

특집: 식품산업의 미래, 푸드테크

식물성 대체육 개발을 위한 식물성 지방 소재 생산 및 개발 동향

최미정[†] · 변영미 · 최유희 · 황웅준 · 정재현 · 전승탁 · 이지선 · 고은영

건국대학교 축산식품생명공학과

Production & Development of Plant Based Animal Fat Analogues for Application of Plant Based Meat Analogues

Mi-Jung Choi[†], Yeong Mi Byeon, Yoohee Choi, Woongjun Hwang, Jaehyun Jeong, Seungtak Jeon, Jiseon Lee, and Eun-Young KoDepartment of Food Science and Biotechnology of Animal Resources,
Konkuk University, Seoul 05029, Korea

서 론

일반적으로 대체육 개발은 식물성 단백질 기반으로 연구되어 왔다. 식물성 대체육이란 비동물성 소재를 활용하여 고기가 가지고 있는 맛과 식감을 부여하여 기존의 동물성 고기와 유사하게 만든 제품이라 볼 수 있다(1,2). 대표적인 식물성 단백질 소재로는 글루텐 및 대두 단백질이 주류를 이루고 있고, 완두콩, 쌀, 버섯 등에서 추출한 단백질을 이용하고 있다(3). 최근에 식물성 대체육 개발에 대한 요구가 증가하고 있는데, 이는 식물성 고기를 섭취하려는 채식주의자들 증가와 동물 질병(광우병, 조류독감, 구제역 등)에 따른 동물성 고기에 대한 부정적 시각이 커지면서 식품 안전성에 대한 요구가 높아짐에 따라 유사 고기에 대한 관심이 증가하였다(1). 이러한 요구에 따라 다양한 식물성 단백질 기반의 소재를 열, 압력, 수분을 조절 가능한 압출 성형 기에서 압출·성형 이후, 가열과 냉각 공정을 거쳐 기존 육이 지니고 있는 섬유질 모양의 1차 소재를 얻어내는 방법을 사용한다(4,5). 이를 토대로, 회사별로 개발하고자 하는 제품별 최종 제품을 만들 수 있다. 최종 제품별로 브랜드마다 고유의 색깔, 육즙, 향미, 조직감을 부여하기 위해 다양한 조미 소재, 식물성 색소 등을 더하여 제품의 완성도를 높일 수 있다. 대체육의 조직감을 더해주는 요소에는 식물성 단백질의 종류에도 다양하게 구현될 수 있지만, 육지방을 대체하는 식물성 지질

류의 선택과 식물성 단백질 내 구성 형태에 따라서 최종 제품에 큰 영향을 미친다고 볼 수 있다. 하지만 이에 대한 연구나 관련 기술에 대한 부분은 식물성 단백질 소재에 비해서 매우 부족한 실정이다.

기존 동물성 지방 대체재는 기존 육가공 제품에서 칼로리 저감화를 위한 개발로, 그 소재는 동물성 단백질(예: 젤라틴) 범위의 소재들을 포함하여, 주로 탄수화물, 검류 소재 기반으로 발전하였다(6). 즉, 식물성 대체육 개발을 위한 식물성 지방 개발에 대한 연구는 대체육 시장 성장에 비해 여전히 부족한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 식물성 대체육의 품질을 결정짓는 식물성 지방 대체재에 대한 소재 생산 및 개발 동향에 대해 알아보하고자 한다.

지방 대체재 해외 시장 현황

식물성 대체육 개발을 위한 식물성 지방 개발은 기존의 지방 대체재 개발에 대한 현황을 함께 살펴봐야 한다. 기존의 지방 대체재 생산 목적인 칼로리 저감화와 대체육 제조 시 육류 지방을 모방한 지방 대체재를 기준으로 시장 동향을 살펴보면, 글로벌 산업 분석 보고에서는 2020년 기준 1.84 USD Billion에서 2027년 도에는 2.98 USD Billion으로 7.15% 성장할 것으로 본다(7). 2020년 기준으로 주로 북미, 유럽, 아시아-태평양 순으로 연구 개발을 하고 있으며, 2020년 기준 대비, 2027년 식물성/동물성 기반 소재에 대한 연구는 전체적으로 증가하지만, 식물성 기반 소재가 차지하는

[†]Corresponding author. E-mail: choimj@konkuk.ac.kr

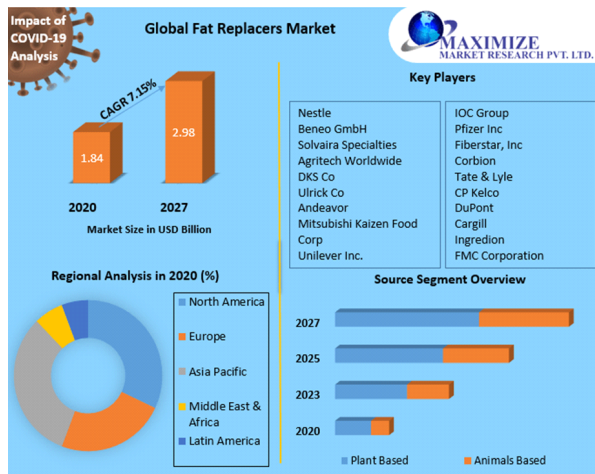


그림 1. 전 세계 지방 대체재 시장 개략도(7).

비율이 더욱더 증가할 것으로 추정한다(그림 1)(7).

