ISSN(print) 1226-5012
J Korean Ophthalmic Opt Soc. 27(1):15-21, March 2022
http://dx.doi.org/10.14479/jkoos.2022.27.1.15

# Effect of Temperature on Physical Properties in the Manufacture of Porous Contact Lenses Using Natural Polysaccharides

Ho Jeong Park[1,a] and Hyun Mee Lee[2,b,*]

[1]Dept. of Optometry & Vision Science, Daegu Catholic University, Student, Gyeongsan 38430, Korea
[2]Dept. of Optometry & Vision Science, Daegu Catholic University, Professor, Gyeongsan 38430, Korea
(Received January 3, 2022: Revised January 18, 2022: Accepted January 19, 2022)

**Purpose:** This study investigated the physical properties of fabricated porous hydrogel contact lenses that were formed by interpenetrating polymer network (IPN) structures of natural polysaccharides according to the temperature of the network formation. **Methods**: A porous hydrogel contact lens was polymerized using a foaming agent, and an interpenetrating polymer network was processed with 1% alginate and collagen, followed by immersion in the solution at 25ºC, 37ºC, and 60ºC for 24 hours. **Results**: Contact lenses with alginate have improved physical properties compared to contact lenses with collagen. As the network processing temperature improved, the water contents, wettability, and oxygen permeability decreased. Collagen networked contact lenses showed lower physical properties than basic contact lenses. The properties of the double networked contact lenses using alginate at 25ºC were superior. **Conclusions**: It was confirmed that the temperature of the IPN process using polysaccharides in porous hydrogel contact lenses affects the properties of the contact lenses.

**Key words**: Porous contact lens, Interpenetrating polymer network (IPN), Alginate, Collagen, Physical property

## 서 론

하이드로겔은 의료 분야, 생명활동, 재료 과학 및 공학을 포함한 분야에서 사용되며, 특히 생체적합성, 광학적 특성, 기계적 강도와 같은 특징으로 콘택트렌즈 분야로 많이 사용되고 있다.[1] 하이드로겔 콘택트렌즈는 시력교정, 치료 및 미용 등 다양한 목적으로 사용되고 있으며 유연하고 착용감이 좋아서 많은 사람들이 사용하고 있다. 하지만 하이드로겔 콘택트렌즈는 낮은 산소투과성으로 인한 각막저산소증, 각막부종 등과 같은 문제점을 가지고 있다.[2] 따라서 하이드로겔 콘택트렌즈의 우수한 착용감과 높은 산소투과성이 요구되었다.

최근 들어 건조안을 가진 사람들이 급증하면서 함수율은 높지 않으면서 습윤성이 향상되는 콘택트렌즈를 요구하고 있으며 이에 관한 연구로 천연 다당류를 이용한 고습윤 및 고산소투과성 콘택트렌즈에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.[3,4]

콘택트렌즈에 응용되고 있는 천연 다당류로는 알지네이트, 키토산, 아가로오즈, 카라기난, 히알루론산 등이 있다. 다당류는 항바이러스, 항균, 항산화 및 면역 조절 등 생물학적 활성을 가지고 있으며,[5] 친수성 치환기를 많이 가지고 있기 때문에 함수성과 습윤성이 높게 나타난다. 따라서 천연다당류를 콘택트렌즈에 적용 시 콘택트렌즈의 성능을 향상시키는데 많이 도움이 된다. 그러나 콘택트렌즈에 사용되는 주요 단량체와 구별되는 특징을 가지고 있지만 섞임성이 좋지 않아 콘택트렌즈 제조 시 단량체로서 사용되기 어렵다.[6] 이러한 결점을 보완하기 위해 사용되어지는 방법이 상호침투고분자네트워크(interpenetrating polymer network; IPN)방법이며 두 가지 이상의 서로 다른 고분자 네트워크의 조합으로 구성되어 각각의 네트워크가 개별의 특성을 공유함으로써 시너지 효과를 창출할 수 있는 특징이 있다.[7]

IPN을 이용한 하이드로겔 콘택트렌즈의 성능 향상을 위해 음이온성 천연다당류인 알지네이트와 히알루론산, 양이온성 천연다당류인 키토산, 그리고 중성인 덱스트란과 아가로오즈 등이 이용되기도 하였다.[8] 알지네이트는 탄성과 습윤성이 높고,[9] 생체 적합성 및 생분해성의 특징을 가지고 있어서 약물 전달 시스템 등 의학 관련 분야와 조직 공학과 같은 여러 응용 분야에서 사용되어지고 있다.[10,11]

