

664.024
L 293s

12001067

최 종
연구 보고서

손바닥 선인장의 열매와 줄기를 이용한 기능성
식품개발 및 생리활성물질 연구

Development of Functional Foods Using Fruit and Stem
of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* and Characterization
of their Physiologically Active Constituents

재배기술 개발

Development of Cultivation Technology

식품소재 및 가공식품의 개발

Development of Food Products and Additives

생리활성 물질 연구

Physiologically Active Constituents

약리효능 평가 연구

Pharmacological Efficacy

서울대학교 천연물과학연구소

북제주군 농업기술센터

한국식품개발연구원

경성대학교 약학대학

농 립 부

제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “손바닥선인장의 열매와 줄기를 이용한 기능성 식품 개발 및 생리활성물질 연구” (제 1 세부과제 “손바닥선인장의 재배기술 개발”, 제 2 세부과제 “손바닥선인장의 열매와 줄기를 이용한 식품소재 및 가공식품의 개발”, 제 3 세부과제 “손바닥선인장 열매와 줄기의 생리활성 물질 연구”, 제 4 세부과제 “손바닥선인장 열매와 줄기의 약리효능 평가 연구”)의 최종보고서로 제출합니다.

1999. 10.

주관연구기관명 : 서울대학교
총괄연구책임자 : 한용남
협동연구기관명 : 북제주군 농업기술센터
협동연구책임자 : 윤상태
협동연구기관명 : 한국식품개발연구원
협동연구책임자 : 이영철
협동연구기관명 : 경성대학교
협동연구책임자 : 최종원

요 약 문

I. 제 목

손바닥선인장의 열매와 줄기를 이용한 기능성식품 개발 및 생리활성물질 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

- 제주도에서 경작 또는 일부 자생하는 선인장 중에 *Opuntia* 속에 속하는 손바닥선인장(*Opuntia ficus-indica* var. *saboten*)은 열매(nopal)와 줄기(nopalitos)를 식품소재로 사용하고 있다.
- 열매와 줄기의 효능은 변비치료, 이뇨효과, 장운동의 활성화 및 식욕증진의 효능이 있고, 스트레스성 위궤양에 대한 항궤양 효과, 고혈압 예방 효과가 있다고 보고되어 있다.
- 그러나 국내에서 재배되는 손바닥선인장에 대한 연구가 거의 없는 실정이다.
- 남아메리카와 일본의 경우 스낵, 우동, 아이스크림, capsule, tablet, salad, 화장품 소재 같은 다양한 손바닥선인장 가공 제품이 판매되고 있다.
- 국내에서는 제주지역을 중심으로 선인장 청차와 같은 가공식품이 생산되고 있으나 그 이용은 절음마 단계라고 할 수 있다
- 본 연구에서는 제주도에 재배되고 있는 손바닥선인장의 생산촉진과 수요증대를 유도하고 농가의 소득을 높여주기 위하여

1) 손바닥선인장의 재배기술을 개발하고, 2) 열매와 줄기를 이용한 기능성 식품소재와 가공식품을 개발하며, 3) 열매와 줄기로부터 생리활성물질을 찾아내고, 4) 아울러 열매와 줄기의 안전성 및 유효성을 평가하고자 하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

제 1 세부 : 손바닥선인장의 재배기술 개발

선인장의 기초 특성을 조사하고 몇 가지 시험에 의한 재배기술 개발이 목표이며 다음과 같이 4개항 14개 시험 및 분석을 연구의 범위로 하였다.

1. *Opuntia*속 선인장의 특성 평가

- (1) 기초특성 조사
- (2) 수령이 생육개화 및 열매수량에 미치는 영향
- (3) 전정이 생육 및 수량에 미치는 영향
- (4) 노지재배가 가능한 *Opuntia*속 선인장 선발
- (5) *Opuntia*속 선인장의 병해충 발생 소장

2. *Opuntia*속 선인장의 번식방법 연구

- (1) 정식시기가 생육에 미치는 영향
- (2) 삽수의 정치기간이 활착 및 생육에 미치는 영향
- (3) 실생번식방법 연구

3. *Opuntia*속 선인장에 석회 및 추비 시용에 관한 연구

- (1) 석회 시용이 수량 및 품질에 미치는 영향
- (2) 질소질 추비 시용이 생육 및 수량, 품질에 미치는 영향

4. *Opuntia*속 선인장의 생육촉진 시험

- (1) 토양피복재료가 생육촉진에 미치는 영향
- (2) 과일비대 및 착색촉진 효과
- (3) 엽면시비가 생육촉진에 미치는 영향
- (4) 제초제 선발시험

제 2 세부 : 손바닥선인장의 열매와 줄기를 이용한 식품소재 및 가공 식품의 개발

1. 열매의 박피조건, 식이섬유함량, 흡착 특성, 수확시기별 성분 변화 같은 손바닥선인장 가공을 위한 전처리 조건과 가공특성을 조사하였다.

2. 알코올에 의해 손바닥선인장 점질물을 분리하여 점도와 우론산 등 특성을 조사하였다.
3. 손바닥선인장 색소를 추출하여 식품소재로 쓰이는 아미노산, 당알코올, 아스코르브산, 폴리페놀화합물과 pH에 따른 안정성을 조사하였다.
4. 손바닥선인장의 열매와 줄기를 첨가하여 식빵을 제조한 후 품질 특성을 조사하였다.
5. 손바닥선인장의 열매와 줄기를 첨가하여 생면을 제조한 후 품질특성과 저장성을 조사하였다.
6. 손바닥선인장의 열매를 첨가하여 요구르트를 제조한 후 그 특성을 조사하였다.
7. 휴대와 복용이 편리한 휴대용 레트로트 파우치 제품을 개발하고자 하였다.
8. 손바닥선인장의 줄기와 열매를 이용하여 침출주, 곡주, 와인 등을 개발하였다.
9. 솔비톨을 이용하여 기존 제품의 품질 고급화를 하였다.
10. 손바닥선인장 줄기 및 열매 추출물의 항균 효과를 조사하였다.
11. 변비환자를 대상으로 손바닥선인장 열매 분말의 변비 개선 효과를 조사하였다.

제 3 세부 : 손바닥선인장의 열매와 줄기의 생리활성물질 연구

1. 추출 및 용매분획물의 제조
2. 항산화작용 검색
3. 카테콜아민 대사효소(dopamine β -hydroxylase 및 monoamine oxidase) 저해작용 검색
4. 항혈전 및 항혈액응고작용 검색
5. 유효성분의 분리 및 화학구조 결정

제 4 세부 : 손바닥선인장의 열매와 줄기의 약리효능 연구

1. 안전성, 소염작용 및 성인병에 대한 효능
2. 심순환계 및 소장관에 미치는 영향 연구
3. 정신신경계에 미치는 영향 연구

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

A. 연구개발결과

< 제 1 세 부 : 손바닥선인장의 재배기술개발 >

1. *Opuntia*속 선인장의 특성평가

*Opuntia*속 선인장의 기초특성조사결과 정상적으로 발아하여 생육하는 것은 연간 3회로 그 시기는 1차 5월 20일, 2차 7월 1일, 3차 8월 23일이며 개화기간은 6월 10일~7월 1일까지이며 착색기는 11월 1일~12월 5일까지였다.

선인장과일의 특성은 평균과중은 15g/개이며 과일당 씨의 수는 44개이고 무게는 1.01g이며 1,000립중은 23.05g이었다.

선인장의 꽃은 양성화이며 암술은 1개이나 수술은 270~290개이며 꽃잎은 14매, 꽃받침은 8개, 자방은 5개이며 수분은 자식성이다.

선인장 꽃의 꿀은 나트륨(19mg/100g), 칼륨(22mg/100g), 리보플라빈(0.37mg/100g) 나이아신(0.49mg/100g)이 다른 꿀보다 많이 함유되어 있었다.

*Opuntia*속 선인장의 가시는 잎의 변태로서 엽침(葉針)이라고 하며 과일에는 9개의 모공에 굵기 0.1mm 길이 2mm 크기의 것 1개와 굵기 0.01mm 길이 2mm 크기의 것 45~55개가 있으며 줄기에는 굵기 1.0mm 길이 15~20mm 크기의 것 1개 내외와 굵기 0.1mm 길이 2.0mm 크기의 것 45~55개가 있다. *Opuntia*속 선인장은 5년까지는 수령이 많을수록 주당 과일수가 증가하여 3년생은 42개/주, 4년생은 67개/주, 5년생은 96개/주 였고 개화후 기상에 따라 수분이 안된 것은 낙화되었으며 그 비율은 5% 정도였다.

노지재배가 가능한 *Opuntia*속 선인장 계통선발을 위하여 도입된 8계통과 손바닥선인장의 핵형분석 결과 염색체 수는 $2n = 22$ 개 였다.

수세유지를 위한 방법으로 전정을 실시한 결과, 주경장의 크기가 $\text{숙음전정} > \text{숙음전정} + \text{절단전정} > \text{무전정} > \text{절단전정}$ 의 순이었다.

선인장에서 발생하는 病은 흰비단병, 탄저병이 있고 蟲은 명주달팽이, 가루깍지벌레, 먼지응애류가 있다.

2. *Opuntia*속 선인장의 번식방법 연구

*Opuntia*속 선인장의 번식방법연구 결과 정식시기는 빠를수록 좋아 3~

5월이 적기이며 삼수를 조제한 후 상온에서 5~15일이 경과된 후에 정식한 것이 생육이 좋았다.

실생번식을 위해서는 착과 다음해 6월경에 채종하는 것이 받아들여 높으며 종자를 직파하는 것보다는 육묘하여 정식하는 것이 좋았다.

3. *Opuntia*속 선인장에 석회 및 질소질 추비사용에 관한 연구

*Opuntia*속 선인장에 석회를 사용하는 것이 생육은 좋았으나 사용량을 늘려도 생육은 크게 향상되지 않았다.

질소질비료의 추비 사용은 10kg/10a을 2회 이내 사용하는 것이 무난할 것으로 보이며 그 이상 사용하면 착과수는 적어지고 주경장은 길어져 지나치게 줄기가 무성하였다.

4. *Opuntia*속 선인장의 생육촉진 시험

선인장 재배시 토양을 피복한 재료의 종류에 따라서 생육에 차이가 있어서 투명비닐피복구 > 흑색비닐피복구 > 무피복구 > 백색비닐피복구 > 은색비닐피복구 의 순으로 생육이 좋았다. 과일비대 촉진을 위해 몇 가지 처리결과 후루메트(Forchlorfenuron)30ppm + GA 15ppm을 개화전 1회 처리한 경우 약간의 과일비대 효과가 있었다. 에스렐처리에 의한 착색촉진 효과와 엽면시비에 의한 생육촉진 효과는 없었다.

제초제의 경우 Bromacil을 처리한 후 잡초의 재발생량이 적어지고 선인장에 약해도 없었다.

< 제 2 세 부 : 손바닥선인장의 열매와 줄기를 이용한 식품소재 및 가공식품의 개발 >

1. 손바닥선인장 가공을 위한 전처리 조건과 가공특성 조사

가. 손바닥선인장 열매의 peeling 시험

15% HCl를 사용하는 산박피와 3% NaOH를 사용하는 알칼리 박피 중 알칼리 박피법으로 20분 정도 처리하면 껍질을 벗길 수 있었다.

나. 선인장 동결건조분말의 식이섬유함량 측정

- 1) 줄기의 경우 TDF 함량은 46.1%, SDF는 4.3%, IDF는 35.9%로 주로 불용성 식이섬유로 구성되어 있으며, 열매의 경우 TDF 함량은 36.6%, SDF는 17.1%, IDF는 16.6%로 수용성 및 불용성 식이섬유의 함량은 유사하다.

- 2) 줄기의 수용성 식이섬유 함량이 4.3%에 비해 열매의 수용성 식이섬유 함량은 17.1%로 줄기보다 약 4배 이상 많았다.

다. 손바닥선인장 동결건조분말의 수분과 유지 보유력

- 1) 줄기의 수분 보유력은 g당 22.9~26.2 g 이며, 열매의 경우 수분 보유력은 g당 24.6~36.1g 이었으며, 줄기의 유지 보유력은 g당 1.9g이다.

라. 선인장 열매의 성숙단계별 성분조사

- 1) 손바닥선인장 열매의 일반성분 중 단백질은 6.5%에서 5.7%로, 회분은 16.7%에서 12.5%로, 지방은 4.8%에서 3.5%로, 조섬유는 5.0%에서 3.8%로 모두 감소하였다.
- 2) 씨의 경우 이와는 달리 단백질은 8.6%에서 10.2%로, 지방은 11.6%에서 13.1%로 증가하였으나, 조섬유는 51.0%에서 45.6%로 감소하였고 회분은 2.5~2.7%로 큰 차이가 없었다.

2. 점질물의 특성 및 분리 조건 조사

가. 알코올에 의한 점질물의 분리

- 1) 알코올 농도가 높을수록 회수율이 증가하며, 에탄올 농도가 50%인 경우 회수율은 1% 미만이었으나, 90%인 경우 2.0%로 증가하였다.
- 2) 점질물의 특성 중 점도는 0.8% 농도에서는 20센티포이즈(CP), 1.2%에서는 105CP를 보였다.
- 3) 점질물의 우론산과 kalson lignin의 각각 1.44%와 2.3% 였다.

3. 손바닥선인장 색소의 특성

가. 손바닥선인장 색소

- 1) 손바닥선인장 색소의 추출은 동결건조분말을 사용할 때 에탄올, 아세톤보다는 물로 추출하는 것이 좋았다.
- 2) 그러나 물로 추출할 경우 손바닥선인장에 존재하는 점질물질도 함께 추출되므로 점질물질을 제거하여야만 한다.

나. 손바닥선인장 색소의 특성

- 1) pH에 의한 영향에서 색소의 안정성은 pH 5.2에서 가장 좋았다.
- 2) 아미노산에 의한 영향에서 cysteine만이 잔존율이 12.0~37.3%로 사용한 아미노산 중에서 가장 큰 효과를 보였다.
- 3) 폴리페놀화합물과 당알코올은 색소 안정성에 효과가 없었다.

4) 아스코르브산과 그 유도체에 의한 영향에서 아스코르브산과 그 유도체에 의한 잔존율은 대조구보다 약 10% 정도 높았다.

4. 손바닥선인장을 첨가한 식빵의 품질 특성

조직감 측정에서 열매 첨가군은 부드러운 조직을 나타내었으나, 관능적 기호도가 떨어져 식빵의 첨가소재로는 적당하지 않을 것으로 사료된다.

5. 손바닥선인장 열매와 줄기를 첨가한 생면의 특성

가. 생면의 품질 특성

- 1) 손바닥선인장 열매와 줄기의 첨가농도가 증가함에 따라 아밀로그래프 상의 호화개시온도와 최종점도는 감소하였고, 최고점도는 증가하였다.
- 2) 생면의 조리 후 중량과 부피는 선인장 열매와 줄기를 첨가함에 따라 감소하였고, 조리손실은 증가하였다.
- 3) 조리면의 관능검사결과, 선인장 열매는 6%, 줄기는 3% 첨가시에 가장 좋은 품질로 평가되었다.

나. 저장 특성

생면의 저장기간동안 세균수는 선인장 열매와 줄기를 첨가함에 따라 현저히 감소하여 손바닥선인장을 첨가함에 따라 저장기간이 연장될 것으로 판단되었다.

6. 손바닥선인장의 열매를 첨가한 요구르트의 제조 및 특성

가. 요구르트의 제조

- 1) 발효 중 손바닥선인장 열매분말 첨가량에 따른 생균수의 변화는 0.3% 첨가하여 6시간 배양했을 때 1.7×10^9 CFU/ml로 가장 많아 첨가량은 발효중 생균수의 면에서 0.3%가 적당하였다.
- 2) 발효 중 요구르트의 점도 변화는 첨가농도 0.5%까지 점도가 증가하였다.
- 3) 관능적 특성에 비추어 손바닥선인장의 적정 첨가량은 0.3%이며 적정 발효시간은 6시간, 12~18%의 당첨가가 적당하다고 판단되었다.

7. 휴대용 레트로트 파우치 제품 개발

가. 살균 온도

80℃ 이상 온도에서 살균시 검출 세균이 없어 pouch 제품을 살균시 80℃ 이상으로 가열하면 될 것으로 판단되었다.

8. 손바닥선인장의 열매와 줄기를 이용한 주류 개발

가. 손바닥선인장 열매와 줄기를 이용한 침출주 제조

착즙한 선인장열매(또는 줄기) 500g에 탈취 주정 (Ethanol 80%) 10 ℓ 와 ascorbic acid 0.15%를 가하여 暗所에서 6주 침출 후 여과하여 ethanol 농도 20%되도록 희석하면서 다시 ascorbic acid 0.15%를 첨가한 후 暗所에서 7주 저장하면서 숙성시키고, 숙성 후 백설탕 0.1%(또는 0.25%), 구연산 0.01%를 첨가하여 여과 후 병입하는 공정으로 이루어져 있다.

나. 손바닥선인장열매와 줄기를 이용한 약주 제조

- 1) 손바닥선인장 열매와 줄기의 약주제조 공정을 보면 백미 1kg, 담금수 1.5 ℓ, 곡자 40g, 효모 40g, 구연산 40g을 혼합하여 25℃에서 2일 동안 주모 담금을 한다.
- 2) 주모, 백미 6kg, 담금수 9 ℓ, 곡자 200g을 혼합하여 25℃에서 1단 담금을 2일 동안 한다.
- 3) 1단 담금, 백미 12kg, 담금수 19.5 ℓ, 곡자 400g과 선인장 열매(또는 줄기) 1kg, ascorbic acid 0.15%를 혼합하여 25℃에서 4일 동안 2단 담금을 하여 10℃에서 2일 동안 숙성 후 여과, 제성하여 병입하는 공정으로 이루어져 있다.

다. 손바닥선인장 열매 분말을 이용한 와인 제조

- 1) 선인장 열매 분말을 이용한 와인제조 공정은 10% 선인장 열매 분말 용액을 homogenization한 후 살균한 25% 설탕용액에 분말로서 0.5% 되도록 첨가한다.
- 2) 발효를 위해 starter 첨가하여 30℃에서 10일 동안 발효 후 10℃에서 2일간 숙성하여 여과, 제성, 병입공정으로 이루어져 있다.

8. 기존 제품의 품질 고급화 연구

가. 솔비톨을 이용한 손바닥선인장 분말 과립 제조방법

- 1) 솔비톨 분말에 비결착제 농도 70~100% 용액을 10~40%가량 첨가하여 솔비톨의 응집을 방지하면서 손바닥선인장 분말을 1~40% 가량 첨가하여 혼합시키면서 흡착시켜 50~80℃의 열풍건조기로 건조시키면 기존보다 분산성이 좋은 과립 제품을 만들 수 있다.

9. 항균 효과

가. 추출물의 항균효과

- 1) 열매-메탄올 추출물과 열매-아세톤 추출물이 그램 음성균 중 *Escherichia coli*, *Escherichia coli* O157:H7과 *Salmonella typhimurium*에 항균 효과를 나타내었으며, 줄기-메탄올 추출물은 *Escherichia coli*에만 효과를 나타내었다.
- 2) 그램 양성균 중 *Bacillus subtilis*에는 열매-메탄올 추출물과 열매-아세톤 추출물이 효과를 나타내었다.
- 3) 열매-메탄올 추출물은 50mg/ml에서 *Bacillus subtilis*와 *Salmonella typhimurium*에 대한 효과가 뛰어났으며 *Escherichia coli*와 *Escherichia coli* O157: H7에도 강한 효과를 보였다.

10. 변비 개선 효과

가. 변비개선을 위해 손바닥선인장의 1회 복용량은 480mg 정도, 일일 복용량으로는 1440mg 정도가 적합한 것으로 판단되었다.

< 제 3 세부 : 손바닥선인장 열매와 줄기의 생리활성물질 연구 >

손바닥선인장의 열매와 줄기로부터 생리활성물질을 연구하기 위하여 4종의 생리활성을 검색하고 유효성분을 분리하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

1. 항산화작용 및 유효성분 : 열매와 줄기의 메탄올 엑스는 항산화작용이 강하며 열매와 줄기의 부탄올 분획으로부터 compound P를 분리하였다. 이 물질의 화학구조는 isorhamnetin-3-O-rutinoside로 결정하였다.
2. Dopamine β -hydroxylase 저해작용 및 유효성분 : 열매와 줄기의 에틸아세테이트 분획과 부탄올 분획에서 나타나며 에틸아세테이트 분획에서 compound I (화학구조 미상), compound II (화학구조 미상) 및 compound P를 분리하였으며 compound P는 부탄올 분획에 다량 함유되어 있었다. Compound P는 항산화작용도 함께 나타내는 물질이었다.
3. Monoamine oxidase 저해작용 및 유효성분 : 열매와 줄기의 에틸아세테이트 분획에서 강한 활성을 보이며 유효성분으로 compound III, -IV와 -V를 분리하였으며 화학구조를 결정한 결과 citric acid dimethyl ester,

malic acid monomethyl ester와 citric acid monomethyl ester로 각각 결정하였다. 특히 compound III는 다량 함유되어 있는 성분이었다.

4. 항혈전 및 항혈액응고 작용 : 열매와 줄기의 메탄올 엑스 및 용매분획물에는 항혈전작용과 항혈액응고 작용이 없었다.
5. 그 밖의 성분 : 위에서 분리된 compound P, -III, -IV 및 -V는 열매와 줄기에서 모두 함께 분리되는 주요성분으로 열매와 줄기의 유효성분에 있어서 차이점을 찾아볼 수 없었다. 그러므로 열매와 줄기의 메탄올엑스를 유기용매로 분획하고 남은 수층분획에 대하여 성분연구를 수행하였다. 열매와 줄기의 수층분획을 각각 1N HCl으로 가수분해시켜 클로로포름에 이행되는 분획의 성분을 비교하였다. 그 결과 compound III, -IV 및 -V를 모두 분리할 수 있었다. 따라서 이 물질들은 주로 glycoside 또는 아미노산과 결합체로도 다량 함유되어 있다는 사실을 알게 되었다. 또한 열매로부터 compound FR1을, 줄기로부터 compound S1 및 -S2를 분리하였는데 이 물질은 각각 열매와 줄기의 고유한 성분이었다. 이 3화합물의 화학구조는 곧 규명될 것이다.

< 제 4 세부 : 손바닥선인장 열매와 줄기의 약리효능 연구 >

손바닥 선인장은 다년생 식물로 한방에서 종기, 화상, 부종, 위장장애, 늑막염 등의 치료에 사용되어 왔으며 멕시코에서는 당뇨병의 치료에 사용되기도 한다. 이에 본 연구에서는 손바닥선인장 열매와 손바닥선인장 줄기를 각각 DMF에 일정량 용해하여 생리식염수로 희석한 후 일반약리작용을 관찰하였다.

1. 급성독성 시험을 실시하고 아급성독성을 수행한 다음 혈액을 검색하고 혈중 지질함량, 간장중의 활성산소의 제거능을 측정하였던 바 손바닥 선인장 열매 및 줄기의 투여 기간 및 용량에서 별다른 영향이 없었다.
2. 15 및 30mg/kg을 정맥주사하고 혈압(평균혈압)의 변화를 측정한 결과 대조군과 비교할 때 정상혈압에 영향을 미치지 않았다.
3. 흰쥐의 적출회장에 대하여 열매와 줄기를 각각 15 μ g/ml의 농도에서 basal tension에 영향을 주지 않는 것으로 보아 회장의 평활근에 직접

영향을 주지 않으며, acetylcholine 및 histamine에 의한 수축반응에도 영향을 주지 않았다.

4. 중추신경계(CNS)에 미치는 영향에서 수면연장작용, 자발운동, 운동협조능 및 정상체온에 미치는 영향에 대하여서는 손바닥선인장 열매(250, 500, 1000mg/kg) 및 손바닥선인장 줄기(100, 250, 500mg/kg)의 투여에서 유의적인 영향은 없었다. 또한 최대전격경련(MES), Strychnine 경련, Pentylenetetrazole 경련에 미치는 영향에 대하여서는 손바닥선인장 열매 및 손바닥선인장 줄기의 투여에서 유의적인 영향은 없었다.
5. 진통작용에서는 손바닥선인장 열매(250, 500, 1000mg/kg) 및 손바닥선인장 줄기(100, 250, 500mg/kg)를 경구투여하고 초산에 의한 writhing syndrome 억제법에 따라 진통작용을 관찰하였던 바 손바닥선인장 열매는 500, 1000mg/kg의 투여에서 유의성 있게 진통작용을 나타내었으며, 손바닥선인장 줄기는 100mg/kg의 투여에서 진통작용을 나타내었으며 250, 500mg/kg에서 현저한 진통효과를 관찰할 수 있었다. 이러한 진통작용을 확인할 목적으로 hot-plate법으로 확인하였던 바 초산에 의한 억제효과와 유사한 용량에서 관찰할 수 있었다.
6. 항염작용을 관찰할 목적으로 1.0% carrageenin을 흰쥐의 후지 족척에 피하 주사하고서 손바닥선인장 열매 및 손바닥선인장 줄기 투여 30분, 1시간, 2시간 및 3시간에 각각 족척의 두께를 측정하여 부종의 억제율을 산출하였던 바, 손바닥선인장 열매(500, 1000mg/kg)를 경구투여하므로써 30분, 1시간 2시간에서 유의적인 부종증가의 억제효과가 관찰되었으며 3시간 경과후 1000mg/kg의 투여에서 유의적인 효과가 있었으나 250 mg/kg의 투여에서는 별다른 영향이 없었다. 손바닥선인장 줄기(100, 250, 500mg/kg)를 경구투여하므로써 30분, 1시간, 2시간 및 3시간에서 유의적인 부종증가의 억제효과를 관찰할 수 있었다.

B. 활용에 대한 건의

1. 재배기술개발 : 우리 나라에서 생육되는 손바닥선인장의 재배특성을 조사분석 정리하였고, 개체의 특징을 정립하고 영양체를 이용한 번식방법 등을 연구하여 손바닥선인장의 품질 및 수량성을 개량하기 위한 기초자료를 확보하였고 선인장 재배시 비료 및 제초제의 사용 등의 결과를 얻었으므로 이러한 결과들을 재배농가에 널리 보급할 예정이다.
2. 식품 소재 및 가공식품의 개발 : 본 연구에서 도출된 일부결과를 참여기업인 선인장 마을에 기술전수를 하여 실용화 할 예정이다. 또한 손바닥선인장의 소비확대를 위해 요구르트와 생면 같은 대량 소비처를 발굴하여 손바닥선인장의 소비를 유도할 것이다. 선인장 동결건조분말의 식이섬유함량, 항균효과, 변비개선효과, 요구르트와 생면의 특성 등을 한국식품과학회지 같은 전문 학술지에 발표하여 식품소재로 활용이 잘 되도록 할 것이다. 이외에 기존 제품의 품질 고급화 연구에서 확립한 솔비톨을 이용한 손바닥선인장 분말 과립 제조방법은 현재 선인장 마을에서 시험생산 중이므로 조만간 상품화가 이루어질 것이며, 이에 따라 특허출원할 예정이다.
3. 생리활성물질 연구 : 손바닥선인장의 열매와 줄기는 항산화 작용이 강하여 혈액순화 개선효과와 노화억제효과가 예상되며, 모노아민 산화효소에 대한 저해작용이 강하여 아드레날린의 분해를 억제시키므로 강장효과가 기대된다. 이러한 작용에 대한 유효성분을 규명하였으므로 손바닥선인장의 기능성 식품으로서의 효능을 과학적으로 규명하였다. 이러한 결과를 홍보에 적극 활용하여 소비를 권장하는데 활용하고자 한다. 또한 한국생약학회 등의 학술지에 그 결과를 발표할 예정이다.
4. 약리효능 연구 : 손바닥선인장의 열매와 줄기는 독성시험과 혈액학적 시험에서 무독무해하며 심순환계, 중추신경계 및 자율신경계에 아무런 영향을 미치지 않는 안전성이 매우 높은 식품으로 판명되었다. 약리효능에서는 진통, 소염작용이 발견되므로 몸살, 감기, 신경통에 유효한 것으로 밝혀졌다. 이러한 결과를 홍보에 적극 활용할 예정이다. 앞으로 계속되어야 할 연구과제는 당뇨병에 대한 보조효과에 관한 것으로 사료된다.

SUMMARY

I . Project Title

Development of Functional Foods Using Fruit and Stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* and Characterization of their Physiologically Active Constituents

II . Objective and Importance of the Project

Opuntia ficus-indica var. *saboten* is a tropical or subtropical plant which cultivated at Cheju island in Korea. Fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* is called as nopal and/or prickly pear. Its stem is also called as nopalitos. It has been widely used as "folk medicine" for burned wound, edema and indigestion. Recently, many researches have been reported that nopal and nopalitos exhibited some functional properties such as antigastric ulcer, colon cleansing, arteriosclerosis, hyperlipidemia and hyperglycemia. However, little is currently available information concerning the study on processing of food additives and materials using nopal and nopalitos cultivated at Korea. In the case of South America and Japan, it has been produced snack, noodle, ice cream, capsule, tablet, cosmetics and salad using nopal and nopalitos.

The purpose of the present studies is 1) to develop the cultivation technology for the cactus, 2) to develop the food products and additives using the fruit and the stem of the cactus, 3) to isolate their physiologically active constituents, and 4) to establish their safety and pharmacological efficacy.

III. Scope and Contents of the Project

Following studies were done by the four research groups

Part 1 : Development of Cultivation Technology

1. Characteristics investigation of *Opuntia* genus Cactus
2. Breeding method of *Opuntia* genus Cactus
3. Effects of lime application and Nitrogen top dressing on *Opuntia* genus Cactus
4. Experiment of growing promotion on *Opuntia* genus Cactus

Part 2 : Development of Food Products and Additives

1. Pretreatment and processing properties of nopal and nopalitos from *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*
2. Properties of mucilage isolated from nopal
3. Stability and properties of betanine color extracted and isolated from nopal
4. Properties of breads using nopal and nopalitos
5. Properties of wet noodles using nopal and nopalitos
6. Properties of yogurt using nopal and nopalitos
7. Preparation of retort pouch product using nopal
8. Preparation of extracted and fermented liquors and wine using nopal and nopalitos
9. Improvement of quality of nopal and nopalitos products
10. Antimicrobial activities of nopal and nopalitos
11. Improvement test of constipation using nopal and nopalitos

Part 3 : Study on Physiologically Active Constituents

1. Extraction and preparation of various solvent fractions
2. Screening for several physiological activities
3. Isolation of physiologically active constituents

Part 4 : Study on Safety and Pharmacological Efficacy

1. Acute and sub-acute toxicity test
2. Test for serum biochemical and hematological parameters
3. Effects on cardiovascular and gastrointestinal function
4. Effects on the central nervous system

IV. Results and Proposal for Application

A. Development of cultivation technology

The Cactus(*Opuntia ficus-indica* var. *saboten*) cultivating in Cheju-Do grows well even in infertile upland field without damage of disease and pests and/or non pesticide-fertilizer in relation to available clean cultivation, as well as harvesting duration of it was longer than other crops. So man power would be available effectively.

The area of the Cactus cultivation in Cheju-Do trends to be expanded by Cheju farmers from 1991 of first artificial cultivation of *Opuntia* genus Cactus and for alternation crops of low income crops as affected by import trade liberalization of agricultural production.

In relation to this, Studies were conducted by from April, 1997 to October, 1999 in Wol-Rim ri. Oewol eup, North Cheju county.

The results obtained are summarized as follows ;

1. Characteristics investigation of *Opuntia* genus Cactus

Ecological investigation showed that the growing pattern was 3 stage as first stage was 20th of May, second stage was 1st of July and third stage was 23rd of August, as well as inflorescent period was from 10th of June to 1st of July, and colouration fruit was from 1st of November to 5th of December.

The first characteristics showed that weight per a fruit was 15g per a fruit and number of seed in the fruit was 44 seeds, as well as the weight per a seed was 1.01g per a seed, also, the weight of 1,000 seeds was 23.05g.

In regards of flowering characteristics of Cactus, it had one of pistils and 270~290 of stamens, 14 of petals, 8 of sepals and 5 of ovary, as bisexual flower, and the pollination was autogamous. The honey in flower contented 19mg/g of Sodium, 22mg/100g of Potassium, 0.37mg/100g of Riboflavin and 0.49mg/100g of Niacine.

The thorn acanthus of *Opuntia* genus Cactus called leaf cushion as metamorphosis of leaves, and a fruit had one of cushion of 0.1mm of

depth, 2mm of length in the pores, and 45~55 cushions of 0.01mm of depth, 2mm of length in the stems, it has also one of 1.0mm of depth, 15~20mm of length, and 45~55 of cushion of 0.1mm of depth and 2.0mm of length.

The number of fruit of it was increasing up to 5 years as 42 fruits per a plant up to 3 years age, 67 fruit per a plant up to 4 years and 96 fruits per a plant up to 5 years., as well as non-pollinated flower was fallen 5% of it in accordance with weather situation after blooming.

The same form of Cactus strain was not found from the results of nuclear shape analysis for the selection of available species in the open field cultivation with 8 family strain of *Opuntia* genus Cactus. The order of vigorous maintenance of the plant in according to the method of pruning was thinning out method - thinning + chopped method - non pruning method - chopped pruning.

In regards to disease and pests, *Athelia rolfsii*(Curzi)Ju & kimbr, in disease and *Acusta despecta* Gray, *Planococcus Comstocki* KUWANA usually found.

2. Breeding method of *Opuntia* genus Cactus

The optimum breeding season was March and May in the study and vegetative vigour was better in the plots planted after lasting 5-15 days from cutting date of Cactus leaves.

Germination percentage was better in the plots of seeding with the seed from seed collection in June of the following year after fruiting, and the plots planted after raising of it was better than seedling.

3. Effects of lime application and Nitrogen top dressing on *Opuntia* genus Cactus.

Vegetative vigour of the Cactus was increased in lime application, however, was not significance as affected by the increase of amount application. of lime.

The optimum amounts of Nitrogen top dressing was 10kg per 10a in twice, however the fruit number was decreased, and main stem

length showed excessively longer and over-luxurand growth in the above amount application of it.

4. Experiment of growing promotion on *Opuntia* genus Cactus

The differentiation of as affected by the materials of mulching in the Cactus cultivation field showed as follows ;

The growing order in according to mulching materials showed better as transparent vinyl>black vinyl mulching > Non-mulching > white vinyl mulching > silver colour vinyl mulching.

The effectiveness in the treatment of Forchlorfenuron(30ppm) + GA(15ppm) was better for the growth promotion showed in a little significance in only once treated.

The occurrence of weeds was increased in the treatment of Bromacil herbicide and was without injury to the Cactus.

B. Development of food products and additives

1. Pretreatment and processing properties of nopal and nopalitos from *Opuntia ficus-indica*

1) peeling of nopal

nopal was peeled by 15% HCl and 3% NaOH solutions at boiling temperature. nopal was well peeled by treatment for 20 min at 85°C using 3% NaOH solution.

2) Dietary fiber contents of freeze-dried nopal and nopalitos

Freeze-dried nopalitos was presented in 46.1% of total dietary fiber(TDF) included 4.3% of soluble and 35.9% insoluble dietary fibers. Freeze-dried nopal was presented in 36.6% of total dietary fiber(TDF) included 17.1% of soluble and 16.6% insoluble dietary fibers.

3) Water and oil holding capacities of freeze-dried nopal and nopalitos

Water holding capacities of freeze-dried nopal and nopalitos were 24.5~36.1g and 22.9~26.2g water per g. Oil holding capacities of freeze-dried nopal and nopalitos were 1.9g oil per g.

2. Properties of mucilage isolated from nopal
 - 1) Isolation of mucilage by alcohol
 - (1) Yield of mucilage was increased with alcohol concentration increased. Yield of mucilage was below 1.0% at 50% alcohol but above 2.0% at 90% alcohol concentration.
 - (2) Viscosity showed 20CP and 105CP at 0.8 and 1.2% at concentration of mucilage, respectively.
 - (3) Uronic acid and kalsen lignin content of mucilage were 1.44% and 2.3%, respectively.
3. Stability and properties of betanine color extracted and isolated form nopal
 - 1) Betanine color isolated from nopal
 - (1) When freeze-dried nopal was used as materials for extraction of betanine color, water was suitable for extraction solvent, but ethanol and acetone were unsuitable.
 - (2) Mucilage were co-extracted by water and then mucilage should be removed in color extracts.
 - 2) Properties of isolated betanine color
 - (1) Betanine color showed more stable at pH 5.2.
 - (2) Cysteine showed some effects on stability of betanine color.
 - (3) Polyphenols and sugar alcohols did not show any effects on stability of betanine color.
 - (4) Ascorbic acid and its derivatives showed some effects on stability of betanine color
4. Properties of breads using nopal and nopalitos
 - 1) Texture of bread using nopal and nopalitos was softer than control but overall acceptability was poorer than control. nopal and nopalitos were not suitable for a food additives of bread.
5. Properties of wet noodles using nopal and nopalitos
 - 1) Properties of wet noodles
 - (1) The initial pasting temperature in an amylograph and a final viscosity decreased with the increase of the nopal and nopalitos powder.
 - (2) A cooked weight and volume decreased with the increase of nopal and nopalitos powder, while a cooking loss increased.

(3) From the results of the sensory evaluation, the wet noodles containing up to 3% nopalitos and 6% nopal powders were similarly rated as the noodle used as control.

2) Storage property

(1) Bacterial counts of wet noodle with nopal and nopalitos powders were consistently lower than those of the control. Shelf-life of wet noodle containing nopal and nopalitos powders would be prolonged.

6. Properties of yogurt using nopal and nopalitos

1) Preparation of yogurt

(1) Bifidobacterium counts showed 1.7×10^9 CFU/ml in yogurt containing 0.3% nopal powder fermented for 6 hrs.

(2) Viscosity of yogurt increased up to 0.5% of nopal concentration.

(3) From the results of the sensory evaluation, the yogurt containing up to 0.3% nopal powders and 12~16% of sugar contents showed good taste.

7. Preparation of retort pouch product using nopal

1) Temperature of sterilization

(1) Microbials were not detected in retort pouch heated at above 80°C.

8. Preparation of extracted and fermented liquors and wine using nopal and nopalitos

1) Preparation of extracted liquors using nopal and nopalitos

Crushed nopal or nopalitos 500g → 80% ethanol and ascorbic acid 0.15% → extraction for 6 weeks at dark place → filtration → diluted up 20% ethanol → ascorbic acid 0.15% → storage for 7 weeks at dark place → sugar 0.1%(or 0.25%), citric acid 0.01% → filtration → bottling

2) Preparation of fermented liquor using nopal and nopalitos

(1) rice 1kg, distilled water 1.5 l, kokja 40g, yeast 40g, and citric acid 40g → mixing → fermentation at 25°C for 2 days

(2) seed culture, rice 6kg, distilled water 9 l, kokja 200g → mixing →

fermentation at 25°C for 2days(1st fermentation)

(3) 1st fermentation, rice 12kg, distilled water 19.5 ℓ, kokja 400g, nopal(or nopalitos) 1kg, and ascorbic acid 0.15% → mixing → 2nd fermentation at 25°C 4 days → storage at 10°C for 2 days → filtration and bottling

3) Preparation of wine using nopal and nopalitos

(1) 10% nopal powder in distilled water → homogenization → sterilization → 25% sugar

(2) Addition of starter → fermentation at 30°C for 10 days → storage at 10°C for 2 days → filtration and bottling

9. Improvement of quality of nopal and nopalitos products

1) Preparation of nopal and nopalitos granular using sorbitol

Sorbitol 100g → 10~40g of 70~100% anticaking agent solution → mixing → prevention of coagulation of sorbitol → 1~40g of nopal powder → mixing → adsorption → drying using hot air dryer at 50~80°C

10. Antimicrobial activities of nopal and nopalitos

1) Antimicrobial activities of extracts extracted from nopal and nopalitos

(1) Methanol and acetone extracts extracted from nopal showed antimicrobial activities against *Escherichia coli*, *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella typhimurium*, but methanol extract extracted from nopalitos showed only antimicrobial activity against *Escherichia coli*.

(2) At 50mg/ml concentration, methanol extract extracted from nopal showed excellent antimicrobial activities against *Bacillus subtilis* and *Salmonella typhimurium* and also showed strong antimicrobial activity against *Escherichia coli* and *Escherichia coli* O157:H7.

11. Improvement test of constipation using nopal and nopalitos

For improvement of constipation using nopal and nopalitos, one dose was 480mg and total dose of one day was 1440mg.

C. Study on physiologically active constituents

The methanol extracts were prepared from the fruit and the stem of the cactus, and then were divided into four fractions by solvent fractionation with hexane, ethylacetate, butanol and water. The fractions were screened to determine the physiological activities such as antioxidant, dopamine β -hydroxylase(DBH) inhibitory, monoamine oxidase(MAO) inhibitory, antithrombotic and anticoagulant activities. Active fractions were subjected to chromatography on silica gel and/or sephadex LH-20 column in order to active principles.

1. The antioxidant activity was found in all the fractions. Compound P was isolated from the ethyl acetate and butanol fractions, and it was turned to be isorhamnetin-3-O-rutinoside by spectral data.
2. The DBH inhibitory activity was found in the ethylacetate and butanol fractions. Compound P was isolated as the active principles.
3. The MAO inhibitory activity was found in the ethylacetate fraction. Compound III, -IV and -V were isolated as the active principles, and their chemical structures were identified as citric acid dimethyl ester, malic acid monomethyl ester and citric acid monomethyl ester.
4. The antithrombotic acid anticoagulant activities were not found in all the fractions.
5. All the physiologically active constituents isolated here were proven to be major compounds in the fruit and the stem. In order to isolate different component(s) from the fruit and the stem. The water fractions of both materials were hydrolyzed with 1N HCl, and then the hydrolysates were extracted with chloroform. From the chloroform extracts, compound III, -IV and -V were also isolated. Therefore these compounds were deduced to occur in conjugate forms of sugar or amino acid. Other compounds were isolated from both the chloroform extracts; compound FR I from the fruit, and compound S1 and -S2 from the stem. The compounds should be characterized in a near future.

D. Study on safety and pharmacological efficacy

Cactus(*Opuntia ficus-indica* var. *saboten* Makino) is a tropical or subtropical plant, which is widely used as folk medicine for burned wound, edema and ingestion. This investigation was designed to study general pharmacological activity on fruit and stem by dry powder.

The influence of acute toxicity and activities of serum biochemical and hematological parameters were not affected by rats orally treated for 4 weeks. Also serum lipid components were not effected on normal rats. Hepatic lipidperoxide content, superoxide dismutase and glutathione peroxidase activities were not affected significantly by the treatment of the cactus fruit and stem. Both of the cactus fruit and stem extracts showed the measurable non-contractile on the isolated rat duodenum and not influenced the normal mean blood pressure in anesthetized rat. When we measured phenobarbital-induced sleeping time, locomoter activity, rotarod test, body temperature, MES-induced seizure, strychnine-induced seizure and pentylenetetrazol-induced seizure which influence CNS, it was found that they were not effected by the treatment of the cactus fruit and stem.

Carrageenan-induced paw edema and hot plate tests in rat and acetic acid-induced writhing test in mice were utilized as animal models to search anti-inflammatory and analgesic activities, respectively. The treatment of the cactus fruit(500, 1000mg/kg) and stem(100, 250, 500mg/kg) showed an inhibitory effect on acetic acid-induced writhing and hot-plate tests and also showed the effects on carrageenan-induced paw edema, indicating that both of the cactus fruit and stem exhibited the analgesic and the anti-inflammatory activities.

E. Proposal for application

1. Cultivation techniques established in the studies will be propagated to the cactus farmers through the spread of education.
2. Recommendation and future program will be transferred to some technologies cactus village. It will be tried to the enlargement of the consumption for *Opuntia ficus-indica*(nopal and nopalitos) by the production of yogurt and wet noodle. Results of properties of a dietary fiber, an antimicrobial activity, a constipation, a yogurt and a wet noodle will be submitted to the special journal such as Korean Food and Science Technology. Recently, the granular products using nopal, nopalitos and sorbitol were produced by Cactus village processing center and marketed. This technology will be pended the patent.
3. The active principles and pharmacological date will be submitted to the special journal such as Korean Journal of Pharmacognosy. The pharmacological efficacy and safety should promote the consumption of the cactus fruit and stem.

CONTENTS

Preface	1
Summary(in Korean)	2
Summary	14
Contents	25
Contents(in Korean)	26
Chapter 1. Introduction	27
Section 1. Objective and Scope of the Project	27
Section 2. Significance of the Project	28
Chapter 2. Development of Cultivation Technology	29
Section 1. Introduction	29
Section 2. Materials and Methods	30
Section 3. Results and Discussion	35
Section 4. Conclusion	50
Chapter 3. Development of Food Products and Additives	53
Section 1. Introduction	53
Section 2. Materials and Methods	55
Section 3. Results and Discussion	68
Section 4. Conclusion	129
Chapter 4. Study on Physiologically Active Constituents	137
Section 1. Introduction	137
Section 2. Materials and Methods	138
Section 3. Results and Discussion	143
Section 4. Conclusion	157
Chapter 5. Study on Safety and Pharmacological Efficacy	159
Section 1. Introduction	159
Section 2. Materials and Methods	160
Section 3. Results and Discussion	166
Section 4. Conclusion	184

목 차

제 출 문	1
요 약 문	2
Summary	14
Contents	25
목 차	26
제 1 장 서론	27
제 1 절 연구개발 목적과 범위	27
제 2 절 연구개발의 중요성	28
제 2 장 손바닥선인장의 재배기술 개발	29
제 1 절 서설	29
제 2 절 재료 및 방법	30
제 3 절 결과 및 고찰	35
제 4 절 결론	50
제 3 장 손바닥선인장의 열매와 줄기를 이용한 식품소재 및 가공식품의 개발	53
제 1 절 서설	53
제 2 절 재료 및 방법	55
제 3 절 결과 및 고찰	68
제 4 절 결론	129
제 4 장 손바닥선인장의 열매와 줄기의 생리활성물질 연구	137
제 1 절 서설	137
제 2 절 재료 및 방법	138
제 3 절 결과 및 고찰	143
제 4 절 결론	157
제 5 장 손바닥선인장의 열매와 줄기의 약리효능 연구	159
제 1 절 서설	159
제 2 절 재료 및 방법	160
제 3 절 결과 및 고찰	166
제 4 절 결론	184

본 문

제 1 장 서론

제 1 절 연구개발 목적과 범위

1. 연구개발의 목적

손바닥선인장은(이하 선인장이라 함) 제주도에서 밭작물 재배가 어려운 척박지에서도 잘 자라며 병해충에 의한 피해가 없는 편으로 농약과 비료를 사용하지 않아 청정재배가 가능하며 수확기간이 길어 노동력이 분산되어 타작물과 경합이 적은 작물이다. 최근 대체작물로서 선인장의 재배면적이 급격히 증가하여 생산과잉이 우려되고 있다. 이러한 배경에서 선인장 열매 줄기의 생산촉진과 수요증대를 유도하고 농가의 소득을 높여주기 위하여 선인장의 재배기술을 체계적으로 연구하고, 선인장 제품의 다양화와 고급화 연구를 실시하였고 아울러 유효성 및 안전성 연구를 수행하고 생리활성 성분을 구명하고자 하였다.

2. 연구개발 내용 및 범위

가. 선인장 재배기술 개발

- 선인장의 기초생태 연구
- 선인장의 번식방법 연구
- 선인장의 시비량 규명 연구
- 선인장의 생육촉진 및 재배법 개발 연구

나. 선인장의 열매와 줄기를 이용한 식품소재 및 가공식품의 개발

- 선인장의 성분, 가공특성 연구
- 선인장의 식품소재화 기술개발 및 이를 이용한 기능성 제품 개발

다. 선인장 열매와 줄기의 생리활성성분 연구

- 항산화작용, 카테콜아민 대사효소 저해작용, 항혈전 및 항혈액응고 작용 검색
- 유효성분 분리 및 화학구조 규명

라. 선인장 열매와 줄기의 약리효능 연구

- 안전성, 소염작용 및 성인병에 대한 효능연구
- 심순환계 및 소장관에 미치는 영향 연구
- 정신신경계에 미치는 영향 연구 등 일반 약리작용

제 2 절 연구개발의 중요성

손바닥선인장은 국내 남부지방에서 경작되는 선인장 중에서 *Opuntia ficus-indica* L. var. *saboten* Makino (일명 prickly pear)의 학명을 갖는 식물로서 경작이 쉬울 뿐만 아니라 다른 작물에 비하여 노동비의 투여가 1/4~1/5의 수준이므로 재배 단가가 매우 적고, 쓸모 없는 불모지인 돌밭에서 주로 재배되며 경작시 비료나 소독 같은 작업이 필요하지 않는 장점이 있다. 국내에서의 손바닥선인장(이하 선인장이라 칭함) 재배면적은 1990년 1.0ha (열매 생산량 1 톤)에서 1996년 105.6ha (열매 생산량 200 톤)로 약 105배 증가하였으며, 1997년도에는 220ha (열매 생산량 550 톤)로 잠정 추정하고 있는데 금년부터 생산과잉이 크게 우려되고 있어 북제주군 농업기술센터와 농민들, 제주도 당국에서 대책마련에 열중하고 있다. 재배면적이 급격히 증가하는 이유는 현재 선인장 열매의 가격이 kg 당 12,000원 [식품원료 (열매를 동결건조한 후 200mesh체에 통과된 분말)는 kg 당 220,000원]으로 다른 작물에 비해 비싸며, 마땅한 대체작물이 없는 제주도 농민들이 다른 작물보다 고소득작물로 인식하고 있기 때문이다.

국내에서는 오래 전부터 선인장의 열매 또는 줄기를 변비치료, 이뇨효과, 장운동의 활성화 및 식욕증진의 목적으로 사용하여 왔고 특히 선인장 줄기는 피부질환, 류마치스 및 화상치료에 민간요법으로 사용하고 있다. 이러한 좋은 특성 때문에 라틴아메리카와 일본의 큐슈 지방에서는 10 여종의 가공식품과 20 종 이상의 fast foods가 판매되고 있다. 국내에서는 제주지역을 중심으로 선인장 청차같은 가공식품이 생산되고 있으나 제품의 다양성과 고급화가 요구되고 있다. 다행히 우리 나라에서도 1995년도에 “제주도 특산품화를 위한 선인장 가공식품의 개발에 관한 연구”와 1996년도에 “제주도 손바닥선인장(제주도 지정 기념물 제 35호)의 성분 분석 및 가공식품의 품질개선 시험”에 관한 용역 연구가 북제주군 농업기술센터에 의해 수행되어 선인장에 관한 식품학적 기초연구가 시작되었다.

