

박사학위논문

손바닥선인장의 재배기술과 성분분석 및
기능성에 관한 연구



제주대학교 대학원

원예학과

문 영 인

2003년 12월 일

손바닥선인장의 재배기술과 성분분석 및 기능성에 관한 연구

지도교수 장 전 익
문 영 인

이 논문을 농학박사학위 논문으로 제출함
2003년 12월

문영인의 농학박사학위 논문을 인준함

심사위원장	_____	(인)
위 원	_____	(인)

제주대학교 대학원

2003년 12월 일

Studies on Cultural Practices, Composition and
Functional Effect of
Opuntia ficus-indica var. Saboten

Young-In Moon

(Supervised by Professor Chang, Jeun-Ik)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements
for the degree of Doctor of Agriculture

Department of Horticulture
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

December, 2003

목 차

목 차	i
Summary	ii
List of Tables	vii
List of Figures	xi
I. 서 언	1
II. 연 구 사	4
1. <i>Opuntia</i> 속 선인장의 생육특성 및 재배기술	4
2. <i>Opuntia</i> 속 선인장의 성분특성	6
3. <i>Opuntia</i> 속 선인장의 기능성	7
III. 재료 및 방법	9
1. 생육특성 조사 및 재배시험	9
1.1. 생육특성	9
1.2. 번식방법 시험	9
1.3. 재배방법 시험	10
1.3. 제초의 생력화 및 제초제 선발시험	12
2. 성분분석	12
2.1. 시료제조	12
2.2. 일반성분 분석	12
2.3. 유리 및 총 아미노산 분석	13
2.4. 유리당 분석	13
2.5. 무기질 분석	13
2.6. 비타민 C 함량분석	14



2.7. 비타민 A 함량분석	15
2.8. 식이섬유 함량조사	15
2.9. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량조사	16
3. 기능성물질의 분리 및 효능검증	16
3.1. 시료제조	16
3.2. 추출 및 분리	17
3.3. 유효성분의 분석	17
3.4. 유효성분의 정량	17
3.5. 당뇨성 고지혈증 유도 및 시료투여	18
3.6. 효소원의 조제	18
3.7. 혈당과 체중변화의 측정	19
3.8. Bleeding time의 측정	19
3.9. 혈청에서의 지질함량 및 활성산소의 변동측정	19
3.10. 혈장응고시간 측정	22
3.11. Tissue factor 활성의 측정	22
3.12. 단백질 정량 및 통계처리	23
IV. 결과 및 고찰	24
1. 생육특성 및 재배기술	24
1.1. 생육특성	24
1.2. 번식방법 시험	27
1.3. 재배방법 시험	30
1.4. 제초의 생력화 및 제초제 선발	37
2. 성분특성	39
2.1. 일반성분	39
2.2. 유리아미노산 및 총 아미노산	39

2.3. 유리당	41
2.4. 무기질	43
2.5. 비타민 C	44
2.6. 비타민 A	44
2.7. 식이섬유	44
2.8. 총 폴리페놀 화합물과 플라보노이드	45
3. 기능성물질의 분리와 효능	47
3.1. 유효성분	47
3.2. Poloxamer P-407로 유발된 고지혈증에 미치는 영향	51
3.3. Streptozotocin로 유발된 고지혈증에 미치는 영향	52
V. 적 요	63
VI. 인 용 문 헌	66
Appendix	74

Summary

Studies were carried out to develop cultural practices and to investigate component characteristics of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten, in comparison with that of Aloe in order to evaluate the nutritive value as food materials. The effects of fruit and stem of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten on hyperlipidemia and physiological function were investigated during a seven-year period from 1996 to 2002 in Hanlim area of Jeju-do, Korea. The results obtained are summarized as follows.

The development of cultural practices of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten: Fruit production was increased from third year seventh year, but decreased from eighth year. The length of main stem was 81.0cm in non-pruning plot. The number of fruits per plant was 124, whereas that in thinning pruning plot was 63.8. The length of main stem in thinning pruning plot was 105.8cm. The yield was increased up to third year after pruning, and decreased from fourth year. The optimal season of planting was from April to May, and the longer the nursery stock was, the better. The best duration of station before planting was for 5 days. And 150-300kg/10a application of Lime fertilizer before planting, 5-10kg/10a application of nitrogen fertilizer in 3 times of split application were best for growing. Foliage spray showed good effect. The length of main stem was longest in transparent vinyl plot of mulching materials, whereas the number of main stem node in the black vinyl mulching plot was more than other mulching materials. 30mgL⁻¹ spraying plot of forchlorfenuron for the promotion of fruit corpulence was heavier than other amount of spraying in the fruit weight. Herbicide application should be necessary for the labour saving and Gyphosate herbicide was applicable in using against chemical injury.

The characteristics of ingredient in *Opuntia ficus-indica* var.

Saboten: Attempts were made to determine the compositions of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten for the utilization as food materials. The main component of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten was nitrogen free extract(NFE). The contents of total minerals were 9,400.8, 6,151.2 and 1,096.8mg in stem, fruit and seed of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten respectively, and their main minerals were calcium, phosphate and magnesium. The main free amino acid of fruit were glutamic acid and arginine. Vitamin C contents of fruit and stem were 163.8 and 71.2 mg, respectively, but not presented in fruit, stem and seed. Vitamin A was not searched from every part of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten. Contents of total flavonoids were changed by extraction method but total flavonoid in fruit were similar to those of stem.

The effects of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten on the streptozotocin(STZ)-induced hyperlipidemia, blood coagulation system and antioxidant: In the STZ-induced hyperlipidemia rat, it was observed that serum triglyceride, phospholipid, total cholesterol, VLDL, LDL level and atherosclerotic index were higher, while the HDL-cholesterol level was lower when compared to the normal group. However, those changes were prevented by *Opuntia ficus-indica* var. Saboten treatment. In STZ-induced hyperlipidemia caused, the decreased of bleeding time and increased of tissue factor activity were regulated by *Opuntia ficus-indica* var. Saboten treatment. In the STZ-induced group hyperlipidemia group, the serum superoxide dismutase activity decreased and formation of hydroxy radical increased when compared to normal, these were controlled by *Opuntia ficus-indica* var. Saboten treatment. Therefore, it can be concluded that hyperlipidemia induced changes in blood glucose level and it's active component was flavonoid ex and compound 3.

List of Tables

Table 1. Operating conditions of CP-AES for mineral analysis	14
Table 2. Date of sprouting, flowering, and fruit coloring in <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten	24
Table 3. Fruit weight per plant, and the number of seeds and weight per fruit in <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten	25
Table 4. The number of flower organs in each flower of <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten	26
Table 5. Ingredients of honey from <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten	27
Table 6. Comparison of nutritive ingredient of honey of <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten with that of Acacia flower	28
Table 7. Effect of planting date on the length of main stem, and number of sclerotomes and fruits in <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten	28
Table 8. Main stem length and the number of sclerotomes according to storage duration of cutting before planting in <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten	29
Table 9. Changes on fresh weight of cutting during storage in <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten	30
Table 10. Effect of cutting weight on total number of nodes in <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten	30
Table 11. The number of fruits per plant and fruit yield according to the	

plant age in <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten	31
Table 12. Effect of pruning method on the fruit setting in <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten	32
Table 13. Length of main stem and the number of main nodes according to planting space in <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten	32
Table 14. Effect of mulching material on the length of main stem and the number of nodes in <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten	33
Table 15. Effect of amount of nitrogen fertilizer and split application on the length of main stem and fruit setting	34
Table 16. Effects of lime fertilization on the length of main stem, the number of nodes and fruit setting	35
Table 17. Effect of lime application on the changes in chemical components of soil	36
Table 18. Effect of the foliar spray of plant bioregulators on the growth of fruit in <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten	36
Table 19. Effect of foliar application of fertilizer on the length of main stem and the number of nodes in <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten	37
Table 20. Effect of herbicide application on the weeding in <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten	38
Table 21. Proximate compositions of <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten and <i>Aloe vera</i>	39
Table 22. Compositions of free amino acid in <i>Opuntia ficus-indica</i> var.	

Saboten and <i>Aloe vera</i>	40
Table 23. Compositions of total amino acid in <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten and <i>Aloe vera</i>	42
Table 24. Contents of free sugar of <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten and <i>Aloe vera</i>	43
Table 25. Mineral composition in <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten and <i>Aloe vera</i>	43
Table 26. Contents of vitamin C of <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten and <i>Aloe vera</i>	44
Table 27. Contents of diet fiber of <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten and <i>Aloe vera</i>	45
Table 28. Contents of total flavonoids of <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten and <i>Aloe vera</i> under various extracting conditions	46
Table 29. The recovery rate by extract solvent	47
Table 30. The confirmation of extract from <i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten	48
Table 31. Effect of <i>Opuntia ficus-indica</i> var saboten on the plasma cholesterol and triglyceride change mediated by poloxamer P-407	51
Table 32. Effect of <i>Opuntia ficus-indica</i> var saboten on body weight change and liver/body weight in streptozotocin-induced rats	52
Table 33. Effect of <i>Opuntia ficus-indica</i> var saboten on the on the level of glucose in streptozotocin-induced rats	53

Table 34. Effect of <i>Opuntia ficus-indica</i> var saboten on bleeding time in Streptozotocin-induced rats	54
Table 35. Effect of <i>Opuntia ficus-indica</i> var Saboten on the serum triglyceride and phospholipid levels in streptozotocin-induced rats	55
Table 36. Effect of <i>Opuntia ficus-indica</i> var Saboten on the serum total cholesterol, VLDL-, LDL-cholesterol, HDL-cholesterol and atherosclerotic index in Streptozotocin-induced rats	56
Table 37. Effect of <i>Opuntia ficus-indica</i> var Saboten on lipid peroxide, hydroxy radical content and superoxide dismutase activity in streptozotocin-induced rats	57
Table 38. Effect of <i>Opuntia ficus-indica</i> var Saboten on plasma clotting time in streptozotocin-induced rat	58
Table 39. Effect of <i>Opuntia ficus-indica</i> var Saboten on the tissue factor activity of brain and lung in streptozotocin-induced rat	59

List of Figures

- Fig. 1. Shape of spine in *Opuntia ficus-indica* var Saboten 25
- Fig. 2. Shape of flower in *Opuntia ficus-indica* var Saboten 26
- Fig. 3. Mass analytic spectrum of dihydro-flavonol separated from
hypofracted fluid 49
- Fig. 4. UV-Vis spectrum of dihydro-flavonol separated from hypofracted
fluid 50
- Fig. 5. IR spectrum of dihydro-flavonol separated from hypofracted fluid · 50



Appendix

App. 1. Monthly meteorological data in the western part (Gosan) of Jeju
island 74



I. 서 언

1990년대 이후 우리나라는 눈부신 경제성장에 힘입어 국민들의 생활수준과 문화생활 또한 함께 큰 변화를 가져왔다. 특히 건강 관련 기능성 식품에 대한 관심이 날로 높아지면서 자원식물의 다양한 활용가치에 눈을 돌리게 되었다. 제주도 자생식물 중의 하나인 손바닥선인장(*Opuntia ficus-indica* var. *Saboten*; 일명 백년초)은 식용으로도 가능하고, 민간요법에 의한 약용식물로 이용(굴전, 1989)되어 왔기 때문에 기능성 식품의 소재 뿐 아니라 작물로서의 활용가치가 매우 높을 것으로 기대되고 있다.

손바닥선인장은 선인장과(Cactaceae)에 속하는 열대성 식물로 제주도와 남해안 일부지역 등지에 자생하고 있는 귀화식물로 전해지고 있으며, 재배하기 전에는 해변 중심으로 자생하였다(고, 1994). 손바닥선인장은 집안이나 밭 근처에 관상용 또는 울타리 용도로 재배하기 시작하였으며 열매 및 줄기의 약효가 구전되면서 그 이용량이 크게 늘어나게 되었고 현재는 수요량의 증가로 농가 소득작물로 부상하여 대단위 재배단지가 조성되어 많은 양이 생산되고 있다(문, 2002). 아울러 손바닥선인장을 이용한 가공식품의 개발도 활발하게 진행될 것으로 전망되고 있다.

손바닥선인장의 기원식물인 부채선인장(*Opuntia ficus-indica* L. Mill)은 남아메리카 서인도 제도가 기원일 것으로 추정되며(Gibson과 Nobel, 1986), 현재는 중남미를 비롯하여 지중해 연안까지 널리 분포되어 있다. 멕시코를 비롯한 미국, 페루, 칠레, 아르헨티나, 콜롬비아와 같은 나라에서는 일찍이 선인장의 유효성분 및 그 기능성의 효과에 대한 검증이 이루어져 대부분 기능성 식품의 제품화를 위한 상업적 작물로 재배되고 있다(<http://www.nopaljuce.com>). 특히 멕시코에서는 오래 전부터 선인장은 주 식용작물로 재배되고 있으며 최근에는 선인장을 이용한 다양한 가공식품 및 특산품들이 멕시코를 대표할 정도로 매우 활성화되어 있다(Flores, 1991; Jacobo와 Gonzalez, 1994).

사막지대에 자생하는 선인장은 그 종류도 매우 다양할 뿐 아니라 분포지역 또한 매우 광범위하다. 특히 *Opuntia*속에 속하는 여러 종류의 선인장이 민간

요법으로 긴요하게 이용되어 그 효과가 입증되면서부터 이들에 대한 재배기술 연구 및 활용에 많은 투자를 아끼지 않음으로써 이미 상당부분 재배기술에 대한 체제가 확립되어 있다. 선인장은 사막과 같은 건조하고 기온변화가 매우 심한 환경에서도 적응력이 뛰어나다고 알려져 있는데 대부분의 *Opuntia*속 선인장은 생태 및 생리학적으로 사막과 같은 열대성 기후에 적응하는 식물로서 (Nobel, 1988), 제주도의 손바닥선인장과는 달리 그 생태, 크기, 열매 등에서 많은 차이를 나타내고 있기 때문에 사막지대 국가에서 정립된 재배기술을 제주 지방에 바로 도입·적용하는 것은 다소 무리가 뒤따른다. 그러므로 제주도의 입지적 조건에서 손바닥선인장의 재배기술 개발이 필요한 실정에 있다.

최근 *Opuntia*속 선인장 열매는 대중화 식품으로 크게 각광 받고 있으며, 또한 핑크색의 열매가 다양한 요리에 이용됨으로써 식품분야에 새로운 관심의 대상이 되고 있다. 선인장으로 유명한 멕시코에서는 선인장의 섬유소가 젊은 여성층의 다이어트, 피부미용, 변비치료 등으로 일찍부터 이용되어 큰 인기를 끌고 있으며, 음료제품으로는 데킬라가 가장 유명하며 그밖에 선인장을 이용한 주스, 농축물, 잼, 젤리 등이 특산품으로 개발되어 그 지역을 대표하고 있다. 또한 대중을 위한 다양한 용도의 요리, 소스, 샐러드 등의 가공식품들이 개발·판매되고 있다. 더욱이 멕시코에서는 선인장이 국가의 상징이 될 정도로 많은 연구투자 및 제품개발에 정성을 쏟고 있으며, 멕시코 선인장 열매의 우수성을 세계에 널리 알리고 중요한 과일 작물로 추진하기 위한 "선인장 열매 네트워크"를 설립한 바 있다(Barbera 등, 1995). 이처럼, 선인장에 대한 다양한 가공제품의 개발과 활용은 많은 선인장의 성분분석을 통하여 영양학적으로 뒷받침될 수 있기 때문에 가능해졌다. 그러므로 손바닥선인장의 가공제품 및 판매의 활성화를 위해서도 그 성분분석은 가장 기본적인 연구가 될 것이다.

*Opuntia*속의 일종인 부채선인장에서 분리해낸 펙틴은 노화억제 및 암 발생 억제와 밀접한 관계를 갖고 있으며 성인병의 원인이 되는 콜레스테롤(cholesterol)이나 지방함량을 낮추어주는 기능을 가지고 있다는 것이 많은 연구들 통해서 밝혀졌다(Fernandez 등, 1992). 특히 선인장의 유효성분을 이용한 식이요법제 및 당뇨치료제의 연구개발이 활발하게 진행되고 있다. 그러므로 같은 *Opuntia*속에 속하는 손바닥선인장도 특정한 약리·효능이 기대되므로 손바

닥선인장의 기능성물질의 분리 및 효능연구가 필요하다고 사료된다.

이처럼, 손바닥선인장의 영양학적 가치와 경제적 잠재력에 기초한 중요성이 부각되는 바, 본 연구는 제주도 손바닥선인장을 지역특화산업으로 발전시키기 위하여 ① 생육특성조사와 재배시험을 통한 생산기술의 확립, ② 성분특성 조사를 통한 영양학적 가치평가, ③ 기능성 물질의 유효성분 분리와 환취를 대상으로 한 효능검사 등을 수행하였다.



II. 연구사

1. *Opuntia*속 선인장의 생육특성 및 재배기술

제주도에서 재배되거나 일부 자생되는 손바닥선인장은 열대지역에서 유래한 *Opuntia*속 다년초로서 Cactacea에 속하며, *Opuntia*속에는 300 여종 이상이 포함된다(Danny, 1990).

*Opuntia*속 선인장은 고온, 건조 및 내한성에는 강하나 과습에는 약하며 높이는 2m 정도로 대부분 납작한 부채꼴 줄기를 가진 platvopuntia로서 일명 부채선인장이라 하는데, 미국에서는 prickly pear cactus, 멕시코에서는 nopal이라 불리어지고 있다. 이미 멕시코를 비롯한 남아메리카, 미국, 이탈리아 등의 나라에서도 선인장은 오래 전부터 살균작용, 진정작용, 해독작용, 소화작용 등의 민간요법으로 사용되어 왔으며, 현재는 대부분 상업적으로 재배·생산되고 있다. *Opuntia*속 선인장의 생육특성 및 재배기술에 관한 연구는 비록 그 역사가 짧지만 여러 분야에서 이루어졌다(Gibson과 Nobel, 1986; Nobel, 1988, 1994).

선인장을 이용한 상품화가 활발한 멕시코를 비롯한 중남미에서는 다양한 선인장의 재배기술에 대한 많은 연구가 수행되어 왔으며 현재 재배기술 체제가 매우 잘 구축되어 있다(Rodriguez-Felix와 Cantwell, 1988). 특히 *Opuntia*속 선인장은 사막지대에 적응되어 재배가 용이하기 때문에 나라마다 재배기술이 다양하다. 대부분의 선인장의 뿌리 발생은 매우 쉽게 이루어지지만, 그 발생시간은 수주에서 수개월에 걸쳐 차이가 나며 또한 품종에 따라 그 차이는 서로 다르게 나타난다(Mass, 1986). 그리고 온도 및 외부 호르몬 사용에 의하여 발근이 촉진될 수도 있다고 보고하고 있다(Fuentes-Rodringuez, 1991). 넓은 잎줄기인 cladode는 생체 중 약 85~95%가 수분으로 구성되어 있는데, 스트레스를 받은 때에는 그 수분함량이 60%까지 떨어지기도 한다(Nobel, 1994).

원예작물로서 선인장의 가장 큰 매력은 대부분의 많은 품종들이 모두 대량 생산이 가능하고 각기 독특한 열매를 생산할 수 있다는 것이다(Nerd와 Mizrahi, 1996). 미국에서는 prickly pear cactus로 잘 알려진 *Opuntia*종들은

그 열매의 크기, 맛, 색상에 따라 8종의 prickly pear cactus로 구분된다고 한다(Pimienta-Barrios, 1991). 멕시코에서는 *Opuntia ficus-indica*, *O. amyclaea*, *O. streptacantha*, *O. megacantha*, *O. inermis* 등 여러 종류의 *Opuntia*종 열매들이 과일용으로 재배·생산되고 있으며(Pimienta-Barrios, 1991, 1994), 그 밖에 다른 나라에서는 *Opuntia ficus-indica*를 주로 재배하고 있다. 이처럼, 선인장은 멕시코, 이태리, 미국, 이스라엘, 페루, 남아프리카, 칠레, 아르헨티나, 콜롬비아, 및 그 외 라틴아메리카 등에서 경제작물로 정착되면서 이들에 대한 번식생태에 대한 연구들이 수행되고 있다(Weiss 등, 1993).

