大韓本草學會誌 제26권 제4호(2011년 12월)
Kor. J. Herbology 2011 ; 26(4) : 181-185

산초 추출물의 *S. mutans* 항균활성 및 항산화 효능 연구

이상곤[1], 박찬익[2*]

1 : 갑산한의원, 2 : 대구한의대학교 화장품약리학과

A Study on the Anti-microbial Effect on *S. mutans* and Anti-oxidant Effect of *Zanthoxylum pericarpium* Extract

Sang Gon-Lee[1], Chan Ik-Park[2*]

1 : Korean Standard Kabsan Clinic
2 : Department of Cosmeceutical Science, Daegu Haany University

ABSTRACT

Objectives : The *Zanthoxylum pericarpium* has been used as oriental spicy seasoning and a medicinal plant from old times. This study was performed to determine the anti-oxidant efficacy of *Zanthoxylum pericarpium* extract and the anti-microbial effects.

Methods : We got *Zanthoxylum pericarpium* extract using PSE (pressurized solvent extraction) method. The anti-microbial effect of *Zanthoxylum pericarpium* extract was assessed on *Streptococcus mutans*(*S. mutans*) and anti-oxidant effect of the extract was assessed by measuring DPPH radical scavenging activity and SOD like activity.

Results : 1. *Zanthoxylum pericarpium* extract had high anti-microbial activity on *S. mutans*.
2. DPPH radical scavenging activity significantly increased in the *Zanthoxylum pericarpium* extract.
3. SOD like activity also significantly increased in the *Zanthoxylum pericarpium* extract.

Conclusions : The PSE extract from *Zanthoxylum pericarpium* has good anti-microbial and anti-oxidant effects in a concentration-dependent manner.

Key words : *Zanthoxylum pericarpium*, anti-oxidant, anti-microbial, pressure solvent extract

서 론

구강은 인체에 중요한 기관으로 외부와 직접적으로 통하고 있어 많은 미생물에 노출되어 있다. 또한 환경적으로 세균들이 증식하기에 알맞은 조건을 가지고 있어 많은 세균들로 부터 공격 받게 된다[1]. *Streptococcus mutans* (*S. mutans*)는 충치 원인균으로 glucosyltransferase (GTase) 라는 효소를 분비하며 GTase가 음식물 중 자당을 분해함으로써 불용성 글루칸 (glucan)을 형성한다. 글루칸은 구강내 다른 미생물들과 치아에 부착되어 치면 세균막 (dental plaque) 을 생성하고 이것은 치주질환의 원인이 된다[2]. 이러한 구강내의 *S. mutans* 의 성장을 억제하고 감소시킬 수 있다면 치추 질환을 크게 감소시킬 수 있을 것이다. 치주질환의 치료제로 일불소 인산나트륨, 트리메칠렌포스폰산, 클로르헥시딘류 등 몇 가지의 성분들이 개발되어 사용되고 있으나, 장기간 사용 시 치아의 변색이나 구강 점막이 벗겨지는 등의 부작용이 발생할 수 있다. 따라서 구강 내 사용하는 항균제의 부작용을 최소화하기 위하여 천연물을 이용한 항균제 개발을 위하여 많은 연구가 이뤄지고 있다. 구강은 입술, 혀, 잇몸 구강점막으로 이루어진 일종의 피부이기도 하며, 얇은 조직들로 이루어져 있기 때문에 자극에 쉽게 노출된다. 또한 내부에서 일어나는 산화작용에 의해 염증이 유발되기도 하며, 산화작용은 산화적 스트레스에 의하여 촉진되어 진다.

산화적 스트레스란, 인체는 산화촉진물질과 산화억제물질이 공존하여 균형을 이루고 있으나 외부환경에 노출과 나이가 들어감에 따라 균형상태가 깨어지게 되어 산화촉진 쪽으로 기울어지게 되면 산화적 스트레스가 유발되어 지고 여러 가지 병리적 질환을 일으키게 된다. 이러한 질환들은 인체 내의 항산화

*교신저자 : 박찬익. 경북 경산시 유곡동 290번지 대구한의대학교 바이오센터 808호.
· Tel : 053-819-1243. · H·P : 010-3780-7754.
· 접수 : 2011년 10월 27일 · 수정 : 2011년 11월 30일 · 채택 : 2011년 12월 16일

