

## 폴리에틸렌글리콜, 트리아세틴 및 글리세린이 셀룰로오스 아세테이트 가소화에 미치는 효과

김기홍 · 김도영 · 김상구\* · 김도현\*\* · 서관호†

경북대학교 응용화학공학부 고분자공학, \*우성 케미칼, \*\*도레이 케미칼  
(2015년 1월 12일 접수, 2015년 2월 17일 수정, 2015년 2월 22일 채택)

## Effect of Polyethylene Glycol, Triacetin and Glycerin on the Cellulose Acetate Plasticizing

Gi Hong Kim, Do Young Kim, Sang Gu Kim\*, Do Hyeon Kim\*\*, and Kwan Ho Seo†

Department of Polymer Science and Engineering, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

\*R&D Center, WooSung Chemical Co., LTD, Do-dong, Yeongcheon-si, Gyeongbuk 770-230, Korea

\*\*Toray Chemical Korea Inc., Gwanggyo-ro, Suwon-si, Gyeonggi-do 443-270, Korea

(Received January 12, 2015; Revised February 17, 2015; Accepted February 22, 2015)

**초록:** 셀룰로오스 아세테이트(CA)는 분자간 강한 수소결합에 의해 용융 온도가 200 °C보다 높다. 그래서 용융 과정에서 CA의 열분해가 나타나게 된다. 일반적으로 CA의 열분해를 피하기 위해서 CS<sub>2</sub> 또는 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>와 같은 용매를 사용해서 CA를 용해시켜 사용하게 된다. 하지만, 이들 용매는 유해하기 때문에 공정의 개선이 필요하다. 본 연구에서는 CA 가소화를 위해 기본적으로 폴리에틸렌글리콜(PEG)을 사용하였다. 그리고 글리세린(GC) 및 트리아세틴(TA) 가소제를 함께 사용함으로써 가소화의 상용성 및 가소화 효과를 향상시키려 하였다. 각각의 함량에 따라 CA/PEG/TA와 CA/PEG/GC를 제조한 뒤 열적, 기계적 물성을 측정하였다. 유리전이온도( $T_g$ ), 용융흐름지수, 열분해 온도, 인장강도, 신장률, 충격강도를 분석한 결과, CA/PEG/TA는 가소화 효과는 약간 감소하나 기계적 물성의 큰 증가를 확인할 수 있었고, CA/PEG/GC의 경우에는 GC의 함량이 5 phr일 때 가소화 및 기계적 물성의 약간의 증가를 확인할 수 있었다.

**Abstract:** Cellulose acetate (CA) has a melting point higher than 200 °C due to strong intermolecular hydrogen bonding. The thermal decomposition of CA can proceed after melting. In order to avoid the hardship in melting, solvent such as CS<sub>2</sub>, or H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> has been used to dissolve CA. Owing to the harmful nature of these solvents, the improvement in the process is highly desired. In this study, polyethylene glycol (PEG) was used as a plasticizing for CA. Triacetin (TA) and glycerin (GC) were used to improve compatibility and plasticizer effect respectively. The thermal and mechanical properties of the CA/PEG/TA and CA/PEG/GC were tested at different composition ratios. The CA/PEG/TA shows significantly increment in mechanical properties but plasticizing effect was reduced to some extent, while the CA/PEG/GC have a slight increase in mechanical properties and plasticizer effect only at GC content of 5 phr.

**Keywords:** cellulose acetate, polyethylene glycol, triacetin, glycerin.

## 서 론

셀룰로오스는 지구상에서 가장 흔한 유기화합물이며 식물은 해마다 10<sup>14</sup>kg의 셀룰로오스를 만들어내는데, 이는 지구상의 유기화합물 중 가장 많은 양이다.<sup>1</sup> 또한 셀룰로오스는 연간 바이오매스 약 1.5×10<sup>12</sup> 톤의 생산량을 가지고, 친환경

및 생체적합한 제품의 수요증가에 맞게 거의 무한한 자원으로 고려되고 있다.<sup>2,4</sup> 그리고 셀룰로오스 사슬의 O-H 그룹에 의해 분자간 또는 분자 내 강한 수소 결합의 형성으로 결정 구조가 촉진되고, 뾰족한 특징을 가지게 된다.<sup>4</sup>

셀룰로오스 유도체는 셀룰로오스 반복 단위에 존재하는 -OH 그룹을 니트로화, 아세틸화 또는 에스테르화 반응으로 치환하여 수소결합을 감소시킨다. 이렇게 감소시킨 셀룰로오스는 셀룰로오스 나이트레이트(CN), 셀룰로오스 아세테이트(CA), 메틸 셀룰로오스(MC), 에틸 셀룰로오스(EC) 등이 있다.<sup>5-8</sup>

이 중 셀룰로오스 아세테이트(CA)는 셀룰로오스의 에스테

†To whom correspondence should be addressed.

