

Changes in the Characteristics of Contact Lenses with Networks of Alginate and Carrageenan

Won Yeong Shin^{1,a} and Hyun Mee Lee^{2,b,*}

¹Dept. of Optometry & Vision Science, Daegu Catholic University, Student, Gyeongsan 38430, Korea

²Dept. of Optometry & Vision Science, Daegu Catholic University, Professor, Gyeongsan 38430, Korea

(Received August 31, 2023: Revised September 12, 2023: Accepted September 13, 2023)

Purpose: To examine the change in physical properties of contact lenses by networking alginate and carrageenan on contact lenses of different materials. **Methods:** We evaluated the properties of one-day contact lenses with the same refractive power, namely, somofilcon A, etafilcon A, and hilafilcon B, by networking them with seaweed polysaccharides such as alginate and carrageenan. In addition, antimicrobial activity was evaluated using *E. coli*. **Results:** The water contents and wettability of somofilcon A networked with alginate were significantly improved, while the oxygen transmissibility was slightly decreased. All contact lenses networked with polysaccharides were antibacterial. **Conclusions:** The networked seaweed polysaccharide not only improves the moisture content and wettability of the contact lens but also has an antibacterial effect.

Key words: Contact Lens, Alginate, Carrageenan, Seaweed Polysaccharide, Wettability

서 론

콘택트렌즈는 눈 건강에 많은 영향을 미치고 있으며 광 투과율, 함수율, 습윤성 및 산소투과율 등의 기본적으로 갖추어야 할 물리적 특성들이 있다. 최근 들어 콘택트렌즈의 이러한 물성 향상을 위해 친수성 고분자 혹은 천연 다당류 등을 사용하여 고습윤성 및 고산소투과성 콘택트렌즈 개발이 집중적으로 이뤄지고 있다.^[1,2]

하이드로겔 콘택트렌즈는 함수율이 높고 착용감이 우수하지만 낮은 산소 투과성으로 인해 각막 부종, 신생혈관 및 안구 건조 등과 같은 문제점이 유발되어 안 건강에 영향을 줄 수 있는 문제점이 대두된다.^[3] 그리고 실리콘 하이드로겔 콘택트렌즈는 하이드로겔 콘택트렌즈에 비해 산소 투과성은 높으나 습윤성이 낮아 착용감 저하 및 단백질, 지방과 같은 침전물이 잘 부착되는 문제점을 가지고 있다.^[4] 콘택트렌즈의 침착물은 미생물 부착을 유발할 수 있다.

따라서 콘택트렌즈의 습윤성과 항균성 향상에 대한 필요성이 대두되고 있다.

콘택트렌즈 착용자들은 안구 건조증으로 인한 불편함을 많이 호소하고 있다. 안구건조증은 콘택트렌즈 착용자의 약 50%에 의해 보고되며, 환자의 35%는 불편함과 안구 건조증과 관련된 안구 합병증으로 인해 콘택트렌즈를 착

용하지 않는다고 보고되어 있다.^[5] 콘택트렌즈의 장기 착용으로 인해 눈물막의 안정성이 깨지게 되면 안구건조증 등이 발생하며, 안구 합병증을 발생시킬 수 있다. 그러므로 콘택트렌즈의 습윤성은 눈물층 유지와 눈의 생리적인 적응에 매우 중요한 성질이다.^[6] 이와같이 습윤성의 중요성이 대두됨에 따라 콘택트렌즈 표면 개질을 위해 친수성 물질인 Methacrylic acid(MAA) 등을 이용한 방법과 천연 다당류인 히알루론산과 알지네이트 등을 이용하여 상호침투 고분자 네트워크(IPN) 방법을 이용하는 등 많은 연구가 이루어지고 있다.^[7]

콘택트렌즈의 성능 향상을 위해 이용되는 천연 다당류로는 알지네이트, 카라기난, 키토산, 히알루론산, 콜라겐 등이 있다.^[8,9] 이러한 다당류들은 항균, 항바이러스, 항산화 및 면역 조절 등 생물학적 활성을 가지고 있으며, 친수성 작용기를 가지고 있기 때문에 습윤성과 함수율을 높이는 효과가 있다.

