

RESEARCH ARTICLE

# 바이오 폴리머 기반 3D 프린팅 농산물 포장재 개발

변익송<sup>1</sup>, 최영준<sup>2</sup>, 이주오<sup>3</sup>, 이성민<sup>4</sup>, 선우훈<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>순천대학교 농업기계공학과, <sup>2</sup>순천대학교 융합바이오시스템기계공학과, <sup>3</sup>순천대학교 동물자원학과, <sup>4</sup>순천대학교 기계공학과

## Development of a Biopolymer-based 3D Printing Packaging Material for Agricultural Products

Ik-song Byun<sup>1</sup>, Youngjun Choi<sup>2</sup>, Juo Lee<sup>3</sup>, Sungmin Lee<sup>4</sup>, Hoon Seonwoo<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Agricultural Machinery Engineering, Suncheon National University, Suncheon, 57922, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Convergent Biosystems Engineering, Suncheon National University, Suncheon, 57922, Republic of Korea

<sup>3</sup>Department of Animal Science and Technology, Suncheon National University, Suncheon, 57922, Republic of Korea

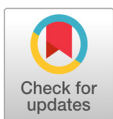
<sup>4</sup>Department of Mechanical Engineering, Suncheon National University, Suncheon, 57922, Republic of Korea

\*Corresponding author: [uhun906@gmail.com](mailto:uhun906@gmail.com)

### Abstract

The global use of plastic continues to grow because of plastic packaging, becoming the largest contributor to environmental pollution. To solve this issue, we developed a three-dimensional (3D) printing packaging system with biopolymer for agricultural products to reduce plastic usage and solve the environmental pollution problem. To model the packaging materials according to the shape of a matsutake mushroom, data were obtained using a 3D scanner and relevant software. Then, 3D modeling was conducted using Fusion 360™ software. A digital light processing 3D printer was used to make the output, and printing speed was adjusted using chitobox® and used. Using biodegradable polylactic acid (PLA) resin and 3D scanners and printers, customized agricultural packaging materials were successfully fabricated. The biodegradability of the packaging material was confirmed through experimentation. This study is expected to reduce plastic usage and increase the marketability of high-value agricultural products by enhancing their storage capabilities.

**Keywords:** plastic pollution, agricultural packaging, polylactic acid, 3D printing, biodegradable



### OPEN ACCESS

DOI: <https://doi.org/10.12972/jame.20230002>

**Received:** September 12, 2023

**Revised:** November 06, 2023

**Accepted:** November 21, 2023

**Copyright:** © 2023 Journal of Agricultural Machinery Engineering



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## Introduction

현재 농산물 포장재의 종류 중 플라스틱 포장재는 제작하는 과정에 있어 가격이 저렴하고 열 또는 압력으로 쉽게 성형하여 대량생산이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 그러나 플라스틱은 분해가 어렵기 때문에 매립하거나 소각하는 과정에서 계속 누적되어 지속적인 환경오염 문제를 발생시키고, 분해되는 과정에서 미세플라스틱으로 변하면서 생태계와 인간에게 직접적인 악영향을 끼치고 있다(MacLeod, M. et al. 2021). 또한 플라스틱은 한정된 자원인 석유에서 추출한 화학물질로 제조되기 때문에 자원고갈을 유발하는 등 여러가지 단점을 가지고 있다(Rhodes, C. J. 2018). 따라서 이러한 플라스틱이 가지는 문제점들을 해결하기 위해서는 비석유기반으로 제조되면서 생분해가 잘 이루어지는 친환경 폴리머를 이용해야 한다(Iwata, T. 2015). 그 중에서도 옥수수나 사탕수수 등의 식물로 만드는 생분해성 수지인 polylactic acid(PLA)는 세계적으로 생분해성 고분자화합물 중 가장 많이 생산되고 있는데, 인체에 무해하고 다른 생분해성 고분자에 비해 우수한 열 가공성을 지니고 있으며, 분해성이 뛰어나다는 장점이 있어 전세계적으로 각광받는 친환경 폴리머 중 하나이다(Moon, J. et al. 2016). 친환경 폴리머는 식물 유래이기 때문에 한정된 자원을 절약하면서 기존의 플라스틱을 대체할 수 있고, 사용 후 분해가 가능하기 때문에 플라스틱이 유발하는 여러가지 문제들을 해결할 수 있다(Harris, A. M., & Lee, E. C. 2008).

