

후코이단의 보습제 및 화장품재료로서 특성

차성한 · 이정식* · 김영숙* · 김동욱** · 문재천*** · 박권필†

순천대학교 화학공학과
540-742 전남 순천시 매곡동 315
*(주)해림후코이단
537-801 전남 완도군 완도읍 가용리 1088-8
**인제대학교 제약공학과
621-749 경남 김해시 어방동 607
***순천제일병원 피부과
540-968 전남 순천시 조례동 1589-1
(2009년 11월 2일 접수, 2009년 11월 28일 채택)

Properties of Fucoidan as Raw Materials of Water-holding Cream and Cosmetics

Sung Hwan Cha, Jung Shik Lee*, Young Suk Kim*, Donguk Kim**, Jae Cheon Moon*** and Kwonpil Park†

Department of Chemical Engineering, Suncheon National University, 315 Maegok-dong, Suncheon, Jeonnam 540-742, Korea

*Haerim Fucoidan Ltd, 1088-8 Gayong-ri Wando-eup, Wando-gun, Jeonnam 537-801, Korea

**Department of Pharmaceutical Engineering, Inje University, 607 Obang-dong, Gimhae, Gyeongnam 621-749, Korea

***Department of Dermatology, Suncheon Jeil Hospital, 1589-1 Jorye-dong, Suncheon, Jeonnam 540-968, Korea

(Received 2 November 2009; accepted 28 November 2009)

요 약

후코이단을 보습제 및 기능성화장품 소재로 사용하기 위한 후코이단 특성 및 그 효과에 대해 연구하였다. 후코이단은 미역 포자엽에서 추출하였다. 화장품 소재 시험으로는 보습력 측정, 항산화(DPPH assay, radical scavenging), 안전성(MTT assay)을 실시하였다. 후코이단의 보습력은 최고의 보습제 중의 하나인 히아루론산의 보습력보다 높았고, 분자량이 감소함에 따라 보습력이 약간 증가하였다. 후코이단은 높은 안전성과 항산화력을 보였다. 후코이단의 보습력 및 항알레르기 효과를 평가하기 위해 아토피 환자 46명에게 후코이단 크림을 6주간 적용하였다. 증상 정도를 나타내는 IGA 값이 3.04에서 2.15로 감소해 39.8%의 증상개선 효과가 있었다.

Abstract – Properties of fucoidan used for functional cosmetics agents were studied. Fucoidan was extracted from *Undaria pinnatifida* sporophylls. To test possibility of fucoidan as a cosmetics material, water-holding property measurement, DPPH free radical scavenging assay and MTT assay were done. Water-holding property of fucoidan was higher than that of hyaluronic acid, which is known as the one of the best water-holding material. The water-holding strength of fucoidan slightly increase as molecular weight of fucoidan decrease. Fucoidan showed high stability from MTT assay and good anti-oxidation property from DPPH assay. To evaluate the effect of water-holding property and anti-alergy property of fucoidan on the atopic dermatitis(AD), 46 AD patients were treated with fucoidan cream. After 6 weeks treatment, Investigation Global Assessment(IGA) scores decreased from 3.04 to 2.15, that is fucoidan cream had a 39.8% benefit effect on atopic dermatitis.

Key words: Fucoidan, Water-Holding Property, Anti-Oxidation, Cosmetics, Atopic Dermatitis

1. 서 론

후코이단은 laminaran과 alginic acid와 함께 갈조류를 형성하는 주요 다당으로 다시마와 미역에 3~5% 함유되어 있다. 후코이단은 함황(sulfated) 헤테로 다당으로 주로 L-fucose가 α -1,2 또는 α -1,3 결합으로 된 골격을 갖고있어서 갈락토오스, 만노스, 자일로스, 글루

쿠로닉 산 등을 함유할 수 있다. 후코이단에 대해 많은 연구가 되었음에도 불구하고 후코이단의 구조는 후코이단을 추출한 해조류의 종류에 따라 다르기 때문에 아직도 연구해야 할 것이 많다. 후코이단은 음이온 전하를 띠는 고분자(polyanionic charge) 성질과 관련된 것으로 알려진 여러 약물화학적 효과들이 보고되고 있다. 예를 들어 항혈액응고성(anticoagulant), 자살세포(apoptosis) 유도에 의한 항암효과, 항바이러스(항-HIV 포함), 항종양성, 항산화작용, 항알레르기[1-6] 등이다.

†To whom correspondence should be addressed.
E-mail: parkkp@sunchon.ac.kr

Table 1. Composition of fucoidan extracted from various sea weeds

Sample	Fucose(%)	Uronic acid(%)	Glucuronic acid(%)	Ester sulfate(%)	Reference
Undaria pinnatipida sporophyll	43.9	-	1.14	32.2	[10]
Hizikia fusiform	18.6	19.4	-	11.8	[11]
Laminaria japonica	55.0	-	2.0	14.0	[12]
Cladosiphon okamuranus(Okinawa Mozuku)	39.6	-	9.9	16.9	[13]

후코이단은 분자량이 약 200,000 Da 이상의 고분자여서 그 자체로는 용해도와 체내 흡수율이 낮다. 후코이단이 저분자화되면 체내에서 후코이단의 흡수율이 현저히 증가하고, 앞서 얘기한 약리 효과를 증대시킬 수 있다[7]. 후코이단의 저분자화 방법은 당을 저분자화할 때 일반적으로 사용하는 산분해, 라디칼분해[7,8], 효소에 의한 분해[9] 등 여러 방법이 있는데 본 연구에서는 전기분해 방법을 사용하였다.

