

상용화제 첨가가 화이트 바이오 생분해 플라스틱 필름의 인장강도와 토출량과 비중에 미치는 영향

한정구¹ · 박승준² · 이범수³ · 박형우^{4*}

¹(주)에이유

²한국 산업기술대학

³연변대학 식품공학과

⁴한국 HMR 협회

Effects on the Tensile Strength and Discharge Volume of the White Biodegradable Plastic film added Compatibilizer

Jung-gu Han¹, Seung Joon Park², Li Fanzhu³, and Hyung Woo Park^{4*}

¹AU Ltd. Chemical Engineering & Biotechnology

²Korea Polytechnic University

³Dept. Food Sci. & Eng. of Yanbian Uni., China

⁴Korea HMR Association

Abstract Today, plastic waste has become a critical social issue due to the increasing of plastic consumption. Korean annual per capita plastic consumption was 132 kg, the most plastic consuming country in the world. Internationally, Carbon Neutral Agreement is underway due to global warming, consumers' interest and needs for biomass-based plastics has also been increased. In this study, film was produced by adding composite use additives to the biomass-based plastics according to concentration, and the resulting changes in discharge volume, melt index, and tensile strength were investigated. Melt index (MI) was significantly higher in PLA and PBAT than in petroleum-based resin LLDPE and LDPE. Also, among the same resin or in the same treatment group, MI has been increased when the heating temperature is increased. The discharge volume and gravity of the BDP-2 to which 4% compatibilizer was added were found to be higher among all treatments, while the tensile strength of MD and TD was also higher. BDP-2 was suitable to the film producing methods for biodegradable film production.

Keywords Biodegradable film, compatibilization, discharge volume, melt index

서론

대한민국의 생분해성 플라스틱에 관한 연구는 93년 과거의 기술개발 과제로 선정되면서 제일합섬, 삼양사, 이레화학, SK, LG화학, 대상 등에서 본격적으로 연구를 진행하였다. 현재 국내 대기업 및 중소기업 등의 일부 기업 이외에는 선진국 수준에는 현저히 못 미치는 것으로 평가되며, 원천 기술개발의 저변 확대가 필요하다. 분해성 플라스틱

관련 기술개발 및 특허 현황은 주로 전분, 식물체, 지방족 폴리에스테르 관련 기술이고 원료 특성상 제품 다양화에 한계가 있어 응용제품 개발 및 원료 개질기술 개발이 시급한 실정이다. 국내 생분해 플라스틱 소재기술은 (주)대상 등에서 TPS라는 전분 생분해성 플라스틱 소재를 개발했고, SK Chemical의 바이오 플라스틱은 에코젠, 이레화학(현재-롯데정밀화학)과 지오 솔테크 등이 지방족 폴리에스테르 석유계 가수분해 생분해 수지 PBAT, PBS, PBST, PBSA를 중합 공정으로 생산하거나 수입하며 상용화하고 있다. 중견기업인 에코바이오에서는 말포 PLA 용기를 김밥용, 샌드위치용 등 10여 품목의 식품에 포장용 트레이로 제조하여 CU 등에 상품화하고 있다. 전분 관련 기술은 전분의 경제성 및

*Corresponding Author: HyungWoo Park
Korea HMR Association
Tel: +82-10-9965-6561
E-mail: hwpark10@naver.com