계의 역할만으로는 산화적 스트레스로 오는 손상을 적절히 방어하지 못함으로써 오는 결과이다[3-4]. 항산화 물질은 생체 내에서 활성산소로 인한 산화적 스트레스를 감소시킴으로써 노화를 억제하고, 심혈관계질환, 암 등을 예방하거나 지연시키는 물질로 자연계에도 많이 분포 되어있다[5]. 하지만 효능적인 면이나 경제성에 의하여 시중에는 많은 합성 항산화 물질이 개발되고 식품에도 많이 사용되어왔으나, 합성 항산화물질의 안전성 논란으로 종류에 따라서는 사용량이 많이 규제되고 있다. 그러므로 이러한 합성 항산화물질을 대체 할 수 물질들을 발굴하는데 많은 관심이 기울여지고 있으며 항산화 효과를 가지는 식물들을 대상으로 연구가 진행되고 있다[6-8].

최근 합성 의약품들의 부작용과 독성의 많은 사례가 보고됨에 따라 합성 의약품을 대체 할 수 있는 보다 안전한 의약품을 개발하기 위해 천연물 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 천연물 중에서도 식물은 움직일 수 없고 여러 가지 주변 환경들로부터 노출되어 있기 때문에 이로 인한 스트레스를 많이 받게 되는데, 이러한 스트레스를 제거하기 위해 식물체 내에 스트레스를 방어 할 수 물질을 축적하게 된다. 축적된 물질은 종종 의약품이나 식품첨가제와 같은 유용한 자원으로 이용되기도 한다[9]. 식물 추출물들은 오래전부터 항산화효과 항균활성을 가지고 있다는 사실이 알려져 왔으며, 특히 방향성 식물인 향신료가 음식에 향미를 부여하는 기능과 동시에 항균작용이 가장 뛰어난 것으로 알려져 있다. 또한 식물의 휘발성 이차 대사산물인 정유성분은 항산화, 항염증, 항균, 항알러지와 같은 기능을 가지고 있으며, 천연의 의약보조제나 식품보존제로 연구개발 되고 있다[10-13]. 예를 들어, Tansey는 마늘에서, Sharma 등은 양파로부터 추출되어 항균효능에 대해 연구된바가 있으며, 정향은 *Candida ablicans, Escherichia coli* 등에 살균효과가 있는 것으로 밝혀졌다[14-15]. 또한 Conner와 Beuuchat는 32종의 식물정유 물질 중 일부 향신료들이 13종의 부패균과 효모의 증식억제 효과가 있다고 보고되었다[16].

산초 (*Zanthoxyli pericarpium*)는 운향과 산초나무 속에 속하는 낙엽관목으로 산중턱 및 산골짜기에서 자라며 높이는 3~5m 정도이다. 특유한 향기와 신맛이 있어서 어린잎과 열매는 향신료로 이용되고 있으며, 오래전부터 전통적인 향신료와 약용식물로 민간에 널리 사용되어 왔다[17]. 재피, 지피, 남초, 진초, 산초, 파초, 촉초 등으로 많은 이름을 가지고 있으며, 산초에는 limonene, citronellal, phellandrene, sanshool 및 flavonoid 계 성분이 많이 함유되어 있어 소염, 이뇨제, 해독, 구충, 진통 및 건위약으로 많이 사용 되었왔다. 또한 위장을 자극하여 신진대사를 향진 시키고, 양기를 돕고 소화를 도우며, 탈황을 방지하고, 설사를 멈추는 등의 효능이 있다[18-19].

최근 신물질 개발 중 항산화와 항균 효과를 가지는 물질에 있어서 식물분야가 광범위하게 연구되고 있으며, 특히 합성제제의 장기간 투여 시 알레르기에 의한 여러 가지 부작용이 보고되어 이에 대한 대안으로 식물과 같은 생약재나 전통의약품에 많은 연구가 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 천연물을 이용한 항산화 · 항균 효과를 가지는 물질 개발의 일환으로 오래전부터 향신료와 민간 약재로 사용되어온 산초추출물을 PSE (pressure solvents extract) 방법으로 추출하여, 충치원인균인 *S. mutans* 에 대한 항균효과와 항산화효과를 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

1) 약재

실험에서 사용한 산초는 국내에서 생산한 것으로 (주)옴니허브에서 건조된 것을 구입하였다.

