

RESEARCH NOTE

제주도와 남해 장사도 해변 등으로부터 분리, 선별된 국내 미기록 야생효모들의 균학적 특성

문정수¹, 이향범^{2*}, 이종수^{1*}¹배재대학교 생명공학과, ²전남대학교 농생명화학과

Microbiological Characteristics of the Unrecorded Wild Yeasts from Jeju Island and Jangsado in Southern Coast, Korea

Jeong-Su Moon¹, Hyang Burm Lee^{2*} and Jong-Soo Lee^{1*}¹Department of Biotechnology, Paichai University, Daejeon 35345, Korea²Department of Agricultural Biological Chemistry, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

*Corresponding authors: hblee@jnu.ac.kr, biotech8@pcu.ac.kr

ABSTRACT

The present study aimed to screen unrecorded wild yeasts from Jeju Island and Jangsado on the southern coast of Korea, and to investigate their microbiological characteristics. To date, *Coniozyma leucospermi* JJD37-2, *Hanseniaspora thailandica* JJD44-1, *Kluyveromyces nonfermentans* JJD15-1, *Kockovaella fuzhouensis* JJD47-3, *Vishniacozyma heimaeyensis* JJD8-4, *Candida carpophila* JSDH24-1, *Wickerhamomyces strasburgensis* JSDH34-2, *Candida savonica* HJD6-4, and *Candida karawaiewii* YP23-3 have not been previously recorded in Korea. In the present study, we investigated the microbiological characteristics of these previously unrecorded yeasts. Except for *W. strasburgensis* JSDH34-2 strain, none of the strains formed spores, and only the *C. leucospermi* JJD37-2 strain formed pseudomycelia. Almost all strains grew well in yeast extract-peptone-dextrose (YPD) medium, potato dextrose (PD) medium and yeast extract-malt extract (YM) media. *C. carpophila* JSDH24-1 and *W. strasburgensis* JSDH34-2 also grew well in YPD medium containing 10% NaCl. *H. thailandica* JJD44-1 is fermented to produce glucose, fructose and mannose.

Keywords: Jangsado, Jeju island, Microbiological characteristics, Unrecorded wild yeasts

자연환경에는 수많은 다양한 생물체들이 서식하고 있고 이들의 다양성은 기후환경에 크게 좌우된다. 특히 제주도 주변 해안은 아열대성 기후로 내륙지역에 비하여 비교적 고온다습하고 바람이 많으며 토양이 진흙보다는 모래가 많아 보습력이 낮다. 또한 남해안 장사도는 경남 통영시 한산면 매죽리의 작은 섬으로 잠사도, 니비섬 등으로 불리는 한려 해상국립공원으로 겨울에 동백꽃을 볼 수 있고 장사분교와 돌담 등이 남아있는 자연 친화적 해상공원이다.

한편, 효모는 진행 세포를 가진 고등미생물인 진균류의 일종으로 generally recognized as safe (GRAS) 균들이 많고 영양 요구성이 다른 미생물에 비하여 적고 배양이 비교적 용이하므로 지금



OPEN ACCESS

pISSN : 0253-651X
eISSN : 2383-5249Kor. J. Mycol. 2024 March, 52(1): 1-11
<https://doi.org/10.4489/kjm.520101>**Received:** January 03, 2024**Revised:** March 05, 2024**Accepted:** March 15, 2024

© 2024 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.

까지 주류 등 우리나라 전통 발효식품과 빵 등의 제조에 이용되어 오고 있다[1,2]. 또한 항고혈압 활성과 항치매 활성 등 다양한 생리활성들과 다양한 비타민과 미네랄 등을 함유하고 있어 최근 고부가가치의 건강소재와 사료 첨가물 등으로 이용이 점점 증가하고 있다[3-5].

지금까지 필자 등은 제주도와 옥지도, 울릉도, 변산반도와 고군산 열도, 해금강 등 우리나라 여러 섬들의 효모종 분포특성과 이들 섬에서 선별한 국내 미기록 효모 등의 균학적 특성을 보고하였다[6-16]. 본 연구에서는 우도를 중심으로한 제주도와 남해안 장사도 등의 해변에서 분리, 동정한 야생 효모들 중 국내 미기록 효모들을 선별한 후 이들의 균학적 특성을 조사하였다.

