

대체육 생산 기술

Production Technologies of Meat Analogue

정아현, 황정현, 박성희* (Ah Hyun Jung, Jeong Hyeon Hwang, Sung Hee Park*)

서울과학기술대학교 식품공학과

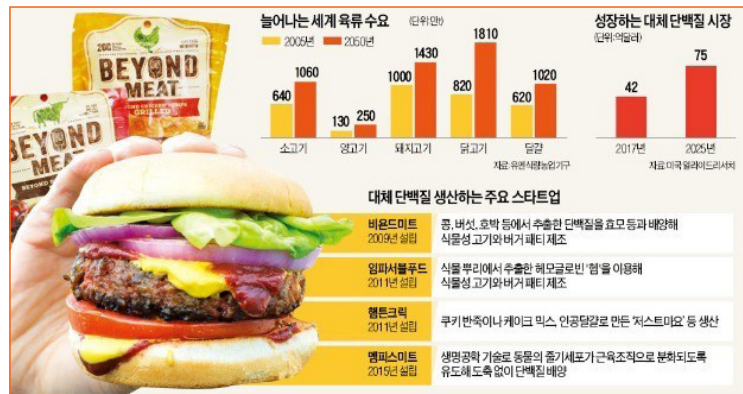
Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology

1. 서론

사람의 영양에 있어 단백질은 필수불가결한 요소로 동물성 단백질과 식물성 단백질로 구분된다. 이 중 동물성 단백질은 주로 육류, 수산물, 우유 및 계란 등을 통하여 섭취가 이루어지는데, 동물성 단백질은 필수 아미노산을 모두 함유하고 있기 때문에 완전 단백질로 여겨진다. 동물성 단백질은 신체 기능을 유지하고 활동하기 위하여 필수적으로 섭취되어야 하는데, 육류를 지속적으로 섭취하기 위해서는 가축에게 사료를 공급하여 일정기간 사육하는 과정이 필수적으로 요구된다. 유엔식량농업기구(FAO)에 따르면 전 세계 곡물 생산량의 1/3이 가축 사료로 사용되고 있으며, 가축에서 배출되는 온실가스가 전 세계 총 배출량의 15%를 차지하고 있다 (윤성용 등, 2021). 따라서 육류의 섭취는 많은 경제적 비용과 환경오염 및 도축과정에서의 동물복지 문제 등과 연관되어 이를 대체할 수 있는 대체육에 관한 연구가 지속적으로 이루어져 왔으며, 최근에는 코로나 19 발생으로 인한 육가공장의 폐쇄 등으로 대체육에 대한 수요가 점차 증대되고 있다.

대체육은 크게 육류의 줄기세포 및 근세포를 배양한 배양육 및 식물성 단백질을 이용한 식물성 대체육으로 구분할 수 있는데 본 기고문에서는 대체육 가공 기술, 영양 및 기능적 특성, 대체육과 동물복지, 균형 있는 육류소비 관점에서 대체육의 현황과 미래에 대하여 논의하고자 한다.

그림 1. 대체육 시장의 주요 스타트업 및 대체 단백질 시장 예측



출처: <https://www.hankyung.com/news/article/2018121468951>

*Corresponding author: Sung Hee Park
 Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology,
 Seoul 01811, Korea
 Tel: +82-2-970-6621
 Fax: +82-2-976-6460
 Email: sunghpark@seoultech.ac.kr

II. 본론

1. 대체육(Meat Analogue)이란

대체육이란 소, 돼지, 닭과 같은 육류를 대체하는 식품을 의미하며, 대체육의 유형에는 식물육(plant based meat), 동물세포를 배양하는 배양육, 넓게는 식용 곤충까지도 대체육으로 구분하고 있다(Ahn 등, 2020; 맹진수, 2016; 윤성용 등, 2021).

이 중 식물성 대체육은 주로 조직대두단백과 밀 글루텐, 소량의 전분, 채소 등으로 만든 순 식물성 제품이며 생리 활성 기능이 높은 대두 제품에 대한 시장 수요가 해마다 증가하는 추세이다(Cho 등, 2017; Cho 등, 2020). 축산물 관련단체협의회에 따르면 전세계 식물성 대체육 시장 규모는 2010년 12억 달러에서 2020년 30억 달러까지 성장했으며, 국내에서도 유통대기업들이 외국산 식물성 대체육을 수입해 자체 개발에도 들어간 것으로 알려졌다(<https://www.nongmin.com/news/NEWS/ECO/COW/333938/view>).

