

증숙 및 발효 더덕의 이화학적 특성 및 생리활성 변화

정래승 · 윤원병¹ · 박성진² · 박동식³ · 안주희*

강원대학교 생물소재공학과, ¹강원대학교 식품생명공학과,
²한림성심대학교 관광외식조리과, ³농촌진흥청 기능성식품과

Evaluation of Physicochemical Properties and Biological Activities of Steamed and Fermented *Deodeok* (*Codonopsis lanceolata*)

Lae-Seung Jung, Won-Byung Yoon¹, Sung-Jin Park², Dong-Sik Park³, and Juhee Ahn*

Department of Biomaterials Engineering, Kangwon National University

¹Department of Food Biotechnology, Kangwon National University

²Department of Tourism Food Service Cuisine, Hallym College

³Division of Functional Food and Nutrition, Rural Development Administration

Abstract This study was designed to evaluate the physicochemical properties and biological activities of steamed and fermented *Codonopsis lanceolata*. The treatments included NS-NF (non-steamed and non-fermented), NS-LF (non-steamed and *L. rhamnosus* fermented), S-NF (steamed and non-fermented), and S-LF (steamed and *L. rhamnosus* fermented). Total polyphenol amounts of S-NF and S-LF were significantly increased to more than 26 mg GAE/g. The highest DPPH scavenging activities were observed for S-NF and S-LF, showing EC₅₀ values of 0.8 and 0.6 mg/mL, respectively. The growths of *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium, and *Shigella boydii* were effectively inhibited by S-LF (MIC<9 mg/mL). The NS-LF and S-LF (EC₅₀<6 mg/mL) effectively inhibited α -Glucosidase and tyrosinase activities compared to NS-NF (EC₅₀<17 mg/mL). The S-LF exhibited the highest acetylcholinesterase (AChE) inhibitory activity (IC₅₀<32 mg/mL). Therefore, the results suggest that the application of the steaming process combined with probiotic fermentation can effectively enhance the biological and pharmacological activities in *C. lanceolata*.

Keywords: *deodeok*, *Codonopsis lanceolata*, steaming process, fermentation, biological activity

서 론

더덕(*Codonopsis lanceolata*)은 초롱꽃과(Campanulaceae)에 속하는 다년생 덩굴식물로 식품 및 한방재료로 널리 이용되어 왔다(1-3). 더덕의 뿌리는 항산화, 항균, 항염증, 면역활성 등의 다양한 효능을 갖고 있으며, 예로부터 인삼의 대용으로 진해, 거담, 혈적, 경기 및 두통 완화를 위한 전통요법으로 자주 쓰여왔다(1-3). 더덕 뿌리의 주요 성분으로는 polyphenol, saponin, tannin, triterpene, alkaloid, steroid계 화합물을 함유하고 있다(4-7). 더덕에 관한 기존의 연구가 주로 재배 및 육종에 관한 내용인 반면, 최근에는 더덕의 가공 및 기능성 향상을 위한 연구가 더 많은 관심을 갖고 진행되어 왔다(8-10). 따라서 더덕의 유효성분 함량을 증진하고 생리활성 작용을 향상시킬 수 있는 더덕 가공방법의 개발이 계속적으로 요구된다.

더덕에 비교하여 인삼에 대한 성분 및 효능의 향상을 위한 가

공공정의 개발에 관한 연구는 상대적으로 활발히 수행되어 왔다. 열처리 공정에 의한 인삼 성분의 안정성 및 성분변화, 생리활성 증진에 대한 연구가 보고되었고 증숙처리공정에 의한 인삼 ginsenosides(Rg₂, Rh₁, Rg₃)의 향상이 보고되었다(11,12). 또한 발효공정은 일반적으로 식품의 관능적 특성과 영양적 향상을 위해 전통 식품에 널리 사용되어 왔다(13,14). 식물의 페놀 및 플라보노이드의 함량은 발효과정을 통해 효과적으로 증가되어 항산화, 항미생물, 항암활성 등의 약리학적 특성을 향상시킨다(15-17). 그러므로, 증숙과 발효공정의 적용은 더덕의 유효성분의 변화를 유도하여 생리활성물질의 증가를 기대할 수 있다.

