

비타민나무의 약리 효과 및 구성 성분

김주성 · 유창연 · 김명조

Pharmacological effect and component of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.)

Ju-Sung Kim · Chang-Yeon Yu · Myong-Jo Kim

Received: 4 March 2010 / Accepted: 16 March 2010

© Korean Society for Plant Biotechnology

Abstract Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) is deciduous shrubs in the genus *Hippophae*, mainly cultivated in Europe and Asia. Sea buckthorn berries have a high vitamin C, vitamin E, carotenoids, carbohydrates, protein, organic acids, dietary minerals, triterpenoids, polyphenolic acids and amino acids. Extracts of sea buckthorn berries have anti-obesity, anti-oxidantive, anti-microbial, anti-ulcerogenic, anti-diabetic and nutritional effects. Sea buckthorn used as a traditional medicine for the treatment of cough, aid digestion, invigorate blood circulation and alleviate pain. Extracts of sea buckthorn branches and leaves was administered to humans and animals to treat gastrointestinal distress in Mongolia. This paper briefly reviews the most relevant experimental data on the pharmacological effects and isolated component of sea buckthorn. And, we also describe the importance of sea buckthorn as the environmental-friendly crops.

Keywords anti-obesity effect, *Frankia*, flavonoid, L-quebrachitol, vitamin C

서론

비타민나무 (*Hippophae rhamnoides* L.)는 보리수나무과 (Elaeagnaceae)에 속하는 낙엽활엽 관목으로 영명으로는 Sea buckthorn (Seaberry), 중국어로는 Saji (沙棘)로 불린다. 1~3년생은 한해 90-150 cm까지 성장하며 열매를 맺는 4년생부터는 60-75 cm정도 성장하게 된다. 암·수가 다른 자웅이주이며 은회색의 피침형 잎이 호생하고, 열매는 4월과 10월경에 수확한다 (Rousi 1971; Li and Schroeder 1996; Fig. 1). 서쪽으로는 영국을 포함한 서구·북유럽, 동쪽으로는 중국·몽골·시베리아, 남쪽으로는 파키스탄·인도의 고산까지 분포한다 (Li and Beveridge 2003; Fig. 2). 현재 알려진 비타민나무는 6종 12아종으로 분류되며 (Table 1), 그 중 *ssp. sinensis*, *mongolica*와 *rhamnoides*가 가장 많이 분포되어 있다.

비타민나무 열매는 보통 옅은색이며, 노랑과 붉은색도 있다 (Fig. 1B and C). 열매는 그대로 먹기에는 신맛이 강하나, 주스, 젤리, 마말레이드, 소스나 알코올 음료로 먹기에는 우수하다. 주스는 그대로 마시거나, 다른 주스와 혼합하여 마시기도 하며, 열매의 독특한 맛 때문에 유제품의 향료로도 사용된다 (Gao et al. 2000). 열매는 비타민 함량이 높아 영양 음료로 적합하다. 중국에서는 1988년 서울올림픽에서 운동선수들을 위한 스포츠 음료수로 “Shawikang”과 “Jianlibao”라는 제품을 만들어서 보급하였으며, 러시아에서도 운동 선수들의 건강과 스트레스를 줄이기 위하여 비타민나무 음료수를 제공하기도 하였다. 어린 줄기와 잎으로부터 얻어진 오일은 화상, 습진, 욕창 및 방사선 상처를 포함한 피부 상처를 치료하기 위한 연고로 이용되며, 러시아와 중국의 병원에서는 임상으로 이용되고 있다. 그 예로, 1986년 소련의 체르노빌 핵 피해자들 대다수가 비타민나무 처방을 받기도 하였다

J.-S. Kim · M.-J. Kim
강원대학교 한방바이오연구소
(Oriental Bio-herb Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

C.-Y. Yu · M.-J. Kim (✉)
강원대학교 식물자원응용공학과
(Department of Applied Plant Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)
e-mail: kimmjo@kangwon.ac.kr

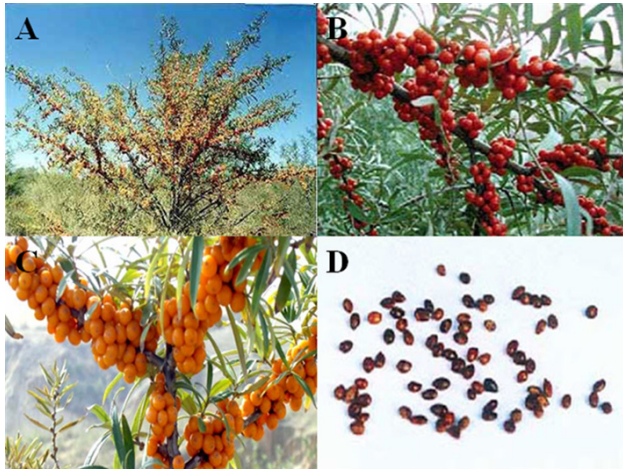


Fig. 1 Whole tree (A), fruits (B and C), and seeds (D) of sea buckthorn. Source for A, B, C and D: <http://alad.seesaa.net/article/39554728.html>

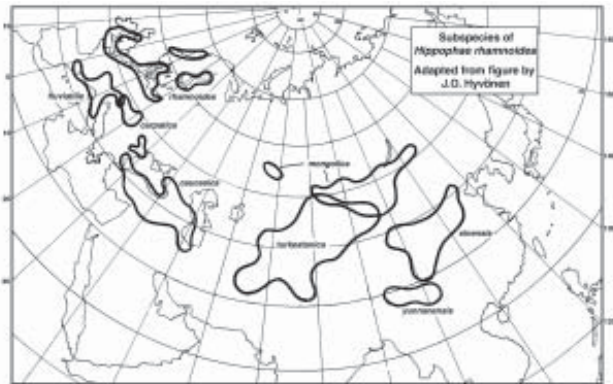


Fig. 2 The distribution of sea buckthorn in the world (by Small et al. 2002)

Table 1 Scientific classification of sea buckthorns

| Family | Genus | Species | Subspecies | |
|-----------------------------|------------------|--|---|--|
| Elueagnaceae | <i>Hippophae</i> | <i>Hippophae goniocarpa</i> (Lian)X.L.Chen & K.Sun | subsp. <i>litangensis</i> Lian & X.L.Chen | |
| | | | subsp. <i>goniocarpa</i> Lian | |
| | | | <i>H.gyantsensis</i> (Rousi) Lian | |
| | | | <i>H.neurocarpa</i> S.W.Liu & T.N.He | subsp. <i>stellatopilosa</i> Lian & X.L.Chen |
| | | | | subsp. <i>neurocarpa</i> S.W.Lin & T.N.He |
| | | | | subsp. <i>carpatica</i> Rousi |
| | | | | subsp. <i>caucasica</i> Rousi |
| | | | | subsp. <i>fluviatilis</i> van Soest |
| | | | | subsp. <i>mongolica</i> Rousi |
| | | | | subsp. <i>rhamnoides</i> |
| | | | subsp. <i>sinensis</i> Rousi | |
| | | | subsp. <i>turkestanica</i> Rousi | |
| | | | subsp. <i>yunnanensis</i> Rousi | |
| | | | <i>H. salicifolia</i> D.Don | |
| <i>H. tibetana</i> Schlecht | | | | |

(Small et al. 2002).