후코이단에 함유된 황산기는 여러 기능을 나타내는데 있어서 중요한 역할을 하는 것으로 보고되었다. 황산기는 친수성이 강하므로 황산기를 다량 함유한 후코이단은 보습력이 높고 그래서 해조류가 물 밖으로 노출되었을 때 후코이단은 해조류가 건조되는 것을 지연시키는 성분으로 알려져 있다. 후코이단이 추출된 해조류 종류에 따라 Table 1에 있는 것처럼 후코이단의 황산기 함량 차이가 크다[10-13]. 그리고 후코이단은 IgE(Immuno-globulin E) 혈중농도를 감소시키는 효과가 있다는 사실이 보고되었다[6]. 아토피성 피부염 등으로 나타나는 알레르기 질환의 발생원인인 IgE의 생성을 억제하여 알레르기매개물질의 분비를 억제하므로써 알레르기 질환의 증상을 완화시키고 예방하는데 후코이단이 유용한 물질로 알려지고 있다. 그리고 후코이단은 라디칼 제거에 의한 항산화작용이 우수한 것으로 보고되었다[14]. 이상에서 얘기한 후코이단은 강한 보습력과 항알레르기 기능 그리고 항산화 기능이 있어 후코이단은 아토피 피부염 환자용 보습제와 기능성 화장품 재료로 적합한 성질을 지니고 있다.

그러나 후코이단의 화장품 원료로서 기본 성질들이 아직 연구 보고되지 않은 것들이 많다. 그래서 본 연구에서는 후코이단의 보습력과 피부 자극성 및 항산화력 등을 실험하고, 후코이단을 원료로 제조한 보습제 및 화장품을 아토피피부염환자와 민감성 피부 환자에게 적용해 증상 개선효과를 조사·검토하였다.

2. 실험

2-1. 후코이단 시료 및 시료 처리

본 실험에서 사용한 후코이단은 완도산 미역 포자엽에서 추출한 L-Fucoidan(주)해림후코이단을 사용하였다. L-Fucoidan은 평균 분자량 223,130 Da 황산기 함량 25.5%인 제품이다.

본 실험에서 후코이단의 저분자화 방법은 전기분해 방법의 일종인 접촉글로우 방전전기분해(Contact Glow Discharge Electrolysis, CGDE)를 사용했는데[15] 그 방법을 간단히 정리하면 다음과 같다. 전기분해장치는 직경이 50 μ m인 백금 선을 양극으로 하고 면적 10×30 mm 백금 망을 음극으로 구성하였고, 전해질인 HCl 수용액과 혼합된 후코이단액을 전해조에 투입하고 교반하면서, 두 전극을 직류 전력공급기(C.L.S, power supply)에 연결하고 글로우 방전이 일어나는 높은 전압(60~200 V)에서 후코이단을 전기분해하였다.

후코이단 용액의 강한 해조취를 제거하기 위해 흡착 방법을 적용하였는데, 실리카겔(white, Aldrich) 1g에 후코이단 용액 100 ml를

넣고 50 °C에서 24시간 교반한 후 여과하였다.

2-2. 분석

후코이단의 분자량은 GPC(Gel Permeation Chromatograph, Waters)로 측정하였다. 컬럼은 Phenomenex 13 biosep-sec-s 2000,3000(300×7.80 mm)을 사용하였고, 유동상은 0.1 M NaNO₃, 유속은 1.0 ml/min 하고 검량곡선은 Pulluran으로부터 얻었다.

황산기 함량은 Dodgson 방법[16]에 의해 측정하였는데, 2.0 M TFA로 후코이단 시료를 가수분해시킨 후 여기에 0.04 M BaCl₂·2H₂O 용액을 가해 BaSO₄ 침전이 형성되면 UV(SIMADZU UV-1650PC)로 360 nm에서 흡광도를 측정해 SO₄²⁻ 함량을 계산하였다.

냄새 성분의 가스크로마토그래피(GC) 분석은 다음과 같다. 상온에서 시료 90 ml에 Dichloro-methane(CH₂Cl₂, 99.5%, Junsei) 10 ml를 혼합한 후 정치해서 냄새 성분인 테르펜류가 용해된 CH₂Cl₂ 층을 상분리하여 시료를 얻었다. GC 분석은 HP-1 methyl Siloxane column과 불꽃이온화검출기(FID)를 이용하여 분석하였다.

후코이단의 보습력은 여과지(Filter Paper ADVANTEC, 110 mm)에 후코이단용액(10 wt%)과 비교하고자 하는 보습제 용액(10 wt%)을 같은 양 적신 후 유리판 위에 얹고 상온에서 각 시간마다 무게를 측정하여 무게차이에 의해 보습력을 산출해 비교하였다.

