관중속 3종의 메탄올 추출물 및 참지네고사리 분획물의 α -glucosidase 억제 활성

지래원 · 이철희*

충북대학교 원예과학과

Alpha-glucosidase Inhibition Activity of Methanol Extracts Obtained from Three *Dryopteris* Species and Fractions Obtained from *D. nipponensis*

Lai Won Chi and Cheol Hee Lee*

Department of Horticultural Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

Abstract

This study was performed to analyze the α -glucosidase inhibitory activity in fronds of 3 *Dryopteris* species, *D. crassirhizoma*, *D. nipponensis* and *D. fragrans* var. *remotiuscula*, and in rhizomes of *D. crassirhizoma* and *D. nipponensis*, and then to explore the natural materials for developing natural α -glucosidase inhibitors. An analysis was performed using the crude extract of fronds and rhizomes obtained through 30 minutes ultra sonification extraction in 42 kHz ultrasonic water tank with 100% methanol, as a solvent, after the freeze drying and grinding. As a result of the analysis of α -glucosidase inhibitory activity, in respect of IC_{50} values of fronds and rhizomes, *D. nipponensis* was the highest as 4.13 and 2.19 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ respectively among 3 *Dryopteris* species and their inhibitory activities were 342 and 646 times higher than acarbose ($IC_{50}=1413.70 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) used as control group, respectively. In respect of the biomass required to inhibit 50% of α -glucosidase activity, the fronds and rhizomes of *D. nipponensis* required the least as 0.04 and 0.05mg, respectively. From the crude extract, *D. nipponensis* with high α -glucosidase activity and less required biomass was selected. And then the crude extract was subdivided by the solution in the order of n-hexane, chloroform, ethyl acetate, n-butanol and water in order to analyze α -glucosidase inhibitory activity as well as the biomass required for each fraction comparatively. The fronds of *D. nipponensis* was high in n-butanol fraction (1.09 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$), and the rhizome was high in water fraction (9.36 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$), indicating the inhibitory activity 1297 and 151 times higher than acarbose, respectively. The required biomass of the fronds and rhizomes of *D. nipponensis* were highest in n-butanol and water fraction. As a result of this study, the crude extract of *D. nipponensis* showed high α -glucosidase inhibitory activity requiring a small amount of biomass. Thus, its value for the development to antidiabetic agent is considered very high.

Key words : *Dryopteris nipponensis*, Fresh material, n-Butanol, n-Hexane, Whole extract

I. 서론

최근에 서구화된 식습관, 운동 부족 등 생활양식의 변화와 고령화로 인하여 당뇨병, 동맥경화, 심장병, 암 등의 만성 퇴행성 질환 발생률이 증가하고 있다(Kim et al., 2013). 이러한 만성 퇴행성 질환 중 대표적인 당뇨병은 인슐린, 글루카곤 등 호르몬의 불균형으

로 인한 당질, 단백질 및 전해질 대사 등 생리적 대사 조절기능에 이상이 발생하여 고혈당이 나타나게 된다. 고혈당 증상이 지속되면 신체의 망막, 신장, 신경, 심혈관계 등의 기관에서 심각한 합병증이 유발된다(Abrams et al., 1982; Bantle et al., 2000; Choi et al., 1990; Stratton et al., 2000; Tovar et al., 2007).

당뇨병의 발생과 합병증을 치료하기 위하여 사용되는 α -glucosidase 저해제는 소장점막에서 이당류와 과당류의 분해효소를 가역적으로 저해하여 탄수화물의 흡수를 지연하고, 식후 혈당 상승을 감소시켜, 제 2형 당뇨병에 효과가 있다(Bell, 2004; Lebovitz, 1997). 제 2형 당뇨병에 효과가 있는 α -glucosidase 저해제는

Received on July 7, 2014. Revised on February 7, 2015.

Accepted on April 6, 2015.

*Corresponding author: leech@chungbuk.ac.kr

이 논문은 2011년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 수행된 연구결과로 이에 감사드립니다.

Table 1. Origins and parts of three *Dryopteris* species used for this study.

