

실린을 포함한 친수성 콘택트렌즈의 물리적 특성에 대한 Isocyanate Group의 영향

성아영* · 조선아 · 김태훈†
세한대학교 안경광학과
†백석대학교 안경광학과
(접수 2012. 8. 22; 게재확정 2012. 9. 6)

Effect of Isocyanate Group on the Physical Properties of Hydrogel Contact Lenses Containing Silane

A-Young Sung*, Seon-Ahr Cho, and Tae-Hun Kim†

Department of Ophthalmic Optics, Sehan University, Jeonnam 526-702, Korea

†Department of Visual Optics, Baekseok University, Chungnam, Korea. *E-mail: say@sehan.ac.kr

(Received August 22, 2012; Accepted September 6, 2012)

요 약. 본 연구는 triacetoxivinylsilane을 첨가제로 사용하여 교차결합제인 EGDMA (ethylene glycol dimethacrylate)와 HEMA (2-hydroxyethyl methacrylate), MMA (methyl methacrylate), MA (methacrylic acid) 그리고 개시제인 AIBN (azobisisobutyronitrile) 과 함께 공중합 하였다. 생성된 고분자의 물리적 특성을 측정한 결과, 함수율 35.63~32.44%, 굴절률 1.4382~1.4480, 가시광선 투과율 89.0~92.5%, 인장강도는 0.346~0.674 kgf를 나타내었다. 기본 모노머 조합에 triacetoxivinylsilane을 첨가한 조합과 1%의 hexamethylene diisocyanate를 첨가하여 중합한 조합의 물성을 비교한 결과 hexamethylene diisocyanate 1%를 첨가하여 중합한 렌즈의 인장강도가 더 큰 값을 나타내었다. 본 실험결과로 볼 때 생성된 공중합체는 내구성 및 인장강도가 우수한 안 의료용 렌즈 재료로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

주제어: Triacetoxivinylsilane, Hexamethylene diisocyanate, 인장강도

ABSTRACT. The copolymerization of triacetoxivinylsilane, EGDMA (ethylene glycol dimethacrylate as a cross-linker), HEMA (2-hydroxyethyl methacrylate), MMA (methyl methacrylate), MA (methacrylic acid) was performed in the presence of AIBN (2,2'-azobisisobutyronitrile) as an initiator. Measurement of the physical properties of the resulting copolymers showed that water content, refractive index, visible ray transmittance, and tensile strength were in the range of 35.63~32.44%, 1.4382~1.4480, 89.0~92.5% and 0.346~0.674 kgf, respectively. The values of tensile strength of copolymers-containing hexamethylene diisocyanate were higher than those of the copolymers containing triacetoxivinylsilane. From the results we came to the conclusion that the produced copolymers are suitable for the application of ophthalmic contact lens with high tensile strength, wettability and durability.

Key words: Triacetoxivinylsilane, Hexamethylene diisocyanate, Tensile strength

서 론

최근 많은 연구자들에 의해 개발된 공중합체가 더욱 다양한 분야에 활용되고 있다. 그 중에서도 근래 몇 년 동안의 기능성 콘택트렌즈 재료로 활용될 수 있는 고분자 관련 연구는 괄목할 만하게 발전되어 왔다.^{1,4} 하이드로겔 콘택트렌즈의 재료로 요구되는 물리적 특성들 중에는 함수율, 습윤성, 굴절률 및 광투과율 등이 있으며 장시간 눈에 직접 착용해야 하고 각막에 직접 닿는 이유로 생체적합성 또한 요구된다.⁵ 우수한 생체적합성을 위해서는 습

윤성이 뛰어나고 산소투과율이 높아야 하며, 광학적으로도 우수한 특성을 가져야 한다.⁶ 특수한 경우를 제외한 대부분의 콘택트렌즈는 함수율이 높을수록 산소투과율이 증가하므로 고함수 렌즈에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다.^{7,8} 그러나 콘택트렌즈의 함수율이 높으면 굴절률이 낮아지고 렌즈의 내구성이 감소하는 단점을 포함하게 된다. 따라서 콘택트렌즈의 내구성과 관련된 인장강도와 같은 물성이 중요하다. 일반적으로 인장강도가 증가하면 렌즈 자체의 내구성은 향상되므로 렌즈가 잘 찢기지 않는 등 쉽게 파손되는 것을 방지할 수 있으나 인장강도가

