

전략체계	혁신 - 6 - 2		구분	완결	
기술분야코드	V3	기술유형코드	H03	작목구분코드	FR-02-FR21
과제종류	공동연구		과제번호	PJ015946	
과제명	한식된장의 미생물·성분 기반 품질제어 및 스마트 발효관리기술 개발				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	김소영		농업연구사	국립농업과학원	
연구기간	2021 ~ 2022		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
3) 스마트 관리모델 적용을 통한 지역별 전통장의 균총 생태계 변화 구명			농식품연구소	임재길	'21~'22
색인용어	한식된장, 미생물군집, 발효환경				

## ABSTRACT

This study investigated the microbial community and environmental properties of traditional Deonjang produced by 4 rural farms to evaluate the relationship. The fermentation environment of traditional Doenjang was set to open field and smart facilities to analyze the changes in the microbial community. As a result of the microbial community survey analysis in years 1 and 2, the *Bacillus* genus tended to be dominant in the late stage of fermentation in smart facilities rather than in open fields. *Enterococcus*, *Tetragenococcus*, and *Bacillus* were predominant in the genera of bacteria in the early stage of fermentation, and *Enterococcus*(20.25~66.95%) and *Bacillus*(48.99~78.15%) were dominant in the late stage of fermentation. The genera of fungi in the early stage of fermentation were dominated by genera *Monascus*, *Aspergillus*, and *Mucor* before fermentation, and genera such as *Debaryomyces*, *Wickerhamiella*, *Zygosaccharomyces*, and *Microascus* were dominant in the late stage of fermentation. As a result of analyzing the average number of microorganisms in open fields and smart facilities in the first and second years, the total number of bacteria increased as fermentation progressed, and the number of coliforms, yeasts, molds, lactic acid bacteria, and *Bacillus cereus* decreased. The number of *Bacillus cereus* decreased from 3.58Log cfu/g at the beginning of open field fermentation to 3.46Log cfu/g at the end of fermentation, and from 3.24Log cfu/g to 2.94Log cfu/g at smart facilities fermentation. Smart facilities were about twice as likely to reduce *Bacillus cereus* than open fields. Through this study, smart facilities can be used as basic data to supplement and solve problems during the open-field fermentation of traditional Doenjang.

전통장 한식 된장은 대두를 주원료로 하는 우리나라 고유의 전통 발효식품으로 발효와 숙성 과정 중 필수 아미노산, 지방산, 유기산, 미네랄 및 비타민 등을 생성함으로써 영양학적으로 우수한 식품이며, 콩만으로 메주를 만들고 소금물을 첨가하여 된장을 제조하는 방법으로 발효 기간이 대개 1~5년 장기간 발효숙성의 과정을 거친 된장은 콜레스테롤 저하 효과, 항돌연변이성, 혈전용해 및 항산화 효과가 있다.(’20, C대 학위논문) 하지만, 전통 메주와 된장의 발효 및 숙성과정에서 자연적으로 번식한 수십 종의 곰팡이와 세균들은 복합적으로 작용하여 서식하기 때문에 이들 미생물의 대사작용에 의하여 된장 특유의 품질특성이 나타나게 되며 메주의 제조 시기, 발효 정도, 발효균, 담금 비율, 발효온도, 습도, 기간 및 발효 지역에 따라 맛과 향으로 매우 다양한 특징이 나타날 수 있으며, 미생물과 이들의 대사 산물에 의한 오염 및 식중독 등 식품안전 측면에서는 위험성을 가진다.(메주, 한식된장에서 아플라톡신 기준 초과(’20.10.23., 조선일보))

최근, 한반도는 지구 온난화 등 기후변화로 연평균 및 하절기 온도 상승과 기간 연장 등으로 농가형 노지 장류의 향아리 과열(최대 60~70℃)로 장류의 품질제어 불능과 40℃이상 고온에서 식중독균인 *Bacillus cereus* 생존기간이 30일 이상 증대되었으며(’20, C대 학위논문), 전통 노지형 장류는 생산 수율과 품질 저하 등 생산관리와 품질 안전성 등 현장 애로기술 해결이 시급한 것으로 보고되고 있다. 따라서 전통발효식품인 한식된장은 종균연구, 원료, 발효과정의 과학적인 규명과 공장식 된장(일반)과 다른 소규모 영세업체에 적합한 생산 체계, 안전성 확보 등의 기술을 요구받고 있다. 자연상태에서 복합발효를 하여 풍미를 갖는 전통장의 균총 생태계에 대한 연구는 장류의 발효과정을 이해하고, 위생적인 문제와 품질 유지를 위해 필수적으로 요구되었다(’11, Kim et al.) 한식 된장의 NGS(next generation sequencing) 기법을 통해 발효과정 중 변화하는 미생물 군집 구조의 변화를 추적 가능하며, 노지 자연발효 하는 전통장의 발효과정에서 발효 미생물과 연관한 유해성 인자에 대한 잠재적 위험이 존재하므로 표현형(phenotype), 유전형(genotype) 수준에서의 안정성 평가가 필수적이었다. 또한 기후변화에 따른 소규모 농가형 전통장류의 품질변화 제어 등 장류 제조업체의 스마트 온·습도 제어 기술 개발과 시스템 지원을 통한 한식 전통장의 생산성 증대 및 품질 안전성 확보가 필요하였다. 시설온실 산업은 선진국 대비 낮은 생산성, 높은 경영비, 시설자재·설비의 낮은 국산화 비율 문제 등을 해결하기 위하여, ICT 기술 등을 도입한 한국형 스마트팜 모델을 개발하고, 관련 기술을 보급 중에 있다. 이러한 스마트 농업 기술을 한식된장 제조, 유통과정의 균일한 품질 유지 및 안전성 확보에 이용한다면 된장의 안전성 확보 및 생산성 증대가 가능할 것으로 사료되었다. 따라서 본 연구에서는 된장의 품질 유지와 안전성 등을 확보할 수 있는 스마트 환경제어시스템 개발을 통해 이상발효 등의 문제점들을 개선하고자 하였다.

### 〈제3세부과제: 스마트 관리모델 적용을 통한 지역별 전통장의 균총 생태계 변화 구명〉

#### (시험 1) 한식된장의 미생물 특성 변화 실태조사

본 연구는 강원지역 전통장 제조업체 7개소를 선정 후 업체별 방식으로 전통장(된장, 고추장)을 동일한 60L 항아리에 담가 3개월마다 샘플링을 하였다. 된장은 대부분 천일염을 물에 용해시켜 소금물을 제조하고 메주를 첨가하여 전통장을 제조한다. 노지에서 30~40일간 발효 후, 장가르기를 하여 간장을 걸러내고 된장만 옮겨담은 후 저장하였다. 고추장은 메줏가루, 고춧가루, 찹쌀, 엿기름, 조청, 소금을 혼합하여 항아리에 담고, 노지에서 발효·숙성시켰다.

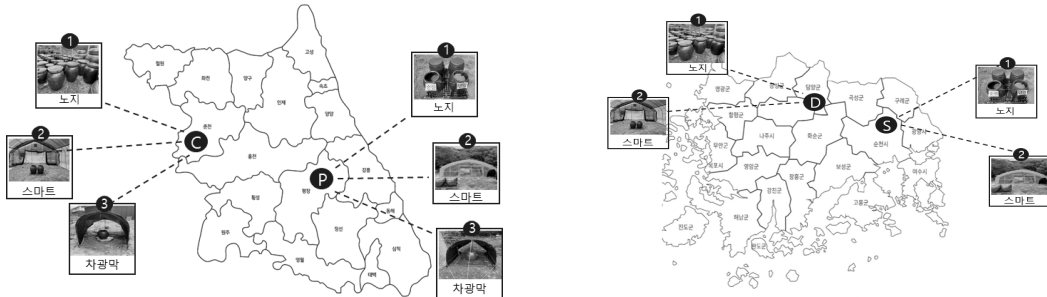
일반세균수는 생리식염수 225mL에 시료 25g을 희석한 후, 희석배수별로 시료를 준비하였다. 일반세균수 측정용 건조배지필름(Aerobic count)에 1mL 분주한 후, 36~37℃에서 24~48시간 배양한 후, 적색 집락만 계수하였다. 대장균군은 생리식염수 225mL에 시료 25g을 희석한 후, 희석배수별로 시료를 준비하였다. 대장균군 측정용 건조배지필름(Coliform count)에 1mL 분주한 후, 35~37℃에서 24시간 배양한 후, 적색에 기포 생성 집락만 계수하였다. 진균수는 생리식염수 225mL에 시료 25g을 희석한 후, 희석배수별로 시료를 준비하였다. 진균 측정용 건조배지필름(Yeast&Mold count)에 1mL 분주한 후 25℃에서 5~7일 배양한 후, 청색 생성 집락만 계수하였다. 유산균수는 생리식염수 225mL에 시료 25g을 희석한 후, 희석배수별로 시료를 준비하였다. 유산균수 측정용 건조배지필름(Lactic Acid Bacteria count)에 1mL 분주한 후, 28℃~37℃에서 48시간 배양한 후, 청색 생성 집락만 계수하였다. 바실러스 세레우스는 생리식염수 225mL에 시료 25g을 희석한 후, 희석배수별로 시료를 준비하였다. CHROMagar BC 배지에 0.1mL씩 분주한 후 도달하여 25℃~37℃에서 1일 배양한 후 파란색의 흰 halo가 있는 집락만 계수하였다. 클로스트리디움퍼프린젠스 수는 생리식염수 225mL에 시료 25g을 희석한 후, 희석배수별로 시료를 준비하였다. 난황을 첨가하지 않은 TSC배지 15mL에 희석액 0.2mL 분주 후 잘 혼합하여 응고시킨다. 응고된 배지위에 동일한 배지 10mL를 가하여 중첩시킨 후 36℃에서 18~24시간 혐기배양한 후 검정색의 생성 집락만 계수하였다. 곰팡이독소는 검체를 분쇄하여 균질화 한 후 5g을 정밀히 달아 추출용액(0.1%개미산을 함유한 50%아세트오니트릴용액)20mL를 넣고 30분간 추출한 후 3700G에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리한 액을 유리섬유여과지로 여과한 후 여액 3mL에 물을 가해 15mL 되게 하여 추출액으로 하였다. 초당 1방울의 속도로 정제 카트리지를 아세트오니트릴 2mL과 물 2mL로 활성화 시킨 후 추출액 5mL를 주입하여 통과시킨다. 이어서 물 2mL, 10% 아세트오니트릴 용액 2mL를 같은 유속으로 통과시킨 후 정제 카트리지 내에 남아 있는 용액을 완전히 제거하였다. 0.1% 개미산을 함유한 아세트오니트릴용액 2mL, 메탄올 4mL를 용출시킨 후 50℃에서 질소로 건조시킨다. 건조물에 0.1% 개미산을 함유한 50% 메탄올 용액 1mL를 가하여 용해시킨 후 필터(0.2 $\mu$ m)로 여과한 액을 최종 시험용액으로 하였다. 시험용액은 HPLC-MS/MS로 분석하였는데 이동상은 0.1% 아세트산을 함유하고 있는 증류수와

메탄올을 각각 A와 B용액으로 하였다. HPLC 컬럼은 Cadenza CD-C18 HIT (150×2mm, 3μm)를 사용하였다. 아플라톡신, 푸모니신, 오크라톡신은 positive mode에서 제랄레논은 negative mode에서 분석하였다. 향기성분 분석은 균질화한 시료 5g을 SPME vial(20mL)에 넣어 분석시료를 준비, 향기성분은 GC-TOF-MS HS-SPME법을 이용하고, 분석조건으로 컬럼은 DB-wax(30m length×0.25mm I.d.×0.25um film thickness), SPME fiber는 DVB/CAR/PDMS(50/30μm), 이동상 가스는 He(0.8mL/min), 오븐 온도는 40℃(6min)→200℃(5min), 오븐 온도의 Ratio는 2℃/min, Inlet mode는 Splitless mode이며 시료주입은 250℃/5min 탈착하며 Incubation 온도는 30℃로 설정하였다.

미생물군집 분석(Next Generation Sequencing, NGS)은 마크로젠(magrogen)에 의뢰하여 분석 하였다. 각 처리별 수집된 시료로부터 genomic DNA를 추출하기 위해 DNeasyPowerSoil Kit (Qiagen, Hilden, Germany) 을 사용하였다. 추출된 genomic DNA의 정밀한 농도 측정을 위해 PicoGreen (Invitrogen, Carlsbad, CA, USA) 장비를 이용하여 DNA 농도를 측정하여 실험에 사용하였다. ASV (Amplicon Sequence Variants) analysis Illumina MiSeq Raw data는 Sequencing이 완료된 후, 인덱스(Index) 서열을 이용하여 샘플별로 분류하고, 샘플별 paired-end FASTQ 파일을 생성하였다. Cutadapt(v3.2) 프로그램을 사용하여 sequencing adapter 서열과 target 유전자 영역의 F/R primer 서열을 제거 후 Forward 서열(Read1)과 Reverse 서열(Read2)을 각각 250bp로 자르는 과정을 진행하였다. Amplicon sequencing 과정의 오류를 교정(error-correction)하기 위해, R(v4.0.3) 프로그램의 DADA2(v1.18.0) package를 사용하였다. Paired-end Read를 대상으로 expected errors가 2 이상인 서열은 제외하였다. 이후, Batch 별 Error model을 수립하여 샘플 별 노이즈를 제거하였다. 이렇게 sequencing error가 교정된 paired-end 서열을 하나의 서열로 조립한 뒤, DADA2의 Consensus method를 사용하여 Chimera 서열을 제거하고 ASVs를 형성하였다. 생성된 ASVs를 대상으로 Length filter는 진행하지 않았고, 미생물 군집 비교 분석을 위해 QIIME(v1.9) 프로그램을 이용하여 전체 샘플 중 최소 read 수를 가지는 샘플의 read 수를 기준으로 subsampling을 적용하여 normalization 하였다. 각 ASVs 서열은 Reference DB(UNITE 8.2 2020-02-04 UNITE+INSD All Eukaryotes & UNITE 8.2 2020-02-20 Fungi2 99% Clustering)에 UCLUST 를 수행하여, 유사성이 가장 높은 reference의 organism 정보로 taxonomic assignment를 수행하였다. 이때, 할당된 reference는 query와 90% 이상의 서열 유사성을 갖는다. 또한, ASVs 서열 간의 multiple alignment를 위해 mafft(v7.475) 프로그램을 사용하였으며, FastTreeMP(v2.1.10) 프로그램을 이용하여 phylogenetic tree를 생성하였다. 위의 ASVs abundance와 taxonomy 정보로 QIIME을 이용하여, 다양한 미생물 군집 비교 분석을 수행하였다. 샘플 내 미생물 군집의 종 다양성 및 균등도를 확인하기 위해 Shannon index 및 Inverse Simpson index를 구하고, Rarefaction curve와 Chao1 값을 통해 Alpha diversity 정보를 확인하였다. Weighted 및 Unweighted UniFrac distance를 기반으로 샘플 간 Beta diversity (비교 그룹내 샘플 간 미생물 군집 다양성 정보)를 구하고, PCoA와 UPGMA tree를 통해 샘플 간 유연관계를 시각화하였다

## (시험 2) 장류 생산현장의 내·외부 제조환경 조사

장류 생산현장의 내·외부 제조 환경조사를 위하여 강원 춘천, 평창, 전남 담양, 순천 4개 지역의 전통장 제조업체(그림 1)를 선정하였다.



(그림 1) 강원·전남지역 장류식품 실태조사 대상업체(4개소)

4개 지역 전통장 발효환경은 그림 2와 같이 기존 방식의 노지발효와 스마트 환경관리 모델을 설치하여 조사하였다. 스마트 환경관리 모델은 지역별 특성에 적합한 시설 규격을 선정하기 위하여 풍속 및 적절심 조사를 통해 적정 내재해 온실을 선정하였다. 내재해 규격 07-단동-2폭(6m), 측고(1.7m), 동고(3.3m), 온실 규격은 6m(W) × 7.2m(L) × 3.3m(H) 1중 비닐온실, 2중 차광으로 설정하였다. 제어요인 설계(4종)은 측창, 차광, 순환팬, 배기팬으로 구성하며, 시험 온실 내외부 환경 계측을 실시하였다. 향아리 내부온도와 향아리 설치 장소의 외부 온도와 습도를 조사하기 위해 HOBO 온습도 센서(HOBOware Pro. U23, Onset Computer Co., Bourne, MA, USA)를 설치하여 온도와 습도 데이터를 수집하였다. 측정 데이터는 장가르기 직후부터 시험종료전까지 2시간 간격으로 수집하였다.



(그림 2) 노지 환경 및 스마트 환경관리 모델 시설 현황

본 연구는 매년 지역별로 전통장을 담가(표 1) 4회/년 시료를 수집하였고, 2년 동안 연구를 진행하였다. 시료는 각 지역별(JD, JS, GC, GP), 노지(F)와 스마트 환경 관리모델(S) 처리별, 제조 및 발효지역을 달리한 시료에 대해 발효지역(D, S, C, P)을 약자 순으로 표시하여 명명하였다.

