

대전광역시와 충청남도 산림토양에서 분리한 국내 미기록 효모들의 미생물학적 특성과 생리기능성

한상민 · 이종수*

배재대학교 바이오 · 의생명공학과

Microbiological Characteristics and Physiological Functionality of Unrecorded Yeasts from Mountains Soils in Daejeon Metropolitan City and Chungcheongnam-do, Korea

Sang-Min Han and Jong-Soo Lee*

Department of Biomedical Science and Biotechnology, Paichai University, Daejeon 35345, Korea

ABSTRACT : Twelve unrecorded yeasts, *Pseudozyma prolifica* HL9-1, *Trichosporon coremiiforme* NS19-2, *Candida cretensis* SA4-1, *Cryptococcus diffluens* TJ4-3, *Cryptococcus pinus* YB17-2, *Candida vartiovaarae* DD2-5, *Pichia galeiformis* DM3-5, *Candida pseudolambica* JW2-3, *Trichosporon xylopi* NS5-1, *Trichosporon moniliiforme* NS5-7, *Tetrapisispora iriomotensis* NS14-2, and *Tetrapisispora nanseiensis* SA17-1, were screened among 97 yeasts from soils of Chungcheongnam-do and Daejeon metropolitan city, Korea. These yeasts were oval or ellipsoidal and had a budding system for vegetative reproduction. They grew well in yeast extract-peptone-dextrose (YPD) medium and, in particular, *Tetrapisispora iriomotensis* NS14-2 and *Candida cretensis* SA4-1 grew well in 10% NaCl-containing YPD broth. Nine strains, including *Trichosporon coremiiforme* NS19-2, assimilated xylose and four yeast strains, such as *Candida vartiovaarae* DD2-5, also assimilated lactose. Physiological functionalities of cell-free extracts and supernatants from two halophilic unrecorded yeasts, *Candida cretensis* SA4-1 and *Tetrapisispora iriomotensis* NS14-2, were investigated. Cell-free extracts from *Candida cretensis* SA4-1 and *Tetrapisispora iriomotensis* NS14-2 exhibited 71.3% and 68.4% antihypertensive angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity.

KEYWORDS : Microbiological characteristics, Physiological functionality, Mountain soils, Unrecorded yeasts

서 론

효모는 일부 GRAS 효모들만이 전통 주류 등의 발효 식품

의 제조에 오래 전부터 사용되어 왔고[1, 2] 최근 특정 유전자 발현을 위한 분자생물학적 숙주 균주[3]와 더불어 다양한 생리활성 물질생산 균주로서의 이용 가능성이 검토되고 있는 유용 진균류 중의 하나이다[4-10].

지금까지 대부분의 효모들은 전통 발효 식품이나 이들의 원료 등에서 분리, 동정되었고[1, 2] 필자 등은 최근 산과 섬[11-14], 과수원과 수목원[15, 16] 등지의 다양한 꽃들로 부터 야생효모들을 분리, 보고하였다[17, 18]. 또한 이들 중 국내 미기록 효모들을 선별하여 균학적 특성과 이들의 무세포추출물을 제조하여 향당노성 α -glucosidase 저해활성 등을 조사하여 보고하였다[19-21].

Han 등[22]의 연구에서는 대전광역시 연자산과 충청남도 8개 군의 주요 산 토양에서 97종의 야생효모들을 분리, 동정하여 보고하였다. 본 연구에서는 이들 중 국내에서 아직 까지 보고되지 않은 미기록 효모들을 다양한 문헌 등을 토

Kor. J. Mycol. 2016 September, 44(3): 138-144
<http://dx.doi.org/10.4489/KJM.2016.44.3.138>
pISSN 0253-651X • eISSN 2383-5249
© The Korean Society of Mycology

*Corresponding author

E-mail: biotech8@pcu.ac.kr

Received August 22, 2016

Revised September 12, 2016

Accepted September 26, 2016

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

대로 선별하여 이들의 균학적 특성을 조사하였고 이들 중 내염성을 가진 두 효모들을 선별하여 이들의 생리기능성을 조사하였다.