하이드로겔은 기공의 크기와 구조, 그리고 팽윤 속도 등

*Corresponding author: Hyun Mee Lee, TEL: +82-53-850-2552, E-mail: hmlee@cu.ac.kr
Authors ORCID: [a]https://orcid.org/0000-0002-7901-5779, [b]https://orcid.org/0000-0001-6668-5864

에 따라 성능이 다르게 나타나는데, 다공성 하이드로겔은 기공 크기가 10 μm미만으로 기공이 부분적으로 열려 있어서 팽윤 속도가 빠르다. 그러므로 다공성 하이드로겔은 산소전달율이 좋고 습윤성이 매우 높다.[12] 그러나 다공성 콘택트렌즈는 좋은 물리적 특성을 가졌지만 많은 기공으로 인해 인장강도가 약하다. 이러한 인장강도의 문제점인 기계적 강도를 향상시키기 위하여 다당류를 이용한 더블 네트워킹 방법이 대두된다.[13,14] 다공성 하이드로겔은 내부에 기공이 많으며 열린구조로 되어 있어서 약물전달 및 상처 드레싱용으로 의약 및 생체 의학 분야에서 사용되고 있다.[15]

다공성 하이드로겔은 높은 습윤성과 산소투과성을 가지지만 낮은 인장강도로 인해 콘택트렌즈로의 활용이 어렵다. 다공성 하이드로겔을 콘택트렌즈로써 활용하기 위해서는 탄력성 향상 및 강도를 보완해야 할 필요가 있다. 따라서 다공성 콘택트렌즈에 점탄성과 습윤성을 가진 천연 다당류를 콘택트렌즈에 침투시켜서 더블네트워크 구조를 가진 콘택트렌즈를 제작하고자 한다. 그리고 다공성 콘택트렌즈에 천연 다당류를 침투시켜서 네트워크를 형성하는 과정의 온도가 콘택트렌즈의 성능에 미치는 영향을 살펴보고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 시약 및 재료

본 연구에서 콘택트렌즈 제조에 사용되는 시약은 친수성 단량체인 2- Hydroxyethyl methacrylate(HEMA, JUNSEI), N-Vinyl-2-pyrrolidone(NVP, Sigma-Aldrich)와 교차결합제인 Ethylene glycol dimethacrylate(EGDMA, Sigma-Aldrich), 개시제인 2,2-Azobisisobutyronitrile(AIBN, JUNSEI)이다. 다공성 하이드로겔 중합에 사용되는 기포생성제는 Sodium carbonate(SC, Sigma-Aldrich)를 사용하였으며, 기포생성 유발제는 Methacrylic acid(MAA, Sigma Aldrich)을 사용하였다. 또한 상호침투고분자네트워크(IPN) 중합체 형성을 위해서 Ammonium persulfate(APS, Sigma-Aldrich)과 N,N'-Methylenebisacryl-amide solution(MBAA, Sigma-Aldrich)을 사용하였다.

Alginate와 collagen은 Sigma-Aldrichtk 제품을 사용하였으며 Fig. 1에 구조를 제시하였다.

### 2. 시료 제작

본 연구에 사용되는 다공성 하이드로겔 콘택트렌즈를 제조하기 위해 사용된 단량체와 구성비율은 Table 1에 제시하였다.

다공성 하이드로겔 콘택트렌즈를 만들기 위해 단량체들을 Table 2에 제시된 비율로 혼합하였다. 굴절력이 0.00D이며 상하몰드가 PP로 이루어진 몰드를 사용하여 80°C에 2시간 동안 열중합 하였다. IPN 구조를 형성하지 않은 시료는 인산완충용액(phosphate buffer saline; PBS)에 24시간 동안 수화시켰다.

Table 1. Percentage composition of porous hydrogel contact lens (%)

| | HEMA | SC | MAA | NVP | EGDMA | AIBN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref(R) | 85.9 | 3.0 | 5.0 | 5.0 | 0.8 | 0.3 |

Table 2. Nomenclature of sample after alginate-IPN and collagen-IPN according to temperature

| Name | IPN material and temperature | Name | IPN material and temperature |
|---|---|---|---|
| A25 | alginate, 25°C | C25 | collagen, 25°C |
| A37 | alginate, 37°C | C37 | collagen. 37°C |
| A60 | alginate, 60°C | C60 | collagen, 60°C |