2) 시약 및 기기

배양을 위해 사용한 액체 배지는 brain heart infusion (BHI)와 생육 저해환경 측정을 위해 사용한 고체배지 brain heart infusion agar (BHIA)은 Difco Lab. (Sparks, MD. USA) 에서 구입하였다. 그 밖의 실험에 사용된 메탄올. 1,3-butylene glycol, HCl 등의 용액은 대정화학 주식회사에서 구입한 1급 시약을 사용하였다.

2. 방법

1) 추출물의 제조

산초 추출물의 제조는 건조된 산초의 열매를 분쇄기로 세절한 후 시료 900g과 1,3-butylene glycol 용액 8100g(무게 비율 1 : 9)을 혼합하여 PSE 압력반응기를 이용하여 추출하였다. 추출온도는 85℃를 일정하게 유지하였으며 압력은 대기압과 같은 압력에서 3시간동안 추출 한 후 40~50℃까지 냉각시켰다. 추출된 용액은 bag filter 와 filter dryer를 이용하여 여과 후 액체 타입의 추출물만을 수득하였으며 최종 수율은 4820g 으로 53.65% 였다.

2) 균주의 배양

항균효과를 평가하기 위해 실험에서 사용한 공시 균주는 구강 내 세균으로서 *Streptococcus mutans* KCTC 3065를 계대 배양하여 사용하였다. 항균력 측정은 paper disc법으로 측정하였다. 평판 배지에 배양된 각 균주를 1 백금이량 취해서 액체 배지 10 ml에서 18~24시간 배양하여 활성화시킨 후 다시 액체 배지 10 ml에 균액을 0.1 ml 접종하여 3~6시간 본 배양한 후 평판배지 1개당 균액을 약 10^7 cells 되게 접종하여 멸균 면봉으로 균일하게 도말하였다. 멸균된 filter paper disc (Tokyo, 8 mm, Japan)를 고체 평판배지에 올려놓은 다음 각각 45㎕/disc 가 되도록 시료를 농도별로 흡수시켜 35℃에서 18~24시간 배양하여 disc 주위의 clear zone (mm) 균 성장억제 영역의 직경을 측정하였다.

3)항산화 효능 평가

Electron donating activity (DPPH radical scavenging activity)

추출물의 DPPH 라디칼 소거활성은 Blois의 방법에 의하여 측정하였다[20]. 각 시료용액 160 ul 에 0.2 mM의 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 용액 40 ul 넣고 교반한 후 30분간 방치한 다음 517nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 시료의 희석용매는 MeOH를 사용하였으며,

DPPH 라디칼 소거능은 산초 추출물의 농도별 첨가군과 무첨가군으로 나누어 각 군의 흡광도 감소율로 나타내었다.

SOD activity

Superoxide anion radical 소거능은 nitroblue tetrazolium (NBT) 환원방법에 의해 측정하였다[20]. 각 시료 용액 0.1 ml와 0.1 M potassium phosphate buffer (pH 7.5) 0.6 ml에 xanthine (0.4 mM) 과 NBT(0.24 mM) 을 녹인 기질액 1ml를 첨가하고 xanthine oxidase (0.049 U/ml) 1 ml를 가하여 37℃에서 20분간 반응시킨 후 1N HCl 1ml를 가하여 반응을 종료시켰으며, 반응액 중에 생성된 super oxide anion radical의 양을 440 nm에서 흡광도를 측정하였다.

결 과

1. 항균효과 (anti-microbial activity)

산초(山草)추출물의 항균효과를 알아보기 위하여 *S. mutans* 균 배양 한 후 산초 추출물을 다양한 농도별 (0, 0.01, 0.1, 1 %)로 처리하여 24~48 후에 항균활성을 살펴보았다. 본 실험의 결과 Fig. 1 에서 나타난 바와 같이 산초 추출물을 처리한 부분에서 생육저해환이 형성되었으며, 0.01%, 0.1%, 1%의 농도로 처리하였을 때 각 각 1.31±0.48cm, 1.50±0.71cm, 1.45±0.24cm의 생육저해환이 형성되어 추출물의 농도에 비례하여 효능이 증가하는 것을 알 수 있었다 (Table 1).