<표 1> 1차년도 한식된장 제조 및 시료수집 시기

제조 년	제조 지역	발효 지역	발효 위치	시료 종류	메주		1차(5월)		2차(7월)		3차(10월)		4차(12월)	
					소금물 침지	수거일	기간	수거일	기간	수거일	기간	수거일	기간	
2021	담양	담양	노지	JDF	21.4.20	21.6.04	45	21.7.22	93	21.10.19	182	21.12.20	242	
			스마트	JDS	21.4.20	21.6.04	45	21.7.22	93	21.10.19	182	21.12.20	242	
		평창	노지	JDFP	21.4.20	21.6.04	45	21.7.21	92	21.10.20	183	21.12.20	242	
	순천	순천	노지	JSF	21.4.15	21.5.26	41	21.7.22	98	21.10.19	187	21.12.20	237	
			스마트	JSS	21.4.15	21.5.26	41	21.7.22	98	21.10.19	187	21.12.20	237	
		평창	노지	JSFP	21.4.15	21.5.26	41	21.7.21	97	21.10.20	188	21.12.20	237	
	춘천	춘천	노지	GCF	21.4.20	21.6.07	48	21.7.19	90	21.10.21	184	21.12.22	244	
			스마트	GCS	21.4.20	21.6.07	48	21.7.19	90	21.10.21	184	21.12.22	244	
		순천	노지	GCFS	21.4.20	21.6.07	48	21.7.22	93	21.10.19	182	21.12.22	244	
	평창	평창	노지	GPF	21.4.01	21.6.08	68	21.7.21	111	21.10.20	202	21.12.20	262	
			스마트	GPS	21.4.01	21.6.08	68	21.7.21	111	21.10.20	171	21.12.20	232	
	2022	담양	담양	노지	JDF	22.2.22	22.4.20	57	22.7.21	149	22.10.14	234	22.12.1	280
스마트				JDS	22.2.22	22.4.20	57	22.7.21	149	22.10.14	234	22.12.1	280	
평창			노지	JDFP	22.2.22	22.4.20	57	22.7.21	149	22.10.14	234	22.12.1	280	
순천		순천	노지	JSF	22.2.22	22.4.20	57	22.7.21	149	22.10.14	234	22.12.1	280	
			스마트	JSS	22.2.22	22.4.20	57	22.7.21	149	22.10.14	234	22.12.1	280	
		평창	노지	JSFP	22.2.22	22.4.20	57	22.7.21	149	22.10.14	234	22.12.1	280	
춘천		춘천	노지	GCF	22.2.22	22.4.20	57	22.7.21	149	22.10.14	234	22.12.2	280	
			스마트	GCS	22.2.22	22.4.20	57	22.7.21	149	22.10.14	233	22.12.2	280	
		순천	노지	GCFS	22.2.22	22.4.20	58	22.7.21	149	22.10.14	233	22.12.2	280	
평창		평창	노지	GPF	22.2.22	22.4.21	58	22.7.22	150	22.10.13	233	22.12.1	280	
			스마트	GPS	22.2.22	22.4.21	58	22.7.22	150	22.10.13	233	22.12.1	280	

\* F, 노지 / S, 스마트발효시설 / JDFP, 담양시료를 평창에서 발효 / JSFP, 순천→평창 / GCFS, 춘천→순천 / GPFS, 평창→순천에서 발효

### <제3세부과제: 스마트 관리모델 적용을 통한 지역별 전통장의 균총 생태계 변화 구명>

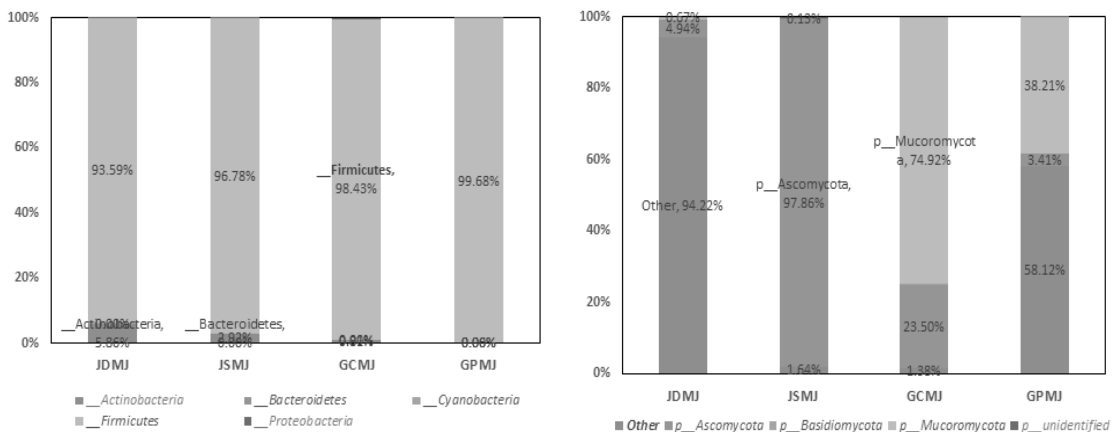
#### (시험 1) 한식된장의 미생물 특성 변화 실태조사

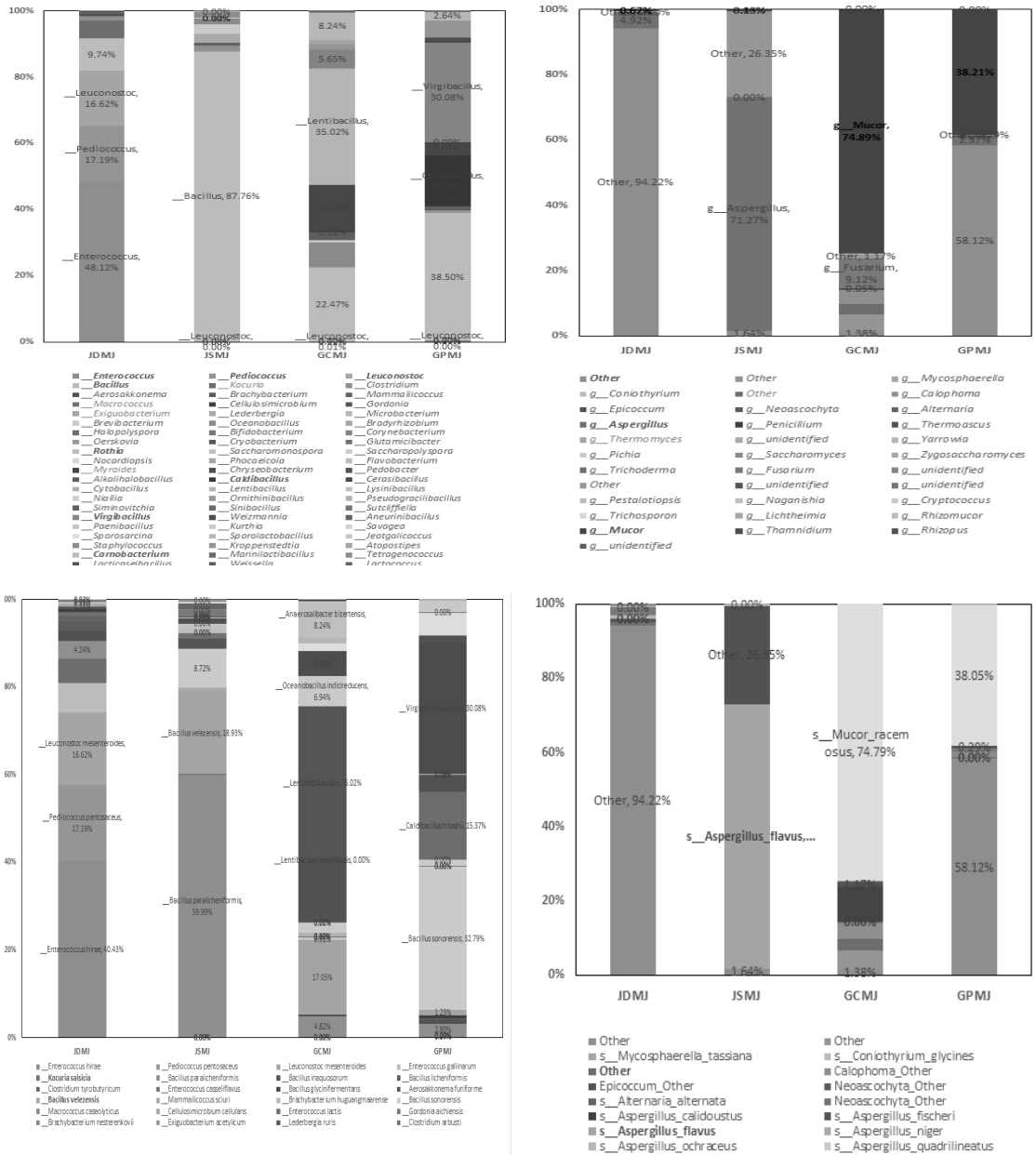
전통장 한식 된장 제조를 위한 원료인 메주는 제조 조건 및 환경에 의해 다양한 종류의 미생물 군집이 형성되고, 군집된 대표적인 미생물은 *Aspergillus*속(genus) 곰팡이와 *Bacillus*속 세균 등이며, 메주의 원료인 콩의 주성분인 단백질을 분해하여 구수한 맛 및 감칠맛과 관련된 글루탐산 등을 포함한 아미노산을 생성하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다.

<표 2> 메주의 미생물학적 특성

시료명	메주의 미생물학적 특성(Log CFU/g, Mean±SD)								
	총균수	곰팡이	효모	유산균	바실러스 세레우스	대장균군	리스테리아균	황색포도상구균	살모넬라균
담양	9.7±0.0	4.6±0.1	4.6±0.1	8.6±0.0	5.1±0.1	0.0±0.0	4.3±0.1	3.7±0.1	8.4±0.1
순천	9.7±0.0	6.9±0.1	3.1±0.0	5.8±0.0	6.0±0.1	0.0±0.0	4.5±0.1	3.5±0.1	4.2±0.1
춘천	9.2±0.0	6.0±0.1	0.0±0.0	4.7±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	4.3±0.1	3.3±0.1	4.3±0.1
평창	10.0±0.0	1.6±0.1	2.3±0.0	5.6±0.0	4.3±0.1	0.0±0.0	0.0±0.0	3.1±0.1	4.2±0.1
평균	9.7±0.3	4.8±2.3	2.5±1.9	6.2±1.7	3.8±2.7	0.0±0.0	3.3±2.2	3.4±0.3	5.3±2.1

각 지역별 메주의 미생물학적 특성을 조사한 결과(표 2), 식품공전 메주의 식중독균 바실러스 세레우스(*Bacillus cereus*) 허용치는 4Log CFU/g 이하이며, 초과하는 시료가 3개 지역이었다. 그 외 리스테리아균(3.1~3.7Log CFU/g), 황색포도상구균(3.1~3.7), 살모넬라균(4.2~8.4) 등이 검출되었다. 이를 통해 추후 메주 생산업체에 대한 제조시설의 위생 및 발효환경 관리가 필요할 것으로 사료 되었다.





(그림 3) 메주 미생물 군집 분석

메주 세균(bacteria) 군집 분석 결과(그림 3) 담양메주(JDMJ)는 *Enterococcus*속, 순천메주(JSMJ)는 *Bacillus*속, 춘천메주(GCMJ)는 *Lentibacillus*속, 평창메주(GPMJ)는 *Bacillus*속이 우점하였다. 진균(fungi) 군집 분석 결과 JDMJ, JSMJ는 *Aspergillus*속, GCMJ, GPMJ는 *Mucor*속 우점 하였다. 진균 경우 강원과 전남지역으로 구분 할 수 있었으며, 세균의 경우 업체별 차이가 있었다.

1차년도 메주 및 한식된장의 발효 시기별 곰팡이 독소 분석시(표 3) 전남메주에서 오크라톡신 A가 549.8 $\mu$ g/L로 검출되었다. 발효 초기 아플라톡신 B1 검출 업체가 6개소, 최대 JSS 3회차 32.5 $\mu$ g/L였으며, 한식된장의 오크라톡신 A는 JD, JS 지역에서 발효 초기 0~4.9 $\mu$ g/L, 발효후기 0~19.5 $\mu$ g/L로 검출되었다, 북부권인 강원도는 발효초기 0~1.1 $\mu$ g/L, 발효 후기 0~0.6 $\mu$ g/L로 남부권 대비 낮게 검출되었다.

<표 3> 1차년도 한식된장의 곰팡이 독소

		메주 및 한식된장의 곰팡이 독소( $\mu$ g/L, Mean $\pm$ SD)							
시료	차수	Aflatoxin B <sub>1</sub>	Aflatoxin B <sub>2</sub>	Aflatoxin G <sub>1</sub>	Aflatoxin G <sub>2</sub>	Ochratoxin A	Fumonisin B <sub>1</sub>	Fumonisin B <sub>2</sub>	Zearalenone
담양메주		ND	ND	ND	ND	549.8 $\pm$ 2.2	ND	ND	ND
순천메주		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
춘천메주		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
평창메주		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
JDF	1	ND	ND	ND	ND	4.9 $\pm$ 0.1	ND	1.2 $\pm$ 0.4	ND
	2	ND	ND	ND	ND	11.6 $\pm$ 0.1	ND	1.8 $\pm$ 0.3	ND
	3	ND	ND	ND	ND	22.3 $\pm$ 0.2	ND	ND	ND
	4	ND	ND	ND	ND	19.5 $\pm$ 0.2	ND	ND	ND
JDS	1	ND	ND	ND	ND	3.7 $\pm$ 0.0	ND	1.7 $\pm$ 0.1	ND
	2	ND	ND	ND	ND	13.0 $\pm$ 0.3	ND	1.3 $\pm$ 0.1	ND
	3	ND	ND	ND	ND	8.0 $\pm$ 0.3	ND	ND	ND
	4	ND	ND	ND	ND	2.1 $\pm$ 0.0	ND	ND	ND
JDFP	1	ND	ND	ND	ND	4.9 $\pm$ 0.1	ND	1.2 $\pm$ 0.4	ND
	2	0.4 $\pm$ 0.0	ND	ND	ND	14.2 $\pm$ 0.2	ND	ND	ND
	3	1.1 $\pm$ 0.0	ND	ND	ND	15.7 $\pm$ 0.2	ND	ND	ND
	4	6.0 $\pm$ 0.1	0.9 $\pm$ 0.0	ND	ND	16.0 $\pm$ 0.3	ND	ND	ND
JSF	1	0.1 $\pm$ 0.0	ND	ND	ND	1.9 $\pm$ 0.1	ND	1.3 $\pm$ 0.1	ND
	2	10.4 $\pm$ 0.2	3.4 $\pm$ 0.0	ND	ND	3.7 $\pm$ 0.1	ND	ND	ND
	3	7.1 $\pm$ 0.1	2.8 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.0	ND	4.1 $\pm$ 0.0	ND	ND	1.3 $\pm$ 0.1
	4	3.7 $\pm$ 0.0	1.6 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.0	ND	4.4 $\pm$ 0.0	ND	ND	ND
JSS	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	21.7 $\pm$ 0.3	5.2 $\pm$ 0.2	0.8 $\pm$ 0.0	ND	2.3 $\pm$ 0.1	ND	ND	ND
	3	32.5 $\pm$ 0.5	8.2 $\pm$ 0.3	1.8 $\pm$ 0.1	ND	3.2 $\pm$ 0.1	ND	ND	0.6 $\pm$ 0.0
	4	17.4 $\pm$ 0.1	4.5 $\pm$ 0.0	0.4 $\pm$ 5.6	ND	7.1 $\pm$ 3.6	ND	ND	ND

		메주 및 한식된장의 곰팡이 독소( $\mu\text{g/L}$ , Mean $\pm$ SD)							
시료	차수	Aflatoxin B <sub>1</sub>	Aflatoxin B <sub>2</sub>	Aflatoxin G <sub>1</sub>	Aflatoxin G <sub>2</sub>	Ochratoxin A	Fumonisin B <sub>1</sub>	Fumonisin B <sub>2</sub>	Zearalenone
JSFP	1	ND	ND	ND	ND	1.9 $\pm$ 0.1	ND	1.2 $\pm$ 0.4	ND
	2	11.4 $\pm$ 0.0	2.8 $\pm$ 0.0	ND	ND	1.4 $\pm$ 0.1	ND	ND	ND
	3	13.8 $\pm$ 0.3	4.3 $\pm$ 0.2	ND	ND	1.2 $\pm$ 0.1	ND	ND	ND
	4	9.8 $\pm$ 0.0	3.0 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.0	ND	1.5 $\pm$ 0.1	ND	ND	ND
GCF	1	0.1 $\pm$ 0.0	ND	ND	ND	ND	ND	2.2 $\pm$ 0.1	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.7 $\pm$ 0.2	2.4 $\pm$ 0.1
	3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.4 $\pm$ 0.0
	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
GCS	1	0.1 $\pm$ 0.0	ND	ND	ND	ND	ND	2.2 $\pm$ 0.1	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.9 $\pm$ 0.1	2.2 $\pm$ 0.1
	3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.4 $\pm$ 0.1
	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
GCFS	1	0.1 $\pm$ 0.0	ND	ND	ND	ND	ND	2.2 $\pm$ 0.1	ND
	2	ND	ND	ND	ND	1.3 $\pm$ 0.1	ND	1.5 $\pm$ 0.2	5.5 $\pm$ 0.1
	3	ND	ND	ND	ND	0.8 $\pm$ 0.0	ND	1.2 $\pm$ 0.1	5.9 $\pm$ 0.1
	4	ND	ND	ND	ND	0.6 $\pm$ 0.0	ND	2.4 $\pm$ 0.0	ND
GPF	1	0.1 $\pm$ 0.0	ND	ND	ND	1.1 $\pm$ 0.0	ND	1.5 $\pm$ 0.2	ND
	2	0.9 $\pm$ 0.0	ND	ND	ND	ND	ND	2.8 $\pm$ 0.4	ND
	3	0.6 $\pm$ 0.0	ND	ND	ND	ND	ND	2.2 $\pm$ 0.1	ND
	4	0.5 $\pm$ 0.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
GPS	1	0.1 $\pm$ 0.0	ND	ND	ND	1.1 $\pm$ 0.0	ND	1.5 $\pm$ 0.2	ND
	2	1.3 $\pm$ 0.0	ND	ND	ND	ND	ND	2.3 $\pm$ 0.1	ND
	3	0.5 $\pm$ 0.0	ND	ND	ND	ND	ND	1.5 $\pm$ 0.1	ND
	4	0.4 $\pm$ 5.6	ND	ND	ND	ND	ND	6.9 $\pm$ 1.1	ND

\* F, 노지 / S, 스마트발효시설 / JDFF, 담양시료를 평창에서 발효 / JSFP, 순천→평창 / GCFS, 순천→순천 / GPF, 평창→순천에서 발효

1차년도 발효 시기별 미생물 특성 비교시(표 4) 총균수는 발효초기 8.3~9.0Log cfu/g 발효 후기 8.3~9.2Log cfu/g로 유사하였고, 대장균군은 불검출 되었고, 효모는 발효초기 2.6~5.3Log cfu/g 발효후기 1.8~8.0Log cfu/g 감소하였고, 곰팡이 발효초기 2.6~5.8Log cfu/g 발효후기 0~6.4Log cfu/g로 JSF, JSS, JSFP, GCF, GCS, GCFS는 발효초기와 유사하거나 감소하는 경향을 보였다. 유산균은 발효초기 5.4~7.9Log cfu/g 발효후기 4.6~6.2Log cfu/g 감소하였다. 바실러스 세레우스 발효초기 2.1~5.3Log cfu/g 발효후기 2.0~4.9Log cfu/g로 나타났었다.