발포 가능한 장점이 있으나, 전용 생산설비를 신규로 구축해야하며 관련 기계개발이 필요하고 소재의 내수성 및 가소성 문제해결과 제품 강도 개선 및 분해 기간이 너무 짧아 제품 응용성 및 생산성이 저하되는 단점이 있어 추가 기술개발이 없이는 사업화에 어려움이 있다. 천연 식물체 복합 생분해 수지 분야는 기존 생분해성 바이오플라스틱 소재의 제품 응용 및 생산성 저하와 중합공정으로 고가의 합성 고분자 제품의 단점을 보완한 기술이다. 2015년 이후 기존 생분해 기술의 단점으로 지적된 고가의 생산비 개선, 생산성 및 가공성 제고, 물성 등을 개선시키기 위해 복합분해 메커니즘에 의한 플라스틱 분해기술 개발이 활발하다. 해외에서는 캐나다 EPI, 미국과 일본의 합작사인 노본 저팬, 미국의 BioLogiQ사 ESR의 네이처 워스, 중국의 하이슨 등이 PLA 바이오 플라스틱 수지제품을 판매하고 있으며 사탕수수를 이용한 Bio-PE 제품은 브라질의 Braskem사가 개발하여 상용화하였다. PE, PP 등 폴리 올레핀계 플라스틱의 자연환경에서 완전분해(물, 이산화탄소 및 바이오매스 생분해)에 관련된 고분자 산화 생분해 연구^{1,4)}와 롯데정밀화학과 대상 등에서 폴리올레핀, 전분, PCL, 지방족 폴리 에스테르(PBAT), 산화 촉진제 등을 이용하여 복합생분해가 가능한 복합분해 관련 기술을 개발하고 있으나, 제조 원가가 높고 분해 기간조절이 어려운 단점 이 있다. 국내의 복합 분해기술은 소재 관련한 원천기술보다는 응용 기술 분야에 치우치고 있어 소재 원천기술 개발이 필요한 실정이다. 2010년을 기점으로 기후변화에 따른 지구온난화 문제의 대두로 생분해성 플라스틱 육성정책에서 광합성 식물체 기반 물질을 플라스틱 대체물질로 활용한 탄소 저감형 바이오 플라스틱의 연구개발이 진행되고 있다⁵⁾. SK 케미칼은 바이오매스 함유량이 30~70% 이상인 에코젠을 개발 출시하여 가전제품, 식품 용기, 필름 분야에 응용하는 등 탄소 저감을 위한 친환경 소재의 산업에 적용을 추진하고 있다. 현실적으로는 국내 친환경 플라스틱 시장은 고가의 생분해 플라스틱, 바이오 플라스틱(에코젠, Bio-PE, Bio-PET, Bio-PP 등)보다 결합방식에 의해 생산된 개질 복합화 바이오 베이스 플라스틱이 대량 산업화의 가능성이 크다. 결합방식에 의한 바이오 베이스 플라스틱은 기존 생 분괴성 플라스틱 대비 인장, 신장 등 물성이 개선되며, 최종 생분해 기간의 제어가 중요한 농업 분야, 식품 포장재 분야, 산업용, 자동차, 지하매설용 산업분야에 적용되고 있으며 그 확산 속도가 매우 빠르게 증가하고 있다. 국내 기업은 신소재 개발보다 가공 및 성형 기술 등이 발달하여 응용 및 상용화 제품 위주의 산업을 형성하고 있다. 그러나 바이오 플라스틱 원료를 대부분 수입하고 있는 실정으로 기술개발을 통한 수입대체와 품목 다양화가 시급하고, 곡물 등의 자원이 비교적 한정적이기 때문에 이를 대체할 수 있는 식물자원의 발굴과 식물자원이 풍부하고 농업이 발달한 해외(중국,