이러한 배경에서 선인장 열매와 줄기의 생산 촉진과 수요증대를 유도하고 농가의 소득을 높여주기 위하여 선인장 제품의 다양화와 고급화 연구가 절실하며 아울러 유효성 및 안전성 연구가 요청되고 있다. 유효성 및 안전성 연구는 타 분야에서 개발된 기술로서 농림분야에 접목시킴으로서 선인장의 생산성 향상과 부가가치를 높이는데 기여할 수 있으므로 본 연구과제를 첨단기술개발사업(가공분야)에 신청하게 되었다.

제 2 장 손바닥선인장 재배기술연구

제 1 절 서 설

제주도 지정 기념물 제 35호인 손바닥선인장(*Opuntia*속)은 해류를 따라 북제주군 한림읍 월령리 해안에 착생되어 약 200 여년을 자연상태에서 생육되어 왔었고 경제적 목적으로 재배에 착수한 것은 1991년도이며 그 이전에는 재배한 사실은 없다.

재배하기 시작하여 10년도 되기 전에 그 면적이 급격히 증가하여 1998년12월 제주도의 선인장 재배면적은 350ha에 이르렀으나 국내에서 이 선인장에 대한 식물적인 특성은 물론 재배 시험 성적도 전무한 상태에서 1996년도부터 북제주군농업기술센터에서 몇 가지 재배기술 정립을 위한 몇 가지 시험을 시작한 것을 기초로 하여 본 과제에서 생리활성물질, 식품소재 개발, 약리효능시험 등과 같이 재배와 관련된 14개 항목의 시험을 수행하게 된 것은 특정작물에 대하여 다각적인 분야에서 동시에 연구가 진행되게 된 것은 우리 나라 농업발전을 위하여 본보기가 될만한 일이라 아니할 수 없다.

본 과제수행은 손바닥선인장의 몇 가지 특성을 조사 분석 정리하여 우리 나라에서 생육되는 개체의 특징을 정립하고 영양체를 이용한 번식방법과 번식을 목적으로 한 방법은 아니지만 실생번식에 관한 시험을 실시하여 앞으로 손바닥선인장의 품질 및 수량성을 개량하기 위한 기초자료를 확보하며 선인장 재배시 비료 및 제초제의 사용과 생육촉진에 대한 재배적 측면에서의 시험을 통하여 금후 손바닥선인장이 생산, 가공, 이용의 확고한 기반조성에 일조를 하고자 하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. *Opuntia*속 선인장의 특성조사

가. 기초특성조사

- 1) 공 시 품 종 : 손바닥선인장
- 2) 수 행 방 법
 - (1) 시험장소 : 제주도 북제주군 한림읍 금능리 산 17번지 일대
 - (2) 시험구배치 : 단구제
 - (3) 수행방법 : 재배단지내에 시험포에서 달관조사 또는 정밀조사 실시
전문기술이 요구되는 꿀의 성분분석은 위탁 실시
 - (4) 조사시기 : 1998. 4월부터 1999.10.
 - (5) 조사내용: 생육단계조사
 - 발아기 : 줄기의 발아 시기를 3회에 걸쳐 달관 조사
 - 개화기 : 개화시 및 개화종료기를 달관조사
 - 착색기 : 과일의 숙기를 결정할 수 있는 착색시 및 종료기 조사
 - 선인장 과일특성 : 대, 중, 소 3등급으로 크기별 표본 100개의 과일을 달관으로 분류하고 전자 저울을 이용하여 평균과중을 조사하고 과일크기별 종자의 숫자와 무게를 조사하였고 천립중도 조사하였다
 - 꽃의 특성 : 수술과 암술의 수와 꽃잎 꽃받침 자방의 수를 조사하였고 수분방법을 확인하였다
 - 선인장 꿀의 특성 : 주요성분은 농촌진흥청 생활개선연구소에서 꿀중의 유해성분 함유 여부는 제주도보건환경연구원에 분석을 의뢰하여 조사하였다
 - 가시의 특성 : 선인장 줄기 및 열매에 발생된 가시(葉針)의 특성을 확대경 및 디지털 캘리퍼스를 이용하여 모양 숫자 크기를 조사하였다

나. 수령이 생육 개화 및 열매수량에 미치는 영향

- 1) 시험장소 : 제주도 북제주군 한림읍 금능리 산 17번지 일대
- 2) 처리내용 : 3년생, 4년생, 5년생
- 3) 시험구배치 : 단구제
- 4) 조사내용 : 수령별 각 3주씩 표본을 선정하고 재식거리를 조사하여 10a당 주수를 파악하고 주당 과일수를 조사하고 평균 과중 과 10a당 주수를 곱하여 수량을 산출하였다

다. 노지재배가 가능한 *Opuntia*속 선인장 계통선발

- 1) 공시품종 : *Opuntia*속 도입 선인장 8계통
- 2) 시험장소 : 제주도 북제주군 한림읍 금능리 산 17번지 비닐하우스내
- 3) 시험구 배치 : 단구제
- 4) 시험구설치 : '97. 12월
- 5) 수행방법 : 멕시코산을 중심으로 생과용, 줄기용과 가시가 없는 계통을 수집하여 비닐하우스 내에서 격리를 겸하여 증식시킨 후 노지 실증재배를 실시하고 핵형을 분석하여 손바닥선인장(*Opuntia*속)과 교배가 가능한 계통을 선발하여 노지재배가 가능하면서 가시가 적고 생과 또는 줄기 이용이 가능한 새로운 계통을 육성할 수 있는 기초자료 확보
- 6) 조사내용 : 계통별 경장, 주경절수, 총절수, 염색체수, 핵형을 조사하였다

라. 전정이 생육 및 수량에 미치는 영향

- 1) 시험장소 : 제주도 북제주군 한경면 판포리
- 2) 처리내용 : 수광량을 확대하여 새싹의 발생을 유도 매년 계속하여 큰 과일을 수확하고자 슈음전정 절단전정 슈음전정과 절단전정 병행구를 설치하고 무전정구를 대비구로 하였다
- 3) 시험구배치 : 단구제
- 4) 시험구설치 : '98. 4월
- 5) 조사내용 : 주경장, 주경절수, 주당 착과수를 조사하였다

마. 병해충 발생소장 조사

- 1) 시험장소 : 제주도 북제주군 일원
- 2) 수행방법 : 선인장 재배단지를 중심으로 수시 관찰하여 발생한 병해충의 표본을 수집하고 필요한 경우 분류 및 동정의 과정을 거쳤다
- 3) 조사내용 : 흰비단병, 명주달팽이, 가루깍지벌레를 분류 동정하였다

2. *Opuntia*속 선인장의 번식방법 연구

가. 정식 시기가 생육에 미치는 영향

- 1) 시험장소 : 제주도 북제주군 한림읍 금능리 산 17
- 2) 처리내용 : 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9월 정식
- 3) 시험구배치 : 난괴법 3반복
- 4) 시험구설치 : '98년 3월부터 매월상순 설치

5) 조사내용 : 처리별 주경장, 주경절수, 총절수를 조사하였다.

나. 삼수의 정지기간이 활착 및 생육에 미치는 영향

- 1) 시험장소 : 제주도 북제주군 한림읍 금능리 산17
- 2) 처리내용 : 삼수를 조제한 후3, 5, 10, 15, 20, 25, 30일 정치 후 정식
- 3) 시험구배치 : 난괴법 3반복
- 4) 시험구설치 : '98. 4월
- 5) 조사내용 : 처리별 활착상태와 주경장, 주경절수, 총절수를 조사하였다

다. 실생번식 방법 연구

- 1) 시험장소 : 제주도 북제주군농업기술센터 및 한림읍 금능리 산17
- 2) 처리내용
종자처리 - 황산 염산 차아염소산 알코올 종피자극 무처리
실생처리 - 종자직파, 과일정식, 1년생묘 정식
- 3) 시험구 배치 : 난괴법 3반복
- 4) 시험구 설치 : '97. 6
- 5) 조사내용 : 종자처리별 발아율, 실생처리별 발아율, 경장, 주경절수를 조사 비교하였다

3. *Opuntia*속 선인장의 석회 및 추비 시용에 관한 연구

가. 석회 시용이 수량 및 품질에 미치는 영향

- 1) 시험장소 : 제주도 북제주군 한림읍 금능리 산17
- 2) 처리내용 : 석회시용수준 150, 300, 450kg/10a
- 3) 시험구배치 : 난괴법 3반복
- 4) 시험구 설치 : 4월
- 5) 조사내용 : 처리별 주경장 총절수 착과수를 조사·비교하였다.

나. 질소질 추비시용이 수량 및 품질에 미치는 영향

- 1) 시험장소 : 제주도 북제주군 한림읍 금능리 산17
- 2) 처리내용 : 질소시용수준 5, 10, 15kg/10a
시비회수 1, 2, 3회/년
- 3) 시험구배치 : 난괴법 3반복
- 4) 시험구설치 : 5, 6, 7월 중순
- 5) 조사내용 : 질소시용 수준별 주경장, 총절수, 착과수를 조사하여 비교하였다

4. *Opuntia*속 선인장의 생육촉진 시험

가. 토양피복재료가 생육촉진에 미치는 영향

- 1) 시험장소 : 제주도 북제주군 한림읍 금능리 산17
- 2) 처리내용 : 토양피복재료인 은색비닐, 투명비닐, 백색비닐, 흑색비닐
 멀칭 후 정식
- 3) 시험구배치 : 난괴법 3반복
- 4) 시험구설치 : '99. 5.
- 5) 조사내용 : 토양피복재료별 지온변화를 조사하고 생육상황을 조사하였다

나. 과일비대 및 착색촉진 효과

- 1) 시험장소 : 제주도 북제주군 한림읍 금능리 산17
- 2) 처리내용
 - 과일비대 촉진을 위하여 키토산 500, 1,000배, 2,000배를 개화종료 후 10일 간격 3회 처리
 - 착색촉진을 위하여 에스텔 500, 1,000, 1,500, 2,000, 2,500, 3,000배를 착색초기에 살포
- 3) 시험구배치 : 난괴법 3반복
- 4) 시험구설치
 - 과일비대 촉진시험 : '99. 7.
 - 착색촉진시험 : '98. 10.
- 5) 조사내용 : 처리별 과일의 크기 및 착색정도와 무게를 조사하였다

다. 엽면시비가 생육촉진에 미치는 영향

- 1) 시험장소 : 제주도 북제주군 한림읍 금능리 산17
- 2) 처리내용 : 목초액, 잘크란, 하이그린, 마린엑스, 원더그로 각 1,000배,
 요소비료 0.3%
- 3) 시험구 배치 : 단구제
- 4) 시험구 설치 : 8.6. 9.6. 10.6. 11.6.
- 5) 조사내용 : 주경장 크기를 조사하였다.

라. 제초제 선발시험

- 1) 시험장소 : 제주도 북제주군 한림읍 금능리 산17
- 2) 처리내용 : 근사미(Glyphosate) 75ml/20 l

바스타(Glufosinateammonium) 60ml/20 l

하이바엑스(Bromacim) 30g/20 l

유니바(Fluoxypyr) 135ml/20 l

- 3) 시험구 배치 : 단구제
- 4) 시험구 설치 : 7월 26일
- 5) 조사내용 : 제초제 처리 후 m²당 잡초발생개체 수와 약해발생 정도를 조사하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. *Opuntia*속 선인장의 특성조사

가. 기초특성조사

1) 생육단계

손바닥선인장의 생육단계 중 발아기, 개화기, 착색기를 시작과 종료시점을 조사하였다. 1차 발아는 겨울철 기온의 영향을 많이 받는 것으로 보이며 시기는 5월 하순부터 6월 상순이며 발아되는 모양이 둥그란 구형이면 꽃봉오리가 되며 납적한 편원형이면 줄기가 된다.

개화는 크게 2회로 볼 수 있으며 대부분 1차 개화이고 2차 개화는 1차 발아된 줄기에서 발생된 꽃봉오리가 개화하는 것으로 그 수는 많지 않으며 시기는 1차 개화 후 1개월 후였다.

착색은 재배지의 조건에 따라 크게 차이가 있으며 대략 35일 정도가 소요되었다.

손바닥선인장의 생육조사결과는 Table 1과 같다.

Table 1. 손바닥선인장의 생육단계

발 아 기			개 화 기		착 색 기	
1차	2차	3차	시작	종료	시작	종료
5.20	7.1	8.23	6.10	7.1	11.1	12.5

※ 1차 발아가 6. 20일 이전에 되어 생육이 진전된 1년생 일에서는 개화 및 착과됨

2) 손바닥선인장 과일특성

손바닥선인장의 열매를 크기별로 大, 中, 小로 임의 구분하여 표본을 100개씩 추출하고 전자저울로 과중을 조사한 결과 평균과중은 15g/개이었다.

과일 당 씨의 숫자는 과일크기에 따라 차이를 보여 11~ 82개/과일 이었으나 평균 44개/과일 이었다.

씨의 무게는 과일 당 평균 1.01g이었고 1,000개의 무게는 23.05g이었으며 과일크기별 평균과중, 씨의 갯수, 씨의 무게 조사결과는 Table 2 와 같다.

Table 2. 손바닥선인장 과일크기별 과일 및 씨의 무게

구 분	표 본 수	평균과중	씨 갯 수	씨 무 게	천 립 중
대 과	100개	20 g/개	82개/과일당	1.69 g/과일당	
중 과	100개	15 g/개	40개/과일당	0.95 g/과일당	
소 과	100개	10 g/개	11개/과일당	0.32 g/과일당	
평 균		15 g/개	44개/과일당	1.01 g/과일당	23.05g

3) 꽃의 특성

손바닥선인장의 꽃은 꽃받침, 꽃잎, 수술, 암술로 이루어져있는 양성화이고 꽃잎은 서로 떨어져 있는 이판화관(離瓣花冠 polypetalous corolla)이다.

1개의 암술과는 달리 수술은 수가 많고 길이가 짧고 꽃잎은 14개 내외 꽃받침은 8개 내외로 이루어져 있고 특별한 향기는 없으며 자방(子房 ovary)은 5개로 나누어져 있고 그 안에 장차 종자가 될 배주(胚珠 ovule)가 들어있다.

수분은 자식성으로 암술의 주두가 수술사이로 뺏어나가 꽃밥(藥 anther)을 취하여 수분되며 만개기는 하루정도로 짧다.

Table 3. 손바닥선인장 꽃의 특성

암 술	수 술	꽃 잎	꽃 받 침	자 방
1	270 ~290	14	8	5

4) 선인장 꽃 꿀의 특성

손바닥선인장 재배면적이 증가함에 따라 선인장 꽃을 밀원으로 활용이 가능한지를 검토 하고자 개화기인 6월 18일부터 꿀벌을 투입하여 7월 4일 채밀하여 꿀의 성상 및 주요 성분을 분석하였다.

꿀의 성분규격 적부항목은 제주도보건환경연구원에 의뢰한 결과 농축과정을 거치지 않아 수분이 전체 당 함량의 규격에 적합하며 꿀의 식품영양 성분분석은 농촌진흥청 농촌생활연구소에 의뢰하여 분석한 결과 나트륨, 칼륨, 리보플라빈, 나이아신이 매우 많은 것으로 분석되었으며 관능검사는 북제주군농업기술센터 직원 20명이 하였는데 대체로 품질이 좋은 것으로 조사되었다.

Table 4. 선인장 꿀의 성분규격 적부항목

시 험 항 목	성 분 규 격	성 적
성 상	-	적 합
수 분	21.0% 이 하	22.1
회 분	0.6% 이 하	0.07
산 도	40.0 mg /kg 이 하	13.4
전 화 당	65.0% 이 상	55.7%
자 당	7.0% 이 하	16.1
H.M.F	40.0 mg /kg 이 하	0.5
타 르 색 소	불 검 출	불 검 출
인 공 감 미 료	불 검 출	불 검 출
이 성 화 당	음 성	음 성

※ 분석기관 : 제주도보건환경연구원(식품공전 제4, 20-11 벌꿀시험법)

Table 5. 식품영양성분 분석

식 품 명	수분 (%)	단백질 (g)	탄수화물 (g)	회분 (g)	칼슘 (mg)	인 (mg)	나트륨 (mg)	칼륨 (mg)	리보플라빈 (mg)	나이아신 (mg)	아스코로브산 (mg)
선인장꿀	19.3	-	80.5	0.1	2	3	3	3	0.01	0.1	2
아카시아꿀	21.4	0.5g	78.1	0.1	2	4	19	22	0.37	0.49	4

※ 분석기관 : 농촌진흥청 농촌생활개선연구소

Table 6. 관능검사결과

구 분	매우좋음	좋음	보통	나쁨	계
맛	5	14	1	-	20
색	2	12	6	-	20
향	1	5	11	3	20
촉감	3	10	6	-	20
계	12	42	23	3	20
백분율	15	52.5	28.8	3.8	100

5) 가시(葉針 leaf spine)의 특성

손바닥선인장의 잎은 일반적인 잎의 변태인 가시(葉針 leaf spine)로서 줄기 및 과일에 많이 부착되어 있어 농작업에 불편을 주는 원인이 되고 있으며 과일에는 7~9개의 모공이 있으며 여기에 굵기 0.1mm 길이 2mm 크기 가시 1개와 굵기 0.01mm 길이 2mm 크기 가시 45~55개가 부착되어 있다.

줄기에는 마디마다 평균 20~35개의 모공이 있고 여기에 굵기 1.0 mm 길이 15~20mm의 것 1~2개와 굵기 0.1mm 길이 2mm의 것 45~55개가 부착되어 있다.

나. 수령이 생육 개화 및 열매수량에 미치는 영향

손바닥선인장은 심은 당해년도(1차년도)에는 묘를 채취하기 전 모주에서 화아가 분화된 것은 개화할 수 있으나 수확량은 기대할 수 없으며 생육이 매우 좋은 경우 2년생에도 착과될 수 있으나 대부분 3년생부터 정상적인 수량을 수확할 수 있다

본 시험에서는 3년생, 4년생, 5년생의 개화 및 착과 상황을 조사하였다, 각 시험구에서 개화 후 낙화율은 5%내외로 개화기의 기상에 영향을 많이 받고 있는 것으로 수분이 되지 못한 것은 낙화되는 것으로 조사되었다.

착과수는 3년생 42개/주, 4년생 67개/주, 5년생 96개/주였다. 이에 따라 수량은 3년생 1,082kg/10a 4년생 1,681kg/10a 5년생 2,820kg/10a로 식재 후 5년차에 최고 결실기에 이르렀다.

Table 7. 수령별 착과 수 및 수량

수령	재식거리	주수 (주/10a)	주당과일수	수량 (경지이용율 75%)
3	170×50×50cm (2열)	2,100	43개/주	1,036kg/10a
	160×50×50 (2열)	2,400	41	1,129
	평균		42	1,082
4	180×50×50 (2열)	2,100	86	2,072
	150×60×40 (2열)	2,400	56	1,349
	160×50×40 (2열)	2,400	59	1,624
	평균		67	1,681
5	150×50×50 (2열)	2,640	103	3,120
	150×50×50 (2열)	2,640	90	2,726
	250×50×50×50 (3열)	2,400	95	2,616
	평균		96	2,820

다. 노지재배가 가능한 *Opuntia*속 선인장 계통선발

현재 제주도 일원에서 재배되고 있는 손바닥선인장은 과일의 크기가 15g 내외로 작고 가시(葉針)가 많고 농작업에 불편한 점이 많아 이를 개량하기 위하여 외국에서 재배되고 있는 과일용 선인장과 가시가 상당히 퇴화된 영양체를 도입하여 격리재배를 겸하여 비닐하우스 내에서 증식하고 있으며 생육상황은 주경장, 주경절수, 총절수를 조사한 결과 다음 Table 8과 같이 양호한 편이다.

Table 8. 도입선인장생육상황

구 분		I	II	III	IV	V	VI	VII
주 경 장	'98.10.	70.8cm	58.5	68.3	48.8	60.0	75.0	71.0
	'99.10.	119.8	84.5	100.3	64.0	67.0	133.0	95.6
주경절수	'98.10.	3.0개	2.5	3.0	2.5	3.0	2.5	3.0
	'99.10.	4.3	3.5	4.0	4.0	4.0	3.5	3.6
총 절 수	'98.10.	7.8개	3.3	9.7	5.8	5	4.5	6.5
	'99.10.	16.3	7.5	16.3	14.0	12.0	14.5	17.2

생과용 또는 가시 없는 선인장에 대한 핵형분석을 실시하여 손바닥선인장과 교배가 가능한가를 검토하였으며 아직 개화수령에 도달하지 못하여 화분모 세포검경은 불가능했으며 근단세포 검경결과 염색체수는 $2n = 22$ 개였으나 핵형은 타작물에 비해 크기가 작아 정확한 분석은 불가능하였다. 금후 교배에 의한 과일이 크고 가시가 적은 열매가 열리는 계통을 육성할 수 있는 기초자료로 활용 할 수 있으며 금후 더욱 정밀한 시험이 수행될 필요가 있다.

Table 9. 염색체 조사 결과

계통번호	염색체수	염색체크기	비 고
9001	$2n=22$	0.5 ~ 1 μ m	삼목후 근단세포검경
9002	$2n=22$	0.5 ~ 1 μ m	
9003			크기가 작아 관찰불가능

라. 전정이 생육 및 수량에 미치는 영향

선인장의 원산지인 멕시코에서 생과용 선인장을 재배하면서 전정을 실시하고 있으며 그 효과는 꾸준히 크고 맛있는 열매의 수확이었다.

손바닥선인장 재배에서 수확을 목적으로 하는 열매는 크기와 수량이 수세에 따라 달라질 수 있어 계속 왕성한 수세를 유지하면서 큰 과일을 수확하기 위하여 전정방법의 도입을 시도하였다

전정방법은 숙음전정, 절단전정, 숙음+절단전정을 실시하였고 주경장의 크기는 숙음전정 > 숙음+절단전정 > 무전정 > 절단전정의 순 이었고 착과수는 무전정구 > 숙음전정구 > 숙음+절단전정구 > 절단전정구의 순이었다.

외관상 수세가 강한 정도는 숙음전정 > 숙음+절단전정 > 절단전정 > 무전정 의 순이었다

Table 10. 전정이 수량 및 생육에 미치는 효과

구	분	주 경 장	주 경 절 수	착 과 수
전정구	숙음전정	108.8cm	8.0개	63.6개
	절단전정	78.0	7.0	40.0
	숙음 + 절단	82.5	7.0	59.0
무 전 정 구		80.8	7.6	125.0

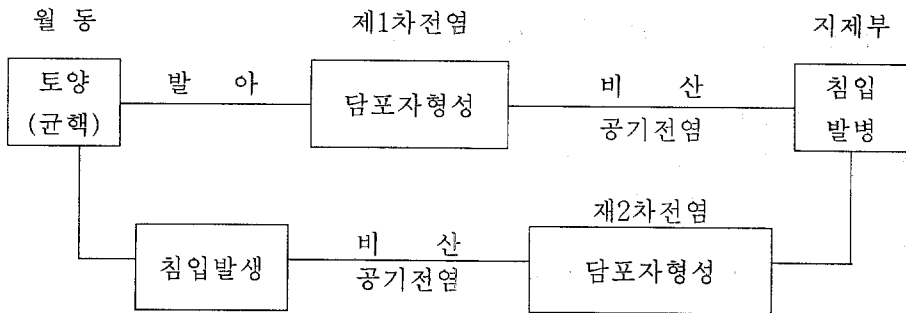
마. 병해충 발생소장 조사

손바닥선인장 재배시 발생하는 병해충을 조사하기 위하여 '98.3. 부터 '99.10. 까지 제주도 북제주군 일원의 재배포장을 관찰하고 다소라도 피해를 주는 병해충에 대하여 분류 및 동정을 실시하고 방제방법은 기존의 문헌자료조사에 의하여 정리하였다.

특히 흰비단병은 백합류에 발생하는 것으로 본시험에서 처음 손바닥선인장에 발생되고 있음을 확인하였고 정식 직후 다량 발생하여 가장 큰 피해를 주는 병해였다. 이 외에 명주달팽이, 가루깍지벌레를 분류 동정하였고 먼지응애류 유사탄저병이 관찰되었으나 거론할 수준은 되지 못하였고 주요 병해충에 대한 내용은 다음과 같다.

◇ 병명 : 흰비단병(백견병)

- ◆ 학 명 : *Athelia rolfsii*(Curzi)Ju & kimbr
- ◆ 발생 장소 : 한림읍 금능리
- ◆ 분류 및 동정 : 제주도농촌진흥원
- ◆ 작부체계 : 마늘 + 선인장
- ◆ 기주식물 : 당근, 외류, 가지과, 십자화과 등 55과 160종 이상
- ◆ 병징 : 지하부에 발생하는데 발병부위는 물렁하게 썩고 표면에 흰색곰팡이가 생기며 나중에 좁쌀과 같은 균핵이 무수히 생긴다.
- ◆ 병원균 (*Corticium rolfsii* Curzi)
곰팡이의 일종으로 담포자와 균핵을 형성한다. 병원균의 생육적온은 32~33℃의 고온이고 약산성에서 발아율이 좋다. 균핵은 토양표면에서 2~5년간 생존한다.
- ◆ 전염경로



균사와 균핵의 형태로 토양에서 월동한 후 발아하여 생긴 담포자가 공중으로 비산하여 공기 전염한다.

- ◆ 발병유인
 - 온도가 30℃ 이상으로 고온일 때 많이 발생
 - 배수가 나쁜 밭이나 배계 심어 통풍이 불량할 때 발생이 많다.
- ◆ 방제법
 - 상습발생기는 화분과 작물로 3~4년간 돌려짓기한다.
 - 석회를 300평당 150~200kg 사용하여 토양을 개량한다.

◇ 명주달팽이

- ◆ 학명 : *Acusta despecta* Gray
- ◆ 일명 : 우스카와마이마이
- ◆ 형태
 - 성장한 달팽이 크기는 약 2cm로 오른쪽으로 5단 감아져 있으며 높이는

약 2cm 정도이다.

- 껍질은 담황 내지 자갈색이며 얇고 부서지기 쉽다.
- 봄부터 발육한 달팽이는 가을에 크기가 10mm 이상 된다.
- ◆ 생활사 및 가해상태
 - 봄철 따뜻해지면서 활동이 활발해지며 발육하여 교미와 산란을 한다.
 - 산란은 3~5월경에 많고 알은 2mm 정도의 구형으로 토양 중 1~3cm 깊이에 난괴를 형성한다.
 - 산란회수는 3~4회, 1난괴의 평균 난수는 40~50개이다.
 - 알 기간은 산란장소 토양조건과 기온에 따라서 차이가 있으나 대개는 20일 전후이다.
 - 부드러운 줄기 표면에 식해로 인한 1~6mm의 크고 작은 부정형의 백반이 생긴다.
- ◆ 방제법
 - 잡아죽인다.
 - 방제약제는 개발중이며 기피제 사용가능

◇ 가루깍지벌레

- ◆ 학명 : *Planococcus Comstocki* KUWANA
- ◆ 일명 : ミカンコナカイガラムシ
- ◆ 형태
 - 암컷은 길이 1~1.2mm 장타원형으로 흰숨 같은 알주머니를 만든다.
 - 수컷은 타원형으로 길이 3.5~4mm이며 배면은 흰가루로 덮여있고 몸의 가장자리에는 하얀 납질의 돌기가 있어서 언뜻 보기에는 쥐며느리와 같은 모양이다. 유충도 모양은 같으나 황갈색 흰가루 적다.
- ◆ 생활사 및 가해상태
 - 암컷은 백색의 납질물 안에 산란하며 대개 6월 중순, 8월 중순, 10월 상순경에 산란한다.
 - 줄기표면에 기생하여 즙액을 흡수하기 때문에 수세가 약해질 수 있다.
 - 발생은 1년에 3세대, 유충으로 월동하며 6월 하순~7월 상순, 8월 하순~9월 상순, 10월 하순에 유충이 부화한다.
 - 습지에서는 지하 3~5cm의 細根에 많이 기생하고 있으나 건조한 곳에서는 10여 cm 되는 깊은 뿌리에 기생한다.
- ◆ 방제법
 - 주변의 잡초를 제거한다.
 - 파프유제, 디디브이피 유제, 델타린 유제 등을 살포한다.

2. *Opuntia*속 선인장의 번식방법 연구

가. 정식 시기가 생육에 미치는 영향

손바닥선인장재배에 있어서 정식시기는 정식 후 생육량이 많을수록 적기라고 할 수 있다.

본 시험에서는 3월부터 9월까지 매월 상순에 정식하여 생육을 관찰한 결과 Table 11과 같이 1년차에 생육량이 많은 정식시기는 3~5월이며 이것은 2년차에도 계속되어 생육량이 차이를 보이고 있다. 따라서 손바닥선인장 재배시 정식적기는 3~5월이라고 할 수 있다.

Table 11. 정식시기별 생육상황

구 분	주 경 장 (cm)		주 경 절 수 (개)		총 절 수 (개)		착과수 (개)
	'98.12.	'99. 7.	'98.12.	'99. 7.	'98.12.	'99. 7.	'99. 7.
3월	56.2	63.8	4.6	5.2	48.0	95.4	43.4
4월	57.0	60.2	4.6	5.2	42.4	100.3	40.4
5월	50.8	61.4	4.2	5.2	41.6	87.2	21.4
6월	45.6	49.0	3.2	4.4	16.0	40.6	1.0
7월	47.2	52.4	4.2	4.8	22.2	47.8	1.0
8월	39.8	49.2	3.8	5.0	20.2	58.2	5.6
9월	40.4	45.2	3.8	4.6	15.4	53.6	0.2

Table 1에서와 같이 6,7월 정식의 경우 생육이 저조한 것은 정식 후 장마기를 경과하면서 활착 및 생육에 큰 지장을 받은 것으로 분석되며 9월 정식의 경우 정식직후 기온이 낮아져서 생육이 부진한 것이며 3~5월 정식은 6~9월 정식보다 수확기를 1년 앞당길 수 있어서 경제적인 측면에서 그 효과는 뚜렷이 차이가 있다

나. 삼수의 정치기간이 활착 및 생육에 미치는 영향

영양체를 이용한 번식방법에 있어서 삼수를 조제한 후 일정기간 경과시켜 상처에 유합조직이 형성된 후 심는 것이 활착율은 물론 뿌리 내림이 원활하여 생육이 좋아지게 된다

손바닥선인장의 삼수를 조제한 후 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30일간 상온에서 경과시킨 다음 정식한 후 활착율은 95%이상으로 처리간 차이가 없었다.

지상부 생육은 삼수조제 후 5~15일 경과 후 정식한 것이 주경장도 크고 총절수도 많아 생육이 좋은 것으로 조사되었다. 따라서 삼수의 유효조직 형성을 위하여 필요한 정치기간은 5~15일이 알맞다고 할 수 있다.

Table 12. 정치기간별 생육상황

구 분		주 경 장	주 경 절 수	총 절 수	착 과 수
3일	'98. 12.	41.6cm	3.5개	20.6개	
	'99. 7.	50.9	4.7	49.3	2.0
5일	'98. 12.	50.3	4.1	33.9	
	'99. 7.	60.8	5.2	64	27.5
10일	'98.12.	44.8	3.5	23.4	
	'99. 7.	53.2	5.0	56.6	4.0
15일	'98.12.	49.6	3.6	34.2	
	'99.7.	55.4	5.3	91.5	11.0
20일	'98.12.	52.1	4.0	28.9	
	'99. 7.	57.9	5.4	65.6	17.0
25일	'98.12.	49.3	3.8	28.8	
	'99. 7.	58.1	5.4	67.8	12.4
30일	'98.12.	48.8	4.0	25.0	
	'99. 7.	52.2	5.5	51.0	4.4

다. 실생번식 방법 연구

실생번식은 경제적인 번식방법은 될 수 없으나 새로운 개체육성을 위하여 반드시 필요한 방법이다.

종자의 껍질이 매우 단단하여 발아가 힘들 것으로 판단하여 발아율을 높이기 위한 여러 가지 처리를 한 결과 차아염소산소다 침지 처리만이 안전하였고 기타 물질처리는 발아율을 높이지 못하였다.

반면 수확기가 종료된 이후인 6월에 채종한 것은 발아율이 88.9%에 이르러 매우 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 손바닥선인장의 실생번식을 위해서는 수상(樹上)에서 종자가 완숙된 후에 채종하면 발아율을 높일 수 있음이 확인되었다.

실생번식을 위하여 종자직파, 과일파종, 1년생묘 정식 처리구의 생육을 비교한 결과 과일로 파종한 것이 발아율은 높았으나 생육량은 1년생묘를 정식한 것이 가장 좋았다.

Table 13 처리별 발아율

구 분	12월 채종				6월 채종	
	알코율	종피자극	락스	무처리	종피자극	무처리
발아율 (%)	16.1	14.8	42.0	40.1	41.3	88.9

Table 14. 파종형태별 입모율

구 분	중자직파	과일정식	1년생묘 정식
입모율	67 %	78 %	100 %

3. *Opuntia*속 선인장의 석회 및 추비 시용에 관한 연구

가. 석회 시용이 수량 및 품질에 미치는 영향

손바닥선인장의 식품으로서의 특징 중 하나가 Ca함량이 매우 높다는 것이며 이것이 토양내 석회함량과의 관계를 구명하고자 정식 전 석회150kg/10a, 300kg/10a, 450kg/10a 수준을 시용하고 생육량을 비교한 결과 주경장이나 총절수 등 생육량이 처리간 차이는 없었고 무시용구와의 차이는 다소 인정되어 정식시 150kg/10a정도의 석회를 시용하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

Table 15. 석회시용수준별 생육상황

구 분	주경장	주경절수	총절수	착과수
150kg/10a	'98.12.	42.2cm	4.3	29.0
	'99. 7.	58.1	5.3	74.6
300kg/10a	'98.12.	41.2	4.3	24.6
	'99. 7.	59.8	5.4	79.3
450kg/10a	'98.12.	41.0	4.2	25.5
	'99. 7.	54.7	5.3	61.6
무 시 용	'98.12.	39.4	3.8	19.4
	'99. 7.	51.5	5.0	51.4

나. 질소질 추비시용이 수량 및 품질에 미치는 영향

손바닥선인장 재배시 질소비료를 추비로 시용할 필요가 있는지를 확인하기 위하여 결실수령의 시험포에 질소 5kg/10a, 10kg/10a, 15kg/10a 수준으로 연간 1, 2, 3회 시용구를 설치하여 2년간 추비시용 시험 결과 10kg/10a 2회 시용구까지 착과수가 많았으나 더 많은 양의 비료를 주면 착과수는 적어졌다. 따라서 선인장 재배시 질소추비는 소량 사용하는 것이 생육이나 착과량 향상에 기여할 것으로 보인다.

Table 16. 질소시용수준별 생육상황

구	분	주 경 장	착 과 수	
5kg/10a	1회시용	'98.12.	69.8cm	84.0개
		'99. 7.	76.8	255.2
	2회시용	'98.12.	70.9	92.3
		'99. 7.	77.9	334.0
	3회시용	'98.12.	78.5	86.8
		'99. 7.	84.5	370.4
10kg/10a	1회시용	'98.12.	78.0	88.5
		'99. 7.	86.9	315.7
	2회시용	'98.12.	81.1	120.7
		'99. 7.	83.9	334.5
	3회시용	'98.12.	78.4	69.3
		'99. 7.	85.3	246.0
15kg/10a	1회시용	'98.12.	52.3	64.5
		'99. 7.	82.9	279.6
	2회시용	'98.12.	77.9	60.7
		'99. 7.	80.7	255.6
	3회시용	'98.12.	72.9	49.9
		'99. 7.	79.5	265.8
무 시 용	'98.12.	67.8	38.0	
	'99. 7.	76.8	330.8	

4. *Opuntia*속 선인장의 생육촉진 및 재배 시험

가. 토양피복재료가 생육촉진에 미치는 영향

선인장의 생육을 촉진시키기 위하여 4종의 토양피복재료별 지온변화와 생육상황을 조사한 결과 생육량은 투명비닐 > 흑색비닐 > 백색비닐 > 은색비닐 > 무피복의 순이었다.

지온조사결과 투명비닐피복구와 흑색비닐피복구는 무피복구보다 온도가 높았으나 은색비닐피복구와 백색비닐피복구는 무피복구보다 높지 않았다, 따라서 생육촉진을 위해서는 투명비닐이나 흑색비닐로 피복 재배하는 것이 좋을 것으로 분석된다.

Table 17. 피복재료별 주경장 생육비교

구 분	투명비닐 피복구	은색비닐 피복구	백색비닐 피복구	흑색비닐 피복구	무피복구
8. 6현재	26.6cm	22.6	25.8	23.4	24.3
11.6현재	42.1	31.4	36.6	33.5	33.5
대비(%)	158	139	142	143	138

Table 18. 지온조사결과(일별 최고평균 °C)

구 분	8 월			9 월			10 월			11 월			12 월		
	상 순	중 순	하 순	상 순	중 순	하 순	상 순	중 순	하 순	상 순	중 순	하 순	상 순	중 순	하 순
투명비닐	43	39	39	32	30	29	23	22	21	18	13	15	10	9	8
은색비닐	35	32	28	29	28	27	21	21	21	17	12	15	10	8	9
백색비닐	34	31	31	28	26	24	18	18	18	16	11	13	9	7	7
흑색비닐	39	35	35	30	28	27	20	19	19	17	13	14	10	8	8
무 피 복	37	34	32	29	28	28	19	20	20	15	12	15	8	6	9

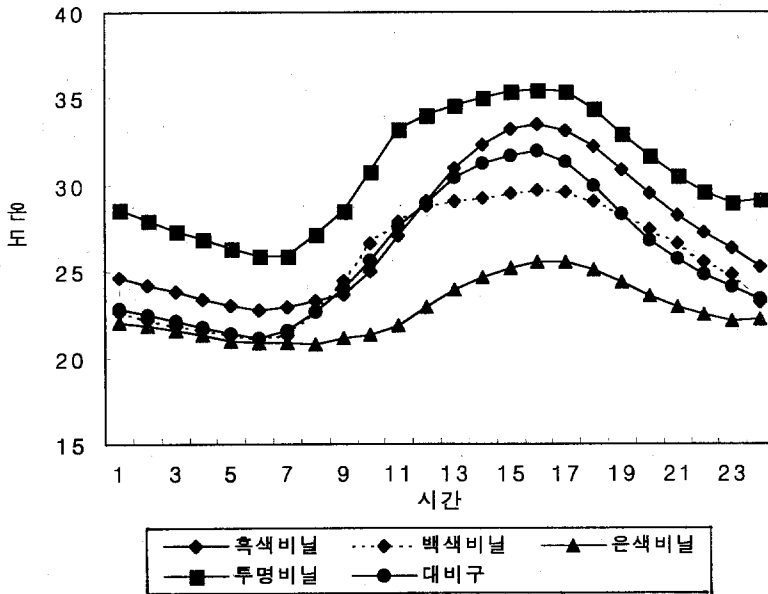


Fig. 1 피복 재료별 지온변화.

나. 과일비대 및 착색촉진효과

개화 직전 GA15ppm + 후루메트(Forchlorfenuron) 30ppm을 1회 처리한 경우 과일중량이 무처리 대비 108.1%로 다소 커졌고 개화종료 후 10일 간격으로 키토산 500, 1,000, 2,000배를 3회 처리한 결과 과일비대 촉진 효과가 없었다.

Table 19. 과일비대촉진 시험결과

처 리 내 용	과일횡경	과일종경	과일중량	지 수
GA15ppm	26.0mm	44.3mm	17.8g	95.7 %
1차 Forchlorfenuron 30ppm	25.6	47.0	19.1	100.7
시험 GA15PPM+Forchlorfenuron 30ppm	26.3	49.5	20.1	108.1
무처리	26.3	50.7	18.6	100
키토산500배	24.0	47.0	16.9	101.2
2차 키토산1,000배	24.0	47.0	16.7	100
시험 키토산2,000배	25.0	45.0	16.7	100
무처리	25.0	45.0	16.7	100

선인장과잎의 착색촉진을 위하여 에스텔 500배, 1,000배, 1,500배, 2,000배, 2,500배, 3,000 배액을 11월 6일 처리하여 5 일 간격으로 착색상황을 조사하였으나 처리가 착색촉진에 영향을 미치지 못하였다.

다. 엽면시비가 생육촉진에 미치는 영향

엽면시비에 의한 생육촉진효과 구명을 위하여 8월 16일부터 10일 간격으로 3회 5종의 제4종 복비 및 생리활성물질을 처리하고 처리전과 처리후의 생육량을 비교 조사한 결과 목초액 1,000배액과 잘크란 1,000배액 요소비료 0.3%액이 다소 효과가 있는 것으로 분석되었다

Table 20 엽면시비 결과 (주경장 cm)

구 분	8.6.(A)	9.6.	10.6.	11.6.(B)	(B)-(A)	(B)/(A)
목초액 1,000배	23.7	32.5	36.8	37.3	13.6	157 %
잘크란 “	24.0	34.7	37.5	37.9	13.9	158
하이그린 “	32.3	40.6	43.1	43.5	11.2	135
마린엑스 “	31.8	41.9	42.8	43.1	11.3	135
윈더그로 “	25.9	34.0	35.6	36.2	10.3	140
요소0.3% “	22.8	31.2	33.6	34.4	11.6	150
무처리	25.9	34.0	35.6	36.2	10.3	139

라. 제초제 선발시험

잡초제거를 위하여 가장 피해가 적으며 살초효과 및 잡초 재발생량이 적은 제초제 선발을 위하여 7월 26일 제초제를 처리하고 2개월 후인 월 24일에 잡초발생정도 및 약해발생 정도를 조사한 결과 선인장에 피해가 적고 잡초 재발생 개체수가 가장 적은 것은 하이바엑스(Bromacil)였고 잡초 재발생 개체수는 많아도 피해가 없는 것은 근사미(Glyphosate)였다.

Table 21 제초제 처리 후 잡초 재발생 및 약해발생정도

구 분	Glyphosate	Glufosinate Ammonium	Bromacil	Fluoxypyr
잡초발생 개체	24.3개/m ²	19.0	3.0	19.0
약해발생정도	소	중	소	중

제 4 절 결 론

1. *Opuntia*속 선인장의 특성평가

*Opuntia*속 선인장의 기초특성조사결과 정상적으로 발아하여 생육하는 것은 연간 3회로 그 시기는 1차 5월 20일, 2차 7월 1일, 3차 8월 23일이며 개화기간은 6월 10일~7월 1일까지이며 착색기는 11월 1일~12월 5일까지였다.

선인장과일의 특성은 평균과중은 15g/개이며 과일당 씨의 수는 44개이고 무게는 1.01g이며 1,000립중은 23.05g이었다.

선인장의 꽃은 양성화이며 암술은 1개이나 수술은 270~290개이며 꽃잎은 14매 꽃받침은 8개 자방은 5개이며 수분은 자식성이다.

선인장꽃의 꿀은 나트륨(19mg/100g), 칼륨(22mg/100g), 리보플라빈(0.37mg/100g), 나이아신(0.49mg/100g)이 다른 꿀보다 많이 함유되어 있었다.

*Opuntia*속 선인장의 가시는 잎의 변태로서 엽침(葉針)이라고 하며 과일에는 9개의 모공에 굵기 0.1mm 길이 2mm 크기의 것 1개와 굵기 0.01mm 길이 2mm 크기의 것 45~55개가 있으며 줄기에는 굵기 1.0mm 길이 15~20mm 크기의 것 1개 내외와 굵기 0.1mm 길이 2.0mm 크기의 것 45~55개가 있다. *Opuntia*속 선인장은 5년까지는 수령이 많을수록 주당 과일수가 증가하여 3년생은 42개/주, 4년생은 67개/주, 5년생은 96개/주 였고 개화 후 기상 따라 수분이 안된 것은 낙화되었으며 그 비율은 5% 정도였다.

노지재배가 가능한 *Opuntia*속 선인장 계통선발을 위하여 도입된 8계통과 손바닥선인장의 핵형분석 결과 동일형은 없다.

수세유지를 위한 방법으로 전정을 실시한 결과 주경장의 크기가 숙음전정 > 숙음전정+절단전정 > 무전정 > 절단전정의 순이었다.

선인장에 발생하는 병은 흰비단병, 탄저병이 있고 충은 명주달팽이, 가루깍지벌레, 먼지응애류가 있다.

2. *Opuntia*속 선인장의 번식방법 연구

*Opuntia*속 선인장의 번식방법연구 결과 정식시기는 빠를수록 좋아 3~5월이 적기이며 삽수를 조제한 후 상온에서 5~15일이 경과된 후에 정식한

것이 생육이 좋았다.

실생번식을 위해서는 착과 다음해 6월경에 채종하는 것이 발아율이 높으며 종자를 직파하는 것보다는 육묘하여 정식하는 것이 좋았다.

3. *Opuntia*속 선인장에 석회 및 질소질 추비사용에 관한 연구

*Opuntia*속 선인장에 석회를 사용하는 것이 생육은 좋았으나 사용량을 늘려도 생육은 크게 향상되지 않았다.

질소질비료의 추비 사용은 10kg/10a을 2회 이내 사용하는 것이 무난할 것으로 보이며 그 이상 사용하면 착과수는 적어지고 주경장은 길어져 지나치게 줄기가 무성하였다.

4. *Opuntia*속 선인장의 생육촉진 시험

선인장 재배시 토양을 피복한 재료의 종류에 따라서 생육에 차이가 있어서 투명비닐피복구 > 흑색비닐피복구 > 무피복구 > 백색비닐피복구 > 은색비닐피복구 의 순으로 생육이 좋았다. 과일비대 촉진을 위해 몇 가지 처리결과 후루메트(Forchlorfenuron) 30ppm + GA 15ppm을 개화전 1회 처리한 경우 약간의 과일비대 효과는 있었다. 에스렐처리에 의한 착색촉진효과와 엽면시비에 의한 생육촉진 효과는 없었다.

제초제는 Bromacil이 처리 후 잡초재발생량이 적고 선인장에 약해도 없었다.

<참 고 문 헌 >

1. The world of cacti. Danny suhuster.
2. The native cacti of california
3. Desert discovery tiail
4. サボテン多肉植物. 1997.富永弘一
5. 선인장과 다육식물. 1998. 경기도농업기술원
6. 일반곤충학. 1986. 한국곤충학회. 법문사
7. 선인장다육식물. 1993. 전원문화사
8. 원예번식학. 1980. 강석우 외. 선진문화사

9. 생물과학. 1988. 강신성 외. 아카데미서적
10. 작물보호학. 1979. 박문규 외. 선진문화사
11. 작물병리학. 1976. 박종성. 향문사
12. 토양학. 1995. 박천서 외. 향문사
13. 농림해충학. 1975. 백운하. 향문사
14. 비료학. 1987. 조성진. 향문사
15. 신농약. 1981. 최승윤 외. 향문사

제 3 장 손바닥선인장의 열매와 줄기를 이용한 식품소재 및 가공식품의 개발

제 1 절 서 설

제주도에서 경작 또는 일부 자생하는 선인장 중에 *Opuntia*속에 속하는 손바닥선인장(*Opuntia ficus-indica* var. *saboten*)은 열대지역 유래의 다년 초로서 열매(nopal 혹은 prickly pear라고 함)와 줄기(nopalitos)를 공복에 갈아 마시면 변비치료, 이뇨효과, 장운동의 활성화 및 식욕증진의 효능이 있고⁽¹⁾, 선인장 줄기는 피부질환, 류마치스 및 화상치료에 효과가 있다는 것이 구전되고 있다. 한방에서는 신경성 통증을 치료하고 건위자양강장제, 해열진정제, 소염해독, 급성유선염, 이질을 치료하는데 이용하며, 피를 맑게 하고 하혈을 치료하는 목적으로 이용되는 것으로 알려져 있다⁽²⁾. 손바닥선인장에 존재하는 주요 성분은 후라보노이드 중 (+)-*trans*-dihydrokaempferol (+)-*trans*-dihydroquercetin이 존재하며⁽³⁾, 이외에 anhalinin, indicaxanthin, isobetain, betain, saponin 등이 보고되어 있다⁽⁴⁾. 손바닥선인장은 국내 토착식물이 아니기 때문에 국외에서 그의 기능성에 대한 많은 연구가 이루어져 있다. 예로 선인장 추출물은 바이러스 복제를 억제한다고 보고되어 있으며⁽⁵⁾, streptozotocin 등으로 고혈당을 유발시킨 실험동물에서 혈당치를 낮추는 효과가 알려져 있다⁽⁶⁾. 또한 당뇨병 환자에서 손바닥선인장은 혈당치와 콜레스테롤 수치를 감소시키며, 혈액내 저밀도지단백질 함량을 낮추는 효과가 있다고 보고 되어있다⁽⁷⁾. 가공 식품의 소재로 활용하기 위한 국외 연구로는 Sawaya 등⁽⁸⁾이 *Opuntia*속의 선인장을 이용한 잼의 제조, 선인장 열매의 아미노산⁽⁹⁾, 유기산⁽⁹⁾, 당의 조성⁽¹⁰⁾, 휘발성 성분⁽¹¹⁾, 펙틴 특성⁽¹²⁾, 손바닥선인장 열매의 씨의 함량과 과일 특성⁽¹³⁾, 새로운 과일 제품으로 prickly pear sheet⁽¹⁴⁾, 종자의 영양성분 및 유지 특성⁽¹⁵⁾, 여러 온도에서 저장한 선인장 열매 농축 주스의 색상 변화⁽¹⁶⁾, 남아프리카에서 재배된 5종의 손바닥선인장의 가공⁽¹⁷⁾, 절임류의 제조⁽¹⁸⁾ 등 다양하게 보고되어 있다. 한편 손바닥선인장에 관한 국내의 연구 결과로는 쥐의 스트레스성 위궤양에 대한 손바닥선인장의 항궤양 효과⁽¹⁹⁾, 선인장 열매의 적색색소의 열안정성에 미치는 항산화제의 효과에 대한 연구⁽²⁰⁾와 손바닥선인장의 항염작용에 대한 연구⁽²¹⁾, 손바닥선인장 열매의 후라보노이드 성분⁽²²⁾, 손바닥선인장의

성분 특성 연구⁽²³⁾가 보고되어 있을 뿐 선인장에 대한 연구가 거의 없는 실정이다. 그러나 남아메리카와 일본의 후쿠오카 지방에서는 선인장이 고유 특산품으로 자리를 잡고 있으며, 일본의 경우 후쿠오카의 미야자키현에 있는 선인장 농원에서는 가락국수 등 10 여종의 가공식품이 시판되고 있다. 그러나 국내에서는 제주지역을 중심으로 선인장 청차같은 가공식품이 생산되고 있으나 그 이용은 걸음마 단계라고 할 수 있다. 본 연구에서는 제주도에서 재배되고 있는 손바닥선인장의 적절한 소비 확대 방안의 일환으로 손바닥선인장 가공을 위한 전처리 조건과 가공특성, 식이섬유함량, 열매의 성숙단계별 성분, 점질물의 특성 및 분리조건, 색소의 특성, 손바닥선인장 함유 식빵의 특성, 손바닥선인장을 첨가한 생면의 품질특성, 손바닥선인장의 열매를 첨가한 요구르트의 제조, 휴대용 레트로트 파우치 제품 개발, 손바닥선인장 주류의 개발, 기존 제품의 품질 고급화 연구, 선인장 줄기 및 열매 추출물의 항균 효과와 손바닥선인장의 열매 분말을 섭취시 변비 개선 효과 등을 조사하고자 하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 손바닥선인장 가공을 위한 전처리 조건과 가공특성 조사

가. 손바닥선인장 열매 파쇄물의 제조

손바닥선인장 열매 1kg을 끓는 물 5ℓ에 가하여 5분 동안 blanching하여 효소를 불활성화 시킨 후 흐르는 냉수에서 침지 냉각하여 chopper로 파쇄하였다. 파쇄한 열매에 물 3배량을 가하여 24시간 추출 후 40mesh체로 여과하여 점질물 및 가공제품의 시료로 사용하였다.