기원전 900년경부터 비타민나무 열매는 티베트, 몽고 및 중국에서 민간 의약품 및 식품으로 사용되었다 (Lu 1992). 1950년 이후 구 소련 및 중국에서 방사선 피해, 화상, 구내염 및 위궤양의 치료를 위하여 연구되어지기 시작했다 (Lebedeva et al. 1989; Jiang et al. 1989; Fu et al. 1993). 지난 수십년 동안 유럽과 북미에서 비타민나무 열매의 영양학적 중요성이 꾸준히 인식 되어 왔으며, 미국, 캐나다, 핀란드, 독일 및 다른 유럽국가에서 가장 인기 좋은 기능성 식품으로 인식 되었다. 최근 비타민나무는 그들의 영양학적 및 약학적 가치 때문에 전세계적으로 많은 과학자들로부터 관심을 받고 있다 (Robards et al. 1999).

본 총설은 지금까지 보고된 비타민나무의 약리 효과와 구성 성분 물질을 기술하였으며, 최근 이슈화되고 있는 친환경 바이오 작물로서 비타민나무의 중요성도 함께 소개하고자 한다.

비타민나무의 약리 효과

비타민나무 잎은 플라보노이드, 탄닌, 비타민 C, 단백질, 지방, 섬유, 아미노산, 미네랄 등이 풍부하여 건강 차나 고품질 사료를 만드는데 있어서 귀중한 자원이 되고 있다. 70% 알코올 잎 추출물은 항산화 활성 및 면역조절 효과 (Geetha et al. 2003), 그리고 항염증 효과 (Ganju et al. 2005)를 갖는 것으로 보고되었다. 비타민나무 열매 성분의 연구는 핀란드 (Tiitinen et al. 2006), 터키 (Cakir 2004), 폴란드 (Kawecki et al. 2004), 파키스탄 (Sabir et al. 2005)

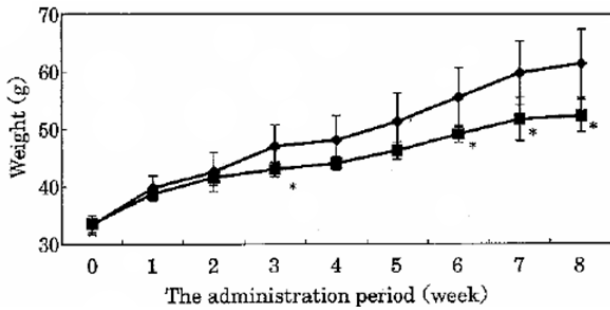


Fig. 3 Changing body weight for 8 weeks in mice. Each point (◆: control, ■: SBLPP) represents the mean for 5 mice S.D., P<0.05 (by Nishi et al. 2007)

및 중국 (Yang and Kallio 2001; 2002a) 등에서 이루어지고 있다. 잘 익은 열매는 비타민 A, C, E와 K, carotenoids, 그리고 organic acids가 풍부하며 (Chen et al. 1990; Yao and Tigerstedt 1992; Pintea et al. 2001; Kallio et al. 2002a), 강력한 항산화 (Eccleston et al. 2002; Suleyman et al. 2002), 궤양 유발 억제 (Suleyman et al. 2001) 및 광 보호 효과 (Goel et al. 2002)를 보인다. 펄프 오일과 종자 오일은 면역조절, 항산화 및 항미생물 활성을 가지며 (Geetha et al. 2002; Negi et al. 2005), 위 궤양 (Suleyman et al. 2001; Xing et al. 2002), 피부 장애 (Yang et al. 2000), 관상 동맥 질환 (Eccleston et al. 2002), 방사선 노출에 의한 산화적 피해 (Goel et al. 2005), 상처 치료 (Gupta et al. 2005) 및 혈전증과 혈소판 응집 (Cheng et al. 2003)과 같은 다양한 질병을 처방하는데 유용하다.

항비만 효과

소비 에너지를 이상으로 과잉의 식사를 섭취하면, 남은 에너지를 대부분은 피하 및 내장지방으로 체내에 축적되어 소위 비만이 된다. Nishi 등 (2007)에 의하면, 고지방식이와 동시에 비타민나무 잎 폴리페놀 (SBLPP) 음료를 8주간 제공한 웅성 쥐의 체중은 대조구보다 유의성 있게 낮았으며, 복부의 지방중량 및 간장중량이 감소되며 혈중 GPT 활성도 억제되었다. 또한 취장 리파제의 활성억제 작용에 의해 식이성지방의 소화 흡수가 억제되어 체내로의 지방운송이 낮아지고 뇨중의 지방배설이 증가되어 비만을 억제한다고 하였다 (Nishi et al. 2007; Fig. 3).

항산화 효과

세포는 chromium에 노출되면 LDH leakage, DNA fragmentation와 apoptosis를 증가시킨다. 비타민나무 열매 및 잎의 알코올 추출물의 첨가 (500 ug/ml)는 쥐의 대식세포에서 chromium으로 유도된 자유 라디칼 생성과 apoptosis를 현저히 억제시켰다. 또한 DNA fragmentation를 감소시키고 세포보호 효과를 향상시켰다 (Geetha et al. 2002). 이는 비

타민나무 열매가 항산화, 항돌연변이 및 항암 활성과 같은 다양한 생리활성을 가진 페놀함량이 높기 때문이다 (Nakamura et al. 2003).