본 연구에서는 하위품의 더덕을 가공하여 생리활성 증진시킴에 따른 부산물의 활용가치를 높이고 기능성 소재의 개발을 위한 기초 자료를 확보하고자 하였다. 그러므로 본 연구는 증숙 및 발효공정에 따른 하위품 더덕추출물의 이화학적 특성 및 생리활성의 변화에 대해 관찰하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

생더덕(*Codonopsis lanceolata*)은 강원도 횡성지역에서 2010년 9월에 채취 시 부러지거나 상처나 상품가치가 떨어지는 하위품질을 시료로 사용하였다. 구입한 더덕은 세척한 후 60°C에서 5일간 건조하거나 증숙처리공정을 거친 시료를 60°C에서 24시간

*Corresponding author: Juhee Ahn, Department of Biomaterials Engineering Kangwon National University, Chuncheon, Gangwon 200-701, Korea

Tel: 82-33-250-6564

Fax: 82-33-253-6560

E-mail: juheahn@kangwon.ac.kr

Received October 18, 2011; revised December 13, 2011;

accepted December 16, 2011

동안 열수추출공정을 거친 후 건조 및 증숙 더덕추출물을 발효 공정에 사용하였다. Folin-Ciocalteu reagent, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH), gallic acid, rutin, 1,4-piperazine-diethanesulfonic acid(PIPES), 3,5-dinitrosalicylic acid(DNS), α -glucosidase, tyrosinase, maltose, L-3,4-dihydroxyphenylalanine(L-DOPA), acetylcholinesterase(AChE), 5,5'-Dithiobis(2-nitrobenzoic acid)(DTNB), acetylthocholine iodine(ATC)은 Sigma(St. Louis, MO, USA)로 부터 구입하여 사용하였다.

증숙처리공정 및 발효조건

증숙은 생더덕을 90°C에서 2시간 동안 열처리한 후 60°C에서 36시간 동안 건조하는 처리공정을 5회 반복 수행하였다. 처리된 건조 더덕과 증숙 더덕은 100 mesh 이하로 분쇄한 후 발효에 이용하였다. 분쇄된 더덕 시료(100 g)에 8배(w/w)의 증류수를 가하고 Dr. Azlin Mustapha(University of Missouri, MO, USA)에 의해 제공된 발효균주인 *Lactobacillus rhamnosus*를 약 10^6 CFU/g 집중한 후 37°C에서 7일간 혐기적 조건에서 정치 배양하였다. 발효 후 건조 및 증숙 시료의 pH는 약 5.5에서 3.5까지 낮아졌고 발효 균주의 수는 10^8 CFU/g 이상까지 증가하였다. 발효된 분쇄 더덕 시료는 감압여과 및 농축한 후 동결 건조하여 분말을 얻어 이화학적 특성 및 생리활성 평가를 위한 실험에 사용하였다. 비증숙과 비발효된 더덕추출물(NS-NF, non-steamed and non-fermented extract)을 대조군으로 하여 처리군인 비증숙과 발효된 더덕추출물(NS-LF, non-steamed and *L. rhamnosus* fermented extract), 증숙과 비발효된 더덕추출물(S-NF, steamed and non-fermented extract), 증숙과 발효된 더덕추출물(S-LF, steamed and *L. rhamnosus* fermented extract)와 비교 평가하였다.

총 폴리페놀성 화합물 함량 측정

더덕추출물의 총 폴리페놀성 화합물 함량은 Folin-Ciocalteu 방법에 의해 측정하였다(18). 더덕추출물(0.1 g/mL)을 10% Folin-Ciocalteu reagent (1 mL)와 혼합하고 25°C에서 5분간 방치한 후 혼합물을 10% sodium carbonate 용액(1 mL)과 25°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 표준 검량선은 gallic acid(GA)를 0-50 mg/mL의 농도로 희석하여 더덕 시료 방법과 동일하게 반응시켜 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀성 화합물 함량은 gallic acid의 당량(mg GAE/mL)로 표시하였다.

총 플라보노이드 함량 측정

더덕추출물의 총 플라보노이드 함량은 spectrometric method에 의해 측정하였다(19). 추출물(0.1 g/mL)을 90% diethylene glycon (0.8 mL)과 4 M NaOH(0.02 mL)과 반응시킨 후 40°C에서 10분간 방치하였다. 표준 검량선은 rutin을 0-25 mg/mL의 농도로 희석하여 더덕 시료 방법과 동일하게 반응시켜 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 rutin의 당량(mg RE/mL)로 표시하였다.

항산화능 평가

DPPH 자유라디칼 소거 분석법에 의해 더덕추출물의 항산화력을 평가하였다(20). 더덕추출물(0.1 g)을 95% ethanol에 녹인 0.2 mM DPPH radical(0.5 mL)과 혼합하고 25°C에서 30분간 방치한 후 흡광도를 517 nm에서 측정하였다. 항산화력은 다음 식에 의해 계산되었다(A =control의 흡광도; A_E =추출물의 흡광도).