후코이단의 독성 또는 자극성을 MTT assay에 의해 측정하였다. 사람의 섬유아세포를 15시간 배양한 후, 100 μ l/ml의 농도로 후코이단 용액을 처리하여 CO₂ 배양기에서 24시간 배양하였다. MTT(3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl-2H-tetrazolium bromide) 용액 10 μ l를 첨가하고 4시간 후 상등액을 제거하고 150 μ l의 DMSO(dimethyl sulfoxide)를 첨가한 후 550 nm에서 microplate reader로 흡광도를 측정해 세포 생존율(cell viability)을 계산하였다.

후코이단의 항산화도를 DPPH 실험과 Fenton 용액방법에 의해 측정하였다. DPPH 실험에 의해 후코이단과 비타민 C의 항산화력을 비교하였는데, 후코이단과 비타민 C를 각각 6.25, 12.5, 25, 50, 100 μ l/ml의 농도로 만든 후 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 용액 100 μ l와 후코이단 또는 비타민 C 용액 200 μ l와 상온에서 30분간 반응시킨 후 microreader로 520 nm에서 흡광도를 측정했다. 그리고 Fenton 용액에 의한 라디칼 제거효과 시험은, Fenton 용액 중에 Nafion 막과 라디칼 제거제(radical scavenger)로 사용되는 Mn, Ce 화합물과 Fucoidan을 각각 따로 넣어 Fucoidan의 라디칼 제거 효과를 확인하였다. Fenton 용액(H₂O₂ 10%+Fe²⁺ 4 ppm) 300 ml에 Nafion 112 20×20 mm를 넣고 여기에 라디칼 제거제를 2 g 첨가해 24시간 혼합 후 불소 이온 농도를 불소 이온 측정 장치(ISE Meter, Ion Selective Electrode Meter, PH-250L, ISTEK, Inc.)를 이용해 측정하였다.

2-3. 후코이단 보습제 및 화장품 적용 시험

피부과에 내원한 아토피 피부염환자 46명을 대상으로 6주간 후

코이단 보습제를 적용시험하였다. 후코이단 아토피보습제(atout)는 후코이단(3%), 베타 글루칸(β -glucan), 세라마이드 3B(Ceramide 3B), 컴프리 유(Comfrey oil), 동백유, 샌존위터오일, 비왁스(밀랍) 등을 혼합하여 제조하였다. 아토피 피부염 환자의 증상정도의 평가는 Investigator Global Assessment(IGA)에 의했는데, scores 0:정상, 1: 거의정상, 2:경도의 증상, 3:보통의 증상, 4:심한증상, 5:매우 심한 증상으로 하고, 피부소양감(Severity of pruritus, SP)은 0:가려움 없음 1:약간 가려움 2:보통 가려움 3:매우 가려움으로 분류하였고, 사용 6주 후 증상개선 정도를 평가하였다.

그리고 민감성 피부환자를 대상으로 후코이단 화장품(크림)을 3주간 적용시험하였다. 후코이단 화장품은 후코이단(2%), 스쿠알렌, 호호바씨 유(Jojoba Seed Oil), 순무잎 추출물(Brassica Leaf), 비왁스, 할미꽃 추출물(Pulsatilla Koreana Extract) 등을 혼합하여 제조하였다.

최근 2주 내에 전신 또는 국소스테로이드를 투여 받은 병력이 없고, 최근 1주 내에 어떠한 약물도 복용하지 않은 민감성 피부 환자 50명에게 적용하였다. 민감성 피부환자는 피부지성도, 피부색조로 분류 하였고, 주관적 증상을 악화 -1, 변화 없음 0, 호전 1, 상당히 호전 2로 나누어 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. Fucoidan의 보습력

후코이단의 보습력을 측정하여 보습제로 많이 사용되는 히아루론산(hyaluronic acid), 프로필렌글리콜(propylene glycol)과 보습력을 비교하였다. 보습력이 우수한 히아루론산보다 후코이단의 보습력이 더 높아 후코이단의 보습력이 강함을 Fig. 1에서 확인할 수 있다. 후코이단의 높은 보습력은 후코이단에 20 wt% 이상 함유된 친수성 황산기에 의한 것으로 본 실험에서 사용한 후코이단의 황산기 함량은 25.5%였다.