항미생물 효과

비타민나무 종자의 메탄올 추출물은 *Bacillus cereus*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus subtilis*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*에 대하여 각각 200, 300, 300, 300과 350 ppm의 농도에서 박테리아의 성장을 억제하였다 (Negi et al. 2005). Negi 등 (2005)은 비타민나무 종자 메탄올 추출물의 높은 항미생물 및 항산화 활성은 높은 페놀 함량에 기인한다고 하였다. 박테리아 성장 억제의 유사한 경향은 비타민나무 열매 추출물을 이용한 실험에서도 관찰되었다. 열매 추출물의 페놀성 성분이 그람 음성균의 성장을 억제하였다 (Puupponen-Pimla et al. 2001).

궤양 유발 억제 효과

비타민나무 열매는 민간요법으로 위궤양을 치료하기 위하여 음식으로서 광범위하게 사용되었다. 비타민나무 열매의 궤양 유발 억제 효과는 몇몇 과학자들에 의해 실시되었는데, 열매의 종자 및 펄프로부터 핵산으로 추출된 오일이 위궤양에 대하여 효과를 가진다고 하였다 (Suleyman et al. 2001; Xing et al. 2002). Xing 등(2002)은 오일에 다량 함유된 β -sitosterol과 β -sitosterol- β -D-glucoside가 초산으로 유도된 위궤양의 치료에 효과를 보인다고 하였다. 이러한 비타민나무 오일의 궤양 유발 억제 효과는 점막 표면의 소수성 증가와 관련되어 있는 것으로 여겨진다.

피부 보호 효과

열매로부터 추출된 오일은 연고나 화장품에 의해 피부 개선, 항염증 효과 및 광 보호 효과를 나타낸다 (Bat and Tannert 1993; Quirin and Gerard 1993; Schadenböck 1993). 비타민나무 열매로부터 추출된 오일은 사람과 동물에서 데인 상처, 화상 및 피부 상해를 치료하기 위해 이용된다. Upadhyay 등 (2009b)은 잎의 물 추출물이 화상으로 생긴 상처에 현저한 치료 효과를 나타내며, BHK-21 셀 라인에는 독성 효과가 없다고 하였다. Silver sulfadiazine 처리구와 비교하였을 때, 잎 추출물 처리는 상처 면적의 빠른 감소를 보였으며, 상처 부위의 콜라겐 합성과 안정화를 증가시켰다. 또한 초임계법으로 추출된 비타민나무 종자 오일 역시 현저한 상처 치료 효과를 나타내는 것으로 보고하였다 (Upadhyay et al. 2009a). 또한, Gupta 등 (2005b)도 알비노 생쥐에서 잎의 물 추출물이 피부 상처 치료 효과를 나타낸다고 보고하였다.

항당뇨 효과

L-Quebrachitol은 L-chiro-inositol의 2-methyl ether로, 당뇨 치료제로서 널리 사용되어지고 있으며 (Yang et al. 2009), 당뇨병 환자를 위한 당 대체용 물질로서 L-quebrachitol의 가능성이 연구되고 있다 (McCance and Lawrence 1933). L-Quebrachitol은 비타민나무에 0.1-5% 정도 함유되어 있으며, 항산화, 무독화 및 세포 보호 효과 뿐 아니라 당 메커니즘과 인슐린 민감도에 대한 효과도 있으며, 이것을 포함한 추출물은 타입2 당뇨병이나 비만과 같은 당 메커니즘 장애나 인슐린 민감도를 위한 약제로서 사용되고 있다 (Yang et al. 2009). Zhang 등 (2009)은 비타민나무 종자 찌꺼기 물 추출물 처리가 스트렙토마이신으로 유도된 당뇨 쥐에 있어서 혈당저하, 트리글리세라이드혈증 및 항산화 효과를 가진다고 보고하였다. 또한, 종자 찌꺼기 물 추출물을 당뇨 쥐에 4주간 투여한 결과, 혈청포도당, 트리글리세리드 및 산화질소 수준을 감소시켰으며, 혈청

SOD 활성과 글루타치온 함량을 급격히 증가시켰다.

간 보호 효과

CCl₄로 유도된 간 손상 웅성 ICR 쥐에 비타민나무 종자 오일 (0.26 mg/kg)을 투여할 경우 간 보호 효과가 크게 나타났다 (Hsu et al. 2009). 또한 생쥐를 이용한 45일간의 투여 실험에서도 CCl₄로 손상된 간 상처를 경감시켰다 (Liu et al. 2006).

비타민나무의 성분

지금까지 비타민나무에서 수 많은 물질들이 보고되었다 (Table 2). 주로 2차 대사 산물로서 다양한 생리활성 기능을 가지고 있다. 식물에서 분리된 많은 물질 중 flavonoid는 가장 중요하며, 흥미로운 생리활성 물질로 분류된다.

Table 2 Chemical constituents of sea buckthorn

| Compound | Part | References |
|---|--------|---|
| Flavonols | | |
| Isorhamnetin | Juice | Rösch et al. 2003 |
| | Leave | Chumbalov et al. 1976; Yang et al. 1998 |
| Isorhamnetin 3-O-rutinoside | Juice | Rösch et al. 2003 |
| Isorhamnetin 3-O-glucoside | Juice | Rösch et al. 2003 |
| Isorhamnetin 7-O-rhamnoside | Juice | Rösch et al. 2003 |
| Isorhamnetin 3-O-glucoside-7-O-rhamnoside | Juice | Rösch et al. 2003 |
| Isorhamnetin 7-O- α -L-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Isorhamnetin 3-O- β -D-glucoside-7-O- α -L-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Isorhamnetin 3-O- β -D-sophoroside-7-O- α -L-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Isorhamnetin 3-rutinoside-7-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Isorhamnetin 3,7-diglucoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Isorhamnetin 3-pentoside-7-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Isorhamnetin rhamnosylglucoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Isorhamnetin 3-coumaroylglucosylglucoside-7-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Isorhamnetin 3-hydroxyferuloyl-glucosyl-glucoside-7-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Isorhamnetin 3-O-[O- β -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucofuranoside] | Leave | Mukhamed'yarova and Chumbalov 1977 |
| Kaempferol | | |
| Kaempferol | Leave | Chumbalov et al. 1976; Yang et al. 1998 |
| Kaempferol 3-O-(6-O-p-coumaroyl)- β -D-glucoside (tiliroside) | Leave | Yoshida et al. 1991 |
| Kaempferol 3-O- β -D-sophoroside-7-O- α -L-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Kaempferol rutinoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Kaempferol 3-glucoside-7-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Kaempferol 3-rutinoside-7-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Kaempferol 3-glucosyl-glucoside-7-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Kaempferol 3-rhamnosyl-glucoside-7-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Kaempferol dirhamnosylglucoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Kaempferol diglucosylrhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Kaempferol 3-hydroxyvanilloylglucosylglucoside-7-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Quereetin | | |
| Quereetin | Leave | Chumbalov et al. 1976; Yang et al. 1998 |
| Quercetin 3-O-rutinoside | Juice | Rösch et al. 2003 |
| | Pomace | Rösch et al. 2004a |