천연 다당류를 이용한 기존 연구에 의하면 알지네이트, 키토산, 아가로스를 이용한 콘택트렌즈 제조에서 습윤성과 항균성이 향상되었다.^[10] 그리고 키토산과 알지네이트를 사용하여 함수율, 산소 투과성 및 습윤성을 향상시켰고^[11], 알지네이트를 사용하여 콘택트렌즈의 물리적 특성인 습윤성을 향상시켰다.^[12] 또한 알지네이트와 카라기난을

*Corresponding author: Hyun Mee Lee, TEL: +82-53-850-2552, E-mail: hmlee@cu.ac.kr

Authors ORCID: ^ahttps://orcid.org/0009-0005-2256-2295, ^bhttps://orcid.org/0000-0001-6668-5864

이용하여 단백질과 지방 흡착을 방지할 수 있음을 입증하였고^[13] 키토산과 히알루론산을 콘택트렌즈에 다층 코팅하여 세균성 각막염에 치료 효과를 나타낸 연구도 있다.^[14]

시판되고 있는 콘택트렌즈에 해조 다당류의 장점을 적용하여 더 우수한 콘택트렌즈를 제조하기 위한 연구들이 진행되고 있다. 키토산과 polyethylene glycol(PEG)의 화학적 합성으로 콘택트렌즈의 윤활성을 향상시키고, 키토산과 히알루론산을 이용한 LBL(Layer by Layer) 코팅으로 콘택트렌즈의 표면 습윤성을 향상 시킨 결과들이 발표되었다.^[15,16] 이러한 결과들은 다당류가 생체적합성을 가진 기능성 콘택트렌즈 소재로서의 사용 가능성을 보여주는 것이다.

다당류 기반 하이드로겔은 분자의 크기가 커서 제조 시 혼합이 잘되지 않는 단점이 있다. 그래서 다당류를 콘택트렌즈에 혼합시키기 위해서는 상호침투 고분자 네트워크(Interpenetrating Polymer Network, IPN)의 방법을 주로 사용하고 있다. 하지만 IPN에 의한 방법은 다당류의 고유한 장점을 잃지 않으면서 물리·화학적 안정성 및 기계적 안정성을 비롯한 생분해성, 생체 적합성 등에 대한 입증은 지속적으로 진행되어야 한다. 최근 잠재적인 치료 및 진단 응용 분야를 위해 약물 전달 및 생물 의학 공학을 위해 많은 IPN 다당류 하이드로겔이 연구되고 있다.^[17] 이런 폴리머의 조합은 새로운 프로파일을 나타내므로 IPN은 약물 전달 응용 분야에 혁신적인 생체재료 및 조직 공학을 위한 매개체로 급부상하였다. 또한 천연고분자가 가지고 있는 생체 적합성, 안정성, 무독성, 생분해성 등의 특성을 IPN에 활용하여 광범위하게 응용되고 있다.^[18]

본 연구에서는 시판되고 있는 각기 다른 재질의 콘택트렌즈에 알지네이트와 카라기난을 네트워크 하여 물리적 특성 변화를 살펴보고, 해조 다당류가 콘택트렌즈의 특성에 어떤 영향을 미치는지 연구하였다.

대상 및 방법

1. 시약 및 재료

연구에 사용된 콘택트렌즈는 국내에서 시판되고 있는

Table 1. Specifications of soft contact lenses used as samples

	Somofilcon A	Etafilcon A	Hilafilcon B
Water content (%)	56	59	59
Dk/t	86	33	22
Base curve at -3.00 D (mm)	8.6	8.5	8.6
Diameter (mm)	14.1	14.2	14.2
FDA group	V	IV	II
Manufacturer	Cooper vison	Johnson & Johnson	Bausch & Lomb

소프트 콘택트렌즈 가운데 서로 다른 재질로 이루어진 3종의 일회용 투명렌즈를 사용하였다. 사용한 콘택트렌즈의 FDA 분류는 실리콘 하이드로겔 렌즈인 somofilcon A (Cooper vison, USA)는 V그룹이며 하이드로겔 렌즈인 etafilcon A(Johnson&Johnson, USA)와 hilafilcon B(Bausch & Lomb, USA)은 각각 IV그룹과 II그룹이다(Table 1). 콘택트렌즈는 함수율이 거의 비슷하고 굴절력이 -3.00 D로 동일한 것을 사용하였다.

콘택트렌즈에 IPN하는 천연 해조다당류는 Fig. 1과 같은 화학구조를 가진 sodium alginate와 carrageenan(Aldricch)을 사용하였다. 또한 full-IPN에 사용되는 개시제는 ammonium persulfate(APS), 교차결합제는 N,N'-methylenebis acrylamide solution(MBAA)를 사용하였다. 연구에 사용한 모든 시약은 Aldrich사(USA)에서 구입하여 사용하였다.

