

# 버섯 균사체 활용기술 동향: 2023년 상반기까지의 특허를 중심으로

정용현<sup>1</sup> · 오원정<sup>2</sup> · 리지순<sup>2</sup> · 신현재<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 대학원 화학공학과

<sup>2</sup>중국제노공업대학교(산동성과학원)

## Technology trends in mushroom mycelium utilization: Focus on patents until the first half of 2023

Yong-Hyeon Jeong<sup>1</sup>, Yuanzheng Wu<sup>2</sup>, Jishun Li<sup>2</sup>, and Hyun-Jae Shin<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Graduate School of Chosun University, 60 Chosundae 5 gil, Donggu, Gwangju 61452, Republic of Korea

<sup>2</sup>Shandong Provincial Key Laboratory of Applied Microbiology, Ecology Institute, Qilu University of Technology (Shandong Academy of Sciences), Jinan 250103, China

**ABSTRACT:** The importance of biocomposites has increased owing to the changes in global consumption trends and rapid climate change. Technologies using mushroom mycelium cultivation, and molding methods for mycelial application have gained attention as potential strategies for producing eco-friendly composites. Currently, mushroom mycelia are used as raw materials for food and cosmetics; however, research on their utilization as biocomposite materials is limited. Therefore, the potential for the development of mushroom mycelium-related products and technologies is high. This review analyzes the domestic and international patent application trends related to the technologies for composite (packaging, insulation, adhesives, and leather) and food (substitute for meat) materials using mushroom mycelium, as an eco-friendly biocomposite material, to provide objective patent information that can further research and development (R&D) in this field.

**KEYWORDS:** Mushroom, Mycelium-based material, Mycelium mat, Composite, Packaging, Insulation, Adhesives, Leather, Alternative to meat

### 서론

최근 글로벌 소비 트렌드의 변화, 급속한 기후변화와 플라스틱의 오염에 의한 환경파괴 등의 원인으로 바이오 복합소재의 중요성이 재인식 되고 있다, 따라서 제한적인 자원의 지속적인 재활용과 이에 따른 대체재의 개발이 필요한 상황이다(Jones *et al.*, 2020). 이 중에서 버섯 균사체의 배양과 성형법을 이용한 관련 기술들이 친환경 미래 복합소재로서 각광받고 있다(Antinori *et al.*, 2020; Holt *et al.*, 2012). 버섯 균사체(mycelium)는 각종 바이오매스에 배양되어 복합체를 형성하며, 이를 물리/화학적 처리를 통해 가공할 수 있다. 균주와 바이오매스의 종류, 가공방식에 따라 다채로운 물성을 얻을 수 있으며, 이에 따른 산업소재 대체 가능성이 확인된 바 있다(Abhijith *et al.*, 2018; Joshi *et al.*, 2020; Verma *et al.*, 2023). 이렇게 제작된 소재들은 환경적 영향을 최소화하며, 환경오염의 중

J. Mushrooms 2023 September, 21(3):83-87  
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2023.21.3.83>  
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853  
 © The Korean Society of Mushroom Science

Yong-Hyeon Jeong(Master student), Yuanzheng Wu(Senior researcher),  
 Jishun Li(Research director), Hyun-Jae Shin(Professor)