<표 4> 1차년도 한식된장의 미생물학적 변화

시료	발효 시기	한식된장의 미생물학적 특성(Log CFU/g, Mean±SD)								
		총균수	대장균군	효모	곰팡이	유산균	바실러스 세레우스	리스테리아균	황색 포도상구균	살모넬라균
JDF	1차	8,3±0.1	ND	4.3±0.2	5.7±0.1	7.7±0.1	2.5±0.1	8.2±0.0	6.3±0.2	6.5±0.0
	2차	8,3±0.1	ND	5.7±0.1	5.3±0.1	5.5±0.1	2.4±0.1	5.2±0.1	6.1±0.1	5.8±0.1
	3차	8,3±0.1	ND	6.0±0.0	4.2±0.1	4.8±0.0	2.4±0.1	4.5±0.1	6.0±0.0	5.4±0.1
	4차	8,4±0.1	ND	5.2±0.2	5.7±0.0	5.8±0.0	2.2±0.1	0.0±0.00	6.4±0.0	5.7±0.1
JDS	1차	8,7±0.0	ND	4.5±0.1	5.7±0.1	7.9±0.0	2.1±0.1	8.4±0.0	5.5±0.1	6.6±0.0
	2차	8,5±0.1	ND	5.6±0.1	4.8±0.2	6.9±0.1	2.3±0.1	7.0±0.1	6.7±0.0	5.6±0.0
	3차	8,5±0.0	ND	6.0±0.0	4.1±0.1	4.6±0.1	2.1±0.0	4.6±0.1	5.8±0.0	5.7±0.1
	4차	8,3±0.1	ND	5.3±0.1	5.7±0.0	5.3±0.1	2.2±0.0	0.0±0.0	6.2±0.1	5.5±0.1
JDFF	1차	8,3±0.0	ND	4.3±0.2	5.7±0.1	7.7±0.1	2.5±0.1	8.2±0.0	6.3±0.2	6.5±0.0
	2차	8,4±0.0	ND	4.9±0.1	5.0±0.2	7.0±0.0	2.2±0.1	7.3±0.0	6.5±0.0	6.3±0.1
	3차	8,4±0.0	ND	6.0±0.0	2.8±0.1	5.2±0.1	2.2±0.1	5.6±0.0	6.4±0.1	5.5±0.1
	4차	8,5±0.1	ND	8.0±0.0	6.4±0.3	5.9±0.0	2.0±0.0	0.0±0.0	6.2±0.0	5.7±0.1
JSF	1차	9,0±0.1	ND	5.3±0.2	5.8±0.2	6.8±0.1	4.8±0.0	7.2±0.0	5.4±0.2	5.8±0.0
	2차	8,9±0.1	ND	5.5±0.1	4.7±0.0	5.7±0.0	4.9±0.1	5.3±0.1	6.9±0.0	6.5±0.0
	3차	8,9±0.0	ND	5.4±0.1	4.6±0.1	5.4±0.1	4.7±0.0	5.3±0.1	7.0±0.0	7.0±0.1
	4차	9,0±0.1	ND	4.3±0.2	4.4±0.1	5.5±0.1	4.9±0.1	5.1±0.1	6.8±0.0	7.1±0.1
JSS	1차	8,7±0.1	ND	4.4±0.1	4.2±0.0	6.6±0.1	5.3±0.1	6.9±0.0	5.5±0.1	5.1±0.2
	2차	9,1±0.1	ND	5.4±0.1	5.0±0.1	6.0±0.0	5.4±0.1	5.2±0.2	6.7±0.1	6.7±0.1
	3차	9,3±0.1	ND	5.4±0.0	4.0±0.1	6.0±0.0	5.3±0.1	5.2±0.0	7.0±0.0	7.3±0.1
	4차	9,2±0.1	ND	4.5±0.1	4.0±0.1	6.2±0.1	4.9±0.0	4.9±0.1	7.9±0.1	7.5±0.1
JSFP	1차	9,0±0.1	ND	5.3±0.2	5.8±0.2	6.8±0.1	4.8±0.0	7.2±0.0	5.4±0.2	5.8±0.0
	2차	8,8±0.0	ND	5.2±0.2	4.9±0.1	6.3±0.1	4.3±0.1	5.4±0.0	6.6±0.1	4.4±0.1
	3차	9,9±0.0	ND	5.4±0.1	4.2±0.0	5.9±0.0	4.7±0.2	4.6±0.1	6.9±0.0	5.4±0.0
	4차	9,1±0.1	ND	5.2±0.2	4.8±0.1	5.8±0.0	4.9±0.0	5.2±0.1	7.3±0.0	6.7±0.0
GCF	1차	8,3±0.0	ND	2.6±0.1	2.6±0.1	5.4±0.0	3.9±0.1	6.0±0.1	6.5±0.1	7.4±0.1
	2차	8,9±0.0	ND	2.0±0.1	0.0±0.0	4.4±0.1	3.9±0.0	4.5±0.1	6.5±0.0	6.8±0.1
	3차	8,9±0.0	ND	1.9±0.1	1.4±0.1	3.4±0.1	4.1±0.0	2.4±0.1	6.8±0.1	7.4±0.1
	4차	9,1±0.0	ND	2.2±0.1	0.0±0.0	4.8±0.0	4.1±0.1	0.0±0.0	7.3±0.0	7.2±0.0
GCS	1차	8,3±0.0	ND	2.6±0.1	2.6±0.1	5.4±0.0	3.9±0.1	6.0±0.1	6.5±0.1	7.4±0.1
	2차	8,8±0.0	ND	2.2±0.1	1.5±0.2	3.7±0.0	3.6±0.0	4.5±0.1	6.3±0.1	6.9±0.2
	3차	8,7±0.1	ND	1.6±0.1	1.6±0.0	4.7±0.0	3.7±0.0	2.2±0.1	6.6±0.1	7.4±0.1
	4차	9,1±0.0	ND	1.8±0.1	1.6±0.1	4.6±0.0	3.8±0.0	0.0±0.0	7.3±0.1	7.2±0.2

시료	발효 시기	한식된장의 미생물학적 특성(Log CFU/g, Mean±SD)								
		총균수	대장균군	효모	곰팡이	유산균	바실러스 세레우스	리스테리아균	황색포도상구균	살모넬라균
GCFS	1차	8.3±0.0	ND	2.6±0.1	2.6±0.1	5.4±0.0	3.9±0.1	6.0±0.1	6.5±0.1	7.4±0.1
	2차	8.9±0.0	ND	2.6±0.1	3.2±0.0	4.7±0.0	4.3±0.0	4.6±0.0	6.3±0.1	6.8±0.2
	3차	8.7±0.0	ND	3.2±0.1	2.1±0.1	4.8±0.0	4.2±0.1	4.1±0.1	6.8±0.1	7.3±0.1
	4차	8.9±0.0	ND	3.6±0.0	2.1±0.1	4.8±0.0	4.2±0.1	0.0±0.0	7.3±0.1	7.3±0.1
GPF	1차	8.3±0.0	ND	5.2±0.1	3.4±0.1	7.1±0.0	3.8±0.1	7.5±0.0	6.5±0.0	6.5±0.1
	2차	8.7±0.0	ND	3.9±0.1	4.2±0.1	6.1±0.0	4.2±0.2	6.6±0.1	6.7±0.1	6.7±0.0
	3차	8.4±0.1	ND	4.2±0.1	3.8±0.1	6.1±0.1	3.8±0.2	2.2±0.1	7.0±0.0	7.0±0.1
	4차	8.6±0.1	ND	4.5±0.1	4.3±0.1	5.7±0.1	3.9±0.2	0.0±0.0	7.2±0.1	6.7±0.0
GPS	1차	8.3±0.0	ND	5.2±0.1	3.4±0.1	7.1±0.0	3.8±0.1	7.5±0.0	6.5±0.0	6.5±0.1
	2차	8.6±0.1	ND	4.1±0.2	4.1±0.1	6.1±0.0	3.9±0.1	6.6±0.1	6.7±0.1	6.6±0.0
	3차	8.4±0.1	ND	4.6±0.1	4.4±0.1	5.9±0.1	3.9±0.1	3.4±0.0	7.1±0.0	7.2±0.1
	4차	8.6±0.0	ND	5.1±0.0	4.3±0.1	5.7±0.0	4.0±0.0	0.0±0.0	7.1±0.0	6.8±0.0

\* F, 노지 / S, 스마트발효시설 / JDFF, 담양시료를 평창에서 발효 / JSFP, 순천 → 평창 / GCFS, 춘천 → 순천 / GPF, 평창 → 순천에서 발효

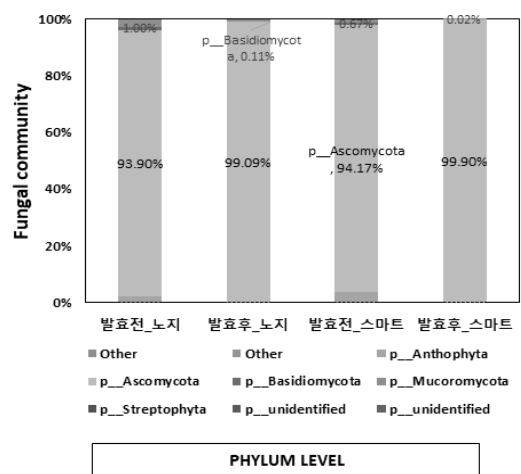
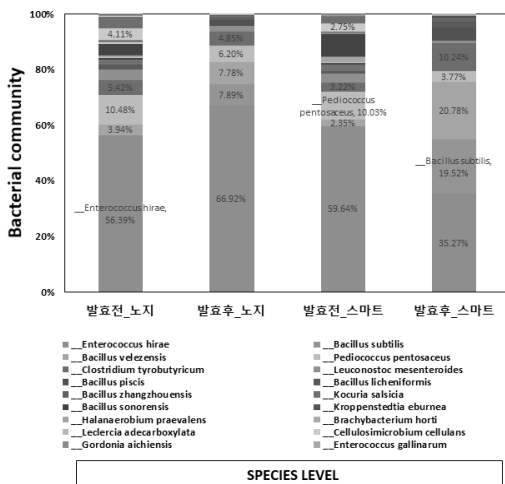
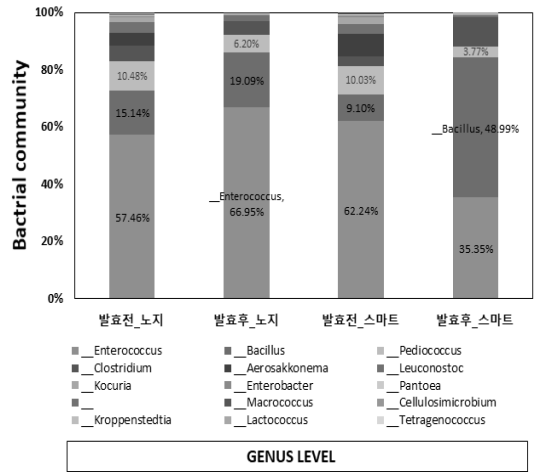
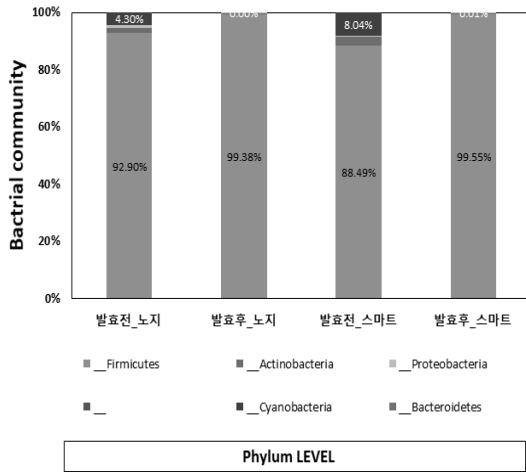
1차년도 발효 시기별 한식된장 수분함량은(표 5) 발효 초기 52.57~61.25% 발효후기 52.01~65.31%로, 보통 발효가 진행될수록 감소하지만, 춘천(GC)에서 제조한 한식된장을 제외한 모든 곳에서 발효초기와 유사하거나, 증가하였다. 단백질 함량은 발효초기 9.34~15.06%, 발효가 진행될수록 10.69~17.39%로 증가하는 경향을 보였다.

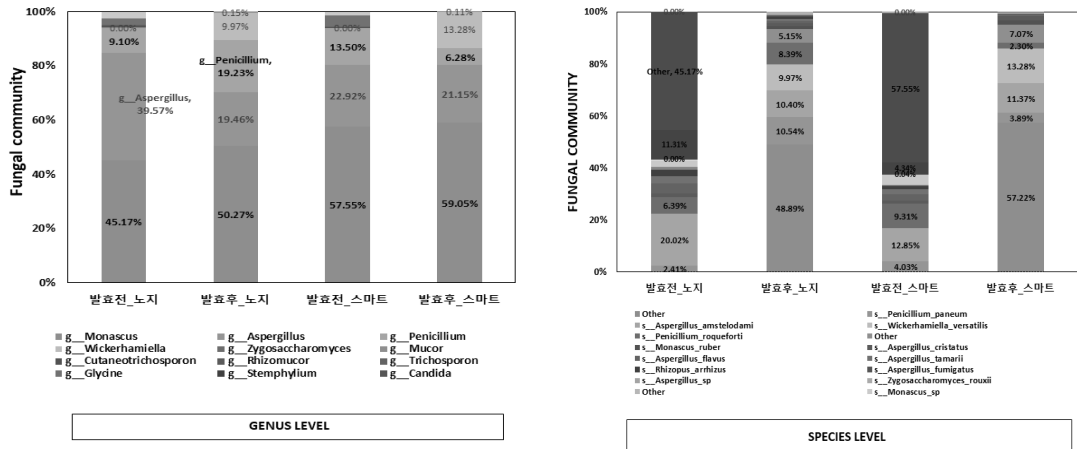
<표 5> 1차년도 한식된장 일반성분

시료	발효 시기	한식된장 일반성분(mg/100g)					조섬유
		수분	단백질	지방	회분	탄수화물	
JDF	1차	52.57±0.05	14.53±0.14	0.14±0.03	16.46±0.09	16.29±0.29	2.83±0.27
	2차	52.44±0.13	14.94±0.06	0.05±0.01	16.63±0.04	15.94±0.15	3.30±0.12
	3차	52.31±0.04	14.80±0.05	0.22±0.02	16.91±0.02	15.76±0.04	2.26±0.06
	4차	53.06±0.05	14.99±0.13	0.29±0.04	16.80±0.06	14.86±0.23	3.05±0.23
JDS	1차	52.99±0.16	14.52±0.09	0.17±0.03	16.11±0.06	16.21±0.06	3.68±0.00
	2차	52.84±0.16	14.71±0.09	0.11±0.01	16.20±0.07	16.14±0.19	3.88±0.25
	3차	53.63±0.11	14.68±0.05	0.28±0.01	16.60±0.07	14.82±0.12	2.68±0.20
	4차	54.14±0.05	14.62±0.14	0.23±0.03	16.53±0.09	14.48±0.27	2.87±0.13
JDFF	1차	52.57±0.05	14.53±0.14	0.15±0.03	16.46±0.09	16.29±0.29	2.83±0.27
	2차	51.22±0.36	15.18±0.44	0.04±0.01	17.08±0.08	16.47±0.18	3.85±0.14
	3차	52.95±0.11	14.38±0.09	0.27±0.01	17.03±0.09	15.36±0.23	3.35±0.38
	4차	52.95±0.01	15.05±0.19	0.26±0.05	17.67±0.05	14.07±0.21	3.83±0.36