필자 등이 2023년 2월과 4월에 각각 경남 통영의 장사도와 제주도 해변에서 분리, 동정한 야생 효모들을 대상으로 국립 생물자원관 DB와 한국 진균관련 학술자료들을 이용하여 국내 미기록 효모들을 선별하였다[14]. 이들 미기록 효모들과 2023년 5월 경기도 양평의 남한강 주변에서 분리, 선별한 국내 미기록 효모의 균학적 특성을 일반 미생물 실험방법 등을 이용하여 아래와 같이 조사하였다[15,17]. 미기록 효모들을 potassium acetate-yeast extract dextrose 배지와 yeast extract-peptone-dextrose (YPD) 평판 배지에 순차적으로 배양 후 효모 세포 염색법과 OLYMPUS BX43 (OLYMPUS BX43, Tokyo, Japan)현미경과 eXcopex3프로그램(eXcopex 3, Daejeon, Korea) 등을 이용하여 선별 균주의 형태와 포자, 의균사 형성 유무 등의 형태적 특징을 조사하였다[14,15].

또한 탄소원 등에 대한 자화성과 발효성은 선별 효모를 durham관이 들어있는 yeast nitrogen base (w/o amino acids, BD Difco, Le Pont de Claix, France) 액체 배지에 접종하여 30°C에서 120시간 배양한 후 생육과 CO₂생성 여부를 확인하여 탄소원들의 자화성과 발효성을 판정하였다[10]. 중금속에 대한 내성은 YPD 배지에 중금속을 ppm 농도별로 첨가하여 30°C에서 72시간 배양한후 660 nm에서 흡광도를 측정하여 생육도를 조사하였다[15,16].

제주도와 우도 해변의 물과 토양, 식물 부식물 등으로부터 분리, 동정한 야생 효모들 중 *Coniozyma leucospermi* JJD37-2, *Hanseniaspora thailandica* JJD44-1, *Kluyveromyces nonfermentans* JJD15-1, *Kockovaella fuzhouensis* JJD47-3, *Vishniacozyma heimaeyensis* JJD8-4 등 5균주들을 국내 미기록 효모들도 선별하였고 남해안 장사도 선착장과 해변 등에서 분리한 *Candida carpophila* JSDH24-1, *Wickerhamomyces strasburgensis* JSDH34-2, *Candida savonica* HJD6-4 등 3균주들을 미기록 효모들로 선별하였다. 또한 경기도 양평의 남한강변에서 분리한 *Candida karawaiewii* YP23-3 균주를 국내 미기록 효모균들로 선별하였다.

위와 같이 선별한 국내 미기록 야생효모 9균주들의 phylogenetic trees는 Fig. 1과 같고 이들 균주들의 균학적 특성으로 형태학적, 배양학적 특성과 중금속 등에 대한 내성 및 탄소원들에 대한 자화성과 발효성 등을 조사한 결과는 다음과 같다(Table 1 and 2; Fig. 2).