2. 식물성 대체육(Plant Based Meat Analogue)

식물성 대체육은 식물성 유사식품으로도 불리며, 식물에서 추출한 단백질을 이용하여 식육과 비슷한 형태와 맛이 나도록 제조한 식품을 의미하며, 육류에 비해 자원의 사용량과 온실가스 배출량을 줄임과 동시에 대량 생산이 용이하며 가격도 저렴한 편이다(Bonny 등, 2015; You 등, 2020). 이렇게 제조된 대체육은 단백질 함량이 높고 지방 및 포화지방산 함량은 매우 낮은 것으로 알려져 있어(이현정 등, 2019), 채식주의자나 종교적 이유로 육류 섭취가 어려운 이들에게 단백질 영양성분을 보충할 수 있는 대안 식품으로 시작하였다. 현재에는 채식주의자 외에도 일반인들에게도 식물성 대체육이 널리 알려져, 제조 과정 중 특정 영양성분을 강화하거나 기능성 성분을 첨가함으로써 다양한 고부가가치 대체육에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

식물성 대체육 개발의 선두 주자는 미국의 임파서블 푸드(Impossible Food)와 비욘드 미트(Beyond Meats)로 식물성 단백질을 이용하여 햄버거 패티, 소시지 등 육류 대체 시장을 선점하고 있는데, 대두 추출 단백질을 주원료로 뿌리혹 속 레그헤모글로빈으로 붉은 색깔을 내고, 코코넛과 해바라기 오일로 육즙을 대신하여 실제 육류와 유사한 맛과 식감을 가지고 있다(박장환, 2020). 현재 미국에서 크게 성장하며 주목받고 있는 비욘드 미트(Beyond Meat)는 100% 식물성 대체육으로 콩과 버섯, 호박 등에서 추출한 단백질로 만들어 단백질 함량은 높고 지방과 포화지방산 함량은 낮다(<https://www.thinkfood.co.kr/news/articleView.html?idxno=88232>).

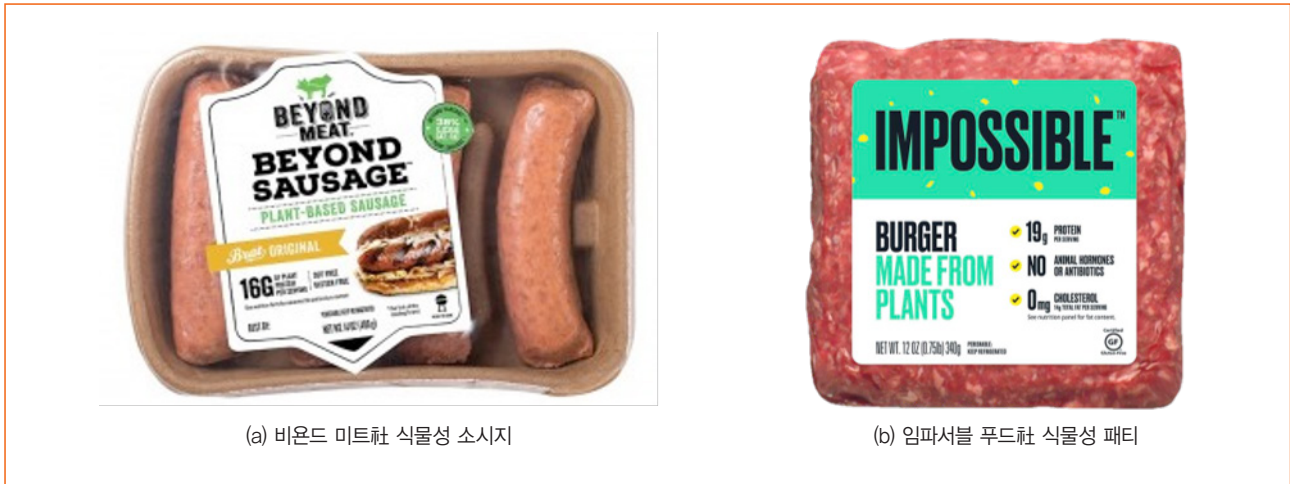
국내 식품업계에서도 CJ 제일제당, 동원 F&B, 롯데푸드 등의 선도 기업들도 식물성 대체육의 개발에 관심을 가지고 많은 연구를 진행 중이다.

