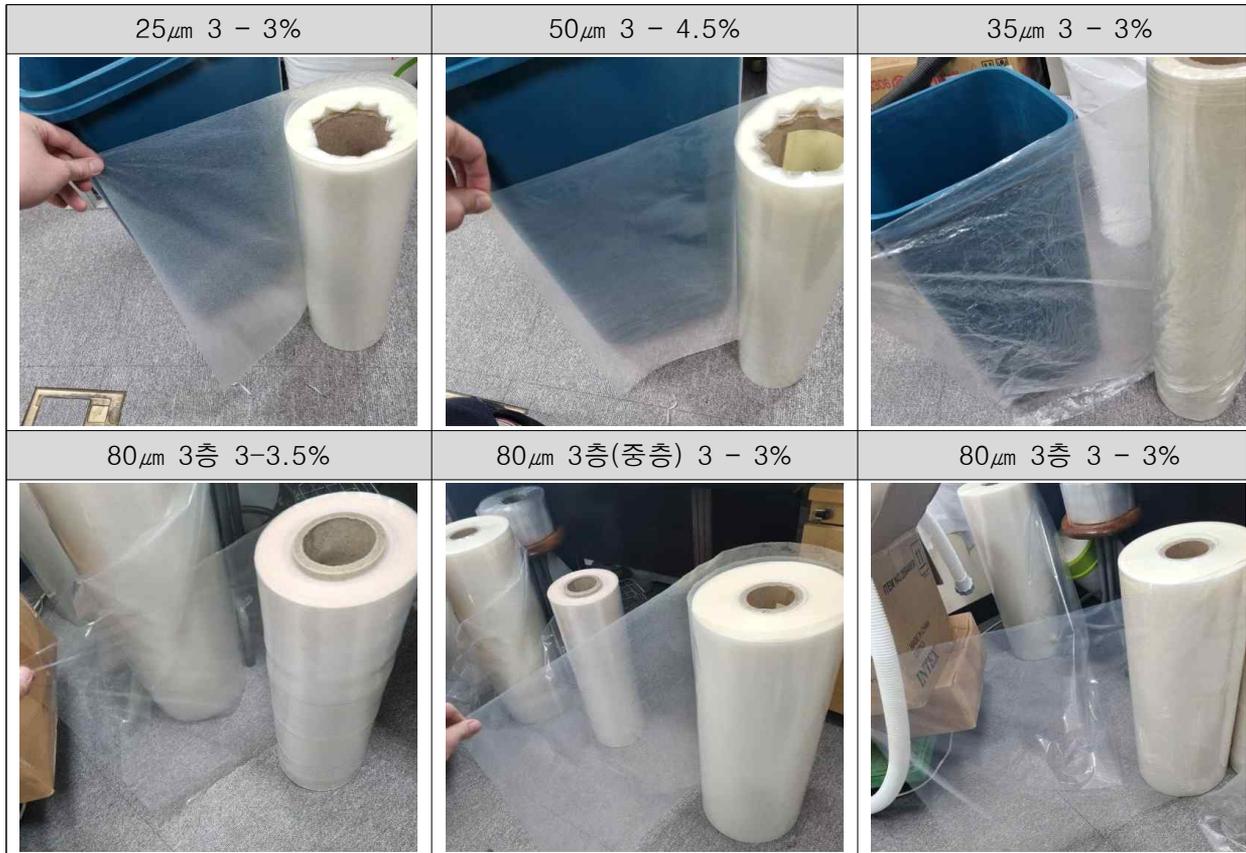
마스터배치	마스터배치 비율에 따른 필름의 표면사진		
	3 - 3%	3 - 4.5%	10 - 3%
			

< 마스터배치 비율에 따른 표면 >

- 마스터배치의 제작은 10% 비율을 마스터 배치를 기준으로 시작함. 이 조건으로 시작하였을 경우 표의 10 - 3% 그림과 같이 롤에 감기는 방향으로 직선 무늬가 뚜렷하게 나타남. 이 경우 직선 무늬의 수직 방향으로 힘을 받았을 때 필름에 결함이 생기는 문제가 있음. 이러한 문제는 필름을 실제로 제품에 적용하였을 경우 문제가 발생할 가능성이 큼. 점점 마스터 배치 비율을 줄여가며 통기성에 큰 영향을 미치지 않으면서 필름에 물성에 영향이 없는 적정 분산의 필름은 3%비율의 마스터배치에서 발포제 비율이 약 4.5% 이하일 경우 필름의 물성에 영향이 적으면서 통기성을 크게 높일 수 있는 것으로 확인함.
- 압출 공정에 경우 필름의 두께와 마스터배치 내부에 있는 발포제에 대한 영향에 관하여 변수를

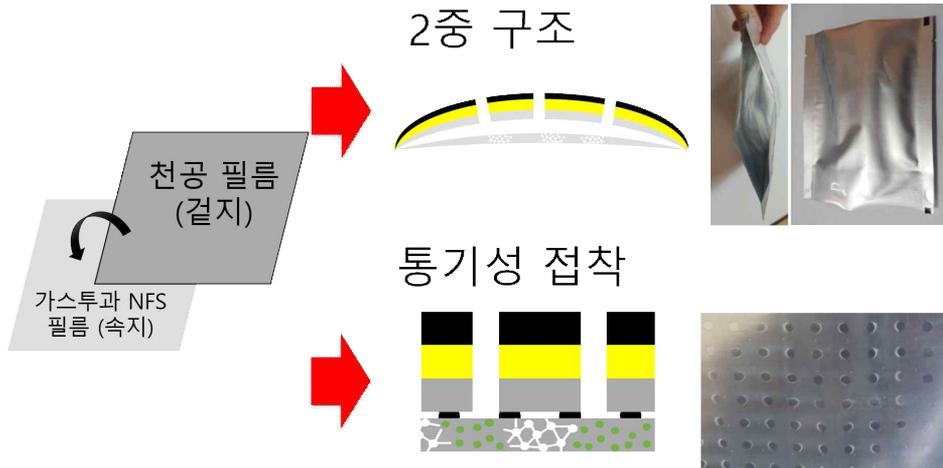
바뀌가며 필름의 상태를 확인함. 먼저 얇은 필름에 적용하여 적절히 분산되는 범위에서 필름에 결함이 없음을 확인함. 이후 안정성이 뛰어난 두께에서 통기성에 대한 영향을 알아보기 위하여 4 μ m, 72 μ m, 4 μ m의 3층으로 이루어진 80 μ m 두께 필름에 마스터배치를 첨가하여 성능을 확인함. 얇은 범위의 필름은 모두 통기성이 뛰어난을 확인하였음. 80 μ m 두께의 3층 필름은 모든 층에 마스터배치를 적용한 3%, 3.5% 필름, 중층에만 마스터배치를 적용한 3% 필름을 제작하였음. 두께가 두껍기 때문에 통기성의 증가량은 적었지만, 20000 cc/m²·day 이상의 통기성은 모두 나오며 이는 발효식품에 적용하여도 문제가 없는 범위임. 층에 포함된 마스터배치의 유무에 따른 통기성은 전층 모두 마스터배치가 들어간 필름의 경우 통기성이 더 높게 나타나는 것으로 확인하였으나 크게 차이를 나타내진 않음을 확인함.

- 따라서 NFS포장지에 적용하기 위한 필름의 마스터 배치 분산 및 압출공정, 필름의 두께는 마스터배치 3%에서 발포제 범위가 4.5%이하인 것이 이상적이며 80 μ m 두께의 필름에도 NFS포장지 공정을 적용할 수 있음을 확인함.



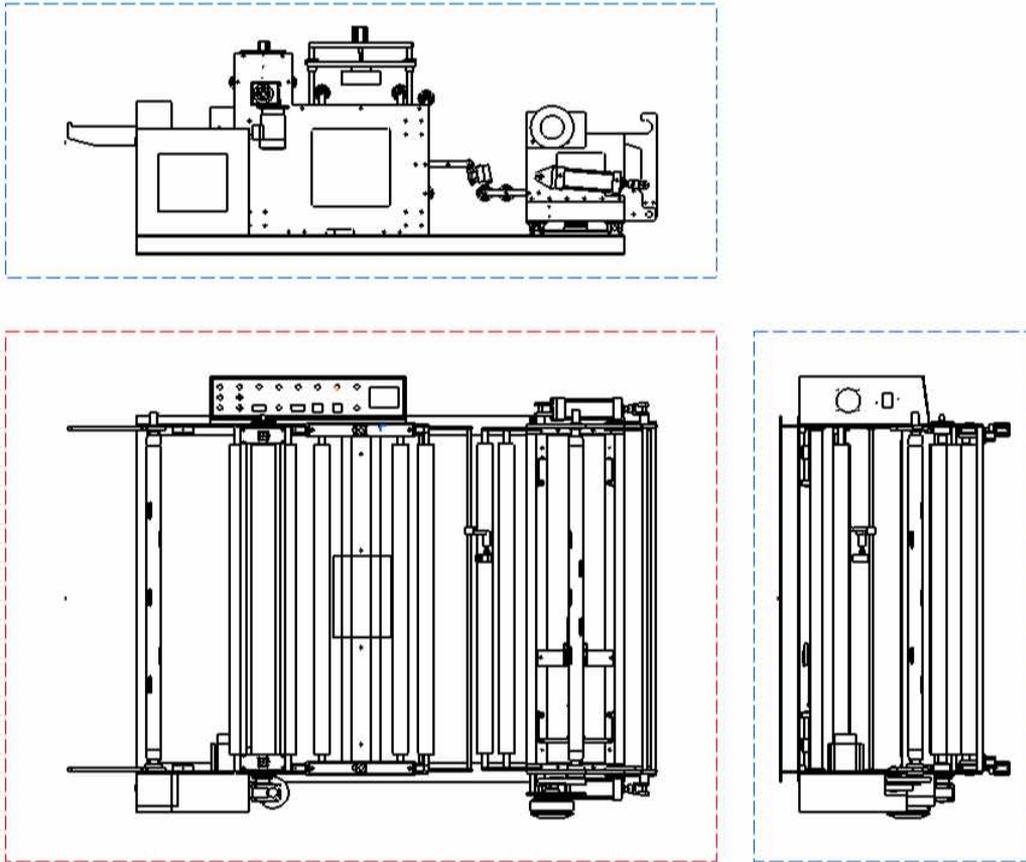
<두께 - 농도에 따른 필름롤 >

- NFS통기성 포장지는 Nano PPP필름 및 외부 1차 합지 천공을 이용한 필름을 다층 합지하여 제작됨. 전면 접착을 통한 다층 포장지를 만들 경우 투과 성능이 현저히 떨어지기 때문에 내부 공기층을 가지는 다층 포장지 부분합지 기술을 적용하여 포장지를 만들 경우 이러한 문제를 해결할 수 있음.



<부분합지 공정 모식도 (상) 2중 구조를 가지는 합지, (하) 통기성 접착을 이용한 합지>

- 내부 공기층을 가지는 다층 포장지 부분 합지 기술의 경우 두 가지 방법으로 적용함. 공통적으로 전면적 미세 천공된 다층 필름을 외부에 걸지로 적용하며, 내부에 Nano PPP기술이 적용된 포장지를 속지로 사용함.
- 2중 구조를 이용한 방법은 천공 필름과 Nano-PPP필름 사이에 공간을 가짐. 이 경우 통기할 기체가 접착면에 막혀 통기성이 줄어드는 문제를 방지할 수 있음. 속지가 걸지와 분리되어있기 때문에 충격에 따라 속지에 결함이 발생할 가능성이 있으며, 이러한 문제를 줄이기 위하여 내부에 선형이나 십자모양으로 접착면을 하나 더 넣어 속지의 내구도를 보강할 수 있음.
- 통기성 접착을 이용한 부분 합지는 롤투를 공정에서 접착을 위한 판을 설계하여 판 모양대로 접착을 하는 방법임. 접착면을 이어지지 않게 하여 기체가 갖히는 공간이 없으면서 전체적으로 걸지와 속지가 결합하여 안정적인 형태임. 접착면 만큼 통기성일 줄어들기 때문에 이를 이용하여 접착면을 넓혀 통기성을 조절 할 수 있음.
- 이러한 방법으로 제작한 NFS포장지의 성능을 테스트 하기 위해 최대성능을 발휘 할 수 있는 $25\mu\text{m}$ 3 - 3% 필름을 레이저 처리하여 패키징 센터의 Illinois 장비를 이용한 산소 투과도 공인 성적 시험을 진행하였음. 그 결과 최대 통기성은 약 480만 $\text{cc}/\text{m}^2\cdot\text{day}$ 나오는 것을 확인하였음.



<미세 가공 구조를 적용 가능한 롤투롤 라인 설계도>

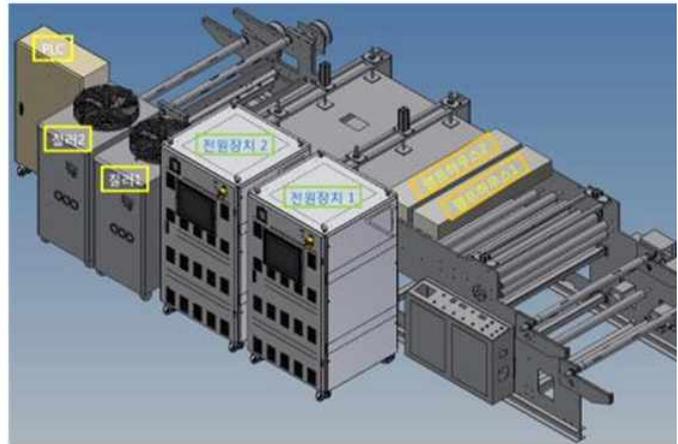
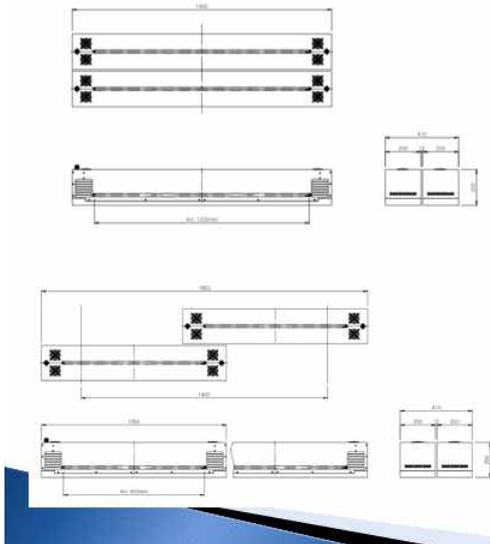
- 대량 생산이 가능한 롤투롤 장비의 경우 기존 레이저 장비를 이용한 제조방법보다 높은 제조 속도를 지니는 IPL(Intense Pulsed Light)를 적용을 논의가 진행 중임. 따라서 IPL 레이저를 구입하여 임시 가공 시설을 만들어 가공 신뢰도를 높이고자 함.

○ 2차년도

- 대량 생산이 가능한 롤투롤 장비의 경우 기존 레이저 장비를 이용한 제조방법보다 높은 제조 속도를 지니는 IPL(Intense Pulsed Light)를 적용, 롤투롤 장비 설계를 진행함.

Sample		PE 25 μm		PE 35 μm		PE 50 μm	
		before	after	before	after	before	after
14kW	1	0.7	8.0	0.6	5.6	1.7	5.0
	2	1.3	14.1	0.6	5.8	0.9	4.2
	3	1.8	20.8	1.2		0.8	4.3
16kW	1	3.6	11.0	0.7	9.5	0.7	4.3

<파우치 산소 농도 측정법을 이용한 IPL 가공 시 시간당 산소 유입량>



Po_avg : 60kW
 Po_peak : 10MW
 Peak Max. 2800V ,3600A

- 장비의 설계는 부산대 밀양캠퍼스의 IPL 장비를 이용하여 필름 자체 실험으로 성능을 확인 후 그에 맞게 장비 설계를 함. 물성상 두께가 얇을수록 투과율이 높으며, 두께감이 있는 필름의 경우 순간적인 파워가 높을 경우 가공이 가능한 것을 확인함. 이에 따라 설계장비의 파워 기준은 16kW, 35 μ m 두께가 가공이 가능한 2800V, 3600A 성능의 램프를 800mm 양산형을 직렬에 가깝게 한줄 배치하는 것으로 설계하였음.
- 앞선 마스터배치 실험시 나타나는 직선 무늬가 LDPE에 마스터배치가 들어가는 시점의 온도조절에 어려움에서도 비롯한다고 생각하여 기존 마스터배치보다 가공 온도가 15~20도 높으나 g당 가스 배출량은 280ml에서 140ml로 떨어진 PTSS 마스터배치 필름 샘플을 제작하였음. 이 경우 마스터배치의 비율을 늘릴 수 있으며 기존 공정에 적용하기 수월할 것으로 판단됨.



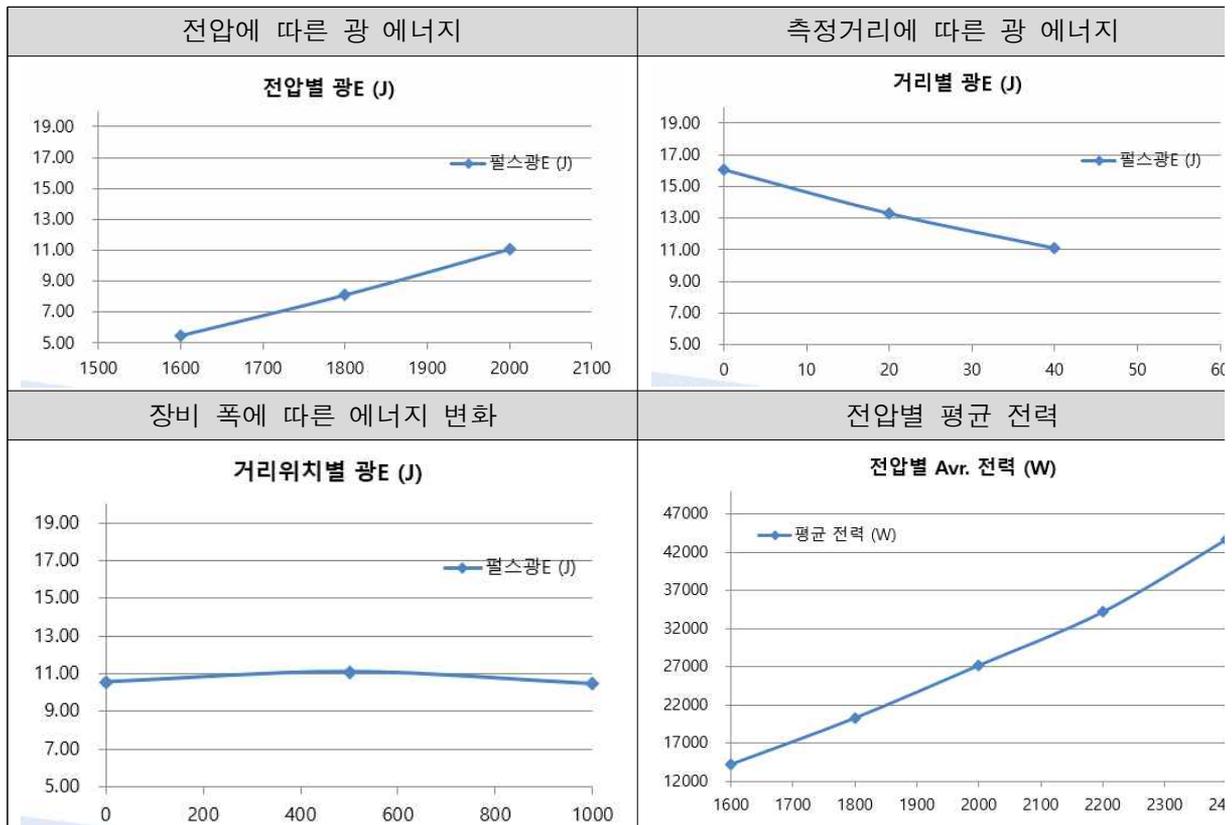
< PTSS 필름의 마스터배치 비율에 따른 표면 >

- PTSS 마스터배치 필름 샘플은 기존 필름과 다르게 3%의 마스터배치를 5 ~ 40%까지 필름에 첨가하여도 필름 제작에 문제가 없음을 확인하였음. 다만 40%정도까지 마스터배치를 넣을 경우 투명도나 표면 거칠기에 이질감을 느낄 가능성이 있어, 상품성이 떨어질 수도 있을 것으로 보임. 따라서 40% 이상의 비율은 고기능성 필름 요구에 따라 선택적으로 사용할 필요가 있음.