시료	발효 시기	한식된장 일반성분(mg/100g)					조섬유
		수분	단백질	지방	회분	탄수화물	
JSF	1차	55.66±0.05	14.52±0.09	0.21±0.05	13.91±0.03	15.16±0.08	2.54±0.11
	2차	54.22±0.07	14.71±0.09	0.14±0.03	14.04±0.10	15.93±0.03	3.68±0.24
	3차	54.07±0.12	14.68±0.05	0.34±0.04	14.10±0.03	15.76±0.22	2.81±0.25
	4차	52.01±0.56	14.62±0.14	0.22±0.05	14.09±0.07	16.30±0.41	3.59±0.41
JSS	1차	56.27±0.10	14.53±0.14	0.23±0.10	14.52±0.05	14.60±0.19	2.95±0.42
	2차	54.30±0.12	15.18±0.44	0.22±0.07	14.26±0.10	16.21±0.17	4.08±0.58
	3차	54.66±0.03	14.38±0.09	0.33±0.04	14.65±0.02	15.21±0.07	2.40±0.16
	4차	55.08±0.03	15.05±0.19	0.20±0.01	14.59±0.03	14.92±0.05	3.81±0.28
JSFP	1차	55.66±0.05	15.06±0.05	0.21±0.05	13.91±0.03	15.16±0.08	2.54±0.11
	2차	54.56±0.19	15.67±0.21	0.29±0.02	14.66±0.12	15.38±0.22	3.81±0.34
	3차	54.33±0.76	15.73±0.13	0.24±0.02	14.71±0.21	15.70±0.69	3.22±0.20
	4차	56.29±0.09	17.39±0.30	0.49±0.04	14.35±0.20	13.90±0.16	3.09±0.31
GCF	1차	61.25±0.29	14.38±0.07	0.21±0.04	15.20±0.05	14.00±0.37	1.64±0.10
	2차	57.12±0.34	15.01±0.08	0.25±0.01	16.33±0.09	16.35±0.65	2.84±0.27
	3차	58.18±0.02	15.15±0.06	0.34±0.03	17.31±0.08	13.74±0.16	2.20±0.26
	4차	56.75±0.04	15.21±0.04	0.44±0.03	17.62±0.05	14.49±0.13	2.79±0.24
GCS	1차	61.25±0.29	15.06±0.05	0.21±0.04	15.20±0.05	14.00±0.37	1.64±0.10
	2차	57.12±0.34	15.11±0.15	0.26±0.03	15.33±0.01	15.57±0.53	2.53±0.30
	3차	58.18±0.02	15.02±0.08	0.36±0.06	16.30±0.02	13.88±0.38	1.66±0.08
	4차	56.75±0.04	14.96±0.06	0.43±0.08	16.16±0.32	12.89±0.61	1.93±0.03
GCFS	1차	61.25±0.29	9.34±0.46	0.21±0.04	15.20±0.05	14.00±0.37	1.64±0.10
	2차	60.81±0.03	9.95±0.35	0.12±0.01	14.86±0.21	14.25±0.21	1.80±0.06
	3차	61.25±0.28	10.44±0.07	0.31±0.05	14.89±0.05	13.68±0.38	1.84±0.16
	4차	60.42±0.42	10.69±0.09	0.43±0.02	15.10±0.06	14.04±0.47	2.48±0.39
GPF	1차	60.32±0.24	13.28±0.48	0.50±0.11	10.00±0.15	15.91±0.69	2.78±0.17
	2차	58.63±0.20	14.29±0.28	0.42±0.04	11.39±0.06	15.27±0.21	2.43±0.10
	3차	63.52±0.29	13.88±0.06	0.40±0.06	10.73±0.02	11.47±0.27	2.20±0.10
	4차	65.31±0.23	11.75±0.19	1.08±0.09	10.51±0.11	11.34±0.38	1.87±0.11
GPS	1차	60.32±0.24	13.28±0.48	0.50±0.11	10.00±0.15	15.91±0.69	2.78±0.17
	2차	57.76±0.15	13.95±0.60	0.22±0.04	11.91±0.10	16.15±0.53	2.62±0.17
	3차	60.27±0.23	12.86±0.21	0.72±0.15	12.78±0.08	13.38±0.26	1.91±0.05
	4차	61.97±0.41	11.83±0.12	0.72±0.09	11.31±0.01	14.17±0.28	2.03±0.42

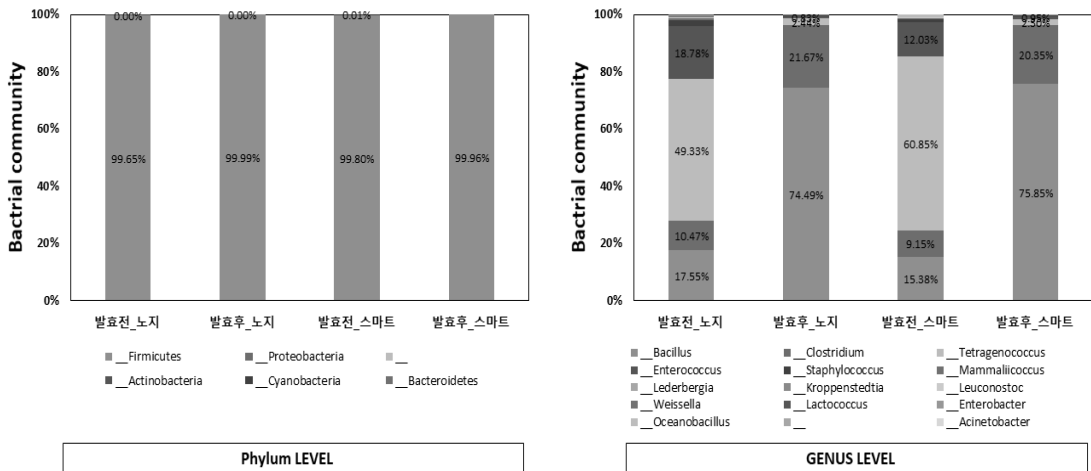
1차년도 담양지역 한식된장의 미생물 군집분석 결과(그림 4) 세균의 속 수준(Genus level)에서는 노지의 발효 전 *Enterococcus*속이 57.46%, 발효 후 66.95%로 우세하였고, 스마트 시설의 발효 전 *Enterococcus*속이 62.24%, 발효 후 35.35%로 낮아졌다. *Bacillus*속이 48.99%로 우세하였으며 발효환경에 따라 발효 후기 우점균이 달라졌고, 종 수준(Species Level)에서는 노지의 발효 전 *Enterococcus hirae*종이 56.39%, 발효 후 66.92%로 우세하며, 스마트 시설의 발효 전 *Enterococcus hirae*종이 59.64%, 발효 후 35.27%, *Bacillus subtilis*종이 19.52%로 우세하였다. 진균의 문(Phylum) 수준에서 발효시기 및 환경에 따라 *Ascomycota*문이 93.90-99.90% 우점균을 차지하였다. 속 수준(Genus level)에서는 노지의 발효 전 *Monascus*속이 45.17%, 발효 후 50.27%로 우세, 스마트 시설의 발효 전 *Monascus*속이 57.55%, 발효 후 59.05%로 우세하였다.

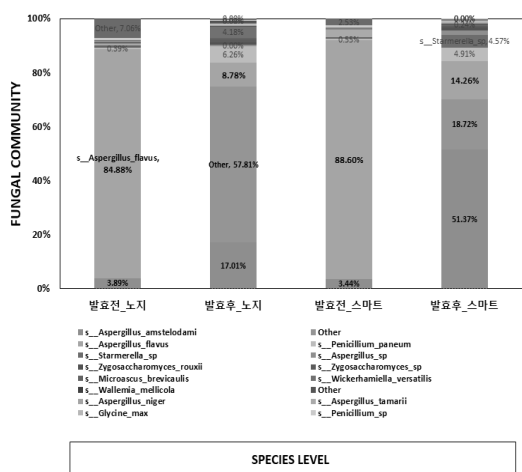
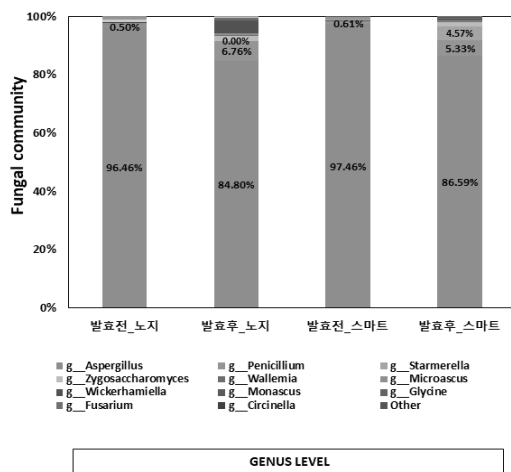
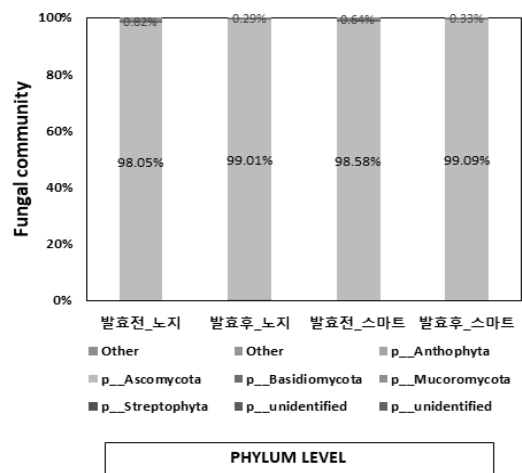
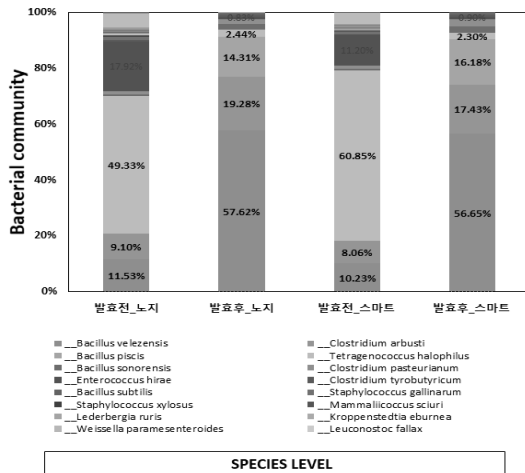




(그림 4) 담양 발효 시기 및 환경에 따른 미생물(세균·진균) 군집 변화

1차년도 순천지역 한식된장의 미생물 군집분석 결과(그림 5) 세균의 속 수준(Genus level)에서는 노지의 발효 전 *Tetragenococcus*속이 49.33%, 발효 후 *Bacillus*속이 74.49%로 우세하였고, 스마트 시설의 발효 전 *Tetragenococcus*속이 60.85%로 우세하였고 발효후 *Bacillus*속이 75.85%로 우세하였으며 종 수준(Species Level)에서는 노지의 발효 전 *Tetragenococcus halophilus*종이 49.33%, 발효 후 *Bacillus velezensis*종이 57.62%로 우세하였다. 스마트 시설의 발효 전 *Tetragenococcus halophilus*종이 60.85%, 발효 후 *Bacillus velezensis*종이 56.65%로 우세하였다. 진균의 문(Phylum) 수준에서 발효시기 및 환경에 따라 *Ascomycota*문이 98.05~99.09% 우점균을 차지하였다. 속 수준(Genus level)에서는 노지 및 스마트의 발효 전 *Aspergillus*속이 96.46~87.46%, 발효 후 *Aspergillus*속이 84.80~86.59%로 우세하였다. 종 수준(Species Level)에서는 노지 및 스마트 시설 발효 전 *Aspergillus flavus*종이 84.88~88.60%, 스마트 발효 후 *Aspergillus amstelodami*종 51.37%로 우세하였다.

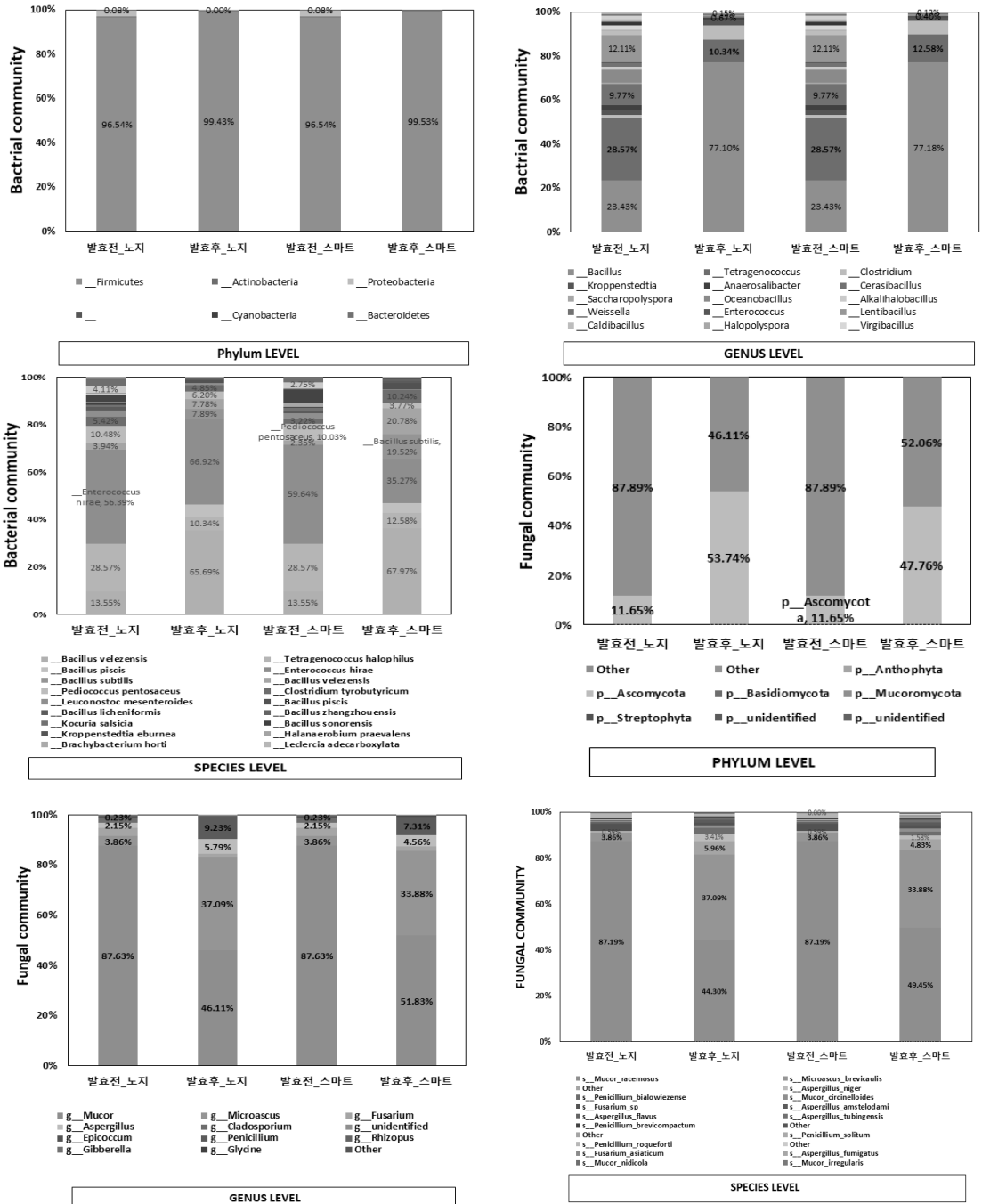




(그림 5) 순천 발효 시기 및 환경에 따른 미생물(세균·진균) 군집 변화

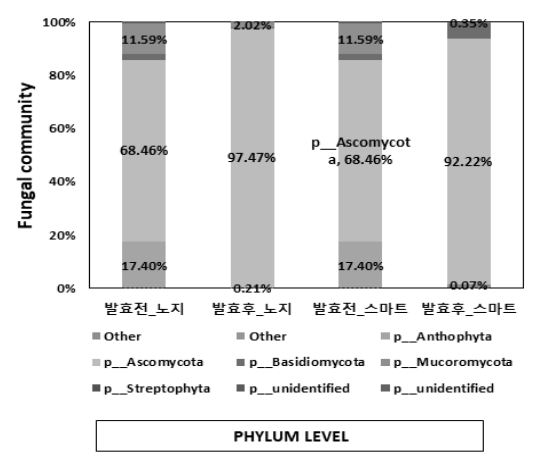
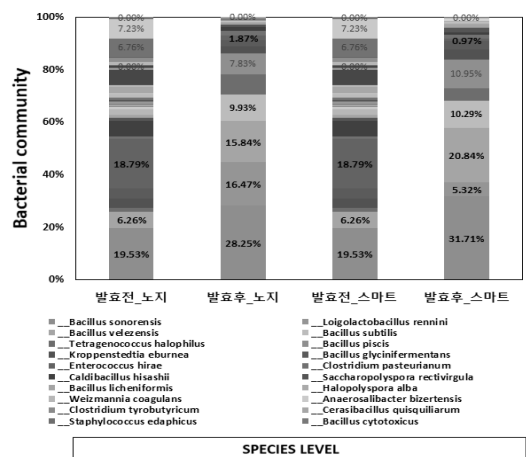
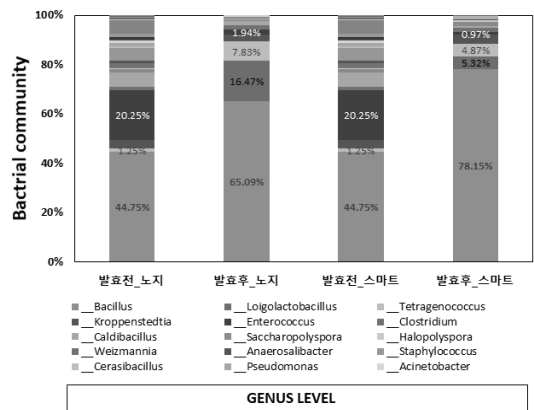
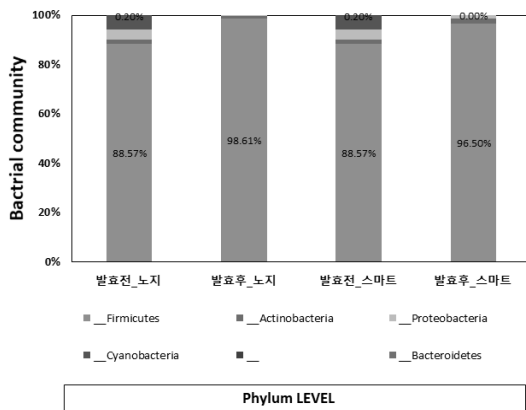
1차년도 춘천지역 한식된장의 미생물 군집분석 결과(그림 6) 세균의 속 수준(Genus level)에서 노지 및 스마트시설 발효 전 *Tetragenococcus*속이 28.57%, *Bacillus*속이 23.43%로 우세하였고, 노지 발효 후 *Bacillus*속이 77.10%, 스마트 시설 발효 후 *Bacillus*속이 77.18%로 우세하였다. 종 수준(Species Level)에서는 노지의 발효 전 *Tetragenococcus halophilus*종이 49.33%, 발효 후 *Bacillus velezensis*종이 57.62%로 우세하였다. 종 수준(Species Level)에서는 노지 및 스마트 시설 발효 전 *Tetragenococcus halophilus*종이 28.57%, *Bacillus velezensis*종이 13.55%를 차지하였고, 노지 발효 후 *Bacillus velezensis*종이 65.69%로 우세하였다. 스마트 시설의 발효 후 *Bacillus velezensis*종이 67.97%로 우세하였다. 진균의 문(Phylum) 수준에서 노지 및 스마트 시설 발효 전 *Mucoromycota*문이 87.89%, *Ascomycota*문이 11.65%로 우세하였고, 노지 발효 후 *Ascomycota*문이 53.74%, *Mucoromycota*문이 46.11% 우세하였다. 스마트 시설의 발효 후 *Mucoromycota*문이 52.06%, *Ascomycota*문이 47.76%로 우세하였다. 속 수준(Genus level)에서는 노지 및 스마트의 발효 전 *Mucor*속이 87.63%로 우세하였고, 노지 발효 후 *Mucor*속 46.11%,

*Microascus*속 37.09%우세하였다. 종 수준(Species Level)에서는 노지 및 스마트 시설 발효 전 *Mucor racemosus*종이 87.19%이었고, 노지 발효 후 *Mucor racemosus*종 44.30%, *Microascus brevicaulis*종 37.09%로 우세하였다. 스마트 시설 발효 후 *Mucor racemosus*종 49.45%, *Microascus brevicaulis*종 33.88%로 우세하였다.



