

서귀포 백년초의 기능성 원료 제조 특성

권진홍 · 김태영 · 김제국* · 김재용[†]

충북대학교 환경공학과, *제주 백년초 박물관
(2017년 2월 15일 접수, 2017년 2월 21일 심사, 2017년 2월 22일 채택)

Characteristics of *Opuntia monacantha* Haw. for the Functional Raw Material Production

Jin-Hong Kwon, Tae-Young Kim, Je-Kuk Kim*, and Jae-Yong Kim[†]

Department of Environmental Engineering, Chungbuk National University, Chungcheongbuk-do 28644, Korea

*Jeju Opuntia Museum, Jeju-do 63571, Korea

(Received February 15, 2017; Revised February 21, 2017; Accepted February 22, 2017)

초 록

백년초(*Opuntia*) 손바닥 선인장은 우리나라 남쪽 지방인 거제도, 제주도, 남해안 등지에서 자생하며 매년 4~5월경에 꽃이 피고 11~12월경에 자주색 열매가 익는다. 백년초는 예로부터 민간요법에 흔히 사용되었으며 혈액순환을 원활하게 하고 해독, 진통, 항산화 작용 등에 큰 효과가 있다. 본 연구에서는 서귀포 백년초의 항산화성 기능, 항당뇨, 항균 활성 효능을 입증하여 기능성 원료로서의 가치를 파악하고자 하였다. 연구 결과 백년초 내 항산화성을 갖는 물질인 택시폴린을 추출하여 강력한 항산화 효과를 확인하였고 항당뇨성 기능 실험에서 시판되고 있는 당뇨치료제와 비교하였을 때 높은 수준의 항당뇨 기능을 확인하였다. 또한 항균 효과 측정 결과 대장균과 살모넬라균 등에서 강한 항균활성을 보여 서귀포 백년초의 기능성 원료로서의 우수한 가치를 입증하였다.

Abstract

Opuntia cactus grows in the southern part of Korea, Geoje Island, Jeju Island, and South Coast. The flowers bloom around April to May of each year, and purple berries ripen around November to December. It has been widely used in home medicine since ancient times and it has great effects on blood circulation, detoxification, analgesia and antioxidant activity. In this study, we tried to demonstrate antioxidant, antidiabetic and antimicrobial activities of *Opuntia monacantha* Haw., and also grasp the value as a functional raw material. As a result, a strong antioxidative effect was confirmed by extracting taxifolin which is an antioxidative substance in *Opuntia monacantha* Haw. In the antidiabetic function test, a high level of antidiabetic function was confirmed when compared to that of using a commercially available diabetic drug. In addition, as a result of the antimicrobial effect measurement, it showed a strong antimicrobial activity on *E.coli* and Salmonella, and proved the excellent value of *Opuntia manacantha* Haw. as a functional ingredient.

Keywords: *Opuntia monacantha* Haw., Functionality material, Taxifolin, Antioxidation

1. 서 론

최근 현대사회는 국민들의 소득수준 향상과 신문, 뉴스 등 다양한 미디어 매체를 통해 무수히 많은 건강 관련 정보를 얻게 되어 건강기능식품에 대한 관심과 수요가 증가하고 있다. 또한 생활의 변화로 성인병이라 불리는 뇌졸중, 동맥경화증, 고혈압, 암, 당뇨병 등 만성퇴행성 질환의 발병률이 높아지고 있다. 이러한 질병은 특히 육류와 지방, 정제 가공식품, 식품첨가물의 과다섭취 등 좋지 않은 생활습관이 주요 원인인 것으로 알려져 최근 식물성 식품을 선호하는 경향이 높아지고 있고 건강기능식품의 일종으로 각종 식물 추출액의 생리기능

성 연구가 이루어지고 있다[1]. 이러한 식생활에 의한 만성질환의 예방과 국민건강증진에 있어 건강기능성 식품의 역할이 과학적으로 밝혀지면서 미국, 일본, 중국 등의 선진국에서는 국민건강증진과 국민의료비절감을 위해 국가차원에서 건강기능식품에 관한 특별법을 제정하여 비타민, 미네랄 등의 건강기능식품의 품목을 확대하고, 기능성 표시에 관한 과학적 기준을 마련하는 등 건강기능식품에 대한 정책 및 연구개발에 적극적인 지원을 하고 있다[2].