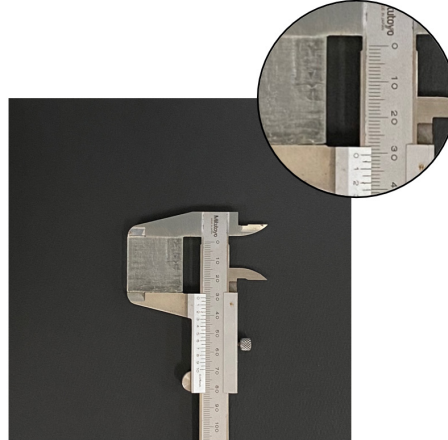
한편, 기존의 플라스틱 농산물 포장재는 규격이 동일한 제품을 대량생산하기 위해 금형을 사용한다. 금형으로 플라스틱 포장재를 제작할 경우 형폐, 사출, 보압, 냉각 및 계량, 형개, 취출 등 많은 공정을 거쳐야 하고, 한번 제작한 금형은 모양이 일정하고 이를 대량생산하기 때문에 포장이 한정되어 소재의 손실이 높다(Rosato, D. V., & v Rosato, M. 2004). PLA 또한 금형 및 사출성형은 다른 열가소성 플라스틱에 비해 결정화 속도가 느리고 사출 공정에 걸리는 시간도 길기 때문에 대량생산 및 상업적 용도에 제한이 있어 잘 이용되지 않는다(Yang, Y. et al. 2012). 위 문제들은 3D 프린팅을 통해 해결이 가능한데, 3D 프린팅이란 3차원의 입체 조형물을 여러 개의 2차원 단면 데이터로 분할한 후 플라스틱, PLA 등과 같은 다양한 경화성 소재를 적층하는 방식을 사용하여 원하는 입체 조형물 제품을 인쇄하여 내는 것을 이야기한다(Quan, H. et al. 2020). 3D 프린팅을 하기 위해서는 필수적으로 모델링이 요구되는데, 일반적으로 3D CAD 소프트웨어(Inventor, Autodesk, USA)를 사용하여 모델링 작업을 통해 데이터를 만들거나 3D 스캐너를 활용하여 원하는 입체 조형물을 스캔하여 데이터를 얻는 방법이 있다. 3D 모델링은 전문적인 기술과 많은 시간이 요구되므로 3D 스캐너를 활용하여 농산물을 스캔하고 실시간으로 3차원 데이터를 얻는다면 간편하게 맞춤형 농산물 포장재 모델링이 가능하다(Gibson, I. et al. 2021). 그러나 현재 3D 스캐닝과 3D 프린팅은 개별 맞춤 공정으로 진행되고 스캐닝과 프린팅 시간을 고려하였을 때, 포장 소요 시간은 플라스틱 금형 방식에 비해 길다(Weber, C. J. et al. 2002). 따라서 대량생산되는 농작물이 아닌 생산량이 적으면서 수요가 높은 고부가가치 농산물을 대상으로 맞춤형 포장재를 적용한다면 고부가가치 농산물의 저장성과 상품성을 높일 수 있을 것이다(Bastioli, C. 2001).

따라서 본 연구에서는 친환경 폴리머인 PLA를 기반으로 3D 스캐너와 3D 프린터를 활용하여 맞춤형 농산물 포장재를 제작하고자 한다. 3D 스캐너는 360°로 회전하는 테이블에 일정 각도마다 형상을 찍어내는 턴테이블 방식을 사용하였다. 3D 프린터는 레진에 레이저를 쏘아 광경화 시키는 digital light processing(DLP) 방식을 사용하였다. 또한 개발된 맞춤형 농산물 포장재의 생분해성 실험을 진행하였다.

## Materials and Methods

### 생분해성 실험

포장재의 생분해 가능성을 알아보기 위해 슬라이서 프로그램(Chitubox<sup>®</sup>, Shenzhen CBD-Tech Co., China)에서 제공하는 정육면체 샘플을 변형시켜 가로 30 mm, 세로 30 mm, 두께 5 mm, 무게 1.1 g의 실험용 샘플을 제작하였다(Fig. 1). 또한 기존에 사용되고 있는 플라스틱 포장재를 같은 크기로 잘라 제작한 샘플과 같이 2023년 4월 7일 14시 00분에 황토에 묻어 바깥에서 실험을 진행하였다.