높은 물질은 주로 함수율을 감소시키는 경우가 많아 함수율은 감소시키지 않으면서 인장강도를 증가시키는 재료에 대한 연구가 최근 활발하게 진행되고 있다.⁹

실란은 커플링제, 가교제, 분산제, 발수제 등으로 사용되며 유리 강화 플라스틱을 제조할 때 널리 활용되고, 검정색을 띠지 않는 고급 미네랄 함유 고무 등의 제조 시에도 많이 응용되고 있으며, 또한 실란을 활용해 철판에 내산성 코팅막을 입히기도 한다.^{10,11} 또한 이소시아나이트계는 우레탄엘라스토마 제조 등에 사용되며 접착제, 경화제 등으로 널리 사용되어지는데¹² 그 중에서 hexamethylene diisocyanate의 경우, toluene diisocyanate나 methylene bisphenyl diisocyanate와 함께 가장 많이 활용되는 물질이다. 이들은 유기 radical에 접하여 2개의 NCO 기를 가지고, 활성 수소 원자를 지니고 있는 화합물과 쉽게 반응하는 경향이 있어 강하고 유연성 있는 코팅제 등으로 다양한 산업에 이용되고 있다.¹³⁻¹⁵ 이에 본 연구는 실란과 이소시아나이트계 물질이 친수성 콘택트렌즈 제조에 첨가제로 사용되었을 경우 인장강도와 함수율 효과에 미치는 영향을 비교 분석하였다.

실험 및 방법

시약 및 재료

본 실험에서는 하이드로젤 콘택트렌즈의 주 재료인 HEMA (2-hydroxyethyl methacrylate)와 개시제인 AIBN은 JUNSEI사 제품을 사용하였으며, MMA (methyl methacrylate)와 MA (methacrylic acid)는 Crown Guaranteed Reagents사 제품을, EGDMA (ethylene glycol dimethacrylate)는 Acros사 제품을 사용하였다. 또한 첨가제로 사용된 TEVS (triacetoxivinylsilane)는 Aldrich사 제품을, HDI (hexamethylene diisocyanate)는 Wako사 제품을 사용하였다. 본 연구에 사

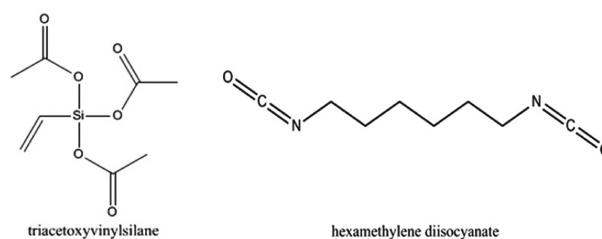


Fig. 1. Structures of additives.

용된 triacetoxivinylsilane과 hexamethylene diisocyanate의 구조를 Fig. 1에 나타내었다.

실험 방법

친수성 하이드로젤 콘택트렌즈 재료의 중합을 위해 HEMA, MMA, MA 그리고 가교제인 EGDMA를 기본 조합으로 하였으며, 기본 조합에 TEVS를 비율별로 조합한 그룹과 기본 조합에 HDI 1%를 첨가한 후 TEVS를 비율별로 조합한 그룹으로 나누어 실험하였다. 콘택트렌즈 제조는 캐스트 몰드법(cast mould)을 사용하였으며, 각각의 재료를 결정된 배합비로 적용하여 조합한 후, 교반기를 사용하여 약 30분~1시간 동안 교반하였다. 중합을 위한 온도와 시간은 70 °C에서 약 40분, 80 °C에서 약 40분 중합하였으며, 마지막으로 100 °C에서 약 40분 열처리 공정을 거쳐 중합을 완성하였다. 제조된 콘택트렌즈 sample은 생리 식염수에 약 24시간 동안 수화시킨 후 함수율, 굴절률, 광투과율 그리고 인장강도 등의 물리적 특성을 평가하였다. 실험에 사용된 각 sample은 기본 조합을 Ref.로, TEVS를 기본 조합에 비율별로 첨가한 그룹을 TVS로 명명하였고 그 비율에 따라 TVS_3, TVS_5, TVS_10, TVS_15로 분류하여 명명하였다. 기본 조합에 1%의 HDI를 첨가한 sample을 Ref.(H), 그리고 Ref.(H)에 TEVS를 비율별로 첨가한