나. 손바닥선인장 열매의 peeling 시험

알칼리 박피와 산박피를 행하였다. 즉 15% HCl과 3% NaOH를 85℃⁽²⁴⁾에서 5분 간격으로 25분간 가열하면서 시료를 취하여 흐르는 물에서 세척하여 peeling의 조건을 육안과 중량법으로 조사하였다. 중량법은 산과 알칼리 박피 전 무게를 측정하여 박피 처리 시간에 따른 무게를 측정하였다. 무게를 측정하여 박피 전 수분함량으로 환산하여 중량 감소율을 %로 표시하였다.

다. 선인장 동결건조분말의 식이섬유 함량 측정

손바닥선인장 열매와 줄기를 세척 후 chopper로 파쇄한 후 동결건조하였으며, 동결건조한 시료를 다시 chopper로 파쇄하여 씨를 분리한 후 hammer mill로 분쇄하여 체로 친 후 200mesh 이하의 손바닥선인장 동결건조분말을 사용하였다.

라. 식이섬유의 측정

손바닥선인장 열매와 줄기의 동결건조분말 각각을 amylase, protease, amyloglucosidase로 순차적으로 반응시켜 회분 및 단백질 정량후 총식이섬유(TDF) 함량을 측정하는 AOAC법⁽²⁵⁾으로 조사하였다. 수용성 식이섬유(SDF)와 불용성 식이섬유(IDF) 역시 amylase, protease, amyloglucosidase로 순차적으로 분해시켜 이들 함량을 측정하였다.

마. 수분 보유력 측정

손바닥선인장 열매와 줄기의 동결건조분말 수분 보유력은 Suzuki 등의 방법⁽²⁶⁾을 약간 변형하여 측정하였다. 시료 100mg을 50ml 원심분리관에 넣

은 후 증류수 5ml를 넣어 37℃ 진탕기에서 15시간 진탕하고 11,000rpm에서 10분 동안 원심 분리하였다. 원심분리 후 분리된 수분을 제거하고 남아있는 침전물의 무게를 측정하였다. 열매를 함유한 시료 용액의 최종 pH는 3.7 이었고, 줄기를 함유한 시료 용액의 최종 pH는 5.4였다. 한편 1N HCl 과 NaOH 용액을 이용하여 열매와 줄기를 함유한 시료 용액을 pH 2.0~8.2로 조정 한 후 pH에 따른 수분 보유력을 앞에 언급한 같은 방법⁽²⁶⁾으로 측정하였다. 수분 보유력은 시료 g당 흡수한 수분의 g으로 나타내었다.

바. 유지 보유력 측정

손바닥선인장 열매와 줄기의 동결건조분말 유지 보유력은 liadakis 등의 방법⁽²⁷⁾을 변형하여 측정하였다. 정제 대두유 5g을 50ml 원심분리관에 넣은 후 손바닥선인장 열매와 줄기 분말 각각 500mg을 첨가하여 vortex mixer로 15초간 혼합하였다. 혼합액을 실온에서 30분동안 방치한 다음 3,000rpm에서 20분간 원심 분리하였다. 원심분리 후 분리된 대두유를 제거하고 남아있는 침전물의 무게를 측정하였다. 유지 보유력은 시료 g당 흡수한 유지의 g으로 나타내었다.

사. 선인장 열매의 성숙단계별 성분조사

손바닥선인장 열매를 '97년 12월부터 '98년 2월까지 약 20일 간격으로 채취하여 위에 언급한 방법으로 동결건조하여 과육부분과 씨를 분리하여 일반성분을 AOAC 방법⁽²⁸⁾에 따라 분석하였다.

2. 선인장 점질물의 특성 및 분리조건 조사

가. 점질물의 분리

손바닥선인장 열매를 blanching하여 파쇄한 열매에 3배량의 물을 가하여 12시간동안 조점질물을 추출하였다. 추출한 조점질물을 에탄올 농도 50~90%되도록 조절하여 점질물의 회수율을 조사하였다. 분리한 점질물을 동결건조하여 성분 분석 시료로 사용하였다.

나. 점질물의 특성

1) 점도

점도 특성은 증류수에 점질물을 녹여 0.1~1.2%까지 Hakke Rotovisco Viscometer(Model RV 20)를 사용하여 측정하였다. 측정은 15℃, 1,000rpm에서 1분 후 Tau(Pa)를 측정하였다.

2) 우론산과 kalson lignin 함량

손바닥선인장유래의 점질물을 amylase와 amyloglucosidase로 순차적으로 반응시켜 전분을 제거한 후 80% 에탄올로 가용물질과 불가용물질을 분리한 후 황산으로 가수분해하는 AOAC법⁽²⁵⁾으로 조사하였다.

3. 선인장 색소의 특성

가. 손바닥선인장 색소의 추출

동결건조한 손바닥선인장 줄기 및 열매 분말 50g에 각각 ethanol과 acetone을 넣고 24시간 침지시켜 추출하였다. 추출은 10배의 용매와 함께 3회 반복하였으며 각 추출물을 Whatman No.2로 여과하여 얻어진 여액을 모아 진공농축기(Rotavapor R-114, BUCHI)를 사용하여 40℃에서 감압 농축하여 용매를 전부 제거하여 실험 목적에 따라 사용하였다. 즉 손바닥선인장 색소의 추출은 극성 용매인 물, 알코올, 아세톤으로 추출하면서 추출 특성을 조사하였다.

나. 손바닥선인장 색소의 정제

신선한 손바닥선인장 열매를 끓는 물에서 blanching 하여 효소를 불활성화시켜 파쇄하여 파쇄한 열매에 3배량의 증류수를 가하여 4℃에서 12시간 3회 반복하여 색소를 추출하였다. 색소 추출물을 4℃, 7,000 rpm으로 원심 분리하여 상등액을 취하여 abs. ethanol을 90%되도록 가하여 10분 동안 stirring한 후 원심 분리한 후 여과하여 침전된 점질물을 제거하였다. 색소 추출액을 일정량까지 농축 후 동결건조하여 색소의 안정도 시료로 사용하였다.

다. 색소의 안정도 조사

1) pH에 의한 영향

동결건조 색소를 pH 2.5에서 7.0의 Macvaine buffer에 0.08% 농도로 녹여 cap test tube에 넣어 100℃에서 5분 간격으로 15분 동안 끓는 물에서 가열 후 얼음물에서 급랭하여 spectrophotometer로 540nm에서 색소 잔존율을 조사하였다⁽²⁹⁾. 또한 각 시간별로 가열 처리한 cap test tube를 4℃에서 24시간 저장하여 24시간 후 색소 재생율을 측정하였다.

2) 아미노산에 의한 영향

Macvaine buffer에 녹인 색소액에 L형의 arginine, alanine, cysteine, cystine, glutamic acid, glutamine, proline, taurine, tyrosine을 200ppm 농도가 되도록 첨가한 후 100℃에서 15분 동안 가열 후 급랭하여 spectrophotometer로 540nm에서 색소 잔존율을 조사하였다⁽²⁹⁾.

3) 폴리페놀화합물에 의한 영향

위에 언급한 색소를 Macvaine buffer에 녹여 p-hydroxy benzoic acid, chlorogenic acid, gentistic acid, salicylic acid, gallic acid를 200ppm 농도가 되도록 첨가한 후 100℃에서 15분 동안 가열 후 급랭하여 spectrophotometer로 540nm에서 색소 잔존율을 조사하였다⁽²⁹⁾.

4) 아스코르브산과 그 유도체에 의한 영향

Macvaine buffer에 녹인 색소액에 ascorbic acid와 Na-ascorbate, Ca-ascorbate, Mg-ascorbate를 200ppm 농도가 되도록 첨가한 후 100℃에서 15분 동안 가열 후 급랭하여 spectrophotometer로 540nm에서 색소 잔존율을 조사하였다⁽²⁹⁾.

5) 당알코올에 의한 영향

Macvaine buffer에 녹인 색소액에 erythritol, lactitol, maltitol, mannitol, sorbitol, xylitol을 200 ppm 농도가 되도록 첨가한 후 100℃에서 15분 동안 가열 후 급랭하여 spectrophotometer로 540nm에서 색소 잔존율을 조사하였다⁽²⁹⁾.

4. 손바닥선인장을 첨가한 식빵의 품질 특성

가. 식빵의 제조

손바닥선인장 열매와 줄기 분말을 각각 3, 6 및 9%를 제빵용 강력분에 첨가하여 고려당(주)에서 제조하였으며, 이때 사용한 강력분의 수분함량은 12.1% 였다.

나. 손바닥선인장 함유 식빵의 색도 측정

식빵을 1시간 동안 실온에서 방냉시킨 후 색차계(Color Quest II, Hunter Lab, USA)로 L(명도), a(적색도), b(황색도)값을 측정하였다.

다. 손바닥선인장 함유 식빵의 기호도 측정

식빵을 1시간 동안 실온에서 방냉시킨 후 훈련된 20명의 관능검사 요원으로 하여금 외관, 맛, 조직감, 전반적인 기호도에 대하여 9점 평가법으로 관능검사를 실시하였다⁽³⁰⁾. 각 항목에 대하여 1(대단히 나쁘다)에서 9(대단히 좋다)까지의 점수를 사용하여 평가하였다. 관능검사 결과는 ANOVA에 의해 분석하였으며⁽³¹⁾, 유의성 검정은 Student Newman Keuls Test를 사용하였다⁽³²⁾.

라. 저장 중 손바닥선인장 함유 식빵의 조직감의 변화 측정

4℃의 항온기에 손바닥선인장 함유 식빵을 3일 동안 저장하면서 1일 간격으로 TA-XT2 Texture analyser(Texture Technologies Corp. Scardale, NY)를 이용하여 조직감을 측정하였다.

5. 손바닥선인장을 첨가한 생면의 품질특성

가. 실험 재료

손바닥선인장 열매와 줄기는 북제주군 농업기술센터에서 '98년 2월에 재배, 수확한 것을 동결건조하여 시료로 사용하였다. 동결건조 전에 시료를 chopper로 파쇄한 후 동결건조하였으며, 동결건조한 시료를 다시 chopper로 파쇄한 후 hammer mill로 분쇄하여 체로 친 후 200mesh 이하의 손바닥선인장 동결건조분말을 생면 제조에 사용하였다. 제면용 중력분 밀가루(백선표, 제일제당주식회사)와 소금(샘표)은 시중에서 구입하여 사용하였다. 동결건조하여 사용한 손바닥선인장의 열매와 줄기의 수분함량은 9.3과 5.9%였으며, 조단백은 4.2와 8.5%, 조지방은 1.4와 1.2%, 조섬유는 12.1과 20.1% 였다.

나. 선인장 첨가에 따른 밀가루의 아밀로그래프

손바닥선인장의 열매와 줄기는 수분 함량을 고려하여 국수 제조용 밀가루에 각각 3, 6 및 9% 첨가한 후 Medcalf와 Gilles의 방법⁽³³⁾으로 Viscograph(Brabender, Germany)를 사용하여 호화양상을 측정하였다. 각 시료를 10% 농도(건량기준)의 현탁액으로 만들고 35℃부터 95℃까지 분당 1.5℃의 속도로 가열하고 95℃에서 15분간 유지한 다음 분당 1.5℃의 속도로 50℃까지 냉각하였다. 아밀로그래프로부터 호화개시온도, 최고점도, 최고점도에 도달하는 시간, 95℃에서 15분 후의 점도 및 최종점도를 구하였다.

다. 생면의 제조

수분함량을 고려한 손바닥선인장의 열매와 줄기를 국수 제조용 밀가루에 3, 6 및 9% 첨가하였다. 손바닥선인장을 첨가한 시료 200g에 물(30%)과 소금(2%)을 첨가하여 5분간 반죽한 다음 3시간동안 실온에 방치한 후, 5~6 단계의 롤러를 통과시켜 약 2.5mm 두께의 면대를 형성한 후, 국수제조기(Dabo Industry Co., Korea)로 최종 2.0×2.0mm 굵기의 생면을 제조하였다.

라. 생면의 조리시험

생면의 조리시험은 Collado 등⁽³⁴⁾의 방법에 따라 실시하였다. 생면 50g을 500ml의 끓는 증류수에 넣고 5분간 조리 후 건져서 흐르는 냉수에 1분간 냉각시킨 후 2분간 방치하여 생면의 중량을 계산하였다. 생면의 부피는 생면의 중량을 측정된 직후 500ml의 증류수를 채운 1ℓ용 mess cylinder에 담근 후 증가 부피를 구하였다. 조리손실은 생면을 조리하고 남은 조리액을 미리 항량을 구한 500ml beaker에 담아 건조시켜 함량을 측정하였다.

마. 생면의 색도 측정

조리 전, 후 생면의 색도는 Color Quest II(Hunter Lab, USA)를 사용하여 L(명도), a(적색도) 및 b(황색도) 값을 측정하였다.

바. 생면의 조직감 측정

조리한 생면의 조직감은 TA-XT2 Texture analyser(Texture Technologies Corp. Scardale, NY)를 사용하여 측정하였다. 5분간 조리 후 건져서 흐르는 냉수에 1분간 냉각시킨 후 2분간 방치하여 물을 뺀 후 3개의 면가닥을 platform에 나란히 올려놓은 다음 직경 3cm, 두께 0.5cm의 원형 probe를 사용하여 측정하였다. 각 시료의 조직감은 6회 측정하여 평균 값을 구하였다.

사. 관능검사

조리한 국수의 관능검사는 18명의 훈련된 관능검사 요원을 대상으로 조리 직후 9점 소비자 기호 척도법으로 평가하였다. 밀가루에 선인장 열매와 줄기를 3, 6 및 9% 첨가하여 만든 선인장 국수를 외관, 맛, 조직감, 전반적인 기호도의 항목에 대하여 1(대단히 나쁘다)에서 9(대단히 좋다)까지

의 점수를 사용하여 평가하였다. 관능검사 결과는 ANOVA에 의해 분석하였으며⁽³¹⁾, 유의성 검정은 Student Newman Keuls Test⁽³²⁾를 사용하였다.

아. 저장 중 세균수의 변화

제조 직후 생면 20g을 polyethylene 필름(두께 0.1mm)에 넣어 합기포장하여 4℃와 20℃의 incubator에 저장하였다. 생면의 세균수는 plate count agar 배지(Difco)를 이용하여 30℃에서 48시간 배양한 다음 집락의 수를 시료 g당 세균수(CFU/g)로 표시하였다.

6. 손바닥선인장의 열매를 첨가한 요구르트의 제조 및 특성

가. 실험 재료

사용균주는 *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium logum*과 *Lactobacillus acidophilus*의 혼합균주(Hansen)를 사용하였다. 우유와 탈지분유는 M사에서 생산된 것을 대리점에서 구입하여 사용하였으며, 동결건조한 손바닥선인장 열매 분말은 선인장 마을에서 구입하여 사용하였다.

나. 요구르트의 제조

원유, 탈지분유, 선인장 분말(200mesh 이하)과 물을 고형분 함량이 15%되도록 혼합하여 2분 동안 homogenizer로 균질화한 후 85℃에서 30분간 살균하였다. 살균된 기질을 40℃로 방냉한 다음 혼합젖산균주를 0.2% 접종하여 40℃의 항온기에서 발효시켰다. 손바닥선인장 분말의 첨가량은 예비실험 결과 1%이상 첨가하였을 때 curd의 분리 현상이 일어났기 때문에 0.1, 0.3, 0.5, 0.7%를 첨가하여 제조하였다.

다. pH와 적정산도

젖산균의 산 생성을 조사하기 위해 시료 10g을 취하여 증류수 40ml 가한 후 pH는 pH meter(HANNA HI 9321)로 측정하였고⁽³⁵⁾, 적정산도는 0.1 N NaOH로 pH 8.1까지 적정하여 젖산으로 환산하였다⁽³⁶⁾.

라. 세균수의 측정

적정농도로 희석한 시료 1ml를 BCP agar를 이용하여 plate count법으로 37℃에서 48시간 배양 후 나타난 황색 colony 수를 측정 비교하였다.

마. 점도 측정

발효중인 요구르트의 점도는 Hakke Rotovisco Viscometer(Model RV 20)를 사용하여 측정하였다. 측정은 측정온도인 9℃로 냉각시킨 요구르트를 1,000rpm에서 1분 후 Tau(Pa)를 측정하였다.

바. 관능검사

손바닥선인장 열매를 첨가한 요구르트의 관능검사는 색, 향, 맛, 점도, 종합적 기호도에 대하여 각 항목별로 최저 1점, 최고 9점으로 다단계 평가하여⁽³⁰⁾ 시험구간의 유의성 차를 다중검정(Duncan's multiple range test)하였다⁽³¹⁾. 관능검사요원은 15명의 검사원을 예비실험을 통해 미리 훈련시킨 후 7일간 7회에 걸쳐 검사를 실시하였다. 당 첨가량의 설정을 위해서는 손바닥선인장 열매를 0.3% 첨가하여 6시간 발효한 요구르트에 설탕 9, 12, 15, 18%를 첨가하여 같은 방법으로 관능검사를 실시하였다.

7. 휴대용 레트로트 파우치 제품 개발

가. 휴대용 레트로트 파우치 제품의 제조공정 설정

예비실험 결과 당/산 비에 따른 맛에 있어 가장 좋게 나타난 당농도인 20 °brix의 올리고당에 수용성 비타민(B₁, B₂, C, niacin, B₆, folate)의 일일 권장량을 첨가하여 녹인 후 손바닥선인장 열매 분말을 3.5% 혼합하였다. 혼합한 올리고당액을 균질기로 5,000rpm에서 2분간 교반하여 제품을 제조하였다. 올리고당에 수용성 비타민, 선인장 열매 분말만을 사용하였을 때 손바닥선인장 유래의 풀냄새를 억제하고 맛을 개선하기 위해 한약재의 소재로는 천궁을, 감귤류의 소재로는 영귤을 이용하였다.

나. 휴대용 레트로트 파우치 제품의 맛 개선 시험

천궁 유래의 맛을 추출하기 위해 천궁과 50 °brix 마나톨 용액을 1:9(W/V)의 비율로 혼합한 후 24시간 실온에서 추출하면서 시간에 따른 추출수율을 조사하였다. 추출수율은 50 °brix 마나톨 용액의 증가하는 °brix로 측정하였다. 마나톨 용액을 20 °brix로 희석하였을 때 천궁에 의한 적절한 맛 개선효과를 보기 위해 천궁 : 50 °brix 마나톨 용액을 0.5 : 9.5, 1 : 9, 1.5 : 8.5(W/V)로 혼합하여 추출한 후 천궁 유래의 맛을 추출한 마나톨 용액을 최종 20 °brix로 조정하여 제조공정에서 설정한 방법으로 제조하여 적정 천궁 비율을 관능검사 방법⁽³⁰⁾으로 설정하였다. 영귤은 압착기로 압착

하여 착즙한 후 착즙원액을 20 °brix의 마나톨 용액에 3.0, 4.0, 5.0% 첨가하여 관능검사방법으로 적정 영귤 첨가량을 설정하였다.

다. 가열 온도에 따른 세균수와 색도의 측정

위에 언급한 방법으로 제조한 손바닥선인장 제품 20g을 파우치에 넣어 sealing한 후 60, 70, 80 및 90℃에 도달할 때까지 가열하여 꺼낸 후 즉시 냉각하여 각 온도별 총균수와 색도를 측정하여 가열에 따른 세균수와 색도를 조사하였다.

라. 저장에 따른 파우치 제품의 품질 특성

적정 비율로 선정된 천궁 0.5와 50 °brix 마나톨 용액 9.5의 비율로 24시간 실온에서 추출한 후 최종 20 °brix로 조정한 당액에 일일 권장량의 수용성 비타민과 손바닥선인장 열매 분말을 3.5% 혼합하여 균질기로 교반하여 천궁 함유 제품을 제조하였다. 또한 영귤의 적정 첨가량으로 설정된 4.0%의 영귤을 함유한 20 °brix의 마나톨에 일일 권장량의 수용성 비타민과 선인장 열매 분말을 3.5% 혼합하여 같은 방법으로 제품을 제조하였다. 제조한 천궁과 영귤 함유 제품 각각을 20g씩 투명 레트로트 파우치에 넣어 sealing한 후 90℃에서 30초간 살균한 후 30℃의 incubator에서 저장하면서 색도와 관능검사를 실시하였다.

8. 손바닥선인장 주류의 개발

가. 실험 재료

주류제조에 필요한 선인장열매와 줄기는 제주도 한림소재의 선인장마을에서 공급받았으며, 와인제조에 사용한 선인장열매분말은 동결건조분말을 사용하였다. 선인장 열매와 줄기 중에서 외상이 없는 것을 선별하여 다용도 착즙기로 착즙한 후 개별 포장하여 냉동고에 보관하면서 필요시 원료로 사용하였다. 칩출주 제조에 사용한 주정은 대한주정판매주식회사에서 구입하였으며, 알코올 함량은 95%였다. 쌀은 일반미를 사용하였으며, 칩출주 희석과 양조에 사용한 담금수는 설악크리스탈 생수를 사용하였다. 첨가물로 사용한 ascorbic acid는 Shinyo사(일본)의 특급제품을 사용하였다. 약주제조에 사용한 누룩은 국순당(경기도 화성군)의 개량곡자와 중앙곡자(충북 제천)의 시판 곡자 및 제주도 재래시장에서 구입한 오메기 약주용 곡자를 사용하였으며, 효모는 국순당 효모와 송천효모개발연구소(충남 청양군)의 배양효모를 사용하였다.

나. 침출주제조

주정을 활성탄을 사용하여 탈취한 후 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 및 90%로 희석하여 선인장열매와 줄기를 각각 5%가 되도록 첨가하고 6주간 암소에서 침출시킨 다음 각 침출액의 알코올 농도가 20%가 되도록 희석하여 다시 7주간 암소에서 저장하여 침출주를 제조하였다. 각 침출주는 9명의 관능검사요원에 의하여 기호도를 측정하여⁽³⁰⁾ 최적 침출 알코올 농도를 조사한 후, 선인장열매에 함유된 적색색소의 퇴색을 방지하기 위하여 ascorbic acid를 0.15% 가하였으며, 기호도를 증가시키기 위하여 백설탕과 구연산을 첨가하였다.

다. 약주 제조

국순당, 중앙곡자 및 오메기 약주용 곡자의 3종류의 곡자와 국순당 효모와 송천 배양효모를 각각 조합하여 6종류의 약주(백미 2kg, 효모 20g, 누룩 80g, 생수 2.4 l /25°C, 7일)를 제조하고 관능검사를 실시하여, 알코올 생성능과 향기가 좋은 곡자와 효모를 선택하여 선인장약주 제조에 사용하였다. 선인장약주는 멥쌀을 원료로 하여 2단 담금시 멥쌀에 대하여 선인장열매와 줄기를 각각 5% 첨가하는 방법으로 제조하였다. 선인장열매 약주는 적색색소의 퇴색을 방지하기 위하여 2단 담금시 ascorbic acid를 0.15% 가하였다.

라. 와인 제조

선인장열매의 동결건조 분말을 25% 설탕용액에 0.5% 첨가하고 고려대학교 보건대학 식품영양과에 보존종인 *Saccharomyces ellipsoideus*를 YM broth (Difco)에 2일 배양한 것을 starter로 사용하여 설탕용액에 대하여 2% 접종하여 제조하였다. 선인장열매에 함유된 적색색소의 퇴색을 방지하기 위하여 ascorbic acid를 0.15% 가하였다.

마. 알코올 함량, pH, 산도측정

각 주류제조 중 ethanol 함량은 비중측정법에 의해 측정하였다⁽³⁷⁾. 즉, 시료 100ml을 정확히 취하여 냉각관을 통과한 증류액이 70ml가 될 때까지 증류한 후 증류수를 가하여 100ml이 되도록 하였다. 이 증류액을 잘 혼합하여 온도를 측정하고 주정계를 사용하여 알코올 함량을 측정하였다. 시료의 알코올 함량은 주정온도보정 표에 의거하여 15°C에서의 알코올 함량으로 환산하여 나타내었다. pH와 산도는 국제청기술연구소주류분석규정⁽³⁷⁾에 의하여 측정하였다.

바. 곡자의 미생물 수와 당화력 측정

곡자를 과쇄하고 이를 생리적 식염수에 10진 희석하여 곰팡이와 효모 수는 YM agar 평판배지를 사용하여 생균수를 측정하였으며, 일반세균수의 측정에는 표준평판한천배지를 사용하였다. 곡자의 당화력과 산당화력은 국제청기술연구소주류분석기준⁽³⁷⁾에 준하여 측정하였다.

9. 기존 제품의 품질 고급화 연구

가. 솔비톨을 이용한 손바닥선인장 분말 과립 제조

솔비톨은 포도당에 수소 첨가하여 얻어지는 당으로 설탕의 약 50% 정도의 단맛을 갖고 있으며, 솔비톨은 혈당으로 전환되지 않기 때문에 당뇨병 환자를 위한 감미료, 식이 감미료(dietetic sweetner)로 사용되고 있다⁽³⁸⁾. 일반적으로 과립에 사용하는 당은 포도당과 유당이며, 포도당과 유당을 이용한 과립은 당뇨병자들이 섭취할 수 없는 단점이 있어 이를 개선하고자 솔비톨에 손바닥선인장을 부착시켜 과립을 성형시키는 제조방법을 개발하고자 하였다. 과립의 제조는 20~60mesh의 솔비톨 분말에 분말 성형제를 5~40%를 첨가하여 잘 혼합한 후 손바닥선인장 분말을 5~40%를 첨가하여 다시 분말 성형제에 잘 혼합된 솔비톨 분말에 선인장 분말을 흡착시켜, 손바닥선인장 분말이 흡착된 솔비톨을 50~80℃의 열풍건조기로 건조시켜 과립화하였다.

1) 분말 비결착제 농도별 과립 특성

솔비톨 분말이 분말 성형제 첨가 농도별 영기는 크기를 10mesh의 체로 친 후 체위에 남아 있는 양을 조사하여 체로 치기 전 총중량에 대한 중량을 백분율로 표시하였다.

2) 솔비톨 과립의 맛 개선 시험

솔비톨 분말을 만들 때 맛을 향상시키기 위해 솔비톨 분말에 과일 향이나 한약향을 첨가하여 맛을 향상시키고자 하였다. 선인장을 코팅한 솔비톨 과립에 맛을 향상시키기 위해 혼합하기 전 한약향 0.5%와 과일향 0.5%를 첨가하여 제조한 과립의 기호도를 관능검사 9점 척도로 측정하였다. 즉 관능검사는 색, 향, 맛, 종합적 기호도에 대하여 각 항목별로 최저 1점, 최고 9점으로 다단계 평가하여 시험구간의 유의성차를 다중검정(Duncan's multiple range test)하였다^(30,31). 관능검사요원은 15명의 검사원을 예비실험을 통해 미리 훈련시킨 후 실시하였다.

10. 선인장 줄기 및 열매 추출물의 항균 효과

가. 실험 재료

본 실험에 사용된 손바닥선인장의 줄기와 열매는 북제주군 한림읍에서 재배한 것을 구입하였고, 수세 및 탈수과정을 거쳐 동결 및 건조한 분말을 시료로 사용하였다.

나. 시료추출

선인장 줄기 및 열매분말 50g에 각각 methanol, ethyl acetate, n-hexane, acetone을 넣고 24시간 침지시켜 추출하였다. 추출은 10배의 용매와 함께 3회 반복하였으며 각 추출물을 Whatman No.2로 여과하여 얻어진 여액을 모아 진공농축기(Rotavapor R-114, BUCHI)를 사용하여 40℃에서 감압 농축하여 용매를 전부 제거한 후 다시 농도가 300mg/ml가 되도록 용매에 녹여 항균력을 측정하였다.

다. 사용 균주 및 배지

본 실험에는 그램 양성 세균 16종과 그램 음성 세균 4종을 사용하였다. 균주들은 각각의 액체배지에 접종하여 적정 온도에서 24시간 동안 3회 반복하여 전배양을 행한 후 사용하였다. 사용된 균주와 배지는 Table 1에 나타내었다.

라. 항균활성 측정

항균활성은 paper disk법으로 측정하였다⁽³⁹⁾. 액체배지 5ml에 24시간 배양한 균주를 top agar(0.75%)에 0.1% 접종하여 agar plate 위에 덮고 paper disk(8mm, Whatman)를 올려놓은 다음 추출물을 30 μ l씩 spotting한 후 24시간 배양하여 disk 주위에 나타난 clear zone의 크기로 항균력을 측정하였다. 또한 각각의 용매가 사용균주에 미치는 효과를 검토하기 위하여 각각의 용매 30 μ l 처리구를 대조구로 하였다.

11. 손바닥선인장의 열매 분말의 변비 개선 효과

가. 실험 재료

동결건조한 손바닥선인장 열매 분말은 선인장 마을에서 구입하여 사용하였다.

Table 1. Indicator strains and growth condition for test of antimicrobial activity

	Indicator strains	Media	Temp.(°C)	
Gram(+)	<i>Streptococcus mutants</i> KFRI 1171	BHI	37	
	<i>Enterococcus faecalis</i> var. <i>liquefaciens</i> KFRI 675	MRS	37	
	<i>Staphylococcus aureus</i> KFRI 219	TSB	37	
	<i>Bacillus subtilis</i> KFRI 183	NA	30	
	<i>Micrococcus luteus</i> KFRI 454	NA	30	
	<i>Listeria monocytogenes</i> KFRI 799	BHI	37	
	<i>Pediococcus cerevisiae</i> KFRI 438	MRS	37	
	<i>Lactobacillus plantarum</i> NCDO 955	MRS	37	
	<i>L. reuteri</i> KFRI 661	MRS	37	
	<i>L. delbruekii</i> KFRI 149	MRS	37	
	<i>L. fermentum</i> KFRI 164	MRS	37	
	<i>L. sake</i> KFRI 816	MRS	30	
	<i>L. bulgaricus</i> KFRI 425	MRS	37	
	<i>L. casei</i> KFRI 196	MRS	37	
	<i>L. pentosus</i> KFRI 481	MRS	37	
	<i>Propionobacterium acnes</i> ATCC 6919	YGB	30	
	Gram(-)	<i>Escherichia coli</i> KFRI 272	NA	37
		<i>Escherichia coli</i> O157:H7	TSB	37
<i>Salmonella typhimurium</i> KFRI 191		NA	37	
<i>Pseudomonas fragi</i> KFRI 462		TSB	30	

나. 캡슐의 제조

캡슐제조기에 세로로 세운 빈 캡슐 위에 동결건조한 손바닥선인장 열매분말을 쏟아 부어 충전하였으며, 각 캡슐내 분말의 충전량은 빈 캡슐 무게를 뺀 무게로 하였으며, 10개의 평균값으로 하였다.

다. 변비개선효과 조사

변비가 있는 성인 남녀를 무작위로 16명 선발하여 실험 패널로 하였으며, 2차에 걸쳐 변비 개선 효과를 조사하였다. 즉 1차 조사에서는 10일간 손바닥선인장 열매분말 353mg씩 들어있는 capsule을 식후 3알씩 복용시켜 2~3일 마다 변비 효과를 살펴보았다. 1차 조사 후 복용량을 감소시켰을 때 효과를 보기 위해 1차 조사 후 10일 후에 1주일간 480mg씩 들어있는 capsule을 식후 1알씩 복용시켜 2~3일 마다 변비 효과를 살펴보았다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 손바닥선인장 가공을 위한 전처리 조건과 가공특성 조사

가. 손바닥선인장 열매의 peeling 시험

15% HCl를 사용하는 산박피와 3% NaOH를 사용하는 알칼리 박피를 행하였다. 즉 85℃로 가열하면서 5분 간격으로 시료를 취하여 peeling의 조건을 육안과 중량법으로 조사한 결과는 Table 2에 나타내었다. 육안 검사에서 3% NaOH를 처리하였을 때 10분까지는 박피가 이루어지지 않았으나 15분 경과 후부터 부분 박피가 이루어 졌다. 20분 처리시 완전 박피가 이루어 졌으나 25분 박피시 과도하게 박피되어 과육부분이 물리지는 경향을 보였다. 이러한 경향은 중량법으로 측정된 무게 손실분에서 15분까지 무게 손실이 없다가 15분에서 2.5%의 손실이 발생되었고, 20분 처리시 5.0%, 25분 처리시 10.0% 무게 손실이 발생되었다. 이러한 결과에서 과육에 대한 과피의 구성비는 약 5%이며, 5% 이하에서는 부분박피가 이루어 진 것을 나타내며 그 이상에서는 과육이 부분적으로 몽그러지는 것을 나타내는 것으로 생각 할 수 있다. 한편 HCl을 사용하는 산박피의 경우 껍질의 박피가 잘 안되고 조직이 무너지는 경향이 있었다. 산과 알칼리 박피 처리 중 알칼리 박피법으로 20분 정도 처리하면 껍질을 벗길 수 있었다. 일반적으로 과일과 야채의 박피법⁽²⁴⁾에는 칼을 이용하는 박피법, 증기나 열탕을 이용하는 박피법, 알칼리나 산을 이용하는 약제 박피법이 있다. 이중 알칼리 박피법은 수산화나트륨이나 탄산나트륨을 이용하는 것으로 사용농도는 1~3% 정도로 알려져 있다⁽²⁴⁾. 산박피법은 염산 또는 황산 용액에 침지하여 박피하는 것으로 감귤류 이외의 박피에 널리 사용되고 있으나⁽²⁴⁾, 손바닥선인장 열매의 박피에는 적당하지 않은 것으로 나타났다.

Table 2. Peeling pattern and weight loss of nopal by alkali and acid treatments

Treatments time(min)		0	5	10	15	20	25
alkali	eye inspection	no peeling	no peeling	no peeling	partial peeling	peeling	over-peeling
	weight loss(%)	0	0	0	2.5	5.0	10.0
acid	eye inspection	no peeling	no peeling	no peeling	partial peeling	flesh erosion	flesh over-erosion
	weight loss(%)	0	0	0	3.5	9.7	20.0

나. 선인장 동결건조분말의 식이섬유 함량 측정

손바닥선인장 열매와 줄기를 세척 후 chopper로 파쇄하여 동결건조한 200mesh 이하의 손바닥선인장 열매와 줄기의 식이섬유 함량은 Table 3과 같았다.

Table 3. Dietary fiber contents of freeze-dried nopal and nopalitos powders

Samples	Total dietary fiber(%)	Soluble dietary fiber(%)	Insoluble dietary fiber(%)
Nopalitos	46.1	4.3	35.9
Nopal	36.6	17.1	16.6

줄기의 경우 TDF 함량은 46.1%, SDF는 4.3%, IDF는 35.9%로 주로 불용성 식이섬유로 구성되어 있으며, 열매의 경우 TDF 함량은 36.6%, SDF는 17.1%, IDF는 16.6%로 주로 수용성 및 불용성 식이섬유의 함량은 유사하나 수용성 식이섬유가 많았다. 또한 줄기의 수용성 식이섬유 함량이 4.3%에 비해 열매의 수용성 식이섬유 함량은 17.1%로 줄기보다 약 4배 이상 많았다. 국내 상용 식품의 식이섬유 함량을 분석한 황 등의 보고⁽⁴⁰⁾에 따르면 곡류의 총 식이섬유 함량은 4.78%, 감자와 전분은 2.56%, 당류는 1.94%, 두류는 10.81%, 견과류는 9.70%, 고추와 같은 향신료는 15.76%, 음료는 4.98%가 존재한다고 하였다. 이 중 총식이섬유가 많은 식품을 보면 보리곡류가 17.88%, 두류중 노란콩이 21.05%, 검정깨가 21.34%, 고춧가루가 39.37%, 산초분말이 52.43% 존재한다고 하였다. 따라서 손바닥선인장에는 다른 식물체에 비하여 총식이섬유 함량이 비교적 높다고 할 수 있다.

다. 손바닥선인장 동결건조분말의 수분 보유력

동결건조한 200mesh 이하의 손바닥선인장 열매와 줄기의 수분흡수 특성은 Table 4와 같았다. 줄기의 수분흡수량은 g당 22.9~26.2g으로 강산성이나 알칼리 부분에서 약간 감소하는 경향을 보였다. 한편 열매는 줄기보다 g당 약 10g 정도를 더 많이 수분 흡수하였으며, 강산성인 pH 2 에서는 줄기와 유사한 수분 흡수 특성을 보였고, pH가 증가함에 따라 수분 흡수량이 증가하는 경향을 보였다. 열매의 경우 수분 흡수량은 g당 24.6~36.1 g이었다. 식이섬유는 일반적으로 자기 무게 4배의 물을 흡착한다고 하며⁽⁴¹⁾, 입자 size가 작을수록 수분 보유력이 증가한다고 보고되어 있다⁽⁴²⁾. 따라서 손바닥선인장의 수분 보유력은 다른 소재의 식이섬유보다 높아 좋은 식이섬유 소재가 될 수 있는 가능성을 보여주는 것으로 생각되었다.

Table 4. Water absorption properties of nopal and nopalitos powders under various pH

pH	(unit : g)						
	2.0	3.1	4.0	5.0	6.2	7.1	8.2
Nopalitos	23.7	26.0	25.0	25.2	25.0	22.9	23.9
Nopal	24.6	33.3	33.5	33.8	34.7	35.0	36.1

라. 손바닥선인장 동결건조 분말의 유지 보유력

동결건조한 200 mesh 이하의 손바닥선인장 열매와 줄기의 유지 흡수 특성은 Table 5와 같았다. 줄기의 유지 흡수량은 g당 1.9g 으로 수분 흡수량에 비하여 13배 낮았으며, 열매의 유지 흡수량은 g당 1.4g 으로 수분 흡수량에 비하여 25배 낮았다. 유지 흡수량은 줄기가 열매보다 1.3배 많았다. Table고버섯 균사체의 식이섬유 g당 유지 보유력은 2.03~2.77g 이라는 이 등의 보고⁽⁴³⁾에 비추어 표고버섯 균사체보다 유지 보유력은 상대적으로 낮게 나타났으며, 유지 보유력은 수분 보유력에 비하여 상대적으로 낮게 나타난다는 보고와 유사하였다⁽⁴³⁾. 그러나 일반 가공 식품은 물과 기름을 모두 함유하고 있어 식품가공용으로 손바닥선인장 분말을 사용시에는 기름 함량이 많은 식품은 기름이 분리될 가능성이 있다고 할 수 있다.

Table 5. Oil absorption properties of nopal and nopalitos powders

Samples	Oil absorption properties(g)
Nopalitos	1.9
Nopal	1.4

마. 선인장 열매의 성숙단계별 성분조사

손바닥선인장 열매를 '97년 12월부터 '98년 2월까지 약 20일 간격으로 채취하여 동결건조한 다음 과육과 씨를 분리하여 각각의 일반성분을 분석한 결과는 Table 6과 7에 나타내었다.

손바닥선인장 열매의 일반성분 중 단백질은 6.5%에서 5.7%로, 회분은 16.7%에서 12.5%로, 지방은 4.8%에서 3.5%로, 조섬유는 5.0%에서 3.8%로 모두 감소하였으며, 씨의 경우 이와는 달리 단백질은 8.6%에서 10.2%로, 지방은 11.6%에서 13.1%로 증가하였으나, 조섬유는 51.0%에서 45.6%로 감소하였고 회분은 2.5~2.7%로 큰 차이가 없었다. 손바닥선인장 열매의 경

우 익어감에 따라 단백질, 회분, 지방, 조섬유 등이 감소하나, 당류와 같은 가용성 무질소 화합물은 상대적으로 증가하였다. 손바닥선인장 씨에 존재하는 지방 함량은 12.5~16.5%를 나타내어 유지 종실로 사용되는 참깨와 대두의 지방 함량이 40% 이상인 점⁽³⁾에 비추어 손바닥선인장 씨를 이용한 식용유지의 제조는 경제성이 없을 것으로 판단되었다.

Table 6. Proximate compositions of nopal by harvest days

(unit : % dry base)				
Harvest day	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Crude fiber
12/9	7.1	5.2	18.2	5.4
12/24	6.3	4.2	15.7	4.4
1/10	6.9	3.3	17.8	4.6
2/5	6.3	4.0	14.0	4.3

Table 7. Proximate compositions of nopal fruit by harvest days

(unit : % dry base)				
Harvest day	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Crude fiber
12/9	9.3	12.5	3.0	55.1
12/24	13.0	16.5	2.7	52.0
1/10	12.1	14.7	3.3	51.2
2/5	11.0	14.1	2.7	49.1

2. 점질물의 특성 및 분리 조건 조사

가. 알코올에 의한 점질물의 분리

손바닥선인장 열매를 blanching하여 파쇄한 열매에 3배량의 물을 가하여 12시간동안 추출한 조점질물을 에탄올 농도 40~90% 되도록 조절하면서 측정된 점질물의 회수율은 Table 8에 나타내었다. 알코올 농도가 높을수록 회수율이 증가하며, 에탄올 농도가 50%인 경우 회수율은 1% 미만이었으나, 90%인 경우 2.0%로 증가하였다. 알코올 농도 40%에서는 점질물의 침전이 없었으나, 알코올농도 50% 이상에서는 조금씩 침전하기 시작하여 알코올 농도가 높을수록 수율은 높았다.

Table 8. Mucilage contents isolated from nopal by ethanol concentrations

Concentration(%)	40	50	60	70	80	90
Yield(%)	0.00	0.10	0.95	1.32	1.84	2.00

나. 점질물의 특성

1) 점도

점도 특성은 물에 점질물을 녹여 0.1~1.2%까지 Hakke Rotovisco Viscometer(Model RV 20)를 사용하여 측정된 점도를 Table 9에 나타낸 것처럼 0.8% 농도에서는 20센티포이즈(CP), 1.2%에서는 105CP를 보였다. 농도가 증가함에 따라 점도도 증가하는 경향을 보였다.

Table 9. Viscosity properties of the mucilage isolated from nopal

Concentration(%)	0.0	0.1	0.5	0.8	1.0	1.2
Viscosity(CP)	0.00	3.3	13.3	20.0	75.2	105.0

2) 우론산과 kalson lignin 함량

손바닥선인장 유래의 점질물을 amylase와 amyloglucosidase로 순차적으로 반응시켜 전분을 제거한 후 80% 에탄올로 가용물질과 불가용물질을 분리한 후 황산으로 가수분해하여 측정된 점질물의 우론산과 kalson lignin의 함량을 Table 10에 나타낸 것처럼 각각 1.44%와 2.3%였다. 점질물을 분리하기 전 동결건조 한 열매분말에는 우론산과 kalson lignin 함량이 각각 0.70%와 3.5% 였으나 점질물만을 분리시 우론산은 약 2배 증가하였으나 kalson lignin 함량은 1.5배 감소하였다.

Table 10. Uronic acid and kalson lignin contents of the mucilage isolated from nopal

Samples	Uronic acid(%)	Kalson lignin(%)
Freeze-dried nopal	0.70	3.5
Freeze-dried nopalitos	0.79	4.5
Mucilage from nopal	1.44	2.3

3. 손바닥선인장 색소의 특성

가. 손바닥선인장 색소의 추출

손바닥선인장 줄기와 열매의 동결 건조 분말을 에탄올, 아세톤으로 추출시 Fig 1.에서처럼 663nm에서 큰 흡수대를 보여 클로로필 색소가 추출되는 경향을 보였으나 물로 추출시 660nm에서 흡수대가 보이지 않았다. 손바닥선인장의 주요 색소인 베타레인 색소를 추출하기 위해서 동결건조분말을 사용할 때 에탄올, 아세톤보다는 물로 추출하는 것이 좋았다. 그러나 물로 추출할 경우 손바닥선인장에 존재하는 점질물질도 함께 추출되므로 점질물질을 제거하여 색소의 순도를 높여야만 하였다. 따라서 위에서 점질물질의 특성 및 분리에서 도출한 알코올 90%를 이용하여 점질물을 제거하였을 때 총식이섬유 함량과 kalsion lignin, uronic acid 함량은 측정된 결과를 Table 11에 나타내었다. 총식이섬유 함량은 36.6%에서 2.1%로 약 95%가 감소되었으며, 우론산은 검출되지 않았고, 리그닌은 63% 정도가 감소하였다. 따라서 90% 알코올 처리에 의해 점질물질의 대부분이 제거되며, 보다 순수한 손바닥선인장 색소 용액만 남는 것으로 나타났다.

Table 11. Total dietary fiber, uronic acid and kalsion lignin contents of the freeze-dried nopal and the isolated color materials
(unit : %)

Samples	Total dietary fiber	Uronic acid	Kalsion lignin
Freeze-dried nopal	36.6	0.70	3.5
Color materials from nopal	2.1	0.00	1.3

나. 손바닥선인장 색소의 특성

1) pH에 의한 영향

동결건조 색소를 pH 2.5에서 7.0의 Macvaine buffer에 0.08% 농도로 녹여 100℃에서 15분 동안 가열하였을 때 색소 잔존율은 Fig. 2에 나타내었다. 색소의 안정성은 pH 5.2에서 가장 좋았으며, 가열시간이 길어짐에 따라 급격히 파괴되었다. 손바닥선인장의 색소 특성을 연구한 이 등⁽⁴⁵⁾은 산성조건에서 열매의 색은 밝은 적색을 유지하지만, pH 9 이상의 알칼리쪽으로 바뀔수록 색소의 변색과 동시에 노란색으로 변한다고 하였다. 그러나 본 실험에서는 pH 7.3까지 손바닥선인장 열매의 고유색을 유지하였다. 또한 김 등⁽²⁰⁾은 점질물질을 함유한 손바닥선인장 색소의 열안정성은 50℃에서

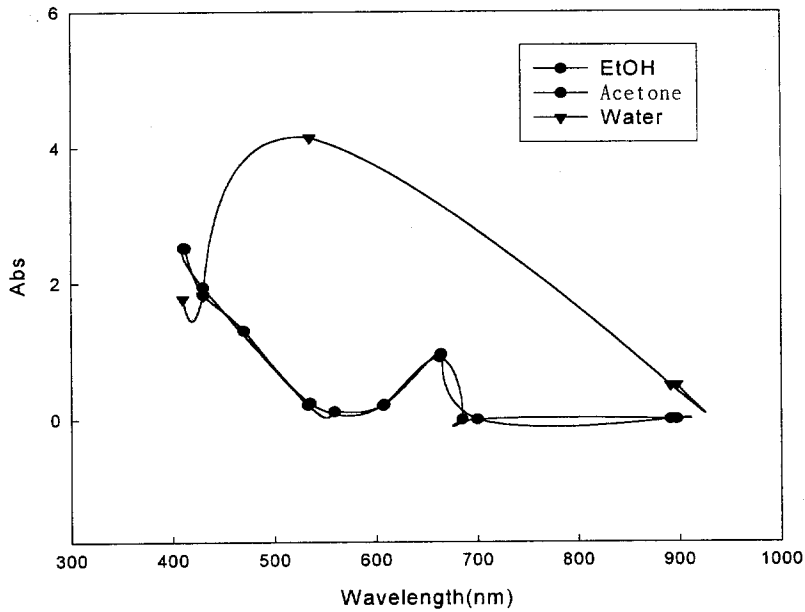


Fig. 1. Spectrophotometric properties of extracts obtained by ethanol, acetone and water from nopal

90℃까지 열처리하였을 때 반감기가 444.23 분에서 9.64 분으로 감소하여 온도가 상승함에 따라 열안정성이 저하된다는 보고하였다. 이러한 결과에 비추어 손바닥선인장은 알칼리쪽보다 산성쪽에서 더 안정하며, 가열온도가 높을수록 가열 시간이 길수록 색소의 파괴는 급속도로 빨라지는 사실을 알 수 있었다.

2) 아미노산에 의한 영향

L-arginine와 8종의 아미노산을 200 ppm 농도로 첨가하여 100℃에서 15분 동안 가열하였을 때의 색소 잔존율을 Table 12에 나타내었다. 대조구의 색소 잔존율은 pH에 따라 다르나 7.9~32.3% 였으며, pH 5 부근에서 잔존율이 가장 높았다. 대부분의 아미노산은 대조구와 유사하였으나 cysteine 만이 잔존율이 12.0~37.3%로 사용한 아미노산 중에서 가장 큰 효과를 보였다.

