

RESEARCH NOTE

남해안 해운대와 몽돌 해수욕장 주변환경으로부터 야생 효모의 분리 및 국내 미기록 효모들의 균학적 특성

박선정¹ · 장지은¹ · 문정수¹ · 이향범² · 이종수^{1*}¹배재대학교 바이오의약학부, ²전남대학교 응용생물공학부

Isolating and characterizing the unrecorded Wild Yeasts from Seawater and Soil in Haeundae and Mongdol Beaches on the Southern Coast of, Korea

Seon-Jeong Park¹, Ji-Eun Jang¹, Jeong-Su Moon¹, Hyang-Burm Lee² and Jong-Soo Lee^{1*}¹Faculty of Biomedicine and Biotechnology, Paichai University, Daejeon 35345, Korea²Department of Agricultural Biological Chemistry, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

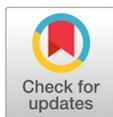
*Corresponding author: biotech8@pcu.ac.kr

ABSTRACT

This study aimed to isolate wild yeasts from seawaters and soils samples of the Haeundae and Mongdol beaches on the southern coast of Korea, and to characterize these unrecorded wild yeast strains. In total, 41 strains, representing 37 different species of wild yeast were isolated from 70 samples collected from the beaches. Among these, 14 strains were isolated from the alkalophilic medium of yeast extract-peptone-dextrose (YPD) medium (pH 9.0), and 27 strains were isolated concurrently on general YPD medium (pH 6.5). Among the 41 isolated wild yeast strains, *Candida insectorum* HUD 16-3(JSL-KSS-002) and *Metschnikowia citriensis* HUD 12-5(JSL-KSS-001) had not previously been recorded. We investigated the microbiological characteristics of these two unrecorded yeast strains and three other strains, *Cystobasidium lysinophilum* JSC 52-2(JSL-GGU-019), *Candida takata* NMD 11-1(JSL-GGU-017) and *Candida panamensis* ASG 58M-2(JSL-GGU-018) from Jangseoncheon in Jellabuk-do and Jangtaesan in Deajeon city. All five previously unrecorded yeasts were oval and did not form spores. All strains grew well in YPD and yeast extract-malt extract media in a vitamin-free medium. Two strains, including *C. insectorum* HUD 16-3(JSL-KSS-002) grew well in a 15% NaCl-containing YPD medium. Three strains, including *Cys. lysinophilum* JSC52-2(JSL-GGU-019) assimilated lactose, and all strains assimilated starch.

Keywords: Haeundae beach, Microbiological characteristics, Mongdol beach, Unrecorded yeasts, Wild yeasts

지금까지 효모균의 분리, 동정은 초기 전통 발효식품과 이들의 원료로부터 실시되었고[1-3] 최근에는 야생화와 토양[4-15] 및 낙동강, 금강 등 우리나라 주요 강과 하천 주변의 자연환경으로부터 다양한 야생 효모들이 분리, 동정되어 보고되었다[16-24]. 또한, 이들 자연환경으로부터 150



OPEN ACCESS

pISSN : 0253-651X
eISSN : 2383-5249Kor. J. Mycol. 2022 March, 50(1): 65-73
<https://doi.org/10.4489/KJM.20220007>**Received:** January 07, 2022**Revised:** January 25, 2022**Accepted:** January 28, 2022

© 2022 THE KOREAN SOCIETY OF MYCOLOGY.



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.

여종의 국내 미기록 야생 효모들이 선별되어 이들의 균학적 특성 등이 보고되었다[12,14,16,18-21,24].

한편, 남해안 한려수도에는 해운대와 같은 수많은 해수욕장과 순천만 국가 정원 등 해양 공원이 많아 해마다 수많은 사람들이 이용하고 있다. 그러나 이들 해수욕장 주변에 대한 생태 환경 연구는 이 등[18]이 동해안의 경포대와 하조대 해수욕장, 서해안의 격포 해수욕장[21]과 남해안의 순천만 국가정원주변의 야생 효모 분포특성[20]이 보고되었을 뿐 매우 미흡하다.

따라서 본 연구에서는 남해안 최대 해수욕장인 해운대와 인근 몽돌 해수욕장 주변의 야생 효모 종 분포 특성을 알아보기 위해 이들 지역 주변의 바다 물과 모래, 주변 논, 밭 토양 등으로부터 야생 효모들을 분리하여 동정하였다. 또한, 이들 야생 효모들 중 국내에 보고되지 않은 미기록 야생 효모들로 선별한 2 균주와 전라북도 운주군 장선천 주변 및 대전광역시 장태산 호수 주변 등에서 분리, 선별한 3균주들의 균학적 특성을 조사하였다.