Table 1. Percent compositions of samples

	HEMA	MMA	MA	EGDMA	HDI*	TEVS**
Ref.	96.62	1.93	0.97	0.48	-	-
Ref.(H)	95.69	1.91	0.96	0.48	0.96	-
TVS_3	93.90	1.88	0.94	0.47	-	2.82
TVS_5	92.17	1.84	0.92	0.46	-	4.61
TVS_10	88.11	1.76	0.88	0.44	-	8.81
TVS_15	84.39	1.69	0.84	0.42	-	12.66
TVS(H)_3	93.02	1.86	0.93	0.47	0.93	2.79
TVS(H)_5	91.32	1.83	0.91	0.46	0.91	4.57
TVS(H)_10	87.34	1.75	0.87	0.44	0.87	8.73
TVS(H)_15	83.68	1.67	0.84	0.42	0.84	12.55

HDI*: hexamethylene diisocyanate, TEVS**: triacetoxivinylsilane

그룹을 TVS(H)로 명명하였고 그 비율에 따라 TVS(H)_3, TVS(H)5, TVS(H)10, TVS(H)15로 각각 분류하여 명명하였다. 실험에 사용한 콘택트렌즈 sample의 배합비를 Table 1에 정리하여 나타내었다.

측정기기 및 분석

제조된 친수성 콘택트렌즈의 함수율 측정은 ISO 18369-4:2006을 기준으로 하여 중량측정법(gravimetric method)으로 측정하였다. 굴절률은 ISO 18369-4:2006을 기준으로 측정하였으며, ABBE Refractometer (ATAGO NAR IT, Japan)를 사용하여 수화된 상태의 콘택트렌즈를 측정하였다. 분광투과율의 경우 TM-2 (TOPCON, Japan)를 사용하였으며 UV-B, UV-A 그리고 가시광선 영역을 각각 측정하고 백분율로 표시하여 나타내었다. 인장강도는 AIKOH ENGINEERING 사의 MODEL-RX Series를 사용하여 측정하였으며, 실험은 동일한 단면적을 가진 시편에 대해 0에서 20초의 시간 동안 0.000~1.000 kgf의 힘이 가해졌을 때 렌즈 파괴가 일어나는 최고치를 인장강도 값으로 나타내었다.

결과 및 고찰

Triacetoxyvinylsilane이 첨가된 고분자

중합 및 렌즈 제조

Triacetoxyvinylsilane (TEVS)을 비율별로 조합한 고분자 그룹 모두 무색의 투명한 친수성 하이드로젤 콘택트렌즈가 제조되었으며, 제조된 콘택트렌즈 sample을 0.9%의 염화나트륨 생리 식염수에 24시간 수화시킨 결과 전체적으로 투명하고 유연한 특성을 나타내었다.

함수율 및 굴절률

생성된 고분자 각각의 함수율을 gravimetric method를 사용하여 측정한 결과, TEVS를 첨가하지 않은 Ref.는 36.09%로 측정되어 일반적인 하이드로젤 콘택트렌즈의 함수율과 비슷한 값을 나타냈다. TVES를 비율별로 첨가한 조합의 경우 TVS_3의 평균 함수율은 35.63%로 Ref.보다 낮은 수치를 나타내었고 TVS_5의 평균 함수율은 35.49%, TVS_10 35.43%, 그리고 TVS_15의 경우 35.34%로 나타나 TVES가 첨가될수록 함수율은 다소 감소되는 경향을 나타내었으나 그 영향은 크지 않은 것으로 나타났다.

