

발효 미생물에 따른 누에동충하초 발효산물의 특성

조유영* · 권해용 · 김현복 · 지상덕

농촌진흥청 국립농업과학원 잠사양봉소재과

Characteristics of the Fermentation products of *Paecilomyces tenuipes* Fermented Using Different Microorganisms

You-Young Jo*, Hae-Yong Kweon, Hyun-bok Kim, and Sang-Deok Ji

Sericultural & Apicultural Materials Division, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 565-851, Republic of Korea

ABSTRACT: In order to develop fermented silkworm “Dongchunghacho” (*Paecilomyces tenuipes*) with improved absorption and increased effectiveness, we fermented Dongchunghacho using four kinds of microorganisms, viz., lactic acid bacteria, *Bacillus subtilis*, *Natto bacillus*, and yeast. A total of 15 samples were fermented using a combination of microbial inoculation culture and conditions to produce fermentation products. The contents of basic components such as sugar, reducing sugar, protein, total polyphenol, and total flavonoid were examined as well as the antioxidant, tyrosinase inhibitory, and thrombolytic activities of the fermented products were analyzed. We observed that reducing sugar and protein contents decreased in most of the fermented products, but the products fermented using yeast exhibited higher sugar content and, thus, higher sweetness. Total polyphenol content and antioxidant activity did not increase in fermented products compared to non-fermented Dongchunghachos, but total flavonoid content and tyrosinase inhibitory and thrombolytic activities increased by fermentation. In particular, total flavonoid content and tyrosinase inhibitory and thrombolytic activities primarily increased in the products fermented using yeast and lactic acid bacteria. However, it was not possible to confirm the increase in these activities in samples fermented by single fermentation using only yeast. Therefore, we propose that it will be possible to develop fermented food from silkworm Dongchunghacho (*P. tenuipes*) with excellent health benefits through additional study of multiple fermentation conditions using lactic acid bacteria and yeast.

KEYWORDS: Biological activity, Characteristics, Fermentation, *Paecilomyces tenuipes*

서 론

최근 국민소득 증가와 고령화 사회 진입으로 인해 안전하고 효과적인 건강식품에 대한 관심이 높아지고 홍삼과 같은 천연물을 이용한 건강식품을 선호하는 추세이다.

건강식품은 발효와 관련 폴리페놀 및 플라보노이드 함량의 증가로 항산화 활성 등의 약리학적 특성이 향상된다는 보고와(Katina *et al*, 2007) 흡수율 및 유용성분이 증가됨에 따라 새로운 생리활성이 부여되는 등 발효식품의 효과가 알려지면서 세계적으로 식품,약품, 화장품 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 발효에는 유산균, 효모, 바실러스, 곰팡이 등의 유익한 미생물이 이용되며, 발효를 통한 bio-conversion에 의하여 유효성분 생성 및 증가로 다양한 생리활성작용을 나타낸다고 알려져 있다(Yang *et al*, 2007). 발효란 미생물 스스로 유기물을 분해시키는 과정으로 이 과정 중에서 자신이 가지고 있는 효소를 이용하는 것을 말하며, 발효에 의해 각종 영양성분을 비롯하여 아미노산, 유기산, 항산화물질이 증가하고 물질의 생리활성 효능과 tyrosinase 저해활성도 증가하는 것으로 알려져 있다. 발효에 이용하는 균주에 따라 발효된 산물의 성분 및 기능성이 크게 영향을 받는다(Kim *et al*, 2010; Lee and Li, 2010; Oh and Mo, 2011; Han

J. Mushrooms 2017 December, 15(4):237-243
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2017.15.4.237>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

*Corresponding author

E-mail : yyjo@korea.kr

Tel : +82-63-238-2873, Fax : +82-63-238-3832

Received September 14, 2017

Revised November 20, 2017

Accepted November 30, 2017

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.

and Yi, 2012). 또한 균주마다 만들어내는 효소와 물질이 다르므로 발효에 사용하는 균주에 따라 발효시키는 물질의 성분 및 기능성에도 큰 차이를 보일 것으로 기대된다. 인위적인 발효의 경우 대부분 한가지 균주만을 이용하는 단 발효방법을 주로 이용하지만 우리가 주로 먹는 김치, 청국장과 같은 식품에서 미생물을 분리해보면 한 종류의 미생물이 아닌 다양한 종류의 미생물이 함께 발효에 동참해 유용물질을 생성한 다는 것을 알 수 있다(Kim *et al*, 1997; Hong *et al*, 2013). 따라서 본 연구에서는 식품에서 가장 많이 사용되고 있는 유산균과, 고초균, 낫토균, 효모를 이용하여 다양한 조합으로 단 발효와 복합 발효를 시도하였다.