백년초(*Opuntia*)는 부채 선인장과의 속하며 형태에 따라 구분하면 부채과 선인장류로 *Opuntia* 속으로 구분된다. 사람 손바닥을 닮았다는 뜻으로 손바닥 선인장이라 불리는데 매년 4~5월경에 꽃이 피고 11~12월경에 자주색 열매가 익는다. 우리나라 남쪽 지방인 거제도, 제주도, 남해안 등지에서 재배되는 손바닥 선인장은 부채 선인장 중에서도 키가 작고 생명력이 강하며 재배하기가 용이[3,4]하다. 백년초에는 노화억제와 항암효과 및 항 돌연변이 효과가 있는 페놀성 물질(Phenolic)과 플라보노이드(Flavonoid)가 5% 정도 함유되어 있고 자양

[†] Corresponding Author: Chungbuk National University,
Department of Environmental Engineering, Chungcheongbuk-do 28644, Korea
Tel: +82-43-261-2471 e-mail: jykim4@korea.com



Figure 1. Form of *Opuntia monacantha* Haw. (about 300 years old).

강장제 기능을 하는 여러 무기질과 아미노산이 함유되어 있으며[5], 중약대사전에는 기관지 천식, 폐질환, 위염, 변비, 장염, 신장염, 고혈압, 당뇨, 심장병, 신경통, 관절염 등에 효능이 있는 것으로 나타나 있다. 백년초 추출물에서 Radical 소거능을 비롯한 강력한 항산화 활성과 더불어 항균 효과를 보여주었으며 Taxifolin과 같은 플라보노이드 화합물이 분포하는 것으로 보고되었고[6], 또한 생리활성효과가 월등하고 면역 활성 물질을 다량 함유한 약초식물이며, 농약과 비료, 제조제의 사용 없이 생산되어 웰빙에 적합한 식물이다[7]. 백년초는 이외에도 탄수화물, 아미노산, 비타민, 칼슘 등이 함유되어 있으며, 특히 칼슘이 식물성 식품으로는 상당히 많이 함유되어 있다[8]. 최근에는 기능성 물질로 제조명되고 있어 치약, 비누, 화장품 등 여러 상용화 제품들이 개발되어 나오고 있다[9]. 이처럼 유용한 성분과 점질물을 다량 함유하는 백년초는 최근 기능성 식품으로 주목받으며 생산과 상품화에 대한 관심이 늘어나고 있지만 그 소비량은 기대에 못 미치는 실정이다. 본 연구에서 사용된 백년초(*Opuntia monacantha* Haw.)는 30여 년 전부터 제주 백년초 박물관에서 꾸준히 보존해온 서귀포 백년초(Figure 1)를 사용하여 실험하였다. 흔히 시중에서 판매되고 있는 백년초는 멕시코를 원산지로 하는 다육선인장을 백년초 이름을 도용하여 판매하는 것으로 전형적인 백년초가 아니라 할 수 있다[10,11]. 본 연구에서는 서귀포 백년초의 항산화성 기능, 항당뇨, 항균 활성 효능을 입증하고자 하였고 기능성 원료로서의 가치를 파악하고자 하였다.

2. 실험 방법

2.1. 실험 재료

본 실험에 사용된 백년초(*Opuntia monacantha* Haw.)는 제주도 서귀포시 소재 ‘백년초 박물관’에서 재배하고 있는 것으로, 시중에서 흔히 유통되고 있는 멕시코산 백년초가 아닌 우리나라 토종 서귀포 백년초를 이용해 실험하였다. 본 실험은 서귀포 백년초가 갖는 우수한 효능을 심층적으로 분석하기 위해 항산화물질인 Taxifolin을 추출하였고 항당뇨성 기능, 항균 기능을 밝혀 기능성 원료로서의 특성을 살펴보고자 하였다.