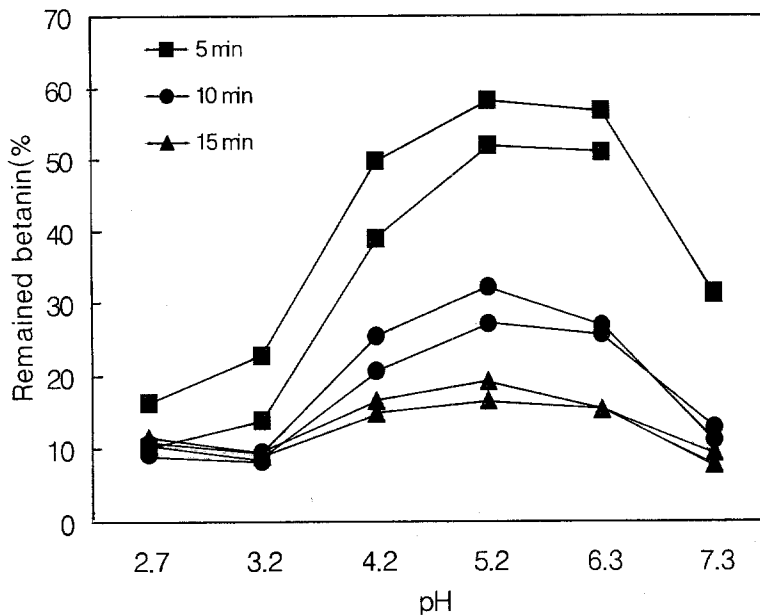


Fig. 2. Effects of heating time on stability and regeneration of betanin color extracted from *Opuntia ficus-indica* at different pH

Table 12. Remained percentages of betanin color containing amino acids by heat treatment at different pH

		(unit : %)					
pH		2.7	3.2	4.2	5.2	6.3	7.3
Amino acids	Control	9.2	10.0	18.4	32.6	27.0	13.8
	Alanine	9.3	10.5	18.8	31.7	26.5	13.4
	Arginine	9.1	10.4	19.4	32.2	26.2	13.0
	Cysteine	9.9	13.2	26.3	36.1	28.1	15.9
	Cystine	9.4	10.6	18.8	32.0	25.2	13.9
	Glutamic acid	9.2	10.3	18.5	31.8	26.0	13.7
	Glutamine	9.1	10.3	18.5	32.6	26.5	13.1

3) 폴리페놀화합물에 의한 영향

Chlorogenic acid 등 6종의 폴리페놀화합물을 200 ppm 농도로 첨가하여 100°C에서 15분 동안 가열하였을 때 색소 잔존율을 Table 13에 나타내었다. 사용한 폴리페놀화합물은 대조구와 유사한 색소잔존율을 나타내어 효과가 없었다. 김 등⁽²⁰⁾은 항산화제로 사용되는 propyl gallate를 손바닥선인장 색소에 첨가하여도 색소 안정성에는 효과가 없다는 보고와 유사한 결과를 보여 항산화 작용을 보이는 폴리페놀 화합물도 색소 안정성에는 적당한 첨가 소재가 아님을 알 수 있었다.

Table 13. Remained percentages of betanin color containing polyphenols by heat treatment at different pH

		(unit : %)					
pH		2.7	3.2	4.2	5.2	6.3	7.3
Poly-phenols	Control	10.1	9.9	18.9	29.6	28.0	12.8
	Gallic acid	10.2	9.8	17.8	28.7	27.5	23.4
	Benzoic acid	9.6	9.4	18.4	28.2	27.6	13.0
	Chlorogenic acid	9.7	9.5	18.1	28.3	27.1	15.9
	Gentisic acid	9.4	8.6	15.8	28.0	25.2	14.9
	Salicylic acid	10.1	9.3	17.5	28.8	27.0	12.7

4) 아스코르브산과 그 유도체에 의한 영향

손바닥선인장 색소액에 ascorbic acid, Na-ascorbate, Ca-ascorbate, Mg-ascorbate를 200 ppm 농도가 되도록 첨가하여 100°C에서 15분 동안 가열하였을 때 색소 잔존율을 Table 14에 나타내었다. 아스코르브산과 그 유도체에 의한 잔존율은 대조구보다 약 10% 정도 높았으며, 유도체의 종류에 따른 큰 차이는 없었다.

Table 14. Remained percentages of betanin color containing ascorbic acid derivatives by heat treatment at different pH

		(unit : %)					
pH		2.7	3.2	4.2	5.2	6.3	7.3
Ascorbic acids	Control	10.9	10.9	18.9	26.6	28.0	12.8
	Ascorbic acid	21.7	20.8	30.8	30.2	31.5	16.4
	Ca-ascorbate	21.6	21.4	30.4	30.2	31.6	16.0
	Na-ascorbate	21.9	22.2	32.1	30.7	31.7	16.4
	Mg-ascorbate	20.4	19.6	30.8	31.0	32.2	23.9

5) 당알코올에 의한 영향

Erythritol 등 6종의 당알코올을 200ppm 농도가 되도록 첨가하여 10 0℃에서 15분 동안 가열하였을 때 색소 잔존율을 Table 15에 나타내었다. 사용한 당알코올은 대조구와 유사한 색소잔존율을 나타내어 효과가 없었다.

Table 15. Remained percentages of betanin color containing sugar alcohols by heat treatment at different pH

		(unit : %)					
pH		2.7	3.2	4.2	5.2	6.3	7.3
Sugar alcohols	Control	9.1	9.9	18.9	29.2	27.0	12.8
	Erythritol	9.2	9.4	18.8	28.7	27.5	11.4
	Lactitol	9.6	9.4	18.4	29.2	27.6	11.4
	Mannitol	9.7	9.5	18.1	29.3	27.1	11.9
	Sorbitol	9.4	9.6	18.8	29.0	27.2	11.9
	Xylitol	9.1	9.3	18.5	29.8	28.0	10.7

4. 손바닥선인장을 첨가한 식빵의 품질 특성

가. 손바닥선인장 함유 식빵의 색도

손바닥선인장 열매와 줄기 분말을 각각 3, 6 및 9% 첨가하여 제조한 식빵의 색도를 Table 16에 나타내었다. 손바닥선인장 열매를 첨가시 밝기를 나타내는 L 값은 첨가량을 증가할수록 현저히 감소하였고, 적색도를 나타내는 a 값은 점차 증가하였으며, 황색도를 나타내는 b 값은 점차 감소하였다. 이러한 경향은 손바닥선인장 열매의 색소가 붉은색을 띄는 베타레인 색소에 의해 적색도를 나타내는 a 값이 증가하였다. 한편 손바닥선인장 줄기를 첨가시 L, a 값은 첨가량을 증가할수록 점차 감소하였고, b 값은 점차 증가하였다. b 값이 증가하는 이유는 줄기에서 유래되는 색소인 클로로필 때문이었다.

Table 16. Color parameters of bread prepared with nopal and nopalitos

	Control			3%			6%			9%		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Nopal	76.4	0.7	13.3	59.4	15.4	10.7	50.1	21.1	6.8	45.7	22.3	5.6
Nopalitos	76.9	0.8	13.5	70.9	-0.2	16.0	65.5	-0.6	16.0	67.5	-0.8	17.4

나. 저장 중 손바닥선인장 함유 식빵의 조직감의 변화

4°C 항온기에 손바닥선인장 열매를 함유한 식빵을 3일 동안 저장하면서 1일 간격으로 측정된 조직감의 변화를 Table 17에 나타내었다. 손바닥선인장 열매 첨가군에서 저장기간이 증가함에 따라 부착성, 응집성과 탄력성은 큰 차이가 없었으나, 견고성과 씹힘성은 꾸준히 증가하여 식빵이 딱딱해 지는 것을 알 수 있었다. 견고성과 씹힘성을 보면 식빵제조 직후 열매첨가군 모두 견고성과 씹힘성이 대조구에 비해 낮아 부드러운 조직감을 보였다. 저장 중에도 3%와 6% 첨가군은 저장 3일 까지 견고성과 씹힘성이 대조구에 비해 낮게 나타나 부드러운 조직감을 유지하였으나, 9% 첨가군에서는 대조구보다 견고성과 씹힘성이 높아 대조구보다 딱딱한 조직감을 보였다. 따라서 손바닥선인장 열매를 6% 이하로 첨가하면 식빵의 조직감을 개선할 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 17. Texture profile analysis parameters for bread prepared with nopal at 4°C storage

	Storage days	Hardness (g)	Adhesive -ness	Cohesive -ness	Springiness	Chewiness
Control	0	73.3		0.559	0.904	37.1
	1	180.7	3.7	0.485	0.949	83.2
	2	235.8	5.3	0.464	0.913	99.9
	3	338.6	1.5	0.434	0.919	135.1
A ¹⁾	0	52.9		0.560	0.808	23.9
	1	163.1	5.4	0.490	0.925	73.8
	2	274.0	6.0	0.451	0.898	103.8
	3	357.3	2.0	0.393	0.897	125.5
B ²⁾	0	55.7		0.557	0.828	25.7
	1	159.6	5.4	0.467	0.919	68.4
	2	213.9	5.4	0.462	0.911	89.5
	3	305.4	1.7	0.418	0.904	115.3
C ³⁾	0	65.4		0.548	0.816	29.3
	1	242.8	4.8	0.463	0.908	101.9
	2	462.1	3.8	0.402	0.904	166.3
	3	465.5	1.5	0.341	0.884	139.3

¹⁾ Bread containing 3% nopal powder

²⁾ Bread containing 6% nopal powder

³⁾ Bread containing 9% nopal powder

한편 손바닥선인장 줄기를 함유한 식빵을 3일 동안 저장하면서 1일 간격으로 측정된 조직감의 변화는 Table 18에 나타내었다.

손바닥선인장 줄기 첨가군에서도 열매와 마찬가지로 저장기간이 증가함에 따라 부착성, 응집성과 탄력성은 큰 차이가 없었으나, 견고성과 씹힘성은 꾸준히 증가하여 식빵이 딱딱해 지는 것을 알 수 있었다. 견고성과 씹힘성을 보면 식빵제조직후 줄기 첨가군 모두 견고성과 씹힘성이 대조구에 비해 낮아 부드러운 조직감을 보였다. 저장중에도 3%와 6% 첨가군은 저장 3일 까지 견고성과 씹힘성이 대조구에 비해 높게 나타나 줄기를 첨가시 딱딱한 조직감을 보였다. 이러한 경향은 열매를 첨가하였을 때와 반대의 결과로 이에 대한 자세한 연구가 필요하였다. 전반적으로 줄기를 첨가하여 식빵을 제조하면 대조구에 비하여 조직감이 저하되어 줄기는 제빵에 부적합한 소재로 판단되었으나 열매를 6% 이하로 첨가하면 식빵의 조직감은 개선할 수 있을 것으로 생각되었다.

Table 18. Texture profile analysis parameters for bread prepared with nopalitos at 4°C storage

	Storage days	Hardness (g)	Adhesive -ness	Cohesive -ness	Springiness	Chewiness
Control	0	53.5	7.6	0.563	0.902	27.2
	1	213.4	4.1	0.482	0.925	81.3
	2	276.2	5.4	0.444	0.905	123.9
	3	272.7	6.9	0.494	0.933	122.8
A ¹⁾	0	61.3	5.6	0.560	0.905	31.1
	1	292.1	5.1	0.465	0.884	115.9
	2	351.4	5.7	0.454	0.872	135.2
	3	302.9	7.4	0.460	0.907	126.1
B ²⁾	0	68.9	6.0	0.565	0.854	33.3
	1	203.9	3.9	0.474	0.886	85.7
	2	329.7	4.7	0.424	0.899	125.6
	3	311.5	8.3	0.414	0.903	116.1
C ³⁾	0	78.5	4.8	0.541	0.866	42.5
	1	231.9	4.0	0.483	0.899	100.1
	2	326.2	5.6	0.438	0.896	137.1
	3	259.6	8.6	0.488	0.889	112.6

¹⁾ Bread containing 3% nopalitos powder

²⁾ Bread containing 6% nopalitos powder

³⁾ Bread containing 9% nopalitos powder

다. 식빵의 관능적 특성

손바닥선인장 열매와 줄기가 첨가된 식빵을 훈련된 20명의 패널에 의해 외관, 맛, 조직감, 전반적인 기호도에 대하여 9점 평가법⁽³⁰⁾으로 관능검사를 실시한 결과를 Table 19와 Table 20에 나타내었다. 3% 첨가구의 경우에는 대부분의 항목에서 대조구와 유의적 차이가 없었으나, 6%와 9% 첨가구의 경우에는 기호도가 현저히 낮아졌다. 이러한 원인은 손바닥선인장에 존재하는 유기산류⁽⁹⁾가 시큼한 맛을 느끼게 하여 빵이 변하기 시작할 때 느끼는 신맛 때문으로 판단되었다. 조직감 측정에서 열매 첨가군은 부드러운 조직을 나타내었으나 관능적 기호도가 떨어지는 것에 비추어 식빵의 첨가소재로 손바닥선인장 열매와 줄기는 부적합한 소재로 사료되었다.

Table 19. Sensory evaluation score for bread prepared with nopal

	Color	Appearance	Taste	Texture	Acceptability
Control	6.75±1.7 ^a	7.06±1.4 ^a	6.94±1.5 ^a	7.13±1.2 ^a	7.25±1.1 ^a
3%	5.81±2.1 ^{ab}	5.88±1.8 ^{ab}	6.75±1.0 ^a	6.94±1.3 ^a	6.63±1.5 ^a
6%	5.13±1.5 ^{ab}	4.94±1.4 ^b	5.06±1.1 ^b	5.94±1.6 ^{ab}	5.13±1.1 ^b
9%	4.50±1.8 ^b	3.38±1.5 ^c	3.13±1.5 ^c	5.19±1.6 ^b	3.25±1.0 ^c

Rating scale: 1(very bad) ot 9(very good)
Means with the same letter in each column are not significantly different.

Table 20. Sensory evaluation score for bread prepared with nopalitos

	Color	Appearance	Taste	Texture	Acceptability
Control	7.30±1.3 ^a	7.45±1.4 ^a	7.55±1.3 ^a	7.25±1.3 ^a	7.55±1.2 ^a
Nopalitos					
3%	6.95±0.9 ^a	6.55±1.5 ^{ab}	6.60±1.4 ^{ab}	7.00±1.4 ^a	6.60±1.2 ^{ab}
6%	6.25±1.3 ^a	6.00±1.8 ^{bc}	5.70±1.6 ^b	6.20±1.4 ^a	5.95±1.6 ^b
9%	4.80±1.6 ^b	5.00±1.6 ^c	4.45±1.4 ^c	4.80±1.5 ^b	4.45±1.6 ^c

Rating scale: 1(very bad) ot 9(very good)
Means with the same letter in each column are not significantly different.

5. 손바닥선인장 열매와 줄기를 첨가한 생면의 품질 특성

가. 손바닥선인장을 첨가한 밀가루의 아밀로그래프

손바닥선인장을 첨가한 밀가루의 아밀로그래프에 의한 호화양상을 Table 21에 나타내었다. 손바닥선인장 열매를 3, 6, 9% 첨가한 첨가구의 호화개시온도는 대조구의 62.0°C보다 낮은 60.5°C, 58.6°C, 57.9°C였다. 또한 줄기를 3, 6, 9% 첨가한 첨가구의 호화개시온도는 59.4°C, 57.4°C, 57.5°C로 대조구보다 낮은 온도를 보였다. 따라서 선인장의 열매와 줄기를 첨가한 밀가루는 대조구의 호화개시온도보다 낮아져 호화가 낮은 온도에서 진행됨을 알 수 있었다. 최고점도에 있어서는 열매를 3% 첨가한 경우 368 B.U.로 대조구 423 B.U.보다 낮았으나, 6%와 9% 첨가하였을 때 대조구보다 높은 510 B.U와 590 B.U를 나타내었고, 줄기를 3, 6, 9% 첨가한 경우에도 각각 583 B.U., 600 B.U., 635 B.U.를 나타내어 손바닥선인장 열매와 줄기를 첨가함에 따라 전반적으로 최고점도가 증가하였다. 최종점도는 대조구가 798 B.U.로 가장 높은 점도를 나타냈으며, 손바닥선인장 첨가농도가 증가함에 따라 점차 감소하는 경향을 보였으나, 열매 첨가구보다 줄기 첨가구의 최종 점도가 크게 나타났다. 이러한 결과는 김⁽⁴⁶⁾이 버섯분말을 첨가한 생면의 품질 특성에서 버섯분말의 첨가 농도가 증가함에 따라 최종 점도가 점차 감소한다는 보고와 유사하였다. 호화개시온도는 손바닥선인장 열매 첨가구보다 줄기 첨가구가 약간 낮았으며, 최고점도와 최종 점도에 있어서는 손바닥선인장 열매 첨가구보다 줄기 첨가구가 높았다.

Table 21. Amylograph data of flour added nopal and nopalitos

	Pasting temp.(°C)	Peak viscosity (B.U.)	Time at peak(min)	15min height (B.U.)	Final viscosity (B.U.)
Control	62.0	423	37	353	798
Nopal					
3%	60.5	368	36	213	545
6%	58.6	510	35.8	240	513
9%	57.9	590	35.5	270	500
Nopalitos					
3%	59.4	583	36.8	378	715
6%	57.4	600	36.9	300	620
9%	57.5	635	36.6	250	545

나. 생면의 조리 특성

손바닥선인장의 열매와 줄기를 첨가하여 만든 생면의 조리 특성은 Table 22와 같았다. 생면 50g을 5분간 조리 후 측정된 생면의 조리 후 중량은 대조구의 98.4g에서 손바닥선인장 열매 3, 6, 9% 첨가시 94.7, 94.0, 91.2 g으로 첨가량이 증가할수록 감소하였으며, 손바닥선인장의 줄기를 3, 6, 9% 첨가시 97.9, 96.9, 95.6g으로 감소하였다. 따라서 조리 후 중량은 손바닥선인장을 첨가할수록 감소하는 경향을 보였으나 중량 감소량은 줄기 첨가구 보다 열매 첨가구가 크게 나타났다.

조리 후 생면의 부피는 손바닥선인장의 줄기 첨가량에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나 조리 전에 비해 약 8% 감소하였다. 열매의 경우 3과 6% 첨가구는 각각 86.4와 86.3 ml로 유사하였으나 9% 첨가시 대조구 90.0 ml에 비해 83.5 ml로 급격히 감소하였으며, 조리 전에 비해 7.8~8.8% 감소하였다. 따라서 손바닥선인장의 열매와 줄기를 첨가하여 만든 생면은 조리할 때에 부피가 감소함을 알 수 있었으며, 줄기와 열매의 차이는 크지 않았다.

조리 중 고형분 손실량은 손바닥선인장의 열매와 줄기를 많이 첨가할수록 증가하는 경향을 보였으며, 줄기보다 열매를 첨가하여 만든 생면이 고형분 손실량이 많았다. 따라서 손바닥선인장을 첨가하여 만든 생면의 조리 특성에서 손바닥선인장의 첨가 농도가 증가할수록 조리 후 국수의 중량과 부피는 감소하며, 조리 중 고형분 손실량은 증가하였다. 이러한 결과는 삶은 국수의 무게 증가와 부피 증가사이에는 정의 상관관계를 보인다는 김 등⁽⁴⁷⁾의 보고와 조리 후 라면의 중량과 부피사이에는 직선적인 상관관계를 보인다는 Chung과 Kim⁽⁴⁸⁾의 보고와 일치하는 결과였다.

Table 22. Cooking quality of wet noodles prepared with nopal and nopalitos

	Cooked wt.(g)	Cooked volume(ml)	Cooking loss(g)
Control	98.4	90.0	2.58
Nopal			
3%	94.7	86.4	3.04
6%	94.0	86.3	3.16
9%	91.2	83.5	3.65
Nopalitos			
3%	97.9	90.0	2.47
6%	96.9	88.5	2.98
9%	95.6	88.3	3.20

다. 조리 전·후 색의 변화

손바닥선인장의 열매와 줄기를 첨가하여 만든 생면의 조리 전·후 색의 변화를 Table 23에 나타내었다. 밝기를 나타내는 조리 전 생면의 L 값은 손바닥선인장 열매와 줄기의 첨가농도가 증가할수록 감소하였다. 조리 후에는 줄기를 첨가할 경우 조리전보다 더욱 감소하였으나, 열매를 첨가할 경우 조리 후에 L 값이 오히려 증가하는 반대의 경향을 보였다. 적색을 나타내는 a 값은 열매의 첨가농도가 증가하여도 큰 차이를 보이지 않았으나, 줄기의 첨가 농도가 증가할수록 감소하였다. 그러나 a 값은 조리 후에 첨가농도에 따라 큰 차이는 없으나 전반적으로 감소하였다. 이것은 조리시 고형분 손실량이 줄기보다 열매가 많았다는 결과에 비추어 열매를 첨가하여 만든 생면에서 betalein 색소 성분들이 유출되기 때문에 L 값이 조리 후에 증가하고 a 값이 감소하는 것으로 판단되었다. 황색을 나타내는 b 값은 열매를 첨가한 생면의 경우 첨가 농도가 증가함에 따라 급격히 감소하였으나 줄기의 첨가농도가 증가함에 따라 큰 차이는 없었다. 그러나 조리 후에는 b 값은 열매의 경우 조리전보다 증가하였으며, 줄기의 경우 감소하였다. 김 등^(46,49)은 국수제조시 대체물의 첨가량이 증가할수록 L 값이 급격히 감소하고, a와 b 값은 증가하여 품질저해 요인이 된다고 하였으나, 본 실험에서는 L 값이 김^(46,49) 등의 보고처럼 감소하였으나, a 값은 감소하거나 차이가 없어 첨가 소재에 따라 a 값이 증가하거나 감소하는 것으로 판단되었다.

Table 23. Color parameter of wet noodles prepared with nopal and nopalitos

	Color					
	L value		a value		b value	
	raw	cooked	raw	cooked	raw	cooked
Control	73.8	67.4	0.78	-0.5	14.5	11.4
Nopal						
3%	39.4	41.1	22.4	13.5	-8.0	0.4
6%	34.6	36.5	22.8	17.9	-6.9	0.4
9%	32.3	34.6	21.1	15.7	-3.1	0.2
Nopalitos						
3%	65.5	58.6	-2.7	-1.6	16.3	14.0
6%	60.9	54.7	-3.3	-1.7	17.2	14.7
9%	58.7	51.8	-3.9	-1.7	17.4	14.5

라. 조리 후 조직감의 변화

손바닥선인장 열매와 줄기를 첨가하여 제조한 생면의 조리 후 조직감은 Table 24와 같았다. 견고성, 껌성, 씹힘성은 줄기를 첨가한 생면보다 열매를 첨가한 생면이 컸으나 대조구보다 작았으며, 응집성과 부착성은 줄기와 열매 첨가구 모두 유사하였다. 조리한 국수의 견고성, 응집성, 껌성, 씹힘성, 부착성은 열매와 줄기의 첨가농도를 증가할수록 점차 감소하였으며, 대조구에 비하여 견고성, 응집성, 부착성, 껌성, 씹힘성 모두 감소하여 조직감이 나빠지는 경향을 보였다.

Table 24. Texture profile analysis parameters for cooked wet noodles prepared with nopal and nopalitos

	Hardness (g)	Adhesive -ness	Cohesive- ness	Gummness	Chewiness
Control	768.5	-15.4	0.517	396.6	347.6
Nopal					
3%	743.9	-17.2	0.522	370.4	342.0
6%	730.6	-23.3	0.515	370.4	333.9
9%	660.0	-25.4	0.512	347.9	304.1
Nopalitos					
3%	700.3	-16.2	0.511	356.8	295.3
6%	693.9	-19.5	0.491	340.4	279.7
9%	663.0	-27.4	0.472	316.9	267.2

마. 관능적 특성

손바닥선인장 열매를 첨가하여 조리한 면에 대한 외관, 맛, 조직감, 전반적인 기호도의 항목에 대하여 실시한 관능검사 결과를 Table 25에 나타내었다. 손바닥선인장 열매를 첨가하여 조리한 면의 외관은 대조구에 비해 좋지 않았으나 6% 첨가구의 6.56 값과 대조구의 7.19 값 사이에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 맛, 조직감, 종합적 기호도는 대조구, 3%와 6% 첨가구와는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 따라서 손바닥선인장 열매를 첨가하여 생면을 제조시 외관을 제외하고 맛, 조직감, 종합적 기호도면에서 6%까지 첨가할 수 있을 것으로 나타났다. 한편 손바닥선인장 줄기를 첨가하여 조리한 면에 대한 외관, 맛, 조직감, 전반적인 기호도의 항목에 대하여 실시한 관능검사 결과는 Table 26에 나타내었다. 손바닥선인장의

줄기를 3% 첨가하여 조리한 면의 외관, 맛, 조직감, 종합적 기호도면에서 대조구와 유의차가 없었다. 이에 비해 6%와 9% 첨가구의 경우 전반적으로 대조구보다 좋지 않게 나타났다. 따라서 손바닥선인장의 열매와 줄기를 첨가하여 생면을 제조시 열매는 6%, 줄기는 3%까지 첨가할 수 있을 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Kim^(46,49) 등이 복합분으로 제조한 국수의 경우 색차계로 측정된 값은 관능검사 결과와 상관관계가 없어 조리한 국수의 외적 품질 특성을 나타내는데 중요한 인자로 작용하지 않으며, 이러한 원인은 최근 다양한 소재를 사용한 여러 종류의 국수로 전통적인 국수의 흰색에 대한 고정관념에서 탈피하고 있음을 시사한 바 있다.

Table 25. Sensory evaluation score for cooked wet noodles prepared with nopal

	Appearance	Taste	Texture	Acceptability
Control	7.19±1.3 ^a	7.36±1.1 ^a	7.36±0.6 ^a	7.31±1.1 ^a
Nopal				
3%	4.56±1.8 ^b	7.14±1.0 ^a	7.00±1.0 ^a	6.31±1.3 ^a
6%	6.56±1.4 ^a	7.00±1.2 ^a	7.00±1.3 ^a	7.06±1.4 ^a
9%	5.00±1.7 ^b	4.00±1.5 ^b	4.64±1.2 ^b	4.25±1.3 ^b

Rating scale: 1(very bad) of 9(very good)

Means with the same letter in each column are not significantly different.

Table 26. Sensory evaluation score for cooked wet noodles prepared with nopalitos

	Appearance	Taste	Texture	Acceptability
Control	7.09±1.2 ^a	6.80±1.3 ^a	7.00±1.5 ^a	7.00±1.4 ^{ab}
Nopalitos				
3%	6.46±1.8 ^a	7.13±1.6 ^a	7.50±1.3 ^a	7.82±1.2 ^a
6%	6.82±1.2 ^a	6.07±1.5 ^a	5.75±1.1 ^b	6.18±1.3 ^b
9%	4.64±1.2 ^b	3.73±1.6 ^b	3.17±1.3 ^c	3.09±1.1 ^c

Rating scale: 1(very bad) of 9(very good)

Means with the same letter in each column are not significantly different.

바. 세균수의 변화

손바닥선인장 열매와 줄기를 첨가하여 만든 생면을 제조 직후 polyethylene 필름에 넣어 4°C와 20°C에서 저장하면서 측정된 세균수의 변화는 Fig. 3~6과 같다. 손바닥선인장 열매를 첨가하여 제조한 생면의 초기 세균수는 3%, 6%, 9% 첨가구가 9.7×10^2 , 1.1×10^3 , 2.3×10^3 CFU/g으로 대조구의 1.7×10^3 /g와 크게 차이가 나지 않았다. 20°C에 저장할 경우 대조구의 세균수는 3일째에 3.2×10^7 /g으로 급속히 증가하였으나 3% 첨가구의 세균수는 7일째 2.0×10^6 /g으로 증가하였고, 6%와 9% 첨가구의 세균수는 완만하게 증가하는 경향을 보였다. 4°C에 저장하였을 경우, 대조구의 세균수가 13일째에 2.0×10^6 /g으로 증가하였으나, 3%, 6%, 9% 첨가구의 세균수는 거의 증가하지 않아 손바닥선인장 열매를 첨가하면 세균수가 증가를 억제할 수 있을 것으로 판단되었다. 박 등⁽⁵⁰⁾은 칼국수의 저장 기간에 따른 세균수의 변화에서 저장온도 25°C에서 세균의 성장속도 상수는 $0.1378 \log \text{CFU} \cdot \text{hr}^{-1}$ 로서 15°C에서보다 2.42배, 5°C에서보다 6.96배 빠르며, 세균수의 증가속도는 저장온도가 높을수록 빠르다는 보고와 유사한 결과를 보였다.

한편 손바닥선인장 줄기를 3%, 6%, 9% 농도로 첨가하여 제조한 생면의 초기 세균수는 7.4×10^3 , 9.4×10^3 , 1.8×10^4 /g으로 대조구의 1.7×10^3 /g보다 높은 수치를 보였다. 이러한 현상은 손바닥선인장 줄기에 함유된 세균에서 유래한 것으로 판단되었다. 20°C에 저장할 경우, 3일째에 대조구의 세균수는 1.0×10^7 /g으로 급속히 증가하였으나, 3%, 6%, 9% 첨가구는 5일째 5.5×10^6 /g, 4.2×10^6 /g, 3.9×10^5 /g으로 증가하여 대조구보다 세균수가 상당한 적었다. 4°C에서 저장한 경우, 대조구가 15일째에 2.5×10^6 /g으로 증가하였으나, 3%, 6% 첨가구는 초기 세균수에서 약간 증가하였고 9% 첨가구는 거의 증가하지 않았다. 따라서 손바닥선인장의 열매와 줄기를 첨가하여 생면을 제조시 세균수의 증가를 억제할 수 있었다. 칼국수의 저장수명 예측 지표로 저장온도 15°C 이상에서는 세균수, 이취발생시기, 곰팡이 발생시기가 쓰일 수 있으며, 저온에서는 세균수가 합리적인 지표가 된다는 박 등⁽⁵⁰⁾의 보고와 현행 우리 나라 식품공전⁽⁵¹⁾에 생면의 세균수는 3×10^6 /g이하로 설정되어 있는 것에 비추어 손바닥선인장을 첨가함에 따라 생면의 유통기한을 연장할 수 있을 것으로 판단되었다. 그러나 천연물의 항균성은 유효물질의 특성에 따라 용매에 용출되는 정도가 다르므로 손바닥선인장의 항균 물질에 대한 자세한 연구가 필요하리라 생각되었다.

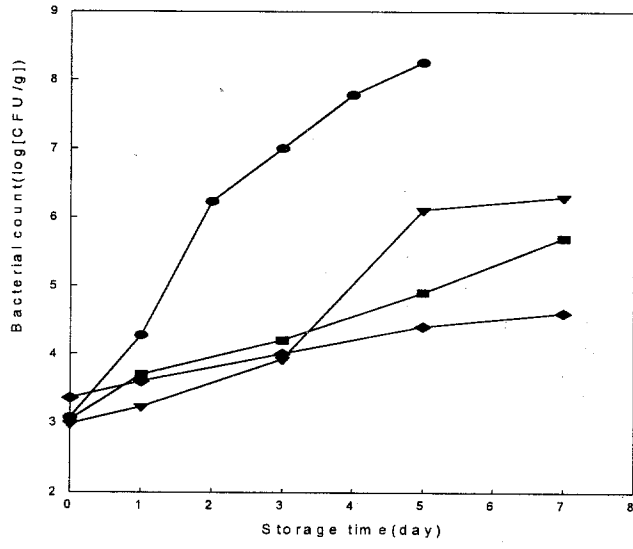


Fig. 3. Change of bacterial count in noodles prepared nopal during storage at 20°C

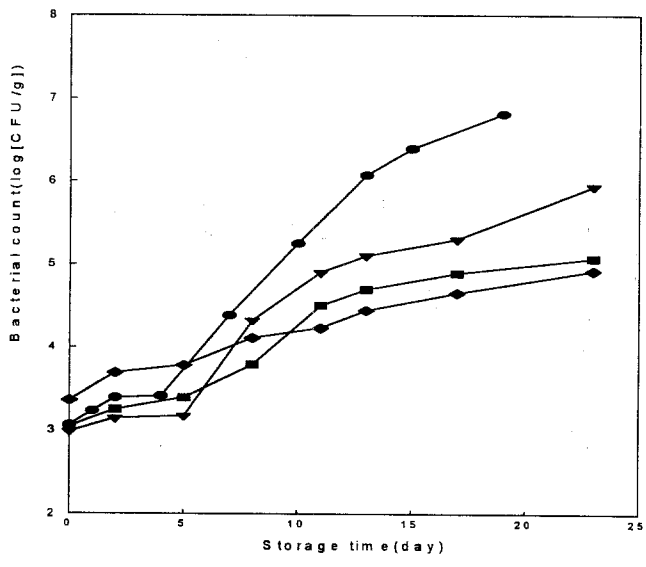


Fig. 4. Change of bacterial count in noodles prepared nopal during storage at 4°C

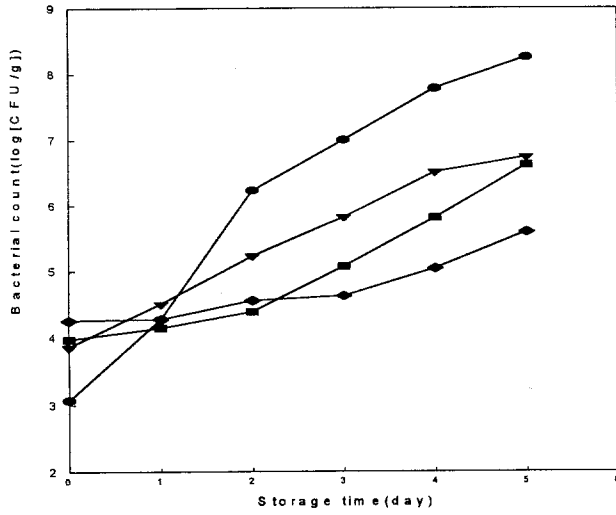


Fig. 5. Change of bacterial count in noodles prepared nopalitos during storage at 20°C

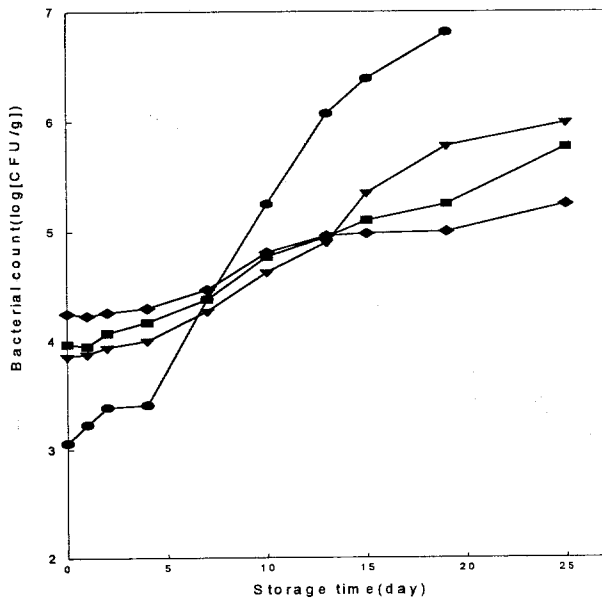


Fig. 6. Change of bacterial count in noodles prepared nopalitos during storage at 4°C

6. 손바닥선인장의 열매를 첨가한 요구르트의 제조 및 특성

가. pH와 적정산도의 변화

고형분 함량이 15% 되도록 손바닥선인장의 열매분말을 0.1, 0.3, 0.5, 0.7% 첨가하여 40℃에서 발효시키면서 제조한 요구르트의 pH와 적정산도의 경시적인 변화를 Table 28에 나타내었다. pH 변화는 유산균 접종후 24시간까지 감소하였으며, 손바닥선인장 열매 분말 첨가군이 대조구에 비하여 약간 높았으나 큰 차이는 없었다. 한편 적정산도는 손바닥선인장 열매 분말 첨가군이 대조구에 비하여 낮았으며, 이 원인은 손바닥선인장 열매에 존재하는 유기산의 영향으로 판단되었다. 이 등⁽³³⁾은 손바닥선인장에는 아스코르브산이 71.2~163.8mg이 존재한다고 하였으며, 전 등⁽⁵²⁾은 두유와 현미를 첨가하여 요구르트 제조시 발효 6~12시간까지 pH가 급격히 떨어지다가 12시간 이후에는 완만히 저하한다고 하였으나, 본 실험에서는 pH의 급격한 저하가 없이 완만히 감소하였다. 이러한 차이는 이들이 두유와 현미에는 유산균이 필요로 하는 영양분인 무기질과 thiamine 같은 비타민에 의해 발육이 촉진되기 때문이라고 한 전 등의 보고⁽⁵²⁾에 비추어 유산균이 사용할 수 있는 기질의 차이 때문으로 생각되었다. 시판 농후발효유의 pH와 산도는 3.87~4.19와 0.97~1.4% 이며⁽⁵³⁾, set형 요구르트의 적정산도는 1.0~1.1%일 때 가장 좋은 품질을 나타낸다는 보고⁽⁵⁴⁾와 스위스 요구르트는 pH 4.1~4.2에서 견고성이 가장 좋고⁽⁵⁵⁾, 쌀을 이용한 요구르트의 경우 pH 3.7에서 관능치가 가장 우수하였다는 보고⁽⁵⁶⁾에 비추어 첨가하는 기질에 따라 가장 좋은 pH와 적정산도가 달라지는 것을 알 수 있었다.

Table 28. Changes of pH and titratable acidity in samples with various nopal concentrations during fermentation times

Incubation time(hrs)	pH					Titratable acidity(%)				
	control	0.1%	0.3%	0.5%	0.7%	control	0.1%	0.3%	0.5%	0.7%
0	5.33	5.36	5.43	5.43	5.47	0.581	0.576	0.531	0.513	0.491
2	4.94	4.94	4.97	4.99	5.04	0.759	0.758	0.745	0.736	0.734
4	4.50	4.50	4.52	4.52	4.56	1.008	0.995	0.981	0.972	0.959
6	4.30	4.31	4.33	4.35	4.36	1.098	1.121	1.130	1.143	1.161
12	4.02	4.01	4.00	3.99	3.99	1.308	1.314	1.420	1.422	1.435
24	3.91	3.90	3.89	3.89	3.88	1.608	1.611	1.671	1.713	1.800

나. 발효 중 생균수의 변화

손바닥선인장의 열매분말을 첨가하여 40°C에서 24시간 발효시키면서 제조한 요구르트 생균수의 경시적인 변화는 Fig. 7에 나타내었다. 생균수는 유산균 접종 후 6시간까지 급격한 증가를 보이다가 그 이후 완만한 증가를 보였다. 그러나 손바닥선인장 열매 분말 첨가군 중 0.1%와 0.7% 첨가군을 제외하고는 0.3%와 0.5% 첨가군이 발효초기 생균수의 증가가 빨랐고, 24시간 발효 후에도 대조구에 비하여 높은 생균수를 보였다. Curd상 요구르트의 성분규격⁽⁵¹⁾에는 젖산균수는 1.0×10^8 CFU/ml 이상이어야 하는데 본 연구결과 발효 4시간 이후에는 모든 처리구에서 규정 젖산균수에 비하여 많은 젖산균수를 나타내었다. 손바닥선인장 열매분말 첨가량에 따른 생균수의 변화에 있어서는 0.3% 첨가하여 6시간 배양했을 때 1.7×10^9 CFU/ml로 가장 많았으며, 0.3%에서 0.7%로 첨가량이 증가함에 따라 감소하여 발효 중 생균수의 면에서 0.3%가 적당하였다. 이러한 경향은 두유와 현미를 첨가하여 요구르트 제조시 대조구보다 생균수가 많다는 전 등의 보고⁽⁵²⁾와 유사하였다.

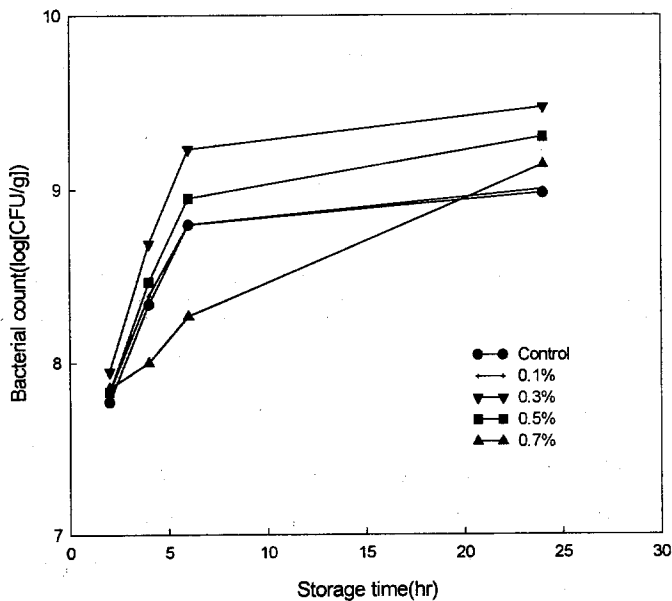


Fig. 7. Change on bacterial count in yogurt prepared with nopal

다. 발효 중 점도의 변화

발효 중 요구르트의 점도 변화는 Fig. 8에 나타내었다. 손바닥선인장 열매 분말 첨가군이 발효초기인 6시간까지 점도가 증가하였으나 그 이후 감소하는 경향을 보였다. 이러한 원인은 뒤에 언급한 관능검사 결과에서 발효 2시간까지는 curd 형성이 잘 안되어 우유에 가까운 상태로 있기 때문이며, 감자를 첨가한 요구르트의 경우 발효 12시간까지 점도가 급격히 증가한다는 보고⁽⁵⁷⁾에 비추어 요구르트 제조시 점도는 발효 초기에 증가하는 것으로 판단되었다. 손바닥선인장 열매 분말 첨가농도에 따른 점도의 변화는 첨가농도 0.5%까지 점도가 증가하였으나, 0.7%에서는 점도가 감소하였다. 그러나 첨가농도에 따른 점도의 뚜렷한 차이는 없었다.

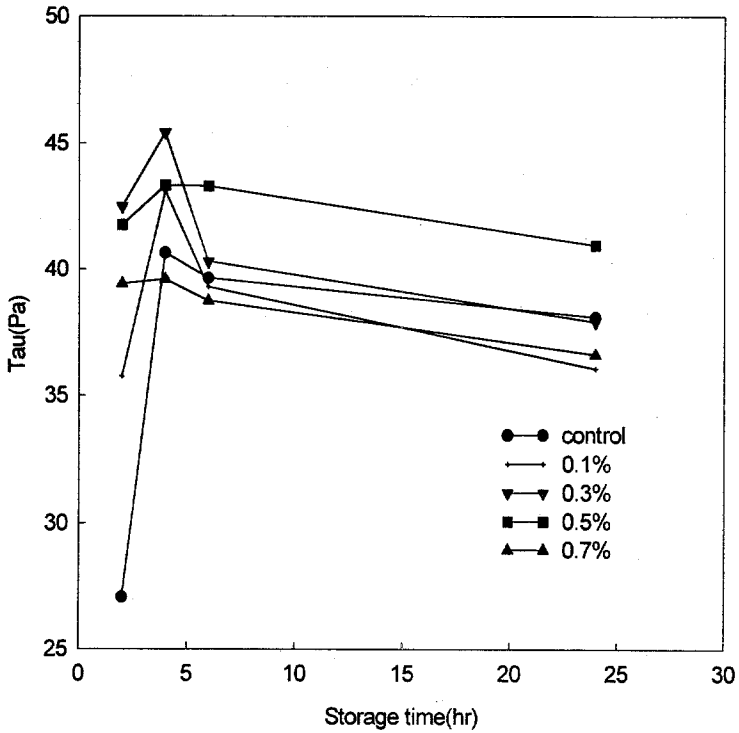


Fig. 8. Change of viscosity in yogurt prepared with nopal

라. 관능적 특성

손바닥선인장 열매를 농도별로 첨가하여 6시간 발효시킨 요구르트의 색, 향, 맛, 점도, 종합적 기호도에 대하여 각 항목별로 최저 1점, 최고 9점으로 평가한 관능검사 결과는 Table 29에 나타내었다. 대조구에 비하여 손바닥선인장 열매를 0.3%까지 첨가하여 제조한 요구르트의 관능적 특성이 우수하게 나타났으나, 0.5%이상 첨가하였을 경우 대조구보다 기호도가 감소하였다. 관능검사의 결과에 비추어 손바닥선인장의 적정 첨가량은 0.3%였다. 탈지분유의 일부를 고구마와 호박으로 대체한 경우 고구마 첨가구만이 맛과 향기, 기호도에서 양호하였을 뿐, 호박의 첨가는 오히려 불량하였고, 조직감은 대조구에 비하여 열등하였다는 보고⁽⁵⁸⁾와 감자를 첨가하여 제조한 요구르트의 경우 맛, 향기, 조직감 모두 대조구보다 좋다는 결과⁽⁵⁷⁾에 비추어 첨가소재에 따라 관능적 특성이 달라지는 것으로 사료된다.

손바닥선인장 열매를 농도별로 첨가시 0.3% 첨가의 관능검사가 우수하게 나타나 손바닥선인장 첨가량을 0.3%로 고정하여 발효시간에 따른 관능검사를 실시하였다. Table 30에서 색, 향, 맛, 종합적 기호도에서 6시간 발효군이 우수하였으나 4시간 발효군과 큰 차이가 없었다. 2시간 발효군은 제품상으로 점도가 형성되지 못해 거의 우유에 가까운 상태로 우유 비린내가 강하였으며, 12시간과 24시간 발효시 신맛이 강하게 나타났으며, 색이 있어서도 6시간 발효한 것에 비하여 손바닥선인장 열매의 고유색상이 아닌 탁한 색을 나타내었으며, 이러한 경향은 12시간보다 24시간 발효시킨 것에서 두드러지게 나타났다.

관능검사가 우수하게 나타난 손바닥선인장 열매를 0.3% 첨가하여 6시간 발효한 요구르트에 당농도를 9, 12, 15, 18%첨가하여 당 첨가량에 따른 관능검사 결과는 Table 31에 나타내었다. 당 첨가량에 따른 시료간의 유의적 차이가 거의 없었으며, 종합적 기호도에서 15% 당 첨가군이 가장 높은 점수를 보였으나, 12, 18%와 큰 차이는 없었다. 따라서 손바닥선인장 열매를 첨가하여 요구르트 제조시 12~18%의 당첨가가 적당하다고 판단되었으며, 시판 농후 발효유의 당도가 16.2~22.2° Brix보다 낮은 15%정도의 당첨가가 가장 좋을 듯 하였다.

Table 29. Sensory evaluation score of curd yogurt with various nopal concentrations after 6hrs fermentation

	0.0%	0.1%	0.3%	0.5%	0.7%
Color	6.500 ^{ab}	6.125 ^{ab}	7.625 ^a	5.812 ^{ab}	4.875 ^b
Flavor	5.125 ^a	5.875 ^a	5.875 ^a	5.000 ^a	4.625 ^a
Taste	4.812 ^a	5.687 ^a	6.375 ^a	5.437 ^a	5.312 ^a
Texture	6.312 ^a	6.437 ^a	5.875 ^a	5.062 ^a	4.687 ^a
Overall acceptability	5.875 ^a	6.062 ^a	6.625 ^a	5.500 ^{ab}	4.250 ^b

Table 30. Sensory evaluation score of curd yogurt with various nopal concentrations by fermentation time

Fermentation time(hr)	2	4	6	12	24
Color	4.875 ^b	5.875 ^{ab}	7.000 ^a	5.775 ^{ab}	4.500 ^b
Flavor	4.812 ^a	5.937 ^a	6.125 ^a	5.737 ^a	5.562 ^a
Taste	3.625 ^b	5.312 ^a	5.750 ^a	5.212 ^a	2.188 ^b
Texture	3.125 ^c	5.875 ^{ab}	7.125 ^a	5.575 ^{ab}	5.625 ^b
Overall acceptability	3.563 ^b	5.937 ^a	6.812 ^a	5.737 ^a	3.375 ^b

Table 31. Sensory evaluation score for curd yogurt with various sugar contents

Sugar content(%)	Color	Flavor	Taste	Texture	Acceptability
9	6.21±1.3 ^a	5.10±1.2 ^a	4.37±1.7 ^b	5.21±1.5 ^a	4.26±1.9 ^b
12	6.84±1.2 ^a	5.79±1.2 ^a	6.42±1.7 ^a	6.05±1.5 ^a	6.00±1.7 ^a
15	6.63±1.5 ^a	6.11±1.2 ^a	6.95±1.7 ^a	6.11±1.7 ^a	6.90±1.5 ^a
18	6.63±1.3 ^a	6.11±1.4 ^a	6.95±1.8 ^a	5.58±1.7 ^a	6.79±1.4 ^a

7. 휴대용 래트로트 파우치 제품 개발

가. 천궁의 추출 특성

천궁 유래의 맛을 추출하기 위해 천궁과 50 °brix 마나톨 용액을 1 : 9(W/V)의 비율로 혼합한 후 24시간 실온에서 추출하면서 시간에 따른 추출수율을 조사한 결과는 Table 32에 나타내었다. 최종 추출 수율에서 3°brix가 증가하였으며, 추출 12시간정도에서 평형을 이루었다. 따라서 천궁과 50 °brix 마나톨 용액을 1 : 9(W/V)의 비율로 혼합하여 실온에서 추출할 경우 12시간 정도 침지한 후 여과하여 사용하면 될 것으로 판단된다.

Table 32. Changes of °brix of mixture of chungung : mannitol*

Extraction Time(hrs)	Increase of °brix
0	0
3	0.2
6	0.9
9	1.9
12	2.7
15	2.8
18	2.8
24	2.9

* 1 : 9(W/V), manitol was used °50brix

나. 천궁의 추출 혼합 비율 설정

마나톨 용액을 20 °brix로 희석하였을 때 천궁에 의한 적절한 맛 개선 효과를 보기 위해 천궁 : 50 °brix 마나톨 용액을 0.5 : 9.5, 1 : 9, 1.5 : 8.5(W/V)로 혼합하여 추출한 후 20 brix로 조정하여 제조공정에서 설정한 방법으로 제조한 pouch 제품의 관능특성 결과는 Table 33에 나타내었다. 관능검사 결과 천궁 : 50 °brix 마나톨 용액을 0.5 : 9.5(W/V)로 혼합하여 추출한 후 20 brix로 조정하여 pouch 제품을 만드는 것이 기호도가 가장 좋게 나타났다.