\*Corresponding author

E-mail : shinhj@chosun.ac.kr

Tel : +82-62-230-7518, Fax : +82-62-230-7226

Received August 17, 2023

Revised September 5, 2023

Accepted September 14, 2023

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

요한 대책 중 하나가 될 수 있다(Alemu et al., 2022). 현재 국외의 경우, 미국, 유럽 등 start-up company가 설립된 지 15년 이내로 관련 기술에 관한 연구와 사업이 활발히 진행 중이다. 대표적인 버섯 균사체 관련 국외 기업으로는 Ecovative(www.ecovative.com), Mycoworks(www.mycoworks.com), Emergy(emergy.com), The Fynder Group(www.naturesfynd.com), Bolt Threads(boltthreads.com) 등이 있으며, 국내 기업으로는 Mycel Project(www.mycelproject.com) 등이 있다. 이러한 기업들은 particle-board를 대체할 수 있는 복합재, 포장재를 비롯하여 인테리어 소품, 버섯 가죽과 대체육 등 다양한 소재 개발을 진행 중이다(Cerimi et al., 2019; Ross et al., 2018; Silverman et al., 2020; Sydor et al., 2021). 반면, 국내에서는 해외 사례에 비교하여 농/임업 부산물 기반 균사 복합재 기술 및 관련 기업 육성이 부족한 실정이다. 현재 버섯 균사의 추출물은 식품 및 화장품의 원료로 다양하게 활용되고 있으나(Hong et al., 2013; Yun MY, 2022), 산업 소재로서는 비교적 상용화 되어있지 않으며, 대다수의 소재가 연구개발 단계에 머물러있는 실정이다(Kim and Jeong, 2022, Shin et al., 2023). 따라서, 관련 제품 및 기술의 필요성 및 발전 가능성이 높다고 할 수 있다. 본 총설에서는 친환경 바이오 복합소재인 버섯 균사체를 소재로 이용한 복합재(포장재, 단열재, 접착제, 가죽) 및 식품소재(대체육) 기술과 관련된 국내외 특허 출원 동향 분석을 실시하여, R&D 방향성 설정에 활용할 수 있는 객관적인 특허정보를 제공하고자 한다.

**분석 대상 특허 검색 Data base (DB) 및 검색 범위**

본 리뷰에서는 버섯 균사체 활용 기술에 관한 내용을 포함하는 특허를 분석 대상으로 설정하였고, 2023년 6월까지 출원공개 또는 출원 등록된 한국 (KIPO), 미국 (USPTO), 일본 (JPO), 유럽 (EPO) 및 PCT 특허를 분석 대상으로 하였다. 특허 검색을 위한 특허정보 data base (DB)로는 WIPS ON (https://www.wipson.com/service/mai/main.wips)을 이용하였다 (Table 1).

**Table 1.** Patent analysis database and analysis coverage

자료 구분	데이터베이스	분석 범위	비고
공개 및 등록 (공개/등록일 기준)	Korea (KIPO)	WIPS ON	~ 23.06.19
	USA (USPTO)	WIPS ON	~ 23.06.19
	Japan (JPO)	WIPS ON	~ 23.06.19
	Europe (EPO)	WIPS ON	~ 23.06.19
	PCT	WIPS ON	~ 23.06.19

특허 공개 및 등록 전체문서  
특허 공개 전체문서

**Table 2.** Classification of patented technologies related to mushroom mycelium

대분류	중분류	소분류
버섯 균사체 활용기술(A)	복합재(AA)	포장재(AAA)
		단열재(AAB)
	식품소재(AB)	접착재(AAC)
		가죽(AAD)
		대체육(ABA)

**특허 동향 분석**

특허 기술 동향 조사는 주요 시장국인 미국, 유럽, 한국, 일본과 patent cooperation treaty(PCT)를 대상으로 하였다. 세부적인 분석을 위해 대분류로 버섯 균사체 활용 기술(A), 중분류로 복합재(AA)와 식품소재(AB)를 구분하였다. 또한, 복합재(AA)의 소분류로 포장재(AAA), 단열재(AAB), 접착제(AAC), 가죽(AAD)를 구분하였으며, 식품소재(AB)의 소분류로 대체육(ABA)을 설정하여 특허 검색을 진행하였다(Table 2). 포장재(AA)는 버섯 균사체를 포함하는 포장재, 구조물과 관련된 것을 유효 특허로 선별하였으며, 단열재(AAB)는 버섯 균사체를 포함하는 단열재 관련, 접착제(AAC)는 버섯 균사체를 포함하는 접착제 관련, 가죽(AAD)는 버섯 균사체를 포함하는 가죽, 직물 관련, 대체육(ABA)은 버섯 균사체를 포함한 대체육 또는 식품소재 관련 특허를 각각 유효 특허로 선별하였다.