야생 효모의 분리, 동정 및 국내 미기록 효모들의 특성 조사

부산 해운대 해수욕장(35°09'29.0"N, 129°09'30.7"E)과 인근 몽돌 해수욕장(35°00'24.5"N, 128°42'07.2"E), 주변 물, 토양과 야생화 등 시료 70점들을 2021년 5월과 7월에 falcon tube에 일정량씩 무균적으로 채취하였다. 이들 시료에 5 mL의 멸균수를 첨가한 후 2시간 동안 진탕한 후 이들 현탁액 일부를 스트렙토마이신(100 µg/mL)과 앰피실린(100 µg/mL)이 들어있는 YPD (yeast extract-peptone-dextrose, pH 6.5) 한천배지에 도말하고 30°C에서 48시간 배양한 후 형성된 효모 집락들을 일반 야생 효모 균주로, YPD배지의 초기 pH를 9.0으로하여 분리한 효모들을 호알칼리성 효모로 각각 분리하였다[20,21].

분리 효모들의 동정을 위하여 먼저 이들의 26S rDNA의 D1/D2 부위의 염기서열들을 결정 한 후 결정된 염기서열들을 NCBI (National Center for Biotechnology Information)의 BLAST (Basic Local Alignment Search Tool)를 사용하여 데이터베이스에 등록되어 있는 효모들과의 상동성 비교와 분자생물학적 유연관계를 분석하여 동정하였다[21,22].

위와 같이 분리, 동정한 야생 효모들을 대상으로 국립 생물자원관 DB와 한국 진균 관련 학술 자료들을 이용하여 국내 미기록 효모들을 선별한 후 일반 미생물 실험방법 등을 이용하여 이들의 형태학적 특성과 배양학적 특성을 조사하였다[22]. 또한, 탄소원들에 대한 자화성과 발효성은 YNB (yeast nitrogen base)배지를 최소배지로 하여 배양한 후 생육과 이산화탄소 생성 유무를 확인하여 조사하였고 CoCl₂ 등의 중금속들을 400/800 ppm씩 각각 YPD배지에 첨가하여 30°C에서 96시간까지 배양하면서 이들의 생육도를 측정하여 내성을 조사하였다[22].

남해안 해운대 해수욕장과 몽돌 해수욕장 주변 생태환경으로부터 야생 효모의 분리 및 미기록 야생 효모들의 선별

해운대 해수욕장과 몽돌 해수욕장 주변 바닷물과 모래, 토양 70점에서 일반 효모와 호알칼리성 균주 등 모두 37종, 41균주의 야생 효모들을 분리하였고 이들 중 pH 9.0의 호염성 배지에서 14균주가 분리되었고 27균주는 pH 6.5 배지의 일반 야생 효모 YPD배지에서 분리되었다. 또한

Table 1. Isolated wild yeast from sea waters and soils in Haeundae and Mongdol beaches of southern coast, Korea.