(그림 6) 춘천 발효 시기 및 환경에 따른 미생물(세균) 군집 변화

1차년도 평창지역 한식된장의 미생물 군집분석 결과(그림 7) 세균의 속 수준(Genus level)에서 노지 및 스마트시설 발효 전 *Bacillus*속이 44.75%, *Enterococcus*속이 20.25%로 우세하였고, 노지 발효 후 *Bacillus*속이 65.09%로 우세, 스마트 시설 발효 후 *Bacillus*속이 78.15%로 우세하였다. 종 수준(Species Level)에서는 노지의 발효 전 *Bacillus sonorensis*종 19.53%, *Enterococcus hirae*종 18.79%를 차지하였고, 노지 발효 후 *Bacillus sonorensis*종 28.25%, *Loigolactobacillus rennini*종 16.47%로 우세하였다. 스마트 시설의 발효 후 *Bacillus sonorensis*종 31.71%, *Bacillus velezensis*종 20.84%로 우세하였다. 진균의 문(Phylum) 수준에서 노지 및 스마트시설 발효 전 *Ascomycota*문이 68.46%, *Anthophyta*문이 17.4%로 우세하였고, 노지 발효 후 *Ascomycota*문이 97.47, 스마트 시설의 발효 후 *Ascomycota*문이 92.22%로 우세하였다. 속 수준(Genus level)에서는 노지 및 스마트의 발효 전 *Aspergillus*속이 41.20%로 우세하였고, 노지 발효 후 *Debaryomyces*속 72.39% 우세하였고, 스마트 발효 후 *Debaryomyces*속 32.29%, *Wickerhamiella*속 25.69%, *Zygosaccharomyces*속 23.65%순으로 우세하였다. 종 수준(Species Level)에서는 노지 및 스마트시설의 발효 전 *Glycine max*종 15.76%, *Enterococcus hirae*종 18.79%를 차지하였고, 노지 발효 후 *Debaryomyces\_hanseni*종 72.39%로 우세하였다. 스마트 시설의 발효 후 *Debaryomyces\_hanseni*종 32.29%, *Wickerhamiella versatilis*종 25.69%로 우세하였다.





발효지역 및 시기별 한식된장의 향기성분 분석 결과(그림 8) 담양지역 한식된장 주 향기성분은 발효후기에 매운, 달콤한, 견과류와 같은 향으로 묘사되는 향기성분 pyrazine, 케톤을 연상시키는 날카롭고 달콤한 향성분이 증가하였고, 발효초기에는 당류의 에탄올 발효의 미량 생성물로 자연적으로 발생하는 1-butanol 성분이 주를 이루었다. 마찬가지로 순천지역도 발효초기 1-butanol 성분이 주를 이루고 발효후기 감소하였다. Cyclopentasiloxane, pyrazine 은 발효가 진행될수록 증가하였다. 춘천지역은 발효초기 특히 약간 자극적이고 불쾌한 냄새가 나는 향으로 묘사되는 propaninic acid 성분이 증가하였다. 평창 지역은 발효 초기 불쾌취와 관련 1-butanol, iso valeric acid 이 주를 이루었고, 후기 ethyl 2-hydroxypropanate, 7-octen-4-ol, pyrazine 등이 증가하였다. 향기 주성분 분석 시 발효초기와 발효 수 시료의 차이는 있었으며, 노지 및 스마트 시설의 차이는 없었다.

2차년도 발효 시기별 미생물 특성 비교시(표 6) 총균수는 발효초기 8.61~9.39Log cfu/g로 발효후기 7.64~9.21Log cfu/g와 유사하였고, 대장균군은 불검출 되었고, 효모는 발효초기 2.42~6.59Log cfu/g, 발효후기 2.30~7.06Log cfu/g 이었고, 곰팡이는 발효초기 2.69~6.57Log cfu/g 였으나 발효후기 1.59~5.354Log cfu/g로 감소하는 경향을 보였다. 유산균은 발효초기 5.93~8.82Log cfu/g, 발효후기 3.21~5.80Log cfu/g로 감소하였다. 바실러스 세레우스는 발효초기 0~5.27Log cfu/g였고 발효후기는 0~4.25Log cfu/g로 나타났다.

<표 6> 2차년도 한식된장의 미생물학적 변화

시료	발효 시기	한식된장의 미생물학적 특성(Log CFU/g, Mean±SD)						
		총균수	대장균군	효모	곰팡이	유산균	바실러스 세레우스	클로스트리디움 퍼스핀젠스
JDF	1차	8.82±0.04	0.00±0.00	6.26±0.05	6.13±0.05	8.82±0.02	1.40±0.17	0.00±0.00
	2차	7.67±0.05	0.00±0.00	5.53±0.11	4.43±0.12	4.21±0.09	0.87±0.75	0.00±0.00
	3차	7.82±0.03	0.00±0.00	5.52±0.07	3.23±0.12	4.45±0.05	1.49±0.20	0.00±0.00
	4차	7.86±0.05	0.00±0.00	6.14±0.03	5.30±0.04	4.36±0.17	1.20±0.17	0.00±0.00
JDS	1차	8.80±0.08	0.00±0.00	6.59±0.11	6.57±0.05	8.79±0.07	0.00±0.00	0.00±0.00
	2차	7.68±0.07	0.00±0.00	5.47±0.07	4.20±0.10	2.93±0.13	1.00±0.00	0.00±0.00
	3차	7.90±0.01	0.00±0.00	5.70±0.02	4.36±0.12	3.33±0.13	0.00±0.00	0.00±0.00
	4차	7.64±0.06	0.00±0.00	4.83±0.22	5.35±0.12	3.21±0.12	0.00±0.00	0.00±0.00
JDFP	1차	9.29±0.13	0.00±0.00	6.34±0.15	6.25±0.11	8.77±0.04	1.66±0.10	0.00±0.00
	2차	8.32±0.12	0.00±0.00	5.59±0.04	5.87±0.11	7.47±0.02	1.81±0.13	0.00±0.00
	3차	7.67±0.06	0.00±0.00	5.71±0.02	6.31±0.04	5.42±0.07	0.33±0.58	0.00±0.00
	4차	7.93±0.04	0.00±0.00	6.45±0.05	5.30±0.06	4.73±0.06	0.49±0.85	0.00±0.00
JSF	1차	8.61±0.12	0.00±0.00	6.55±0.12	5.97±0.07	8.18±0.12	5.24±0.09	0.00±0.00
	2차	7.89±0.03	0.00±0.00	5.31±0.03	3.67±0.07	5.95±0.01	1.70±0.20	0.00±0.00
	3차	7.69±0.09	0.00±0.00	4.16±0.09	2.78±0.16	5.50±0.03	1.72±0.12	0.00±0.00
	4차	7.60±0.02	0.00±0.00	4.20±0.09	2.59±0.26	5.47±0.02	1.74±0.13	0.00±0.00

시료	발효 시기	한식된장의 미생물학적 특성(Log CFU/g, Mean±SD)						
		총균수	대장균군	효모	곰팡이	유산균	바실러스 세레우스	클로스트리디움 퍼스피젠스
JSS	1차	8,84±0,11	0,00±0,00	5,75±0,06	5,73±0,28	8,65±0,10	5,64±0,04	0,00±0,00
	2차	8,11±0,10	0,00±0,00	4,18±0,03	2,62±0,28	6,43±0,03	1,42±0,10	0,00±0,00
	3차	8,18±0,07	0,00±0,00	4,15±0,03	1,82±0,11	6,03±0,18	1,82±0,11	0,00±0,00
	4차	7,81±0,03	0,00±0,00	4,82±0,02	1,59±1,38	5,80±0,07	1,42±0,10	0,00±0,00
JSFP	1차	9,39±0,08	0,00±0,00	5,42±0,12	4,35±0,10	8,05±0,14	5,27±0,04	0,00±0,00
	2차	9,38±0,05	0,00±0,00	5,38±0,07	4,69±0,21	7,18±0,12	5,35±0,05	3,71±0,07
	3차	9,28±0,09	0,00±0,00	4,40±0,05	4,20±0,05	6,29±0,15	5,04±0,08	3,52±0,07
	4차	9,21±0,01	0,00±0,00	4,66±0,06	3,86±0,17	6,15±0,10	5,28±0,06	4,47±0,03
GCF	1차	8,68±0,02	0,00±0,00	4,30±0,10	3,93±0,08	5,93±0,08	3,65±0,16	0,00±0,00
	2차	9,02±0,02	0,00±0,00	1,59±0,26	1,39±0,36	5,81±0,06	4,07±0,11	2,36±0,10
	3차	8,85±0,04	0,00±0,00	1,65±0,16	0,00±0,00	4,56±0,05	3,78±0,16	0,00±0,00
	4차	8,82±0,03	0,00±0,00	2,30±0,04	1,73±0,15	4,56±0,09	3,70±0,07	2,10±0,17
GCS	1차	8,66±0,02	0,00±0,00	2,42±0,07	2,69±0,09	5,15±0,02	3,42±0,05	0,00±0,00
	2차	8,87±0,02	0,00±0,00	3,30±0,08	0,77±0,68	5,98±0,01	2,97±0,07	1,43±1,25
	3차	9,11±0,09	0,00±0,00	1,56±0,24	1,39±0,36	4,48±0,04	3,01±0,09	0,00±0,00
	4차	8,77±0,02	0,00±0,00	1,52±0,07	2,03±0,29	4,39±0,07	3,13±0,08	1,59±1,38
GCFS	1차	8,78±0,05	0,00±0,00	2,69±0,05	3,05±0,06	6,41±0,12	3,87±0,07	3,00±0,04
	2차	8,87±0,04	0,00±0,00	1,42±0,10	2,12±0,07	5,72±0,06	3,54±0,13	2,59±0,11
	3차	9,09±0,09	0,00±0,00	0,77±0,68	0,00±0,00	5,05±0,08	3,80±0,04	1,63±1,42
	4차	8,68±0,01	0,00±0,00	2,68±0,03	2,16±0,05	4,81±0,04	3,65±0,02	2,26±0,24
GPF	1차	9,23±0,07	2,69±0,05	4,84±0,04	3,27±0,08	6,84±0,04	3,42±0,07	0,00±0,00
	2차	9,34±0,30	0,00±0,00	4,43±0,08	4,04±0,13	6,45±0,05	4,28±0,07	0,67±1,15
	3차	9,14±0,09	0,00±0,00	5,72±0,06	4,21±0,12	5,47±0,12	4,31±0,03	0,00±0,00
	4차	8,99±0,03	0,00±0,00	6,45±0,05	4,06±0,06	5,32±0,14	4,25±0,07	1,59±1,38
GPS	1차	8,93±0,05	0,00±0,00	4,82±0,04	3,24±0,15	6,42±0,07	3,66±0,03	0,00±0,00
	2차	8,99±0,02	0,00±0,00	4,36±0,08	4,33±0,05	6,52±0,05	4,22±0,05	0,67±1,15
	3차	9,23±0,03	0,00±0,00	4,42±0,09	4,07±0,09	5,48±0,03	4,27±0,11	0,00±0,00
	4차	8,93±0,03	0,00±0,00	5,44±0,12	4,40±0,07	5,45±0,05	4,03±0,11	0,00±0,00
GPFS	1차	9,03±0,09	0,00±0,00	5,23±0,13	4,38±0,08	6,78±0,03	3,82±0,02	0,00±0,00
	2차	9,10±0,02	0,00±0,00	6,48±0,06	4,93±0,17	6,55±0,04	4,08±0,06	0,00±0,00
	3차	9,13±0,12	0,00±0,00	6,26±0,10	4,26±0,14	5,41±0,06	3,76±0,15	0,00±0,00
	4차	8,88±0,01	0,00±0,00	7,06±0,05	3,47±0,07	5,48±0,05	4,03±0,12	0,00±0,00

\* F, 노지 / S, 스마트발효시설 / JDFP, 담양시료를 평창에서 발효 / JSFP, 순천 → 평창 / GCFS, 순천 → 순천 / GPFS, 평창 → 순천에서 발효

2차년도 한식된장의 발효 시기별 곰팡이 독소 분석시 JDF 에서 아플라톡신B1 A가 549.8 $\mu$ g/L로 검출되었다. 발효 초기 아플라톡신 B1 검출 시료가 2개이며, 최대 JDF 1회차 2.8 $\mu$ g/L였으며, JDS 2회차 2.5 $\mu$ g/L로 나타났다. 한식된장의 오크라톡신 A는 2회차 JSFP 35.8 $\mu$ g/L로 높게 나타났다.

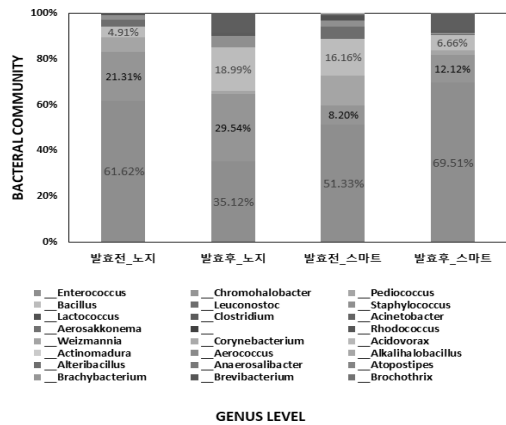
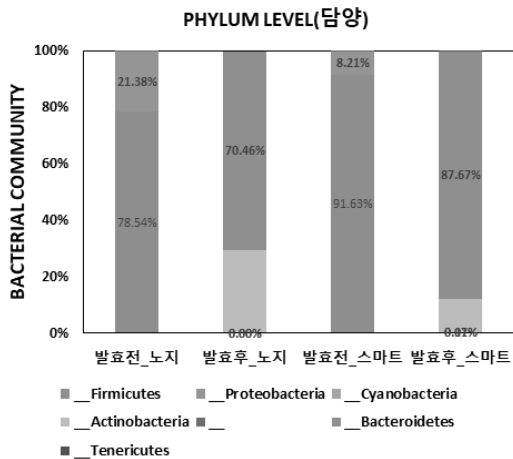
<표 7> 2차년도 한식된장의 곰팡이 독소

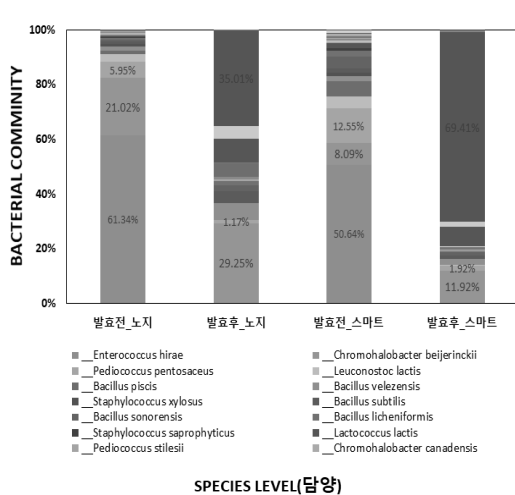
시료	차수	메주 및 한식된장의 곰팡이 독소( $\mu$ g/L, Mean $\pm$ SD)							
		Aflatoxin B <sub>1</sub>	Aflatoxin B <sub>2</sub>	Aflatoxin G <sub>1</sub>	Aflatoxin G <sub>2</sub>	Ochratoxin A	Fumonisin B <sub>1</sub>	Fumonisin B <sub>2</sub>	Zearalenone
JDF	1	2,8 $\pm$ 1.6	ND	ND	ND	5,1 $\pm$ 0,6	290,1 $\pm$ 4,0	ND	ND
	2	1,8 $\pm$ 0,4	0,9 $\pm$ 0,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	3	1,6 $\pm$ 0,0	1,3 $\pm$ 0,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	4	0,7 $\pm$ 0,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
JDS	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	2,5 $\pm$ 0,2	1,0 $\pm$ 0,2	ND	ND	ND	ND	220 $\pm$ 6,2	ND
	3	1,2 $\pm$ 0,3	1,0 $\pm$ 0,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	4	0,6 $\pm$ 0,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
JDFP	1	ND	ND	ND	ND	ND	122,5 $\pm$ 9,2	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
JSF	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	4,1 $\pm$ 0,7	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND	ND	3,6 $\pm$ 0,7	ND	ND	ND
	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
JSS	1	ND	ND	ND	ND	3,5 $\pm$ 0,5	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	11,5 $\pm$ 0,8	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND	ND	15 $\pm$ 0,9	ND	ND	ND
	4	ND	ND	ND	ND	0,4 $\pm$ 0,2	ND	ND	ND
JSFP	1	ND	ND	ND	ND	6,9 $\pm$ 0,8	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	35,8 $\pm$ 1,8	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND	ND	9,4 $\pm$ 0,9	ND	ND	ND
	4	ND	ND	ND	ND	1,3 $\pm$ 0,3	ND	ND	ND
GCF	1	ND	ND	ND	ND	7,6 $\pm$ 0,4	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	5,9 $\pm$ 1,2	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND	ND	7,4 $\pm$ 1,1	ND	ND	ND
	4	ND	ND	ND	ND	0,2 $\pm$ 0,2	ND	ND	ND