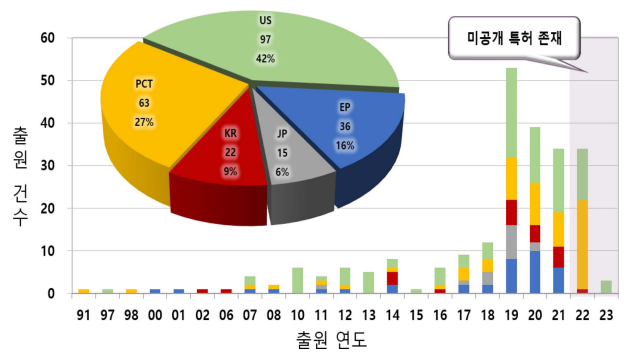
전체적으로 유효 특허는 총 240건 검색되었으며, 미국이 104건으로 가장 많았다. 이는 ECOVATIVE DESIGN을 필두로 하여 빠르게 버섯 연구를 진행한 영향이 컸음을 시사한다. 뒤이어 PCT 63건, 유럽 36건, 한국 22건, 일본 15건이 검색되었다. 세부적으로, 버섯 균사 소재 중 많은 유효 특허가 검색된 분야는 대체육(ABA)이 73건이었으며, 비건, 웰빙, 친환경 등 세계적으로 떠오르는 트렌드를 이유로 최근 활발하게 연구 및 개발되고 있다. 또한, 환경오염의 주요 원인인 미세플라스틱과 이산화탄소의 저감을 목적으로 포장재(AAA)가 70건, 가죽(AAD)가 72건으로 높은 비율을 차지하고 있다. 그러나, 단열재(AAB; 13건)와 접착제(AAC; 12건)의 경우 매우 적은 비율을 차지하고 있어 추가적인 개발이 필요한 상황이다(Table 3).

버섯 균사 소재의 특허는 1990년대 초반 처음 시작되었고 전체 출원 건수가 1년에 5건 내외로 출원이 간헐적으로 지속되다가 2019년도에 미국을 중심으로 급격하게 출원이 증가되었다. 특허는 출원일로부터 1년 6개월 이후에 공개가 되므로, 2022년 및 2023년에 출원된 특허들 중 아직 공개되지 않은 건들이 많을 것으로 판단된다. 이러한 영향으로 출원 건수가 감소하는 것처럼 보이나, 실제로 출원이 감소한 것을 의미하는 것은 아니다. 버섯 균사 활

**Table 3.** Patent screening results for technologies utilizing mushroom mycelium

중분류	소분류	유효특허 건수					계
		한국 KIPO	미국 USPTO	일본 JPO	유럽 EPO	PCT	
복합재 (AA)	포장재 (AAA)	5	38	3	10	14	70
	단열재 (AAB)	3	6	0	1	3	13
	접착재 (AAC)	0	6	3	1	2	12
	가죽 (AAD)	8	29	3	11	21	72
식품소재 (AB)	대체육 (ABA)	6	25	6	13	23	73
계		22	104	15	36	63	240