No.	Putative species	Isolated No.	Related Genebank No.	Identity (%)	Remarks
1	<i>Aureobasidium melanogenum</i>	HUD15-1	KP406785.1	565/566 (99%)	Haeundae beach
2	<i>Aureobasidium pullulans</i>	HUD18-2	KC494747.1	556/557 (99%)	Haeundae beach
3	<i>Candida insectorum</i>	HUD16-3	FJ873471.1	502/506 (99%)	Unrecorded yeast
4	<i>Cryptococcus albidus</i>	NHUD7-1	KP263761.1	565/565 (100%)	Haeundae beach
5	<i>Cryptococcus aureus</i>	NHUD39-1	HG421437.1	579/584 (99%)	Haeundae beach
6	<i>Cryptococcus laurentii</i>	HUD20-1	JQ968469.1	594/594 (100%)	Haeundae beach
7	<i>Cutaneotrichosporon terricola</i>	HUD14-1	FJ527226.1	569/571 (99%)	Haeundae beach
8	<i>Filobasidium globisporum</i>	HUD38-2	AF075495.1	577/590 (98%)	Haeundae beach
9	<i>Hannaella kunmingensis</i>	HUD3-1	FJ828962.1	608/628 (97%)	Haeundae beach
10	<i>Metschnikowia bicuspidata</i>	HUD47-1	KR995740.1	490/495 (99%)	Haeundae beach
		NHUD18-1	KR995740.1	490/495 (99%)	Haeundae beach
11	<i>Metschnikowia citriensis</i>	HUD12-5	MF538699.1	478/480 (99%)	Unrecorded yeast
12	<i>Papiliotrema aurea</i>	HUD23-2	JN004200.1	583/586 (99%)	Haeundae beach
		NHUD32-1	JN004200.1	583/586 (99%)	Haeundae beach
13	<i>Papiliotrema laurentii</i>	HUD27-2	KX792964.1	581/582 (99%)	Haeundae beach
14	<i>Rhodospiridium paludigenum</i>	HUD4-2	FJ463627.1	560/560 (100%)	Haeundae beach
15	<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>	HUD1-1	KY296083.1	602/614 (98%)	Haeundae beach
16	<i>Rhodotorula nothofagi</i>	HUD44-1	MH594964.1	571/571 (100%)	Haeundae beach
17	<i>Trichosporon asahii</i>	NHUD16-1	LT627403.1	600/603 (99%)	Haeundae beach
18	<i>Trichosporon coremiiforme</i>	NHUD26-1	FJ491404.1	589/590 (99%)	Haeundae beach
19	<i>Trichosporon terricola</i>	HUD19-1	FJ527226.1	569/571 (99%)	Haeundae beach
20	<i>Aureobasidium pullulans</i>	NNMD20-1	MF979208.1	567/567 (100%)	Mongdol beach
21	<i>Candida glabrata</i>	NMD11-2	EU373468.1	575/576 (99%)	Mongdol beach
22	<i>Candida zeylanoides</i>	NNMD11-1	FJ468456.1	568/568 (100%)	Mongdol beach
23	<i>Cryptococcus laurentii</i>	NMD7-1	JQ968479.1	634/634 (100%)	Mongdol beach
24	<i>Cystobasidium slooffiae</i>	NMD19-2	FJ807684.1	577/590 (98%)	Mongdol beach
25	<i>Naganishia albida</i>	NMD6-1	KU167689.1	565/565 (100%)	Mongdol beach
26	<i>Papiliotrema aurea</i>	NNMD22-3	JN004200.1	596/600 (99%)	Mongdol beach
27	<i>Pichia scolytii</i>	NNMD2-1	EF042018.1	482/487 (99%)	Mongdol beach
28	<i>Plectosphaerella cucumerina</i>	NNMD6-3	KC160557.1	556/557 (99%)	Mongdol beach
29	<i>Pseudozyma antarctica</i>	NMD25-1	JQ650240.1	633/643 (98%)	Mongdol beach
30	<i>Pseudozyma aphidis</i>	NMD10-1	JX049426.1	596/597 (99%)	Mongdol beach
		NNMD6-2	JX049426.1	596/597 (99%)	Mongdol beach
31	<i>Rhodospiridium azoricum</i>	NMD20-1	AF321978.1	550/550 (100%)	Mongdol beach
32	<i>Rhodospiridium diobovatum</i>	NMD18-1	KC442275.1	569/569 (100%)	Mongdol beach
		NNMD6-1	AB217485.1	569/569 (100%)	Mongdol beach
33	<i>Rhodospiridium paludigenum</i>	NNMD22-1	KT427592.1	545/545 (100%)	Mongdol beach
34	<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>	NMD7-2	GQ303715.1	603/614 (98%)	Mongdol beach
35	<i>Rhodotorula paludigena</i>	NMD22-2	EU523628.1	551/551 (100%)	Mongdol beach
36	<i>Schwanniomyces polymorphus</i>	NMD2-2	LC125960.1	556/556 (100%)	Mongdol beach
37	<i>Tetrapisispora iriomotensis</i>	NMD2-1	EU289352.1	551/552 (99%)	Mongdol beach

이들 중 13종의 효모들은 일반 효모 배지와 알칼리성 배지에서 동시에 분리되었다(Table 1).

한편, 이들 야생 효모 균주들 중 *Candida insectorum* HUD16-3 (JSL-KSS-002)와 *Metschnikowia citriensis* HUD12-5 (JSL-KSS-001)등 2균주들이 우리나라에 아직까지 보고되지 않은 국내 미기록

야생 효모들로 선별되었다(Table 1).

지금까지 낙동강[16,19]과 금강[17,19,20,22], 영산강[16]등과 서해안 격포 해수욕장[21], 동해안 경포대와 하조대 해수욕장[18] 및 주요 하천[23,24] 주변환경의 야생 효모들의 종 분포특성 조사가 필자 등에 의하여 실시되어 다양한 야생 효모들이 분리, 동정되었고 이들 중 국내 미기록 효모들의 특성 등이 보고되었다[16,19,20-24]. 남해안 해운대와 몽돌 해수욕장 주변 환경으로부터 야생 효모 분리, 동정은 본 연구에서 처음 실시되었으며 기후환경 변화가 동해안이나 서해안 보다 훨씬 심한 남해안의 여러 해수욕장 주변환경의 야생 효모 종 분포 특성 연구는 계속 실시될 예정이다.