한편, 선인장 열매의 일반명은 국가마다 그 의미 및 색상에 따라 다르게 불리어지고 있는데, 라틴아메리카에서는 튜나(tuna), 이태리는 인도무화과(ficodindia), 이스라엘은 짜바(tzabbar) 그리고 지중해 연안국가에서는 사바(sabar)라 일컫고 있다. 대부분의 선인장 열매 역시 가시가 있고 두꺼운 껍질을 가지고 있어 생으로 먹으려면 이것들을 제거하여야 하는 번거로움이 있다(Pimienta-Barrios, 1990; Barbera 등, 1993; Wessels, 1998). 튜나의 육질은 희고 수분이 많으며 달고 신맛을 띠며 부드럽고 검은색의 먹을 수 있는 종자를 가지고 있는데, 선인장이 7년 생이 되면 연간 60~80kg의 열매가 맺힌다. 최근에는 가시가 없는 선인장이 개발되어 그 수요를 더욱 증가시키고 있다. 그 밖에도 열매생산을 위한 여러 가지 원주형 선인장을 순화시키려는 시도가 이스라엘에서 시도된 바 있다(Nerd 와 Mizrahi, 1993).

*Opuntia ficus-indica*와 같은 품종인 이탈리아 선인장(Gilla, Rossa)의 연구에 의하면 늦여름에 수확한 열매와 종자의 함량 사이에는 양의 상관관계가 있는데, 늦게 익은 과일에서의 종자는 열매와 열매의 무게와는 관련이 없고 종자의 수가 관련이 있다고 알려져 있다(Barbera 등, 1994). 그리고 열매는 익을 때까지 생물량과 건물량 모두 계속 증가하였으며, 열매 중심부는 개화 후 50일부터 발달하기 시작하였으나 같은 기간동안 생화학적인 활성은 일정하게 변화하였고, 총 당함량과 총 고형물질 함량은 급격히 증가한 반면 열매의 경도 및 적정산도는 감소하였으며 그 당도가 13°Brix 이상인 상태에 도달하였을 때가 열매의 최적 숙성기이며 그후 열매껍질은 균열되고 개화 후 90일 이후부터 열매는 과숙되어 가공이나 저장에는 부적당하다고 보고하였다(Barbera 등, 1992).

2. *Opuntia*속 선인장의 성분특성

대부분의 *Opuntia*속의 열매는 튜나로 알려진 매우 맛있는 식용과일로서 그 맛은 딸기, 수박, 무화과 등과 매우 유사하며, 일찍이 사막지대에서는 탄수화물과 비타민의 공급원으로 이용되었다(Sawaya 등, 1983). 식용으로 이용되는 *Opuntia*속 선인장은 *Opuntia ficus-indica* L. Miller를 비롯한 20 여종에 불과하며, 종종 바로 먹기도 하지만 잼, 시럽, 캔디 등의 가공품으로 제조된 식품으로 이용되고 있다.

멕시코산 *Opuntia ficus-indica*의 종자는 단백질(16.6%), 지방(17.2%), 섬유소(49.6%), 회분(3.0%), 철(9.45mg%)의 함량이 높았으며, Mg, P, K, Zn, Cu 함량은 일일 섭취권장량의 10~20% 정도로 존재하여 영양가가 높다고 알려져 있고, 칼슘의 함량은 일일 섭취권장량의 10% 이하였고, 아스파라긴산, 글루타민산, 아르기닌, 글리신이 주요 아미노산으로 총 아미노산함량의 50%를 차지하였으며 특히 아미노산인 메티오닌과 시스틴의 함량이 높다고 하였다(Sawaya 등, 1983). 또한 *Opuntia*속 종자에서 추출한 오일은 전체 종자중량의 13.6%이며 불포화도가 82%로 상당히 높았고, 리놀렌산이 73.4%, 팔미틴산 12%, 올레인산 8.8%, 스테아린산 5.8% 등으로 구성되어 사람과 동물에게 유용한 식용유지임이 밝혀졌다(Sawaya 등, 1982).

일반적으로 손바닥선인장 열매의 추출액은 pH 4.11이며 최대 흡수파장은 533nm로 전형적인 베타시아닌(beta-cyanins)계 천연 적색색소 스펙트럼과 일치하였다고 하였다(이, 2000). *Opuntia*속 선인장 열매에서 추출한 betacyanins 색소에 대한 안정성 연구에 의하면 그 분해속도는 색소의 농도에 의존하며 산소가 없을 때 효과와 비타민 C의 억제 효과가 없는 것으로 보아 자동산화가 아닌 다른 화학반응에 의해 탈색되는 것이라 보고하고 있다(Merin 등, 1987).

손바닥선인장 열매로부터 분리된 점질물은 pH 3.0에서 저장온도에 따라 색소의 안정성이 다르게 나타나는데, 특히 37℃에서 색소가 급격하게 변화되는 반면에 pH 4.2의 점질물은 30℃에서 10일 저장시에도 색소가 매우 안정적이고 장기간 저장이 가능하다고 보고한 바 있다(이 등, 1998). *Opuntia*속의 줄기 용량 중 약 3%가 끈적끈적하고, 젤리와 같은 물을 흡수한 물질이 점액성으로 이

루어졌는데, 이 점액성은 엽록소를 함유한 조직(chlorenchyma)의 내부에 존재한 특수세포에 의해 생산되고 분비되며 cladode가 절단될 때 유출되어 나온다(Gibson과 Nobel, 1986). 농축된 *Opuntia ficus-indica*의 색상은 시간과 온도에 따라 색의 변화가 다르게 나타나며 높은 온도와 저장시간이 길수록 색의 변화가 뚜렷하다고 하였다(Saenz 등, 1993).

*Opuntia*속 선인장 줄기는 성숙과정 중 그 성분이 변화하는데, 특히 카로틴, 산도, 총탄수화물은 크게 증가하며 단백질과 조섬유는 감소하는 것으로 보고하고 있다(Rodríguez-Felix와 Cantwell, 1988). 열매는 마그네슘과 무기질 함량이 높은 반면 나트륨, 칼륨, 인은 타 열매와 비교할 때 비슷한 수준이며, 특히 유리아미노산 함량이 높으며 다른 과일과 비교하여 볼 때, 세린, 감마아미노-뷰티린산, 글루타민, 프롤린, 아르기닌, 히스티딘의 함량이 높다고 하였다(Askar와 El-Samahy, 1981). 열매의 발육과정 중 성분조성의 변화연구에서 비타민 C와 고형분은 과일이 익어감에 따라 증가한 반면 적정산도는 감소하였다(Kuti, 1992). 선인장 열매의 휘발성분을 진공증류법으로 농축하여 에테르로 추출 후 분석한 결과 알코올이 주요 화합물이었으며, 낮은 농도의 에테르 화합물과 카보닐 화합물이 존재하였다고 하였다(Flath 와 Takahashi, 1978).

3. *Opuntia*속 선인장의 기능성

북아메리카에서는 인류의 건강증진의 목적으로 선인장을 귀중한 약용식물로 재배해 왔으며 최근에는 병원 및 의료기관을 중심으로 건강시스템의 강화 등에 탁월한 민간요법 효과를 보이는 선인장을 임상적으로 활용하고 있으며 특히 의료목적용 연구활동이 활발하게 이루어지고 있다. 우리나라에서도 손바닥 선인장은 해열진정, 진정작용, 소염 및 해독작용, 혈액순환의 촉진, 어혈제거, 지사효과, 장염치료, 당뇨억제, 이뇨작용과 피부질환, 류마치스, 화상치료에 효능이 있다(강소신의학원, 1985)하여 민간요법으로 널리 활용되고 있다.

멕시코에서도 민간요법으로 내려오는 *Opuntia streptacantha* Lemairc의 당뇨효과를 알아보기 위한 계절별 다당화성 분석연구에서 그 효과는 계절적 차

이 없이 당뇨치료에 매우 효과적이었다고 보고한 바 있다(Lozoya, 1989). 특히 선인장의 줄기는 비 인슐린 의존성 당뇨병의 혈당치를 낮출 수 있는데(Frati 등, 1983, 1989, 1990), 이는 인슐린 비의존성 당뇨병 환자의 포도당 조절에 효과적이어서 포도당 수준을 낮추고 과혈당 상태에서 인슐린 활성을 증가시킴으로써 혈청중 트리글리세리드, 총 콜레스테롤과 저밀도의 지방단백질, 콜레스테롤 수준을 낮추는 것으로 보고하고 있다(Fernandez 등, 1990; Frati 등, 1983, 1988, 1989, 1990; Inglese 등, 1993). 그러나 인슐린에 의한 세포의 감수성 변화가 생길 수도 있지만(Frati, 1992), 실제로 streptozotocin 등으로 고혈당을 유발시킨 실험동물에서는 혈당치와 콜레스테롤 수치를 감소시켜 혈액내 저밀도 지단백질 함량을 낮추는 효과가 있다고 보고 하였다(Fernandez 등, 1992).

그 밖의 손바닥선인장 열매 및 줄기 추출물의 생리활성(최 등, 2001, 2002a, 2002b)연구와, 항균 및 항산화 연구에서 열매 및 줄기 모두 높은 항균 및 항산화 효과를 나타내었고(김 등, 1995; 이 등, 1999), 항염효과 및 소염작용 역시 뛰어나다고 보고한 바 있다(한 등, 1999). 그리고 방사선 조사전 선인장을 투여한 실험군에서 endogenous spleen colony의 형성정도에는 차이가 없었으나 소장 등에서의 apoptotic cell의 발생율은 선인장 투여군에서는 억제현상이 나타나는 것으로 보아 손바닥선인장은 방사선 방호식품으로서의 사용 가능성이 있다고 하였다(신과 김, 1998).

또한 다양한 *Opuntia*속 선인장으로부터 분리된 유효성분은 플라보노이드 중 (+)-*trans*-dihydrokaempferol (+)-*trans*-dihydroquercetin이며(Burrer 등, 1982), 이외에 anhalinin, indicaxanthin, isobetain, betain, saponin 등이 있다(Ghansah 등, 1993). 이밖에도 쥐의 스트레스성 위궤양에 대한 연구에서 손바닥선인장은 항궤양 효과가 있었으며(이, 1997), 콜레스테롤 흡수에 영향을 주지 않고 간장 콜레스테롤 대사를 변화시킨다고 보고 한 바 있다(Fernandez 등, 1994).

III. 재료 및 방법

1. 생육특성 조사 및 재배시험

1.1. 생육특성

제주도 북제주군 한림읍 금능리 산 17번지에 시험구를 설치하고 1998년 4월부터 2000년 12월까지 2년 6개월에 걸쳐 손바닥선인장의 생육특성을 조사하였다.

줄기의 발아는 가시자리가 3mm정도 돌출되어 확연하게 발아되고 있다고 구분될 수 있는 것이 40%정도 되는 시기를 발아기로 조사하였으며, 개화는 최초 2~3개체가 꽃잎이 전개되는 시기를 개화시로 하였고 그리고 꽃이 80% 이상 낙화되었을 때를 종화기로 조사하였다.

열매의 숙기를 결정할 수 있는 착색 개시기는 열매의 표면이 10%정도 착색되었을 때를 그리고 착색 종료기는 열매의 표면이 90%이상 착색되었을 때를 종료기로 조사하였다.

또한 1998년 11월 20일 열매의 특성은 표본을 대, 중, 소 3등급으로 육안으로 구분하여 각각 100개를 선별하였고, 전자저울(TP-200)을 이용하여 열매의 크기별 무게, 종자의 수, 그리고 종자의 천립중에 대한 조사를 실시하였다

줄기와 열매에 발생된 가시(leaf spine)의 특성은 확대경(MICRO HI-VISON HR-30)과 디지털 캘리퍼(CD-15CP)를 이용하여 숫자 및 크기를 조사하였다. 또한 꽃 10개의 수술과 암술의 수와 꽃잎, 꽃받침, 자방의 수를 1998년 6월 30일 조사하였고, 밀원으로서 가능성이 있는지를 검토하기 위하여 1998년 6월 18일 꿀벌 5군을 입식하여 1998년 7월 4일에 채밀하고, 꿀의 성분규격은 제주도보건환경연구원에서, 꿀의 성분은 농촌진흥청생활연구소에서 분석하였다.

1.2. 번식방법 시험

삼목시기가 새육에 미치는 영향을 알아보기 위하여 제주도 북제주군 한림읍 금능리 산 17번지에서 1998년 3월부터 9월까지 매월 10일 난괴법 3반복으로

시험구를 배치하고 삼수를 균일하게 조제하여 5일간 정치한 후 삼목하였으며, 삼목시기별 주경장, 주경절수, 총절수 및 착과수를 1999년 7월 10일 조사하였다.

삼수의 정치기간이 생육에 미치는 영향을 알아보기 위하여 번식용 삼수를 조제한 후 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30일간 정치하여 감모량을 조사한 후 1998년 5월 10일 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하였고 처리별 주경장, 주경절수를 1999년 7월 10일 조사하였다.

삼수의 크기가 생육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 제주도 북제주군 애월읍 하귀1리 북제주군농업기술센터 포장에서 삼수의 평균무게를 210, 169, 90, 35g의 크기별로 구분하여 1996년 6월 10일 난괴법 3반복으로 삼목하여 시험구를 배치하고 삼수 크기별 발아수를 1996년 11월 10일 조사하였다.

1.3 재배방법 시험

가. 수령과 전정방법이 수량에 미치는 영향

1998년 제주도 북제주군 한림읍 월령리에서 수령이 3년생인 손바닥선인장 10주씩 3반복을 표본으로 선정하여 2003년까지 6년간 주당 열매수를 조사하고 재식거리를 조사하여 10a당 주수를 산출하였고 평균과중 15g을 적용하여 연차별 수량을 조사하였다.

전정방법에 따른 열매의 수량조사는 1998년부터 2001년까지 4년간 손바닥선인장 주산지 중 한곳인 제주도 북제주군 한경면 판포리 변재준씨 농가 포장에서 수령 7년생을 이용하여 슈음전정, 절단전정, 슈음전정과 절단전정 혼합구 및 무전정구를 대비구로 하여 1998년 4월 15일 시험구를 배치하고 주경장, 주당 착과수를 조사하였다.

나. 재식거리와 비닐멀칭이 수량에 미치는 영향

제주도 북제주군 한림읍 금능리 산 17번지 포장에서 재식거리를 휴폭 180cm에 2줄심기 방법으로 50cm×50cm, 60cm×60cm, 70cm×70cm, 80cm×80cm로 구분하여 1996년 6월 10일 시험구를 배치한 후 재식거리별 주경장 및 주경절수를 1996년 11월 10일 조사하였다.

같은 장소에서 1999년 5월 10일 은색비닐, 투명비닐, 백색비닐, 흑색비닐 멀

칭 후 삼목 및 무피복 삼목구를 난괴법 3반복으로 설치하고, 주경장 및 주경절수를 같은 해 11월 10일에 조사하였다.

다. 질소와 석회시용이 수량에 미치는 영향

제주도 북제주군 한림읍 금능리 산 17번지 포장에서 질소(요소비료) 시용량을 성분량으로 10a 당 5, 10, 15kg 3수준으로 하고 분시방법은 5월 15일 1회 전량 시비, 5월 15일과 6월 15일 2회 분시, 5월 15일과 6월 15일 및 7월 15일 3회 분시 등으로 달리하여 3×3=9처리와 무시용구를 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하고 1999년 11월 10일 주경장과 착과수를 조사하였다.

또한 같은장소에서 1998년 5월 10일 석회시용수준을 고토석회(알카리분 53%, 가용성고토 15%)를 이용하여 150, 300, 450kg/10a 시용구와 무시용구를 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하고 1999년 7월 10일 처리별 주경장, 주경절수, 총절수, 착과수를 조사하였다.

라. 생장조정제 및 영양제 처리가 수량에 미치는 영향

제주도 북제주군 한림읍 금능리 산 17번지 포장에서 생장조정제인 GA₃, Forchlorfenuron의 열매비대축진 효과를 검토하기 위하여 GA₃ 15mgL⁻¹, GA₃ 30mgL⁻¹, Forchlorfenuron 8mgL⁻¹, Forchlorfenuron 15mgL⁻¹, Forchlorfenuron 30mgL⁻¹, GA₃ 15mgL⁻¹+Forchlorfenuron 8mgL⁻¹, GA₃ 15mgL⁻¹+Forchlorfenuron 15mgL⁻¹, GA₃ 15mgL⁻¹+Forchlorfenuron 30mgL⁻¹, GA₃ 30mgL⁻¹+Forchlorfenuron 8mgL⁻¹, GA₃ 30mgL⁻¹+Forchlorfenuron 15mgL⁻¹, GA₃ 30mgL⁻¹+Forchlorfenuron 30mgL⁻¹을 개화 직전인 1999년 6월 10일에 1회 난괴법 3반복으로 배양식 분무기로 처리하고 1999년 11월 10일 열매의 횡경, 종경 및 무게를 조사하여 무처리구와 비교하였다.

제4종 복비인 Zalklan(N36-P5-K6), Hi-Green(Mg14-Si16-Fe2), Wonder-grow(N10-P8-K25) 각각 1,000배액과 요소비료(N46) 0.3%액을 1998년 8월6일부터 10일 간격으로 3회 식물체 전체에 배양식 분무기로 살포하고 주경장 및 주경절수를 1998년 11월 10일 조사하여 무처리구와 비교하였다.

1.4. 제초의 생력화 및 제초제선발 시험

제주도 북제주군 한림읍 금능리 산 17번지 포장에서 1996년 7월 26일 난괴법 3반복으로 시험구를 설치하고 인력제초와 제초제인 근사미(Glyphosate) 75mL/20L, 바스타(glufosinateammonium) 60mL/20L, 하이바엑스(bromacim) 30g/20L, 유니바(flouxypr) 135mL/20L를 경운기(8HP) 및 동력분무기(40A)를 이용하여 살포(압력 3kg/cm²)하면서 처리별 소요시간을 측정하였고, 2개월 후인 9월 24일 m²당 잡초별 발생개체를 조사하고 잡초를 수거하여 60℃에서 48시간 건조 후 무게를 측정하였다. 처리구별 약해 발생정도를 약해발생 면적율로 조사하여 심(40%이상), 다(20~40%), 중(5~20%), 소(0.1~5%)로 표시하였다.

2. 성분분석

2.1. 시료제조

본 실험에 사용된 손바닥선인장은 1996년 제주도 북제주군 한림읍 월령리에서 재배된 것을, 알로에는 제주시 오일시장에서 구입 이용하였다. 손바닥선인장의 줄기와 열매 및 알로에는 물로 씻고 부순 후 -40℃에서 동결한 후 동결건조기(PVTFD-100A, (주)일신랩)에 의해 건조하였다. 동결건조된 손바닥선인장의 줄기와 알로에는 200 mesh의 분말을 제조하였고, 동결건조된 열매는 거칠게 부순 후 종자를 분리한 후 200 mesh의 분말을 제조하였다. 동결건조하여 분말화된 손바닥선인장의 열매, 줄기 및 알로에와 손바닥선인장종자를 분석시료로 사용하였다.

2.2. 일반성분 분석

수분함량은 105℃ 상압 가열건조법, 조지방 함량은 Soxhlet 추출법, 조단백질 함량은 Semimicro Kjeldahl법(Kjeltec 1030 Auto Analyzer, Tecator, Sweden)으로 측정된 질소량에 질소계수 6.25를 곱하여 산출하였다. 조섬유 함량은 H₂SO₄-NaOH 분해법(Fibertec System M 1020 Hot Extract, Tecator, Sweden)으로 그리고 조회분은 직접회화법으로 측정하였고, 가용성 무질소물의 함량은 100%에서 조회분, 조단백질, 조지방 및 조섬유의 양을 뺀 값으로 나타

내었다.

2.3. 유리 및 총 아미노산 분석

유리 아미노산은 분말시료 5g에 75% 에탄올 100mL을 가하여 30분간 진탕한 후 추출하여 0.2 μ m membrane filter로 여과하여 시료로 사용하였고, 총 아미노산은 시료 5g을 ampoule에 넣은 후 6N HCl 용액 15mL를 가하여 밀봉한 후 110 $^{\circ}$ C에서 24시간 분해한 후 0.2 μ m membrane filter로 여과하여 시료로 사용하였다. 아미노산 분석은 Pico-tag방법(영인과학기술부, 1995)에 따라 HPLC(Jasco Model PU-980)를 사용하여 측정하였다.

2.4. 유리당 분석

분말시료에 MeOH:H₂O(1:1, v/v) 100mL를 가한 후 진탕 추출한 후 0.45 μ m membrane filter로 여과하여 HPLC(Jasco Model PU-980)를 이용하여 light scattering detector(Sedex 55, France)로 유리당을 측정하였다. HPLC 분석에 사용한 칼럼은 carbohydrate analysis column(Waters, Millipore Corp., Milford, MA, USA)이었고, 사용한 용매는 80% acetonitrile로 유속은 분당 1.0mL를 유지하였고, 시료의 주입량은 10 μ L였다.