표 1. 대체육 종류 및 정의

종류	정의
배양육	체외 배양을 통해 생산된 조직 또는 세포(줄기세포, 근세포)를 바탕으로 생산한 고기
식물성 대체육	식물, 해조류, 미생물 등에서 추출한 식물성 단백질 성분을 이용해 만든 고기
식용 곤충	식용이 가능한 곤충으로 국가별 차이가 존재

(자료 : 윤성용 등, 2021)

그림 2. 미국의 식물성 대체육 대표 브랜드

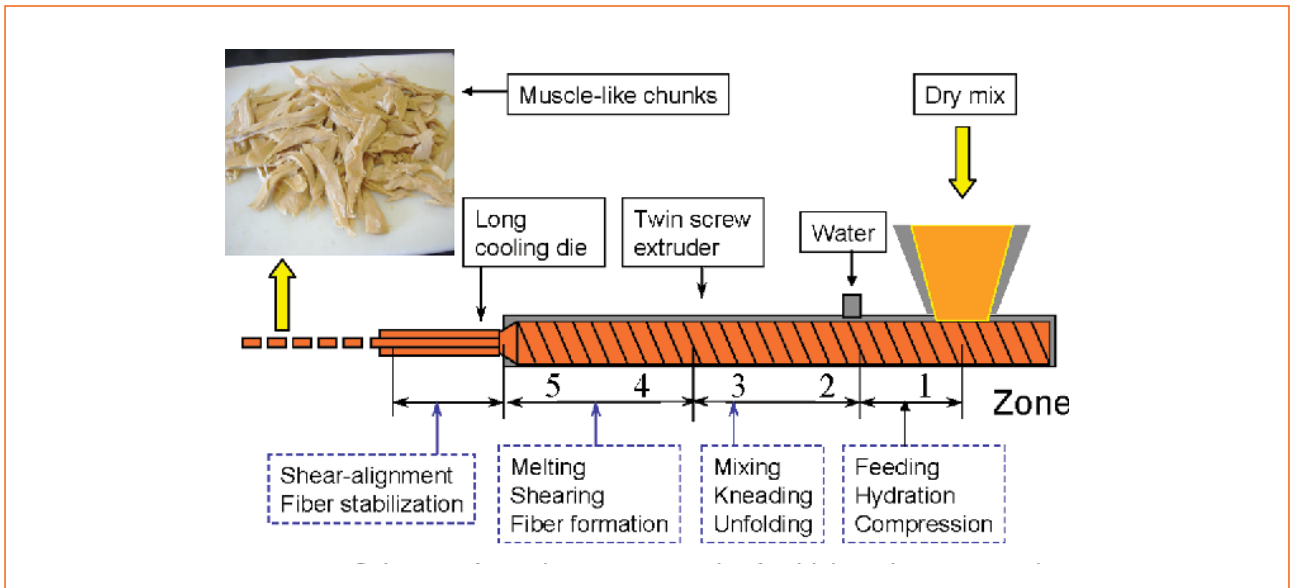


출처: <https://www.mk.co.kr/news/business/view/2020/04/399193/>, <http://upinews.kr/newsView/upi202001300079>

식물성 단백질은 일반적으로 무결정성 조직(amorphous structure)을 갖고 있어 단백질을 변형시켜 조직을 형성 해주는 조직화 공정이 필요하다(김철재, 2005). 식물성 대체육의 조직화를 위한 상용화된 가공 기술로 압출성형공정(extrusion moulding method)이 대표적인데, 압출성형공정은 수분함량에 따라 고수분 압출(습식)과 저수분 압출(건식)로 나눌 수 있다. 일반적으로 식물성 대체육의 제조에는 고수분 압출 방식이 주로 사용되는데, 이는 조직이 팽화 되지 않기 때문에 식물성 단백질로부터 육류와 같은 조직감을 구현하는 데 주로 사용된다(Cheftel 등 1992; Wild 등 2014).

