

대체우유 산업 현황 및 전망

Present State and Future of the Milk Substitute Industry

권혁철, 정현수, 한성구*

(Hyuk Cheol Kwon, Hyun Su Jung, Sung Gu Han*)

건국대학교 축산식품생명공학과

Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Konkuk University

I. 서론

낙농 산업은 전세계인에게 영양 제공 및 다양한 경제적 활동을 제공하기 때문에 매우 중요한 사회적 자산으로 여겨지고 있다[1]. 최근 발간된 '2021-2030년 세계 유제품 시장 분석 보고서'에 따르면 유제품 시장은 연평균 3.2% 성장할 것으로 전망된다[2]. 전 세계 인구는 매년 평균 1.07%씩 증가하여 2050년에는 99억 명까지 증가할 전망이며, 더불어 양질의 단백질 공급 측면의 축산물 수요는 약 4.5억 톤까지 증가될 것으로 예측되고 있다[3, 4, 5]. 따라서, 글로벌 인구 증가로 인한 축산물 공급 부족 문제가 심화할 것으로 전망되며, 이를 극복하기 위한 대체 단백질 식품 개발의 필요성이 커지고 있다.

낙농 및 축산업에서 발생하는 온실가스 배출량은 농축수산 분야 발생량의 65%를 차지하며[6], 연간 젖소와 육우의 온실가스 배출량은 5.335Mt(메가톤)으로 글로벌 전체 온실 가스 배출량의 11%를 차지하는 것으로 보고되었다[7]. 최근 온실가스에 의한 기후변화 및 지구온난화로 인해 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)는 탄소배출 감축을 위한 각 국가의 정책 수립을 요구하고 있다[8]. 대한민국도 국제사회의 일원으로써 탄소발생 저감과 기후변화 대응을 위해 2030년까지 2018년 대비 온실가스 40% 감축을 목표로 하고 있다[9]. 이에 따라, 낙농업 분야에서도 2050 탄소중립 실현을 위한 저탄소 낙농업 구조 전환이 요구되고 있는 실정이다. 더불어, 동물 복지 및 친환경 제품을 구매하는 '가치 소비' 트렌드가 중요시됨에 따라 우유 생산과정에서 수반되는 젖소 인공수정, 임신, 출산, 착유, 송아지 분리, 사육 환경, 질병, 도축 등과 같은 동물복지 관련 문제점들이 지속적으로 제기되고 있다[3, 10]. 따라서, 글로벌 탄소 배출 감축 해결책 마련과 동물복지 관련 문제 해결을 위한 대체우유 기술개발이 요구되고 있는 실정이다.

글로벌 대체식품 시장은 연평균 18.6%의 성장률을 보이고 있으며, 2020년 기준 294억 달러에서 2030년 1,620

*Corresponding author: Sung Gu Han
Professor, 120 Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul 05029, Korea
Tel: +82-2-450-0526
Email: hansg@konkuk.ac.kr

억 달러에 이를 것으로 전망된다[11]. 대체식품은 식물성(Plant-based), 세포 배양(Cell-based), 발효(Fermentation) 등의 기술을 활용하여 전통적 농축산업 방식을 대신할 다양한 대체 단백질을 생산하여 기존 식품과 유사한 맛이 나도록 가공한 식품을 말한다[11]. 이중 대체우유(Milk substitute)는 식물성 대체우유와 세포배양 대체우유로 구분된다. 식물성 대체우유(Plant-based milk substitute)는 곡물, 콩류 및 견과류(오트밀, 쌀, 대두, 아몬드, 코코넛)와 같이 다양한 식물성 원료에서 얻어지는 단백질로 제조된 음료를 말한다[12]. 최근에는 해외에서 곰팡이를 활용하는 세포농업(Cellular agriculture) 기술을 개발하여 유단백질 및 유지방 성분을 생산하고 있으며, 이에 따른 다양한 유제품이 출시되고 있어 대체우유의 범위가 확대되고 있다[13].

현재 세계 각 국가는 글로벌 인구 증가와 단백질 공급 부족, 탄소 배출량 감축 요구, 동물복지 등 경제적, 정치적, 사회적 문제에 직면하고 있으며, 이를 슬기롭게 극복하고 해결책을 도출해야 하는 상황에 있다. 또한, 푸드테크 신산업 분야로서 식물성 대체우유와 세포배양 대체우유의 필요성이 커져가고 있으므로, 관련 산업의 현재 글로벌 상황과 핵심 기술을 소개하고자 한다.