2.2. 백년초 추출

백년초 추출액을 얻기 위한 전처리 과정으로 냉각·건조한 백년초 줄기를 70% 에틸알코올로 추출 및 분획하였다. 이후 농축하여 물로 용해시킨 후 Carbon tetrachloride 용매를 가해 유지 성분을 추출하였다. 수층을 분리하여 다시 Chloroform 용액을 가해 상층액(수층)을 취했다. 이 용액에 Ethyl Acetate를 가한 후 HPLC로 추출액을 분리·정

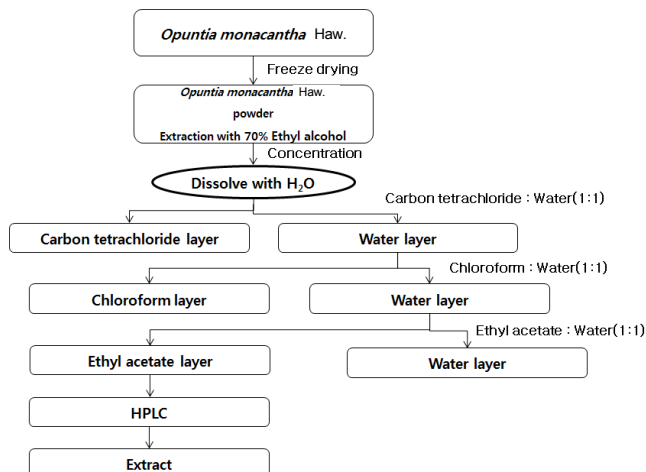


Figure 2. Flow diagram of solvent fractionation of the 70% ethyl alcohol extract prepared from *Opuntia monacantha* Haw.

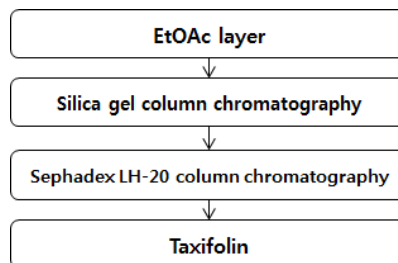


Figure 3. Flow diagram of extract Taxifolin.

제하였다. 분석용 컬럼은 Polaris5 (4.6 mm × 250, 180 Å C18-A)를 사용하였다. Figure 2에 백년초 추출액을 얻기 위한 모식도를 나타냈다.

2.3. Taxifolin 추출

Taxifolin은 강력한 항산화작용을 하는 수용성 플라보노이드로 소나무 껍질 외에 딸기, 포도 껍질, 크랜베리 등에 함유되어 있고 화장품, 제약 등에 사용된다. 백년초 내 택시폴린 성분을 추출하기 위해 Figure 2에 제시된 Ethyl Acetate (EtOAc) layer에서 HPLC를 이용하여 Taxifolin을 분리하였다. 분석용 컬럼은 Polaris5 (4.6 mm × 250, 180 Å C18-A)를 사용하였다. Taxifolin의 분리는 표준액을 미리 분석하고 동일한 시간대에서 용출되는 분획을 Fraction collector를 이용하여 분리하였다. 표준액은 Taxifolin을 1 mM의 농도가 되도록 methanol로 희석한 것을 표준액으로 하였다. Figure 3에 Taxifolin 추출 과정을 간단하게 나타내었다. 또한 NMR 분석을 통해 택시폴린 추출 물질을 확인하였다.

2.3.1. Taxifolin의 항산화성 분석

백년초의 항산화효과를 측정하기 위해 DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl)에 의한 자유 라디칼 소거능 실험을 통해 측정하였다. DPPH는 보라색을 띠는 물질로 515~520 nm 정도에서 최대 흡광도를 갖고, 항산화 작용을 하는 물질과 만나면 전자를 내주면서 라디칼이 소멸되어 노란색으로 변하게 된다. 이를 이용해 흡광도계로 흡광도의 차이를 얻어 항산화성을 분석한다. 실험은 백년초의 줄기를 이용해 측정하였으며 측정 방법은 0.1 mL의 Taxifolin을 다양한 농도로 준비하여 2.5 mL의 에탄올을 혼합하였다. 다시 0.2 mM의 DPPH 용액을