그림 3은 고수분 압출성형공정의 대표 모식도로, 식물성 단백질을 물과 혼합 후 압출기 내에서 가열하면서 스크류의 회전에 의해 높은 압력으로 압출시키면 기계적 전단력 등 다양한 복합 작용에 의해 식육과 비슷한 가소성 및 신축

그림 3. 쌍축압출성형기를 이용한 식물성 대체육 고수분 압출성형공정



Liu 등, 2008, ACS Publications Clearance Center License Number: 5061080774646

성을 갖는 조직감을 재현할 수 있다(Kwon 등, 2019). 이와 같은 압출성형공정은 경제성과 생산성이 뛰어나다는 장점이 있어 다양한 대체육 제조에 활용되고 있다.

압출성형기술 이외에도 식물성 대체육 제조를 위한 신가공 기술로서 오믹히팅(Ohmic Heating) 기술을 적용할 수 있으며, 저자의 연구실에서 오믹히팅을 이용한 대두 단백질 대체육 제조 연구를 수행 중에 있다. 오믹히팅 가공 기술은 온도 상승이 빠르고, 온도 조절이 용이할 뿐만 아니라, 식품을 전체적으로 균일하게 가열시키는 장점이 있다(Soisungwan 등, 2020). 이러한 균일하고 신속한 가열 특성을 가진 오믹히팅 기술에 압력 정형 시스템을 적용함으로써 식물성 육류의 조직감을 구현하는 대체육을 제조할 수 있다. 오믹히팅에 의한 시료 내부에너지 발열을 통해 식물성 단백질의 결합력을 강화하고, 압력 시스템으로 육류의 조직감을 형성함으로써 식물성 대체육의 효율적 생산이 가능하며 실용화가 기대되고 있다.

3. 배양육(In Vitro Meat)

배양육이란 가축을 사육하는 과정을 거치지 않고, 살아 있는 동물의 줄기 세포를 배양하여 세포공학기술로 세포 증식을 통해 얻는 식용 고기를 의미한다(맹진수, 2016). 배양육 기술을 이용하면 에너지 소비량을 전통적인 가축 사육 방식에 비하여 55% 수준으로 낮출 수 있으며(박운제, 2019), 생산과정에서 배지 및 배양 조건을 조절하여 건강에 유익한 육류를 선별하여 생산할 수 있다(이정민 등, 2018). 이러한 관점에서 세포배양육은 동물성 영양분을 제공해주는 자원의 절약이 가능한 미래 식량 대체 기술이다(Choi, 2020).

최근 주요 선진국을 중심으로 국내외 배양육 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 네덜란드 마크 포스트(Mark Post) 박사는 2013년 소의 줄기세포의 근육조직을 배양하여 만든 버거를 제조하였으며(Kwon and Kim, 2019), 미국의 잇저스트(Eat Just)는 2020년 싱가포르에서 사상 최초로 배양육 닭고기 시판을 허가 받았다(<https://www.mk.co.kr/news/world/view/2020/12/1292131/>). 배양육의 실용화에 있어서 가장 큰 문제는 경제성이다. 2013년

그림 4. 배양육 생산 과정



오승희, 2015

네덜란드의 Mark Post 교수가 세계 최초로 배양육 햄버거를 선보였을 때의 제조 비용은 무려 333,000달러에 달하였다(Guan 등, 2021). 우리나라의 경우도 대부분의 경우 현재 실험실 단계에서 소·닭의 근위성세포를 이용하여 배양육을 제조하는 기술 수준을 보유하고 있으며, 대량생산을 위한 기술은 선도 업체 대비 미약한 수준이다(윤성용 등, 2021). 배양육의 다양한 잠재적인 이점에도 불구하고, 식물성 대체육에 비해 생산과정이 오래 걸리고 비용이 많이 드는 등 상용화를 위한 기술적 한계가 존재하여 많은 연구가 필요한 실정이다(이정민 등, 2018). 이와 더불어 배양육의 동물 줄기세포와 혈장을 이용한 배양육의 생물학적 안전성에 관해서도 체계적인 연구가 요구된다.