$$\text{DPPH scavenging activity (\%)} = [1 - (A_E/A_C)] \times 100$$

항균활성 측정

더덕추출물의 항미생물 활성은 Clinical Laboratory Standards Institute(CLSI) 방법에 따라 평가하였다(21). Indicator 균주로 *Listeria monocytogenes* KACC 12671, *Staphylococcus aureus* KACC 10196, *Shigella boydii* KACC 10792, *Salmonella* Typhimurium KCCM 40253을 농업유전자원정보센터(Korean Agricultural Culture Collection[KACC], Suwon, Korea)와 한국미생물보존센터(Korean Culture Center of Microorganisms[KCCM], Seoul, Korea)에서 분양 받아 사용하였다. Indicators를 trypticase soy broth(TSB, Difco, Detroit, MI, USA)에 접종하고 37°C에서 24시간 배양하여 약 10^8 CFU/mL의 활성 배양 균주를 얻었다. 더덕추출물의 항미생물 효과는 최소저해농도(MIC, minimum inhibitory concentration)로 평가하였다. MIC₉₉는 발효 더덕추출물에 의해 indicators의 초기 세균수가 99%까지 저해되는 농도로 나타내었다.

α -Glucosidase 활성 저해 평가

더덕추출물의 잠재적 항당뇨 효과는 α -glucosidase 저해 방법으로 평가하였다(22). 더덕추출물을 4-32 mg/mL로 희석하여 각 20 μ L을 0.1 M PIPES, pH 7.0에 녹인 20 mM maltose와 50 U/mL α -glucosidase(40 μ L)를 37°C에서 20분간 반응시켰다. 혼합액에 DNS 시약(1 mL)을 첨가하고 100 °C에서 10분간 반응 후 실온에 방치하였다. 효소반응으로 생성된 환원당의 정량반응을 측정하기 위해 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. α -Glucosidase 활성 저해는 다음 식에 의해 계산하였다(A_E , 반응액의 흡광도; A_B , blank의 흡광도; A_C , control의 흡광도).

$$\alpha\text{-Glucosidase inhibition ratio (\%)} = [1 - (A_E - A_B) / (A_C - A_B)] \times 100$$

Tyrosinase 활성 저해 평가

Tyrosinase 활성 억제력은 dopachrome방법을 이용하여 측정하였다(23). 발효 더덕추출물을 2-128 mg/mL로 희석하여 각 20 μ L을 1.5 mM L-DOPA(25 μ L), 50 mM phosphate buffer(25 μ L, pH 6.8), 500 U/mL tyrosinase(30 μ L)와 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시켰다. 반응물은 490 nm에서 각각의 흡광도를 측정하였다. Tyrosinase 억제율은 다음 식에 의해 계산하였다(A_A , 추출물을 첨가하지 않은 반응물의 흡광도; A_B , 추출물과 tyrosinase 반응물의 흡광도; A_C , 추출물, tyrosinase, L-DOPA 혼합 반응물의 흡광도; A_D , tyrosinase를 첨가하지 않은 반응물의 흡광도).

$$\text{Tyrosinase inhibition ratio (\%)} = [1 - (A_C - A_D) / (A_A - A_B)] \times 100$$

AChE 활성 저해 평가

AChE 효소활성 저해는 colorimetric method에 의해 측정하였다(24). AChE와 ATC는 0.1 M phosphate buffer(pH 8.0)에 녹여 각각 0.04 U/mL과 75 mM을 제조하였다. DTNB(6 mg)을 15 mg NaHCO₃을 함유한 0.1 M phosphate buffer(pH 7.0) 10 mL에 녹여 buffered Ellman reagent를 제조하였다. 더덕추출물(25 μ L)과 AChE (25 μ L)을 혼합하고 25°C에서 10분간 동안 항온 후 Ellman reagent (125 μ L)를 첨가하여 25°C에서 5분 동안 예비 반응시켰다. 혼합액에 ATC(25 μ L)를 가하여 25°C에서 20분 동안 반응에 따라 412 nm에서 흡광도를 측정하였다. Reagent blank에 의해 비효소적 가수분해 반응을 보정하였고 AChE 효소활성 저해(%)를 계산하였다.

통계분석

실험결과와 통계처리는 3회 반복 실험한 자료를 Statistical

Table 1. Total polyphenolic compound and flavonoids in the extracts of *C. codonopsis*

Treatment ¹⁾	Total polyphenolic compound (mg GAE/g)	Total flavonoid (mg RE/g)
NS-NF	8.90±1.01 ^{b2)}	1.84±0.21 ^b
NS-LF	9.54±0.35 ^b	1.80±0.35 ^b
S-NF	26.15±1.42 ^a	8.07±1.42 ^a
S-LF	26.78±1.55 ^a	7.80±1.55 ^a

¹⁾NS-NF, non-steamed and non-fermented extract; NS-LF, non-steamed and *L. rhamnosus* fermented extract; S-NF, steamed and non-fermented extract; S-LF, steamed and *L. rhamnosus* fermented extract.
²⁾Means with different letters (a-b) within a column are significantly different at $p < 0.05$.