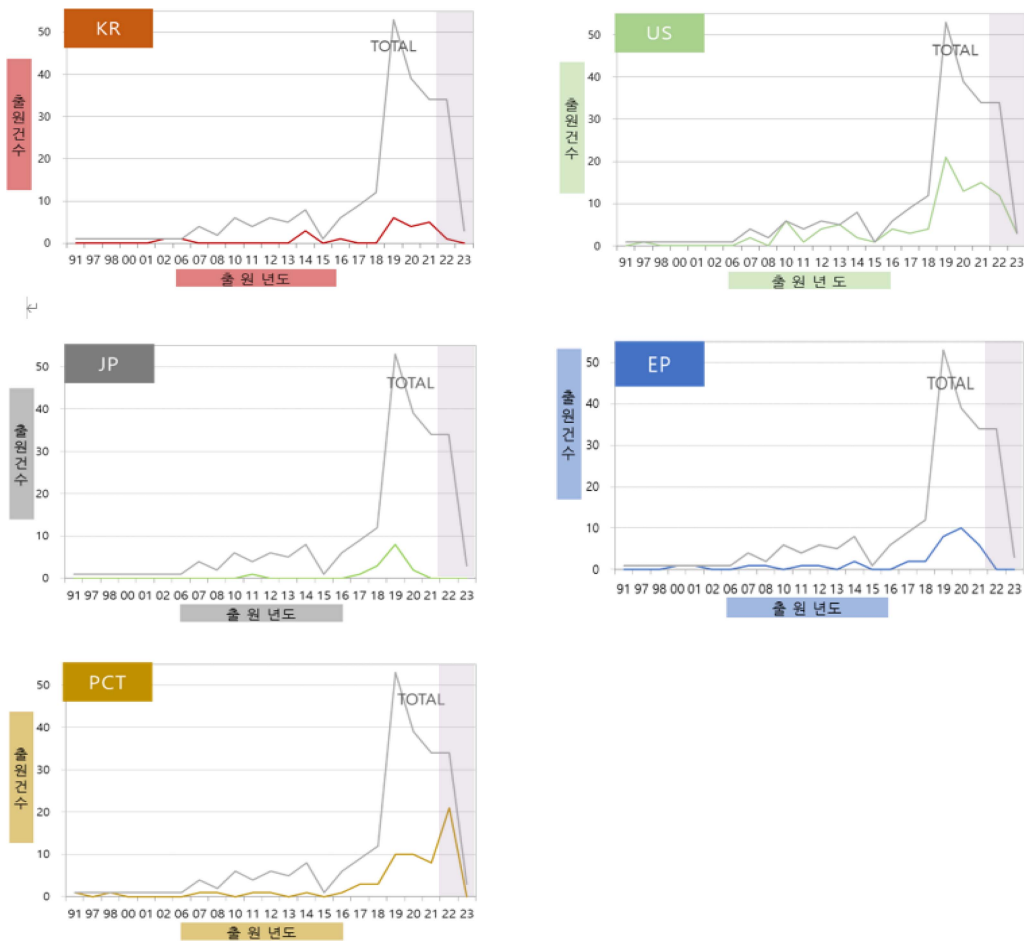
용 기술의 국가별 점유율을 살펴보면, 미국, 유럽, 한국, 일본 순으로 출원이 이루어지고 있으며, 미국과 유럽에서 출원되는 특허 수가 전체 특허의 50% 이상인 것으로 확



**Fig. 1.** Patent disclosure trends for technologies utilizing mushroom mycelium by year.

인되었다(Fig. 1).

주요 시장국의 특허 동향은 2000년대 이후부터 버섯 균사 활용 기술의 특허 출원이 시작되었고, 한국, 일본의 경우 매년 10건 이하로 특허가 출원되고 있는 것을 확인할 수 있다. 반면, 미국의 경우 다른 국가들에 비해 많은 특허가 출원되고 있으며, 특히 2019년에는 ECOVATIVE DESIGN, Mycoworks 및 EMERGY, The Fynder Group



**Fig. 2.** Patent filing trends by year for major market countries (KR: Korea; US: USA; JP: Japan; EP: Europe; PCT: Patent cooperation treaty).

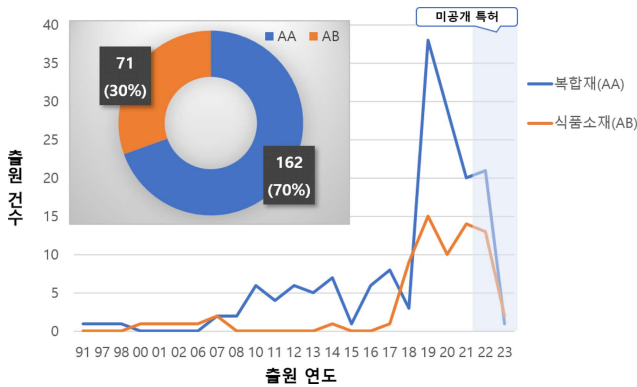


Fig. 3. Trends in patent applications by year by mushroom mycelium utilization technology classification.

