



발효농산물로부터 분리한 사천지역특화 미생물의 다양성 및 특성연구

양주영^{1,†} · 박미화^{2,†} · 박지영¹ · 간빏 손도르¹ · 간빏 다리마¹ ·
이용직³ · 이다영⁴ · 정지원⁴ · 지원재⁵ · 조석철⁶ · 이상재^{1,*}

¹신라대학교 바이오식품공학과 & 해양극한미생물연구소, ²신라대학교 식품영양학과, ³서원대학교 바이오코스메틱학과,
⁴사천시미생물발효재단, ⁵국립생물자원관 생물종다양성연구과, ⁶서원대학교 식품공학과

Diversity and characteristics of specialized microorganisms in the Sacheon region isolated from fermented agricultural products

Joo Young Yang^{1,†}, Mi Hwa Park^{2,†}, Ji Yeong Park¹, Sondor Ganbat¹, Dariimaa Ganbat¹,
Yong-Jik Lee³, Da Young Lee⁴, Ji Won Jung⁴, Won-Jae Chi⁵, Seok-Cheol Cho⁶ and Sang-Jae Lee^{1,*}

¹Department of Food Biotechnology and Research Center for Extremophiles & Marine Microbiology, Silla University, Busan 46958, Korea
²Department of Food and Nutrition, College of Medical and Life Science, Silla University, Busan 46958, Korea
³Department of Bio-Cosmetics, Seowon University, Cheongju 28674, Korea
⁴Microbial Fermentation Foundation of Sacheon City, Sacheon 52538, Korea
⁵Biodiversity Research Department, National Institute of Biological Resources, Incheon 22689, Korea
⁶Department of Food Science & Engineering, Seowon University, Cheongju 28674, Korea

Abstract

To investigate the diversity of industrially useful microorganisms from fermented agricultural products in the Sacheon region, 128 strains were isolated and analyzed phylogenetically. The analysis indicated that the isolates were categorized into three phyla, eight families, 13 genera, and 33 species. The Bacillaceae family, which was the main taxon, comprised 88.3% of the isolates and included four genera and 22 species: *Bacillus*, *Exiguobacterium*, *Fictibacillus*, and *Metabacillus*. The Caryophanaceae family, which was the second most abundant taxon, comprised 3.9% of the isolates, including two genera and two species: *Rummeliibacillus* and *Sporosarcina*. The isolates were examined for hydrolytic enzyme activity (protease, amylase, and lipase), and 118 strains (92.2%) exhibited at least one of these enzyme activities. Furthermore, auxin production was observed in all seven strains. This study demonstrates that the isolated strains have potential applications in the food and agricultural industries in South Korea, highlighting the importance of genetic resources.

Keywords: Sacheon, Region specialized microorganisms, Diversity, Characteristics, Fermented agricultural products

서론

사천시는 경상남도 남해에 위치한 다양한 환경적인 특징을 갖는 지역으로 국내에서 산과 들, 해안과 섬, 강과 하천 및 습지가 가장

어우러져 있는 곳이며 겨울이 온화하고 여름이 무더운 남해안 특유의 온대 해양성 기후를 보이며, 사계절의 변화와 자연환경이 어우러져 다양한 기후 경험을 제공하는 특성을 가지고 있으며 복잡한 리아스식 해안을 형성하고 있으며, 경상도 내에서도 뿔이 많은 특이한

Received: Nov 09, 2024 / Revised: Feb 21, 2025 / Accepted: Feb 25, 2025

Corresponding author: Sang-Jae Lee, Department of Food Biotechnology and Research Center for Extremophiles & Marine Microbiology, Silla University, Busan 46958, Korea

E-mail: sans76@silla.ac.kr

[†]These authors contributed equally to this work.

Copyright © 2025 Korean Society for Food Engineering.

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.

지역으로 일반적 내륙 지역과는 환경이 다르다고 할 수 있다. 이와 같은 지리적 환경으로 풍부한 해양 생태계뿐 아니라, 사천 해안가의 특화농업, 작지 않은 규모의 축산업 및 임업 분야 생태계가 골고루 어우러져 있으며, 소위 육해공분야의 산업이 모두 발달되어 있는 지역이다. 나고야 의정서의 생물다양성협약 발효로 인한 사천지역 미생물 자원의 산업분야 활용 가능성을 증가시키기 위한 미생물 자원의 탐색에 관한 연구는 미비한 실정이나 최근 사천시미생물발효재단이 2020년에 설립되어 신라대 EF-Bio 연구실과 함께 사천지역의 해수, 뽕, 하천, 토양, 전통 발효물, 수산물, 축산물, 농산물, 임산물 등과 같은 시료로부터 미생물의 다양성 및 특성 분석 연구가 조금씩 이루어 지고 있다(Lee & Kwak, 1999, Oh & You, 2012; Lee, 2023).

호염성 미생물은 높은 염 농도에서 생육이 가능하며, 이들은 염분 함량이 높은 다양한 자연환경에서 유래하는 경우가 많다. 이러한 미생물들은 분리 및 동정을 통한 계통학적 다양성 연구에 활용될 뿐만 아니라, 여러 천연물을 원료로 한 염장 식품의 풍미 증진과 향미 발달, 그리고 단백질 분해를 위한 효소(protease) 생성 미생물의 특성 규명 연구에도 중요한 역할이 수행되고 있다(Giyatmi & Irianto, 2017; Park et al., 2017; Zang et al., 2020). 또한, 호염성 미생물 및 그들이 생산하는 여러 가수분해 효소는 의약품, 화장품, 식품, 바이오 제품, 세제, 발효물, 섬유 펄프, 피혁 공업품 생산 등의 다양한 산업에서 이미 높은 비율로 사용되고 있으며, 지속적인 개발 연구가 진행되고 있다. 이 미생물과 효소들은 수산물 가공 부산물 및 폐기물의 처리 및 재활용 등 다양한 산업 분야에서도 활용되고 있다(Moreno et al., 2013).

최근에 각 지역마다 지역특화미생물은행을 구축하여 여러 개발과 활용을 모색하고 있다. 본 연구에서는 사천시 지역의 발효농산물에서 호기적으로 호염성 미생물을 순수 분리·동정하고 산업적 유용 미생물 활용 가능성을 위한 특성 연구와 미생물이 생산하는 가수분해효소 3종(protease, amylase, lipase)의 활성을 조사하였다. 추가적으로 농업 분야에서 식물 생육을 증진시키는 역할을 하는 옥신(auxin) 생산능의 평가를 통해, 화학비료를 대체할 수 있는 친환경 미생물제제로의 활용 가능성을 검증하고자 하였다. 국내 사천시에서 유래한 호염성 미생물 자원의 확보가 가지는 의의를 바탕으로, 이들을 산업적으로 활용 가능한 생물 소재로서의 가치를 높이는 것을 목표로 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 연구에 사용된 발효농산물은 사천 지역의 여러 가구의 전통 발효식품을 시료로 확보(Table 1)하였으며 시료의 오염 방지를 위

해 위생 장갑을 착용한 후 멸균된 spatula를 사용하여 시료를 채취하였고, 이를 멸균된 50 mL 원추형 튜브에 담아 아이스박스에 보관하여 이동하였다. 실험실에 도착한 후, 실험이 진행되기 전까지 샘플은 4°C에서 보관하였다.