지방 대체재 시장 동향 분석 보고에 따르면, 미국의 경우 2014년 기준 대비 전체적으로 지방 대체재의 시장은 성장할 것으로 예측하였다(그림 2)(8). 그중에서도 탄수화물 기반 소재에 대한 연구가 가장 많은 부분을 차지하고 있고, 단백질과 지방이 그 뒤를 차지하고 있다. 탄수화물의 경우, 옥수수과 같은 전분성 식품으로 제조되며 대부분의 지방 대체재는 탄수화물로 만들어졌다. 수용성이고 pH 및 열 안정성을 지닌 장점이 있기 때문에 냉동 디저트, 육류 등에 최대한 적용할 수 있어 시장 면에서 강세를 보인다. 셀룰로오스, 젤라틴, 텍스트린, 겔, 변성 식이섬유 등이 있다. 단백질의 경우, 계란 흰자나 우유의 유청 단백질을 변형하여 제조하였다. 대표적인 제품으로는 CP Kelco(Atlanta, US)의 Simplex[®]이 있는데 최대 80% 칼로리를 감소하였다. 유제품 음료 및 냉동 디저트류에 광범위하게 사용되기 때문에 높은 연간 성장률을 보일 것으로 기대하며 식감

을 향상시키고 내열성을 가지고 있는 특징을 보였다. 유엔식량농업기구(FAO)에 따르면 동남아시아 지역의 우유 및 유제품 소비는 2030년까지 125% 증가할 것으로 예상하므로 단백질 유래의 지방 대체재의 큰 성장세를 기대한다. 지방의 경우, 주로 식물성 기름의 트리글리세라이드를 대체하여 제조되며 salatrim, caprenin, olestra가 있다(9).

유럽의 경우, 글로벌 하이드로콜로이드 업계 동향 보고서에 따르면 2028년까지 지방 대체재 유럽 시장은 USD 3,495.56 Million까지 신장할 것으로 보고하였다. 주로 독일, 영국, 프랑스, 벨기에 위주로 개발될 것으로 예측하였다(그림 3)(10).

지방 대체재 시장 동향 분석 보고에 따르면, 최종 제품별 지방 대체재 적용 분야는 베이커리&제과제빵이 가장 많은 부분을 차지하며, 그 뒤로 음료, 편의식, 드레싱 & 마가린&스프레드류, 가공육, 유제품&냉동 디저트류가 차지하고 있다(그림 4)(8). 이 중에 베이커리 부문은 2028년까지 가장 높은 성장률을 보일 것으로 예상되며, 중동 및 BRICs(브라질, 러시아, 인도, 중국 등) 나라를 기준으로 식음료 부문에 대한 성장세는 주요 시장 원동력이 될 것으로 예측한다. 특히 전 세계적인 탈지유 소비 증가폭은 지방 대체재의 음료 분야 시장 성장을 촉진하는 주요 요인 중 하나이다. Calorie Control Council에서 실시한 조사에 따르면 성인의 88%가 저지방 또는 무지방 식품 및 음료를 선호하는 것으로 밝혀졌다.

식물성 유지의 대체재로의 적용 현황은 국내외 시장, 제품 및 연구 현황 조사 결과, 식물성 기름을 활용한 식물성 단백질에 적용하기 위한 근본적인 기술에 대한 시도가 전무하고, 오로지 육제품에 인공 마블링 제품만 시도되어 제작된 것으로 판단된다(11,12).

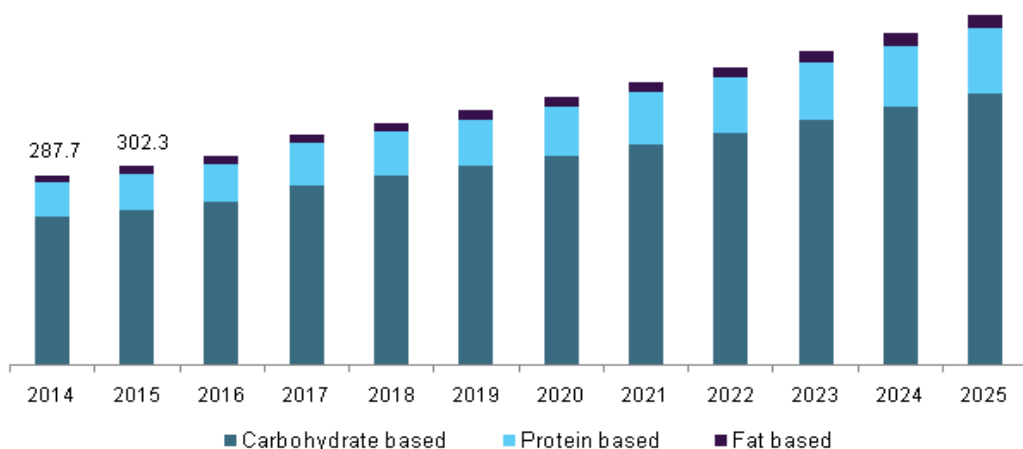


그림 2. 2025년까지 미국의 대체 지방 원료별 동향(8).