Table 2 Chemical constituents of sea buckthorn (continued)

| Compound | Part | References |
|--|-------------|---|
| Quercetin 3- <i>O</i> -glucoside | Juice | Rösch et al. 2003 |
| Quercetin 3- <i>O</i> - β - <small>D</small> -glucopyranoside (isoquercitrin) | Leave | Mukhamed'yarova and Chumbalov 1977 |
| Quercetin 3-galactoglucoside | Leave | Mukhamed'yarova and Chumbalov 1977 |
| Quercetin 3-sophoroside-7-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Quercetin dirhamnosylglucoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Quercetin diglucosylrhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Quercetin 3-coumaroylglucosylglucoside-7-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Quercetin dimethyl ether 3-hydroxyferuloylglucosyl glucoside-7-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Quercetin dimethyl ether 3-caffeoylglucosylglucoside-7-rhamnoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Myricetin | Leave | Chumbalov et al. 1976 |
| Myricetin rutinoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Myricetin dimethyl ether rutinoside | Pomace | Rösch et al. 2004a |
| Flavon-3-ols | | |
| Catechin | Juice | Rösch et al. 2003 |
| | Branch | Yasukawa et al. 2009 |
| | seed | Fan et al. 2007 |
| | Pomace | Rösch et al. 2004b |
| Epicatechin | Juice | Rösch et al. 2003 |
| | Seed | Fan et al. 2007 |
| | Pomace | Rösch et al. 2004b |
| Gallocatechin | Branch | Yasukawa et al. 2009 |
| | Pomace | Rösch et al. 2004b |
| | Seed | Fan et al. 2007 |
| Epigallocatechin | Branch | Yasukawa et al. 2009 |
| | Pomace | Rösch et al. 2004b |
| | Seed | Fan et al. 2007 |
| Catechin(4 α -8)catechin | Seed | Fan et al. 2007 |
| Catechin(4 α -8)epicatechin | Seed | Fan et al. 2007 |
| Gallocatechin-(4 α -2)-phloroglucinol | Pomace | Rösch et al. 2004b |
| Catechin-(4 α -2)-phloroglucinol | Pomace | Rösch et al. 2004b |
| Epicatechin-(4 β -2)-phloroglucinol | Pomace | Rösch et al. 2004b |
| Phenolic acids | | |
| Gallic acid(3,4,5-trihydroxybenzoic acid) | Leave | Chumbalov et al. 1976 |
| | Juice | Rösch et al. 2003 |
| Protocatechuic acid(3,4-dihydroxybenzoic acid) | Juice | Rösch et al. 2003 |
| Tannins | | |
| 6- <i>O</i> -Galloyl-1,3- <i>O</i> -hexahydroxydiphenoyl- β - <small>D</small> -glucose(hipporhamninn) | Leave | Sheichenko et al. 1987 |
| Strictinin | Leave | Sheichenko et al. 1987; Yoshida et al. 1991 |
| Isostrictinin | Leave | Sheichenko et al. 1987; Yoshida et al. 1991 |
| Elaeagnatin A | Leave | Moilanen and Salminen 2008 |
| Pterocarinin A | Leave | Moilanen and Salminen 2008 |
| Hippophaenins A | Leave | Yoshida et al. 1991 |
| Hippophaenins B | Leave | Yoshida et al. 1991 |
| Stachyurin | Leave | Yoshida et al. 1991 |
| Casuarinin | Leave | Yoshida et al. 1991 |
| Casuarictin | Leave | Yoshida et al. 1991 |
| Pedunculagin | Leave | Yoshida et al. 1991 |
| Tocopherols | | |
| α -Tocopherol | Seed, Berry | Kallio et al. 2002b |
| β -Tocopherol | Seed, Berry | Kallio et al. 2002b |
| γ -Tocopherol | Seed, Berry | Kallio et al. 2002b |
| δ -Tocopherol | Seed, Berry | Kallio et al. 2002b |

Table 2 Chemical constituents of sea buckthorn (continued)

| Compound | Part | References |
|---|----------------------|--|
| α -Tocotrienol | Berry | Kallio et al. 2002b |
| β -Tocotrienol | Seed, Berry | Kallio et al. 2002b |
| γ -Tocotrienol | Berry | Kallio et al. 2002b |
| Carotenoids | | |
| β -Cryptoxanthin | Fruit | Ileana et al. 2007 |
| Lycopene | Fruit | Ileana et al. 2007 |
| γ -Carotene | Fruit | Ileana et al. 2007 |
| β -Carotene | Fruit | Ileana et al. 2007 |
| β -Cryptoxanthin esters | Fruit | Ileana et al. 2007 |
| Zeaxanthin | Fruit | Ileana et al. 2007; Weller and Breithaupt 2003 |
| Zeaxanthin esters | Fruit | Ileana et al. 2007; Weller and Breithaupt 2003 |
| Organic acids | | |
| Ascorbic acid | Berry Juice | Kallio et al. 2002a Rösch et al. 2003 |
| Lipids | | |
| Phosphatidylcholine | Fruit | Pintea et al. 2001 |
| Phosphatidylglycerol | Fruit | Pintea et al. 2001 |
| Phosphatidylethanolamine | Fruit | Pintea et al. 2001 |
| Digalactosyldiacylglycerol | Fruit | Pintea et al. 2001 |
| Monogalactosylacylglycerol | Fruit | Pintea et al. 2001 |
| Fatty acids | Seed oil, Berry oil | Yang and Kallio 2001 |
| | Fruit | Pintea et al. 2001; Kallio et al. 2002b; Zheng et al. 2009 |
| | Seed | Kallio et al. 2002b; Cakir 2004 |
| Sterols | Berry | Yang et al. 2001 |
| | Seed oil | Li et al. 2007 |
| | Branch bark | Yang et al. 2007 |
| Volatile compounds | Leave | Tian et al. 2004 |
| | Fruit | Cakir 2004 |
| Triterpenoids | | |
| 2- <i>O</i> - <i>Trans</i> - <i>p</i> -coumaroyl maslinic acid | Branch bark | Yang et al. 2007 |
| 2- <i>O</i> -Caffeoyl maslinic acid | Branch bark | Yang et al. 2007 |
| Oleanolic acid | Branch bark Fruit | Yang et al. 2007 Zheng et al. 2009 |
| 3- <i>O</i> - <i>Trans</i> - <i>p</i> -coumaroyl oleanolic acid | Branch bark | Yang et al. 2007 |
| 3- <i>O</i> -Caffeoyl oleanolic acid | Branch bark | Yang et al. 2007 |
| Ursolic acid | Branch Fruit | Yasukawa et al. 2009 Zheng et al. 2009 |
| 19- α -Hydroxyursolic acid | Fruit | Zheng et al. 2009 |
| Dulcic acid | Fruit | Zheng et al. 2009 |
| Carbohydrate | | |
| 2- <i>O</i> -Methyl- α - <i>chiro</i> -inositol(α -quebrachitol) | Berry | Kallio et al. 2009 |
| <i>Chiro</i> -inositol | Berry | Kallio et al. 2009 |
| <i>Myo</i> -inositol | Berry | Kallio et al. 2009 |