사천지역특화 미생물 분리 및 배양

사천시 농협, 농장, 여러 가정집 등에서 모은 32개 발효된 농산물로부터 사천지역특화 호염성 미생물 분리를 위해 각각의 샘플 1 g을 멸균된 0.85% 식염수에 첨가하여 교반기로 교반하여 현탁하였다. 1 mL의 현탁 샘플을 사용해 10배 단위로 10⁻¹에서 10⁻⁴까지 단계적으로 희석하였다. 이후 해양 미생물 전용배지인 marine agar (BD, USA)로 일반 배양배지를 준비하여 희석액을 도말하고, 37°C에서 호기성 호염 미생물을 배양하였다. 배양 후, 배지 상에 나타나는 균의 크기, 모양, 색상 등의 형태학적 특성을 관찰한 다음, 동일한 고체배지를 사용해 single colony isolation을 추가적으로 수행하였다. 순수하게 분리된 균주의 혼합배지 내 생육 가능성을 확인하기 위해 nutrient agar (BD, USA), R2A agar (BD, USA), 및 tryptic soy agar (BD, USA) 배지에 평판 도말법으로 37°C에서 7일간 고정 배양을 진행하였다. 또한, 분리된 미생물의 염 농도 및 pH 변화에 따른 생육 가능성을 확인하기 위해 marine agar (BD, USA) 고체배지를 제작하여 37°C에서 생육을 확인하였다. 마지막으로 배양 온도에 따른 생육 여부를 조사하기 위해 marine agar (BD, USA)를 이용하여 25, 30, 35, 40, 45°C에서 배양을 진행하였다(Jeong et al., 2021).

16S rRNA 유전자 DNA염기서열의 계통학적 분석

사천시 농협, 농장, 여러 가정집 등에서 모은 32개의 발효 농산물로부터 호기적 배양 조건으로 분리된 균주들의 분자 생물학적 동정을 위해 각각의 colony를 marine agar (BD, USA) 고체 배지에 배양하여 (주)마크로젠에 16S rRNA 염기서열 분석을 의뢰하였다. 16S rRNA 유전자는 프라이머 27F (AGAGTTTGATCCTGGCTCAG)와 1492R (CGGTTACCTGTTCAGACTT)을 사용하여 증폭되었다. 결과는 EzBioCloud의 웹사이트(<http://www.ezbiocloud.net>)에서 제공하는 public nucleotide databases에 있는 16S rRNA 유전자 DNA 염기서열과 비교 및 분석되었다. 계통발생학적 분석(phylogenetic analysis)은 MEGA (version 6) 소프트웨어 패키지에 내장된 Neighbour-joining (NJ) 방법을 이용하여 수행되었다(Lee et al., 2020a).

세포외 분해 효소 생산능 분석

분리된 호염성 미생물의 세포외 분해 효소인 protease, amylase 및 lipase의 생산 능력을 확인하기 위해 각 효소와 특이적으로 반응하는 기질 성분을 포함한 고체 평판 선별 배지를 사용하였다.

Table 1. Sacheon regional fermented agricultural products sample list

No.	Sample name	Provider	Date	Sampling location	Category	Maturation period	pH
1	Soy sauce3	In-Seok Cheon	21.1.17	Sacheon-eup	Household	18 years	8
2	Soy sauce1	Kongji Eun Farm	21.1.18	Sacheon-si, Sanam-myeon	Farm	5 years	1
3	Soy sauce2	Jeong Wol Saem	21.1.19	Jeongdong-myeon, Sogok-gil	Farm	13 years	5
4	Persimmon vinegar	Choi Jeong-kyung	21.1.14	Sacheon-si, Jeongdong-myeon	Household	10 years	3
5	Wild peach syrup	Lee Da-Young	21.1.17	Sacheon-eup	Household	7 years	3
6	Ganppang meju	NH Yonghyeon Agricultural Cooperative	21.1.14	Sacheon-si, Yonghyeon-myeon	Agricultural cooperative	2 years	6
7	Ganppang meju soy sauce	NH Yonghyeon Agricultural Cooperative	21.1.14	Sacheon-si, Yonghyeon-myeon	Agricultural cooperative	4 years	5
8	Ganppang meju doenjang	NH Yonghyeon Agricultural Cooperative	21.1.14	Sacheon-si, Yonghyeon-myeon	Agricultural cooperative	4 years	5
9	Gochujang1	In-Seok Cheon	21.1.17	Sacheon-eup	Household	17 years	3
10	Gochujang2	Kongji Eun Farm	21.1.18	Sacheon-si, Sanam-myeon	Farm	7 years	3
11	Pickled perilla leaves	Jang Sang-Gwon	21.1.14	Sacheon-eup	Household	2 years	4
12	Dwarfed anchovy sauce	In-Seok Cheon	21.1.17	Sacheon-eup	Household	3 years	7
13	Dong-a gochujang	Jang Sang-Gwon	21.1.14	Sacheon-eup	Household	2 years	3
14	Dong-a soy sauce	Jang Sang-Gwon	21.1.14	Sacheon-eup	Household	1 year	5
15	dong-a doenjang	Jang Sang-Gwon	21.1.14	Sacheon-eup	Household	1 year	4
16	Doenjang 18 years	In-Seok Cheon	21.1.17	Sacheon-eup	Household	18 years	5
17	Doenjang 5 years	Kongji Eun Farm	21.1.18	Sacheon-si, Sanam-myeon	Farm	5 years	4
18	Doenjang 4 years	Jeong Wol Saem	21.1.19	Jeongdong-myeon, Sogok-gil	Farm	4 years	5
19	Plum fermented tea	Jang Sang-Gwon	21.1.14	Sacheon-eup	Household	1 month	3
20	Meju	Kongji Eun Farm	21.1.18	Sacheon-si, Sanam-myeon	Farm	1 week	5
21	Radish kimchi	In-Seok Cheon	21.1.18	Sacheon-eup	Household	1 month	3
22	Fermented bean curd powder	NH Yonghyeon Agricultural Cooperative	21.1.14	Sacheon-si, Yonghyeon-myeon	Agricultural cooperative	1 year	5
23	Napa cabbage kimchi	In-Seok Cheon	21.1.18	Sacheon-eup	Household	3 years	3
24	Wild kiwi sap soy sauce	Jeong Wol Saem	21.1.19	Jeongdong-myeon, Sogok-gil	Farm	12 years	1
25	Wild kiwi sap doenjang	Jeong Wol Saem	21.1.19	Jeongdong-myeon, Sogok-gil	Farm	6 years	5
26	Sibjeon daebo tea	Jang Sang-Gwon	21.1.14	Sacheon-eup	Household	1 month	3
27	Acacia syrup	In-Seok Cheon	21.1.17	Sacheon-eup	Household	6 months	5
28	Thistle and red plum syrup	Lee Da-Young	21.1.17	Sacheon-eup	Household	5 years	4
29	Ogapi young shoots pickles	Wucheon APFarm	21.1.14	Sacheon-si, Sanam-myeon	Farm	5 years	3
30	Mulberry syrup	In-Seok Cheon	21.1.17	Sacheon-eup	Household	7 years	1
31	Soybean leaf pickles	Jung Ji Won	21.1.18	Sacheon-eup	Household	2 years	4
32	Green garlic stalk pickles	Lee Il-geon	21.1.14	Sacheon-si, Miryong Village	Household	1 week	-

Protease 생산능 검증을 위해 20% skim milk (BD, USA)를, amylase는 0.2% soluble starch (BD, USA), lipase는 1% Tween 80 (BD, USA)를 기질로 선택하여 marine agar (BD, USA) 배지에 각각 첨가하여 배지를 제조하였다. 이후 분리된 균주를 배지에 접종하고 37°C에서 7일 동안 배양한 후 저지원(clear zone) 직경을 측정하여 분해 효소 활성을 평가하였다. 효소 활성 분해능은 배양 후 나타난 저지원의 크기에 따라 (+++: >7 mm, ++: >4~6 mm, +: 1~3 mm) (Table 4)로 기록하였다(Lee et al., 2020a).