E-mail: khseo@knu.ac.kr

©2015 The Polymer Society of Korea. All rights reserved.

르화 반응을 통해서 열가소성 물질로 만들어진다. CA의 주요한 특징으로는 경도, 충격강도, 투명성, 표면 질감, 높은 광택 등이 있다.<sup>9,10</sup> 현재 다른 가소제와 첨가제에 의한 셀룰로오스 에스테르는 다양한 그레이드로 상업적인 셀룰로오스 플라스틱으로 압출 생산된다. 대부분 상업적인 셀룰로오스 아세테이트는 필름 및 섬유 형태의 형태로 넓게 응용되고 있다. 몇몇 셀룰로오스 바이오고분자의 적용은 포토그래피의 필름 기판, 칫솔, 의약품에서의 필터막 그리고 자동차 코팅 등에 사용되고 있다.<sup>11</sup> 더욱이, 최근에는 CA 생분해성의 잠재력에 대해서 보고되고 있다.<sup>12,13</sup> CA의 생분해 속도는 아세틸 그룹 치환(degree of acetyl-group substitution, DS)에 따르게 되는데 CA의 DS가 감소함에 따라 생분해의 속도는 증가하게 된다. CA 제품의 경우에는 생분해성으로 인한 물성의 영향을 최소화하기 위해 오히려 생분해 속도를 조절하기도 한다.<sup>11,14</sup> 일반적으로 셀룰로오스 아세테이트는 DS가 2.2보다 작게 되면 토양 및 해양에서의 생분해가 가능하게 되어 생분해성으로 적절하게 된다. 아세틸기의 치환수가 2.2~3.0이 되면 생분해성이 감소하게 된다. 셀룰로오스 아세테이트의 주요 단점으로는 용융 과정에서 용융 온도와 열분해의 온도가 아주 가깝다는 것이고, 이는 셀룰로오스 아세테이트의 치환되지 않은 -OH의 수소 결합으로 인해 나타나게 된다.<sup>14</sup> 이런 단점으로 인해 셀룰로오스 아세테이트는 열가소성 가공품으로 사용하기 위해서 가소화가 필요로 되어 진다. 가소제는 자동차산업부터 의료까지 여러 제품으로 응용이 되고, 유연한 플라스틱을 생산하기 위한 가소제의 효과는 오랫동안 잘 알려져 있다. 가소제는 제품을 사용하는 동안 조금씩 방출(migration) 되게 되는데, 이런 가소제 방출 문제로 인해 엄격한 요구사항을 필요로 한다. 건강과 안전 문제에 대한 연구가 높아지게 되면서 때때로 천연 물질의 가소제는 고분자의  $T_g$ 를 낮추는 능력만큼 중요성을 가지게 되었다. 생분해 고분자 상업품의 보급 때문에, 최근 연구에서는 상용성이 있고 또한 생분해가 되는 가소제 개발에 집중하고 있다.<sup>15,16</sup> 그 중 트리아세틴(TA)은 음식 첨가제로 사용될 수 있고 담배 필터에 이미 적용되고 있는 가소제이다. TA는 끓는점이 259 °C를 가지고 있기 때문에 용융 과정에서 가소제의 손실이 최소화 되는 장점이 있다.<sup>17</sup> 그리고 폴리올은 생분해성 고분자를 위한 또 다른 가소제로 연구되고 있다. 글리세린(GC)은 생분해성 고분자와 함께 종종 사용되어 셀룰로오스 섬유로 보강된 열가소성 전분(thermoplastic starch, TPS)의 열분해를 줄이기 위해 발견되었다.<sup>18</sup> 그러나 아세톤에서의 글리세린은 낮은 혼화성을 가지기 때문에 CA와 용매 블렌딩 방식에서 적용의 어려움을 가진다. 폴리에틸렌글리콜(PEG)은 유연하고, 수용성 고분자이며 또한 아세톤에서도 녹는 고분자이다. Rosa 등의 연구에서는 CA와 PEG400 또는 PEG1500의 블렌딩은 CA의  $T_g$ 를 감소시키고, CA의 인장강도를 강화시켜준다고 보고되어 있다.<sup>19</sup>

본 연구에서는 CA/PEG의 상용성 및 가소화 효과를 향상시키기 위해 TA와 GC 가소제를 각각 사용하였다. 이를 위해 함량에 따라 CA/PEG/TA와 CA/PEG/GC를 제조한 뒤 열적, 기계적 물성을 측정하였다. 동적 점탄성, 열분해 온도, 용융 흐름지수, 인장강도, 신장률, 충격강도를 측정하였고, 이를 통해 CA/PEG에 대해 TA와 GC의 가소화 및 상용화제의 효과에 대해 살펴보았다.