동충하초는 진시황이 복용하였다고 하여 유명해진 불로장생의 명약으로 대표적인 천연물면역력 증강, 혈당강화, 항암, 간기능 개선 등 다양한 생리활성 효과(Kim *et al*, 2012; Kim *et al*, 2005; Park *et al*, 2000; Jo *et al*, 2008)를 가지고 있다. 동충하초는 곤충몸속으로 동충하초 포자가 들어가 발육 증식하면서 기주곤충을 죽이고 얼마 후 자실체를 곤충 표피에 형성하는 것으로 주로 야생에서 발견되며, 전 세계적으로 약 300여종이 보고되고 있다(Jo *et al*, 2015). 그중 누에동충하초(*P. tenuipes*)는 국내에서 고유하게 개발된 품종으로 통상 눈꽃동충하초라고 하며 면역자극활성, 항종양 활성, 저혈당 활성 등의 여러 생리활성이 알려져 있다(Park *et al*, 2008).

본 연구에서는 누에동충하초의 유효성분 증가 및 흡수력 향상을 위하여 발효에 대표적으로 사용되는 균주인 유산균(*Lactobacillus brevis*), 청국장 발효균주인 고초균(*Bacillus subtilis*), 낫토 발효균주인 *Bacillus licheniformis*와 빵 반죽에 사용하는 효모(*Saccharomyces cerevisiae*) 등의 미생물을 이용하여 한 가지 미생물만 이용하는 경우, 2가지 미생물을 이용하는 경우, 3가지 미생물을 이용하는 경우, 4가지 미생물을 이용하는 경우 등 가능한 모든 경우의 수의 발효 조건(총 15가지)으로 누에동충하초(눈꽃동충하초)를 발효시켜 각 누에동충하초 발효산물의 당도, 환원당, 단백질함량, 단백질 분자량 분포, 총폴리페놀, 총플라보노이드, 항산화 활성, tyrosinase 저해활성, 혈전용해 활성 등의 변화를 관찰하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 균주

본 실험에서 사용한 누에동충하초(*P. tenuipes*, 눈꽃동충하초)는 5령 기잠 누에에 동충하초 균주를 접종하여 재배하고 수확하여 동결건조 후 분말로 제조하여 사용하였다. 동충하초 발효를 위하여 식품용으로 이용 가능한 *B. licheniformis* (KACC 10307), *B. subtilis* (KACC 10372), *L. brevis* (KACC 14481), *S. cerevisiae* (KACC 30008) 균주를 농촌진흥청 농업유전자원정보센터로부터 분양을

받아 분양 시 제공된 정보에 따라 배양하여 사용하였다.

누에동충하초 발효

누에동충하초 동결건조 분말 50 g에 멸균 증류수 600 ml를 넣고 균일하게 혼합한 뒤, *B. licheniformis*, *B. subtilis*, *L. brevis*, *S. cerevisiae* 균주를 이용하여 배양할 수 있는 모든 방법, 즉 단일 균주를 이용하여 발효하는 경우부터 4가지 균주 모두를 이용하는 복합균주를 조합하여 발효할 수 있는 모든 경우의 수 15가지를 이용하여 눈꽃동충하초의 발효를 시작하였다(Table. 1.).

Table 1. The list of silkworm Dongchunghacho fermented strains

No	Strains
1	<i>Bacillus licheniformis</i>
2	<i>Bacillus subtilis</i>
3	<i>Lactobacillus brevis</i>
4	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
5	<i>Bacillus licheniformis</i> + <i>Bacillus subtilis</i>
6	<i>Bacillus licheniformis</i> + <i>Lactobacillus brevis</i>
7	<i>Bacillus licheniformis</i> + <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
8	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Lactobacillus brevis</i>
9	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
10	<i>Lactobacillus brevis</i> + <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
11	<i>B. licheniformis</i> + <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Lactobacillus brevis</i>
12	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Lactobacillus brevis</i> + <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
13	<i>Bacillus licheniformis</i> + <i>Lactobacillus brevis</i> + <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
14	<i>Bacillus licheniformis</i> + <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
15	<i>Bacillus licheniformis</i> + <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Lactobacillus brevis</i> + <i>Saccharomyces cerevisiae</i>

발효조건은 35°C, 120 rpm에서 7일 동안 진탕 배양 후, 발효가 완료된 시료를 2,500 rpm 에서 30분간 원심분리(Eppendorf AG 22331)한 상등액을 동충하초 생리활성의 변화를 확인하기위한 시료로 사용하였다.

누에동충하초 발효산물의 당도, 환원당 정량분석

당도계(ATAGO PAL-α)를 이용하여 각 발효산물의 당도를 측정하였다. 누에동충하초 발효산물의 총 환원당 정량은 DNS방법(Jung *et al*, 1991)을 변형하여 분석하였다. 발효산물 시료 50 μl에 DNS시약 150 μl를 가한 뒤 105°C에서 5분간 반응시킨 다음 빠르게 냉각 시키고 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 환원당의 표준곡선은 glucose를 이용하여 계산하였다.