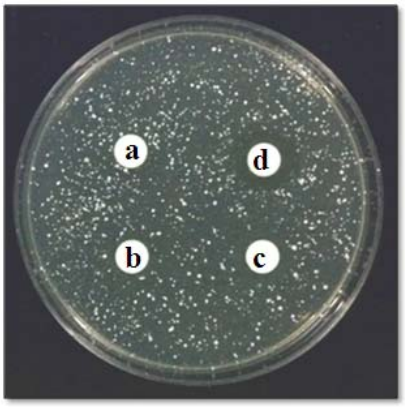

Fig. 1. Anti-microbial activity of PSE extract from *Zanthoxylum pericarpium* on *Streptococcus mutans*. (a : 0%, b : 0.01%, c : 0.1%, d : 1%)

Table 1. Anti-microbial activity of PSE extract from *Zanthoxylum pericarpium* on S. *mutans*.

Materials	Concentration (%)	Inhibition zone diameter (cm)[a]
Zanthoxylum piperitum	1	1.45±0.24
	0.1	1.50±0.71
	0.01	1.31±0.48
	0	-

[a] Diameter of clear zone incuding disc diameter of 8.0mm
[b] Inhibition zone(mm)
[c] Not active

2. 항산화효과

1) DPPH radical 소거활성 측정

산초 추출물이 농도의존적으로 DPPH radical 소거 효능이 다르게 나타났다. 0.1μ g/ml의 농도에서 15%의 DPPH radical을 소거 하였고, 0.5μ g/ml의 농도에서는 25%의 DPPH radical, 1μ g/ml의 농도에서는 40%의 DPPH radical, 5μ g/ml의 농도에서는 80% DPPH radical을 소거하였으며, 10μ g/ml의 농도와 DPPH radical 소거 효능이 같았다 (Fig. 2). 따라서 산초 추출물의 DPPH radical 소거 효능은 농도에 비례하여 증가하였으며 5μ g/ml이상의 농도에서는 더 이상 소거율이 증가하지 않고 일정함을 알 수 있었다.

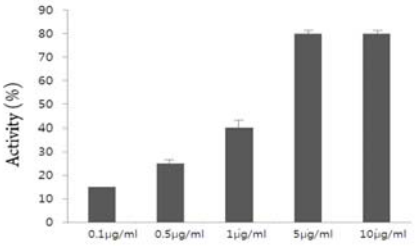

Fig. 2. DPPH radical scavenging activity of *Zanthoxylum pericarpium* extract.

2) Superoxide anions 소거활성 측정

대표적인 활성산소종의 하나인 Superoxide radical에 대하 소거 활성은 본 실험에서 산초 추출물을 처리하여 측정한 결과 농도에 따라 활성이 다르게 나타났다. 100ng/ml의 농도에서는 1.1510%의 소거 활성을 보였고, 1μ g/ml의 농도에서는 5.8876%의 소거 활성을, 10μ g/ml의 농도에서는 41.5671%의 소거활성을, 100μ g/ml의 농도에서는 81.1864%의 소거 활성을 보였다 (Fig. 3). 따라서 Superoxide anions 소거활성은 추출물의 농도에 비례하여 증가함을 알 수 있었다.

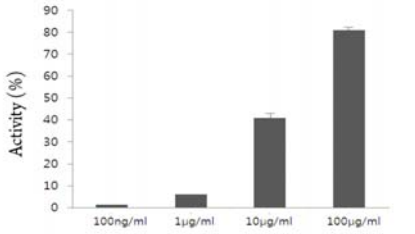

Fig. 3. SOD-like activity of *Zanthoxylum pericarpium* extract.

고 찰

구강 내에서 치주질환을 일으키는 충치 발생 기작에 관한 기초적인 연구에서 가장 주요한 예방수단으로 이중치면 세균막 형성저해제 즉, GTase 활성저해제로 알려져 있다. 충치의 생성을 억제하기 위해서 사용되고 있는 가장 대표적인 성분인 불소는 효과가 지속적이지 못하고 체내에 축적되어 골격에 좋지 않은 영향을 미치기 때문에 이러한 부작용들을 보안하기 위해 천연물 기원의 항균제가 많이 각광받고 있다[21]. 구강은

입술, 잇몸, 치아, 혀 점막, 구개 및 편도를 포함하는 부위로써 풍부한 혈관, 감각신경, 타액선 등이 분포하고 있으며 기능적으로는 음식을 섭취하여 맛을 느끼고 외형적으로는 아름다움을 나타 낼 수 있는 매우 중요한 기관이다. 구강점막은 내·외로 많은 자극에 노출되어 있어 크고 작은 질환을 일으킬 수 있는 기관이기도 하다. 이러한 구강은 일종의 피부로서 산화적 스트레스를 받게 되면 변색이 되고 거칠어지며, 구강 각 부위에 염증 혹은 혓바늘이 생기게 된다. 자연적 노화현상으로 인해 잇몸질환이 자주 발생하게 되는데, 자연적 노화현상 또한 인체의 산화과정에 의하여 생겨나는 것으로 산화적 스트레스로 인해 노화현상이 촉진되어진다.