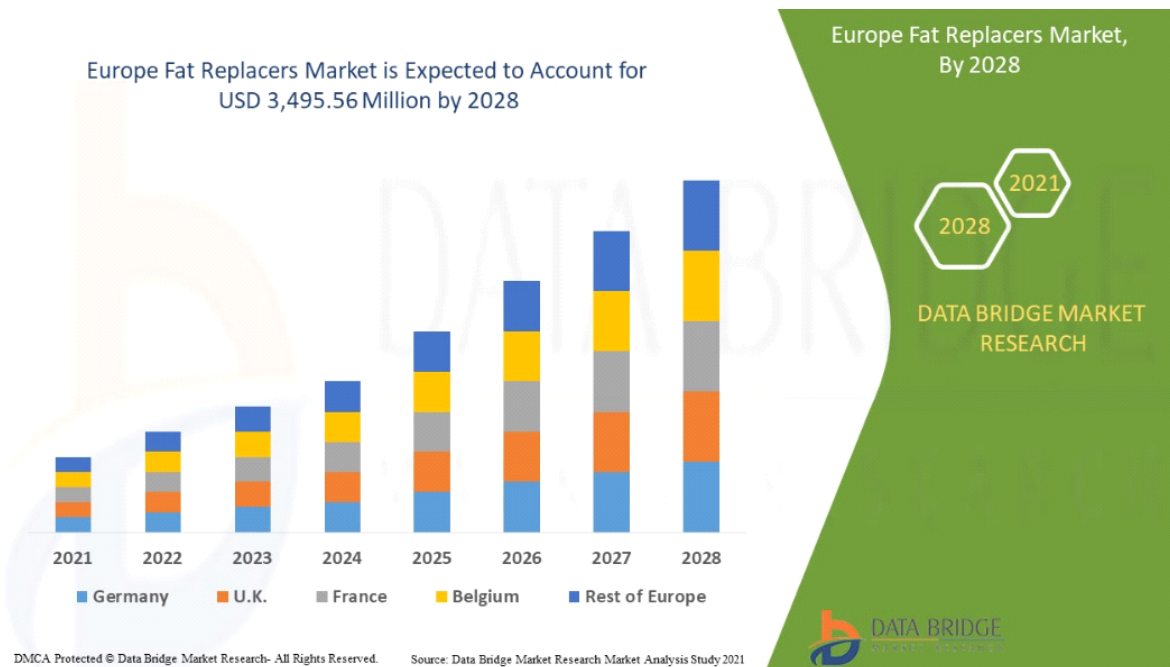


그림 3. 2028년까지 유럽의 국가별 대체 지방 시장 동향(10).

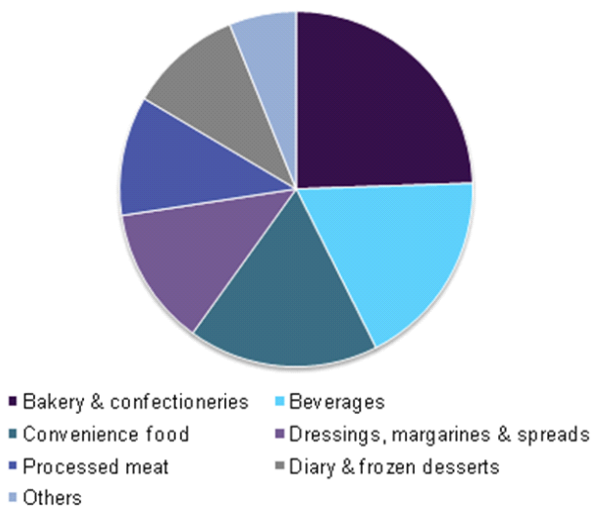


그림 4. 제품별 지방 대체재 시장 점유율(2015년 기준)(8).

지방 대체재 제품 현황

국내에서는 동서식품이 탄수화물과 단백질 유래의 지방 대체재를 개발하여 백탁도 및 크림 맛의 향미 강도가 지방함량 35% 정도의 일반 프리마에 손색이 없는 제품에 적용하여 생산하고 있다. 국외로는 소재 및 제품 생산을 하는 글로벌 회사별 세부 제품을 살펴보면, Cargill사의 Olinera™는 코코아 버터 대체재로써 초콜릿 제품군의 광택을 유지하고 저점도에서 빠르게 결정화되며 얇은 두께에서도 우수한 탄성을 보여 코팅 균열

방지 효과가 있다(표 1). Milfar™은 유지방 대체재로써 치즈와 제빵 제품에 사용되는데 부드러운 질감을 형성하고 일반적인 유크림과는 다르게 생산환경의 영향을 받지 않아 일정한 품질을 유지할 수 있는 장점이 있다. IFP에서 개발한 Novagel®은 셀룰로오스 겔을 기반으로 한 지방 대체재로써 제품의 식감과 조직감을 향상시키는 효과가 있다. 이에 반해 P&G사의 Olean®(olestra)은 체내에서 소화 흡수가 이뤄지지 않았지만, 위장 장애, 복통, 설사를 유발하고 장기적으로는 체중 증가의 부작용이 있기 때문에 사용이 극히 제한되고 있다. Olestra의 한계로 인해 새로운 지방 대체재들이 개발되었으며 Nabisco Foods에서 개발한 Salatrim®은 유럽연합에서 2003년부터 안전한 식품 첨가제로 인정되어 사용되었고, 미국 FDA에서 GRAS로 분류되어 광범위하게 사용되고 있을 뿐만 아니라 구조적으로 단쇄 지방산의 조성 및 함량의 차이에 따라 가변적으로 물성과 기능성을 조절할 수 있다는 장점이 있다. CP Kelco의 Simplex®는 유제품 군에서, EPOGEE®의 EPG는 초콜릿, 아이스크림 등에서 지방 대체재로 사용되고 있으며 최대 92%의 칼로리 저감화 효과를 보여준다고 홍보하고 있다(13). 감귤류의 껍질에서 추출한 펙틴을 바탕으로 만든 CP Kelco의 Slendid®는 저온과 산성인 조건에서 강점을 보여 아이스크림이나 마요네즈 제조 시 지방 대체재로써 사용되고 있다. v2foods의 대두 단백을 이용한 대체육 제품들이나 Meati Foods의 버섯 균사