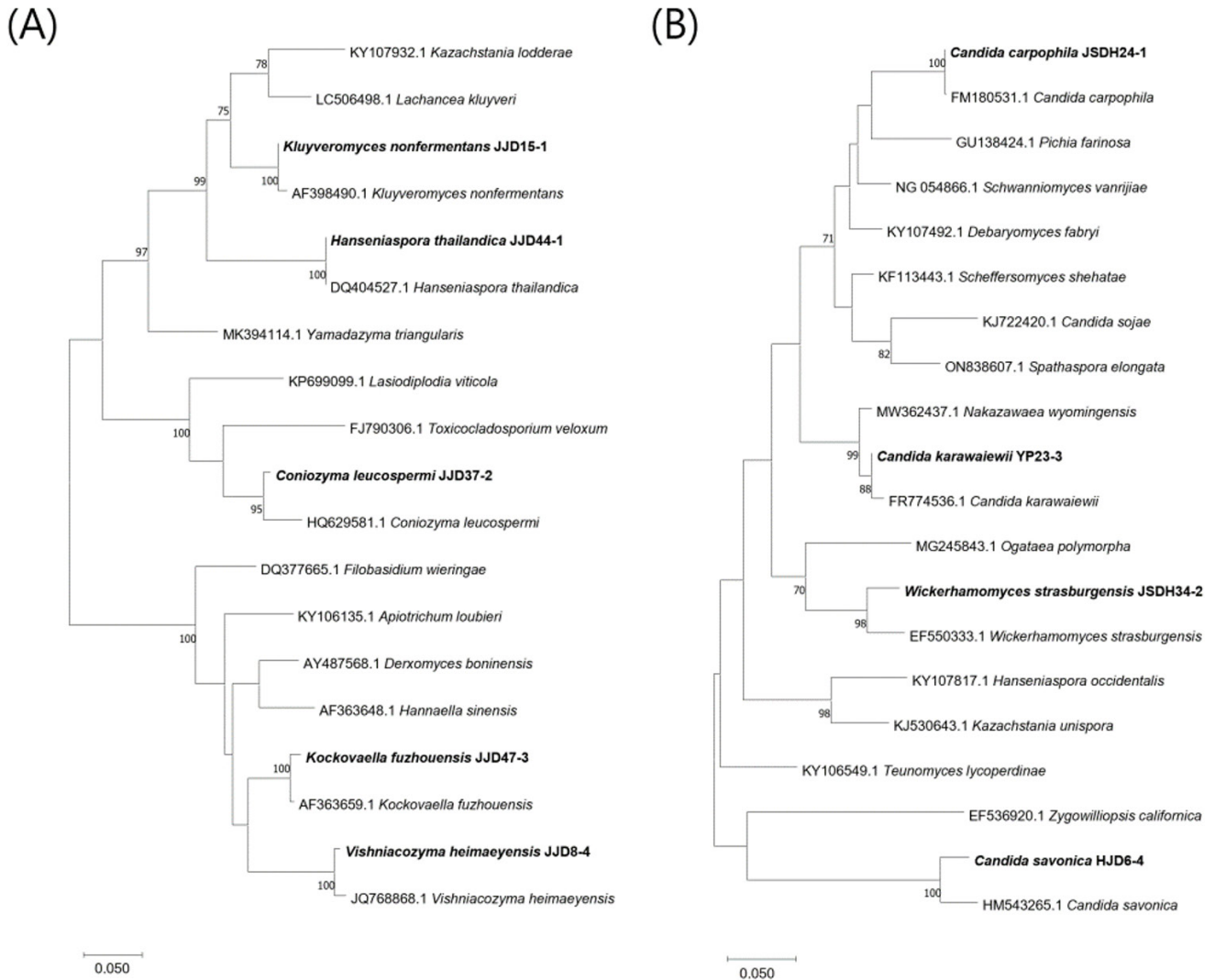


Fig. 1. Phylogenetic trees of unrecorded wild yeasts base on the nucleotide sequences of large subunit 26S ribosomal DNA. The tree was generated by the maximum likelihood method, using MEGA X. (A): *C. leucospermi* JJD37-2, *H. thailandica* JJD44-1, *K. nonfermentans* JJD15-1, *K. fuzhouensis* JJD47-3, *V. heimaeyensis* JJD8-4. (B): *C. carpophila* JSDH24-1, *W. strasburgensis* JSDH34-2, *C. savonica* HJD6-4 and *C. karawaiewii* YP23-3.

Table 1. Microbiological characteristics of unrecorded wild yeasts.

Unrecorded yeasts	Shape/size (μm)	Vegetative reproduction	Spore/pseudomycelium	Growth						
				YPD (Color)	YM	PD	Vita-free	30%/50% glucose YPD	5%/10% NaCl YPD	pH
<i>Coniozyma leucospermi</i> JJD37-2	Oval/2.8×1.9	Budding	-/+ ^a	++ (cream)	++ ^b	++	-	++/+	++	4.0-9.0
<i>Hanseniaspora thailandica</i> JJD44-1	Oval/1.9×1.2	Budding	-/-	++ (white)	+	++	-	+++/-	++	4.0-9.0
<i>Kluyveromyces nonfermentans</i> JJD15-1	Globose/1.4×1.2	Budding	-/-	++ (white)	+	++	-	+++/-	+++	4.0-9.0
<i>Kockovaella fuzhouensis</i> JJD47-3	Globose/0.9×0.9	Budding	-/-	++ (white)	-	-	-	-/-	+/-	4.0-8.5
<i>Vishniacozyma heimaeyensis</i> JJD8-4	Globose/0.7×0.9	Budding	+/-	-(yellow)	+++	+	-	+/-	+++	4.0-9.0
<i>Candida carpophila</i> JSDH24-1	Globose/0.9×0.8	Budding	-/-	+++ (white)	+++	+++	+	+++/+	+++	4.0-9.0
<i>Wickerhamomyces strasburgensis</i> JSDH34-2	Oval/1.8×1.1	Budding	+/-	+++ (red)	+	+++	+++	+/-	+++	4.0-10.5
<i>Candida savonica</i> HJD6-4	Globose/1.0×0.8	Budding	-/-	++ (cream)	++	++	-	++/+	++	4.0-10.0
<i>Candida karawaiewii</i> YP23-3	Globose/1.1×0.9	Budding	-/-	+++ (white)	++	+++	+	++/-	+++	4.0-9.0

^a+: forming; -: no forming; ^b+: growth; -: no growth.

YPD: yeast extract-peptone-dextrose; YM: yeast extract-malt extract; PD: potato dextrose

Table 2. Heavy metal resistance and assimilation(fermentation) of the unrecorded wild yeasts.