## 실 험

**시약 및 재료.** 본 실험에서 사용된 셀룰로오스 아세테이트(CA)는 Eastman에서 시판되는 CA-398-30(acetyl 39.8% DS=2.5)를 사용하였으며, 가소제인 PEG600, triacetin은 Dae-Jung, glycerin은 OCI로부터 구입하여 사용하였다.

**셀룰로오스 아세테이트 가소화.** CA는 상온에서 진공으로 3시간 이상 건조한 뒤 사용하였다. CA와 가소제를 함께 배합한 뒤 Brabender사의 Plasticoder PLE331을 통해 블렌드하였다. 블렌드 조건은 210 °C에서 50 rpm으로 5분간 mixing 하였다. CA 단독의 경우 Plasticoder를 통한 블렌드의 어려움이 있어 가소제 총량을 25 phr(part per hundred resin)로 고정하였다. 각각의 조성비는 CA 대비 PEG, PEG/GC, PEG/TA의 조성비를 25/0, 20/5, 15/10, 10/15 무게비로 각각 조절하였다.

**동적 점탄성.** PEG/GC 및 PEG/TA의 가소화된 CA의 동적 점탄성 특성을 알아보기 위해 Perkin-Elmer사의 dynamic mechanical analyzer(N535, 이하 DMA)를 통해 분석하였다. 동적 점탄성 분석을 위해 가소화된 CA를 유압프레스로 너비 10 mm, 길이 30 mm, 두께 0.4±0.05 mm로 직사각형 필름 시편으로 제작하였다. 승온 속도는 10 °C/min, 온도 범위는 30~200 °C까지, 진동수는 1 Hz 조건으로 하여 동적 점탄성 분석을 하였다.

**용융 흐름 지수.** 가소화된 CA의 용융 흐름 지수(melt flow index, 이하 MFI)의 변화를 보기 위해 DAVENPORT사의 MFI 10을 사용하여 용융 흐름 지수를 측정하였다. 측정 조건은 압출기에서의 성형온도와와의 관계를 고려하여 230 °C에서 2.16 kg의 하중으로 pre-heating을 5분간 한 후 2분간 나온 무게의 양을 측정한 뒤 환산하였다.

**열 중량 분석.** 가소화된 CA의 가소제별 열분해 온도를 알아보기 위해 열 중량 분석기(thermogravimetric analysis, 이하 TGA) TA사의 Q2000을 사용하여 열분해 온도를 측정하였다. 열 중량 분석은 질소기체 40 mL/min에서 퍼징 가스를 유지하고, 승온 속도 10 °C/min로 30~450 °C까지 분석을 하였다.

**기계적 물성.** 가소화된 CA의 기계적 물성은 만능재료시험기(Instron M4465, 이하 UTM)로 ASTM D638 규정에 따라 측정하였다. 가소화된 CA의 기계적 물성 중 인장강도, 신장

를 측정하기 위해 시편을 사출기를 통해 사출온도 240 °C, 사출압력 95 MPa, 사출시간 20초, 사출속도 70 mm/s 조건으로 하여 시편을 제작하였다. 제작한 시편을 통해서 crosshead speed는 200 mm/min으로 하였다. 그리고 load cell은 5 kN으로 고정하였다. 결과 값은 5개 시편의 값 중 최대, 최소값을 빼고 나머지 값을 평균내어 나타내었다.

**충격강도.** 가소화된 CA의 내충격성은 izod impact tester (TM 52004, TESTINGMACHINES)를 이용하여 ASTM D256 규정에 따라 측정하였다. 가소제 종류 및 함량에 따른 충격특성을 측정하기 위해 시편을 사출기를 통해 사출온도 240 °C, 사출압력 95 Mpa, 사출시간 20초, 사출속도 70 mm/s 조건으로 하여 시편을 제작하였다. 30 kg hammer를 사용하여 시편을 가격하였고, 결과 값은 5개 시편의 값 중 최대, 최소값을 빼고 나머지 값을 평균내어 나타내었다.