표 1. 지방 대체재 제조 회사 및 제품 정보

제품명	제품사진	제조사	원재료	특징	참고문헌
프리마 웰빙 1/2 라이트		동서식품 (Korea)	폴리덱스트로스 또는 난소화성 덱스트린, 탈지분유, 탈지분유 또는 우유 단백질	용해 후 유회하여 분무건조를 통해 지방함 량 감소 프리마를 제조함.	14
Olinera™		Cargill (US)	팜유	표면 광택이 뛰어나 품질 향상. 우수한 탄성력을 지녀 제품 표면 코팅에 금이 가지 않음.	15
Milfar™		Cargill (US)	팜유, soft seed 등 유지 혼합물	유지방 대체재. 일정한 품질 유지 가능함.	16
Novagel®		IFF (US)	미세결정 셀룰로오스, 구아검	탄수화물 기반의 지방 대체재임.	17
Olean®		P&G (US)	설탕, 지방산	체내에서 소화 흡수가 되지 않음. 복통 및 설사를 유발하는 부작용 있음.	18,19
Salatrim®		Nabisco Foods (US)	단쇄·장쇄 지방산	단쇄 지방산의 조성 및 함량 차이에 따라 물성과 기능성 조절이 가변적임.	20,21
Simplese®		CP Kelco (US)	유청 단백질	농축유청단백질로 제조된 다기능성의 유제 품 원료로써 저칼로리 음식에서 지방 대체 재로 사용되고 있음.	22
EPG		EPOGEE® (US)	지방산, 프로필렌글리콜	녹는점이 체온보다 높고 소화효소에 분해 되지 않기 때문에 1 g 당 0.7 cal 를 가짐. GRAS 에 등록되어 있으며 하루 권장 섭취 량이 150 g 으로 설정되어 있음.	23,24
Slendid® Specialty Pectin Type 200		CP Kelco (US)	시트러스 추출 펙틴, 설탕	감귤류 껍질에서 추출됨. 저온 및 산성과 중성 pH 에서 최적 성능을 발휘함.	25
v2 mince, burger		v2food (Australia)	대두 단백질, 코코넛유, 카놀라유	대두 단백질을 이용한 대체육 제품을 생산 하고, 코코넛유 또는 카놀라유로 동물성 지 방을 대체하였음. 고기의 붉은 빛을 내기 위해 비트 추출 적 색소를 활용하고 있음.	26
Carne Asada Steaks		Meati Foods (US)	버섯 균사체, 올리브유	버섯 균사체를 이용한 대체육 제품 생산. 시즈닝이 된 완제품임.	27

체를 이용한 대체육 제품의 경우 코코넛유나 카놀라유를 동물성 지방 대체재로 사용함으로써 실제 육류와 비슷한 맛을 지향하려고 노력하고 있다.

지방 대체 소재 및 기술 동향

지방 대체재로는 arabic gum, pectin 등의 다당류나 MCT oil, canola oil 등의 식물성 오일을 많이 사용하고 있다(표 2).

고전적인 지방 대체재: Fat mimetics(carbohydrate)

Cellulose: 지방 대체재로써 cellulose는 주로 육류 식품에서 저지방 제품 연구에 주로 사용되고 있으며, 주로 carboxymethyl cellulose, microcrystalline cellulose에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다(28).

Starch: 지방 대체재로써의 starch(곤약, 이눌린, 프락토올리고당, 폴리덱스트로오스, agave angustifolia fructans, sodium octenyl succinate starch 등)는 마요네즈, 요구르트, 쿠키, 케이크, 아이스크림 등의 제

표 2. 지방 대체재의 종류 및 특성

분류	대체재 명	소재 특징	참고문헌
다당류	Arabic gum	소량의 지방구와 결합한 다당류 분자는 물리화학적, 관능적 특성이 단순 지방 함유 식품(Full fat product)과 유사함.	30
	Pectin		
	Carboxymethyl cellulose		31
	과피 분말		
식물성 오일	MCT oil	체내 흡수 즉시 에너지원으로 대부분 바로 전환되어 다이어트 및 치료 목적으로 사용되며 유화액 상태일 시 ostwald ripening 억제를 통해 향미 성분의 손실을 억제함.	32
	Flaxseed oil	치아씨와 아마씨는 동맥 경화, 혈전 생성을 낮추는 효과가 있으며, FAO에서 권장한 0.85% 이상의 불포화지방산 대비 포화지방산 구성을 보임.	33
	Chia seed oil		
	Canola oil	부드러움, 다즙성, 전반적인 기호도 측면에서 지방 대체재로서 우수한 품질을 보임.	34
	Sunflower oil	해바라기유는 페놀 화합물 생성 촉진 및 영양 성분 증진 효과를 불러일으킴.	35
	Olive oil	올리브유는 oleic acid를 포함한 불포화 지방산이 풍부하여 심혈관계 질환의 위험을 감소시키는 효과가 있음.	36

품에 대한 저지방 연구가 많이 이루어지고 있다(29).

Gum: 지방 대체재로써 gum류(basil seed gum, carrageenan, κ -carrageenan, locust bean gum, guar gum, xanthan gum 등)를 적용한 연구들이 다수 발표된 바 있으며, carrageenan, locust bean gum, xanthan gum, pectin, guar gum, gum arabic 등이 사용된다(21).

고전적인 지방 대체재: Fat mimetics(Protein)

지방 대체재로써 protein류에 관련된 연구는 대부분 유청 단백질인 Simplese를 사용하여 연구가 이루어지며 조직감 변화에 대한 연구가 많았다.

식물성 대체육 개발을 위한 식물성 지방 대체 소재 및 대체 기술

기존 고전적인 목적으로서의 지방 대체재의 경우는 많은 review paper에서 소재별로 구분되어 정리된 연구 논문이 많다(37). 하지만 이에 반해 식물성 대체육에 적용하기 위한 식물성 지방 대체재에 대한 연구 내용은 하나의 소재로 국한되어 적용하기 어렵고, 기술과 다양한 소재들을 복합적으로 적용하여 연구 개발이 이루어졌다. 소재 및 기술별로 지금까지 개발된 식물성 대체육에 적용된 식물성 지방 대체 소재 및 관련 기술에 관해 기술해 보고자 한다.