Heavy metal resistance (400/800 ppm) and sugars	<i>Coniozyma leucospermi</i> JJD37-2	<i>Hanseniaspora thailandica</i> JJD44-1	<i>Kluyveromyces nonfermentans</i> JJD15-1	<i>Kockovaella fuzhouensis</i> JJD47-3	<i>Vishniacozyma heimaeyensis</i> JJD8-4	<i>Candida carpophila</i> JSDH24-1	<i>Wickerhamomyces strasburgensis</i> JSDH34-2	<i>Candida savonica</i> HUD6-4	<i>Candida karawaiwii</i> YP23-3
CaCl ₂	++/+++ ^a	+++/+++	+++/+++	-/-	-/-	-/-	++/+	+++/++	-/-
CoCl ₂	-/-	-/-	++/+++	-/-	-/-	+/-	-/-	++	-/-
CuSO ₄	++/++	+++/+++	+++/+++	-/-	-/-	+/+	+/+	+++/++	++/+
FeCl ₃	+++/-	+++/+++	+++/++	-/-	++/+	++/+	++/-	+++/++	++/+
LiCl	+++/+++	+++/+	+++/+++	-/-	+/-	-/-	-/-	+++/+++	+/-
MgSO ₄	++/+	+++/++	++/+	+++/+++	-/-	++/-	+/-	+++/++	-/-
ZnCl ₂	+/+	++/+	+/+	+/-	-/-	+/+	-/-	++/+	++/+
Glucose	+/ ^b	+/+	+/-	-/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Fructose	+/-	+/+	+/-	-/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Galactose	-/-	+/-	+/-	-/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Mannose	+/-	+/+	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Sucrose	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Maltose	+/-	-/-	-/-	-/-	+/-	+/-	+/-	-/-	+/-
Cellobiose	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Lactose	-/-	-/-	+/-	-/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Raffinose	+/-	+/+	-/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Starch	+/-	+/+	-/-	-/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Xylose	+/-	-/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Mannitol	-/-	-/-	+/-	-/-	-/-	+/-	-/-	+/-	-/-
Sorbitol	+/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	+/-	-/-

^a+: growth; -: no growth, ^b+: assimilation (fermentation); -: no assimilation (fermentation).

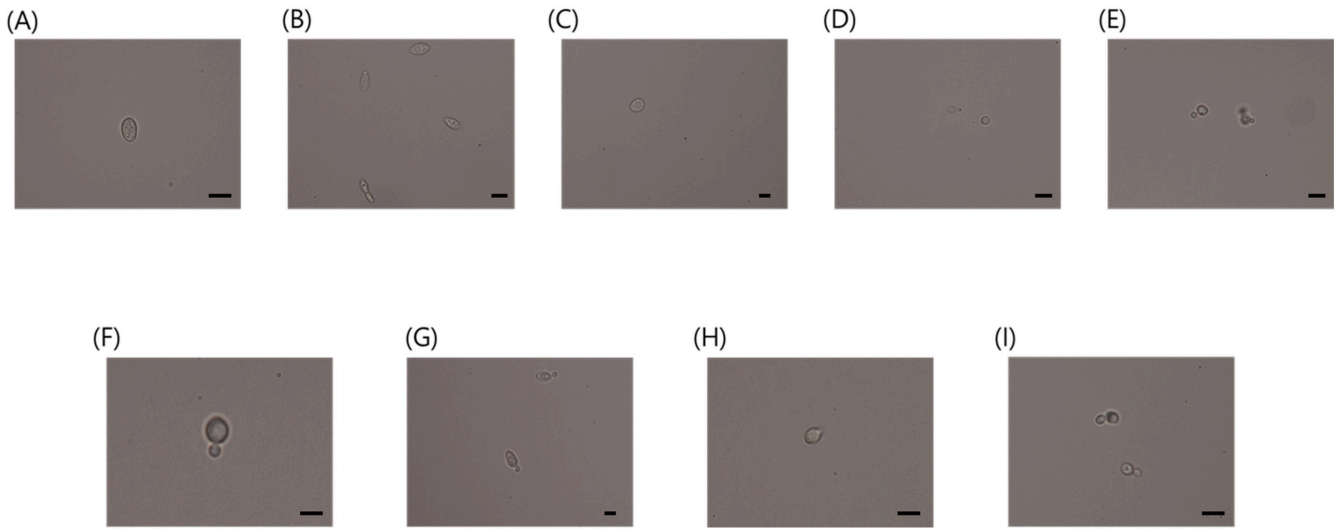


Fig. 2. Microscopic features of unrecorded wild yeasts. (A) *Coniozyma leucospermi* JJD37-2, (B) *Hanseniaspora thailandica* JJD44-1, (C) *Kluyveromyces nonfermentans* JJD15-1, (D) *Kockovaella fuzhouensis* JJD47-3, (E) *Vishniacozyma heimaeyensis* JJD8-4, (F) *Candida carpophila* JSDH24-1, (G) *Wickerhamomyces strasburgensis* JSDH34-2, (H) *Candida savonica* HJD6-4, (I) *Candida karawaiiewii* YP23-3.