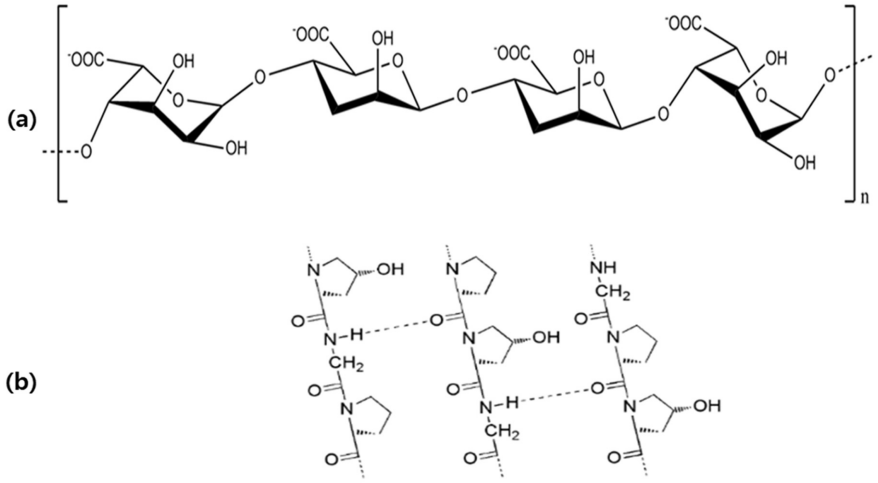


Fig. 1. Chemical structure of alginate(a) and collagen(b).

Full-IPN으로 콘택트렌즈 내부 구조를 변화시키기 위하여 해조다당류인 알지네이트와 콜라겐을 각각 1% 수용액으로 만들고, 교차결합제인 MBAA 0.5%와 개시제인 APS 0.3%를 첨가하여 25ºC, 37ºC, 그리고 60ºC 온도별로 24시간 동안 네트워크를 진행하였다.

시료의 명명은 IPN 구조를 형성하지 않은 시료는 R로 표현하였다. 또한, alginate를 이용하여 IPN 구조를 형성한 시료는 A로, collagen를 이용하여 IPN 구조를 형성한 시료는 C로 표시하였으며, IPN 온도를 A와 C뒤에 붙여 표현하였다. 예를 들어 alginate로 25ºC에서 IPN 구조를 형성한 시료는 A25로 명명하고, collagen으로 37ºC에서 IPN 구조를 형성한 시료는 C37로 명명하였다(Table 2).

### 3. 콘택트렌즈 특성 평가

물리적 특성 평가를 위한 모든 시험값은 시료당 5개의 시료를 이용하여 측정하였으며 그 평균한 값으로 정하였다. 함수율 측정은 ISO 18369-4:2017의 Ophthalmic optics Contact lenses Part4: Physicochemical properties of contact lens materials 중량측정법(gravimetric method)으로 측정하였다. IPN을 하지 않은 시료는 상온에서 PBS에 24시간 수화시켰으며, 알지네이트와 콜라겐으로 IPN 구조를 형성한 시료는 각각 25ºC, 37ºC, 그리고 60ºC에서 IPN 구조를 형성시킨 후 1시간, 3시간, 6시간, 9시간, 12시간, 24시간 마다 시간대별로 측정하였다.

굴절률의 측정은 ABBE Refractometer(ATAGO DR-A1) 기기를 사용하여 ISO 18369-4:2006을 기준으로 측정하였다. 인장강도는 SHIMADZU사의 AGS-X20N을 사용하여 콘택트렌즈를 지그에 장착하고, 환봉을 사용하여 시험속도를 10 mm/min 상태에서 200 N/mm$^2$의 힘으로 잡아 당겨 파단지점을 최고점으로 하여 측정하였다.

접촉각은 sessile drop 방법으로 Kruss GMBH사의 Drop Shape Analyzer-DSA30를 사용하여 측정하였다. 알지네이트와 콜라겐으로 IPN 구조를 형성한 시료는 온도별로 24시간 IPN 구조를 형성시킨 후 시간대별로 측정하였다. 콘택트렌즈 표면의 물기를 제거한 후 20ºC±0.5ºC에서 초순수 3 $\mu l$를 콘택트렌즈 표면에 떨어뜨려 생성된 각을 측정하였다.

산소침투성 및 산소투과율의 측정은 폴라로그래피(Polarographic) 방법을 이용하여 WITHLAB사의 WL1000S 항온항습기 내부에서 CREATECH사의 Model 201T $O_2$ permeometer™로 측정된 전류값을 측정하여 산소침투성과 산소투과율을 측정하였다. 산소전달률 계산을 위한 콘택트렌즈의 두께는 Mitutoyo사의 Litematic VL-50을 사용하여 측정하였다. 두께를 측정한 시료는 35ºC±0.5ºC, 습도 98%의 환경에서 최소 2시간 이상 처리한 후 시험에 사용하였다.