4. 대체육과 동물 복지

최근에는 반려동물 외에도 육류를 얻기 위하여 사육되는 가축에 대한 동물복지에 관한 관심이 증대됨에 따라 대체육에 대한 소비자의 관심도 증가하는 추세이다. 인간의 단백질 섭취를 위하여 굳이 동물을 도살하는 방법밖에 없는가에 대한 의구심과 함께 육류를 대체할 수 있는 식품의 필요성이 증대되며, 식물성 대체육 시장 성장의 주된 요인이 되고 있다(An, 2019). 식물성 대체육이나 배양육이 상용화된다면 동물 복지를 획기적으로 향상시키고, 인간과 동물이 공존할 수 있다는 의견이 있다는 점에서 의미가 크다.

5. 대체육과 축산산업

대체육의 활발한 연구와 더불어 대체육에 대한 명칭에 관하여 최근 들어 많은 논란이 발생되었다. 2021년 축산관련단체협의회는 생산자단체 대표자 회의에서 대체육이라는 명칭을 새롭게 변경해야 한다며 목소리를 냈는데, 고기가 아님에도 ‘육’이라는 표현때문에 육류 연관 상품으로 오해한다는 것이 축단체의 주장이다(<https://www.nongmin.com/news/NEWS/ECO/COW/333938/view>). 대체육의 문제점 홍보와 관련해 동물복지단체와 채식주의자 등의 강한 반발이 예상되고 있어 신중한 대처가 필요하다는 점도 분명히 했다(<https://www.amnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=45335>). 외국의 경우에도 미국 및 유럽에서 대체육의 명칭을 두고 전통 축산업계와의 갈등이 발생하였는데, 미국은 전통 축산방식으로 획득한 육류만 ‘고기’라고 부를 수 있는 육류광고법을 제정하였으며, 유럽 농업위원회는 비건 식품에 붙여졌던 ‘소시지’, ‘버거’ 등의 사용을 금지하는 법안을 발의하였다(윤성용 등, 2021). 축산 관련 업계나 학계에서는 현재까지 사용되어 온 대체육을 다르게 명칭할 수 있는 용어의 선정이 필요하다는 데 대다수가 공감하고 있는 실정에서 이에 관한 심도 있는 고민이 요구된다.

III. 결론

대체육은 전통적인 축산 방식에 의존하는 방식에서 탈피하여 식물성 단백질 또는 배양육 등을 대안적인 방법으로 사람의 영양에 필수적인 단백질을 섭취하기 위하여 새롭게 개발된 식품이다. 이러한 대체육은 식물에서 추출된 단백질을 이용하여 식육과 유사한 맛과 식감이 나도록 제조한 식물성 대체육과, 살아 있는 동물의 줄기세포를 배양하여 세포 증식을 통해 식용이 가능한 육류를 만드는 기술로 구분된다. 이 중 식물성 대체육은 주로 압출성형 방식을 이용하여 생산되며, 높은 생산성으로 인하여 현재 실용화되어 사용되고 있는 기술이다. 배양육의 경우, 일부 실용화되어 시장에 출시된 제품도 있지만, 높은 생산비용으로 인하여 대다수의 경우는 실험실 수준에서의 연구에 그치고 있는 실

정이다. 대체육은 가축의 사육 및 도축과정에서 오는 동물 복지 문제를 해결하고, 전통적인 축산방식에서 발생하는 환경 문제를 해결할 수 있다는 장점이 있다. 그렇지만 현재까지 배양육 등의 안전성에 대해서는 많은 연구가 이루어지지 않았고 축산 방식도 현재는 보다 친환경적인 방법으로 개선되고 있어, 대체육이 기존의 육류 섭취 방식을 완벽하게 변화시킬 수 있는지에 대해서는 많은 의문이 제기되고 있다. 대체육이란 용어 자체도 소비자에게 일부 혼란을 야기하고, 축산산업의 부정적인 측면만 부각할 수 있어서 신중한 접근이 요구된다. 전세계적으로 대체육 연구와 산업이 크게 발전되고 있는 현재 상황에서 소비자에게 보다 정확한 정보와 전통적인 축산 방식과의 공존을 위한 노력이 필요하다.