재료 및 방법

미기록 효모들의 선별

대전광역시 연자산과 충청남도 금산군 등 8개군의 주요 산림토양들로부터 Han 등[22]의 방법에 따라 분리한 야생 효모들을 대상으로 국립생물자원관 DB와 RISS, PubMed 및 배재대학교 도서관 등의 한국 균학 관련 논문 자료들을 이용하여 국내에 아직까지 보고되지 않은 균주들을 확인하여 국내 미기록 효모로 최종 선별하였다.

형태학적 및 배양, 생리학적 특성 조사

선정된 미기록 효모들에 대하여 광학현미경(DM IRE2; Leica Microsystems, Wetzlar, Germany)과 Hyun 등[20]의 일반 미생물 실험방법 등을 이용하여 형태학적 특징과 배양 및 주요 생리적 특성 등을 조사하였다.

결과 및 고찰

국내 미기록 효모들의 선별

Han 등[22]의 방법과 같이 대전광역시 연자산과 충남 8개 군의 주요 산림 토양에서 분리, 동정한 97종의 야생 효모들 중 아직까지 국내에 보고되지 않은 효모들을 선별한 결과 유포자 효모인 *Pseudozyma prolifica* HL9-1, *Trichosporon coremiiforme* NS19-2, *Candida cretensis* SA4-1, *Cryptococcus diffluens* TJ4-3, *Cryptococcus pinus* YB17-2 등 5종과 *Candida vartiovaarae* DD2-5, *Pichia galeiformis* DM3-5, *Candida pseudolambica* JW2-3, *Trichosporon xylopinii* NS5-1, *Trichosporon moniliiforme* NS5-7, *Tetrapisispora iriomotensis* NS14-2, *Tetrapisispora nanseiensis* SA17-1 등의 무포자효모 7종 등 모두 12균주의 야생효모들을 국내 미기록균들로 최종 선별하였다.

이와 같은 미기록 효모들의 phylogenetic tree를 작성한 결과 Fig. 1과 같이 국내에서 기보고된 같은 속군과 26S rDNA의 D1/D2부분의 유전자 서열을 비교했을 때도 미기록 균주들임을 확인할 수 있었다.

미기록 효모들의 미생물학적 특성

위와 같이 선별한 국내 미기록 효모 균주들의 형태적 특징을 조사한 결과는 Table 1, 2와 같다. 분리된 효모들의 형태는 대부분이 난형과 구형이었으며 출아법으로 영양증식을 하였고 *Pseudozyma prolifica* HL9-1과 *Trichosporon xylopinii* NS5-1, *Trichosporon coremiiforme* NS19-2와 *Tetrapisispora nanseiensis* SA17-1, *Cryptococcus pinus* YB17-2 등은 의균사를 형성하였다.

또한 미기록 효모균주 모두 yeast extract peptone dextrose (YPD) 배지와 yeast extract-malt extract (YM) 배지 등에서 잘 생육하였고, 특히 *Tetrapisispora iriomotensis* NS14-2와 *Candida cretensis* SA4-1은 10% NaCl을 함유한 YPD 배지에서 생육하는 호염성 효모들이었다. *Trichosporon coremiiforme* NS19-2와 *Tetrapisispora nanseiensis* SA17-1은 비타민을 함유하지 않은 배지에서도 잘 생육하였고 대부분 25~30°C, pH 4~8에서 생육하였다.

이들 미기록 효모들에 대한 탄소원들의 자화성과 발효성을 조사한 결과 모두 포도당을 자화시켰고 다른 균주들과 특이하게 *Trichosporon xylopinii* NS5-1은 xylose, lactose, sucrose, trehalose, raffinose, xylitol, inositol, sorbitol 등을 자화시켰고, *Tetrapisispora nanseiensis* SA17-1은 xylose를 자화시키고 동시에 발효시켰다(Table 2).

위와 같은 국내 미기록 종에 대한 발표 사례를 종합해보면 Quirós 등[23]은 스페인 발효 소시지인 chorizo에서 4종의 *Candida cretensis* 신종 효모들을 분리, 동정하여 이들이 소위 *Candida kruisii* clade에 속한다고 보고하였고 Golubev [24]는 *Cryptococcus pinus*가 분비하는 15 kDa의 mycogin이 *Tremellomycetes*군에 대하여 항균 활성을 갖고 있음을 보고하였다.