누에동충하초 발효산물의 단백질 함량 및 분자량 분포 분석

누에동충하초 발효산물의 단백질 함량은 Bradford 방법을 변형하여 측정하였으며, 단백질 표준곡선은 알부민을 이용하여 계산하였는데, 분석시료 10 µl에 Bradford 시약 (SIGMA B6916) 200 µl를 가한 뒤 595 nm에서 micro plate reader (ThermoFisher spectrophotometer 1510)로 흡광도를 측정하고 표준곡선을 이용하여 단백질 함량을 계산하였다. 각 발효산물의 분자량 분포를 관찰하기 위해서 4~12% gradient NuPAGE Bis-Tris Mini gel (novex, USA)을 이용하여 제조사에서 제공한 매뉴얼에 따라 전기영동을 실시하였다. 전기영동이 완료된 젤은 silver staining으로 염색하였다.

누에동충하초 발효산물의 총폴리페놀, 총플라보노이드 및 항산화 활성

총폴리페놀 함량은 Folin-Denis(Folin and Denis, 1912) 방법에 의해 측정하였고 방법은 누에동충하초 발효산물 20 µl에 FC용액 20 µl를 가하여 잘 섞고 5분간 반응시킨 후 2% Na₂CO₃ 용액 100 µl를 넣고 30분간 반응시킨 다음 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 tannic acid를 이용하였다. 총플라보노이드 함량은 Aluminium trichloride 방법(Zhishen *et al*, 1999)으로 분석하였으며 표준물질은 catechin hydrate (SIGMA C1251)를 사용하였는데 5배로 희석한 누에동충하초 발효산물 150 µl에 5% NaNO₂ 9 µl를 넣고 5분간 반응시킨 다음 10% aluminium trichloride 20 µl를 가하여 6분간 더 반응시키고 1 N NaOH 60µl를 가하여 반응을 정지시킨 다음 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 항산화 활성의 측정은 ABTS 방법을(Re *et al*, 1999) 이용하여 측정하였다. 간단히 설명하면, ABTS 시약과 potassium persulfate를 1:1로 섞어 암실에 16시간 정도 반응시킨 시약을 734 nm에서 흡광도가 0.68~0.72 정도 되도록 희석한 후 누에동충하초 발효산물 10 µl와 앞서 희석시킨 ABTS 반응액 200 µl를 넣고 10분간 반응시킨 다음 734 nm 에서 흡광도를 측정하였다. 이때 ABTS radical scavenging 활성에 대한 계산식은 {1-(시료의 흡광도/대조군 흡광도)} X 100을 사용하였다.

누에동충하초 발효산물의 tyrosinase 저해 활성

멜라닌 생성 초기 단계에 관여하는 티로시나아제의 활성을 억제하는 미백 효과가 있는지 알아보기 위해 티로시나아제 활성 억제력을 측정하였다. 티로시나아제 활성 측정은 Choi *et al.*(1998)의 방법을 변형하여, 96well plate에 각 누에동충하초 발효산물 40 µl를 넣고 8.3 mM L-DOPA(3,4-Dihydroxy-L-phenylalanine, SIGMA D9628) 40 µl과 125 U(unit) 머쉬룸티로시나아제(tyrosinase from mushroom, SIGMA T3824) 40 µl를 혼합하였다. 37°C에

서 30분 반응시킨 후 490 nm에서 흡광도를 측정하여 생성된 도파퀴논(dopaquinone)의 양을 계산하였다. 계산식은 [1-{(시료의 흡광도/대조군 흡광도)/대조군 흡광도}] X 100을 사용하였다.

누에동충하초 발효산물의 혈전용해 활성

누에동충하초의 혈전용해 활성은 fibrin plate법(Haverkate and Traas, 1974)에 따라 측정하였다. 0.01 M sodium phosphate buffer(pH 7.0) 100 µl에 thrombin 10 units를 용해시키고, fibrinogen 0.06 g을 0.01 M sodium phosphate buffer(pH 7.0) 10 ml에 현탁 37°C에서 10분간 반응시키고 petri dish에 10 unit thrombin을 골고루 점적한 후 그 위에 10 ml의 fibrinogen 용액을 부어 천천히 흔들어 놓아 fibrin 막을 만들었다. 혈전용해 활성은 제조한 fibrin plate에 paper disk를 올려놓고 시료 20 µl를 점적하여 37°C에서 반응시키면서 생성된 용해 투명 환의 직경을 측정하였다.

통계학적 분석

각 실험은 최소 3회 이상 반복 실험을 수행하였다. 통계 분석 (STASTICA)은 mean±SD로 표시하였다.

결과 및 고찰

본 실험에 앞서 각 균주를 이용하여 매일 같은 시간에 발효된 시료를 채취하여 재료 및 방법에서 언급한 생리활성 관련 성질을 관찰하였다. 비록 각 균주별 단 발효 산물에 대한 결과지만 7일간 발효에서 효과가 가장 높아 발효 기간을 7일로 설정하였다. 4종류의 균(유산균과, 고초균, 낫토균, 효모)을 이용하여 발효할 수 있는 모든 경우의 수는 15가지이므로, 누에동충하초분말에 이들 균주를 접종하여 7일 동안 발효하여 15가지의 누에동충하초 발효산물을 제조한 후 그 성분의 변화와 생리활성 물질 중 총폴리페놀, 총플라보노이드, 항산화 활성 및 tyrosinase 저해 활성, 혈전용해 활성의 변화를 조사하였다.