< IPL을 이용한 롤투롤 장비 >

- 대량생산을 위한 장비로 광원을 IPL 이용한 롤투롤 장비를 구축함. 플래시 램프의 경우 XF 231200LTW를 선택함. 기존 직렬 2램프식 설계를 바꿔 최대 1000mm까지 가공이 가능하도록 1200mm 크기의 램프를 설계하여 병렬 2램프 장비를 구성함. 60KW 플래쉬장비1등 점등 기준, 파워 및 램프하우스 냉각 조건 일체를 포함하여 실제 가공 에너지를 측정하였음. OPHIR社 VEGA , L40(150)A-V2 두 장비를 이용하여 계측하였고 펄스당 에너지를 20회 반복 계측 후 평균값으로 평가함.
- 전압에 따른 에너지 증가에 문제없으며, 측정 거리별 광 에너지 역시 이론값과 유사하게 2차 곡선을 그림. 펄스별 에너지 편차는 약 1.9~3.6% 차이가 있으며, 램프 중심부와 측면의 에너지 편차는 약 2.1%~2.6%로 나타남. 빠르게 가공 시 차지하는데 걸리는 시간은 약 0.5초였으며, 차지가 떨어진 부분과 최대부분과의 편차가 거의 나지 않아 문제가 없음을 확인함.



< IPL 에너지 측정 >



< 산소 투과도(OTR) 측정기(illinois Model 8101) >

- 투과도 필름의 검사 및 자체 QC를 위해 ASTM D3985방식을 이용한 산소 투과도 측정기를 도입함. 공인성적시험을 하는 패키징센터 및 한국건설생활환경시험연구원과 같은 장비 모델임. 이 장비를 이용하여 PTSS 30% 필름을 롤투를 생산시에 기존에 목표로 한 투과도 및 생산 속도는 충분히 생산이 가능한 것으로 확인함.

시험/검사 항목	시험/검사 기준	시험/검사 결과	단위	검사조건	비고
납(mg/L)	1이하	0	허합		
과망간산칼륨소비용(mg/L)	10이하	1	허합		
총유황(mg/L)	300이하(다만 15분은 20가 400 이하로 측정하며 수합단 100이하 100이하)	102.4(초산-3/가합 판-4)	허합		
5-클로르(mg/L)	3이하	0.00000	허합		
5-클로린(mg/L)	15이하	0.00000	허합		
납, 카드뮴, 수은 및 6가 크롬(mg/kg)	100이하	0	허합		
벤조피렌(mg/L)	0.5이하	0	허합		
물류연(mg/kg)	2이하	0	허합		

KATRI
KOREAN KATRI TESTING INSTITUTE

유형판형 : 직합
시험장사용 : 장경규
시험장사명 : 김봉민

비고 : 촉매번호:K10-1623000호, 출원인:장태훈

주식회사 한국분석기술연구원 대표이사 이태훈

1021820 부산시 영구대로 207 제1동(동래구) 1021466-1231 1021469-1039

식품 자가품질위탁검사 시험 검사 성적서

-식품 자가품질위탁검사 추가 시행(시험 검사 성적서 첨부)

(2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성, 연구개발과제의 특성에 따라 수정 가능합니다)

(단위 : 건, 천원)

성과지표명			연도	1단계 (2021~2022)	2단계 (2023)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	논문sci	목표(단계별)	-	1	1	1	
		실적(누적)	2	1	3		
	논문비sci	목표(단계별)	1	1	2		
		실적(누적)	1	1	2		
	특허출원	목표(단계별)	1	-	1	20	
		실적(누적)	1	-	1		
	학술발표	목표(단계별)	1	2	3	20	
		실적(누적)	9	5	14		
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	고용창출	목표(단계별)	8	4	12	10	
		실적(누적)	6	5	11		
	신기술 지정	목표(단계별)	-	-	-		
		실적(누적)	1	갱신	1		
	홍보전시	목표(단계별)	0	1	1	10	
		실적(누적)	2	0	2		
	제품화	목표(단계별)	0	1	1	20	
		실적(누적)	0	-	0		
	매출액	목표(단계별)	-	-	14,400	10	
		실적(누적)	4,900(2022)	5,200	10,100		
수출액	목표(단계별)	-	-	1,500	10		
	실적(누적)		130	130			
계(매출,수출액 제외)	목표(단계별)	11	10	21	100		
	실적(누적)	17	12	29			

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	권(호)	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Green Synthesis of Laser-Induced Graphene with Copper Oxide Nanoparticles for Deicing Based on Photo-Electrothermal Effect	Nanomaterials	이준욱, 이정훈, 신보성(교신)	12(6)	스위스	MDPI	SCIE	2022. 03. 14.	2079-4991	33%
2	Effect of nano-foamed structure film packaging on the quality of young radish (<i>Raphanus sativus</i> L.) kimchi during storage under supercooled and refrigerated conditions	한국식품저장유통학회지	강미란, 박소윤	29(5)	한국	한국식품저장유통학회	비SCIE	2022. 8. 31.	1738-7248	100%
3	Changes and machine learning-based prediction in quality characteristics of sliced Korean cabbage (<i>Brassica rapa</i> L. <i>pekinensis</i>) kimchi: Combined effect of nano-foamed structure film packaging and subcooled storage	LWT	박소윤	171	영국	ELSEVIER	SCI	2022. 10. 29.	0023-6438	50%
4	Surface Morphological Growth Characteristics of Laser-Induced Graphene with UV Pulsed Laser and Sensor Applications	ACS Materials Letters	홍성무, 김진수	5(4)	미국	American Chemical Society	SCIE	2023. 03. 23.	2639-4979	33%
5	변온 저장 중 반면적 통기성 필름을 적용한 포장 깎두기의 팽창 방지 효과	한국산업식품공학회지	박소윤	27(4)	한국	한국산업식품공학회	비SCIE	2023. 10. 31.	1226-4768	100%



Article

Green Synthesis of Laser-Induced Graphene with Copper Oxide Nanoparticles for Deicing Based on Photo-Electrothermal Effect

Jun-Uk Lee ^{1,†}, Jeong-hoon Lee ^{1,†}, Chan-Woo Lee ^{1,✉}, Su-Chan Cho ¹, Sung-Moo Hong ², Yong-won Ma ^{2,✉},
Sung-Yeob Jeong ^{3,✉} and Bo-Sung Shin ^{4,*}

- ¹ Department of Cogno-Mechatronics Engineering, Pusan National University, Pusan 46241, Korea; lju3534@naver.com (J.-U.L.); kgslsk62198@naver.com (J.-h.L.); cwleecho2@naver.com (C.-W.L.); cho_brian@naver.com (S.-C.C.)
 - ² Interdisciplinary Department for Advanced Innovative Manufacturing Engineering, Pusan National University, Pusan 46241, Korea; hsm14789@naver.com (S.-M.H.); decentsoul@naver.com (Y.-w.M.)
 - ³ Department of Mechanical Engineering, The University of Tokyo, Tokyo 113-8656, Japan; ysjsykj8025@naver.com
 - ⁴ Department of Optics and Mechatronics Engineering, Pusan National University, Pusan 46241, Korea
- * Correspondence: bosung@pusan.ac.kr; Tel.: +82-51-510-2787
 † These authors contributed equally to this work.

Abstract: Homogeneously dispersed Cu oxide nanoparticles on laser-induced graphene (LIG) were fabricated using a simple two-step laser irradiation. This work emphasized the synergetic photo-electrothermal effect in Cu oxide particles embedded in LIG. Our flexible hybrid composites exhibited high mechanical durability and excellent thermal properties. Moreover, the Cu oxide nanoparticles in the carbon matrix of LIG enhanced the light trapping and multiple electron internal scattering for the electrothermal effect. The best conditions for deicing devices were also studied by controlling the amount of Cu solution. The deicing performance of the sample was demonstrated, and the results indicate that the developed method could be a promising strategy for maintaining lightness, efficiency, excellent thermal performance, and eco-friendly 3D processing capabilities.

Keywords: flexible; laser-induced graphene; polyimide; deicing; photothermal effect; heater



Citation: Lee, J.-U.; Lee, J.-h.; Lee, C.-W.; Cho, S.-C.; Hong, S.-M.; Ma, Y.-w.; Jeong, S.-Y.; Shin, B.-S. Green Synthesis of Laser-Induced Graphene with Copper Oxide Nanoparticles for Deicing Based on Photo-Electrothermal Effect. *Nanomaterials* **2022**, *12*, 960. <https://doi.org/10.3390/nano12060960>

Academic Editor: Christophe Demnet

Received: 27 January 2022

Accepted: 11 March 2022

Published: 14 March 2022

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



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

There have been growing concerns about the accumulation of ice owing to the increasing use of electronic instruments, aircraft, power grids, and telecommunications, which leads to many problems in the industry [1–4]. Furthermore, ice accumulation can cause immediate safety problems while driving an electronic car or boarding an airplane [5,6]. Therefore, developing rapid deicing devices is essential to help maintain the performance of electronic products, especially in the aerospace industry. In recent years, tremendous efforts have been devoted to finding materials for deicing, such as electroconductive textiles, carbon nanotubes (CNTs), sprayable metal layers, and carbon fibers (CFs) [7–10]. Among these, highly efficient, lightweight, and flexible materials are vital for applications based on electronic devices. Recently, graphene has received great attention because of its large surface area, good thermal conductivity, excellent mechanical strength, and superior electronic mobility [11–13].

Graphene, a single-atom thick two-dimensional honeycomb lattice of sp^2 carbon allotropes is a versatile material that offers high photothermal conversion efficiency, tunable wettability, high mechanical strength, and ease of functionalization [14–16]. Recently, significant effort has been devoted to graphene-based deicing devices. Graphene-based devices could efficiently heat up by combining the photo/electro-to-heat effect of graphene for highly efficient deicing devices. While graphene-based devices have unique properties, their applications are limited by complicated, expensive, and inefficient manufacturing



Research Article

Effect of nano-foamed structure film packaging on the quality of young radish (*Raphanus sativus* L.) kimchi during storage under supercooled and refrigerated conditions

Miran Kang^{1†}, So Yoon Park^{1,2†}, Bo Sung Shin³, Sung Moo Hong⁴, Young Jin Choi⁵, Ho Hyun Chun^{1*}

¹Eco-Friendly Process Technology Research Group, World Institute of Kimchi, Gwangju 61755, Korea

²Department of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Graduate School of Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

³Department of Optics and Mechatronics Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Korea

⁴Interdisciplinary Department for Advanced Innovative Manufacturing Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Korea

⁵GQINS, Gimhae 50878, Korea

Abstract This study investigated changes in the quality and headspace O₂/CO₂ concentrations of young radish (*Raphanus sativus* L.) kimchi (YR-kimchi) packaged using a multilayer (ML) film with or without sachets containing a CO₂ absorber and nano-foamed structure (NFS) film, respectively, during storage at -2.2 or 4.0°C. Compared to that in YR-kimchi samples stored at 4.0°C, the total lactic acid bacteria count and titratable acidity of YR-kimchi samples stored at -2.2°C increased rapidly until 21 days of storage, irrespective of the packaging. After 32 days of storage at 4.0°C, the reducing sugar content of young radish kimchi packaged in ML film, ML film with a CO₂ absorber sachet, and NFS film decreased by 54.9, 80.7, and 79.9%, respectively, compared to before storage. However, the salinity of YR-kimchi samples packaged with different film types showed negligible differences during storage at -2.2 and 4.0°C. No significant O₂ reduction or CO₂ accumulation was observed in the headspace of NFS film-packaged young radish kimchi stored at either temperature. Hence, these results indicated that NFS film packaging combined with supercooled (-2.2°C) storage improved the shelf life of YR-kimchi without packaging expansion during storage.



OPEN ACCESS

Citation: Kang M, Park SY, Shin BS, Hong SM, Choi YJ, Chun HH. Effect of nano-foamed structure film packaging on the quality of young radish (*Raphanus sativus* L.) kimchi during storage under supercooled and refrigerated conditions. Korean J Food Preserv, 29(5), 677-691 (2022)

Received: February 14, 2022
Revised: June 23, 2022
Accepted: July 11, 2022

[†]These authors contributed equally to this study.

*Corresponding author
Ho Hyun Chun
Tel: +82-62-610-1761
E-mail: hhchun@wikim.re.kr

Copyright © 2022 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Keywords young radish kimchi, nano-foamed structure film, storage, quality

1. Introduction

The Korean kimchi market continues to grow due to the increase of dual-income households, emphasis on convenience in eating, and changes in economic and social aspects such as nuclear families (Kim et al., 2022; Nam et al., 2021). According to the "Survey on the Kimchi Industry in 2020" published by Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation, the total supply of kimchi distributed in Korea in 2020 was approximately 1,774,975 tons. Among them, the supply of kimchi manufactured by domestic kimchi processing companies was 407,734 tons,



Contents lists available at ScienceDirect

LWT

journal homepage: www.elsevier.com/locate/lwt

Changes and machine learning-based prediction in quality characteristics of sliced Korean cabbage (*Brassica rapa* L. *pekinensis*) kimchi: Combined effect of nano-foamed structure film packaging and subcooled storage

주석을 위해

So Yoon Park^{a,b}, Miran Kang^a, Suk-Min Yun^{a,b}, Jong-Bang Eun^b, Bo-Sung Shin^c, Ho Hyun Chun^{a,*}

^a Technology Innovation Research Division, World Institute of Kimchi, Gwangju, 61755, Republic of Korea

^b Department of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Graduate School of Chonnam National University, Gwangju, 61186, Republic of Korea

^c Department of Optics and Mechatronics Engineering, Pusan National University, Busan, 46241, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Keywords:

Korean cabbage kimchi
Storage conditions
Packaging
Headspace composition
Machine learning

ABSTRACT

The prevention of over-ripening during storage and distribution is crucial for commercial kimchi products with a short shelf life. This study evaluated the effects of nano-foamed structure (NFS) film packaging and subcooled storage on the characteristics and stability of sliced Korean cabbage (*Brassica rapa* L. *pekinensis*) kimchi (KCK). The experiments were performed as factorial tests based on completely randomized designs. Subcooled storage (-3°C) delayed total lactic acid bacteria (TLAB) growth and suppressed the changes in pH, titratable acidity (TA), and reducing sugar content (RSC) of KCK compared to refrigerated storage (4 and 10°C). The headspace CO_2 concentrations in NFS-1 and NFS-2 film packaging were maintained at $< 6.1\%$ throughout the storage (36 d), irrespective of the storage conditions. These results indicate that NFS film suppresses CO_2 accumulation wherein subcooled storage prevents the over-ripening of KCK. Furthermore, we combined machine learning (ML) algorithms with experimental results to predict the quality of KCK. The ML-based algorithms, random forest and extreme gradient boosting trees were more accurate in predicting TA, RSC, and TLAB counts than multivariable linear regression. The study demonstrates an improved packaging system and optimal storage conditions for KCK, which can be extended to other kimchi and fermented products.

1. Introduction

Kimchi, with a unique taste and flavor and anti-obesity, anti-inflammatory, and probiotic properties, is widely consumed in Korea and has been recognized worldwide as a representative lactic acid-fermented cruciferous vegetable food (Cha, Kim, Kook, & Yi, 2020). The COVID-19 pandemic that instigated awareness of healthy foods to strengthen immunity has led to an unprecedented increase in the demand for commercial kimchi products—Korean food companies produced a total of 510000 tons of commercial kimchi products in 2020, with approximately 9% exported to the United States, Japan, Hong Kong, Australia, and Europe.

Korean cabbage kimchi (KCK) products are manufactured by salting, washing, and dehydrating cabbage before mixing it with powdered red pepper-based sauce. Fermentation without sterilization allows the native microorganisms in the raw materials to remain within the product (Jeong et al., 2013; Kim et al., 2015). Lactic acid bacteria (LAB) such as *Leuconostoc mesenteroides*, *Weissella cibaria*, and *Lactobacillus plantarum* are the dominant microorganisms that are naturally found in KCK, which produce organic acids, free amino acids, and volatile compounds via the action of various enzymes, and synthesize a variety of aromatic components under fermentation conditions (Choi et al., 2019; Xing et al., 2021). Hence, the physicochemical and sensory qualities of kimchi change continuously as LAB continue to grow under refrigerated

Abbreviations: AF, aluminum foil; R^2 , coefficient of determination; CFU, colony-forming unit; KCK, Korean cabbage kimchi; LDPE, low-density polyethylene; ML, machine learning; MAE, mean absolute error; MPE, mean percentage error; MLR, multivariable linear regression; NFS, nano-foamed structure; PET, polyethylene terephthalate; TA, titratable acidity; TLAB, total lactic acid bacteria; RF, random forest; RSC, reducing sugar content; RMSE, root mean square error; UV, ultraviolet; XGBoost, extreme gradient boosting trees.

* Corresponding author.

E-mail address: hhchun@wikim.re.kr (H.H. Chun).

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114122>

Received 28 July 2022; Received in revised form 14 September 2022; Accepted 24 October 2022

Available online 29 October 2022

0023-6438/© 2022 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Surface Morphological Growth Characteristics of Laser-Induced Graphene with UV Pulsed Laser and Sensor Applications

Sungmo Hong, Jinsu Kim, Sungeob Jung, Junuk Lee, and Bo Sung Shin*

Cite This: *ACS Materials Lett.* 2023, 5, 1261–1270

Read Online

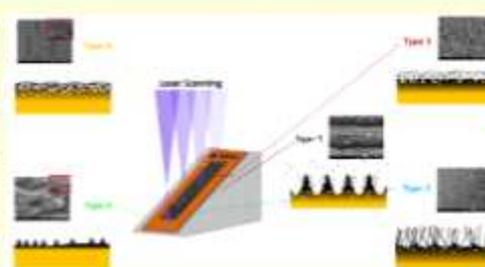
ACCESS |

Metrics & More

Article Recommendations

Supporting Information

ABSTRACT: Generally, laser-induced graphene (LIG) is produced by carbonizing a polymer film by a laser. Such large-area laser scanning of a film involves various processing parameters. LIGs with different characteristics can be created by altering each processing variable. Therefore, it is necessary to investigate the characteristics of the LIG surface structure generated according to the entire laser processing parameter range. However, few studies have focused on the surface morphological properties of LIGs. In this study, the characteristics of LIGs generated on a polyimide (PI) film with different laser processing parameters were studied based on the surface morphology, and the LIG was applied to a humidity and ion-selective sensor. When the PI film was attached to the diagonal ramp, the distance in the z-axis direction of the processing surface was changed, leading to a gradual change in the beam spot diameter at the focusing point. Through this method, continuous energy changes were induced, and LIGs with various surface colors and shapes that can be distinguished with the naked eyes were produced. The LIG produced by this process was classified into five types, and the specific surface area, water absorption rate, contact angle, surface resistance, X-ray photoelectron spectroscopy, and the Raman spectrum were analyzed. Various distributions were observed according to the type of surface shape. These measured values affect sensor applications. We fabricated and tested humidity sensors and ion-selective electrodes and found that structures suitable for gas circulation with opened porous surfaces are sensitive to humidity change reactions, and structures with numerous active sites distributed due to the high specific surface area are suitable for ion exchange performance when coated with polymers. Sensor applications according to the surface morphology allow the existing LIG sensors to be further optimized in performance and production processes. Therefore, we propose a morphology-based method for LIG fabrication and sensor application.



Laser-induced graphene (LIG)-based sensors are produced by carbonizing a polymer film by a laser. Such large-area laser scanning of a film involves various processing parameters, and LIGs with different morphological characteristics can be fabricated by varying each processing variable. Since LIG is manufactured for sensor and electrode applications, the process of LIG generation is important as a factor that determines its response characteristics. Although the base components are the same, the electrochemical response characteristics may differ depending on the surface shape. Therefore, the characteristics of the LIG surface structure must be investigated according to the entire laser processing parameter range; however, few studies have focused on the surface morphological properties of LIGs. In this study, the characteristics of LIGs generated on PI films according to the

laser processing parameters were studied based on the surface morphology and applied to the sensor.