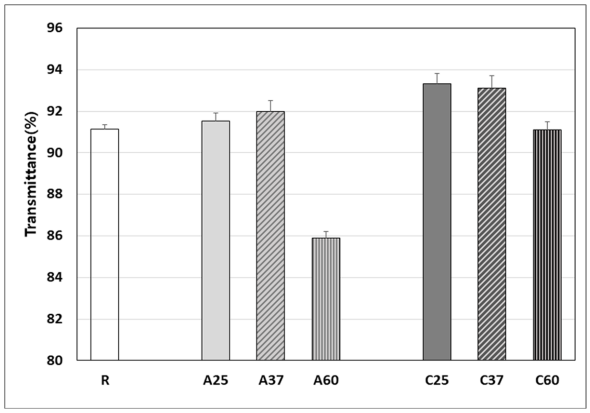


Fig. 2. Transmittance of porous contact lens with alginate and collagen.

## 결과 및 고찰

### 1. IPN 온도에 따른 다공성 콘택트렌즈의 광투과율 변화

콘택트렌즈의 내부 구조를 천연 해조다당류인 알지네이트와 콜라겐으로 상호침투고분자네트워크(IPN)를 진행하여 더블네트워크화 시키기 위하여 IPN 온도를 25ºC, 37ºC, 그리고 60ºC에서 24시간 동안 각각 진행하였다. 각 시료들의 광투과율을 측정한 결과를 Fig. 2에 나타내었다.

시료들의 광투과율 결과를 보면 알지네이트를 첨가하여 25ºC와 37ºC에서 IPN 구조 형성한 경우 90% 이상으로 나타냈다. 그러나 60ºC에서 IPN 구조를 형성한 경우, 그에 미치지 못하는 85.9%의 광투과율을 나타내었다. 콜라겐으로 IPN을 진행한 시료들은 모두 높은 광투과율을 보였다. A60 시료의 광투과율이 낮아지는 것은 기본적으로 연갈색을 띄는 알지네이트 수용액의 경우 IPN 온도가 60ºC로 증가하면서 농도가 진해짐으로써 광투과율이 낮아진 것으로 판단된다.

### 2. IPN 온도에 따른 다공성 콘택트렌즈의 함수율 및 굴절률 변화

해조다당류로 여러 온도에서 더블네트워크를 진행한 콘택트렌즈에 대한 온도와 IPN 시간에 따른 함수율과 굴절률을 측정한 결과를 Fig. 3과 4에 각각 나타내었다.

IPN을 하지 않은 R 시료의 함수율은 79.34%로 나타났으며, 알지네이트 및 콜라겐으로 IPN 구조를 형성한 A25와 A37의 함수율도 R과 거의 비슷하였다. 그러나 60ºC에서는 IPN 구조를 형성한 A60은 매우 낮은 함수율을 나타내었다.

IPN 온도에 따른 함수율을 비교하면 알지네이트로 네트워크된 A25와 A37은 24시간 후 약 80% 정도로 비슷하게 나타났다. 콜라겐으로 네트워크된 C25는 R과 거의 같으나 C37은 10시간 이후부터는 점차 감소하여 24시간 후에

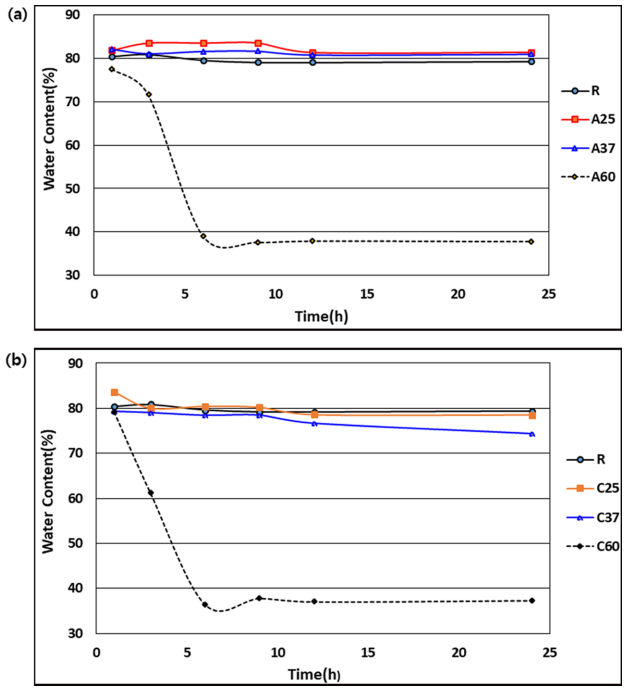


Fig. 3. The water content of porous contact lens according to IPN time of contact lens with alginate(a) and collagen(b).