베트남, 동남아)의 협력이 필요하다. 최근에는 국내에서도 관심이 증가하여 바이오 플라스틱 소재를 전문적으로 생산하는 업체가 늘어나고 있고 국내외 업체 간의 상호 기술공유, M&A, 등 협력 사업이 활발하여 컨소시엄을 이루며 공동사업을 추진하고 있어 소재수급으로 인한 장벽이 줄어들고 있다. 문재인 정부에서는 탄소중립을 2030년까지 40%로 감축하는 방안을 발표하여 추진 중이다. 특히 석유계 플라스틱을 대체할 바이오플라스틱의 컨버팅기술 개발이 매우 시급한 실정이다. 따라서 바이오 플라스틱을 비롯한 바이오 화학 소재의 중요성이 강조됨에 따라 중소기업 고유업종인 바이오플라스틱의 컨버팅(가공)기술개발과 산업 분야의 투자가 절실한 상황이다. 교토의정서 이후 지구온난화가 화두가 되면서 해외 선진국에서는 식물 광합성의 산물인 탄소 중립(Carbon Neutral)식물체 바이오매스를 이용한 탄소 저감(Carbon reduction)형 바이오 플라스틱 제조기술 및 바이오 기반 생분해성 플라스틱기술이 개발되어 사업화를 진행하고 있으며, 바이오 플라스틱 소재로 가장 많이 쓰이는 옥수수, 옥수수 추출물 과 사탕수수 등 탄소 중립형 바이오매스로 만든 바이오 베이스 플라스틱(Bio-based Plastics)은 탄소 저감이 되면서, 부가적으로 자연분해가 가능해 친환경 소재로 주목받고 있다. 현재의 시장 구조는 전분 계를 근거로 한 완충재를 대표로 하는 발포 폼 포장재 용도로 15%, PBS 계를 주재료로 한 농림수산 토목 자재 용도로 10%, 지방족 Polyester(PBS, PBAT) 및 PLA를 사용해 음식물 쓰레기 회수 봉투 등 포장 소재 용도로 40%, PLA를 주원료로 투명봉투나 필기구류 등의 문구 및 산업 부자재 용도로 35%가 사용되고 있다. 현재 바이오 플라스틱 시장은 환경규제가 강한 미국, 유럽, 일본을 중심으로 형성되어 있으며 그 중 유럽은 전체 바이오 폴리머 시장의 60% 정도를 차지하는 세계 최대시장을 형성하고 있다. 지역별 바이오 플라스틱의 수요를 보면 서유럽지역이 40%, 북미 지역이 30%, 일본이 20%의 수요를 나타내며, 이들 나라는 정부 주도하에 바이오 소재 활용을 위한 체계적인 대책을 마련하고 있다⁶⁻⁸⁾. 기존 생분해성 제품의 제품 응용 및 생산성 저하, 광분해제품의 단점, 고가의 합성 고분자 제품의 단점을 보완하여 기존의 생산 기계를 사용할 수 있고, 제조 원가가 저렴하면서도, 복합적 분해 메커니즘에 의한 플라스틱 분해기술 개발이 전 세계적으로 활발하다. 국내에서도 폴리올레핀, 전분, PCL, 지방족 폴리 에스테르, 광분해제 등을 이용하여 생분해/광분해가 가능한 복합분해 관련 특허가 많이 출원되어 있다⁹⁻¹⁰⁾. 일반적으로는 복합분해 메커니즘은 2 또는 3단계로 나누어 설명할 수 있는데, 이들 분해단계는 반드시 차례대로 분해가 되어야 하는 것은 아니고, 동시에 분해 작용이 진행되어 상호 협동작용으로 분해를 일으키는 것으로 알려져 있다. 1단계로 폴리머 중에 함유된 폴리사카라이드 등의 미생물에 의한 분해로 폴리머

의 물성 강도, 신장률 저하 및 다공성 폴리머로 변화 등 물리적 붕괴를 일으키거나 2단계의 화학적 분해로 자외선 열화, 산화 촉진제와 자동 산화 진행에 의한 폴리올레핀계 폴리머의 분자량 저하 및 미세 입자화에 의한 열적, 화학적 분해과정을 거치게 된다. 최종적으로 3단계에서는 미생물 또는 효소에 의한 분해를 일으켜 산화탄소, 물 또는 바이오매스를 생산하게 되는데, 실제로 자연환경에서는 상기 3가지 분해는 상호 동시 및 상호 보완적으로 진행된다. 복합분해는 사용되는 수지의 종류, 산화를 촉진하는 촉매, 미생물 및 효소에 의한 분해 정도, 생분해 물질의 성질에 따라 차이가 있다. 본고에서는 바이오플라스틱 소재에 복합 상용화제 첨가제를 농도별로 첨가하여 필름을 생산 시 토출량, 용융지수, 인장강도 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 재료

1) 주재료 : 사용한 PBAT는 Jinhui Zhaolong High Tech. (China)의 Ecoworld를 사용하였으며

2) 물성 개선을 위한 첨가제; CaCO₃ (오미야코리아사의 Omit, Japan) 및 황토를 5~15% 첨가하여 물리적 컴파운드하였고, 여기에 경도보강 및 실링 가공성 극 대화를 위하여 PLA(NatureWorks사 grade no 2003D, USA)를 10~18% 첨가하고, 상용화제(BIBP로 칭함)로 Peroxan BIB-40 GS (Pergan GmbH사. 독일)를 300ppm 이하로 첨가한 다음, 컴파운드를 개질하였다.