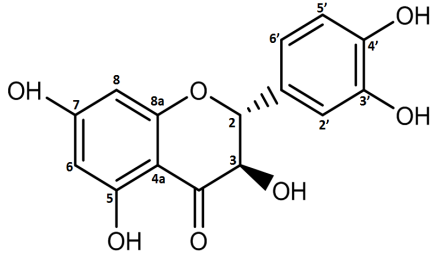
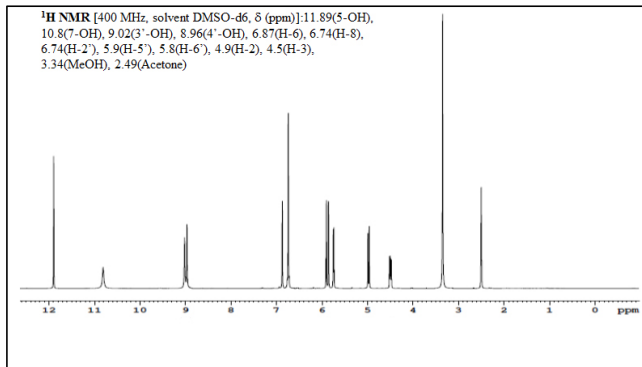
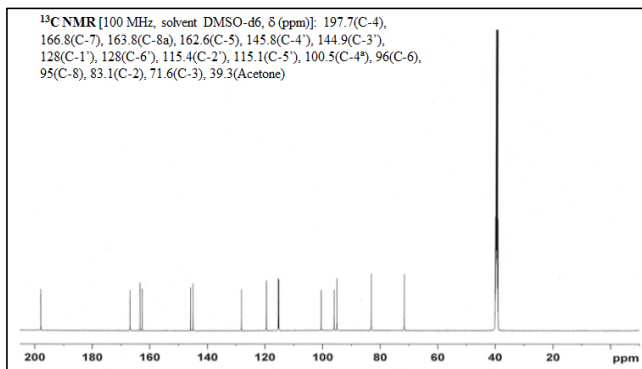


Figure 4. Structure of Taxifolin.



(a)



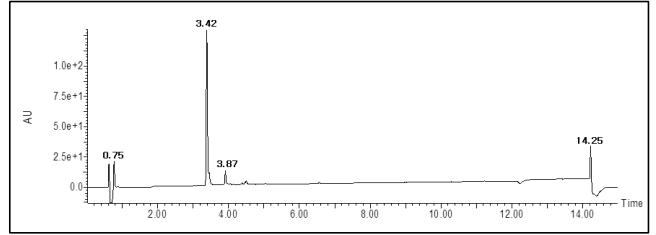
(b)

Figure 5. ¹H-NMR(a) , ¹³C- NMR(b) spectrum of Taxifolin.

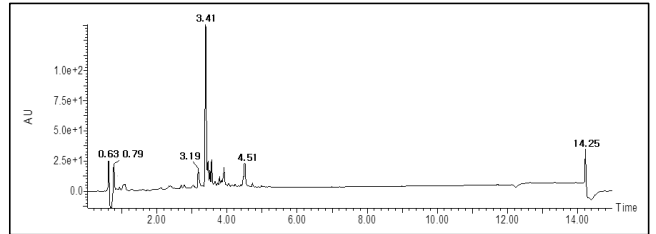
0.5 mL를 첨가하여 1 h 동안 반응시켜 주었다. 반응 후 흡광광도계를 이용하여 520 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 대조군으로 아스코르브산을 사용하였고 공 시료는 메탄올을 사용하였다. DPPH 라디칼 소거능은 50%를 저해하는 IC₅₀ 값으로 전환하여 나타냈다.

2.4. 백년초 추출액 항당뇨성 성능

백년초 선인장 줄기 추출물의 항당뇨 효과를 분석하기 위해 α-Amylase 저해활성을 측정하였다. α-Amylase는 탄수화물의 α-D-(1,4)-glucan 결합을 분해하는 효소로서 α-Amylase와의 저해활성은 혈당수치 상승억제의 지표로서 사용된다. α-Amylase 저해활성 측정은 Figure 2에서 추출한 백년초 줄기 추출물의 분획물, 1,000 µg/mL에 타액 효소액 α-Amylase (5 unit/mL, in 50 mM potassium phosphate buffer) 1,000 µg/mL와 혼합하여 상온에서 10 min간 보온 후 기질 용액인 1% 녹말을 1,000 µg/mL 넣어 교반하여 상온에서 5 min간 반응시켰다. 반응 후 3,5-Dinitrosalicylic acid용액 1.5 mL를 넣고 100 °C에서 5 min간 끓여 발색을 시킨 후 냉각한 뒤 UV Spectrophotometer로 550



(a) Taxifolin standard



(b) Stem extract Taxifolin

Figure 6. (a) HPLC profile of Taxifolin (b) HPLC chromatogram of the ethyl acetate fraction from *Opuntia monacantha* Haw. extract.

nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 활성 비교를 위하여 대조군으로 Acarbose를 사용하였다.

