

# 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 xylopinii* 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

### 서론

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] 펠자 등은 최근 산과 섬[11-14], 과수원과 수목원[15, 16] 등지의 다양한 꽃들로부터 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* T]4-3, *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 때 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 myco-cin이 *Tremellomycetes*군에 대하여 항균 활성을 갖고 있음을 보고하였다.

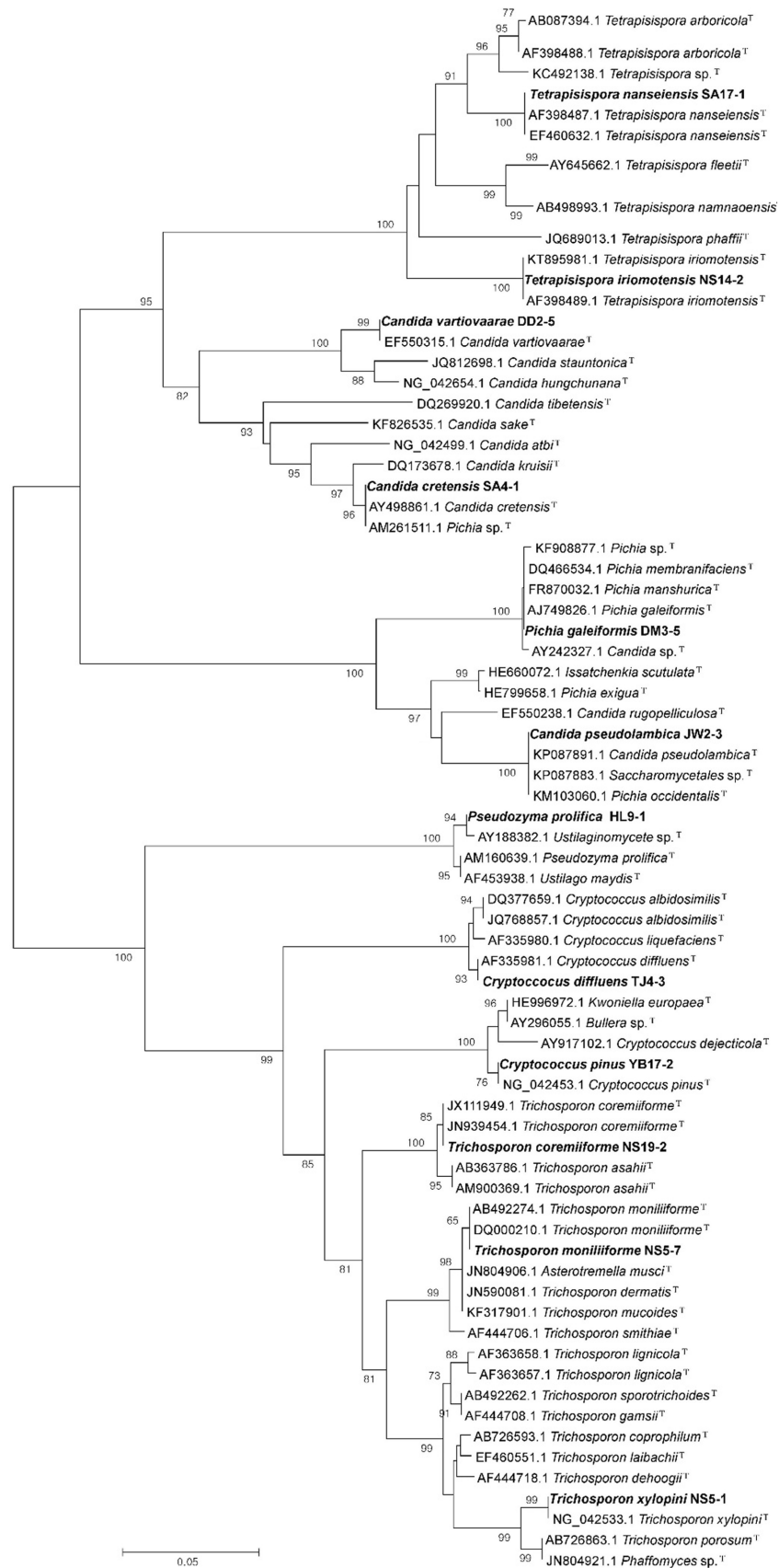
또한 *Cryptococcus diffluens*에 관해서 Kantarcioglu 등 [25]은 이 균이 *Cryptococcus neoformans*외에도 피하 크립토크쿠스증을 유발시켰다고 보고하였고 Shishlova 등 [26]은 페니실린-브이-아실레이즈(PA) 생산을 위한 *Cryptococcus diffluens*의 최적 발효 배지 조성을 조사하여 페녹시아세트산(POAA)이 효소 유도제로 필요함을 보고한 바 있다.

무포자 미기록 효모들의 경우 Ueda-Nishimura와 Mikata [27]는 *Pichia galeiformis*의 G+C 함량 등을 측정하여 *Pichia manshurica*와 동일군으로 재분류 하였고, Gujjari 등 [28]은 목재에 서식하는 *Xylopinus saperdioides* 곤충으로부터 헤미셀룰로스를 분해하는 *Trichosporon xylopinii*를, Iwasaki 등 [29]과 Kirimura 등 [30]은 각각 *Trichosporon moniliiforme*의 살리실레이트(salicylate) 생분해와 살리실리산 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><br>DD 2-5 | <i>Pichia galeiformis</i><br>DM 3-5 | <i>Candida pseudolambica</i><br>JW 2-3 | <i>Trichosporon xylopinii</i><br>NS 5-1 | <i>Trichosporon moniliiforme</i><br>NS 5-7 | <i>Tetrapisispora iriomotensis</i><br>NS 14-2 | <i>Tetrapisispora nanseiensis</i><br>SA 17-1 |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|--|---|--|---|--|
| <b>Morphological characteristics</b>               |                                       |                                     |  |   |  |   |  |
| 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                                     | -                                     | -                                   | -                                      | +                                       | -  | -   | -  |
| <b>Cultural characteristics</b>                    |                                       |                                     |  |   |  |   |  |
| 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<br>/pH 7~8                    | 25~37°C<br>/pH 4~7                  | 25~30°C<br>/pH 7~8                     | 20~30°C<br>/pH 7~10                     | 25~30°C<br>/pH 7~8                         | 20~30°C<br>/pH 4~8                            | 25~37°C<br>/pH 4~8                           |
| <b>Assimilation/fermentation on carbon sources</b> |                                       |                                     |  |   |  |   |  |
| 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 호염성 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<br/>prolifera</i><br>HL 9-1 | <i>Trichosporon<br/>coremiiforme</i><br>NS 19-2 | <i>Candida<br/>cretensis</i><br>SA 4-1 | <i>Cryptococcus<br/>diffluens</i><br>TJ 4-3 | <i>Cryptococcus<br/>pinus</i><br>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<br>/pH 7~8                        | 20~30°C<br>/pH 7~8                              | 25~30°C<br>/pH 7~8                     | 20~30°C<br>/pH 4~8                          | 25~30°C<br>/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 펄자 등이 육지도 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 ser-vazzii* 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 (%) | $\gamma$ -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 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 생리기능성은 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* DD2-5의 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*  $\alpha$ -amylase gene. Biotechnol Lett 2003;25:1847-51.
4. Kim JH, Lee DH, Jeong SC, Chung KS, Lee JS. Characterization of antihypertensive angiotensin  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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  $\beta$ -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 Gyonggi-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 scapatomyzae* 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.