각 조합의 굴절률을 측정한 결과, TEVS와 HDI를 첨가하지 않은 Ref.가 1.4382로 나타났으며 TEVS를 비율별로 첨가한 조합에서는 TVS_3 1.4382, TVS_5 1.4380, TVS_10 1.4379, TVS_15 1.4376로 각각 측정되었다. 이는 함수율의 경우와 마찬가지로 전체적으로 TVES의 첨가가 굴절률에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

Table 2. Spectral transmittance of samples (TVS)

	Unit: %		
	UV-B	UV-A	Vis.
Ref.	82.0	86.0	89.5
TVS_3	81.5	85.5	89.5
TVS_5	82.0	85.5	90.0
TVS_10	84.0	87.5	90.0
TVS_15	82.5	86.5	90.0

분광투과율

제조된 렌즈의 분광투과율을 측정한 결과, Ref.의 분광투과율은 UV-B 82.0%, UV-A 86%, 가시광선 89.5%로 각각 측정되었다. 이는 일반적인 하이드로젤 콘택트렌즈의 가시광선 투과도를 만족하는 수치였으며, UV-B와 UV-A의 자외선은 차단하지 못하는 것으로 나타났다. 전체 sample의 가시광선 영역의 투과율을 측정한 결과, 89.5~90.5% 범위를 보였으며, TEVS 첨가 그룹 모두 가시광선 영역에서의 투과율의 큰 차이는 나타나지 않았다. 또한 가시광선 및 자외선 영역에 대한 투과율은 UV-B의 경우 81.5~84.0% 범위를, UV-A는 85.5~87.5%를 나타내어 TVES 첨가에 따른 자외선 영역의 분광투과율의 차이는 없는 것으로 나타났다. TVS 조합의 광투과율을 Table 2에 나타내었다.

인장강도

제조된 각각의 친수성 렌즈에 대해 측정된 인장강도의 평균값을 Table 3에 정리하여 나타내었다. 예¹⁴⁻¹⁵등의 연구에 의하면 일반적인 소프트 콘택트렌즈의 인장강도는 약 0.100 ~ 0.200 kgf의 값을 나타내는데 Ref.의 인장강도는 약 0.292 kgf로 일반 콘택트렌즈의 인장강도 보다 다소 높은 값을 나타내었다. 또한 TVES를 비율별로 첨가한 조합에서는 TVS_3 0.346, TVS_5 0.424, TVS_10 0.581, 그리고 TVS_15 0.637로 측정되어 TVES의 첨가 비율이 증가할수록 인장강도는 증가하는 것으로 나타났으며, 그 증가량도 매우 큰 것으로 나타났다. 일반적으로 내구성에 영향을 미치는 인장강도는 함수율에 영향을 크게 받으며, 함수율이 감소할수록 인장강도는 증가하게 된다. 그러나 TVES의 첨가는 함수율을 감소시키지 않으면서 인장강도를 크게 증가시키는 것으로 나타났다. 각 TVS 조합의 인

Table 3. Tensile strength of samples (TVS)

Sample	Tensile strength (kgf)
Ref	0.292
TVS3	0.346
TVS5	0.424
TVS10	0.581
TVS15	0.637

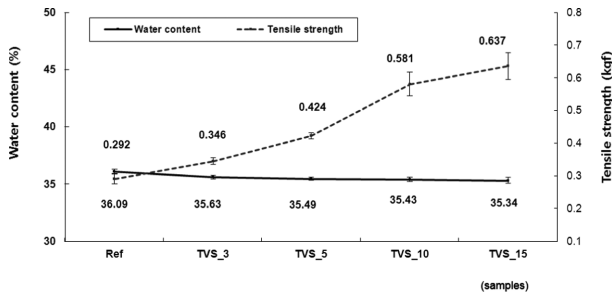


Fig. 2. Effect of triacetoxyvinylsilane on water content and tensile strength.

장강도를 Table 3에 정리하여 나타내었으며, 함수율의 변화에 따른 인장강도의 변화를 Fig. 2에 나타내었다.