2.5. 무기질 분석

무기질 분석을 위한 시료의 전처리는 건식법((A.O.A.C., 1993)에 의해 수행되었으며, Ca, Mg, Na, K, Fe, P, Se, Ge, Zn, Co 등의 표준물질은 Inductively coupled plasma-atomic emission spectrophotometer(ICP-AES)용으로 제조된 제품을 사용하였다. 증류수는 17M Ω 이상 되는 탈이온수(NATO Pure Ultra System, Barnstead)였으며, 사용한 초자는 10% HNO₃ 용액에 하룻밤 담근 후 세척하여 탈이온수로 3번 이상 행군 것을 건조하여 사용하였다. 각 원소의 표준용액 농도는 0.1, 1.0과 10mgL⁻¹으로 조제하여 3점을 이용한 검량곡선을 작성하여 분석하였고, 매 10개 시료를 측정 후 검량곡선을 재작성하여 실험하였다. 또한 시료용액은 표준용액의 농도범위로 희석하여 측정하였고 이때 사용한 ICP-AES의 조건은 Table 1과 같았다.

Table 1. Operating conditions of ICP-AES for mineral analysis

Power		1 KW for aqueous
Nebulizer pressure		3.5bars for meinhard type C
Aerosol flow rate		0.3 L/min
Shealth gas flow		0.3 L/min
Cooling gas		12 L/min
Wavelength (nm)	Ca	393.366
	Mg	279.553
	Na	588.995
	K	766.490
	Fe	238.204
	P	213.204
	Se	196.090
	Ge	209.426
	Zn	213.856
	Co	238.892

2.6. 비타민 C 함량조사

비타민 C 함량은 추출용액 100mL당 1.5~2.5mg 되도록 시료를 취한 후 5% metaphosphoric acid를 가하여 저온에서 저으면서 추출한 후, HPLC(Jasco Co., Model PU-980, Tokyo, Japan)를 이용하여 UV 검출기(Jasco Co., Model UV-970, Tokyo, Japan)로 254nm에서 분석하였다(김 등, 1986). 칼럼은 YMC-park polyamine II(4.6×250nm, YMC Co., Ltd, Japan)이었고, 칼럼의 온도는 40℃를 유지하였다. 이동상으로는 acetonitrile:50mM NH₄H₂PO₄(70:30, v/v) 용액이었으며, 유속은 분당 1.0mL였고, 시료의 주입량은 20μL였다. 표준 용액은 1, 2, 3mg/mL의 ascorbic acid 용액을 분석하기 직전에 조제하여 사용하였다.

2.7. 비타민 A 함량조사

비타민 A 농도가 10~20IU/mL이 되도록 시료를 취하여 chloroform: MeOH:H₂O(1:2:0.8, v/v/v)을 시료의 5배량 가하여 균질화 하고 여과한 후 분액여두에서 chloroform층을 취하였다. 이 chloroform층을 감압농축하여 검화 시료로 사용하였다. 2N KOH-EtOH용액으로 검화 후 ethyl ether로 3회 반복 추출한 후 감압하에서 ether를 제거하였다. 이 ethyl ether추출농축액을 일정량의 MeOH에 용해시켜 0.45 μ m membran filter로 여과하여 HPLC로 분석하였다. 사용한 칼럼은 μ -Bondapak C-18(300 \times 3.9mm, Waters Co., Milford, MA, USA)였으며 UV 검출기(Jasco Co., Model UV-970, Tokyo, Japan)를 이용하여 325nm에서 분석하였다. 칼럼의 온도는 40 $^{\circ}$ C를 유지하였고, 이동상으로는 MeOH:H₂O(90:10, v/v)혼합용액이었으며, 유속은 분당 1.0mL였고 시료의 주입량은 10 μ L였다. 표준용액의 순수한 비타민 A의 함량이 10, 20 및 30 IU/mL되도록 조제하여 사용하였다.

2.8. 식이섬유 함량조사

식이섬유의 함량은 시료 1g씩을 4개 취해 pH 6.0의 phosphate buffer 50mL과 α -amylase 0.1mL를 첨가한 후 잘 섞었고 호일로 싼 후 5분간 중탕기에서 가열하였다. 내부온도가 95 $^{\circ}$ C에 도달하면 15분간 항온처리 하였으며, 실온으로 방냉한 후 0.275N NaOH 10mL를 첨가하면서 용액의 pH를 7.5 \pm 0.2로 조절하였다. 사용 직전에 만든 protease 50mL/phosphate buffer 용액을 0.1mL 취해 첨가한 후 호일로 싸고 60 $^{\circ}$ C 항온수조에 넣어 잘 흔든 후 내부온도가 60 $^{\circ}$ C에 도달하면 다시 30분간 항온처리 하였다. 반응 후 실온으로 방냉하고, 0.325 HCl 10mL를 첨가하면서 용액의 pH를 4.0~4.6으로 조절한 후 amyloglucosidase 0.3mL를 첨가하여 호일로 싸고 60 $^{\circ}$ C 항온수조에 넣어 내부온도가 60 $^{\circ}$ C에 도달하면 30분간 다시 항온처리 하였다. 95% ethanol 4 volumes을 첨가한 후 실온에서 밤새 보관하고 정해진 방법대로 Celite를 사용해 여과시킨 후 도가니에 담았다. Celite가 포함된 도가니를 105 $^{\circ}$ C의 오븐 혹은 70 $^{\circ}$ C의 진공오븐에서 건조시킨 후 desicator에서 식힌 다음 무게를 제어 다음과 같이 계산하였다.

식이섬유 무게=(식이섬유+Celite+도가니 무게)-(Celite+도가니 무게)

2.9. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량조사

손바닥선인장 동결건조 종자분말 5g에 50% MeOH 250mL를 가하여 80℃의 수욕상에서 1시간 환류·냉각하면서 추출하고 실온으로 식혀 여과한 후 그 여과액을 40℃ 수욕상에서 감압·농축하였다. 줄기와 열매의 동결건조 분말 2g에 각각 50%, 80% MeOH 250mL를 가하고 80℃ 수욕상에서 1시간 환류·냉각하면서 추출하고 실온으로 식혀 여과한 후 그 여과액을 40℃ 수욕상에서 감압·농축하였다. 또한 같은 시료에 80% MeOH 250mL를 가하고 실온에서 2일간 방치하여 냉침한 후 여과하여 진공하에서 감압·농축하였다. 알로에 동결건조 분말 1g을 취하여 손바닥선인장 줄기와 같은 조건으로 추출하여 감압·농축하였다.

용매와 추출온도를 달리하여 추출한 시료들의 농축액을 50% MeOH 20mL에 녹이고 이 액 200 μ L를 취해 검액으로 사용하였다.

추출검액 0.2mL를 시험관에 취하고 여기에 2mL의 diethylene glycol을 가하여 잘 혼합한 후 1 N-NaOH 0.02mL를 가하여 다시 잘 섞고 37℃ 항온수조에서 1시간 항온처리 한 후 420nm에서의 흡광도를 측정하였고 rutin을 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 총 플라보노이드의 함량을 구하였다. 공시험군은 시료용액대신 50% MeOH 용액을 이용하여 동일하게 처리하였다.

표준곡선은 rutin 8.4mg을 50% MeOH 1.5mL에 녹이고 최종농도가 0~50 μ g/mL용액이 되도록 취하여 위에서와 같은 방법으로 420nm에서의 흡광도를 측정하여 작성하였다. 이때 표준곡선은 $y=8.221x+0.880$ 이었으며, 상관계수는 $r=0.994$ 였다.

3. 기능성물질의 분리 및 효능검증

3.1. 시료조제

손바닥선인장 열매 및 줄기를 수확하여 가시를 제거한 후 깨끗한 물로 씻고 슬라이서로 2mm정도로 썬 다음 건조용 그릇에 5kg씩 담아 -40℃의 급냉실에

24시간 냉동시킨 후 진공 동결건조기(PVTFD-100A, (주)일신랩)에 넣고 가열판의 온도를 20℃~80℃로 8단계로 나누어 설정하여 22시간 건조시켰다. 재료의 수분함량이 8% 이하로 건조된 열매는 부순 후, 진동채를 이용하여 종자를 분리해 버리고 줄기는 부순 후 분쇄기를 이용하여 200 mesh의 분말을 제조한 것을 추출 시료로 사용하였다.

3.2. 추출 및 분리

질은 갈색의 추출액으로 부터 flavonoid 및 dihydroflavanol 성분이 확인되는 ethyl acetate 추출용액을 이용하여 보다 정밀한 유효성분의 분리를 시도하였다. 추출한 ethyl acetate 용액을 진공 증류하고 갈색의 점도가 높은 추출물을 얻었고 그 추출물을 컬럼크로마토그래피(silica gel #60, Merck)를 이용하여 성분 분리하였다. 분리를 위하여 사용한 용리액은 chloroform과 methanol의 혼합용액으로 ① chloroform ② chloroform:methanol(30:1 vol/vol), ③ chloroform:methanol(20:1 vol/vol), ④ chloroform:methanol(10:1 vol/vol), ⑤ chloroform:methanol(5:1 vol/vol)의 순으로 연속적으로 추출하였다. 추출된 용리액은 박층크로마토그래프(TLC)를 이용한 확인시험을 하였다.

3.3. 유효성분의 분석

손바닥선인장으로부터 추출된 분획시료는 0.45 μ m 필터를 통하여 20 μ L를 주입하였으며, 이때 용리액은 DI water+ 50% methanol을 사용하였고 분리관은 Capcell PAK C18 5 μ m(4.6 I.D mm \times 25 cm)을 사용하였다. 검출방법은 UV 검출과장 245 nm에서 mass로 검출하였고 flow rate는 0.2mL/min이었다. 기타 시험에 대한 세부적 사항은 식품공전 분석법에 따라 적용하였다.

3.4. 유효성분의 정량

예상물질의 분석은 0.45 μ m 필터를 통과한 시료 10 μ L를 사용하였으며 모든 조건은 식품공전 분석법을 기준으로 적용 사용하였다. 분리관은 C18 5 μ m(25cm \times 4.6mm I.D column)을 사용하였고 용리액은 0.05M potassium dihydrogenphosphate(pH2.5)를 사용하였으며 UV 검출기 측정과장은 215nm에

서 그리고 용리액의 flow rate는 0.7mL/min이었다. 기타 실험에 대한 세부적 방법은 식품공전 분석법에 따랐다.

3.5. 당뇨병 고지혈증 유도 및 시료투여

실험동물은 BioLink(충북 음성)부터 분양 받아 경성대학교 약학대학(부산시 남구 대연동) 동물사에서 일정한 조건(온도:22±1℃, 습도:55±3%, 명암:12시간 light/dark cycle)으로 1주 동안 고형사료로 적응시킨 체중 200±10g의 Sprague-Dawley계 웅성 흰쥐를 사용하였다.

poloxamer P-407로 고지혈증 유도는 손바닥 선인장에서 분리한 시료(flavonoid Ex Comp 1, 2, 3)를 일주일간 투여하고 투여 마지막 날 300 mg/kg씩 복강내로 투여하고 48시간 후 처치하였다. 당뇨병 고지혈증의 유도는 streptozotocin 50 mg/kg을 0.05M citrate buffer(pH 4.5)에 녹여 꼬리정맥으로 투여 1주일 후 혈당을 측정하여 300-450mg/dl의 범위에 들어오는 흰쥐를 선별하여 손바닥 선인장에서 분리한 시료(flavonoid Ex Comp 1, 2, 3)를 일주일간 투여하고서 마지막날 16시간을 절식시킨 다음 사용하였다.

3.6. 효소원의 조제

시료의 투입이 끝난 실험동물에 sodium phenobarbital 200mg/kg을 복강주사하여 마취시킨 후 bleeding time을 측정하였다. 측정 후 CO₂로 가볍게 마취시키고 복부 대동맥으로부터 혈액을 채취하였고 간장은 0.9% 생리식염수로 관류시켜 조직 내 혈액을 제거하고 간장, 폐, 뇌, 신장, 비장, 심장을 적출하여 생리식염수에 씻은 후 여지로 가볍게 압박하여 남아 있는 혈액 및 생리식염수를 제거하였다. 채취한 혈액의 일부는 실온에서 30분간 방치한 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리하여 혈청을 분리하고 지질함량의 측정, lipid peroxide, hydroxyl radical 함량 및 superoxide dismutase 활성의 측정에 사용하였고 나머지는 3.13% sodium citrate 용액이 혈액의 1/10이 되도록 하여 2,500rpm에서 10분간 원심분리한 후 혈장을 분리하여 plasma clotting time, tissue factor activity의 측정에 사용하였다.

뇌와 폐 조직은 1g당 4배양의 0.15M NaCl 용액(saline solution)을 가하여

뇌 조직은 2분간 glass-teflon homogenizer로 마쇄하였고, 폐 조직은 1분간 stainless-blade homogenizer로 마쇄한 후 1분간 glass-teflon homogenizer로 마쇄하였다. 조직 마쇄액을 600×g에서 20분간 원심분리하여 상등액을 다시 ultracentrifuge로 105,000×g에서 1시간동안 초원심분리한 후, 침전부분을 초원심분리한 후의 상등액과 같은 부피의 saline 용액으로 현탁하여 이것을 tissue factor(TF) crude solution으로 사용하였다. 이상의 모든 조작은 따로 규정이 없는 한 4℃ 이하에서 수행하였다.

3.7. 혈당 및 체중 변화의 측정

혈중 glucose의 정량은 glucose oxidase법에 따라 조제된 kit(Exactech)를 사용하였으며, 체중의 변화는 실험 개시일로부터 24시간마다 측정하여 최초 무게에 대한 실험 당일의 체중변화를 산출하였다.

3.8. Bleeding time의 측정

Han 등(1993)의 방법에 의하여 마취된 실험동물을 꼬리 끝에서 0.3cm 자른 후 곧 37.5℃ saline 용액에 꼬리를 5cm 담그고 지혈될 때까지의 시간을 측정하였다.

3.9. 혈청에서의 지질 함량 및 활성산소의 변동 측정

가. 총콜레스테롤 함량의 측정

Richmond의 효소법(Richmond, 1976)에 의하여 조제된 kit(AM 202-K, Asan)를 사용하여 시험하였다. 즉, 빙냉상에서 효소시약(cholesterol esterase 20.5U/ℓ, cholesterol oxidase 10.7U/L, sodium hydroxide 1.81g/L 함유)을 효소시약 용해액(potassium phosphate monobasic 13.6g/L, phenol 1.88g/L 함유)에 용해한 후 시료 20μL에 조제한 효소시액 3.0mL을 첨가한 후 37℃에서 5분간 항온처리하여 시약 blank를 대조로 파장 500nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준검량선에 준해 혈중 함량은 mg/dL, 간 조직중 함량은 mg/g of weight liver로 표시하였다.

나. Triglyceride 함량의 측정

McGowan 등(1983)의 방법에 준하여 조제된 kit(AM 157S-K, Asan)를 사용하여 시험하였으며 병냉상에서 효소시약(lipoprotein lipase 10800U, glycerol kinase 5.4U, peroxidase 135000U, L- α -glycero phosphoxidase 160U)을 효소시약 용해액[N,N-bis (2-hydroxyethyl)-2-aminomethane sulfonic acid 0.427g/dL]에 용해한 후, 시료 20 μ L에 조제한 효소시액 3.0mL을 첨가한 후 37 $^{\circ}$ C에서 10분간 항온처리하여 시약 blank를 대조로 파장 550nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준검량선에 준해 혈중 함량은 mg/dL, 간 조직중 함량은 mg/g of weight liver로 표시하였다.

다. Phospholipid 함량의 측정

Chen 등(1956)의 효소법에 의하여 조제된 kit(Iatron Chem. Co.)를 사용하여 시험하였다. 즉, 병냉상에서 효소시약(phospholipase 3.9U, choline oxidase 5.6U, peroxidase 3.6U, 4-aminoantipyrine 0.3252mg 함유)을 효소시약 용해액 [tris(hydroxy-methyl)-aminomethane 6.057mg 함유]에 용해한 후 시료 20 μ L에 조제한 효소시액 3.0mL을 첨가한 후 37 $^{\circ}$ C에서 20분간 항온처리하여 시약 blank를 대조로 파장 500nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준검량선에 준해 그 함량을 mg/dL로 표시하였다.

라. HDL-cholesterol 함량의 측정

Nakayama 등(1978)의 효소법에 의하여 조제된 kit(AM 203-K, Asan)를 사용하여 시험하였다. 즉, 혈청 20 μ L에 침강시약(dextran sulfate 0.1%, magnesium chloride 0.1M 함유) 0.2mL를 가하고 잘 혼합한 후 실온에서 10분간 방치하고 3,000rpm에서 10분간 원심분리하였다. 그리고 그 상등액 0.1mL을 취하여 효소시액 3.0mL와 잘 혼합하여 37 $^{\circ}$ C에서 5분간 항온처리하여 시약 blank를 대조로 파장 500nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준검량선에 준해 그 함량을 mg/dL로 표시하였다.

마. LDL-cholesterol과 VLDL-cholesterol 함량의 측정

Low density lipoprotein-cholesterol(LDL-C) 함량과 very low density lipoprotein-cholesterol(VLDL-C)의 함량은 Beaumont 등(1970)의 방법에 따라 다음의 식에 의하여 산출하였다.

$$\text{LDL-C} = [\text{총콜레스테롤양} - (\text{HDL-C} + \text{triglyceride 양}/5)]$$

$$\text{VLDL-C} = [\text{총콜레스테롤양} - (\text{HDL-C} + \text{LDL-C})]$$

바. Lipid peroxide 함량의 측정

혈청중 lipid peroxide의 함량은 Yagi(1987)의 방법에 따라 혈청에 1/12N H₂SO₄와 10% phosphotungstic acid를 첨가하여 25℃에서 5분간 pre-incubation한 후 원심분리하여 침전물인 혈청단백질만 취해서 다시 1/12N H₂SO₄와 10% phosphotungstic acid를 가하여 원심분리한 후 침전물만을 취하였다. 증류수 1mL 와 0.67% thiobarbituric acid와 50% acetic acid를 가하여 95℃에서 50분간 반응시켜 실온에서 냉각 후 *n*-BuOH을 5mL를 첨가하여 10분간 원심분리하여 생성된 홍색의 *n*-BuOH 층을 취하여 spectrofluorometer를 사용하여(Ex: 515nm, Em: 553nm) 흡광도를 측정하여 표준곡선에서 그 함량을 혈청 1mL당 malondialdehyde nmole로 표시하였다.

사. Hydroxy radical 함량의 측정

Hydroxyl radical의 측정은 Kobatake 등(1987)의 방법에 따라 혈청 34.8μL에 0.54M NaCl, 0.1M potassium phosphate buffer(pH 7.4), 10mM NaN₃, 7mM deoxyribose, 5mM ferrous ammonium sulfate 및 증류수로서 333.3μL가 되도록 첨가하여 vortex에서 잘 혼합하여 37℃에서 15분간 정치하였다. 혈청 67μL를 취하고 여기에 8.1% sodium dodecyl sulfate 75μL, 20% acetic acid 500μL 및 2차 증류수 25μL를 넣어 혼합한 다음, 여기에 다시 1.2% thiobarbituric acid 333μL를 가하여 항온수조에서 100℃에서 30분간 가열한 후 실온에서 냉각한 다음 700×g에서 5분간 원심분리하여 얻은 상층액을 파장 532 nm에서 흡광도를 측정하여 표준검량선에 의하여 hydroxyl radical(nmole/mg protein)의 함량을 정량하였다.

아. Superoxide dismutase(SOD) 활성의 측정

혈청 SOD 활성의 측정은 Oyanagui(1984)의 방법에 따라 정량하였다. 혈청을 potassium phosphate buffer로써 100배 희석하여 그 중의 100 μ L를 시험관에 넣고 여기에 증류수 500 μ L, 시약 A(3mM hydroxylamine/3mM hypoxanthine) 200 μ L 및 시약 B[7.5mU/mL xanthine oxidase(XOD) with 0.1mM EDTA-2Na] 200 μ L를 넣고 vortex에서 잘 혼합한 다음, 37 $^{\circ}$ C 항온수조에서 40분간 정치하였다. 반응액에 시약 C(300mg of sulfanilic acid/5.0mg N-1-naphthyl-ethylenediamine in 500mL of 16.7% acetic acid) 2.0mL를 넣어 잘 혼합하여 실온에서 20분간 정치한 다음 550nm에서 흡광도를 측정하여 표준 검량선에 준하여 혈청 중의 SOD 활성을 측정하였다.