국내 미기록 야생 효모들의 균학적 특성

위와 같이 해운대와 몽돌 해수욕장 주변에서 분리한 야생 효모들 중 국내 미기록 야생 효모들로 최종 선별된 *C. insectorum* HUD16-3 (JSL-KSS-002)와 *M. citriensis* HUD12-5 (JSL-KSS-001)와 필자 등이 전라북도 장선천(36°04'56.6"N,127°17'14.1"E) 주변 토양에서 분리하여 국내 미기록 균주로 선별한 *Cystobasidium lysinophilum* JSC52-2 (JSL-GGU-019)와 대전광역시 장태산 호수(36°13'19.4"N,127°20'01.5"E) 주변 토양에서 분리하여 미기록 균들로 최종 선별한 *Candida takata* NMD11-1 (JSL-GGU-017), *Candida panamensis* ASG58M-2 (JSL-GGU-018)등 5주들의 phylogenetic trees는 Figs. 1, 2와 같고 이들의 광학 현미경 사진은 Fig. 3과 같다. 또한 이들 균주들의 균학적 특

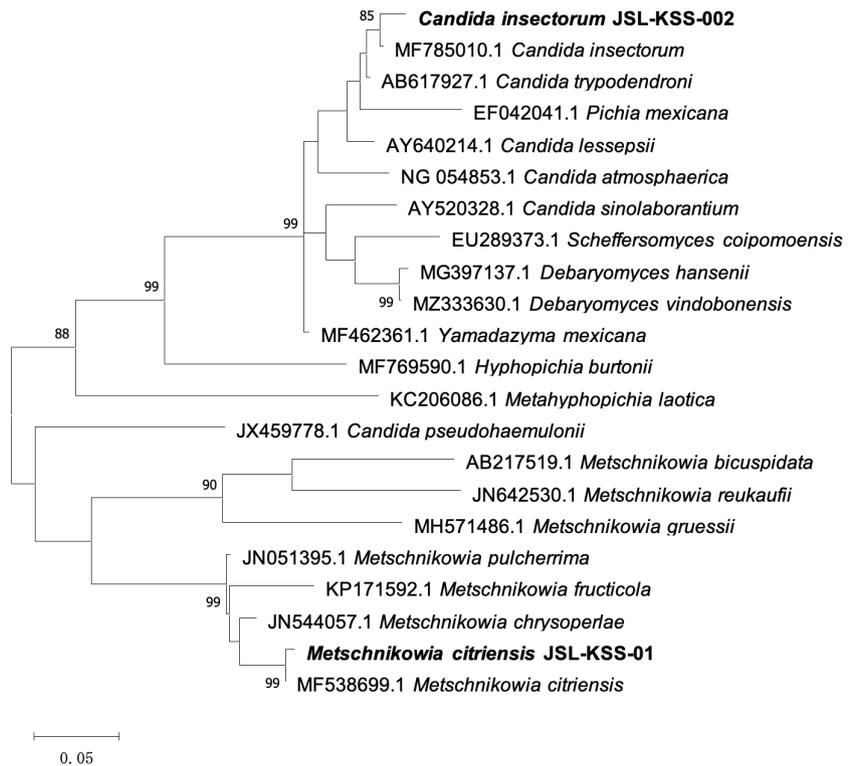


Fig. 1. Phylogenetic tree of the unrecorded yeasts isolated from seawaters and soils in Haeundae beach, based on the nucleotide sequences of large subunit 26S ribosomal DNA D1/D2 region. the tree was generated by the Maximum-likelihood method, using MEGA-X (Glen Stecher, Koichiro Tamura, and Sudhir Kumar (2020) Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) for macOS. Molecular Biology and Evolution 37:1237-1239). Bold type: *Candida insectorum* JSL-KSS-002 and *Metschnikowia citriensis* JSL-KSS-01 are unrecorded yeasts.