### 결과 및 토론

**동적 점탄성 분석.** Figure 1, 2는 CA에 PEG, GC, TA 가소제 함량별로 혼합하여 제조된 필름의 tanδ 곡선을 나타내고, Table 1은 가소화된 CA의 T<sub>g</sub>를 나타내었다. 일반적으로 용매를 통해 제조된 순수 CA의 T<sub>g</sub>는 약 190 °C를 나타내게 되는데<sup>20</sup> 가소화시킨 CA의 경우 전반적으로 T<sub>g</sub>가 140~150 °C로 나타나는 것으로 보아 가소화가 잘 일어난 것으로 판단된다. 이 T<sub>g</sub> 결과를 통해서 CA와 가소제의 상용성을 확인할 수 있다. 가소제의 함량이 증가함에 따라 T<sub>g</sub>의 움직임이 나타나게 되는데, 이때 하나의 T<sub>g</sub>가 나타날 때 CA와 상용성이 있다고 판단할 수 있다.<sup>21</sup> Figure 1, 2에 나타난 것과 같이 PEG 단독으로 사용했을 경우에는 T<sub>g</sub>가 151 °C로 하나의 피크가 나타나는 것으로 보아 CA와의 상용성이 있는 것으로 보인다. 또한 이미 분자량이 400인 PEG의 경우 CA와의 상용성이 좋다고 잘 알려져 있다.<sup>20-22</sup> PEG 단독의 경우 T<sub>g</sub>가 약 151 °C로 나타나고 GC를 함께 넣어 준 경우 GC의 함량이 높아짐에 따라 오히려 T<sub>g</sub>가 약 144, 148, 149 °C로 감소 효과가 적게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. PEG 단독보다 GC를 함께 사용했을 경우 T<sub>g</sub> 감소가 일정하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 하지만, 함량이 증가함에 따라 T<sub>g</sub> 감소가 작게 일어나는 것을 확인할 수 있다. 이는 GC의 함량이 5 phr일 때에는 가소화의 증가된 효과를 볼 수 있지만 그 이상의 함량에서는 큰 효과가 나타나지 않는 것으로 판단된다. TA를 함께 넣어 준 경우에는 T<sub>g</sub>의 큰 변화를 확인할 수 없는 것으로 보아 가소화의 효과가 미미한 것으로 판단된다. 그리고 TA의 함량이 높아짐에 따라 tanδ 피크가 넓게 나타나고 또한 15 phr에서는 피크가 두 개로 나뉘는 것을 확인할 수 있다. 이는 PEG와 TA 각각 CA 가소화에 영향을 주는 것으로 TA의 함량이 높아짐에 따라 CA와 PEG, TA의 상용성은 떨어지는 것으로 보인다. PEG와 TA의 상용성이 떨어지는 것은 PEG

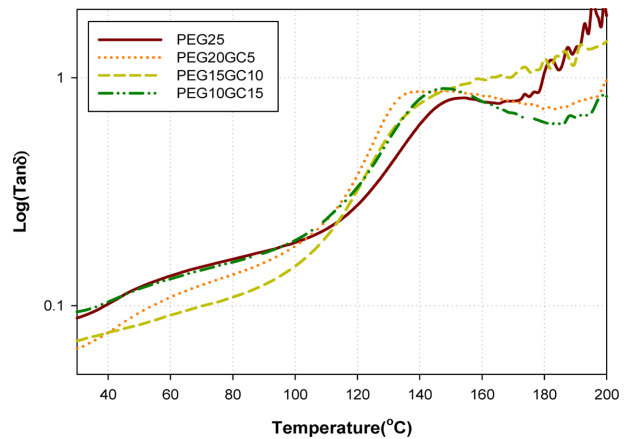


Figure 1. tanδ of CA/PEG/GC blend films with different composition ratios.

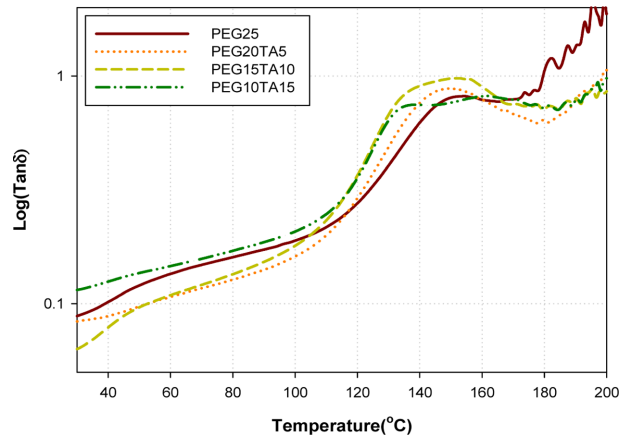


Figure 2. tanδ of CA/PEG/TA blend films with different composition ratios.