Hexamethylene diisocyanate 및 triacetoxyvinylsilane이 첨가된 고분자

중합 및 렌즈 제조

친수성 안의료용 소프트 렌즈 제조를 위한 기본 모노머 조합에 1%의 Hexamethylene diisocyanate (HDI)를 첨가한 후 TVES를 비율별로 조합한 그룹의 경우 고분자 중합 및 제조 후 모두 무색의 투명한 콘택트렌즈가 제조되었으며, 제조된 콘택트렌즈 sample을 0.9%의 염화나트륨 생리 식염수에 24시간 수화시킨 결과 전체적으로 부드럽고 유연한 특성을 나타내었다. 또한 SEM에 의한 표면분석 결과, 울퉁불퉁한 표면이 나타나지 않았으며 전체적으로 매끄러운 표면 특성을 보였다. 제조된 친수성 콘택트렌즈 sample의 표면분석 사진을 대표적으로 Fig. 3에 나타내었다.

함수율 및 굴절률

기본 조합으로 중합한 Ref.에 1%의 HDI를 첨가한 Ref.(H)의 함수율을 측정된 결과, 32.64%로 Ref.조합에 비해 다소 낮게 측정되었다. 이는 HDI의 영향으로 인해 소수성의 특성을 나타낸 것으로 판단된다. 또한 기본 조합에 HDI 1%를 첨가한 후 TVES를 비율별로 첨가한 조합인 TVS(H)_3의 평균 함수율은 32.62%로 나타났으며, TVS(H)_5 32.82%, TVS(H)_10 32.69%, 그리고 TVS(H)_15는 32.44%로 측정되었다. 전체적으로 TVES 첨가에 따른 함수율의 변화는 크지 않은 것으로 나타났다.

기본 조합으로 중합한 Ref.에 1%의 HDI를 첨가한 Ref.(H)의 굴절률은 1.4431로 나타나 Ref. 조합에 비해 높은 굴절력 값을 나타냈으며, 이는 함수율의 감소로 인한 결과로 판단된다. Ref.(H) 조합에 TVES를 비율별로 첨가한 조합의 굴절률은 각각 TVS(H)_3 1.4430, TVS(H)_5 1.4429, TVS(H)_10 1.4430, 그리고 TVS(H)_15는 1.4430로 나타나 TVES 첨가에 따른 큰 변화를 보이지 않았다.

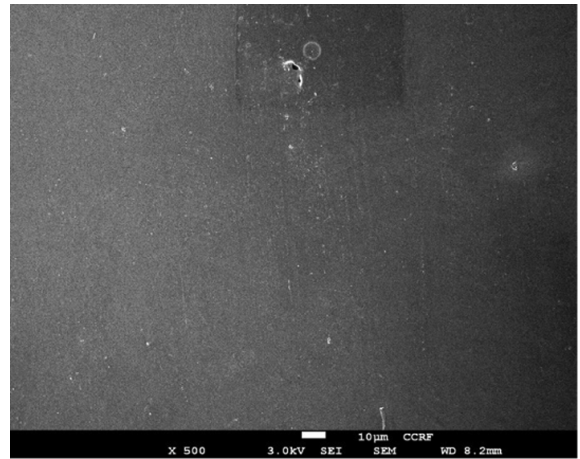


Fig. 3. SEM image of contact lens sample [TVS(H)_3].

분광투과율

기본 조합으로 중합한 Ref.에 HDI 1%를 첨가한 Ref.(H)의 광투과율은 UV-B 81.5%, UV-A 85.0%, 가시광선 영역의 경우, 89.5%의 투과율을 각각 나타내었다. 전체적으로 높은 투과율을 나타내었으며, TVS 조합과 비슷하게 일반적인 하이드로젤 콘택트렌즈의 가시광선 투과도를 만족하는 수치였으며, UV-B와 UV-A의 자외선은 차단하지 못하는 것으로 나타났다. 또한 가시광선 영역의 투과율 차이는 모든 조합에 대해 크게 나타나지 않았다. 자외선 영역의 투과율은 UV-B의 경우 81.0~82.0% 범위를 나타냈으며, UV-A는 85.0~85.5%를 나타내어 HDI와 TVES 첨가에 따른 자외선 투과율 변화는 없는 것으로 나타났다. 모든 조합의 분광투과율 측정결과를 Table 4에 정리하여 나타내었으며, 대표적으로 Ref. 조합과 Ref.(H), TVS_15, 그리고 TVS(H)_15의 분광투과율에 대한 그래프를 Fig. 4에 각각 나타내었다.