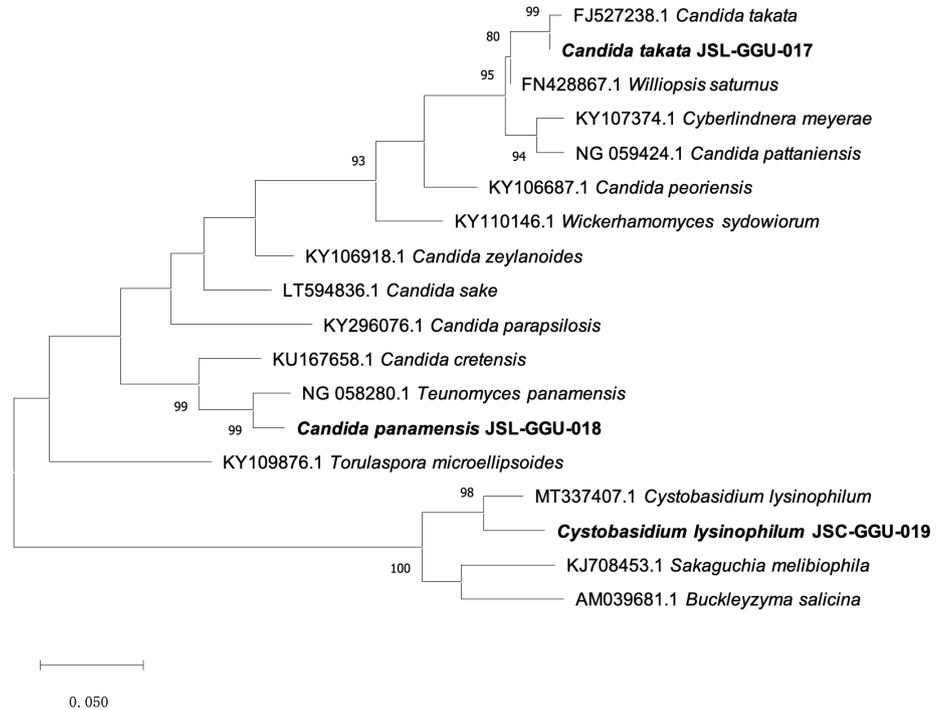


Fig. 2. Phylogenetic tree of the unrecorded yeasts isolated from waters and soils in Jangtaesan and Jangseonchon (RV), based on the nucleotide sequences of large subunit 26S ribosomal DNA D1/D2 region. The tree was generated by the Maximum-likelihood method, using MEGA-X (Glen Stecher, Koichiro Tamura, and Sudhir Kumar (2020) *Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) for macOS. Molecular Biology and Evolution* 37:1237-1239). Bold type: *Candida takata* JSL-GGU-017, *Candida panamensis* JSL-GGU-018 and *Cystobasidium lysinophilum* JSC-GGU-019 are unrecorded yeasts.

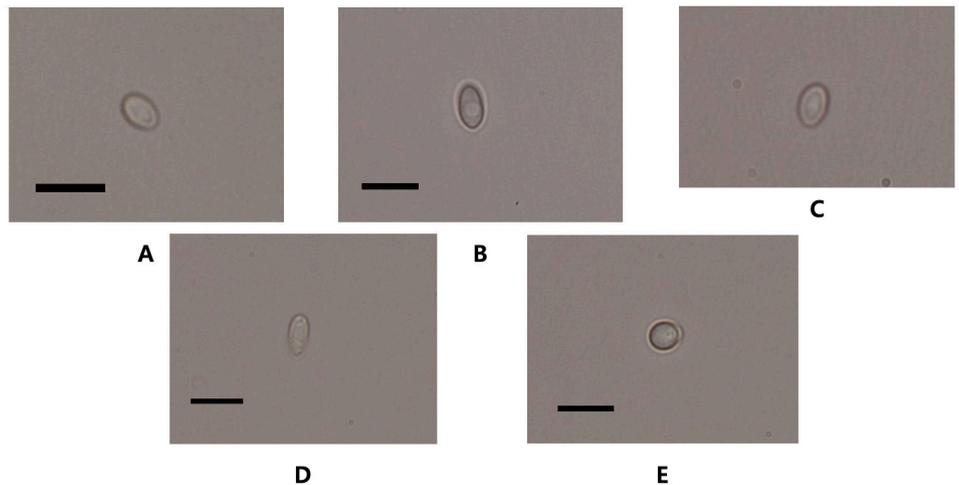


Fig. 3. Microscopic features of the five unrecorded yeasts, *Candida insectorum* HUD16-3 (A), *Candida panamensis* ASG58M-2 (B), *Candida takata* NMD11-1 (C), *Cystobasidium lysinophilum* JSC52-2 (D), *Metschnikowia citriensis* HUD12-5 (E). scale bar=2 μm.

성으로 형태학적, 배양학적 특성과 중금속 등에 대한 내성 및 탄소원들에 대한 자화성과 발효성 등은 아래와 같다.

***Candida insectorum* HUD16-3;** 2021년 5월 20일 부산 해운대 해수욕장 주변 토양에서 분리한 야생 효모로 1.0-0.7 μm 크기의 난형으로 출아에 의해 영양 증식을 하였고 포자와 의균사를 형성하지 않았다. YPD, YM (yeast malt), PD (potato dextrose)배지에서 비교적 잘 생육하였고 vitamin-free 배지에서도 생육하였다. 30% 포도당과 15% NaCl을 함유한 YPD배지에서 각각 생육하는 내염성을 보였고 Ca, Co, Cu, Li, Mg 이온들에 대하여 800 ppm까지 내성을 보였다. 이러한 중금속 이온들에 대한 내성은 이 등[1]이 우리나라 전통 장류에서 분리한 *Saccharomyces*속 균들과 호염성 *Zygosaccharomyces* 속 균들 및 충남 삽교호 주변환경에서 분리한 효모들[22]과 유사한 중금속 내성이었다. 또한, 포도당과 fructose, galactose, sucrose, maltose, lactose, cellobiose, starch, xylose, sorbitol 등을 자화시켰고 mannose를 발효시켰으나 raffinose, xylose등을 자화시키지 못하였고 구연산을 이용하였으나 초산은 이용하지 못하였다. 한편, 본 미기록 효모에 대한 외국 학술지 발표로 Horvath 등 [25]은 *C. insectorum* 균주가 *Cryptococcus albidus*에 대하여 항균활성이 있음을 보고하였다.