또한 *Cryptococcus diffluens*에 관해서 Kantarcioglu 등[25]은 이 균이 *Cryptococcus neoformans*외에도 피하 크립토크쿠스증을 유발시켰다고 보고하였고 Shishlova 등[26]은 페니실린-브이-아실레이즈(PA) 생산을 위한 *Cryptococcus diffluens*의 최적 발효 배지 조성을 조사하여 페녹시아세트산(POAA)이 효소 유도제로 필요함을 보고한 바 있다.

무포자 미기록 효모들의 경우 Ueda-Nishimura와 Mikata [27]는 *Pichia galeiformis*의 G+C 함량 등을 측정하여 *Pichia manshurica*와 동일균으로 재분류 하였고, Gujjari 등[28]은 목재에 서식하는 *Xylopinus saperdiodides* 곤충으로부터 헤미셀룰로스를 분해하는 *Trichosporon xylopinii*를, Iwasaki 등[29]과 Kirimura 등[30]은 각각 *Trichosporon moniliiforme*의 살리실레이트(salicylate) 생분해와 살리실릭산 디카복실레이즈(salicylic acid decarboxylase)에 대하여 보고하였다.

또한 Ueda-Nishimura와 Mikata [31]는 일본 난세섬의 토양, 꽃들과 잎들로부터 3종의 신종 효모 7균주들을 분리한 결과 30~32 mol %의 G+C 함량 등이 *Kluyveromyces phaffii*와 거의 유사한 효모들이었지만 이들을 DNA/DNA 하이브리다이제이션 등의 분자생물적 방법으로 재동정한 결과 *Tetrapisispora nanseiensis*와 *Tetrapisispora iriomotensis*, *Tetrapisispora arboricola*로 재동정하여 보고하였다.

호염성 *Candida cretensis* SA4-1과 *Tetrapisispora iriomotensis* NS14-2의 생리기능성

12종의 미기록 효모들 중 호염성 효모인 *Candida cretensis* SA4-1과 *Tetrapisispora iriomotensis* NS14-2의 산업적 응용성을 검토하기 위하여 이들을 YPD 배지에서 24시간