Analysis System(SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA)에 의해 분석하였다. 처리군의 통계적 처리는 분산분석(ANOVA)을 수행하여 Duncan's multiple range test로 유의성을 검증하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

총 폴리페놀성 화합물 및 플라보노이드 함량

증숙과 발효가 더덕추출물의 총 폴리페놀성 화합물 및 플라보노이드 함량 변화에 미치는 영향을 관찰하였다(Table 1). 비증숙과 비발효된 더덕추출물(NS-NF)과 비증숙과 발효된 더덕추출물(NS-LF)의 총 폴리페놀성 화합물 함량은 10 mg/g 이하인 반면 증숙과 비발효된 더덕추출물(S-NF)과 증숙과 발효된 더덕추출물(S-LF)에서 26 mg/g 이상의 높은 총 폴리페놀성 화합물 함량을 보였다. 이러한 결과로부터 총 폴리페놀성 화합물 함량은 증숙에 의해 영향을 받음을 제시한다. Hong 등(12)은 증숙 횟수의 증가에 따른 인삼에서 총 폴리페놀성 화합물과 saponin 함량의 현저한 증가를 보고하고 있다. 총 폴리페놀성 화합물의 함량 변화와 유사하게 S-NF와 S-LF에서 높은 플라보노이드 함량(>7 mg/g)을 보였다. 이는 증숙과정을 통해 용해도가 낮은 플라보노이드계 화합물이 쉽게 용해되었을 것으로 사료된다(25). 플라보노이드계 화합물은 isoflavones, flavanones, flavonols, catechins, galliccatechins, chalcones, anthocyanidins을 포함한다. 일반적으로 약용식물에서는 플라보노이드 보다 폴리페놀성 화합물을 많이 함유하고 있다(26,27). 본 결과는 증숙처리공정에 의한 총 폴리페놀성 화합물 및 플라보노이드 함량이 유의적으로 증가됨을 확인할 수 있었다.

항산화 및 항균 활성

증숙 및 발효된 더덕추출물의 항산화 효과는 DPPH 소거능에

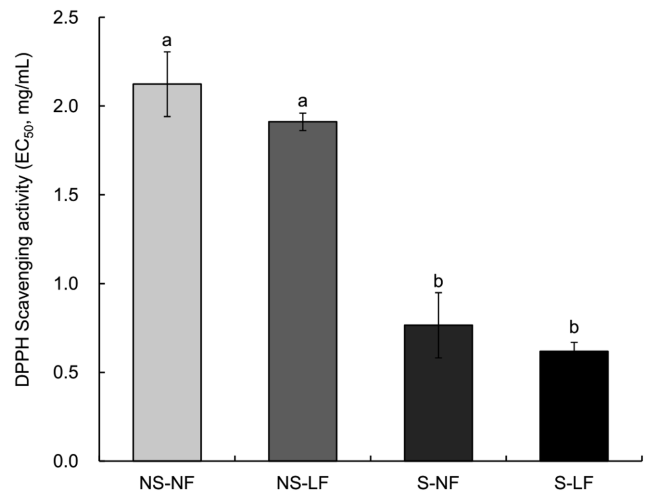


Fig. 1. DPPH scavenging activity (EC₅₀) of the extracts of *C. codonopsis*: NS-NF, non-steamed and non-fermented extract; NS-LF, non-steamed and *L. rhamnosus* fermented extract; S-NF, steamed and non-fermented extract; S-LF, steamed and *L. rhamnosus* fermented extract. The EC₅₀ denotes the effective concentration at which the DPPH radicals are scavenged by 50%. The different letters (a-b) on the bars are significantly different at $p < 0.05$.

따라 평가하였다(Fig. 1). 증숙처리된 더덕추출물의 항산화 활성이 크게 증가하여 S-NF와 S-LF의 EC₅₀ 값은 각각 0.77과 0.62 mg/mL로 낮은 농도를 보였다. 그러나 발효에 의한 더덕추출물의 항산화력은 뚜렷하게 증가하지 않았다. 이는 증숙에 의해 증가된 폴리페놀성 화합물과 플라보노이드가 항산화력을 증가시켰을 것으로 사료된다. 증숙처리과정 중에 생성된 갈변물질이 자유라디칼을 소거시켜 항산화 효능을 향상시켰다고 보고된 바 있다(28). 더덕추출물이 대표적인 식중독균에 대한 항미생물 활성을 평가한 결과는 Table 2와 같다. NS-NF는 *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Sal. Typhimurium*, *Shi. boydii*에 대한 낮은 항미생물 효과를 보인 반면 발효 처리된 더덕추출물(NS-LF와 S-LF)은 높은 항미생물 효과를 보였다. S-LF의 MIC 값은 *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Sal. Typhimurium*, *Shi. boydii*에 대해 10 mg/mL 이하이다. 발효 더덕추출물은 그람양성 및 그람음성 세균의 생육을 효율적으로 저해하였다. 이러한 광범위 항미생물 효과는 유산균 발효과정 동안 생성된 대사활성물질로 기인된다(29).