누에동충하초 발효산물의 당도, 환원당 정량분석

누에동충하초 발효산물의 당도를 측정한 결과(Fig. 1) 누에동충하초의 발효 전 당도는 1.6 brix로 발효 균주에 따라 당도의 변화가 확연하게 달라지는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 시료번호 2, 4, 7, 10, 14번이 발효에 의해 당도가 높아진 시험군으로 2번을 제외하고 모두 효모를 발효균주로 이용한 시험군에서 단맛이 증가하였고 유산균만을 발효균주로 이용한 시험군(3번)에서는 당도가 가장 크게 저하되었다. 효모를 이용한 발효산물에서 단맛이 증가하는 현상은 한국식품연구원 우리술 연구팀에서 다양한 효모(6종)를 이용하여 증류주를 제조

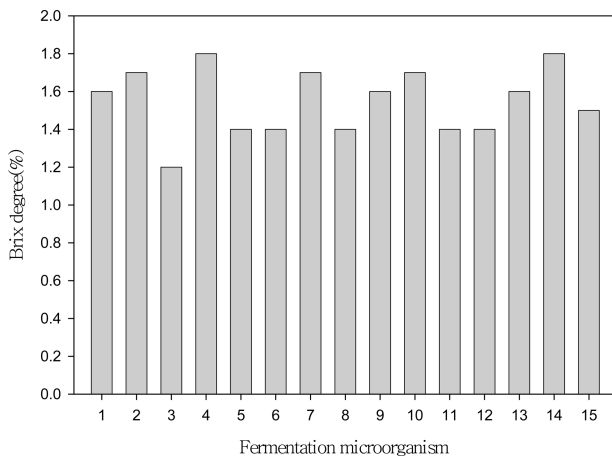


Fig. 1. Brix degree(%) of fermented products of *Paecilomyces tenuipes* by microorganisms for fermentation.

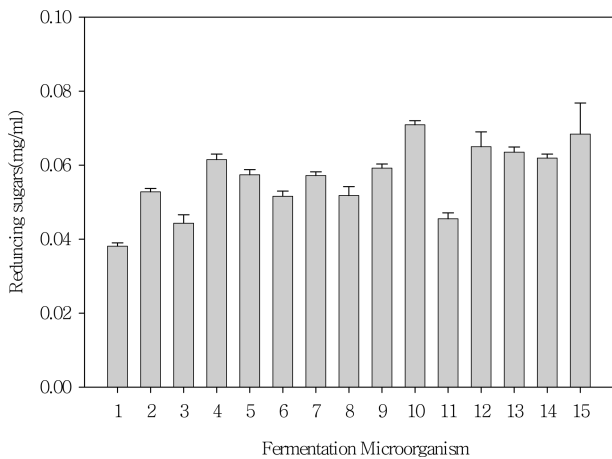


Fig. 2. Reducing sugar(%) of fermented products of *Paecilomyces tenuipes* by microorganisms for fermentation.

하였을 때 4일째 이후 증가되어 10일까지 유지되는 것과 일치한 결과이며(Lee *et al.*, 2017) 이는 효모 발효에 의한 가용성 고형분의 증가에 기인한 것으로 여겨진다. 누에동충하초 발효산물의 환원당은 모두 발효 전 0.07에 비해 대부분의 발효산물에서 환원당 함량이 낮아 졌으며(Fig. 2), 특히 낫토발효균주인 *B. licheniformis*만을 이용하여 발효한 균의 발효산물에서 환원당의 함량이 약 50%가량 감소하였다. 10번과 15번 발효균에서는 환원당의 저하가 크지 않았으며 여기에 사용한 균주는 유산균과 효모 복합 발효균이 모두 함유된 시험균이었다. 환원당은 발효기간 동안 단백질에서 분해된 아미노산과의 축합으로 비효소적 갈변 반응인 메일라드 반응을 일으키며 함량이 낮아질 수 있으며(Song and Lee, 2013), 발효기간 중 당분이 발효 기질로 이용되어 시간이 지남에 따라 환원당이 감소할 수 있다고 보고하고 있다(Jin *et al.*, 2008). 환원당은 알코올의 감미와 알코올 생성에 중요한 성분으로 탁주맛의 품질

에 영향을 준다는 보고가 있어(Lee and Lee, 2000), 누에동충하초를 이용하여 발효식품을 개발에 있어서도 풍미 등에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