인장강도

1%의 HDI를 첨가제로 혼합한 조합인 Ref.(H)의 인장강도는 0.474 kgf로 일반 친수성 콘택트렌즈의 인장강도보다 높은 수치를 나타냈으며, HDI를 첨가하지 않은 Ref. 조합보다 높은 인장강도를 나타내었다. 이는 HDI의 첨가

Table 4. Spectral transmittance of samples [TVS(H)]

	Unit: %		
	UV-B	UV-A	Visible
Ref.(H)	81.5	85.0	89.5
TVS(H)_3	81.0	85.0	89.0
TVS(H)_5	81.0	85.0	89.0
TVS(H)_10	81.5	85.5	89.0
TVS(H)_15	82.0	85.5	92.5

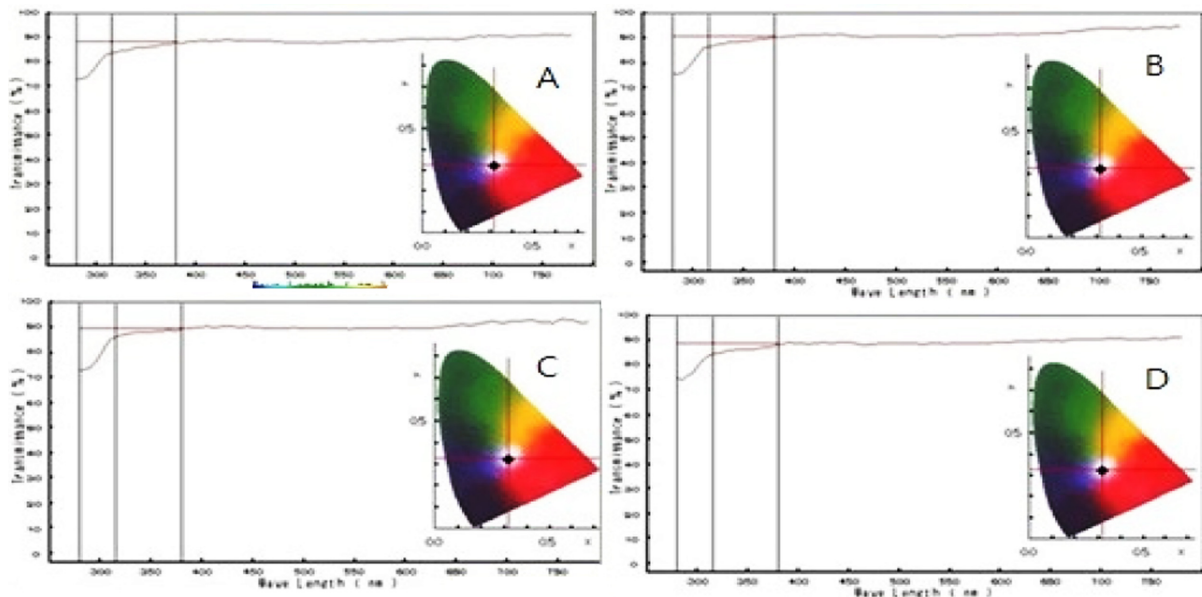


Fig. 4. Spectral transmittance of samples: (A) Ref., (B) Ref.(H), (C) TVS_15, (D) TVS(H)_15.

가 제조된 친수성 콘택트렌즈의 인장강도를 증가시킨 결과로 판단된다. Ref.(H) 조합에 TEVS를 비율별로 첨가한 조합의 인장강도는 TVS(H)_3 0.470 kgf, TVS(H)_5 0.508 kgf, TVS(H)_10 0.603 kgf, 그리고 TVS(H)_15가 0.674 kgf로 측정되었다. TVS(H) 조합의 인장강도 결과를 Table 5에 나타냈으며, sample의 비교를 위해 각 조합에 대한 대표적인 인장강도 결과에 대한 그래프를 Fig. 5에 각각 나타내었다.