2.5. 백년초 추출액 항균 활성 측정

항균 활성 측정은 KS K 0692의 방법에 따라 측정하였다. 백년초 추출물의 항균력을 측정하기 위하여 한천 1.5%가 함유되어 있는 배지를 페트리 접시의 밑면에 얇게 펴고 그 위에 다시 0.7%의 한천이 함유된 배지를 가하여 2중 평판배지를 만든 후 각 균주를 평판배지에 도말하였다. 균주는 총 5가지 균(*Streptococcus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *E.coli*, *Salmonella enteritidis*, *Bacillus subtilis*)을 선정하여 실험하였다. 여지 disc에 백년초 추출물 100 mg을 가한 후 균주가 도말된 배지에 올려놓고 각 37 °C에서 24 h 배양하여 나타나는 Clear zone (mm)을 측정해 항균 성능을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. Taxifolin 추출

Taxifolin 표준액과 같은 시간대에서 백년초 줄기 추출물을 분획하였고, 표준용액과 백년초 추출물의 동일한 시간대 spectrum을 측정하였을 때 거의 똑같은 패턴의 spectrum을 나타내었다. 이러한 방법으로 백년초 건조분말 100 g에서 54.5 mg의 Taxifolin을 얻을 수 있었다. Figure 4에 Taxifolin의 구조를 나타내었고, Figure 5에 백년초 건조분말에서 추출한 Taxifolin의 ¹H NMR, ¹³C NMR 분석결과를 나타내었다. ¹H NMR 분석결과 Taxifolin 편비에 중요한 5-OH, 7-OH, 3'-OH, 4'-OH 등을 확인할 수 있다. 또한 Figure 6에 Taxifolin 표준액의 spectrum (a)과 백년초 추출 시료의 spectrum (b)을 나타내어 비교한 결과 동일한 성분임을 재차 확인할 수 있다.

3.1.1. Taxifolin의 항산화성 분석

Figure 7는 백년초 잎의 항산화 활성을 측정한 결과이다. 항산화 활성은 IC₅₀ 값으로 나타내었다. 대조군으로 사용된 Ascorbic acid의 경우 56.74 µg/mL로 측정되었고 백년초 잎 추출물의 항산화 활성은

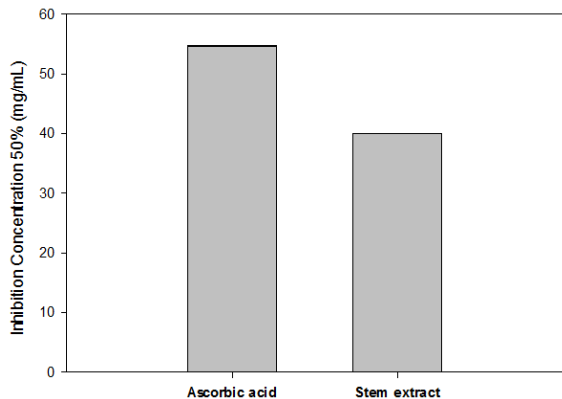


Figure 7. Anti-oxidative activity of methanol extracts stem of *Opuntia monacantha* Haw.

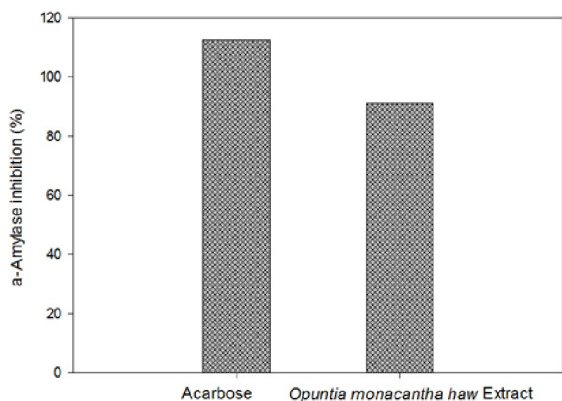


Figure 8. α -Amylase inhibitory activity of Extract of *Opuntia monacantha* Haw. and Acarbose.