옥신(auxin) 생산능 분석

분리된 균주의 auxin 생성 능력을 확인하기 위해 0.1% L-tryptophan (Sigma-Aldrich, USA)이 첨가된 marine broth (BD, USA) 배지에 분리된 순수 colony를 접종하고 37°C에서 5일간 배양하였다. 배양 후 Salkowski 시약(35% HClO₄ 50 mL+0.5 M FeCl₃ 1 mL) 800 μL를 배양 상등액 400 μL에 혼합하여 어두운 곳에서 30분 동안 반응시킨 뒤, 535 nm에서 흡광도를 측정하여 옥신 생성 활성을 평가하였다(+++: >1.0, ++: 0.5~1.0, +: 0.3~0.5) (Table 4) (Lee et al., 2020a).

Table 2. Isolation and growth conditions of aerobically cultured halophilic bacteria isolated from the fermented agricultural products on Sacheon city

No.	Source	Isolate	Media			MA ¹⁾										
			NA ²⁾	R2A ³⁾	TSA ⁴⁾	NaCl (%)		Temp. (°C)					pH			
						3	10	25	30	35	40	45	5	7	9	
1	Soy sauce1	HR-66-1	+ ⁵⁾	+	+	w ⁶⁾	w	+	w	w	w	w	-c ⁷⁾	+	w	w
2	Soy sauce2	JS-66-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	w
3	Soy sauce2	HR-46-1	+	+	+	+	w	+	+	+	+	+	+	+	+	w
4	Soy sauce3	JS-66-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	Soy sauce3	JS-54-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	Soy sauce3	HR-66-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7	Persimmon vinegar	JY-34-1	+	w	+	w	w	w	w	w	w	w	w	+	w	w
8	Wild peach syrup	HR-38-2	+	+	+	+	-	+	w	+	w	w	w	+	+	-
9	Ganppang meju	GH-120-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10	Ganppang meju soy sauce	JY-18-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11	Ganppang meju soy sauce	JY-18-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12	Ganppang meju soy sauce	JY-18-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13	Ganppang meju soy sauce	JY-18-4	w	w	+	+	+	+	+	+	+	w	-	+	+	
14	Ganppang meju soy sauce	JY-18-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15	Ganppang meju doenjang	JS-13-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16	Ganppang meju doenjang	JS-13-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
17	Ganppang meju doenjang	JS-13-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
18	Ganppang meju doenjang	JS-13-4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
19	Ganppang meju doenjang	JS-13-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20	Ganppang meju doenjang	JS-13-6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
21	Ganppang meju doenjang	JS-13-7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
22	Ganppang meju doenjang	JS-13-8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
23	Ganppang meju doenjang	JS-13-9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
24	Ganppang meju doenjang	JS-13-11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25	Gochujang1	JY-48-4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
26	Gochujang1	JY-58-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
27	Gochujang1	JY-58-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
28	Gochujang2	JY-48-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
29	Gochujang2	JY-48-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30	Gochujang2	JY-58-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
31	Gochujang2	JY-48-6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
32	Gochujang2	JY-48-7	+	+	+	+	w	+	+	+	+	+	+	+	+	+
33	Pickled perilla leaves	JY-30-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	w	+	+	+	+
34	Pickled perilla leaves	JY-30-2	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
35	Pickled perilla leaves	JY-30-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
36	Pickled perilla leaves	JY-30-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
37	Dwarfed anchovy sauce	HR-35-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
38	Dwarfed anchovy sauce	HR-35-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
39	Dwarfed anchovy sauce	HR-35-4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
40	Dong-a gochujang	JY-26-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
41	Dong-a gochujang	JY-26-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
42	Dong-a gochujang	JY-26-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Table 2. Continued

No.	Source	Isolate	Media			MA ¹⁾									
			NA ²⁾	R2A ³⁾	TSA ⁴⁾	NaCl (%)		Temp. (°C)					pH		
						3	10	25	30	35	40	45	5	7	9
43	Dong-a gochujang	JY-26-4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
44	Dong-a gochujang	JY-26-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
45	Dong-a soy sauce	HR-2-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
46	Dong-a soy sauce	HR-2-6	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
47	Dong-a soy sauce	GH-2-5	+	+	+	+	w	+	+	+	w	-	-	+	+
48	Dong-a soy sauce	HR-2-9	+	+	+	+	w	+	+	+	+	+	+	+	+
49	Dong-a soy sauce	HR-2-10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
50	Dong-a soy sauce	HR-2-7	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	w	+	+
51	Dong-a soy sauce	HR-2-8	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	w	+	+
52	Dong-a soy sauce	HR-2-12	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
53	Dong-a soy sauce	HR-2-13	+	+	w	+	-	-	+	+	w	w	+	+	-
54	dong-a doenjang	HR-1-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
55	dong-a doenjang	HR-1-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
56	Doenjang 18 years	DRM-41-5	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+
57	Doenjang 18 years	DRM-41-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	w	+	+
58	Doenjang 18 years	DRM-41-2	-	-	+	+	+	+	+	+	w	+	+	+	+
59	Doenjang 18 years	DRM-41-3	-	-	+	+	+	+	+	+	w	+	+	+	+
60	Doenjang 18 years	DRM-41-4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
61	Doenjang 4 years	DRM-68-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
62	Doenjang 4 years	DRM-68-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
63	Doenjang 4 years	DRM-68-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
64	Doenjang 4 years	DRM-68-4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
65	Doenjang 4 years	DRM-68-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
66	Doenjang 4 years	DRM-68-7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
67	Doenjang 5 years	HR-56-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
68	Doenjang 5 years	HR-56-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
69	Plum fermented tea	GH-126-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
70	Plum fermented tea	GH-126-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
71	Plum fermented tea	GH-126-4	+	+	+	+	-	w	w	+	w	-	+	+	-
72	Meju	JS-59-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	w
73	Meju	JS-59-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	w
74	Radish kimchi	JY-61-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
75	Radish kimchi	JY-61-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
76	Radish kimchi	JY-61-4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
77	Fermented bean curd powder	jo 15-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
78	Fermented bean curd powder	jo 15-2-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
79	Fermented bean curd powder	jo 15-3	+	+	+	w	-	+	w	w	w	-	-	w	w
80	Fermented coffee(1)	GH-124A-1	w	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
81	Fermented coffee(2)	GH-124B-99	w	+	+	+	w	+	+	+	w	w	w	+	+
82	Napa cabbage kimchi	JS-62-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
83	Wild kiwi extractsoy sauce	JY-65-4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
84	Wild kiwi extractsoy sauce	JY-65-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Table 2. Continued