Isorhamnetin, kaempferol과 quereetin을 포함한 비타민나무의 flavonoid는 다양한 약리효과 (항산화(Lee et al. 2005), 세포독성 (Khatib et al. 2006), 항암 (Fu et al. 2004; Chen and Kang 2005; Niering et al. 2005) 및 reverse multi-drug resistance activity (Chung et al. 2005))가 밝혀졌다. 또한, 자외선이나 가시광선에 의해 발생하는 자유 라디칼로부터 식

물을 보호하며 (Takahama 1983), 항미생물 활성을 나타낸다 (Parr and Bolwell 2000). Quereetin은 생쥐의 폐에서 tyrosine kinase 활성을 억제하며 kaempferol은 tyrosine kinase 활성의 억제에 의해 혈소판 응집을 억제한다. Quereetin과 catechin의 결합은 콜라겐으로 유도된 혈소판 응집을 상승적으로 억제하였다 (Pignatelli et al. 2000). Epigallocatechin

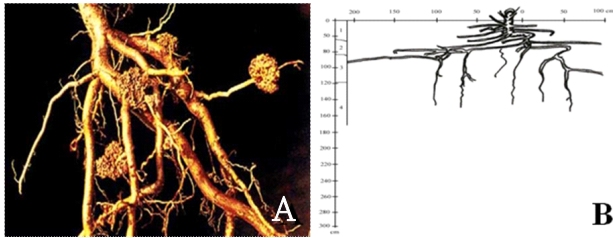


Fig. 4 Root system of sea buckthorn. Source for A: <http://alad.seesaa.net/article/39554728.html>, Source for B: Senkevich and Oloviannikova 1996

은 활성화된 대식세포에서 iNOS를 억제하는 것으로 알려졌다 (Yasukawa et al. 2009), 항암제로 알려진 (-)-epigallocatechin-3-gallate와 유사한 활성을 나타내었다 (Lin and Lin 1997). 또한 비타민나무 가지의 성분 중 하나인 2-O-cafferoyl maslinic acid는 활성화된 생쥐 대식세포에서 NO를 억제하였다 (Yang et al. 2007).

비타민나무 열매의 노랑, 오렌지, 빨강색은 cryptoxanthin, lycopene, γ -carotene, β -carotene, lutein, zeaxanthin과 같은 carotenoid에 기인한다 (Wenming 1991). Carotenoid는 친유성 색소로 식물 막에 존재한다. 그들은 광합성과 광 보호 기능을 가지며, 항산화, 항돌연변이 및 항암 활성과 같은 다양한 활성을 나타낸다 (Pintea et al. 2001).

열매와 종자의 tocopherol isomer (α , β , γ 와 δ -tocotrienol) 함량을 측정된 결과, 열매와 종자에서 β -tocotrienol이 가장 많이 함유되어 있으며, α -와 γ -tocotrienols은 열매에서만 약간 검출이 되었다 (Kallio et al. 2002b). 오일의 지방산 조성의 경우, 종자 오일에서는 linoleic (18:2n-6), α -linolenic (18:3n-3), oleic (18:1n-9) 및 palmitic (16:0) acids가 풍부한 반면, 열매 오일에서는 palmitic과 palmitoleic (16:1n-7) acids가 풍부하고 α -linolenic acid는 함량이 적었다 (Yang and Kallio 2001).

친환경 바이오 작물로서의 비타민나무

사막화의 영향을 받고 있는 토지의 면적은 47,734,280 km²로, 전 육지의 약 3분의 1에 해당하며 매년 약 60,000 km²의 토지가 사막화로 변하고 있어서 심각한 환경 문제를 야기시키고 있다. 이러한 사막화를 해결해 줄 수 있는 작물이 바로 비타민나무이다. 비타민나무는 내건·내서·내한·내염성이 뛰어난 뿐 아니라 빠른 성장력, 수평으로 퍼지는 강력한 뿌리 시스템 및 질소고정 균을 가지고 있다 (Fig. 4). 비타민나무가 가지는 강력한 뿌리 시스템은 근류 박테리아에 의한 질소 고정 능력에 의해 척박한 토양을 개량하고 토양 유실을 막으며 비료의 투입을 적게 하여 그로 인한 환경오염을 줄일 뿐 아니라 경제적 비용도 감소시킨다. 또한, 척박한 토양일지라도 그 위에 비타

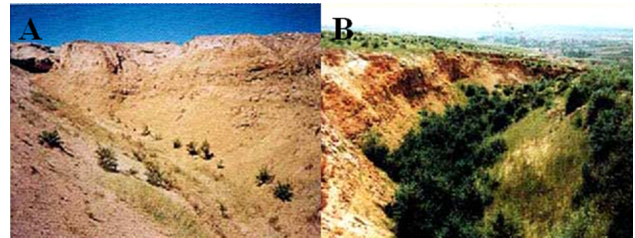


Fig. 5 Sea buckthorn is used for the prevention of the soil erosion and desertification. A: Two year old sea buckthorn trees, B: Four year old trees from the same region. Source for A and B: <http://www.sajihb.com/ryokka.html>

민나무가 생식하게 되면 뿌리가 잇따라 퍼지게 된다. 그 후, 대규모 숲을 이루게 되며 원래의 모습으로 복원하게 된다 (Fig. 5). Kallio 등 (2009)은 비타민나무가 건조 지대에서 잘 생육하는 것은 1-quebrachitol의 상대적으로 높은 함량으로 생육지에서 장기간의 건조에 대하여 견딜 수 있다고 하였다. 비타민나무에는 방선균의 일종인 후란키아 (Frankia) 균이 공생한다 (Fig. 4A). 방선균은 공기 중의 질소를 고정하는 능력을 가지고 있으며 이 능력 덕분에 척박한 토양에서도 살 수 있고, 토양을 비옥하게 하며 토양의 생태계를 좋게 만든다. 또한, 비타민나무는 광산 토사에 식재가 가능하여 오염된 광산 폐기물의 침식으로 생기는 오염을 줄여주며, 병해충에 저항성이 강하여 농약 사용을 억제함으로써 환경 오염을 감소시킨다. 한편, 네팔에서는 비타민나무가 땀감으로 사용되고 있으며, 이로 인한 다른 목재의 벌목을 줄여 준다. 보통 땀감을 얻기 위하여 숲에서 나무 가지를 자르는데, 이것은 숲의 파괴와 토양 유실을 야기시켰다. 하지만 비타민나무의 빠른 성장으로 천연 산림의 벌목을 줄일 수 있게 되었다 (Small et al. 2002).