Scientific name	Korean name	Origin	Part	Harvest date
<i>D. crassirhizoma</i>	관중	Jeju, Korea	Frond	Oct. 14, 2007
			Rhizome	Jan. 19, 2008
<i>D. nipponensis</i>	참지네고사리	Jeju, Korea	Frond	Jan. 05, 2008
			Rhizome	Jan. 05, 2008
<i>D. fragrans</i> var. <i>remotiuscula</i>	주저리고사리	Sangju, Korea	Frond	Oct. 14, 2007

acarbose, voglibose, miglitol 등이 있다(Gholamhoseinian et al., 2009; Kang et al., 2009; Rosak and Mertes, 2009). 그러나 현재 사용 중인 α -glucosidase 저해제는 설사와 복통 등의 부작용을 유발하므로, 부작용이 없는 천연물 및 식물을 이용한 α -glucosidase 억제제의 개발을 위한 연구가 진행 중에 있다(Lim et al., 2005).

본 연구는 Shin(2010)의 선행연구에서 총 폴리페놀 함량 및 ABTS radical 소거활성이 높은 것으로 나타난 관중속(*Dryopteris*)의 관중(*D. crassirhizoma*), 참지네고사리(*D. nipponensis*)와 주저리고사리(*D. fragrans* var. *remotiuscula*) 등 3종의 성엽 및 근경의 α -glucosidase 억제활성을 구명하여 천연 기능성 소재로서의 활용가치를 평가하기 위하여 수행하였다. 그리고 α -glucosidase 억제활성을 보이는 추출물을 제조하는 데 필요한 생체량을 구하여, 소량으로 우수한 생리활성을 보이는 경제적인 기능성 식물소재를 선별하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 식물 재료 추출 및 분획

본 연구에서는 관중(*Dryopteris crassirhizoma*), 참지네고사리(*D. nipponensis*)와 주저리고사리(*D. fragrans* var. *remotiuscula*) 등 관중속 양치식물 3종을 연구재료로 사용하였다(Table 1). 각 자생지에서 수집한 양치식물은 70% 차광 처리된 무가온 온실에서 가습기(JA-1200, 중앙기술산업, 한국)를 가동하여 공중습도를 85% 수준으로 유지된 상태에서 1년간 재배한 것을 사용하였다. 성엽은 엽색이 3개의 식물체로부터 가장 진한 시기에 성숙한 잎을 골라 채집하였으며, 포자가 없는 영양엽을 재료로 사용하였다. 근경은 신선한 것을 사용하기 위하여 채집 후 절단하여 내부가 녹색인 것만 선별하여 실험재료로 사용하였다. 단, 주저리고사리의 근경은 수확량이 적어 실험재료로 사용하지 않았다.

관중속 3종은 수확한 다음 세척 후 절단하여 동결건조기(FD8512, IIShin Lab. Co. Ltd., Korea)를 이용하여 24~48 시간 동안 동결건조하였다. 건조한 시료는 분쇄기(FM-681C, Hanil Electric,

Korea)로 분쇄하였다. 분쇄 시료는 메탄올과 함께 병에 담아 Shin(2010)의 방법을 이용하여 초음파 수조(5510-DTH, Branson, USA)에서 30분 동안 초음파 추출을 실시하였다. 추출액은 여과지(Advantec No. 2, Toyo Roshi Kaisha Ltd., Japan)를 사용하여 vacuum pump(GAST, USA)로 감압여과하였다. 여과된 추출물은 질소 충전하여 $-70\pm 2^\circ\text{C}$ 의 deep freezer(SW-UF-200, Samwon Engineering Co., Korea)에 저장하면서 실험에 사용하였다.

용매분획은 100% 메탄올을 용매로 한 초음파 추출물의 α -glucosidase 억제활성이 높고, 필요 생체량이 가장 적었던 참지네고사리 성엽 및 근경의 추출물을 감압농축하여 추출물을 얻었다. 가용성 고형분과 초순수를 혼합하여 분획용매를 혼합하여 분획하였다. 용매 분획은 n-hexane, chloroform, ethyl acetate, n-butanol 및 water 순차적으로 하였으며, 각 분획층은 rotary vacuum evaporator로 감압농축하였다.