***Metschnikowia citriensis* HUD12-5;** 2021년 5월 21일 부산 해운대 해수욕장 주변 토양에서 분리한 야생 효모로 0.9-1.1 μm 크기의 난형으로 출아에 의해 영양 증식을 하였고 포자와 의균사를 형성하지 않았다. YPD, YM, PD배지에서 잘 생육하였고 vitamin-free배지에서도 생육하였다. 50% 포도당과 15% NaCl을 함유한 YPD배지에서 각각 생육하는 내당성과 내염성을 보여 발효산업에서 고농도 당이나 염류 발효 등에 산업적으로 유용한 내삼투압성 대사산물 생산에 매우 유용할 것으로 사료된다. Ca, Co, Cu, Li, Mg, Zn 등의 중금속 이온들에 대하여 800 ppm까지 내성을 보였고 포도당과 fructose, galactose, sucrose, maltose, lactose, cellobiose, starch, xylose, sorbitol 등을 자화시켰고 포도당과 fructose, mannose 등을 발효시켰으나 raffinose, xylose 등을 자화시키지 못하였다. 한편, Wang 등 [26]은 *M. citriensis* 균주가 감귤 뿌리 시들음에 관여하는 *Geotrichum citri-aurantii*에 대하여 항균활성이 있음을 보고하였다.

***Cystobasidium lysinophilum* JSC52-2;** 2021년 3월 27일 전북 운주군 장선천 주변 토양에서 분리한 야생 효모로 0.7-1.6 μm 크기의 난형으로 출아에 의해 영양 증식을 하였고 포자와 의균사를 형성하지 않았다. YPD, YM, PD배지에서 생육하였고 vitamin-free배지에서도 생육하였다. 30% 포도당과 10% NaCl을 함유한 YPD배지에서 각각 생육하지 못하였고 10-30°C에서 생육하는 저온 특성을 보였다. Ca, Cu, Li, Fe 등의 중금속 이온들에 대하여 800 ppm까지 내성을 보였고 포도당과 fructose, galactose, sucrose, lactose, starch, xylose, mannitol, sorbitol 등을 자화시켰으나 구연산과 초산 등은 이용하지 못하였다. 한편, *Cys. lysinophilum* 균이 영하의 극저온에서 생육이 가능한 저온성 균주로 효소 등 다양한 대사산물을 생산하였음이 보고 [27]된 바 있어 이 균이 저온에서 생산하는 다양한 물질생산에 관한 추가의 연구가 요구된다.

***Candida takata* NMD11-1;** 2021년 10월 25일 대전광역시 장태산 호수 주변 하천 토양에서 분리한 야생 효모로 0.9-1.4 μm 크기의 난형으로 출아에 의해 영양 증식을 하였고 포자와 의균사를 형성하지 않았다. YPD, YM, PD배지에서 생육하였고 vitamin-free배지에서도 생육하였다. 30% 포도당을 함유한 YPD배지에서는 생육하였으나 10% NaCl을 함유한 YPD배지에서는 생육하지 못하였고 Ca, Cu, Fe, Li, Mg Zn 등의 중금속 이온들에 대하여 800 ppm까지 내성을 보였다. 포도당과

fructose, sucrose, mannose, cellobiose, raffinose, starch, xylose, sorbitol, mannitol, 구연산 등을 자화시켰으나 초산은 이용하지 못하였다. 한편, Chang등[28]은 대만의 산 토양으로부터 *C. takata*를 분리하여 보고한 바 있다.

***Candida panamensis* ASG58M-2;** 2021년 10월 25일 대전광역시 장태산 호수 주변 하천 토양에서 분리한 야생 효모로 1.6-1.0 μm 크기의 난형으로 출아에 의해 영양 증식을 하였고 포자와 의균사를 형성하지 않았다. YPD, YM, PD배지에서 생육하였고 vitamin-free배지에서도 생육이 양호하였다. 30% 포도당을 함유한 YPD배지에서는 생육하였으나 10% NaCl을 함유한 YPD배지에서는 생육하지 못하였고 Ca, Co, Cu, Fe, Li, Mg, Zn등의 중금속 이온들에 대하여 800 ppm까지 내성을 보였다. 포도당과 fructose, galactose, mannose, sucrose, maltose, cellobiose, raffinose, starch, xylose, sorbitol, 구연산 등을 자화시켰으나 lactose, mannitol, 초산 등을 자화시키지 못하였다.