기본조합에 HDI를 1%와 TEVS를 비율별로 첨가한 TVS(H) 조합의 경우, 전체적으로 TEVS의 첨가 비율이 증가할수록 인장강도는 증가하는 것으로 나타났으며, TVS 조합과

Table 5. Tensile strength of samples [TVS(H)]

Sample	Tensile strength (kgf)
Ref.(H)	0.474
TVS(H)_3	0.470
TVS(H)_5	0.508
TVS(H)_10	0.603
TVS(H)_15	0.674

마찬가지로 TEVS의 첨가로 인한 함수율의 감소는 나타나지 않았으나 인장강도는 증가하여 TEVS 첨가가 친수성 콘택트렌즈의 인장강도에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 TVS(H) 조합은 HDI를 첨가하지 않은 조

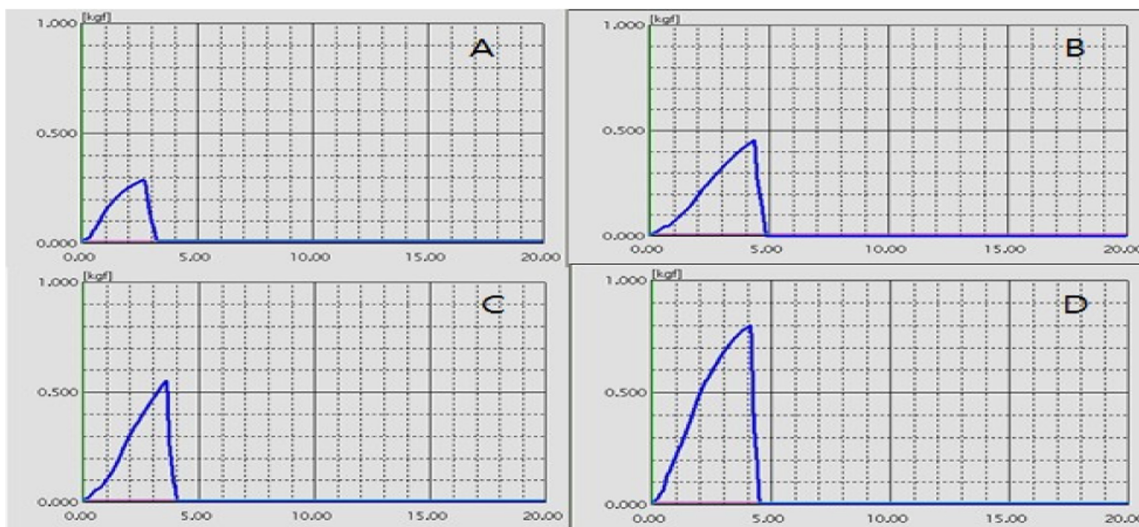


Fig. 5. Tensile strength of samples (A) Ref., (B) Ref.(H), (C) TVS_15, (D) TVS(H)_15.

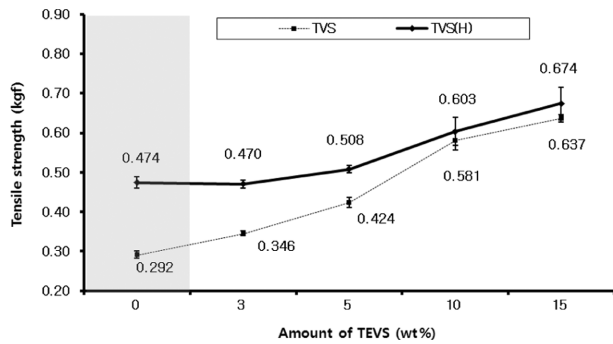


Fig. 6. Effect of hexamethylene diisocyanate and triacetoxivinylsilane on tensile strength.

합과는 전체조합에서 비슷한 인장강도를 나타내어 인장강도에서 HDI의 영향보다 TEVS의 영향을 더 크게 받는 것으로 나타났다. 또한 인장강도의 증가 최대치는 두 조합 모두 비슷한 수치를 나타냈다. TEVS의 첨가에 따른 TVS 조합과 TVS(H) 조합의 인장강도 변화를 Fig. 6에 비교하여 나타내었다.