No.	Source	Isolate	Media			MA ¹⁾										
			NA ²⁾	R2A ³⁾	TSA ⁴⁾	NaCl (%)		Temp. (°C)					pH			
						3	10	25	30	35	40	45	5	7	9	
85	Wild kiwi extractsoy sauce	JY-65-6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
86	Wild kiwi extractsoy sauce	JY-65-7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
87	Wild kiwi extractsoy sauce	JY-65-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
88	Wild kiwi extractsoy sauce	JY-65-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
89	Wild kiwi extractsoy sauce	JS-65-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
90	Wild kiwi extractsoy sauce	JS-65-4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
91	Wild kiwi extractsoy sauce	JS-65-7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
92	Wild kiwi extractsoy sauce	JS-65-8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
93	Wild kiwi extractsoy sauce	JY-65-10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
94	Wild kiwi extractsoy sauce	JY-65-11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
95	Wild kiwi extractsoy sauce	JY-65-12	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
96	Wild kiwi extractsoy sauce	JS-65-9	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-
97	Wild kiwi extractsoy sauce	JY-65-9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
98	Wild kiwi extractsoy sauce	DRM-67-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
99	Wild kiwi extractsoy sauce	DRM-67-4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
100	Wild kiwi extractsoy sauce	DRM-67-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
101	Wild kiwi extractsoy sauce	DRM-67-6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
102	Wild kiwi extractsoy sauce	DRM-67-7	+	+	+	+	+	+	w	+	+	w	+	+	-	-
103	Wild kiwi extractsoy sauce	DRM-67-8	+	+	+	w	w	+	w	w	w	w	+	w	-	-
104	Wild kiwi extractsoy sauce	DRM-67-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
105	Sipjeondaebao fermented tea	GH-127-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
106	Sipjeondaebao fermented tea	GH-127-15	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
107	Sipjeondaebao fermented tea	GH-127-16	+	+	+	+	w	+	+	+	+	+	+	+	+	+
108	Sipjeondaebao fermented tea	GH-127-2	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
109	Sipjeondaebao fermented tea	GH-127-10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
110	Sipjeondaebao fermented tea	GH-127-11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
111	Seed soy sauce	JS-101-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
112	Seed soy sauce	JS-101-4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
113	Seed doenjang	JS-78-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
114	Acacia syrup	jo 43-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
115	Acacia syrup	jo 43-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	w	+	+	w	w
116	Thistle and red plum syrup	jo 39-1	+	+	+	+	-	w	w	+	+	+	+	+	-	-
117	Thistle and red plum syrup	jo 39-5	+	+	+	+	w	+	+	+	+	+	+	+	+	+
118	Thistle and red plum syrup	jo 39-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
119	Ogapi young shoots pickles	HR-4-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
120	Mulberry syrup	JS-44-1	+	+	w	w	w	w	w	w	w	w	+	w	w	w
121	Soybean leaf pickles	jo 63-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
122	Soybean leaf pickles	jo 63-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
123	Green garlic stalk pickles	JY-22-1	w	w	+	+	w	+	+	+	w	w	+	+	+	+
124	Green garlic stalk pickles	JY-22-2	w	+	w	+	+	+	+	+	+	w	+	+	+	+
125	Green garlic stalk pickles	JY-22-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
126	Green garlic stalk pickles	JY-22-5	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+
127	Green garlic stalk pickles	JY-22-7	+	+	+	+	-	+	+	+	+	w	+	+	+	+
128	Green garlic stalk pickles	JY-22-8	+	+	w	+	w	+	+	+	+	w	-	+	+	+

¹⁾marine agar, ²⁾nutrient agar, ³⁾reasoner's 2A agar, ⁴⁾tryptic soy agar, ⁵⁾well-growth, ⁶⁾weak growth, ⁷⁾no growth.

Table 3. Phylum analysis of aerobically cultured halophilic bacteria isolated from the fermented agricultural products in Sacheon city

Phylum	Class	Order	Family	Genus	Species	No.	
Actinomycetota	Actinomycetia	Micrococcales	Micrococcaceae	<i>Glutamicibacter</i>	<i>Glutamicibacter arilaitensis</i>	1	
				<i>Micrococcus</i>	<i>Micrococcus luteus</i>	1	
Bacillota	Bacilli	Bacillales	Paenibacillaceae	<i>Paenibacillus</i>	<i>Kurthia senegalensis</i>	1	
			Planococcaceae	<i>Kurthia</i>	<i>Paenibacillus tundrae</i>	1	
		Caryophanales	Bacillaceae	<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus altitudinis</i>	3	
				<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	4		
				<i>Bacillus aryabhatai</i>	1		
				<i>Bacillus atrophaeus</i>	2		
				<i>Bacillus australimaris</i>	1		
				<i>Bacillus cereus</i>	4		
				<i>Bacillus filamentosus</i>	1		
				<i>Bacillus glycinifermentans</i>	1		
				<i>Bacillus licheniformis</i>	6		
				<i>Bacillus megaterium</i>	1		
				<i>Bacillus oryzaecorticis</i>	1		
				<i>Bacillus paralicheniformis</i>	3		
				<i>Bacillus safensis</i>	3		
				<i>Bacillus salacetis</i>	2		
				<i>Bacillus siamensis</i>	3		
				<i>Bacillus sonorensis</i>	9		
				<i>Bacillus subtilis</i>	3		
				<i>Bacillus tequilensis</i>	21		
<i>Bacillus velezensis</i>	41						
Pseudomonadota	Betaproteobacteria	Burkholderiales	Alcaligenaceae	<i>Exiguobacterium</i>	<i>Exiguobacterium oxidotolerans</i>	1	
				<i>Fictibacillus</i>	<i>Fictibacillus gelatini</i>	1	
				<i>Metabacillus</i>	<i>Metabacillus idriensis</i>	1	
				Caryophanaceae	<i>Rummeliibacillus</i>	<i>Rummeliibacillus stabekisii</i>	4
					<i>Sporosarcina</i>	<i>Sporosarcina aquimarina</i>	1
				Staphylococcaceae	<i>Staphylococcus</i>	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	2
					<i>Staphylococcus hominis</i> subsp. <i>hominis</i>	1	
<i>Staphylococcus warneri</i>	1						
Pseudomonadota	Gammaproteobacteria	Pseudomonadales	Moraxellaceae	<i>Psychrobacter</i>	<i>Alcaligenes faecalis</i> subsp. <i>Faecalis</i>	1	
				<i>Psychrobacter</i>	<i>Psychrobacter pulmonis</i>	1	

결과 및 고찰

호염성 세균 분리

사천시 농협, 농장, 여러 가정집 등에서 모은 32개 발효된 농산물로부터 식품 산업에 활용이 용이할 것으로 생각되는 호기적으로 생

육 가능한 사천지역특화 호염성 미생물을 분리하고자 marine agar 배지에 시료를 희석, 도말하여 배양한 후, 배양된 colony의 모양, 색깔, 등 형태학적 특징을 육안으로 구분이 가능한 균주들을 대상으로 동일한 고체배지를 사용하여 2차로 단일 균주 분리를 수행하였다. 그 결과 Table 2에서 나타낸 것처럼 사천지역 장류 시료로부터 86균

Table 4. Identification and extracellular enzyme productivity of bacteria isolated from the fermented agricultural products in Sacheon city

No	Isolate	Closed strain	Similarity (%)	Extracellular enzyme activity			Auxin	Deposited number
				Amylase	Lipase	Protease		
1	HR-66-1	<i>Bacillus velezensis</i>	100.0	-	-	-	-	NMC9-B49
2	JS-66-1	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B181
3	HR-46-1	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	-	++	-	-	NMC9-B310
4	JS-66-3	<i>Bacillus subtilis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B183
5	JS-54-1	<i>Bacillus paralicheniformis</i>	100.0	++	-	++	-	NMC9-B190
6	HR-66-2	<i>Bacillus paralicheniformis</i>	100.0	++	-	+++	-	NMC9-B309
7	JY-34-1	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	99.9	-	-	+	-	NMC9-B27
8	HR-38-2	<i>Bacillus velezensis</i>	100.0	-	-	-	-	NMC9-B48
9	GH-120-1	<i>Bacillus velezensis</i>	100.0	+++	-	+++	-	NMC9-B355
10	JY-18-1	<i>Bacillus velezensis</i>	100.0	+++	-	+++	-	NMC9-B135
11	JY-18-2	<i>Bacillus australimaris</i>	99.9	-	++	+++	-	NMC9-B136
12	JY-18-3	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	-	+	++	-	NMC9-B137
13	JY-18-4	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	-	-	+++	-	NMC9-B138
14	JY-18-5	<i>Bacillus filamentosus</i>	100.0	+++	-	+	-	NMC9-B139
15	JS-13-1	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B156
16	JS-13-2	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.7	+++	++	+++	-	NMC9-B157
17	JS-13-3	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	+++	+	+	-	NMC9-B158
18	JS-13-4	<i>Bacillus safensis</i>	99.9	-	-	+++	-	NMC9-B159
19	JS-13-5	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	99.8	+++	-	+++	-	NMC9-B160
20	JS-13-6	<i>Bacillus safensis</i>	99.9	-	+	+++	-	NMC9-B161
21	JS-13-7	<i>Bacillus velezensis</i>	99.8	+++	-	+++	-	NMC9-B162
22	JS-13-8	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B163
23	JS-13-9	<i>Bacillus safensis</i>	99.7	-	+	+++	-	NMC9-B164
24	JS-13-11	<i>Bacillus velezensis</i>	100.0	+++	-	+++	-	NMC9-B32
25	JY-48-4	<i>Bacillus siamensis</i>	99.7	+++	-	+++	-	NMC9-B117
26	JY-58-1	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B129
27	JY-58-3	<i>Bacillus velezensis</i>	99.8	+++	-	+++	-	NMC9-B131
28	JY-48-2	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	++	+	++	-	NMC9-B109
29	JY-48-3	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	99.8	+++	-	+++	-	NMC9-B110
30	JY-58-2	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B130
31	JY-48-6	<i>Bacillus siamensis</i>	100.0	+++	-	+++	-	NMC9-B28
32	JY-48-7	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B29
33	JY-30-1	<i>Sporosarcina aquimarina</i>	98.1	-	-	-	++	NMC9-B121
34	JY-30-2	<i>Bacillus subtilis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B122
35	JY-30-3	<i>Bacillus licheniformis</i>	99.9	+	-	++	-	NMC9-B123
36	JY-30-5	<i>Bacillus subtilis</i>	99.9	+	-	+++	-	NMC9-B125
37	HR-35-1	<i>Bacillus sonorensis</i>	99.3	+++	-	+	-	NMC9-B258
38	HR-35-2	<i>Bacillus sonorensis</i>	99.9	+++	-	+	-	NMC9-B259
39	HR-35-4	<i>Bacillus sonorensis</i>	99.9	+++	-	+	-	NMC9-B261
40	JY-26-1	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	+++	+	+	-	NMC9-B126
41	JY-26-2	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B127
42	JY-26-3	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	+++	-	+	-	NMC9-B128