메주 및 한식된장의 곰팡이 독소( $\mu\text{g/L}$ , Mean $\pm$ SD)

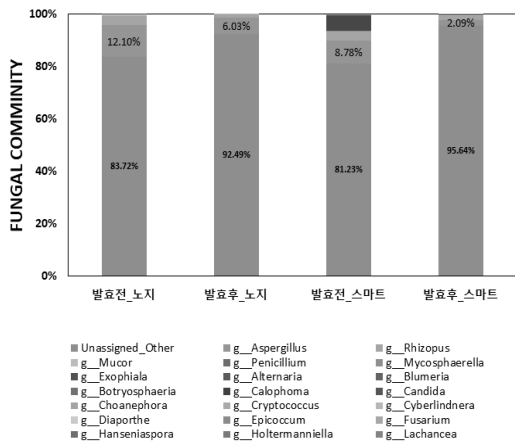
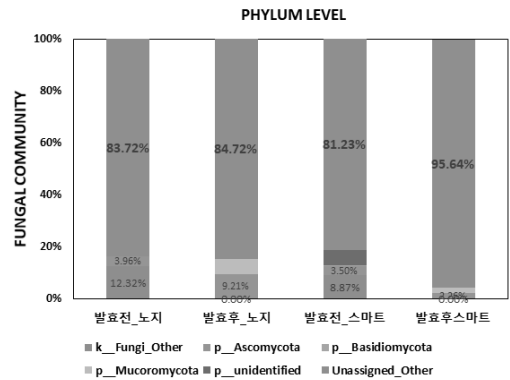
시료	차수	메주 및 한식된장의 곰팡이 독소( $\mu\text{g/L}$ , Mean $\pm$ SD)							
		Aflatoxin B <sub>1</sub>	Aflatoxin B <sub>2</sub>	Aflatoxin G <sub>1</sub>	Aflatoxin G <sub>2</sub>	Ochratoxin A	Fumonisin B <sub>1</sub>	Fumonisin B <sub>2</sub>	Zearalenone
GCS	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	6.6 $\pm$ 0.7	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND	ND	5.1 $\pm$ 0.5	ND	ND	ND
	4	ND	ND	ND	ND	0.5 $\pm$ 0.2	ND	ND	ND
GCFS	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	1.3 $\pm$ 1.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
GPF	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	0.6 $\pm$ 0.5	ND	ND	3.8 $\pm$ 0.5	ND	ND	ND
	3	ND	0.8 $\pm$ 0.1	ND	ND	2.8 $\pm$ 0.2	ND	ND	ND
	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
GPS	1	ND	ND	ND	ND	6.2 $\pm$ 0.5	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	3.8 $\pm$ 0.3	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND	ND	4.0 $\pm$ 0.2	ND	ND	ND
	4	ND	ND	ND	ND	0.3 $\pm$ 0.2	ND	ND	ND
GPFS	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

\* F, 노지 / S, 스마트발효시설 / JDFF, 담양시료를 평창에서 발효 / JSFP, 순천 → 평창 / GCFS, 춘천 → 순천 / GPFS, 평창 → 순천에서 발효

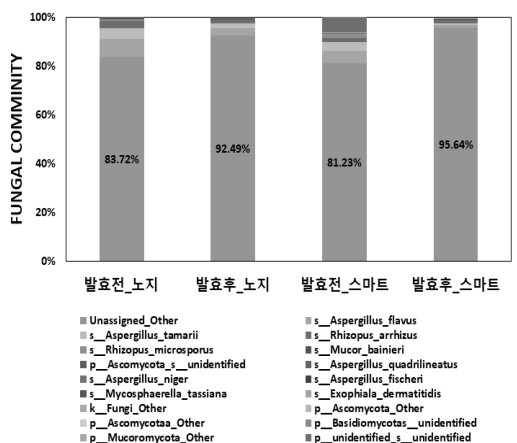




SPECIES LEVEL(담양)



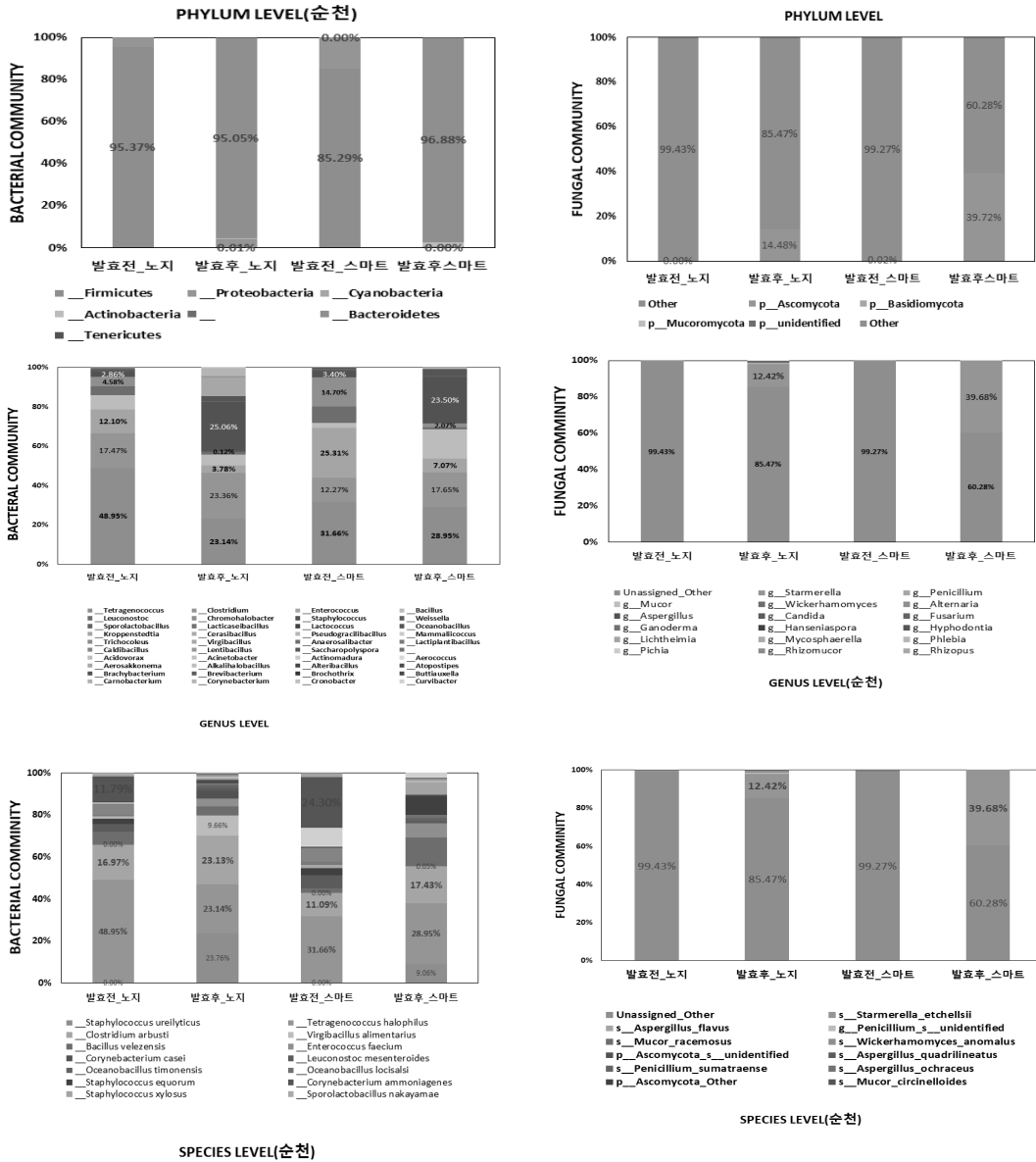
GENUS LEVEL(담양)



SPECIES LEVEL(담양)

(그림 9) 2차년도 담양 발효 시기 및 환경에 따른 미생물(세균 · 진균) 군집 변화

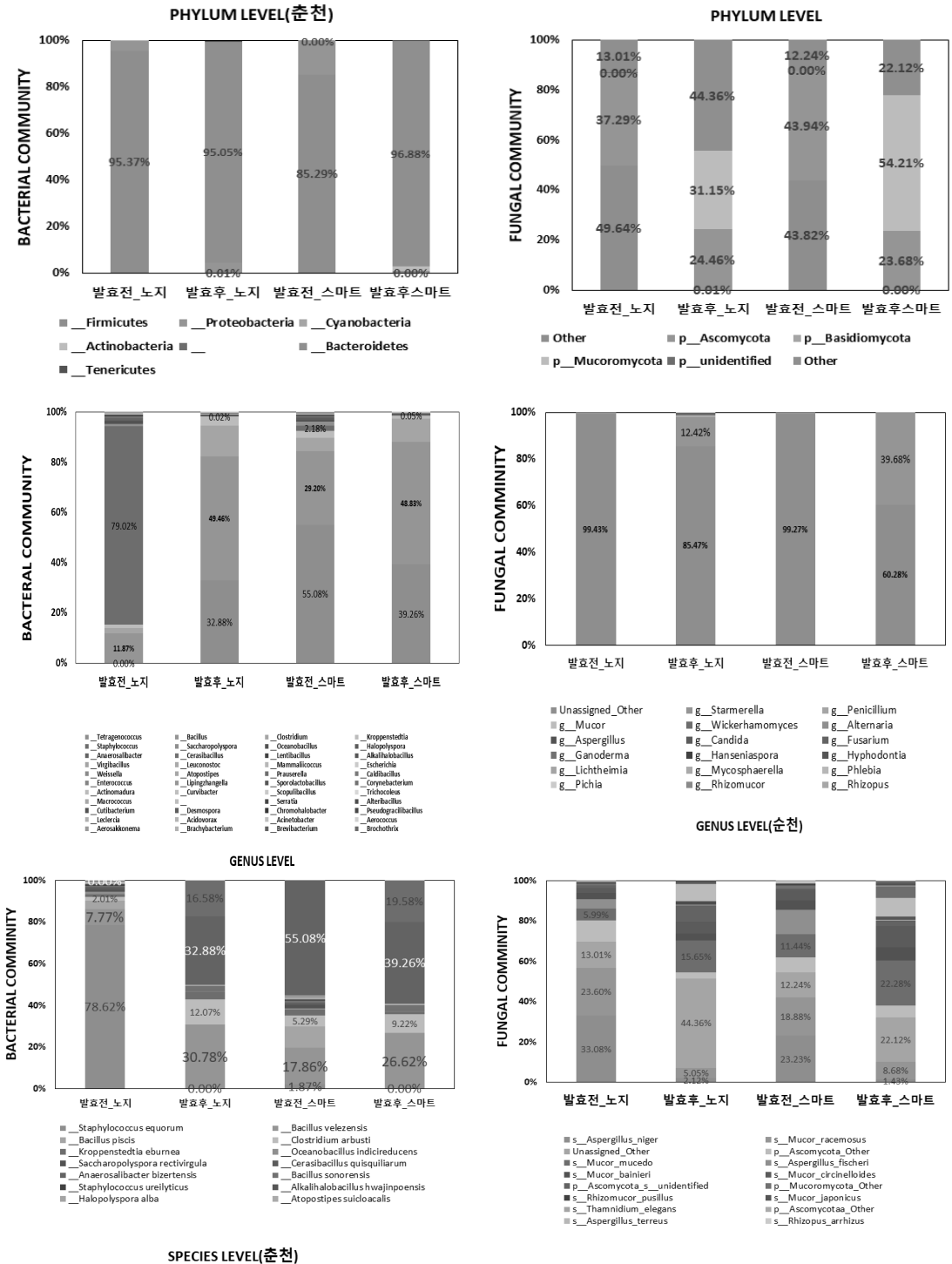
2차년도 담양지역 한식된장의 미생물 군집분석 결과(그림 9) 세균의 속 수준(Genus level)에서는 노지의 발효 전 *Enterococcus*속이 61.62%, 발효 후 35.12%로 우세하였고, 스마트 시설의 발효 전 *Enterococcus*속이 51.33%, 발효 후 69.51%로 우세하였다. 스마트 시설은 발효 후 *Bacillus*속이 감소하였으나, 노지발효 후 18.99%로 증가하였다. 종 수준(Species Level)에서는 노지의 발효 전 *Enterococcus hirae*종이 61.34%, 스마트 시설의 발효 전 *Enterococcus hirae*종이 50.64%였으나, 발효 후 모두 검출되지 않았다. 노지 발효 후 *Enterococcus faecium* 종이 35.01%, 스마트 시설은 69.41%로 우세하였다. 진균의 문(Phylum) 수준에서 발효 전·후 other, Unassigned Other이 81.23~95.64%로 대부분을 차지하였다. 종 수준(Species Level)에서는 노지 및 스마트 시설 발효 전·후 Unassigned Other이 81.23-95.64% 차지하였다.



[그림 10] 2차년도 순천 발효 시기 및 환경에 따른 미생물(세균·진균) 군집 변화

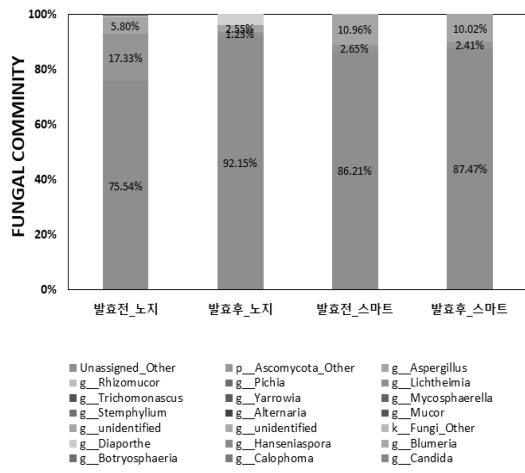
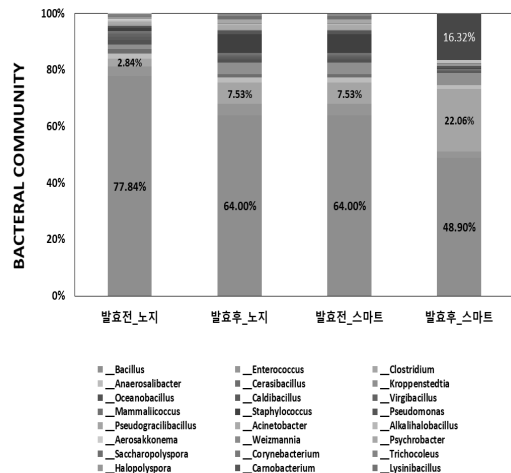
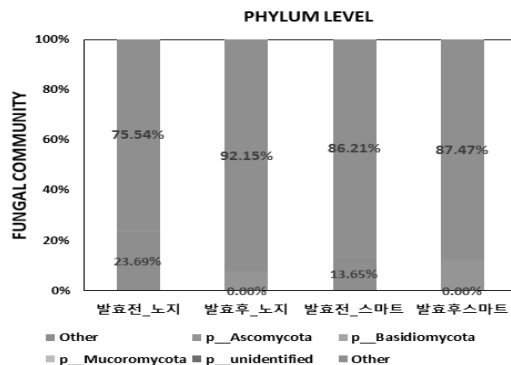
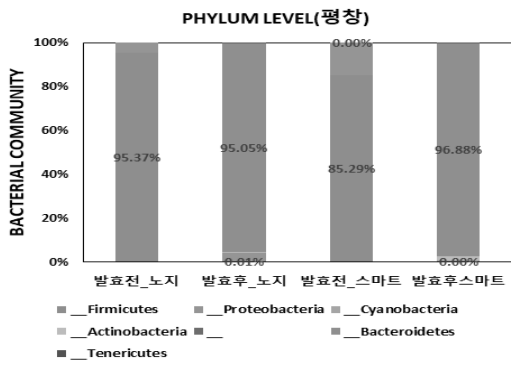
2차년도 순천지역 한식된장의 미생물 군집분석 결과(그림 10) 세균의 속 수준(Genus level)에서는 노지의 발효 전 *Tetragenococcus*속이 48.95%, 발효 후 *Staphylococcus*속이 25.06%로 우세하였고, 스마트 시설의 발효 전 *Tetragenococcus*속이 31.66%로 우세하였고, 발효 후 28.95%로 우세하였다. 종 수준(Species Level)에서는 노지의 발효 전 *Tetragenococcus halophilus*종이 48.95%, 발효 후 *Staphylococcus ureilyticus*종이 23.76%로 우세하였다. 스마트 시설의 발효 전 *Tetragenococcus halophilus*종이 31.66%, 발효 후 23.95%로 우세하였다. 진균의 문(Phylum) 수준에서 발효 전 other 99.27~99.43% 대부분 차지하였고, 발효 후 *Ascomycota*문이 노지는 14.48%, 스마트는 39.72%

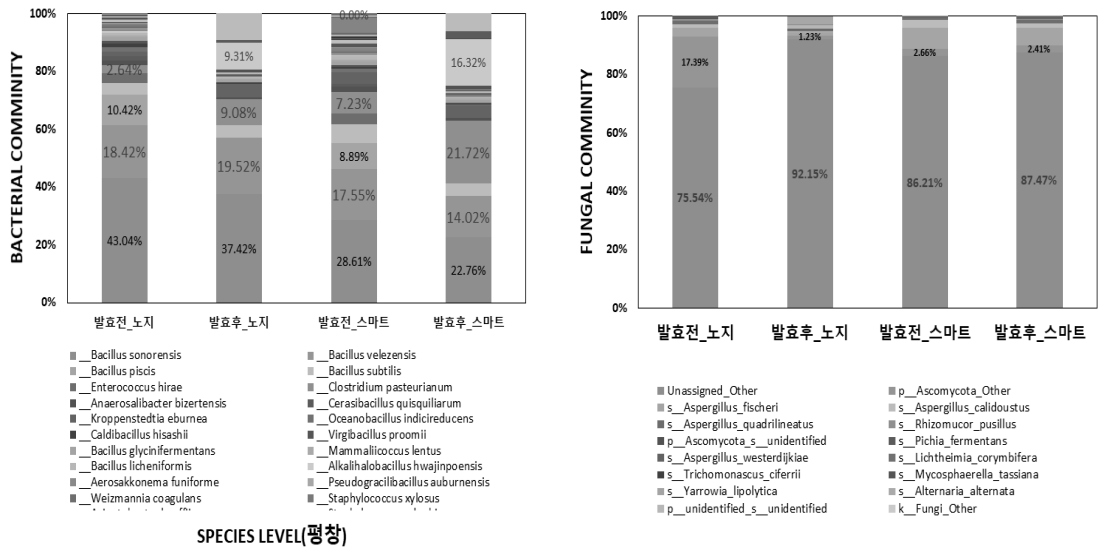
를 차지하였다. 종 수준(Species Level)에서는 노지 및 스마트 시설 발효 전·후 Unassigned Other이 75.54~92.15% 차지하였다.