2. 해조 다당류로 네트워크 된 콘택트렌즈의 제조

각기 다른 재질의 시판용 콘택트렌즈에 습윤성과 항균성이 우수한 특성을 가지고 있는 알지네이트와 카라기난을 full-IPN하였다. 이를 위해 1% 농도의 알지네이트와 카라기난 용액에 교차결합제인 MBAA와 개시제인 APS를 각각 0.3%씩 추가로 혼합한 용액에 콘택트렌즈를 넣고 24시간 동안 37°C로 유지하였다.

사용된 시료는 somofilcon A(SO), etafilcon A(ET), 그리고 hilafilcon B(HI) 3종을 기본으로 하였다. 그리고 3종의 콘택트렌즈에 알지네이트와 카라기난으로 각각 IPN하여

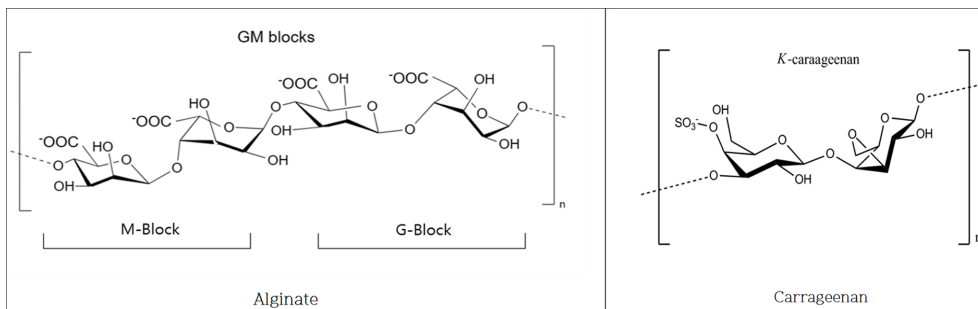


Fig. 1. Chemical structures of alginate and carrageenan.

총 9개를 사용하였다. 각 시료의 명명은 알지네이트가 IPN된 시료는 각 기본 렌즈의 시료명의 첫 글자에 A를 붙였으며, 카라기난으로 IPN된 시료는 C를 첫 글자로 붙였다.

3. 콘택트렌즈의 물리적 특성 평가

광투과율은 Agilent 사의 Cary 60 UV-vis을 사용하여 ISO 기준 가시광선(380~780 nm)영역에 대한 투과율을 측정하였다. IPN 하지 않은 기본 시료인 SO, ET, HI 콘택트렌즈는 인산완충용액(Phosphate Buffer Saline, PBS)에 37°C에서 24시간 수화시킨 후 측정하였으며 해조 다당류로 IPN한 시료는 IPN 후 3차 증류수에 2회 세척한 후 24시간 수화시킨 후 광투과율을 측정하였다.

함수율은 중량측정법(gravimetric method)을 사용하였으며 24시간 동안 함수된 시료와 건조된 시료의 무게를 각각 측정 후 산출하였다. 측정 장비로는 METTLER TOLEDO 사의 XS205 dual range를 사용하였으며 각 시료 당 10회 측정하여 평균값으로 하였다.

산소투과율의 측정은 polarographic method를 사용하였으며, Rehder사의 201T로 측정된 전류값을 측정하여 Dk/t 값을 계산하였다. 시료의 두께는 low pressure dial-gauge (Mitutoyo 사, VL-50-B)를 사용하였다. 해조 다당류에 IPN을 한 시료는 IPN 후 PBS에 2회 세척한 뒤 안구 온도와 같은 $35^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 최소 1시간 안정화시킨 후 전류 값을 측정하였다.

접촉각의 측정은 sessile drop 방법으로 측정하였고, 측정 장비는 Kruss GMBH사의 DSA30을 사용하였다. 측정은 김테크 사이언스 와이퍼로 시료의 물기를 제거한 후 실온에서 증류수 $2\ \mu\text{L}$ 를 시료 표면에 떨어뜨린 뒤 생긴 물방울의 생성된 각을 측정하였다. 시료 당 0.5초당 2회씩 10초 동안 측정하여 평균값을 내었다.