Table 4. Continued

No	Isolate	Closed strain	Similarity (%)	Extracellular enzyme activity			Auxin	Deposited number
				Amylase	Lipase	Protease		
43	JY-26-4	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	+++	+	+	-	NMC9-B25
44	JY-26-5	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	+++	+	+	-	NMC9-B26
45	HR-2-1	<i>Bacillus megaterium</i>	100.0	+++	-	+++	+	NMC9-B263
46	HR-2-6	<i>Kurthia senegalensis</i>	60.2	+	-	++	-	NMC9-B268
47	GH-2-5	<i>Exiguobacterium oxidotolerans</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B424
48	HR-2-9	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B43
49	HR-2-10	<i>Bacillus velezensis</i>	100.0	+++	-	+++	-	NMC9-B44
50	HR-2-7	<i>Rummeliibacillus stabekisii</i>	99.7	-	-	-	++	NMC9-B452
51	HR-2-8	<i>Rummeliibacillus stabekisii</i>	100.0	-	-	+++	++	NMC9-B453
52	HR-2-12	<i>Bacillus velezensis</i>	100.0	+++	-	+++	-	NMC9-B46
53	HR-2-13	<i>Bacillus velezensis</i>	100.0	+++	+	+++	-	NMC9-B47
54	HR-1-2	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	+++	++	++	-	NMC9-B41
55	HR-1-3	<i>Bacillus velezensis</i>	99.93	+++	-	+++	-	NMC9-B42
56	DRM-41-5	<i>Bacillus altitudinis</i>	100.0	-	-	+++	-	NMC9-B436
57	DRM-41-1	<i>Bacillus altitudinis</i>	99.7	-	+	+++	-	NMC9-B95
58	DRM-41-2	<i>Bacillus salaceticus</i>	99.8	-	-	+++	-	NMC9-B96
59	DRM-41-3	<i>Bacillus salaceticus</i>	99.9	-	-	+++	-	NMC9-B97
60	DRM-41-4	<i>Bacillus altitudinis</i>	99.9	-	+	+++	-	NMC9-B98
61	DRM-68-1	<i>Bacillus licheniformis</i>	99.8	-	-	++	-	NMC9-B104
62	DRM-68-2	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B105
63	DRM-68-3	<i>Bacillus sonorensis</i>	99.7	+++	-	+	-	NMC9-B106
64	DRM-68-4	<i>Bacillus sonorensis</i>	99.8	+++	-	+	-	NMC9-B107
65	DRM-68-5	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B20
66	DRM-68-7	<i>Bacillus velezensis</i>	99.6	+++	-	+++	-	NMC9-B21
67	HR-56-1	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B50
68	HR-56-3	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B51
69	GH-126-1	<i>Bacillus velezensis</i>	99.8	+++	-	+++	-	NMC9-B365
70	GH-126-2	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B366
71	GH-126-4	<i>Bacillus velezensis</i>	100.0	-	-	-	-	NMC9-B367
72	JS-59-1	<i>Bacillus velezensis</i>	99.5	++	-	+++	-	NMC9-B187
73	JS-59-3	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B189
74	JY-61-1	<i>Bacillus licheniformis</i>	99.9	++	-	+	-	NMC9-B140
75	JY-61-2	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	+++	+	+++	-	NMC9-B141
76	JY-61-4	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	+++	+	+++	-	NMC9-B143
77	jo 15-1	<i>Bacillus velezensis</i>	100.0	+++	-	+++	-	NMC9-B216
78	jo 15-2-2	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	++	-	+	-	NMC9-B217
79	jo 15-3	<i>Paenibacillus tundrae</i>	99.2	+++	-	-	-	NMC9-B218
80	GH-124A-1	<i>Metabacillus idriensis</i>	99.5	-	-	+++	-	NMC9-B361
81	GH-124B-99	<i>Micrococcus luteus</i>	99.6	-	+	+++	++	NMC9-B362
82	JS-62-2	<i>Bacillus glycinifermentans</i>	99.9	+	-	++	-	NMC9-B191
83	JY-65-4	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B112
84	JY-65-5	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B113
85	JY-65-6	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B114