Generally, carbon exists in various structures, such as graphite, amorphous carbon, graphene, carbon nanotubes, fullerenes, and diamonds. Graphene, one of the allotropic forms of carbon, has a sp^2 bond structure in which each carbon atom has three bonds at one vertex and the resulting structure forms a hexagonal honeycomb arrangement in a two-dimensional plane.^{1–3} Graphene has been widely used in sensors, batteries, flexible

Received: December 30, 2022

Accepted: March 20, 2023

Published: March 23, 2023



Food Eng. Prog.
Vol. 27, No. 4, pp. 353-363 (2023.11)
DOI: <https://doi.org/10.13050/foodengprog.2023.27.4.353>
ISSN 1226-4768 (print), ISSN 2288-1247 (online)



변온 저장 중 반면적 통기성 필름을 적용한 포장 깎두기의 팽창 방지 효과

박소윤^{1,2} · 윤석민^{1,2} · 강미란^{1,3} · 은종방² · 천호현^{1*}

¹세계김치연구소 실용화기술연구단, ²전남대학교 융합식품바이오공학과, ³전남대학교 식품영양과학부

Effects of Half-Area Breathable Film on Preventing Expansion of Packaged-Cubed Radish Kimchi during Storage under Altering Temperature Conditions

So Yoon Park^{1,2}, Suk-Min Yun^{1,2}, Miran Kang^{1,3}, Jong-Bang Eun², and Ho Hyun Chun^{1*}

¹Kimchi Industry Promotion Division, World Institute of Kimchi

²Department of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University

³Division of Food and Nutrition, Chonnam National University

Abstract

In this study, changes in the quality and headspace O₂/CO₂ concentrations of cubed radish (*Raphanus sativus* L.) kimchi (CR-kimchi) packaged using multilayer airtight film (MAF), half-area breathable film (HABF), partial area breathable film (PABF), and one-way degassing valve-mounted film (ODVF) were investigated during storage under altering temperature conditions. The total lactic acid bacteria count in CR-kimchi samples stored for 6 days at 0°C, followed by 8 days at 6°C, increased to 7.8-7.9 log CFU/g, regardless of the packaging. The titratable acidity of the CR-kimchi samples increased to 0.6-0.7% during storage at 0°C for 6 days and then at 6°C for 8 days; it was maintained at 0.6-0.8% for 32 days of storage at -3°C. After 46 days of storage, the reduced sugar content of CR-kimchi packaged using MAF, HABF, PABF, and ODVF decreased to 26.8-30.3 mg/g, indicating no significant (*p*>0.05) differences. However, during storage, headspace CO₂ concentration and film volume were lower in the HABF treatment than in the control, PABF, and ODVF treatments, indicating that HABF packaging combined with supercooled (-3°C) storage can extend the optimal ripening period of CR-kimchi without packaging expansion during storage.

Key words: cubed radish kimchi, breathable film, packaging, storage, quality

서 론

우리나라의 전통 발효식품인 김치는 채소류를 주원료로 절임, 세척, 양념 혼합 과정을 거쳐 그대로 또는 발효시킨 것을 의미하며 과거에는 가정에서 김치를 직접 담가서 먹는 것이 보편적이었으나(Lee et al., 2023). 그러나 맛벌이 기구의 증가, 식생활 편의성의 증진 및 핵가족화 같은 경제적·사회적 변화는 상품김치에 대한 선호도와 수요를 증가시켜 국내 김치산업의 성장을 견인하였다(Kang et al., 2022). 2020년 국내 상품김치의 총 생산량은 약 51만 톤에 달하였다(Park et al., 2022). 또한 2020년 이후 코로나-19 감염증이 전 세계적으로 확산되면서 면역력 강화에 도움을 줄 수 있는 식품으로 알려진 국산 김치에 대한 외국인들의

관심이 높아지고 있다.

김치에는 *Leuconostoc* spp., *Lactobacillus* spp., *Wissella* spp. 등 다양한 유산균이 존재한다(Goksen et al., 2023). 이러한 유산균은 발효과정 중 김치에 함유된 당류를 분해하여 유기산, 알코올 및 이산화탄소를 생성시킨다(Grujović et al., 2022). 김치는 제조과정 중 별도의 살균 처리를 거치지 않더라도 유산균의 증식에 의해서 다른 병원성 미생물은 불활성되기 때문에 안전한 식품으로 여겨진다(Jung et al., 2019). 그러나 장기간 저장 또는 유통된 상품김치는 과도한 유산 발효가 진행되어 지나친 신맛이 나타나고 상품성이 떨어진다(Lee et al., 2019).

식품의 포장은 외부 환경으로부터 제품을 보호하고 품질을 유지하여 최종적으로 유통기한을 연장할 수 있는 효과적인 수단이다(Shao et al., 2021). 상품김치에 사용되는 포장 소재로 polyvinyl chloride/low density polyethylene 기반 트레이, 유리/플라스틱 용기, polyethylene/polypropylene/aluminum foil 기반 다층 필름 파우치가 있다. 일반적으로 1 kg 미만의 김치 소포장 시 가격이 저렴한 다층 필름 파우치가 널리 이용되고 있다(Lee & Yoo, 2017). 그러나 다

*Corresponding author: Ho Hyun Chun, Kimchi Industry Promotion Division, World Institute of Kimchi, Gwangju 61755, Korea
Tel: +82-62-610-1761; Fax: +82-62-610-1850
E-mail: hhchun@wikim.re.kr
Received August 22, 2023; revised October 24, 2023; accepted October 31, 2023

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2021년도 한국식품영양과학회 국제심포지엄 및 정기학술대회	박소윤	2021. 10. 29.	부산 BEXCO	대한민국
2	2021년 한국산업융합학회 추계학술대회	황승환, 김진수	2021. 11. 26	창원 인터네셔널 호텔	대한민국
3	2022년도 한국식품과학회 국제학술대회	박소윤	2022. 07. 06.	부산 BEXCO	대한민국
4	2022년도 한국식품과학회 국제학술대회	강미란	2022. 07. 06.	부산 BEXCO	대한민국
5	2022년도 한국산업융합학회 춘계학술대회	김진수	2022. 07. 15.	부산 웨스턴 조선포텔	대한민국
6	2022년도 한국산업융합학회 춘계학술대회	홍성무	2022. 07. 15.	부산 웨스턴 조선포텔	대한민국
7	21st IUFOST World Congress 2022	천호현	2022. 10. 31.	Sands Expo & Convention Centre	싱가포르
8	2022년도 한국산업식품공학회 추계학술대회	박소윤	2022. 11. 09.	제주 해비치호텔	대한민국
9	2022년도 한국산업식품공학회 추계학술대회	강미란	2022. 11. 09.	제주 해비치호텔	대한민국
10	The 11 th International Abalone Symposium	강보석, 홍성무, 김진수	2023. 02. 27.	Auckland University of Technology	뉴질랜드
11	2023년도 한국식품과학회 국제학술대회	강미란	2023. 06. 30.	제주국제컨벤션센터	대한민국
12	2023년도 한국식품과학회 국제학술대회	박소윤	2023. 06. 30.	제주국제컨벤션센터	대한민국
13	2023년도 한국식품영양과학회 국제심포지엄 및 정기학술대회	박소윤	2023. 10. 19.	부산 BEXCO	대한민국
14	37 th EFFOST International Conference 2023	천호현	2023. 11. 07	Palacio de Congresos de Balencia	스페인



for the Industry Convergence and Application

급변하는 산업화 시대에 필요한 융합기술의 정보와 인재를 육성
고품질의 제품개발 및 기술경쟁력 향상을 위하여

알림마당

- 공지사항 >
- 회원동정
- 학술행사개시판
- 학회갤러리
- 학회자료실
- 행사일정
- 학술대회투고안내

HOME > 알림마당 > 공지사항

공지사항

· 제목	2021년 한국산업융합학회 추계학술대회 일정 안내		
· 조회수	264	· 등록일시	2021-11-16 14:54:57
· 첨부파일	(2021 한국산업융합학회 추계학술대회 프로그램.pdf)		

2021 한국산업융합학회 추계학술대회 안내를 아래와 같이 개최하오니 많은 참석 부탁드립니다.

--아 래--

일 시 : 2021년 11월 25일(목) ~ 2021년 11월 26일(금)
 장 소 : 호텔인터내셔널 창원
 문 의 처 : 055-249-2777

11월 26일 (금) [포스터 발표]

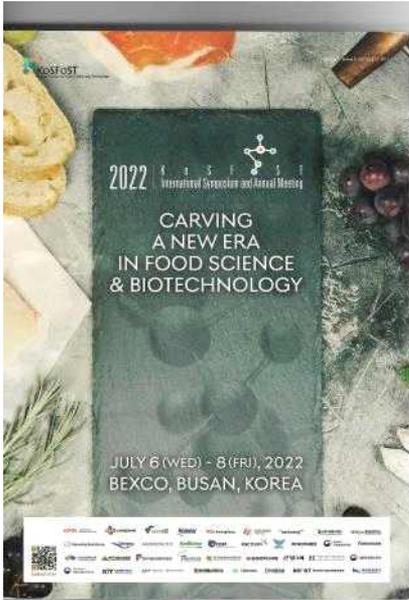
Track I [13:00 ~ 13:30] : 제2발표장 [세미나 B실]

□ (P-I-B) 레이저나노융합		좌장 : 신보성 교수(부산대학교)
(P-I-B-1)	LDPE 필름의 레이저 가공 특성에 따른 기재투과성	황승환, 김진수, 신보성 [부산대학교 인지메카트로닉스 공학과, 부산대학교 공예카트로닉스공학과]
(P-I-B-2)	레이저 간섭 리소그래피를 활용한 곡면에서의 나노패턴 제작	박준환, 이형준, 이정준, 신보성 [부산대학교 인지메카트로닉스 공학과, 부산대학교 공예카트로닉스공학과]
(P-I-B-3)	레이저 유도 그래핀을 기반으로 한 태양열 증기 발생 기관에 관한 연구	이준욱, 이현우, 조수환, 신보성 [부산대학교 인지메카트로닉스 공학과, 부산대학교 공예카트로닉스공학과]
(P-I-B-4)	하네스 케이블 정리를 위한 테이프 자동 커팅 기기 구현	박영규, 박용영 [장신대학교, 신안대학교]
(P-I-B-5)	스마트 팜을 위해 이미지 학습을 통한 과일 식별	배정환, 서형용 [장신대학교 컴퓨터소프트웨어공학과]
(P-I-B-6)	축삭기 성능검사제도관련 현황조사를 통한 개선(안) 수립	문부영, 최혜원 [장신대학교, 동의과학대학교]

Track I [13:30 ~ 13:30] : 제2발표장 [세미나 B실]

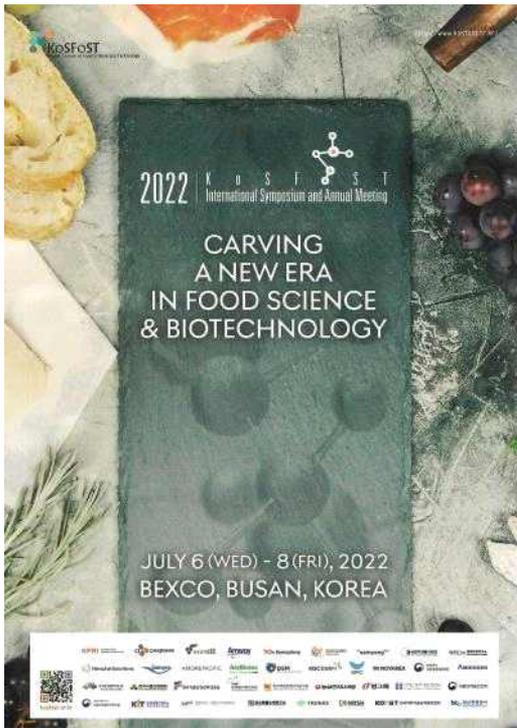
□ (P-I-B) Manufacturing Section		좌장 : 진철규 교수(경남대학교)
(P-I-B-1)	연료전지 초미세 분리판의 설계 및 3D 프린터를 적용한 제작	김재현, 진철규 [경남대학교 기계공학부]
(P-I-B-2)	중력 주조 공정을 적용한 필드스크 주조 방안 설계 및 주조 해석	백승리, 진철규, 진현욱 [경남대학교, 해림테크]
(P-I-B-3)	측면충돌에서 선택필러 보강재와 부분적 팽창기술이 충돌특성에 미치는 영향에 관한 연구	민대영, JS Suresh Babu, 임옥중, 이민식 [부산대학교, 위오토탈]
(P-I-B-4)	A356의 반용고 제조공정에서 진류 입력방법이 기계적 성질에 미치는 영향	이원진, J. S. S. Babu, 강종길 [부산대학교]
(P-I-B-5)	제어 헤드 조립체 부품의 역설계 및 중력 주조 공정을 적용한 제작	정수연, 진철규, 진현욱 [경남대학교 기계공학부, 해림테크]
(P-I-B-6)	PEM연료전지 분리판 제조 공정에 대한 연구	진철규 [경남대학교 기계공학부]

2022 한국식품과학회 국제학술대회 증빙자료_박소윤



PFB-012	Difference in kimchi quality change according to the control of gas composition in its packaging Myeon Yu ¹ , Sung Hee Park ¹ , Eun Hye Kim ¹ , Yun-Jeong Choi ² , Sung Gi Kim ¹ ¹ World Institute of Kimchi, Korea	PFB-020	Effect of application of Korean quality of sliced Korean cabbage Mikun Kang ¹ , Su Yoon Park ¹ , etc. ¹ World Institute of Kimchi, Korea
PFB-013	A study of printable colorimetric freshness label with cellulose nanocrystal-silver nanoparticle composite for intelligent food packaging Seungyoung Kwon ¹ , Seonghyeok Koo ¹ ¹ Korea University, Korea	PFB-021	Synthesis and characterization powder Myeon A. Gil ¹ , Jun Hee Choi ¹ ¹ Department of Food and Nutrition
PFB-014	Preparation, characterization and evaluation of cellulose-silver nanoparticle composite fiber as an antimicrobial film for food packaging paper Binhyun Shin ¹ , Seungyeon Baek ¹ , Wooosuk Lee ¹ , Seonghyeok Koo ¹ ¹ Korea University, Korea	PFB-022	Synthesis and characterization terephthalate copolyester with sustainable packaging application Hyeon Jeong ¹ , Seungyeon Baek ¹ , Hyeon Jeong ¹ , Seungyeon Baek ¹ ¹ Korea University, Korea
PFB-015	Restoration of kimchi fermentation by addition of mabudestrin Sung Hee Park ¹ , Min Jung Lee ¹ , Yun-Jeong Choi ² , Mikun Lee ¹ , Eun Hye Kim ¹ , Hee Young Choi ¹ , Sung Hee Park ¹ ¹ World Institute of Kimchi, Korea	PFB-023	Hybrid coating material based double hydroxide with oxygen Hong-geun Song ¹ , Jaesung Park ¹ ¹ Department of Biotechnology, Gyeongsang National University, Korea
PFB-016	Fabrication of cellulose-based cinnamon extract film and its application of antibacterial activity on spoilage yeast in kimchi Seung Hee Lee ¹ , Tae-Woan Kim ¹ , Chang-Hee Jeong ¹ , Young-Rae Chung ¹ , Ji-Hyeo Hong ¹ , Jung-Gi Shim ¹ ¹ World Institute of Kimchi, Korea	PFB-024	Cyclotriose-loaded pH-responsive time-temperature integrator Hye Won Choi ¹ , Dong-ahn Shin ¹ , S. Chonggi University, Korea
PFB-017	Development of an antioxidant edible film formulated with polyvinyl-sodium caseinate composite and elderberry (<i>Sambucus nigra</i> L.) extract Jeeun Choi ¹ , Seungyeon Chung ¹ ¹ Kookjeon University, Korea	PFB-025	Characterization of eddy milk chloride Miyun Kim ¹ , Ji-Hyun Kang ¹ ¹ Gyeongsang National University, Korea
PFB-018	Comparison of machine learning algorithms for quality prediction of Korean cabbage (<i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>pekinensis</i>) kimchi during supercooled and refrigerated storage Su Yoon Park ¹ , Mikun Kang ¹ , Suk-Min Yoo ¹ , Jong-Bang Eom ¹ , Hee-Hyun Choi ¹ ¹ World Institute of Kimchi, Korea, ² Chosun National University, Korea	PFB-026	KOH ₂ -based ethylene gas inc Dong-ahn Shin ¹ , Hyeon Choi ¹ , S. Chonggi University, Korea
PFB-019	Effect of micro-perforated film packaging on the quality and weight loss of winter kimchi cabbage (<i>Brassica rapa</i> L. <i>pekinensis</i>) during long term storage Su-Hee Yoo ¹ , Su Yoon Park ¹ , Mikun Kang ¹ , Jong-Bang Eom ¹ , Hee-Hyun Choi ¹ ¹ World Institute of Kimchi, Korea, ² Graduate School of Chosun National University, Korea	PFB-027	Fabrication of a pH-responsive anthocyanin extract and gel Miyun Kim ¹ , Seo Chul-Min ¹ ¹ Department of Food Science and





CARVING
A NEW ERA
IN FOOD SCIENCE
& BIOTECHNOLOGY

- P08-020 **Effect of application of nano-foamed structure small film packaging on the quality of sliced Korean cabbage kimchi during storage**
Miran Kang^{1*}, So Yoon Park^{1,2}, Ho Hyun Chun¹
¹World Institute of Kimchi, Korea, ²Graduate School of Chonnam National University, Korea
- P08-021 **Synthesis and characterization of carbon quantum dots (CQDs) from petal powder**
Hyeon A Do^{1*}, Jun Tae Kim¹
¹Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University, Korea
- P08-022 **Synthesis and characterization of modified poly (butylene sebacate-co-terephthalate) copolyester with pentaerythritol as cross-linking agent for sustainable packaging applications**
Hyunho Jang^{1*}, Sangwoo Kwon¹, Youngsan Kim¹, Daegyu Lim¹, Sun Jong Kim², So-Il Park²
¹Yonsei University, Korea, ²CJ Cheil Jedang, Korea
- P08-023 **Hybrid coating material based on sodium alginate/polyvinyl alcohol/layered double hydroxide with oxygen and UV barrier properties**
Hong-geon Song^{1*}, Jaeseon Han^{1,2}
¹Department of Biotechnology, College of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, Korea, ²Department of Food Bioscience and Technology, College of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, Korea
- P08-024 **Cysteine-loaded pH-responsive hydrogel/silver nanoparticles as a time-temperature integrator with instantaneous color change**
Hye Won Cho^{1*}, Dong Un Shin¹, Sang Won Kim¹, Eun seol Kim¹, Seung Ju Lee¹
¹Dongguk University, Korea
- P08-025 **Characterization of adlay millet starch films incorporated with benzalkonium chloride**
Minjun Kim^{1*}, Ji-Hoon Kang¹
¹Hankyong National University, Korea
- P08-026 **KMnO₄-based ethylene gas indicator for kiwifruit ripeness**
Dong Un Shin^{1*}, Hye Won Cho¹, Sang Won Kim¹, Eun Seol Kim¹, Seung Ju Lee¹
¹Dongguk University, Korea
- P08-027 **Fabrication of a pH-responsive color label incorporating red cabbage anthocyanin extract and gallic acid for monitoring beef freshness**
Minyoung Kwak^{1*}, Sea Cheol Min¹
¹Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University, Korea

119

2022 KOSFOST International Symposium and Annual Meeting

Effect of application of nano-foamed structure small film packaging on the quality of sliced Korean cabbage kimchi during storage

Miran Kang^{1*}, So Yoon Park^{1,2}, Ho Hyun Chun¹
¹Technology Innovation Research Division, World Institute of Kimchi, Gwangju 61725, Korea
²Department of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Graduate School of Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

Abstract
This study evaluated the effect of nano-foamed structure (NFS) small film packaging on the quality and packaging stability of sliced Korean cabbage kimchi during storage at 5 and 10 °C for 30 days. After 10 days of storage at 5 and 10 °C, the amount of total volatile fraction in NFS-packaged samples increased to 97 and 102 mg CE/g, respectively, indicating significant difference compared to those of the control (conventional film with CO₂ absorber sachet). Additionally, no significant difference was observed in the pH, microbial number, and reducing sugar content of the control and NFS-packaged samples during storage at 5 and 10 °C. The headspace CO₂ concentration of the control increased with increasing storage time by 14.7%. The headspace O₂ concentration decreased by 49% in the refrigerated control sample stored for 30 days. However, the headspace O₂ and O₂ concentrations of NFS-packaged samples stored at 5 and 10 °C were maintained at 2.2–6.0% and 13.1–18.3%, respectively, showing no package swelling throughout the storage period. Therefore, NFS film can be used to prevent rupture of kimchi packaging due to continuous fermentation process during storage.

Objective
To evaluate the effect of NFS small film packaging on the quality and packaging stability of sliced Korean cabbage kimchi during storage at 5 and 10 °C for 30 days.

Materials & methods
Small Korean cabbage kimchi samples: 400 g samples were packed in multilayer film bags with CO₂ absorber sachet and nano-foamed structure (NFS) film bags, respectively.
Thermostated Korean cabbage kimchi samples: were stored at 5 and 10 °C for 30 days.
The samples that were packaged in multilayer film bags with CO₂ absorber sachet were used as controls.

Packaging headspace gas composition
The headspace CO₂ and O₂ concentrations in the multilayer film and NFS film bags were measured using the O₂/CO₂ gas analyzer (Panda; Checkmate 3 program model, Chanhwa, Republic of Korea). Thereafter, samples were airtight sealed for gas extraction. To detect O₂ and O₂ gas content, a septum was attached to the upper portion of the gas syringe reservoir.

pH and Total viable acidity
The pH of samples was measured using a pH meter (Hanna, Metro Star Pro, Thermo scientific, MA, USA) at room temperature. The titratable acidity of the kimchi was measured using a pH meter (Hanna, Metro Star Pro, Thermo scientific, MA, USA) and determined using a method described by the Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) method.

Reducing sugar content
Reducing sugar content was determined according to the 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) method. Each sample (2.5 mL) was diluted with distilled water and mixed with 2 mL of DNS reagent. After boiling at 100 °C for 5 min and cooling to room temperature, the absorbance at 570 nm was measured using a UV-visible spectrophotometer (UV-1600, Shimadzu Scientific Instruments Inc., Columbia, MD, USA). The sugar content was expressed as glucose equivalent.