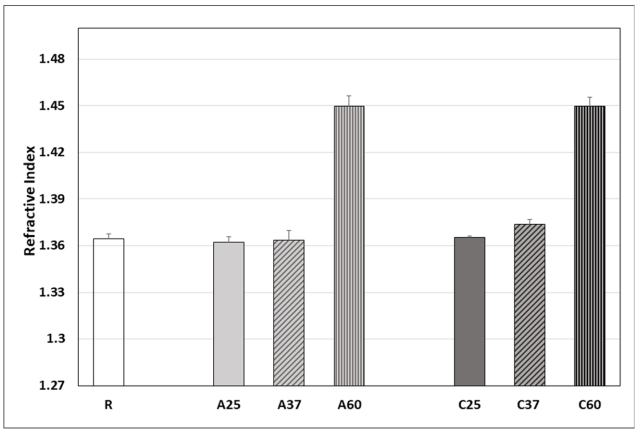


Fig. 4. Refractive index of porous contact lens with alginate and collagen.

는 약 74%로 나타났다. IPN 온도를 60°C로 향상시킨 콘택트렌즈의 시간에 따른 함수율 변화를 보면, 6시간까지는 급격하게 감소하다가 9시간 이후부터는 평형상태에 도달하였으며 Fig. 3(a)와 Fig. 3(b)에서 보는 바와 같이 37.6%와 37.8%의 함수율을 각각 나타내었다. 60°C에서의 IPN 초반부의 함수율은 알지네이트보다 콜라겐을 사용한 경우에 감소 폭이 크게 나타났으나 9시간 이후에는 차이가 거의 없었다.

60°C에서 네트워크된 시료들의 함수율이 다른 온도에서 네트워크했을 때 보다 매우 낮게 나타나는 것은 알지네이트와 콜라겐이 가진 하이드록시기와 카르복시기들이 물과 수소결합을 형성하는데,[16] IPN 진행 온도가 너무 높거나 장시간 지속되면 물과 결합하는 수소결합의 수가 감소되기 때문에 함수율이 감소된 것이라고 판단되어진다.[66]

상호침투네트워크 온도와 시간에 따른 콘택트렌즈의 굴절률을 살펴보면 R을 비롯하여 알지네이트로 25°C와 37°C에서 진행한 경우, 1.36 정도의 비슷한 굴절률을 보이나 60°C에서 진행한 A60은 1.45로 크게 증가하였다(Fig. 4). 그리고 콜라겐을 이용한 네트워크 콘택트렌즈는 온도가 증가함에 따라 점진적으로 향상되었으며 C60은 알지네이트와 네트워크된 시료와 동일하게 1,45로 가장 크게 나타났다.

일반적으로 굴절률은 함수율과 반비례 관계에 있는데, 본 연구 결과에서도 마찬가지로 함수율이 81.45%로 가장 높았던 C25의 굴절률은 1.36으로 가장 낮았고, 37.33%로 가장 낮은 함수율을 가진 C60의 굴절률이 가장 높은 값으로 나타났다.

### 3. IPN 온도에 따른 다공성 콘택트렌즈의 강도변화

다공성 콘택트렌즈는 함수율, 습윤성, 그리고 산소투과성은 매우 향상되나 인장강도가 약한 단점이 있기 때문에 탄성이 좋은 알지네이트와 콜라겐으로 네트워크를 진행하였으며 온도에 따른 인장강도 변화를 살펴보았다(Fig. 5). 25°C와 37°C에서는 IPN을 하지 않은 렌즈에 비해 오히려 낮은 인장강도를 보이나 60°C에서는 매우 높은 인장강도를 보였다. 이러한 현상은 낮은 온도에서는 해조다당류의 하이드록시기와 카르복시기들이 물과 많이 결합하여 인장강도가 낮아지나 60°C로 온도가 상승하면 물과의 수소결합이 어려워져서 함수율이 낮아지면서 인장강도가 높아진 결과로 볼 수 있다.

### 4. IPN 온도에 따른 다공성 콘택트렌즈의 습윤성 변화

접촉각은 콘택트렌즈의 습윤성을 나타내는 척도로, 그

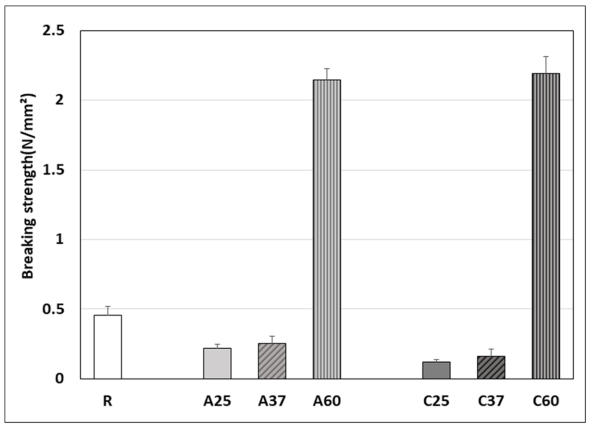


Fig. 5. Breaking strengh of porous contact lens with alginate and collagen.