서론에서도 언급한 것처럼 분자량이 높은 후코이단의 인체 흡수력을 높이기 위해 저분자화 과정을 거친다. 분자량 변화에 따른 후코이단 보습력의 변화를 알아보기 위해 후코이단의 저분자화 전과

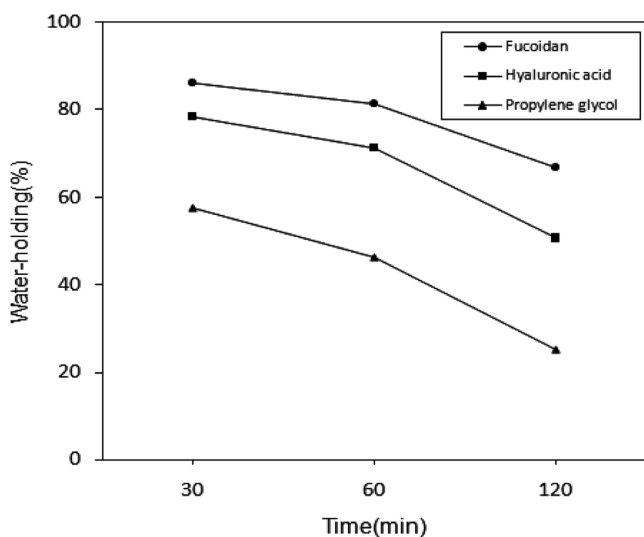


Fig. 1. Comparison of fucoidan water-holding property with hyaluronic acid and propylene glycol.

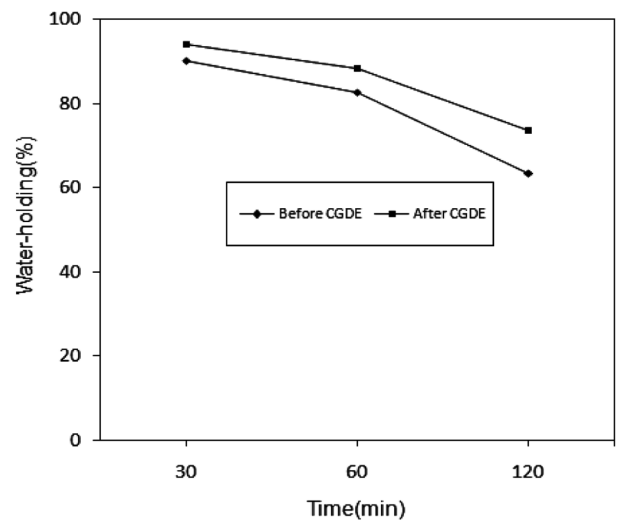


Fig. 2. Change of water-holding property of fucoidan before and after contact glow discharge electrolysis.

후의 보습력을 측정하였다. 후코이단을 70V, 0.5M HCl 농도에서 20분간 접촉 글로우방전 전기분해(Contact Glow Discharge Electrolysis, CGDE)에 의해 저분자과정을 거쳤다. CGDE 전 후코이단은 평균분자량이 223,548 Da이고 황산기는 25.4%였는데 CGDE 후 분자량은 27,347 Da, 황산기는 25.3%이었다. CGDE에 의한 후코이단의 저분자화 시 분자량 감소는 있었지만 황산기 감소는 거의 없었다[15]. CGDE에 의해 발생한 라디칼은 Fucos에 붙은 황산기를 공격하지 않고 후코이단의 주 사슬을 끊어 분자량을 감소시킴으로써 저분자화되면서도 후코이단의 기본 구조와 효능을 그대로 유지할 수 있음을 보였다. 분자량 감소에 따른 보습력의 변화를 확인하기 위해 이들 시료의 보습력을 측정하여 분자량과 보습력간의 관계를 도시한 결과 Fig. 2와 같다. 분자량 감소에 의해 보습력이 증가한 것을 보이고 있다. 분자량이 감소하면서 즉 고분자의 사슬이 끊어지면서 생긴 끊어진 자리를 물이 채워 줌으로써 보습력이 향상된 것이라고 본다. 합성 고분자인 Nafion도 말단기가 황산기인 고분자 물질로써 물을 잘 흡수해 물과 접촉하면 팽창(swelling)한다. Nafion은 고분자 전해질 막으로 많이 사용되는데 연료전지 운전과정에서 열화(degradation)되어 막이 저분자화되면 보습력이 증가하여 팽창율이 증가한다[17]. 즉 고분자물질의 분자량이 감소하면서 보습력이 증가한 예를 보인 것이다.

3-2. 후코이단의 세포 독성 및 항산화력

MTT assay에 의해 후코이단의 세포독성 조사를 함으로써 후코이단이 민감성 피부용 화장품 소재로써 얼마나 적합한지 검토하였다. Table 2에 나타난 것처럼 후코이단 농도 100 μ g/ml에서 92.7% 세포 생존율을 보였다. Cho 등[18]에 의한 MTT 시험 결과에서 미역에서 추출한 후코이단(sulfate:34.2%) 100 μ g/ml를 사람 골육종 세포(osteosarcoma cell)에 처리하여도 세포 생존율이 약 100%여서 후코이단의 세포에 대한 독성이 약함을 보였다. 후코이단이 세포에 대한 독성이 약해 즉 자극성이 약해서 민감성 피부용 화장품 소재로 적합함을 나타냈다.