Table 33. Sensory evaluation score of pouch products containing chungung

Chungung ratio	0	0.5	1.0	1.5
Color	4.8 ^b	7.0 ^a	5.7 ^{ab}	4.5 ^b
Flavor	4.8 ^a	6.5 ^a	5.7 ^a	5.5 ^a
Taste	3.6 ^b	5.0 ^a	5.2 ^a	2.8 ^b
Overall acceptability	3.3 ^b	6.2 ^a	5.3 ^a	3.5 ^b

다. 영귤의 혼합 비율 설정

압착기로 압착하여 착즙한 영귤 착즙원액을 20 °brix의 마나톨 용액에 3.0, 4.0, 5.0% 첨가하여 관능검사방법으로 적정 영귤 첨가량을 설정한 결과는 Table 34에 나타내었다. 영귤의 첨가농도가 증가할수록 향에 대한 기호도가 증가하였으나 맛에 있어서는 4.0%이상에서 맛의 기호도가 떨어졌다. 이것은 영귤에는 구연산이 5%정도 존재한다는 김 등의 결과⁽³⁹⁾에 비추어 영귤에 존재하는 유기산 의해 신맛이 강하게 느껴졌기 때문으로 판단되어, 적정 첨가량은 3.0~4.0% 였다.

Table 34. Sensory evaluation score of pouch products with various citrus sudachi juice contents

Juice contents	0	3.0	4.0	5.0
Color	4.5 ^b	6.5 ^{ab}	7.0 ^a	5.5 ^{ab}
Flavor	4.2 ^a	7.7 ^a	8.5 ^a	8.0 ^a
Taste	3.5 ^b	7.2 ^a	7.0 ^a	5.2 ^a
Overall acceptability	3.3 ^b	6.7 ^a	7.9 ^a	5.7 ^a

라. 가열 온도에 따른 세균수와 색도의 측정

손바닥선인장 제품 20g을 파우치에 넣어 sealing한 후 60, 70, 80 및 90°C에 도달할 때까지 가열하여 꺼낸 후 즉시 냉각하여 각 온도별 총균수와 색도를 측정하여 가열에 따른 세균수와 색도를 조사한 결과는 Table 35와 36에 나타내었다. 살균시간별 색도의 차이는 없었으나, 총균수에 있어서는 가열하기 전 pouch 제품의 총균수는 1.9×10^3 CFU/g 이었으나 60°C에서는 2.1×10^2 , 70°C에서는 5.3×10^1 CFU/g 으로 줄어들었으며, 80°C 이상의 온도에서는 세균수가 없어 pouch 제품을 살균시 80°C 이상으로 가열하면 될 것으로 판단되었다.

Table 35. Color parameters of pouch products using nopal

Heating temp.(°C)	Color		
	L value	a value	b value
Control	20.1	4.4	0.2
60	20.5	5.4	0.4
70	20.3	5.0	0.4
80	20.4	4.7	0.4
90	20.5	5.4	0.7

Table 36. Change of bacterial count in products using nopal

Heating temp.(°C)	Bacterial Count(CFU/g)
Control	1.9×10^3
60	2.1×10^2
70	5.3×10^1
80	-
90	-

마. 저장에 따른 파우치 제품의 품질 특성

적정 비율로 선정된 천궁 0.5와 50 brix 마나톨 용액 9.5의 비율로 24 시간 실온에서 추출한 후 최종 20 brix로 조정한 당액에 일일 권장량의 수용성 비타민⁽⁵⁹⁾과 손바닥선인장 열매 분말을 3.5% 혼합하여 균질기로 교반하여 천궁 함유 제품을 제조하였다. 또한 영귤의 적정 첨가량으로 설정된 4.0%의 영귤을 함유한 20 brix의 마나톨에 일일 권장량의 수용성 비타민과 선인장 열매 분말을 3.5% 혼합하여 같은 방법으로 제품을 제조하였다. 제조한 천궁과 영귤함유 제품 각각을 20g씩 투명 레트로트 파우치에 넣어 sealing한 후 90°C에서 30초간 살균한 후 4°C 와 30°C의 incubator에서 저장하면서 색도와 관능검사를 실시하였다. Table 37에 나타난 색의 변화에서 4°C에 저장한 경우 약 50일 이후에는 제품의 색에 대한 품질 저하가 급격히 일어났으며, Table 38과 39에 나타난 것처럼 관능검사 결과에서 저장 50일까지는 상품의 가치는 있으나 그 이후 품질 저하가 급격히 일어나 냉장 유통에서 약 45일 정도의 유통기한이 적당한 듯 하였다.

Table 37. Changes of color parameters of pouch products using citrus sudachi and chungung at 4°C storage

Storage Time(days)	A			B		
	L value	a value	b value	L value	a value	b value
Befor heat treatment	19.3	2.4	-0.1	19.8	3.2	0.1
0	19.4	3.6	0.3	19.8	3.6	0.3
10	29.4	3.6	0.3	19.8	3.7	0.4
20	29.5	3.7	0.2	19.7	4.2	0.3
30	29.4	3.2	0.1	19.1	3.8	0.3
40	29.7	3.2	0.3	19.7	3.8	0.4
50	30.0	3.7	0.5	19.8	3.9	0.5
60	22.0	4.0	3.0	31.0	4.2	2.0
70	23.4	2.5	4.7	22.7	0.9	3.9

A : Product containing citrus sudachi
 B : Product containing chungung

Table 38. Sensory evaluation score of pouch products containing citrus sudachi juice at 4°C storage

Storage day	10	20	30	40	50	60	70
Color	8.1 ^a	7.5 ^{ab}	7.0 ^a	7.0 ^a	7.0 ^a	4.5 ^b	3.3 ^b
Flavor	8.2 ^a	7.7 ^a	8.5 ^a	8.0 ^a	7.0 ^a	4.2 ^a	3.3 ^b
Taste	8.1 ^a	7.2 ^a	7.0 ^a	7.2 ^a	7.0 ^a	3.5 ^b	3.3 ^b
Overall acceptability	8.0 ^a	7.7 ^a	7.9 ^a	7.7 ^a	7.0 ^a	3.3 ^b	3.3 ^b

Table 39. Sensory evaluation score of pouch products containing chungung at 4°C storage

Storage days	10	20	30	40	50	60	70
Color	7.1 ^a	7.5 ^{ab}	7.2 ^a	7.2 ^a	7.1 ^a	4.7 ^b	3.4 ^b
Flavor	8.3 ^a	8.7 ^a	8.2 ^a	8.1 ^a	7.2 ^a	4.3 ^a	3.2 ^b
Taste	8.5 ^a	7.2 ^a	7.0 ^a	7.2 ^a	7.3 ^a	3.6 ^b	3.3 ^b
Overall acceptability	8.2 ^a	7.5 ^a	7.4 ^a	7.9 ^a	7.4 ^a	3.9 ^b	3.2 ^b

Table 40, 41과 42에 나타낸 색도의 변화와 관능검사 결과에서, 영귤과 천궁이 함유된 제품 모두 30°C에서 저장한 경우, 저장기간이 증가할수록 현저한 제품 품질 저하 현상이 발생하였으며, 저장 20일 이후에는 상품 가치가 없는 것으로 판단되었다.

Table 40. Changes of color parameters of pouch products using citrus sudachi and chungung at 30°C storage

Storage day	A			B		
	L value	a value	b value	L value	a value	b value
Before heat treatment	19.3	2.4	-0.1	19.8	3.2	0.1
0	19.4	3.6	0.3	19.8	3.6	0.3
10	21.1	5.9	1.5	20.7	5.0	1.0
20	22.5	4.7	3.2	21.7	4.2	2.3
31	23.4	2.2	4.1	22.1	1.8	3.3

Table 41. Sensory evaluation score of pouch products containing citrus sudachi juice at 30°C

Storage days	10	20	31
Color	8.1 ^a	7.0 ^{ab}	4.7 ^b
Flavor	8.2 ^a	7.7 ^a	4.7 ^a
Taste	8.1 ^a	7.3 ^a	3.8 ^b
Overall acceptability	8.0 ^a	7.5 ^a	3.9 ^b

Table 42. Sensory evaluation score of pouch products containing chungung at 30°C

Storage days	10	20	70
Color	7.2 ^a	7.1 ^a	3.7 ^b
Flavor	8.2 ^a	6.1 ^a	3.7 ^b
Taste	7.0 ^a	7.0 ^a	3.5 ^b
Overall acceptability	7.4 ^a	7.0 ^a	3.6 ^b

8. 손바닥선인장의 열매와 줄기를 이용한 주류 개발

가. 침출주의 제조

1) 침출 주정농도

주정취를 제거하기 위하여 주정에 활성탄을 0.1%(w/v) 가하고 5시간 동안 교반하여 2일 정치시킨 후 여과하였다. 탈취 주정을 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 및 90%로 희석하여 1ℓ 당 50g의 선인장 열매와 줄기를 각각 가하고 6주 동안 침출시킨 후 이를 알코올 농도가 20%가 되도록 희석하여 점도를 측정하고 점성과 향에 대하여 관능검사를 실시하였다. 선인장 열매와 줄기의 점도는 Table 43에 나타난 바와 같이 침출시 주정농도가 낮을수록 점도가 증가하였으며, 열매보다는 줄기 침출주의 점도가 다소 높은 경향이였다. 각 침출주의 점성과 향에 관한 관능조사 결과(Table 44), 선인장 열매는 60%~90% 주정으로 침출하였을 때의 점성이 좋은 기호도를 보였으며, 줄기는 50%~90% 주정으로 침출하였을 때 좋은 기호도를 보였다. 그러나 침출주의 향에 대한 기호도는 선인장열매와 줄기가 각각 80% 주정으로 침출하였을 때 3.5와 3.4의 가장 높은 기호도를 나타내었다.

Table 43. Viscosity of prickly pear extracts at various ethanol concentration (cP)

Ethanol concentration of extract(%)	Viscosity	
	Fruit	Stem
90	1.44	1.56
80	1.67	1.67
70	1.78	1.89
60	2.01	2.11
50	2.33	2.44
40	3.02	3.44
30	3.67	4.33
20	4.22	4.89

Table 44. Sensory evaluation of prickly pear extracts at various ethanol concentration

Ethanol concentration of extract(%)	Viscosity		Flavor	
	Fruit	Stem	Fruit	Stem
90	3.3 ^a	3.4 ^a	3.0 ^{ab}	3.1 ^{ab}
80	3.4 ^a	3.4 ^a	3.5 ^a	3.4 ^a
70	3.4 ^a	3.4 ^a	3.2 ^{ab}	2.8 ^{abc}
60	3.3 ^a	3.4 ^a	2.8 ^{ab}	2.7 ^{abcd}
50	2.9 ^{ab}	3.3 ^a	2.8 ^{ab}	2.3 ^{bcd}
40	2.3 ^{bc}	2.3 ^b	2.7 ^b	2.1 ^{cd}
30	2.2 ^{bc}	1.7 ^{bc}	2.7 ^b	2.1 ^{cd}
20	2.0 ^c	1.1 ^c	2.6 ^b	1.9 ^d

Mean Values with the different letter in a same column are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

2) 선인장열매 침출액의 적색색소 안전성

주정농도 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 및 90%에서 선인장 열매의 적색색소의 안정성을 조사하기 위하여 각 주정희석액 1ℓ에 선인장 열매 50g의 비율로 첨가하여 40°C, 200rpm에서 가속실험을 실시한 결과는 Fig. 9와 같다. 선인장 열매의 적색색소는 초기 1시간 정도에 최대 흡광도가 1.4 정도를 나타낸 후 시간이 경과함에 따라 급격히 퇴색하였으며, 주정의 농도가 높을수록 퇴색속도가 빨라지는 경향을 보였다. 선인장 열매의 적색색소의 안정성을 증가시키기 위하여 ascorbic acid 0.15%를 가하고 동일한 방법으로 적색색소의 안정성을 실험한 결과 Fig. 10 에서와 같이 각 주정농도에서 적색색소의 퇴색속도가 현저히 감소하였다. 각 침출액의 적색색소의 흡광도가 0.7에 도달하는 시간을 겉보기 반감시간으로 하고 이를 측정하여 Table 45에 나타내었다. 각 침출액의 적색색소의 겉보기 반감시간은 90% 주정침출액이 ascorbic acid를 첨가하지 않았을 때 156분에서 ascorbic acid 첨가시는 1,570분으로 10배 이상 증가하였으며, 80% 주정침출액은 187분에서 1,540분으로 8배정도 증가하였고 주정농도가 감소할수록 반감기의 증가가 감소하는 경향으로 나타나 20% 주정침출액은 602분에서 2,120분으로 반감기가 3.5배 증가하였다.

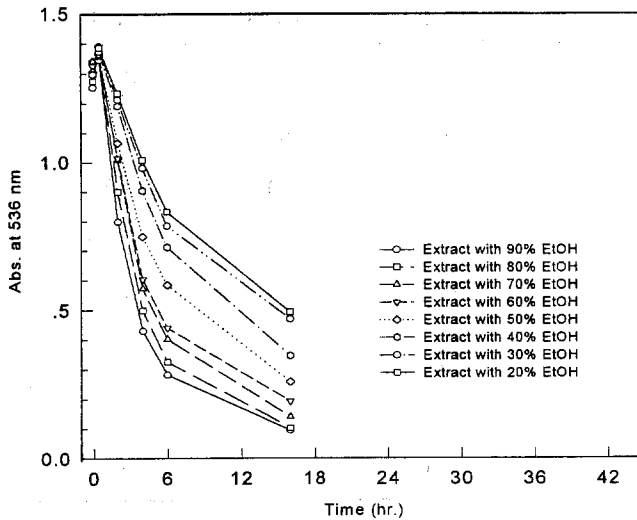


Fig. 9. Degradation of red pigments in prickly pear during extraction at 40°C, 200 rpm

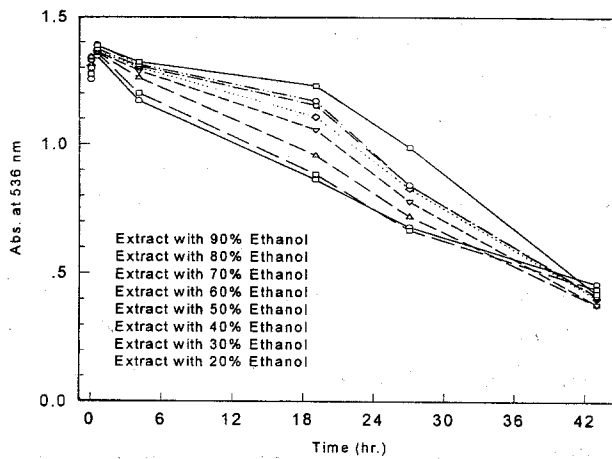


Fig. 10. Degradation of red pigments in prickly pear during extraction at 40°C, 200 rpm. with 0.15% ascorbic acid

Table 45. Approximately half-life times of prickly pear pigments in various ethanol concentration at 40°C, 200 rpm. (min.)

Ethanol concentration of extract(%)	Ascorbic acid content	
	0%	0.15%
90	156	1,570
80	187	1,540
70	202	1,680
60	222	1,820
50	279	1,910
40	382	1,930
30	523	1,940
20	602	2,120

3) 선인장 열매와 줄기 침출주제조

앞의 실험결과에 의하여 선인장 열매와 줄기의 침출에 필요한 주정농도를 80%로 정하고 선인장 열매와 줄기 침출주를 제조하였다. 현행 주세법에서는 침출주의 경우, 침출 기간을 포함하여 저장기간을 90일 이상으로 규정하고 있다⁽³⁷⁾. 따라서 본 연구에서는 80% 주정에 선인장열매와 줄기를 각각 가하고 6주 동안 침출한 후 이를 주정농도가 20%가 되도록 희석한

후 다시 7주간 저장하여 침출주제조에 필요한 기간을 총 13주로 결정하였다. Fig. 11은 선인장열매를 침출초기와 6주 침출후의 ascorbic acid를 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우의 UV-visible spectrum을 측정된 결과이다. 선인장열매 침출초기의 최대흡수파장은 536nm이었으며, 이는 betacyanine의 최대흡수파장 범위와 일치하는 파장이었다. 6주 침출 후에는 적색색소가 퇴색하면서 최대흡수파장이 자외선 영역으로 이동하는 현상을 보였다. 선인장열매의 침출기간 동안 적색색소의 퇴색정도를 흡광도를 측정하여 Fig. 12에 나타내었다. Ascorbic acid를 첨가하지 않은 침출액은 초기 흡광도 1.49에서 1주만에 0.47로 급격히 감소한 후 6주 후에는 0.14를 나타내었으며, ascorbic acid 0.15%를 첨가한 침출액은 비교적 완만한 흡광도 감소를 보여 1주시 1.47, 2주시 1.248 및 6주 후에는 0.568이었다

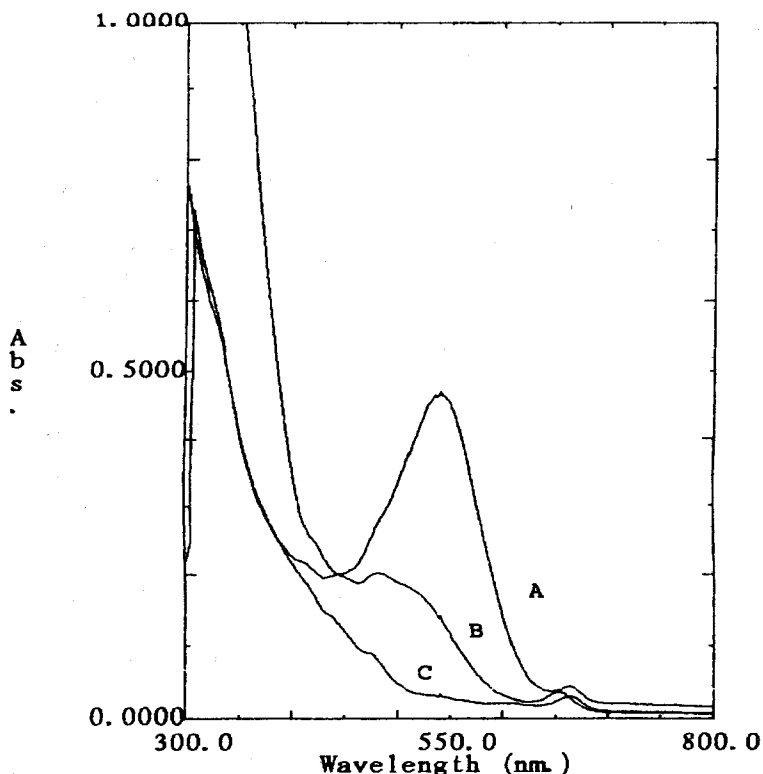


Fig. 11. UV-visible spectrum of prickly pear(fruit)
 A. Initial of extraction
 B. 6 weeks after extraction (with 0.15% ascorbic acid)
 C. 6 weeks after extraction (without ascorbic acid)

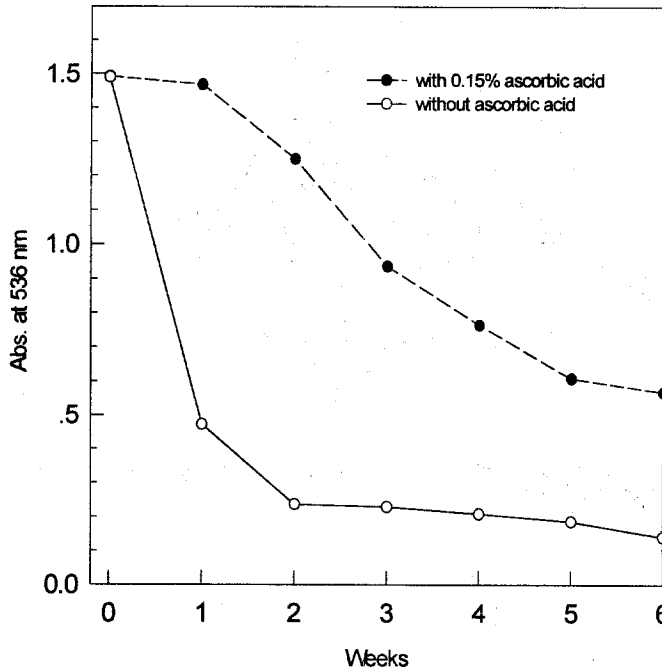


Fig. 12. Degradation of red pigments in prickly pear liquor (Fruit) during extraction with 80% ethanol

4) 선인장 열매와 줄기 침출주의 기호도 개선

선인장 열매와 줄기 침출주의 기호도를 개선할 목적으로 각 침출주에 백설탕 0, 0.1, 0.25, 0.5 및 1.0%과 구연산 0, 0.01, 0.025, 0.05 및 0.10%의 조합으로 침출주를 제조하고 숙련된 관능검사요원 3인으로 이들의 기호도를 등급으로 매기도록 하여 그 결과를 선인장 열매 침출주는 Fig. 13에, 선인장줄기 침출주는 Fig. 14에 각각 나타내었다. 선인장 열매와 줄기 침출주 모두 가장 높은 기호도를 보인 시료는 백설탕 0.1 또는 0.25%와 구연산 0.01%를 첨가한 경우였다.

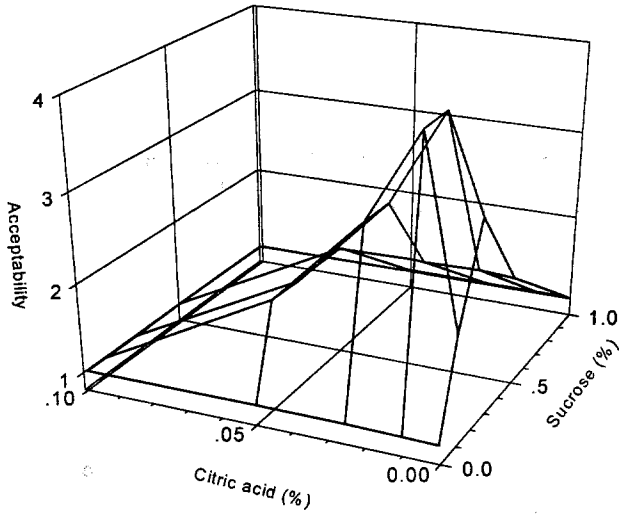


Fig. 13. Acceptability of prickly pear liquor (Fruit) according to the addition of sucrose and citric acid

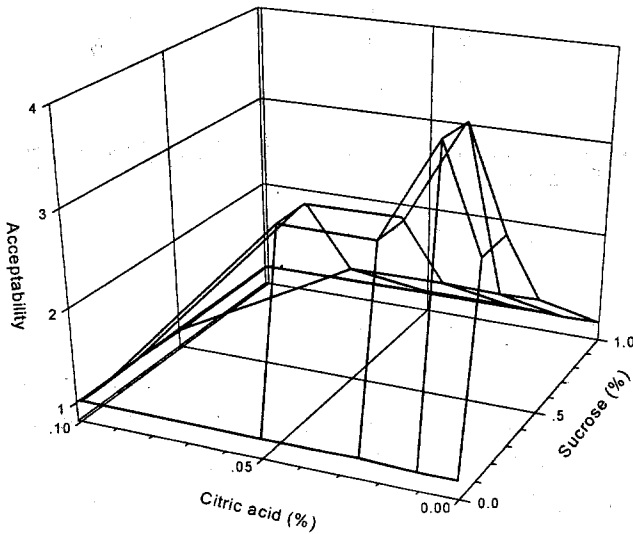


Fig. 14. Acceptability of prickly pear liquor (Stem) according to the addition of sucrose and citric acid

5) 선인장 열매와 줄기 침출주제조 공정

다음은 선인장 열매와 줄기 침출주제조 공정을 나타낸 것이다.

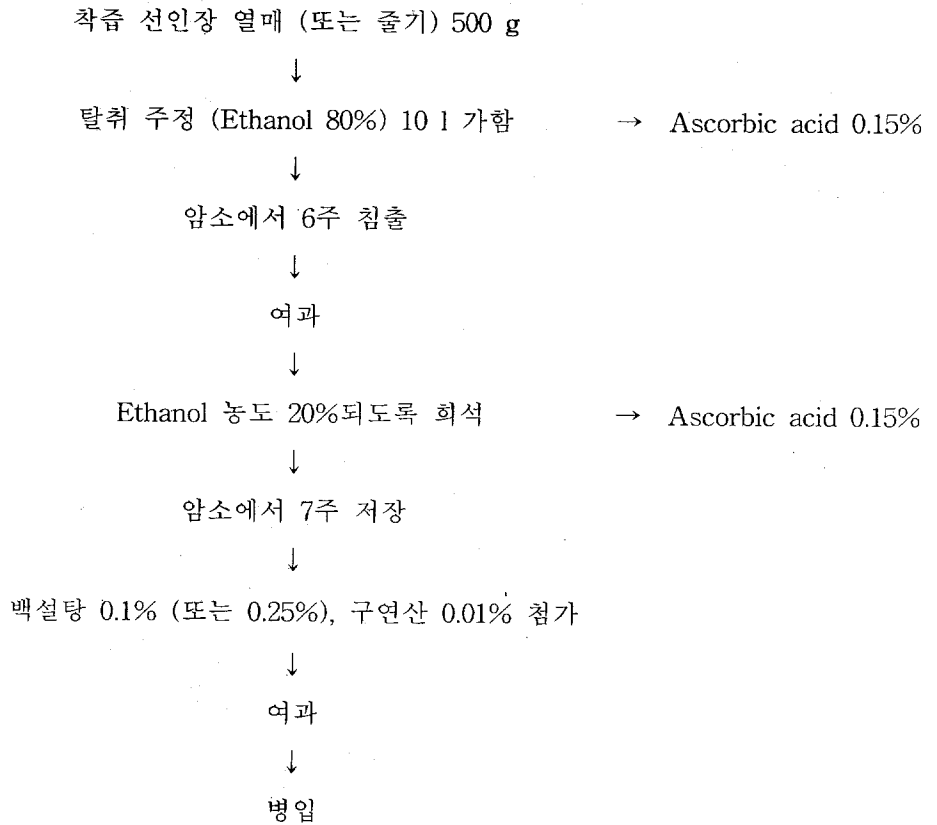




Photo 1. A. Liquor of prickly pear fruit without ascorbic acid
B. Liquor of stem without ascorbic acid.



Photo 2. A. Liquor of prickly pear fruit with 0.15% ascorbic acid
B. Liquor of stem with 0.15% ascorbic acid

나. 약주의 제조

1) 누룩의 특성

선인장열매와 줄기를 이용한 약주를 제조하기 위하여 누룩을 수집하여 미생물의 수와 당화력을 측정하였다. 각 누룩의 미생물의 수는 Table 46에 나타낸 바와 같이 곰팡이의 수는 $5.3 \times 10^6 \sim 7.0 \times 10^6$ 으로 세 종류의 누룩이 큰 차이가 없었다. 누룩의 효모의 수는 국순당과 제주도 누룩이 각각 4.7×10^6 과 2.5×10^6 으로 중앙곡자의 누룩 2.8×10^6 보다 다소 높은 수준이었다. 그러나 세균수는 국순당과 중앙곡자의 누룩이 각각 1.2×10^9 과 8.0×10^8 인데 비하여 제주도 누룩은 1.8×10^9 으로 매우 높은 수준이어서 제주도 누룩을 사용하여 발효시 발효안정성이 문제가 될 것으로 생각되었다. 각 누룩의 당화력과 산당화력을 Table 47에 나타내었다. 국순당 누룩의 당화력과 산당화력은 각각 2,660 S.P.과 704 A.S.P.으로 중앙곡자와 제주도 누룩의 당화력과 산당화력에 비하여 현저히 높았으며, 이러한 점은 발효시 유리하게 작용할 것으로 생각된다.

Table 46. Viable counts in *Nuruk* used *Yakju* fermentation

Microorganism	<i>Nuruk</i>		
	K	J	C
Mold	7.0×10^6	6.5×10^6	5.3×10^6
Yeast	4.7×10^6	2.8×10^6	2.5×10^6
Bacteria	1.2×10^9	8.0×10^8	1.8×10^9

Table 47. Saccarogenic power and acid saccharogenic power of *Nuruk* used in *Yakju* fermentation

Microorganism	<i>Nuruk</i>		
	K	J	C
S. P.	2,660	611	867
A. S. P.	704	120	154

S. P.: saccarogenic power

A. S. P.: Acid saccharogenic power

2) 약주제조를 위한 누룩과 효모 선발

국순당, 중앙곡자 및 제주도의 세 종류 곡자와 국순당효모와 송천효모의 두 종류의 효모를 조합하여 여섯 가지의 약주를 제조하고 각 약주의 특성과 기호도를 조사하였다. Table 48에 표시한 바와 같이 국순당 누룩과 국순당 효모를 사용한 경우에 약주의 알코올 함량이 15.2%로 가장 높았으

며, 국순당 누룩과 송천 효모로 제조한 약주는 알코올 함량이 10.5%였다. 다른 조합의 약주의 경우, 알코올 함량이 9% 미만으로 나타났는데 이러한 결과는 누룩의 당화력 차이와 효모의 활성차이에서 기인한 것으로 생각된다. 각 약주의 기호도는 Table 49에서 보는 바와 같이 국순당의 누룩과 효모로 담금한 약주가 단맛과 신맛 및 쓴맛이 약하고 향이 좋아 가장 우수한 조합으로 생각되었다. 따라서 선인장열매와 줄기를 이용한 약주제조에 국순당의 누룩과 효모를 사용하기로 하였다.

Table 48. Characteristics of various *Yakju* prepared by different *Nuruk* and commercial yeast

<i>Yakju</i>	pH	Acidity (ml, 0.1N NaOH)	Reducing sugar (%)	Ethanol (%,v/v)
A	4.18	6.80	0.77	15.2
B	4.40	6.20	2.95	10.5
C	3.97	9.85	0.29	8.3
D	4.17	6.85	0.63	6.9
E	4.03	9.90	0.71	8.7
F	4.22	6.35	2.64	6.7

A: *Yakju* prepared with *Nuruk* K and yeast K
 B: *Yakju* prepared with *Nuruk* K and yeast S
 C: *Yakju* prepared with *Nuruk* J and yeast K
 D: *Yakju* prepared with *Nuruk* J and yeast S
 E: *Yakju* prepared with *Nuruk* C and yeast K
 F: *Yakju* prepared with *Nuruk* C and yeast S

Table 49. Sensory evaluation of various *Yakju* prepared by different *Nuruk* and commercial yeast

<i>Yakju</i>	Sweetness	Sourness	Bitterness	Flavor
A	1.2 ^b	1.7 ^c	3.0 ^b	3.0 ^a
B	2.5 ^a	2.1 ^b	3.4 ^{ab}	3.0 ^a
C	1.1 ^b	2.5 ^a	3.5 ^{ab}	2.5 ^b
D	1.2 ^b	1.5 ^c	4.2 ^a	2.1 ^c
E	1.3 ^b	2.0 ^b	3.4 ^{ab}	3.0 ^a
F	2.5 ^a	2.0 ^b	3.2 ^b	2.0 ^c

A: *Yakju* prepared with *Nuruk* K and yeast K
 B: *Yakju* prepared with *Nuruk* K and yeast S
 C: *Yakju* prepared with *Nuruk* J and yeast K
 D: *Yakju* prepared with *Nuruk* J and yeast S
 E: *Yakju* prepared with *Nuruk* C and yeast K
 F: *Yakju* prepared with *Nuruk* C and yeast S

Mean Values with the different letter in a same column are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

3) 선인장열매와 줄기를 이용한 약주제조

선인장약주는 맵쌀을 원료로 하여 2단 담금시 맵쌀에 대하여 선인장열매와 줄기를 각각 5% 첨가하여 제조하였다. 선인장 약주의 각 담금과정 중 알코올 생산을 Fig. 15에 나타내었다. 각 과정 중 알코올 함량은 주모가 12.6%, 1단 담금 후에는 13.1%였으며, 2단 담금 시는 초기 5.4%에서 시작하여 하루만에 선인장열매와 줄기를 첨가한 경우에 각각 12.7%와 12.9%로 증가하여 이후 완만한 증가추세를 나타내어 4일째에 각각 14.3%와 14.5%를 나타내었다. 이후 10℃에서 숙성 중에도 큰 변화 없이 최종 알코올 농도는 선인장열매와 줄기 약주가 각각 14.6%와 14.4%이었다.

선인장 약주 담금 중의 pH와 산도변화를 Fig. 16에 나타내었다. 주모의 pH와 산도는 초기에 구연산을 첨가하였으므로 각각 2.8과 30.2ml 이었으나 주모담금 2일 후에는 각각 pH는 3.35로 증가하였고 산도는 27.6ml로 감소하였는데, 이는 발효가 진행됨에 따라 누룩과 원료 쌀로부터 완충작용을 갖는 분해물이 생성되어 나타난 현상으로 생각된다. 1단 담금 시에도 pH와 산도의 변화는 주모와 같은 경향을 나타내었으며, 1단 담금 후의 pH는 3.93, 산도는 7.5ml이었다. 선인장열매와 줄기를 각각 첨가한 약주의 최종 pH와 산도는 선인장열매 약주가 각각 4.14와 6.4 ml 이었고 줄기 약주는 pH 4.24, 산도 5.72ml로 나타났다. 이상의 선인장 약주의 특성을 Table 50에 나타내었다.

Table 50. Characteristics of prickly pear *Yakju*

<i>Yakju</i>	pH	Acidity (ml, 0.1N NaOH)	Reducing sugar (%)	ethanol (%,v/v)
R	4.14	6.40	0.77	14.6
G	4.24	5.72	0.83	14.4

R: *Yakju* prepared with prickly pear fruit
G: *Yakju* prepared with prickly pear stem

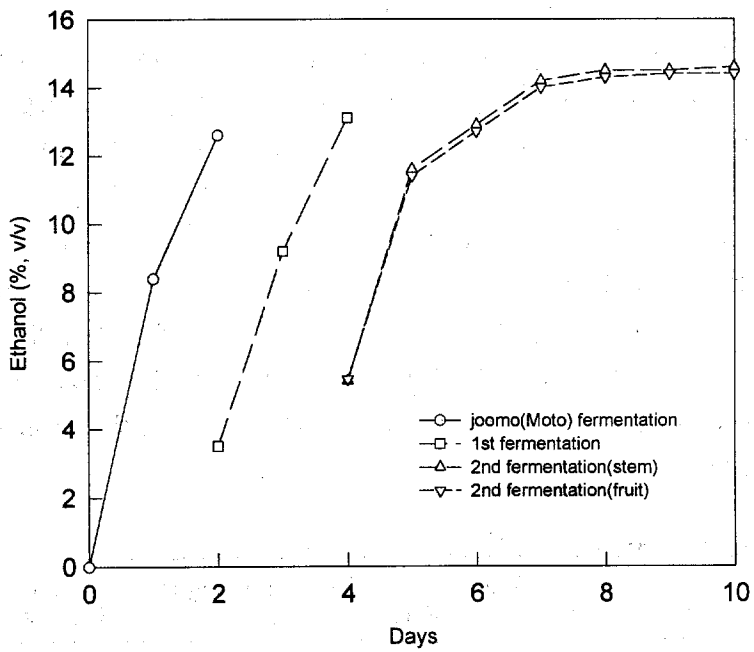


Fig. 15. Ethanol contents of prickly pear yakju during fermentation

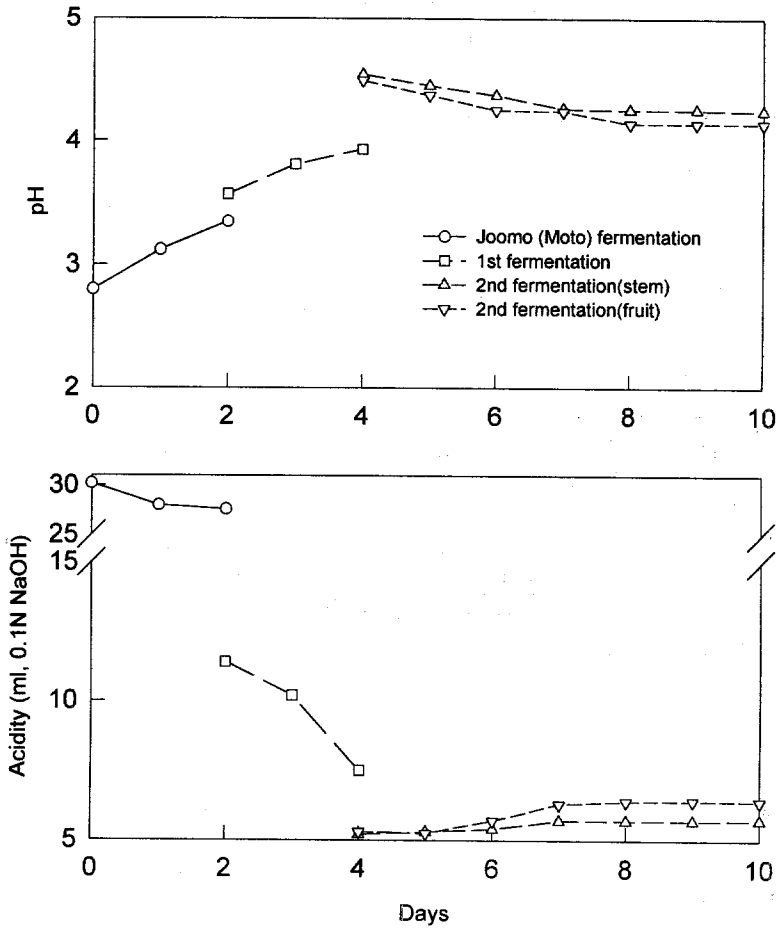


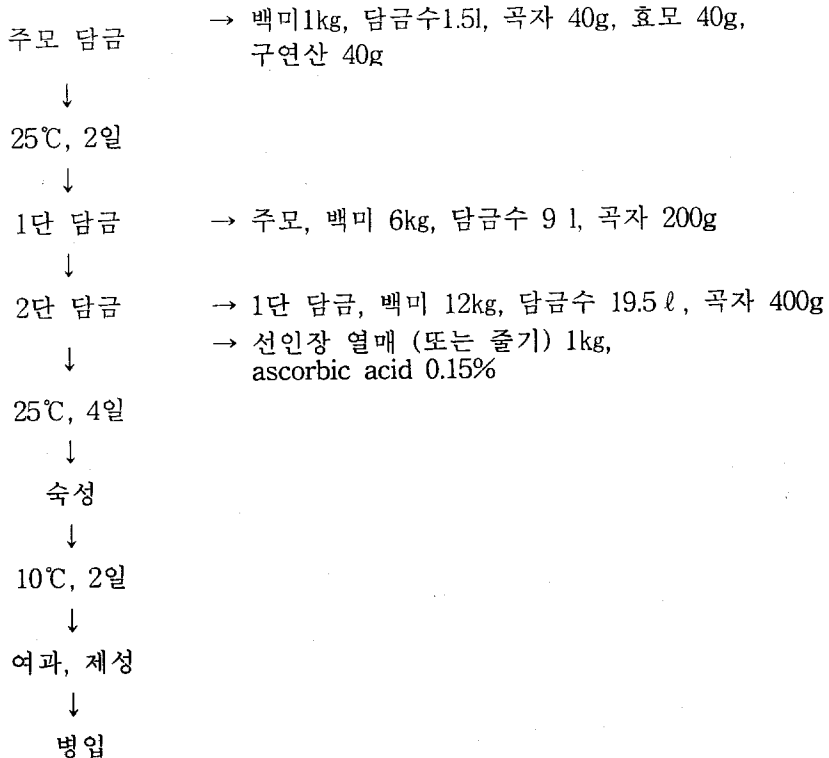
Fig. 16. pH and acidity of prickly pear yakju during fermentation

4) 선인장 열매 약주의 적색색소 안정성

선인장 열매 약주 2단 담금 및 숙성중 적색색소의 안정성을 흡광도를 측정하여 Fig. 17에 나타내었다. Ascorbic acid를 첨가하지 않은 약주는 초기 흡광도가 0.584에서 2단 담금 1일, 2일, 3일 및 4일에 각각 0.444, 0.380, 0.350 및 0.338로 감소한 후 숙성 후에는 0.334이었다. 그러나 ascorbic acid 0.15%를 첨가한 약주는 초기 흡광도 0.582에서 2단 담금 1일, 2일, 3일 및 4일에 각각 0.568, 0.550, 528 및 0.516으로 완만히 감소한 후 숙성 후에도 0.512로 비교적 적색색소가 안정하였다.

5) 선인장 열매와 줄기 약주제조 공정

다음은 선인장 열매와 줄기 약주제조 공정을 나타낸 것이다.



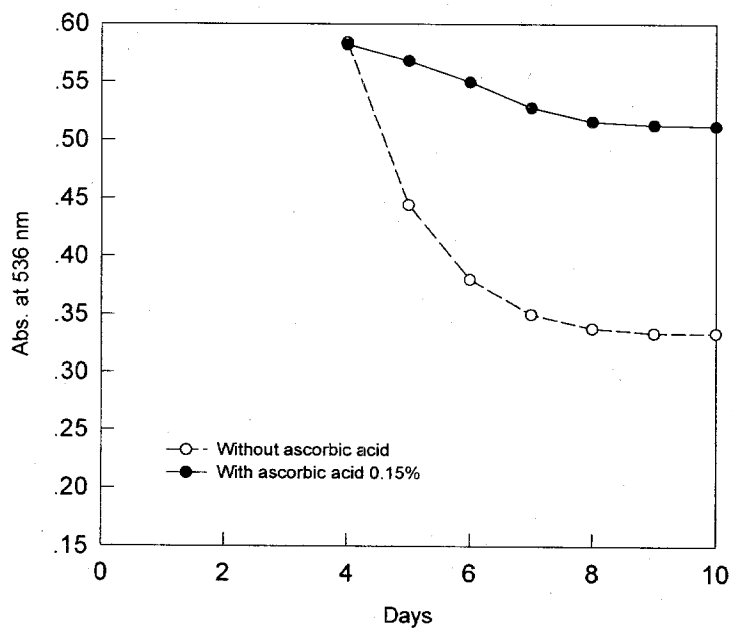


Fig. 17. Degradation of red pigment in prickly pear yakju (Fruit) during 2nd fermentation



Photo. 3 A. *Yakju* of prickly pear fruit without ascorbic acid
B. *Yakju* of stem without ascorbic acid

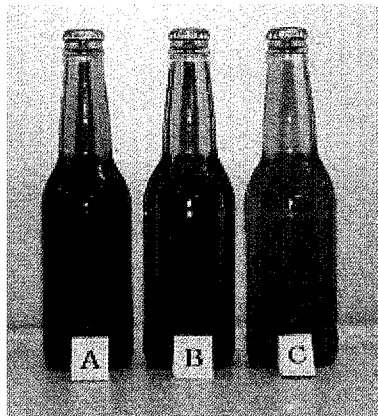


Photo 4. A. prickly pear *Yakju* with 5% fruit and 0.15% ascorbic acid
B. prickly pear *Yakju* with 3% fruit and 0.15% ascorbic acid
C. prickly pear *Yakju* with 2% fruit and 0.15% ascorbic acid.

다. 와인의 제조

1) 선인장 열매 분말을 이용한 와인발효

선인장 와인은 선인장 열매의 동결건조 분말을 25% 설탕용액에 0.5% 첨가하고 YM broth에서 2일 배양한 *Saccharomyces ellipsoideus*를 starter로 사용하여 제조하였다. 선인장와인 발효 중 알코올 생산을 Fig. 18에 나타내었다. 선인장 열매 분말을 균질화하지 않은 두 종류의 와인은 발효 10일 후 알코올은 ascorbic acid를 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우에 각각 7.9%와 7.2%의 낮은 함량을 보였다. 이 두 종류의 경우 발효 중에 생성된 CO₂가 점질물을 발효조 상층으로 밀어 올리는 현상이 관찰되었는데(사진 5), 이 점질물이 CO₂의 방출을 막고 효모의 생육에 필요한 O₂의 유입을 막아 발효가 지연되는 것으로 생각되었다. 따라서 선인장 열매의 동결건조 분말을 담금수에 10% 농도가 되도록 용해시킨 후, 이를 homogenizer로 처리하여 점질물을 파쇄한 다음 설탕용액에 선인장분말의 농도가 0.5%가 되도록 첨가하여 발효시킨 결과, 발효 8일만에 10.5%의 알코올이 생성되었다.

선인장 와인 발효중의 pH와 산도변화를 Fig. 19에 나타내었다. Ascorbic acid를 첨가하지 않은 발효액의 초기 pH는 4.7이었으며, 발효 3일에 3.79로 감소한 후 이후 큰 변화 없이 발효 10일에 3.62를 보였다. Ascorbic acid를 첨가한 경우, 발효액은 초기 pH 4.2 정도에서 발효 1일에 점질물을 제거하지 않은 발효액과 제거한 발효액이 각각 pH 3.85와 pH 3.7로 감소하였으며, 이후 완만히 감소하여 10일 발효후 각각 pH 3.57과 pH 3.49였다. 산도의 경우 pH가 감소함에 따라 산도가 증가하여 10일 발효후 점질물을 제거한 경우에는 4.5mℓ, 점질물을 제거하지 않은 경우에는 ascorbic acid 첨가구는 4.2mℓ, ascorbic acid 비첨가구는 4.1mℓ로 큰 차이가 없었다.

2) 선인장 열매 분말을 이용한 와인발효 중 적색색소 안정성

선인장 열매 와인 발효 중 점질물을 제거하지 않은 발효액의 색소는 Fig. 20 처럼 ascorbic acid 첨가구가 비첨가구보다 다소 안정성이 높아 발효 10일에 각각의 흡광도가 0.674와 0.596을 보였으나 퇴색하는 경향에는 큰 차이가 없었다. Homogenizer를 사용하여 점질물을 제거한 경우에는 발효 초기의 흡광도 1.05 정도에서 발효 1일에 0.757, 3일에 0.596으로 감소하였으며 이후에는 비교적 완만히 감소하여 10일 발효 후에 0.488을 보였다. 이상의 결과, 점질물을 제거하면 색소안정성이 다소 저하되지만 알코올 생산을 위해서는 점질물을 제거하는 것이 유리하므로 점질물을 제거하는 것이 바람직하며, 색소안정성에 대한 계속된 연구가 필요하다고 생각된다.

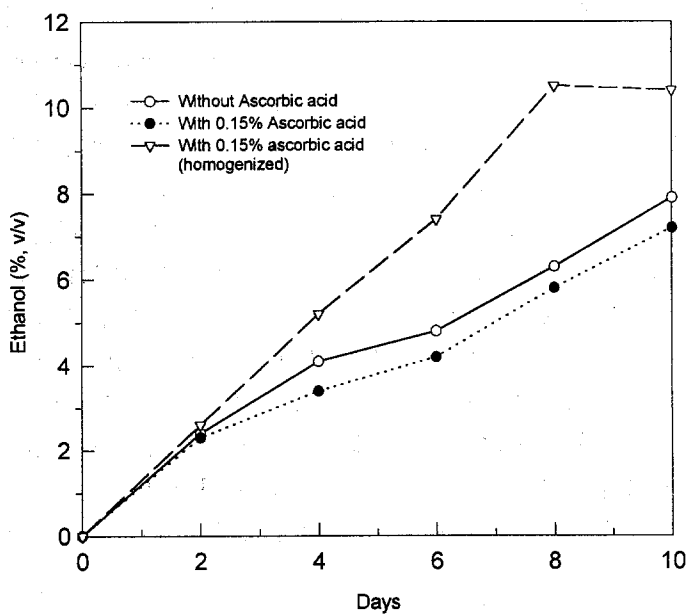


Fig. 18. Ethanol contents of prickly pear wine during fermentation

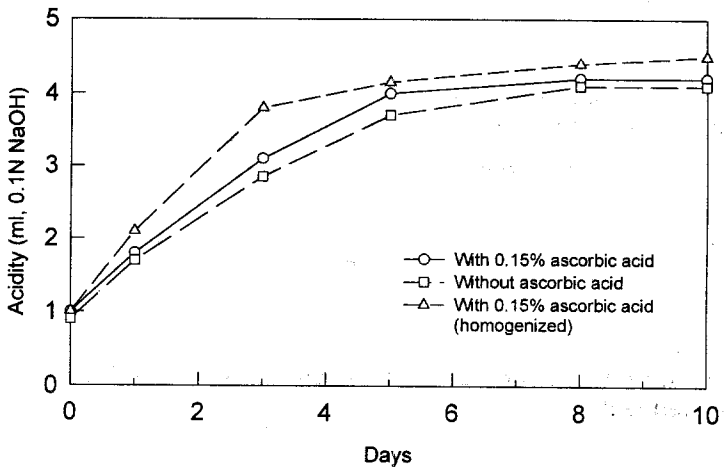
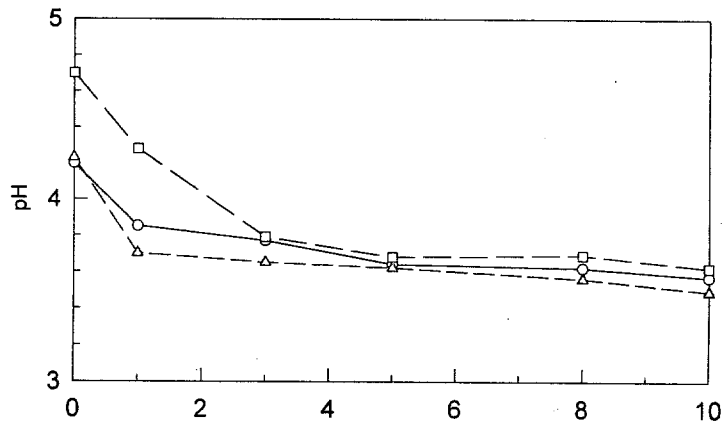


Fig. 19. pH and acidity of prickly pear wine during fermentation

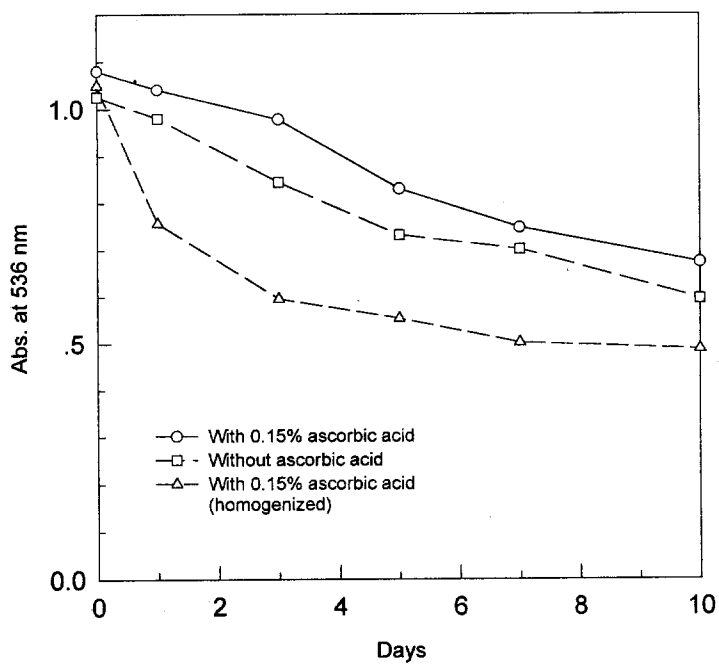
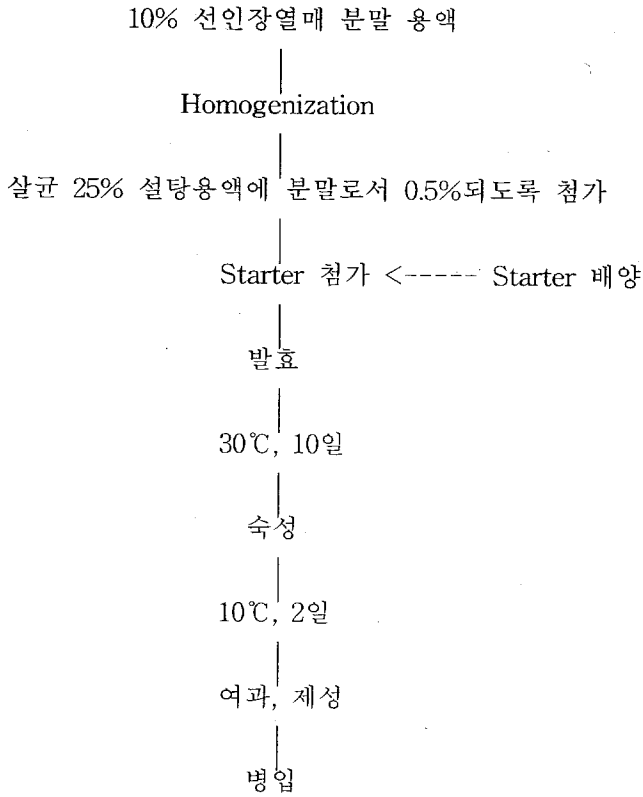


Fig. 20. Degradation of red pigment in prickly pear wine (Fruit) during fermentation

3) 선인장 열매 분말을 이용한 와인제조 공정

다음은 선인장 열매 분말을 이용한 와인제조 공정을 나타낸 것이다.