39.95 $\mu\text{g/mL}$ 로 측정되어 대조군보다 높은 효과를 보였다. 이는 Free radical을 50% 저해하는데 필요한 농도가 백년초 내 Taxifolin의 39.95 $\mu\text{g/mL}$ 가 비해 Ascorbic acid의 56.74 $\mu\text{g/mL}$ 보다 낮아 Ascorbic acid보다 더 낮은 농도에서 Free radical을 저해할 수 있는 것으로 보인다. 이는 Ascorbic acid가 갖는 항산화 성능과 비교하였을 때 Taxifolin의 항산화 성능이 우수함 나타내고 이와 같은 항산화 효능은 시중에 판매되고 있는 항산화 식품보다 훨씬 뛰어나며 서귀포 백년초가 갖는 고유의 천연 항산화 물질이라 할 수 있다.

3.2. 백년초 추출물의 항당뇨 효과

식품의 탄수화물은 α -Amylase에 의해 흡수되기 쉬운 형태의 당으로 분해되어 쓰이기 때문에 사람, 미생물, 동물 등의 탄수화물 대사에 필수적인 효소이다. α -Amylase 저해제는 소장에서 전분의 소화를 저해하여 포도당의 흡수를 지연시킴으로써 혈당을 조절하는 장점이 있다. 백년초 줄기의 용매 분획별 α -Amylase 저해활성은 Figure 8과 같다. 백년초 분획물 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 를 처리했을 때 본 실험에 사용한 백년초 추출물의 억제활성은 91.12%로 나타났고, 대조군인 Acarbose는 112.58%로 나타났다. 이는 서귀포 백년초가 탄수화물의 α -D-(1,4)-glucan 결합을 분해하는 α -Amylase의 저해 활성이 뛰어난 것으로 사료된다. 또한 백년초 추출물의 α -Amylase 억제활성은 당뇨 치료제, 혈당 강하제로서 의약품으로 시판되고 있는 Acarbose와 비교했을 때 백년초 추출물의 억제율은 매우 높은 수준으로 이는 기능성 항당뇨 식품소재로서 매우 우수한 억제활성을 나타낸 것으로 사료된다.

Table 1. Antimicrobial Activities of *Opuntia monacantha* Haw. Extracts

Strains	Clear zone (mm)
<i>Streptococcus</i>	17
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	16
<i>E.coli</i>	15
<i>Salmonella enteritidis</i>	18
<i>Bacillus subtilis</i>	18

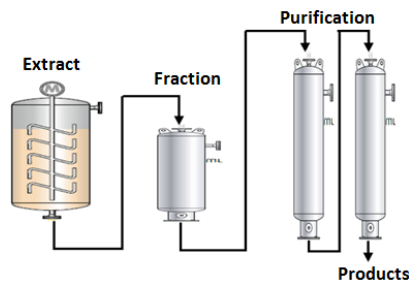


Figure 9. Extract process of *Opuntia monacantha* Haw.

3.3. 백년초 추출물의 항균 효과

앞서 추출한 백년초 추출물의 항균 효과 측정결과는 Table 1과 같다. 백년초 추출물 100 mg에 대하여 항균활성을 분석한 결과 대부분의 시험 균에서 강한 항균 작용이 나타났고, 각각 *Streptococcus*에서 17 mm, *Pseudomonas aeruginosa* 16 mm, *E.coli* 15 mm, *Salmonella enteritidis* 18 mm, *Bacillus subtilis* 18 mm의 Clear zone을 확인하였다. 항균 기능 실험 사용되는 대표적인 균에서 모두 Clear zone이 확인된 것은 매우 고무적인 결과라 할 수 있다. 또한 대장균과 살모넬라균의 일종인 장염균에 대해서 항균활성이 나타나 부패 및 식중독균의 생육 억제에 효과가 있을 것으로 판단된다. Table 1에 백년초의 항균 활성 측정 결과를 나타내었다.