후코이단의 항산화효과를 DPPH 실험에 의해 측정한 결과 Fig. 3과 같다. 25 μ g/ml 이하의 저 농도에서 비타민 C와 비슷한 항산화력을

Table 2. Cell viability of human fibroblast cell with fucoidan solution

Fucoidan Conc. (μl/ml)	6.25	12.5	25.0	50.0	100.0
Cell viability(%)	92.7	91.7	91.4	91.5	92.7

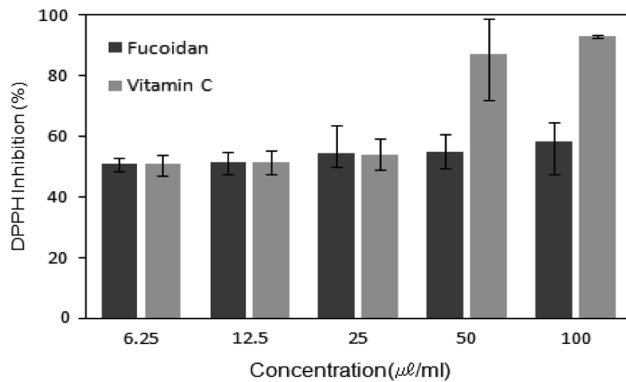


Fig. 3. Anti oxidation effect of fucoidan compared with vitamin C.

보여 후코이단이 항산화력이 우수한 물질임을 확인하였다. Wang 등 [14]은 다시마에서 추출한 후코이단을 DPPH 실험에 의해 항산화능을 낮은 농도(1.0~6.0 mg/ml)에서 측정하였는데 1.0 mg/ml에서 12.5% 6.0 mg/ml에서 약 25% 나타내 미역에서 추출한 후코이단보다 다소 낮은 항산화력을 보였다. 비타민C는 수용액에서 쉽게 산화되어 분해되기 때문에 의약품, 화장품, 식품 등에 이용할 때 장기 보관이 어렵고, 색상 변색 등 많은 문제가 있어 피부 외용제로서 비타민C 자체를 사용하는 경우는 거의 없다. 그러나 후코이단은 수용액상에서 안정하기 때문에 화장품에 원료로 사용하면 항산화제의 역할도 할 수 있음을 보인 것이다.

Fenton 용액에서 후코이단의 활성제거 효과를 시험하였다. Fenton 용액에 고분자 막인 Nafion을 넣으면 활성 산소인 산소라디칼($\cdot\text{OH}$, $\text{HO}_2\cdot$)이 식 (1), (2)처럼 발생해 고분자사슬을 끊으면서 F^- 이온이 용액 중에 존재하게 된다. 이 용액에 라디칼 제거제를 넣고 불소이온 농도를 측정함으로써 산소 라디칼의 발생 및 산소 라디칼의 제거를 알 수 있게 된다.

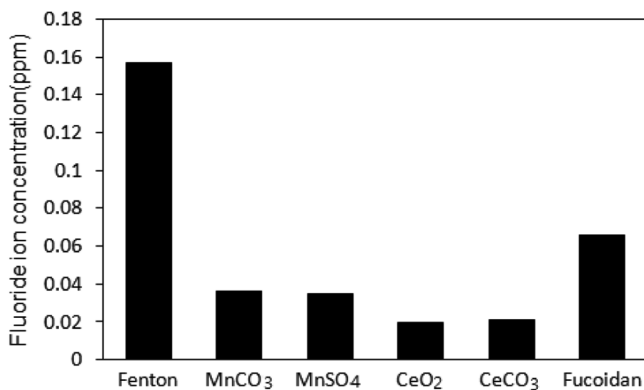
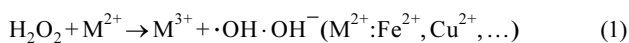
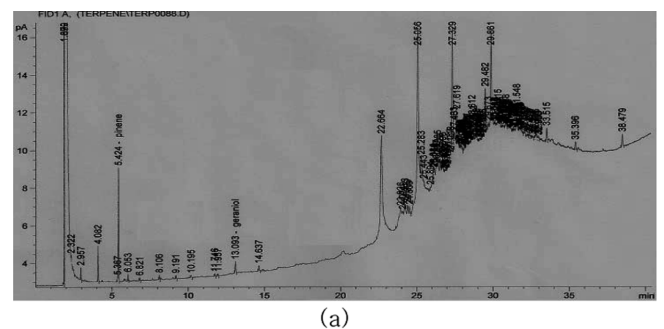


Fig. 4. Comparison of fucoidan and inorganic materials as a radical scavenger.

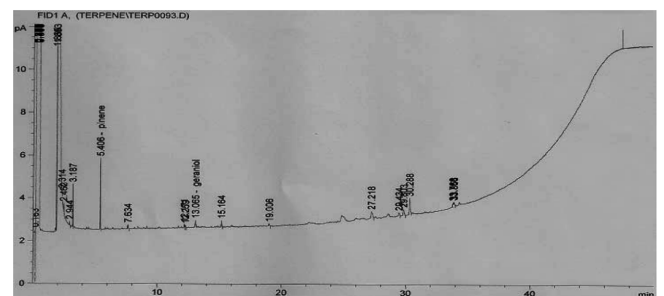
Fucoidan과 다른 무기 라디칼 제거제의 활성산소 제거효과를 Fig. 4에 도시하였는데, Fucoidan이 다른 무기 라디칼 제거제보다 라디칼 제거 능은 낮지만, 라디칼 제거제를 넣지 않은 Fenton 용액자체의 0.157 ppm에 비하면 0.062 ppm의 불소이온만 측정돼 60.5%의 산소라디칼 제거효과를 보였다. 세라믹 종류의 활성산소제거제보다는 못하지만 다량으로써 후코이단이 높은 활성산소 제거효과를 보였다.