II. 본론

1. 식물성 대체우유(Plant-Based Milk Substitute)

1) 식물성 대체우유의 정의 및 특징

식물성 대체우유는 최근 가파른 성장세를 보이며, 기존 우유 제품의 맛과 특징 모방을 통한 제품 개발이 활발히 진행되고 있다[14]. 대체우유는 크게 두유와 기타 대체우유 2가지로 분류된다. 두유는 콩을 갈아 만든 우유 유사 제품이며, 기타대체우유는 아몬드, 귀리, 코코넛 등의 식물성 원료를 주로 하는 식물성 기반 음료로 정의된다.

2) 식물성 대체우유 관련 산업 현황

식품산업통계정보에 따르면, 2021년 국내 대체우유 전체 시장 점유율에서 두유는 88.3%, 기타대체음료는 11.7%를 차지하고 있다. 하지만, 두유 매출액 기준 시장 규모는 2018년 약 3,983억 원에서 2021년 약 3,758억 원으로 매년 감소하는 반면[15], 기타대체우유는 2021년 시장 규모는 약 686억 원으로, 전년도 약 431억 원 대비 약 59.2% 증가하였고, 이는 2016년 약 83억 원에 비해 약 826.5% 증가한 규모에 해당한다(그림 1)[16].

2021년 기준 국내 두유 제조사별 매출액 순위는 정식품(54.23%)과 삼육식품(25.38%)이 월등히 높았으며, 연세우유(5.31%), 남양유업(4.51%), 매일유업(3.82%)이 뒤따랐다(표 1)[15]. 국내 기타대체우유 회사의 경우, 2015년 매일유업에서 세계 최대 아몬드 전문 기업으로 알려진 블루 다이아몬드사와 ‘아몬드브리즈’ 판매와 함께 해당 제품은 2019년 11월 기준 온라인 음료(생수 제외) 판매량 전체 순위의 7위를 차지하며, 국내 기타대체우유의 선두를 장악했다[17]. 그 뒤 2021년 동원 F&B에서 ‘그린 덴마크’ 2종(귀리, 아몬드)을 출시했고, CJ 제일제당에서는 2022년 현미와 완두단백을 배합하여 고단백·고칼슘의 강점을 살린 ‘얼티브 플랜트유’를 선보였다(표 2). 또한, KREI 한국농촌경제연구원 설문조사에 따르면, 가공식품 구매 시 낮은 칼로리의 제품을 선호하는 소비자군이 매년 증가하는 추세와 함께 기타대체우유의 시장 규모가 가파르게 성장하고 있다[18].

그림 1. 두유 및 기타 대체우유 연간 시장규모 추이(단위: 억 원)

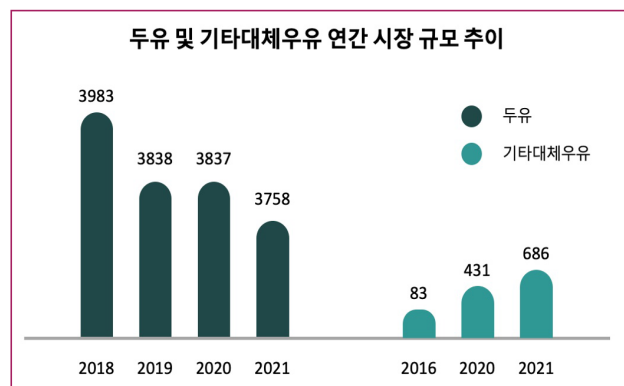


표 1. 두유 제조사별 매출액 및 대표 제품 (단위: 억 원)

제조사	매출액(점유율)	대표제품	대표사진
정식품	2,043(54.4%)	베지밀 검은콩 고칼슘	
삼양식품	966(25.8%)	삼육 검은콩 칼슘	
연세우유	203 (5.4%)	연세두유	
남양유업	157 (4.2%)	맛있는 두유 GT	
매일유업	140 (3.7%)	매일두유	

표 2. 기타 대체우유 제조사별 대표제품

제조사	식물성 원료	대표제품	대표사진
매일유업	아몬드	아몬드브리즈 오리지널	
동원 F&B	귀리	그린덴마크 귀리	
CJ 제일제당	현미 및 완두단백	얼티브 플랜트유	

2022년도 대체우유 글로벌 시장규모는 약 225억 달러(한화 약 29조 원)로, 2016년부터 연 평균 9% 상승했다(그림 2). Market Research Future 조사에 따르면, 현재 연간 상승율을 고려했을 때, 2030년도에는 세계 대체우유 시장 규모는 약 464억 달러에 도달할 전망이라고 보고했다[16, 19].