Table 1. T<sub>g</sub> of Plasticized CA

Sample (CA/PEG/GC/TA)	T <sub>g</sub> (°C)
100/25/0/0	151
100/20/5/0	144
100/15/10/0	149
100/10/15/0	149
100/20/0/5	148
100/15/0/10	151
100/10/0/15	138, 160

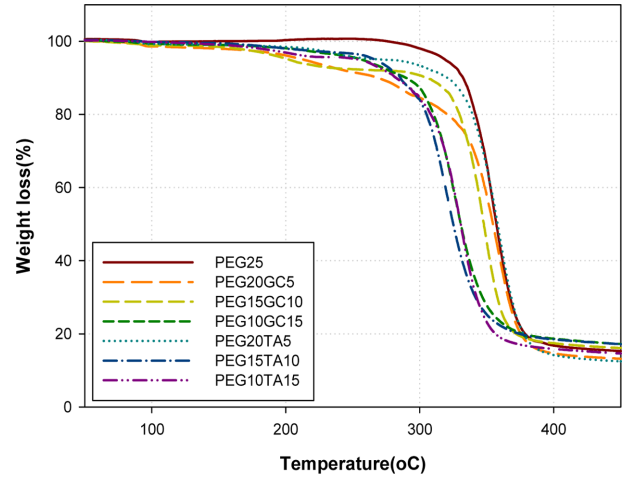
는 친수성을 가지고, TA는 소수성을 가지기 때문에 블랜드 시 상분리가 일어나 가소화가 각각 따로 나타나는 것으로 생각한다. GC의 경우에는 PEG와 같이 친수성을 가지기 때문에 TA보다 상분리가 적게 나타나는 것으로 생각된다.

**Table 2. MFI of Plasticized CA**

Sample (CA/PEG/GC/TA)	MFI(g/10 min)
100/25/0/0	7.495
100/20/5/0	8.328
100/15/10/0	7.175
100/10/15/0	7.287
100/20/0/5	6.094
100/15/0/10	6.188
100/10/0/15	6.275

**용융 흐름 지수(MFI) 분석.** Table 2에서는 230 °C에서 가소화된 CA의 MFI를 나타내었다. PEG 단독의 경우는 약 7.495로 나타나고, GC가 들어간 경우에는 5 phr를 제외하고는 PEG 단독과 크게 차이가 나지 않는 것을 볼 수 있다. TA가 들어갔을 때에는 오히려 MFI가 약 6으로 조금 떨어지는 것을 볼 수 있다. 이는 위에서 언급했듯 친수성인 PEG와 소수성인 TA의 혼화성의 부족으로 인해 MFI의 값이 떨어지는 것으로 보인다. 이는 앞에서  $T_g$ 의 분석을 통한 가소화의 경향성과 비슷하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. TA의 경우에는 가소화의 효과가 오히려 감소하는 것으로 판단된다.

**열 중량 분석.** TGA 분석 결과로 가소화된 CA의 열적 안정성을 Figure 3과 Table 3에 나타내었다. Figure 3은 온도에 따른 무게 감소율을 나타내었고, Table 3에서는 열분해 온도를  $^{10}T_d$ ,  $^{50}T_d$ 로 나타내었는데 이는 시편의 무게가 10, 50%의 감소가 일어났을 때를 나타내었다.  $^{50}T_d$ 를 확인해보면 GC 및 TA가 5 phr 들어간 경우 단독 PEG의 열분해 온도보다 약간 높거나 큰 차이가 나타나지 않는 것을 볼 수 있다. 하지만, 그 이상의 함량이 들어간 경우 오히려 열분해 온도  $^{50}T_d$ 가 떨어지는 것을 확인할 수 있다. GC 및 TA가 CA의  $^{50}T_d$ 를 감소시키는 역할을 한다고 판단된다. 그리고 PEG 단독의 경우보다 GC 및 TA를 사용했을 때 무게 감소가 더 빨리 일어나는 것을  $^{10}T_d$ 를 통해 알 수 있다. 이는 분자량이 상대적으로 작은 GC( $92.09 \text{ g/mol}^{-1}$ )와 TA( $218.20 \text{ g/mol}^{-1}$ )의 열분해가 먼저 일어나는 것으로 판단된다. PEG, TA, GC의 끓는점은 200, 259, 290 °C를 가지는데 TA의 함량이 10 phr 이상에서는  $^{10}T_d$ 가 290 °C보다 낮게 형성되어 있는 것으로 보아 PEG 및 TA의 기화가 일어나는 것으로 생각된다. 이는 함께 사용하였을 경우 두 가소제의 혼화성의 부족으로 인해 쉽게 마이그레이션되어 기화가 일어나는 것으로 보인다. 이는 PEG 단독의 경우 PEG의 기화가 크게 나타나지 않지만 TA를 함께 사용했을 경우 무게 감소가 빨리 나타나는 것으로 확인할 수 있다. 그리고 TA가 5 phr이 들어갔을 때에는 오히려  $^{50}T_d$ 의 감소가 거의 나타나지 않았고,  $^{10}T_d$  또한 가장 작은 감소를 보였다.