Gum을 활용한 지방 bead 개발: 천연 다당류인 알지네이트와 염화칼슘을 이용하여 하이드로 겔 형태로 식물성 지방인 카놀라유를 캡슐화하였고 알지네이트 비드를 이용하여 식물성 에멀전을 제조한 후, 이를 돈

육 패티에 첨가하여 특성을 평가한 결과, 비드를 이용한 지방 대체물에서 부드러움, 다즙성을 포함하는 기호도에서 높은 평가를 받았다(34).

열 안정 gel matrix 제조를 통한 식물성 fat 모사: 카라기난, 올리브유, 대두유, 카놀라유를 이용해 경화하고, 이를 첨가한 돈육 패티의 특성을 평가했다. 식물성유 겔의 제조는 혼합기를 이용해 혼합하여 제조하고, 이를 돈육 패티와 일정 배합비로 혼합 및 성형하였다. 이를 이용해 만들어진 패티의 경우 저지방의 돈육 패티가 제조되었고, 이화학적 및 관능 특성의 변화가 개선되었다(표 3)(38). 메틸셀룰로오스와 탈아세틸화된 곤약 글루코만난의 비율 및 오일의 종류를 달리하여 에멀전 겔을 제조해 동물성 지방 유사체를 제조하였다(표 3)(39). 이 겔의 경우 열에 비가역적인 에멀전 겔을 형성하여 식물 기반 식품에 적용될 가능성을 평가하였다. 특히 오일의 안정을 위한 시도로 나노 에멀전을 패티의 기름으로 대체하였는데, 유화제로 Tween 80 및 레시틴을 이용하여 나노 에멀전을 제조할 경우 나노 에멀전을 첨가한 식품은 향상된 부드러움을 나타내었으며 노인 식품에 적용 가능할 것으로 보고하였다(표 3)(40).

Oleogel과 hydrogel의 조합인 bigel을 이용한 동물성 지방 대체재가 연구되었다. Hydrogel은 밀 전분과 sodium azide를 교반 후 85°C에서 가열하였다가 25°C로 냉각시켜 얻었다. Oleogel은 에틸셀룰로오스를 해바라기유에 완전히 용해한 후 145°C에서 25°C로 냉각시켜 안정한 oleogel의 형성을 초래하였다. Bigel은 겔화된 25°C의 에틸셀룰로오스 oleogel과 85°C의 전분 paste를 균질하여 얻고, 4°C에서 24시간 동안

표 3. 식물성 지방 대체 기술 및 특징

분류	대체 기술	기술 특징	참고문헌
Fat beads	Gum	천연 다당류인 알지네이트와 염화칼슘을 이용하여 에멀전 비드 및 하이드로겔 비드 형태로 식물성 유지인 카놀라유를 캡슐화하고 이를 돈육 패티에 첨가함.	34
	Oil gel	식물성 다당류인 카라기난과 올리브유, 대두유, 카놀라유를 혼합해 겔을 만들고, 돈육과 혼합하여 돈육 패티를 제조함.	38
	Emulsion gel	메틸셀룰로오스와 탈아세틸화된 곤약 글루코만난의 비율 및 오일의 종류를 달리하여 열에 비가역적인 에멀전 겔을 제조해 동물성 지방 유사체를 제조함.	39
		고속 균질과 고압 균질을 통해 Tween 80 및 레시틴을 사용한 나노 에멀전을 제조하고 첨가된 돈육 패티에서 노인 식품에 적용 가능할 것으로 보고하였음.	40
		콩 단백질 현탁액에 카놀라유 및 경화 카놀라유를 고온에서 유화시키고 냉각한 다음 transglutaminase와 인큐베이션을 통해 단백질의 가교결합을 형성하여 동물성 지방 조직과 유사한 물성을 지니는 식물성 지방 대체 소재를 제조함.	42
Gel matrix	Bigel	밀 전분과 sodium azide의 교반, 가열, 냉각을 통해 hydrogel을, 해바라기유에 용해된 에틸셀룰로오스의 가열, 냉각을 통해 oleogel을 제조하고, 가열에 의해 paste 형태를 나타내는 hydrogel과 상온에서 겔화된 형태인 oleogel을 혼합 및 균질하여 동물 지방의 대체재로서 bigel을 제조함. 고온에서도 젤과 같은 거동을 나타내어 우수한 열 안정성을 보였으며, 쇠고기에 첨가하여 진행한 관능평가에서 지방 대체제로 가능성을 나타냄.	41
	High internal phase emulsion (HIPE)	오일의 안정제로서 phytosterol을 함유하는 해바라기유 75%와 자가 조립으로 fibril한 구조 및 네트워크를 형성해 안정된 에멀전 겔을 형성하는 glycyrrhizic acid mono ammonium salt(GA)를 포함하는 수상의 비율을 25%로 하여 가열 및 교반한 다음, 균질 이후 냉각 과정을 통해 high internal phase emulsion(HIPE)을 제조함. Phytosterol과 GA는 오일과 물의 계면에서 이중 섬유 미세구조를 형성하여 지방 대체 소재로의 유연학적 특징을 나타내었고, 풍미 방출을 제어할 수 있음이 확인됨.	43
	Liquid additives	물, 카놀라유, 분리대두단백질 및 레시틴의 단순 혼합용액, 분리대두단백질을 이용한 에멀전, 분리대두 단백질 수용액, 레시틴 수용액, 물, 카놀라유 등의 비동물성 액상 첨가제를 식물성 단백질 소재에 첨가하여 육류 유사체를 제조함. 에멀전으로 처리된 육류 유사체의 관능평가 결과를 통해 육류 유사품의 소비를 증진시킬 수 있는 가능성을 확인함.	44
Addition	Vegetable oils	피마자유, 오렌지유, 팜유, 쇼트닝, 마가린 등 다양한 종류의 식물성 유지를 다양한 농도로 육류 유사체에 첨가함. 오렌지유를 첨가한 육류 유사체에서 물리화학적 특성이 개선되고, 콩 특유의 냄새를 줄여 품질을 향상시킬 수 있음을 확인함.	45
	Hydrocolloid	Xanthan과 carboxy methyl cellulose를 다양한 비율로 첨가, 혼합 및 균질하여 soya buger를 제조함.	46

저장하였다. Oleogel에 의해 기계적 및 점탄성 특성이 영향을 받았으며, 고온에서도 젤과 같은 거동을 나타내며 우수한 열안정성을 보였다. 조리 시 특징에서는 저지방 버거가 더 나은 결과를 나타내었고, 50%의 동물성 지방의 대체는 수용가능한 관능적 특성을 나타내었다(표 3)(41).