2021년 국가별 대체우유 시장 점유율에서 중국은 54.5억 달러로 가장 높았으며, 미국 29.3억 달러와 일본 11.1억 달러가 그 뒤를 따랐다. 5년 상승률의 경우, 중국 대체우유 시장 규모가 2016년 64.5억 달러 대비 약 11.8% 감소했지만, 글로벌 건강 및 웰빙 트렌드 영향으로 중국을 제외한 대부분의 국가에서 대체우유 시장 규모는 가파르게 성장하고 있다(표 3)[20].

대체우유 생산에 사용되는 글로벌 식물성 주원료 점유율의 경우, 2019년 콩과 아몬드가 동일하게 각각 40%를 차지했고, 그 외 곡물(쌀, 귀리, 헤이즐넛, 코코넛 등)이

그림 2. 글로벌 대체우유 연간 시장 규모 추이(단위: 억 원)

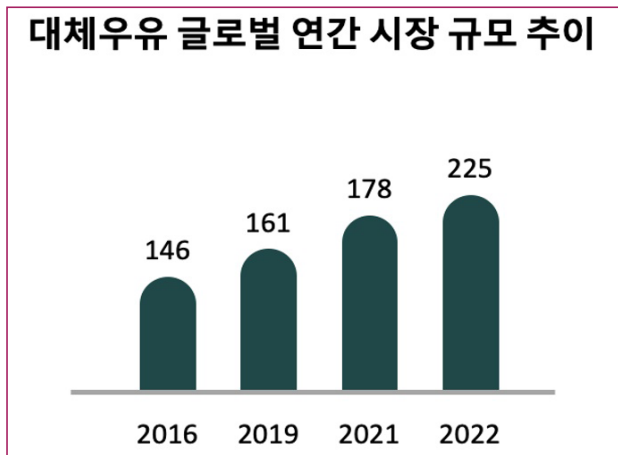


표 3. 2021년 국가별 대체우유 시장 규모 및 상승 추이(단위: 억 달러)

국가명(순위)	글로벌 점유율(%)	2016년 시장 규모	2021년 시장 규모	5년간 상승률(%)
중국(1)	30.62	64.5	54.5	-15.5
미국(2)	16.46	21.3	29.3	37.6
일본(3)	6.24	7.4	11.1	50.0
태국(4)	4.33	5.9	7.7	30.5
독일(5)	4.04	2.3	7.2	213.0

20%를 차지했다. 또한, 전 세계적으로 국내 대체우유 시장현황과 유사하게 아몬드 제품이 점진적으로 확대되는 추세이며 상승 추이를 고려했을 때 향후 수년 내에 두유 제품을 추월할 것으로 예상된다[15].

2. 세포배양 대체우유(Cell-Based Milk Substitute)

1) 세포농업 및 세포배양 대체우유 정의 및 특징

세포농업(Cellular agriculture)은 동물을 요구하지 않고 특정 제품이나 식품 성분을 성장시키기 위해 세포배양 또는 미생물 발효 등을 활용하여 기존 전통 제품을 생산하는 것을 말한다. 비록 세포농업은 기술개발이 초기 단계이고, 잠재력에 대한 의문이 존재하지만, 세포농업 분야와 관련된 활발한 투자와 연구개발이 이루어지고 있다[14].

최근에는 젖소 없이도 유당 단백질을 성공적으로 생산하는 벤처 기업들의 수가 늘어나고 있고, 미생물 DNA를 미세하게 조정하여 우유 단백질을 생산하게 하는 정밀발효(Precision fermentation) 기술이 적용되고 있다[22]. 다양한 기업들은 탄소원이 공급되는 생물반응기(bioreactor)에 세포 또는 미생물(박테리아, 효모 및 기타 균류)을 배양 및 발효하여 유단백질과 유지방을 생성하고, 이를 여과하여 유제품을 포함한 다양한 식품 재료에 첨가하고 있는 실정이다(표 4).