적요

본 연구는 남해안 해운대와 인근 몽돌해수욕장 주변의 야생 효모 종 분포특성을 알아보기위해 이들 지역 주변의 물과 모래, 토양 등 70점의 시료들로부터 일반 효모와 호알칼리성 균주 등 모두 37종, 41균주의 야생 효모들을 분리하였다. 이들 야생 효모들 중 *Cys. insectorum* HUD16-3 (JSL-KSS-002)와 *M. citriensis* HUD12-5 (JSL-KSS-001)등 두 균주들이 국내 보고되지 않은 미기록 효모들로 선별되었고 필자 등이 전라북도 장선천 주변 토양에서 분리하여 국내 미기록 균주로 선별한 *Cys. lysinophilum* JSC 52-2 (JSL-GGU-019)와 대전광역시 장태산 호수 주변에서 분리하여 선별한 *C. takata* NMD11-1 (JSL-GGU-017), *C. panamensis* ASG58M-2 (JSL-GGU-018)등 5종의 미기록 야생 효모들의 균학적 특성을 조사하였다. 이들 미기록 효모들은 모두 난형으로 출아에 의해 영양 증식을 하였고 포자와 의균사를 형성하지 않았다. 미기록 효모 모두 vitamin-free배지에서도 생육하였고 *M. citriensis* HUD12-5균주는 50% 포도당을 함유한 YPD배지에서 생육하는 강한 내당성을 보였고 *Cys. insectorum* HUD16-3과 *M. citriensis* HUD12-5균주들은 15% NaCl을 함유한 YPD배지에서도 생육이 비교적 양호한 호염성균이었다 또한, 미기록 효모들 모두 포도당과 fructose, sucrose, 전분 등을 자화시켰고 특히 *Cys. lysinophilum* JSC 52-2등 3균주들은 lactose를 자화시켰다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by a grant from the Nakdonggang National Institute of Biological Resources (NNIBR, project No: NNIBR202001207), funded by the Ministry of Environment (MOE) of the Republic of Korea.

REFERENCES

1. Lee JS, Choi YJ, Kwon SJ, Yoo JY, Chung DH. Screening and characterization of osmotolerant and gas-producing yeasts from traditional Doenjang and Kochujang. *Food Biotechnol* 1996;5:54-8.
2. Lee JS, Lee SH, Kwon SJ, Ahn C, Yoo JY. Enzyme activities and physiological functionality of yeasts from traditional Meju. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 1997;25:448-53.
3. Kim JH, Kim NM, Lee JS. Physiological characteristics and ethanol fermentation of thermotolerant yeast *Saccharomyces cerevisiae* OE from traditional meju. *Kor J Food Nutr* 1999;12:490-5.
4. Kim JS, Lee M, Kim JY, Heo J, Kwon SW, Yun BS, Kim SJ. Distribution and species diversity of wild yeasts isolated from flowers in Korea. *Kor J Mycol* 2020;48:475-84.
5. Min JH, Ryu JJ, Kim HK, Lee JS. Isolation and identification of yeasts from wild flowers in Gyejoksan, Oseosan and Baekamsan of Korea. *Kor J Mycol* 2013;41:47-51.
6. Hyun SH, Mun HY, Lee HB, Kim HK, Lee JS. Isolation of yeasts from wild flowers in Gyonggi-do province and Jeju island in Korea and the production of anti-gout xanthine oxidase inhibitor. *Kor J Microbiol Biotechnol* 2013;41:383-90.
7. Hyun SH, Lee JK, Park WJ, Kim HK, Lee JS. Isolation and diversity of yeasts from fruits and flowers of orchard in Sinam-myeon of Yesan-gun, Chungcheongnam-do, Korea. *Kor J Mycol* 2014;42:21-7.
8. Hyun SH, Min JH, Lee HB, Kim HK, Lee JS. Isolation and diversity of yeasts from wild flowers in Ulleungdo and Yokjido, Korea. *Kor J Mycol* 2014;42:28-33.
9. Hyun SH, Min JH, Kim SA, Lee JS, Kim HK. Yeasts associated with fruits and blossoms collected from Hanbat arboretum, Daejeon, Korea. *Kor J Mycol* 2014;42:178-82.
10. Hyun SH, Han SM, Lee JS. Isolation and physiological functionality of yeasts from wild flowers in Seonyudo of Gogunsanyeoldo, Jeollabuk-do, Korea. *Kor J Mycol* 2014;42:201-6.
11. Han SM, Hyun SH, Lee JS. Isolation and identification of yeasts from wild flowers in Deogyu mountain and their physiological functionalities. *Kor J Mycol* 2015;43:47-52.
12. Han SM, Hyun SH, Lee HB, Lee HW, Kim HK, Lee JS. Isolation and identification of yeasts from wild flowers collected around Jangseong lake in Jeollanam-do, Republic of Korea, and characterization of the unrecorded yeast *Bullera coprosmaensis*. *Mycobiol* 2015;43:266-71.
13. Han SM, Han JW, Bae SM, Park WJ, Lee JS. Isolation and identification of wild yeasts from soils of paddy fields in Daejeon metropolitan city and Chungcheongnam-do, Korea. *Kor J Mycol* 2016;44:1-7.
14. Han SM, Lee JS. Isolation and identification of wild yeasts from soils of an herb park in Seoul metropolitan city and characteristics of unrecorded yeasts. *Kor J Mycol* 2016;44:108-12.
15. Han SM, Lee SY, Kim HK, Lee JS. Characterization of wild yeasts Isolated from leaves obtained from Mt. Daedun and Mt. Chilgap, Korea. *Kor J Mycol* 2017;45:31-42.
16. Han SM, Kim HK, Lee HB, Lee JS. Isolation and identification of wild yeasts from freshwaters and soils of Nakdong and Yeongsan river, Korea, with characterization of two unrecorded yeasts. *Kor J Mycol* 2016;44:350-4.
17. Han SM, Kim JY, Lee HB, Kim HK, Lee JS. Isolation and characterization of wild yeasts from water and riverside soils of Geumgang midstream in Gongju City, Korea. *Kor J Mycol* 2018;46:98-104.