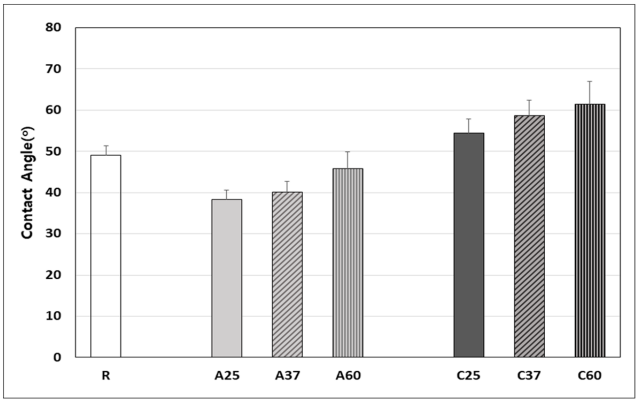


Fig. 6. Contact angle of porous contact lens with alginate and collagen.

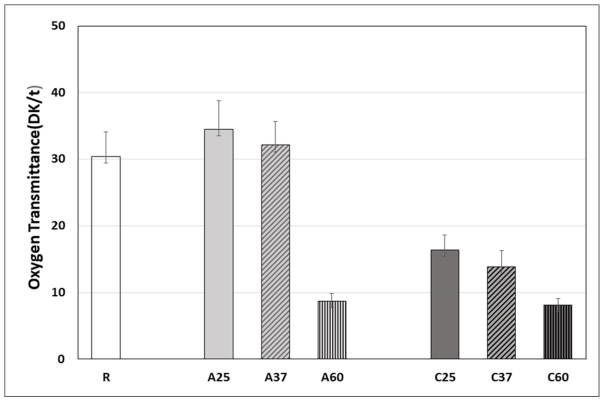


Fig. 7. Oxygen transmittance of porous contact lens with alginate and collagen.

값이 낮을수록 습윤성이 좋다. 각기 다른 온도에서 알지네이트와 콜라겐으로 IPN 구조를 형성한 콘택트렌즈에 대한 접촉각을 측정하였으며, 그 결과를 Fig. 6에 제시하였다.

알지네이트로 네트워크된 시료는 기본 시료인 R의 접촉각인 49.12º 보다 낮게 나타났다. 반면 콜라겐으로 네트워크된 시료는 R 보다 높은 접촉각을 나타냈다.

IPN의 온도에 따른 접촉각 변화를 살펴보면, 온도가 증가할수록 높은 접촉각을 나타내었다. 25ºC에서 38.30º이었던 A25의 접촉각이 60ºC로 증가된 A60에서는 45.78º로 증가하였다. 마찬가지로 25ºC에서 콜라겐으로 네트워크된 C25에서 54.5º이던 접촉각이 60ºC로 온도를 향상시킨 C60일 때에 61.4°로 높아졌다. 따라서 해조다당류로 네트워크된 콘택트렌즈는 온도가 향상됨에 따라 접촉각이 향상되어 습윤성이 감소하였다. 그리고 25ºC에서 네트워크를 진행하면 습윤성이 가장 좋은 것을 확인하였다.

알지네이트와 콜라겐을 비교해보면 알지네이트로 네트워크된 렌즈가 콜라겐으로 네트워크된 렌즈에 비해 습윤성이 더 좋은 것으로 나타났다.

알지네이트는 습윤성이 매우 좋아서 지속적인 습윤상태를 유지해야하는 의료용품에 사용되고 있기 때문에 콘택트렌즈에서도 좋은 습윤성을 나타내고 있다.[17] 반면에 콜라겐으로 IPN 구조를 형성한 시료는 R보다 더 낮은 습윤성을 나타내는데 이러한 이유는 콜라겐이 25~30ºC부터 변성이 시작되고 온도가 증가할수록 겔화현상이 가속화되면서 습윤성이 감소된 것으로 판단되어진다.[18]

### 5. IPN과정의 온도에 따른 다공성 콘택트렌즈의 산소전달성 변화

눈 건강에 매우 중요한 산소투과율(Dk/t)에 대한 실험결과는 Fig. 7에 나타내었다.

기본 시료 R은 30.39 Dk/t이었으며, 알지네이트가 네트워크된 렌즈인 A25와 A37는 34.47 Dk/t와 32.12 Dk/t로 각각 나타나 R보다 향상되었으나 A60은 8.68 Dk/t로 매우 감소한 것으로 나타남으로써 온도가 상승함에 따라 산소투과율이 낮아짐을 확인 하였다.