3) 컴파운드 : 기계적 물성을 가진 PBAT 복합 수지를 제조하는 것이 1차 목적이므로 먼저 PBAT 수지에 LDPE 15% (한화 케미칼 grade no. 5321)와 LLDPE 85%(롯데 케미칼 grade no 315)를 브랜딩 한 수지 혼합물을 PBAT 대비 15%w/w, 희석 과산화물은 총 중량 대비 2%w/w를 첨가하고 펠릿 상의 수지와 분말 상의 상용화제 과산화물의 고른 분포 및 분산을 위해 1%w/w의 liquid wax 를 혼합해 압출 후 필름을 제조하였다. PBAT와 폴리에틸렌의

상용성 및 복합화 소재 배합비를 나타낸 것은 Table 1과 같다. 상용화제를 넣지 않고 PBAT 수지에 LLDPE를 15% 첨가하여 복합화 소재를 만든 것을 BDP라 칭하며, 상용화제 2%를 첨가하고 복합화 소재를 만든 것을 BDP-0이라 칭하고, BDP-0의 배합조 건에서 상용분산 안정성을 확보하기 위하여 2µm 입경의 무기물(CaCO₃; 5%, 황 토; 10%)을 첨가하여 복합화 소재를 만든 것을 BDP-1이라 칭하며, BDP-1의 미 분산 현상을 개선하기 위하여 상용화제 함량을 4% 첨가하여 복합화 소재를 만든 것을 BDP-2라고 칭하며, BDP-2의 gelation 현상을 줄이기 위해 상용화제를 6% 첨가하여 복합화 소재를 제조한 것을 BDP-3이라 칭하며, 상용화제 8%를 첨가한 복합화 소재를 제조한 것을 BDP-4로 칭하였다.

4) 교반분산제 : liquid wax는 liquid paraffin(MDL, LTD. CO., USA)으로 순도 98%를 사용하였다.

2. 시험방법

1) 필름 생산

PBAT를 75-88%, LLDPE/LDPE를 15%를 최종 배합량 대비 첨가하였고, 여기에 과 산화물 상용화제 BIBP를 농도별로 추가하여 합이 100%가 되도록 하여 필름을 제조하였다.

2) 물성 측정

인장강도는 ASTM D 3826 방법에 따라서 MD(Machine direction), TD(Transverse direction)⁵⁾ 방향의 필름을 25 × 100 mm로 재단된 시료에 대해서 필름별로 물성을 측정하였다. 분석 장비는 INSTRON CORPORATION사 3367 모델 UTM(Universal Testing Machine)을 사용하여 각각의 필름 5개로 두께 및 오차를 감소시키기 위하여 최소 3회 이상 시험을 진행하였으며 Load cell은 50 kg을 사용하였고 기계의 인장 속도(Testing Speed Range) 100 mm/min으로 설정하여 실험을 진행하였다. 복합화를 위해 사용한 재료들의 압출시의 작업성과 분산도를 등을 예측하고자 조사한 용융지수(Melt Index)는 KS M 3070법에 의해 안⁹⁾ 등의 방법을 준용하여 측정하였다.

Table 1. Mixing ratio(%) of complexation materials and compatibilization

	LDPE	PBAT	BDP	BDP-0	BDP-1	BDP-2	BDP-3	BDP-4	Characteristic
PBAT	-	90	80	85	67	67	67	67	Biodegradable
PLA		10							PLA2003D
LDPE(15%)/LLDPE(85%)	100	-	15	15	15	15	15	15	Plastic
CaCO ₃	-	-	5	-	5	5	5	5	Filler
Illite 2~4 µm	-	-	-	-	10	10	10	10	Filler
Liquid wax	-	-	-	3	3	3	3	3	Dispersant
Mixing powder (CaCO ₃ 99% MA 1%)		2							MA(maleic anhydride)
BIBP-2	-	-	-	2	2	4	6	8	Solid content 2%
Total Volumn	100	102	100	105	102	104	106	108	

결과 및 고찰

1. 용융지수(MI)

필름생산 시 압출 작업성 및 각 수지의 혼합성과 상용성 제고를 위한 분산도 등을 알아보려고 분석한 PBAT, LLDPE 315, LDPE 521와 PLA의 용융지수를 조사한 것은 Table 2와 같다. 140°C에서 용융지수는 PBAT와 PLA가 각각 4.10과 4.20으로 높았으며, LLDPE와 LDPE는 0.05와 1.40으로 나타났다. 석유계 수지인 LLDPE와 LDPE의 용융지수가 현저히 낮게 나타난 것을 볼 때 생분해성 수지보다 그만큼 용융 시 분산성이 좋고 압출공정에서 작업성이 좋다는 것을 알 수 있는 지표였다. 가열온도가 140°C에서 190°C로 높아짐에 따라 용융지수는 높아졌는데 PBAT는 4.10에서 7.80으로, LLDPE는 0.05에서 1.15로 LDPE는 1.40에서 3.00으로 PLA는 4.20에서 9.50으로 증가하였다. 온도가 증가할수록 수지의 흐름이 더 좋아지고 있었는데 흐름이 좋으면 생산성, 즉 압출기에서 토출량이 많아지게 된다는 것을 의미한다.