18. Kim HK, Kim JY, Han SM, Kim CM, Lee JS. Microbiological characteristics and physiological functionalities of unrecorded wild yeast strains in the soils of Hajodae and Gyungpodae beaches in Korea. *Kor J Mycol* 2019;47:249-58.
19. Han SM, Park DJ, Kim JY, Lim HJ, Lee HB, Lee JS. Isolation of wild yeasts obtained from waters and soils of riversides in Sangjubo of Nakdong river and Daechung dam of Geumgang midstream, Korea and characterization of unrecorded wild yeasts. *Kor J Mycol* 2020;48:237-49.
20. Park SJ, Jang JE, Lee HB, Lee JS. Isolation of wild yeasts from riversides in Geumgang upstream, Taean and Suncheonman seashores and microbiological characteristics of the unrecorded wild yeasts. *Kor J Mycol* 2021;49:67-79.
21. Jang JE, Park SJ, Lee JS. Isolation of wild yeasts and characterization of physiological functionalities of unrecorded wild yeasts obtained from flowers and soils of the Wolpyung park, Daejeon city and Gykpo beach, Buan, Jeollabuk-do in Korea. *Kor J Mycol* 2021;49:87-100.
22. Jang JE, Park SJ, Moon JS, Lee HB, Lee JS. Isolation of wild yeasts from freshwaters and soils in Nonsan tream and Sapgyoho in Chungcheongnam-do, Korea, and microbiological characteristics of the unrecorded wild yeasts. *Kor J Mycol* 2021;49:337-49.
23. Han SM, Lee SY, Kim HK, Lee JS. Isolation and diversity of wild yeasts from the waters and bank soils of Daejeoncheon, Gapcheon, and Yedeungcheon in Daejeon Metropolitan city, Korea. *Kor J Mycol* 2017;45:259-69.
24. Jeon YJ, Park S, Hwang H, Park YH, Cheon W, Goh J, Chung N, Mun HY. Seven yeast strains isolated from freshwaters for the first record in Korea. *Kor J Mycol* 2020;48:523-31.
25. Horváth E, Sipiczki M, Csoma H, Miklos I. Yeasts are able to inhibit growth of disease-associated fungi. *Research Square* 2019. doi.org/10.21203/rs.2.18243/v1
26. Wnag S, Ruan C, Yi L, Deng L, Yao S, Zeng K. Biocontrol ability and action mechanism of *Metschnikowia citriensis* against *Geotrichum citri-aurantii* causing sour rot of postharvest citrus fruit. *Food Mycol* 2020;87:103375.
27. Tsuji M, Kudoh S. Soil yeasts in the vicinity of Syowa station, east antarctica: their diversity and extracellular enzymes, cold adaptation strategies, and secondary metabolites. *Sustainability* 2020;12:4518.
28. Chang CF, Liu YR, Chen SF, Naumov GI, Naumova ES, Lee CF. Five novel species of the anamorphic genus *Candida* in the *Cyberlindnera* clade isolated from natural substrates in Taiwan. *Antonie van Leeuwenhoek* 2012;102,9-21