한편 콜라겐으로 네트워크된 콘택트렌즈는 R보다 크게 낮게 나타났으며 25ºC에서 네트워크된 C25는 16.38 Dk/t이며 60ºC로 온도를 향상시킨 C60은 8.11 Dk/t로 가장 낮은 값을 나타내었다. 콜라겐의 경우, 산소투과율이 매우 낮고 온도 향상에 따라 산소투과율이 매우 낮아지는 것은 콜라겐이 25ºC에서부터 변성이 시작되며 콘택트렌즈 내부에서 겔화가 진행되어 렌즈 내부 공극의 크기가 감소되기 때문으로 분석된다.

네트워크에 사용된 다당류에 따른 산소투과율을 비교해보면 알지네이트가 콜라겐보다 콘택트렌즈의 산소투과율에 미치는 영향이 크다. 그리고 네트워크 진행 온도가 25ºC일 때에 시료의 산소투과율이 가장 높게 나타났다.

일반적으로 함수율이 높으면 산소 확산 계수가 증가되며[19] 산소투과도는 평형 수분 함량에 결정된다.[20] 이러한 원리는 본 연구 결과에서도 동일하게 나타났다. 즉, 함수율이 가장 높은 25ºC에서 산소투과율이 가장 높고 함수율이 가장 낮은 60ºC에서 가장 낮게 나타났다.

## 결 론

본 연구에서 다공성 하이드로겔 콘택트렌즈를 제조하고 천연다당류인 알지네이트와 콜라겐을 이용하여 상호침투네트워크를 진행하였으며, IPN을 형성하는 온도에 따른 물리적 특성을 살펴보았다.

알지네이트와 콜라겐으로 IPN을 형성할 때에 온도가 콘택트렌즈의 물리적 특성에 미치는 영향을 비교하면, IPN을 형성하지 않은 렌즈에 비해 25ºC와 37ºC에서 IPN 구조를 형성한 렌즈가 함수율, 습윤성, 산소침투성 및 산소투과율 등의 특성이 우수하였다. 그러나 60ºC에서 네트워

크를 진행한 렌즈는 인장강도를 제외한 모든 물성이 감소하였다.

IPN에 사용되는 천연다당류에 따른 물리적 특성을 비교해보면, 알지네이트가 콜라겐보다 전반적인 물리적 특성이 향상되었다.

IPN 구조를 가진 콘택트렌즈 제조 시 25ºC에서 알지네이트를 사용한 콘택트렌즈가 가장 좋은 특성을 가진다는 것을 확인하였다. 상호침투고분자네트워크(IPN)를 이용한 다공성 콘택트렌즈 제조 시의 천연다당류의 종류와 온도가 콘택트렌즈의 기능에 영향을 미쳤음을 확인하였다.

## 감사의 글

본 연구는 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구 사업(No. 2021R1F1A106332211)으로 연구되었습니다

## REFERENCE

[1] Tran NPD, Yang MC. Synthesis and characterization of silicone contact lenses based on TRIS-DMA-NVP-HEMA hydrogels. Polymers. 2019;11(6):944-956. DOI: https://doi.org/10.3390/polym11060944

[2] Chatterjee S, Upadhyay P, Mishra M, et al. Advances in chemistry and composition of soft materials for drug releasing contact lenses. RSC Adv. 2020;10(60):36751-36777. DOI: https://doi.org/10.1039/d0ra06681h

[3] Yang MJ, 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

[4] Lee CW, Jeong HW, Kim HJ, et al. Physical characteristics and protein adsorption properties of hydrogel lenses functionalized with an interpenetrating succinyl-chitosan network. Korean J Vis Sci. 2017;19(3):313-322. DOI: https://doi.org/10.17337/JMBI.2017.19.3.313

[5] Zhao Y, Yan B, Wang Z, et al. Natural polysaccharides with immunomodulatory activities. Mini Rev Med Chem. 2020;20(2):96-106. DOI: https://doi.org/10.2174/1389557519666190913151632

[6] Jayawardena B, Pandithavidana DR, Sameera WMC. Polysaccharides in solution: experimental and computational studies. INTECH. 2017;51-624. https://doi.org/10.5772/intechopen.69863

[7] Ekici S, Saraydin D. Synthesis, characterization and evaluation of IPN hydrogels for antibiotic release. Drug Deliv. 2004;11(6):381-388. DOI: https://doi.org/10.1080/10717540490884804

[8] 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

[9] Kim J, You S. Development of a commercial process for micro-encapsulation of lactic acid bacteria using sodium alginate. Korean Chem Eng Res. 2017;55(3):313-321. DOI: https://doi.org/10.9713/kcer.2017.55.3.313

[10] Kwiecień I, Kwiecień M. Application of polysaccharide-based hydrogels as probiotic delivery systems. Gels. 2018;4(2):47. DOI: https://doi.org/10.3390/gels4020047

[11] Urtuvia V, Maturana N, Acevedo F, et al. Bacterial alginate production: an overview of its biosynthesis and potential industrial production. World J Microbiol Biotechnol. 2017;33(11):198. DOI: https://doi.org/10.1007/s11274-017-2363-x

[12] Gupta NV, Shivakumar HG. Preparation and characterization of superporous hydrogels as gastroretentive drug delivery system for rosiglitazone maleate. DARU J Pharm Sci. 2010;18(3):200-210.