Microbiological analysis
Samples (100 g) were aseptically mixed with 90 mL of sterile saline (0.85% NaCl) in a sterile stomacher bag and then homogenized using MFL 2 blender (MS Labortechnik, Courmoucy, France) for 3 min. Homogenized samples were diluted and filtered with sterile saline to determine microbial count. Serial dilutions were prepared in 10-fold steps. For total aerobic bacterial count, samples were plated onto TSA Petrifilm samples count plates (TM Co., Sun Park, KS, USA) and incubated at 37 °C for 48 hr. For total lactic acid bacteria count, samples were plated onto TM Petrifilm Lactic Acid Bacteria Plates (Petioflex LAB, TM Co., Sun Park, KS, USA) and incubated at 37 °C for 48 hr. For total viable count (TVC), samples were plated onto TSA Petrifilm samples count plates (TM Co.) and incubated at 37 °C for 72 hr. Coliforms were counted using TM Petrifilm Escherichia coli indicator count plates (TM Co.) following incubation at 37 °C for 24 hr.

Statistical analysis
One-way analysis of variance and Duncan's multiple range test using SPSS software package (Version 16, SPSS, Inc., USA) and differences were considered significant at P < 0.05.

Conclusions
Our results suggest that the NFS film suppresses CO₂ accumulation and O₂ depletion in the headspace inside the packaging bags without the need for CO₂ absorber sachet.
NFS film can be used to prevent rupture of kimchi packaging due to continuous fermentation process during long time cold storage or distribution.
The change in the sensory quality of NFS film packaged kimchi samples would need further experimental study to be confirmed of further studies.

Acknowledgments
This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through the Technology Commercialization Support Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (IPET2019-3-1), Republic of Korea.

References
1. Cho H, Lee S, Lee Y, Lee Y, Lee Y, Lee H, Choi H, Seok H. An overview of poly(lactic acid) biodegradable packaging for food quality and safety monitoring. *Trends Food Sci Technol*, 116, 285-296 (2021).
2. Lee JH, Jung SH, Lee HA, Cho CH, Kim JM. Development of a multi-layer oxygen absorber film application in kimchi packaging to prevent oxygen-mediated deterioration of kimchi quality. *J Food Sci*, 93, 3085-3093 (2016).

Results

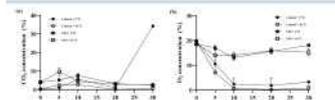


Fig. 1. Changes in the CO₂ (a) and O₂ (b) concentrations (%) in the headspace of sliced Korean cabbage kimchi during storage at 5 and 10 °C for 30 days.

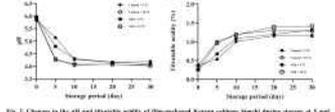


Fig. 2. Changes in the pH and total viable acidity of the packaged Korean cabbage kimchi during storage at 5 and 10 °C for 30 days.

Table 1. Changes in the reducing sugar content of the packaged Korean cabbage kimchi during storage at 5 and 10 °C for 30 days.

Treatment	Storage period (days)				
	0	5	10	20	30
Control-5 °C	39.31 ± 1.76 ^{abc}	74.32 ± 2.24 ^{cd}	22.84 ± 0.92 ^{ab}	77.27 ± 1.87 ^{cd}	14.89 ± 1.70 ^{ab}
Control-10 °C	19.71 ± 1.54 ^a	54.19 ± 0.63 ^{ab}	19.86 ± 0.97 ^a	14.16 ± 1.27 ^a	22.71 ± 1.60 ^{ab}
NFS-5 °C	49.14 ± 1.56 ^{cd}	47.75 ± 0.80 ^{ab}	21.48 ± 2.02 ^{ab}	23.84 ± 0.40 ^{ab}	18.82 ± 1.47 ^{ab}
NFS-10 °C	19.71 ± 1.54 ^a	21.22 ± 0.64 ^a	14.97 ± 0.11 ^a	11.87 ± 2.00 ^a	10.11 ± 1.07 ^a

^{a-c} Each value means SD.
^{abc} Different color in the same column (CO₂ or O₂) or different color in the same row (different storage temperature) indicates significant difference (Tukey's test) (P < 0.05).

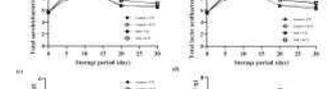


Fig. 3. Changes in the content of total volatile fraction (a) and lactic acid bacteria (b), coliforms (c), and total viable count (d) of sliced Korean cabbage kimchi during storage at 5 and 10 °C for 30 days.

2022 한국산업융합학회 춘계 학술대회_홍성무

· 제목	2022년 한국산업융합학회 춘계학술대회 일일강연 안내		
· 조회수	653	· 등록일시	2022-07-06 12:07:11
· 첨부파일	[2022 한국산업융합학회 춘계학술대회 프로그램.pdf]		

2022 한국산업융합학회 춘계학술대회 안내를 아래와 같이 개최하오니 많은 참석 부탁드립니다.

-아 래-

일 시 : 2022년 07월 14일(목) ~ 2022년 07월 15일(금)
 장 소 : 부산 해운대 해스틴 컨벤션호텔
 문 의 처 : 055-249-2777
 기 타 내 용 : 첨부파일 참조

(사)한국산업융합학회

7월 15일 (금) [포스터 발표]	
Track I [10:00 - 10:30] 제4발표장 [세미나 D실]	
(P-I-C) 로봇융합기술(I) 좌장 : 정양근 (부산주산과학기술원)	
(P-I-C-1) 제조용 로봇의 실시간 작업 경로 계획 제어	김준현, 김준현, 김준현
(P-I-C-2) 수형 다관절 로봇 구조 설계 및 제어	박정민, 김보현, 김보현
(P-I-C-3) 고충량 프레임 시스템의 구조 설계 및 제어	김준현, 김준현, 김준현
(P-I-C-4) 고충량 프레임 구조의 연쇄의 로봇의 모션제어	김준현, 김준현, 김준현
(P-I-C-5) FA를 위한 다관절 로봇 메니퓰레이터의 강인제어	김준현, 김준현, 김준현
(P-I-C-6) 반복 학습 제어기인 기계시스템의 제어제어	김준현, 김준현, 김준현
Track II [11:00 - 11:30] 제4발표장 [세미나 D실]	
(P-II-A) 산업융합기술(II) 좌장 : 신보성 (부산대학교)	
(P-II-A-1) 초음속 프로그램을 활용한 고장모드 구분에 관한 연구	이준호, 박용희, 양상영, 김명기, 김보서
(P-II-A-2) 레이저기반 임프링팅을 통해 제작된 금속 메쉬의 EMI 차폐성능 시험에이선 연구	김민준, 김민준, 김민준, 김민준, 김민준
(P-II-A-3) 가솔린리 기압 구조 기저체이 신형 임프링팅기술을 활용한 개발을 위한 프레임워크	김민준, 김민준, 김민준, 김민준, 김민준
(P-II-A-4) LDPE 필름의 레이저 가공 특성에 따른 기계부피적	김민준, 김민준, 김민준, 김민준, 김민준
(P-II-A-5) 신형 임프링팅 기술을 활용한 신형 임프링팅 기술을 활용한 개발을 위한 프레임워크	김민준, 김민준, 김민준, 김민준, 김민준
(P-II-A-6) 과학철보재가 혼합된 LDPE 필라멘트를 이용한 다공성 프린팅에 관한 연구	홍성무, 홍성무, 홍성무

XII

A STUDY ON THE 3D POROUS STRUCTURE PRINTING BY CHEMICAL BLOWING AGENT WITH LDPE FILAMENT

Sung-moo Hong¹, Ji-su Kim², and Bo-sung Shin³
¹Interdisciplinary Department for Advanced Innovative Manufacturing Engineering, Pusan National University, Pusan 46241, Korea
²Department of Cogno-Mechanics Engineering, Pusan National University, Pusan 46241, Korea
³Department of Optics and Mechatronics Engineering, Pusan National University, Pusan 46241, Korea
 *bsung@pusan.ac.kr

ABSTRACT

In this paper deals with a method of making a porous polymer with a filament mixed with a chemical blowing agent. The LDPE filament mixed with the blowing agent is heated while passing through the 3D printer nozzle, and gas is generated and expanded inside to create pores. In this method, the filament ejected from the nozzle is manufactured into a 3D structure through a lamination process and has various mechanical properties from those of the base material.

INTRODUCTION

● LDPE is a representative general purpose polymer and used for various purposes. It has excellent properties such as lightness, formability, processability, heat adhesion, and moisture resistance.

● Using a polymer as a base material and a filament mixed with a blowing agent, pore generation through heating by a 3D printing printer nozzle.

● Internal porosity image based analysis method, analyzing characteristics according to chemical mixing ratio.

● The Bowden nozzle mount is away from the hot-end and is usually attached to the frame. Because it is light, the conveying accuracy and speed are high, but it causes non-uniformity of supply according to the geometric characteristics of the filament and tube. Direct type motor mount is close to the hot-end. The extruder assembly is relatively heavy and there are disadvantages due to the feed speed and recoil caused by this. It is suitable for printing elastic materials because the filament transport distance is short and it is less affected by the material properties.

EXPERIMENTS

● LDPE Filament with Chemical Blowing Agent

Using LDPE as a base material, a blowing agent is mixed to produce a filament. LDPE pellets are put in an extruder at a rate of 2 g/min of azobiscarbonate and extruded to 1.7mm.

● 3D Printer with Dual Nozzle

The fabricated blowing agent + LDPE filament and LDPE filament are connected to each nozzle and printed to form a selective porous structure.

RESULT&DISCUSSION

● Composition of the blowing agent(Azobiscarbonate)

ZnH ₂ (CON ₂ H ₃ CO) ₂ ·nH ₂ O	(1)
NH ₂ (CONH ₂ ·H ₂ NHCO)	(2)
ZnH ₂ (CON ₂ H ₃ CO) ₂ ·nH ₂ O	(3)
NH ₂ (CONH ₂ ·H ₂ NHCO)	(4)

Product	wt%
Burns	36.6
Unburns	12.2
Unburns	7.2
Cyanoacetic acid	20
Cyanoacetic acid	15.9
Carbon monoxide	1.9

● CBA + LDPE Filament and layer

The basic material properties are changed by forming different pore densities with the same base material. For example, the internal material can be made elastic while maintaining the rigidity of the outside shell or frame.

● Image-based pore analysis

The number of pores extracted from the image, porosity, and measurement area are displayed on the analysis image. It can be assumed that the average pore size by the number of pores and width of the measurement pore. When printing with 30% of CBA filament, it shows 9% porosity.

REFERENCE

● C. Park, B. S. Shin, M. S. Kang, K. W. Ma, J. Y. Oh, A. S. M. Hong, Experimental study on micro-porous patterning using UV laser based hybrid process with chemical blowing agent, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* 16(1), 185-190 (2015).

● M. S. Kang, J. S. Ko, S. M. Lee & B. S. Shin, Fundamental study of direct microporous process using laser shock wave, *Applied Physics B: PR*, 439-444 (2015).

● C. J. You, B. S. Shin, B. S. Kang, D. H. Yoo, D. B. You & S. M. Hong, Manufacturing a Porous Structure According to the Process Parameters of Functional 3D Porous Polymer Printing Technology Based on a Chemical Blowing Agent, *ICPE* Conference Series: Materials Science and Engineering 225 (1), 012021 (2017).

● C. J. You, B. S. Shin, B. S. Kang, C. Y. Gwak, C. Park, Y. W. Ma, S. M. Hong, Manufacturing a Porous Structure According to the Process Parameters of Functional 3D Porous Polymer Printing Technology Based on a Chemical Blowing Agent, *Proceedings Engineering* 184, 10-15 (2017).



S/n (Poster Board No)	Author Name	Abstract Title	Categories
86	Ennice Ngozi Ezemba	Proximate, micronutrients and sensory properties of breakfast flakes from GFB-coconut composite flour sweetened with date palms.	Food Processing and Engineering / Traditional & Future Food
87	Karin Schroen	Micro- and nanotechnology for sustainable food production	Food Processing and Engineering / Traditional & Future Food
88	Syazana Abdullah Lim	Effects of modified atmosphere packaging on storage qualities of fresh-cut fruits using low-cost and commercially available films: a practical case study on Ananas Muskmelon (Cucumis melo L.)	Food Packaging & Material Science
89	Ronald B. Pegg	Inshell versus shelled storage of almonds for shelf-life extension	Food Packaging & Material Science
90	Lotta Kuuliala	Cross-disciplinary communication in intelligent packaging technology development	Food Packaging & Material Science
91	Nandan Sit	Modification of potato starch by annealing and heat-moisture treatment and the effect of native and modified starches on properties of prepared films	Food Packaging & Material Science
92	Horman San	Biodegradable film of poly (lactic acid) based incorporated with triethyl citrate and orange peel essential oil for food packaging	Food Packaging & Material Science
93	Khwanchat Promhuad	Characterization of ethyl maltol incorporated biodegradable films for functional active food packaging	Food Packaging & Material Science
94	Shammi U. Hettiarachchi	Characterization of polymer structure and evaluation of techno-functional properties of bioplastic films from red seaweed (<i>Gracilaria alvarezii</i>)	Food Packaging & Material Science
95	Yeyen Laurenza	Comparison of ginger and lime peel oil loaded in biodegradable packaging and application on chilled pacific white shrimp	Food Packaging & Material Science
96	Priyanka Chakraborty	Nanocomposite food packaging films from banana flour/cellulose nanoparticles/betel leaf extract	Food Packaging & Material Science
97	Preetam Sarkar	Fabrication of jackfruit seed starch/tamarind kernel xyloglucan/zinc oxide nanoparticles-based biodegradable films for food packaging applications	Food Packaging & Material Science
98	Thilini Dissanayake	Improving hydrophobic properties of canola protein-based food packaging films using oleic acid conjugated nanocrystalline cellulose	Food Packaging & Material Science
99	Ho Hyun Chun	Combined effect of nano-foamed structure film packaging and supercooled storage on shelf life extension of Korean cabbage (<i>Brassica pekinensis</i> L.) kimchi	Food Packaging & Material Science
100	Teoh Ru Wei	Migration of rosemary from gellan gum/ zeln-based active food packaging film into food stimulants	Food Packaging & Material Science
101	Ang Wei Min	A focus study on migration of harmful chemical contaminants from reusable bamboo fibre cups	Food Packaging & Material Science
102	Ruben Aldaco Garcia	Sustainable packaging solutions for fish and seafood	Food Packaging & Material Science
103	Pui Liew Phing	Development of chitosan-sodium caseinate composite edible film incorporated with probiotic <i>Lactobacillus fermentum</i> for food packaging application	Food Packaging & Material Science
104	Paththara Inthamat	Coating of Kraft paper with an active chitosan-based coating to enhancing the functional properties	Food Packaging & Material Science
105	Nayeong Kim	Decolorization of kimchi in bottles using a low-density polyethylene lid film incorporating zinc oxide and zeolite	Food Packaging & Material Science
106	Rita Pinheiro	Effect of different preservation and packaging methods on industrial bread dough texture, color and microbiological properties during storage time	Food Packaging & Material Science
107	Joseph Merrillyn Vonnice	Physicochemical characterization of eggshell-orange peel blend film as a low-cost biosorbent	Food Packaging & Material Science

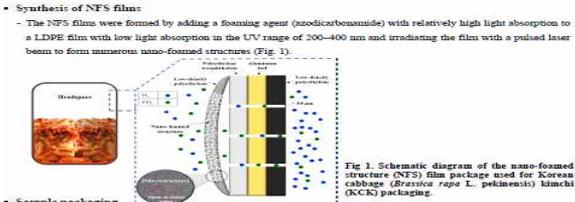
Combined effect of nano-foamed structure film packaging and supercooled storage on shelf life extension of Korean cabbage (*Brassica pekinensis* L.) kimchi

Ho Hyun Chun¹, So Yoon Park^{1,2}, Mi Ran Kang¹
¹World Institute of Kimchi, Gwangju, Republic of Korea
²Graduate School of Chonnam National University, Gwangju, Republic of Korea

Abstract
 Commercial kimchi products are characterized by limited shelf life, which spans approximately 30 days under refrigeration without preservatives. This study aimed to evaluate the combined effect of a nano-foamed structure (NFS) film packaging and supercooled (-3 °C) storage on the quality characteristics and packaging stability of Korean cabbage kimchi (KCK) and develop quality prediction models during storage using machine learning techniques. The total lactic acid bacteria (TLAB) count and titratable acidity (TA) of KCK was maintained at the level recorded during initial storage through 36 days of storage at -3 °C, respectively of the packaging type. The O₂ and CO₂ composition in the packaging headspace affected the KCK TLAB growth dynamics during storage. No significant O₂ reduction or CO₂ accumulation was observed in the headspace of the NFS film-packaged KCK during storage at -3 and 4 °C. The XGBoost model was more effective than a linear regression model in predicting changes in TA and TLAB count throughout storage, with root mean square error and mean square error below 0.56. These results indicated that NFS film packaging combined with supercooled storage can ameliorate KCK over-ripening and packaging swelling, which inevitably occurs in the distribution environment.

Objective
 1. To investigate the effects of polyethylene terephthalate (PET)/aluminum foil (AF)/LDPE laminated (PAL; as control) and two different NFS films with different O₂ permeability (NFS-1 and NFS-2; as treatment) packaging on quality parameters of kimchi stored at refrigerated (at 4 and 10 °C) or subcooled (at -3 °C) conditions.
 2. To develop mathematical models using ML algorithms to predict the quality of KCK during storage.

Materials & methods
KCK preparation
 - The KCK sample comprised salted cabbage (75.0%), powdered red pepper (2.5%), ground radish (5.5%), glutinous rice paste (3.7%), ground ginger (0.3%), ground garlic (2.0%), fermented anchovy juice (5.8%), fermented shrimp juice (2.9%), refined sea salt (1.3%).
Synthesis of NFS films
 - The NFS films were formed by adding a foaming agent (azodicarbonamide) with relatively high light absorption to a LDPE film with low light absorption in the UV range of 200–400 nm and irradiating the film with a pulsed laser beam to form numerous nano-foamed structures (Fig. 1).



Sample packaging
 - The KCK samples were divided into three groups based on the packaging: the first comprised 100 g KCK samples in PAL bags (100 × 170 mm) with a thickness of 0.12 mm and oxygen permeability of 60 mL·m⁻²·24 h·atm at 24 °C, the second comprised 100 g KCK samples in NFS-1 film bags (100 × 170 mm) with a thickness of 0.12 mm and oxygen permeability of 10000 mL·m⁻²·24 h·atm at 24 °C, and the third comprised 100 g KCK samples in NFS-2 film bags (100 × 170 mm) with a thickness of 0.12 mm and oxygen permeability of 20000 mL·m⁻²·24 h·atm at 24 °C.
Storage conditions
 - The packaged KCK samples were stored under subcooled (-3.0 ± 0.3 °C) or refrigerated conditions (4 ± 0.5 and 10 ± 0.5 °C) for 36 days.
Total lactic acid bacteria (TLAB)
 - Diluted samples (1 mL) were plated on Pentilin LAB count plates (3M Co., St. Paul, MN, USA) in triplicate. After incubation at 30 °C for 48 h, colonies formed on the inoculated plates were counted and expressed as log CFU/g.
pH, titratable acidity (TA), and reducing sugar content (RSC)
 - The pH level of the filtrates was measured by immersing the pH electrode of a pH meter in the KCK filtrate at 25 °C.
 - According to the AOAC protocol, the diluted KCK filtrate (10 mL) was titrated to a final pH of 8.3 with 0.1 N NaOH solution using a Titres® digital bottle-top burets while stirring.
 - Reducing sugar content was determined using a modification of the 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) assay. Each diluted sample (1 mL) was mixed with 3 mL of the DNS reagent and then boiled at 100 °C for 5 min. The mixture was cooled, and its absorbance was measured at 550 nm. Reducing sugar content (mg/g) was expressed as glucose equivalent.

- Analysis of packaging headspace composition**
 - Changes in O₂ and CO₂ composition of the headspace in the PAL, NFS-1, or NFS-2 film bags containing sliced KCK for storage were measured using a portable gas analyzer equipped with a needle holder, filter, and needle (with 0.1 % resolution for O₂ and CO₂ sensors).
- Statistical analysis**
 - Data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range tests using SPSS v.19. All results are expressed as means ± standard deviations, and differences with p-values < 0.05 were considered statistically significant.
- ML algorithm development to predict the quality**
 - Multivariable linear regression (MLR), RF, and XGBoost were used to compare the ML algorithms that were utilized to predict the TA and TLAB count of the packaged KCK during storage. The quality (TA, RSC, and TLAB count) prediction models for KCK were built with Python (version 3.8.5) using Pandas (version 1.2.4, for MLR), Skikit-learn (version 0.24.2, for RF), and XGBoost (version 1.4.2, for XGBoost).
 - The performances of each ML algorithm for the quality prediction of KCK were evaluated by root mean square error (RMSE), mean absolute error (MAE), mean percentage error (MPE), and coefficient of determination (R²).