누에동충하초 발효산물의 단백질 함량 및 분자량 분포분석

각 누에동충하초 발효산물의 단백질 함량은 발효 전 누에동충하초 단백질 함량 0.54 mg/ml 보다 모든 발효조건에서 낮아 졌다(Fig. 3). 이 결과는 누에동충하초의 기주인 누에번데기의 단백질 함량에 의한 것으로 판단되며 발효에 의해 이들 단백질이 분해되어 모든 발효조건에서 단백질 함량이 낮아졌을 것으로 생각되지만, 단백질 전기영동 패턴을 살펴보면(Fig. 4) 발효 전 누에동충하초 분자량 분포에 비해 뚜렷하게 단백질 분자량이 낮아지는 것은 확인할 수 없었으며, 발효 전 누에동충하초 단백질 이외 새로운 다양한 단백질이 생성됨을 확인할 수 있었다. 본 연구에 앞선 예비실험에서 단 발효 조건에서 발효균주를 이용해서 1일부터 15일까지 발효 후 단백질 전기영동을 하였을 때 1일부터 7일까지는 150 kDa 이상의 고분자 단백

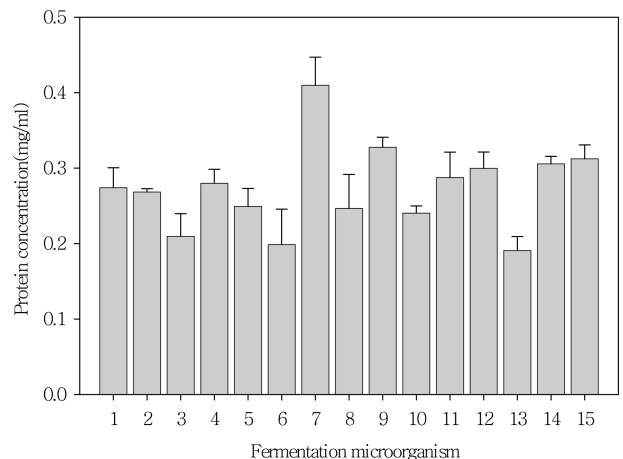


Fig. 3. Protein quantification of fermented products of *Paecilomyces tenuipes* by microorganisms for fermentation.

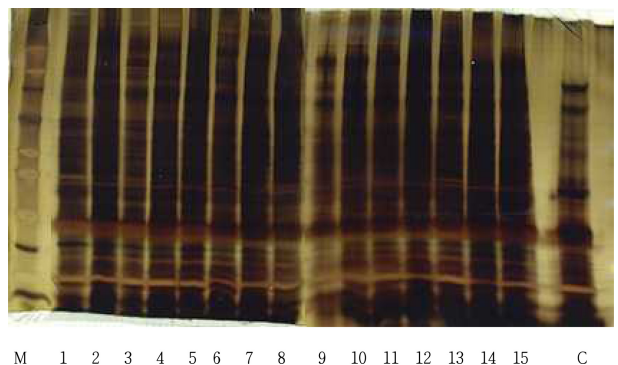


Fig. 4. SDS-PAGE of fermented products of *Paecilomyces tenuipes* by microorganisms for fermentation.

질 밴드가 뚜렷하게 증가하였으나, 7일 이상의 발효기간이 길어짐에 따라 현저하게 단백질 분자량이 낮아지는 것을 확인한 것과 비교하여 7일 동안 발효 시 누에동충하초의 분해되는 정도에 비해 미생물에 의해 생성되는 새로운 물질이 더 많기 때문일 것으로 생각된다.

누에동충하초 발효산물의 총폴리페놀, 총플라보노이드, 항산화 활성 및 tyrosinase 저해활성

총폴리페놀 함량은 발효산물 10>7>14>15 순서로 높았는데 (Fig. 5) 이들의 공통적인 특징은 효모가 다른 균주와 복합 발효된 발효산물이라는 점이다. 발효 전 누에동충하초에 비해 특별히 총폴리페놀 함량이 증가되지는 않았다. 총플라보노이드 함량 또한 누에동충하초 발효산물 10>1>7>12>14 순서로 높았는데 (Fig. 6) 발효산물 번호 1번을 제외하고는 총폴리페놀 결과처럼 발효 시 효모가 다른 균주와 복합 발효된 것이었다. 발효 전 누에동충하초의 총 플라보노이드 함량은 0.58 mg/ml로 발효에 의해 많게

는 1.5배정도 높아졌다.

항산화 활성 측정은 DPPH법과 ABTS방법을 모두 실시하였지만 DPPH법으로 측정한 시료에 침전이 많이 생겨 측정이 불가하였으며 ABTS방법만을 이용하여 항산화 활성을 측정하게 되었다. ABTS법으로 항산화 활성을 측정한 결과 10>7>14>9>4>15 순서로 높았으며 (Fig. 7), 이들 항산화 활성이 높은 순서는 모두 효모가 들어간 발효산물이며 4번만이 효모 단 발효 산물이고, 나머지는 효모와 다른 균주가 복합 발효된 산물이라는 점이 매우 특이하다. 발효에 의한 항산화 활성 그래프와 총폴리페놀 함량 그래프가 비슷한 경향을 보여, 항산화 활성이 총폴리페놀 함량에 기인한 것으로 여겨지지만 발효에 의한 항산화 활성의 뚜렷한 증가는 확인할 수 없었다. Tyrosinase 저해활성효과는 10>13>14>3>6 순서로 높았으며 누에동충하초 발효 전 저해활성을 100%로 환산하였으므로 10번 발효산물에서 20% 저해활성이 증가됨을 확인할 수 있었다 (Fig. 8).