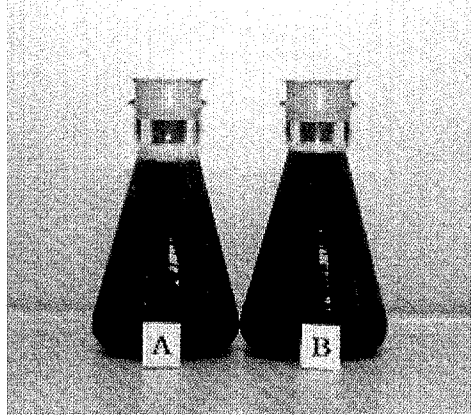


Photo 5. A. Prickly pear wine with 0.15% ascorbic acid
B. Prickly pear wine without ascorbic acid.

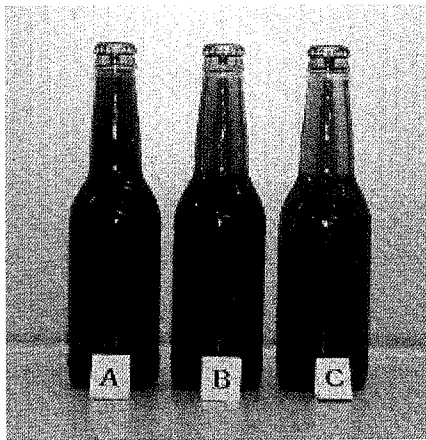


Photo 6. A. Prickly pear wine 0.5% furit and with 0.15% ascorbic acid
B. Prickly pear wine 0.3% furit and with 0.15% ascorbic acid
C. Prickly pear wine 0.2% furit and with 0.15% ascorbic acid.

9. 기존 제품의 품질 고급화 연구

가. 솔비톨을 이용한 손바닥선인장 분말 과립 제조방법

일반적으로 과립에 사용하는 당은 포도당이며, 포도당을 이용한 과립은 당뇨병환자들이 섭취할 수 없는 단점이 있다. 또한 포도당을 이용하여 과립을 제조시 과립기계를 사용하여 과립 성형한다. 솔비톨은 혈당으로 전환되지 않기 때문에 당뇨병 환자를 위한 감미료, 식이 감미료(dietetic sweetner)로 사용되고 있다⁽³⁸⁾. 본 연구에서는 단순 기계인 혼합기만을 이용하여, 솔비톨에 손바닥선인장을 부착시켜 과립을 성형시키는 제조방법을 개발하고자 한 것이다.

1) 비결착제 농도별 솔비톨 과립 특성

일반적으로 과립은 적당한 크기를 유지하여야 식감, 분산성과 외관이 좋아지므로 과립의 크기가 중요하다. 과립의 크기를 조절하기 위해서 솔비톨 분말이 비결착제 농도별 영기는 크기를 Table 51에 나타내었다. 비결착제 농도 70~100%를 사용하였을 경우 10~60mesh 정도의 적절한 크기의 과립이 형성되었으나, 비결착제 농도 0~60%를 사용하였을 때는 솔비톨 자체가 엉겨 붙는 것으로 나타났다.

Table 51. Granular properties of sorbitol using various concentrations of anticaking agents

Anticaking agent concentration(%)	Filtrate contents of f10mesh sieve(%)	Granular property
0	0.0	caking
10	0.0	caking
20	0.0	caking
30	0.0	caking
40	10.3	caking
50	20.6	caking
60	27.9	caking
70	70.1	partial caking
80	81.0	granular, slight caking
90	100.0	granular
100	100.0	granular

2) 비결착제 첨가량에 따른 솔비톨 과립 특성

위에서 설정한 적정 비결착제 농도인 70~100%을 첨가량에 따라 분말 솔비톨의 엉겨 붙는 량을 조사하였다. Table 52에 나타낸 것처럼 비결착제 첨가량이 40% 이상인 경우 서로 엉겨 붙어 과립이 형성되지 않음을 알 수 있다.

Table 52. Granular properties of sorbitol by added amount of anticaking agents

Anticaking agent concentration(%)	Filtrate contents of f10mesh sieve(%)	Granular property
0	100	original powder form
10	100	granular form
20	100	granular form
30	80	granular form, slight caking
40	70	granular form, partial caking
50	20	almost caking
60	10	almost caking
70	0	caking
80	0	caking

3) 손바닥선인장 열매 분말 첨가량의 설정

위에서 설정한 적정 비결착제 농도인 70~100%을 솔비톨 중량에 30% 가량 첨가하여 잘 혼합하여 비결착제를 솔비톨 분말에 흡수시킨 후 손바닥선인장 분말을 1~40% 가량 첨가하여 솔비톨 분말에 선인장 분말을 혼합시키면서 흡착시켜, 흡착한 솔비톨을 50~80℃의 열풍건조기로 건조시켜 과립을 만들었을 때 과립의 색도와 과립 비율을 Table 53에 나타내었다. 과립의 색도는 손바닥선인장의 첨가량이 많아질수록 적색도가 증가하고 명도가 감소하였으며, 손바닥선인장이 흡착한 솔비톨 과립 형성 비율은 5~20%에서 90% 이상으로 가장 잘 흡착하였다.

4) 솔비톨을 이용한 손바닥선인장 분말 과립의 부향

앞에서 설정한 조건으로 솔비톨 분말을 만들 때 맛을 향상시키기 위해 솔비톨 분말에 과일 향이나 한약 향을 첨가하여 관능 검사한 결과 맛

이 향상되었다. 선인장을 코팅한 솔비톨 과립에 맛을 향상시키기 위해 혼합하기 전제 한약 향과 과일 향을 첨가하여 제조한 과립의 기호도를 조사한 관능검사를 결과는 Table 54에 나타내었다. 과일 향과 한약 향을 첨가하여 제조한 선인장 솔비톨 분말은 전반적으로 기호도가 향상되었다. 단맛, 색, 종합적 기호도인 경우 향에 상관없이 대부분 약간좋다에서 가장좋다의 기호도를 나타내었고, 입안에서 바삭바삭한 정도의 경우 보통으로 좋다 이상의 기호도를 나타내었다.

결론적으로 솔비톨 분말에 비결착제 농도 70~100% 용액을 10~40% 가량 첨가하여 솔비톨의 응집을 방지하면서 비결착제를 흡수시킨 솔비톨 분말에 손바닥선인장 분말을 1~40% 가량 첨가하여 혼합시키면서 흡착시켜 50~80℃의 열풍건조기로 건조시키면 기존보다 분산성이 좋은 과립 제품을 만들 수 있었다.

Table 53. Color parameter and adsorption ratio of sorbitol by amount added nopal powder

Nopal concentration(%)	Color parameters			adsorption ratio(%)
	L	a	b	
sorbitol powder	96.0	-0.6	1.3	0
0	32.8	18.9	-0.3	0
5	51.9	10.5	-0.0	100.0
10	52.3	11.7	-0.6	98.2
15	42.2	13.9	-1.8	98.2
20	37.9	16.9	-2.9	95.3
30	36.9	17.3	-0.6	89.3
40	35.9	17.5	-0.5	87.4

Table 54. Sensory evaluation score of granular products containing citrus sudachi and chungung flavor

Samples	Control	Citrus Sudachi	Chungung
Color	5.2 ^a	8.1 ^b	8.0 ^b
Flavor	5.2 ^a	8.1 ^b	7.7 ^b
Sweet taste	7.0 ^a	8.0 ^b	8.1 ^b
Crisp	8.0 ^a	8.0 ^b	8.0 ^b
Overall acceptability	6.4 ^a	8.0 ^b	8.0 ^b

Rating scale: 1(very bad) to 9(very good)

Means with the same letter in each column are not significantly different.

10. 항균 효과

가. 선인장 유기용매 추출물의 항균효과

실험 균주에 대한 각각의 추출물 300mg/ml의 항균 효과는 Table 55에 나타내었다. Table 55에 나타난 바와 같이 열매-methanol 추출물과 열매-아세톤 추출물이 그램 음성균 중 *Escherichia coli*, *Escherichia coli* O157:H7과 *Salmonella typhimurium*에 항균 효과를 나타내었으며, 줄기-methanol 추출물은 *Escherichia coli*에만 효과를 나타내었다. 그램 양성균 중 *Bacillus subtilis*에는 열매-methanol 추출물과 열매-아세톤 추출물이 효과를 나타내었다. 효과가 확인된 줄기-methanol 추출물과 열매-methanol 추출물 및 열매-아세톤 추출물의 농도별 항균 효과를 조사한 결과는 Table 56에 나타내었다. Table 56에 나타난 바와 같이, 열매-methanol 추출물이 가장 강한 항균효과를 보여 50mg/ml 에서도 효과를 나타내었는데, *Bacillus subtilis*와 *Salmonella typhimurium*에 대한 효과가 뛰어났으며 *Escherichia coli*와 *Escherichia coli* O157:H7에도 강한 효과를 보였다.

천연물의 항균성은 유효물질의 특성에 따라 용매에 용출되는 정도가 다르므로 본 실험에 사용된 선인장의 경우 유효물질이 methanol에 가장 잘 용출되었으며, 줄기보다는 열매가 유효물질을 더 많이 함유한다고 생각되어졌다. 또한 대조구에서는 clear zone이 나타나지 않아 항균효과는 추출용매에 기인한 것이 아니라 추출액에 함유되어 있는 항균성 물질에 기인한다고 판단되었다.

Table 55. Antimicrobial activities of solvent extracts from *Opuntia* stem and fruit against various microorganisms

Indicator strains	<i>Opuntia</i> extracts							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Streptococcus mutans</i> KFRI 1171	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enterococcus faecalis</i> var. <i>liquefaciens</i> KFRI 675	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i> KFRI 219	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bacillus subtilis</i> KFRI 183	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Micrococcus luteus</i> KFRI 454	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Listeria monocytogenes</i> KFRI 799	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pediococcus cerevisiae</i> KFRI 438	-	-	-	-	-	-	-	-
Gram (+) <i>Lactobacillus plantarum</i> NCDO 955	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. reuteri</i> KFRI 661	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. delbruekii</i> KFRI 149	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. fermentum</i> KFRI 164	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. sake</i> KFRI 816	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. bulgaricus</i> KFRI 425	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. casei</i> KFRI 196	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. pentosus</i> KFRI 481	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Propionobacterium acnes</i> ATCC 6919	-	-	-	-	-	-	-	-
Gram (-) <i>Escherichia coli</i> KFRI 272	+	-	-	-	+	-	-	+
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Salmonella typhimurium</i> KFRI 191	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Pseudomonas fragi</i> KFRI 462	-	-	-	-	-	-	-	-

1: *Opuntia* stem-MeOH extract
 2: *Opuntia* stem-Hexane extract
 3: *Opuntia* stem-EtOAc extract
 4: *Opuntia* stem-Acetone extract
 +: activity
 -: no activity

5: *Opuntia* fruit-MeOH extract
 6: *Opuntia* fruit-Hexane extract
 7: *Opuntia* fruit-EtOAc extract
 8: *Opuntia* fruit-Acetone extract

Table 56. Comparison of antimicrobial activities of *Opuntia* stem and fruit extracts

<i>Opuntia</i> extracts	Concentration (mg/ml)	Clear zone(mm)			
		<i>Bacillus subtilis</i> KFRI 183	<i>Escherichia coli</i> KFRI 272	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	<i>Salmonella typhimurium</i> KFRI 191
<i>Opuntia</i> stem-MeOH extract	100	-	-	-	-
	200	-	-	-	-
	300	-	9	-	-
<i>Opuntia</i> fruit-MeOH extract	40	-	-	-	-
	50	±	±	-	±
	100	12	9	±	10
	200	16	14	14	16
	300	20	17	18	21
<i>Opuntia</i> fruit-Acetone extract	100	-	-	-	-
	200	11	10	±	±
	300	13	12	11	11

±: weak activity
 -: no activity

11. 변비개선효과

가. 패널 현황

변비 개선효과를 보기 위한 대상자로는 1명을 제외하고 대부분의 여성이었고, 변비를 느낀 지는 2년에서 10년 이상이었다. 여성을 주로 선발한 이유는 변비가 여성에게 흔한 증상이었기 때문이었다.

나. 변비개선효과를 위한 1차 조사

1차 조사에서 Table 57에 나타낸 것처럼 손바닥선인장 열매를 복용시 대상자 약 82%에서 변비 증상이 개선되거나 약간 개선되었다고 하였으며, 배에 가스가 생성되는 것 같다고 응답한 사람이 31%를 차지하여 가스가 생기는 증상이 있었다. 이외에 소변량이 많아짐, 더부룩하던 속이 좋아짐, 0.5~1kg 체중 감량이 된다는 코멘트도 각각 1명씩 있었다. 그러나 가스가 생성한다는 응답자 약 31%를 차지하므로 복용량을 줄였을 때 변비개선과 가스 생성 억제 효과를 조사할 필요가 있는 것으로 판단되었다.

Table 57. Effects of improvement in constipation patients taken 1,000mg of nopal powder

대상자	나이(대)	화장실가는 횟수	변비를 느낀지?	손바닥선인장 분말 섭취후 느낌
1	30	3/주	-2년	약간 개선, 배에 가스가 참
2	20	5/주	-5년	-
3*	30	2/주	-10년	소변량이 많아짐
4	30	3/주	10년+	-
5	30	2/주	-5년	약간 개선, 배에 가스가 참
6	20	3/주	-10년	약간 개선, 배에 가스 참
7	30	1-2/주	10년+	약간 개선, 더부룩하던 속이 좋아짐
8*	30	4/달	10년+	약간 개선
9	20	2/주	-2년	개선, 배에 가스가 참
10	30	1-2/주	-10년	개선, 0.5-1kg 체중 감량
11	20	3/주	-5년	개선
12	50	3-4/주	-10년	개선
13	20	2-3/주	10년+	약간 개선
14	30(남)	3/주	-5년	약간 개선
15	20	2/주	-5년	효과가 있음
16	20	3/주	-2년	약간 개선(똥은 변), 가스 참

*: 변비 증상이 심한 때

다. 변비개선효과를 위한 2차 조사

1차조사에서 손바닥선인장 열매를 복용시 대상자 약 82%에서 변비 증상이 개선되었다고 하였으나, 배에 가스가 생성되는 것 같다고 응답한 사람이 31%를 차지하여 복용량을 줄였을 때 변비개선과 가스 생성 억제 효과를 조사하고자 복용량을 1차조사에서보다 1/2수준인 480mg을 섭취토록 하여 증상을 조사한 결과는 Table 58에 나타내었다. 복용량을 줄였을 때 응답자 대부분은 변비 증상이 개선되었고, 약 25%정도가 가스 생성의 증상이 남아 있었으나 가스생성 정도가 감소함을 알 수 있었다. 1차와 2차의 조사에서 변비개선을 하기 위해서 손바닥선인장의 한번 복용량은 480 mg 정도, 일일 복용량으로는 1440mg 정도가 적합한 것으로 판단되었다.

Table 58. Effects of improvement in constipation patients intaken ca 480mg of nopal powder

대상자	나이 (대)	화장실 가는 횟수	섭취량 감소시 변비효과 변화	손바닥선인장 분말 섭취후 느낌
1	30	3/주	변화없음	변비증상 개선, 아랫배에 가스참
2*	30	2/주	변화없음	변비증상 개선
3	30	3/주	변화없음	변비증상 개선
4	30	2/주	약간 감소	변비증상 개선, 아랫배에 가스참
5	20	3/주	약간 감소	변비증상 개선, 아랫배에 가스참
6*	30	1-2/주	약간 감소	변비증상 개선, 더부룩한 느낌 다소 해소
7*	30	4/달	변화없음	변비증상 개선,
8	20	2/주	변화없음	변비증상 개선, 체중감소, 똥은 변
9*	30	1-2/주	후반기에 약간감소	변비증상 개선
10	20	3/주	변화없음	변비증상 개선
11	50	3-4/주	변화없음	변비증상 개선, 소화가 잘됨
12	20	2-3/주	변화없음	변비증상 개선
13	30(남)	3/주	변화없음	변비증상 개선
14	20	2/주	변화없음	변비증상 개선,
15	20	3/주	효과증진 (설사해소)	변비증상 개선

*: 변비 증상이 심한 패턴

제 4 절 결 론

1. 손바닥선인장 가공을 위한 전처리 조건과 가공특성 조사

가. 손바닥선인장 열매의 peeling 시험

15% HCl를 사용하는 산박피와 3% NaOH를 사용하는 알칼리 박피 중 알칼리 박피법으로 20분 정도 처리하면 껍질을 벗길 수 있었음

나. 선인장 동결건조분말의 식이섬유함량 측정

- 1) 줄기의 경우 TDF 함량은 46.1%, SDF는 4.3%, IDF는 35.9%로 주로 불용성 식이섬유로 구성되어 있으며, 열매의 경우 TDF 함량은 36.6%, SDF는 17.1%, IDF는 16.6%로 수용성 및 불용성 식이섬유의 함량은 유사함
- 2) 줄기의 수용성 식이섬유 함량이 4.3%에 비해 열매의 수용성 식이섬유 함량은 17.1%로 줄기보다 약 4배이상 많았음

다. 손바닥선인장 동결건조분말의 수분과 유지 보유력

- 1) 줄기의 수분 보유력은 g당 22.9~26.2g 이며, 열매의 경우 수분 보유력은 g당 24.6~36.1g 이었으며, 줄기의 유지 보유력은 g당 1.9g임

라. 선인장 열매의 성숙단계별 성분조사

- 1) 손바닥선인장 열매의 일반성분 중 단백질은 6.5%에서 5.7%로, 회분은 16.7%에서 12.5%로, 지방은 4.8%에서 3.5%로, 조섬유는 5.0%에서 3.8%로 모두 감소하였음
- 2) 씨의 경우 이와는 달리 단백질은 8.6%에서 10.2%로, 지방은 11.6%에서 13.1%로 증가하였으나, 조섬유는 51.0%에서 45.6%로 감소하였고 회분은 2.5~2.7%로 큰 차이가 없었음

2. 점질물의 특성 및 분리 조건 조사

가. 알코올에 의한 점질물의 분리

- 1) 알코올 농도가 높을수록 회수율이 증가하며, 에탄올 농도가 50%인 경우 회수율은 1% 미만이었으나, 90%인 경우 2.0%로 증가하였음
- 2) 점질물의 특성 중 점도는 0.8% 농도에서는 20센티포이즈(CP), 1.2%에서는 105CP를 보임
- 3) 점질물의 우론산과 kalsol lignin의 각각 1.44%와 2.3% 었음

3. 손바닥선인장 색소의 특성

가. 손바닥선인장 색소

- 1) 손바닥선인장 색소의 추출은 동결건조분말을 사용할 때 에탄올, 아세톤보다는 물로 추출하는 것이 좋았음
- 2) 그러나 물로 추출할 경우 손바닥선인장에 존재하는 점질물질도 함께 추출되므로 점질물질을 제거하여만 함

나. 손바닥선인장 색소의 특성

- 1) pH에 의한 영향에서 색소의 안정성은 pH 5.2에서 가장 좋았음
- 2) 아미노산에 의한 영향에서 cysteine만이 잔존율이 12.0~37.3%로 사용한 아미노산 중에서 가장 큰 효과를 보였음
- 3) 폴리페놀화합물과 당알코올은 색소 안정성에 효과가 없었음
- 4) 아스코르브산과 그 유도체에 의한 영향에서 아스코르브산과 그 유도체에 의한 잔존율은 대조구보다 약 10% 정도 높았음

4. 손바닥선인장을 첨가한 식빵의 품질 특성

조직감 측정에서 열매 첨가군은 부드러운 조직을 나타내었으나, 관능적 기호도가 떨어져 식빵의 첨가소재로는 적당하지 않을 것으로 사료됨

5. 손바닥선인장 열매와 줄기를 첨가한 생면의 특성

가. 생면의 품질 특성

- 1) 손바닥 선인장 열매와 줄기의 첨가농도가 증가함에 따라 아밀로그래프상의 호화개시온도와 최종점도는 감소하였고, 최고점도는 증가하였음
- 2) 생면의 조리 후 중량과 부피는 선인장 열매와 줄기를 첨가함에 따라 감소하였고, 조리손실은 증가하였음
- 3) 조리면의 관능검사결과, 선인장 열매는 6%, 줄기는 3% 첨가시에 가장 좋은 품질로 평가 되었음

나. 저장 특성

생면의 저장기간동안 세균수는 선인장 열매와 줄기를 첨가함에 따라 현저히 감소하여 손바닥선인장을 첨가함에 따라 저장기간이 연장될 것으로 판단되었음

6. 손바닥선인장의 열매를 첨가한 요구르트의 제조 및 특성

가. 요구르트의 제조

- 1) 발효 중 손바닥선인장 열매분말 첨가량에 따른 생균수의 변화는 0.3% 첨가하여 6시간 배양했을 때 1.7×10^9 CFU/ml로 가장 많아 첨가량은 발효 중 생균수의 면에서 0.3%가 적당하였음
- 2) 발효 중 요구르트의 점도 변화는 첨가농도 0.5%까지 점도가 증가하였음
- 3) 관능적 특성에 비추어 손바닥선인장의 적정 첨가량은 0.3%이며 적정 발효시간은 6시간, 12~18%의 당첨가가 적당하다고 판단되었음

7. 휴대용 레트로트 파우치 제품 개발

가. 살균온도

80℃ 이상 온도에서 살균시 검출 세균이 없어 pouch 제품을 살균시 80℃ 이상으로 가열하면 될 것으로 판단되었음

8. 손바닥선인장의 열매와 줄기를 이용한 주류 개발

가. 손바닥선인장 열매와 줄기를 이용한 침출주 제조

착즙한 선인장열매(또는 줄기) 500g에 탈취 주정 (Ethanol 80%) 10 l 와 ascorbic acid 0.15%를 가하여 암소에서 6주 침출 후 여과하여 ethanol 농도 20%되도록 희석하면서 다시 ascorbic acid 0.15%를 첨가한 후 암소에서 7주 저장하면서 숙성시키고, 숙성 후 백설탕 0.1% (또는 0.25%), 구연산 0.01% 첨가하여 여과 후 병입하는 공정으로 이루어져 있음

나. 손바닥선인장열매와 줄기를 이용한 약주 제조

- 1) 손바닥선인장 열매와 줄기의 약주제조 공정을 보면 백미 1kg, 담금수 1.5 l, 곡자 40g, 효모 40g, 구연산 40g을 혼합하여 25℃에서 2일 동안 주모 담금을 함
- 2) 주모, 백미 6kg, 담금수 9 l, 곡자 200g을 혼합하여 25℃에서 1단 담금을 2일 동안 함
- 3) 1단 담금, 백미 12kg, 담금수 19.5 l, 곡자 400g과 선인장 열매(또는 줄기) 1kg, ascorbic acid 0.15%를 혼합하여 25℃에서 4일 동안 2단 담금을 하여 10℃에서 2일동안 숙성 후 여과, 제성하여 병입하는 공정으로 이루어져 있음

다. 손바닥선인장 열매 분말을 이용한 와인 제조

- 1) 선인장 열매 분말을 이용한 와인제조 공정은 10% 선인장 열매 분말 용액을 homogenization한 후 살균한 25% 설탕용액에 분말로서 0.5% 되도록 첨가함
- 2) 발효를 위해 starter 첨가하여 30℃에서 10일 동안 발효 후 10℃에서 2일간 숙성하여 여과, 제성, 병입공정으로 이루어 짐

9. 기존 제품의 품질 고급화 연구

가. 솔비톨을 이용한 손바닥선인장 분말 과립 제조방법

- 1) 솔비톨 분말에 비결착제 농도 70~100% 용액을 10~40%가량 첨가하여 솔비톨의 응집을 방지하면서 손바닥선인장 분말을 1~40% 가량 첨가하여 혼합시키면서 흡착시켜 50~80℃의 열풍건조기로 건조시키면 기존보다 분산성이 좋은 과립 제품을 만들 수 있음

10. 항균 효과

가. 추출물의 항균효과

- 1) 열매-메탄올 추출물과 열매-아세톤 추출물이 그램 음성균 중 *Escherichia coli*, *Escherichia coli* O157:H7과 *Salmonella typhimurium*에 항균 효과를 나타내었으며, 줄기-메탄올 추출물은 *Escherichia coli*에만 효과를 나타내었음
- 2) 그램 양성균 중 *Bacillus subtilis*에는 열매-메탄올 추출물과 열매-아세톤 추출물이 효과를 나타내었음
- 3) 열매-메탄올 추출물은 50mg/ml에서 *Bacillus subtilis*와 *Salmonella typhimurium*에 대한 효과가 뛰어났으며 *Escherichia coli*와 *Escherichia coli* O157:H7에도 강한 효과를 보였음

11. 변비 개선 효과

- 가. 변비개선을 위해 손바닥선인장의 1회 복용량은 480mg 정도, 일일 복용량으로는 1440mg 정도가 적합한 것으로 판단되었음

<참 고 문 헌>

1. 平凡社: 世界有用植物辭典. 東京, p.53 (1989)
2. 上海科學技術出版社 小學官: 中藥大辭典. 東京, p.2731 (1985)
3. Burrer, F., Lebreton, P.H. and Voirin, B.: Les aglycones falvoniques de cactus. *J. Nat. Prod.*, **45**, 687(1982)
4. Ghansah, E., Kopsombut, P., Malque, M. A., and Brossi, A.: The effects of mescaline and some of its analogs on cholinergic neuromuscular transmission. *Neuropharmacology*, **32**, 169(1993)
5. Ahmad, A., Davies, J., Randall, S. and Skinner G.R.: Antiviral properties of extract of *Opuntia streptacnatha*. *Antiviral Res.*, **30**, 75(1996)
6. Ibanez-Camacho, R. and roman-Ramos, R.: Hypoglycemic effect of *Opuntia cactus*. *Arch. Invest. med(Mex)*. **10**, 233(1979)
7. Fernandez, M.L., Lin, Emme, C.K., Trejo, A. and Mcnamara, D.J.: prickly pear(*Opuntia* sp.) pectin reverses low density lipoprotein receptor suppression induced by a hypercholesterolemic diet in guinea pigs, *J. Nutrition*. **122**, 2330(1992)
8. Sawaya, W.N., Khatchadourian, H.A., Safi, W.M. and Al-Muhammad, H.M.: Chemical characterization of prickly pear pulp, *Opuntia ficus-indica*, and the manufacturing of prickly pear jam. *J. Food Technol.* **18**, 183(1983)
9. Feitosa Teles, F.F., Warren Stull, J., Brown, W.H. and Whiting, F.M.: Amino and organic acids of the prickly pear cactus(*Opuntia ficus-indica* L.). *J. Sci. Food Agric.* **35**, 421(1984)
10. Kuti, J.O. and Galloway, C.M.: Sugar composition and invertase activity in prickly pear fruit. *J. Food Sci.* **59**, 387(1994)
11. Flath, R.A. and Takahashi, J.M.: Volatile constituents of prickly pear(*Opuntia ficus-indica* Mill., de castilla variety). *J. Agric. Food Chem.* **26**, 835(1978)
12. Penci, E.F.M. and Polesello, A.: A preliminary characterization of some pectins from quince fruit(*Cydonia oblonga* Mill.) and prickly pear(*Opuntia ficus-indica*) peel. *Carbohydrate polymers.* **23**, 231(1994)

13. Barbera, G., Inglese, P. and Mantia, T.L.: Seed content and fruit characteristics in cactus pear(*Opuntia ficus-indica* Mill.). *Scientia Horticulturae*, **58**, 161(1994)
14. Ewaidah, E.H. and Hassan, B.H.: prickly pear sheets: a new fruit product. *International J. Food Sci. Technol.* **27**, 353(1992)
15. Sawaya, W.N. and Khan, P.: Chemical characterization of prickly pear seed oil, *Opuntia ficus-indica*. *J. Food Sci.* **47**, 2060(1982)
16. Sáenz, C., Sepúlveda, E., Araya, E. and Calvo, C.: Colour changes in concentrated juices of prickly pear(*Opuntia ficus-indica*) during storage at different temperatures. *Lebensmittel Wissenschaft & Technol.* **26**, 417(1993)
17. Joubert, E.: Processing of the fruit of five prickly pear cultivars grown in south africa. *International J. Food Sci. Technol.* **28**, 377(1993)
18. 岩切省一郎: サボテン漬物の製造法. 일본특허 44-6222(1969)
19. 이후장: 랫드의 스트레스성 위궤양에 대한 선인장의 항궤양작용에 관한 연구, 서울대학교 보건대학원 석사학위논문(1997)
20. Kim, L.H., Kim, M.H., Kim, H.M. and Kim, Y.E.: Effect of Antioxidants on the Thermostability of Red Pigment in prickly Pear. *Korean J. Food Sci. Tech.*, **27**, 1013(1995)
21. 박은희, 황성은, 강자훈: 손바닥선인장의 항염증 활성. *약학회지.* **42**, 621(1998)
22. 정세준, 전기용, 강태현, 고응배, 김윤철: 생약학회지. **30**, 84(1999)
23. Lee, Y.C., Hwang, K.H., Han, D.H. and Kim, S.D.: Compositions of *Opuntia ficus-indica*. *Korean J. Soc. Food Sci.*, **29**, 847(1997)
24. 김재욱: 원예작물의 저장 및 가공, 농산식품가공학. P.275, 문운당, 서울 (1990)
25. Prosky et al.: AOAC. **71**, 1017(1988)
26. Suzuki, T., Ohsugi, Y., Yoshie, Y., Shirai, T. and Hirano, T.: Dietary fiber content, water-holding capacity of seaweeds. *Fisheries Science.* **62**, 454(1996)
27. Liadakis, G.N., Floridiś, A., Tzia, C. and Oreopoulou, V.: Protein isolates with reduced gossypol content from screw-pressed cottonseed meal. *J. Agric. Food Chem.* **41**, 918(1993)

28. A.O.A.C.: Official Method of Analysis. 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., U.S.A. (1995)
29. Abeysekere, M., Sampathu, S.R. and Shankaranarayana, M.L.: Studies on different methods of extraction of betalains from red beet(*Beta vulgaris*). *J. Food Sci. Technol.* **27**, 336(1990)
30. 이영춘, 김광옥: 식품의 관능검사. 학연사, p.179 (1989)
31. SAS Institute, Inc. SAS/STAT User's Guide, Version 6.03., Cary, NC (1988)
32. Lamond, E.: Methods for Sensory Evaluation of Food. Canada Department of Agriculture, Ottawa, Canada(1973)
33. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Effect of a lyotropic ion series on the pasting characteristics of wheat and corn starches. *Stärke*, **18**, 101(1966)
34. Collado, L.S. and Corke, H.: Properties of starch noodles as affected by sweetpotato genotype. *Cereal Chem.*, **74**, 182(1997)
35. 이호진, 서동순, 신용국, 고준수, 박해수: 저장온도와 교반조건을 달리한 요구르트의 저장중 품질변화. *한국식품과학회지*. **24**, 353(1992)
36. Collins, J.L., Ebahh, C.B., Mount, J.R., Demott, B.J. and Draughon, F.A.: Production and evaluation of milk-sweet potato mixtures fermented with yoghurt bacteria. *J. Food Sci.* **56**, 3(1991)
37. 국제청기술연구소주류분석규정, 국제청기술연구소 (1980)
38. 김동훈: 식품화학총론. 수학사, p.57 (1985)
39. Kim, Y.D., Kim, Y.J., Oh, S.W., Kang, Y.J. and lee, Y.C.: Antimicrobial activities of solvent extracts from *Citrus Sudachi* juice and peel. *Korean J. Food Sci. Technol.* In press (1999)
40. Hwang, S.H., Sung, C.J. and Kim, J.L.: Analysis of dietary fiber content of common korean foods. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **24**, 396(1995)
41. 吉金 則明: 水産 製品 應用. *食品 科學*. **35**, 104(1992)
42. Cadden, A.: Compative effects of partical size reduction of physical structure and water binding properties of several plant fibers. *J. Food Sci.*, **52**, 1595(1987)
43. 이병우, 김태종, 최수현, 임근형, 유무영: 표고버섯 균사체 식이섬유 소재의 물리적 특성. *한국식품과학회지*. **27**, 147(1995)

44. 농촌생활연구소: 식품성분표. 농촌진흥청, (1996)
45. 이삼빈, 황기, 하영득: 선인장 열매로부터 추출된 점질물 및 색소의 기능성. 한국식품영양과학회지. 27, 821(1998)
46. Kim, Y.S.: Quality of wet noodle prepared with wheat flour and mushroom powder. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 30, 1373(1998)
47. Kim, S.K., Kim, H.R. and Bang, J.B.: Effect of alkaline reagent on rheological properties of wheat flour and noodle Property(in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, 28, 58(1996)
48. Chung, G.S. and Kim, S.K.: Effect of wheat flour protein contents on Ramyon(deep-fried instant noodle) quality(in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, 23, 649(1997)
49. Kim, Y.S., Ha, T.Y., Lee, S.H. and Lee, H.Y.: Effect of rice bran dietary fiber on flour rheology and quality of wet noodles. *Korean J. Food Sci. Tech.*, 29, 90(1997)
50. Park, H.J., Yu, L.S. Kim, S.K., Lee, Y.S. and Kim, Y.B.: Prediction of shelf-life of noodles by bacterial count(in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, 26, 557(1994).
51. 보건사회부 : 식품공전(1994)
52. 전기숙, 김연중, 박신인: 두유와 현미를 첨가한 요구르트의 제조 및 특성. 한국식품과학회지. 27, 47(1995)
53. 김문숙, 안은숙, 신동화: 시판 요구르트의 특성 비교 연구. 한국식품과학회지. 25, 340(1993)
54. 고준수, 양부근, 안종건: 반고체형 set yogurt 제조에 관한 연구. 한국낙농학회지, 4 129(1982)
55. Collins, J. L., Ebach, C.B. Mount, J.R. Demott, B.J. and Draughon, F.A.: Production and evaluation of milk-sweet potato mixtures fermented with yogurt bacteria. *J. Food Sci.*, 56, 685(1991)
56. Shin, D.H.: A yougurt like product development from rice by lactic acid bacteria. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 21, 686(1992).
57. 신용서, 성현주, 김동한, 이갑상: 감자를 첨가한 요구르트의 제조와 특성. 한국식품과학회지. 26, 266(1994)
58. 신용서, 이갑상, 김동한: 고구마와 호박을 첨가한 요구르트 제조에 관한 연구. 한국식품과학회지. 25, 666(1993)
59. 한국영양학회: 한국인 영양권장량. 중앙문화사, p.178 (1995)

제 4 장 손바닥선인장의 열매와 줄기의 생리활성성분 연구

제 1 절 서설

손바닥선인장(*Opuntia ficus-indica* L. var. *saboten* Makino)은 선인장과(Cactaceae)에 속하는 열대성 식물로 우리 나라의 제주도, 남해안 등지에 자생하고 있는 귀화 식물이다¹⁾. 원식물인 *Opuntia ficus-indica*(L.) Mill은 중미가 원산지로서 현재는 중남미에 널리 재배되고 있고 과실은 길이가 10cm에 가까우며 열매와 줄기는 식용으로 사용되고 있다²⁾. 제주도산 손바닥선인장의 열매와 줄기는 중남미산보다 크기가 작은 대신 점액질이 풍부하며 현재 건강보조식품으로 널리 유통되고 있다.

지금까지 *Opuntia*屬 선인장으로부터 보고된 성분은 단당류, 다당류(점액질) 외에 flavonoid계 성분으로 isorhamnetin, quercetin, kaempferol 등이 보고되었고³⁾, 최근 2종의 dihydroflavonol 성분인 (+)-trans-dihydrokaempferol 과 (+)-trans-dihydroquercetin 이 보고되었다⁴⁾. *Opuntia*屬 선인장의 성분연구가 저조한 것은 점액질 이외 특이한 성분이 없기 때문인 것으로 생각되어 본 연구에서는 여러 가지 생리활성을 검색하면서 유효성분을 분리하고자 계획하였다.

중국의 한방에서 손바닥선인장과 동속식물인 선인장(*Opuntia dillenii* Haw. 또는 *O. monacatha* Haw)의 줄기와 뿌리에 관하여 氣行血活, 清熱解毒의 효능이 있어 심장과 위의 통증, 해소, 인후통, 치질, 창상, 화상, 뱀에 의한 교상 등의 치료에 사용하고 선상자(선인장의 열매)는 비장을 보하여 위를 건강하게 하고 원기가 없어 오랜 기간 설사하는데 사용한다고 기술되어 있다⁵⁾.

이러한 경험적인 지식을 토대로 본 연구에서는 몇가지 생물활성을 도입하였다. 즉 항산화작용, 카테콜아민 대사효소 저해작용(카테콜아민은 신경전달아민과 당분해 촉진 호르몬임), 항혈액응고작용을 검색하면서 유효성분을 분리하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 재 료

손바닥선인장의 열매분말 및 줄기분말은 선인장마을에서 제공하였다. 이 분말은 열매와 줄기를 각각 동결건조한 다음 분말로 하여 300mesh체로 얻은 고운 분말이다. 열매분말에는 씨와 열매껍질, 가시가 포함되어 있지 않으며, 줄기분말도 껍질이나 가시가 포함되어 있지 않다.

2. 손바닥선인장 열매의 추출 및 용매분획

가. 손바닥선인장 열매의 methanol 추출

열매분말 4kg을 70 ℓ 용량의 percolator에 넣고 methanol 30 ℓ로 4회 7일 간격으로 실온에서 침출하고 methanol 추출물을 농축하여 1,469g(36.7%수율)의 methanol 엑스를 얻었다. 추출잔사(marc)는 실온에서 건조하여 2.61kg을 얻었다.

나. 열매 methanol엑스의 용매분획 제조

상기 열매분말의 methanol엑스(1.469g)을 물 3 ℓ에 현탁시키고 hexane, ethylacetate 및 butanol 순으로 각각 3 ℓ씩 4회 추출하였다. hexane 분획 74g(1.85%수율), EtOAc분획 147g(3.68%), butanol 분획 419g(10.5%), 수층분획 812.8g(20.3%)를 얻었다.

다. 추출잔사(marc)의 추출 및 용매분획

상기 추출잔사 2.6kg에 80% methanol 20 ℓ를 가하여 실온에서 7일 간격으로 3회 추출하여 835g(32.1%)의 80%methanol엑스를 얻고 물 3 ℓ와 butanol 3 ℓ로 분배시켜 butanol 엑스 82g(9.8%)와 수층분획 750g(89.8%)을 얻었다.

3. 손바닥선인장 줄기의 추출 및 용매분획

가. 손바닥선인장 줄기의 methanol 추출

1) 1차추출(methanol 추출)

줄기분말 4kg을 percolator에 넣고 methanol 30 ℓ로 4회, 7일 간격으로 실온에서 침출하고 methanol 추출물을 농축하여 498g(12.5%수율)의 methanol 엑스를 얻었다. 추출잔사(marc)는 실온에서 건조하여 3.53kg을 얻었다.

2) 2차추출(80% methanol 및 methanol 추출)

줄기분말 10kg을 percolator에 넣고 80% methanol 50 l로 3회, 7일 간격으로 실온에서 침출하고 80% methanol 추출물을 농축하여 925g(9.25%)의 엑스를 얻었다. 이어서 methanol 50 l로 3회 같은 방법으로 추출하여 methanol 엑스 800g(8.0%)을 얻었다. 2개의 엑스를 합하여 총 1,725g(17.25%)의 methanol 엑스를 얻었다.

나. 줄기 methanol엑스의 용매분획 제조

1) 1차추출 methanol엑스의 용매분획

줄기분말 4kg으로부터 얻은 methanol엑스(498g)를 물 1 l에 현탁시키고 hexane, ethylacetate 및 butanol 순으로 각각 1 l씩 4회 추출하였다. Hexane분획 86.96g(2.17%), EtOAc분획 14.23g(0.36%), butanol 분획 67g(1.68%) 및 수층분획 326g(8.15%)를 얻었다.

2) 2차 추출 methanol엑스의 용매분획

줄기분말 10kg으로부터 얻은 methanol엑스(1725g)를 물 4 l에 현탁시키고 butanol 4 l × 3회 분배시켜 butanol 분획과 수층분획(Fr. H₂O-1) 1600g을 얻었다. butanol 분획을 chloroform 과 물 각각 1 l씩 분배하여 chloroform 분획과 수층분획(Fr. H₂O-2) 84.98g을 얻었다.

chloroform 분획을 MeOH 1 l와 hexane 1 l로 분배시켜 hexane분획(Fr. H) 61.34g과 methanol층분획(Fr. Mh) 133.53g을 얻었다.

4. 손바닥선인장 수층분획의 산 가수분해

가. 열매 수층분획의 산 가수분해

상기 2-나 항에서 얻은 수층분획(813g)과 2-다 항의 수층분획(750g)을 합치고 그 중에서 1200g에 methanol 2 l를 가하여 실온에서 방치하면서 수층분획물이 고형화되도록 하였다. 고형물을 유리봉으로 잘게 부수어 분말 또는 과립의 형태로 전환되도록 하면서 methanol 2 l를 추가하였다. methanol 추출액을 여과하고 다시 고형물에 methanol 2.5 l를 가하고 때때로 흔들어 주면서 고형물의 색깔이 무색이 될 때까지 실온에 방치한 다음 여과하였다. 고형물을 methanol 1 l로 세척한 후 여과하였다. methanol 추출물을 모아 농축하여 310g의 엑스를 얻었다. 여기에 2N HCl 600ml를 가하여 녹이고 methanol 600ml를 가하여 잘 혼합한 다음 80℃에서 1시간 환류하면서 가열하였다. 이 반응액을 농축하여 약 300ml가 되도록 한 다음 실온까지 냉각시키고 butanol/acetone(3:1) 600ml씩 3회 추출하고 유기용매층을 모아 농축하여 약 150g의 산가수분해물을 얻었다.

나. 줄기 수층분획의 산가수분해

상기 3-나-2에서 얻은 수층분획(Fr. H₂O-1) 1600g에 methanol 2ℓ를 가하여 수층분획물이 고형화될 때까지 가끔 흔들며 주면서 실온에서 방치하였다. 고형물을 유리봉으로 잘게 부수어 분말 또는 과립의 형태로 전환되도록 하였다. methanol 추출액을 여과하고, 다시 고형물을 methanol 2ℓ씩 2회 냉침하였다. methanol 추출액을 모아 농축하여 618.9g의 엑스를 얻었다. 이 엑스를 methanol 1200ml에 녹이고 2N HCl 1200ml를 가하여 잘 섞은 다음 80℃에서 1시간 환류하면서 가열하였다. 이 반응액을 농축하여 약 600ml가 되도록 한 다음 실온까지 냉각시키고 chloroform 800ml로 3회 추출하였다. 수층에 butanol/acetone(3:1) 800ml로 3회 추출하고 butanol/acetone 층을 농축하였다. 이 농축물을 물 400ml에 현탁시키고 chloroform 600ml로 3회 추출하였다. chloroform층을 모두 모아 농축하여 chloroform엑스 48g을 얻었다.

5. 항산화 작용 측정법(DPPH 소거작용 실험)

DPPH를 ethanol에 녹여 517nm에서의 흡광도가 1.5가 되도록 조절한 다음, 이 용액 2ml에 검체의 ethanol용액 1.0ml를 가하여 섞은 후 10분 뒤에 517nm에서 흡광도의 감소를 측정하였다.

- ㉠ 검체 1g을 H₂O 10ml+EtOH 20ml에 녹인 후 원심 분리한 상등액을 원액(T₀)으로 하였다.
- ㉡ 위의 원액 5ml에 다시 EtOH 10ml를 넣고 약 10분간 방치 후 다시 원심 분리된 상등액(T_{1/2})을 이용하여 DPPH Quenching Activity(%)를 측정하였다.

모든 검체의 DPPH소거작용 실험은 3반복을 하였다.

$$DPPH\ Quenching\ Activity(\%) = \frac{Blank - (Test - control)}{Blank} \times 100$$

6. Dopamine β-hydroxylase (DBH) 저해 작용 측정

소의 부신 미토콘드리아 분획을 0.25M sucrose 용액에 현탁시켜 효소원으로 사용하였다. 선인장 추출물은 농축한 후 dimethylsulfoxide(DMSO)에 다시 녹이고 이를 증류수로 희석하여 검액으로 사용하였다. 효소원 0.3ml와 검액 1.0ml, 0.3% catalase 0.2ml, 1M 초산 완충액(pH 5.0) 0.5ml 및 반응보조액(60nM sodium fumarate, 60mM N-ethylmaleimide, 6mM

iproniazid phosphate, 60mM ascorbic acid) 0.5ml를 차례로 넣고, 37°C에서 15분간 가온하였다. 여기에 0.12M tyramine · HCl 0.5ml를 가하고 90분간 진탕가온한 후 3M trichloroacetic acid 0.4ml를 가하여 효소반응을 중단시켰다. 700g 으로 10분간 원심분리하고 상등액 3.0ml를 중화시킨 후, Dowex 50W×8 (H⁺ form, 200-400mesh, Sigma)컬럼(0.8×3cm)에 통과시키고 증류수 30ml로 세척하였다. 4N NH₄OH 3ml를 흘려주고 이 때 용출된 액에 4% NaIO₄ 용액 0.2ml를 가하였다. 10분 방치 후 20% Na₂S₂O₅ 용액 0.2ml를 가하고 이를 330nm에서 흡광도를 측정하였다. 검액 대신 동량의 증류수를 넣은 대조군과 반응개시점 대신 반응 종말점에서 기질용액을 넣은 공시험군, 기질용액 대신 동량의 증류수를 넣은 검액보정군도 위의 방법으로 실행하였다. 각 군은 모두 2회 반복 실행하였고 아래 수식에 따라 검액의 효소 저해율을 계산하였다.

$$\text{효소저해율(\%)} = \frac{A_{\text{대조군}} - (A_{\text{검액군}} - A_{\text{검액보정군}})}{A_{\text{대조군}} - A_{\text{공시험군}}} \times 100 \quad 2$$

저해율이 높은 검액을 단계적으로 희석하여 그 때의 효소저해율을 계산하고 검액에 대한 효소저해율을 logit-log paper에 작도하여 50% 효소저해 농도를 구하였다.

7. Monoamine Oxidase A (MAO-A) 저해 작용 측정

랫트의 뇌 미토콘드리아 분획을 0.01 M phosphate buffered saline (PBS)에 현탁시켜 효소원으로 사용하였다. 선인장 추출물은 농축한 후 dimethylsulfoxide(DMSO)에 다시 녹이고 이를 증류수로 희석하여 검액으로 사용하였다. 조제한 효소원 0.5ml와 검액 1.0ml를 시험관에 넣고 37.5°C 항온조에서 15분간 가온시킨 후 기질로 1.0mm serotonin 용액 0.65ml를 가하여 90 분간 진탕가온하였다. 95°C 수욕 상에 5 분간 담구어 반응을 중단시킨 후 700g로 원심분리하고 상등액 1.6ml를 취하여 미리 준비한 Amberlite CG 50 (H⁺form)컬럼 (0.6×4cm)에 흘려주었다. 증류수로 수지를 충분히 세척한 후 4N 초산 용액 3ml를 수지에 흘려주고, 이 때의 용출액의 흡광도를 277nm에서 측정했다. 검액 대신 동량의 증류수를 넣은 대조군과 반응개시점 대신 반응 종말점에서 기질용액을 넣은 공시험군, 검액을 넣고 반응종말점에서 기질용액을 더 넣은 검액보정군도 위의 방법으로 실행하였다. 각 군은 모두 2회 반복 실행하여 계산하였으며 아래 수식에 따라 검액의 효소 저해율을 계산하였다.

$$\text{효소저해율(\%)} = \frac{A_{\text{검액군}} - A_{\text{검액보정군}} + A_{\text{공시험군}} - A_{\text{대조군}}}{A_{\text{공시험군}} - A_{\text{대조군}}} \times 100 \quad 3$$

저해율이 높은 검액을 단계적으로 희석하여 그 때의 효소저해율을 계산하고 검액에 대한 효소저해율을 logit-log paper에 작도하여 50% 효소저해 농도를 구하였다.