α-Glucosidase 및 tyrosinase 효소활성 저해

증숙 및 발효 더덕추출물의 α-glucosidase 효소활성 저해에 대

Table 2. Antimicrobial activities of the extracts of the extracts of *C. lanceolata* against *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium*, and *Shi. boydii*

Treatment ²⁾	MIC (mg/mL) ¹⁾			
	<i>S. aureus</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>Sal. Typhimurium</i>	<i>Shi. boydii</i>
NS-NF	88.35±3.67 ^{a,x3)}	62.96±10.91 ^{a,y}	75.70±7.36 ^{a,x,y}	82.10±5.16 ^{a,x,y}
NS-LF	16.67±0.91 ^{c,x}	7.28±0.77 ^{b,y}	9.21±0.98 ^{b,c,y}	8.22±0.49 ^{c,y}
S-NF	34.62±1.75 ^{b,x}	15.31±4.67 ^{b,y}	18.31±1.87 ^{b,y}	21.72±4.02 ^{b,y}
S-LF	8.85±0.39 ^{d,x}	6.64±1.03 ^{b,x}	7.13±1.10 ^{c,x}	7.76±0.70 ^{c,x}

¹⁾Minimum inhibitory concentration (MIC) is the lowest concentration at which the initial numbers of selected pathogens are reduced by 99.99%.
²⁾NS-NF, non-steamed and non-fermented extract; NS-LF, non-steamed and *L. rhamnosus* fermented extract; S-NF, steamed and non-fermented extract; S-LF, steamed and *L. rhamnosus* fermented extract.
³⁾Means with different superscript letters (a-d) within a column are significantly different at $p < 0.05$ and means with different superscript letters (x-y) within a row are significantly different at $p < 0.05$.

Table 3. α -Glucosidase and tyrosinase activities (EC_{50}^1 , mg/mL) of the extracts of *C. codonopsis*

Treatment ²⁾	α -Glucosidase activity	Tyrosinase activity
NS-NF	9.94±0.91 ^{a3)}	16.33±0.26 ^a
NS-LF	4.50±0.34 ^b	5.79±0.66 ^c
S-NF	4.71±0.28 ^b	7.99±0.68 ^b
S-LF	3.09±0.38 ^b	4.78±0.65 ^c

¹⁾ EC_{50} indicates the effective concentration required to reduce the enzyme activity by 50%.

²⁾NS-NF, non-steamed and non-fermented extract; NS-LF, non-steamed and *L. rhamnosus* fermented extract; S-NF, steamed and non-fermented extract; S-LF, steamed and *L. rhamnosus* fermented extract.

³⁾Means with different superscript letters (a-c) within a column are significantly different at $p < 0.05$.

한 결과는 Table 3과 같다. α -Glucosidase 활성은 NS-LF, S-NF, S-LF에 의해 효율적으로 저해되었다. NS-LF, S-NF, S-LF의 EC_{50} 값은 각각 4.5, 4.7, 3.1 mg/mL로 NS-NF(EC_{50} =9.9 mg/mL)에 비교하여 유의적으로 낮은 값을 보였다($p < 0.05$). 증숙이나 발효 혹은 병행처리 더덕추출물이 우수한 α -glucosidase 활성 저해 효과를 보였다. 탄수화물 섭취 후 혈당 상승을 억제할 수 있는 α -glucosidase의 활성 저해는 당뇨병에 효과적인 것으로 사료된다. 이러한 결과는 증숙 및 발효된 더덕추출물이 인체 내에서 포도당 흡수를 지연할 수 있는 혈당강하 소재의 개발에 이용 가능성을 제시한다. 일반적으로 폴리페놀과 사포닌계 화합물이 α -glucosidase 효소 활성 저해에 관여하는데 이는 증숙이나 발효를 통해 활성 저해 물질이 생성됨을 제시한다(30). Vanillic acid, *p*-hydroxybenzaldehyde과 같은 phenolic acid계 및 플라보노이드계 화합물이 항산화 효과뿐만 아니라 높은 α -glucosidase 활성 저해가 보고되고 있다(31,32).