4. 콘택트렌즈의 항균성 평가

해조 다당류에 기본 3종 콘택트렌즈와 카라기난과 알지네이트로 IPN한 콘택트렌즈의 항균성을 알아보기 위해 한국 미생물 보존 센터에서 *E-Coli*(ATCC 10536)을 구입하여 사용하였다. 실험을 위해 사용된 액체 배지는 증류수 500mL에 beef 1.5g, peptone 2.5g을 혼합하고 pH를 7.2로 맞춰 멸균기로 멸균 처리하였다. *E-Coli*는 20 mL의 액체 배지에 $1\ \mu\text{L}$ 넣어 37°C에서 12시간 동안 1차 배양시킨 후 사용하였다. 각 시료를 5mL의 액체 배지가 담긴 바이알에 넣고 배양시킨 *E-Coli*를 $1\ \mu\text{L}$ 넣은 뒤 37°C에서 3시간 동안 인큐베이션 후 생리식염수로 10,000배 희석하였다. 희석된 용액은 각각 건조 필름 배지에 1ml 도말하고 24시간 동안 37°C에서 인큐베이션하였다. 건조 필름 배지는 *E-*

coli 3M Petrifilm™을 사용하였고, 각 시료 당 3회 실시 후 CFU(Colony forming unit) 평균값을 구하였다.

결 과

1. 해조다당류로 네트워크된 콘택트렌즈의 물리적 특성

1) 광투과율

콘택트렌즈의 물리적 특성 중 광투과율은 선명도 유지에 필수적인 항목이며 광투과율은 높아야 한다. 알지네이트와 카라기난을 사용하여 IPN한 콘택트렌즈를 제조하였으며 각 시료의 광투과율 측정 결과를 Fig. 2에 나타내었다.

광투과율을 측정한 결과를 살펴보면, IPN을 하지 않은 SO, ET, HI 렌즈의 광투과율은 모두 94% 이상의 광투과율이 나타났다. 그러나 알지네이트가 네트워크된 ASO, AET, AHI와 카라기난이 네트워크된 CSO, CET, CHI 시료는 거의 91% 이상의 광투과율로 IPN을 진행하지 않은 콘택트렌즈보다는 약간 낮은 광투과율을 나타내었다. 기본 콘택트렌즈에 비해서 네트워크가 이루어진 콘택트렌즈는 3% 정도 광투과율이 감소하였지만, 콘택트렌즈의 기준 규격(ANSI Z80.20:2004)인 88% 이상의 광투과율을 보임으로써 콘택트렌즈로의 활용에는 충분한 기능을 할 수 있다.

2) 함수율

기본 콘택트렌즈와 해조 다당류로 네트워크 된 콘택트렌즈의 함수율 결과는 Fig. 3에 제시하였다.

기본 콘택트렌즈의 경우 함수율은 58.96%에서 59.36%으로 나타났다. 해조 다당류로 IPN 하지 않은 기본 콘택트렌즈보다 카라기난과 알지네이트로 IPN한 콘택트렌즈의 경우 함수율이 높게 나타났다. 알지네이트가 네트워크된 ASO 렌즈는 65.06%로 함수율이 9.6% 향상되었다. 카라기난으로 네트워크를 진행한 hilafilcon B 렌즈는 IPN 함으로써 59.08%에서 62.48%로 향상되었다. Somofilcon A는 알지네이트와 카라기난으로 네트워크됨으로써 함수율이 더 많이 향상되었다. IPN에 사용된 2종의 다당류 중에서 알지네이트가 카라기난보다 함수율 향상에 더 많은

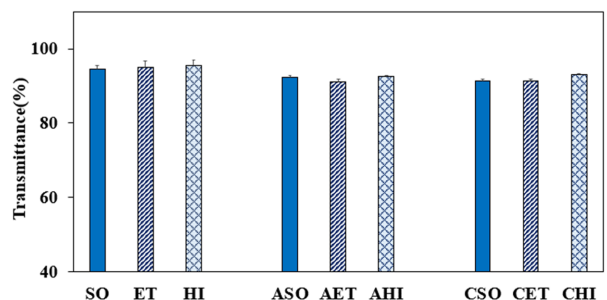


Fig. 2. Optical transmittance of contact lenses with carrageenan and alginate.