[13] Soman A, Mathew F, Chacko AJ, et al. Interpenetrating polymer network(Ipn)–hydrogels. J Pharm Innov. 2014;3(8):59-66.

[14] Lei K, Li Z, Zhu D, Sun C, et al. Polysaccharide-based recoverable double-network hydrogel with high strength and self-healing properties. J Mater Chem. 2020;8:794-802 DOI:https://doi.org/10.1039/C9TB01679A

[15] Shivashankar M, Mandal BK. A review on interpenetrating polymer network. Int J Pharm Pharm Sci. 2012;4(5):1-7.

[16] Lee JY, Park SH. Synthesis and physicochemical characterization of pH sensitive-hydrogels based on Alginate/2-HEA/PEGDA. Polym Korea. 2018;42(4):627-636. DOI: https://doi.org/10.7317/pk.2018.42.4.627

[17] Mumper RJ, Huffman AS, Puolakkainen PA, et al. Calcium-alginate beads for the oral delivery of transforming growth factor-β1(TGF-β1): stabilization of TGF-β1 by the addition of polyacrylic acid within acid-treated beads. J Control Release. 1994;30(3):241-251. DOI: https://doi.org/10.1016/0168-3659(94)90030-2

[18] Gauza-Wlodarczyk M, Kubisz L, Mielcarek S, et al. Comparison of thermal properties of fish collagen and bovine collagen in the temperature range 298-670K. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 2017;80:468-471. DOI: https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.06.012

[19] Pozuelo J, Compañ V, González-Méijome JM, et al. Oxygen and ionic transport in hydrogel and silicone-hydrogel contact lens materials: an experimental and theoretical study. J Membr Sci. 2014;452:62-72. DOI: https://doi.org/10.1016/j.memsci.2013.10.010

[20] Tran NPD, Ting CC, Lin CH, et al. A novel approach to increase the oxygen permeability of soft contact lenses by incorporating silica sol. Polymers. 2020;12(9):2087-2097. DOI: https://doi.org/10.3390/polym12092087

# 천연다당류를 이용한 다공성 콘택트렌즈 제조에서 온도가 물성에 미치는 영향

박호정[1], 이현미[2,*]
[1]대구가톨릭대학교 안경광학과, 학생, 경산 38430
[2]대구가톨릭대학교 안경광학과, 교수, 경산 38430
투고일(2022년 1월 3일), 수정일(2022년 1월 18일), 게재확정일(2022년 1월 19일)

**목적**: 본 연구에서는 다공성 하이드로겔 콘택트렌즈를 제작하고 천연다당류를 이용하여 상호침투고분자네트워크(IPN) 구조를 형성하도록 하였으며, 네트워크 형성시 온도가 콘택트렌즈의 물리적 특성에 미치는 영향을 알아보고자 한다. **방법**: 발포제를 사용하여 다공성 하이드로겔 콘택트렌즈를 중합하여 1%의 알지네이트와 콜라겐으로 상호침투고분자네트워크를 진행하였으며 25ºC, 37ºC, 그리고 60ºC에서 24시간 동안 용액에 침지하여 진행하였다. **결과**: 알지네이트를 첨가한 콘택트렌즈는 콜라겐을 첨가한 콘택트렌즈보다 물리적 특성이 향상되었다. 네트워크 진행 온도가 향상될수록 함수율, 습윤성, 산소투과율이 감소하였다. 콜라겐으로 네트워크한 콘택트렌즈는 기본 콘택트렌즈보다 낮은 물리적 특성을 보였다. 25ºC에서 알지네이트로 더블네트워크한 콘택트렌즈의 물성이 가장 좋았다. **결론**: 다공성 하이드로겔 콘택트렌즈에서 다당류를 이용한 상호침투고분자네트워크 과정의 온도가 콘택트렌즈의 특성에 영향을 미친다는 것을 확인하였다.

**주제어**: 다공성 콘택트렌즈, 상호침투고분자네트워크, 알지네이트, 콜라겐, 물리적 특성