Table 4. Continued

No	Isolate	Closed strain	Similarity (%)	Extracellular enzyme activity			Auxin	Deposited number
				Amylase	Lipase	Protease		
86	JY-65-7	<i>Bacillus velezensis</i>	99.7	+++	-	+++	-	NMC9-B115
87	JY-65-3	<i>Bacillus sonorensis</i>	99.9	+++	-	+	-	NMC9-B118
88	JY-65-2	<i>Bacillus sonorensis</i>	99.9	+++	-	++	-	NMC9-B119
89	JS-65-2	<i>Bacillus sonorensis</i>	99.6	+++	-	+	-	NMC9-B174
90	JS-65-4	<i>Bacillus siamensis</i>	99.7	-	-	+++	-	NMC9-B176
91	JS-65-7	<i>Bacillus velezensis</i>	99.8	++	-	+++	-	NMC9-B179
92	JS-65-8	<i>Bacillus velezensis</i>	99.6	+++	-	+++	-	NMC9-B180
93	JY-65-10	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B22
94	JY-65-11	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B23
95	JY-65-12	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B24
96	JS-65-9	<i>Bacillus velezensis</i>	99.6	+++	-	+++	-	NMC9-B33
97	JY-65-9	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	++	-	+++	-	NMC9-B64
98	DRM-67-2	<i>Bacillus licheniformis</i>	99.8	-	-	++	-	NMC9-B100
99	DRM-67-4	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B101
100	DRM-67-5	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B102
101	DRM-67-6	<i>Bacillus licheniformis</i>	99.9	-	-	++	-	NMC9-B103
102	DRM-67-7	<i>Staphylococcus warneri</i>	99.9	-	+	-	-	NMC9-B18
103	DRM-67-8	<i>Staphylococcus hominis</i> subsp. <i>hominis</i>	99.8	-	-	-	-	NMC9-B19
104	DRM-67-1	<i>Bacillus licheniformis</i>	99.6	++	-	+++	-	NMC9-B99
105	GH-127-1	<i>Bacillus tequilensis</i>	100.0	+++	++	+++	-	NMC9-B368
106	GH-127-15	<i>Bacillus cereus</i>	100.00	+++	-	+++	-	NMC9-B369
107	GH-127-16	<i>Bacillus cereus</i>	100.0	+++	-	+++	-	NMC9-B370
108	GH-127-2	<i>Bacillus cereus</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B371
109	GH-127-10	<i>Rummeliibacillus stabekisii</i>	99.9	-	-	-	-	NMC9-B485
110	GH-127-11	<i>Rummeliibacillus stabekisii</i>	100.0	-	-	-	-	NMC9-B486
111	JS-101-2	<i>Bacillus atrophaeus</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B170
112	JS-101-4	<i>Bacillus velezensis</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B172
113	JS-78-3	<i>Bacillus atrophaeus</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B200
114	jo 43-1	<i>Bacillus paralicheniformis</i>	99.5	+++	-	+++	-	NMC9-B226
115	jo 43-2	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	99.9	+++	-	+++	-	NMC9-B227
116	jo 39-1	<i>Fictibacillus gelatini</i>	99.7	-	-	+++	-	NMC9-B224
117	jo 39-5	<i>Bacillus sonorensis</i>	99.1	++	-	++	-	NMC9-B225
118	jo 39-2	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.6	-	-	+++	-	NMC9-B37
119	HR-4-1	<i>Bacillus velezensis</i>	99.6	-	-	+++	-	NMC9-B269
120	JS-44-1	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	99.9	-	-	+	-	NMC9-B36
121	jo 63-1	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	+++	++	+++	-	NMC9-B38
122	jo 63-3	<i>Bacillus tequilensis</i>	99.9	+++	++	+++	-	NMC9-B39
123	JY-22-1	<i>Psychrobacter pulmonis</i>	99.8	-	-	-	++	NMC9-B144
124	JY-22-2	<i>Bacillus oryzaecorticis</i>	99.5	++	-	+++	-	NMC9-B145
125	JY-22-3	<i>Bacillus aryabhatai</i>	99.9	+++	-	+++	+	NMC9-B146
126	JY-22-5	<i>Bacillus cereus</i>	100.0	+++	-	+++	-	NMC9-B148
127	JY-22-7	<i>Alcaligenes faecalis</i> subsp. <i>Faecalis</i>	100.0	-	-	-	-	NMC9-B150
128	JY-22-8	<i>Glutamicibacter arilaitensis</i>	99.1	-	-	++	-	NMC9-B151

주와 비장류(장아찌, 과실청 등) 시료로부터 42균주를 분리하여 호염성 미생물 총 128균주를 순수 분리하였다. 또한 주요 성분이 무기 염으로 이루어진 marine agar 배지는 해양환경의 호염성 미생물 배양에 유리한 배지이기에 산업적 활용가능성을 확인하기 위하여 대량 배양 등에 많이 활용되는 혼합배지(NA, Nutrient Agar; R2A, Reasoner's 2A agar; TSA, Tryptic Soy Agar)에서 분리된 균주의 성장능력을 확인한 결과 128균주 중 모든 균주(weak growth 포함)가 적어도 1종류 이상의 산업용 혼합 배지에서 생장이 가능한 것을 확인하였다. 이는 사천지역 발효농산물 시료로부터 천연식물 발효용 halophiles 탐색에 있어서 분리 배지 성분 영향이 어느 정도 미치는 것으로 생각되며, 본 연구 결과를 바탕으로 사천지역 발효농산물 시료로부터 halophiles 분리 최적 배지는 MA (marine agar) 배지로 나타났다. 또한 분리된 균주의 최적 생육 pH를 조사하기 위해 pH 5, 7, 9로 각 조절한 MA 배지에 균주들의 생육을 확인하였다. 산다래 수액간장(pH 1, Table 1)으로부터 분리된 JS-65-9를 제외한 127균주가 pH 7에서 생장이 가능(weak growth 포함)하였으며 JS-65-9를 포함한 117균주는 pH 4에서도 생장이 가능(weak growth 포함)하였다 (Table 2). 김치, 막걸리, 청국장과 같은 개별 발효식품에서 미생물을 분리·동정하는 연구가 다수 수행되었으나, 특정 지역 내 다양한 발효식품에서 분리된 미생물의 분포와 특성을 비교·분석하는 연구는 제한적이었다. 최근 순창, 제주, 사천과 같은 지역에서 지역 특화 미생물을 분리·동정하고 이를 산업적으로 활용하려는 노력이 활발히 진행되고 있다. 순창의 경우 전통 고추장, 된장, 간장 등의 발효 과정에서 중요한 역할을 하는 미생물들을 집중적으로 연구(Lee et al., 2014)하고 있으며, 2024 발효미생물산업클러스터고도화사업에서 발효 과정의 심화단계 연구를 집중하여 산업화에 적용하고 있다. 반면, 제주에서는 지역의 독특한 환경적 요인(화산도양, 해양 환경 등)이 미생물 다양성에 미치는 영향을 고려하여 미생물을 탐색·채집하고, 이를 체계적으로 정리한 '제주토착미생물도감'을 발간(3권)하는 등의 연구를 수행하였다.

이에 반해 사천시미생물발효재단은 순창과 제주 연구의 장점을 결합하여, 사천 지역 내 다양한 발효식품에서 미생물을 분리·동정하는 것뿐만 아니라, 산업적 응용 가능성을 고려한 특성 분석을 강조하였다. 이러한 연구를 통해 사천 지역에서 다양한 배지 이용성과 세포의 효소활성을 포함한 산업적 응용성이 높은 128 균주를 확보할 수 있었다. 이는 지역 기반의 미생물 자원을 산업적으로 활용하는 데 있어 중요한 성과로 볼 수 있다.

16S rRNA 유전자 DNA 염기서열의 계통학적 분석

사천시 발효농산물 시료로부터 호기적으로 분리된 128 균주의

16S rRNA 유전자 DNA 염기서열을 기반으로 EzBioCloud를 통해 미생물 동정을 실시하였다. 크게 3문 4강 5목 8과 13속 33종으로 나타났으며(Table 3), 분리·동정된 균주, 근연 균주 및 그들의 상동성을 Table 4에 나타내었다. 또한 분리 동정된 균주들 간의 유연관계를 확인하기 위하여 16S rRNA 유전자 DNA 염기서열 계통수를 작성하였다(Fig. 1). Table 3에서 보는 바와 같이 Bacillota (Bacilli)가 96.9%로 우점도가 높았다. 가장 우점도가 높은 Bacillota 문은 Bacillaceae 88.3%, Caryophanaceae 3.9%, Staphylococcaceae 3.1%, Paenibacillaceae 0.8%, Planococcaceae가 0.8%로 구성되었으며, 총 5과 9속 29종이 분리되었다. 본 연구에서 가장 높은 비율로 분리된 Bacillaceae 과 중에서 *Bacillus* 속은 해양생물과 담수생물에서 많이 분리되며 여러 전통적 발효식품 중에서도 발효농산물과 젓갈류에서 많이 분리된다는 것이 알려져 있다. 이에 복잡한 리아스식 해안을 포함한 다양한 해양환경을 접해 있는 사천시 내의 발효농산물 시료에서 Bacillaceae 과가 가장 많이 분리된 것으로 판단되며(Kim et al., 2013; Ryu et al., 2017; Park et al., 2020), 실제로 사천시 32개 발효농산물 시료 중에 비장류(장아찌, 과실청 등)보다는 장류에서 Bacillaceae과의 호염성 미생물들이 매우 많이 분리되었다. 이는 장류의 발효환경이 고염도인 것이 큰 원인일 것이며, *Bacillus*와 같은 균주들은 pH 조절과 항균 능력이 우수하여 이와 같은 발효환경에서 많이 발견되는 것이다(Kim et al., 2010; Kim et al., 2013).