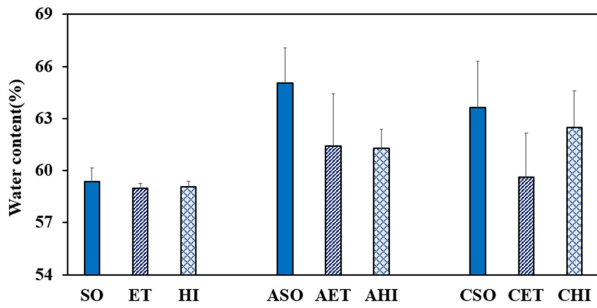


Fig. 3. Water content of contact lenses with carrageenan and alginate.

기여를 하였다. 이는 알지네이트와 카라기난은 친수성 작용기인 하이드록시기(-OH)를 가진 친수성 고분자이기 때문에 높은 수분 흡수능력으로 함유율이 증가된 것으로 보인다.^[18,19] 기본 재질인 somofilcon A는 실리콘 하이드로겔로서 수분을 흡수하는데 한계가 있었지만 수분 흡수력이 우수한 해조 다당류가 렌즈 내부에 네트워크 됨으로써 수분 흡수력이 크게 향상된 것으로 판단된다.

3) 산소투과율

기본 콘택트렌즈와 해조 다당류로 네트워크 된 콘택트렌즈의 산소투과율을 측정하였으며 그 결과를 Fig. 4에 제시하였다.

기본 콘택트렌즈 산소투과율의 경우 SO는 60.42((cm/ml O₂)/(sec·ml·mmHg)·10⁻⁹, Dk/t), ET는 24.16((cm/ml O₂)/(sec·ml·mmHg)·10⁻⁹, 그리고 HI는 15.46((cm/ml O₂)/(sec·ml·mmHg)·10⁻⁹으로 나타났다. SO와 ET 렌즈의 경우, 알지네이트와 카라기난이 네트워크됨으로써 산소투과율이 약 4~30% 정도 감소하였다. HI렌즈는 다당류의 네트워크에 대해 산소투과율의 변화가 아주 약간 증가하였다.

일반적으로 하이드로겔 콘택트렌즈는 함유율이 증가하면 산소투과율도 증가하나 실리콘 하이드로겔 콘택트렌즈는 70% 이상의 고함수율을 가진 렌즈에서 같은 현상을 보이지만 그 이하의 함유율을 가진 렌즈에서는 함유율이 높

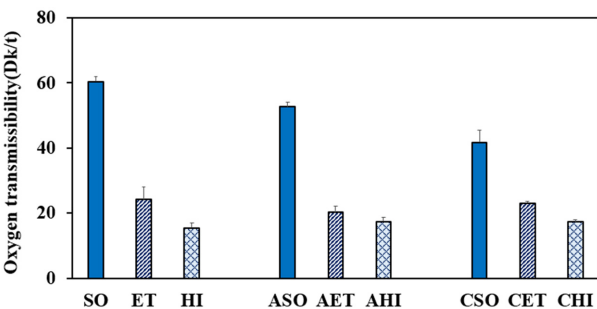


Fig. 4. Oxygen transmissibility of contact lenses with carrageenan and alginate.

을수록 산소투과율이 낮다. 본 연구에서는 약 60%의 렌즈를 사용하였기에 somofilcon A의 함유율에 따른 산소 투과성 경향은 일반 하이드로겔 렌즈와 반대 현상을 보인다.

본 연구에서는 다당류에 의해 함유율이 증가함에도 불구하고 산소투과율은 비슷하거나 오히려 약간 감소하는 추세에 있다. 이는 다당류로 네트워크 된 렌즈에서는 다당류의 친수기에 의해 수분 흡수력은 향상되나 추가적인 네트워크로 인해 공극 사이즈가 줄어들기 때문으로 판단된다.

4) 습윤성

콘택트렌즈의 습윤성은 렌즈 표면에 존재하는 눈물의 젖음 양상을 결정하며 그 정도는 접촉각으로 평가한다. 접촉각이 작을수록 콘택트렌즈의 습윤성이 높게 평가된다. 콘택트렌즈는 눈물막과 밀접하게 접촉하므로 렌즈의 습윤성으로 눈물막의 안정성에도 영향을 미치게 된다.

기본 콘택트렌즈와 해조다당류에 의한 IPN 렌즈의 접촉각은 Fig. 5에 제시하였다. IPN을 하지 않은 HI렌즈는 81.75°인데, 알지네이트와 카라기난으로 네트워크를 진행한 AHI와 CHI는 각각 60.26°와 68.28°로 나타났다. 알지네이트와 카라기난으로 네트워크된 콘택트렌즈는 접촉각이 낮아졌으며 습윤성이 향상된다는 것을 알 수 있었다. 이는 알지네이트와 카라기난은 높은 습윤성을 가진 다당류이기 때문에^[20] 이러한 다당류가 네트워크 된 콘택트렌즈가 습윤성이 높은 것으로 보인다.