3-3. 흡착에 의한 탈취

후코이단은 해조류의 강한 향이 남아 있어 화장품원료로 사용하기 위해서는 탈취과정이 필요하다. 실리카겔에 후코이단을 넣고 교반한 결과 탈색 효과는 없었으나 냄새 성분이 제거되는 효과가 있었다. Fig. 5에 후코이단의 24시간 실리카겔흡착 전후 GC 분석 데이터를 나타냈는데, 흡착 후 체류시간 20분 이후의 많은 성분들이 제거되었음을 보이고 있다. 그리고 해조류 냄새성분으로 알려진 테르펜류 α -pinene과 geraniol 각각 검출되었는데, 후코이단 원액에서 알파피넨이 더 많이 함유되어 있음을 보였다(게라니올: 알파피넨=3.8:14.2). 실리카겔에 의해 α -pinene과 geraniol을 각각 36.7% 게라니올은 57.9% 제거하는 효과가 있었다.



(a)



(b)

Fig. 5. G. C graph of fucoidan solution (a) before adsorption (b) after adsorption of silica gel.

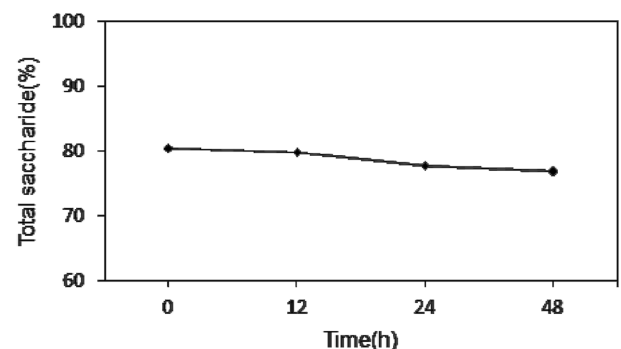


Fig. 6. Total saccharide of fucoidan solution after silica gel adsorption.

Table 3. Distribution of patients' IGA

IGA	5	4	3	2
No of Patients	3	10	19	14
Patients %	6.5	21.7	41.3	30.5

그런데 탈취과정에서 흡착제에 후코이단도 일부 흡착돼 총당량도 감소하는 경향을 보였는데, Fig. 6에 실리카겔에 의해 후코이단 용액의 총당량이 감소하는 것을 나타내고 있다. 48시간 흡착 과정을 거쳤을 때 약 3.0%의 총당량 감소가 있었다.

3.4. 보습제 및 화장품 적용시험

후코이단 아토피보습제(atout[®])를 아토피 환자 46명에게 6주간 적용해 후코이단의 보습력 및 항알레르기 효과를 검토하였다. 환자 평균나이는 11.1세였고 남자 25명, 여자 21명이었으며 환자의 증상 정도를 나타내는 IGA 분포는 아래 Table 3에 나타났다. IGA는 3인 환자가 41.3%로 제일 많고 평균값은 3.04였다. 피부소양감(SP)은 2가 제일 많고 평균값은 1.83이었다. 통계적 방법은 t-test를 이용하였고, 유의수준은 p값이 0.01 미만인 경우로 간주하였다.

후코이단 크림 사용 전 처음 IGA 평균점수 3.04에서 6주 후 1.83으로 감소해 39.8% 증상 개선되었고, 피부 소양감 평균은 2.15에서 1.46으로 감소해 32.1% 개선되었다.

Fig. 7에 초기 IGA 환자별 6주 후 IGA 값 평균 감소값을 나타냈는데, IGA가 높은 사람일수록 6주 후 IGA 감소폭이 큼을 볼 수 있다. 즉 아토피 증세가 심한 사람일수록 그 효과가 크게 나타남을 보였다. 간단히 비교해 보기 위해 초기 IGA로 감소 IGA를 나눠 감소율 %로 나타내면 IGA 5, 4, 3, 2 각각 40.0, 33.2, 31.7, 10.5% 감소율을 산출할 수 있어, 아토피 증세가 심한 사람일수록 그 효과가 크게 나타남을 확인할 수 있다.

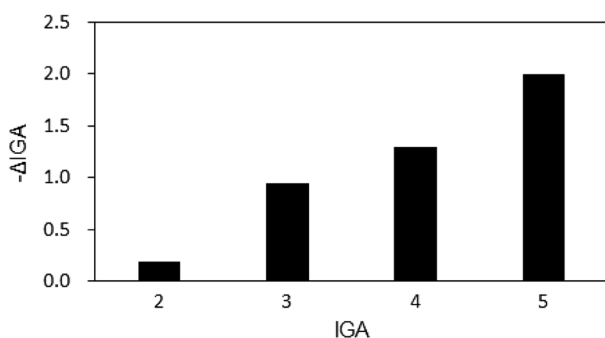


Fig. 7. Decrease of IGA after treatment of fucoidan cream for 6 weeks.