3.10. 혈장 응고시간의 측정

플라스틱 시험관을 37 $^{\circ}$ C의 항온수조에 담그고 혈장 100 μ L, saline(0.15M NaCl) 100 μ L, 25mM CaCl₂ 100 μ L를 가하고 섞은 후 천천히 흔들며 주면서 CaCl₂를 가한 후부터 혈장이 응고하기까지의 시간을 측정하였다.

3.11. Tissue factor(TF) 활성의 측정

Quick(1935)과 Surprenant(1989) 등의 방법에 준하여 플라스틱 시험관을 37 $^{\circ}$ C 수욕상에 담가두고 plasma 100 μ L, TF stock을 saline 용액으로 희석한 것 100 μ L(saline만 100 μ L 넣은 것을 blank로 함)를 가하고 25mM CaCl₂ 100 μ L를 넣고 섞은 후 시험관을 수욕상에서 꺼내 가만히 기울여보고 다시 담그고 하면서 CaCl₂를 첨가한 후부터 응고할 때까지의 시간을 재었으며 모두 2회 반복 실시하였다. Saline을 넣지 않고 TF stock만 넣었을 때의 혈장응고시간을 100% TF 활성도로 정하고, TF stock을 넣지 않고 saline만 넣은 혈장의 응고시간을 0%로 하여 농도를 log scale로 x축에, activity %를 y축에 표시하여 standard curve를 그렸으며 이 graph에서 50% TF 활성이 되는 TF의 양을 1 unit로 정하여 tissue factor 활성을 표시하였다.

3.12. 단백질 정량 및 통계처리

단백질의 함량은 Lowry 등(1951)의 방법에 준하여 bovine serum albumin(Sigma, Fr. V)을 이용하여 측정하였다. 본 실험에서 얻어진 결과는 평균치로 표시하였고, 통계적 유의성 검증은 Duncan's multiple range test를 이용하였다.



IV. 결과 및 고찰

1. 생육특성 및 재배기술

1.1. 생육특성

손바닥선인장의 발아기, 개화기, 착색기의 시작과 종료시점은 Table 2와 같았다. 눈은 1년에 모두 3차례에 걸쳐 발아하였으며, 그 중 1차 발아는 5월 19~25일로 해에 따라 약간의 차이를 보였으며 이는 겨울철 기온이 발아에 영향을 미친 것으로 보인다. 발아되는 눈의 형태는 모양이 동그란 구형은 꽃봉오리로, 넓적한 편원형은 줄기로 성장되었다. 개화시는 6월 8~12일, 종화기는 6월 29~7월 3일이었다. 과일의 착색은 10월 27~12월 8일까지로 약 35일에 걸쳐 착색이 완료되어, 지역에 따라 꽃눈이 봄 약 1개월 동안 발생하며 그 결과 과실성숙은 약 한달 동안 여름에 이루어진다(Nerd 등, 1989, 1993)는 보고와 비슷하였다.



Table 2. Date of sprouting, flowering, and fruit coloring in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Sprouting			Flowering		Fruit coloring	
1st	2nd	3rd	Start	End	Start	End
May 19-25	June 29- July 3	Aug. 18-23	June 8-12	June 29- July 3	Oct. 27- Nov. 5	Dec. 2-8

Investigated during the period from April in 1998 to Dec in 2000.

열매의 크기별 평균과중, 종자의 수 및 무게 조사결과는 Table 3과 같았다. 평균과중은 15g이었으며, 열매 당 종자의 숫자는 열매의 크기에 따라 큰 차이를 보였으나 평균 44개였다. 종자의 무게는 열매 당 평균 1.01g이었고 종자 1,000개의 무게는 23.05g이었다.

Table 3. Fruit weight per plant, and the number of seeds and weight per fruit in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Grade of fruit	Average fruit weight (g)	No. of seeds (No./fruit)	Seed weight(g)	
			weight/fruit	1,000 seeds
Big size	20.0	82.8	1.69	-
Medium size	15.0	40.0	0.95	-
Small size	10.0	11.0	32	-
Average	15.0	44.0	1.01	23.05

Sample size (number of fruits): 100

Investigation period: Nov. 20, 1998.

손바닥선인장의 꽃은 꽃받침, 꽃잎, 수술, 암술로 이루어져 있는 양성화이고 꽃잎은 서로 떨어져 있는 이관화관이었다(Figure 1). 1개의 암술과는 달리 수술은 평균 280개로 구성되어 있었으며, 꽃잎은 평균 14개, 꽃받침은 평균 8개로 이루어져 있고 특별한 향기는 없었다. 자방은 5개로 나누어져 있고 그 안에 배주(ovule)가 들어있었다(Table 4).



Figure 1. Shape of flower in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Table 4. The number of flower organs in each flower of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Pistil	Stamen	Petal	Calyx	Ovary
1.0	280.0	14.0	8.0	5.0

Investigation date: June 25, 1998.

Number of samples: 10 flowers

잎의 변태인 가시(leaf spine)는 줄기 및 열매에 많이 발생하였는데 열매에는 평균 8개의 가시자리가 있고 여기에 굵기 0.01mm, 길이 2mm크기의 가시가 평균 50개 밀생되어 있었다. 줄기에는 마디마다 평균 30개의 가시자리가 있으며, 굵기 1.0mm, 길이 15~20mm의 것 1~2개와 굵기 0.1mm, 길이 2mm의 가시가 평균 50개가 밀생되어 있었다. 가시의 모양은 하나의 중심가시를 축으로 한 방사상의 모양을 나타내어(Figure 2), Danny(1990)가 정의한 모양과 같았다.



Figure 2. Shape of spine in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

손바닥선인장의 꽃을 밀원으로서의 가능성을 검토하기 위하여 꿀의 성상 및 주요성분을 분석한 결과 꿀의 성분 9개 항목(식품공업협회, 1999) 중에서 수분을 제외한 Ash등은 규격에 적합한 것으로 나타났다(Table 5). 그러나 꿀의 수분함량이 22.1%로 높게 나타났는데 이것은 농축과정을 거치지 않아 과다하게 나타난 것으로 사료된다. 또한 꿀의 식품영양성분은 나트륨, 칼륨, 리보플라빈, 나이아신이 아카시아꿀에 비해 매우 높은 것으로 조사되었다(Table 6). 본 조사에서 손바닥선인장의 꽃이 밀원으로서 가치가 높은 것으로 나타나 대량재배에 의한 채밀로 고소득을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

Table 5. Ingredients of honey from *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Test item	Standard ingredient	Hony of <i>Opuntia ficus-indica</i> var.
Description	-	suitability
Moisture	< 21.0%	22.1%
Ash	< 0.6%	0.07%
Acidity	< 40.0mg/kg	13.4mg/kg
Invert sugar	> 65.0%	55.7%
Saccharose	< 7.0%	16.1%
H.M.F	< 40.0mg/kg	0.5mg/kg
Tar pigment	non detection	non detection
Artificial sweetening	non detection	non detection

Analysis: Institute of Health & Environment, Jeju-Do

1.2. 번식방법 시험

손바닥선인장의 삽목시기가 생육에 미치는 영향을 조사한 결과 3월 삽목구는 다음해 7월 10일에 주경장 64.0cm, 주경절수 5.2개로 생육이 가장 왕성하였으며, 9월 삽목구는 주경장 45.4cm, 주경절수 4.3개로 주경장과 주경절수가 3월 삽목구보다 적은 것으로 나타났다(Table 7). 9월 삽목한 경우 삽목직후 기온이 낮아져서 정상적인 생육이 되지 않은 것으로 사료되어 손바닥선인장의 삽목적기는 3~5월이라고 사료되었다.

Table 6. Comparison of nutritive ingredient of honey of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten with that of Acacia flower

Item	Mois- -ture (%)	Protein ----- g	Carbo- hydrate ----- g	Ash	Ca	P	Na	K	Ribo- flavin ----- mg/100g	Niacin -----	Ascorbic acid -----
Acacia honey	19.3	-	80.5	0.1	2	3	3	3	0.01	0.1	2
O-honey ^z	21.4	0.5g	78.1	0.1	2	4	19	22	0.37	0.49	4

Analysis Agency: National Rural Living Science Institute, R.D.A.

Period of honey collection: June 18~July 3, 1998.

Investigation date: July 4, 1988.

^z Honey of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Table 7. Effect of planting date on the length of main stem, and number of sclerotomes and fruits in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Treatment	Main stem length(cm)	No. of sclerotomes per main stem	No. of sclerotomes per plant	No. of fruits per plant
March 10	64.0 a ^z	5.2 a	95.1 a	37.5 a
April 10	61.6 a	5.1 a	96.5 a	33.2 ab
May 10	59.9 a	5.1 a	87.9 a	19.6 bc
June 10	49.0 bc	4.4 b	40.4 c	0.7 d
July 10	51.7 b	4.7 ab	46.4 bc	0.9 d
Aug. 10	49.5 bc	5.1 a	58.5 b	7.4 cd
Sept. 10	45.4 c	4.3 b	54.3 bc	0.3 d

Investigation date: July 10, 1999.

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

삼수조제 후 정치기간별 생육을 보면 주경장은 삼수조제 후 5일간 정치구가 60.8cm로 가장 길었으며 3일간 정치구는 50.9cm로 가장 짧았다. 주경절수는 30일간 정치구가 5.5개로 가장 많았으며 3일간 정치구는 4.7개로 가장 적었다(Table 8). 정치기간이 5일이 되면 채취시에 비해 생체중이 4%정도 감량되었음을 알 수 있는데(Table 9) 이때가 활착 및 생육에 적당한 것으로 사료되었다.

Table 8. Main stem length and the number of sclerotomes according to storage duration of cutting before planting in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Storage duration ^z	Main stem length(cm)	No. of main sclerotomes
3	50.9 c ^y	4.7 b
5	60.8 a	5.2 a
10	53.2 bc	5.0 a
15	55.4 bc	5.3 a
20	57.9 ab	5.4 a
25	58.2 ab	5.4 a
30	52.2 c	5.5 a

^zNumber of dates of storage.

Planting date: May 10, 1998.

Investigation date: July 10, 1999.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

삼수를 무게별로 선별 삼식한 후 발아수를 조사한 결과 삼수의 평균무게가 210g구는 35.2개로 가장 많았으며, 35g구는 9.4개로 가장 적었다(Table 10). 삼목재배의 경우 삼수의 크기가 클수록 발아율이 높은 것으로 알려져 있는데(황, 1987), 본 시험에서도 같은 경향이었으므로 손바닥선인장의 번식에 알맞은 삼수의 크기는 무게가 90g 이상이면 적당할 것으로 사료되었다.

Table 9. Changes on fresh weight of cutting during storage in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Cutting size ^y	Weight ^x (g)/cutting number of dates of storage							
	0	3	5	10	15	20	25	30
Small	128	126	124	116	106	101	99	98
Medium	182	176	172	157	148	142	140	138
Large	234	230	228	211	200	192	189	186

^x Harvesting date: April 10, 1998.

^y 10 plants were classified by size.

Table 10. Effect of cutting weight on total number of nodes in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Weight of cutting (g/plant)	Total no. of nodes
210	35.2 a ^z
169	27.2 b
90	23.7 c
35	9.4 d

Planting date: June 10, 1996.

Investigation date: Nov 10, 1996.

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

1.3. 재배방법 시험

가. 수령과 전정방법이 수량에 미치는 영향

수령별 주당 착과수는 3년생 40.7개, 4년생 57.1개, 5년생 89.2개, 6년생 95.1개, 7년생 102.7개, 8년생 87.3개였다(Table 11). 수령이 7년생까지는 수량이 증가하였으나 8년생부터는 수량이 감소하는 것으로 나타났다.

Table 11. The number of fruits per plant and fruit yield according to the plant age in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Age (years)	No. of fruits per plant	Yield (kg/10a)
3	40.7 e ^z	1,275
4	57.1 d	1,782
5	89.2 b	2,812
6	95.1 a	2,986
7	102.7 a	3,213
8	87.3 c	2,765

Planting space: 180×50×50cm(2 row).

Planting density: 2,100 plants/10a

Arable land utility: 75%.

Average weight of fruit: 15g

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

손바닥선인장 재배에서 수확을 목적으로 하는 열매는 수령과 수세에 따라 달라질 수 있으므로 계속 왕성한 수세를 유지하면서 안정적인 수확을 위하여 전정방법을 달리하여 시험을 실시하였다. 주경장의 길이는 슈음전정 105.8cm, 슈음+절단전정 84.4cm, 무전정 81.0cm, 절단전정 80.2cm로 슈음전정구가 가장 길었고 절단전정이 가장 짧았다. 전정구는 전정 후 3년까지는 착과수가 증가하였으나, 4년차부터는 감소하였으며 무전정구는 다음해인 수령 8년생부터 수량이 감소하였다(Table 12). 이와 같이 손바닥선인장은 수령이 경과함에 따라 수량이 감소하는 것으로 나타나 슈음전정 등과 같이 수세를 안정적으로 유지시켜 주는 관리방법의 도입이 필요하리라 생각된다.

나. 재식거리와 비닐멀칭이 생육에 미치는 영향

재식거리별 주경장을 조사한 결과 휴폭 180cm에 50cm×50cm일때 38.3cm, 60cm×60cm일때 40.3cm, 70cm×70cm일때 45.8cm, 80cm×80cm일때 51.1cm로 재식간격이 넓을수록 주경장이 긴 것으로 나타났다(Table 13).

Table 12. Effect of pruning method on the fruit setting in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Pruning method	Main stem length (cm)	No. of fruits/ years after pruning			
		0	1	2	3
Thinning-out back	105.8 a ^z	63.8 b	130.2 a	147.4 a	106.0 a
Cutting back	80.2 c	40.2 d	105.0 b	115.7 c	91.1 c
Thinning out + cutting back	84.4 b	60.0 c	105.0 b	136.3 b	96.6 b
No pruning	81.0 c	124.0 a	83.4 c	77.1 d c	63.3 d

Pruning date: Apr 15, 1998.

Investigation date: Nov 10, 1998; Nov 10, 1999; Nov 10, 2000; Nov 10, 2001.

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 13. Length of main stem and the number of main nodes according to planting space in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Planting space	Length of main stem(cm)	No. of main nodes
50cm×50cm	38.3 c ^z	3.7 b
60cm×60cm	40.3 c	3.8 b
70cm×70cm	45.8 b	4.7 a
80cm×80cm	51.5 a	4.7 a

Planting date: June 10, 1996.

Investigation date: Nov 10, 1996,

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

번식방법과 재식거리 시험결과를 종합하면 삽수의 무게가 90g 이상의 것을 선별하여 삽수조제 후 5일간 정치시킨 후 3~5월경 재식거리를 80cm×80cm 이상으로 하여 재배하면 생육이 좋을 것으로 사료된다.

손바닥선인장의 생육을 촉진시키기 위하여 4종의 토양피복재료를 5월 10일 피복하여 삽목 후 11월 10일에 조사한 결과 주경장의 길이는 투명비닐>백색비닐>흑색비닐>무피복>은색비닐순이었다. 주경절수는 흑색비닐>투명비닐>백색비닐>은색비닐>무피복 순이었다(Table 14). 이는 투명비닐 멀칭처리가 고추의 초장이 가장 길었고 흑색비닐구가 다음으로 길었으며 짚구의 것이 가장 짧았다는 보고(이 등, 1975)와 야콘재배시 백색비닐에서 초장이 139cm로서 가장 양호하였고, 녹색비닐, 흑색비닐순으로 짧았다는 보고(두, 1999)와 유사하였다. 그러므로 생육촉진을 위해서는 투명비닐이나 흑색비닐로 피복재배하는 것이 좋을 것으로 사료되었다.

Table 14. Effect of mulching material on the length of main stem and the number of nodes in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Mulching material	Main stem length(cm)	No. of main sclerotomes
Transparent vinyl	42.1 a ²	4.6 ab
Silver colored vinyl	31.4 c	3.7 ab
White colored vinyl	36.6 ab	4.4 ab
Black colored vinyl	33.5 ab	4.7 a
No mulching	33.5 ab	3.5 b

Mulching date: May 10, 1999.

Investigate date: Nov 10, 1999.

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

다. 질소와 석회시용이 수량에 미치는 영향

질소 시용량과 수량과의 관계는 Table 15에 나타내었다. 질소 10kg/10a를 1

회에 전량 시용구가 주경장은 가장 길었으나 착과수는 질소 10kg/10a 2회 분 시구가 가장 많았다. 질소 15kg/10a시용구는 처리간 유의차가 인정되지 않았으나 무시용구와 생육이 비슷하였다. 착과수는 무시용구보다 시용구가 많았다. 질소시용은 선인장의 생산량뿐만 아니라 줄기수를 증가시키며(Nobel, 1988), 꽃눈 수를 증가시키는 것으로 알려지고 있다(Nerd 등, 1989, 1993). 따라서 손바닥선인장을 재배할 경우 질소비료를 10kg/10a정도를 분시 하는 것이 알맞다고 사료되었다.

Table 15. Effect of amount of nitrogen fertilizer and split application on the length of main stem and fruit setting

N level (kg/10a)	Application method ^z	Main stem length (cm)	No. of fruit set
5	Once	76.8 dc ^y	128.8 d
	Twice	77.8 bcd	207.5 b
	Thrice	84.4 ab	212.5 b
10	Once	86.8 a	248.6 a
	Twice	83.9 ab	255.6 a
	Thrice	85.3 ab	204.0 b
15	Once	79.5 abc	101.3 d
	Twice	76.6 cd	112.9 d
	Thrice	70.9 d	161.2 c
	Control	76.8 cd	70.1 e

^zOnce: on May 15; Twice: on May 15 and June 15; Thrice: on May 15, June 15, and July 15 in 1998.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

석회시용이 생육 및 수량에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 16) 주경장은 석회 300kg/10a시용구가 59.8cm로 가장 길었으며, 150kg/10a시용구는 58.1cm로 다음이었고 450kg/10a시용구는 54.7cm, 무시용구는 51.5cm로 석회를 시용

하지 않았거나 다량시용한 구는 생육이 저조한 것으로 나타났다. 또한 주경절수, 총절수, 착과수는 처리간에 약간의 차이는 있었으나 유의차가 없었고 무시용과는 유의차가 있었고, 석회시용량이 증가함에 따라 토양pH와 E.C값은 증가하였다(Table 17). 이는 배추에서 토양에 석회를 사용하면 토양에 칼슘함량이 높아져 수량이 증수되었다는 보고(오, 1975)와 땅콩의 수량은 소석회 1.5배 시용구가 27% 증수하였다는 보고(김 등, 1990)와 비슷하였고, 현무암 토양에서 수도에 대한 석회의 적량시용은 등숙비율을 증가시켰고 다량시용은 수수와 수당입수를 감소시켰다는 보고(정 등, 1977)와 유사 하였다. 손바닥선인장은 다양한 토양조건에 적응력이 높고 척박한 사막지대의 토양 등 광범위한 토양산도에 적응하는 식물로 알려져 있으나(Nobel, 1988), 수량증수를 위해서는 삼목시 150~300kg/10a정도의 석회를 사용하여 토양산도를 pH 7 정도로 교정하는 것이 좋을 것으로 사료되었다.

Table 16. Effects of lime fertilization on the length of main stem, the number of nodes and fruit setting

Lime (kg/10a)	Main stem length(cm)	No. of main sclerotomes	Total No. of sclerotomes	No of fruits
150	58.1 a ^z	5.3 a	74.7 a	21.6 a
300	59.8 a	5.4 a	79.2 a	19.2 a
450	54.7 b	5.3 a	61.6 a	10.8 a
None	51.5 b	5.0 b	51.4 b	9.4 b

Planting date: May 10, 1998.

Investigation date: July 10, 1999.

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 17. Effect of lime application on the changes in chemical components of soil

Lime (kg/10a)	pH (1:5)	Oranic matter (%)	Available P (mgL ⁻¹)	Exchangeable base			E.C (ds/m)
				K	Ca	Mg	
150	6.9	2.2	180	1.06	13.0	7.2	0.34
300	7.1	2.2	128	1.19	12.8	7.4	0.38
450	7.7	1.9	127	1.07	14.4	8.1	0.44
None	6.5	2.3	242	1.08	11.0	4.2	0.28

Dolomitic lime: Ca 22.7%, Mg 11.8%

라. 생장조정제 처리가 수량에 미치는 영향

생장조정제처리와 수량과의 관계를 조사한 결과 열매의 횡경, 종경, 무게는 Forchlorfenuron 30mgL⁻¹처리구가 가장 컸으며 그 다음이 GA₃ 15mgL⁻¹ + Forchlorfenuron 30mgL⁻¹처리구 였다(Table 18). 손바닥선인장 재배시 Forchlorfenuron 30mgL⁻¹등을 생육기에 처리할 경우 열매의 수량을 향상시킬 수 있을 것으로 사료되었다.