3.4. 백년초 추출 공정

상기 실험 결과를 토대로 Figure 9에 나타나 있는 백년초 추출물 대량 생산 공정 적용 시 백년초 추출액을 생산, 분리·정제하여 체계적인 관리가 가능하다. 최대 추출 용량을 확립하고 추출액을 분리하기 위한 대용량 컬럼조건을 갖춘 후 백년초 추출액과 Taxifolin 등의 기능성 물질을 생산하여 실험 과정과 결과를 산업 현장에 상용화할 수 있다. 백년초 추출액 추출법과 백년초의 기능성을 활용하면 국민 건강 보호와 증진에 이바지 할 수 있을 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 연구에서는 제주 백년초 박물관에서 재배 중인 서귀포 백년초의 항산화성 물질, 항당뇨성, 항균 성능을 분석하여 기능성 원료로서의 가치를 확인하고자 하였다. 백년초 내의 천연 항산화 물질 Taxifolin을 확인하여 항산화 성능을 분석하였고 항당뇨성 효과와 항균제로서의 효능을 입증하고자 하였다.

백년초가 함유하고 있는 Taxifolin의 양은 100 g당 약 54.5 mg으로 흔히 항산화 물질로 알려져 있고 영양제로 쓰이는 Ascorbic acid (Vitamin C)와 대조하였을 때 DPPH 라디칼 소거능이 더 강하며 이는 백년초를 기능성 원료로 활용할 수 있다고 판단된다. 또한 백년초 추

출액의 항당뇨성 기능 측정 결과 시중 당뇨 치료 약품으로 판매되고 있는 Acarbose와 비교했을 때 비슷한 수준으로 나타났다. 백년초가 갖는 항균 효과를 분석하여 보면 백년초는 실험 균으로 선정된 Streptococcus (연쇄상구균), Pseudomonas aeruginosa (녹농균), E.coli (대장균), Salmonella enteritidis (장염균), Bacillus subtilis (고초균)에서 모두 강한 항균효과를 나타내었다. 실험 결과, 백년초 추출액의 천연항균제로서의 우수한 성능을 입증하였고, 백년초를 가공 식품의 합성 항균제의 대용으로도 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에 사용된 서귀포 백년초 추출액을 이용한 건강식품, 화장품, 의약품 등 Bio & Beauty 산업에 적용될 기능성 원료개발 및 대량 추출 공정을 통하여, 국내 산업발전과 함께 해외 수출을 도모함으로써 막대한 경제적 가치도 창출할 것으로 기대된다.

References

1. N. M. Kim and J. S. Lee, Effects of fermentation periods on the qualities and physiological functionalities of the mushroom fermentation broth, *Korean J. Mycol.*, **31**(1), 28-33 (2003).
2. S. H. Heo and Y. J. Kim, Deliberation on health claim and advertising of health supplement, *Food Sci. Ind.*, **37**(1), 55-60 (2004).
3. E. Joubert, Processing of the fruit of five prickly pear cultivars grown in South Africa, *Food Sci. Technol. Int.*, **28**(4), 377-387 (1993).
4. J. O. Kuti and C. M. Galloway, Sugar composition and invertase activity in prickly pear fruit, *J. Food Sci.*, **59**(2), 387-388 (1994).
5. J. E. Son, B. H. Lee, T. G. Nam, S. B. Im, D. K. Chung, J. M. Lee, O. K. Chun, and D. O. Kim, Flavonols from the ripe fruits of *Opuntia ficus-indica* Var. saboten protect neuronal PC-12 cells against oxidative stress, *J. Food Biochem.*, **38**(5), 518-526 (2014).
6. K. S. Lee and K. Y. Lee, Biological activity of phenolic compound from a Cactus Cheon Nyun Cho (*Opuntia humifusa*) in Korea, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **39**(8), 1132-1136 (2010).
7. K. S. Seo, H. A. So, E. J. Jo, Y. M. Jang, J. H. Chung, S. I. Oh, S. E. Na, Y. J. Kim, B. K. Han, and N. S. Ryu, A study on the vegetable mayonnaise dressing using a cheonnyuncho stem, Division of food and drug analysis, 1-30, Jeollabuk-do Institute of Health and Environment Research, Korea (2011).
8. J. H. Choi, In the *Opuntia humifusa* Separated Mucopolysaccharide Immune Activity and Structural Characteristics, Master's Thesis, Kyonggi University, Suwon, Korea (2010).
9. S. Y. Kim, Study on the Quality Characteristics of Beer Using the Root, Master's Thesis, Seoul Venture University, Seoul, Korea (2014).
10. J. K. Kim, Jekukcho, Korea Seed and Variety Service, 2016-348 (2016).
11. J. K. Kim, Health functional foods made mainly from *Opuntia monacantha* haw, Korean Registered Trademark, 40-1184386 (2016).