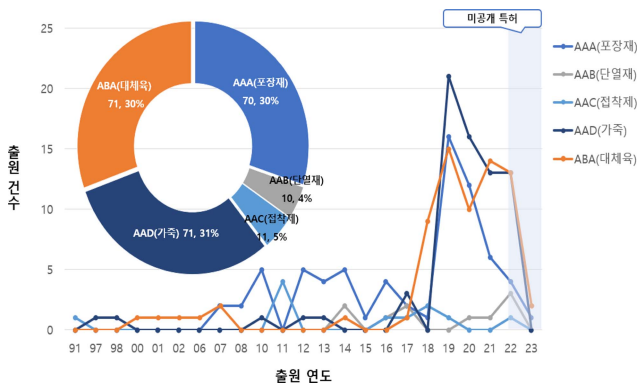


Fig. 4. Patent application trends by year by technology subcategory utilizing mushroom mycelium.

및 BOLT THREADS 등의 선도기업을 중심으로 그 출원수가 두드러지게 증가하였다. 그러나, 2022년 ~ 2023년 기간에 출원되는 미공개 특허를 제외한 전체적인 특허 출원은 감소하는 추세로 보인다 (Fig. 2).

버섯 균사체 활용 기술 중분류 (복합재, 식품소재)의 연도별 동향을 분석한 결과, 전체적으로 복합재의 특허 비율이 높았으며, 2019년은 모든 분야에서 가장 출원 건수가 많았다. 복합재 분야는 2010년부터 출원이 증가하는 추세를 보였으며, 식품소재 분야는 2018년부터 출원이 급격히 증가하는 추세를 보였다. 이러한 추세는 사람들이 건강에 대한 관심이 높아져 웰빙을 추구하고 있으며, 이에 따라 식품소재의 연구 및 개발이 지속적으로 증가하고 있음을 시사한다(Fig. 3).

버섯 균사 활용 기술 소분류를 대상으로 연도별 출원 동향을 분석해본 결과, 포장재(AAA), 가죽(AAD) 및 대체육(ABA) 기술 분야의 출원 건수가 급격히 증가하였으며, 단열재(AAB) 및 접착제(AAC)의 경우 소폭 증가하는 양상이다. 포장재(AAA) 분야는 2010년부터 현재까지 지속적으로 특허 출원이 이루어지고 있으며, 가죽(AAD) 분야와 대체육(ABA) 분야는 2019년 이후 출원이 활발히

이루어진 것으로 나타났다 (Fig. 4). 이는 세계적인 탄소 중립 실천을 바탕으로 실생활에 적용이 비교적 용이한 대체재의 관심이 높아지는 것을 시사한다.