[그림 11] 2차년도 춘천 발효 시기 및 환경에 따른 미생물(세균·진균) 군집 변화

2차년도 춘천지역 한식된장의 미생물 군집분석 결과(그림 11) 세균의 속 수준(Genus level)에서 노지 발효 전 *Staphylococcus*속이 79.02%, 노지 발효 후 *Bacillus*속이 49.46%로 우세하였고, 스마트 시설은 *Bacillus*속이 발효전 55.08%, 발효 후 48.83%로 우세하였다. 종 수준(Species Level)에서는 노지의 발효 전 *Staphylococcus equorum*종이 78.62%, 발효 후 *Tetragenococcus halophilus*종이 32.88%로 우세하였다. 스마트 시설은 발효 전 *Tetragenococcus halophilus*종이 55.08%를 차지하였고, 발효 후 39.26%로 우세하였다. 진균의 문(Phylum) 수준에서 노지 발효 전 *Ascomycota*문이 37.29% 차지하였고, 발효 후 24.46%, *Mucoromycota*문이 31.15% 차지하였다. 스마트 시설은 발효 전 *Ascomycota*문이 43.94%, 발효 후 *Mucoromycota*문이 54.21%, *Ascomycota* 23.68%로 우세하였다. 속 수준(Genus level)에서는 노지 발효 전 *Aspergillus*속이 36.43%, *Mucor*속 36.43%로 우세하였고, 노지 발효 후 *Mucor*속이 31.15%로 우세하였다. 스마트 시설은 발효 전 *Aspergillus*속이 35.37%, *Mucor*속 42.18%로 우세하였고, 발효 후 *Mucor*속이 54.01%로 우세하였다. 종 수준(Species Level)에서는 노지 발효 전 *Aspergillus niger*종이 33.08%이었고, 노지 발효 후 *Mucor mucedo*종이 15.65%로 우세하였다. 스마트 시설은 발효 전 *Aspergillus niger*종이 23.23%이었고, 발효 후 *Mucor mucedo*종이 22.28%로 우세하였다.

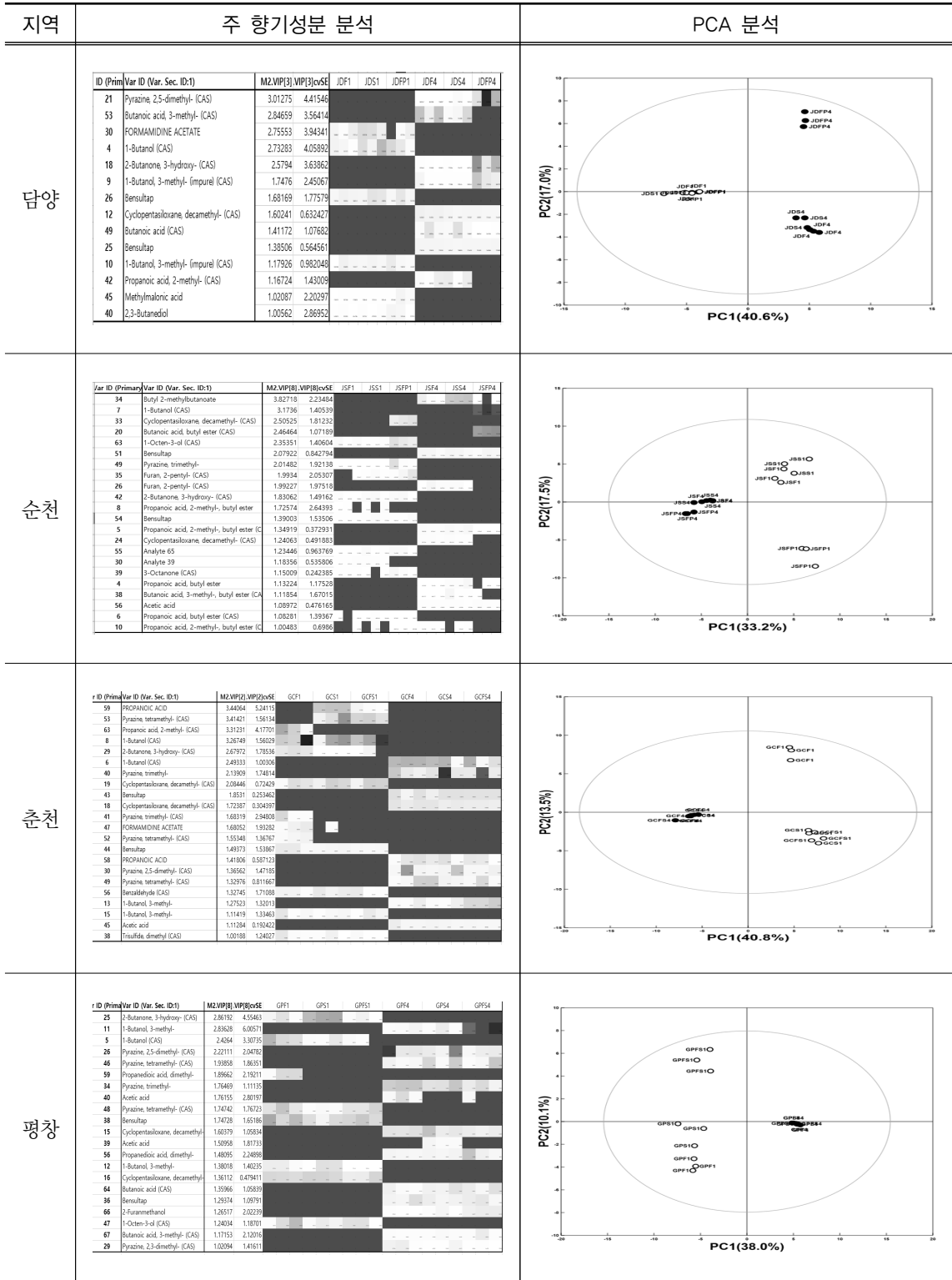




(그림 12) 2차년도 평창 발효 시기 및 환경에 따른 미생물(세균·진균) 군집 변화

2차년도 평창지역 한식된장의 미생물 군집분석 결과(그림 12) 세균의 속 수준(Genus level)에서 노지 및 스마트시설은 발효 전 *Bacillus*속이 각각 77.84%, 64.00%로 우세하였고, 발효 후에도 *Bacillus*속이 각각 64.00%, 48.90%로 우세하였다. 종 수준(Species Level)에서는 노지는 발효 전 *Bacillus sonorensis*종이 43.04%를 차지하였고, 발효 후 *Bacillus sonorensis*종 37.42%, *Bacillus velezensis*종 19.52%로 우세하였다. 스마트 시설은 발효 전 *Bacillus sonorensis*종 28.61%, 발효 후 *Bacillus sonorensis*종 22.73%, *Clostridium pasteurianum*종 21.72%로 우세하였다. 미생물 진균 군집변화는 노지 및 스마트시설 발효 전·후 대부분 Other, Unassigned\_Other 75.57~92.15%로 조사되었다

2차년도 발효지역 및 시기별 한식된장의 향기성분 분석 결과(그림 13) 한식된장 주 향기성분은 공통적으로 발효 초기에는 당류의 에탄올 발효의 미량 생성물로 자연적으로 발생하는 1-butanol, propanoic acid 등 불쾌취와 관련된 성분이 주성분을 이루었고, 발효 후기에 매운, 달콤한, 견과류와 같은 향으로 묘사되는 향기성분 pyrazine, Cyclopentasiloxane 등 성분이 증가하였다.



(그림 13) 2차년도 발효지역, 시기별 향기성분 분석

## (시험 2) 장류 생산현장의 내·외부 제조환경 조사

강원지역 처리별(노지, 스마트) 품온 온도 조사결과(표 8) 최고온도는 춘천은 7월, 평창은 8월이며, GCF(33.0) > GCS(28.8) > GPS(26.41) > GPF(25.1) 순으로 높았고, 평균 온도는 GCS(26.6) > GCF(26.4) > GPS(25.2) > GPS(23.0) 순으로 높았다. 노지시설 보다 스마트 시설이 월별 평균 최고 온도는 1.3℃, 평균 온도는 2℃ 낮게 나타났다.

<표 8> 1차년도 강원지역 발효기간 된장 품온 변화

월	온도 (℃)	강원지역 처리별(노지, 스마트) 품온 (Mean±SD)			
		GCF	GCS	GPF	GPS
6	최고	27.9±1.5	27.7±1.1	23.9±0.9	25.5±0.9
	평균	25.3±1.2	24.7±2.4	22.2±0.9	23.9±0.6
	최저	23.4±3.3	23.9±0.9	20.4±0.7	22.2±0.5
7	최고	33.0±3.7	28.8±2.2	23.9±0.9	26.4±3.8
	평균	26.4±2.9	26.6±2.1	22.2±0.9	24.2±3.4
	최저	23.8±2.1	24.8±1.9	20.8±1.1	22.4±3.3
8	최고	28.7±3.2	28.1±3.0	25.1±2.6	26.4±3.2
	평균	26.0±2.6	26.1±2.7	23.0±2.6	25.2±3.0
	최저	23.5±2.3	24.6±2.5	21.5±2.3	24.4±3.4
9	최고	24.1±1.7	24.3±1.3	20.2±1.6	25.2±2.9
	평균	21.4±1.2	22.1±0.8	17.5±1.3	22.0±2.1
	최저	18.8±1.0	20.5±0.8	18.7±1.4	23.5±2.3
10	최고	19.1±3.9	22.4±3.9	16.9±4.0	22.4±3.2
	평균	17.1±4.1	20.1±3.9	14.2±4.1	20.6±3.4
	최저	15.1±4.6	18.3±4.1	15.4±4.1	18.9±3.8
11	최고	8.9±3.6	10.6±3.1	5.7±3.5	8.2±3.5
	평균	6.5±3.5	8.3±3.2	4.2±3.5	7.0±3.6
	최저	4.1±3.6	8.3±3.2	2.9±3.4	5.9±3.6
12	최고	3.1±2.5	5.8±1.6	-0.1±1.9	2.1±1.9
	평균	-1.7±3.1	3.0±2.0	-1.5±2.3	1.8±2.2
	최저	0.7±2.7	1.1±2.3	-2.8±2.4	-0.4±2.3

\* F, 노지 / S, 스마트발효시설 / GC, 강원춘천/ GP, 강원평창)

강원지역 처리별(노지, 스마트) 외부온도 조사 결과(표 9) 두 지역 모두 최고 및 평균 온도가 7월에 가장 높았으며 최고 외부온도 평균은 GCS(36.9) > GCF(35.7) > GPS(35.0) > GPF(33.4) 순으로 높았고, 평균 온도는 GCF(26.4) > GCS(24.5) > GPS(24.0) > GPF(23.4) 로 높았다. 외부 최고온도가 스마트시설이 노지보다 높게 나타난 것은 고온기 시설 내부 공기 순환이 원활하지 못한 것으로 생각되며 이를 위한 강제 환기 시설이 보완되어야 할 것으로 생각된다. 하지만 외부 최고온도 월별 평균값은 노지시설 보다 스마트 시설이 0.6℃ 낮게 나타났다.

<표 9> 1차년도 강원지역 한식된장 외부 온도 변화

월	온도 (°C)	강원지역 처리별(노지, 스마트) 외부온도 (Mean±SD)			
		GCF	GCS	GPF	GPS
6	최고	28.5±4.0	31.2±3.4	27.6±2.4	29.3±1.7
	평균	22.3±1.5	23.8±0.9	19.6±0.8	21.3±0.6
	최저	18.2±0.7	19.6±0.3	14.8±1.0	15.8±1.0
7	최고	35.7±4.5	36.9±4.3	33.4±4.3	35.0±4.7
	평균	26.4±2.5	21.3±1.6	23.4±2.2	24.0±2.2
	최저	20.7±1.7	27.0±2.0	17.1±1.5	17.7±1.4
8	최고	30.3±4.2	33.3±4.3	26.7±5.1	29.2±5.1
	평균	23.6±2.3	24.5±2.8	20.4±2.5	21.6±2.3
	최저	19.0±2.5	19.3±2.6	16.8±2.1	17.4±2.1
9	최고	27.3±3.1	31.2±4.9	24.4±3.6	28.7±4.6
	평균	19.5±1.1	20.7±1.3	16.9±1.3	18.7±1.2
	최저	14.2±1.5	14.8±1.5	2.1±12.4	13.1±2.0
10	최고	21.3±4.5	31.6±6.8	20.7±5.3	27.7±6.5
	평균	15.2±4.9	18.3±4.3	13.5±4.8	16.0±4.3
	최저	10.6±6.4	11.9±5.8	9.3±5.8	10.4±5.4
11	최고	12.7±4.5	20.4±4.1	11.6±5.2	16.6±4.4
	평균	4.7±3.6	6.4±3.4	3.1±3.6	3.9±3.8
	최저	-1.0±3.8	-0.6±3.8	-2.3±3.1	-2.3±3.4
12	최고	7.0±3.8	16.9±4.5	4.0±2.8	9.2±2.7
	평균	-0.6±3.4	1.1±3.0	-2.2±2.7	-2.0±2.7
	최저	-6.4±4.4	-6.2±4.0	-7.4±3.4	-7.6±3.2

\* F, 노지 / S, 스마트발효시설 / GC, 강원춘천/ GP, 강원평창

발효 기간 최고 외부습도는(표 10) 평창지역은 9월이며 GPF(100%), GPS(99.1%)로 노지가 약 3.7%로 높았고, 춘천지역도 9월이며, GCF(99.9%), GCS(99.0%)로 노지가 0.9% 높았다. 시설에 따른 경향성 보다는 지역별로 차이가 나는 것을 알 수 있었다.

<표 10> 1차년도 강원지역 발효기간 된장 습도 변화

월	습도 (%)	강원지역 처리별(노지, 스마트) 외부습도 (Mean±SD)			
		GCF	GCS	GPF	GPS
6	최고	99.4±1.3	97.9±0.6	99.7±0.5	97.7±0.5
	평균	87.6±5.5	85.5±3.9	87.4±4.3	84.8±3.0
	최저	62.8±16.4	58.5±14.7	56.7±9.2	56.3±7.9
7	최고	98.6±1.6	98.7±0.6	99.9±0.2	98.3±1.1
	평균	82.2±6.0	83.1±4.0	84.7±5.2	83.5±5.1
	최저	49.9±13.4	50.1±11.0	51.1±13.3	51.6±13.3
8	최고	99.3±1.0	99.3±0.7	100±0.0	99.7±0.4
	평균	87.1±6.5	89.1±5.0	94.5±4.9	91.6±4.3
	최저	63.0±16.0	65.2±14.3	76.8±17.2	69.3±14.5
9	최고	99.9±0.2	99.0±1.2	100±0.1	99.1±1.0
	평균	86.5±5.9	87.0±4.4	91.4±5.1	89.2±4.4
	최저	58.1±15.3	55.8±14.4	67.2±16.8	63.1±13.9
10	최고	99.8±0.8	98.7±1.1	99.9±0.4	97.0±2.6
	평균	90.1±7.5	88.3±5.4	88.2±6.4	87.8±5.7
	최저	64.7±20.0	57.4±19.6	54.5±22.8	61.5±17.0
11	최고	92.7±8.3	96.8±2.2	94.9±8.8	93.8±3.1
	평균	73.3±9.3	85.2±4.4	78.6±9.6	83.9±4.4
	최저	42.9±14.1	47.3±17.0	46.9±13.3	58.8±11.6
12	최고	90.2±8.5	94.3±2.7	91.7±9.1	91.8±2.9
	평균	71.9±11.6	83.7±4.5	76.8±16.0	83.8±4.6
	최저	40.6±14.1	47.8±14.3	53.0±20.1	62.9±8.6

\* F, 노지 / S, 스마트발효시설 / GC, 강원춘천/ GP, 강원평창)

2차년도 강원지역 처리별(노지, 스마트) 품온의 월별 최고 온도는(표 11) 두지역 모두 7월이며, GCF(34.6) > GCS(33.5) > GPS(29.1) > GPF(29.0) 순으로 높았고, 평균 온도는 GCF(30.2) > GCS(29.8) > GPF(26.2) > GPS(25.8)로 높았다. 노지시설 보다 스마트 시설이 최고 품온 평균 온도가 0.5℃ 낮게 나타났다.