Table 18. Effect of the foliar spray of plant bioregulators on the growth of fruit in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Treatment	Width of fruit(mm)	Length of fruit(mm)	Weight of fruit(g)	Index (%)
GA ₃ 15mgL ⁻¹	26.7 e ^z	45.0 e	17.6 d	106.6
GA ₃ 30 mgL ⁻¹	25.4 f	44.6 e	16.3 f	98.8
Forchlorfenuron 8mgL ⁻¹	28.0 b	48.0 b	18.0 e	109.1
Forchlorfenuron 15mgL ⁻¹	28.5 b	48.4 b	19.4 de	117.5
Forchlorfenuron 30mgL ⁻¹	29.4 a	51.0 a	21.7 a	131.5
GA ₃ 15mgL ⁻¹ +Forchlorfenuron 8mgL ⁻¹	27.0 de	46.2 d	17.0 f	103.0
GA ₃ 15mgL ⁻¹ +Forchlorfenuron 15mgL ⁻¹	27.8 bc	46.0 d	21.5 b	130.8
GA ₃ 15mgL ⁻¹ +Forchlorfenuron 30mgL ⁻¹	28.4 b	48.5 b	20.4 c	123.6
GA ₃ 30mgL ⁻¹ +Forchlorfenuron 8mgL ⁻¹	27.5 cd	47.1 c	20.0 cd	121.2
GA ₃ 30mgL ⁻¹ +Forchlorfenuron 15mgL ⁻¹	28.3 b	48.5 b	19.2 de	116.3
GA ₃ 30mgL ⁻¹ +Forchlorfenuron 30mgL ⁻¹	24.3 g	47.1 c	19.1 e	115.7
Control	26.6 e	44.8 e	16.5 f	100.0

Application date: July 5, 15, and 25, 1997.

Investigated date: Nov 20, 1997.

^zMean separation within columns by Ducan's multiple range test at 5% level

식물영양제로 사용되는 엽면시비용 제4종복비 등 몇 종을 처리하고 생육을 조사 비교한 결과 Hi-green 1,000배액 엽면시비가 주경장의 크기에 효과가 있는 것으로 조사되었다(Table 19). 이는 멜론에 황산마그네슘의 엽면시비는 당도를 증가시키는 등 최근에 작물재배에 마그네슘, 칼슘 등의 다양한 미량 요소 사용이 작물의 품질을 향상시키는 것으로 알려지고 있는데(김 등, 1999), 손바닥선인장의 생육 및 수량증대를 위해서는 이에 대한 검토가 더욱 필요하리라 생각된다.

Table 19. Effect of foliar application of fertilizer on the length of main stem and the number of nodes in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Fertilizer ^z	Main stem length(cm)	No. of main sclerotomes
Zalklan	37.0 b ^y	3.1 b
Hi-Green	42.8 a	3.8 a
Wonder-grow	36.7 b	3.1 b
Urea 0.3%	37.2 b	3.2 b
Control	36.2 b	3.1 b

Application date: Aug 6, 16. and 26, 1998.

Investigation date: Nov 10, 1998.

^zZalklan: compound fertilizer of 36(N)-5(P)-6(K); Hi-Green: compound fertilizer of 14(Mg)-16(Si)-2(Fe); Wonder-Grow: compound fertilizer of 10(N)-8(P)-25(K)

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

1.4. 제초의 생력화 및 제초제 선발

생력적인 방법으로 잡초를 제거하기 위하여 7월 26일 4종의 인력제초 및 제초제를 처리하면서 제초방법별 소요시간을 조사한 결과 인력제초는 600분/10a, 제초제 살포는 40분/10a이 소요되었고 2개월후인 9월 24일에 잡초 재 발생정도 및 약해 발생정도를 조사한 결과 손바닥선인장에 약해 피해가 중정도 이나 잡초 재발생량이 적은 것은 하이바엑스였으며, 약해피해가 소정도 이나 잡초 재 발생량이 많은 것은 근사미였고 공통적인 우점잡초는 쇠비름이었다(Table 20).

Table 20. Effect of herbicide application on the weeding in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Item	Herbicide				Hand weeding
	Glyphosate	Glufosinate ammonium	Bromacil	Fluoxypyr	
Number of weeds/m ²	24.3	19.0	3.0	19.0	36.4
Dry weight of weed(g/m ²)	46.7	47.3	8.5	31.0	70.0
Degree of phytotoxicity ^z	light	medium	light	medium	-

^zlight: 0.1~5% of plant surface was injured; medium: 5~20% injured.



2. 성분특성

2.1. 일반성분

동결건조하여 분말화한 손바닥선인장과 알로에의 일반성분은 Table 21에 나타내었다. 손바닥선인장과 알로에의 주성분은 당류같은 가용성 무질소물이었으며, 그 함량은 손바닥선인장 열매, 줄기, 알로에, 선인장종자의 순으로 약 20~70%로 나타났다. 가용성 무질소물을 제외하면 선인장 열매와 줄기의 경우 회분이 약 12~20%로 많았으며, 씨의 경우 조섬유가 54%를 차지하였다. 손바닥선인장의 줄기와 알로에의 회분함량은 유사하였다. 따라서 가용성 무질소물을 제외한 선인장 줄기와 알로에의 성분은 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 가용성 무질소물이란 섬유소를 제외하고 전분, 당분, 고무질, 점질물, 펙틴, 색소류를 총칭하는 것으로 탄소, 수소, 산소의 3가지 성분으로 된 물질로 탄수화물을 일컫는다. 따라서 손바닥선인장을 구성하고 있는 점질성분이 알로에 보다 많음을 시사하는 것이고, 이러한 점질물은 손바닥선인장의 열매보다 줄기에 다량 존재함을 알 수 있었다.



Table 21. Proximate compositions in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten and *Aloe vera* (unit in %)

Samples	Moisture	Crude fat	Crude protein	Crude ash	Crude fiber	Nitrogen free extract
<i>Opuntia</i> seed	5.94	9.81	6.96	2.13	54.50	20.66
<i>Opuntia</i> stem	5.94	1.20	8.52	20.05	6.27	58.02
<i>Opuntia</i> fruit	9.30	1.35	4.24	12.12	3.79	69.20
<i>Aloe vera</i>	11.64	1.60	7.53	21.98	7.80	49.45

2.2. 유리아미노산과 총 아미노산

손바닥선인장과 알로에의 유리아미노산 조성은 Table 22에 나타내었다. 유리아미노산의 함량은 손바닥선인장 보다 알로에가 높았으며 손바닥선인장의

경우 씨, 열매, 줄기의 순으로 함량이 높았다. 유리아미노산의 조성면에서 보면, 씨의 경우 glutamic acid가 23.4%로 가장 많았고 줄기의 경우 glycine과 arginine이 각각 40.3%와 18.3%를 차지하였다. 열매의 경우 tyrosine, prolin과 aginine이 주요 아미노산이었는데 각각 25.4, 16.1과 12.5%를 차지하였다. 알로에의 경우 serine과 glycine이 주요 유리아미노산으로 유리아미노산의 조성은 알로에와 선인장과는 다르다고 할 수 있었다. 선인장중 *Opuntia ficus-indica* L.의 줄기에 존재하는 주요 아미노산은 serine, aspartic acid와 glutamic acid로 이들 함량은 5.0~7.3% 였다는 Teles 등(1984)의 보고와 본 시험에서 줄기의 주요 유리아미노산은 glycine과 arginine 이라는 보고와는 차이가 있었다.

Table 22. Compositions of free amino acid in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten and *Aloe vera* (Unit : dry basis, mg/100g)

Amino acids	<i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten			<i>Aloe vera</i>
	Seed(%)	Stem(%)	Fruit(%)	(%)
Asp	7.3(13.6)	72.0(7.3)	49.2(6.2)	29.2(2.5)
Glu	12.7(23.6)	53.3(5.4)	75.2(9.4)	51.9(4.4)
Ser	1.6(3.0)	49.1(5.0)	34.0(4.4)	504.0(42.8)
Gly	2.7(5.0)	396.3(40.3)	68.8(8.6)	291.0(24.7)
His	1.3(2.4)	14.1(5.0)	24.7(3.1)	16.0(1.4)
Arg	5.0(9.3)	179.9(18.3)	100.2(12.5)	26.5(2.2)
Thr	0.9(1.7)	19.6(2.0)	7.4(0.9)	42.5(3.6)
Ala	2.8(5.2)	24.4(2.5)	13.2(1.7)	64.8(5.5)
Pro	5.2(9.7)	48.6(4.9)	129.0(16.1)	23.3(2.0)
Tyr	3.3(6.1)	16.4(1.7)	203.6(25.4)	15.8(1.3)
Val	1.7(3.1)	32.4(3.3)	19.7(2.5)	32.8(2.8)
Met	1.6(3.0)	8.8(0.9)	5.8(0.7)	10.1(0.9)
Cys	1.0(1.9)	2.5(0.3)	3.2(0.4)	5.6(0.5)
Ile	1.0(1.9)	15.0(1.5)	18.6(2.3)	12.3(1.0)
Leu	2.3(4.3)	16.7(1.7)	8.0(1.0)	12.7(1.1)
Phe	2.5(4.7)	18.3(1.9)	25.7(3.2)	27.0(2.3)
Lys	0.8(1.5)	14.5(1.5)	12.3(1.5)	12.2(1.0)
Total	53.7(100)	981.9(100)	798.6(100)	1177.7(100)

손바닥선인장과 알로에의 총 아미노산 조성은 Table 23에 나타내었다. 총 아미노산의 함량은 손바닥선인장의 씨와 줄기에서는 알로에 보다 높으나, 알로에가 손바닥선인장 열매보다 높았으며 손바닥선인장의 경우 줄기, 씨, 열매의 순으로 높았다. 종자의 경우 glutamic acid와 arginine이 20.9와 15.4%를 차지하여 주요 총 아미노산으로 나타났으며, 열매의 경우 유리아미노산은 tyrosine, proline과 arginine이 많았으나 총아미노산의 경우 glutamic acid가 주요 아미노산으로 20.2%를 차지하여 유리아미노산과 총 아미노산과는 달랐다. 줄기의 경우 유리아미노산은 glycine과 arginine이었으나 총 아미노산인 경우 열매처럼 glutamic acid가 주요 아미노산으로 28.5%를 차지하였다. 알로에의 경우 주요 유리 아미노산은 serine과 glycine이었으나 총 아미노산중 주요 아미노산은 aspartic acid와 glutamic acid였다. 따라서 유리아미노산과 총 아미노산의 주요 아미노산은 다르게 나타났으며, 이들 조성은 알로에와 손바닥선인장과는 다르다고 할 수 있다.

2.3. 유리당

손바닥선인장과 알로에의 유리당 조성은 Table 24에 나타내었다. 손바닥선인장 씨의 경우 주요 유리당은 sucrose로 전체 유리당의 83.2%를 차지하였으며, mannose는 검출되지 않았다. 줄기의 경우 주요 유리당은 fructose와 sucrose로 전체의 40.8과 25.7%를 차지하였으며 점질다당류의 구성분인 mannose는 180.4mg으로 전체 유리당의 1.7%를 차지 하였다. 열매의 경우 주요 유리당은 sucrose, fructose 와 glucose로 각각 68.7, 18.0, 12.8%를 차지하였으며 점질다당류의 구성분인 mannose는 208.2mg으로 전체유리당의 0.5%를 차지하였다. 그러나 mannose의 구성비는 줄기보다 열매가 낮으나 절대적 함량은 열매가 높아 점질다당성분은 열매가 많았다. 알로에의 경우 주요 유리당은 fructose와 glucose로 각각 53.5와 45.6%를 차지하였으나 손바닥선인장 각 부위의 주요당으로 나타난 sucrose는 알로에에는 미량 존재하였다. 또한 점질 다당류의 구성분인 mannose는 133.1mg으로 전체 유리당의 0.2%를 차지하나 선인장 줄기나 열매보다는 절대적 함량이 적었다. 따라서 선인장에는 알로에 보다 점질 다당이 다량 존재하는 것으로 추정할 수 있다.

Sawaya 등(1982)은 열매에서 분리한 펄프의 유리당에는 sucrose는 존재하지 않으며 glucose와 fructose가 6:4의 구성비로 존재한다고 보고한 바 있다. Kuti 등(1994)은 *Opuntia hyptiacantha*와 *Opuntia lindheimrri*의 열매의 껍질, 펄프, 즙액에 대한 유리당을 조사한 결과 품종에 따라 상대적인 당 함량은 달랐으며 선인장 열매의 주요 당은 sucrose, glucose, fructose였고 모든 품종에 있어 껍질에 존재하는 주요 당은 sucrose라고 하였다. 그러나 펄프나 즙액에는 sucrose보다 glucose와 fructose가 많았다고 하였으며, 이들 함량은 품종별 성숙시기별로 다르다고 하여 손바닥선인장 열매의 유리당 함량 구성과 비슷하였다.

Table 23. Compositions of total amino acid in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten and *Aloe vera* (Unit : dry basis, mg/100g)

Amino acids	<i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten			Aloe vera (%)
	Seed(%)	Stem(%)	Fruit(%)	
Asp	411.7(7.8)	453.7(8.4)	258.4(8.6)	729.5(19.2)
Glu	1103.2(20.9)	1543.1(28.5)	605.7(20.2)	848.5(22.3)
Ser	168.3(3.2)	219.8(4.0)	118.7(3.9)	199.1(5.2)
Gly	423.7(8.0)	245.0(4.5)	128.1(4.2)	247.8(6.5)
His	214.8(4.1)	188.5(3.5)	150.8(5.0)	143.7(3.8)
Arg	811.5(15.4)	361.7(6.7)	306.0(10.2)	169.7(4.5)
Thr	162.4(3.1)	199.3(3.7)	97.7(3.3)	123.4(3.2)
Ala	146.3(2.8)	163.3(3.0)	93.6(3.1)	73.8(1.9)
Pro	285.7(5.4)	294.2(5.4)	242.2(8.0)	156.0(4.1)
Tyr	255.0(4.8)	228.1(4.2)	314.0(10.5)	159.0(4.2)
Val	233.2(4.4)	264.0(4.9)	104.8(3.5)	164.9(4.3)
Met	7.5(0.1)	24.0(0.4)	5.4(0.2)	86.7(2.4)
Cys	78.5(1.5)	55.3(1.0)	57.6(1.8)	51.7(1.5)
Ile	228.9(4.3)	249.1(4.6)	131.1(4.8)	148.6(3.9)
Leu	321.9(6.1)	373.5(6.9)	121.2(4.0)	207.6(5.4)
Phe	269.1(5.1)	276.8(5.1)	153.8(5.1)	154.7(4.0)
Lys	159.1(3.0)	281.2(5.2)	108.2(3.6)	134.3(3.5)
Total	5280.8(100)	5420.6(100)	2997.3(100)	3799.0(100)

Table 24. Contents of free sugar of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten and *Aloe vera* (Unit : dry basis, mg/100g)

Free sugars	<i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten			<i>Aloe vera</i> (%)
	Seed(%)	Stem(%)	Fruit(%)	
Fructose	71.9(11.4)	4327.6(40.8)	7359.0(18.0)	35489.5(53.5)
Glucose	33.4(5.3)	2722.7(25.7)	5243.1(12.8)	30201.5(45.6)
Sucrose	522.9(83.2)	3364.7(31.8)	28101.1(68.7)	460.5(0.7)
Mannose	-	180.4(1.7)	208.2(0.5)	133.1(0.2)
Tatol	628.2(100)	10595.4(100)	40911.4(100)	66284.6(100)

2.4. 무기질

손바닥선인장과 알로에의 무기질 조성은 Table 25에 나타내었다. 총 무기질 함량은 손바닥선인장 보다 알로에가 높았으며, 무기질 조성은 알로에와 손바닥선인장 줄기와는 큰 차이가 없었다. 손바닥선인장 부위중 줄기가 열매보다 Ca, Mg, Na 등이 약 2배 많았다. 식물체중 Ca 함량을 보면 감 36mg, 감귤 14mg, 다래 23mg, 생대추 6~7mg, 딸기 13~20mg, 머루 5~8mg(식품분석표 2000) 준 채하므로 손바닥열매와 줄기는 일반과실류 보다 Ca 함량이 높다고 할 수 있다.

Table 25. Mineral composition in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten and *Aloe vera* (Unit : dry basis, mg/100g)

Minerals	<i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten			<i>Aloe vera</i>
	Seed	Stem	Fruit	
Ca	448.0	4391.2	2086.9	4420.3
Mg	204.1	1984.8	800.6	633.8
Na	39.0	985.4	539.7	752.2
K	154.9	1932.1	2608.7	4420.3
Fe	1.5	11.3	12.9	1138.8
Mn	1.5	1.4	2.2	15.6
Cu	0.5	0.6	0.6	0.7
P	247.3	93.0	99.6	305.8
Total	1096.8	9400.8	6151.2	11687.5

2.5. 비타민 C

손바닥선인장과 알로에의 비타민 C 함량은 Table 26에 나타내었다. 손바닥 선인장은 줄기가 열매보다 비타민 C 함량이 약 2.3배 높게 나타났으나 씨의 경우 비타민 C 가 검출되지 않았다. 또한 알로에 보다 손바닥선인장 열매의 비타민 C 함량은 약 5배(163.8mg) 높게 나타났으며 줄기의 경우 약 2.1배 높았다. 그리고 종자를 포함한 선인장의 전체 비타민 C 함량은 약 78.6mg으로 알로에에 비해 약 2.4배 많았다.

Table 26. Contents of vitamin C in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten and *Aloe vera* (Unit : dry basis, mg/100g)

<i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten			<i>Aloe vera</i>
Seed	Stem	Fruit	
-	71.2	163.8	33.2



2.6. 비타민 A

비타민 A는 선인장과 알로에에서 검출되지 않아 Sawaya 등(1982)이 선인장에는 비타민 A가 흔적 정도로 존재한다는 보고와 유사하였다.

2.7. 식이섬유

손바닥선인장의 식이섬유 함량은 종자에서 가장 높았고 다음으로 줄기, 열매의 순이었으며 모두 알로에 보다 높았다(Table 27). 우리가 상용하는 곡류의 식이섬유 함량은 1.19~10.35%이며, 식품으로 상용하지 않는 쌀겨 밀기울의 식이섬유 함량은 21.7~32.0% 존재하며 점도가 높을수록 섬유질 함량이 크게 감소한다고 하였다. 신선 채소류의 식이섬유 함량은 0.99~7.42%, 과실류의 식이섬유 함량은 0.19~2.91%, 종실류의 식이섬유 함량은 4.27~10.83%, 버섯류의 식이섬유 함량은 1.62~3.94%, 해조류의 식이섬유 함량이 28.7~38.19%(이 등, 1993)로 다른 곡류, 채소류, 과실류, 종실류, 버섯류 보다 높은 편이었다. 그러

나 손바닥선인장의 식이섬유 함량(32.5~49.7%)은 해조류와 유사하나 일반과실, 야채류, 견과류보다 월등히 많다고 할 수 있다.

Table 27. Contents of dietary fiber in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten and *Aloe vera* (Unit : dry basis, %)

<i>Opuntia ficus-indica</i> var. Saboten			<i>Aloe vera</i>
Seed	Stem	Fruit	
49.7	33.2	32.5	31.0

2.8. 총 폴리페놀 화합물과 플라보노이드

추출조건에 따른 손바닥선인장과 알로에의 총 폴리페놀화합물과 플라보노이드 함량은 Table 28에 나타내었다. 총 폴리페놀화합물의 함량과 총 플라보노이드 함량은 추출조건에 따라 차이가 있었으며 80%MeOH을 가하고 실온에서 2일간 방치하여 냉침추출한 것이 가장 높게 나타났다. 알로에의 경우도 같은 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 시료와 추출방법에 따라 추출되는 총 폴리페놀 화합물의 함량과 총 플라보노이드 함량이 다르다는 것을 나타내며 이들 함량을 측정할 때 추출방법의 선정에 주의를 기울여야 한다는 것을 보여주고 있다.