알지네이트가 네트워크된 콘택트렌즈들의 접촉각을 비교해 보면, ASO는 52.02°, AET는 57.16°, 그리고 AHI는 60.26°으로 나타나 somofilcon A가 가장 습윤성이 좋다는 것을 확인하였다.

알지네이트와 카라기난이 각각 네트워크 된 콘택트렌즈의 습윤성을 비교하면, 알지네이트가 콘택트렌즈의 습윤 효과에 더 많은 영향을 미친다는 사실을 확인하였다. 이러한 현상은 알지네이트와 카라기난을 이용하여 네트워크 시간에 따른 콘택트렌즈 물성변화 연구에서도 동일한 결과를 나타내었으며^[21], 이러한 현상은 알지네이트와 카라

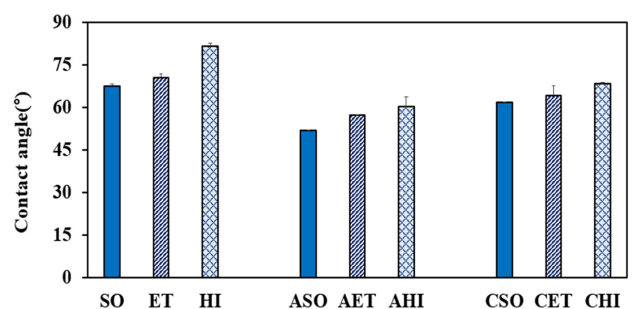


Fig. 5. Contact angle of contact lenses with carrageenan and alginate.

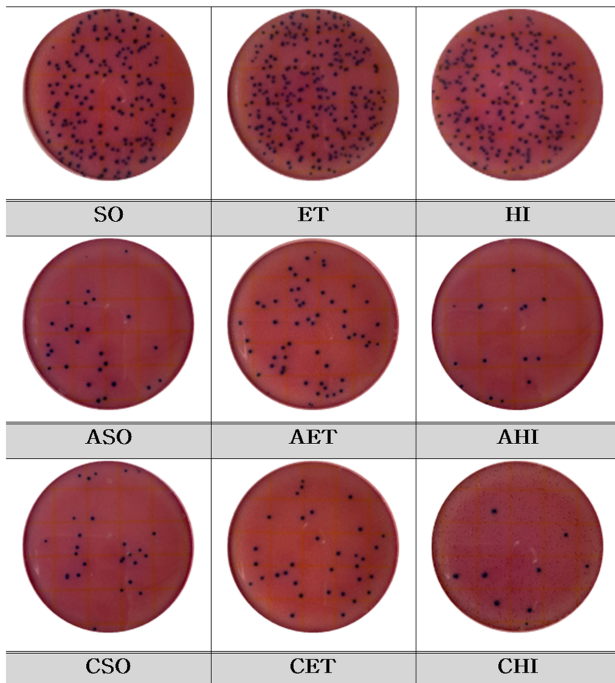


Fig. 6. *E-coli* 3M Petrifilm™ photograph of contact lenses with carrageenan and alginate.

기안 둘 다 친수성 작용기인 하이드록시기(-OH)를 다량으로 함유하고 있지만 알지네이트가 더 많이 함유되고 있기 때문에 흡수성과 산소투과율이 더욱 증가하는 것으로 나타났다.

2. 해조 다당류로 네트워크된 콘택트렌즈의 항균성

콘택트렌즈의 항균성 평가는 대장균(*E.Coli*)을 이용하여 이루어졌고, 기본 콘택트렌즈와 해조 다당류로 네트워크한 시료들에 대한 항균성 평가 결과는 Fig. 6에 나타내었다.

기본 콘택트렌즈는 무수히 많은 균들(Too numerous to count, TNTC)이 자란 것으로 보아 항균성이 없다고 판단되며, 해조 다당류로 네트워크됨으로써 콘택트렌즈의 균 수는 많이 감소하였다. 또한 재질이 다른 3종의 콘택트렌즈 중에서 hilafilcon B의 항균성이 더욱 강함을 확인하였다.