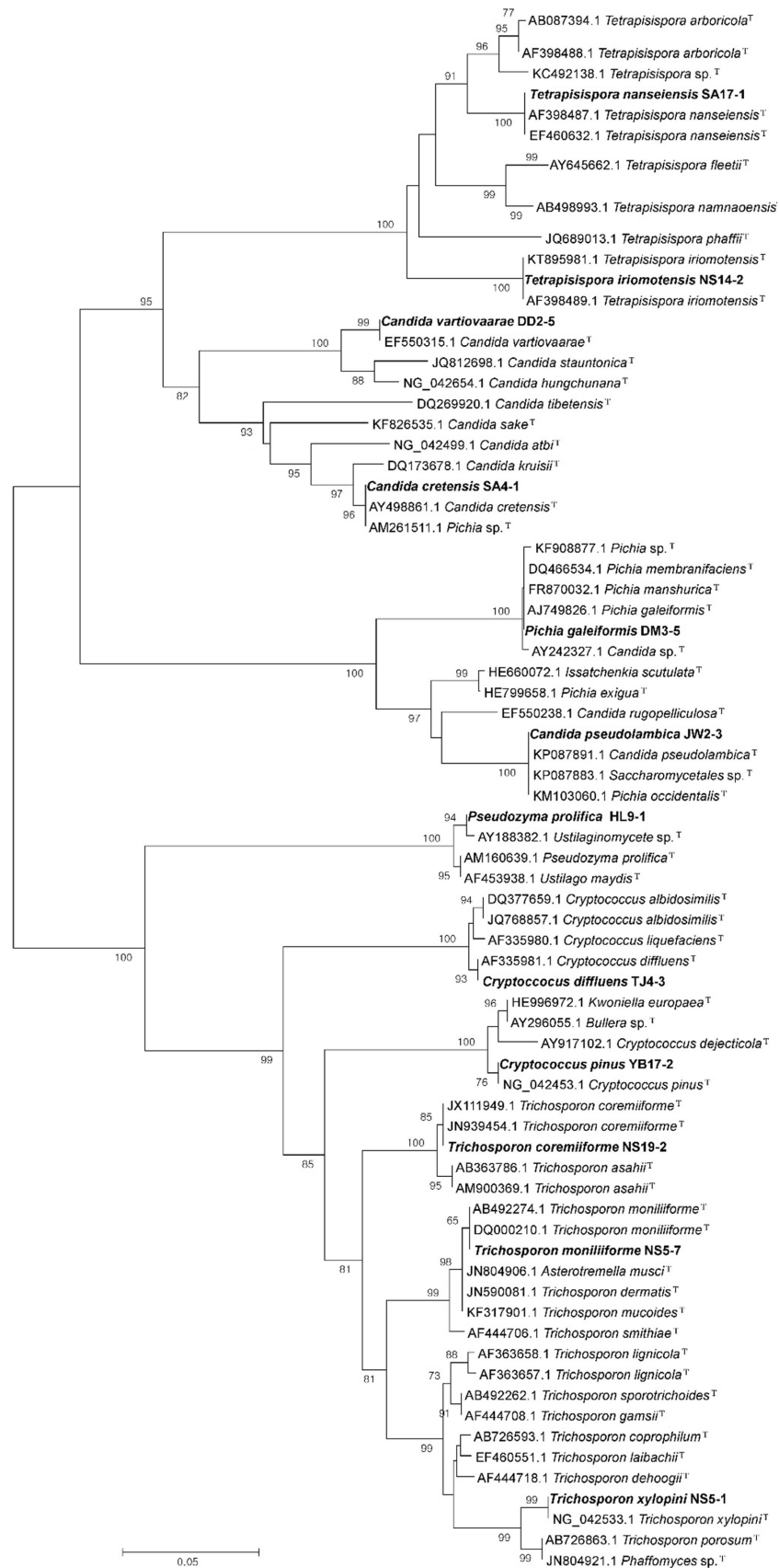


Fig. 1. Phylogenetic tree of twelve unrecorded yeasts isolated from mountain soils of Chungcheongnam-do, Korea based on the nucleotide sequences of large subunit 26S ribosomal DNA. The tree was generated by the neighbor-joining method, using MEGA7.

Table 1. Microbiological characteristics of five ascosporogenous unrecorded yeasts from soils of Chungcheongnam-do, Korea

	<i>Candida vartiovaarae</i> DD 2-5	<i>Pichia galeiformis</i> DM 3-5	<i>Candida pseudolambica</i> JW 2-3	<i>Trichosporon xylopi</i> NS 5-1	<i>Trichosporon moniliiforme</i> NS 5-7	<i>Tetrapisispora iriomotensis</i> NS 14-2	<i>Tetrapisispora nanseiensis</i> SA 17-1
Morphological characteristics							
Shape	O	O	G	E	O	O	E
Vegetative reproduction	B	B	B	B	B	B	B
size (μm)	1.1 × 1.3	0.7 × 0.8	0.7 × 0.7	0.5 × 0.1	1.1 × 1.3	1.1 × 0.8	0.5 × 1.1
Ascospore	-	-	-	-	-	-	-
Pseudomycelium	-	-	-	+	-	-	-
Cultural characteristics							
Growth on YM/PD media	+++ / ++	+ / ++	+++ / ++	+ / -	++ / -	+++ / ++	+++ / +
Growth/color on YPD medium	+++ / C	+++ / C	+++ / C	+++ / Y	+++ / W	+++ / C	+++ / C
Growth on Vitamin-free medium	-	-	-	-	-	-	++
Growth on 50% glucose -YPD medium	-	-	-	-	-	-	-
Growth on 5%/10%/20% NaCl-YPD medium	- / - / -	- / - / -	- / - / -	+ / - / -	- / - / -	++ / + / -	- / - / -
Growth on temp/pH range	25~30°C /pH 7~8	25~37°C /pH 4~7	25~30°C /pH 7~8	20~30°C /pH 7~10	25~30°C /pH 7~8	20~30°C /pH 4~8	25~37°C /pH 4~8
Assimilation/fermentation on carbon sources							
L-arabinose	-	-	-	+	+	-	-
Xylose	+ / -	- / -	- / -	+ / -	+ / -	+ / -	+ / +
D-Glucose	+ / +	+ / -	+ / -	+ / -	+ / -	+ / +	+ / -
D-Galactose	- / -	- / -	- / -	+ / -	+ / -	- / -	+ / +
D-Cellobiose	+ / -	- / -	- / -	+ / -	- / -	+ / -	- / -
D-Lactose	+ / -	- / -	- / -	+ / -	+ / -	+ / -	- / -
D-Maltose	+ / +	- / -	+ / -	+ / -	- / -	+ / +	- / -
D-Saccharose (sucrose)	+ / -	- / -	+ / -	+ / -	- / -	+ / -	- / -
D-Trehalose	-	-	+	+	-	-	-
D-Melezitose	-	-	+	+	-	-	-
D-Raffinose	- / -	- / -	- / -	+ / -	- / -	- / -	- / -
Adonitol	-	-	-	+	-	-	-
Xylitol	-	-	-	+	-	-	-
Inositol	-	-	-	+	-	-	-
D-Sorbitol	-	-	-	+	-	-	-
Glycerol	+ / -	- / -	- / -	- / -	- / -	+ / -	- / -
Calcium 2-keto-gluconate	-	-	-	-	+	-	-
Methyl-αD-Glucopyranoside	-	-	-	-	-	-	-
N-Acetyl-Glucosamine	-	-	+	+	+	-	-