**Figure 3. TGA thermograms of plasticized CA.****Table 3. Thermal Decomposition of Plasticized CA**

Sample (CA/PEG/GC/TA)	TGA <sup>a</sup>	
	$^{10}T_d$ (°C)	$^{50}T_d$ (°C)
100/25/0/0	332	357
100/20/5/0	268	354
100/15/10/0	305	347
100/10/15/0	289	330
100/20/0/5	320	358
100/15/0/10	285	324
100/10/0/15	282	330

<sup>a</sup>Decomposition temperatures measured by TGA for a 10% of weight loss( $^{10}T_d$ ) and 50% of weight loss( $^{50}T_d$ ).

**기계적 물성 분석.** Figure 4와 Figure 5는 가소화된 CA의 인장강도와 신장률을 나타내었다. CA/PEG/GC의 경우에는 GC의 함량이 높아짐에 따라 인장강도가 높아지는 것을 볼 수 있다. 또한 인장강도가 증가함에 따라 신장률은 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 GC 가소제가 CA의 인장강도를 높여주고, 신장률의 감소에 영향을 주는 것이라고 생각되어진다. CA/PEG/TA의 경우에는 전체적으로 PEG단독 가소화보다는 인장강도 및 신장률의 증가를 볼 수 있다. 하지만, TA의 함량이 10 phr까지는 인장강도의 증가가 나타나다가 15 phr에서는 오히려 일정 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 신장률에서도 10 phr까지는 신장률의 감소가 나타나다가 일정 증가하는 것을 확인할 수 있었다. TA의 함량 15 phr에서는 위에서 언급했듯이 가소제의 상 분리로 인해 각각 가소화가 발생하여 물성이 일정 부분 감소하는 것으로 판단된다. 이는 상 분리로 인해 균일한 가소화가 이루어지지 못하고 불균일한 계면형성으로 인해 물성의 감소가 나타나는 것으로 판단된다. 하지만, TA의 경우에는 인장강도의 증가 및

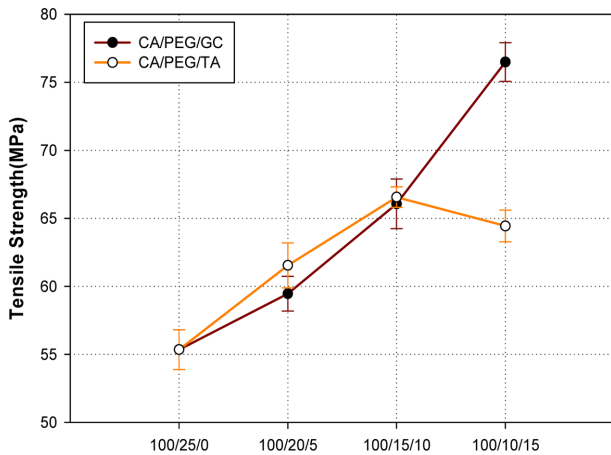


Figure 4. Tensile strength of plasticized of CA.

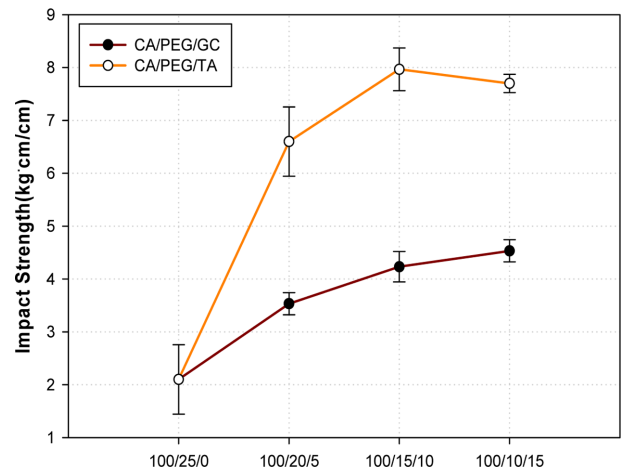


Figure 6. Izod impact strength of plasticized of CA.