2. α -Glucosidase 억제활성 측정

α -D-glucoside glucohydrolase(α -glucosidase)는 0.7unit의 농도로 0.1M sodium buffer(pH 7.0)에 용해하여 사용하였으며, 4단계로 희석한 농도별 추출물 50 μL 에 α -glucosidase 효소액 100 μL 를 넣고 혼합하여 37 $^\circ\text{C}$ 에서 10분간 반응시킨 후, 1.5mM p-nitrophenyl- α -D-glucopyranoside(p-NPG)를 50 μL 첨가하고 37 $^\circ\text{C}$ 에서 20분간 반응시켰다. 1M Na_2CO_3 1mL를 첨가하여 반응을 정지시킨 뒤, 405nm에서 흡광도를 측정하였다(Kim et al., 2004). α -glucosidase에 대한 억제활성(IC₅₀)은 대조구의 흡광도를 50% 감소시키는 데 필요한 농도로 나타냈으며, [α -glucosidase inhibition(%) = [1-(대조구 흡광도-시료 흡광도)/(대조구 흡광도-시료 무첨가구 흡광도)] $\times$ 100]의 식을 이용하여 환산하였다. 각 추출물의 α -glucosidase 억제활성을 비교하기 위한 대조군으로 α -glucosidase 억제제인 4",6"-dideoxy-4"-([1S]-[1,4,6/5]-4,5,6-trihydroxy-3-hydroxymethyl-2-cyclohexenylamino)-maltotriose(acarbose)를 사용하였다. 모든 실험은 각 처리구 시료에 대하여 9반복 실험하였다. 통계처리는 평균 $\pm$ 표준오차(mean $\pm$ SE)로 표기하였다.

Table 2. Moisture contents of fresh materials and soluble solid contents of extracts obtained from three *Dryopteris* species.

Scientific name	Part	Moisture content (%)	Soluble solid content (g·g ⁻¹ db) ^z
<i>D. crassirhizoma</i>	Frond	74.84	0.21
	Rhizome	71.77	0.23
<i>D. nipponensis</i>	Frond	65.02	0.28
	Rhizome	74.35	0.17
<i>D. fragrans</i> var. <i>remotiuscula</i>	Frond	76.09	0.20

^zGrams of solubles contents per gram of dried samples.^yValues are mean±SE.

3. 필요 생체량 분석

α -glucosidase를 50% 억제할 수 있는 가용성 고형분을 제조하기 위해 필요한 식물의 생체량을 얻기 위하여 식물재료의 수분함량, 추출수율 및 추출물의 IC₅₀ 값을 종합적으로 고려하여, [필요 생체량(mg) = {추출물의 IC₅₀값/가용성 고형분(g·g DW)} / {(100-수분함량)/100}]의 식을 이용하여 환산하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 수분함량 및 가용성 고형분

관중속 3종의 성엽 및 근경의 수분함량 및 가용성 고형분 함량은 Table 2와 같다. 수분함량은 65.02~76.09%이었으며, 주저리고사리 성엽의 수분함량(76.09%)이 가장 많았다. 가용성 고형분 함량은 0.17~0.28g·g⁻¹ 범위였으며, 참지네고사리 성엽의 가용성 고형분 함량(0.17g·g⁻¹)이 가장 많았다.

2. 관중속 3종의 부위에 따른 α -glucosidase 억제활성 결과 및 필요 생체량 분석

관중, 참지네고사리 및 주저리고사리의 성엽 및 근경 메탄올 추출물의 α -glucosidase 억제활성을 분석한 결과, 참지네고사리가 성엽 및 근경의 메탄올 추출물에서 각각 4.13, 2.19 μ g·mL⁻¹로 본 연구에 사용된 관중속 양치식물 3종 중에서 가장 높은 α -glucosidase 억제활성을 보였으며, 대조구인 acarbose(IC₅₀=1413.70 μ g·mL⁻¹)에 비해 각 342.30, 645.53배 높았다(Table 3). 또한 관중과 주저리고사리 성엽 및 근경의 메탄올 추출물도 acarbose에 비해 54.97~108.00배의 높은 α -glucosidase 억제활성을 보였다. α -Glucosidase 활성을 50% 억제시키기 위한 가용성 고형분(IC₅₀)을 생산하는 데 필요한 생체량도 참지네고사리의 성엽(0.04mg)과 근경(0.05mg)

Table 3. IC₅₀ value of α -glucosidase inhibitory activity in three *Dryopteris* species.

Scientific name	Part	IC ₅₀ value (μ g·mL ⁻¹) ^z	Amount of fresh material required (mg)
Acarbose		1413.70±179.15 ^y	
<i>D. crassirhizoma</i>	Frond	25.72±1.20	0.48±0.02
	Rhizome	13.09±1.16	0.20±0.02
<i>D. nipponensis</i>	Frond	4.13±1.05	0.04±0.01
	Rhizome	2.19±0.36	0.05±0.01
<i>D. fragrans</i> var. <i>remotiuscula</i>	Frond	13.18±0.40	0.27±0.01

^zThe half maximal (50%) inhibition concentration.^yValues are mean±SE (n=3).

에서 가장 적었다(Table 3).