총 폴리페놀 화합물의 함량은 선인장 열매가 알로에 보다 약 2배 높았으며 선인장 줄기는 알로에와 유사하였다. 한편 선인장 각부위 및 알로에의 총 플라보노이드 함량도 폴리페놀화합물의 경우와 비슷한 경향을 나타냈다. 이와 이(1994)가 보고한 국내산 식물성 식품중 총 폴리페놀 화합물의 함량을 보면 멥쌀이 0.17%, 찰쌀이 0.18%, 수수0.98%, 울무0.19%, 보리쌀 0.23%, 녹두 0.35%, 붉은팥 0.40%, 검정콩 0.26%, 참깨 0.27%, 들깨 0.83%, 도라지 0.15%, 시금치 0.72%, 표고버섯 0.21%, 느타리 버섯 0.40%, 쇠뜨기 0.54%이며 조사한 45가지 식품중 함량이 높은 것을 보면 칩뿌리가 2.01%, 해바라기씨 2.02%, 호두 2.06%, 썩 1.11%, 생강 1.67% 모과 4.55%, 감잎 5.76%, 밤속껍질 5.76%였으나 그외 식품은 대부분이 1% 이하였다. 그러나 손바닥선인장의 총 폴리페놀화합

물의 함량은 씨의 경우 1.47%, 줄기 1.68~1.85%, 열매 3.4~4.9%로 상당히 많은 양의 폴리페놀화합물을 함유하고 있었다.

Table 28. Contents of polyphenol and flavonoids in *Opuntia ficus-indica* var. Saboten and *Aloe vera* under various extracting conditions

Samples	Dry wt (g)	Conditions of extraction			Yields (%)	Total contents (mg/g) ^z	
		Solvents	Temp. (°C)	Time (hr)		pol.	fla.
O. Seed	5	50%MeOH	80	1	3.08	1.473	0.240
O. Stem	2	50%MeOH	80	1	38.37	1.686	0.810
		80%MeOH	80	1	32.15	1.821	1.110
		80%MeOH	room tem.	48	34.65	1.858	1.290
O. fruit	2	50%MeOH	80	1	41.80	3.494	0.870
		80%MeOH	80	1	50.00	4.420	1.470
		80%MeOH	room tem.	48	80.95	4.976	1.590
Aloe	2	50%MeOH	80	1	76.50	1.889	1.843
		80%MeOH	80	1	69.20	1.892	1.823
		80%MeOH	rom tem.	48	57.00	2.001	1.574

^z pol: polyphenol, fla: flavonid

이상을 종합해 보면 손바닥선인장의 성분은 기존 연구된 *Opuntia*속의 성분들과 비교하여 볼 때 큰 차이를 나타내지 않았다. 노화억제 및 암발생과 밀접한 관계를 갖고 있는 페놀성 물질과 플라보노이드, 변비예방과 장의 활성화에 관여하는 식이섬유(32.5%), 특히 알로에에 비해 5배정도 많이 함유되어 있는 비타민 C, 등 손바닥선인장의 영양학적 가치는 앞으로 손바닥선인장을 이용한 가공제품을 만드는데 기초자료로 제공될 것이다. 특히, 손바닥선인장의 무기질과 비타민 C 그리고 플라보노이드 경우 음료제조사 그 성분 함량이 매우 중요하며 기능성 물질로서도 중요하므로 원료로부터 농축하여 가공할 필요가 있다고 사료되었다. 결론적으로 손바닥선인장은 영양식품으로서 그리고 천연 지향적인 기능성제품으로서 고부가가치 제품화가 가능한 기능성식품 소재임을 확인할 수 있었다.

3. 기능성물질의 분리 및 효능

3.1. 유효성분

추출에 사용된 용매와 손바닥선인장의 부위 그리고 시료의 건조 및 보관상태에 따라 수분함량, 성분의 종류 및 함량이 결정되어지기 때문에 본 연구에서는 동결건조된 손바닥선인장내에 존재하는 유기화합물중의 비극성물질로부터 점차적으로 극성이 큰 원자단을 가진 물질의 순으로 추출하기 위하여 유전율이 작은 용매로부터 순차적으로 추출하였다.

손바닥선인장 열매 및 줄기로 구분하여 각각 500g을 메탄올로 추출하여 진공증류한 결과 그 수율은 각각 30.0%(150g)와 13.2%(66g)였다. 그리고 추출잔사는 진공건조하여 측정된 결과 각각 339g과 430g이었다. 위 추출물을 500mL 초순수(18.2Ω milli-Q element)에 현탁시켜 hexane, ethyl acetate, butanol의 순으로 연속 분리하였으며, 추출용매에 따른 수율은 Table 29과 같았다.

Table 29. The recovery rate by extract solvent

Extract solvent	Fruit		Stem	
	Content(g)	Recovery rate(%)	Content(g)	Recovery rate(%)
Hexane	10.38	2.07	11.85	2.37
Ethyl acetate	17.95	3.59	3.76	0.75
Butanol	50.98	10.2	38.90	7.75

계속해서 손바닥선인장 열매 및 줄기로 구분하여 각각 950g을 메탄올로 추출하여 진공·증류하여 순차적으로 용매를 분획하였으며 n-haxane 분획물(37.5g)과 ethyl acetate 분획물(33.6g), 그리고 물 가용분을 얻었다. Ethyl acetate 추출용액을 진공·증류하여 갈색의 점도가 높은 추출물을 얻었고, ethyl acetate 분획물은 column chromatography(n-hexane:ethyl acetate, 1:10

→ 1:1)를 이용하여 재분획 하였고, TLC의 양상에 따라 3개의 소분획으로 나누어 확인하였다. 그 분획물은 column chromatography를 이용하여 재차 분획하여 3개의 미색 결정성 소분획물(33.59g, 3.2g, 4.6g)을 얻을 수 있었다.

소분획물은 소분액 1), 소분액 2), 소분액 3)로 분류하여 구분하였고, 이에 대한 MAO-B 억제 활동도(monoamine oxidase inhibitory activity)를 확인하였다. Ethyl acetate 추출액이 다른 용매 추출액에 비하여 MAO-B 억제 활동도가 가장 높음을 알 수 있었으며, 또한 추출물은 최종적으로 chloroform:methanol(5:1)에서 백색의 결정체가 얻어졌다(Table 30). 소분획물(2)를 HPLC 및 Mass를 통한 확인 결과, 34.71에서 표준물과 동일한 dihydroflavonol(3-hydroxyflavone)을 분리할 수 있었으며, 이 결과는 질량분석에서도 확인할 수 있었다. 또한, 소분획물(1)에서도 미량의 dihydroflavonol(3-hydroxyflavone)을 확인할 수 있었으나, 이는 소분획의 과정에서 정확히 분리되지 않은 것으로 사료된다. 소분획물(3)에서는 미량의 dihydroflavonol(3-hydroxyflavone)도 검출 및 확인되지 않았다.

Table 30. The confirmation of extract from *Opuntia ficus-indica* var. Saboten

Extract	Compound(Group)	
chloroform	flavonoid, dihydroflavanol	
chloroform:methanol(30:1)	flavonoid, dihydroflavanol	Flavonoid Ex
chloroform:methanol(20:1)	flavflavonoid, dihydroflavanol, 1,3-dimethy citrate, 1-methyl malate	Compound 1
chloroform:methanol(10:1)	flavflavonoid, dihydroflavanol, 1,3-dimethyl citrate, 1-methyl malate	Compound 2
chloroform:methanol(5:1)	Extract 1	Compound 3

유효성분의 분리 및 확인시험 결과를 토대로 한 정량분석 결과, flavonoid의 정량분석에서는 미색의 결정성 분말을 methyl alcohol에 용해시켰을 때 소량의 Mg-HCl 반응에도 적자색의 양성반응을 나타내었으며, UV spectrum으로 290nm과 327nm에서 강한 흡수극대를 확인할 수 있었다. 미색의 결정분말은 질량분석법(Fig. 3), UV-Vis 분광광도법(Fig. 4) 그리고 적외선 분광법(Fig.5)을 이용하여 확인하였으며, 그 결과 유효성분은 dihydroflavonol (3-hydroxyflavone)임을 추정할 수 있었다.

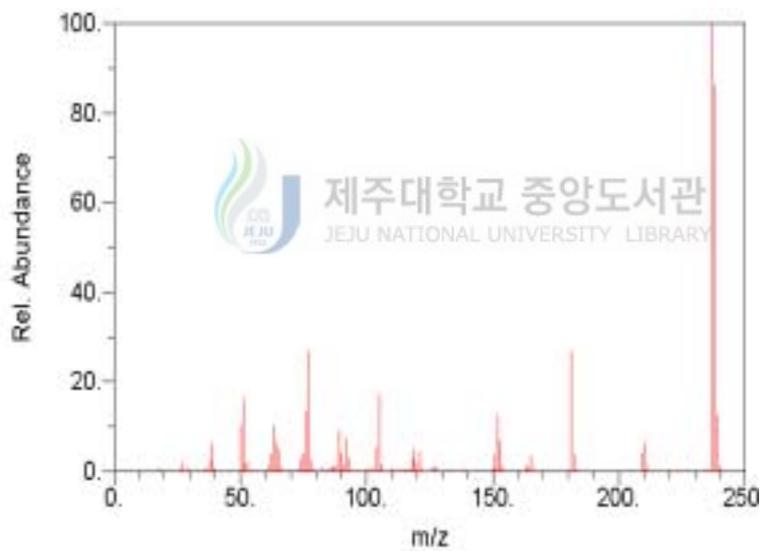


Fig. 3. Mass analytic spectrum of dihydro-flavonol separated from hypofracted fluid.

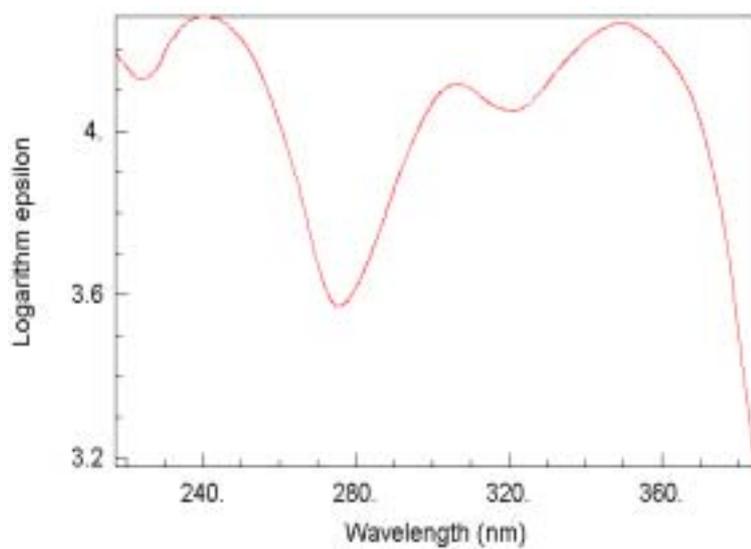


Fig. 4. UV-Vis spectrum of dihydro-flavonol separated from hypofracted fluid.

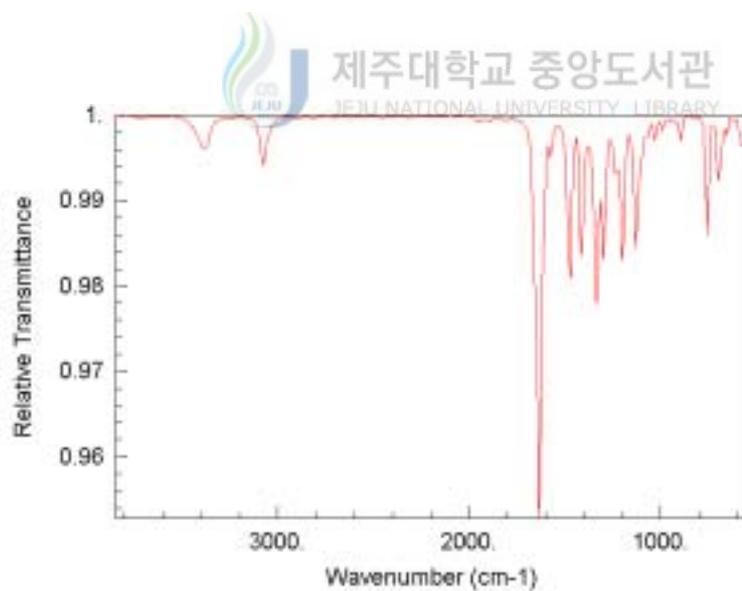


Fig. 5. IR spectrum of dihydro-flavonol separated from hypofracted fluid.

3.2. Poloxamer P-407로 유발된 고지혈증에 미치는 영향

손바닥 선인장 열매 및 줄기에서 추출한 Flavonoid, 20:01, 10:01, 5:01을 대상으로 고지혈증의 경감효과를 관찰하기 위하여 고지혈증 유발물질로 알려진 비이온성 계면활성 물질인 poloxamer P-407로 유발시킨 고지혈증에 대한 억제효과를 측정하였다. 실험동물에 손바닥 선인장 열매 및 줄기를 각각 250mg/kg, 그리고 4가지 성분을 10mg/kg씩 1주일간 경구투여하고 poloxamer P-407을 300mg/kg(30%, 1mL, i.p.)씩 주사하고 48시간 후 채혈하고 원심분리하여 혈장을 얻었으며 -20°C에서 동결시킨 다음 cholesterol과 triglyceride의 함량을 각각 측정하였다(Table 31).

Table 31. Effect of *Opuntia ficus-indica* var saboten on the plasma cholesterol and triglyceride change mediated by poloxamer P-407

Treatment	Dose (mg/kg)	Cholesterol (mg/dL)	Triglyceride (mg/dL)
Normal		68.7± 6.48 g ^z	64.8 ± 6.70 h
P-407	300	870.5 ± 46.0 a	2032.6 ± 52.6 a
OFS-Fr	250	640.2 ± 26.9 b,c	1524.9 ± 17.8 d
OFS-St	250	626.8 ± 31.8 c	1639.2 ± 32.8 c
Flavonoid Ex	10	530.8 ± 25.7 d	1219.9 ± 26.1 e
Comp 1	10	680.5 ± 16.1 b	1616.4 ± 26.0 c
Comp 2	10	898.8 ± 23.4 a	1713.7 ± 15.2 b
Comp 3	10	447.6 ± 30.0 e	914.9 ± 25.0 f
Lovastatin	75	344.1 ± 22.3 f	711.7 ± 16.5 g

OFS-Fr: Fruit, OFS-St: Stem. Sample were administrated orally from seven days before poloxamer P-407 injection. The rats were sacrificed seven days later for last treated materials. .

^z Mean separation within columns by DMRT at 5% level

Poloxamer P-407의 투여로서 현저히 증가되던 cholesterol 및 triglyceride의 혈중 함량이 손바닥선인장 열매 및 각 성분을 1주일 간 처리한 결과 현저히 억제되었다

3.3. Streptozotocin로 유발된 고지혈증에 미치는 영향

가. 체중 및 체중대 간장의 무게비에 미치는 영향

Streptozotocin(50mg/kg)로 당뇨병 고지혈증을 유도한 실험동물에서 체중 및 체중 대 간장의 무게비에 미치는 손바닥선인장 열매, 줄기 및 이들에게서 분리한 각 성분의 영향을 관찰하였다(Table 32). Streptozotocin를 투여에 의하여 정상동물보다 체중이 현저히 감소하던 것이 손바닥선인장 열매 및 각 성분을 1주일 간 처리한 결과 streptozotocin에 의한 체중 감소가 억제되었다. 또한, streptozotocin에 의하여 증가하던 경향을 보이던 체중대 간장의 무게비가 손바닥선인장의 처리로 개선되었다.

Table 32. Effect of *Opuntia ficus-indica* var *saboten* on body weight change and liver/body weight in Streptozotocin-induced rats

Treatment	Dose (mg/kg)	Body weight change(%)	Liver/body weight (%)
Normal		25.8 ± 1.92 a ^Z	3.73 ± 0.08 f
STZ	50	-32.4 ± 5.59 d	5.71 ± 0.10 a
OFS-Fr	250	-18.0 ± 5.70 c	4.70 ± 0.06 d
OFS-St	250	-19.7 ± 4.15 c	4.76 ± 0.13 d
Flavonoid Ex	10	-10.6 ± 3.17 b	4.23 ± 0.12 e
Comp 1	10	-20.6 ± 4.18 c	5.17 ± 0.13 c
Comp 2	10	-21.7 ± 4.93 c	5.35 ± 0.11 b
Comp 3	10	-8.6 ± 1.33 b	4.11 ± 0.09 e
Glibenclamide	10	-5.4 ± 1.01 b	3.87 ± 0.07 f

Streptozotocin(STZ: 50mg/kg)-in 0.2mL 0.01M citrate buffer(pH 4.5)-was injected via tail vein. Rats were orally administered sample(OFS-Fr: Fruit, OFS-St: Stem) daily for consecutive seven days after STZ-induced hyperlipidemic state. The rats were sacrificed seven days later for last treated materials.

^Z Mean separation within columns by DMRT at 5% level

나. 혈중 Glucose 함량 변화에 미치는 영향

Streptozotocin(50mg/kg)로 당뇨성 고지혈증을 유도한 실험동물에서 혈중 glucose의 함량에 미치는 손바닥선인장 열매, 줄기 및 이들에게서 분리한 각 성분의 영향을 관찰하였다(Table 33). Streptozotocin를 투여에 의하여 정상동물보다 혈중 glucose의 함량이 현저히 증가하던 것이 손바닥선인장 열매 및 각 성분을 1주일 간 처리한 결과 streptozotocin에 의하여 현저히 증가되던 혈중 glucose의 농도가 감소되었다.

Table 33. Effect of *Opuntia ficus-indica* var saboten on the on the level of glucose in Streptozotocin-induced rats

Treatment	Dose (mg/kg)	Concentration (mg/dL)
Normal		95.2 ± 4.44 h ^Z
STZ	50	341.0 ± 11.6 a
OFS-Fr	250	230.1 ± 10.5 bc
OFS-St	250	220.6 ± 8.99 cd
Flavonoid Ex	10	180.9 ± 9.97 e
Comp 1	10	210.7 ± 10.1 d
Comp 2	10	240.5 ± 11.3 b
Comp 3	10	156.8 ± 7.43 f
Glibenclamide	10	120.7 ± 9.78 g

Streptozotocin(STZ: 50mg/kg)-in 0.2mL 0.01M citrate buffer(pH 4.5)-was injected via tail vein. Rats were orally administered sample(OFS-Fr: Fruit, OFS-St: Stem) daily for consecutive seven days after STZ-induced hyperlipidemic state. The rats were sacrificed seven days later for last treated materials.

^Z Mean separation within columns by DMRT at 5% level

다. Bleeding time에 미치는 영향

Streptozotocin(50mg/kg)로 당뇨성 고지혈증을 유도한 실험동물에서 bleeding time에 미치는 손바닥선인장 열매, 줄기 및 이들에게서 분리한 각 성분의 영향을 관찰하였다(Table 34). Streptozotocin를 투여에 의하여 정상동물보다 현저

히 감소되던 bleeding time이 손바닥선인장 열매 및 각 성분을 1주일 간 처리한 결과 정상수준에는 미치지 못하나 bleeding time이 연장되었다.

Table 34. Effect of *Opuntia ficus-indica* var saboten on bleeding time in Streptozotocin-induced rats

Treatment	Dose (mg/kg)	Bleeding time (Sec)
Normal		267.3 ± 29.1 a ^z
STZ	50	110.2 ± 12.7 f
OFS-Fr	250	160.9 ± 20.8 de
OFS-St	250	181.3 ± 18.8 cd
Flavonoid Ex	10	200.6 ± 15.0 c
Comp 1	10	145.2 ± 20.4 e
Comp 2	10	153.9 ± 15.6 de
Comp 3	10	214.3 ± 19.9 bc
Glibenclamide	10	235.9 ± 18.5 ad

^z Mean separation within columns by DMRT at 5% level

라. 혈청중 지질 함량에 미치는 영향

Streptozotocin로 당뇨성 고지혈증을 유도한 실험동물에서 중성지질 및 인지질의 함량을 관찰하였다(Table 35). 혈청중 중성지방의 함량은 정상군에 비하여 약 2배정도 증가되었으며 손바닥선인장을 투여하므로써 streptozotocin 유도군보다 감소되는 경향을 보였다. 한편 인지질의 함량은 함량의 다소간의 차이는 있었으나 통계적인 유의성은 보이지 않았다.

마. 혈청중 Cholesterol 함량과 동맥경화지수에 미치는 영향

Streptozotocin로 유도한 고지혈증 유발시 혈청중 total cholesterol, VLDL-cholesterol, LDL-cholesterol, HDL-cholesterol 및 동맥경화지수에 미치는 손바닥선인장 열매 및 줄기의 영향을 관찰하였다(Table 36). Streptozotocin

의 유도로서 total cholesterol 및 VLDL, LDL-cholesterol 함량에서 정상군에 비하여 각각 약 4배, 약 7배 정도 증가되던 것이 손바닥선인장의 처리로 정상군의 수준에는 미치지 못하지만 고지혈증 유도군에 비해 감소하였다. 혈청 HDL-cholesterol 함량에서는 streptozotocin로 유도한 고지혈증군은 정상군보다 약 58% 정도 감소되던 것이 손바닥선인장의 처리에서는 streptozotocin 처리군과 비교할때 증가하는 경향을 나타내었으며 동맥경화지수도 streptozotocin의 유도로 정상군에 비해 약 19배 정도 현저히 증가되던 것이 손바닥선인장의 처리로 감소하였다.