대표기업별 사례

국의 주요 특허 출원사는 Ecovative, Mycoworks, The Fynder Group, Emergy 등이 있으며, 복합재를 기본으로 하여 다양한 종류의 소재화를 진행중이다. Ecovative는 포장재, 단열재 등의 용도를 한정하지 않고 특정 물성이나 물질을 포함하는 ‘복합재’로 출원한 경우가 많았다. 특히 내 기술된 내용을 살펴보면 하나의 기술이 한 가지의 소재에만 적용되는 것이 아니라 포장재, 단열재, 접착제, 가죽, 대체육 등에 다양하게 적용될 수 있는 것으로 보인다. 2007~2016년 사이에 출원된 Ecovative의 특허들은 구체적인 한정사항이 많이 포함되지 않고 등록된 특허들로서, 넓은 권리범위를 갖는 원천특허로 판단된다(Winiski, 2016; Winiski et al., 2016). Ecovative는 2017년부터는 대량 생산을 위한 제조 방법 개량(Bayer et al., 2017; McIntyre et al., 2012) 및 바이오 소재(식품 및 의학분야 소재) 개발에 주력하고 있는 것으로 나타났으며, 최근에도 유사한 행보를 보인다(Bayer et al., 2020; Bayer and McIntyre, 2022; Greetham et al., 2022). Mycoworks는 유연성을 갖는 시트형 복합재 관련 기술을 중점적으로 개발하고 있는 것으로 나타났으며, 패션업계와 콜라보를 진행한 이력도 존재한다. 2019년 이후 가죽, 포장재 개발 및 가공법 개선에 주력하고 있으며(Bansal-Mutalik and Zabet, 2023.; Chase et al., 2019; Scullin et al., 2021), 가장 최근에 공개된 특허는 액상에서 유사가죽시트 소재를 제조하는 것이다(Perry, 2023). Emergy는 식품소재 개발에 주력하고 있는 것으로 나타났으며, 특히 영양 성분, 식감, 질감 개선을 위한 연구개발을 진행하고 있는 것으로 보인다(Huggins and Whiteley, 2019; Whiteley J et al., 2021). 2021년 이후 특허출원이 매우 활발해진 경향을 나타냈다. The Fynder Group은 균사체를 활용한 직물이나 가죽 소재(AAD)와 대체육(ABA) 분야에서 특허출원이 활발하다 (Stewart et al., 2022; Kozubal et al., 2020). 특히 섬유형 곰팡이를 활용하여 균사체를 배양하는 방법에 대한 출원이 많으며, 2020년 이후 특허출원이 활발해진 경향을 보였다. Bolt Threads는 2020년 이후 직물, 가죽 소재(AAD)나 포장재(AAA) 분야에 출원이 활발히 일어나고 있다. 전체적으로 균사체를 생성하는 다양한 방법과 그 물질에 관한 특허로 출원을 하고 있으며 다양한 패션상품 샘플을 개발하고 있다(Wang et al., 2022). 국내 기업 Mycel의 경우 2020년 설립된 기업으로써 가죽소재(AAD)와 대체육(ABA) 분야의 특허출원을 진행하고 있다. 2022년 이후 버섯 균사 기반 가죽과 대체육을 친환경 물질로 처리하여 질감 및 소재화에 관한 특허 출원을 하였으며, 최근 가죽화에 관한 연구가 활발하게 진행되는 것으로 보인다.

## 결론

버섯 균사체 활용기술과 관련된 특허 출원은 2019년을 기점으로 급격하게 증가하였으며, 이후로도 출원수가 꾸준히 지속되는 경향을 보이고 있다. 또한, 2022년 이후 출원 특허가 점차 공개됨에 따라 더 정확한 최신 동향을 확인할 수 있을 것이다. 주요 시장국 들의 점유율은 미국, 유럽, 한국, 일본 순이며, 미국과 유럽에서 50%이상의 지분을 차지하고 있다. 또한, 전반적으로 복합재의 특허 출원은 점차 감소하는 추세이며, 식품소재의 연구개발이 지속적으로 증가하고 있다. 그러나 식품소재로 활용하기 위해서는 반드시 식용 버섯을 활용해야 하는 제약이 있으나, 복합재의 경우 이러한 제약이 없으므로 보다 다양한 버섯 자원을 활용할 수 있어 발전 가능성이 높다.

## 감사의 글

중국 제노공업대학교(산동성과학원)의 공동연구 지원에 감사드립니다. Shandong Provincial Key Research and Development Project (International Scientific and Technology Cooperation) (Grant number: 2019GHZ033), the Innovation Pilot Project of Integration of Science, Education and Industry of Shandong Academy of Sciences (International Scientific and Technology Cooperation) (Grant number: 2022GH012).