Transglutaminase 및 에멀전을 이용한 동물성 지방 모조물의 제조: 동물성 지방 조직을 모방하기 위해 카놀라유 및 경화 카놀라유를 혼합하여 지질 함량이 70%가 되도록 콩 단백질 현탁액을 고온으로 유화시키고 냉각한 다음 유화된 지방 결정 네트워크를 1시간 동안 transglutaminase와 인큐베이션을 통해 단백질의 가교결합을 형성하여 동물성 지방 조직과 유사한 물성을 지니는 식물성 지방 제조를 목적으로 연구가 진행되

었다. 30%보다 낮은 경화 지방이 사용되어 제조되는 경우 식물성 단백질의 가교결합에 의한 결정 네트워크의 형성으로 인해 동물성 지방의 기계적 특성을 모방할 수 있는 것으로 나타났다(표 3)(42).

Glycyrrhizic acid mono ammonium salt(GA)가 적용된 high internal phase emulsion(HIPE)을 이용한 지방 모조물의 제조: Glycyrrhizic acid mono ammonium salt는 자가 조립을 통해 형성된 nano-fibril한 구조 및 fibrillar network로 두꺼운 steric barrier를 형성하여 오랜 기간 유지되는 에멀전 겔을 형성하는 것으로 알려져 있다. 오일의 안정제로서 phytosterol을 포함하는 해바라기유의 비율을 75%, GA를 포함하는 수상의 비율을 25%로 하여 80°C의 온도에서 교반 후 균질한 다음 냉각하여 제조하였다. Phytos-

terol과 GA는 오일과 물의 계면에서 이중 섬유 미세구조를 형성하여 지방 모조물로 기능할 수 있는 유변학적 특징을 가짐과 동시에 풍미 방출을 제어할 수 있는 특징 또한 나타낼 수 있는 것으로 분석되었다(표 3)(43).

다양한 비동물성 액상 첨가제 사용한 분쇄육가공 제품 모사: 물, 카놀라유, 에멀전, 분리대두단백, 레시틴의 비동물성 액상 첨가제를 이용하여 육류 유사체를 제조한다. 특히, 관능평가에서는 육즙이 수분과 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 육류 유사체의 소비를 증진시키기 위해 특정 액체 첨가제를 사용할 가능성의 효과를 보여준다(표 3)(44). 피마자유, 오렌지유, 팜유, 쇼트닝, 마가린 등 다양한 종류의 식물성 유지를 육류 유사체에 첨가하고, 첨가된 유지의 종류 및 농도에 따른 물리화학적 특성과 관능평가가 수행되었다. 이중 오렌지유를 사용하는 경우, 수분함량, 보수력 및 항산화능을 포함한 물리화학적 특성이 개선되었으며, 관능평가를 통해 콩 특유의 냄새를 줄여 육류 유사체의 품질을 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다. 이를 통해 특정 유지가 육류 유사체의 품질 특성을 개선할 수 있음을 확인하였다(표 3)(45).

Xanthan과 carboxy methyl cellulose를 이용한 soya burger의 제조: Hydrocolloid는 fat replacer로서 알려져 있으며, 여기에 속하는 xanthan과 carboxy methyl cellulose가 soya burger를 만들기 위한 재료로 사용되었다. 혼합되고 균질 되는 과정을 통해 식물성 버거인 soya burger가 제조되었고, 이를 통해 shrinkage가 감소하고 cooking loss가 감소하였으며, 관능적인 특성에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다(46).

대체육의 식물성 대체 지방의 발전을 위한 연구 분야

식물성 유지 사용 한계점: 식물성 단백질을 활용하여 식물성 인조 모방 고기를 제조할 경우 유지 성분의 유출이 발생하고 또한 식물성 단백질이 흡수하여 실제 식품 육가공의 식감과 맛을 구현하기 어려운 부분이 있을 것으로 판단된다. 또한 식물성 단백질 성분에서 동시 재현시 발생하는 문제점으로 다량의 기름 흡수 및 유출 등을 해결하기 위한 새로운 기술 방법을 모색해야 한다.

식물성 지질 복합체의 저장실험 필요성: 식물성 기름

의 hydrocolloid 물질들과 multi 복합체 구조로 된 모방고기 구현 시, 저장 기간에 따른 지방 산화에 대한 연구가 필요하다.

적층형 원료육 형성 기술 부족: 비분쇄형 고기를 모사하기 위한 연구의 관점에서 즉, 삼겹살과 같은 단백질 지방의 적층형 고기 원료육 형성에 대한 연구를 위한 관련 기술이 현저하게 부족하다. 열에 안정한 식물성 지방이 개발되어 이를 다시 식물성 단백질에 접합하고자 할 때 관련 기술이 따라 주어야 할 것으로 생각된다.

냉동 안정성에 대한 관련 연구 필요: 식물성 단백질 기반의 대체 식품은 식물성 단백질의 저장 한계상 냉동유통이 대부분인데, 식물성 지방이 연합된 식물성 대체육으로 개발된 최종 제품의 냉동저장 안정성도 함께 연구가 수반되어야 한다.