8. Monoamine Oxidase B (MAO-B) 저해 작용 측정

랫트의 간 미토콘드리아 분획을 0.01 M phosphate buffered saline (PBS)에 현탁시켜 효소원으로 사용하였다. 선인장 추출물은 농축한 후 dimethylsulfoxide(DMSO)에 다시 녹이고 이를 증류수로 희석하여 검액으로 사용하였다. 조제한 효소원 0.5ml와 검액 1.0ml를 시험관에 넣고 37.5°C 항온조에서 15분간 가온시킨 후 기질용액으로 4.0mm benzylamine · HCl 용액 0.5ml를 가하여 90 분간 진탕가온시켰다. 60% perchloric acid 0.2ml를 가하여 반응을 중단시킨 후 동시에 cyclohexane 4ml를 가하여 진탕시킨 후 700g로 원심분리하여 cyclohexane 층을 취했다. 242nm에서 흡광도를 측정한다. 검액 대신 동량의 증류수를 넣은 대조군과 반응개시점 대신 반응종말점에서 기질용액을 넣은 공시험군, 검액을 넣고 반응종말점에서 기질용액을 넣은 검액보정군도 위의 방법으로 실행하였다. 각 군은 모두 2회 반복 실행하여 계산하였으며 아래 수식에 따라 검액의 효소 저해율을 계산하였다.

$$\text{효소저해율(\%)} = \frac{A_{\text{대조군}} - (A_{\text{검액군}} - A_{\text{검액보정군}} + A_{\text{공시험군}})}{A_{\text{대조군}} - A_{\text{공시험군}}} \times 100 \quad 4$$

저해율이 높은 검액은 단계적으로 희석하여 그 때의 효소저해율을 계산하고 검액에 대한 효소저해율을 logit-log paper에 작도하여 50% 효소저해 농도를 구하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. methanol 엑스 및 용매분획물의 양

가. methanol엑스의 양

선인장 열매와 줄기(동결건조분말)를 methanol로 실온에서 추출하여 다음과 같은 수율을 얻었다. 열매가 줄기보다 methanol 엑스량이 약 3배 많았다.

Table 1. Yields of methanol extracts of the fruit and the stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*

Sample (quantity)	Amount of methanol used	Amount of methanol Extracts (yield)	Extraction marc
Fruit(4kg)	30 l×4 times	1.469kg(36.7%)	2.61kg
Stem(4kg)	30 l×4 times	0.498kg(12.5%)	3.53kg

나. 용매분획물의 양

methanol 엑스를 물에 현탁한 후 용매추출하여 다음과 같은 수율을 얻었다. 줄기는 열매에 비해 에틸아세테이트 및 butanol 추출물의 양이 현저히 적었다.

Table 2. Yields of several solvent fractions of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*

Extraction solvent	Fruit	Stem
Hexane	74g(1.85%)*	87g(2.2%)
Ethyl acetate	147g(3.68%)	14.2g(0.4%)
Butanol	419g(10.5%)	68g(1.70%)
Water	812g(20.3%)	330g(8.3%)

* Yield from powder form of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(4kg)

2. 생리활성 검색

가. 항산화작용

자유기 소거작용(DPPH quenching activity)으로 측정하여 50% 자유기 소거활성으로 평가하였다. 열매가 줄기보다 약 5배 강하였고 열매 엑스는 α -토코페롤보다 43배 약하였으나 검체가 엑스상태이므로 열매엑스의 항산화능은 매우 강한 것으로 생각된다(Table 3). 용매분획물에 대해 항산화작용을 측정한 결과 ethylacetate 분획에 항산화활성이 주로 이행되었다(Table 4).

Table 3. DPPH quenching activity of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*

	Powder(IC ₅₀)	Methanol Extract(IC ₅₀)
Fruit	3.1mg/3ml	1.08mg/3ml
Stem	14.9mg/3ml	1.86mg/3ml
α-tocopherol	25ug/3ml	-

Table 4. DPPH quenching activities of several solvent fractions of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*

	IC ₅₀ of Solvent fractions(mg/3ml)			
	Hexane	Ethyl acetate	Butanol	Water
Fruit	1.50	1.01	2.60	2.70
Stem	1.96	0.60(IC ₇₅)	1.67	2.30

나. 도파민 베타수산화효소(DBH) 저해작용

Dopamine β-hydroxylase(DBH)는 뇌, 말초 교감신경과 부신 수질에서 norepinephrine 합성의 마지막 단계인 dopamine에서 norepinephrine으로의 전환 과정을 촉매한다. 그러므로 DBH를 저해하게 되면 norepinephrine과 epinephrine 생성을 억제하게 되므로 DBH 저해제는 진정 작용을 나타내게 된다.

DBH에 대해 손바닥선인장 열매와 줄기의 methanol엑스는 거의 저해작용을 나타내지 않았다. 용매분획물에 대해 DBH 저해작용을 측정한 결과 Table 5에 나타낸 바와 같이 ethylacetate 분획에서 나타났으며 줄기의 것이 열매의 것보다 저해작용이 강하였다.

Table 5. Dopamine β-hydroxylase inhibitory activities of several solvent fractions of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*

	Solvent fractions at 2.5mg/ml concentration (IC ₅₀)			
	Hexane	Ethyl Acetate	Butanol	Water
Fruit	15.6% (2.5mg)	64.7% (2.5mg)	38.1% (2.5mg)	24.7%
Stem	46.9% (2.5mg)	50.0% (0.29mg)	50.0% (2.5mg)	0% (2.5mg)

다. 모노아민산화효소(MAO) 저해작용

모노아민산화효소(monoamine oxidase, MAO)는 생체아민인 epinephrine, norepinephrine, serotonin 등의 amine 기질을 산화시켜주는 대사효소로서 모든 동물조직에 널리 분포하고 있다. MAO는 기질 선호도에 따라 크게 2가지형으로 대별된다. MAO-A는 주로 생체내 아민류를 대사시키며, MAO-B는 주로 외부로부터 들어오는 생체 외 아민류를 주로 산화시켜 대사시키는 것으로 나누어 지고 있다.

MAO를 저해하는 MAO 저해제는 생체아민의 대사분해를 억제시키므로 강장효과를 나타낼 수 있다. 강력한 MAO 저해제는 우울증, 파킨슨 증후군, 정신분열증 치료 목적으로 사용되고 있다.

MAO에 대해 손바닥선인장 열매와 줄기의 methanol엑스는 거의 저해작용을 나타내지 않았다. 용매분획물에 대해 MAO-A 및 MAO-B에 대한 저해작용을 측정하여 Table 6에 나타내었다. 용매분획물 중에서 에틸아세테이트 분획이 열매와 줄기의 것 모두 MAO-A와 MAO-B를 모두 저해하였다.

Table 6. Monoamine oxidase inhibitory activities of several solvent fractions of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*

	Solvent fractions at 2.5mg/ml concentration			
	Hexane	Ethyl acetate	Butanol	Water
MAO-A Fruit	20.7%	50.0% (0.27mg)	41.8%	8.6%
Stem	34.4%	91.8%	32.3%	0%
MAO-B Fruit	33.8%	50.0% (0.61mg)	61.2%	16.1%
Stem	28.0%	50.0% (0.62mg)	60.9%	0%

라. 항혈전, 항혈액응고 작용

항혈전작용은 전혈(全血) 혈액응고시간(whole blood recalcified clotting time), 혈소판함유혈장응고시간(platelet-rich plasma recalcified clotting time)에 대한 연장효과로서 평가하였다. 항혈액응고작용은 혈장응고시간(plasma recalcified time), 프로트롬빈시간(prothrombin time)에 대한 연장효과로서 평가하였다.

손바닥선인장 열매와 줄기의 methanol 엑스 및 용매분획물은 2.5mg/ml 농도 이하에서 항혈전 및 항혈액응고 작용을 모두 나타내지 않았다.

3. 유효성분 추적 및 화학구조 결정

가. 항산화작용 성분 연구

항산화작용은 열매와 줄기의 모든 용매분획물에서 나타나므로(Table 4) 성분분리를 위한 시료는 hexane분획을 제외하고 나머지 분획에 대하여 대상으로 하였다. hexane분획에는 α -토코페롤, carotinoid 성분이 식물 공통으로 함유되어 있기 때문이다. 나머지 분획에서 항산화작용 성분을 분리하기 위한 검색방법으로는 검액을 TLC 한 후 UV흡수, FeCl₃ 반응(양성인 경우 청색 spot), Pauly 반응(diazo화 반응, 양성인 경우 홍색 spot)을 종합하여 판정하였다.

1) ethylacetate 분획의 항산화작용 성분

열매와 줄기의 에틸아세테이트 분획은 chloroform/methanol(이하 CM이라 함) 10:1 용매로 또는 chloroform/methanol/water(이하 CMW라 함) 30:10:1 용매로 SiO₂ 상에서 TLC하였을 때 UV흡수, FeCl₃ 반응 및 Pauly 반응이 양성인 미량의 물질들이 다수(5-6개) spot로 보이며 열매의 것과 줄기의 것은 서로 매우 유사하였다.

이 분획에 현재까지 알려진 flavonoid 및 dihydroflavanol 성분이 있으므로 더 이상 성분분리를 계속하지 않았다.

2) butanol 분획으로부터 항산화작용 성분분리

열매와 줄기의 butanol 분획을 CMW 70:30:4로 TLC(SiO₂) 하였을 때 UV흡수, FeCl₃ 및 Pauly 반응을 나타내는 양상이 서로 같으며 한 개의 major spot과 여러 개의 minor spot을 찾아볼 수 있었다. 그 중에서 major spot를 분리하였다.

열매의 butanol 분획(제 2절 2-나 항 419g)을 SiO₂ 칼럼크로마토그래프를 실시하였다. CM 10:1→CM 3:1→CMW 15:10:2.5→80% MeOH 용매로 연속 용출시켜 5분획으로 나누었다. 그 중에서 Pauly반응에서 major로 나타나는 분획으로 CM 3:1 분획(120g)을 얻었다. 이 분획을 다시 CMW 3:1:0.1 용매로 5개의 분획을 얻고 그 중 3번째 분획(46.54g)을 얻었다. 이 분획을 다시 SiO₂ 및 sephadex LH-20 칼럼 크로마토그래피를 실시하여 compound P(yellowish, 50% MeOH에서 침상결정, 수율(630mg)을 순수히 얻었다.

줄기의 butanol 분획(제 2절 3-나-1항, 67g)에서도 위와 같은 방법으로 compound P(50mg)를 얻었다.

Compound P는 여러 가지 스펙트라 분석을 통해 isorhamnetin-3-O-rutinoside임을 결정하였고 신물질이었다.

Compound P

IR ν^{KBr} cm^{-1} : 3376, 2919, 1655, 1603, 1503, 1454, 1358, 1294, 1206, 1061, 806, 654; $^1\text{H-NMR}$ (DMSO- d_6) : 0.96(3H, d, $J=6.3\text{Hz}$), 3.68(1H, d, $J=10.2$), 3.81(-OCH₃), 4.36(1H, anomeric H), 4.50(br.s., -OH), 5.09(1H, d, -OH, $J=5.7$), 5.14(1H, d, -OH, $J=4.8$), 5.38(1H, d, -OH, $J=4.2$), 5.43(1H, d, $J=7.5$), 6.20(1H, d, $J=1.8$), 6.43(1H, d, $J=2.1$), 6.90(1H, d, $J=8.7$), 7.51(1H, dd, $J=1.8$ and 8.4), 7.85(1H, d, $J=2.1$), 9.78(br.s., -OH), 10.84(br.s., -OH), 12.58(s, -OH)

MS m/z (%) : 316(100%, aglycone)

$^{13}\text{C-NMR}$ (DMSO- d_6) : See Table 7

3) 수층분획의 항산화작용 성분

열매의 수층분획(제 2절 2-나 및 2-다 항)과 줄기의 수층분획(제 2절 3-나-②항)은 CMW 15:10:2.5 용매로 TLC(SiO₂)하였을 때 sucrose와 일치하는 spot의 UV 흡수, FeCl₃ 반응, Pauly 반응이 모두 양성이었다. 이 물질을 얻기 위하여 SiO₂, Sephadex LH-20(80% MeOH) 크로마토그래피를 반복하였으나 sucrose와 동일한 행동을 하므로 유효성분을 얻지 못하였다.

그러므로 열매와 줄기의 수층분획을 각각 1N HCl(50% methanol)으로 산가수분해 하였다. 산가수분해 반응액을 chloroform으로 추출했을 때는 분배되지 않고 butanol/acetone(3:1) 혼합용매로 이행되는 적갈색의 물질을 다량 얻었다. 이 물질은 67% acetone 용액에 가용성이므로 sephadex LH-20 크로마토그래피를 실시하였으나 단일한 물질을 얻지 못하였다. 이 물질은 UV 흡수가 강하고 TLC에서 tailing 되며 FeCl₃ 반응과 Pauly 반응이 양성인 것으로 보아 polyphenol성 물질로 추정하였다.

Table 7. ^{13}C -NMR data of compound P isolated from the fruit and the stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*

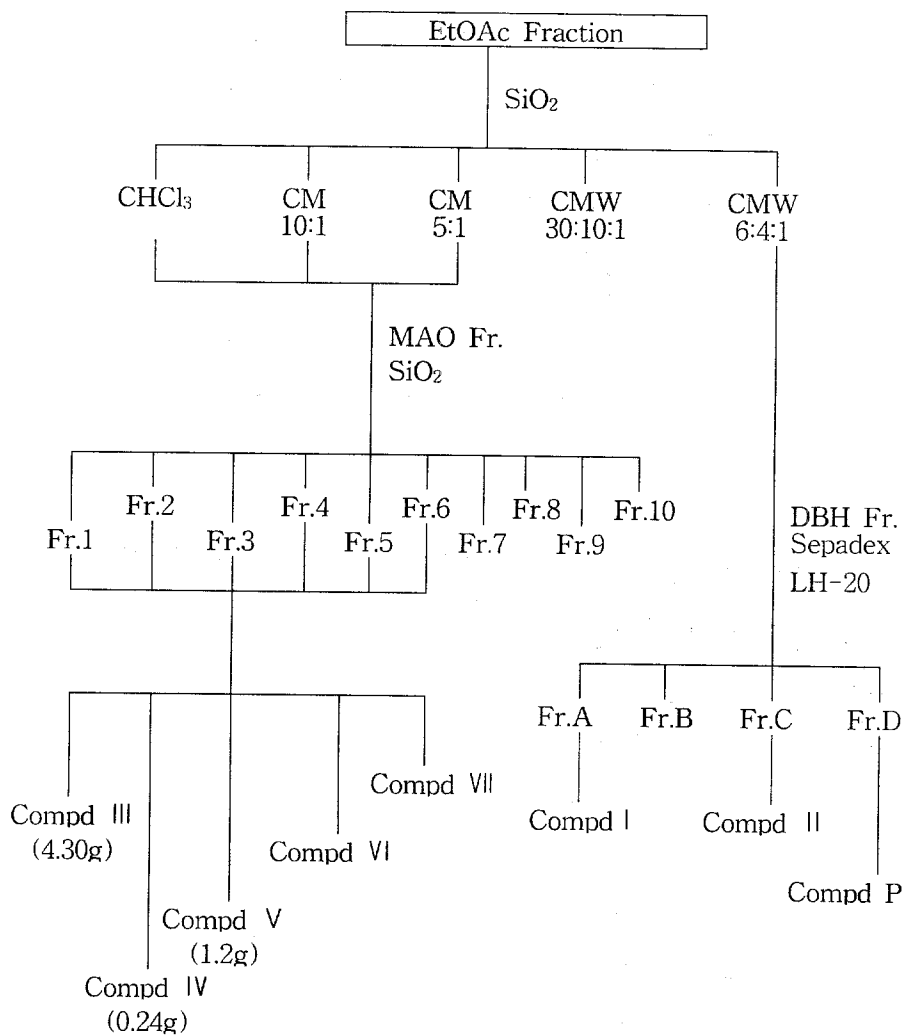
Carbon	ppm	Carbon	ppm
Isorhamnetin		Glucose	
2	156.7	1''	101.4
3	133.2	2''	74.5
4	177.6	3''	76.6
5	161.4	4''	70.8
6	99.0	5''	76.2
7	164.4	6''	67.1
8	94.1		
9	156.7		
10	104.3		
1'	121.3	Rhamnose	
2'	113.5	1'''	101.1
3'	147.1	2'''	70.5
4'	149.6	3'''	70.3
5'	115.7	4'''	72.0
6'	122.5	5'''	68.5
OCH ₃	55.9	6'''	17.9

나. 도파민 베타수산화효소(DBH) 저해작용성분 연구

1) 열매의 DBH 저해작용 성분

손바닥선인장 열매의 용매분획물 중에서 ethylacetate 분획에 주로 DBH 저해작용이 나타나므로 (Table 5)이 분획(147g)에 대해 SiO₂ 칼럼크로마토графи를 실시하였다. 용출용매는 chloroform에서부터 시작하여 CM 10:1, CM 5:1, CMW 30:10:1, CMW 6:4:1의 순서로 극성을 증가시켰다 (Scheme 1).

Fig. 1에는 DBH 저해활성을 profile을 보여주고 있다. DBH 저해활성이 높은 CMW 6:4:1 용출액을 모아(8.75g) 다시 sephadex LH-20 (용매 MW 5:1)로 칼럼크로마토графи를 실시하였다. Fig. 2에 DBH 저해 활성 profile을 나타내었는데 4종의 그룹으로 나뉘어 졌다. 각 분획에 대해 유효성분을 추적하였으며 일부 활성물질들을 순수히 분리하였다(Scheme 1).



Scheme 1. Isolation procedure for several compounds with inhibitory activities against monoamine oxidase-B and dopamine β -hydroxylase from the fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*.

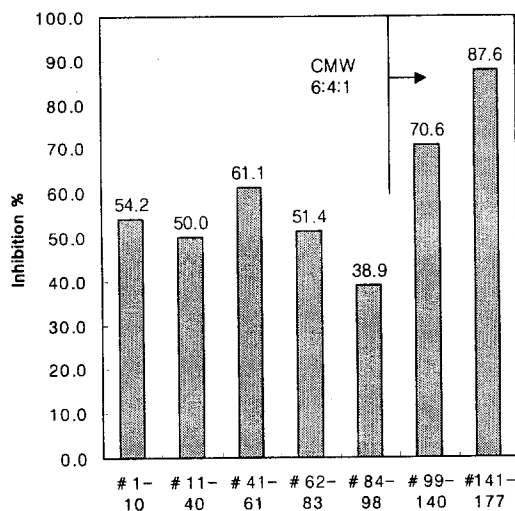


Fig. 1 Dopamin β -hydroxylase inhibitory profile of fractions from column chromatography on silica gel for the ethyl acetate fraction of the fruits of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*.

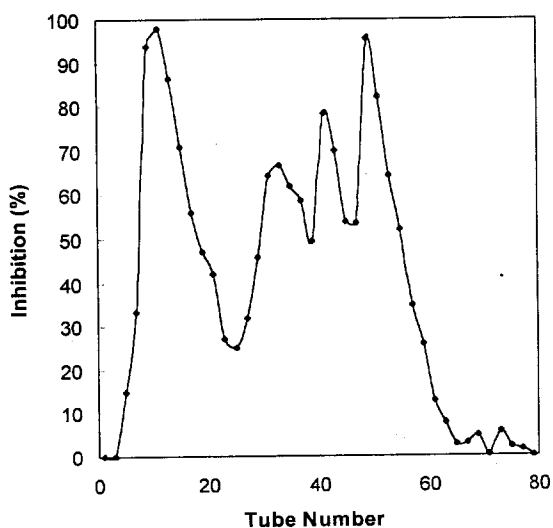


Fig. 2 Dopamine β -hydroxylase inhibitory profile of the active fraction (Fig.1) after gel filtration on Sephadex LH-20 with eluent, methanol:water=5:1.

Fig. 2의 첫 번째 peak의 분획을 모아 SiO₂로 다시 칼람크로마토그래피(CMW 6:4:1)를 실시하여 compound I를 소량 얻었다. 이 물질은 물에는 용해되나 methanol에는 난용성이었다.

Compound I(unknown)

IR, ^{KBR}cm⁻¹ : 3432, 2913, 1624, 1422

세 번째 peak 분획의 농축물로부터 알카로이드 반응을 나타내는 compound II를 얻었다. 이 물질은 물에 용해되나 methanol에는 난용성이었다.

Compound II(unknown)

IR, ^{KBR}cm⁻¹ : 3455, 1638

네 번째 peak분획을 모아 다시 CMW(70:3:4)용매로 SiO₂로 다시 크로마토그래피를 실시하여 분리된 DBH 저해물질에 대하여 화학구조를 결정 한 결과 항산화작용 물질로 분리한 compound P와 동일한 물질임을 확인 하였다.

2) 줄기의 DBH 저해작용 성분

손바닥선인장 줄기의 용매분획물 중에서 DBH 저해활성이 열매와 마찬가지로 에틸아세테이트 분획에서 주로 나타나므로 (Table 5) 이 분획에 대해 열매와 동일하게 SiO₂ 칼람크로마토그래피를 실시하였다. 그러나 DBH 저해활성 분획이 극히 소량이므로 줄기의 용매분획물을 다시 제조하였다. 2차 추출에서는 1차 추출시와는 다른 방법을 채택하였다. Table 5에서 보는 바와 같이 DBH 저해활성이 대부분 ethylacetate 분획에서 나타나고 그 밖에 butanol 분획에서 나타나며 또한 상기 Fig. 1과 2에서 보는 바와 같이 DBH 저해활성이 극성이 큰 분획에서 나타난다는 사실을 근거로 줄기의 2차 methanol에 대해 1차 때와는 다른 방법을 구사하였다.

즉 줄기분말(10kg)으로부터 얻은 methanol엑스(1725g)를 먼저 butanol과 물로 분배하여 butanol 엑스와 수층분획(Fr. H₂O-1, 1600g)을 얻은 후 butanol엑스를 chloroform과 물로 분배시켜 chloroform 엑스와 수층분획(fr. H₂O-2, 84.98g)을 얻었다. chloroform 엑스를 methanol과 hexane으로 분배시켜 methanol 분획(Fr. Mh, 133.53g)과 hexane분획을 얻었다(S초들 2). hexane분획에는 주로 지방이 이행되므로 이 분획을 제외한 Fr. H₂O-1, Fr. H₂O-2 및 Fr. Mh에 대해 DBH 저해활성을 측정하여 그 결과를 Table 6에 나타내었다. 대부분의 DBH 저해활성이 Fr. Mh에 나타났으므로 이 분획에

대해 SiO₂ 칼람크로마토그래피를 실시하여 얻은 각 분획에 대해 유효성분 분리를 시도하였으나 아직 분리된 물질이 없으며 계속하여 분리할 예정이다. 또한 Fr. H₂O-2 분획을 CMW(70:30:4)로 재크로마토그래피를 실시하여 유효성분을 분리하였는데 항산화작용성분으로 분리한 compound P와 동일하였다.

Table 6. Dopamine β -hydroxylase(DBH) inhibitory activities for solvent fraction of the stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*

Fraction	Amounts(g)	IC ₅₀ (mg/ml)	Total activity
H ₂ O-1	1600	5.6	0.3×10 ⁹
H ₂ O-2	84.98	1.4	1.2×10 ⁹
Mh	133.53	0.3	4.5×10 ⁹

다. 모노아민 산화효소(MAO) 저해작용 성분 연구

1) 열매의 MAO 저해작용 성분

열매의 ethylacetate분획에 주로 MAO저해작용이 나타나므로 (Table 5)이 분획(147g)에 대해 SiO₂ 칼람크로마토그래피를 실시하였다(Scheme 1 참조). 용출용매는 chloroform에서부터 시작하여 CM 10:1, CM 5:1, CMW 30:10:1, CMW 6:4:1의 순서로 극성을 증가시켜 물질을 분리하고 각 분획에 대하여 MAO-B 저해활성을 측정하였다(Fig. 3).

MAO-B 저해활성은 CM 5:1 용출액에서 나타났으므로 이 분획(66.2g)을 다시 SiO₂에서 칼람크로마토그래피를 시행하였던 바 3종의 화합물(compound III, IV, V)를 얻었다. 화학구조를 결정하였던 바 compound III는 citric acid dimethylester, compound IV는 malic acid monomethyl ester, compound V는 citric acid monomethyl ester임을 동정하였다.

Compound III(Citric acid dimethyl ester)

mp. 88-90°C; IR ν^{KBr} cm⁻¹ : 3429, 1741, 1640, 1439, 1215, 1127, 984 ; EI-MS m/z: 189, 175, 171, 143(base peak), 139, 116, 101, 84, 74, 69, 59; ¹H-NMR(CD₃OD) 3.66(s), 2.88(dd, 15.3 & 39.0 Hz); ¹³C-NMR 176.7, 172.2, 74.3, 52.6(-OCH₃), 44.2

Compound IV(Malic acid monomethyl ester)

IR ν^{KBr} cm⁻¹ : 3443, 3110, 1742, 1439; ¹H-NMR(CD₃OD) 4.49(dd,

4.65 & 6.9 Hz), 3.73(s), 2.77(dd, 4.65 & 15.9 Hz), 2.65(dd, 7.2 & 16.2 Hz); ^{13}C -NMR 175.5, 174.1, 68.5, 52.9(-OCH₃), 39.8

Compound V (Citric acid monomethyl ester)
mp. 168°C; IR ν^{KBr} cm⁻¹ : 3397, 3233, 1745, 1714, 1439, ;
 ^1H -NMR(CD₃OD) 3.75(s), 2.83(dd, 15.6 & 46.5 Hz)

Compound VI
IR ν^{KBr} cm⁻¹ : 3434, 2919(s), 2851(s), 1709(w), 1638(w), 1464, 1379, 1262, 1098, 1024, 803, 720

Compound VII
IR ν^{KBr} cm⁻¹ : 3528, 3438, 1719, 1636, 1547, 1439

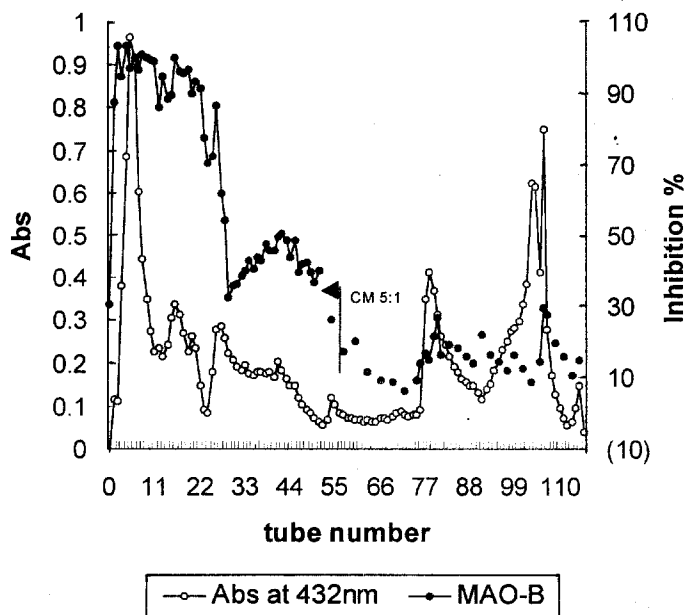
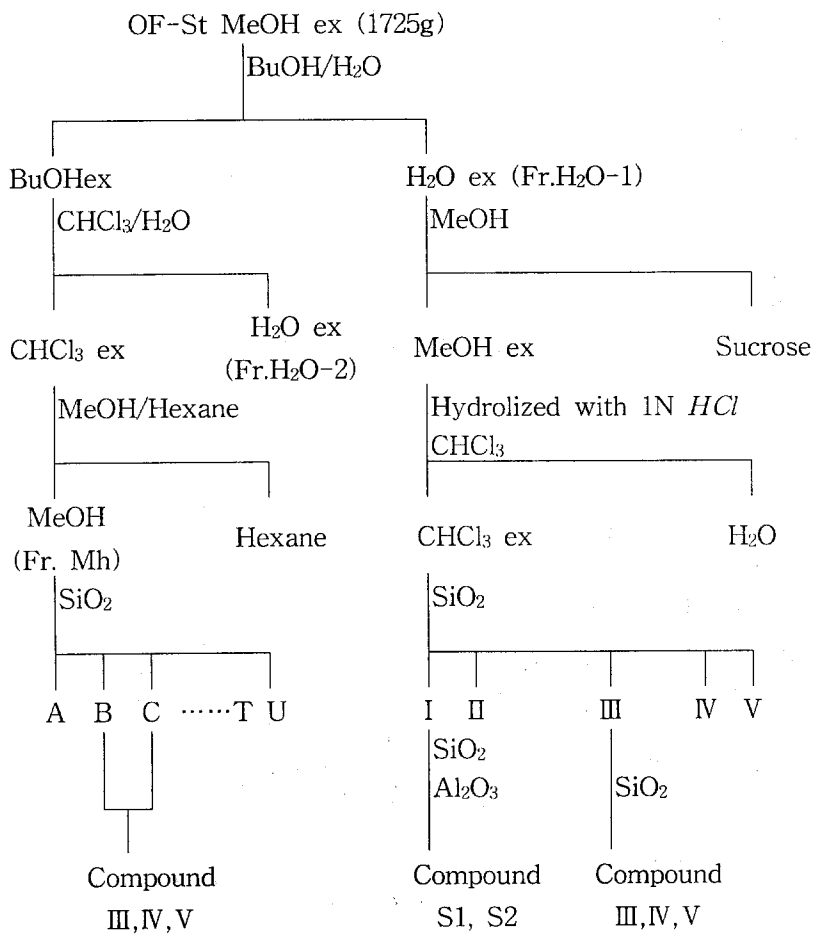


Fig. 3. Monoamine oxidase-B inhibitory profile of fractions from column chromatography on silica gel for the ethylacetate fraction of the fruits of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*.



Scheme 2. Isolation procedure for several compounds from the stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OF-St).

2) 줄기의 MAO 저해작용 성분

줄기의 Fr. Mh분획(133g)을 SiO₂에서 칼람크로마토그래피를 실시하였다. 용출용매는 chloroform에서부터 시작하여 CM 50:1, CM 20:1, CM 5:1, CMW 30:10:1, MeOH 순으로 용출하였다. CM 5:1 분획(16.1g)(subfraction B 와 C)을 다시 SiO₂ 칼람크로마토그래피를 실시하여 compound III, -IV 및 -V를 얻었다. 이 물질들은 열매에서 분리된 화합물과 동일하였다.

다. 열매와 줄기의 성분비교 연구

손바닥선인장의 열매와 줄기로부터 항산화작용 및 dopamine β -hydroxylase 저해작용을 나타내는 compound P, monoamine oxidase 저해작용을 나타내는 compound III, -IV 및 -V가 분리되어 열매와 줄기의 생리활성물질에 있어서 차이가 발견되지 않았다.

손바닥선인장의 열매와 줄기의 용매분획물 중에서 수층분획이 총 methanol엑스의 56%와 66%를 각각 차지하는 주된 분획이므로 수층 분획에 대한 성분연구를 수행하였다. 열매와 줄기의 수층분획에는 sucrose, 아미노산 등 일반성분이 높은 비율로 함유되어있고 TLC(SiO₂)상에서 UV흡수를 나타내는 물질이 sucrose spot과 일치하는 등 수층분획 중의 성분을 원형대로 분리할 수 없었다.

그러므로 수층분획을 1N HCl(50% methanol용액)으로 1시간 가수분해시킨 다음 반응액을 chloroform으로 추출하였을 때 다량의 붉은 색 침전물이 함께 얻어졌다. 붉은 색 침전물은 butanol/acetone(3:1) 혼합액으로 추출시 유기용매에 이행되는 물질로서 TLC(SiO₂)상에서 tailing 되고 UV흡수가 매우 강하고 FeCl₃ 시약에 양성반응을 나타내므로 polyphenol 성 물질임을 추정하였다.

한편 chloroform층에 대하여 SiO₂ 칼람크로마토그래피를 통해 열매와 줄기 모두 compound III(citric acid dimehtyl ester), compound IV(malic acid monomethyl ester) 및 compound V(citric acid monomehtyl ester)를 각각 분리하였다. 그러므로 이 들 3종의 methylester는 glycoside 또는 다른 물질(예, 아미노산)과 어떤 상태(ester bond 또는 acid amide bond)로 결합되어 있을 것으로 추정하였다.

계속하여 chloroform 분획에 대하여 성분을 분리하여 열매로부터 compound FR1, 줄기로부터 compound S1 및 S2를 분리하였는데 이 들 물질은 산가수분해시 생기는 artifact로 생각된다.

Compound FR1(unknown, oil상)

IR, $\nu^{\text{KBR}} \text{cm}^{-1}$: 3463, 2963, 2876, 1736, 1676, 1204

PMR($\text{CDCl}_3 + \text{D}_2\text{O}$) : 9.422(1H, s, CHO), 7.191(1H, d, 3.6Hz), 6.463(1H, D, 3.6Hz), 4.598(2H, s), 4.455(2H, dd, 4&6.8Hz), 4.080(2H, m), 3.993(2H, t, 6.6Hz), 3.703(1H, s), 3.591(3H, s, OCH_3), 2.884-2.647(6H, m), 1.585-1.45892H, m), 1.338-1.210(2H, m), 0.831(6H, t, 7.5Hz, $2 \times \text{CH}_3$), 0.823(3H, t, 7.2Hz, CH_3)

Compound S1(unknown, oil상)

IR, $\nu^{\text{KBR}} \text{cm}^{-1}$: 3434, 2936, 2832, 1637, 1192, 1109, 1057, 943, 799

PMR($\text{CDCl}_3 + \text{D}_2\text{O}$) : 6.355(1H, d, 3.3Hz), 6.280(1H, d, 3.3Hz), 5.390(1H, s), 4.362(2H, s), 3.333(3H, s), 3.320(6H, s, $\text{OCH}_3 \times 2$)

Compound S2(unknown, oil상)

IR, $\nu^{\text{KBR}} \text{cm}^{-1}$: 3432, 2922, 2851, 1680, 1219, 771

PMR($\text{CDCl}_3 + \text{D}_2\text{O}$) : 9.556(1H, s, CHO), 7.150(1H, dd, 0.3 & 3.3Hz), 6.464(1H, dd, 0.3&3.3Hz), 4.428(2H, s), 3.405(2H, s), 3.319(3H, s)

위의 3가지 물질은 열매와 줄기에서 공통으로 얻어진 것이 아니라 compound FR1은 열매에서만, compound S1 및 S2는 줄기에서만 얻어졌다. 이 성분들은 ^1H -NMR 스펙트라에서 2중결합과 $-\text{OCH}_2$ 또는 $-\text{OCH}_3$ 가 보이는 등 유사성이 있으나 화학구조를 규명하기 위하여 ^{13}C -NMR 스펙트라를 정밀분석 중에 있다.

제 4 절 결 론

손바닥선인장의 열매와 줄기로부터 생리활성물질을 연구하기 위하여 4종의 생리활성을 검색하고 유효성분을 분리하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 항산화작용 및 유효성분 : 열매와 줄기의 메탄올 엑스는 항산화작용이 강하며 열매와 줄기의 부탄올 분획으로부터 compound P를 분리하였다. 이 물질의 화학구조는 isorhamnetin-3-O-rutinoside로 결정하였다.
2. Dopamine β -hydroxylase 저해작용 및 유효성분 : 열매와 줄기의 에틸아세테이트 분획과 부탄올 분획에서 나타나며 에틸아세테이트 분획에서 compound I (화학구조 미상), compound II (화학구조 미상) 및 compound P를 분리하였으며 compound P는 부탄올 분획에 다량 함유되어 있었다. Compound P는 항산화작용도 함께 나타내는 물질이었다.
3. Monoamine oxidase 저해작용 및 유효성분 : 열매와 줄기의 에틸아세테이트 분획에서 강한 활성을 보이며 유효성분으로 compound III, -IV와 -V를 분리하였으며 화학구조를 결정한 결과 citric acid dimethyl ester, malic acid monomethyl ester와 citric acid monomethyl ester로 각각 결정하였다. 특히 compound III는 다량 함유되어 있는 성분이었다.
4. 항혈전 및 항혈액응고 작용 : 열매와 줄기의 메탄올 엑스 및 용매분획물에는 항혈전작용과 항혈액응고 작용이 없었다.
5. 그 밖의 성분 : 위에서 분리된 compound P, -III, -IV 및 -V는 열매와 줄기에서 모두 함께 분리되는 주요성분으로 열매와 줄기의 유효성분에 있어서 차이점을 찾아볼 수 없었다. 그러므로 열매와 줄기의 메탄올엑스를 유기용매로 분획하고 남은 수층분획에 대하여 성분연구를 수행하였다. 열매와 줄기의 수층분획을 각각 1N HCl으로 가수분해시켜 클로로포름에 이행되는 분획의 성분을 비교하였다. 그 결과 compound III, -IV 및 -V를 모두 분리할 수 있었다. 따라서 이 물질들은 주로 glycoside 또는 아미노산과 결합체로도 다량 함유되어 있다는 사실을

알게 되었다. 또한 열매로부터 compound FR1을, 줄기로부터 compound S1 및 -S2를 분리하였는데 이 물질은 각각 열매와 줄기의 고유한 성분이었다. 이 3 화합물의 화학구조는 곧 규명될 것이다.

결론적으로 손바닥선인장의 열매와 줄기에는 항산화 성분이 함유되어 노화를 억제시키는 작용이 있으며 monoamine oxidase 저해제가 다량 함유되어 있으므로 아드레날린의 대사분해를 억제시킴으로서 강장효과가 현저할 것으로 판단되었다.

<참고문헌>

1. 고경식, 광속 식물 분류학, p314-316, 세문사, 서울(1994).
2. 세계유용식물사전, p742, 평범사, 동경(1989).
3. Burrer, F., Lebreton, P.H. and Voirin, B., Les aglycones flavoniques de catees : distribution, signification. *J. Nat. Prod.*, 45, 687-693(1982).
4. Jeong, S.J., Jun, K.Y., Kang, T.H., Ko, E.B. and Kim, Y.C., Flavonoids from the fruits of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*. *Kor. J. Pharmagn*, 30, 84-86(1999).
5. 중약대사전, no. 1367, 1371, 상해과학기술출판사(1977).

제 5 장 손바닥선인장 열매 및 줄기의 약리효능 평가연구

제 1 절 서설

손바닥선인장 열매와 줄기의 생산촉진과 수요증대를 유지하고 농가의 소득을 높여주기 위하여 선인장 제품의 다양화와 고급화 연구가 절실하며 아울러 안전성 및 유효성 연구가 필수불가결하다. 안전성 및 유효성 연구는 타 분야에서 개발된 기술로서 농림분야에 접목시킴으로서 선인장의 생산성 향상과 부가가치를 높이는데 크게 기여할 수 있으므로 본 연구과제에서는 손바닥선인장 열매와 줄기에 대해 안전성 확보를 위해 급성 및 아급성 독성시험을 수행하였고 종합적인 약리효능을 확보하기 위하여 소염작용 연구, 혈액학적 연구, 심순환계 및 소장관에 미치는 영향연구, 정신신경계에 미치는 영향 연구 등을 수행하였다.

지금까지 손바닥선인장의 약리작용에 관한 보고에 의하면 바이러스 복제 억제 작용¹⁾, 고혈당 유발 실험동물에서 혈당치를 낮추는 효과²⁾, 항궤양 효과³⁾, 항염작용⁴⁾, 당뇨병 환자에서 혈당치, 콜레스테롤치 및 저밀도 지질 단백질 함량을 낮추는 효과⁵⁾ 등이 보고되어 있을 뿐 종합적인 약리시험이 수행된 바 없다. 그러므로 본 과제에서는 손바닥선인장 열매와 줄기의 안전성 및 유효성을 종합적으로 체계적인 검사를 실시하였다.

제 2 절 실험재료 및 방법

1. 실험동물

실험동물은 대한실험동물 센터에서 구입한 ICR계의 mouse($20 \pm 2g$)와 SD계 rat($260 \pm 50g$)를 1주일 이상 본 대학의 동물실에서 순화하여 사용하였다. 동물실내의 명암(12시간 light/dark cycle), 습도(55-60%) 및 온도($24 \pm 2^\circ C$)는 자동으로 조절되는 Environmental controlled rearing system(대중기기)을 사용하였다.

2. Carrageenin 유발 항염증효과

Tsurufufi 등의 방법에 준하여 흰쥐에 선인장 열매(250, 500, 1000mg/kg) 및 줄기(100, 250, 500mg/kg)을 각각 경구투여하고 30분 후에 1.0% carrageenin 2.0 μ l를 흰쥐의 후지 족척에 피하 주사하고서 염증을 유발시켰다. 손바닥선인장 열매 및 손바닥선인장 줄기 투여 30분, 1시간, 2시간 및 3시간에 각각 족척의 두께를 측정하여 부종의 억제률을 산출하였다. 비교약물로는 indomethacin 20mg/kg을 사용하였다.

3. 혈액의 생화학적 검사

혈액의 생화학적 검사는 각 동물을 이산화탄소로 마취시켜 복부대동맥으로부터 혈액을 채취하고 원심분리하여 혈청을 분리하였다. Clinical Spectrophotometer(Shimadzu, CL-700)를 이용하여 alanine aminotransferase(AIT), aspartate aminotransferase(AST), alkaline phosphatase(ALP), 총단백질량(T. Pro.), γ -glutamyltranspeptidase(GGT), sorbitol dehydrogenase(SDH)의 활성도를 측정하였다.

4. 혈액학적검사

혈액을 복부대동맥으로부터 채취하여 EDTA와 구연산나트륨등의 항응고제를 첨가하여 백혈구(WBC), 적혈구(RBC) 및 혈색소(Hb)에 대하여 혈구자동측정기(Japan, Sysmex K-1000 Cell Counter)를 이용하였다.

5. 혈청 중 지질 함량의 측정

가. 혈청 중 Total cholesterol 함량의 측정

Richmond 등의 효소법에 의하여 조제된 kit(AM 202-K, Asan)를 사

용하여 실험한다. 즉, 병냉상에서 효소시약(cholesterol esterase 20.5U/ℓ, cholesterol oxidase 10.7/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 incubation 하여 시약 blank를 대조로 파장 500nm에서 흡광도를 측정하며 검량선에 준해 그 함량을 mg/dℓ로 표시한다.

나. 혈청 중 Triglyceride 함량의 측정

McGowan 등의 방법에 준하여 조제된 kit(AM 157S-K, Asan)를 사용하여 실험한다. 즉, 병냉상에서 효소시약(Lipoprotein lipase 10800U, glycerol kinase 5.4U, peroxidase 135000U, L-α-glycero phosphoxidase 60U 함유)을 효소시약 용해액[N,N-bis(2-hydroxyethyl)-2-aminomethane sulfonic acid 0.427/dℓ 함유]에 용해한 후 시료 20μℓ에 조제한 효소시액 3.0ml을 첨가한 후 37℃에서 10분간 incubation하여 시약 blank를 대조로 파장 550nm에서 흡광도를 측정한다. 검량선에 준해 그 함량을 mg/dℓ로 표시한다.

다. 혈청 중 High density lipoprotein-cholesterol(HDL-C) 함량의 측정

Nakayama 등의 효소법에 의하여 조제된 kit(AM 203-K, Asan)를 사용하여 실험한다. 즉, 혈청 20μℓ에 침강시약(dextran sulfate 0.1%, magnesium chloride 0.1M 함유) 0.2ml를 가하고 잘 혼합한 후 실온에서 10분간 방치하고 3000rpm에서 10분간 원심 분리하였다. 그리고 그 상정액을 0.1ml 취하여 효소시액 3.0ml와 잘 혼합하여 37℃에서 5분간 incubation하여 시약 blank를 대조로 파장 500nm에서 흡광도를 측정한다. 검량선에 준해 그 함량을 mg/dℓ로 표시한다.

라. 혈청 중 Low density lipoprotein-cholesterol(LDL-C)과 Very low density lipoprotein-cholesterol(VLDL-C)의 함량 Low density lipoprotein-cholesterol(LDL-C) 함량과 Very low density lipoprotein-cholesterol(VLDL-C)의 함량은 Friedwald 등의 방법에 따라 다음의 식에 의하여 산출한다.

$$\begin{aligned} \text{LDL-C} &= [\text{총콜레스테롤양} - (\text{HDL-C} + \text{Triglyceride양}/5)] \text{ VLDL-C} \\ &= [\text{총콜레스테롤양} - (\text{HDL-C} + \text{LDL-C})] \end{aligned}$$

6. Uric acid 함량의 측정

Uric acid 는 효소법에 준하여 시중에서 구입한 kit(AM 162-K, Asan)를 사용하여 실험하였다. 즉, 병냉상에서 효소시약(Uricase 7.5U, Ascorbic acid peroxidase 120U, peroxidase 200000U함유)을 효소시약 용해액(potassium phosphate, monobasic 1.36g/dl, sodium borate 0.29g/dl함유)에 용해한 후 혈청 50 μ l에 조제한 효소시액 3ml를 첨가한 후 37 $^{\circ}$ C에서 5분간 incubation하여 시약 blank를 대조로 파장550nm에서 흡광도의 변화를 측정하였다. 표준검량선에 준하여 그 함량을 mg/dl로 표시하였다.

7. Creatinine 함량의 측정

Jaff 등의 효소법에 의하여 조제된 kit(555, Sigma chem. co)를 사용하여 실험하였다.

Alkaline picrate solution (creatinine colorreagent : sodium hydroxide solution = 5:1) 3ml에 혈청 0.3ml를 가하고 실온에 10분간 방치한 후 500nm에서 시약blank를 대조로 한 흡광도와 Acid reagent(mixture of sulfuric acid and acetic acid)를 0.1ml가하고 실온에 5분간 방치한 후의 흡광도의 변화를 측정하였다. 표준검량선에 준하여 그 함량을 mg/dl로 표시하였다.

8. 간조직 중 lipid peroxide 함량의 측정

Ohkawa 등의 방법을 변경하여 간 조직 1g당 4배량의 0.1M potassium phosphate buffer(pH 7.5)를 가해 마쇄하고 이 마쇄액에 동일한 buffer를 동량 가하여 3시간 preincubation 시킨 후 8.1% sodium dodecyl sulfate와 20% acetate buffer(pH 3.5)및 발색의 목적으로 0.8% thiobarbituric acid를 가한 후 95 $^{\circ}$ C에서 1시간 동안 반응시켜 실온에서 냉각 후에 n-BuOH : Pyridine(15:1)을 첨가하여 15분간 원심 분리하여 생성된 홍색의 n-BuOH : pyridine층을 취하여 파장 532nm에서 그 흡광도를 측정하여 표준곡선에서 그 함량을 간 조직 1g당 malondialdehyde nmole로 표시한다.

9. Superoxide dismutase(SOD) 활성의 측정

Marklund와 Marklund의 방법⁶⁾에 준하여 0.2M potassium phosphate buffer(200 μ M cytochrome C, 100 μ M EDTA 함유 pH 8.6) 1.0ml에 효소액 0.2ml를 가하여 ice bath상에서 20분간 방치하고 test에는 alkaline dimethyl sulfoxide(DMSO)용액 0.5ml, blank에는 non-alkaline DMSO 용액 0.5ml를

각각 가하고 37°C에서 30분간 반응시키고 파장 550nm에서 감소되는 cytochrome C의 흡광도를 측정하고 alkaline DMSO-mediated cytochrome C reduction을 50% 억제하는 enzyme량을 1 unit로 산정하여 활성도를 표시한다.

10. Glutathione peroxidase 활성의 측정

Paglia와 Valentine의 방법⁷⁾에 준해 hydrogen peroxide 및 glutathione이 함유된 0.1mm Tris buffer(pH 7.2) 중에서 효소액을 가하여 파장 340nm에서 흡광도를 측정하고 표준검량선에 준하여 활성도를 산정하며 효소 활성의 단위는 1분당 1mg protein이 생성하는 NADP의 양을 nmole로 표시한다.

11. 단백질정량 및 통계처리

단백질의 함량은 Lowry 등의 방법에 준하여 bovine serum albumin을 표준품으로 하여 측정하였다. 본 실험에서 얻어진 결과는 평균치±표준편차로 표시하였고, 통계적인 유의성 검증은 Duncan,s multiple range test를 이용하였다.

12. 심순환계 및 소장관에 미치는 영향 연구

가. 흰쥐의 혈압에 미치는 영향

체중 250~300g의 웅성 rat를 25% urethane으로 마취시켜 대퇴정맥 및 동맥을 분리하였다. 정맥은 시료의 투입을 위한 catheter를 삽입하고 생리식염수로 채워두고 동맥에는 혈압 측정을 위한 catheter를 삽입한 후 혈액 응고를 방지하기 위하여 heparin을 3-way 채차에 장치하였다. 혈압의 변화는 대퇴동맥에 삽입된 catheter와 연결된 transducer를 strain gauge coupler와 연결시켜 physiograph상에 기록하였다.

나. 흰쥐의 적출 회장에 미치는 영향

적출회장 표본은 흰쥐를 후두부 강타 후 기절시킨 후 소장을 노출하고 맹장과 소장의 접합부에서 10~15cm되는 곳으로부터 30cm 가량의 회장을 절단해 내어 Tyroid solution에 담그고 syringe를 이용하여 장부의 내용물을 씻어 내었다. 적출회장은 2.0~2.5cm 길이로 절단하여 37°C, 95% O₂ - 5% CO₂ 혼합가스로 포화시킨 Tyroid solution이 담긴 organ bath 내에 현수하고 적출 표본을 안정화시킨 후 아래와 같은 방법으로 약물을 가하여

isotonic 수축을 측정하였다.

1) 시험물질인 손바닥선인장 열매(OFS-FR)와 손바닥선인장 줄기(OFS-ST)를 $15\mu\text{g/ml}$ 가하여 평활근의 수축 유무를 관찰하였다.

2) Acetylcholine($10^{-9} \sim 5 \times 10^{-8}\text{M}$)을 누적적으로 가하여 농도반응 곡선을 얻은 후 세척하고 일정시간 후 OFS-FR와 OFS-ST $15\mu\text{g/ml}$ 를 전처리하고 5분 후 같은 방법으로 acetylcholine에 의한 농도반응 곡선을 구하며, 이때 나타나는 수축력의 변화를 acetylcholine의 1차 농도 반응곡선에 대한 최대값에 대한 %로 나타내었다.

3) Histamine($5 \times 10^{-8} \sim 2 \times 10^{-6}\text{M}$)을 누적적으로 가하여 농도반응 곡선을 얻은 후 세척하고 일정시간 후 OFS-FR와 OFS-ST $15\mu\text{g/ml}$ 를 전처리하고 5분 후 같은 방법으로 histamine에 의한 농도반응 곡선을 구하며, 이때 나타나는 수축력의 변화를 histamine의 1차 농도 반응곡선에 대한 최대값에 대한 %로 나타내었다.