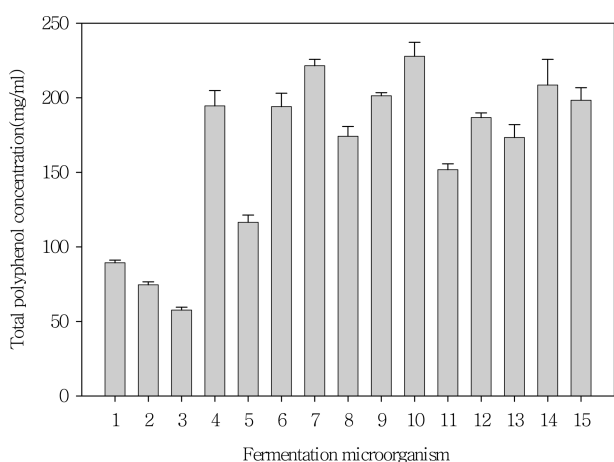


Fig. 5. Total polyphenol of fermented products of *Paecilomyces tenuipes* by microorganisms for fermentation.

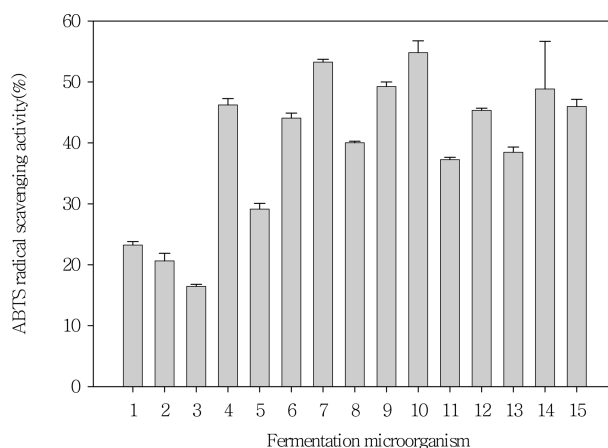


Fig. 7. Antioxidant activity of fermented products of *Paecilomyces tenuipes* by microorganisms for fermentation.

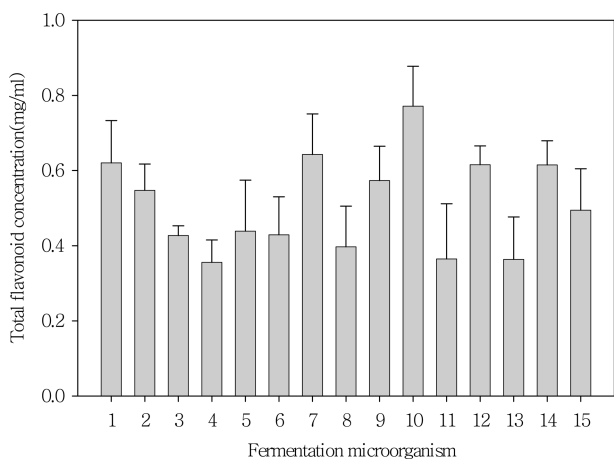


Fig. 6. Total flavonoid of fermented products of *Paecilomyces tenuipes* by microorganisms for fermentation.

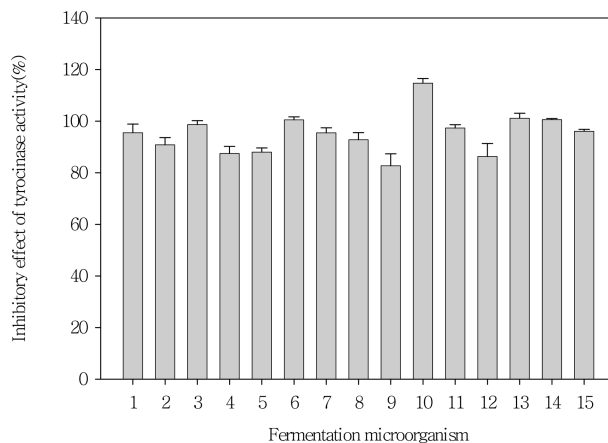


Fig. 8. Inhibitory effect of tyrosinase activity of fermented products of *Paecilomyces tenuipes* by microorganisms for fermentation.

이들 tyrosinase 저해활성이 높은 순서의 특이점은 주로 유산균과 효모가 들어간 복합 발효 산물이라는 것이며 단 발효에서는 유산균만을 이용하는 것이 효과가 좋았다.