또 복합화 생분해 소재들의 온도별 용융지수를 측정한 것은 Table 3과 같다. 동일 heating temperature에서 복합화 생분해 소재 량이 증가함에 따라 용융지수는 감소한 것으로 나타났다. 그러나 Table 2의 분석결과와 같이 동일 수지나 동일 처리구에서는 heating temperature가 증가함에 따라 용융지수가 증가한 것으로 나타났다. complex viscosity의 추세와 마찬가지로 BIBP 함량이 증가하면서 melt index 값이 감소했다. Melt index는 blow 필름 압출에서 압출기의 가열구역 온도를 설정할 때 자주 사용된다. 또, 동일 온도에서 MI값의 변화를 살펴보면, 첨가제 함량이 0%에서 8%까지 증가함에 따라 MI값이 140°C의 경우 4.1에서 2.8로, 150°C의 경우 5.9에서 3.7로 170°C의 경우 6.7에서 4.5로 감소한 것으로 나타났는데 이는 복합화물질이 증가함에 따라 용융지수가 감소한다는 박¹¹⁾의 보고와 일치하였고, 김¹²⁾도 PP에 엘라스토머를 첨가함에 따라 블랜드의 용융 흐름 지수

를 측정하였는데 POE(Polyolefin Elastomer)의 종류와 상관없이 함량이 증가할수록 MFI(melt flow index)가 감소함을 확인 하였고 이는 POE가 PP의 유동성을 억제하고 점도를 증가시키기 때문이라고 하는 보고와도 일치함을 알 수 있었다.

2. 복합화 필름의 토출량 및 비중 측정

다음 Table 4는 생분해 소재를 첨가함에 따라 생산성 즉 압출기에서 토출량과 제품의 상품화를 고려 시 비중 등을 측정하였다. 복합화 생분해 소재 첨가량별 압출기 실린더와 Adapter 및 Die의 온도변화와 이때 Air ring과 Motor 및 롤러의 속도(rpm/min)와 필름 토출량(g/min)과 필름의 비중을 나타낸 것이다. 아래 Table 4에서 각 처리구별 토출량과 비중을 살펴보면 LDPE 350 g/min과 0.92 g/cm³, PBAT는 390에 1.26, BDP는 3.05에 1.21, BDP-0는 320에 1.25, BDO-1는 365에 1.26, BDP-2는 385에 1.27, BDP-3는 320에 1.28, BDP-4는 297에 1.29로 각각 나타났다. 생분해 소재들 중 BDP-2가 토출 량이나 비중 모두 다른 처리구에 비해 가장 높았고 비중도 큰 것으로 나타났는데 이는 Hadi¹³⁾의 LLDPE 필름을 압출하면서 slip agent 첨가량 증가에 따른 압출량 즉 토출량이 증가했다는 보고와 유사한 경향을 나타냈으며, 또 BDP-2의 경우 합성수지 LDPE의 비중 0.92 보다 1.27로 38% 더 높아 이 복합화소재로 발포트레이를 생산할 수 있는 가능성이 있으며, 발포를 하면 그만큼 원재료 량을 줄일 수 있기 때문에 원가가 낮아질 수 있는 키 포인트가 될 수 있다고 사료 되었다.

3. 복합화 생분해 필름의 인장강도 측정

복합화 생분해 필름들의 MD방향 인장강도를 측정할 결과는 Fig. 1과 같다. LDPE는 2,113 N/cm²로 나타났으며, PBAT는 1,476 BDP는 965였고 BDP-0은 1,139 BDP-1은 1,224로 나타났으며 BDP-2는 2,053으로 최고치를 나타냈으며, BDP-3는 1,732, BDP-4는 1,323으로 나타난 결과로부

Table 2. Melt index on the heating temperature of materials

	140°C	150°C	170°C	190°C	Production Company
PBAT	4.10	5.90	6.70	7.80	China/Jihui
LLDPE 315	0.50	0.65	0.78	1.15	Korea/Lotte Chem.
LDPE 5321	1.40	2.30	2.70	3.00	Korea/Hanhwa Chem.
PLA 2003D	4.20	5.70	8.30	9.50	US/NatureWorks