**Fig. 1.** PLA samples buried in the ground.

### 농산물 선정

고부가가치 농산물을 형상 맞춤형으로 포장하기 위해 그중 하나인 송이버섯을 포장 모델로 선정하였다. 송이버섯은 동아시아의 일부 지역에서만 얻을 수 있으며 양식 방법이 아직 정형화되지 않아 모양이 객체마다 달라 맞춤형 포장재를 적용해야 한다(Ha, Tai-Moon, et al. 2004). 하지만 연구 과정에서의 실제 송이버섯 사용은 어려움이 있으므로 송이버섯 모형(Matsutake figure, The reals mdeco, Korea)(Fig. 2)으로 연구를 진행하였다.



**Fig. 2.** Matsutake Mushroom Model.

## 3D 스캐닝

송이버섯 모형을 스캔하기 위하여 턴테이블 방식의 스캐너(Einscan-pro, Shining 3D, China)를 사용하였다. 송이버섯 모형을 턴테이블에 부착시켜 2°씩 총 360°회전하여 스캔하였다. 스캐너는 전용 삼각대에 고정하고 턴테이블과 300 mm 이상의 거리를 유지하며 스캐닝을 진행하였다. 스캐닝 시간은 약 20분 정도 진행되었으며 스캐닝을 후 얻은 데이터는 3D 모델링 소프트웨어에서 사용할 수 있도록 스캐닝 프로그램(Shining 3D®, Shining 3D, China)에서 솔리드화를 진행하였다. 솔리드화를 하기 전 스캐닝 데이터의 불필요한 부분을 제거하고 정밀도를 향상시킨 후 솔리드화를 진행하였고 확장자를 STL 파일로 저장하여 3D 모델링 소프트웨어에서 편집할 수 있도록 하였다.

## 모델링

맞춤형 농산물 포장재의 모델링을 설계하기 위해 3D 모델링 소프트웨어(Fusion 360™, Autodesk, USA)(Blender®, Blender Foundation, USA)를 사용하였다. 맞춤형 농산물 포장재를 디자인하기 전 원본 스캐닝 데이터의 메쉬를 축소하는 작업과 모델의 축적을 조정하기 위해 Fusion 360™을 사용하였다. 또한 버섯 모형과의 길이를 비교하여 포장재에 모형이 알맞게 들어가도록 축적을 진행하였다. 메쉬 축소와 축적이 완료된 스캐닝 파일을 포장재로 디자인하는 작업을 위해 Blender®를 사용하였다. 포장재 디자인은 버섯 모델과 두께 10 mm의 직육면체를 합치고 속을 비워 버섯 모형이 들어갈 수 있게 하였고, 포장에 의해 반을 잘라 모델링 파일을 좌, 우로 분리하여 STL파일로 저장하였다.

## 출력

모델을 출력하기 위해 사용된 프린터는 DLP 방식 프린터(LD-002, Shenzhen Creality 3D Technology Co., China) 2대를 사용하였고 레진은 생분해성 수지(eResin-PLA, Shenzhen Esun Industrial Co., China)를 사용하였다. 또한 완성된 모델링을 출력하기 전에 G-code를 생성하여 프린터가 인식할 수 있게 파일을 변환해주고 모델의 무너짐을 방지하기 위해 서포트를 추가해주는 슬라이서 프로그램(Chitubox®, Shenzhen CBD-Tech Co., China)을 사용하였다. 프린터의 출력 세부 설정 사항은 레이어 높이 0.05 mm, 바닥 레이어 수 5, 조사 시간 20초, 바닥 조사 시간 40초, 지연시간은 0초로 설정하였다. 서포트의 설정값은 모델링에 인쇄 과정 중 무너짐을 방지하고 후처리 과정에서 원활하게 서포트를 제거할 수 있게 알맞은 길이, 깊이, 밀도로 설정하였다. 출력 시간은 평균적으로 약 5시간 소모되었다. 출력물은 IPA (Iso-propyl Alcohol, DUKSAN COMPANY, Korea)에 30분 동안 잠기게 하여 출력물에 묻어 있는 레진을 제거해주었고, 이후 니퍼를 이용하여 서포트를 제거하여 후처리작업을 진행하였다.