Table 35. Effect of *Opuntia ficus-indica* var Saboten on the serum triglyceride and phospholipid levels in Streptozotocin-induced rats

Treatment	Dose (mg/kg)	Triglyceride (mg/dL)	Phospholipid (mg/dL)
Normal		67.2 ± 4.29 e ^z	132.8 ± 6.45 bcd
STZ	50	110.3 ± 5.11 e	140.9 ± 7.36 bcd
OFS-F	250	90.1 ± 3.20 bc	132.9 ± 8.27 bcd
OFS-St	250	93.3 ± 2.43 b	129.8 ± 5.99 cd
Flavonoid Ex	10	85.3 ± 2.99 c	133.2 ± 7.11 bcd
Comp 1	10	105.2 ± 3.01 a	149.2 ± 6.90 a
Comp 2	10	109.9 ± 2.00 a	141.7 ± 5.68 ab
Comp 3	10	79.3 ± 3.17 d	130.6 ± 4.98 bcd
Glibenclamide	10	70.9 ± 4.12 e	124.7 ± 5.14 d

^z Mean separation within columns by DMRT at 5% level

사. 혈중 lipid peroxide 함량에 미치는 영향

Streptozotocin를 투여하고서 손바닥선인장을 처리하였을 때 혈중 lipid peroxide의 함량에 미치는 영향을 관찰하였다(Table 36). 정상군의 함량이 23.5±2.11 MDA nmole/mL of serum인데 비하여 streptozotocin의 투여로 56.9±3.20 MDA nmole/mL of serum으로 약 2.5배 정도 증가되었으며

streptozotocin로 처리하고 손바닥선인장을 처리한 군에서는 혈중의 lipid peroxide의 함량이 감소하였다.

Table 36. Effect of *Opuntia ficus-indica* var Saboten on the serum total cholesterol, VLDL-, LDL-cholesterol, HDL-cholesterol and atherosclerotic index in Streptozotocin-induced rats

Treatment	Dose (mg/kg)	Total Chol (mg/dL)	VLDL-,LDL- Chol(mg/dL)	HDL-Chol (mg/dL)	AI (mg/dL)
Normal		67.4 ± 5.44 g ^Z	42.9 ± 3.78 g	35.1 ± 2.97 a	0.92 ± 0.087 g
STZ	50	280.7 ± 35.9 a	265.5 ± 20.7 a	13.2 ± 1.34 f	20.2 ± 2.891 a
OFS-Fr	250	218.3 ± 18.2 cd	190.4 ± 18.4 c	20.9 ± 2.90 de	9.44 ± 1.179 d
OFS-St	250	231.7 ± 19.3 bc	200.1 ± 19.9 c	21.6 ± 3.11 de	9.73 ± 1.546 cd
Flavonoid Ex	10	189.2 ± 20.1 dc	159.5 ± 15.7 d	24.1 ± 3.02 de	6.85 ± 1.098 de
Comp 1	10	260.5 ± 17.2 ab	243.8 ± 21.9 ab	17.6 ± 2.18 cd	13.8 ± 2.985 b
Comp 2	10	253.8 ± 25.4 ab	234.1 ± 24.1 b	18.5 ± 1.11 de	12.7 ± 2.127 bc
Comp 3	10	150.3 ± 13.2 c	126.7 ± 10.6 e	27.3 ± 1.95 e	4.51 ± 1.083 ef
Glibenclamide	10	110.6 ± 10.4 f	90.7 ± 7.89 f	30.6 ± 2.00 bc	2.61 ± 1.462 fg

The assay procedure was described in the experimental methods.

AI: (total cholesterol-HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol

^Z Mean separation within columns by DMRT at 5% level

아. 혈중 Hydroxy radical 생성에 미치는 영향

Streptozotocin로 유도한 고지혈증의 실험동물에 손바닥 선인장의 처리가 혈중 hydroxy radical 생성에 미치는 영향을 관찰하였다(Table 36). 정상군이 2.54±0.28 nmole/mg protein인데 비하여 고지혈증의 유도로 6.32±1.13 nmole/mg protein으로 약 2.5배 증가되었으며, 손바닥선인장을 처리한 군에서 hydroxy radical 생성의 감소가 관찰되었다.

자. 혈중 Superoxide dismutase(SOD)활성에 미치는 영향

Streptozotocin를 처리하여 고지혈증 유도후 손바닥선인장 처리하였을 때 혈중 SOD의 활성변동을 비교하였다(Table 37). Streptozotocin의 유도로 혈중

SOD의 활성은 1.94 ± 0.08 unit/mg protein으로 정상군 3.17 ± 0.23 unit/mg protein보다 약 50% 정도 억제되었으며 손바닥선인장을 처리한 군에서는 SOD의 활성이 정상군에는 미치지 못하나 각각 streptozotocin 투여군에 비하여 증가 현상을 나타내었다.

Table 37. Effect of *Opuntia ficus-indica* var Saboten on serum lipid peroxide, hydroxy radical content and superoxide dismutase activity in Streptozotocin-induced rats

Treatment	Dose (mg/kg)	LPO ^Z	Hydroxy Radical ^Y	SOD ^X
Normal		23.5 ± 2.11 g ^W	2.54 ± 0.28 f	3.17 ± 0.23 a
STZ	50	56.9 ± 4.78 a	6.32 ± 1.13 a	1.94 ± 0.08 f
OFS-Fr	250	40.8 ± 3.20 cd	4.59 ± 0.87 bcd	2.42 ± 0.13 cd
OFS-St	250	42.3 ± 2.32 c	4.30 ± 0.90 cde	2.38 ± 0.18 de
Flavonoid Ex	10	36.1 ± 3.22 de	3.87 ± 0.72 bcd	2.51 ± 0.09 cd
Comp 1	10	52.7 ± 3.09 ab	5.98 ± 0.77 ab	2.15 ± 0.11 ef
Comp 2	10	50.4 ± 2.47 b	5.67 ± 0.95 abc	2.26 ± 0.16 de
Comp 3	10	32.7 ± 2.87 ef	3.39 ± 0.67 def	2.65 ± 0.14 bc
Glibenclamide	10	29.2 ± 1.99 f	2.94 ± 0.33 ef	2.83 ± 0.17 b

^ZSerum lipid peroxide content: malondialdehyde(MDA) nmole/ml

^X Serum hydroxy radical content: hydroxy radical nmole/mg protein

^Y Serum superoxide dismutase activity: unit[#]/mg protein

[#] One unit will inhibit the rate of reduction of cytochrome C by 50% in a coupled system with xanthine and xanthine oxidase at pH 7.8 at 25°C in a 3.0ml reaction volume.

^W Mean separation within columns by DMRT at 5% level

차. Plasma clotting time에 미치는 영향

Streptozotocin로 고지혈증을 유도한 실험군에 손바닥선인장 처리하였을 때 plasma clotting time에 미치는 영향을 관찰하였다(Table 38). 고지혈증 유도군이 109.8 ± 19.8 sec로 정상군의 273.5 ± 23.1 sec에 비해 현저히 감소되던 것이

손바닥선인장의 처리로 streptozotocin의 투여로 억제되던 bleeding time이 증가되었다.

Table 38. Effect of *Opuntia ficus-indica* var Saboten on plasma clotting time in Streptozotocin-induced rat

Treatment	Dose (mg/kg)	Plasma clotting time (Sec)
Normal		273.5 ± 23.1 a ^Z
STZ	50	109.8 ± 19.8 f
OFS-Fr	250	180.2 ± 21.6 cde
OFS-St	250	193.8 ± 30.7 cd
Flavonoid Ex	10	199.7 ± 20.4 c
Comp 1	10	149.5 ± 18.3 e
Comp 2	10	160.7 ± 22.7 de
Comp 3	10	213.5 ± 17.8 bc
Glibenclamide	10	240.3 ± 19.4 ab

^Z Mean separation within columns by DMRT at 5% level

카. Tissue factor의 활성화에 미치는 영향

Streptozotocin를 투여하여 고지혈증 유도 흰쥐에 손바닥선인장을 처리하였을 때 뇌와 폐의 tissue factor활성에 미치는 결과를 Table 39에 나타내었다. 정상군의 뇌에서의 tissue factor의 활성이 3.27±0.88 units/ml 인데 비해 streptozotocin로 고지혈증을 유도한 군에서는 활성이 7.12±0.79 units/mL 로 정상군에 비해 약 2.2배 증가하였고 손바닥선인장의 처리로 streptozotocin의 투여군에 비하여 억제되었다. 한편, 폐의 tissue factor활성도 뇌에서의 tissue factor 활성과 유사한 경향을 보였다.

인류는 질병에 대한 예방 및 치료에 주로 합성 의약품을 사용하여 왔으나 근래에 이르러 여러 가지 합성의약품의 부작용 또는 독성이 밝혀짐에 따라 세

계적으로 천연자원으로부터의 의약품개발이 활발히 추진되고 있다. 한편, 우리나라를 위시한 동양에서는 오랜 시일을 통하여 많은 식물을 치료제로 사용하여 왔으나 약화학적 및 약리학적 검토자료는 지금에 와서 많이 도출되고 있으며 다양한 연구가 이루어지고 있는 실정이다.

이상의 연구결과를 종합해보면, 손바닥선인장에 대한 기능성식품으로서의 이용가능성을 조사하고자 poloxamer P-407로 유발된 고지혈증 실험동물의 혈중지질성분 및 streptozotocin으로 당뇨성 고지혈증을 유발시킨 실험동물에 처리하여 생리작용과, 혈액중의 지질성분과 활성산소의 생성 및 해독계, 그리고 혈액응고계에 미치는 영향을 검토하였다.

Table 39. Effect of *Opuntia ficus-indica* var Saboten on the tissue factor activity of brain and lung in Streptozotocin-induced rat

Treatment	Dose (mg/kg)	Brain (Unit/mL)	Lung (Unit/mL)
Normal		3.27 ± 0.88 e ^Z	8.87 ± 0.54 f
STZ	50	7.12 ± 0.79 a	23.5 ± 2.00 a
OFS-Fr	250	4.98 ± 0.62 bcd	17.6 ± 1.32 c
OFS-St	250	5.10 ± 0.66 bc	18.0 ± 1.11 bc
Flavonoid Ex	10	4.54 ± 0.60 cd	15.3 ± 1.53 d
Comp 1	10	6.57 ± 0.58 a	20.0 ± 1.67 b
Comp 2	10	6.19 ± 0.80 ab	19.1 ± 0.99 bc
Comp 3	10	4.14 ± 0.77 cde	12.3 ± 1.09 e
Glibenclamide	10	3.76 ± 0.83 de	10.6 ± 0.87 ef

^Z Mean separation within columns by DMRT at 5% level

Poloxamer P-407(Pluronic F-127, M.W.=12,600)은 계면활성제의 하나로 간에서 HMG-Co A reductase 활성을 증진시키며 상피세포 표면에 존재하며 순

환하고 있는 혈중 triglyceride의 가수 분해에 관여하는 효소인 lipoprotein lipase를 강력히 억제함으로써 흰쥐에서 고 cholesterol 혈증이나 고지혈증을 야기시키므로 화학적 증진 효과를 측정하고 새로운 실험 model로서 기존의 방법에 비해 고지혈증 발생기전을 검토하는데 유리한 장점을 가지고 있는 것으로 사료된다. 이에 본 연구에서는 손바닥 선인장 열매 및 줄기와 flavonids를 전처리하고, poloxamer P-407로 유도된 고지혈증 흰쥐의 total cholesterol과 중성지방의 혈중 함량은 손바닥선인장 열매 및 각 성분을 1주일 간 처리한 결과에서 현저히 억제되었다.

한편, 당뇨병성 고지혈증에 유도된 흰쥐를 실험동물로 하여 손바닥 선인장의 처리로 혈중 당의 농도가 현저히 감소하였으며 체중의 감소도 증가되었고 체중대 간장의 무게비가 streptozotocin로 유도한 당뇨병 쥐에서 현저하게 증가되던 것이 감소하였으며, 혈중 지질성분의 변동은 streptozotocin에 의해 현저히 증가되던 것이 손바닥선인장의 전처리로 감소되었다. 고지혈증은 동맥경화증의 지수로서 소장에서 중성지질의 합성과 chylomicron의 분비증가, 간장에서 중성지방의 합성증가, VLDL, LDL-C 합성 및 분비증가, HDL-C의 합성감소 및 lipase의 활성감소로 인한 말초조직에서의 중성지방의 제거감소에 기인한 것으로(Goldstein et al., 1975 ; Ross 1986) 본 실험에서는 streptozotocin로 유도된 고지혈증 흰쥐에서 total cholesterol, LDL-, VLDL-cholesterol의 혈중 함량이 현저히 증가되던 것이 손바닥선인장의 처리로 감소되었으며, HDL-cholesterol 함량은 고지혈증의 유도로 감소되던 것이 손바닥선인장의 처리로 회복되었다고 볼 수 있다.

Streptozotocin로 고지혈증을 유발시킨 후 손바닥선인장을 처리하므로써 streptozotocin의 처리로 유발된 고지혈증 흰쥐의 혈중 hydroxy radical의 생성과 superoxide dismutase(SOD)의 활성을 측정하였던 바 고지혈증의 유발로써 hydroxy radical의 생성은 증가되던 것이 손바닥선인장의 투여로 감소되었으며 생체 이물질로 인하여 생성된 superoxide anion을 H₂O₂로 전환시키는 효소로서 생체내 해독 체계중의 하나인 SOD의 활성은 오히려 감소하던 것이 증가되었다. 혈청중 과산화 지질의 함량도 streptozotocin로 유도된 고지혈증 쥐에서 증가되던 것이 손바닥선인장의 투여로써 감소되었다.

본 실험에서는 streptozotocin에 의한 고지혈증의 유발로 TF의 활성이 현저히 증가하였으나 손바닥선인장의 투여로 조절되었다. 이것은 배양세포에 oxidized LDL-cholesterol을 첨가하였을 때 TF의 활성이 증가하였다는 보고 (Lesnik et al.,1992)와 관련지어 볼 때 streptozotocin로 인한 고지혈증으로 인해 생성된 과도한 양의 혈중 과산화 지질의 혈관벽상해로 인해 TF가 발현되어, 지질대사의 이상으로 과잉 생성된 cholesterol함량에 의해 TF활성이 증가하였으며 손바닥선인장의 투여로 인한 지질대사 이상의 개선으로 그 활성이 조절된 것으로 사료된다. Streptozotocin에 의한 고지혈증의 유발로 대조군에 비해 현저히 감소된 bleeding time은 고지혈증으로 유도된 tissue factor의 활성화에 기인한 것으로 생각되어지며 손바닥선인장의 처리로 다소 연장된 bleeding time은 tissue factor의 활성 조절과 관련된 것으로 생각되어진다.

결론적으로, 손바닥선인장 열매 및 각 성분을 1주일 간 처리한 후 poloxamer P-407로 고지혈증을 유발한 결과 poloxamer P-407의 단독 투여로 증가하던 total cholesterol과 중성지방이 손바닥선인장 열매 및 각 성분 처리로 현저히 감소하였고, streptozotocin로 유도한 흰쥐에 손바닥선인장 열매 및 줄기와 flavonoid ex. compound 1, 2, 3를 7일간 투여하였을 때 손바닥선인장의 투여로 현저히 감소하던 체중이 증가되었으며, 체중대 간장의 무게비는 streptozotocin로 유도한 고지혈증군에 비해 감소되었다. Streptozotocin의 유도로 감소되었던 bleeding time과 plasma clotting time이 손바닥선인장의 투여군에서 증가하였고, 증가하였던 tissue factor의 활성은 현저히 감소되었다. 혈중 중성지방의 함량은 streptozotocin의 유도로 증가되던 것이 손바닥선인장의 투여로 감소되었으며, streptozotocin에 의한 total-, VLDL-, LDL-, HDL-cholesterol 및 동맥경화지수도 손바닥선인장의 투여로서 조절되었다. 혈중의 lipid peroxide 함량과 혈중 hydroxy radical 생성이 streptozotocin의 유도로 증가되었으며, 혈중 superoxide dismutase의 활성은 오히려 감소되던 것이 손바닥선인장의 투여로 조절되었다. 이러한 손바닥선인장이 poloxamer P-407과 streptozotocin에 의하여 유도된 고지혈증 흰쥐에서 여러 가지 생리현상을 조절하는 것은 이의 성분이 flavonoid ex와 compound 3이 기지물질로 존재하여 나타나는 결과로 사료된다. 따라서, 손바닥선인장은 고지혈증에 의한 여러

생리현상을 조절하는 특성이 있는 것에 비추어 볼 때, 건강 기능성 식품소재로서의 응용가능성이 매우 크다고 할 수 있다.



V. 적 요

본 연구는 우선 손바닥선인장의 효율적인 생산 및 재배를 위하여 그 생육, 번식, 재배 등의 특성조사를 통한 손바닥선인장의 전반적인 재배기술을 개발하고 확립하였다. 둘째 식품소재로서의 영양가치를 평가하기 위하여 손바닥선인장의 일반적 성분특성 조사 및 알로에와의 비교·분석을 통한 손바닥선인장의 식품이용·가능성을 검토하였다. 셋째, 손바닥선인장의 열매와 줄기에 대한 약리성분 및 효과를 구명하기 위하여 유효물질의 분리를 통한 생리활성 성분을 분석하였으며, 또한 당뇨병-유도 실험동물군을 이용한 항 고지혈증의 기전을 검색하였다. 이상의 결과를 요약하면 다음과 같았다.

손바닥선인장의 발아기는 보통 5월 19일~25일, 개화기는 6월 8일~12일, 종화기는 6월 29일~7월 3일로 나타났으며, 열매의 착색은 10월 27일~12월 8일까지 약 35일 동안 착색이 이루어졌다. 열매의 평균과중은 15g 정도였고, 열매당 종자의 수는 평균 44개로 열매의 크기에 따라 다소 차이를 나타냈으며 열매당 종자의 무게는 1.01g이었다. 꽃은 1개의 암술, 평균 280개의 수술, 평균 14개의 꽃잎, 그리고 평균 8개의 꽃받침으로 이루어졌으며 잎의 변태인 가시는 열매당 평균 8개의 가시자리에 평균 50개, 줄기는 평균 30개의 가시자리에 평균 50개가 밀생되어 있었다. 꿀의 성분 및 주요성분의 분석결과에서 꿀의 성분 9개 항목 중 수분을 제외한 Ash 등은 식품규격에 모두 적합한 것으로 나타났으며, 특히 나트륨, 칼륨, 리보플라빈, 나이아신 등이 아카시아꿀에 비해 매우 높은 것으로 조사됨으로써 손바닥선인장 꿀은 밀원으로서 가치가 높은 것으로 나타났다. 손바닥선인장의 수령에 따른 수량차이는 수령 7년생까지는 수량이 증가하였으나 8년생부터는 수량이 감소하는 것으로 나타났으며, 주경장의 크기는 무전정이 81.0cm로 작고 주당 착과수는 124개로 많은 반면 슈음전정은 착과수가 63.8개로 적었으나 주경장은 105.8cm로 가장 컸다. 그리고 전정구는 전정 후 3년까지 수량이 증가하였으나 4년차에 감소하였으며 무전정구는 2년차부터 수량이 감소하였다. 이러한 결과는 수령이 경과함에 따라 수량이 감소하는 것으로 나타나는 것이기 때문에 슈음전정 등과 같이 수세를 안정적으로 유

지시켜 주는 관리방법의 도입이 필요하리라 사료된다. 삼식시기가 생육에 미치는 영향을 조사한 결과, 삼식적기는 4~5월이 가장 적합하였으며 삼식묘의 크기는 클수록 생육이 좋았고, 삼식전 정치기간은 5일간이 좋았다. 삼식전 석회비료를 150~300kg/10a 사용하는 것이 생육이 좋았으며 질소비료는 연간 5~10kg/10a을 3회정도 분시하는 것이 좋았고, 엽면시비 효과도 있었다. 토양피복 재료는 투명비닐이 주경장이 가장 컸으며, 흑색비닐이 주경절수가 많은 것으로 보아 생육촉진을 위해서는 투명비닐이나 흑색비닐로 피복·재배하는 것이 적합함을 제시하였다. 열매비대 촉진을 위하여 Forchlorfenuron 30mgL⁻¹을 살포한 경우 비대효과가 있었으며 이는 열매의 수량을 향상시킬 수 있음을 제시한다. 제초제는 Glyphosate가 약해가 적어 사용이 가능할 것으로 사료되었다. 그러므로 제초의 생력화를 위해서 인력제초보다는 제초제를 사용하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

손바닥선인장의 주성분은 가용 무질소물이었다. 총 무기질 함량은 손바닥선인장 줄기, 열매와 씨가 각각 9,400.8, 6,151.2, 1,096.8mg이며, 무기질은 Ca, P, Mg의 순이었다. 주요 유리 아미노산의 경우 손바닥선인장 열매인 경우 tyrosine, proline과 arginine이, 줄기는 glycine과 arginine이, 종자의 경우 glutamic acid이었다. 총 아미노산중 주요 아미노산은 열매의 경우는 glutamic acid와 arginine이었다. 비타민 C는 열매와 줄기가 각각 163.8과 71.2mg으로 존재하나 종자에는 존재하지 않았으며 비타민 A는 모든 시료에서 검출되지 않았다. 총 폴리페놀 화합물과 플라보노이드 함량은 추출방법에 따라 다르며, 총 폴리페놀 화합물의 경우 손바닥선인장 열매가 종자의 함량이 높았으며, 총 플라보노이드 함량은 줄기와 열매에서 비슷하였다.