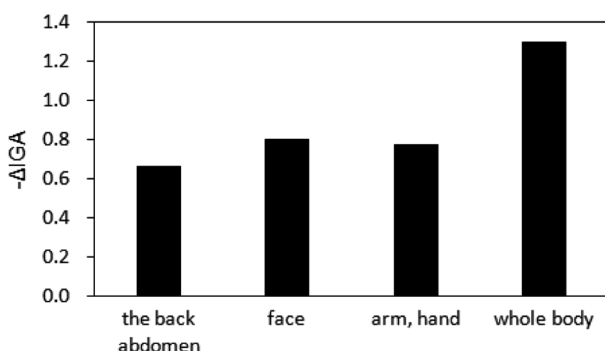


Fig. 8. Decrease of IGA vs region of atopic dermatitis after 6 weeks.

Table 4. Effect of fucoidan cream(for sensitive skin) with skin dryness

	Dry skin	Oily skin	Combined skin	Total
Bad effect(%)	2(8.0)	1(4.3)	0(0.00)	3(6.0)
Without change(%)	12(48.0)	7(30.4)	2(100)	21(42.0)
Good effect(%)	11(44.0)	15(65.2)	0(0.00)	26(52.0)

Fig. 8에 각 부위별 아토피 환자의 6주 후 IGA 평균감소를 나타냈다. 몸 전체에 아토피가 있는 환자에 제일 효과가 컸으며 그 다음 얼굴부위환자에 효과가 있었고, 등과 배 부위 환자에 효과가 제일 작았다. 몸 전체에 아토피가 있는 경우는 초기 IGA가 3.81로 평균값 3.04보다 높아 아토피 증세가 심한 경우이므로, 위에서 본 것처럼 증세가 심할수록 효과가 컸던 것과 관련된다. 그리고 얼굴 부위의 초기 IGA가 2.67로 IGA가 작은 편인데 IGA 감소가 -0.83(31.1%)으로 다른 부위보다 비교적 커 얼굴 부위에 본 아토피 보습제가 효과가 좋음을 보였다.

후코이단 화장품을 민감성 피부 환자 50명에게 적용 실험하였는데, 피부별 환자 분포는 건성피부 25명(50%), 복합성피부 2명(4%), 지성피부 23명(46%)이었고, 피부색은 밝은 피부 12명(24%), 어두운 피부 9명(18%), 보통피부 29명(58%)이었다. 후코이단 화장품 사용 후 결과를 호전과 상당히 호전됨을 효과가 있는 것으로 분류할 경우, 피부건조도에 따른 결과는 Table 4에 있는 것처럼 지성피부 15명(65.2%)에 효과가 좋았다. 피부 색조에 따른 효과는 보통피부 17명(58.6%), 어두운 피부 9명(66.7%)에서 유의하게 효과가 높았다. 전체적으로 50명 중 52%인 26명의 환자에서 효과가 있어 민감성 피부 화장품으로서는 비교적 좋은 결과를 얻었다.

4. 결 론

후코이단의 보습제 및 기능성화장품 소재로 사용하기 위한 후코이단 특성 및 그 효과에 대해 연구한 결과를 정리하면 다음과 같다.

후코이단은 히아루론산보다 더 높은 보습력을 나타내 기존의 보습제보다 보습력이 뛰어났으며, 후코이단의 분자량이 감소하면 보습력이 증가하였다.

후코이단의 MTT 독성실험에서 100 µg/ml에서도 92.7%의 생존율을 보여 독성 및 피부 자극성이 약해 민감성 피부용 소재로 후코이단이 적합함을 보였다. 그리고 DPPH 실험에 의해 항산화력을 측정된 결과 저농도에서 비타민 C와 비슷한 항산화력을 보였으며 Fenton 용액에서 라디칼 제거력을 측정된 결과 라디칼 제거력이 우수함(60.5%)을 보였다.

보습력과 항알레르기 효과가 우수한 후코이단을 원료로 제조한 크림을 아토피 환자에게 6주 적용한 결과 아토피 증상 정도를 나타내는 IGA 값이 3.04에서 1.83으로 감소해 39.8%의 증상개선효과가 있었고 피부 소양감을 나타내는 SP 값은 2.15에서 1.46으로 감소해 32.1%의 개선 효과가 있었다. 후코이단 화장품을 민감성피부 환자에게 적용한 결과 52% 환자에게서 호전된 효과를 보였다.

감 사

본 논문은 교육과학기술부-지식경제부의 출연금으로 수행한 순천대학교 산학협력중심대학육성사업의 연구결과입니다.