## Results and Discussion

### 생분해성 실험 결과

생분해실험용 샘플과 플라스틱 샘플을 2023년 4월 7일 14시 00분에 토양에 묻었으며 한 달 간격으로 꺼내어 무게를 측정하였다. 플라스틱 샘플은 5개월 동안 무게 변화가 없었지만, 생분해실험용 샘플은 무게가 조금씩 감소하여 토양에 생분해가 되고 있다는 것을 확인하였다(Fig. 3).

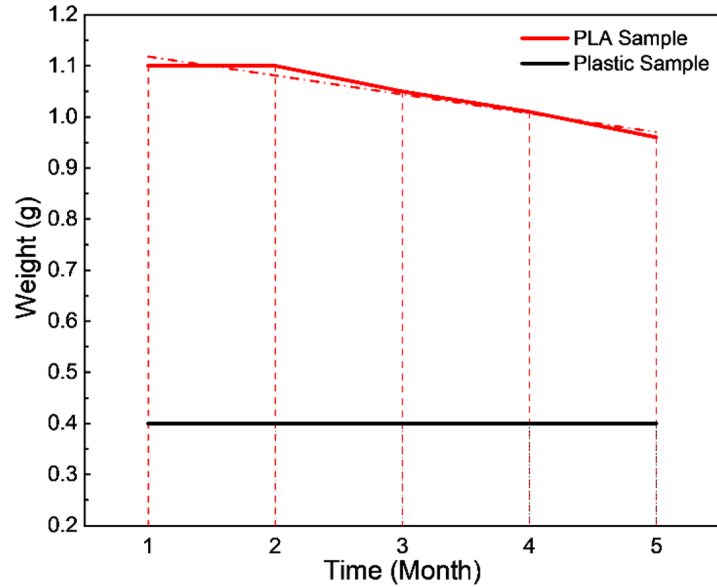


Fig. 3. Weight change of PLA samples with time.

### 3D 스캐닝 결과

스캐너의 턴테이블 방식으로 2°씩 총 360° 회전하고 송이버섯 모형을 스캔하여 3차원 형상의 송이버섯 스캐닝 파일을 얻었다(Fig. 4). 스캔 된 송이버섯 모형은 스캐닝 프로그램에서 360°전방위로 3차원 형상의 모형을 확인할 수 있다. 3차원 형상은 송이버섯 모형과 비교하였을 때, 실측치보다 더욱 크게 스캔 되어 약간의 오차가 발생하였으나 송이버섯 모양의 특성을 유지하고 있었다.

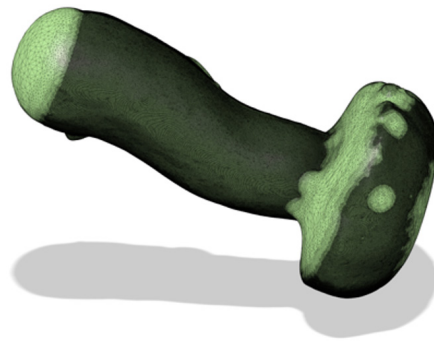




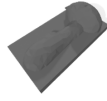
Fig. 4. Scan file without mesh reduction after 3D scan.