Pseudomonadota 문에서는 2과 2속 2종이 분리되었으며 *Alcali-*

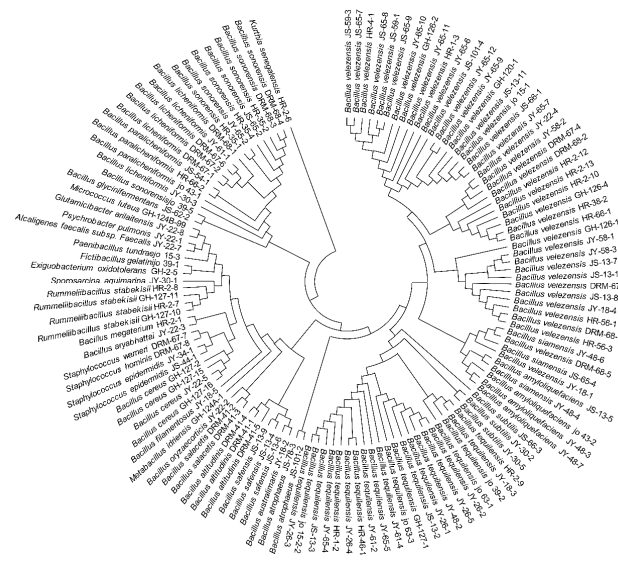


Fig. 1. Phylogenetic tree analysis based on 16S rRNA gene DNA sequences of bacteria isolated from the fermented agricultural products in Sacheon city. Circular tree based on Neighbor-Joining (NJ) method (Saitou and Nei, 1987) and the evolutionary distances were computed using the Maximum Composite Likelihood method (Tamura et al., 2004). Evolutionary analyses were conducted in MEGA11 (Tamura et al., 2021).

*genes*와 *Psychrobacter* 속에서 각 1균주씩 분리되었다. 마지막으로, Actinomycetota 문에서는 1과 2속 2종의 *Glutamicibacter*와 *Micrococcus* 속에서 각 1균주씩 분리되었다. 분리 균주 중 근연 균주와의 16S rRNA gene DNA 염기서열 상동성이 낮은 균주(96% 이하)는 확인되지 않았다. 본 연구에서 분리된 *Bacillus* 속 균주 중에서 *velezensis*와 *tequilensis* 종은 사천시 내의 장류와 비장류의 다양한 24개 시료로부터 총 62균주(48.4%)가 골고루 동정되었다. 이는 Kim et al. 2010, 2013에서 언급했듯이 사천시 지역의 장기발효식품 내 환경에 잘 적응하고 안정성이 높은 대표적인 균주들이 *Bacillus velezensis*와 *tequilensis*라고 생각할 수 있다. 반대로 심전대보차와 풋마늘대 장아찌에서 *Bacillus cereus*가 발견되었다. 이 균주는 선식과 즉석조리식품에서 꾸준히 발견되어 온 안전하지 않은 균주이다(Kim et al., 2004; Cho et al., 2008). 산업화에 주의를 해야 하는 균주로서, 해당 균주의 생육정도를 정량적으로 더 정확히 살펴봐야 하지만, 산업화에 사용할 때에는 전통적인 지역특화 발효물로부터 표준화된 안전관리(적절한 온도 관리, 철저한 가열 조리, 위생적 취급, HACCP 시스템 도입 등)를 해야 할 필요가 있다.

분해 효소 및 옥신 생산능 분석

해양환경이 풍부하고 인접한 지역의 농산물 발효식품은 고염의 특성, 미네랄 풍부, 풍부한 감칠맛, 해안기후로 인한 발효속도 상승과 발효미생물의 다양성과 함께 다양한 미생물들이 생산하는 효소들에 의해 숙성 과정을 통해 만들어지는 전통 식품으로 알려져 있기에 (Voidarou C et al., 2021; Li et al., 2024) 분리된 호염성 미생물 균주들이 식품 산업에서 활용할 수 있는 가수분해 효소 자원으로서의 가능성과 미생물 비료로의 산업적 응용성을 평가하기 위해, 이들의 세포의 가수분해 효소와 옥신 생산 능력을 분석하였다. Table 4에 나타난 것처럼 분리된 128균주 중 118균주(92.2%)에서 한 가지 이상의 분해 효소 활성이 존재하는 것을 확인하였으며, protease 활성을 보이는 115균주, amylase 활성을 보이는 92균주, lipase 활성을 보이는 22균주를 확보하였고, 이 중 두 가지 이상의 효소 활성을 가지는 98균주, 세 효소 활성을 모두 갖는 13균주도 확인되었다. 최근 미생물 균을 분리하고 세포의 효소활성을 체크한 4편의 논문과 비교하면, 92.2%는 높은 편이다. 대표적인 세포의 효소인 protease, amylase, lipase 중 한 개 이상의 효소활성을 갖는 비율은 국내 염전(신안태평과 곰소) 유래 162균주 중에서 77.2%와 에티오피아 소금(다나킬과 아프데라호수) 유래 68균주 중에서 79.4% (Lee et al., 2020), 제주 해안근처 목장(양떼, 녹빛 및 아침미소) 유래 116균주 중에서 77.6% (Lee et al., 2020), 국내외 수산물(남해, 서남해 및 대마도) 유래 86균주 중에서 64.0%(Jeong et al., 2021), 제주 남서해안 토양(화순항과 대포포구) 유래 46균주 67.4% (Lee et al., 2022)이었다.

미생물이 생산하는 옥신(Indole-3-Acetic Acid, IAA)은 식물의 생장과 발달에 중요한 역할을 한다고 알려져 있다. 옥신은 식물의 세포 신장, 분화, 발아, 뿌리 발달, 과실 성장, 광합성 활성 증가, 스트레스 저항성 증가, 질소 고정화 등을 촉진하여 전반적인 생장 증진에 기여한다고 알려져 있다(Woo et al., 2007). 분리된 균주의 옥신 생산능을 확인한 결과, 장류(동아간장) 시료에서 분리한 *Bacillus megaterium* HR-2-1, *Rummeliibacillus stabekisii* HR-2-7 & HR-2-8의 3균주와 비장류(깻잎 장아찌, 발효커피(2), 풋마늘대 장아찌) 시료에서 분리된 *Sporosarcina aquimarina* JY-30-1, *Micrococcus luteus* GH-124B-99, *Bacillus aryabhatai* JY-22-3 & *Psychrobacter pulmonis* JY-22-1균주 포함 총 7균주에서 옥신 생산능이 확인되었다. 본 연구의 결과는 사천 지역 발효 농산물 시료로부터 국내 미생물 자원의 다양성을 확보하는 데 중요한 의의를 지닐 수 있으며, 또한 산업용 가수분해 효소 관련 생물공학 및 친환경 미생물 제제 개발을 위한 기초 생물소재로 활용될 가능성이 기대된다. 또한 본 연구를 통하여 분리한 모든 균주들은 한국생명공학연구원(KRIBB) 미생물가치제고사업단에 기탁하였다.

요약

본 연구는 산업적으로 유용한 미생물을 동정하고 특성 분석하기 위해 사천지역 내의 32개 발효농산물로부터 128균주를 순수 분리하였다. 분리된 균주들을 16S rRNA gene DNA 염기서열 분석을 바탕으로 계통학적으로 분석한 결과, 3문, 8과, 13속, 33종으로 구성되어 있는 것을 확인하였다. 특히, Bacillaceae 과는 88.3%를 차지하며, 4개의 속(*Bacillus*, *Exiguobacterium*, *Fictibacillus* 및 *Metabacillus* 속)과 22개의 종으로 구성되었다. 두 번째 그룹의 Caryophanaceae 과는 3.9%를 차지하며, 2개의 속(*Rummeliibacillus* and *Sporosarcina* 속)과 2개의 종으로 구성되었다. 분리된 균주들의 가수분해 효소 활성을 조사한 결과, 118개 균주(92.2%)가 적어도 하나의 효소 활성을 보였다. 이는 상당히 높은 비율이다. 또한, 7개의 균주에서 옥신 생산 능력이 확인되었다. 본 연구는 분리된 균주들이 사천시의 지역특화미생물로서 식품 및 농업뿐 아니라 여러 산업에서 활용될 가능성과 유전자원의 중요성이 있음을 보여주었고 있다.