이상의 내용을 종합해보면 충치의 원인인 *S. mutans*의 활성을 저해하여 GTase 활성을 저해함으로써 치주질환을 개선시킬 수 있으며, 산화적 스트레스를 줄임으로써 구강의 병적 질환을 치료할 수 있음을 알 수 있다. 따라서 구강내의 종합적인 치료와 예방을 위해서는 항균과 항산화 반응을 핵심으로 보고 연구하는 중요하다고 사료된다.

우수한 항균력을 가진 것으로 알려진[22,23] 산초를 1,3-butylene glycol 용매로 PSE 추출하였으며, 용매로 사용된 1,3-butylene glycol은 보습성분 및 용매로 범용되고 있으며, 일반 유기용매와 달리 독성을 가지고 있지 않아 높은 안전성을 인정받고 있는 용매이다. 또한 고농도의 경우 항균 및 방부력을 높이는 것으로 알려져 있다. *S. aureus*를 대상으로 화학 방부제의 항균력을 측정하고 상관성을 회귀 분석한 연구결과를 보면 1,3-butylene glycol은 1.8~8.4%의 방부 및 항균력을 증가시키는 것으로 보고되므로 산초 추출 시 1,3-butylene glycol 용매를 사용함으로써 추출물의 항균력이 증가되는 것을 예측해 볼 수 있다[24].

본 연구의 실험결과에서 산초 추출물의 항균실험은 충치원인균인 S. *mutans*의 활성을 효과적으로 저해 시켰으며, 항산화력 실험에서는 DPPH radical과 Superoxide anions 의 소거활성 또한 높았다. 따라서 산초 추출물은 치주질환에 있어 충치예방효과 외에도 우수한 항산화력을 가짐으로 구강의 종합적인 질환들을 개선하고 예방 할 수 있음을 알 수 있었다. 본 연구의 목적으로 천연물을 이용하여 합성제제의 여러 가지 부작용을 보안하여 대체할 수 있는 물질을 연구하는데 있어 산초 추출물은 매우 유용 할 것이라 사료된다.

결론 및 요약

본 연구에서는 산초의 항균실험과 항산화실험을 통하여 분석한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 산초 추출물은 구강 내 충치원인균인 *S. mutans*의 활성을 효과적으로 저해 하였으며, 항균효능은 농도의존적으로 증가하였다.
2. 산초 추출물은 DPPH radical과 Superoxide anions 평가에서 높은 효능을 보였으며, 항산화 효능은 추출물의 농도에 비례하여 증가 하였다.

이상의 실험결과 산초 추출물은 우수한 항균력과 항산화 효능을 가지는 것으로 평가되었으며, 이를 구강관리 제품에 적용한다면 구강 질환을 개선하고 치료하는데 있어 합성제제들을 대체 할 수 있는 치료 보조제로서의 가능성이 있다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부 연구용역과제와 대구한의대학교 한방생명자원연구센터의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Lee SL, Kim JG. Anti-microbial activity of soybean extract against oral microbes. Kor. J. Env. Hlth. 2006 ; 32(2) : 192-197.
2. Park HS, Min KJ, Cha CG, Song JW, Son JC. Antimicrobial activities against oral microbes and growth-inhibitory effect on oral tumor cell by extract of *Paeonia lactiflora*. Kor. J. Env. Hlth. 2007 ; 33(1) : 21-29.
3. Kim HH, Park GH, Park GS, Lee JY, and An BJ. Anti-oxidant and anti-inflammation activity of fractions from aster glehni Fr. Schm. Kor. J. Microbiol. Biotechnol. 2010 ; 38(4) : 434-441.
4. Cho EA, Cho EH, Choi SJ, Park KH, Kim SY, Jeong YJ, Ku CS, Ha BJ, Jang DI and Chae HJ. Screening of anti-wrinkle resource from herbal medicinal extracts and stability test of Its cosmetic products. Korean J. Medicinal Crop Sci. 2011 ; 19(2) : 126 -135.
5. Kim SJ, Kim SM, Kang SW, and Um BH. The rapid detection of antioxidants from safflower seeds (carthamus tinctorius L.) using hyphenated-HPLC techniques. Kor. J. Food Sci. Technol. 2010 ; 42(4) : 414-419.
6. Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. Korean J. Food Sci. Technol. 2004 ; 36 : 333-338.
7. Cai YZ, Sun M, Xing J, Luo Q, Corke H. Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional. Chinese medicinal plants. Life Sci. 2006 ; 78 : 2872-2888.
8. Pietta PG, Flavonoids as antioxidants. J. Agr. Food Chem. 2000 ; 63 ; 1035-1042
9. Jang SY, Rhu SY, Kim SD. Antifugal activity of plant extracts against *Pityrosporum ovale* and *Candida albicans*. Kor. J. Pharmacogn. 2003 ; 34(4) : 303-307.
10. Framtling, R. A. and G. S. Bulmer. *In vitro* of aqueous extract of garlic(*Allium sativum*) on the