α -glucosidase 억제활성이 가장 높았던 참지네고사리는 구진, 농포, 낭종 등 피부질환의 주원인으로 알려진 *Propionibacterium acnes*에 대하여 항균활성이 높은 것으로 밝혀졌다(Layton, 2006; Leeming et al., 1997). 또한 항산화 물질로 알려진 총 폴리페놀 함량이 높고, DPPH 및 ABTS radical 소거활성이 합성 항산화제로 알려진 BHT에 비해 효과가 좋은 것으로 나타나(Shin, 2010), α -glucosidase 억제활성과 radical 소거활성이 상관관계가 있음을 알 수 있었다(Kim et al., 2013b). Xu et al.(2010)의 토후박[후박나무(*Machilus thunbergii*)의 껍질], Lee et al.(2010)의 마전자[(*Strychnos nux-vomica*)의 종자] 추출물에서도 α -glucosidase 억제활성과 DPPH radical 소거활성의 연관성을 확인할 수 있었다. 연구의 결과, 관중속 식물 3종은 적은 양으로도 α -glucosidase 억제 활성 효과가 있으며, 그중에서도 참지네고사리는 항산화 활성도 우수하여 경제적인 향당료 소재로 개발할 수 있을 것으로 생각된다.

3. 참지네고사리의 부위별 분획물의 가용성 고형분

참지네고사리 성엽 및 근경 분획물의 가용성 고형분 함량을 분석한 결과, 가용성 고형분은 대체로 성엽이 근경에 비해 많았으며, 부위와 용매의 종류에 따라 뚜렷한 차이를 나타냈다(Table 4). 가용성 고형분은 부위에 따라 달랐는데, 성엽은 water 분획물(70.87 mg·g⁻¹), 근경은 n-hexane 분획물(42.71mg·g⁻¹)에서 가장 많았다.

4. 참지네고사리의 부위별 분획물의 α -glucosidase 억제 활성 결과 및 필요 생체량 분석

참지네고사리 성엽의 분획물별 α -glucosidase 억제활성은

Table 4. Soluble solid contents and IC_{50} value of α -glucosidase inhibitory activity of solvent fractions obtained from frond and rhizome of *Dryopteris nipponensis*.

Part	Samples	Soluble solid contents ($mg \cdot g^{-1}$) ^z	IC_{50} value ($\mu g \cdot mL^{-1}$) ^y	Amount of fresh material required (mg)
Acarbose			1413.70 $\pm$ 179.15 ^x	
Frond	n-Hexane	27.66	66.27 $\pm$ 1.30	8.51 $\pm$ 0.17
	Chloroform	2.89	34.82 $\pm$ 2.77	42.74 $\pm$ 3.40
	Ethyl acetate	3.64	80.74 $\pm$ 1.30	78.70 $\pm$ 1.56
	n-Butanol	15.54	1.09 $\pm$ 0.14	0.25 $\pm$ 0.03
	Water	70.87	14.45 $\pm$ 0.73	0.72 $\pm$ 0.04
Rhizome	n-Hexane	42.71	90.23 $\pm$ 6.48	7.46 $\pm$ 0.66
	Chloroform	2.09	21.24 $\pm$ 1.52	35.94 $\pm$ 3.14
	Ethyl acetate	1.05	19.82 $\pm$ 0.20	66.83 $\pm$ 0.84
	n-Butanol	6.87	15.81 $\pm$ 0.12	35.94 $\pm$ 3.14
	Water	39.74	9.36 $\pm$ 0.39	66.83 $\pm$ 0.84

^zMilligrams of soluble solids in each fractions obtained from gram of dried fronds.^yThe half maximal (50%) inhibition concentration.^xValues are mean $\pm$ SE (n = 3).

n-butanol 분획물($1.09 \mu g \cdot mL^{-1}$)에서 가장 높았으며, 대조구인 acarbose의 억제활성($1413.70 \mu g \cdot mL^{-1}$)에 비해 1,297배 높았다 (Table 4). 다음으로 water, chloroform, n-hexane, ethyl acetate 분획물의 순으로 각 98~18배의 높은 억제활성을 보였다. 근경은 water 분획물에서 가장 높았으며, acarbose에 비해 151배 높은 α -glucosidase 억제활성을 보였다. Water 분획물 다음으로 n-butanol, ethyl acetate, chloroform, n-hexane 분획물 순으로 α -glucosidase 억제활성이 acarbose에 비해 각 89~16배 높은 것으로 분석되었다. 이상의 결과는 면마과(Aspidiaceae)의 분획물에 대한 연구 (Kim et al., 2013a)에서 가장 높은 억제활성을 보였던 나도히초미 [*Polystichum polyblepharum*(Roem. ex Kunze) C.Presl var. *polyblepharum*] 근경의 n-butanol 분획물($4.47 \mu g \cdot mL^{-1}$)이나, 기생초(*Coreopsis tinctoria*)의 분획물에 대한 연구(Hwang et al., 2010)에서 높은 α -glucosidase 억제활성을 보였던 ethyl acetate 분획물($0.125 mg \cdot mL^{-1}$)에 비해서도 월등히 높았다.