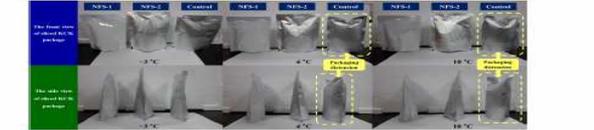
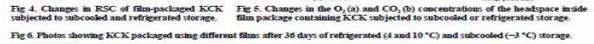
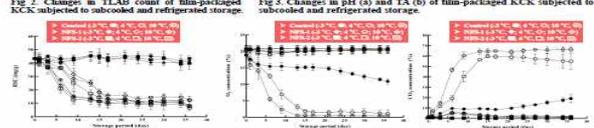
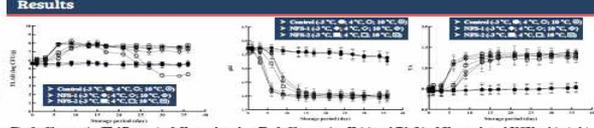


Fig. 6. Photos showing KCK packaged using different film after 36 days of refrigerated (4 and 10 °C) and subcooled (-3 °C) storage.

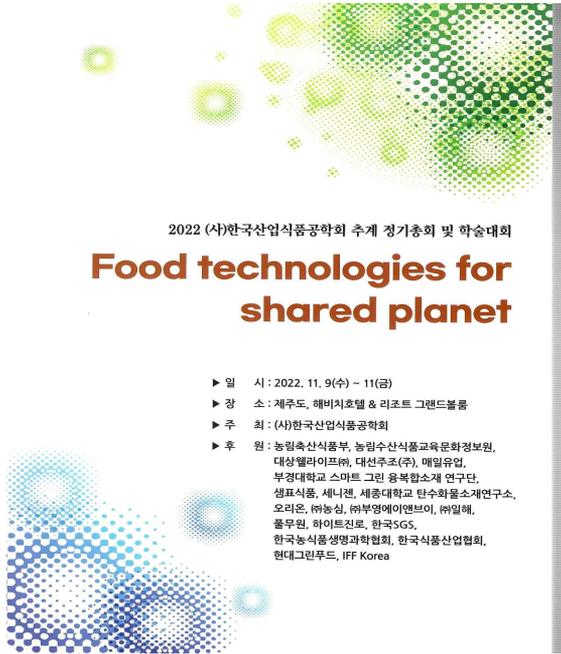
Table 1. Performance evaluation of the three ML algorithms for predicting the quality of KCK during storage.

Quality	ML Algorithm	RMSE	MAE	MPE	R ²
TLAB count	MLR	0.21	0.172	0.138	0.812
	RF	0.19	0.158	0.125	0.835
	XGBoost	0.18	0.152	0.12	0.845
TA	MLR	0.21	0.172	0.138	0.812
	RF	0.19	0.158	0.125	0.835
	XGBoost	0.18	0.152	0.12	0.845
RSC	MLR	0.21	0.172	0.138	0.812
	RF	0.19	0.158	0.125	0.835
	XGBoost	0.18	0.152	0.12	0.845

Acknowledgements
 This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through the Technology Commercialization Support Program (Project No. 221017-5), funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), Republic of Korea.

Conclusions
 1. Supercooled storage at -3 °C delayed the growth of TLAB in KCK more effectively than refrigerated storage (4 and 10 °C).
 2. The headspace CO₂ concentrations of the NFS film packaging containing sliced KCK were below 6.1% under both subcooled and refrigerated storage conditions, with no packaging distension.
 3. These results indicate the superiority of ML-based predictive models in predicting the quality of KCK, which can be extended to other kimchi and fermented products.

References
 1. Jaisas, C., Au, D. S., & Lee, D. S. (2019). Modeling volume change for active flexible package of CO₂-producing kimchi. *Food Packaging and Shelf Life*, 20, Article 100303. <https://doi.org/10.1016/j.foodpak.2019.100303>
 2. Saad, R., Feng, H., Wang, X., Zhang, X., & Fu, Z. (2022). Fish quality evaluation by sensor and machine learning: A mechanistic review. *Food Control*, 137, Article 108902. <https://doi.org/10.1016/j.foodcon.2022.108902>



P-66 Expression and characterization of polyethylene terephthalate degrading enzyme 165
 Su-Jeong Ryu¹, Chang-Young Lee^{2,3}, Yun-Sang So^{2,3}, Hye-Rin Lee^{1,2}, Seul-Ki Yang¹, Jong-Hyun Jung¹, Dong-Ho Seol¹
¹Department of Food Science and Technology, College of Agriculture and Life Sciences, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea
²Department of Agricultural Convergence Technology, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea
³Research Division for Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongseup 86212, Republic of Korea

P-67 Efficacy of stirred cold plasma and negative ion system for non-thermal 166
 pasteurization and quality attributes of sesame
 Seung Su Yu¹, Han Soo Ahn¹, Yeon Jae Kim¹, Jun Young Kang¹, Jeong Woo Lee², Sung Hee Park²
¹Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Republic of Korea
²Duk Young Engineering Co., LTD, Seongnam-si 13487, Gyeonggi-do, Republic of Korea

P-68 Effect of nano-foamed structure film packaging and supercooling storage in sliced 166
 cabbage (*Brassica rapa L. pekinensis*) kimchi and young radish (*Raphanus sativus L.*)
 kimchi: modeling microbial activity and changes in physicochemical properties
 So Yoon Park^{1,2}, Miran Kang¹, Suk-Min Yun^{1,2}, Jong-Bang Eun¹, Ho Hyun Chun¹
¹Technology Innovation Research Division, World Institute of Kimchi
²Department of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Graduate School of Chonnam National University

P-69 Combined pretreatment of freeze-thaw and ultrasonic-assisted aqueous ethanol 167
 for the hot air drying of watery kimchi cabbage waste: effects on drying efficiency,
 physicochemical and microbiological characteristics, and microstructure
 Suk-Min Yun^{1,2}, Miran Kang¹, So Yoon Park^{1,2}, Jong-Bang Eun¹, Ho Hyun Chun¹
¹Technology Innovation Research Division, World Institute of Kimchi
²Department of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Graduate School of Chonnam National University

P-70 Ready-to-eat sweet pumpkin flour enriches quality characteristics of 167
 its applicated food products
 Ha-Eun Han¹, So-Nori Lee¹, Hyun-Jung Chung
 Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Korea

P-71 Investigation of hermetic effects of six herbal medicine extracts in response to 168
 different concentrations of LPS treatment in RAW264.7 macrophages
 Chae Won Park¹, Seung Jin Jung¹, Sang Gil Lee^{1,2}
¹Department of Smart Green Technology Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea
²Department of Food Science and Nutrition, Pukyong National University, 45 Yongso-Ro, Nam-Gu, Busan 48513, Republic of Korea

P-67

Efficacy of stirred cold plasma and negative ion system for non-thermal pasteurization and quality attributes of sesame

Seung Su Yu¹, Han Soo Ahn¹, Yeon Jae Kim¹, Jun Young Kang¹, Jeong Woo Lee², Sung Hee Park²
¹Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Republic of Korea
²Duk Young Engineering Co., LTD, Seongnam-si 13487, Gyeonggi-do, Republic of Korea

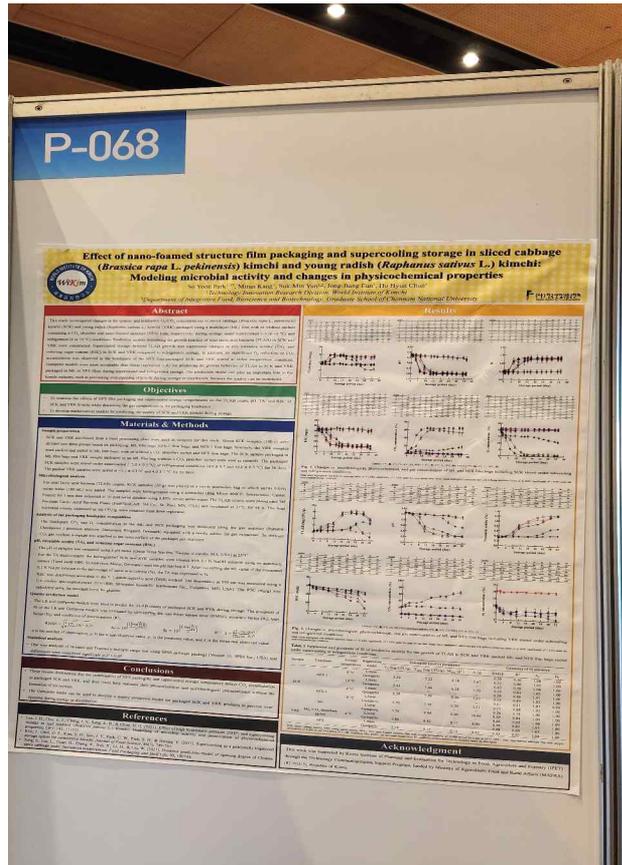
Non-thermal pasteurization of cold plasma (CP) and negative ion (NI) has been studied to reduce the microbial contamination of powder foods. Uniform exposure to CP and NI is essential for enhanced microbial efficacy of powder foods. In this study, potential of stirred CP and NI system was studied to reduce the initial microbial contamination of sesame. Impeller was installed into silo of CP and NI treatment. Rotating impeller (1,000 rpm) provided the driving force for buoyancy of sesame in the air of silo during CP and NI treatment. Three different conditions of CP, NI and NIPC were tested for holding time of 1, 3, 5, 7 and 10 min. CP, NI and NIPC represented the single treatment of cold plasma, single treatment of negative ion and simultaneous treatment of negative ion-cold plasma, respectively. Stirring system contributed to the inactivation of initial contamination for all the CP, NI and NIPC. When stirring system was not equipped into silo, NIPC indicated the log reduction of 1.32±0.18 for 7 min treatment. Stirred system showed the log reduction of 1.88±0.02 for 10 min treatment with enhanced microbial efficacy. In the stirring system, synergy of NIPC was also observed as compared to single NI or CP treatment. CP, NI and NIPC resulted in log reduction of 0.02±0.07, 0.09±0.02 and 0.03±0.01 for 3 min. In the quality attributes, no detrimental effect of stirred NIPC system was confirmed for color and pH of sesame. This study showed the potential of stirred cold plasma and negative ion system for non-thermal pasteurization of powdered food.

P-68

Effect of nano-foamed structure film packaging and supercooling storage in sliced cabbage (*Brassica rapa L. pekinensis*) kimchi and young radish (*Raphanus sativus L.*) kimchi: modeling microbial activity and changes in physicochemical properties

So Yoon Park^{1,2}, Miran Kang¹, Suk-Min Yun^{1,2}, Jong-Bang Eun¹, Ho Hyun Chun¹
¹Technology Innovation Research Division, World Institute of Kimchi
²Department of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Graduate School of Chonnam National University

This study investigated changes in the quality and headspace O₂/CO₂ concentrations of sliced cabbage (*Brassica rapa L. pekinensis*) kimchi and young radish (*Raphanus sativus L.*) kimchi packaged using a multilayer film with or without sachets containing a CO₂ absorber and nano-foamed structure film, respectively, during storage under supercooled (-3 or -2 °C) and refrigerated (4 or 10 °C) conditions. Predictive models describing the growth kinetics of total lactic acid bacteria in sliced cabbage kimchi and young radish kimchi were constructed. Supercooled storage delayed total lactic acid bacteria growth and suppressed changes in pH, titratable acidity, and reducing sugar content in sliced cabbage kimchi and young radish kimchi compared to refrigerated storage. In addition, no significant O₂ reduction or CO₂ accumulation was observed in the headspace of the nano-foamed structure film-packaged sliced cabbage kimchi and young radish kimchi stored at either temperature condition. Gompertz models were more acceptable than linear regression for predicting the growth behavior of total lactic acid bacteria in sliced cabbage kimchi and young radish kimchi packaged in multilayer or nano-foamed structure films during supercooled and refrigerated storage. The prediction model can play an important role in the kimchi industry, such as preventing over-ripening of kimchi during storage or distribution, because the quality can be monitored.



International Abalone Symposium 2023



The 11th International Abalone Symposium

Poua te mana o Pāua ki te tai, kia whakaika te moana!

International Abalone Symposium 2023

11th International Abalone Symposium (IAS 2023)

Dates: Monday, February 27, 2023 - Thursday, March 2, 2023

Venue: Auckland University of Technology (AUT), Auckland, New Zealand

Closed

International Abalone Symposia are held about every three years. The International Abalone Symposium will provide you a perfect opportunity to share the most up-to-date research achievements and interact with industrial representatives and policy makers. Field trip will be a good optional activity for you to explore the abalone farming technology and recent status of Chinese abalone industry.

Website: <https://www.abalone2023.org/>

Related Products:

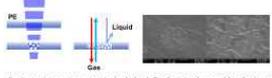
more products...



Breathable waterproof packaging film using pulsed laser for fresh sea food preservation

Boseok Kang¹, Sung Moo Hong¹, Jinsu Kim¹, Bo-sung Shin^{1*}
¹Department of Optics-Mechanics Engineering, Pusan National University, Pusan 46241, Republic of Korea
²Interdisciplinary Department for Innovative Manufacturing Engineering, Pusan National University, Pusan 46241, Republic of Korea
³Department of Optics and Mechatronics Engineering, Pusan National University, Pusan 46241, Republic of Korea
 * boyoung@pusan.ac.kr

INTRODUCTION



Freshness is very important in fresh food. For fruits and vegetables, breathless extension methods using hurdle techniques such as MAP and breathable film are widely studied. Research on extending freshness during distribution of seafood is being conducted, such as a method of extending freshness by about 30% using oxygen packaging, but research is insufficient compared to fruits and vegetables. This study suggests the possibility of extending the freshness of seafood using a waterproof breathable film. The breathable waterproof film is manufactured by adding a foaming agent to a general polymer film and then creating a microstructure inside through pulsed laser light processing. Because it is a process that does not destroy the surface, waterproofing is possible, and the breathability of the film can be freely adjusted according to the concentration of the blowing agent.

EXPERIMENTS

Material	PE
Additive/blowing agent	Abdicarbonamide
Additive ratio(%)	3
Light source	355nm pulsed laser(ND) *YAG ₂
Thickness(μm)	25, 35, 50
Measurement method	Packaging Convection, OTR(ASTM D 3985)

1. LDPE film with blowing agent

Melting point of PE is 137°C, Abdicarbonamide foaming temperature 201~205°C



2. UV wavelength light irradiation

The light transmittance of PE is lowered in the UV (Ultra violet) wavelength region, so when using a UV wavelength light source, the effect is small even if the additive changes. Therefore, it can be used for various additive substances.

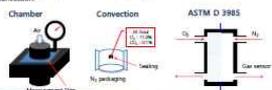


3. Check additive foaming inside the film

Component analysis and surface observation using SEM (Scanning Electron Microscope) and EDS (Energy-dispersive X-ray spectroscopy)

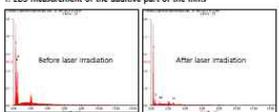
4. Measurement of breathability of film

OTR(Oxygen transfer rate) measurement of the sample(ASTM D 3985) after checking the gas permeation tendency using a pressured chamber and convection.



RESULT & DISCUSSION

1. EDS measurement of the additive part of the films



2. Confirm gas generation through ODS

Packaging convection measurement(24h, O₂)

Sample	PE 25 μm	PE 35 μm	PE 50 μm
Power(Shot)	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3
OTR	0.01, 0.02, 0.03	0.05, 0.08, 0.12	0.15, 0.25, 0.35
SE	1.7, 2.0, 2.5	3.5, 4.2, 4.8	5.5, 6.5, 7.5

OTR(ASTM D 3985)

Thickness	Shots	Permeability(ccm ³ /m ² ·day)
25 μm	1	7.400
	2	47.000
	3	62.000
35 μm	1	4.600
	2	41.000
	3	54.000
50 μm	1	2.800
	2	3.000
	3	3.100



It can be seen through EDS analysis that N and O disappear when light processing is performed on the film. Therefore, it can be seen that gas is released from the inside of the film. The energy required for processing more than 35μm thickness was confirmed, and based on this result, OTR was measured by varying the number of shots in the effective energy range. As a result, it was found that the breathability significantly increased according to the number of shots up to the film thickness of 35μm or less.

In order to check the stability in the package state, a 500 g bag filled with water was made by laminating with a perforated film thickness of 50 μm. During the 2m height drop test, it was confirmed that the water inside was not leaked. Therefore, it seems that it can be used sufficiently for packaging seafood.

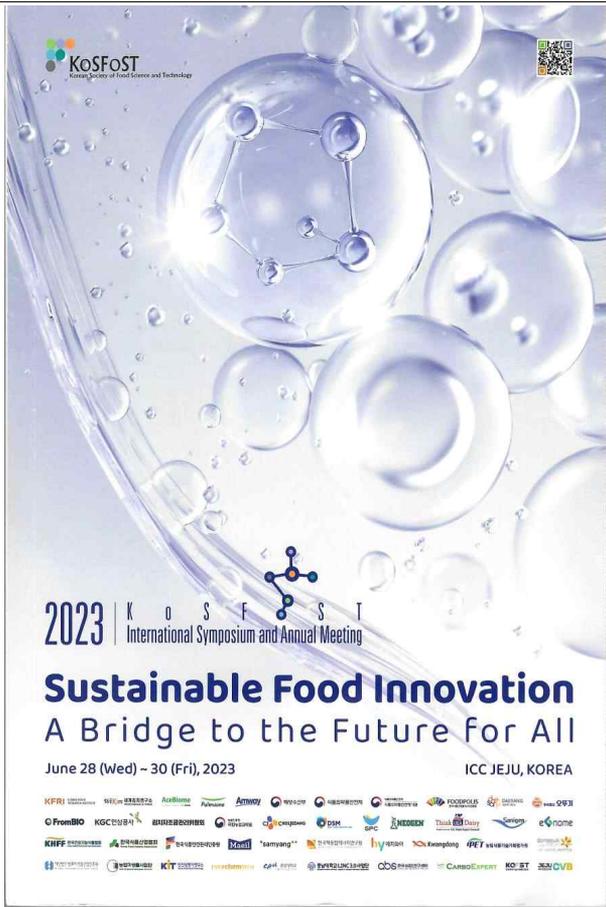
ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, and Forestry (IPET) through the Technology Commercialization Support Program, funded by the Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs (MARA) (2021-13-01-000-10).

REFERENCE

- 1. Tae-Young Hwang, et al. "Recent Application of Modified Atmosphere Packaging(MAP) in Fresh and Fresh-Cut Foods." Food Industry and Nutrition, Vol. 23, 33-37, 2018.
- 2. Seung-Hyeon Lee, et al. "Combined Effects of High-Pressure Static Treatment and Micro-Perforated Film Packaging on the Quality of Kimchi (Lactobacillus Fermenting Temperature Conditions)." Food Engineering Progress, Vol. 24, 243-250, 2020.
- 3. SALAH HAWK, et al. "Isolation of Vegetables as Affected by Postharvest Treatment." Carbon Dioxide Production Rates of Stored Vegetables, Vol. 2, 413-417, 1994.
- 4. J.A.R. Oliver, et al. "Development of perforation-mediated modified atmosphere packaging to preserve fresh fruit and vegetable quality after harvest." Food Science and Technology International, Vol. 4, 339-351, 1998.