누에동충하초 발효산물의 혈전용해 활성

Fibrin plate에 형성된 용해 투명환을 측정하여 누에동충하초의 혈전용해 활성을 조사한 결과 (Fig. 9) 발효 전 누에동충하초의 혈전용해 활성에 비해 3, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 15번 발효산물에서 혈전용해 활성이 증가됨을 확인할 수 있었다. 특히 고초균, 유산균, 효모를 복합 발효시킨 12번에서 가장 활성이 좋았다. 혈전은 혈관벽에 쌓이게 되면 동맥경화, 심근경색과 같은 질환을 유발하며, 생성된 혈전이 혈관을 타고 이동하면서 각종 심혈관계통의 질환을 일으킬 수 있다 (Kim et al. 1999). 일단 생성된 혈전은 쉽게 사라지지 않으므로 혈전을 용해시킬 수 있는 약을 사용하여 이들 질병을 예방하거나 치료할 수 있지만 많은 연구에 의해 청국장, 된장, 낫토 같은 발효식품에 의한 혈전 용해효소 연구가 보고되었다(Oh et al. 2002). 본 연구에서 사용한 균주들 역시 이들 발효식품을 만드는데 사용되는 균으로써 동충하초를 발효 시 이들 균주에서 만들어진 혈전 용해 효소가 작용하여 혈전용해 활성을 증가시켰을 것으로 여겨진다.

이상의 누에동충하초 발효산물의 다양한 성분변화와 생리활성 변화를 분석한 결과, 효모와 다른 균주를 복합 발효시킨 발효산물에서 발효에 의한 당도 및 총플라보노이드, tyrosinase 저해활성 및 혈전용해 활성 등이 향상됨을 확인할 수 있었다. 특히, 유산균과 효모를 복합 발효시킨 발효산물은 모든 항목에서 가장 우수한 효과를 나타냈다. 따라서, 유산균과 효모를 이용한 복합 발효 조건에 대한 추가적인 연구를 통해 더욱 탁월한 건강기능효과를 가지는 누에동충하초 발효식품을 개발을 위한 연구 수행이 필요할 것으로 생각된다.

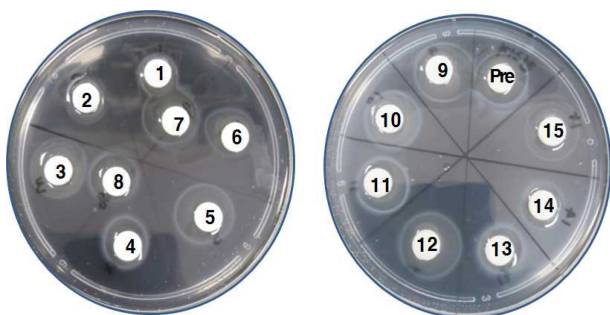


Fig. 9. Fibrinolytic activity of fermented products of *Paecilomyces tenuipes* by microorganisms for fermentation.

적 요

누에동충하초의 유효성분 증가 및 흡수력 향상을 위한 발효식품을 개발하기 위하여 유산균, 고초균, 낫토균, 효

모 등 4종의 미생물을 이용하여 각 미생물을 사용할 수 있는 다양한 조합으로 단 발효와 복합 발효를 시도한 15 가지의 모든 경우의 수를 미생물 접종 조건으로 하여 발효산물을 제조하였다. 각 조건의 발효산물의 당도, 환원당, 단백질 함량 등 기본 성분의 함량 변화와 총폴리페놀, 총플라보노이드, 항산화 활성, tyrosinase 저해활성, 혈전용해 활성 등 건강식품 개발에 요구되는 항목들의 활성을 분석하였다. 그 결과 대부분의 발효산물에서 환원당과 단백질 등 함량은 다소 낮아졌으나 효모를 이용하여 발효한 발효산물에서는 당도가 높아져 단맛이 증가하였으며, 총폴리페놀과 항산화 활성은 발효 전 누에동충하초에 비해 발효산물에서 증가를 보이지는 않았지만 총플라보노이드와 tyrosinase 저해활성 및 혈전용해 활성에서는 발효에 의해 증가효과를 나타냈다. 특히, 효모를 이용한 복합 발효균에서 대부분 활성의 증가를 나타냈으나 효모만을 이용한 단 발효에서는 그 활성의 증가를 확인할 수 없었다. 따라서 유산균과 효모를 이용한 복합 발효 조건에 대한 추가적인 연구를 통해 더욱 탁월한 건강기능효과를 가지는 누에동충하초 발효식품을 개발한다면 국민 건강 증진 및 양잠농가의 소득증대에도 기여할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ10181703)의 지원에 의해 이루어졌으므로 이에 감사드립니다.

References

Choi BW, Lee BH, Kang KJ, Lee ES, Lee NH. 1998. Screening of the tyrosinase inhibitors from marine algae and medicinal plants. *Kor J Pharmacogn.* 29: 237-242.

Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem.* 12: 239-243.