Table 3. Melt index on the heating temperature of biodegradable materials

Heating Temperature	PBAT	BDP	BDP-0	BDP-1	BDP-2	BDP-3	BDP-4
140°C	4.10	4.80	4.50	4.60	4.00	3.40	2.80
150°C	5.90	5.40	5.00	4.90	5.30	4.70	3.70
170°C	6.70	7.20	6.70	6.90	6.70	5.30	4.50

Table 4. Discharge volume and specific gravity on the complexation materials in producing biodegradable film

Sample	Temperature(°C)						Speed (rpm/min)			Discharge Volume (g/min)	Gravity (g/cm ³)
	Cylinder 1	Cylinder 2	Cylinder 3	Cylinder 4	Adapter	Dies	Air ring	Motor	Roller		
LDPE	150	155	165	170	170	175	1150	159.5	53.6	350	0.92
PBAT	135	140	145	150	155	160	1742	145.7	47	390	1.26
BDP	130	135	140	145	145	150	1832	135.0	40	305	1.21
BDP-0	135	140	145	145	150	150	1827	135.0	42	320	1.25
BDP-1	135	140	145	150	155	160	1758	143.5	45	365	1.26
BDP-2	135	140	145	155	160	164	1775	140.2	46	385	1.27
BDP-3	145	150	155	160	165	170	1650	135.4	40	320	1.28
BDP-4	150	155	160	165	170	175	1580	130.2	38	297	1.29

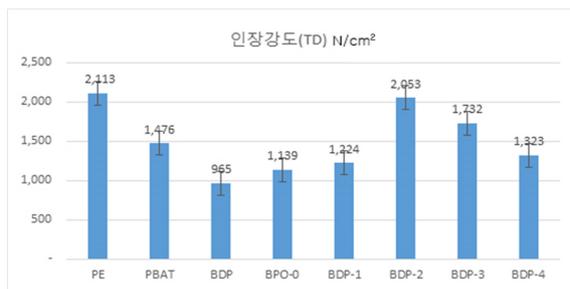


Fig. 1. Tensile strength of complexation biodegradable film in MD.

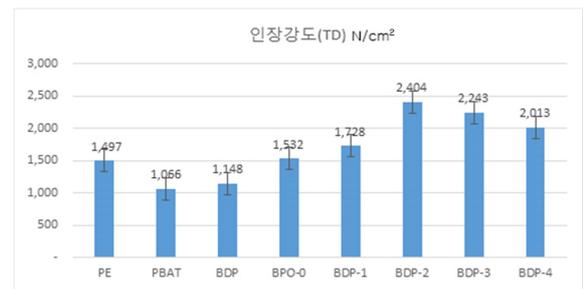


Fig. 2. Tensile strength of complexation biodegradable film in TD.

터 BDP-2 처리구에서 MD방향의 인장강도가 가장 높게 나타나 복합화 생분해 필름은 BDP-2가 제조용으로 가장 적합한 것으로 사료되었다. 양 등¹⁴⁾은 PLA에 레몬그라스 오일을 1-3%까지 첨가함에 따라서 인장강도와 연신율을 조사하였는데 31.99 MPa에서 12.19까지 감소했고 연신율은 205%에서 22%로 감소했다고 보고하였는데 이는 첨가제인 레몬그라스 오일과 상용화제의 차이 때문이라고 사료되었다.

복합화 생분해 필름들의 TD방향 인장강도를 측정 한 결과는 Fig. 2와 같다. LDPE는 1,479 N/cm²로 나타났으며, PBAT는 1,066 BDP는 1,148였고 BDP-0은 1,532 BDP-1은 1,728로 나타났으며 BDP-2는 2,404로 최고치를 나타낸 후 BDP-3부터 감소하는 것으로 나타났다. 즉 BDP-2 처리구에서 TD방향의 인장강도가 가장 높게 나타나 복합화 생분해 필름은 BDP-2가 제조용으로 가장 적합한 것으로 사료되었다.