2) 세포배양 대체우유 관련 산업 현황

Change Foods는 2020년에 설립되어 미국 캘리포니

표 4. 세포 농업 기반 대체 유제품 개발 회사 목록

Company	Location	Product	Technology
Change Foods	미국 캘리포니아 팰리앨토	치즈 대체(카세인, 유지방)	정밀발효(박테리아, 효모, 균사)
Better Dairy	영국 런던	치즈 대체(카세인)	정밀발효(<i>Pichia pastoris</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Trichoderma</i>)
Perfect Day	미국 캘리포니아 버클리	유청단백질(베타 락토글로불린)	정밀발효(비공개)
Formo	독일 베를린	치즈 대체(카세인 및 유청단백질)	정밀발효(비공개)
New Culture	미국 캘리포니아 샌리앤드로	치즈 대체(카세인)	정밀발효(비공개)
Changing Biotech	중국 상하이	유제품 대체	정밀발효(비공개)
TurtleTree Labs	싱가포르	락토페린	정밀발효(비공개)
Wilk	이스라엘 레호보트	우유 및 모유 성분	세포배양

아에 분사를 둔 대체우유 제조 회사로서 정밀발효 기술을 활용하여 유제품 시장 최초로 치즈의 중요 성분 중 하나인 카세인과 유지방 생산 기술을 보유하고 있다. 최근 2022년 Change Foods는 총 15억 3,000만 달러 이상의 투자 자금을 확보하였으며, 식물성 스프레드 치즈 브랜드를 보유한 Upfield의 모회사와 함께 포장 육류, 치즈, 요구르트 등의 냉장 및 냉동식품을 생산하는 글로벌 기업 Sigma와 협력 계약을 체결했다[23].

Better Dairy는 2020년에 설립된 영국 런던의 대체 유제품 제조 스타트업 회사로 카세인 대체 생산 기술을 활용하여 최초 경질 치즈를 생산하는 것을 기업의 목표로 하고 있다[24]. 2020년 시드 투자 라운드에서 160만 파운드(약 226만 달러)를 시작으로 2022년 시리즈 A 투자

에서 2,200만 달러를 조달하였다.

Perfect Day는 미국 캘리포니아에서 2014년 설립된 회사로 미생물 정밀발효 기술을 활용하여 2019년 최초로 유청단백질로 만든 아이스크림을 출시하였으며[25], 2019년 6,150만 달러를 시작으로 2020년 3억 6천만 달러로 확대하며 투자자금을 조달하였다[26]. 이후 2021년 Modern Kitchen 브랜드에 크림치즈, California Performance Co. 브랜드에 유청단백질 분말을 판매하였다(그림 3)[27]. 최근 Perfect Day는 2022년 Tomorrow Farms에 초콜릿, 바닐라 및 딸기 우유 제조를 위한 유청을 판매하며 시장 점유 및 관련 기술력을 확대해 나가고 있다[28].

Formo는 치즈 대체를 위해 정밀발효 기술을 활용하여

그림 3. Perfect Day 유청단백질 활용 아이스크림, 크림치즈 및 우유



카세인과 유청단백질을 생산하는 유럽 최초 세포 농업 회사로 2023년 제품 출시를 목표로 하고 있다. 더 빠른 균주 개발을 위해 최근에는 BRAIN Biotech와 유전자 편집 기술 개발 독점 협력을 체결했다. 2021년 Formo는 유럽 식품 기술 분야에서 시리즈 A 투자 라운드 5,000만 달러를 기록하며 성공적인 투자자금을 조달하였다[29].

New culture는 뉴질랜드 설립 후 미국 캘리포니아에 본사를 둔 회사로서 정밀 발효기술을 사용하여 우유 없이 대규모로 카세인을 생산할 수 있는 기술력을 가지고 있다. 또한, 카세인을 모짜렐라 치즈 생산에 적용하여 2023년 시장에 출시하는 것을 목표로 하고 있다. New culture는 2021년 Ahren Innovation과 CPT Capital의 oversubscribed Series A 라운드를 통해 2,500만 달러를 조달 받았으며, 최근 CJ제일제당은 New culture에 모짜렐라 치즈 생산을 발전시키기 위해 비공개 투자를 진행했다[30].

Changing Biotech는 중국 최초 정밀 발효 유제품 스타트업 회사로 식용 미생물로 분류되는 곰팡이 균주로 유단백질을 생산하여 우유, 초콜릿, 간식 등의 식품에 적용과 함께 FDA 승인을 목표로 하고 있다. Changing Biotech는 식물성 육제품 제조업체 Starfield의 시리즈 B 100만 달러 투자 유치 후, 자국 Bits × Bites venture capital 회사가 주도하는 기업 인수 시리즈 A를 통해 2,200만 달러 투자를 유치하였다[31].