참고문헌

1. Ahn SH, Hwang JH. 2020. The effects of consumers' perceived benefits of meat alternatives on trust and purchase intention. *J Foodservice Manage Soc Korea* 23:49-75.
2. An DH. 2019. Development and change of alternative meat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 24:1-6.
3. Bonny SPF, Gardner GE, Pethick DW, Hocqutte JF. 2015. What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry? *J Integr Agr* 14:255-263.
4. Cheftel JC, Kitagawa M, Queguiner C. 1992. New protein texturization processes by extrusion cooking at high moisture levels. *Food Rev Int* 8:235-275.
5. Cho SY, Ryu GH. 2017. Effects on quality characteristics of extruded meat analog by addition of tuna sawdust. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46: 465-472.
6. Cho SY, Ryu GH. 2020. Effects of mushroom composition on the quality characteristics of extruded meat analog. *Korean J Food Sci Technol* 52:357-362.
7. Choi JS. 2020. Challenges we have to solve for production of cell cultured meat. *Korean J Food Sci Ani Resour* 9:2-10.
8. Guan X, Lei Q, Yan Q, Li X, Zhou J, Du G, Chen J. 2021. Trends and ideas in technology, regulation and public acceptance of cultured meat. *Future Foods* 3:100032.
9. Kwon TE, Kim YH. 2019. Food technology trends with alternative proteins. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 24:7-14.
10. Liu KS, Hsieh F. 2008. Protein-protein interactions during high-moisture extrusion for fibrous meat analogues and comparison of protein solubility methods using different solvent systems. *J Agr Food Chem* 56:2681-2687.
11. Soisungwan S, Khampakool A, You SG, Park SH. 2020. Ohmic cooking of instant rice cake soup: energy efficiency and textural qualities. *Food Sci Biotechnol* 29:641-649.
12. Wild F, Czerny M, Janssen AM, Kole AP, Zunabovic M, Domig KJ. 2014. The evolution of a plant-based alternative to meat: From niche markets to widely accepted meat alternatives. *Agro Food Industry Hi-Tech* 25:45-49.
13. You GY, Yong HI, Yu MH, Jeon KH. 2020. Development of meat analogues using vegetable protein: A review. *Korean J Food Sci Technol*. 4:167-171.

14. 김철재. 2005. 식물성 단백질을 이용한 육류대체식품의 개발. 동아시아식생활학회 학술발표대회논문집 2005.4:75-92.
15. 맹진수. 2016. 미래 식품의 대체 기술 동향: 배양육, 인공계란과 식용곤충을 중심으로. 융합연구리뷰 2(4):4-34.
16. 박윤제. 2019. 줄기세포를 이용한 배양육 생산 시스템(*in vitro* meat production system) 기술 개발. 2019년 미래식품 기초연구과제총서(100-130). 서울 울촌재단.
17. 박장환. 2020. 대체 단백질식품(식물성 단백질 고기) 기술개발 동향 및 전망 Soybean Industrial Information 3:22-28.
18. 오승희. 2015. 배양육(*In Vitro* Meat)의 미래. Future Horizon 26:2-2.
19. 윤성용, 조해주, 이경본. 2021. 대체육(代替肉). KISTEP 기술동향브리프 1:1-33.
20. 이정민, 김용렬. 2018. 대체 축산물 개발 동향과 시사점. KREI 농정포커스 170:1-23.
21. 이현정, 조철훈. 2019. 세계 대체육류 개발 동향. 세계농업(2019. 3월호).
22. <https://www.hankyung.com/news/article/2018121468951> (Last accessed on May 3rd, 2021)
23. <https://www.nongmin.com/news/NEWS/ECO/COW/333938/view> (Last accessed on May 3rd, 2021)
24. <https://www.thinkfood.co.kr/news/articleView.html?idxno=88232> (Last accessed on May 3rd, 2021)
25. <https://www.mk.co.kr/news/business/view/2020/04/399193/> (Last accessed on May 3rd, 2021)
26. <http://upinews.kr/newsView/upi202001300079> (Last accessed on May 3rd, 2021)
27. <https://www.mk.co.kr/news/world/view/2020/12/1292131/>
28. <https://www.nongmin.com/news/NEWS/ECO/COW/333938/view> (Last accessed on May 3rd, 2021)
29. <https://www.amnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=45335> (Last accessed on May 3rd, 2021)