결론

비타민나무는 그들의 영양학적·약학적 가치 때문에 전세계적으로 많은 과학자들로부터 관심을 받아왔다. 주로 의약품 및 화장품용을 제조하기 위하여 오일을 사용하며, 열매를 이용하여 건강 보조식품을 비롯한 음료, 잼, 식초, 비누, 샴푸, 과자, 아이스크림 등을 만든다. 잎은 차제품, 식료 첨가물과 사료로, 줄기는 땀감 및 버섯 배양목으로 이용이 된다. 또한, 지금까지 수많은 과학자들에 의해 다양한 약리효과 (항비만, 항산화, 항미생물, 항암, 궤양 유발 억제, 항염증, 간 보호, 피부 보호 및 방사선 방호)가 밝혀졌으며, 아메리카와 유라시아에서 가장 인기 좋은 기능성 식품으로 인식되고 있다.

비타민 나무는 친환경 작물로서 각광을 받고 있다. 지구 온난화로 인한 사막화를 방지할 수 있으며, -43°C에서

40°C의 온도에서도 재배 가능하여 앞으로 재배 면적이 늘어날 것으로 보인다. 특유의 강한 생명력과 빠른 생장은 우리 주위의 녹화 사업 및 불모지의 토양 개량에도 일익을 담당하게 되리라 생각된다.

녹화 사업을 위한 재식도 중요하겠지만, 그 부산물에 의한 경제적인 이익이 창출된다면 지금보다 더 많은 지역에서 비타민나무를 볼 수 있을 것이다. 지금까지 수 많은 연구자들에 의하여 연구되어 왔으며, 지금도 세계 곳곳에서 다양한 연구가 진행되고 있다. 지금까지 알려진 약리효과 이외에도 많은 효능이 있을 것으로 생각되며, 앞으로 비타민 나무의 실용성에 대한 보다 많은 연구가 필요할 것이다.

사 사

본 연구는 산학연협력 기업부설 연구소 지원사업 (과제명: 비타민나무의 유용성분 탐색 및 기능성 제품 개발) 및 강원대학교 한방바이오 연구소의 지원에 의해 이루어진 연구결과로 이에 감사사를 드립니다.

인용문헌

- Bat S, Tannert U (1993) Sanddornöle - ein neues Lipid für die Kosmetik. SÖFW 119: 29-31
- Cakir A (2004) Essential oil and fatty acid composition of the fruits of *Hippophae rhamnoides* L. (sea buckthorn) and *Myrtus communis* L. from Turkey. Biochem Syst Ecol 32:809-816
- Chen YD, Jiang ZR, Qin WL, Ni MN, Li XL, He YR (1990) Research on the chemical composition and characteristics of sea buckthorn berry and its oil. Chem Ind For Prod 10:163-175 (in Chinese)
- Chen J, Kang JH (2005) Quercetin and trichostatin. A cooperatively kill human leukemia cells. Pharmazie 60:856-860
- Cheng J, Kondo K, Suzuki Y, Ikeda Y, Meng X, Umemura K (2003) Inhibitory effects of total flavones of *Hippophae rhamnoides* L. on thrombosis in mouse femoral artery and in vitro platelet aggregation. Life Sci 72:2263-2271
- Chumbalov TK, Mukhamed'yarova MM, Polyakov VV (1976) Polyphenols from the leaves of *Hippophae rhamnoides*. Chem Nat Compd 12:597-597
- Chung SY, Sung MK, Kim NH, Jang JO, Go EJ, Lee HJ (2005) Inhibition of P-glycoprotein by natural products in human breast cancer cells. Arch Pharm Res 28:823-828
- Eccleston C, Baoru Y, Tahvonen R, Kallio H, Rimbach GH, Minihane AM (2002) Effect of an antioxidant rich juice (sea buckthorn) on risk factors for coronary heart disease in humans. J Nutr Biochem 13:346-354
- Fan J, Ding X, Gu W (2007) Radical-scavenging proanthocyanidins from sea buckthorn seed. Food Chem 102:168-177
- Fu Q, Yang Q, Yang G (1993) Analysis of alpha-tocopherol contents in sea-buckthorn oil by reversed phase-high performance liquid chromatography. J Xi'an Med Univ 14:181-183
- Fu Y, Hsieh TC, Guo J, Kunicki J, Lee MY, Darzynkiewicz Z, Wu JM (2004) Licochalcone-A, a novel flavonoid isolated from licorice root (*Glycyrrhiza glabra*), causes G2 and late-G1 arrests in androgen independent PC-3 prostate cancer cells. Biochem Biophys Res Commun 322:263-270
- Ganju L, Padwad Y, Singh R, Karan D, Chanda S, Chopra MK, Bhatnagar P, Kashyap R, Sawhney RC (2005) Anti-inflammatory activity of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) leaves. Int Immunopharmacol 5:1675-1684
- Gao X, Ohlander M, Jeppsson N, Bjork L, Trajkovski V (2000) Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) during maturation. J Agric Food Chem 48:1485-1490
- Geetha S, Sai RM, Mongia SS, Singh V, Ilavazhagan G, Sawhney RC (2003) Evaluation of antioxidant activity of leaf extract of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) on chromium (VI) induced oxidative stress in albino rats. J Ethnopharmacol 87:247-251
- Geetha S, Sai RM, Singh V, Ilavazhagan G, Sawhney RC (2002) Anti-oxidant and immunomodulatory properties of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) - an in vitro study. J Ethnopharmacol 79:373-378
- Goel HC, Gupta D, Gupta S, Garg AP, Bala M (2005) Protection of mitochondrial system of *Hippophae rhamnoides* L. against radiation induced oxidative damage in mice. J Pharm Pharmacol 57:135-143
- Goel HC, Prasad J, Singh S, Sagar RK, Kumar IP, Sinha AK (2002) Radioprotection by a herbal preparation of *Hippophae rhamnoides*, RH-3 against whole body lethal irradiation in mice. Phytomedicine 9:15-25
- Gupta A, Kumar R, Pal K, Banerjee PK, Sawhney RC (2005) A preclinical study of the effects of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaf extract on cutaneous wound healing in albino rats. Int J Low Extrem Wounds 4:88-92
- Hsu YW, Tsai CF, Chen WK, Lu FJ (2009) Protective effects of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed oil against carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in mice. Food Chem Toxicol 47:2281-2288
- Ileana M, Andrea B, Zahan M, Miclea V (2007) The isolation, analysis and testing of sea buckthorn carotenoids on murine macrophage cultures. Lucrări științifice Zootehnie și Biotehnologii 40:140-145
- Jiang Z, Qian D, Chou S (1989) An experimental study of *Hippophaerhamnoides* seed oil against gastric ulcer. Proc Int Symp Sea Buckthorn 401-402
- Kallio H, Lassila M, Järvenpää E, Haraldsson GG, Jonsdottir S, Yang B (2009) Inositols and methylinositols in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) berries. J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci 877:1426-1432
- Kallio H, Yang B, Peippo P (2002a) Effects of different origins and harvesting time on vitamin C, tocopherols, and tocotrienols in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) berries. J Agric Food