O, oval; G, globose; E, ellipsoidal; B, budding; C, cream; Y, yellow; W, white; YM, yeast extract-malt extract; PD, potato-dextrose; YPD, yeast extract peptone dextrose.

배양하여 각각의 배양상등액과 무세포추출물들을 제조한 후 이들의 주요 생리기능성을 측정하였다.

Candida cretensis SA4-1과 *Tetrapisispora iriomotensis* NS

14-2의 미기록 효모성 효모들의 배양 상등액에서는 항산화 활성만이 10% 미만을 보였을 뿐 여타의 생리기능성들은 없었으나 이들의 무세포 추출물들의 항고혈압성 안지오텐신

Table 2. Microbiological characteristics of seven asporogenous unrecorded yeasts form soils of Chungcheongnam-do, Korea

	<i>Pseudozyma prolifera</i> HL 9-1	<i>Trichosporon coremiiforme</i> NS 19-2	<i>Candida cretensis</i> SA 4-1	<i>Cryptococcus diffluens</i> TJ 4-3	<i>Cryptococcus pinus</i> YB 17-2
Morphological characteristics					
Shape	E	O	O	O	O
Vegetative reproduction	B	B	B	B	B
size (μm)	0.4 × 0.9	1.7 × 1.1	0.5 × 0.8	0.5 × 0.8	1.2 × 1.3
Ascospore	+	+	+	+	+
Pseudomycelium	+	+	+	-	+
Cultural characteristics					
Growth on YM/PD media	++/+	+++/>++	+++/-	+++/>+++	+/-
Growth/color on YPD medium	+++/>C	++/>W	+++/>C	++/>P	+++/>C
Growth on Vitamin-free medium	-	++	-	-	-
Growth on 50% glucose-YPD medium	-	-	-	-	-
Growth on 5%/10%/20% NaCl-YPD medium	-/>-/-	+/>-/-	++/>+/-	-/>-/-	-/>-/-
Growth on temp/pH range	25~30°C /pH 7~8	20~30°C /pH 7~8	25~30°C /pH 7~8	20~30°C /pH 4~8	25~30°C /pH 4~8
Assimilation/fermentation on carbon sources					
L-arabinose	-	-	-	+	-
Xylose	-/>-	+/>-	+/>-	+/>-	+/>-
D-Glucose	+/>-	+/>-	+/>-	+/>-	+/>+
D-Galactose	-/>-	-/>-	+/>-	-/>-	-/>-
D-Cellobiose	-/>-	-/>-	+/>-	-/>-	-/>-
D-Lactose	-/>-	-/>-	-/>-	-/>-	-/>-
D-Maltose	+/>-	+/>-	+/>-	+/>-	-/>+
D-Saccharose (sucrose)	+/>-	-	+/>-	+/>-	+/>-
D-Trehalose	+	-	+	-	-
D-Melezitose	+	-	-	+	+
D-Raffinose	-/>-	-/>-	-/>-	-/>-	-/>-
Adonitol	-	-	+	-	-
Xylitol	-	-	+	-	-
Inositol	-	-	-	-	-
D-Sorbitol	-	-	+	-	+
Glycerol	+/>-	-/>-	+/>-	-/>-	+/>-
Calcium 2-keto-gluconate	+	-	+	+	-
Methyl-αD-Glucopyranoside	-	-	-	-	-
N-Acetyl-Glucosamine	+	+	+	-	-

E, ellipsoidal; O, oval; B, budding; C, cream; Y, yellow; W, white; YM, yeast extract-malt extract; PD, potato-dextrose; YPD, yeast extract peptone dextrose.