결론

본 연구에서는 인장강도 향상을 위해 친수성 소프트 콘택트렌즈 재료로 널리 사용되는 HEMA, MA, MMA의 기본 모노머 조합에 triacetoxivinylsilane의 양을 점차적으로 증가시켜 각각의 배합비를 통해 중합하였다. 제조된 친수성 렌즈의 굴절률, 인장강도, 광투과율, 흡수율 등의 물리적 특성을 측정하였다. 그 결과, 흡수율과 굴절률은 triacetoxivinylsilane의 첨가에 따른 변화가 크지 않았으며, 가시광선 투과율은 모든 조합에서 89% 이상의 투과율을 나타내었으나 자외선 차단성은 없는 것으로 나타났다. 인장강도의 경우, TEVS의 첨가는 인장강도를 크게 증가시키는 것으로 나타났으며, triacetoxivinylsilane의 첨가비율이 증가할수록 인장강도는 점차적으로 증가하는 것으로 나타났다. 또한 1%의 hexamethylene diisocyanate를 첨가할 경우 인장강도는 향상되는 것으로 나타났으나 hexamethylene diisocyanate에 비해 triacetoxivinylsilane의 첨가가 더 큰

영향을 주는 것으로 나타났다. 본 실험 결과를 통해 볼 때 triacetoxivinylsilane는 하이드로젤 콘택트렌즈의 기본적인 물리적, 광학적 특성을 만족하면서 흡수율의 감소를 유도하지 않고 내구성 및 인장강도를 향상시킬 수 있는 물질로 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

Acknowledgments. 이 논문은 2012년도 세한대학교 교내연구비 지원에 의하여 씌어진 것을 밝힌다.

REFERENCES

- Kim, T. H.; Ye, K. H.; Kueon Y. S.; Sung, A. Y. *Korean Oph. Opt. Soc.* **2006**, *11*(3), 259.
- Ye, K. H.; Kim, T. H.; Sung, A. Y. *Korean Oph. Opt. Soc.* **2008**, *13*(3), 29.
- Cecil, W.C.; Charles, M.P.; Paul, W.K. *J. AWWA.* **1962**, *54*, 208.
- Ye, K. H.; Cho, S. H.; Sung, A. Y. *J. Korean. Chem. Soc.* **2009**, *53*(5), 542.
- Kim, T. H.; Kim, D. E.; Sung, A. Y. *J. Korean Chem. Soc.* **2009**, *53*(5), 547.
- Kim, T. H.; Sung, A. Y. *J. Korean Chem. Soc.* **2010**, *54*(6), 761.
- Ye, K. H.; Kim, T. H.; Sung, A. Y. *Korean J. Vis. Sci.* **2008**, *10*(1), 63.
- Ye, K. H.; Kim, T. H.; Sung, A. Y. *Korean J. Vis. Sci.* **2008**, *10*(2), 123.
- Cho, S. A.; Kim, T. H.; Sung, A. Y. *Korean J. Vis. Sci.* **2011**, *13*(2), 127.
- Kim, J. T.; Lee, D. H.; Shon, J. R. *J. of Korean Ind. & Eng. Chemistry.* **1982**, *20*(6), 433.
- Song, S. K.; Kim, J. H.; Hwang, K. S.; Ha, K. R. *Korean. Chem. Eng. Res.* **2011**, *49*(2), 181.
- Sim, J. B.; Shin, K. S.; Hwang, T. S. *Journal of Adhesion and Interface* **2010**, *11*(2), 63.
- Pack, C.M.; Choi, S. O.; Jeong, N. H. *J. Korean oil Chemists' Soc.* **2010**, *27*(4), 461.
- Ye, K. H.; Sung, A. Y. *Korean J. Vis. Sci.* **2010**, *12*(3), 209.
- Ye, K. H.; Kim, T. H.; Sung, A. Y. *Korean J. Vis. Sci.* **2009**, *11*(4), 307.