싱가포르에서 최초로 미생물 정밀 배양 기술을 활용한 스타트업 회사인 TurtleTree Labs는 락토페린의 상업적 출시를 준비하고 있다. TurtleTree Labs는 B2B를 통해 미국에서 첫번째 제품을 출시하며, 향후 4-5년 이내 완전 상용화를 목표로 하고 있다. 또한, 최근 VERSO Capital이 주도한 3,000만 달러 규모의 시리즈 A와 940만 달러 프리 A 투자를 기반으로 회사의 사업성을 확장하고 있다[32].

바이오 푸드테크 스타트업 회사 Wilk(이전 명칭:

BioMilk)는 세포에서 배양된 우유와 모유를 만드는 세계 최초의 회사로서 동물과 인간의 유전에서 발견되는 유선 상피세포 분비 성분을 기반으로 우유를 생산한다. 또한, 회사는 제한된 모유의 가용성을 해결하기 위해 수유 중 산모의 동의에 따라 모유에서 함유된 유선 조직 또는 유선 수술을 통해 채취된 조직을 사용하여 모유를 생산하는 것을 목표로 하고 있다[33]. Wilk는 최근 2021년 3천만 달러의 시리즈 A 마감과 함께 4년 이내의 유아용 분유 기술 개발을 지원하기 위한 시리즈 A 투자 라운드 2,100만 달러를 조달하였다[34].

III. 결론

한정된 자원과 글로벌 인구 증가로 인한 축산물 수요 부족 문제가 대두되면서 대체 식품개발의 필요성이 증가되고 있다. 특히, 대체우유 시장에서는 기존 두유를 활용한 식물성 대체우유 대비 아몬드, 귀리 및 코코넛 등의 원료를 활용한 기타대체우유 시장과 연구개발이 점진적으로 확대되고 있다. 또한, 최근 해외에서는 정밀발효 기술이 적용된 미생물을 활용하여 유단백질과 유지방을 생성하고, 이를 유제품에 첨가하는 기술력과 함께 유선 상피세포에서 분비되는 유성분을 기반으로 유제품을 생성하는 기술력이 시장을 주도하며, 다양한 기업으로부터 투자자금을 조달 받고 있다. 하지만, 국내의 경우 정밀발효 및 유선 상피세포를 활용하여 대체우유를 생산할 수 있는 연구자, 기업 및 기술력이 부족한 실정이다. 결론적으로, 식물성 대체우유는 선진국을 중심으로 기술이 보편화 되고 시장이 확대하고 있는 실정이며, 정밀 발효기술과 세포배양 기술을 활용한 대체우유 생산 기술은 아직 초기단계에 있으며, 보편화 및 경제성 있는 결과물이 나오기까지는 수많은 도전이 있을 것으로 예상된다.

참고문헌

1. Peterson CB, Mitloehner FM. 2021. Sustainability of the dairy industry: Emissions and mitigation opportunities. *Frontiers in Animal Science*, 2, 760310.
2. Precedence Research. 2021. Dairy Products Market. <https://www.precedenceresearch.com/dairy-products-market>
3. Udmale P, Pal I, Szabo S, Pramanik M, Large A. 2020. Global food security in the context of COVID-19: A scenario-based exploratory analysis. *Progress in Disaster Science*, 7, 100120.
4. 최우정, 임상선, 곽진협, 이선일, 박현진, 양혜인, 정영재. 2021. 탄소중립을 위한 농경지 탄소격리. *한국환경농학회 학술발표논문집*, 3-21.
5. FAO, 2012. World agriculture: towards 2030/ 2050. Interim report, Global perspective studies unit. FAO, Rome, Italy.
6. 농림수산식품기술기획평가원. 2016. 2040 농림식품미래기술예측조사.
7. Rotz CA. (2018). Modeling greenhouse gas emissions from dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 101(7), 6675-6690.
8. 기상청 기후정보포털. 2018. 한반도 기후변화 전망분석서.
9. 농림축산식품부 CMS. 2023. 온실가스 감축목표 조정 내용.
10. Fernandez-Novo A, Pérez-Garnelo SS, Villagrà A, Pérez-Villalobos N, Astiz S. The effect of stress on reproduction and reproductive technologies in beef cattle-A review. *Animals (Basel)*. 2020 Nov 11;10(11):2096. doi: 10.3390/ani10112096. PMID: 33187308; PMCID: PMC7697448
11. 삼정KPMG 경제연구원. 2022. 미래 먹거리로 주목받는 대체식품과 투자 동향.
12. Pontonio E, Rizzello CG. 2021. Milk alternatives and non-dairy fermented products: trends and challenges. *Foods*, 10(2), 222.
13. Pandya R, Gandhi P, Ji S, Beauchamp D, Hom L. 2017. Compositions comprising a casein and methods of producing the same. United States Patent Application Publication, US20170273328A1.
14. McMorris M, Neudorf C, Von Massow M. 2021. Animal-free meat, Milk and Eggs.
15. aTFIS식품산업통계정보, 2021. 2016-2021 품목별 소매 매출. <https://www.atfis.or.kr/home/oldsales.do>
16. 유로모니터. 2021. Drinking milk products in South Korea.
17. 키움증권 기업브리핑. 2019. Product Mix 개선과 고객 다변화 효과 기대.
18. KREI, 한국농촌경제연구원. 2021. 가공식품 소비자태도조사 통계보고서.
19. Market research future. 2023. Dairy alternatives products market share analysis till 2030.
20. aTFIS식품산업통계정보. 2021. 식품산업 트렌드 PICK <해외편> 우유(대체우유) 한입.
21. 우유자조금관리위원회. 2021. 우유와 두유류의 소비시장 추이 및 영양성분에 따른 효능 비교 분석.
22. Waltz E. 2022. Cow-less milk: The rising tide of animal-free dairy attracts big players. *Nature Biotechnology*, 40, 1531-1545.
23. Watrous M. 2022. Change Foods secures \$15.3 million in seed funding, *Food Business News*. <https://www.>