α -glucosidase의 활성을 50% 억제하기 위한 가용성 고형분 (IC_{50})을 생산하는 데 필요한 참지네고사리 성엽의 분획물별 생체량은 억제활성이 가장 높았던 n-butanol 분획물에서 가장 적은 양을 필요로 하였다(Table 4). 근경의 경우에는 water 분획물이 α -glucosidase를 50% 억제하는 데 가장 적은 생시료를 필요로 하였다. n-Hexane 분획물 가용성 고형분의 IC_{50} 값은 $90.23 \mu g \cdot mL^{-1}$ 로

다른 분획물에 비해 억제활성이 낮았으나, 비교적 높은 가용성 고형분 함량으로 인하여 water 분획물 다음의 적은 생체량으로 α -glucosidase를 50% 억제할 수 있는 것으로 분석되었다.

Shin(2010)의 연구에서 참지네고사리는 생리활성물질 함량 및 항산화능이 우수한 식물로 알려져 있다. 따라서 참지네고사리의 성엽 및 근경은 α -glucosidase 억제활성뿐만 아니라 다양한 기능성 물질 및 활성이 많으므로 향후 건강 생물소재로써 이용 가치가 높다. 또한 α -glucosidase 50%를 억제하기 위한 추출물을 제조하는 데 소요되는 생시료의 양이 가장 적으므로 biomass가 높아 경제적인 항당뇨제를 개발하기 위한 천연소재로 사용할 수 있을 것으로 생각되었다.

V. 적요

본 연구는 관중속(*Dryopteris*) 3종인 관중(*D. crassirhizoma*), 참지네고사리(*D. nipponensis*)와 주저리고사리(*D. fragrans* var. *remotiuscula*)의 성엽 및 관중, 참지네고사리의 근경의 α -glucosidase 억제활성을 분석하여 천연 α -glucosidase 저해제의 개발을 위한 천연소재를 탐색하기 위하여 수행하였다. 관중속 3종의 성엽 및 근경을 동결건조하여 분쇄한 다음 100% 메탄올을 용매로 42kHz의 초음파 수조에서 30분간 초음파 추출하여 얻은 조추출물을 사용하여 분석하였다. 관중속 3종의 α -glucosidase 억제활성을 분석한 결과, 성엽 및 근경에서 IC_{50} 값은 참지네고사리가 각 4.13 , $2.19 \mu g \cdot mL^{-1}$ 로 가장 높았으며, 대조구로 사용한 acarbose($IC_{50}=1413.70 \mu g \cdot mL^{-1}$)에 비해 억제활성이 각 342.30, 645.53배 높았다. α -glucosidase 활성의 50%를 억제하기 위한 필요 생체량은 참지네고사리의 성엽 및 근경이 각 0.04 , $0.05 mg$ 의 가장 적은 양을 필요로 하였다. 조추출물에서 α -glucosidase 억제활성이 높고 필요 생체량이 적었던 참지네고사리를 선발하여, n-hexane, chloroform, ethyl acetate, n-butanol 및 water 순으로 용매별 분획한 다음 각 분획물에 대한 α -glucosidase 억제활성 및 필요 생체량을 비교 분석하였다. 참지네고사리의 성엽은 n-butanol 분획물($1.09 \mu g \cdot mL^{-1}$), 근경은 water 분획물($9.36 \mu g \cdot mL^{-1}$)에서 높았으며, acarbose에 비해 각 1296.97, 151.04배의 높은 억제활성을 나타냈다. 필요 생체량을 분석한 결과에서도, 참지네고사리의 성엽과 근경은 각각 n-butanol, water 분획물에서 가장 높았다. 본 연구의 결과, 참지네고사리의 조추출물은 적은 생체량으로도 높은 α -glucosidase 억제활성을 나타내기 때문에 항당뇨제 천연소재로써의 개발가치가 매우 높은 것으로 생각되었다.