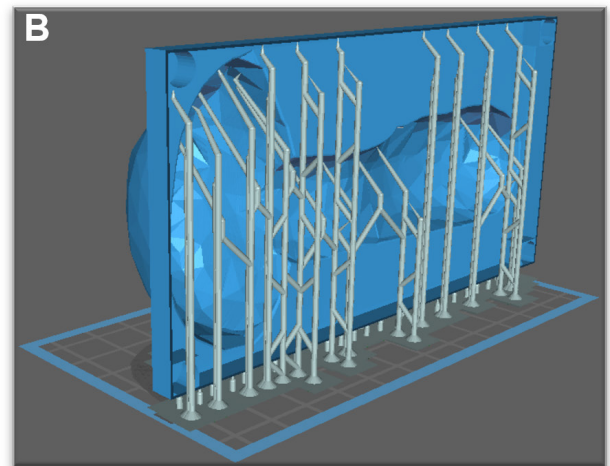
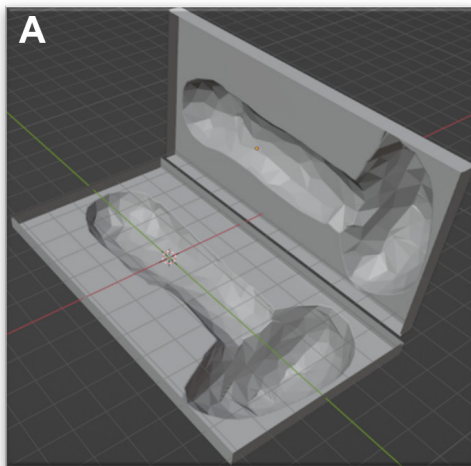
### 모델링 결과

3D 스캐닝을 통해 얻은 데이터를 이용하여 맞춤형 농산물 포장재를 모델링 하였다. 맞춤형 농산물 포장재의 모델링은 송이버섯 모형을 포장한 후 발생하는 문제점을 수정을 거쳐 완성하였다(Table. 1). 모델링을 진행하기 전 Fusion360™에서 메쉬를 축소하여 스캐닝 데이터의 텍스처를 줄여 모델링 소프트웨어에서 파일을 불러올 때 불필요한 시간을 줄이고, 편집 또한 원활하게 진행할 수 있었다. 1차 모델링에서는 Fusion360™에서 변환한 송이버섯 모형의 STL파일이 실제 송이버섯

모형과 일치하여 맞춤형 포장에 되는지 확인하기 위해 Blender®의 모델 편집 기능을 이용해 모델링을 진행하였다. Blender®에서 지름 60 mm, 높이 40 mm인 원기둥과 지름 40 mm, 높이 75 mm인 원기둥을 생성하여 각각 송이버섯의 머리 부분과 몸통 부분에 결합하였다. 결합 후 원기둥과 버섯 모델이 겹쳐진 부분을 비울 수 있는 불리언 기능을 이용하여 원기둥 안에 송이버섯이 맞춤형으로 들어갈 수 있도록 공간을 생성하였다. 2차 모델링에서는 1차 모델링보다 정형화된 포장재의 형태를 확인하기 위해 모델링을 진행하였다. Blender®에서 가로 60 mm, 세로 60 mm, 높이 30 mm인 팔각기둥과 가로 35 mm, 세로 35 mm, 높이 85 mm인 사각기둥을 생성하여 각각 송이버섯의 머리 부분과 몸통 부분에 결합하였다. 마찬가지로 결합 후 불리언 기능을 이용하여 송이버섯이 맞춤형으로 들어갈 수 있도록 공간을 생성하였다. 2차 모델링을 완성한 후 예비로 포장을 실시한 결과 맞춤형 포장재는 성공적이나 포장재의 두께가 두껍고 출력물을 지지해주는 서포트도 많이 필요했다. 이로 인해 레진 사용량이 많아 포장재로는 부적합하다고 판단하여 새로운 포장재 디자인을 구상하였다. 마지막 3차 모델링에서는 가로 65 mm, 세로 120 mm, 높이 10 mm인 사각기둥을 생성하여 송이버섯의 중앙에 결합 후 Fusion360™으로 파일을 이동하여 속을 비우는 쉘 기능을 이용하여 송이버섯이 맞춤형으로 들어갈 수 있도록 공간을 생성하였다(Fig. 5A). 포장재의 두께는 1 mm로 설정하고 출력물을 지지해주는 서포트의 개수도 무너짐이 발생하지 않는 선에서 최소한으로 줄여 레진 사용량을 줄였다(Fig. 5B).

**Table 1.** Agricultural packaging modeling process.

Model name	Modeling process	Figure
cylindrical shape	Import the stl file modified in Fusion360 into Blender. Combining Cylinder and Matsutake Models. Create a space in the shape of a matsutake mushroom using a Boolean function.	
prism shape	Change the packaging material to a prismatic shape. Change support settings.	
case type	Combining a cuboid with a height of 10 mm with a matsutake mushroom model. Hollowed out with a thickness of 1mm using the shell function.	