Table 3은 증숙 및 발효 더덕추출물의 tyrosinase 효소활성 저해에 대한 결과이다. Polyphenol oxidase로 알려진 tyrosinase는 효소적 갈변과 melanin 생합성을 통해 피부 손상의 주원인이 된다(27,33). NS-LF와 S-LF의 EC_{50} 값은 각각 5.8과 4.8 mg/mL로 가장 효율적으로 tyrosinase 활성을 저해하였다(Table 3). NS-NF(EC_{50} =16.3 mg/mL)에 비교하여, S-NF(EC_{50} =8.0 mg/mL)도 유의적으로 tyrosinase 효소활성을 효과적으로 저해하였다. 이러한 결과는 tyrosinase 활성 저해에 유효한 물질로 알려진 페놀 성분이 증숙 및 발효공정을 통해 증가함에 따른 것으로 보여진다(33,34). 따라서 증숙 및 발효된 더덕추출물은 식품, 의약품 및 화장품 제조에 tyrosinase 억제소재로 이용 가치가 있을 것으로 사료된다.

AChE 저해 활성

더덕추출물의 AChE 저해활성 결과는 Fig. 2와 같다. NS-LF와 S-LF에서 IC_{50} 값이 각각 37과 31 mg/mL로 가장 높은 AChE의 저해활성을 보인 반면 NS-NF에서 IC_{50} 값이 91 mg/mL로 가장 낮은 AChE의 저해활성을 보였다. 이 결과는 증숙에 의해 AChE의 저해활성이 증가되지만 발효에 의한 영향이 보다 유의적임을 보인다. 이러한 결과는 증숙 및 발효는 더덕으로부터 인지기능개선을 위한 우수한 가공공정으로의 적용 가능성을 제시한다. 최근 노인 인구의 증가에 따른 치매와 같은 만성퇴행성 뇌 정신질환이 사회 문제로 대두되고 있다(35,36). 이러한 질병의 예방 및 치료를 위한 choline계 신경세포의 손상을 억제하기 위한 AChE inhibitor의 개발연구가 활발히 진행되고 있다(35). 그러므로, 증숙 및 발효 더덕추출물의 인지기능 증진에 관여하는 활성 물질 탐색에 대한 지속적인 연구가 요구된다.

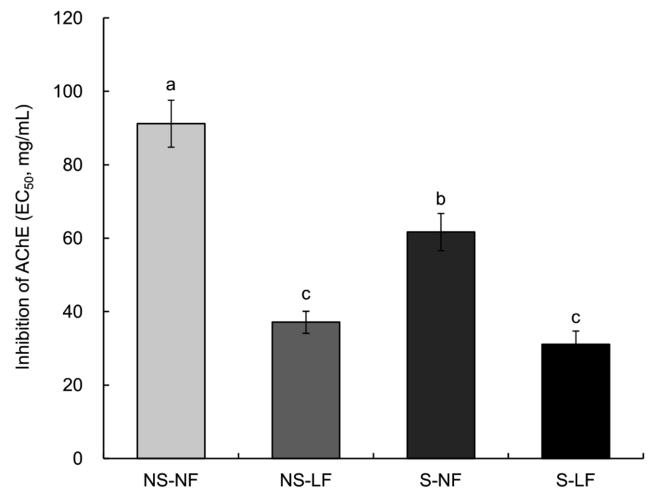


Fig. 2. Inhibition of acetylcholinesterase (AChE) activity by the extracts of *C. codonopsis*: NS-NF, non-steamed and non-fermented extract; NS-LF, non-steamed and *L. rhamnosus* fermented extract; S-NF, steamed and non-fermented extract; S-LF, steamed and *L. rhamnosus* fermented extract. The EC_{50} denotes the inhibitory concentration at which the enzyme activity is reduced by 50%. The different letters (a-c) on the bars are significantly different at $p < 0.05$.