손바닥선인장 열매 및 줄기로부터 추출한 각 성분을 1주일 간 처리한 후 poloxamer P-407로 고지혈증을 유발한 결과, poloxamer P-407의 단독투여로 증가하던 총콜레스테롤과 중성지방은 현저히 감소하였고, streptozotocin로 유도한 흰쥐에 손바닥선인장 열매 및 줄기와 flavonoid ex. compound 1, 2, 3을 투여하였을 때 유효성분의 투여로 현저히 감소하던 체중이 증가되었으며, 체중대 간장의 무게비는 streptozotocin로 유도한 고지혈증군에 비해 감소되었다. Streptozotocin의 유도로 감소되었던 bleeding time과 plasma clotting time이

손바닥선인장의 투여군에서 증가하였고, 증가하였던 tissue factor의 활성은 현저히 감소되었다. 혈중 중성지방의 함량은 streptozotocin의 유도로 증가되던 것이 손바닥선인장의 투여로 감소되었으며, streptozotocin에 의한 총 콜레스테롤, VLDL, LDL, HDL 및 동맥경화지수도 손바닥선인장의 투여로서 조절되었다. 혈중의 lipid peroxide 함량과 hydroxy radical 생성이 streptozotocin의 유도로 증가되었으며, superoxide dismutase의 활성은 오히려 감소되던 것이 손바닥선인장의 투여로 조절되었다. 이러한 손바닥선인장이 poloxamer P-407과 streptozotocin에 의하여 유도된 고지혈증 흰쥐에서 여러 가지 생리현상을 조절하는 것은 이의 성분이 flavonoid ex와 compound 3이 기지물질로 존재하여 나타나는 결과로 사료된다.



VI. 인용문헌

- A.O.A.C. 1993. Method of analysis for nutrition labeling. Sulliran, D.E(Ed), International Virginia p. 455
- Askar, A., and S.K. El-Samahy. 1981. Chemical composition of prickly pear fruit. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* 77:279-281.
- Barbera, G., F. Carimi, and P. Inglese. 1993. La coltura del ficodindia. Edagricole. Bologna. Italy.
- Barbera, G., P. Inglese, and T. La Manita. 1994. Seed content and fruit characteristics in cactus pear. *Scientia Horticulturae* 58:161-165
- Barbera, G., P. Inglese, and E. Pimienta-Barrios. 1995. Agroecology. cultivation and uses of cactus pear. F.A.O. Rome. Italy.
- Burrer, F., Lebreton, P.H. and Voirin, B. 1982. Les aglycones falvoniques de cactus. *J. Nat. Prod.* 45:687
- Chen, P.S., T.Y. Toribara, and H. Warnerm. 1956. Micro determination of phosphorus. *Anal. Chem.* 28:1756.
- 최종원, 이정규, 이영철, 문영인, 박희준, 한용남. 2001. 손바닥 선인장 열매 및 줄기 추출물의 생리활성(I) 일반약리검색. *생약학회지* 32(4):330-337.
- 최종원, 이정규, 이영철, 문영인, 박희준, 한용남. 2002a. 손바닥 선인장 열매 및 줄기 추출물의 생리활성(II) 흰쥐의 식이성 고지혈증에 미치는 영향. *생약학회지* 33(3):230-237.
- 최종원, 이정규, 이영철, 문영인, 박희준, 한용남. 2002b. 손바닥 선인장 열매 및 줄기 추출물의 생리활성(III) 흰쥐의 알콜성 고지혈증에 미치는 영향. *생약학회지* 33(3):238-244.
- Danny Schuster. 1990. The word of cacti. Australia p. 10-17.
- 두홍수, 문정길, 권태오, 류점호. 1999. 멀칭비닐 색상과 제거시기가 야콘 (*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl)의 생육 및 수량에 미치는 영향. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 7(3):205-212.

- 황경선. 1987. 복숭아나무 삽수의 발근에 미치는 제요인에 관한 연구. J. kor. Soc. Hort. Sci. 28(2):137-152.
- Fernandez, M.L., E. C. K. Lin, A. Trejo, and D. J. McNamara. 1994. Prickly pear(*Opuntia* sp) pectin alters hepatic chpatic cholestrol methbolism without affecting cholesterol absorption in guinea pigs fed a hypercholestrolemic diet. J. Nutrition. 124. 817-824.
- Fernandez, M.L., A. Trejo, and D.J. McNamara. 1990. Pectin isolated from prickly pear(*Opuntia* sp) modifies low density lipoprotein metabolism in cholesterol fed guinea pigs. J. Nutr. 120:1283-1290.
- Fernandez, M.L., E.C.K.Lin, A. Trejo, and D.J. McNamara. 1992. Prickly pear(*Opuntia* sp)pectin reverses low density lipoprotein rercptor suppression induced by a hypercholesterolemic diet in guinea pigs. J. Nutr. 122:2330-2339.
- Flath, R.A. and J.M. Takahashi. 1978. Volatile constituents of Prickly Pear(*Opuntia ficus-indica* Mill., de Castilla Variety. J. Agric. Food Chem. 26:835-837.
- Flores, V.C. 1991. The present and potential market conditions of both cactus leaves and cactus pear in Mexico, and the expertation possibilities to the United States and other countries. In: Proc. Scond Annual Texas Prickly Pear Council Meeting. Texas A & I Univ., Kingsville p. 94-101.
- Frarti, A.C., J.A. Fernandez-Harp., H. De La Riva., R. Ariza-Andraca, and M. Del Carmen-Torres. 1983. Effect of nopal(*Opuntia* spp.) on serum lipids, glycemia and body weight. Arch. Invest. med. Mexico 14:117-1125.
- Frarti, A. C., B. E. Gordillo, P. A. Alttamirano and C. R. Ariza. 1988. Hyperglycemic effect of *Opuntia streptacantha* Lemaire in non-insulin-dependent diabetes. Diabetes Care 11:63-66.
- Frarti, A.C., M.D. Valle-Martinez, C.R. Ariza, Islas, and A. Chavez-Negrete. 1989. Hyperglycemic effect of different doses of nopal (*Opuntia streptacantha* Lemaire) in patients with type II diabetes mellitus. Arch. Invest. Med. Mexico 20:197-201.

- Frarti, A.C., B.E. Grodillo, P.A. Altamirano, C.R. Ariza, Islas, and A. Chavez-Negrete. 1990. Acute hyperglycemic effect of *Opuntia streptacantha* Lemaire in non-insulin-dependent diabetes. *Diabetes Care* 13:455-456.
- Freman, B. A. and J.D. Crapo. 1982. Biology of disease: Free radicals and tissue injury. *Lab. Invest.* 47:412.
- Fuentes-Rodriguez. J. 1991. A survey of the feeding practices, costs and production of dairy and beef cattle in Northern Mexico p. 118-123
- Gibson. A. C., and P. S. Nobel. 1986. *The cactus primer*. Harvard Univ. Press. Cambridge. MA.
- Goldstein, J.L. and M.S. Brown. 1975. Familial hypercholesterolemia. A genetic regulatory defect in cholesterol metabolism. *Am. J. Med.* 58:147.
- 굴전 만. 1989. 세계유용식물사전 p.53.
- Han, Y.N., S.K. BaiK., T.H. Kim and B.H. Han. 1987. *Arch. Pharm. Res.* 10:115.
- 한용남, 이영철, 최종원, 윤상태. 1999. 손바닥선인장의 열매와 줄기를 이용한 기능성 식품개발 및 생리활성물질연구. *농림부* p.159-184.
- Inglese, P., G. Barbera, and T. La Martia. 1993. Research strategies and improvement of cactus pear (*Opuntia ficus-india*) fruit quality and production. *Proc. Forth Annual Texas Prickly Pear Council Meeting. Texas A & I Univ., Kingsville* p. 24-40.
- Jacobo, C.M. and S.P. Gonzalez. 1994. Reyna(syn. Alfajayucan) is the leading cactus pear cultivar in central Mexico. *Fruit Varieties J.* 48:134-136.
- 정현식, 김정재, 한세기. 1977. 현무암토양에서 수도에 대한 석회 및 인산시용 효과. *한국토양비료학회* 10(1):49-53.
- 강소신의학원. 1985. *중약대사전*. 상해과학기술출판사 p.2731.

- 김도형, 정순주, 전하준, 황진규. 1996. 베드의 형태와 엽면시비가 양액재배 멜론의 생육 과 과실의 품질에 미치는 영향. J. kor. Soc. Hort. Sci. 40(1):1-3.
- 김동현. 이은방. 최종원. 2000. 손바닥선인장 열매 및 줄기의 약리효능 시험 연구. 북제주군농업기술센터
- 김순동, 윤수홍, 강병수, 박남숙. 1986. 깎두기의 숙성에 미치는 감압polyethylene film 포장처리효과. 한국영양식량학회지 15:39
- 김인환, 김명희, 김홍만, 김영언. 1995. 선인장 열매 적색색소의 열안정성에 대한 항산화제의 효과. Korean J. Food Sci. Technol. 27(6):1013-1016.
- 김희권, 전장협, 김대향, 정지호, 박건호. 1990. 야산개간지 토양에서 땅콩의 생육 및 수량에 미치는 석회사용량. 한토비지. 23(3):180-187.
- Kobatake, Y., Saito, M., Kuroda, K., Kobayashi, S., and Innami, S., 1987. Influence of fish consumption on serum lipid and lipid peroxide concentrations in middle aged subjects. J. Japan Soc. Nutr & Food Sci. 40:103.
- 고경식. 1994. 광속 식물분류학. 세문사 p. 314-316.
- Kuti. J.O. 1992. Growth and compositional changes during the development of prickly pear fruit. J. Horticultural Sci. 67:861-868.
- Kuti. J.O. 1994. Sugar composition and invertase activity in prickly pear fruit. Journal of Food Science 59(2):387.
- 이경숙, 이서래. 1993. 국내산 식물성식품중 식이섬유 함량의 분석. 한국식품과학회지 25:225.
- 이병구, 윤진영. 1975. 폴리에틸렌 필름 멀칭에 의한 지온상승이 고추의 생육 및 수량에 미치는 영향. J. kor. Soc. Hort. Sci. 16(2):185-191.
- 이삼빈, 황 기, 하영득. 1998. 선인장 열매로부터 추출된 점질물 및 색소의 기능성. 한국식품영양과학회지. 27(5):821-826.
- 이세희. 2000. 선인장 열매의 색소 추출물에 의한 양모섬유의 염색. 대구효성카

톨릭대학교 대학원 석사학위논문.

- 이영철, 신경아, 정승원, 문영인, 김성대, 한용남. 1999. 손바닥선인장 분말을 첨가한 생면의 품질특성. Korean J. Food Sci. Technol. 31(6):1604-1612.
- 이정희, 이서래. 1994. 국내산 식물성 식품중 페놀성 물질의 함량분석. 한국식품과학회지. 26:310.
- 이후장. 1997. 랫드의 스트레스성 위궤양에 대한 선인장의 항궤양작용에 관한 연구. 서울대학교 보건대학원 석사학위논문.
- Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr, and R.J. Rendall. 1951. Protein measurement with folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193:265.
- Lozoya. M. 1989. Hypoglycaemic activity of *Opuntia streptacantha* throughout its annual cycle. Am. J. Chin. Med. 17:221-224
- Lesnik, P., M. Rouis, S. Skarlatos, H.S. Kruth, and M.J. Chapman. 1992. Uptake of exogenous free cholesterol induces upregulation of tissue factor expression in human monocyte-derived macrophages. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 89:10370.
- Mass, E.V. 1986. Salt tolerance of plants. Appl. Arg. Res. 1:12-26.
- McGowan, M.W., J.D. Artiss, and D.R. Strandbergh. 1983. A peroxidase-coupled method for the colorimetric determination of serum triglycerides. Clin. Chem. 29:538.
- Merin, U., S. Gagel, G. Popel, S. Bernstein, and I. Rosenthal. 1987. Thermal degradation Kinetics of prickly-pear-fruit red pigment. J. Food Sei. 50: 485-486
- 문영인. 2002. 2002손바닥선인장 처리결과. 북제주군농업기술센터
- Nerd, A., A. Karadi, and Y. Mizrahi. 1989 Irrigation, fertilization and polyethylene covers influence bud development in prickly pear. Hort. Science 24:773-775.
- Nerd, A., A. Karadi, and Y. Mizrah. 1991. Out-of-season prickly pea fruit characteristics and effect of fertilization and short drought periods on

- productivity. Hort. Science 26:527-529.
- Nerd, A., and Y. Mizrahi. 1993. Cultural practices for cactus pear in Israel for year around production. In: Proc. Forth Annual Texas Prickly Pear Council Meeting. Texas A & I Univ., Kingsville p 77-80.
- Nerd, A., and Y. Mizrahi. 1996. Reproductive biology of cactus fruit crops. Hort. Rev. 18:321-346.
- Nerd, A., R. Mesika., and Y. Mizrahi. 1993. Effect of N fertilization on autumn flowering and N metabolism in prickly pear. J. Hort. Sci. 68:337-342.
- Nobel, P. S. 1988. Environmental biology of agaves and cacti. Cambridge Univ. Press. New York.
- Nobel, P. S. 1994. Remarkable agaves and cacti. New Phytol. 119:183-205
- Noma, A., K.N. Nakayama, M. Kota, and H. Okabe. 1978. Simultaneous determination of serum cholesterol in high and low density lipoprotein with use of heparin, Ca^{2+} and an anion exchange resin. Clin. Chem. 24:1504.
- 오왕근, 한동욱, 이기저. 1975. 배추의 생육에 미치는 석회, 가리의 효과. J. kor. Soc. Hort. Sci. 16(1):90-94.
- Oyanagui, Y. 1984. Reevaluation of assay methods and establishment of kit for superoxide dismutase activity. Anal. Biochem. 42:290.
- Pimienta-Barrios. E. 1990. El nopal tunero Universidad de Guadalajara, Guadalajara Jalisco.
- Pimienta-Barrios. E. 1991. An overview of prickly pear production in the central part of Mexico. Proc. Second Annual Texas Prickly Pear Council Meeting. Texas A & I Univ., Kingsville p. 1-15.
- Pimienta-Barrios. E. 1994. Prickly pear(*Opuntia spp.*): a valuable fruit crop for semi-arid lands of Mexico. J. Arid Environ. 28:1-11.

- Quick, A.J., M. Stanley-Brown and F.W. Bancroft. 1935. A study of the coagulation defect in hemophilia and in jaundice. Am. J. Med. Sci. **190**: 571.
- Richmond, W. 1976. Use of cholesterol oxidase for assay of total and free cholesterol in serum by continuous flow analysis. Clin.Chem. 22:1579.
- Rodriguez-Felix, A., and M. Cantwell. 1988. Developmental changes in composition and quality of prickly pear cactus cladodes (Nopalitos). Plant Foods for Human Nutrition 38:83-93.
- Ross, R. 1986. The pathogenesis of atherosclerosis, An update. New. Engl. J. Med. 314:488.
- Saenz, C., Sepulveda, E., Araya, C., and Calvo. C. 1993. Color changes in concentrated juices of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) during storage different temperature. Lebensmittel-Wiss. Technol. 26:417-421.
- Sawaya, W.N., and P. Khan. 1982. Chemical characterization of prickly pear seed oil, *Opuntia ficus-indica*. J. Food Sci. 47. 2060-2061.
- Sawaya, W.N., J.K. Khalil, and M.M. Al-Mohammad. 1983. Nutritive value of prickly pear seeds (*Opuntia ficus-indica*). Quality Plant Foods Hum. Nutr. 33:91-97.
- 신지은, 한명주, 이영철, 문영인, 김동현. 2002. db/db 당뇨모델 생쥐에서 손바닥선인장의 항당뇨 효과. 생약학회지 33(4):332-336.
- 신지은, 한명주, 이인경, 문영인, 김동현. 2003. Alloxan 및 Streptozotocin 유도 당뇨모델 동물에서 손바닥선인장의 혈당강하 효과. 생약학회지 34(1): 75-79.
- 신태균, 김성호. 1998. 손바닥선인장의 방사선 방호효과. 제주생명과학연구 1(1):25-32.
- 식품공업협회. 1996. 식품공전.
- 농촌진흥청. 2000. 식품분석표.

- Surprenant, Y.M., and S. H. Zuckerman 1989. A novel microliter plate assay for the quantitation of procoagulant activity on adherent monocytes, macrophages and endothelial cells. *Thromb. Res.* **53**:339
- Teles. F.F.F., Stull.J. W., Brown. W. H. and Whiting. F. M. 1984. Amino and organic acids of the prickly pear cactus(*Opuntia ficus-indica* L.). *J. Sci. Food Agric.* 35:421
- Weiss, J., A, Nead, and Y. Mizrahi. 1993. Vegetative parthenocarpy in the cactus pear *Opuntia ficus-indica*(L.) Mill. *Ann. Bot.* 72:521-526.
- Wessels, A. B. 1998. Spineless prickly pear First Perskor. Johannesburg, South Africa.
- Yagi, K. 1987. Lipid peroxides and human diseases. *Chemistry and Physics of Lipids* 45:337.

<http://www.nopaljuce.com>. 노팔의 기원과 영양.



Appendix

Appendix 1. Monthly meteorological data in the western part(Gosan) of Jeju island.

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
mean air temp(°C)	6.3	6.5	9.2	13.3	16.8	20.4	24.8	26.1	22.9	18.0	13.4	8.8
mean precipitation (mm)	47.9	42.0	78.6	82.0	112.6	141.0	160.0	196.8	120.3	30.8	58.2	24.5
mean sunshine (hr)	95.0	125.0	164.9	202.4	213.8	161.7	191.9	218.3	190.6	210.0	160.0	120.7



감사의 말씀

손바닥선인장의 재배기술개발 연구비를 지원하여 주신 농림기술관리센터와 성분분석 및 기능성 시험 연구비를 지원하여 주신 신철주 북제주군수님께 감사드립니다.

그동안의 연구결과를 논문으로 결실을 맺을 수 있도록 격려를 아끼지 않으신 장전익 교수님과 바쁘신 가운데에도 시간을 할애하여 논문을 지도하여 주신 문두길 교수님, 강 훈 교수님, 그리고 경성대학교 최종원 교수님과 농촌진흥청 정명일 박사님께 진심으로 감사드립니다.

논문작성을 위하여 자료분석을 도와주신 원예학과 강석범, 박시종 선생님 그리고 지표물질 및 성분분석을 도와주신 이진식 박사님, 이영철 박사님, 자료수집 및 편집을 도와주신 양성석 박사님, 김태구 박사님, 홍성수 박사님, 이동진 박사님과 이 연구를 수행하는데 물심양면으로 도와주신 김성대 사장님께 감사드립니다.

학업을 마칠 수 있도록 도와주신 북제주군농업기술센터 김영종 소장님과 동료 직원 여러분 그리고 연구개발팀에서 고락을 같이 하고 있는 고시호, 김영배, 김정수 선생님께 감사드립니다.

끝으로 늘 염려해 주시는 양가의 부모님, 형제자매, 친지 여러분께 감사드리며 삶의 동반자인 아내 박미희와 아들 현식, 용식에게 고마움을 전하며 이 연구결과가 제주도 손바닥선인장의 산업화를 위해 일조를 할 수 있기를 기대합니다.