알지네이트와 카라기난이 항균성을 가진다는 연구와 해조 다당류가 가지는 항균성의 응용에 대한 연구를 살펴보면, 알지네이트의 농도가 증가할수록 항균 효과가 더 증가함을 확인하였으며^[22], 알지네이트와 카라기난 기반으로 항균필름을 만드는 연구에서 확인하였듯이 본 연구에서도 두 종류의 해조다당류를 사용함으로써 항균성이 있음을 확인하였다.^[23]

결 론

본 연구는 시중에 판매 중인 각기 다른 3가지 재질의 콘

택트렌즈를 천연 해조 다당류인 알지네이트와 카라기난을 상호침투 고분자 네트워크(IPN)하여 콘택트렌즈를 제조하였으며 해조 다당류가 콘택트렌즈에 미치는 영향을 살펴 보았다.

해조 다당류로 네트워크 된 콘택트렌즈는 기본 콘택트렌즈에 비해 산소투과율은 다소 낮아지지만, 흡수율과 습윤성은 향상되었다.

알지네이트와 카라기난이 네트워크 된 콘택트렌즈는 항균성을 가지며 생체 적합성과 생물학적 안정성을 요구하는 콘택트렌즈 제조에 도움이 됨을 확인하였다.

감사의 글

이 결과물은 2023년도 대구가톨릭대학교 교내연구비 지원에 의한 것입니다.

REFERENCES

- [1] Yang JM, Kim HJ, Cho BK. Preparation of antioxidant hydrogel contact lenses based on interpenetrating hyaluronic acid network. *Polym(Korea)*. 2020;44(1):21-29. DOI: <https://doi.org/10.7317/pk.2020.44.1.21>
- [2] Ko NY, Lee KM, Lee HM. The effect of wettability and protein adsorption of contact lens by alginic acid. *J Korean Chem Soc*. 2017;61(6):352-358. DOI: <https://doi.org/10.5012/jkcs.2017.61.6.352>
- [3] Nichols JJ, Ziegler C, Mitchell GL, et al. Self-reported dry eye disease across refractive modalities. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2005;46(6):1911-1914. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.04-1294>
- [4] Carney FP, Nash WL, Sentell KB. The adsorption of major tear film lipids in vitro to various silicone hydrogels over time. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2008;49(1):120-124. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.07-0376>
- [5] Jones L, May C, Nazar L, et al. In vitro evaluation of the dehydration characteristics of silicone hydrogel and conventional hydrogel contact lens materials. *Cont Lens Anterior Eye*. 2002;25(3):147-156. DOI: [https://doi.org/10.1016/s1367-0484\(02\)00033-4](https://doi.org/10.1016/s1367-0484(02)00033-4)
- [6] Ketelson HA, Meadows DL, Stone RP. Dynamic wettability properties of a soft contact lens hydrogel. *Colloids Surf B*. 2005;40(1):1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2004.07.010>
- [7] Pastrana C, Carpena-Torres C, Rodríguez-Pomar C, et al. Improvement of soft contact lens wettability after the instillation of hyaluronic acid eye drops. *Eye Contact Lens*. 2023;49(3):120-126. DOI: <https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000955>
- [8] Choi YS, Jeong GW. Preparation and antibacterial evaluation of contact lenses for corneal epithelium protection