요 약

본 연구에서는 증숙 및 발효에 의한 더덕(*Codonopsis lanceolata*)의 이화학적 특성과 생리활성의 변화에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 건조된 더덕 시료를 증숙처리한 후 *Lactobacillus rhamnosus*를 접종하여 37°C에서 7일간 혐기적 조건에서 발효시켰다. 비증숙과 비발효 더덕추출물(NS-NF)을 대조군으로 하여 처리군에는 비증숙과 발효 더덕추출물(NS-LF), 증숙과 비발효 더덕추출물(S-NF), 증숙과 발효 더덕추출물(S-LF)을 포함한다. 총 폴리페놀성 화합물 함량은 NS-NF(8.9 mg GAE/g)와 비교하여 S-NF와 S-LF에서 유의적으로 증가되었다(26 mg GAE/g). 총 플라보노이드 함량은 S-NF(8.1 mg RE/mL)와 S-LF(7.8 mg RE/mL)에서 가장 높았다. S-NF와 S-LF의 EC_{50} 값이 각각 0.8과 0.6 mg/mL로 높은 항산화능을 보였다. *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium, *Shigella boydii*의 생육은 S-LF에 의해 효과적으로 저해되었다(MIC < 9 mg/mL). NS-NF(EC_{50} < 17 mg/mL)에 비교하여 NS-LF와 S-LF(EC_{50} < 6 mg/mL)가 가장 높은 α -glucosidase와 tyrosinase 저해효과를 나타냈다. Acetylcholinesterase(AChE)는 S-LF(IC_{50} < 32 mg/mL)에 의해 효과적으로 저해되었다. 따라서 본 연구의 결과는 증숙에 의해 더덕의 총 페놀 함량, 플라보노이드 함량, 항산화능이 향상되었으며 발효에 의해 특이적으로 항미생물 효과, 효소활성저해 및 인지기능 개선 등과 같은 생리활성을 효과적으로 증진시켰다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청에서 시행한 2011년 15대 어젠다 농업연구개발사업(과제번호: 20110301-061-553-001-06-00)의 지원에 의한 연구결과 일부로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Yongxu S, Jicheng L. Structural characterization of a water-solu-