**Fig. 5.** Final modeling results and support. (A) Custom mushroom packaging final design, (B) Support applied to the model.

## 출력 결과

맞춤형 농산물 포장재를 출력하기 위해 DLP방식의 3D 프린터와 생분해성 수지를 사용하였다. 사용된 레진은 베이지, 블랙, 투명, 그레이로 총 4가지 색이 있는데 포장된 농산물을 구매자가 쉽게 확인하기 위해 투명색으로 결정하고 출력하였다. Chitubox<sup>®</sup> 슬라이서 프로그램으로 3D 프린터가 파일을 인식할 수 있게 G-code를 생성하여 파일을 변환해주었고 3D 프린터 설정을 진행하였다(Table. 2). 1차 모델링 파일을 자동으로 서포트를 생성하여 출력 결과, 서포트의 개수가 많아 누락 없이 출력되었으나, 출력물과 서포트가 뭉쳐지는 현상이 발생하였다. 이로 인해 서포트를 제거하기에 어려움이 있었고 출력물의 표면 또한 매끄럽지 않았다. 이 문제를 해결하기 위해 서포트 생성 밀도를 60%에서 45%로 변경하여 모델링 출력 결과, 출력물과 서포트가 뭉쳐지는 현상이 사라졌고 서포트의 개수 또한 줄어들어 제거가 용이했다. 그러나 서포트 없이 베드 부분에 밀착되어 출력된 송이버섯 포장재의 머리 부분은 무너짐 현상이 발생하였다. 또한 1, 2차 출력물은 레진 사용량이 많고 무게도 많이 나가 포장재로 부적합하다고 판단하였다. 레진 사용량과 무게를 줄이기 위해 새로 디자인한 3차 모델링 출력의 서포트 설정을 (Table. 3)과 같이 설정하여 출력하였더니 서포트 사용량과 레진 사용량을 확연히 줄일 수 있었다. 출력 시간은 약 4시간 30분이 소요되었으며 출력 이후 후처리를 하였다. 후처리 과정으로 니퍼를 사용하여 서포트를 제거하였으며 사포를 사용하여 남은 잔여물을 제거해 농산물 포장재를 완성하였다(Fig. 6).

**Table 2.** 3D printing parameter settings.

Printing Conditions	Set Value
Layer height	0.05 mm
Floor Layers	5
Irradiation time	20 sec
Floor irradiation time	40 sec
Delay time	0 sec

**Table 3.** Support value set at output.

Support Configuration	Value
Depth of contact between the output and support	0.10 mm
Z-axis movement height	0.05 mm
Starting height of grid support	8 mm
Diameter of contact between the output and support	1 mm
Minimum angle for automatic support generation	60°
Density of automatic support generation	10%



**Fig. 6.** Packaged Mushroom Model applied to the model.

## 맞춤형 농산물 포장재의 활용

3D프린터를 이용해 제작한 맞춤형 농산물 포장재는 여러 방향으로 활용 가능하다. 농산물의 크기와 형태에 따라 포장재를 제작하기 때문에 농산물 적재 시 농산물의 손상을 방지하면서 최적의 공간을 확보하여 더욱 많은 농산물을 운송할 수 있으며 이를 통해 운송 횟수를 줄여 탄소배출을 절감하고 비용소모를 줄일 수 있다(Twede, D. et al. 2000). 또한 맞춤형 농산물 포장재는 포장된 농산물의 고유성을 더욱 부각시킬 수 있어 고부가가치를 창출할 수 있다. 그러나 맞춤형 포장재 제작 시 소요되는 시간은 일반 플라스틱 포장재의 제작 시간보다 길며 모델링 및 후처리 과정에서 인력이 소모되어 경제성이 떨어진다. 이를 해결하기 위해서는 모델링과 후처리의 자동화 기술이 필요하고 3D 프린팅의 단순화가 요구된다. 또한 생산량이 적으면 수요가 높은 고부가가치 농산물을 대상으로 포장재를 제작하게 된다면 시간적, 비용적 문제들이 상쇄될 수 있을 것이다.