참고문헌

1. Tatiana, N. Z., Nataliya, M. S., Irina, B. P., Vladimir, V. I., Andrey, S. S., Elena, V. S. and Lyudmila, A. E., "A New Procedure for the Separation of Water-soluble Polysaccharides from Brown Seaweeds," *Carbohydr. Res.*, **322**, 32-39(1999).
2. Fortun, A., Khalil, A., Gagne, D., Douziech, N., Kuntz, C. and Dupuis, G., "Monocytes Influence the Fate of T Cells Challenged with Oxidised Low Density Lipoproteins Towards Apoptosis or MHC-restricted Proliferation," *Atherosclerosis*, **156**, 11-21(2001).
3. Collis, S., Fisher, A. M., Tapon-Brethaudiere, J., Boisson, C., Durand, P. and Jozefonvicz, J., "Anticoagulant Properties of a Fucoidan Fraction," *Thrombosis Res.*, **64**(2), 143-154(1991).
4. Mauray, S., Raucourt, E., Talbot, J., Jozefowicz, M. and Fischer, A., "Mechanism of Factor IXa Inhibition by Antithrombin in the Presence of Unfractionated and Low Molecular Weight Heparins and Fucoidan," *Biochimica et Biophysica Acta-Protein Structure and Molecular Enzymology*, **1387**(1-2), 184-194(1998).
5. Saito, A., Yoneda, M., Yokohama, S., Okada, M., Haneda, M. and Nakamura, K., "Fucoidan Prevents Concanavalin A-Induced Liver Injury Through Induction of Endogenous IL-10 in Mice," *Hepatol. Res.*, **35**(3), 190-198(2006).
6. Oomizu, S., "Fucoidan Prevents Cerebral Transcription and NF- κ B p52 Trans Location for IgE Production in B Cells," *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, **350**(3), 501(2006).
7. Alain, N., Frederic, C., Catherine, B.-V., Patrick, D. and Jacqueline, J., "Anticoagulant Low Molecular Weight Fucans Produced by Radical Process and Ion Exchange Chromatography of High Molecular Weight Fucans Extracted From the Brown Seaweed *Ascophyllum nodosum*," *Carbohydr. Res.*, **289**, 201-208(1996).
8. Lionel, C., Alain, F., Frederic, C., Nelly, K., Corinne, S., Anne-Marie, F. and Catherine, B., "Further Data on the Structure of Brown Seaweed Fucans: Relationships with Anticoagulant Activity," *Carbohydr. Res.*, **319**, 154-165(1999).
9. Regis, D., Olivier, B., Jacqueline, J. and Nicole, G., "Degradation of Algal(*Ascophyllum nodosum*) Fucoidan by an Enzymatic Activity Contained in Digestive Glands of the Marine Mollusc *Pecten Maximus*," *Carbohydr. Res.*, **322**, 291-297(1999).
10. Maruyama, H., Tanaka, M., Matsuhisa, M., Hashimoto, M. and Sasahara, T., "The Suppressive Effect of Mekabu Fucoidan on an Attachment of *Cryptosporidium Parvum* Oocysts to the Intestinal Epithelial Cells in Neonatal Mice," *Life Science*, **80**, 775-781(2007).
11. Li, B., Wei, X. J., Sun, J. L. and Xu, S. Y., "Structural Investigation of a Fucoidan Containing a Fucose-free Core from the Brown Seaweed," *Carbohydr. Res.*, **341**, 1135-1146(2006).
12. Tatiana, N. Z., Natalia, M. S., Irina, V. N., Andrey, S. S., Pavel, A. L., Ludmila, A. E., "Inhibition of Complement Activation by Water-soluble Polysaccharides of Some Far-eastern Brown Seaweeds," *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, **126**, 209-215(2000).
13. Jun, S., Urara, W. F., Hiroshi, M., Yoshiharu, M., Mitsuaki, K., and Masahiro, W., "Proportion of Murine Cytotoxic T Cells is Increased by High Molecular-Weight Fucoidan Extracted from Okinawa Mozuku (*Cladosiphon okamuranus*)," *J. Health. Sci.*, **51**(3), 394-397(2005).
14. Wang, J., Zhang, Q., Zhang, Z., Zhang, J. and Li, P., "Synthesized Phosphorylated and Aminated Derivatives of Fucoidan and Their Potential Antioxidant Activity in vitro," *Inter. J. Biol. Macromol.*, **44**, 170-174(2009).
15. Bae, J. S., Lee, J. S., Kim, Y. S., Sim, W. J., Lee, H., Chun, J. Y. and Park, K. P., "Depolymerization of Fucoidan by Contact Glow Discharge Electrolysis(CGDE)," *Korean Chem. Eng. Res.*, **46**(5), 886-891(2008).
16. Dodgson, K. S., "Determination of Inorganic Sulphate in Studies on the Enzymic and Non-enzymic Hydrolysis of Carbohydrate and Other Sulphate Esters," *Biochem. J.*, **78**, 312(1961).
17. Kim, T. H., Lee, J. H., Cho, G. J. and Park, K. P., "Degradation of Nafion Membrane by Oxygen Radical," *Korean Chem. Eng. Res.*, **44**(6), 597-601(2006).
18. Cho, Y. S., Jung, W. K., Kim, J. A., Choi, I. W. and Kim, S. K., "Beneficial Effects of Fucoidan on Osteoblastic MG-63 Cell Differentiation," *Food Chemistry*, **116**, 990-994(2009).