<표 11> 2차년도 강원지역 발효기간 한식 된장 품온 변화

월	온도 (°C)	강원지역 처리별(노지, 스마트) 품온 (Mean±SD)			
		GCF	GCS	GPF	GPS
4	최고	23.2±3.6	25.7±4.0	18.6±3.3	19.6±3.1
	평균	19.9±3.4	21.6±4.1	15.6±3.5	16.0±3.4
	최저	16.4±3.0	17.9±2.8	14.6±3.5	14.3±2.8
5	최고	25.4±3.2	27.1±3.2	21.5±4.1	22.8±3.4
	평균	21.4±3.1	22.3±3.1	18.1±4.3	17.8±3.9
	최저	16.8±3.3	18.1±3.4	16.1±4.1	15.2±3.4
6	최고	29.2±3.4	29.2±3.1	24.9±4.3	25.2±3.7
	평균	25.5±2.8	25.9±2.3	22.4±3.8	22.0±3.5
	최저	22.0±3.0	23.1±2.5	20.7±3.8	20.0±3.3
7	최고	34.6±3.5	33.5±2.8	29.0±2.27	29.1±2.2
	평균	30.2±2.4	29.8±1.9	26.2±1.8	25.8±1.8
	최저	26.2±1.9	26.9±1.6	24.7±1.8	23.9±1.2
8	최고	32.0±4.4	31.2±3.7	26.0±3.0	27.0±3.3
	평균	27.8±2.9	27.9±2.5	24.3±3.0	23.1±2.6
	최저	24.6±2.6	25.5±2.3	22.6±2.5	22.6±2.3
9	최고	26.8±2.6	26.8±2.6	20.6±2.6	22.6±3.2
	평균	22.0±3.1	23.1±2.4	18.4±2.7	18.0±2.6
	최저	18.4±3.3	20.1±2.6	17.0±2.8	17.3±2.9
10	최고	15.8±3.2	18.7±2.7	12.1±3.3	14.0±2.8
	평균	13.0±3.5	15.2±3.3	10.6±3.3	12.3±2.9
	최저	10.2±4.0	12.3±4.1	9.3±3.5	10.3±3.2
11	최고	9.9±2.6	13.2±2.9	6.7±2.6	7.8±2.6
	평균	7.4±2.7	9.5±2.4	5.1±2.6	6.2±2.7
	최저	4.9±2.9	6.5±2.5	3.9±2.8	4.5±2.9

\* F, 노지 / S, 스마트발효시설 / GC, 강원춘천/ GP, 강원평창

2차년도 강원지역 처리별 외부온도는(표 12) 1차년과 같은 경향으로 7월에 온도가 가장 높았으며 노지보다 스마트시설에서 최고 및 평균온도가 더 높게 나타났다. 발효 기간 외부 최고 온도가 30℃를 넘는 일수는 GPF(47일), GCF(61), GPS(72), GCS(98) 순으로 높게 나타났고, 노지 보다는 스마트 시설이 30℃가 넘는 일수가 25~37일 정도 많았고, 최고 품온의 일수는 온도 GPF(13일), GPS(16), GCS(70), GCF(73), 순으로 높게 나타났고, 노지 보다는 스마트 시설이 30℃가 넘는 일수가 비슷하거나, 적게 나타났다.

<표 12> 2차년도 강원지역 발효기간 된장 외부온도 변화

월	온도 (°C)	강원지역 처리별(노지, 스마트) 외부온도(Mean±SD)			
		GCF	GCS	GPF	GPS
4	최고	23.2±5.2	26.3±5.9	21.4±6.2	24.5±4.8
	평균	15.6±3.4	15.7±3.4	12.9±3.9	14.1±3.3
	최저	8.6±3.7	7.2±3.3	5.9±3.2	6.2±2.9
5	최고	26.3±3.7	29.5±3.9	25.9±5.1	28.9±4.2
	평균	16.7±3.0	17.2±3.1	14.6±3.7	15.9±3.3
	최저	7.9±3.6	7.9±3.5	5.7±3.8	6.3±3.6
6	최고	28.6±4.4	30.6±4.6	27.1±6.1	28.8±5.4
	평균	21.4±3.1	22.1±2.5	19.0±3.8	20.0±3.3
	최저	15.8±4.4	16.0±4.3	13.5±4.4	13.9±4.2
7	최고	33.4±4.1	34.6±3.9	30.9±4.0	33.0±4.3
	평균	25.7±1.9	26.1±1.5	22.7±1.5	23.6±1.3
	최저	21.1±1.6	21.4±1.5	18.0±1.3	18.3±1.3
8	최고	29.7±4.1	32.3±4.5	27.1±4.7	29.9±5.5
	평균	24.0±2.8	24.9±2.5	21.2±2.8	22.4±2.6
	최저	20.3±3.3	20.9±3.0	17.6±3.5	17.9±3.3
9	최고	27.4±2.9	30.4±3.8	23.9±3.1	29.1±6.4
	평균	18.7±3.1	20.1±2.6	17.5±0.9	17.7±3.0
	최저	13.3±4.1	14.1±3.8	13.2±2.3	11.1±4.2
10	최고	19.5±3.3	23.5±3.4	17.7±4.9	22.0±3.0
	평균	10.9±3.5	12.5±3.6	7.6±3.2	10.7±3.1
	최저	5.2±4.5	6.3±4.5	1.4±3.4	4.0±4.2
11	최고	14.8±4.6	20.7±4.1	13.6±4.3	19.5±5.6
	평균	5.9±3.2	7.3±2.8	4.0±3.4	5.0±2.6
	최저	0.0±3.2	0.4±3.0	-2.0±3.4	-1.4±3.3

\* F, 노지 / S, 스마트발효시설 / GC, 강원춘천/ GP, 강원평창

발효 기간 최고 외부습도는 평창지역은 7월이며 GPF(99.1%), GPS(95.4%)로 노지가 약 3.7%로 높았고, 춘천지역은 8월이며, GCF(96.3%), GCS(98.2%)로 스마트 시설이 1.9%로 높았다. 시설에 따른 경향성 보다는 지역별로 차이가 나는 것을 알 수 있었다.

<표 13> 2차년도 강원지역 발효기간 된장 습도 변화

월	습도 (%)	강원지역 처리별(노지, 스마트) 외부습도 (Mean±SD)			
		GCF	GCS	GPF	GPS
4	최고	82.6±10.6	86.1±8.0	91.7±11.6	87.4±7.3
	평균	60.4±11.8	32.5±12.2	67.4±15.2	63.8±10.2
	최저	35.1±12.8	31.2±12.9	35.6±16.4	31.6±14.3
5	최고	87.9±4.9	88.0±2.8	96.2±6.1	89.7±3.6
	평균	58.8±5.5	26.8±8.3	63.6±8.6	60.0±6.9
	최저	28.6±9.0	26.82±8.3	26.1±8.8	23.0±7.5
6	최고	92.3±4.9	93.1±3.5	97.5±4.9	93.4±3.9
	평균	75.3±11.3	52.4±20.3	79.9±11.2	75.5±9.6
	최저	51.6±17.8	52.4±20.3	51.9±20.1	47.8±17.7
7	최고	94.6±1.5	97.8±0.8	99.1±0.9	95.4±1.0
	평균	80.5±5.7	59.4±11.7	86.0±5.5	82.1±4.8
	최저	53.7±12.0	59.4±11.7	57.0±15.1	53.0±14
8	최고	96.3±1.4	98.2±0.7	98.6±1.1	95.2±1.2
	평균	85.7±6.4	64.9±16.6	89.7±5.8	85.5±5.9
	최저	64.9±15.3	64.9±16.6	67.9±19.3	63.1±18.6
9	최고	97.4±1.5	97.9±0.7	98.5±0.7	93.5±1.6
	평균	82.5±5.2	49.3±16.1	89.9±5.8	82.0±5.3
	최저	51.9±14.8	49.3±16.1	69.6±21.8	54.7±15.5
10	최고	98.1±1.1	98.9±0.8	97.8±1.4	93.6±2.2
	평균	83.0±5.6	49.3±18.9	82.4±9.3	82.7±5.8
	최저	51.2±16.4	49.3±18.9	46.7±20.6	50.3±20.1
11	최고	92.0±18.3	94.6±17.5	93.0±18.5	84.2±27.5
	평균	75.5±15.8	43.5±18.2	76.7±16.3	74.5±23.8
	최저	41.1±12.7	43.5±18.2	41.9±15.5	40.7±9.5

\* F, 노지 / S, 스마트발효시설 / GC, 강원춘천/ GP, 강원평창

### 〈제3세부과제: 스마트 관리모델 적용을 통한 지역별 전통장의 균총 생태계 변화 구명〉

#### (시험 1) 한식된장의 미생물 특성 변화 실태조사

- 가. 1, 2차년도 미생물 특성 관련 발효 전·후 노지, 스마트 시설 미생물 수 평균을 비교시, 발효가 진행될수록 시설별 경향 차이 없이 총균수는 증가하였고, 대장균군, 효모, 곰팡이, 유산균, 바실러스 세레우스는 감소 하였다. 균수는 노지발효 후 8.64Log cfu/g에서 8.79, 스마트시설 후 8.39Log cfu/g에서 8.53로 증가하였고, 대장균군수는 노지 및 스마트 발효 전 0.34Log cfu/g, 발효 후 검출되지 않았다. 효모수는 노지발효 후 4.92 Log cfu/g에서 4.47, 스마트시설 후 4.48Log cfu/g에서 4.17로 감소하였고, 곰팡이 수는 노지발효 후 4.60Log cfu/g에서 4.08, 스마트시설 후 3.70Log cfu/g에서 3.61로 감소 하였다. 유산균 수는 노지발효 후 7.10Log cfu/g에서 6.35, 스마트시설 후 5.84 Log cfu에서 5.09로 감소하였음
- 나. 바실러스 세레우스(*Bacillus cereus*)는 노지 발효 초기 3.58 Log cfu/g에서 후기 3.46, 스마트 발효 초기 3.24 Log cfu/g에서 후기 2.94 Log cfu/g로 감소하였고, 노지 대비 스마트 시설이 바실러스 세레우스 저감효과 약 2배 높았음
- 다. 1,2차년도 노지·스마트 관리모델 적용 시설 발효 시 업체별 평균 곰팡이 독소 오크라톡신 A는 노지 발효 초기 2.57  $\mu\text{g/L}$ 에서 후기 4.20, 스마트 발효 초기 0.66 $\mu\text{g/L}$ 에서 후기 1.30 $\mu\text{g/L}$ 로 수준이었고, 발효 후 스마트시설 대비 노지 발효 시 약 3.2배 높았음
- 라. 곰팡이독소 아플라톡신 B1 는 노지발효 시 0.37  $\mu\text{g/L}$ 에서 0.52  $\mu\text{g/L}$ , 스마트시설 시 0.10  $\mu\text{g/L}$ 에서 2.29  $\mu\text{g/L}$ 로 모두 증가하였음
- 마. 1, 2차년도 미생물 균집조사 결과 노지 대비 스마트시설이 발효 후 *Bacillus*속 우세가 강한 경향을 보였고, 발효 전 세균은 *Enterococcus*, *Tetragenococcus*, *Bacillus*속이 우세하다가 발효 후 *Enterococcus*(20.25~66.95%), *Bacillus*속(48.99~78.15%)등 우세 하였음. 진균은 발효 전 *Monascus*, *Aspergillus*, *Mucor*속이 우세를 보였고, 발효 후 *Debaryomyces*, *Wickerhamiella*, *Zygosaccharomyces*, *Microascus*속 등 우세 하였음

#### (시험 2) 장류 생산현장의 내·외부 제조환경 조사

- 가. '22년 품온 및 외부 최고 온도가 30℃ 이상 일수는 외부온도 기준으로 노지 보다 스마트 시설이 36일 많았으며, 일평균 최고 품온 기준으로 스마트 시설 보다는 노지가 3일 높았으므로 스마트 시설의 외부 온도는 높지만, 품온을 일정하게 온도 유지가 가능함을 보여 줌
- 나. '22년 최고 외부온도와 품온 평균 차이 5℃ 이상 일수는 발효 후(11월) 스마트시설은 28일이었고, 노지 대비 9일 많았음 하절기 스마트 시설 및 노지 발효(7-8월, 0일), 동절기 노지(11월 19일) 및 스마트 시설(11월 28일)로 나타났음

- 정미현, 정도원, 이종훈. 2019. 메주발효 관련 *Bacillus*, *Enterococcus*, *Staphylococcus* 속 우점종확인, 한국미생물·생명공학회, 47(3):359-363.
- 최기순, 이호준, 권동진. 2009. 한국 재래식 메주의 이화학적 및 미생물학적 특성, 한국식품저장유통학회지, 16(2):217-222.
- 김현영, 하기정, 김봉신, 고희숙, 김소영. 2021. 경남지역 전통 된장의 숙성기간에 따른 품질 특성 및 미생물 군집 비교, 한국식품영양학회, 34(1):58-68.
- 나혜진, 조성호, 정도연. 2020. 장류산업화 현황과 향후 발전 방안, 식품과학과 산업, 53(2):183-185).
- 이림기, 허소정, 정도원. 2019. Pyrosequencing을 이용한 메주, 천일염, 된장의 곰팡이 군집 분석, 한국미생물생명공학회, 47(3):354-358.
- 조성호, 박해석, 조승화, 임은정, 양호연. 2017. 제주·호남권 전통된장과 고추장의 미생물 군집구조의 분석, 미생물학회지, 53(1):39-48.
- 이상선, 성장근, 배종찬, 유진영. 1997. 메주에서 분리되어 단독균으로 발효된 메주와 간장, 한국식품영양과학회, 26(5):751-758.
- 류다연, 서정희. 2021. 숙성기간이 다른 강원도 재래식 된장의 품질 특성 및 산화 안정성, 한국식품영양과학회, 50(1):69-78.
- 황정은, 조계만, 주옥수. 2020. 콩 발효식품(된장 및 간장)에서 분리된 *Bacillus* 그룹의 다양성과 이들의 청국장 발효특성. 한국식품저장유통학회, 27(7):946-958.
- 이은진, 이인형. 2019. 된장 제조를 위한 바로 사용 종균의 개발, 한국미생물생명공학회, 47(2):234-241.
- 심혜정, 윤정현, 고경희. 2018. 한국 된장의 품질에 영향을 미치는 요인, 한국응용생명화학회, 61(4):357-365.
- 이현정. 2018. 메주 및 된장 우점 박테리아가 대두발효를 통해 생산하는 향기성분, 경기대학교대학원.
- 최보영, 길나영, 박신영, 조용식, 김소영. 2017. 장 담금법에 따른 된장의 품질 특성변화, 한국식품저장유통학회지, 24(7):923-933.
- 전현지, 이상훈, 김상숙, 김윤숙. 2016. 개량된장과 전통된장의 품질특성, 한국식품영양과학회, 45(7):1001-1009.
- 정미란. 2016. 메주와 된장 우점균의 안전성 및 기능성 평가를 통한 장류 발효용 종균 선발, 경기대학교 일반대학원.

이장은, 강선희, 김혜련, 임성일, 2015. 전통식품 품질인증 된장의 향기성분 분석, 한국식품영양과학회, 44(6):944-950.

Kim J, Kang SA. 2018. Antioxidant effects of Kochujang with added Omija (Schizandra chinensis) by-product extract powder. Korean J Food Nutr, 31, 388-394.

Lee KY, Kim HS, Lee HG, Han O, Chang UJ. 1997. Studies on the Prediction of the Shelf-life of Kochujang through the Physicochemical and Sensory Analyses during Storage. J Korean Soc Food Sci Nutr, 26, 588-594.

## 6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2021(1년)	학술발표	Analysis of Quality Characteristics of Doenjang and Meju Made by Traditional Methods
	현장컨설팅	한식된장 품질 및 위생 관련 컨설팅
2022(2년)	학술발표	Quality Characteristics and Comparison of Microbial Community in Traditional Doenjang by Aging Period in Gangwon Province 등 2건
	영농활용	한식된장의 발효시기 및 환경 따른 미생물 변화에 대한 정보 제공
	홍 보	기후변화에 대응하는 한식된장 변화의 시작점
	현장컨설팅	한식된장의 발효 시기 및 환경에 따른 품질 및 미생물 분석 등 3건

성과지표		연도	1년차(2021)		2년차(2022)		계	
			목표	실적	목표	실적	목표	실적
학술 발표	국제		1	1	1	1	2	2
	국내					1		1
영농 활용	기술							
	정보				1	1	1	1
홍 보						1		1
현장컨설팅			1	1	1	3	2	4
계			2	2	3	7	5	9

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
					'21	'22
과제책임자	국립농업과학원	농업연구사	김소영	과제 총괄	○	○
세부책임자	농식품연구소	농업연구사	임재길	세부주관 수행	○	○
공동연구자	농식품연구소	농업연구관	함진관	시험수행 및 평가	○	○
	농식품연구소	농업연구관	장은하	시험수행 및 평가	○	
	농식품연구소	농업연구사	김경대	품질조사 지원	○	○
	농식품연구소	농업연구사	박지선	품질조사 지원	○	○
	농식품연구소	운전주사보	유창구	현장조사 지원	○	○
	농식품연구소	공 무 직	염은경	평가분석 지원		○
	농식품연구소	공 무 직	윤서현	평가분석 지원	○	○
	농식품연구소	공 무 직	고윤미	현장조사 지원	○	○
	농식품연구소	공 무 직	고윤지	현장조사 지원	○	○