Coniozyma leucospermi JJD37-2는 제주도 우도의 남동쪽 해변에서 분리한 국내 미기록 야생 효모로 $2.8 \times 1.9 \mu\text{m}$ 크기의 난형으로 출아에 의해 영양 증식을 하였고 포자를 형성하지 않았다. YPD, YM, PD배지에서 잘 생육하였으나 vitamin-free 배지에서는 생육하지 못하였다. 50% 포도당을 함유한 YPD배지와 10% NaCl을 함유한 YPD배지에서 각각 잘 생육하는 내당성과 호염성을 보였다. 또한 Ca, Cu, Li, Zn, Mg 등의 중금속들에 대하여 800 ppm까지 내성을 보였고 glucose, fructose, mannose, maltose, sucrose, raffinose, starch, xylose, sorbitol 등을 자화시켰으나 대부분의 당류들을 발효시키지 못하였다.

한편, Mirzaei 등[18]은 이 미기록균이 *Endoconidioma* 속균과 유사하지만 분생포자 형성 등에서 *Endoconidioma populi* 와 다른 균이라고 보고하였다.

Hanseniaspora thailandica JJD44-1는 제주도 우도 해변의 바닷물에서 분리한 국내 미기록 야생 효모로 $1.9 \times 1.2 \mu\text{m}$ 크기의 난형으로 출아에 의해 영양 증식을 하였고 포자와 의균사를 형성하지 않았다. YPD, YM, PD배지에서 잘 생육하였으나 vitamin-free배지에서는 생육하지 못하였다. 30% 포도당과 10% NaCl을 함유한 YPD배지에서 각각 생육하였고 Ca, Cu, Li, Fe, Mg Zn 등의 중금속 이온들에 대하여 800 ppm까지 내성을 보였다. 또한, glucose, fructose, galactose, mannose, sucrose, cellobiose, raffinose, starch 등을 자화시켰으나 포도당과 fructose, mannose 등을 발효시켰다.

한편, 이 미기록 균은 Jindamorakot 등[19]이 태국의 곤충 사체, 꽃, 썩은 과일과 나무 등으로부터 쌍극출아 효모로 처음 분리, 동정하여 보고한 바 있다. 또한 Niyomvong [20] 등은 본 미기록균과 일반 포도주용 효모로 자두 와인을 제조하여 이들의 발효특성과 방향성 향미 성분 등을 분석, 비교하였다. 이 결과 본 미기록균의 발효액이 에탄올 함량과 총 페놀함량 및 향산화활성 등은 낮았지만 자두 와인으로서의 독특한 방향성을 가지고 있었음을 보고하였다. 따라서 본 연구에서 선발된 미기록 효모의 주류 제조 응용에 관한 추가의 연구가 요구된다.

Kluyveromyces nonfermentans JJD15-1는 제주도 성산 일출봉 입구 해변의 모래밭에서 분리한 야생효모로 $1.4 \times 1.2 \mu\text{m}$ 크기의 구형으로 출아에 의해 영양 증식을 하였고 포자와 의균사를 형성하지 않았다. YPD, YM, PD배지에서 잘 생육하였으나 vitamin-free배지에서는 생육하지 못하였다. 10% NaCl을 함유한 YPD배지에서 생육하였고 Ca, Cu, Fe, Co, Li, Mg, Zn 등의 중금속 이온들에 대하여 800 ppm까지 내성을 보였다. glucose, fructose, galactose, mannose, sucrose, lactose 등을 자화시켰으나 대부분의 당류들을 발효시키지 못하였다.

이 미기록 야생 효모균은 일본의 수루가와 사가미 해안으로부터 1,000-2,000 m지점에서 수집한 계와 부유물로부터 처음 분리, 동정된 효모로 *K. aestuarii*와 근연의 균이지만 발효성 등에서 다른 성질을 가지고 있다고 보고되었다[21].