ORCID

Joo Young Yang	https://orcid.org/0009-0009-1765-4477
Mi Hwa Park	https://orcid.org/0000-0002-3123-2870
Ji Yeong Park	https://orcid.org/0009-0005-2390-2220
Sondor Ganbat	https://orcid.org/0000-0002-6834-6396
Dariimaa Ganbat	https://orcid.org/0000-0003-4244-5465

Yong-Jik Lee	https://orcid.org/0000-0002-0047-2302
Da Young Lee	https://orcid.org/0009-0002-3560-2549
Ji Won Jung	https://orcid.org/0009-0000-1503-2548
Won-Jae Chi	https://orcid.org/0000-0003-2893-7930
Seok-Cheol Cho	https://orcid.org/0000-0001-7546-5089
Sang-Jae Lee	https://orcid.org/0000-0002-9516-3165

Conflict of interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgements

This paper was supported by the Phase 3 Industry-Academia Collaboration Leading University Development Project (LINC 3.0) funded by the Ministry of Education and the National Research Foundation of Korea, as well as by the Sacheon Microbial Fermentation Foundation, supported by the city of Sacheon, and the University Innovation Research Complex Project (20240002) funded by Busan Technopark. It was also supported by the National Institute of Biological Resources (NIBR202402105) under the Ministry of Environment.

Data availability

Upon reasonable request, the datasets of this study can be available from the corresponding author.

Authorship contribution statement

Conceptualization: Park MH, Lee YJ, Chi WJ, Cho SC, Lee SJ.
 Data curation: Yang JY, Park MH, Park JY, Ganbat S, Lee SJ.
 Formal analysis: Yang JY, Park MH, Ganbat S, Cho SC, Lee SJ.
 Methodology: Yang JY, Park MH, Ganbat D, Lee DY, Jong JW, Lee SJ.
 Validation: Park MH, Ganbat S, Ganbat D, Lee YJ, Chi WJ, Cho SC, Lee SJ.
 Investigation: Yang JY, Park JY, Lee DY, Jong JW.
 Writing - original draft: Yang JY, Park MH, Ganbat S, Lee SJ.
 Writing - review & editing: Yang JY, Park MH, Park JY, Ganbat S, Ganbat D, Lee YJ, Lee DY, Jong JW, Chi WJ, Cho SC, Lee SJ.

Ethics approval

Not applicable.

References

- Giyatmi G and Irianto HE. 2017. Enzymes in fermented fish. *Advanc. Food Nutr. Res.* 80: 199-216.
- Kim TS, Lee GH, Kim GJ, Lee SW, Park K and Park JW. 2010. Antifungal activity of bacterial strains isolated from tidal mudflat and salted seafood (traditional jeotgal) against six major plant pathogens. *Korean J. Pestic. Sci.* 14: 421-426.
- Kim HR, Han S, Lee B, Jeong DW and Lee JH. 2013. Analysis of the bacterial community in ojingeo-jeotgal and selection of *Bacillus* species inhibiting the growth of food pathogens. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* 41: 462-468.
- Lee J and Kwak CH. 1999. The historical geography of Sacheon bay region. *J. Korean Assoc. Reg. Geogr.* 5: 119-132.
- Lee YD. 2023. A study on flor and management of village forests in Sacheon-si, Gyeongsangnam-do. MS thesis, Gyeongsang National Univ.
- Li H, Li G, Bi Y and Liu S. 2024. Fermented fish products: balancing tradition and innovation for improved quality. *Foods* 13: 2565.
- Moreno DL, Pérez D, García MT and Mellado E. 2013. Halophilic bacteria as a source of novel hydrolytic enzymes. *Life (Basel)* 3: 38-51.
- Oh HK and You JH. 2012. The basic study for developing plant ecological indices of Sacheon-si, Gyeongsangnam-do. *J. Environ. Impact Assess.* 21: 509-523.
- Park WJ, Lee SH, Lee HJ. 2017. Antibacterial and proteolytic activities of bacterial isolates from ethnic fermented seafoods in the east coast of Korea. *Food Eng. Prog.* 21: 88-92.
- Park KS, Cho ED, Kim HD. 2020. Profiles of toxin genes and antimicrobial resistance of *Bacillus cereus* strains isolated from commercial Jeotgal. *J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 870-877.
- Ryu MS, Yang HJ, Kim JW, Jeong SJ, Jeong SY, Eom JS and Jeon DY. 2017. Potential probiotics activity of *Bacillus* spp. from traditional soybean pastes and fermentation characteristics of Cheonggukjang. *Korean J. Food Preserv.* 24: 1168-1179.
- Saitou N, Nei M. 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol. Biol. Evol.* 4: 406-425.
- Tamura K, Nei M, Kumar S. 2004. Prospects for inferring very large phylogenies by using the neighbor-joining method. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 101: 11030-11035.
- Tamura K, Stecher G and Kumar S. 2021. MEGA 11: molecular evolutionary genetics analysis version 11. *Mol. Biol. Evol.* Available from: <https://doi.org/10.1093/molbev/msab120>.
- Voidarou C, Antoniadou M, Rozos G, Tzora A, Skoufos I,

- Varzakas T, Lagiou A, Bezirtzoglou E. 2021. Fermentative foods: microbiology, biochemistry, potential human health benefits and public health issues. *Foods* 10: 69.
- Zang J, Xu Y, Xia W, Regenstein JM. 2020. Quality, functionality, and microbiology of fermented fish: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 60: 1228-1242.
- Lee SJ, Kim MJ, Park SJ. 2014. Method for preparing low-salt soy sauce. KR101482068B1 Korea.
- Lee YJ, Shin KS, Lee SJ. 2020a. A study of the diversity and profile for enzyme production of aerobically cultured halophilic microorganisms from the various solar salterns. *Food Eng. Prog.* 24: 62-76.
- Lee YJ, Shin KS, Lee SJ. 2020b. A research on the diversity and enzyme productivity of halophilic microorganisms isolated from the soil around the ranch for the exploration of fermentation strains. *Food Eng. Prog.* 24: 77-87.
- Jeong GE, Ganbat D, Yeom YJ, Choi BG, Lee HS, Park MH, Shin KS, Lee YJ, Lee SJ. 2021. A study on the characterization of halophilic microorganisms isolated from fermented seafood. *Food Eng. Prog.* 25: 110-117.
- Lee YJ, Ganbat D, Jeong GE, Shin KS, Lee SJ. 2022. A study on the isolation and characterization of aerobic halophilic microorganisms isolated from the soil around the port on Jeju island. *Food Eng. Prog.* 26: 140-146.
- Woo SM, Kim SD. 2007. Confirmation of non-siderophore antifungal substance and cellulase from *Bacillus licheniformis* K11 containing antagonistic ability and plant growth promoting activity. *J. Life Sci.* 17: 983-989.
- Kim SH, Kim MG, Kang MC, Son YW, Lee CH, Kim IB, Lee YJ, Choi SY. 2004. Isolation and growth pattern of *Bacillus cereus* from ready-to-eat foods. *J. Life Sci.* 14: 664-669.
- Cho YS, Jung EY, Lee MK, Yang CY, Shin DB. 2008. Survival, isolation and characterization of *Bacillus cereus* from Sunshik. *J. Food Hyg. Safety* 23: 343-347.