- foodbusinessnews.net/articles/20723-change-foods-secures-153-million-in-seed-funding
24. Hall C. 2022. Better dairy slices into new funding for animal-free cheeses. <https://techcrunch.com/2022/02/28/better-dairy-slices-into-new-funding-for-animal-free-cheeses/>
 25. Kowitt B. 2019. The first 'Animal-Free' ice cream hits the market. <https://fortune.com/2019/07/11/first-animal-free-ice-cream-perfect-day-dairy-alternative/>
 26. Paramasivam P. 2020. Disney's Bob Iger to join board of animal-free dairy maker Perfect Day. <https://www.reuters.com/article/perfect-day-bog-iger/disneys-bob-iger-to-join-board-of-animal-free-dairy-maker-perfect-day-idINL4N2HC3VK>
 27. Watson E. 2021. The urgent company and perfect day unveil 2nd animal-free dairy brand: Modern Kitchen cream cheeses, as Perfect Day raises \$350m, with an 'eye toward eventual strong public market performance' <https://www.foodnavigator-usa.com/Article/2021/09/30/The-Urgent-Company-and-Perfect-Day-unveil-second-animal-free-dairy-brand-Modern-Kitchen-cream-cheese>
 28. Starostinetskaya A. 2022. This is the world's first "Real" chocolate milk made with precision fermentation. <https://vegnews.com/2022/5/real-chocolate-milk-precision-fermentation>
 29. Askew K. 2022. Formo accelerates towards precision-fermented dairy at 'industrial scale' and 'affordable rice' <https://www.foodnavigator.com/Article/2022/02/09/formo-accelerates-towards-precision-fermented-dairy-at-industrial-scale-and-affordable-price>
 30. Vegconomist. 2022. New culture secures investment for its animal-free mozzarella. <https://vegconomist.com/investments-finance/new-culture-investment-animal-free-mozzarella/>
 31. Figueiras S. 2022. China alt Dairy heats up: Record series a for first sartup making milk proteins from fermentation. <https://www.greenqueen.com.hk/changing-biotech-fermentation-dairy/>
 32. Yu D. 2021. TurtleTree raises \$30 million in series a to expedite full commercialization of cell-based milk. <https://www.forbes.com/sites/douglasyu/2021/10/29/turtletree-raises-30-million-in-series-a-to-expedite-full-commercialization-of-cell-based-milk/?sh=e0d193d1249e>
 33. Kriger C. 2022. Cell-based dairy and human breast milk: Tackling sustainability and availability. <https://foodmatterslive.com/article/wilk-cell-based-dairy-and-human-breast-milk-sustainability-availability/>
 34. Buxton A. 2022. Israel's Wilk Technologies Earns U.S. patent approval for cultivated breast and animal milk processes. <https://www.greenqueen.com.hk/wilk-technologies-cultivated-breast-milk-patent-approval/>