Fig. 1과 Fig. 2에서 LDPE의 경우는 MD방향의 인장강도가 TD방향의 인장강도 보다 41%높게 나타났으며 PBAT의 경우도 각기 1,476과 1,066N/cm²로 나타나 MD방향의 인장강도가 TD 방향의 인장강도 보다 38.5% 높게 나타났다. 복합화 생분해 필름의 경우도 MD방향의 인장강도가 TD방향의 인장강도 보다 15-20% 더 높게 나타났다. 생산된 필름을 냉각하는 air ring은 dies에서 필름이 토출된 후

복합수지 필름의 투명도 및 필름 버블(bubble) 형성과 안정화¹⁵⁾에 중요한 역할을 한다. 이상의 결과로부터 BDP-2가 복합화 생분해 필름 제조용 제조 방법으로 가장 적합한 것으로 나타났다.

요 약

우리나라가 1인당 플라스틱 연간 소비량이 132 kg(2019)으로 세계1위로 나타났고, 지구온난화와 탄소중립을 위한 국제적 협약이 진해되고 있으며 소비자들도 바이오플라스틱에 대한 관심과 니즈가 증가하고 있어, 바이오플라스틱 소재에 복합 사용화 첨가제를 농도별로 첨가하여 필름을 생산 시 토출량, 용융지수, 인장강도 변화를 조사하였다. 석유계 수지인 LLDPE와 LDPE보다 PLA와 PBAT에서 용융지수가 현저히 높은 것으로 나타났으며 동일 수지나 동일 처리구에서는 heating temperature가 증가함에 따라 용융지수가 증가한 것으로 나타났다. 상용화제 4%를 첨가한 BDP-2 처리구에서 토출량도 비중도 우수한 것으로 조사되었으며, MD 및 TD 방향의 인장강도도 높게 나타나 BDP-2가 복합화 생분해 필름 제조용 제조 방법으로 가장 적합한 것으로 사료되었다.

참고문헌

1. Kim, K. W. 2000. Synthesis of high-molecular-weight poly (L-lactic acid) by direct polycondensation. 한국과학기술원. 국내석사.
2. 박진주. 2013. Preparation and Properties of Graphene Based Polymer Nanocomposites. 부산대학교, 96, 국내석사.
3. 고일웅. 2013. Synthesis and Characterization of Various Organic-Inorganic Hybrid Nanocomposites. 한국교통대학교 일반대학원. 74. 석사학위논문.
4. Scott, A. Huettel, A. Song, W. and Gregory M. 2014. Functional Magnetic Resonance Imaging. Third Edition. Sunderland (Massachusetts): Sinauer.
5. 강경수, 김봉식, 장우열, 신부영. 2009. Polylactic acid/ Poly(butylene adipate-co-terephthalate)/ CMPS 블렌드 형태학, 열적 및 기계적 특성. Polymer. 33(2), 164-168.
6. 임팩트. 2014. 바이오 화학 기술 동향과 시장전망. 95과 138
7. 이준우. 2012. 생분해성 플라스틱 시장전망과 정책적 제언. KISTI Market Report 2. Issue2, 16~19.
8. 정명희. 2010. BIOPLASTIC 정보집(11). 한국화학연구원 정밀화학정책연구센터. 1-18.
9. 안병두. 2006. 광분해성 플라스틱의 분해 성능 평가방법 개발 최종보고서. 한국화학시험연구원. 16-35
10. 박상용, 한규성, 김희수 양한승, 김현중. 2005. 바이오복합재료 제조공정 시 제조 온도 및 시간에 의한 영향 평가. 서울대학교 목재 공학. 33(1). 29-37.
11. 박병욱. 2016. 생분해성 필름용 재료 개발 및 필름 제조공정의 개발. (주)우성케미 칼, 25-97.
12. 김도영. 2016. Polypropylene/Polyolefin elastomer의 블렌드 물성과 발포특성, 경 북대학교 석사학위 논문.
13. Hadi, N. H. N. A., Abidin, M. F. Z. and Shuib, R. K. 2018, Roles of slip agent in blown film extrusion of linear low density polyethylene. Journal of Engineering Science. 14. 61-70.
14. Yang, H. J. and Song, K. B. 2016. Application of Lemongrass Con-taining Polylactic Acid Films to the Packaging of Pork Sausages. Korean J. Food Sci. An. 36(3). 421-426.
15. PHongdilokkul, P., Keeratipinit, P. S., Chawthai, S., Hararak, B., Seadan, M. and Suttiruengwong, S. 2015. A study on properties of PLA/PBAT from blown film process. Global Conference on Polymer and Composite Materials. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 87.

투고: 2021.09.11 / 심사완료: 2021.11.30 / 게재확정: 2021.12.02