- ble polysaccharide from the Roots of *Codonopsis pilosula* and its immunity activity. *Int. J. Biol. Macromol.* 43: 279-282 (2008)
2. Byeon S, Choi W, Hong E, Lee J, Rhee M, Park HJ, Cho J. Inhibitory effect of saponin fraction from *Codonopsis lanceolata* on immune cell-mediated inflammatory responses. *Arch. Pharm. Res.* 32: 813-822 (2009)
 3. Maeng YS, Park HK. Antioxidant activity of ethanol extract from *deodeok* (*Codonopsis lanceolata*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 23: 311-316 (1991)
 4. Ichikawa M, Ohta S, Komoto N, Ushijima M, Kodera Y, Hayama M, Shirota O, Sekita S, Kuroyanagi M. Simultaneous determination of seven saponins in the roots of *Codonopsis lanceolata* by liquid chromatography-mass spectrometry. *J. Nat. Med.* 63: 52-57 (2009)
 5. Ushijima M, Komoto N, Sugizono Y, Mizuno I, Sumihiro M, Ichikawa M, Hayama M, Kawahara N, Nakane T, Shirota O, Sekita S, Kuroyanagi M. Triterpene glycosides from the roots of *Codonopsis lanceolata*. *Chem. Pharm. Bull.* 56: 308-314 (2008)
 6. Xu LP, Wang H, Yuan Z. Triterpenoid saponins with anti-inflammatory activity from *Codonopsis lanceolata*. *Planta Med.* 74: 1412-1415 (2008)
 7. Lee KT, Choi J, Jung WT, Nam JH, Jung HJ, Park HJ. Structure of a new echinocystic acid bisdesmoside isolated from *Codonopsis lanceolata* roots and the cytotoxic activity of prosapogenins. *J. Agr. Food Chem.* 50: 4190-4193 (2002)
 8. Park SJ, Park DS, Lee SB, He X, Ahn J, Yoon WB, Lee HY. Enhancement of antioxidant activities of *Codonopsis lanceolata* and fermented *Codonopsis lanceolata* by ultra high pressure extraction. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1899-1902 (2010)
 9. Kim SS, Jeong MH, Seo YC, Kim JS, Kim NS, Yoon WB, Ahn J, Hwang B, Park DS, Park SJ, Lee HY. Comparison of antioxidant activities by high pressure extraction of *Codonopsis lanceolata* from different production areas. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 18: 248-254 (2010)
 10. He X, Kim SS, Park SJ, Seong DH, Yoon WB, Lee HY, Park DS, Ahn J. Combined effects of probiotic fermentation and high-pressure extraction on the antioxidant, antimicrobial, and antimutagenic activities of *deodeok* (*Codonopsis lanceolata*). *J. Agr. Food Chem.* 58: 1719-1725 (2009)
 11. Kwak YS, Choi KH, Kyung JS, Won JY, Rhee MH, Lee JG, Hwang MS, Kim SC, Park CK, Song KB, Han GH. Effects of high temperature heating on the some physicochemical properties of Korean red ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) water extract. *J. Ginseng Res.* 32: 120-126 (2008)
 12. Hong HD, Kim YC, Rho J, Kim KT, Lee YC. Changes on physicochemical properties of *Panax ginseng* C.A. Meyer during repeated steaming process. *J. Ginseng Res.* 31: 222-229 (2007)
 13. Hubert J, Berger M, Nepveu F, Paul F, Dayd J. Effects of fermentation on the phytochemical composition and antioxidant properties of soy germ. *Food Chem.* 109: 709-721 (2008)
 14. Oboh G, Alabi KB, Akindahunsi AA. Fermentation changes the nutritive values, polyphenol distribution, and antioxidant properties of *Parkia giglobosa* seeds (African locust beans). *Food Biotechnol.* 22: 363-376 (2008)
 15. Katina K, Liukkonen KH, Kaukovirta-Norja A, Adlercreutz H, Heinonen SM, Lampi AM, Pihlava JM, Poutanen K. Fermentation-induced changes in the nutritional value of native or germinated rye. *J. Cereal Sci.* 46: 348-355 (2007)
 16. Juan MY, Chou CC. Enhancement of antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content of black soybeans by solid state fermentation with *Bacillus subtilis* BCRC 14715. *Food Microbiol.* 27: 586-591 (2010)
 17. Lee HY, He X, Ahn J. Enhancement of antimicrobial and antimutagenic activities of Korean barberry (*Berberis koreana* Palib.) by the combined process of high-pressure extraction with probiotic fermentation. *J. Sci. Food Agr.* 90: 2399-2404 (2010)
 18. Singleton VL, Rossi JA Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Viticult.* 16: 144-158 (1965)
 19. Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J. Ethnopharmacol.* 71: 109-114 (2000)
 20. Shimada K, Fujikawa K, Yahara K, Nakamura T. Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *J. Agr. Food Chem.* 40: 945-948 (1992)
 21. CLSI. Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically. 9th ed. Approved standard M07-A8. Clinical and Laboratory Standards Institute. Wayne, PA, USA (2009)
 22. Choe M, Kim DJ, Lee HJ, You JK, Seo DJ, Lee JH. A study on the glucose regulating enzymes and antioxidant activities of water extract from medicinal herbs. *K. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 542-547 (2008)
 23. Jeong SW, Lee NK, Kim SJ, Han DS. Screening of tyrosinase inhibitor from plants. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 891-896 (1995)
 24. Ellman GL, Courtney KD, Andres V, Fearherstone RM. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem. Pharmacol.* 7: 88-95 (1961)
 25. Lee GD, Yoon SR, Kim J-O, Hur SS, Seo KI. Monitoring on the tea with steaming and drying process of germinated buckwheat. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 212-217 (2004)
 26. Ahn HY, Heo SJ, Kang MJ, Lee JH, Cha JY, Cho YS. Antioxidative activity and chemical characteristics of leaf and fruit extracts from *Thuja orientalis*. *J. Life Sci.* 21: 746-752 (2011)
 27. Lee NY, Kim YK, Choi I, Cho SK, Hyun JN, Choi JS, Park KH, Kim KJ, Lee MJ. Biological activity of barley (*Hordeum vulgare* L.) and barley by-product extracts. *Food Sci. Biotechnol.* 19: 785-791 (2010)
 28. Lee JW, Do JH. Current studies on browning reaction products and acidic polysaccharide in Korean red ginseng. *J. Ginseng Res.* 30: 41-48 (2006)
 29. Sreeramulu G, Zhu Y, Knol W. Kombucha fermentation and its antimicrobial activity. *J. Agr. Food Chem.* 48: 2589-2594 (2000)
 30. McDougall GJ, Shpiro F, Dobson P, Smith P, Blake A, Stewart D. Different polyphenolic components of soft fruits inhibit α -amylase and α -glucosidase. *J. Agr. Food Chem.* 53: 2760-2766 (2005)
 31. Xu ML, Wang L, Hu JH, Wang MH. Antioxidant and α -glucosidase inhibitory activities of the extract from *Sparganium stoloniferum* Buch.-Ham. root and its constituent compounds. *J. Food Sci. Nutr.* 14: 354-357 (2009)
 32. Kim JS, WKwon CS, Som KH, Kim JI. α -Glucosidase inhibitory activities of some wild vegetable extracts. *J. Food Sci. Nutr.* 3: 174-176 (2000)
 33. Kubo I, Kinst-Hori I. Flavonols from saffron flower: Tyrosinase inhibitory activity and inhibition mechanism. *J. Agr. Food Chem.* 47: 4121-4125 (1999)
 34. Kim YC, Takaya Y, Chung SK. Tyrosinase inhibition and mutagenicity of phenolic compounds from mulberry leaves. *J. Food Sci. Nutr.* 12: 119-121 (2007)
 35. Kang JS, Kang SK, Kim HS. Preparation and characteristics of bread by medicinal herb composites with cognitive function. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 1131-1138 (2009)
 36. Yuk DY, Kim TI, Park SG, Park HK, Yoon YK, Hong JT. Improvement of memory impairment by L-theanine through inhibition of acetylcholinesterase activity in mice. *Yakhak Heoji* 51: 409-414 (2007)