- Chem 50:6136-6142
- Kallio H, Yang B, Peippo P, Tahvonon R, Pan R (2002b) Triacylglycerols, glycerophospholipids, tocopherols, and tocotrienols in berries and seeds of two subspecies (ssp. *sinensis* and *mongolica*) of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*). J Agric Food Chem 50:3004-3009
- Kawecki Z, Szalkiewicz M, Bieniek A (2004) The common sea buckthorn—a valuable fruit. J Fruit Ornamental Plant Res 12:183-193
- Khatab AM, Haggag EG, Grace MH (2006) Cytotoxic investigation of *Cynara sibirica*. Asian J Chem 18:423-431
- Lebedeva L, Rachmov I, Kchaidarov K (1989) Screening investigation of the antiinflammation activity of sea buckthorn oil. Proc Int Symp Sea Buckthorn 398-399
- Lee ER, Kang YJ, Kim JH, Lee HT, Cho SG (2005) Modulation of apoptosis in HaCaT keratinocytes via differential regulation of ERK signaling pathway by flavonoids. J Biol Chem 280: 31498-31507
- Li TSC, Beveridge THJ (2003) Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): production and utilization. NRC Research Press. Ottawa
- Li TSC, Beveridge THJ, Drover, JCG (2007) Phytosterol content of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed oil: Extraction and identification. Food Chem 101:1633-1639
- Li TSC, Schroeder WR (1996) Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): A multipurpose plant. Hort Technology 6:370-380
- Lin YL, Lin JK (1997) (-)-Epigallocatechin-3-gallate blocks the induction of nitric oxide synthase by down-regulating ipopolysaccharide-induced activity of transcription factor nuclear factor- κ B. Mol Pharmacol 52:465-472
- Liu C, Xu J, Ye CQ, Huang C (2006) Effects and comparison of seed oil and sarcocarp oil of *Hippophae rhamnoides* on rats with experimental hepatocirrhosis. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi 31:1100-1102 (in Chinese)
- Lu R (1992) Seabuckthorn: A multipurpose plant species for fragile mountains. ICIMOD Publication Unit. Katmandu
- McCance RA, Lawrence RD (1933) An investigation of quebrachitol as a sweetening agent for diabetics. Biochem J 27: 986-989
- Moilanen J, Salminen JP (2008) Ecologically neglected tannins and their biologically relevant activity: chemical structures of plant ellagitannins reveal their in vitro oxidative activity at high pH. Chemoecology 18:73- 83
- Mukhamed'yarova MM, Chumbalov TK (1977) Polyphenols of the leaves of *Hippophae rhamnoides* II. Chem Nat Compd 13:243-243
- Nakamura Y, Watanabe S, Miyake N, Kohno H, Osawa T (2003) Dihydrochalcones: evaluation as novel radical scavenging antioxidants. J Agric Food Chem 51:3309-3312
- Negi PS, Chauhan AS, Sadia GA, Rohinishree YS, Ramteke RS (2005) Antioxidant and antibacterial activities of various sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed extracts. Food Chem 92:119-124
- Niering P, Michels G, Watjen W, Ohler S, Steffan B, Chovolou Y, Kampkötter A, Proksch P, Kahl R (2005) Protective and detrimental effects of kaempferol in rat H4IIE cells: implication of oxidative stress and apoptosis. Toxicol Appl Pharmacol 209:114-122
- Nishi S, Saito Y, Koaze H, Hironaka K, Kojima M (2007) Anti-obesity effects of seaberry (*Hippophae rhamnoides*) leaf polyphenols (SBLPP) in male mice fed a high-fat diet. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 54:477-481
- Parr AJ, Bolwell GP (2000) Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile. J Sci Food Agric 80:895-1012
- Pignatelli P, Pulcinelli FM, Celestini A, Lenti L, Ghiselli A, Gazzaniga PP, Violi F (2000) The flavonoids quercetin and catechin synergistically inhibit platelet function by antagonizing the intracellular production of hydrogen peroxide. Am J Clin Nutr 72:1150-1155
- Pintea A, Marpeau A, Faye M, Socaciu C, Gleizes M (2001) Polar lipid and fatty acid distribution in carotenolipoprotein complexes extracted from sea buckthorn fruits. Phytochem Anal 12:293-298
- Puupponen-Pimla R, Nohynek L, Meier C, Kahkonen M, Heinonen M, Hopia A, Oksman-Caldentey KM (2001) Antimicrobial properties of phenolic compounds from berries. J Appl Microbiol 90:494-507
- Quirin KW, Gerard D (1993) Sanddornlipide - Interessante wirkstoffe für die kosmetik. Parf Kosmet 10:618-625
- Robards K, Prenzler PD, Tucker G, Swatsitang P, Glover W (1999) Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. Food Chem 4:401-436
- Rösch D, Bergmann M, Knorr D, Kroh LW (2003) Structure-antioxidant efficiency relationships of phenolic compounds and their contribution to the antioxidant activity of sea buckthorn juice. J Agric Food Chem 51:4233-4239
- Rösch D, Krumbein A, Mügge C, Kroh LW (2004a) Structural investigations of flavonol glycosides from sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) pomace by NMR spectroscopy and HPLC-ESI-MSn. J Agric Food Chem 52:4039-4046
- Rösch D, Mügge C, Fogliano V, Kroh LW (2004b) Antioxidant oligomeric proanthocyanidins from sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) Pomace. J Agric Food Chem 52:6712-6718
- Rousi A (1971) The genus *Hippophae* L. A taxonomic study. Ann Bot Fenn 8:177-227
- Sabir SM, Maqsood H, Ahmed SD, Shah AH, Khan MQ (2005) Chemical and nutritional constituents of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica*) berries from Pakistan. Ital J Food Sci 17:455-462
- Schadenböck W (1993) Asiatisches Sanddornöl: Oblepichanol - Ein "Neuentdecker" Kosmetikrohstoff mit Wirkung. SÖFW 119:635-638
- Senkevich N, Oloviannikova I (1996) Introduction of woody plants in Northern Caspian Semidesert. Moscow. pp.180(in Russian)
- Sheichenko OP, Sheichenko VI, Fadeeva II, Zolotarev BM, Tolkachev ON (1987) Tannins from leaves of *Hippophaë*