V. References

Abrams, J., H. Ginsberg, and S.M. Grundy. 1982. Metabolism of cholesterol and plasma triglycerides in nonketotic diabetes

- mellitus. *Diabetes* 31:903-910.
- Bantle, J.P., J.W. Rosett, A.L. Albright, C.M. Apovian, N.G. Clark, M.J. Frans, B.J. Hoogwerf, A.H. Lichtensterin, E.M. Davis, A.D. Mooradian, and M.L. Wheeler. 2000. Nutrition recommendation and principles for people with diabetes mellitus. *Diab. Care* 23:843-846.
- Bell, D.S. 2004. Type 2 diabetes mellitus: What is the optimal treatment regimen? *Am. J. Med.* 116:23-29.
- Choi, H.J., J.S. Kang, Y.W. Choi, Y. Jeong, and W.H. Joo. 2008. Inhibitory activity on the diabetes related enzymes of *Tetragonia tetragonoides*. *Kor. J. Biotechnol. Bioeng.* 23:419-424.
- Gholamhoseinian, A., H. Fallah, and F. Sharifi. 2009. Inhibitory effect of methanol extract of *Rosa damascena* Mill. flowers on alpha-glucosidase activity and postprandial hyperglycemia in normal and diabetic rats. *Pytomedicine* 16:935-941.
- Hwang I.G., H.Y. Kim, S.L. Shin, C.H. Lee, J.S. Lee, K.I. Jang, and H.S. Jeong. 2010 Biological activities of *Coreopsis tinctoria* nutt. flower extracts. *Kor. J. Hort. Sci.* 28:857-863
- Kang, W., L. Zhang, and Y. Song. 2009. Alpha-glucosidase inhibitors from *Luculia pinceana*. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi* 34:406-409.
- Kim, N.R., L.W. Chi, and C.H. Lee. 2013a. Alpha-glucosidase inhibition activity of methanol extracts and fractions obtained from three *Dryopteridaceae* species. *Kor. J. Med. Crop Sci.* 21:301-305
- Kim, N.R., L.W. Chi, and C.H. Lee. 2013b. Alpha-glucosidase inhibition activity of methanol extracts obtained from nine *Pteridophyte* species native to Korea. *Kor. J. Plant Res.* 26:411-416
- Layton, A.M. 2006. A review on the treatment of *Acne vulgaris*. *Int. J. Clin. Pract.* 60:64-72.
- Lebovitz, H.E. 1997. Alpha-glucosidase inhibitors. *Endocrin. Metab. Clin.* 26:539-551.
- Leeming, J.P., J.E. Sanaïm, and J.L. Burtion. 1997. Susceptibility of *Malassezia furfur* subgroups to terbinafine. *Br. J. Dermatol.* 137:764-767.
- Lee, J.M., J.H. Park, H.R. Park and E.J. Park. 2010. Antioxidant and alpha-glucosidase inhibitory activity of *Strychnos nuxvomica* extracts. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 39:1243-1248
- Lim, C.S., C.Y. Li, Y.M. Kim, W.Y. Lee, and H.I. Rhee. 2005. The inhibitory effect of *Cornus walteri* extract against α-amylase. *J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem.* 48:103-108.
- Rosak, C. and G. Mertes. 2009. Effects of acarbose on proinsulin and insulin secretion and their potential significance for the intermediary metabolism and cardiovascular system. *Curr. Diabetes Rev.* 5:157-164.
- Shin, S.L. 2010. Functional components and biological activities of Pteridophytes as healthy biomaterials. Ph.D Diss., Chungbuk Nat. Univ., Cheongju.
- Stratton, I.M., A.I. Adler, H.A. Neil, D.R. Matthews, S.E. Manley, C.A. Cull, D. Hadden, R.C. Turner, and R.R. Holman. 2000. Association of glycaemia with macrovascular and microvascular complications of type 2 diabetes (UKPDS 35), prospective observational study. *Brit. Med. J.* 321:405-412.
- Tovar, J.M., O.V. Bazaldua, and R.S. Poursani. 2007. LDL levels in diabetes: how low should they go. *J. Fam. Pract.* 56:634-640.
- Xu, M.L., J.H. Hu, L. Wang, H.S. Kim, C.W. Jin, and D.H. Cho. 2010. Antioxidant and anti-diabetes activity of extracts from *Machilus thunbergii* S. et Z. *Kor. J. Med. Crop Sci.* 18:34-39.