POSTERS	
Andrea C. Allaro	Investigation of Bluff's farmed abalone's gut microbiome under various formulated feed pellets
Andrea C. Allaro	Preliminary results of Tasmanian abalone gut microbiome analysis from a feeding experiment
Andrea C. Allaro	Perkinsus olseni and other parasites in New Zealand pāua, or black-footed abalone (<i>Haliotis iris</i>)
Boseok Kang	Breathable waterproof packaging film using pulsed UV laser for fresh sea food preservation
Caihuan Ke	Role of Bmal1 in mediating the cholinergic system to regulate the behavioural rhythm of abalone
Caihuan Ke	Genomic prediction and genome-wide association for heat tolerance trait in Pacific abalone
Cocorin de Charnacé	How to estimate zoonosarial status of abalone?
David Witting	A flexible, sustainable data management system for abalone restoration
Dean Barber	Mana o te Pāua
Gerendee Courtois de Viçosa	<i>Haliotis tuberculata coccinea</i> grow-out performances according to diet and production systems
Jacinta Agius	Investigating the immune control of herpesvirus infection in marine molluscs
Joanna Copedo	Histopathological investigation of four populations of abalone (<i>Haliotis iris</i>) exhibiting divergent growth performance
Joshua Percy	Two shells and seven arms: Assessing interactions between three key invertebrate species in East Otago, Southern New Zealand
Justine Fouassier	Predation is the key component to explain high mortality during stock enhancement program
Leonie Venter	Metabolic profiling of abalone (<i>Haliotis iris</i>) energy metabolism: a Chatham Islands case study
Maria del Pino Vera	Does the on-growing diet influences consumer acceptance of cultured abalone?
Maria del Pino Vera	<i>Haliotis tuberculata coccinea</i> grow-out under two different feeding regimes: Evaluating potential strategies for abalone culture in the Canary Islands
Melissa Neuman	Combining a novel outplant module with metareplication to further abalone restoration capacity in California
Natalia Bullon	A pilot study testing sustainable aquaculture formulations for farmed New Zealand abalone
Ronan Le Gall	Effect of domestication on the response of European abalone to natural environmental variations and global change: a common garden experiment
Sabine Rousset	Stock-enhancement of the European abalone: transdisciplinary approach of the OURMEL project to evaluate the practical feasibility of the program
Sara Masoomi	Encapsulated bioactives for increased Growth of Farmed Abalone (<i>Haliotis iris</i>)
Sonija Mohammadi	Extraction and characterisation of bioactive compounds from New Zealand black-footed abalone
Taylor White	What you can count on: data limitations and short monitoring periods; research made robust and inclusive when paired with local and Indigenous Knowledge
Thao V. Nguyen	Spatial variation in metabolomic profiling of black-foot abalone in the Chatham Islands of New Zealand
Wendy Bragg	Black abalone, newly realised threats, and efforts to support recovery of this endangered species in California, USA
Xuan Luo	The effects of temperature and diets on nutritional value, flavour, and sensory quality in abalone
Xuan Luo	Three-way cross hybrids trail on abalone and heterosis in growth performance, thermal tolerance, and hypoxia tolerance



2023 International Symposium and Annual Meeting

Yoonjung Sul^{1*}, Jong-Wan Rhim¹
¹Department of Food and Nutrition, BioNanocomposite Research Center, Kyung Hee University, Korea

P08-011 **Quality prediction of cubed radish (*Raphanus sativus* L.) kimchi packaged in nano-foamed small pouch film under fluctuating temperature storage conditions**
 Miran Kang^{1*}, Suk-Min Yun^{1,2}, So Yoon Park^{1,2}, Ho Hyun Chun¹
¹World Institute of Kimchi, Korea, ²Chonnam National University, Korea

P08-012 **Development and characterization of dual-modified sweetpotato starch-based edible films**
 Yoonho Cho^{1*}, Jaejoon Han^{1,2}
¹Department of Biotechnology, College of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, Korea, ²Department of Food Biosciences and Technology, College of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, Korea

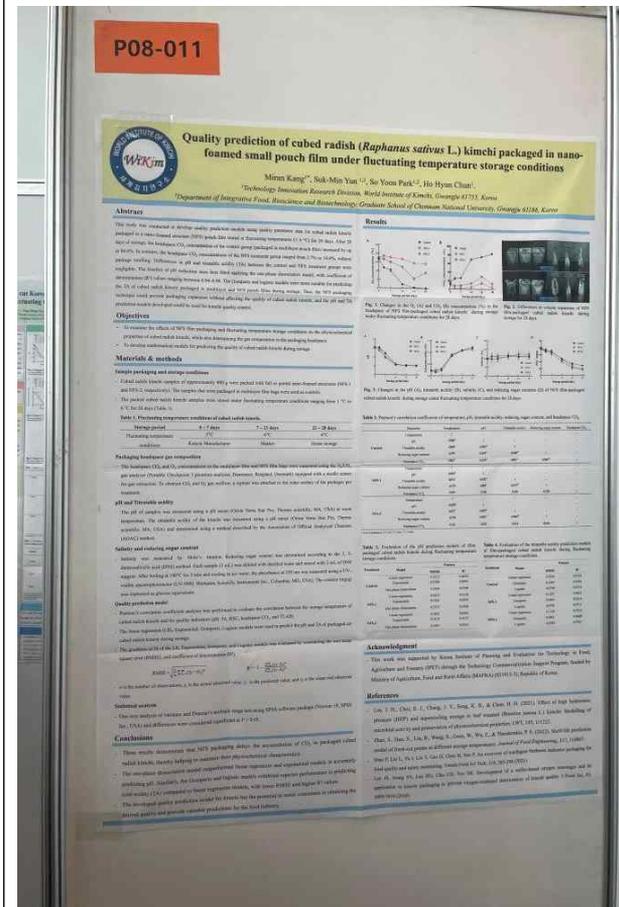
P08-013 **Quality changes and prediction of cut Korean cabbage (*Brassica rapa* L. *pekinensis*) kimchi packaged in nano-foamed structure film pouch under fluctuating temperature storage conditions**
 So Yoon Park^{1,2*}, Miran Kang¹, Suk-Min Yun^{1,2}, Jong-Bang Eun², Ho Hyun Chun¹
¹World Institute of Kimchi, Korea, ²Chonnam National University, Korea

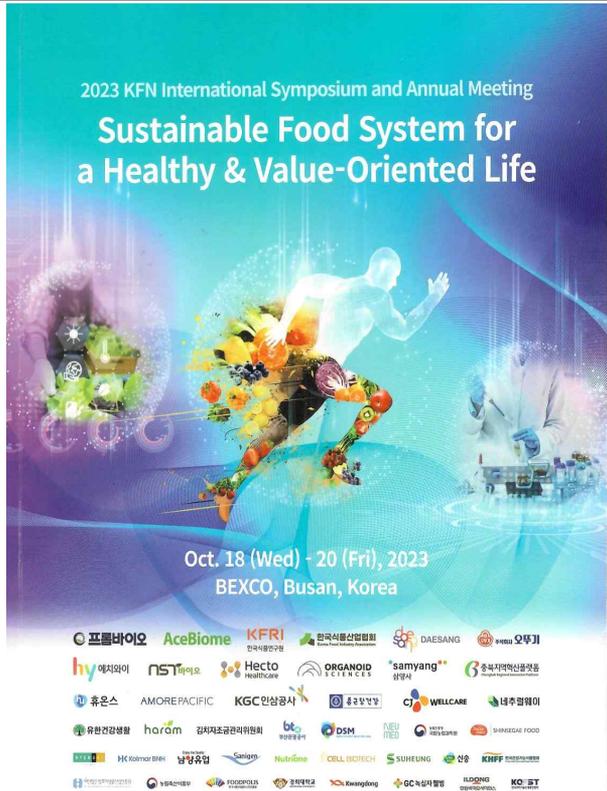
P08-014 **Antibacterial and antioxidant properties of cellulose nanofiber-based films incorporated with zinc doped-grapefruit peel-based carbon quantum dots**
 Seong Yong Ha^{1*}, Su Jung Hong¹, Gye Hwa Shin¹, Jun Tae Kim¹
¹Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University, Korea, ²Department of Food and Nutrition, Kunsan National University, Korea

P08-015 **Gelatin/pullulan-based active composite film with cinnamon essential oil-loaded metal-organic frameworks for active packaging applications**
 Su Jung Hong^{1*}, Jun Tae Kim¹
¹Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University, Korea

P08-016 **Gelatin/poly (vinyl alcohol)-based composite films integrated with metal-organic framework nanostructures and anthocyanin for smart food packaging applications**
 Zohreh Riahi^{1,2*}, Jun Tae Kim^{1,2}
¹Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University, Korea, ²BioNanocomposite Research Center, Kyung Hee University, Korea

126
 KOSFOST





P04-06 Hallym University, Korea
Development of freshness indicators for quality of raw skate (*hongso, Okameji kenjele*) during storage
Yoon-Gheul Kim¹, Han-Seung Shin, Department of Food Science and Biotechnology, Dongguk University, Korea

P04-06 플라즈마와 나노기술 병행 처리가 불배추의 신선도 유지에 미치는 영향
박지연¹, Andri Jaya Laksona², 김지영³, 윤종영⁴, 김형성⁵, ¹한국식품연구원 안전유통연구단, ²전남대학교 융합식품바이오공학과, ³충남대학교 농업기계공학과

P04-07 Changes in quality characteristics according to storage period of treated cabbage and lettuce by type of cleaning agent
Yun Jong Jo¹, Jong-Kug Lee, Jung-II Joo, Changcheongnam-do Agricultural Research and Extension Services

P04-08 Storage Life Extension of Spring Kimchi Cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) using Controlled Atmosphere Pallet Bins
Suk-Min Yun^{1,2}, Miran Kang¹, So Yoon Park^{1,2}, Jong-Bang Eun², Ho Hyun Chun¹, ¹Kimchi Industry Promotion Division, World Institute of Kimchi, ²Department of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Graduate School of Chonnam National University

P04-09 Effects of Combination of Cryogenic Immersion Freezing and Deep-Frozen Storage on the Quality and Microstructure of Korean White Kimchi
Miran Kang¹, So Yoon Park^{1,2}, Suk-Min Yun^{1,2}, Ho Hyun Chun¹, ¹Kimchi Industry Promotion Division, World Institute of Kimchi, Korea, ²Department of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Graduate School of Chonnam National University, Korea

P04-10 Changes in Quality Characteristics of Cubed Radish (*Raphanus sativus* L.) Kimchi Packaged in Nano-Formed Structure Film with Different Breathable Areas during Simulated Distribution Conditions
So Yoon Park^{1,2}, Miran Kang¹, Suk-Min Yun^{1,2}, Jong-Bang Eun², Ho Hyun Chun¹, ¹Kimchi Industry Promotion Division, World Institute of Kimchi, Korea, ²Department of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Graduate School of Chonnam National University, Korea

P04-11 Changes in the Physicochemical and Microbial Quality of Cut *Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis* Kimchi by Electron Beam Irradiation and Prediction of Microbial Inactivation Kinetics
So Yoon Park^{1,2}, Miran Kang¹, Suk-Min Yun^{1,2}, Jong-Bang Eun², Ho Hyun Chun¹, ¹Kimchi Industry Promotion Division, World Institute of Kimchi, Korea, ²Department of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Graduate School of Chonnam National University, Korea

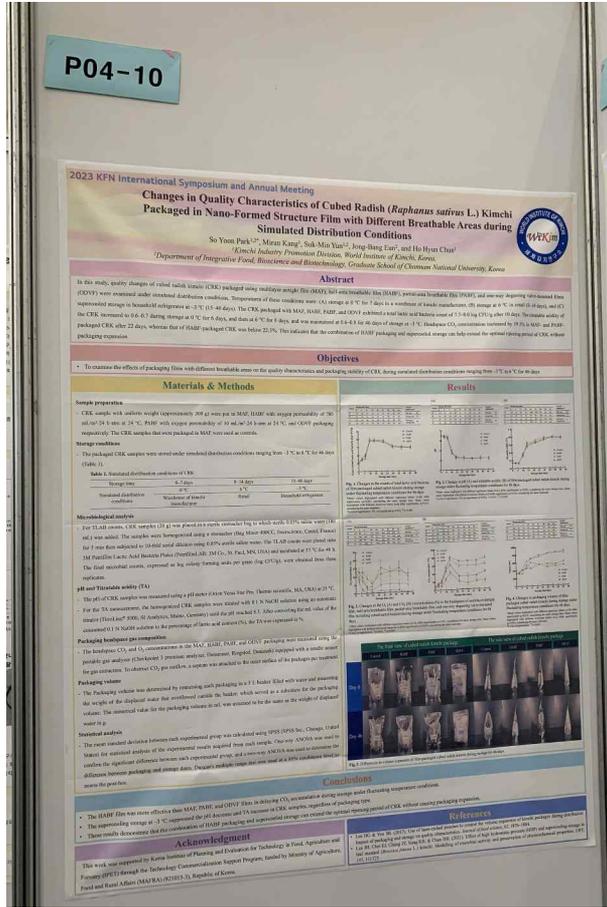
P04-12 멸균/비터 식품의 품질유지를 위한 최적 변형기체포장(modified atmosphere packaging) 조건 탐색
김수현¹, 박아린¹, 정수연¹, 원덕순¹, ¹경남대학교 식품공학과, ²주식농업기술원

P04-13 Evaluation of Packaged Tofu Quality Based on the Quantity of Cooling Material for Fresh Food Delivery
Su-Hui Bang^{1,2}, Ji-Young Kim¹, Ji-Woon Park¹, Jung-Min Sung¹, Seon-Min Oh¹, Jong-Bang Eun², Jae-Hwan Ahn¹, ¹Korea Food Research Institute, Food Safety and Distribution Research Group, Korea, ²Department of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University, Korea, ³Korea Food Research Institute, Research Group of Food Processing, Korea

P04-14 Characteristics of antibacterial biodegradable film composition according to propyl gallate content
Jung Mu Song¹, Ha Yun Kim, Yong Sik Cho, Hyun Wook Jang, Department of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Korea

P04-15 Characteristics of each composition of antibacterial biodegradable film to improve elongation rate
Jung Mu Song¹, Ha Yun Kim, Yong Sik Cho, Hyun Wook Jang, Department of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Korea

P04-16 Enzymatic Degradation of a Biodegradable Polyester Thin Film Containing Immobilized Dual



37th EFFoST International Conference

Sustainable Food and Industry 4.0: Towards the 2030 Agenda

6-8 November 2023
Valencia, Spain

Conference Book

www.fffostconference.com

6-8 November
Valencia, Spain
INTERNATIONAL
CONFERENCE

Organised by

Hosted by

EFFoST2023 Conference Programme

Day	Autonomous 1	Autonomous 2	Autonomous 3	SC1-1	SC1-2	SC1-3	SC1-4	SC1-5	SC1-6	SC1-7	SC1-8
06.30 - 08.30	Registration										
08.30 - 12.30	Registration										
13.30 - 14.30	Registration										
14.30 - 15.30	Registration										
15.30 - 16.30	Registration										
16.30 - 17.30	Registration										
17.30 - 18.30	Registration										
18.30 - 19.30	Registration										
19.30 - 20.30	Registration										
20.30 - 21.30	Registration										
21.30 - 22.30	Registration										
22.30 - 23.30	Registration										
23.30 - 24.30	Registration										
24.30 - 25.30	Registration										
25.30 - 26.30	Registration										
26.30 - 27.30	Registration										
27.30 - 28.30	Registration										
28.30 - 29.30	Registration										
29.30 - 30.30	Registration										
30.30 - 31.30	Registration										
31.30 - 32.30	Registration										
32.30 - 33.30	Registration										
33.30 - 34.30	Registration										
34.30 - 35.30	Registration										
35.30 - 36.30	Registration										
36.30 - 37.30	Registration										
37.30 - 38.30	Registration										
38.30 - 39.30	Registration										
39.30 - 40.30	Registration										
40.30 - 41.30	Registration										
41.30 - 42.30	Registration										
42.30 - 43.30	Registration										
43.30 - 44.30	Registration										
44.30 - 45.30	Registration										
45.30 - 46.30	Registration										
46.30 - 47.30	Registration										
47.30 - 48.30	Registration										
48.30 - 49.30	Registration										
49.30 - 50.30	Registration										
50.30 - 51.30	Registration										
51.30 - 52.30	Registration										
52.30 - 53.30	Registration										
53.30 - 54.30	Registration										
54.30 - 55.30	Registration										
55.30 - 56.30	Registration										
56.30 - 57.30	Registration										
57.30 - 58.30	Registration										
58.30 - 59.30	Registration										
59.30 - 60.30	Registration										
60.30 - 61.30	Registration										
61.30 - 62.30	Registration										
62.30 - 63.30	Registration										
63.30 - 64.30	Registration										
64.30 - 65.30	Registration										
65.30 - 66.30	Registration										
66.30 - 67.30	Registration										
67.30 - 68.30	Registration										
68.30 - 69.30	Registration										
69.30 - 70.30	Registration										
70.30 - 71.30	Registration										
71.30 - 72.30	Registration										
72.30 - 73.30	Registration										
73.30 - 74.30	Registration										
74.30 - 75.30	Registration										
75.30 - 76.30	Registration										
76.30 - 77.30	Registration										
77.30 - 78.30	Registration										
78.30 - 79.30	Registration										
79.30 - 80.30	Registration										
80.30 - 81.30	Registration										
81.30 - 82.30	Registration										
82.30 - 83.30	Registration										
83.30 - 84.30	Registration										
84.30 - 85.30	Registration										
85.30 - 86.30	Registration										
86.30 - 87.30	Registration										
87.30 - 88.30	Registration										
88.30 - 89.30	Registration										
89.30 - 90.30	Registration										
90.30 - 91.30	Registration										
91.30 - 92.30	Registration										
92.30 - 93.30	Registration										
93.30 - 94.30	Registration										
94.30 - 95.30	Registration										
95.30 - 96.30	Registration										
96.30 - 97.30	Registration										
97.30 - 98.30	Registration										
98.30 - 99.30	Registration										
99.30 - 100.30	Registration										

- P1.1.056** Advancing insights in food processing to facilitate re-use of food co-products in the circular bioeconomy
Thomas Bastiaan, Richard Sanders, Johana Dijkman, Merino Thomas, Wouter Hendriks, Sonja De Vries, Guido Bouw
Animal Nutrition Group, Wageningen University & Research, the Netherlands, Physical Chemistry and Soft Matter, Wageningen University & Research, the Netherlands, Van der Waals-Zeeman Institute, Institute of Physics, University of Amsterdam, Amsterdam, the Netherlands, Zorotic, Wageningen, the Netherlands
- P1.1.057** Impact of centrifugation-assisted freeze concentration on the aqueous extract of *ora-pro-nobis* (*Perezia grandifolia*)
Silvia Benedetti, Isabel Acharandio, Patricia Antonio Orilla-Rial, Edoard Hernández
Universidad Politécnica de Catalunya, Castelldefels, Barcelona, Spain, Universidad de La Serena, La Serena, Chile
- P1.1.058** Effect of pulsed electric field and deep eutectic solvent on bioactivity of cocoa residue extract
Elaïne Benito-Correa, José Miguel Bastias-Montes, Ociel Muñoz-Fariñas, Sergio Acuña
University of Pinar del Rio, Pinar del Rio, Cuba
- P1.1.059** Global Trends in Consumer Food Safety - Insights from Scientific Literature
Maja Benča, Mojca Jevšnik
Research Institute of Faculty of Health Sciences, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia, Department of Sanitary Engineering, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia
- P1.1.070** Evaluation of the potential of different species of the *Roystonea* palm genus for the industrialization
Shirley Betbar, Fabiola Tor, Valeria Wlodarczak
Food Technology Institute, Campinas, Brazil, Campinas Agronomic Institute, Campinas, Brazil
- P1.1.071** Numerical and experimental analysis of the food freezing and airflow distribution in domestic scale freeze-dryer
Edyta Piechacka, Jacek Smolka, Michał Palczak, Ignat Holczórski, Michał Huda, Michał Stebań, Jakub Bockaj, Andrzej Nowak
Silesian University of Technology, Gliwice, Poland, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway
- P1.1.072** Active antimicrobial food packaging using biological potential from Malaysian medicinal plants
Raja Nur Asta Britt Raju Kizhar, Lisa Kwanhail, Melvin Holmes, Evi Paumada
School of Food Science and Nutrition, University of Leeds, Leeds, United Kingdom
- P1.1.073** Exploring emotional responses resulting from haptic animalistic stimuli in a live meat-eating experience
Marta Boerwinkel, Da In Danny Han
University of Applied Sciences Maastricht, Maastricht, the Netherlands
- P1.1.074** Data-driven supply chain optimization for the upcycling of food by-products
Alexandre Colonnaert, Giulia Lécuyer
University of Applied Sciences and Arts Western Switzerland (HE-SO), Geneva, Switzerland
- P1.1.075** Assessment of techno-functional properties and polyphenolic profile of date seed flour with different particle size
Lara Candelas Salazar, Doctora María Muñoz-Tebar, Carmen Botella-Martínez, Clara Muñoz-Bas, Juana Fernández-López, José Ángel Pérez-Alvarez, Manuel Vidiu-Martos
Universidad Miguel Hernández, ELCHE, Spain
- P1.1.076** Novel biotechnological approaches to grow medicinal Mushroom make residues and their application in breadstick
Cinzia Crippa, Giulia Castorini, Noemi Reggini, Franca Criccoli, Maria Cristina Casarini, Alessia Marzi, Gabriella Consonni, Daniela Eba, Manuela Rollini
Università degli Studi di Milano, Milano, Italy
- P1.1.077** Ultrasound and PEF-assisted extraction of diamine oxidase (DAO) enzyme from Peas
Maithe Khattar, Virginia Sanchez-Ibanez, José Vicente García-Pérez, José Benedito, Juan A. Cáceres
Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, Spain
- P1.1.078** Influence of high-pressure processing on the quality and sensory attributes of pre-packaged melon during refrigeration
Zhe Chen, Xinxin Yuan, Krystyna Marszałek, Yasin Özdemir, Zineb Benmetcherhel, Simona Fabiani, Sara Spillenberg
Department of Fruit and Vegetable Product Technology, Włocławek Dobrewski Institute of Agriculture and Food Biotechnology-State Research Institute, 02-532, Włocławek, Poland, Masurk Central Horticultural Research Institute, Food Technology Department, Yalova, Turkey, Laboratory of Applied Microbiology, Department of Biology, Faculty of Nature Science and Life, University of Oran 1 Ahmed BELBEULIA, B.P. 34, Es-Sénia, 31100 Oran, Algeria, Council for Agricultural Research and Economics (CREA) - Research Center for Olive, Fruit and Citrus Crops, Corso Savoia 190, 95024 Acireale, Italy, Industrial Engineering Department, University of Padova, Via Marconi 9, 35131, Padova, Italy
- P1.1.079** The effect of sorghum flour on bread staling: from the macroscopic to the molecular properties
Miriam Chiofalo, Eleonora Carri
University of Parma, Parma, Italy
- P1.1.080** Vacuum freezing of food products in a transport container utilizing cold thermal energy storage system
Jakub Chrobak, Michał Palczak, Jacek Smolka, Ignat Holczórski
Department of Thermal Technology, Silesian University of Technology, Gliwice, Poland, Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway
- P1.1.081** Effects of nano-foamed structure film packaging and supercooled storage for the quality maintenance of kimchi
Ho Hyun Chun*, Miran Kang*, So Youn Park*, Suk Min Yun*
World Institute of Kimchi, Gwangju, South Korea
- P1.1.082** Water freeze in the food industry: technology and monitoring for pesticides removal
Michael Chy, Jacob Willemes, Jeanine De Rup, Pieter Spaanoghe, Inca Samaghe
Research Unit VEG-FEC, Department of Food Technology, Safety and Health, Ghent University, Ghent, Belgium
- P1.1.083** Revolutionization of a whey by-product in fermented sausages: A strategy towards food safety and sustainability
Salvador Hernández-Macias*, Oriol Comas-Basté*, Nuria Ferré-Buxíons*, Anna Jofre*, M. Luz Llorca-Morallta*, Sara Boer Cori*, M. Carmen Vidal-Carou
Departament de Nutrició, Ciències de l'Alimentació i Gastronomia, Universitat de Barcelona (UB), Spain, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara (UDAG), Zapopan, Mexico, Instituto de Tecnología Agroalimentaria (IRTA), Monells, Spain
- P1.1.084** In vitro digestion of protein/polysaccharide gel structures
Jana Lumalová*, Ester Hernández Olivares*, Mónica Rubilar*, Francisca Acevedo*, André Brodtkorb*
Teagasc Food Research Centre, Moorepark, Fermoy, Ireland, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile, Doctorado en Ciencias de la Ingeniería mención Bioprocesos, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile, Departamento de Ciencias Biotecnológicas, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile
- P1.1.085** Addition of maltodextrin to improve the powder quality of spray-dried drink
Adriana Dantas*, Marc Pielti*, Dinar Fardouni*, Pere Gou*, Xavier Felvet
Institute for Food and Agricultural Research and Technology (IRTA), Monells, Spain