Kockovaella fuzhouensis JJD47-3는 제주도 우도 해안가 인접 맥주 보리밭 토양에서 분리한 야생효모로 $0.9 \times 0.9 \mu\text{m}$ 크기의 구형으로 출아에 의해 영양 증식을 하였고 포자와 의균사를 형성하지 않았다. YPD배지에서는 생육하였으나 YM, PD배지와 vitamin-free배지에서는 생육하지 못하였거나 매우 미약하였다. Mg과 Zn 등의 중금속 이온들에 대하여 400 ppm까지 비교적 낮은 중금속 내성을 보였고 mannose, sucrose, raffinose, cellobiose, xylose 등을 자화시켰다.

한편, Gabriel 등[22]은 새로운 병원성 효모로 *K. fuzhouensis* (*Fellomyces fuzhouensis*)를 처음 보고하였다.

Vishniacozyma heimaeyensis JJD8-4는 제주도 천지연 폭포 주변 토양에서 분리한 야생효모로 $0.7 \times 0.9 \mu\text{m}$ 크기의 구형으로 출아에 의해 영양 증식을 하였고 포자를 형성하였으나 의균사는 형성하지 못하였다. YM, PD배지에서 잘 생육하였고 vitamin-free 배지에서는 생육하지 못하였다. 30% 포도당과 10% NaCl을 함유한 YPD배지에서 생육하는 내당성과 내염성이 있어 발효산업에서 내삼투압성 대사산물을 생성에 유용할 것으로 사료된다. Fe, Li 등의 중금속이온들에 대하여 400 ppm까지 내성을 보였다. glucose, fructose, mannose, galactose, sucrose, maltose, lactose, raffinose, starch, xylose, sorbitol 등을 자화시켰으나 이들 당류들은 발효시키지 못하였다.

César 등[23]은 Peru의 향기없는 Negra Criolla 포도의 표면에서 *V. heimaeyensis*를 처음 분리, 동정하였고 같이 분리된 *V. camescens* 등과 탄수화물 발효성, polygalacturonase활성, 에탄올 내성, 황산염 생산성, 질소 이용성 등이 다른 균으로 보고하였다.

Candida carpophila JSDH24-1는 남해안 장사도 선착장 주변의 토양에서 분리한 국내 미기록 야생효모로 $0.9 \times 0.8 \mu\text{m}$ 크기의 구형으로 출아에 의해 영양 증식을 하였고 포자와 의균사를 형성하지 않았다. YPD와 YM, PD배지에서 잘 생육하였고 vitamin-free배지에서도 생육하였다. 50% 포도당과 10% NaCl을 각각 함유한 YPD배지에서 생육하는 내당성과 내염성을 보였고 Cu, Fe, Zn 등의 중금속이온들에 대하여 800 ppm까지 내성을 보였다. 이러한 중금속 이온들에 대한 내성은 필자 등[14]이 충남 삽교호 물에서 분리한 미기록 야생효모들과 유사한 중금속 내성이었다. 또한, glucose, fructose, galactose, sucrose, maltose, lactose, cellobiose, raffinose, starch, xylose, sorbitol 등을 자화시켰다.

미기록 효모 *C. carpophila*는 *Meyerozyma (Candida) guilliermondii* 와 phylogenetic tree에서 근연군이지만 phenotype에서는 아주 다른 균으로 보고되었다[24]. 또한 Boro [25] 등 브라질 전통 쌀 맥주의 종균 배양물로부터 본 미기록 균을 포함한 비 *Saccharomyces* 균들을 분리하여 맥주 발효특성을 조사한 결과 본 미기록균이 전통 쌀 맥주 생산에 직접 이용 가능함을 보고하였다.

Wickerhamomyces strasburgensis JSDH34-2는 남해안 장사도 동백꽃 균락지의 고인 물에서 분리한 국내 미기록 야생효모로 $1.8 \times 1.1 \mu\text{m}$ 크기의 난형으로 출아에 의해 영양 증식을 하였고 포자를 형성하였으나 의균사를 형성하지 않았다. YPD, YM, PD배지에서 잘 생육하였고 vitamin-free 배지에서도 생육하였다. 30% 포도당을 함유한 YPD배지에서와 10% NaCl을 함유한 YPD배지에서 생육하였으며 pH 10.5까지 생육하는 호알칼리성 균이었다. 또한 Ca, Cu, Zn 등의 중금속들에 대하여 800 ppm까지 내성을 보였고 glucose, fructose, galactose, maltose, sucrose, lactose, cellobiose, starch, xylose, sorbitol 등을 자화시켰다.

W. strasburgensis 균은 Kurtzman 등[26]에 의하여 기존 *Saccharomyces strasburgensis* (1953), *Petasopora strasburgensis* (1954), *Pichia strasburgensis* (1956), *Zymopichia strasburgensis* (1961) 등을 재동정한 균으로 4개의 중절모 모양의 자낭포자를 갖고있고 5% malt extract 배지 등에서 잘 생육하는 균으로 보고하였다.