- rhamnoides*. Chem Natl Compd 23:756-760
- Small E, Catling PM, Li TSC (2002) Blossoming treasures of biodiversity: 5. sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) an ancient crop with modern virtues. Biodiversity 3:25-27
- Suleyman H, Demirezer LO, Buyukokuroglu ME, Akcay MF, Gepdiremen A, Banoglu ZN, Gocer F (2001) Antiulcerogenic effect of *Hippophae rhamnoides* L. Phytother Res 15:625-627
- Suleyman H, Gumustekin K, Taysi S, Keles S, Oztasan N, Aksas O, Altinkaynak K, Timur H, Akcay F, Akar S, Dane S, Gul M (2002) Beneficial effects of *Hippophae rhamnoides* L. on nicotine induced oxidative stress in rat blood compared with vitamin E. Biol Pharm Bull 25:1133-1136
- Takahama U (1983) Suppression of lipid photooxidation by quercetin and its glycosides in spinach chloroplasts. Photochem Photobiol 38:363-367
- Tian C, Nan P, Chen J, Zhong Y (2004) Volatile composition of Chinese *Hippophae rhamnoides* and its chemotaxonomic implications. Biochem Syst Ecol 32:431-441
- Tiitinen KM, Yang B, Haraldsson GG, Jonsdottir S, Kallio HP (2006) Fast analysis of sugars, fruit acids, and Vitamin C in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) varieties. J Agric Food Chem 54:2508-2513
- Upadhyay NK, Kumar R, Mandotra SK, Meena RN, Siddiqui MS, Sawhney RC, Gupta A (2009a) Safety and healing efficacy of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed oil on burn wounds in rats. Food Chem Toxicol 47:1146-1153
- Upadhyay NK, Kumar R, Siddiqui MS, Gupta A (2009b) Mechanism of wound-healing activity of *Hippophae rhamnoides* L. leaf extract in experimental burns. Evid Based Complement Alternat Med eCAM:nep189v1-nep189
- Weller P, Breithaupt DE (2003) Identification and quantification of zeaxanthin esters in plants using liquid chromatography-mass spectrometry. J Agric Food Chem 51:7044-7049
- Wenming H (1991) Results of analyses and the toxicity tests on sea buckthorn fruit residual oil. Sea buckthorn 4:35-37
- Xing J, Yang B, Dong Y, Wang B, Wang J, Kallio HP (2002) Effects of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed and pulp oils on experimental models of gastric ulcer in rats. Fitoterapia 73:644-650
- Yang B, Kalimo KO, Mattila LM, Kallio SE, Katajisto JK, Peltola OJM, Kallio HP (1999) Effects of dietary supplementation with sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) seed and pulp oils on atopic dermatitis. J Nutr Biochem 10:622-630
- Yang B, Kalimo K, Tahvonen R, Mattila L, Katajisto J, Kallio H (2000) Effects of dietary supplementation with sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) seed and pulp oils on the fatty acid composition of skin glycerophospholipids of patients with atopic dermatitis. J Nutr Biochem 11:338-340
- Yang B, Kallio HP (2001) Fatty acid composition of lipids in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries of different origins. J Agric Food Chem 49:1939-1947
- Yang B, Kallio HP (2002a) Effects of harvesting time on triacylglycerols and glycerophospholipids of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries of different origins. J Food Comp Anal 15:143-157
- Yang B, Kallio H (2002b) Composition and physiological effects of sea buckthorn (*Hippophae*) lipids. Trends Food Sci Technol 13:160-167
- Yang B, Kallio H, Judin VP, Korteniemi VM (2009) Extract with high amount of quebrachitol and its use. Int Patent NO. WO /2009/125071
- Yang B, Karlsson RM, Oksman PH, Kallio HP (2001) Phytosterols in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries: identification and effects of different origins and harvesting times. J Agric Food Chem 49:5620-5629
- Yang F, Quan J, Zhang TY, Ho Y (1998) Multidimensional counter-current chromatographic system and its application. J Chromatogr A 803:298-301
- Yang ZG, Li HR, Wang LY, Li YH, Lu SG, Wen XF, Wang J, Daikonya A, Kitanaka S (2007) Triterpenoids from *Hippophae rhamnoides* L. and their nitric oxide production-inhibitory and DPPH radical-scavenging activities. Chem Pharm Bull 55:15-18
- Yao Y, Tigerstedt P (1992) Variation of vitamin C concentration between and within natural sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) populations. Acta Agric Scand 42:12-17
- Yasukawa K, Kitanaka S, Kawata K, Goto K (2009) Anti-tumor promoters phenolics and triterpenoid from *Hippophae rhamnoides*. Fitoterapia 80:164-167
- Yoshida T, Tanaka K, Chen XM, Okuda T (1991) Tannins from *Hippophae rhamnoides*. Phytochemistry 30:663-666
- Zhang W, Zhao J, Wang J, Pang X, Zhuang X, Zhu X, Qu W (2009) Hypoglycemic effect of aqueous extract of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed residues in streptozotocin-induced diabetic rats. Phytother Res 24:228-232
- Zheng RX, Xu XD, Tian Z, Yang JS (2009) Chemical constituents from the fruits of *Hippophae rhamnoides*. Nat Prod Res 23:1451-1456