Han JS, Yi DH. 2012. Effects of Pine Needles Fermentation Extracts on Antioxidant Activity and Inhibition of Melanin Synthesis. *Kor J Aesthet Cosmetol.* 10: 619-624.

Haverkate F, Traas DW. 1974. Dose-response curves in the fibrin plate assay Fibrinolytic activity of protease. *Thromb Haemost.* 32: 356-365.

Hong SW, Lim IK, Kim YW, Shin SM, Chung KS. 2013. Denaturing gradient gel electrophoresis and culture-based analysis of the bacterial community in Cheonggukjang, a korean traditional fermented soybean food from gangwon province. *Kor J Food Sci Technol.* 45: 515-520.

Jin TY, Lee WG, Lee IS, Wang MH. 2008. Changes of physicochemical, sensory and antioxidant activity characteristics in rice wine, Yakju added with different ratios of *Codonopsis lanceolata*. *Kor J Food Sci Technol.* 40: 201-206.

Jo WS, Nam BH, Oh SJ, Choi YJ, Kang EY, Hong SK, Lee SH, Jeong MH. 2008. Hepatic protective effect and single-dose toxicity study of water extract of *cordyceps militaris* grown

- upon *protaetia dreujtarsis*. *Korean J Food Sci Technol.* 40: 106-110.
- Jo YY, Kweon HY, Lee KG, Kim HY, Kim KY. 2015. Effect of silkworm varieties on *Paecilomyces tenuipes* culture. *J Seric Entomol. Sci.* 53: 87-91.
- Jung, DH, Jang HK. 1991. Food analysis. pp. 176, Jinroyeongu-sa
- Katina K, Liukkonen KH, Kaukovirta-Norja A, Adlercreutz H, Heinonen SM, Lampi AM, Pihlava JM, Poutanen K. 2007. Fermentation-induced changes in the nutritional value of native or germinated rye. *J Cereal Sci.* 46: 348-355.
- Kim DH, Lim DW, Bai S, Chun SB. 1997. Fermentation Characteristics of whole soybean meju model system inoculated with 4 *Bacillus* strains. *Kor J Food Sci Technol.* 29:1006-1015.
- Kim GY, Kim AG, Ham SW, Chin CH. 2010. A clinical study on effects of the fermented cosmetic products on skin. *Kor J Aesthet Cosmetol.* 8: 1-15.
- Kim HJ, Lee TH, Kwon YS, Son MW, Kim CK. 2012. Immunomodulatory activities of ethanol extract of *cordyceps militaris* in immunocompromised mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 41: 494-500.
- Kim HS, Choe M. 2005. Hypoglycemic effect of *Paecilomyces japonica* in NIDDM patients. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 34: 821-824.
- Kim SH, Yang JL, Song YS. 1999. Physiological functions of chongkukjang. *Food Ind Nutr.* 4: 40-46.
- Lee AR, Kang SH, Kim HR, Lee JE, Lee EJ, Kim TW. 2017. Quality characteristics of distilled spirits by different nuruk-derived yeast. *Korean J Food Sci Technol.* 49: 383-389.
- Lee SM, Lee TS. 2000. Effect of roasted rice and defatted soybean on the quality characteristics of Takju during Fermentation. *J Nutral Science.* 12: 71-79.
- Lee MS, Li SH. 2010. Research on the perception of fermented cosmetics and the satisfaction level of 'Korean Medicine Herb' cosmetics. *Kor J Aesthet Cosmetol.* 8: 285-292.
- Oh HS, Park YH, Kim JH. 2002. Isoflavone contents, antioxidative and fibrinolytic activities of some commercial cooking-with-rice soybean. *Korean J Food Sci Technol.* 34: 498-504.
- Oh SJ, Mo JH. 2011. A Comparative Study on Bioactivity of Dried and Fermented Sa licornia Herbacea Extracts as Cosmetics Materials. *Kor J Aesthet Cosmetol.* 9: 305-312.
- Park KH, Moon EK, Shin YK, Bae MA, Kim JG, Kim YH. 2000. Antitumor activity of *Paecilomyces japonica* is mediated by apoptotic cell death. *J Microbiol Biotechnol.* 10: 16-24.
- Park SS, Sung SH, Ryu YB, Cho YU, Choi YU, Park KH, Gal SW. 2008. Growth inhibition of *Propionibacterium acnes* by mycelial culture broth of *Paecilomyces japonica* in the mulberry leaf extract. *J Mushroom Sci Product.* 6: 32-37.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med.* 26: 1231-1237.
- Song YC, Lee SP. 2013. Evaluation in physicochemical properties of soy sauce fortified with soymilk residue (Okara Koji). *Korean J Food Preserv.* 20: 818-826.
- Yang SA, Im NK, Lee IS. 2007. Effects of metanolic extract from *Salvia miltiorrhiza* Bunge on *in vitro* antithrombotic and antioxidative activities. *Korean J food Technol.* 39: 83-87.
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects of superoxide radicals. *Food Chem.* 64: 555-559.