## Conclusion

본 연구에서는 농산물 포장재로 쓰이는 플라스틱과 생산방식인 금형을 PLA와 3D 프린터로 대체하여 환경오염 문제를 절감하는 데 의의를 두고 있다. 포장재는 3D 스캐닝, 3D 모델링, 3D 프린팅의 단계를 거쳐 형상 맞춤형으로 제작하였다. 포장재 제조시간은 최소 7시간이 걸릴 것으로 예상되어 일반 플라스틱 포장재에 비해 오래 걸리지만 고부가가치 농산물을 대상으로 함으로써 상품성과 저장성을 높여 수요를 충족시킬 것으로 예상된다. 그러나 시간을 줄이는 것은 필수적으로 보완해야 할 과제이기에 스캔 및 모델링 과정의 자동화와 모델링 데이터의 축소가 필요하다. 또한 생분해가 이루어지는지 확인하기 위해 생분해성 실험용 샘플과 플라스틱 샘플을 제작하여 생분해성 실험을 진행하였다. 제작된 농산물 포장재는 분해가 거의 이루어지지 않는 플라스틱 포장재에 비해 1달 간격으로 분해가 이루어져 폐기물이 누적되는 문제를 해결할 수 있었다. 본 연구에서 개발한 맞춤형 포장재가 대량생산으로 이어지기 위해선 3D 스캐닝, 3D 프린팅 기술의 발전과 자동화가 이루어져야 할 것으로 사료된다. 이로 인해 원활한 포장재 생산이 가능하게 된다면 3D 프린팅을 이용한 친환경 포장재의 개발과 생산이 더욱 활발하게 이루어질 것으로 기대된다.

## Acknowledgements

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the Republic of Korea (No. 20194210100230).

## References

- MacLeod, M., Arp, H. P. H., Tekman, M. B., & Jahnke, A. 2021. The global threat from plastic pollution. *Science*, 373(6550), 61-65.
- Rhodes, C. J. 2018. Plastic pollution and potential solutions. *Science progress*, 101(3), 207-260.
- Iwata, T. 2015. Biodegradable and bio - based polymers: future prospects of eco - friendly plastics. *Angewandte Chemie International Edition*, 54(11), 3210-3215
- Moon, J., Kim, M. H., Lee, Y. T., Lee, H. H., & Rho, Y. H. 2016. Study on the Biodegradable ability of Biodegradable Plastics PLA (Polylactic acid) by composting. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 17(4), 596-605.



- Harris, A. M., & Lee, E. C. 2008. Improving mechanical performance of injection molded PLA by controlling crystallinity. *Journal of applied polymer science*, 107(4), 2246-2255.
- Rosato, D. V., Rosato, D. V., & v Rosato, M. 2004. *Plastic product material and process selection handbook*. Elsevier.
- Yang, Y., Murakami, M., & Hamada, H. 2012. Molding method, thermal and mechanical properties of jute/PLA injection molding. *Journal of Polymers and the Environment*, 20, 1124-1133.
- Quan, H., Zhang, T., Xu, H., Luo, S., Nie, J., & Zhu, X. 2020. Photo-curing 3D printing technique and its challenges. *Bioactive materials*, 5(1), 110-115.
- Gibson, I., Rosen, D. W., Stucker, B., Khorasani, M., Rosen, D., Stucker, B., & Khorasani, M. 2021. *Additive manufacturing technologies* (Vol. 17, pp. 77-124). Cham, Switzerland: Springer.
- Weber, C. J., Haugaard, V., Festersen, R., & Bertelsen, G. 2002. Production and applications of biobased packaging materials for the food industry. *Food Additives & Contaminants*, 19(S1), 172-177.
- Bastioli, C. 2001. Global status of the production of biobased packaging materials. *Starch - Stärke*, 53(8), 351-355.
- Ha, Tai-Moon, Kim, Young-Ho, Chi, Jeong-Hyun, Ju, Young-Cheul, Kim, Hee-Dong. 2004. Survey on distribution and vegetation environment of *Tricholoma matsutake* in Kyonggi province, Korea. *Journal of Mushrooms*, 2(4), 175-183.
- Twede, D., Clarke, R. H., & Tait, J. A. 2000. Packaging postponement: a global packaging strategy. *Packaging technology and science*, 13(3), 105-115.