## REFERENCES

- Abhijith R, Ashok A, Rejeesh CR. 2018. Sustainable packaging applications from mycelium to substitute polystyrene: a review. *Mater Today Proc* 5: 2139-2145.
- Alemu D, Tafesse M, Mondal AK. 2022. Mycelium-based composite: the future sustainable biomaterial. *Int J Biomater* 2022: 8401528.
- Antinori ME, Ceseracciu L, Mancini G, Heredia-Guerrero JA, Athanassiou A. 2020. Fine-tuning of physicochemical properties and growth dynamics of mycelium-based materials. *ACS Appl Bio Mater* 3: 1044-1051.
- Bansal-Mutalik R and Zabet M. 2023. PatentUS-20230146699A1.
- Bayer E, McIntyre G. 2022. PatentUS-20220396052A9.
- Bayer E, McIntyre G, Mueller P, O'brien M, Schaak D, Winiski J, Carlton A. 2020. *Patent* US-20200157506A1.
- Bayer E and Muller P, Scully C. 2017. PatentUS-20170253852A1.
- Cerimi K, Akkaya KC, Pohl C, Schmidt B, Neubauer P. 2019. Fungi as source for new bio-based materials: a patent review. *Fungal Biol Biotechnol* 6: 1-10.
- Chase J, Wenner N, Ross P, Todd M. 2019. PatentUS-20190284307A1.
- Greetham L, McIntyre G, Bayer E, Winiski J, Araldi S. 2022. PatentUS-20220290199A1.
- Hong SS, Jung EK, Kim AJ. 2013. Quality characteristics of yanggaeng supplemented with sanghwang mushroom (*Phellinus linteus*) mycelia. *J Korean Diet Assoc* 253-264.
- Holt GA, McIntyre G, Flagg D, Bayer E, Wanjura JD, Pelletier MG. 2012. Fungal mycelium and cotton plant materials in the manufacture of biodegradable molded packaging material: Evaluation study of select blends of cotton byproducts. *J Biobased Mater Bioenergy* 6: 431-439.
- Huggins MT and Whiteley J. 2019. Patent WO-2019237059A1.
- Jones M, Mautner A, Luenco S, Bismarck A, John S. 2020. Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: a critical review. *Mater Des* 187: 108397.
- Joshi K, Meher MK, Poluri KM. 2020. Fabrication and characterization of bioblocks from agricultural waste using fungal mycelium for renewable and sustainable applications. *ACS Appl Bio Mater* 3: 1884-1892.
- Kim YH and Jeong SI. 2022. PatentKR-1020220044931 A.
- Kozubal MA, Macur RE, Avniel YC. 2020. Filamentous fungal biomats, methods of their production and methods of their use. *US Patent Application* US-20200362296A1.
- McIntyre G, Bayer E, Flagg D. 2012. PatentUS-20120227899A1.
- Perry S. 2023. PatentUS-20230016412A1.
- Ross P, Wenner N, Moorleghen C. 2018. PatentUS-20180014468A1. PCT/US2017/042267.
- Shin HJ, Kim DS, Jeong YH. 2023. *Patent* KR-1020220187651 A.
- Silverman J, Cao H, Cobb K. 2020. Development of mushroom mycelium composites for footwear products. *Cloth Text Res J* 38: 119-133.
- Stewart BA, Alegria LA, Totman J, Avniel YC. 2022. Patent WO-2022140330A1.
- Sydor M, Bonenberg A, Doczekalska B, Cofta G. 2021. Mycelium-based composites in art, architecture, and interior design: a review. *Polymers* 14: 145-165.
- Scullin M, Wenner N, Chase J, Miller Q, Ross P. 2021. PatentEP-3870689A1.
- Wang J, Bansal-Mutalik R, Smith MJ, Subler NE, Mckenzie L, Collins IS, Flowers K, Addy V, Bainbridge JM, Heinrich MJ. 2022. PatentUS-20220007777A1.
- Winiski J. 2016. PatentUS-20160002589A1.
- Winiski J, Hook SV, Lucht M, McIntyre G. 2016. PatentUS-20160264926A1.
- Whiteley J, Huggins MT, Yates T. 2021. PatentUS-20210337827A1.
- Verma N, Eswari JS, Mahapatra C. 2023. Green sustainable biocomposites: substitute to plastics with innovative fungal mycelium based biomaterial. *J Environ Chem Eng* 110396.
- Yun MY. 2022. Effect of *Lentinus edodes* mycelial culture on blood and hepatic steatosis of high-fed diet mice. *J Korean Soc Cosmetol* 28: 334-339.