Candida savonica HJD6-4는 남해안 장사도 주변 해안의 미역, 해조류에서 분리한 국내 미기록 야생효모로 $1.0 \times 0.8 \mu\text{m}$ 크기의 구형으로 출아에 의해 영양 증식을 하였고 포자와 의균사를 형성하지 않았다. YPD와 YM, PD배지에서 잘 생육하였으나 vitamin-free배지에서는 생육하지 못하였다. 50% 포도당과 10% NaCl을 각각 함유한 YPD배지에서 생육하였고 Ca, Co, Cu, Fe, Li, Zn 등의 중금속이온들에 대하여 800 ppm까지 내성을 보였으며 glucose, fructose, galactose, mannose, sucrose, lactose, starch, xylose, sorbitol 등을 자화시켰다.

Sonck는[27] *C. savonica* 야생 효모를 핀란드의 나무에서 분리하여 신종으로 분리, 동정한 후 형태적, 배양적 특성과 당 발효성 등을 조사하여 보고한 바 있다.

Candida karawaiewii YP23-3는 경기도 남한강변에 인접한 양평 하천 토양에서 분리한 국내 미기록 야생효모로 $0.9 \times 1.1 \mu\text{m}$ 크기의 구형으로 출아에 의해 영양 증식을 하였고 포자와 의균사를 형성하지 않았다. YPD, YM, PD배지에서 잘 생육하였고 vitamin-free 배지에서도 생육하였다. 30% 포도당을 함유한 YPD배지와 10% NaCl을 함유한 YPD배지에서 생육하였고 Cu, Fe, Zn 등의 중금속들에 대하여 800 ppm까지 내성을 보였다. glucose, fructose, mannose, maltose, sucrose, cellobiose, raffinose, starch, xylose, sorbitol, mannitol 등을 자화시켰다.

한편, Suzuki 등[28]은 태국의 star apple에서 분리한 *C. stellimalicola* 가 G+C 함량, 탄소원 자화성, Cell surface antigens, 세포벽의 mannan 함량 등에서 본 미기록 효모인 *C. karawaiewii*와 근연의 균임을 보고하였다.

적요

제주도와 남해안 장사도 해변 등지로부터 분리한 야생효모들 중 국내 미기록 야생효모들을 선별한 후 이들의 균학적 특성을 조사하였다. 이들 수계에서 분리한 야생효모들 중 *Coniozyma leucospermi* JJD37-2, *Hanseniaspora thailandica* JJD44-1, *Kluyveromyces nonfermentans* JJD15-1, *Kockovaella fuzhouensis* JJD47-3, *Vishniacozyma heimaeyensis* JJD8-4, *Candida carpophila* JSDH24-1, *Wickerhamomyces strasburgensis* JSDH34-2, *Candida savonica* HJD6-4, *Candida karawaiewii* YP23-3 등 9종이 국내 미기록 야생효모로 최종 선별되었다. 이들 균주들은 대부분 구형으로 출아에 의해 영양증식을 하였고 자낭포자와 의균사들을 형성하지 않았다. *K. fuzhouensis* JJD47-3과 *V. heimaeyensis* JJD8-4 외 7균주들은 YPD, YM, PD 등의 배지에서 잘 생육하였고 *C. leucospermi* JJD37-2와 *C. carpophila* JSDH24-1, *C. savonica* HJD6-4 균주들은 50% 포도당을 함유한 YPD 배지에서 생육하는 내당성을 보였으며 9균주 중 8균주가 10% NaCl을 함유한 YPD배지에서 생육하는 호염성 효모이었다. 대부분의 미기록 균주들이 Ca, Cu, Fe, Li, Mg, Zn 등의 중금속 등에 대하여 800 ppm까지 내성을 보였고 glucose, fructose, mannose, sucrose, cellobiose, raffinose 등을 자화시켰다. *H. thailandica* JJD44-1 만이 glucose, fructose, mannose를 발효시켰다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by a grant from the Nakdonggang National Institute of Biological Resources (NNIBR), funded by the Ministry of Environment (MOE) of the Republic of Korea. This work was also supported by Chonnam National University (Project no. 2020-2098).