13. 정신신경계에 미치는 영향 연구

가. 자발운동량 측정

생쥐를 사용하여 시험물질을 경구투여하고 1시간 후에 phenobarbital 50mg/kg 을 복강 내에 투여하여 정향반사의 소실시간 및 각성시간을 측정하여 비교하였으며 양성 대조물질로는 chlorpromazine을 사용하였다.

나. 운동협조능에 미치는 영향

Rotarod를 사용하여 Dunham의 방법에 따라 측정한다.

다. 수면연장작용

생쥐를 사용하여 시험동물을 경구투여하고 1시간 후에 pentobarbital 50mg/kg 을 복강 내에 투여하여 정향반사의 소실시간 및 각성시간을 측정하여 비교하며 양성대조물질은 chlorpromazine을 사용한다.

라. 정상체온에 미치는 영향

흰쥐를 사용하여 시험물질 경구투여 15분전에 기초체온을 측정하고 경구투여 후 시간별로 rat용 직장체온계를 사용하여 체온을 측정한다. 양성대조 물질은 chlorpromazine을 사용한다.

마. 진통작용

1) Wittle의 초산에 의한 writhing syndrome 억제법에 따른 Wittle의 방법에 따라 측정한다. 양성대조물질은 aminopyrine을 사용한다.

2) Hot Plate(UGO BASILE)를 이용하여 온도를 52~55℃로 일정하게 조절하여 ICR mouse를 사용하여 동물이 열자극을 감지하여 발을 빨거나 뛰는 반사작용을 보이는 것을 측정한다.

바. 항경련작용

1) Strychnine 경련 : Araki 등의 방법에 준하여 실험한다⁸⁾.

2) 최대전격경련 : Woodbury 등의 방법에 따라 전격경련 자극 장치를 사용한다⁹⁾.

3) Pentylentetrazole의 경련 : 생쥐를 사용하여 pentylentetrazole 150mg/kg을 복강내 주사하여 경련발현 시간 및 사망시간을 측정한다.

제 3 절 실험결과 및 고찰

1. 소염작용에 미치는 영향

Carrageenine 유발부종에 대한 손바닥선인장 열매와 줄기의 효과를 관찰한 성적이 Table 1, 2에 나타내었다. 1% carrageenin 생리식염수만을 투여한 대조군의 부종증가율은 시간이 경과함에 따라 증가되었으며, 손바닥선인장 열매(500, 1000 mg/kg)를 경구투여하고서 30분, 1시간 2시간에서 유의적인 부종증가의 억제효과가 관찰되었으며 3시간 경과 후 1000 mg/kg의 투여에서 유의적인 효과가 있었으나 250 mg/kg의 투여에서는 별다른 영향이 없었다.

한편, 손바닥선인장 줄기(100, 250, 500 mg/kg)를 경구투여하고서 30분, 1시간, 2시간 및 3시간에서 유의적인 부종증가의 억제효과를 관찰 할 수 있었다.

Table 1. Effect of fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* on the carrageenin-induced hind paw edema in rat

Treatment	Dose (mg/kg.p.o)	N	Time course of swelling percent(%)			
			0.5	1	2	3(hr)
Control		10	67.0±7.24 ^a	63.7±5.77 ^a	76.6±4.23 ^a	79.0±7.86 ^a
OFS	250	10	60.9±3.26 ^{a,b}	59.8±3.65 ^a	61.3±6.27 ^b	72.3±4.94 ^{a,b}
	500	10	51.8±4.36 ^{b,c}	49.9±5.36 ^b	53.6±4.73 ^{b,c}	67.4±5.54 ^{a,b}
	1000	10	45.3±2.47 ^{c,d}	43.4±3.67 ^{b,c}	50.8±5.59 ^c	70.3±6.27 ^b
Indomethacin	20	10	39.7±6.29 ^d	37.3±5.06 ^c	47.3±6.66 ^c	54.3±6.43 ^c

The assay procedure was described in the experimental methods. Values represent means ± S.D.(n=7)and by the same superscript are not significantly different(p<0.05) each other by new multiple square method.

Table 2. Effect of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* on the carrageenin-induced hind paw edema in rat

Treatment	Dose (mg/kg.p.o)	N	Time course of swelling percent(%)			
			0.5	1	2	3(hr)
Control		10	66.0±5.74 ^a	68.9±6.27 ^a	78.8±5.26 ^a	81.3±6.27 ^a
OFS	100	10	52.3±2.36 ^b	54.0±3.44 ^b	58.4±4.27 ^b	69.8±5.36 ^b
	250	10	50.8±8.65 ^b	48.6±3.57 ^{b,c}	55.9±3.69 ^b	71.3±6.27 ^b
	500	10	43.7±3.92 ^{b,c}	42.7±5.25 ^{c,d}	51.6±3.77 ^b	68.8±4.29 ^b
Indomethacin	20	10	37.3±3.39 ^c	36.7±4.08 ^d	40.7±3.46 ^c	53.9±4.39 ^c

The assay procedure was described in the experimental methods. Values represent means ± S.D.(n=7)and by the same superscript are not significantly different(p<0.05) each other by new multiple square method.

2. 급성독성에 미치는 영향

손바닥선인장의 열매 및 줄기의 투여용량을 500, 1000, 1500, 2000mg/kg 을 각 군의 실험동물 생쥐를 30마리로 하여 복강 내에 투여하고 24시간 동안의 사망여부를 관찰하였던 바 시험기간 중 사망 동물을 관찰할 수 없었 으며, 대조군에서도 사망 동물은 없었다(Table 3, 4).

Table 3. Acute toxicity test of fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*

Dose(mg/kg)	0	500	1000	1500	2000
Dead*/Treated	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30

* : The number of dead mice for 24hrs after intraperitoneally injection of *Opuntia ficus-indicavar. saboten*

Table 4. Acute toxicity test of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*

Dose(mg/kg)	0	500	1000	1500	2000
Dead*/Treated	0/30	0/30	0/30	0/30	0/30

* : The number of dead mice for 24hrs after intraperitoneally injection of *Opuntia ficus-indicavar. saboten*

3. 혈액학적 검사

혈액학적 검사는 흰쥐를 사용하여 상기의 용량을 복강 내로 투여하고 24시간이 경과한 후 백혈구, 적혈구 및 헤모글로빈의 함량을 측정하였던 바 대조군과 통계적인 유의성이 없었다(Table 5, 6).

Table 5. Hematological Values of rats intraperitoneally treated with fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*

Parameter\Dose(mg/kg)	0	500	1000	1500	2000
\No. of animal	10	10	10	10	10
WBC($\times 10^3/\mu\text{l}$)	13.79 \pm 2.17 ^{ns}	14.33 \pm 2.08	13.56 \pm 3.21	15.27 \pm 4.01	15.79 \pm 2.76
RBC($\times 10^3/\mu\text{l}$)	7.63 \pm 0.27 ^{ns}	7.72 \pm 0.30	7.57 \pm 0.43	7.55 \pm 0.39	7.87 \pm 0.32
Hb(g/dl)	14.96 \pm 0.62 ^{ns}	15.32 \pm 0.51	14.26 \pm 0.65	14.79 \pm 0.35	15.28 \pm 0.67

Values were expressed as mean \pm S.D.

^{ns} : not significant

WBC : white blood cell, RBC : red blood cell, Hb : hemoglobin

Table 6. Hematological Values of rats intraperitoneally treated with stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*

Parameter\Dose(mg/kg)	0	500	1000	1500	2000
\No. of animal	10	10	10	10	10
WBC($\times 10^3/\mu\text{l}$)	14.67 \pm 3.71 ^{ns}	15.26 \pm 3.07	14.65 \pm 2.39	15.69 \pm 4.00	15.93 \pm 2.67
RBC($\times 10^3/\mu\text{l}$)	7.86 \pm 0.71 ^{ns}	7.69 \pm 0.37	7.89 \pm 0.62	7.53 \pm 0.46	7.78 \pm 0.52
Hb(g/dl)	15.07 \pm 0.72 ^{ns}	14.98 \pm 0.67	15.23 \pm 0.53	15.32 \pm 0.69	14.89 \pm 0.52

Values were expressed as mean \pm S.D.

^{ns} : not significant

WBC : white blood cell, RBC : red blood cell, Hb : hemoglobin

4. 혈청 생화학적 지표에 미치는 영향

손바닥선인장의 열매와 줄기에서 항염작용을 나타내는 용량을 4주간 하루에 한번씩 경구로 투여하고서 혈청 생화학적 검사를 관찰한 성적이 Table 7, 8이다. 열매의 투여용량을 250, 500, 1000mg/kg와 줄기의 투여용량을 100, 250, 500mg/kg로 투여하고서 혈청을 분리하여 생화학적 검사를 행하였던 바 전례에서 뚜렷한 혈 중 변동은 관찰 할 수 없었다.

Table 7. Biochemical parameters in the rats orally treated with fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* for 4 weeks

Parameter\Dose(mg/kg)	0	250	500	1000
\No. of animal	7	7	7	7
SDH(U/ l)	7.4 \pm 0.97 ^{ns}	8.9 \pm 1.83	7.6 \pm 1.47	8.6 \pm 1.38
ALT(U/ l)	33.0 \pm 8.87 ^{ns}	38.0 \pm 5.93	40.0 \pm 7.63	45.0 \pm 9.88
AST(U/ l)	82.0 \pm 17.0 ^{ns}	96.7 \pm 8.97	100.0 \pm 19.6	101.0 \pm 20.9
GGT(U/ l)	2.1 \pm 0.26 ^{ns}	2.2 \pm 0.30	2.5 \pm 0.82	2.3 \pm 0.42
ALP(U/ l)	124.0 \pm 30.5 ^{ns}	139.2 \pm 32.8	135.0 \pm 22.5	131.0 \pm 38.2
T. Pro.(g/dl)	6.4 \pm 0.46 ^{ns}	6.1 \pm 0.52	5.9 \pm 0.32	6.0 \pm 0.41
Uric acid(mg/dl)	2.36 \pm 0.29 ^{ns}	2.57 \pm 0.40	2.27 \pm 0.37	2.69 \pm 0.51
Creatinine(mg/dl)	0.6 \pm 0.09 ^{ns}	0.7 \pm 0.10	0.7 \pm 0.08	0.8 \pm 0.12

The assay procedure was described in the experimental methods.

Values represent means mean \pm S.D.

^{ns} : not significant

Table 8. Biochemical parameters in the rats orally treated with stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* for 4 weeks

Parameter\Dose(mg/kg)	0	250	500	1000
\No. of animal	7	7	7	7
SDH(U/ℓ)	7.7±1.06 ^{ns}	10.0±2.48	9.7±2.63	8.4±1.93
ALT(U/ℓ)	36.7±4.21 ^{ns}	42.3±8.97	39.6±5.27	46.0±9.00
AST(U/ℓ)	84.7±15.3 ^{ns}	83.0±14.6	97.6±17.4	100.7±19.6
GGT(U/ℓ)	1.9±0.34 ^{ns}	2.4±0.48	2.2±0.32	2.6±0.53
ALP(U/ℓ)	128.7±31.6 ^{ns}	125.6±27.9	131.9±20.8	139.6±26.6
T. Pro.(g/dl)	6.2±0.21 ^{ns}	6.6±0.39	6.5±0.47	6.3±0.24
Uric acid(mg/dl)	2.32±0.25 ^{ns}	2.47±0.43	2.39±0.37	2.43±0.35
Creatinine(mg/dl)	0.6±0.10 ^{ns}	0.8±0.12	0.7±0.11	0.8±0.14

The assay procedure was described in the experimental methods.

Values represent means mean ± S.D.

^{ns} : not significant

5. 혈청 중 지질함량 및 lipoprotein함량에 미치는 영향

정상동물에서 손바닥선인장의 열매와 줄기를 1주일간 경구로 투여하고 혈중 지질함량 및 lipoprotein함량에 대하여 관찰한 성적이 Table 9, 10이다. 열매의 투여용량을 250, 500, 1000mg/kg와 줄기의 투여용량을 100, 250, 500mg/kg로 투여하고서 혈청을 분리하여 혈중 지질함량 및 lipoprotein함량을 관찰하였던 바 전례에서 뚜렷한 혈중 변동은 관찰 할 수 없었다.

Table 9. Effect of fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* on serum triglyceride and lipoprotein levels on normal rats

Treatment	Dose (mg/kg)	Day	TG	T-Chol	HDL-Chol.	LDL-Chol.	VLDL-Chol.
Normal			73.2±5.87 ^{ab}	60.4±8.47 ^{ns}	26.8±3.26 ^{ns}	22.4±3.87 ^{ns}	15.6±0.87 ^{ns}
OFS	250	7	70.7±8.36 ^a	66.9±7.27	28.9±2.86	32.0±7.20	15.3±0.98
	500	7	86.6±8.49 ^b	70.1±9.87	24.2±3.07	28.4±5.36	16.8±1.21
	1000	7	79.9±7.50 ^{ab}	65.6±8.52	27.4±2.17	30.9±6.27	17.3±1.72

Rats were orally administered OFS(250, 500, 1000mg/kg) daily for consecutive seven days. The rats were sacrificed seven days later for last treated materials. The procedure was described in the experimental methods. Values represent means ± S.D.(n=7)and by the same superscript are not significantly different(p<0.05) each other by new multiple square method.

^{ns} : not significant

Table 10. Effect of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* on serum triglyceride and lipoprotein levels on normal rats

Treatment	Dose (mg/kg)	Day	TG	T-Chol	HDL-Chol.	LDL-Chol.	VLDL-Chol.
Normal			72.3±8.21 ^{ns}	66.8±5.70	28.6±3.12	23.7±4.92	14.9±0.94
OFS	100	7	88.9±5.32	68.9±6.20	25.9±2.76	27.8±5.37	16.7±1.02
	250	7	80.6±7.92	73.1±6.83	26.2±3.27	26.9±6.30	15.4±0.87
	500	7	78.8±5.47	69.9±6.92	27.4±2.17	24.6±5.17	16.0±1.36

Rats were orally administered OFS(100, 200, 500mg/kg) daily for consecutive seven days. The rats were sacrificed seven days later for last treated materials. The procedure was described in the experimental methods. Values represent means ± S.D.(n=7).

^{ns} : not significant

6. 간장 조직 중 지질과산화의 함량에 미치는 영향

정상동물에서 손바닥선인장의 열매와 줄기를 1주일간 경구로 투여하고 간장중 지질과산화 함량에 미치는 영향을 관찰한 성적이 Table 11, 12이다. 열매의 투여용량을 250, 500, 1000mg/kg와 줄기의 투여용량을 100, 250, 500 mg/kg로 투여하고서 간 조직중의 지질과산화의 함량은 정상군과 별다른 영향이 없었다.

Table 11. Effect of fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS) on the content of hepatic lipid peroxidation in normal rats

Treatment	Dose	Content
		MDA nmole/g of tissue
Normal		16.8 ± 0.82 ^{a,b}
OFS	250	20.3 ± 3.27 ^b
	500	21.9 ± 4.69 ^b
	1000	18.9 ± 0.90 ^a

Each sample was orally administrated once a day for seven days to rats. The procedure was described in the experimental methods. Values represent means ± S.D.(n=7) and by the same superscript are not significantly different(p<0.05) each other by new multiple square method.

Table 12. Effect of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS) on the content of hepatic lipid peroxidation in normal rats

Treatment	Dose	Content
		MDA nmole/g of tissue
Normal		18.3 ± 1.27 ^{ns}
OFS	100	21.4 ± 2.79
	250	20.6 ± 3.17
	500	22.9 ± 4.17

Each sample was orally administrated once a day for seven days to rats. The procedure was described in the experimental methods. Values represent means ± S.D.(n=7).

^{ns} : not significant

7. Superoxide dismutase 및 Glutathione peroxidase활성에 미치는 영향

정상동물에서 손바닥선인장의 열매와 줄기를 1주일간 경구로 투여하고 간에서의 Superoxide dismutase(SOD) 및 Glutathione peroxidase(GP)활성에 미치는 영향을 관찰한 성적이 Table 13, 14이다. 열매의 투여용량을 250, 500, 1000mg/kg와 줄기의 투여용량을 100, 250, 500mg/kg로 투여하고서 간에서의 효소의 활성을 관찰하였던 바 정상군과 별다른 영향이 없었다.

Table 13. Effect of fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS) on the activity of superoxide dismutase(SOD) and glutathione peroxidase(GP) in normal rats

Treatment	Dose	Activity	
		SOD*	GP**
Normal		9.69 ± 0.27 ^{ns}	120.9 ± 16.7 ^{a,b}
OFS	250	9.72 ± 0.40	140.8 ± 23.9 ^b
	500	9.93 ± 0.52	138.7 ± 20.4 ^b
	1000	10.3 ± 0.48	129.6 ± 18.4 ^a

Each sample was orally administrated once a day for seven days to rats. The procedure was described in the experimental methods. Values represent means ± S.D.(n=7) and by the same superscript are not significantly different(p<0.05) each other by new multiple square method.

* : Unit/mg protein. 1 unit of superoxide dismutase activity was defined as the which inhibited the reduction of alkaline DMSO-mediated cytochrome C by 50%.

** : Oxidized NADPH nmole/mg protein/min

^{ns} : not significant

Table 14. Effect of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS) on the activity of superoxide dismutase(SOD) and glutathione peroxidase(GP) in normal rats

Treatment	Dose	Activity	
		SOD*	GP**
Normal		10.1 ± 0.50 ^{ns}	123.7 ± 20.4 ^{ns}
OFS	100	9.80 ± 0.67	139.4 ± 19.6
	250	9.73 ± 0.42	119.6 ± 18.7
	500	9.73 ± 0.42	140.3 ± 35.4

Each sample was orally administrated once a day for seven days to rats. The procedure was described in the experimental methods. Values represent means ± S.D.(n=7).

* : Unit/mg protein. 1 unit of superoxide dismutase activity was defined as the which inhibited the reduction of alkaline DMSO-mediated cytochrome C by 50%.

** : Oxidized NADPH nmole/mg protein/min

^{ns} : not significant

8. 흰쥐의 혈압에 미치는 영향

손바닥선인장 열매(OFS-FR)와 손바닥선인장 줄기(OFS-ST)를 각각 DMF에 일정량 용해하여 생리식염수로 희석한 후 15 및 30mg/kg을 정맥 주사하고 혈압(평균혈압)의 변화를 측정된 결과 대조군과 비교할 때 정상 혈압에 영향을 미치지 않았다. 한편 정상동물은 시료의 용해 및 희석비율로 조제된 DMF와 생리식염수를 투여하였다(Table 15, 16).

Table 15. Effect of fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-FR) on blood pressure in rat

Time(min)	Mean blood pressure(mmHg)		
	Control(n=3)	OFS-FR(mg/kg)	
		15(n=3)	30(n=3)
0	119 ± 2.63	115 ± 1.26	112 ± 3.17
5	106 ± 3.16	108 ± 9.16	116 ± 4.24
10	107 ± 2.42	111 ± 8.72	107 ± 3.42
30	114 ± 3.11	104 ± 4.56	113 ± 3.92
60	108 ± 3.10	113 ± 9.43	118 ± 2.18
90	115 ± 2.92	118 ± 4.24	117 ± 5.36
120	117 ± 1.43	109 ± 3.11	108 ± 5.23

n : number of animals
Each values represents the mean ± S.D.

Table 16. Effect of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-ST) on blood pressure in rat

Time(min)	Mean blood pressure(mmHg)		
	Control(n=3)	OFS-ST(mg/kg)	
		15(n=3)	30(n=3)
0	113 ± 3.84	115 ± 3.27	112 ± 3.16
5	103 ± 6.89	108 ± 5.16	111 ± 3.42
10	115 ± 6.72	113 ± 4.78	110 ± 3.59
30	114 ± 1.46	114 ± 3.24	112 ± 4.21
60	113 ± 5.42	102 ± 3.96	106 ± 5.36
90	99 ± 2.73	101 ± 5.42	108 ± 3.58
120	101 ± 2.43	105 ± 4.11	112 ± 6.23

n : number of animals
Each values represents the mean ± S.D.

9. 적출회장에 대한작용

흰쥐의 적출회장에 대하여 OFS-FR와 OFS-ST를 각각 $15\mu\text{g/ml}$ 의 농도에서 basal tension에 영향을 주지 않는 것으로 보아 회장의 평활근에 직접 영향을 주지 않으며, acetylcholine 및 histamine에 의한 수축반응에도 영향을 주지 않았다(Table 17~20).

위의 결과로 보아 OFS-FR 및 OFS-ST는 자율신경계에 영향을 미치지 않는 매우 안전한 것으로 생각된다.

Table 17. Effect of fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-FR) and acetylcholine on the contractility of isolated rat ileum

Conc(ACh)	% of contraction	
	ACh	OFS-FR + ACh
10^{-9}	7.33 ± 1.33	1.40 ± 0.09
2×10^{-9}	15.28 ± 1.76	5.87 ± 3.26
5×10^{-9}	17.96 ± 1.87	15.72 ± 2.36
10^{-8}	28.37 ± 1.48	43.08 ± 7.52
2×10^{-8}	81.64 ± 3.54	80.87 ± 1.49
5×10^{-8}	98.82 ± 0.39	99.33 ± 0.33

Each values represents the mean \pm S.D.(n=3)

Table 18. Effect of fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-FR) and histamine on the contractility of isolated rat ileum

Conc(ACh)	% of contraction	
	His	OFS-FR + His
5×10^{-8}	4.92 ± 0.56	6.33 ± 1.42
10^{-7}	9.17 ± 0.98	16.87 ± 1.85
2×10^{-7}	48.06 ± 4.04	47.26 ± 4.06
5×10^{-7}	83.72 ± 9.27	77.87 ± 5.27
10^{-6}	87.64 ± 3.46	90.76 ± 1.92
2×10^{-6}	100 ± 0.00	95.74 ± 0.53

Each values represents the mean \pm S.D.(n=3)

Table 19. Effect of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-ST) and acetylcholine on the contractility of isolated rat ileum

Conc(ACh)	% of contraction	
	ACh	OFS-ST + ACh
10 ⁻⁹	7.47 ± 2.17	2.17 ± 0.10
2 × 10 ⁻⁹	7.47 ± 2.17	6.29 ± 2.27
5 × 10 ⁻⁹	18.24 ± 2.00	19.36 ± 2.46
10 ⁻⁸	30.46 ± 1.53	40.27 ± 8.53
2 × 10 ⁻⁸	89.23 ± 2.29	84.37 ± 2.24
5 × 10 ⁻⁸	100 ± 0.00	99.16 ± 0.42

Each Values represents the mean ± S.D.(n=3)

Table 20. Effect of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-ST) and histamine on the contractility of isolated rat ileum

Conc(ACh)	% of contraction	
	His	OFS-ST + His
5 × 10 ⁻⁸	5.12 ± 0.42	6.24 ± 1.36
10 ⁻⁷	10.27 ± 1.24	15.32 ± 2.85
2 × 10 ⁻⁷	52.36 ± 5.27	48.26 ± 6.07
5 × 10 ⁻⁷	88.26 ± 8.36	79.27 ± 7.22
10 ⁻⁶	87.43 ± 7.27	90.23 ± 2.43
2 × 10 ⁻⁶	99.27 ± 0.23	98.82 ± 0.48

Each values represents the mean ± S.D.(n=3)

10. 수면연장 작용

손바닥전인장 열매를 DMF에 일정량 용해하여 생리식염수로 희석한 후 250, 500, 100mg/kg을 경구투여 하고 pentobarbital 유발 수면 연장작용에 있어 정향반사 소실시간 및 수면시간에 영향이 없었다. 한편, 양성대조물질로 사용한 chlorpromazine의 경구투여는 유의성 있는 수면연장 작용을 나타내었다(Table 21).

Table 21. Effect of fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-FR) on pentobarbital induced sleeping time in mice

Treatment	Dose (mg/kg,p.o)	N	Onset	Duration
			Mean \pm S.D (min)	Mean \pm S.D. (min)
Control		10	3.27 \pm 0.14 ^a	80.2 \pm 6.93 ^a
OFS-FR	250	10	3.46 \pm 0.17 ^a	78.7 \pm 5.42 ^a
	500	10	3.50 \pm 0.22 ^a	90.6 \pm 9.27 ^a
	1000	10	3.32 \pm 0.19 ^a	77.4 \pm 6.44 ^a
CPZ	10	10	169.6 \pm 21.4 ^b	169.6 \pm 21.4 ^b

The assay procedure was described in the experimental methods.

Values sharing the same superscript letter are not significantly different each other($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

CPZ: Chlorpromazine.HCl

손바닥선인장 줄기를 DMF에 일정량 용해하여 생리식염수로 희석한 후 100, 250, 500mg/kg을 경구투여 하고 pentobarbital 유발 수면 연장작용에 있어 정향반사 소실시간 및 수면시간에 영향이 없었다. 한편, 양성대조물질로 사용한 chlorpromazine의 경구투여는 유의성 있는 수면연장 작용을 나타내었다(Table 22).

Table 22. Effect of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-ST) on pentobarbital induced sleeping time in mice

Treatment	Dose (mg/kg,p.o)	N	Onset	Duration
			Mean \pm S.D (min)	Mean \pm S.D. (min)
Control		10	3.36 \pm 0.18 ^a	78.4 \pm 5.36 ^a
OFS-ST	100	10	3.40 \pm 0.14 ^a	80.6 \pm 6.00 ^a
	250	10	3.43 \pm 0.17 ^a	84.6 \pm 7.21 ^a
	500	10	3.34 \pm 0.13 ^a	83.9 \pm 6.23 ^a
CPZ	10	10	2.63 \pm 0.20 ^b	173.2 \pm 24.6 ^b

Values sharing the same superscript letter are not significantly different each other($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

CPZ: Chlorpromazine.HCl

11. 자발운동

실험동물의 자발운동에 대하여 손바닥선인장 열매를 경구투여하고 영향을 관찰하였던 바 어떠한 영향도 관찰 할 수 없었으니 양성대조 물질로 사용한 chlorpromazine의 경구투여에서는 30분부터 2시간까지 유의적인 자발운동량이 감소하였다(Table 23).

Table 23. Effect of fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-FR) on the locomotor activity in mice

Treatment	Dose (mg/kg,p.o)	N	Locomotor activity(count/5min)				
			0	0.5	1	2	4(hr)
Control		10	650.3±41.3 ^a	450.2±41.4 ^a	327.6±48.7 ^a	276.7±51.4 ^a	229.0±22.8 ^a
OFS-ST	250	10	695.3±30.9 ^a	490.7±47.8 ^a	354.6±42.0 ^a	246.8±28.9 ^a	200.9±30.7 ^a
	500	10	703.7±38.6 ^a	454.6±39.9 ^a	330.7±35.7 ^a	271.1±36.4 ^a	208.2±32.5 ^a
	1000	10	684.7±29.9 ^a	418.7±56.3 ^a	364.9±45.6 ^a	257.6±26.9 ^a	230.4±43.2 ^a
CPZ	10	10	653.7±43.9 ^a	256.1±48.7 ^b	126.2±37.6 ^b	129.9±30.8 ^b	186.7±27.4 ^a

The assay procedure was described in the experimental methods.

Values sharing the same superscript letter are not significantly different each other(p<0.05) by Duncan's multiple range test.

CPZ: Chlorpromazine.HCl

실험동물의 자발운동에 대하여 손바닥선인장 줄기를 경구투여하고 영향을 관찰하였던 바 어떠한 영향도 관찰할 수 없었으니 양성대조 물질로 사용한 chlorpromazine의 경구투여에서는 30분부터 2시간까지 유의적인 자발운동량이 감소하였다(Table 24).

Table 24. Effect of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-ST) on the locomotor activity in mice

Treatment	Dose (mg/kg,p.o)	N	Locomotor activity(count/5min)				
			0	0.5	1	2	4(hr)
Control		10	647.3±40.4 ^a	470.3±51.9 ^a	354.3±43.0 ^a	258.5±27.9 ^a	200.8±28.3 ^a
OFS-ST	100	10	694.1±37.5 ^a	499.4±53.8 ^a	372.1±48.6 ^a	276.7±48.1 ^a	219.6±25.5 ^a
	250	10	702.3±40.5 ^a	428.0±40.6 ^a	273.3±34.6 ^b	243.5±26.9 ^a	230.3±34.9 ^a
	500	10	694.6±30.8 ^a	406.8±63.2 ^a	284.7±53.6 ^{b,c}	279.8±33.3 ^a	200.6±39.3 ^a
CPZ	10	10	656.9±44.7 ^a	256.4±54.3 ^b	123.1±33.9 ^a	132.5±29.8 ^b	188.9±27.1 ^a

The assay procedure was described in the experimental methods.

Values sharing the same superscript letter are not significantly different each other(p<0.05) by Duncan's multiple range test.

CPZ: Chlorpromazine.HCl

12. 운동협조능에 미치는 영향

손바닥선인장 열매의 경구투여는 본 실험에 사용한 용량에서 아무런 영향을 미치지 못하였다. 양성대조물질인 chlorpromazine의 투여에서는 0.5, 1, 2, 4시간에서 각각 30, 40, 70, 30%의 실패율을 나타내었다(Table 25).

Table 25. Effect of fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-FR) on the rotarod test in mice

Treatment	Dose (mg/kg,p.o)	N	Inhibition of performance(%)			
			0.5	1	2	4(hr)
Control		10	0	0	0	0
OFS-FR	250	10	0	0	0	0
	500	10	0	0	0	0
	1000	10	0	0	0	0
CPZ	10	10	30	40	70	30

The assay procedure was described in the experimental methods.
Values sharing the same superscript letter are not significantly different each other($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.
CPZ: Chlorpromazine.HCl

손바닥선인장 줄기의 경구투여는 본 실험에 사용한 용량에서 아무런 영향을 미치지 못하였다. 양성대조물질인 chlorpromazine의 투여에서는 0.5, 1, 2, 4시간에서 각각 30, 40, 70, 30%의 실패율을 나타내었다(Table 26).

Table 26. Effect of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-ST) on the rotarod test in mice

Treatment	Dose (mg/kg,p.o)	N	Inhibition of performance(%)			
			0.5	1	2	4(hr)
Control		10	0	0	0	0
OFS-ST	100	10	0	0	0	0
	250	10	0	0	0	0
	500	10	0	0	0	0
CPZ	10	10	40	40	80	30

The assay procedure was described in the experimental methods.
Values sharing the same superscript letter are not significantly different each other($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.
CPZ: Chlorpromazine.HCl

13. 정상체온에 미치는 영향

Rat의 정상체온에 대하여 손바닥선인장의 열매 및 줄기를 용량별로 투여하였으나 4시간까지 대조군과 비교할 때 별다른 영향이 없었으며 양성 대조물질로 사용한 chlorpromazine은 5mg/kg의 경구투여에서 1시간 후부터 유의한 체온의 저하를 나타내었으며, 4시간까지 지속되었다(Table 27, 28).

Table 27. Effect of fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-FR) on the body temperature in rat

Treatment	Dose (mg/kg,p.o)	N	Body temperature(°C)					
			-15	15	30	60	120	240(min)
Control		10	37.5±0.16 ^a	38.1±0.11 ^a	38.5±0.11 ^a	37.9±0.14 ^a	37.3±0.12 ^a	37.4±0.05 ^a
OFS-FR	200	10	37.1±0.13 ^a	39.7±0.40 ^a	37.7±0.11 ^a	37.6±0.09 ^a	37.5±0.09 ^a	37.7±0.08 ^a
	500	10	37.6±0.10 ^a	37.9±0.12 ^a	37.8±0.15 ^a	37.7±0.12 ^a	37.6±0.05 ^a	37.4±0.09 ^a
	1000	10	37.5±0.20 ^a	37.3±0.10 ^a	38.9±0.09 ^a	37.8±0.08 ^a	37.8±0.14 ^a	37.6±0.08 ^a
CPZ	10	10	37.3±0.14 ^a	37.9±0.12 ^{ab}	37.3±0.18 ^{ab}	36.7±0.10 ^b	36.3±0.10 ^b	36.7±0.10 ^b

The assay procedure was described in the experimental methods.
Values sharing the same superscript letter are not significantly different each other(p<0.05) by Duncan's multiple range test.
CPZ: Chlorpromazine.HCl

Table 28. Effect of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-ST) on the body temperature in rat

Treatment	Dose (mg/kg,p.o)	N	Body temperature(°C)					
			-15	15	30	60	120	240(min)
Control		10	37.37±0.11 ^{ns}	37.98±0.15 ^{ns}	38.06±0.13 ^a	37.67±0.13 ^a	37.50±0.12 ^{ab}	37.52±0.06 ^a
OFS-ST	100	10	37.39±0.13	37.96±0.37	37.76±0.14 ^a	37.64±0.05 ^a	37.33±0.10 ^b	37.57±0.07 ^a
	250	10	37.54±0.16	38.05±0.12	38.09±0.08 ^a	37.76±0.14 ^a	37.60±0.09 ^a	37.60±0.12 ^a
	500	10	37.51±0.15	38.06±0.11	37.99±0.10 ^a	37.82±0.09 ^a	37.46±0.08 ^{ab}	37.54±0.05 ^a
CPZ	10	10	37.49±0.10	37.98±0.16	37.74±0.17 ^b	36.84±0.16 ^b	36.42±0.21 ^c	36.80±0.27 ^b

The assay procedure was described in the experimental methods.
Values sharing the same superscript letter are not significantly different each other(p<0.05) by Duncan's multiple range test.
CPZ: Chlorpromazine.HCl

14. 진통작용

손바닥선인장 열매를 250, 500, 1000mg/kg을 경구투여 하여하고 초산-생리식염수액을 복강 내로 주사하였을 때 대조군에 비하여 발현시간 및 writhing 수가 250mg/kg의 투여에서는 통계적인 유의성이 없었으나, 500, 1000mg/kg의 투여에서 유의성 있게 작용발현 시간이 연장되었으며 writhing수도 유의있게 억제하여 진통작용을 나타내었다. 한편, hot plate의 방법에서도 작용발현 시간이 유의성 있게 연장되었다. 양성대조물질로 사용한 aminopyrine과 정도 및 용량의 차이는 있으나 유사한 진통 작용을 관찰하였다(Table 29, 30).

Table 29. Effect of fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-FR) on acetic acid-induced writhing syndrome in mice

Treatment	Dose (mg/kg,p.o)	N	Writhing lag	Writhing syndrome
			(sec)	(No/15 min)
Control		10	220.4 ± 16.5 ^a	18.4 ± 1.8 ^a
OFS-FR	100	10	243.6 ± 17.9 ^a	16.4 ± 1.7 ^a
	250	10	307.4 ± 22.7 ^b	10.7 ± 2.2 ^b
	500	10	324.9 ± 30.1 ^b	9.8 ± 1.9 ^b
CPZ	10	10	398.9 ± 39.4 ^c	5.3 ± 0.7 ^c

The assay procedure was described in the experimental methods. Values sharing the same superscript letter are not significantly different each other(p<0.05) by Duncan's multiple range test.

Table 30. Effect of fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-FR) on hot-plate test in mice

Treatment	Dose (mg/kg,p.o)	N	Onset time
			(sec)
Control		10	15.6 ± 0.16 ^a
OFS-FR	250	10	18.7 ± 0.19 ^a
	500	10	25.4 ± 0.22 ^b
	1000	10	30.6 ± 0.30 ^b
Aminopyrine	100	10	50.2 ± 0.48 ^c

The assay procedure was described in the experimental methods. Values sharing the same superscript letter are not significantly different each other(p<0.05) by Duncan's multiple range test.

손바닥선인장 줄기를 100, 250, 500mg/kg을 경구투여 하여하고 초산-생리식염수액을 복강 내로 주사하였을 때 대조군에 비하여 발현시간 및 writhing 수가 100mg/kg의 투여에서는 통계적인 유의성이 없었으나, 250, 500mg/kg의 투여에서 유의성 있게 작용발현 시간이 연장되었으며 writhing 수도 유의있게 억제하여 진통작용을 나타내었다. 한편, hot plate의 방법에서도 작용발현 시간이 유의성 있게 연장되었다. 양성대조물질로 사용한 aminopyrine과 정도 및 용량의 차이는 있으나 유사한 진통 작용을 관찰하였다(Table 31, 32).

Table 31. Effect of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-ST) on acetic acid-induced writhing syndrome in mice

Treatment	Dose (mg/kg,p.o)	N	Writhing lag	Writhing syndrome
			(sec)	(No/15 min)
Control		10	230.6 ± 17.4 ^a	19.4 ± 1.67 ^a
OFS-ST	100	10	260.7 ± 18.9 ^{a,b}	15.1 ± 1.80 ^b
	250	10	310.9 ± 24.4 ^{b,c}	10.3 ± 2.50 ^c
	500	10	330.4 ± 29.8 ^c	8.7 ± 1.69 ^c
Aminopyrine	100	10	404.2 ± 41.2 ^d	4.8 ± 1.23 ^d

The assay procedure was described in the experimental methods. Values sharing the same superscript letter are not significantly different. Each other(p<0.05) by Duncan's multiple range test.

Table 32. Effect of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-ST) on hot-plate test in mice

Treatment	Dose (mg/kg,p.o)	N	Onset time
			(sec)
Control		10	16.5 ± 0.19 ^a
OFS-ST	100	10	20.3 ± 0.24 ^b
	250	10	30.7 ± 0.34 ^c
	500	10	33.6 ± 0.38 ^d
Aminopyrine	100	10	49.8 ± 0.42 ^c

The assay procedure was described in the experimental methods. Values sharing the same superscript letter are not significantly different each other(p<0.05) by Duncan's multiple range test.

15. 항경련작용

가. 최대진격경련

전격자극의 유발에 대한 mouse의 강직성 경련에 대하여 손바닥선인장 열매 및 줄기를 용량별로 투여하였을 때 영향을 미치지 않았다. 양성대조 물질로 사용한 phenobarbital의 경구투여는 강직성 경련 및 사망수를 억제하였다(Table 33, 34).

Table 33. Effect of fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-FR) on the MES-induced convulsion and mortality in mice

Treatment	Dose (mg/kg)	N	Convulsion(%)		Mortality(%)
			T.E.	C.C.	
Control		10	100	20	80
OFS-FR	250	10	100	20	80
	500	10	100	20	90
	1000	10	100	20	80
PHB	100	10	0	100	0

An one hour after the final treatment of sample, animals were received electric shock(110V, 50mA, 0.2 seconds). The procedure was described in the experimental methods. Values are mean \pm S.D. and values followed by the same superscript are not significantly different(P<0.05) each other by new multiple square method.

T.E., tonic extensive convulsion; C.C., clonic convulsion

PHB : phenobarbital

Table 34. Effect of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-ST) on the MES-induced convulsion and mortality in mic

Treatment	Dose (mg/kg)	N	Convulsion(%)		Mortality(%)
			T.E.	C.C.	
Control		10	100	30	80
OFS-ST	100	10	100	20	90
	250	10	100	30	90
	500	10	100	30	80
PHB	100	10	0	100	0

An one hour after the final treatment of sample, animals were received electric shock(110V, 50mA, 0.2 seconds). The procedure was described in the experimental methods. Values are mean \pm S.D. and values followed by the same superscript are not significantly different(P<0.05) each other by new multiple square method.

T.E., tonic extensive convulsion; C.C., clonic convulsion

PHB : phenobarbital

나. Strychnine 유발경련

손바닥선인장 열매 및 줄기를 용량별로 경구투여하고 경련발현 시간, 사망률 및 사망시간에 대하여 대조군에 비하여 유의적인 차이는 나타내지 않았다. 그러나 양성 대조물질로 사용한 phenobarbital은 경련발현시간, 사망률 및 사망시간을 유의적으로 증가시켜 항경련작용을 나타내었다(Table 35, 36).

Table 35. Effect of fruit of *Opuntia ficus-indica* var *saboten*(OFS-FR) on the Strychnine-induced convulsion and Mortality in mice

Treatment	Dose (mg/kg)	N	Onset		T.E.		Mortality	
			Inc(%)	lat(sec)	Inc(%)	lat(sec)	Inc(%)	lat(sec)
Control		10	100	225.1±35.4 ^a	100	237.7±15.8 ^a	100	261.4±11.6 ^a
OFS-FR	250	10	100	234.2±17.5 ^a	100	265.6±23.3 ^b	100	282.1±13.4 ^a
	500	10	100	228.3±17.0 ^a	100	247.0±20.7 ^a	100	274.6±16.2 ^a
	1000	10	100	223.0±34.4 ^a	100	227.9±18.8 ^a	100	265.8±9.09 ^a
PHB	100	10	90	465.7±33.0 ^b	30	-	0	-

An one hour after the final treatment of sample, animals were received strychnine(2.5mg/kg, i.p.). The procedure was described in the experimental methods. Values are mean ± S.D. and values followed by the same superscript are not significantly different(P<0.05) each other by new multiple square method.

T.E., tonic extensive convulsion: Inc., incidence: lat., latent time from strychnine treatments. PHB : phenobarbital

Table 36. Effect of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-ST) on the Strychnine-induced convulsion and mortality in mice

Treatment	Dose (mg/kg)	N	Onset		T.E.		Mortality	
			Inc(%)	lat(sec)	Inc(%)	lat(sec)	Inc(%)	lat(sec)
Control		10	100	236.3±31.2 ^a	100	248.7±20.6 ^a	100	265.7±18.9 ^a
OFS-ST	100	10	100	244.8±27.3 ^a	100	269.4±28.1 ^{ab}	100	290.2±19.4 ^a
	250	10	100	232.1±37.2 ^a	100	258.1±21.3 ^a	100	284.5±13.3 ^a
	500	10	100	220.0±44.5 ^a	100	248.9±19.3 ^a	100	285.7±18.0 ^a
PHB	100	10	90	476.8±38.2 ^b	30	-	0	-

An one hour after the final treatment of sample, animals were received strychnine(2.5mg/kg, i.p.). The procedure was described in the experimental methods. Values are mean ± S.D. and values followed by the same superscript are not significantly different(P<0.05) each other by new multiple square method.

T.E., tonic extensive convulsion: Inc., incidence: lat., latent time from strychnine treatments. PHB : phenobarbital

다. Pentylenetetrazole 유발경련

손바닥선인장 열매 및 줄기를 용량별로 경구투여하고 경련발현 시간, 사망률 및 사망시간에 대하여 대조군에 비하여 유의적인 차이는 나타내지 않았다. 그러나 양성 대조물질로 사용한 phenobarbital은 경련발현시간, 사망률 및 사망시간을 유의적으로 증가시켜 항경련작용을 나타내었다(Table 37, 38).

Table 37. Effect of fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-FR) on the pentylenetetrazole-induced convulsion and mortality in mice

Treatment	Dose (mg/kg)	N	Onset		T.E.		Mortality	
			Inc(%)	lat(sec)	Inc(%)	lat(sec)	Inc(%)	lat(sec)
Control		10	100	46.8±1.63 ^{a,b}	100	164.2±14.4 ^{a,b}	100	189.4±10.1 ^a
OFS-FR	250	10	100	55.2±6.07 ^a	100	168.1±6.87 ^{a,b}	100	181.5±12.3 ^a
	500	10	100	50.9±4.52 ^b	100	170.2±13.2 ^a	100	190.9±9.05 ^a
	1000	10	100	46.4±1.23 ^{a,b}	100	165.6±14.9 ^a	100	182.7±11.9 ^a
PHB	100	10	0	-	0	-	0	-

An one hour after the final treatment of sample, animals were received pentylenetetrazole(150mg/kg, i.p.). The procedure was described in the experimental methods. Values are mean ± S.D. and values followed by the same superscript are not significantly different(P<0.05) each other by new multiple square method. T.E., tonic extensive convulsion; Inc., incidence; lat., latent time from pentylenetetrazole treatments. PHB : phenobarbital

Table 38. Effect of stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*(OFS-ST) on the pentylenetetrazole-induced convulsion and mortality in mice

Treatment	Dose (mg/kg)	N	Onset		T.E.		Mortality	
			Inc(%)	lat(sec)	Inc(%)	lat(sec)	Inc(%)	lat(sec)
Control		10	100	48.7±1.86 ^{a,b}	100	164.5±5.92 ^{a,b}	100	191.6±5.83 ^a
OFS-ST	100	10	100	53.0±2.84 ^a	100	167.4±7.36 ^{a,b}	100	185.3±6.49 ^a
	250	10	100	50.9±3.46 ^{a,b}	100	176.2±6.92 ^a	100	193.7±6.73 ^a
	500	10	100	46.0±3.27 ^b	100	157.9±8.29 ^b	100	181.9±7.23 ^a
PHB	100	10	0	-	0	-	0	-

An one hour after the final treatment of sample, animals were received pentylenetetrazole(150mg/kg, i.p.). The procedure was described in the experimental methods. Values are mean ± S.D. and values followed by the same superscript are not significantly different(P<0.05) each other by new multiple square method. T.E., tonic extensive convulsion; Inc., incidence; lat., latent time from pentylenetetrazole treatments. PHB : phenobarbital

제 4 절 결 론

손바닥선인장 열매와 줄기는 급성 독성시험과 아급성 독성시험에서 무해무독하였다. 손바닥선인장 열매(OFS-FR)와 손바닥선인장 줄기(OFS-ST)를 각각 DMF에 일정량 용해하여 생리식염수로 희석한 후 15 및 30mg/kg을 정맥주사하고 혈압(평균혈압)의 변화를 측정하고 결과 대조군과 비교할 때 정상혈압에 영향을 미치지 않았으며, 흰쥐의 적출회장에 대하여 OFS-FR와 OFS-ST를 각각 15 μ g/ml의 농도에서 basal tension에 영향을 주지 않는 것으로 보아 회장의 평활근에 직접 영향을 주지 않으며, acetylcholine 및 histamine에 의한 수축반응에도 영향을 주지 않았다. 위의 결과로 보아 OFS-FR 및 OFS-ST는 자율신경계에 영향을 미치지 않는 매우 안전한 것으로 생각된다.

중추신경계에 미치는 영향에서 수면연장작용, 자발운동, 운동협조능 및 정상체온에 미치는 영향에 대하여서는 손바닥선인장 열매(250, 500, 1000 mg/kg) 및 손바닥선인장 줄기(100, 250, 500mg/kg)의 투여에서 유의적인 영향은 없었다. 또한 최대전격경련(MES), Strychnine 경련, Pentylenetetrazole 경련에 미치는 영향에 대하여서는 손바닥선인장 열매 및 손바닥선인장 줄기의 투여에서 유의적인 영향은 없었다.

한편, 진통작용에서는 손바닥선인장 열매(250, 500, 1000mg/kg) 및 손바닥선인장 줄기(100, 250, 500mg/kg)를 경구투여하고 초산에 의한 writhing syndrome 억제법(Wittle의 방법)에 따라 진통작용을 관찰하였던 손바닥선인장 열매는 500, 1000mg/kg의 투여에서 유의성 있게 진통작용을 나타내었으며, 손바닥선인장 줄기는 100mg/kg의 투여에서 진통작용을 나타내었으며 250, 500mg/kg에서 현저한 진통효과를 관찰할 수 있었다. 이러한 진통작용을 확인할 목적으로 hot-plate법으로 확인하였던 바 초산에 의한 억제효과와 유사한 용량에서 관찰할 수 있었다.

항염작용을 관찰할 목적으로 1.0% carrageenin을 흰쥐의 후지 족척에 피하 주사하고서 손바닥선인장 열매 및 손바닥선인장 줄기 투여 30분, 1시간, 2시간 및 3시간에 각각 족척의 두께를 측정하여 부종의 억제율을 산출하였던 바, 손바닥선인장 열매(500, 1000mg/kg)를 경구투여하므로써 30분, 1시간 2시간에서 유의적인 부종증가의 억제효과가 관찰되었으며 3시간 경과 후 1000mg/kg의 투여에서 유의적인 효과가 있었으나 250mg/kg의 투여에서는 별다른 영향이 없었다. 손바닥선인장 줄기(100, 250, 500mg/kg)를 경구투여하므로써 30분, 1시간, 2시간 및 3시간에서 유의적인 부종증가의 억제효

과를 관찰 할 수 있었다.

결론적으로 손바닥선인장의 열매와 줄기는 혈액학적, 혈청학적 지표에 아무런 영향을 주지 않으며 정신신경계에도 영향을 미치지 않는 매우 안전한 식품으로 평가된다. 약리효능으로는 항염작용과 진통작용이 관찰되었고 이러한 작용은 줄기가 열매보다 현저한 효과를 나타내었다.

<참고문헌>

1. Ahmad, A., Davies, J., Randall, S. and Skinner G.R.: Antiviral properties of extract of *Opuntia streptacantha*. *Antiviral Res.*, **30**, 75(1996)
2. Ibanez-Camacho, R. and roman-Ramos, R.: Hypoglycemic effect of *Opuntia cactus*. *Arch. Invest. med(Mex)*. **10**, 233(1979)
3. 이후장: 랫드의 스트레스성 위궤양에 대한 선인장의 항궤양작용에 관한 연구, 서울대학교 보건대학원 석사학위논문(1997)
4. 박은희, 황성은, 강자훈: 손바닥선인장의 항염증 활성. *약학회지*. **42**, 621(1998)
5. Fernandez, M.L., Lin, Emme, C.K., Trejo, A. and Mcnamara, D.J.: prickly pear(*Opuntia* sp.) pectin reverses low density lipoproteinreceptor suppression induced by a hypercholesterolemic diet in guinea pigs, *J. Nutrition*. **122**, 2330(1992)
6. Marklund, S. and Marklund, G. : Involvement of the superoxide anion radical in the autooxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase, *Eur. J. Biochem.*, 47,469(1974)
7. Paglia, E.D. and Valentine, W.N. : Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocytes glutathione peroxidase. *J. Lab. Clin. Med.*, 70,158(1967)
8. Araki, S. and Ueki, s. : Changes in sensitivity to convulsion in mice with olfactory bulb ablation. *Jap. J. Pharmacol.*, 22,447(1972)
9. Woodbury, L.A. and Davenport, V.D. : Design and use of a new electroshock seizure apparatus, and analysis of factors altering seizure threshold and pattern, *Arch. Int. Pharmacodyn.*, 92,97(1952)
10. Aebi, H. : catalase. In "Methods of enzymetic analysis" Vergmeyer, M.U., Academic Press, New York, 2,673(1974)