Effects of nano-foamed structure film packaging and supercooled storage for the quality maintenance of kimchi

Ho Hyun Chun*, Miran Kang*, So Youn Park*, Suk Min Yun*
Kimchi Industry Promotion Division, World Institute of Kimchi, Gwangju 61755, Republic of Korea

Abstract

Commercial kimchi products are characterized by a limited refrigerated shelf life of approximately 30 days, making it crucial to prevent over-processing during storage and distribution. This study was designed to develop a healthy storage using a defoam nano-foamed structure (NFS) film packaging and supercooled storage conditions to maintain the quality of Korean cabbage kimchi (CKK).

Materials & methods:

- Sample preparation**
The defoam nano-foamed structure (NFS) sample (nano-foamed structure (NFS) produced and supercooled storage) was prepared by a defoam nano-foamed structure (NFS) film packaging and supercooled storage conditions to maintain the quality of Korean cabbage kimchi (CKK).
- Sample packaging**
The defoam nano-foamed structure (NFS) sample was divided into four groups based on the packaging:
1. The first comprised 100 g CKK samples in PET bags (100 × 170 mm), used in the control, with a thickness of 0.12 mm and oxygen permeability of 0.6 mL/m²/24 h at 24 °C.
2. The second comprised 100 g CKK samples in NFS1 film bags (100 × 170 mm, NFS1 treated) with a thickness of 0.12 mm and oxygen permeability of 0.002 ± 0.001 mL/m²/24 h at 24 °C.
3. The third comprised 100 g CKK samples in NFS2 film bags (100 × 170 mm, NFS2 treated) with a thickness of 0.12 mm and oxygen permeability of 0.006 ± 0.002 mL/m²/24 h at 24 °C.

Results

Both the control and the NFS2 treatment groups revealed 11.5 log CFU/g during refrigerated storage at -1 °C over 34 days, whereas reducing the over-processed fermentation stage.

Trial facts and bacteria count

7.5-log reduction in both the control and the NFS2 treatment group was observed during storage conditions for up to 34 days.

Titratable acidity

26 significant (p < 0.05) increase in TA was observed in the control of the NFS2 treatment group during storage period.

Color composition of packaging material

CKK samples were stored under subcooled (-20 ± 0.3 °C) or refrigerated conditions (4 ± 0.5 and 10 ± 0.5 °C) for 34 days.

CO₂ concentration of packaging material

The NFS2 film packaging containing CKK was better at CO₂ levels both supercooled and refrigerated storage conditions.

Changes in pH and CO₂ concentration of the kimchi

Changes in pH and CO₂ concentration of the kimchi in the control, NFS1, and NFS2 film packaging containing CKK were observed during storage conditions.

Changes in reducing sugar content (RSC) and total acidity (TA)

RSC and TA concentrations of the kimchi in the control, NFS1, and NFS2 film packaging containing CKK were observed during storage conditions.

Changes in pH and CO₂ concentration of the kimchi

Changes in pH and CO₂ concentration of the kimchi in the control, NFS1, and NFS2 film packaging containing CKK were observed during storage conditions.

Conclusions

NFS packaging combined with supercooled storage (-20 °C) was effectively grown over-ripening and packaging deterioration associated with CO₂ production during long-term kimchi storage without refrigeration (0 °C), shorter storage or shipping time.

The NFS2 film could be manufactured on a large scale in the separation of food wastes during the processing of NFS film is not necessary. Therefore, the technology can be evaluated as a commercial technology.

References

1. Park YH, Kim M, Yun SM, Kim S, Park SH, et al. (2022) Changes and metabolic pathway-based prediction of quality characteristics of Korean cabbage (Brassica oleracea) kimchi. *Food Packaging and Shelf Life* 30: 100912.
2. Jang H, Kim H, Park H, et al. (2020) Modeling microbial growth for active flexible packaging (CO₂ packaging films) in kimchi. *Food Packaging and Shelf Life* 20: 100452.
3. Yang S, Liu L, Chun H, Song X, Shao X, et al. (2021) Chemical production model of ripening degree of Chinese-type cabbage under fluctuating temperatures. *Food Packaging and Shelf Life* 25: 100452.

Acknowledgments

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through the Technology Commercialization Support Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (2023-03-03).

[기술적 성과]

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

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	(특허) 기체의 배출이 가능한 보호지 및 그 보호지의 제작방법	대한민국	부산대학 교 산학협력 단/ 주식회사 지큐지원	2021.10 .19.	10-2021 -013890 7						

관인생략
출원번호통지서

출원일자 2021.10.19
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2021-0138907 (접수번호 1-1-2021-1192769-24)
(DAS접근코드C8D4)
출원인명칭 부산대학교 산학협력단(2-2004-004484-3) 외 1명
대리인성명 특허법인다인(9-2005-100001-1)
발명자성명 신보성 홍성무 황승환 김진수 최영진 강보석
발명의명칭 기체의 배출이 가능한 보호지 및 그 보호지의 제작방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

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

□ 신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호
1	나노발포 구조체를 이용한 선택적 통기성 발효식품 포장지 제조기술	2021.08.10.	2021.12.31.	2년	31-115

기술분야		신청 기술명	신청기관	심사결과	
대분류	중분류			심사결과	유효기간
식품 기술	식품가공 제조	나노 발포 구조체(NFS, Nano-Foamed Structure)를 이용한 전면적 통기성 포장지	(주) 지큐지원	선정	2년
심사 종합 의견					
<ul style="list-style-type: none"> - 나노기술을 적용한 통기성이 향상된 포장지 제조기술을 확보하였고, 향후 2년 이내에 상용화가 가능할 것으로 판단됨. 다만 해당기술 주요내용이 김치 포장에 대한 내용이기 때문에 기술명에 김치포장, 식품포장 등에 대해 구체적으로 명시할 필요가 있음 - 나노 발포 구조체를 이용한 전면적 통기적 포장지 기술에 관한 내용인데 나노기술에 대한 설명이나 자료가 부족함에 따라 나노발포기술에 대한 설명이 추가되어야 할 것이고 기존 포장지와 비교뿐만 아니라 해당기술의 목표치 대비 결과에 대한 분석이 필요한 것으로 판단됨 - 산소의 유입에 의한 품질변화가 더 높을 것으로 보이며, 전체적인 통기구조는 품질열화에 영향이 클 것으로 보임. - 김치의 보존 중 품질변화에 대한 연구결과 및 관능검사 결과자료, 데이터 등이 추가적으로 제시할 필요가 있으며 해당 제품의 가격 경쟁력확보를 위한 구체적인 전략과 방안을 제시할 필요가 있음 - 해당 기술은 향후 많은 분야에 응용이 가능할 것으로 판단되지만 산업적 적용이 가능한 것인지에 대한 실증연구에 대한 결과가 미흡하여 이에 대해 확인이 어려움에 따라 이에 대한 보완이 필요함 - 가스발생량을 처리할 수 있는 나노구조체로 개발하였으나 운송 중 나노막이 막히는 등의 현장에서 적용 시 발생 예측되는 기술적 문제에 대한 분석과 실험이 추가되어야하며, 나노 구조(홀) 대비 가스발생량에 대한 추가 연구가 필요함 - 개발한 시제품의 정량적 평가지표(주요 타겟제품 비교, 포장재 기공률, 나노발포체 이행율 등)에 대해 확인 할 수 있는 데이터 제시, 추가실험 등이 필요한 것으로 판단됨. 특히 두과율 차별화를 위해 통기성 실험 데이터의 확보가 필요함 - 기존 김치 포장기술은 플라스틱 트레이, 강성 용기, 필름 파우치 등을 이용하여 포장하는 방법인데 비하여, 신청기술은 나노 발포 구조체를 이용한 포장기술로 기술성 및 경제성이 우수한 것으로 평가됨 					

□ 신기술 지정(재인정)

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호
재인정	나노발포 구조체를 이용한 선택적 통기성 발효식품 포장지 제조기술	2023.08.10.	2023.12.20.	2년	31-115

제 31-115 호



신 기 술 인 증 서

기 술 명 : 나노발포 구조체를 이용한 선택적 통기성 발효식품 포장지 제조기술

기 관 명 : (주)지큐지원

대 표 자 : 정 해 동

소 재 지 : 경상남도 김해시 주촌면 서부로1701번길 306

인 증 번 호 : 31-115

유효 기 간 : 2023년 12월 30일부터 2025년 12월 29일까지

* 본기술은 심사를 통해 해당기간 유효기간을 연장함

위 기술을 「농림식품과학기술 육성법」 제12조의2에 따른
신기술로 인증합니다.

2023년 12월 20일

농림축산식품부장관



[경제적 성과]

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)			합계
			2021년	2022년	2023년	
1	기술화지원화사업	지규지원	2	2	5	9
2	기술화지원화사업	세계김치연구소	1	1	-	2
합계			3	3	5	11

□ 고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	
		생산인력	
	개발 후	연구인력	2
		생산인력	9

출력일시 : 2021.12.24 10:57

4대 사회보험 사업장 가입자 명부

발급번호	20211224204500	발급일시	2021-12-24 10:56	사업장 관리번호	61586036900
구분	국민연금	건강보험	산재보험	고용보험	
사업자등록번호	615-86-03690	615-86-03690	615-86-03690	615-86-03690	
사업장 명칭	주식회사지류지원	주식회사지류지원	주식회사지류지원	주식회사지류지원	

■ 가입 내역(발급일자 현재기준)

1 / 2

연번	주민(외국인) 등록번호	성명	자격 취득일			
			국민연금	건강보험	산재보험	고용보험
1		이병민		2021.05.01	2021.05.01	2021.05.01
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18		김도훈	2021.12.01	2021.12.01	2021.12.01	2021.12.01

> 위 사업장 가입자 명부는 4대사회보험 정보연계시스템이 국민연금공단, 국민건강보험공단, 근로복지공단의
 가입자 정보를 실시간 연계받아 제공하는 것이며, 발급사실 여부는 발급일로부터 90일까지 4대사회보험
 포털사이트(www.4insure.or.kr)의 [발급사실확인] 메뉴에서 확인 가능합니다.
 *정렬한 정보연계서비스, 4대 사회보험이 함께 합니다.

제2021-0233

광주광역시 남구 김치로 88 (영암동)
T:0628101700 F:06281011850

재 직 증 명 서

성 명	박소윤	주민(외국인)등록번호	
주 소			
부 서	기술혁신연구본부 녹색공정연구단		
직 위	단원	직 급	연수학생
재직기간	2021년 08월 17일 - 2021년 12월 27일 현재(4개월)		
담당업무	김치 기능성 연구 연수 수행		
용 도	기관제출용		

위 사람은 상기와 같이 재직하고 있음을 증명합니다.

2021년 12월 27일

세 계 김 치 연 구 소



출력일시 : 2021.12.27 13:54

4대 사회보험 사업장 가입자 명부						
발급번호	20211227226840	발급일시	2021-12-27 13:53	사업장 관리번호	12982108810	
구분	국민연금	건강보험	산재보험	고용보험		
사업자등록번호	129-82-10881	129-82-10881	129-82-10881	129-82-10881		
사업장 명칭	한국식품연구원설세계김치연구소	한국식품연구원설세계김치연구소	한국식품연구원설세계김치연구소	한국식품연구원설세계김치연구소		
■ 가입 내역(발급일자 현재기준)					1 / 6	
연번	주민(외국인) 등록번호	성명	자격 취득일			
			국민연금	건강보험	산재보험	고용보험
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

> 위 사업장 가입자 명부는 4대 사회보험 정보연계시스템이 국민연금공단, 국민건강보험공단, 근로복지공단의 가입자 정보를 실시간 연계받아 제공하는 것이며, 발급사실 여부는 발급일로부터 90일까지 4대 사회보험 포털사이트(www.4insure.or.kr)의 [발급사실확인] 메뉴에서 확인 가능합니다.
 정렬한 정보연계서비스, 4대 사회보험이 함께 합니다.

■ 가입 내역(발급일자 현재기준) 발급번호: 20211227226840 출력일시: 2021.12.27 13:54 5 / 6

연번	주민(외국인) 등록번호	성명	자격 취득일			
			국민연금	건강보험	산재보험	고용보험
114						
115						
116						
117						
118						
119						
120						
121						
122						
123						
124						
125						
126						
127						
128						
129						
130						
131						
132						
133						
134						
135						
136						
137						
138						
139						
140		박소윤	2021.08.17	2021.08.17	2021.08.17	2021.08.17
141						






> 위 사업장 가입자 명부는 4대사회보험 정보연계시스템이 국민연금공단, 국민건강보험공단, 근로복지공단의
 가입자 정보를 실시간 연계받아 제공하는 것이며, 발급사실 여부는 발급일로부터 90일까지 4대사회보험
 포털사이트(www.4insure.or.kr)의 [발급사실확인] 메뉴에서 확인 가능합니다.
 첨립한 정보연계서비스, 4대 사회보험이 함께 합니다.

출력일시 : 2022.11.07 13:58

4대 사회보험 사업장 가입자 명부

발급번호	20221107395985	발급일시	2022-11-07 13:56	사업장 관리번호	61586036900
구분	국민연금	건강보험	산재보험	고용보험	
사업자등록번호	615-86-03690	615-86-03690	615-86-03690	615-86-03690	
사업장 명칭	주식회사지류지원	주식회사지류지원	주식회사지류지원	주식회사지류지원	

■ 가입 내역(발급일자 현재기준)

1 / 2

연번	주인(외국인) 등록번호	성명	자격 취득일			
			국민연금	건강보험	산재보험	고용보험
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9		김성복	2022.07.18	2022.07.18	2022.07.18	2022.07.18
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17		정석범	2022.04.04	2022.04.04	2022.04.04	2022.04.04
18						



▷ 위 사업장 가입자 명부는 4대사회보험 정보연계시스템이 국민연금공단, 국민건강보험공단, 근로복지공단의 가입자 정보를 실시간 연계받아 제공하는 것이며, 발급사실 여부는 발급일로부터 90일까지 4대사회보험 포털사이트(www.4insure.or.kr)의 [발급사실확인] 메뉴에서 확인 가능합니다.
정렬한 정보연계서비스, 4대 사회보험이 함께 합니다.

제2022-0263

광주광역시 남구 김치로 86 (영암동)
T:0626101700 F:06261011850

재 직 증 명 서

성 명	윤석민	주민(외국인)등록번호	
주 소			
부 서	기술혁신연구본부 녹색공정연구단		
직 위	단원	직 급	연수학생
재직기간	2022년 03월 21일 ~ 2022년 11월 08일 현재(7개월)		
담당업무			
용 도	기타		

위 사람은 상기와 같이 재직하고 있음을 증명합니다.

2022년 11월 08일

세 계 김 치 연 구 소



4대 사회보험 사업장 가입자 명부						
발급번호	20221108425927	발급일시	2022-11-08 15:16	사업장 관리번호	12982108810	
구분	국민연금	건강보험	산재보험	고용보험		
사업자등록번호	129-82-10881	129-82-10881	129-82-10881	129-82-10881		
사업장 명칭	한국식품연구원부설세계김치연구소	한국식품연구원부설세계김치연구소	한국식품연구원부설세계김치연구소	한국식품연구원부설세계김치연구소		
■ 가입 내역(발급일자 현재기준)				1 / 6		
연번	주인(외국인) 등록번호	성명	자격 취득일			
			국민연금	건강보험	산재보험	고용보험
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
▷ 위 사업장 가입자 명부는 4대사회보험 정보연계시스템에 국민연금공단, 국민건강보험공단, 근로복지공단의 가입자 정보를 실시간 연계받아 제공하는 것이며, 발급사실 여부는 발급일로부터 90일까지 4대사회보험 포털사이트(www.4insure.or.kr)의 [발급사실확인] 메뉴에서 확인 가능합니다. *정렬한 정보연계서비스, 4대 사회보험이 함께 합니다.						

(고용창출) 증빙자료 _ 4대 사회보험 사업장 가입자 명부(세계김치연구소) - 윤석민

■ 가입 내역(발급일자 현재기준) 발급번호: 20221108425927 출력일시: 2022.11.08 15:18 5 / 6

연번	주민(외국인) 등록번호	성명	자격취득일			
			국민연금	건강보험	산재보험	고용보험
114						
115						
116						
117						
118						
119						
120						
121						
122						
123						
124						
125						
126						
127						
128						
129						
130						
131						
132						
133						
134						
135						
136						
137						
138						
139						
140						
141						
142		윤석민	2022.03.21	2022.03.21	2022.03.21	2022.03.21
143						
144						



▷ 위 사업장 가입자 명부는 4대사회보험 정보연계시스템이 국민연금공단, 국민건강보험공단, 근로복지공단의 가입자 정보를 실시간 연계받아 제공하는 것이며, 발급사실 여부는 발급일로부터 90일까지 4대사회보험 포털사이트(www.4insure.or.kr)의 [발급사실확인] 메뉴에서 확인 가능합니다.
"정렬한 정보연계서비스, 4대 사회보험이 함께 합니다."