REFERENCES

1. Lee JS, Yi 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.
2. Lee DH, Seo JS, Ha TM, Lee YS, Cho CH. Quality characteristics of yakju fermented with pretreated nuruk. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 2020;49:1366-76.
3. Kim JH, Lee DH, Jeong SC, Chung KS, Lee JS. Characterization of antihypertensive angiotensin I-converting enzyme inhibitor from *Saccharomyces cerevisiae*. *J Microbiol Biotechnol* 2004;14:1318-23.
4. Lee DH, Lee DH, Lee JS. Characterization of a new antimentia β -secretase inhibitory peptide from *Saccharomyces cerevisiae*. *Enzyme Microb Technol* 2007;42:83-8.
5. Lee DH, Lee JS, Yi SH, Lee JS. Production of the acetylcholinesterase inhibitor from *Yarrowia lipolytica* S-3. *Mycobiol* 2008;36:102-5.
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, 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.

8. 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.
9. 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.
10. Han SM, Kim HK, Lee HB, Lee JS. Isolation and identification of wild yeasts from freshwaters and soils of Nakdong and Yeongsan river, Korea, and characterization of two unrecorded yeasts. *Kor J Mycol* 2016;44:350-4.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Jang JE, Park SJ, Moon JS, Lee HB, Lee JS. Isolation of wild yeasts from freshwaters and soils in nonsan stream and Sapgyoho in Chungcheongnam-do, Korea, and microbiological characteristics of the unrecorded wild yeasts. *Kor J Mycol* 2021;49:337-49.
15. Park SJ, Jang JE, Moon JS, Lee HB, Lee JS. Isolating and characterizing the unrecorded wild yeasts from seawater and soil in Haeundae and Mongdol beaches on the southern coast of Korea. *Kor J Mycol* 2022;50:65-73.
16. Moon JS, Lee HB, Lee JS. Isolation and determination of microbiological characteristics of unrecorded wild yeasts from waters and soils of Haegeumgang in the southern sea, and from Namdaecheon and Geumsancheon upstream of Geumgang, Korea. *Kor J Mycol* 2022;50:149-60.
17. Kim JS, Lee M, Kim JY, Heo J, Kwon SW, Yun BS, Kin SJ. Distribution and species diversity of wild yeasts isolated from flowers in Korea. *Kor J Mycol* 2020;48:475-84.
18. Mirzaei S, Moghadam JN, Khaledi E, Abdollahzadeh J, Amini J. Molecular and morphological characterization of *Endoconidioma populi* from Kurdistan province, Iran. *Mycol Iranica* 2015;2:127-33.
19. Jindamorakot S, Ninomiya S, Limtong S, Yongmanitchai W, Tuntirungkij M, Potacharoen W, Tanaka K, Kawasaki H, Nakase T. Three new species of bipolar budding yeasts of the genus *Hanseniaspora* and its anamorph *Kloeckera* isolated in Thailand. *FEMS* 2009;9:1327-37.
20. Niyomvong N, Trakunjae C, Boondaeng A. Fermentation characteristics and aromatic profiles of plum wines produced with *Hanseniaspora thailandica* Zall and common wine yeasts. *Molecules* 2023;18:3009-21.
21. Nagahama T, Hamamoto M, Nakase T, Horikoshi K. *Kluyveromyces nonfermentans* sp. nov., a new yeast species isolated from the deep sea. *Inter J Sys Bacteriol* 1999;49:1899-905.
22. Gabriel M, Kopecká M, Takeo K, Yoshida S. Ultrastructure of *Fellomyces fuzhouensis*-new, potentially pathogenic yeast reproducing by conidiogenesis. *BRNO* 2000;73:341-60.

23. César ANA, Celia C, Jhony MH, Marcial SJ, Luis CH, Maria APB. Non-Saccharomyces yeast strains, aromatic compounds and sensory analysis of Italy and Negra Criolla pisco from the Moquegua region of Peru. *Fermentation* 2023;9:757-65.
24. Kurtzman CP, Suzuki M. Phylogenetic analysis of ascomycete yeasts that form coenzyme Q-9 and the proposal of the new genera *Babjeviella*, *Meyerozyma*, *Millerozyma*, *Priceomyces*, and *Scheffersomyces*. *Mycoscience* 2010;51:2-14.
25. Boro N, Borah A, Sama R, Narzary D. Beer production potentiality of some non-Saccharomyces yeast obtained from a traditional beer starter emao. *Brazil J Microbiol* 2022;53:1515-31.
26. Kurtzman CP. *Wickerhamomyces* Kurtzman, Robnett & Basehoar-Powers (2008). In: Kurtzman CP, Fell JW, Boekhout T, editors. Amsterdam: Elsevier; 2011. p. 899-917.
27. Sonck CE. *Candida savonica* sp. nov. *Antonie van Leeuwenhoek* 1974;40:543-5.
28. Suzuki M, Nakase T, Komagata K. *Candia stellimalicola*, a new species of anamorphic yeast isolated from star apple in Thailand. *J Gen Appl Microbiol* 1994;40:115-21.