전환효소 저해활성은 각각 71.3%와 68.4%로 매우 높았다 (Table 3). 이 결과는 전통 누룩에서 분리한 *Saccharomyces cerevisiae* Y183-3 배양 농축물의 안지오텐신 전환효소 저해활성(71.8%) [32]과 비슷하였으나 필자 등이 옥지도 야생 화에서 분리한 *Cryptococcus uzbekistanensis* YJ10-4의 무세

포추출물(29.5%) [33]의 활성과 선유도 야생화에서 분리한 *Cryptococcus tephrensensis* SY26-1 (27.3%)와 *Kazachstania servazzii* SY14-3 (42.8%) 등의 안지오텐신 전환효소 저해활성 [34]보다 높은 활성이었고 전통 주류에서 분리한 알코올 발효성 *Saccharomyces cerevisiae*의 무세포추출물의 안지오텐

Table 3. Physiological functionalities of two unrecorded yeasts

		ACE inhibitory activity (%)	γ -Glucosidase inhibitory activity (%)	Antioxidant activity (%)	SOD-like activity (%)	XOD Inhibitory activity (%)	Tyrosinase Inhibitory activity (%)
Cell-free extract	<i>Tetrapisispora iriomotensis</i> NS14-2	68.4($\pm$ 0.1)	n.d	n.d	n.d	9.9($\pm$ 0.3)	23.1($\pm$ 0.5)
	<i>Candida cretensis</i> SA4-1	71.3($\pm$ 0.4)	n.d	6.3($\pm$ 0.1)	n.d	10.2($\pm$ 0.4)	n.d
Supernatant	<i>Tetrapisispora iriomotensis</i> NS14-2	n.d	n.d	7.2($\pm$ 0.5)	n.d	n.d	n.d
	<i>Candida cretensis</i> SA4-1	n.d	n.d	8.1($\pm$ 0.2)	n.d	n.d	n.d

ACE, angiotensin I-converting enzyme; SOD, superoxide dismutase; XOD, xanthine oxidase; n.d, not detected or < 5%.

신 전환효소 저해활성(42.1%) [4]보다도 더 높았다. 따라서 이들 두 미기록 효모성 효모들이 생성하는 우수한 항고혈압성활성 물질들을 건강식품소재로 활용하기 위한 추가 연구가 요구된다.

한편, *Tetrapisispora iriomotensis* NS14-2의 무세포추출물이 23.1%의 tyrosinase 저해활성을 보였을 뿐 여타의 생리 기능성은 배양상등액과 같이 없거나 10% 미만으로 매우 낮았다.

적 요

대전광역시 연자산과 충청남도 주요 산림 토양들로부터 분리, 동정한 야생효모들 중 국내 미기록종으로 *Pseudozyma prolifica* HL9-1, *Trichosporon coremiiforme* NS19-2, *Candida cretensis* SA4-1, *Cryptococcus diffluens* TJ4-3, *Cryptococcus pinus* YB17-2 등의 유포자효모와 *Candida vartiovaarae* DD2-5, *Pichia galeiformis* DM3-5, *Candida pseudolambica* JW2-3, *Trichosporon xylopinii* NS5-1, *Trichosporon moniliiforme* NS5-7, *Tetrapisispora iriomotensis* NS14-2, *Tetrapisispora nanseiensis* SA17-1 등의 무포자효모들을 선별하여 이들의 미생물학적 특성을 조사하였다. 12균주 모두 구형~타원형이었고 출아법으로 영양증식하였으며 yeast extract peptone dextrose (YPD) 배지에서 잘 생육하였다. 특히 *Candida cretensis* SA4-1과 *Tetrapisispora iriomotensis* NS14-2은 10% NaCl을 함유한 YPD 배지에서 잘 생육하는 호염성 효모들이었다. *Candida vartiovaarae* DD2-5와 3균주들은 유당을 자화시켰으며 *Tetrapisispora nanseiensis* SA17-1은 xylose를 자화시키고 동시에 발효시켰다. *Candida cretensis* SA4-1과 *Tetrapisispora iriomotensis* NS14-2 두 호염성 효모들의 생리기능성을 조사한 결과 이들의 무세포추출물들의 항고혈압성 안지오텐신 전환효소 저