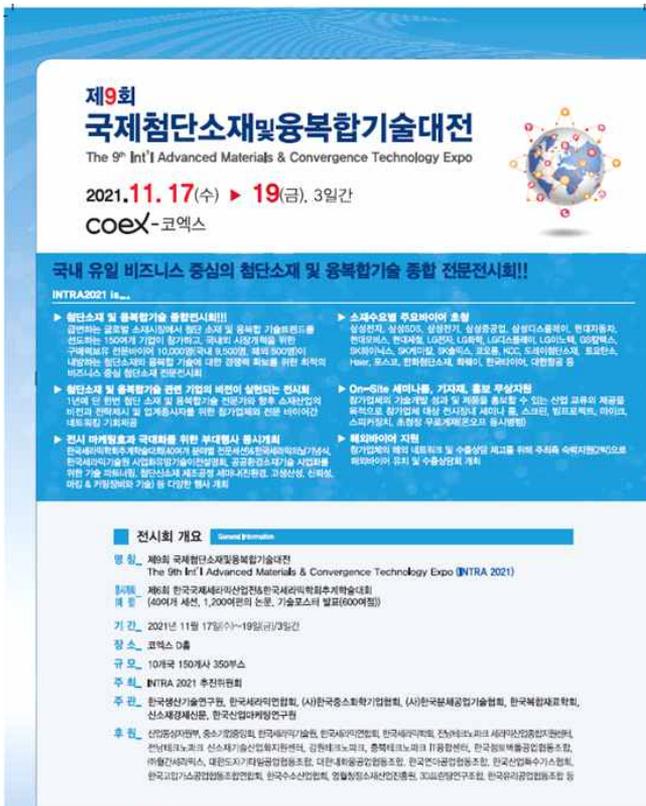
접수번호	<input type="checkbox"/> 산재보험 <input checked="" type="checkbox"/> 고용보험					
3160-2024-9005065	사업장 자격취득자 명부(사업장용)					
사업장명	주식회사지류지원	사업장관리번호	61586036900			
사업주명	정해동	발급종도	기타			
검색기준 : 2023/01/01 - 2023/12/31 취득 근로자 17명 중 17명 선택 발급 요청						
사업장 자격취득자 명부						
연번	성명	생년월일	취득일	상실일	월 평균보수	비고
1						
2						
3						
4						
5	나린		2023-01-25	--		근로자
6	나빈		2023-11-03	--		근로자
7	아셀라		2023-10-26	--		근로자
8						
9						
10						
11						
12						
13	장경순		2023-04-01	--		근로자
14						
15						
16						
17	최재진		2023-03-02	--		근로자

[사회적 성과]

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	기술 전시회	코엑스	국제첨단소재 및 융복합기술대전	2021.11.17.~ 2021.11.19.
2	기술 전시회	킨텍스	국제포장기자재전	2022.06.14.~ 2022.06.17.

(홍보실적) 증빙자료 _ COEX 기술홍보 - 국제첨단소재 및 융복합기술대전 _ 지큐지원



□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	수상	코리아스타상 기업부문	한국생산기술연구 원장상	주식회사 지류지원	2022. 06. 14.	한국생산기술연구원

(수상실적) 증빙자료 _ 코리아스타상 기업부문 한국생산기술연구원장상 수상



제2022-I202201026호

상 장

코리아스타상 기업부문
한국생산기술연구원장상 주식회사 지류지원

나노발포 구조체물 이용한 통기성 포장지

위는 제16회 대한민국 패키징 대전 (KOREA STAR AWARDS 2022)대회에서 위와 같이 입
상하였으므로 이 상장을 수여합니다.

2022년 6월 14일

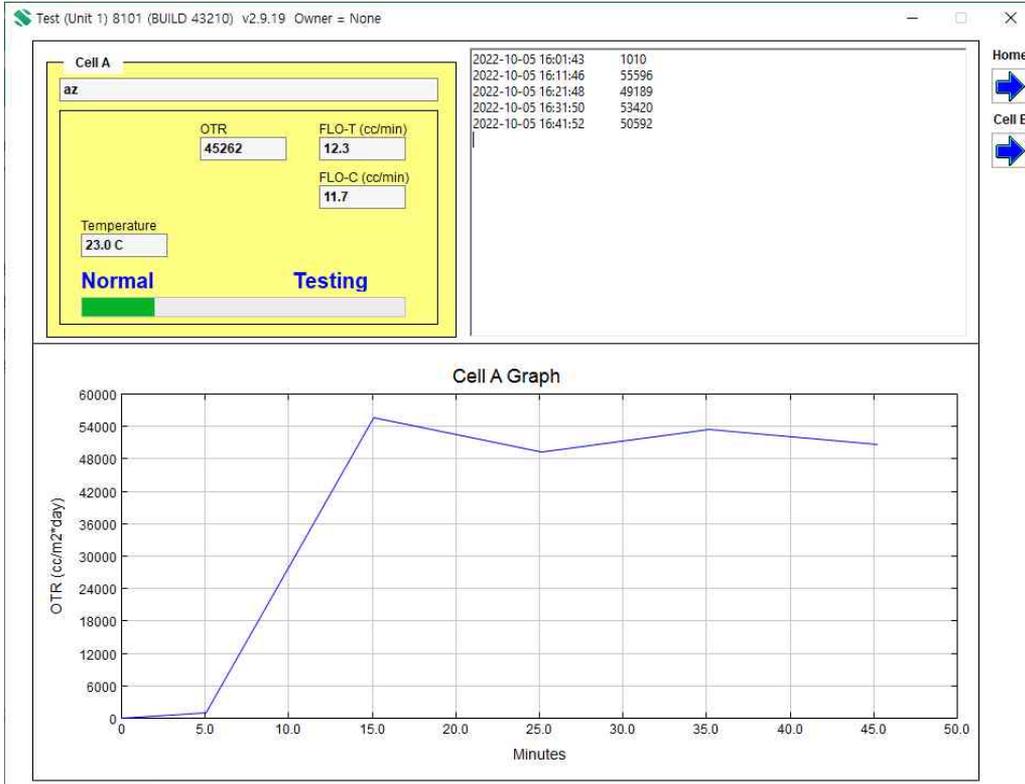
한국생산기술연구원장 이 낙 

주최  산업통상자원부 주관  KITECH 한국생산기술연구원  패키징기술센터 KOREA PACKAGING CENTER RESEARCH

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

□ 포장지 성능 목표

번호	항목	연구 목표	비고
1	가스투과도	GTR 15,000 $\text{cm}^2/(\text{m}^2 \cdot \text{atm} \cdot \text{day})$ 이상의 산소투과도 갖는 필름의 생산 (공인인증 KS M ISO 7229 기준)	OTR 54,320 $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{atm} \cdot \text{day})$, ASTM D3985 기준
2	생산속도	산업 현장에서 상용화 가능한 수준의 생산성 확보 (폭 1m 이내의 필름 기준 분당 10m 이상)	달성 (상용화 Roll-to-Roll 장비 구축)



2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 대면적 연속 생산을 위한 최적화 시스템 연구	○ 발포제의 농도에 따른 필름의 통기성 변화의 경향성 파악 및 이외의 가공 변수 조건에 따른 통기성 변화 관찰	○ 100%
○ 나노 발포 투과성 필름의 통기성 측정 표준규격 연구	○ 김치 포장 후 온도별로 변화하는 가스 농도 분석하여 포장지가 김치 발효에 어떠한 영향을 주는지 분석	○ 100%
○ 전면적 통기성 NFS 포장지를 이용한 김치의 품질 안정성 향상 연구	○ 실험실 환경(정온 조건)에서 NFS 전면적 통기성 포장지가 김치의 팽창 억제와 품질에 미치는 영향 구명	○ 100%
	○ 모의 유통 환경(변온 조건)에서 김치 품목과 중량규격별 NFS 전면적 통기성 포장지의 최적 기체투과도 조건 수립	○ 100%
	○ NFS 전면적 포장지를 적용한 김치 품목과 중량규격별 저장 중 품질 예측 모델 수립	○ 100%
	○ 김치 가공업체 현장 실증연구를 통한 NFS 전면적 통기성 포장지의 상품김치 품질 안정성 향상 효과 구명	○ 100%

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)
(30쪽 중 13쪽)

4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- NFS 포장지는 기술 경쟁력, 가격 경쟁력 등 판매에 따른 우위적 요인이 차별화가 가능하고 발효식품의 제조, 유통업자, 판매업자들로부터 품질의 우수성을 확인시킬 수 있으므로 시장 진출 및 상품화 가능성이 높음. 차기 유통시장에서 통기성이 높은 포장지를 상용화하여 식품 유통에서 식품의 신선함을 높이는데 기여할 수 있음.
- 김치 산업에서 NFS 통기성 필름은 추가적인 공정과 비용이 필요한 CO₂ 흡수제 또는 one-way gas valve 대신 중소 김치 제조업체의 포장재로 활용될 수 있음. 이는 중소 김치 제조업체의 포장 효율성과 생산성을 증가시키고 저장 또는 유통과정에서 발생할 수 있는 포장 문제를 방지하여 관련 비용과 노동력을 절감할 수 있음.
- 과냉각 저장 기술과 머신러닝 기반 알고리즘 모델은 신선 농산물, 발효 식품 분야의 식품 저장 기술로 확장될 수 있음. 해당 기술들은 식품의 품질유지기한을 효과적으로 연장하고 품질 변화를 정밀하게 예측하여 저장, 유통, 판매 과정에서 발생하는 식품 폐기량 감소에 기여할 수 있음.
- 점증제(잔탄검)와 대체당 소재(토마틴, 솔비톨, 자일리톨)를 첨가한 김치 레시피는 일본, 미국, 유럽 등 해상 경로를 통해 수출되는 김치 제품에 활용되어 김치의 글로벌 유통과 소비를 촉진시킬 수 있음.

5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

- 본 연구개발과제의 성과물인 NFS 통기성 필름은 김치 제조업체에 공급하여 국내 시장과 및 해외 수출 시장에서의 김치 포장재로서 활용할 예정임.
- 폴리머 필름에 나노 발포 구조체를 형성시켜 전면적 통기성 기능을 갖는 김치 포장지 가공기술 상용화 실현은 상품김치의 유통이나 장기간 보관 중 발효에 의해 발생할 수 있는 포장 파손을 비롯한 소비자 불만 사항을 근본적으로 예방하여 국내 김치 포장 분야의 기술 수출 경쟁력을 강화할 수 있음.
- 본 연구에서 개발한 기체 투과 포장지는 국산 상품김치 수출 시 제품 선적운송 중 현지 도착/수입 신고 및 현지 유통까지 30일 이상 소요되어 김치 수출업체는 김치 숙성에 의한 포장 팽창이나 파열에 대한 염려가 매우 큰 문제점을 해결하여 수출용 상품김치 포장에 유용하게 활용될 수 있음.
- 과냉각 저장 기술은 김치 제조업체와 유통업체를 대상으로 한 기술 지도를 통해 저장고, 냉장탑차, 판매 쇼케이스 등의 다양한 저장 및 유통 환경에서 김치의 품질유지기한 연장기술로 활용할 계획임.
- 머신러닝 기반 알고리즘 모델은 푸드테크 산업에서 식품 품질관리 및 예측 시스템 개발에 관련한 기초 데이터로 이용될 예정임.
- 본 연구개발과제에서 도출된 김치의 소비기한 산출법은 추후 NFS 통기성 필름을 사용하는 김치 제조업체를 대상으로 한 교육자료로 활용될 계획임.
- 규격 및 기체투과성을 조절하여 설계 및 생산 가능한 NFS 통기성 포장지는 김치 외에도 포장 내부의 과잉 CO₂ 축적으로 인해 생리장해가 발생할 수 있는 신선편이농산물(fresh-cut fruits/vegetables)이 포함된 밀키트에도 적용될 수 있음.
- 본 연구에서 개발한 NFS 통기성 포장지는 유연성과 내구성이 검증된 포장 소재로서 협동로봇이 연계된 식품포장 자동화 공정에도 활용될 수 있을 것으로 기대됨.

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1. 공통 요구자료	1) 자체 평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
	3) 연구부정행위 예방 확인서

[뒷면지]

주 의

1. 이 보고서는 농림식품기술기획평가원에서 시행한 기술사업화지원사업 나노 발포 구조체를 이용한 전면적 통기성 포장지 상용화 기술개발 과제 단계보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림식품기술기획평가원에서 시행한 기술사업화지원사업의 결과임을 밝혀야 한다.

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		821013-3	
사업구분	기술사업화지원사업				
연구분야	공공기술 사업화 촉진(시스템)		과제구분	단위	
사업명	기술사업화지원사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	나노 발포 구조체를 이용한 전면적 통기성 포장지 부제: 향아리 상용화 기술 개발 통기구조 모방형 김치 포장지		과제유형	(개발)	
연구개발기관	부산대학교		연구책임자	신보성	
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2021. 04. 01 - 2021. 12. 31	225,000,000	21,000,000	246,000,000
	2차년도	2022. 01. 01 - 2022. 12. 31	300,000,000	16,200,000	316,200,000
	3차년도	2023. 01. 01 - 2023. 12. 31	300,000,000	25,200,000	325,200,000
	계		825,000,000	62,400,000	887,400,000
참여기업	세계김치연구소, (주)지큐지원				
상대국	-	상대국연구개발기관	-		

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2024년 2월 29일

3. 평가자(연구책임자) : 신보성

소속	직위	성명
부산대학교 광메카트로닉스공학	교수	신보성

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	
----	---

I. 연구개발실적

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

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

나노 발포 구조체(NFS, Nano-Foamed Structure)를 이용한 전면적 통기성 포장지의 생산 및 김치 발효 식품 포장지를 목표로 연구개발을 진행함. 개발 필름의 가스 투과도는 목표치 이상은 물론 통기성이 첨가된 물질의 양과 조사되는 광 에너지에 따라서 점진적/지속적으로 증가하는 것을 확인하였으며, 이를 상용 Roll-to-Roll로 적용시켜 김치에 적용하여 매우 우수한 결과를 만들었음.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

GTR 15,000 $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{atm} \cdot \text{day})$ 목표의 필름을 제작하는 것이 목표였으나, 폴리머 첨가제의 비율을 향상시켜 제작한 나노 발포 구조체(NFS, Nano-Foamed Structure) 필름은 광에너지 조건에 따라서 OTR 기준 약 61,000 $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{atm} \cdot \text{day})$ 이상, 차압법을 이용하여 시간당 약 50만 cm^3 의 투과도를 지니는 폴리머 필름을 제작 할 수 있음. 이는 다양한 김치에 적용 및 다른 식품에도 응용 가능

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

나노 발포 구조체를 이용한 전면적 통기성 포장지는 전면적에서 통기성을 발휘하는 Roll-to-Roll 대량생산이 가능한 필름임. 이는 통기성을 요구하는 다양한 분야에 적용할 수 있으며, 물리적 가공 직접적으로 행하지 않기 때문에 식품/의학분야에 바로 적용해도 안전성에 문제가 없음. 따라서 응용력이 매우 높음. 같은 분야의 필름은 미국이나 일본에서 전량 수입하는 분야이므로 국산화에도 매우 큰 영향을 줄 것으로 예상됨.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

연구목표인 나노 발포 구조체(NFS, Nano-Foamed Structure)를 이용한 전면적 통기성 포장지의 생산 및 김치 발효식품 포장지 상용화를 하기 위해 기술개발기관/적용 연구가 가능한 연구기관/상용화 기업이 긴밀하게 연계를 하며 과제를 진행함. 또한, 내부 노광 방식을 통한 안전한 신공정을 개발하고, 실제 장비를 통한 최적화 연구를 통해 연구 내용을 논문에 게재 및 홍보하여 성실히 임함.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

국내·외 학회 발표 14건, 신기술 인정 1건 및 재지정 1회, 고용 창출 11명, 포장지 관련 기술 전시회를 2회 진행, 코리아스타상 기업부문 한국생산기술연구원장상 수상

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)		비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
대면적 연속 생산을 위한 최적화 시스템 연구		30	100	발포제의 농도에 따른 필름의 통기성 변화의 경향성을 파악하고 이외의 가공변수 조건에 따른 통기성 변화를 관찰
나노 발포 투과성 필름의 통기성 측정 표준규격 연구		30	100	김치 포장후 온도별로 변화하는 가스 농도 분석하여 포장지가 김치 발효에 어떠한 영향을 주는지 분석
전면적 통기성 NFS 포장지를 이용한 김치의 품질 안정성 향상 연구	정온조건	10	100	실험실 환경(정온 조건)에서 NFS 전면적 통기성 포장지가 김치의 팽창 억제와 품질에 미치는 영향 구명
	유동환경	10	100	모의 유통 환경(변온 조건)에서 김치 품목과 중량 규격별 NFS 전면적 통기성 포장지의 최적 기체투과도 조건 수립
	규격별	10	100	NFS 전면적 포장지를 적용한 김치 품목과 중량규격별 저장 중 품질 예측 모델 수립
	실증	10	100	김치가공 업체 현장 실증 연구를 통한 NFS 전면적 통기성 포장지의 상품김치 품질 안정성 향상 효과 구명
합계		100점	100	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

본 연구의 목표인 나노 발포 구조체(NFS, Nano-Foamed Structure)를 이용한 전면적 통기성 포장지의 생산 및 김치 발효식품 포장지 상용화 연구를 위하여 다양한 연구기관 및 기업이 연계를 통해 연구 목표를 달성하기 위하여 넓은 연구범위에 대한 과제수행을 진행함. 연구수행 기간 동안 NFC 필름의 기본연구를 수행하였으며 해당 소재의 성능분석을 통해서 상용화 필름 소재를 선정 및 상용 기계를 설계함. 다양한 첨가제 및 광조사 장치를 이용하여 상용화 필름을 위한 기반기술을 1단계 연구개발 기간 중 확보함.

기술개발 기간 동안 해당 기술의 연구 및 기술 확보를 위하여 5편의 논문을 게재함. 또한 특허출원이 이뤄져 실용화연구 측면에서도 높은 성과를 달성함. 이 외에도 연구를 위한 국내·외 학회 발표 14건, 신기술 인정 1건 및 재지정 1회, 고용 창출 11명 등 뛰어난 성과를 보였으며, 포장지 관련 기술 전시회를 2회 진행하여 기술홍보를 진행하였고, 코리아스타상 기업부문 한국생산기술연구원장상을 수상하는 등 뛰어난 실적을 이룸

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

핵심 연구진들이 연구 기간 내 상호협조하고 논의하면서 현재 상용화가 불가능한 상품에 대한 문제를 해결하였음. 특히, 투과성 필름 관련분야는 응용력이 높고 활용성이 높음에도 불구하고 우리나라에서 고기능성 투과성 필름을 자체 생산하지 못해 다른 나라에 관련 품목을 전량 수입하고 있는 상황이었음. 본 연구의 결과가 기술력을 제대로 갖춘 내실있는 기업을 만들어 기술의 국산화 구축에 활용되며, 앞으로 이를 통한 응용이 증가하여 투과성 필름 분야에 선도적인 기술을 갖춘 기업이 늘어나 우리나라가 세계적인 경쟁력을 갖추는 것을 기대하며 연구를 진행함.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

본 연구는 대학기관에서 연구한 기술을 실제 기업에 기술이전하여 산업에 적용할 뿐만 아니라 세계김치연구소를 통해서 실제 제품에 미치는 영향까지 종합적으로 분석하여 하나의 완성된 상품을 실용화 시키는 과제였으며 우수한 성과 및 지표를 만들어 냄. 특히, 투과성 필름과 관련하여 이온분리막, 메디컬 분야와 관련된 포장, 투과성 소독막과 같이 실질적으로 고부가가치를 낼 수 있는 필름 분야에 우리나라 자체 생산 제품은 거의 없는 실정이었음. 본 연구를 통하여 개발한 기술은 신기술 인증을 받았으며, 연구기간 내에 다시 신기술 재지정을 받고 기업 수상을 받는 등 그 유용성에 대한 인정을 받았음. 이에 현재 연구한 기술이 실질적 이익을 낼 뿐만 아니라 고부가가치 필름 분야에 실제 생산라인을 갖춘 기업을 만들었으며 후속 연구를 진행할 분야가 광범위하기 때문에 기업 및 연구소의 노력에 따라 큰 파급효과를 낼 수 있어 앞으로도 지속적인 노력으로 키워나갈 필요가 있음.



연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	
연구과제명	나노 발포 구조체를 이용한 전면적 통기성 포장지 상용화 기술 개발 부제: 향아리 통기구조 모방형 김치 포장지		
주관연구개발기관	부산대학교	주관연구책임자	신보성
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타
	825,000,000	62,400,000	총연구개발비 887,400,000
연구개발기간	2021. 04. 01 ~ 2023. 12. 31(2년 9개월)		
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)		

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 특허출원 1건	1건
② 제품화 1건	1건
③ 매출액 144억	156억
④ 고용창출 12명	11명
⑤ 기술인증 1건	1건
⑥ 논문 3건	5건
⑦ 학술발표 3건	14건
⑧ 홍보전시 1건	2건

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과목표	사업화지표											연구기반지표										
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술인증			학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	S M A R T	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치	SC I	비 S C I	논문	논문 평균 I F	학술발표	정책 활용			홍보 전시		
																					건	
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건				
가중치	20						20	10	10	10				20				10				
최종	1						1	14,	1,5	12		1	2		3			1				

목표							400	00										
당해 년도	목표						7,000		4	1	1	1		2				1
	실적						5,200	130	5	1	1	1		5				
최종실적	1						15,600		11	1	3	2	7.56	14				2
달성률 (%)	100						100	108	91	100	300	100		466				200

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	레이저를 이용한 내부 미세 채널 형성

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술	○					1				

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	롤투롤 상용화

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)
	특허출원	특허등록	품종등록	SMART	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출		투자유치	논문 SCI	논문 비SCI			논문 평관 I/F	학술발표	
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건	
가중치	20						20	10	10	10				20					10
최종목표	1						1	14,400	1,500	12	1	1	2	3					1
연구기간내 달성실적	1						1	15,600		11	1	3	2	7.56	14				2
연구종료후	1						1	50,		5.8									

성과장출
계획

000

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)