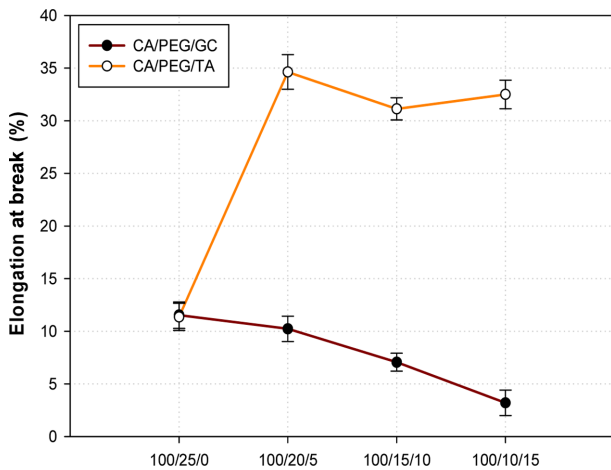


Figure 5. Elongation at break of plasticized of CA.

신장률의 증가가 같이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 또한 함량 10 phr까지는 GC와의 인장강도 증가폭도 비슷하게 나타나는 것으로 보아 함량 10 phr까지는 GC보다는 TA가 기계적 물성에 더 효과적이라 생각된다.

**충격강도 분석.** Figure 6은 가소화된 CA의 충격강도를 나타내었다. PEG 단독의 경우 GC, TA와 함께 사용한 경우보다 충격강도가 낮게 나오는 것을 볼 수 있었고, GC, TA 각각 함량이 증가할수록 충격강도가 높아지는 것을 볼 수 있다. 하지만, TA의 경우가 GC보다 충격강도의 더 큰 증가를 볼 수 있었다. 충격강도에서도 역시 TA의 함량이 15 phr로 높아지게 되면 충격강도가 더 이상 증가하지 않고 약간 감소하는 것을 확인할 수 있다. TA의 함량이 높아지게 되면 PEG와 각각 따로 가소화가 일어나면서 물성에 영향을 주는 것으로 판단된다. 또한 TA의 함량이 10 phr 이상이 되면서 TA가 CA에 가소화 임계점에 도달한 것으로 생각된다. TA의 함량 10 phr에서 가소화의 임계점이 도달하게 됨으로써 더 이상의

물성이 증가하지 않는 것으로 생각될 수 있다.<sup>22</sup>

## 결론

CA에 PEG, PEG/GC, PEG/TA를 통해 가소화를 진행하였다. 이를 통해 PEG 단독의 가소화와 GC 및 TA를 함께 사용했을 시 가소화의 효과, 열분해 온도, 용융 흐름 지수, 인장강도, 신장률, 충격강도를 평가하였다.

CA/PEG/GC 및 CA/PEG/TA의  $T_g$ 를 분석한 결과 GC를 5 phr의 적은 함량으로 넣었을 때  $T_g$ 의 감소를 확인할 수 있었다. TA의 경우에는  $T_g$ 의 감소를 크게 확인할 수 없었다. 오히려 함량이 많아짐에 따라 GC의 경우  $T_g$ 의 감소가 적게 일어났고, TA의 경우에는 두 개의  $T_g$ 가 나타남으로써 PEG, TA의 상용성이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다.

용융 흐름 지수를 통해서도  $T_g$  분석과 마찬가지로 GC의 경우, 함량 5 phr에서 가소화의 효과로 인해 MFI의 증가를 확인할 수 있었다. 하지만, 함량 10 phr 이상에서는 큰 가소화 효과를 볼 수 없었고 MFI의 변화도 단독 PEG와 크게 차이가 나지 않음을 확인하였다. TA의 경우에는 가소화 효과를 크게 확인할 수 없었다. 오히려 MFI의 감소를 확인할 수 있는데, 이는 TA의 경우 PEG와의 상용성이 부족하다는 것을 확인하였다.

열 중량 평가를 통해 각각 가소제의 열분해 온도를 살펴본 결과, GC 및 TA의 함량이 증가하면 열분해 온도가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 하지만, TA 5phr를 넣은 경우에는 오히려 열분해 온도  $^{10}T_d$  및  $^{50}T_d$ 의 감소가 가장 적은 것으로 확인할 수 있었다.

가소화된 CA의 인장강도, 신장률, 충격강도를 살펴본 결과, GC를 함량을 증가할 경우 PEG 단독보다는 인장강도와 충격강도는 증가하나 신장률의 감소를 나타내고, TA의 경우에는 인장강도의 증가와 함께 신장률, 충격강도의 증가도 함

께 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 하지만, 함량이 15 phr에서는 오히려 물성의 감소가 나타나는 것을 확인할 수 있었다. TA의 경우에는 GC보다 높은 충격강도의 향상을 확인할 수 있었다.