해활성이 각각 71.3%와 68.4%로 높았다.

Acknowledgements

This study was funded by the project on Survey and Excavation of Korean Indigenous Species of NIBR under the Ministry of Environment, Republic of Korea.

REFERENCES

1. Lee JS, Yi SH, Kim JH, Yoo JY. Isolation of wild killer yeast from traditional meju and production of killer toxin. Korean J Biotechnol Bioeng 1999;14:434-9.
2. Lee JS, Yi SH, Kwon SJ, Ahn C, Yoo JY. Isolation, identification and cultural conditions of yeasts from traditional meju. Korean J Appl Microbiol Biotechnol 1997;25:435-41.
3. Kang NY, Park JN, Chin JE, Lee HB, Im SY, Bai S. Construction of an amylolytic industrial strain of *Saccharomyces cerevisiae* containing the *Sachwanniomycetes occidentalis* α -amylase gene. Biotechnol Lett 2003;25:1847-51.
4. Kim JH, Lee DH, Jeong SC, Chung KS, Lee JS. Characterization of antihypertensive angiotensin α -converting enzyme inhibitor from *Saccharomyces cerevisiae*. J Microbiol Biotechnol 2004;14:1318-23.
5. Kim YH, Shin JW, Lee JS. Production and anti-hyperglycemic effects of α -glucosidase inhibitor from yeast, *Pichia burtonii* Y257-7. Korean J Microbiol Biotechnol 2014;42:219-24.
6. Lee DH, Lee DH, Lee JS. Characterization of new antidementia β -secretase inhibitory peptide from *Saccharomyces cerevisiae*. Enzyme Microb Technol 2007;42:83-8.
7. Lee DH, Lee JS, Yi SH, Lee JS. Production of the acetylcholinesterase inhibitor from *Yarrowia lipolytica* S-3. Mycobiology 2008;36:102-5.
8. Lee JS, Hyun KW, Jeong SC, Kim JH, Choi YJ, Miguez CB. Production of ribonucleotides by autolysis of *Pichia anomala* mutant and physiological activities. Can J Microbiol 2004;50:

- 489-92.
9. Jang IT, Kim YH, Kang MG, Yi SH, Lim SI, Lee JS. Production of tyrosinase inhibitor from *Saccharomyces cerevisiae*. Kor J Mycol 2012;40:60-4.
10. Kwon SC, Jeon TW, Park JS, Kwak JS, Kim TY. Inhibitory effect on tyrosinase, ACE and xanthine oxidase, and nitrite scavenging activities of Jubak (Alcohol filter cake) extracts. J Korean Soc Food Sci Nutr 2012;41:1191-6.
11. Min JH, Ryu JJ, Kim HK, Lee JS. Isolation and identification of yeasts from wild flowers in Gyejoksan, Oseosan and Beakamsan of Korea. Kor J Mycol 2013;41:47-51.
12. 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.
13. 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.
14. Hyun SH, Mun HY, Lee HB, Kim HK, Lee JS. Isolation of yeasts from wild flowers in Gyeonggi-do province and Jeju island in Korea and the production of anti-gout xanthine oxidase inhibitor. Korean J Microbiol Biotechnol 2013;41:383-90.
15. Hyun SH, Lee JG, Park WJ, Kim HK, Lee JS. Isolation and diversity of yeasts from fruits and flowers of orchard in Sinammyeon of Yesan-gun, Chungcheongnam-do, Korea. Kor J Mycol 2014;42:21-7.
16. 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.
17. Min JH, Hyun SH, Kang MG, Lee HB, Kim CM, Kim HK, Lee JS. Isolation and identification of yeasts from wild flowers of Daejeon city and Chungcheongnam-do in Korea. Kor J Mycol 2012;40:141-4.
18. Min JH, Lee HB, Lee JS, Kim HK. Identification of yeasts isolated from wild flowers collected in coast areas of Korea based on the 26S rDNA sequences. Kor J Mycol 2013;41:185-91.
19. Hyun SH, Lee HB, Kim CM, Lee JS. New records of yeasts from wild flowers in coast near areas and inland areas, Korea. Kor J Mycol 2013;41:74-80.
20. Hyun SH, Min JH, Lee HB, Kim HK, Lee JS. Characteristics of two unrecorded yeasts from wild flowers in Ulleungdo, Korea. Kor J Mycol 2014;42:170-3.
21. Hyun SH, Lee JS. Microbiological characteristics and physiological functionality of new records of yeasts from wild flowers in Yokjido, Korea. Mycobiology 2014;42:198-202.
22. 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.
23. Quirós M, Martorell P, Querol A, Barrio E, Peinado JM, de Silóniz MI. Four new *Candida cretensis* strains isolated from Spanish fermented sausages (chorizo): taxonomic and phylogenetic implications. FEMS Yeast Res 2008;8:485-91.
24. Golubev WI. Anti-tremellomycetes activity of *Cryptococcus pinus* mycocin. Microbiology 2009;78:315-20.
25. Kantarcioglu AS, Boekhout T, De Hoog GS, Theelen B, Yucel A, Ekmekci TR, Fries BC, Ikeda R, Koslu A, Altas K. Subcutaneous cryptococcosis due to *Cryptococcus diffluens* in a patient with sporotrichoid lesions case report, features of the case isolate and in vitro antifungal susceptibilities. Med Mycol 2007;45:173-81.
26. Shishlova OR, Oreshina MG, Gorin SE, Bartoshevich IuE. Physiological characteristics of the strains of *Cryptococcus deffluens*-producers of penicillin acylase. Antibiot Khimioter 1992; 37:7-9.
27. Ueda-Nishimura K, Mikata K. Reclassification of *Pichia scaptozyma* and *Pichia galeiformis*. Antonie Van Leeuwenhoek 2001;79:371-5.
28. Gujjari P, Suh SO, Lee CF, Zhou JJ. *Trichosporon xylopinii* sp. nov., a hemicellulose-degrading yeast isolated from the wood-inhabiting beetle *Xylopinus saperdiodes*. Int J Syst Evol Microbiol 2011;61:2538-42.
29. Iwasaki Y, Gunji H, Kino K, Hattori T, Ishii Y, Kirimura K. Novel metabolic pathway for salicylate biodegradation via phenol in yeast *Trichosporon moniliiforme*. Biodegradation 2010; 21:557-64.
30. Kirimura K, Gunji H, Wakayama R, Hattori T, Ishii Y. Enzymatic Kolbe-Schmitt reaction to form salicylic acid from phenol: enzymatic characterization and gene identification of a novel enzyme, *Trichosporon moniliiforme* salicylic acid decarboxylase. Biochem Biophys Res Commun 2010;394:279-84.
31. Ueda-Nishimura K, Mikata K. A new yeast genus, *Tetrapisispora* gen. nov.: *Tetrapisispora iriomotensis* sp. nov., *Tetrapisispora nanseiensis* sp. nov. and *Tetrapisispora arboricola* sp. nov., from the Nansei islands, and reclassification of *Kluyveromyces phaffii* (van der Walt) van der Walt as *Tetrapisispora phaffii* comb. nov. Int J Syst Bacteriol 1999;49:1915-24.
32. Kang MG, Kim HK, Yi SH, Lim SI, Lee JS. Screening new antihypertensive angiotensin I-converting enzyme inhibitor-producing yeast and optimization of production condition. Kor J Mycol 2011;39:194-7.
33. Hyun SH, Lee JS. Microbiological characteristics and physiological functionality of new records of yeasts from wild flowers in Yokjido, Korea. Mycobiology 2014;42:198-202.
34. Hyun SH, Han SM, Lee JS. Characteristics and physiological functionalities of unrecorded yeasts from wild flowers of Seonyudo in Jeollabuk-do, Korea. Korean J Microbiol Biotechnol 2014;42:402-6.