growth and viability of Cryptococcus neofoumans. Mycologia. 1978 ; 10(2) : 397-405.
11. Ueda S, Yamashita H, Nakajima M and Kuwabara Y. Inhibition of microorganisms by spice extracts and flavouring compounds. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi.* 1982 ; 29 : 111-116.
12. Ueda S, Yamashita H and Kuwabara Y. Inhibition of *Clostridium boyuium* and *Bacillus* sp. by spices and flavouring compounds. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 1982 ; 29 : 389-392.
13. Jang MR, Seo JE, Lee JH, Kim GH, Antibacterial acitivites of essential oil from *Zanthoxylum schinifolium* agaist food-borne Pathogens. Korean J. Food cookery Sci. 2010 ; 26(2) : 206-213.
14. Tansey MR. Inhibition of fungal growth by garic extract. *Mycologia*. 1975 ; 67 : 409-413.
15. Sharma A, Tewari GM, Shrikhande AJ, Padwal-Desal SR, and Bandyopadhyay C. Inhibition of aflatoxin-producing fungi by onion extracts. *J. Food Sic*. 1978 ; 44 : 1545-1547.
16. Conner DE, and Beuuchat LR. Effect of essential oils from plants on growth of food spoilage yeasts. *J. Food Sci*. 1984 ; 49 : 429-434.
17. Lee CJ, kim MS, Shen JY, Kim YD and Shin GH. The extraction condition of pungent compounds from *Zanthoxylum piperitum* D.C pericarps by using supercritical fluid extraction. Korean J. Medicinal Crop Sci. 2003 ; 11(1) : 19-23.
18. Kim J, Cho YS, Seo KI, Joo OS and Shim KH. Antimicrobial activities of *Zanthoxylum schinifolium* and *Zanthoxylum piperitum* leaves. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 2000 ; 7(2) : 195-200.
19. Kim YD, Kang SK, Oh MR. A study on the ichthyotoxic constituents of chopi (*Zanthoxylum piperitum* DC). *J Korean Soc Food Nutr*. 1993 ; 2 2 : 617-620.
20. Park CI. Extraction, physiological and rheological evaluation of natural substances effective for UV-Induced inflammation to fabricate skincare products. Department of chemical and biological engineering, Graduate school, National university, Korea. 2008.
21. Kim SM, Choi CH, Kim JW, Kim SR, Rhee HI. The anticaries activity of hot water extracts from *Foeniculum vulgare*. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 2008 ; 51(1) : 84-87.
22. Ji Hwa Kim, Young Ae Lee, Young Sun Kim, Hyun Ja Jung, Dong Ju Kwak, Won Dae Jip and Soo Hong Yoon. Antimicrobial activity of sancho (*Zanthoxylum schinjfolium* S. et Z.) on oral bacteria. J. Korean Soc. Hygienic Sciences. 2000 ; 6(1) : 41-46.
23. Ho Joon Kim, Hyun Chur Shin, Byung Yun Sun, Hyun Kim and Hong Keun Choi. Reproductive characters of *Zanthoxylum piperitum* DC. and Fagara mantchurica (Benn.) Honda in Korea. Kor. J. Plant Tax1 1996 ; 26(1) : 75.
24. Kye-Ho Shin, Il-Young Kwack, Sung-Won Lee, Kyung-Hee Suh, Sung-Joon Moon, Ih-Seop Chang "Effects of Poyols on Antimicrobial and Preservative Efficacy in Cosmetics". J. Soc. Cosmet. Scientists Korea. 2007 ; 33(2) : 111-115.