- using low molecular weight alginate. *J Chitin Chitosan*. 2022; 27(3):119-124. DOI: <https://doi.org/10.17642/jcc.27.3.1>
- [9] Park HJ, Lee HM. Effect of temperature on physical properties in the manufacture of porous contact lenses using natural polysaccharides. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2022;27(1):15-21. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2022.27.1.15>
- [10] Ko NY, Lee HM. Effect of ionic natural polysaccharides on the functional enhancement of porous hydrogel contact lenses. *Polym(Korea)*. 2020;44(5):625-632. DOI: <https://doi.org/10.7317/pk.2020.44.5.625>
- [11] Kim HJ, Kim KH, Han YS, et al. Antioxidant and physical properties of dual-networked contact lenses containing quercetin using chitosan and alginate. *Macromol Res*. 2022;30(10):737-744. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13233-022-0098-5>
- [12] Woo C, Heo S, Lee HM. Physical properties of the hydrogel using alginate. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2015; 20(4):463-469. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2015.20.4.463>
- [13] Wu TY, Yeh LK, Su CY, et al. The effect of polysaccharides on preventing proteins and cholesterol from being adsorbed on the surface of orthokeratology lenses. *Polymers*. 2022;14(21):4542. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym14214542>
- [14] Wang R, Lu D, Wang H, et al. "Kill-release" antibacterial polysaccharides multilayer coating based therapeutic contact lens for effective bacterial keratitis treatment. *RSC Adv*. 2021;11(42):26160-26167. DOI: <https://doi.org/10.1039/D1RA02472H>
- [15] Gao L, Zhao X, Zhang Y, et al. Bioinspired polysaccharide derivative with efficient and stable lubrication for silicon-based devices. *Biomacromolecules*. 2022;23(9):3766-3778. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.2c00640>
- [16] Lin CH, Cho HL, Yeh YH, et al. Improvement of the surface wettability of silicone hydrogel contact lenses via layer-by-layer self-assembly technique. *Colloids Surf B*. 2015; 136:735-743. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2015.10.006>
- [17] Matricardi P, Meo CD, Coviello T, et al. Interpenetrating polymer networks polysaccharide hydrogels for drug delivery and tissue engineering. *Adv Drug Deliv Rev*. 2013;65(9): 1172-1187. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.addr.2013.04.002>
- [18] Lohani A, Singh G, Bhattacharya SS, et al. Interpenetrating polymer networks as innovative drug delivery systems. *J Drug Deliv*. 2014;2014:583612. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/583612>
- [19] Salih AE, Elsherif M, Alam F, et al. Syntheses of gold and silver nanocomposite contact lenses via chemical volumetric modulation of hydrogels. *ACS Biomater Sci Eng*. 2022;8(5):2111-2120. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs-biomaterials.2c00174>
- [20] Seggio M, Nostro A, Ginestra G, et al. Contact lenses delivering nitric oxide under daylight for reduction of bacterial contamination. *Int J Mol Sci*. 2019;20(15):3735. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20153735>
- [21] Abourehab MAS, Rajendran RR, Singh A, et al. Alginate as a promising biopolymer in drug delivery and wound healing: a review of the state-of-the-art. *Int J Mol Sci*. 2022;23(16):9035. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms23169035>
- [22] Ko NY, Lee PH, Sung AY, et al. Study on characteristic changes of contact lenses according to interpenetrating polymer network time and method using seaweed polysaccharide. *Polym(Korea)*. 2021;45(5):775-782. DOI: <https://doi.org/10.7317/pk.2021.45.5.775>
- [23] Lee HM, Kim JK, Cho TS. Antimicrobial hydrogel contact lens containing alginate. *Bull Korean Chem Soc*. 2011;32(12):4239. DOI: <https://doi.org/10.5012/bkcs.2011.32.12.4239>
- [24] Cha DS, Choi JH, Chinnan MS, et al. Antimicrobial films based on Na-alginate and κ -carrageenan. *LWT- Food Sci Technol*. 2002;35(8):715-719. DOI: <https://doi.org/10.1006/food.2002.0928>

알지네이트와 카라기난이 네트워크 된 콘택트렌즈의 특성 변화

신원영¹, 이현미^{2,*}

¹대구가톨릭대학교 안경광학과, 학생, 경산 38430

²대구가톨릭대학교 안경광학과, 교수, 경산 38430

투고일(2023년 8월 31일), 수정일(2023년 9월 12일), 게재확정일(2023년 9월 13일)

목적: 서로 다른 재질의 콘택트렌즈에 알지네이트와 카라기난을 네트워크하여 콘택트렌즈 물리적 특성 변화를 살펴보고자 한다. **방법:** 동일한 굴절력의 일일착용 콘택트렌즈인 somofilcon A, etafilcon A, hilafilcon B을 사용하여 alginate 및 carrageenan과 같은 해조 다당류로 네트워크하고 물리적 특성을 조사하여 특성평가를 하였다. 또한 대장균을 이용한 항균성 평가를 하였다. **결과:** alginate로 네트워크된 somofilcon A는 흡수율과 습윤성이 많이 향상되었으며 산소투과율은 약간 감소하였다. 다당류로 네트워크된 모든 콘택트렌즈는 항균성이 있었다. **결론:** 네트워크화된 해조류 다당류는 콘택트렌즈의 수분함량과 습윤성을 향상시킬 뿐만 아니라 항균성에도 효과적임을 확인하였다.

주제어: 콘택트렌즈, 알지네이트, 카라기난, 해조다당류, 습윤성