결론

동물성 지방 대체재(fat replacer)로 많이 사용되는 carbohydrate, protein 등은 저지방 식품의 질감 및 물성 개선에는 효과적이지만(47), 지방 대체재의 종류에 따라 적합한 식품이 다르다는 것이 문제점으로 나타나고 있다. 같은 지방 대체재라도 식품의 유형, 구성 성분, 특히 수분 보유력이 다르기 때문에 제품을 생산하기 위해서는 이에 대한 적합한 조성비 연구를 해야 한다는 것이다. 또한 식물성 단백질을 활용하여 식물성 대체육을 제조할 경우 지방 대체재로 사용하는 유지 성분의 유출이 많이 발생하기에 식물성 단백질이 이를 흡수하여 실제 육류제품이 갖는 식감과 맛을 구현하기에는 많은 어려운 부분이 있다. 따라서 식물성 단백질 성분에서 지방 대체재의 포집과 조직 안정성 구현 시 발생하는 문제점인 수분리 및 유분리 현상을 해결하기 위해 새로운 기술 방법을 모색해야 할 필요가 있다. 식물성 단백질 기반의 대체 소재와 어우러질 수 있는 식물성 지방을 대체할 수 있는 소재, 최종 구현하고자 하는 제품의 특성에 맞는 식물성 지방 대체재 소재 및 관련 기술 개발은 식물성 단백질 육제품 개발만큼 중요한 부분을 차지하며, 지방과 함께 지방에 포함할 수 있는 맛, 향 성분이 가미된 연구도 함께 이루어지면 상승효과 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 한국과학기술기획평가원. [KISTEP 기술동향브리프] 대체육(代替肉) (2021-01). 2021. Available from: https://www.kistep.re.kr/board.es?mid=a10306040000&bid=0031&b_list=10&act=view&list_no=34996&nPage=1&keyField=&orderBy=
2. Sha L, Xiong YL. Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges.

- Trends Food Sci Technol. 2020. 102:51-61.
3. Kurek MA, Onopiuk A, Pogorzelska-Nowicka E, Szpicer A, Zalewska M, Pó łtorak A. Novel protein sources for applications in meat-alternative products-insight and challenges. *Foods*. 2022. 11:957. <https://doi.org/10.3390/foods11070957>
 4. Zhang Z, Zhang L, He S, Li X, Jin R, Liu Q, et al. High-moisture extrusion technology application in the processing of textured plant protein meat analogues: A review. *Food Rev Int*. 2022. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2024223>
 5. He J, Evans NM, Liu H, Shao S. A review of research on plant-based meat alternatives: Driving forces, history, manufacturing, and consumer attitudes. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2020. 19:2639-2656.
 6. Anand A, Kaushal M, Vaidya D, Gupta A, Saini HK, Sharma R, et al. Simulated and low fat foods: A review. *J Pharm Innov*. 2022. 11(4):2170-2175.
 7. Maximize Market Research. Fat replacers market: Global industry analysis and forecast (2021-2027). cited 2022 Dec 11. Available from: <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/fat-replacers-market/533/>
 8. Grand View Research. Fat replacers market size, share, industry analysis report, 2018-2025. 2015. Available from: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/fat-replacers-market>
 9. 최은옥. 대체지방의 종류 및 식품에의 응용. *한국식품조리과학회*. 1998. 14:453-457.
 10. Data Bridge Market Research. Global plant hydrocolloids market-Industry trends and forecast to 2028. 2021. Available from: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-plant-hydrocolloids-market>
 11. Baublits RT, Pohlman FW, Brown Jr AH, Johnson ZB, Proctor A, Sawyer J, et al. Injection of conjugated linoleic acid into beef strip loins. *Meat Sci*. 2007. 75:84-93.
 12. Pietrasik Z, Wang H, Janz JAM. Effect of canola oil emulsion injection on processing characteristics and consumer acceptability of three muscles from mature beef. *Meat Sci*. 2013. 93:322-328.
 13. Food Business News. The future of fats and oils. 2022. Available from: <https://www.foodbusinessnews.net/articles/22835-the-future-of-fats-and-oils>
 14. 이정철, 안선민, 전혜주, 김환수. 지방함량감소 커피 크리머 및 그 제조방법. 2009. Korea Patent 10-0909610.
 15. Cargill. Olinera™ Cocoa Butter Replacer. cited 2022 Dec 11. Available from: <https://www.cargill.com/food-bev/ap/olinera-cocoa-butter-replacer>
 16. Cargill. Milfar™ Milk Fat Replacer. cited 2022 Dec 11. Available from: <https://www.cargill.com/food-bev/ap/milfar>
 17. FMC BioPolymer. Material safety data sheet: Novagel® BK 2132 Cellulose Gel. 2006. Available from: <https://www.yumpu.com/en/document/read/20994814/novagelr-bk-2132-cellulose-gel-fmc-corporation>
 18. 이용재. 먹어도 0칼로리? 합성지방 '올레스트라'는 왜 실패했을까. *한국일보*. 2022 Jun 25. Available from: <https://www.hankookilbo.com/News/Read/A2022062310120000034>
 19. Chris Gentilviso. The 50 Worst Inventions-Olestra. *Time*. 2010 May 27. Available from: https://content.time.com/time/specials/packages/article/0,28804,1991915_1991909_1991785,00.html
 20. Benford D, Grieg JB, Lupton JR, Leclercq C. WHO Food Additives Series: 50. Salatrīm (short- and long chain acyltriglyceride molecules). 2003. Available from: <https://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je08.htm>
 21. Jung DC, Song SH. Fat replacers among low calorie food ingredients. *Food Science and Industry*. 2019. 52(4): 387-400.
 22. CP Kelco. Simplesse® Microparticulated Whey Protein Concentrate. 1988. Available from: <https://www.cpkelco.com/products/microparticulated-whey-protein-concentrate/simplesse/>
 23. EPOGEE. EPG®. 2016. Available from: <https://www.epogee.com/applications>
 24. Elaine Watson. Fat alternative Epogee gains traction: 'The low-fat ship sailed 25 years ago... this is not about low fat, it's about caloric reduction'. *FoodNavigator-USA*. 2020 Jun 12. Available from: <https://www.foodnavigator-usa.com/Article/2020/06/12/Fat-alternative-Epogee-gains-traction-The-low-fat-ship-sailed-25-years-ago-this-is-not-about-low-fat-it-s-about-caloric-reduction>
 25. CP Kelco. Slendid® Specialty Pectin. 1991. Available from: <https://www.cpkelco.com/products/pectin/slendid-specialty-pectin-i-cp-kelco/>
 26. v2food. v2 mince, burger. cited 2022 Dec 11. Available from: <https://v2food.co.kr/products/foodservice>
 27. eat meati. Carne Asada. cited 2022 Dec 11. Available from: <https://meati.com/cuts/>
 28. Gibis M, Schuh V, Weiss J. Effects of carboxymethyl cellulose (CMC) and microcrystalline cellulose (MCC) as fat replacers on the microstructure and sensory characteristics of fried beef patties. *Food Hydrocolloids*. 2015. 45:236-246.
 29. Chen Y, She Y, Zhang R, Wang J, Zhang X, Gou X. Use of starch-based fat replacers in foods as a strategy to reduce dietary intake of fat and risk of metabolic diseases. *Food Sci Nutr*. 2020. 8:16-22.
 30. Mousa RMA. Development of 95% fat-free hamburgers using binary and ternary composites from polysaccharide hydrocolloids and fruit peel flours as fat replacer systems. *J Food Process Preserv*. 2021. 45:

- e15457. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15457>
31. Tchenbou-Magaia FL, Norton IT, Cox PW. Hydrophobins stabilized air-filled emulsions for the food industry. *Food Hydrocolloids*. 2009. 23:1877–1885.
 32. Choi MH, Shin HJ. State-of-the-art of cultured meat research and engineering task. *KSBB Journal*. 2019. 34:127–134.
 33. de Carvalho FAL, Munkata PES, Pateiro M, Campagnol PCB, Domínguez R, Trindade MA, et al. Effect of replacing backfat with vegetable oils during the shelf-life of cooked lamb sausages. *LWT*. 2020. 122:109052. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109052>
 34. Kim H, Jeong H, Lee J, Choi MJ. Effects of plant-based fat beads on the physicochemical and sensory properties of pork patty. *Food Eng Prog*. 2021. 25:247–254.
 35. Grasso S, Pintado T, Pérez-Jiménez J, Ruiz-Capillas C, Herrero AM. Potential of a sunflower seed by-product as animal fat replacer in healthier frankfurters. *Foods*. 2020. 9:445. <https://doi.org/10.3390/foods9040445>
 36. Serdaroglu M, Nacak B, Karabiyikoglu M. Effects of beef fat replacement with gelled emulsion prepared with olive oil on quality parameters of chicken patties. *Korean J Food Sci Anim Resour*. 2017. 37:376–384.
 37. Kim H, Jeong H, Choi M. Physicochemical properties of plant-based emulsion bead applied into meat analogues as an animal fat replacement. *Proceedings of the 71th Annual Meeting of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 2020 Oct 21–23. Jeju, Korea. p 293.
 38. Sim DW. Quality properties of low fat pork patties with olive, soybean and canola oil gel as pork fat replacers during cold storage. *J East Asian Soc Diet Life*. 2019. 29:459–468.
 39. Jeong H, Lee J, Jo YJ, Choi MJ. Thermo-irreversible emulsion gels based on deacetylated konjac glucomannan and methylcellulose as animal fat analogs. *Food Hydrocolloids*. 137:108407. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108407>
 40. Lee J, Kim H, Choi MJ, Cho Y. Improved physicochemical properties of pork patty supplemented with oil-in-water nanoemulsion. *Food Sci Anim Resour*. 2020. 40:262–273.
 41. Ghiasi F, Golmakani MT. Fabrication and characterization of a novel biphasic system based on starch and ethylcellulose as an alternative fat replacer in a model food system. *IFSET*. 2022. 78:103028. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103028>
 42. Dreher J, Blach C, Terjung N, Gibis M, Weiss J. Formation and characterization of plant-based emulsified and crosslinked fat crystal networks to mimic animal fat tissue. *J Food Sci*. 2020. 85:421–431.
 43. Wu X, Liu X, Qin J, Zhou J, Chen J. Controlled flavor release from high internal phase emulsions as fat mimetics based on glycyrrhizic acid and phytosterol. *Food Res Int*. 2022. 161:111810. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111810>
 44. Wi G, Bae J, Kim H, Cho Y, Choi MJ. Evaluation of the physicochemical and structural properties and the sensory characteristics of meat analogues prepared with various non-animal based liquid additives. *Foods*. 2020. 9:461. <https://doi.org/10.3390/foods9040461>
 45. Bae J. Physicochemical characteristics and storage stability of meat analogue supplemented with vegetable oil. Master's thesis. Konkuk University, Seoul, Korea. 2020.
 46. Basati A, Hosseini SE. The effects of adding xanthan and carboxy methyl cellulose on cooking and sensory characteristics of soya burger. *J Food Biosci Technol*. 2018. 8(1):59–64.
 47. Ognean CF, Darie N, Ognean M. Fat replacers–Review. *J Agroaliment Processes Technol*. 2006. 12:433–442.