이로부터, CA/PEG, CA/PEG/GC, CA/PEG/TA의 가소화 및 물성을 살펴본 결과, CA/PEG/TA의 경우에는 가소화의 역할은 부족하지만 높은 열적 특성, 기계적 물성의 향상을 확인하였다. CA/PEG/TA(100/20/5 phr)가 물성에서 가장 높은 효과를 나타내는 것을 확인하였다. GC의 경우에는 5 phr에서는 가소화의 효과가 나타나고 또한 상대적으로 TA의 물성향상보다는 부족하지만 일정 물성의 증가를 확인할 수 있었다. 이는 CA/PEG에 TA를 상용화제로 5 phr 함량으로 한 조성물이 물성 향상에 가장 유리한 것으로 확인했다.

**감사의 글:** 본 연구는 산업통상자원부 광역경제권선도산업육성사업의 지원으로 이루어졌으므로 이에 감사합니다.

## 참 고 문 헌

1. N. A. Campbell and J. B. Reece, *Biology*, 8th edition, Benjamin Cummings, USA, p 72 (2007).
2. D. Klemm, H.-P. Schmauder, and T. Heinze, *Biopolymers*, E. Vandamme, S. D. Beats, and A. Steinbchel, Editors, Wiley-VCH, Weinheim, Vol 6, p 290 (2002).
3. D. L. Kaplan, *Biopolymers from Renewable Resources*, D. L. Kaplan, Editor, Springer, Berlin, p 1 (1998).
4. D. Klemm, B. Heublein, H.-P. Fink, and A. Bohn, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **44**, 3358 (2005).
5. L. Y. Mwaikambo and M. P. Ansell, *Angew. Makromol. Chem.*, **272**, 108 (1999).
6. X. Lu, M. Q. Zhang, M. Z. Rong, G. Shi, G. C. Yang, and H. M. Zeng, *Adv. Compos. Lett.*, **8**, 231 (1999).
7. D. N. S. Hon and M. S. L. Josefina, *J. Polym. Sci., Part A: Polym. Chem.*, **27**, 4143 (1989).
8. D. N. S. Hon and N. J. Ou, *J. Polym. Sci., Part A: Polym. Chem.*, **27**, 2457 (1989).
9. A. Ach, *J. Macromol. Sci., Pure Appl. Chem.*, **30**, 733 (1993).
10. J. Brydson, *Plastics Materials*, 7th edition, Butterworth-Heinemann, UK, 1999.
11. K. J. Edgar, C. M. Buchanan, J. S. Debenham, P. A. Rundquist, B. D. Seiler, M. S. Shelton, and D. Tindal, *Polym. Sci.*, **26**, 1607 (2001).
12. C. M. Buchanan, R. M. Gardner, and R. J. Komarek, *Polym. Sci.*, **47**, 1709 (1993).
13. R. J. Komarek, R. M. Gardner, C. M. Buchanan, and S. Gedon, *J. Appl. Polym. Sci.*, **50**, 1739 (1993).
14. K. J. Edgar, T. J. Pecorini, and W. G. Glasser, in *Cellulose Derivatives-Modification, Characterization and Microstructures*, T. J. Heinze and W. G. Glasser, Editors, ACS Symposium Series, ACS, Washington DC, Vol 688, p 38 (1998).
15. M. Rahman and C. S. Brazel, *Polym. Sci.*, **29**, 1223 (2004).
16. R. Quintana, O. Persenaire, L. Bonnaud, and Ph. Dubois, *Polym. Chem.*, **3**, 591 (2012).
17. L. V. Lavrecque, R. A. Kumar, V. Dave, R. A. Gross, and S. P. McCarthy, *J. Appl. Polym. Sci.*, **66**, 1507 (1997).
18. A. J. F. Carvalho, M. D. Zambon, A. A. S. Curvelo, A. Gandini, *Polym. Degrad. Stabil.*, **79**, 133 (2003).
19. D. S. Rosa, C. G. F. Guedes, F. Casarin, and F. C. Braganca, *Polym. Test.*, **24**, 542 (2005).
20. J. H. Guo, *Drug Dev. Ind. Pharm.*, **13**, 1541 (1993).
21. Y. Yamashita and T. Endo, *J. Appl. Polym. Sci.*, **100**, 1816 (2006).
22. J. Yuan, P. P. Shang, and S. H. Wu, *Pharm. Technol.*, **25**, 62 (2001).