

저열량 식품 소재 중 지방 대체재

Fat replacers among low calorie food ingredients

정동철¹ · 송상훈^{2*}

Dong Chul Jung¹ and Sang Hoon Song^{2*}

¹원일식품, ²서울여자대학교 식품응용시스템학부 식품공학전공

¹Wonil Food Company Ltd., ²Division of Applied Food System, Major of Food Science & Technology, Seoul Women's University

Abstract

Fat replacers are divided into three categories. These include carbohydrate-based, protein-based and fat-based replacers. Carbohydrate-based replacers occupy half of the fat replacers market. The main ingredients of carbohydrate-based are gums, starch, modified starch, cellulose and fiber. The functional properties of fat replacers are to retain moisture, to retard staling, to provide mouthfeel and texture, to emulsify, to stabilize emulsion, and to reduce fat. Using these functionalities, fat replacers are used in various foods such as baked goods, salad dressing, sauces, meat products, dairy products, frying foods, bakery, and confectionery. Success factors of fat replacers in the market are sensory equivalent, texture

and safety as food ingredients.

Key words: fat replacers, carbohydrate-based, protein-based, fat-based

서론

지방은 글리세롤 한 분자에 지방산 세 분자가 에스테르 결합한 것을 말한다. 같은 양으로 가장 많은 에너지를 내는 영양소로 1 g당 9 kcal의 열량을 발생한다. 결합되는 지방산에는 다양한 종류가 있는데 포화(saturated), 단일불포화(mono-unsaturated), 다가불포화(poly-unsaturated) 지방산으로 나누어 볼 수 있다. 지방의 주요한 기능을 살펴보면 우선 영양 공급을 담당하는 것을 가장 일차적으로 생각할 수 있다. 또한 음식에 다양한 맛과 향을 부여하기도 하

*Corresponding author: Sang Hoon Song
Division of Applied Food System, Major of Food Science & Technology,
Seoul Women's University, Seoul, 01797, Korea
Tel: +82-2-970-5633
Fax: +82-2-970-5977
E-mail: sshoon@swu.ac.kr

Received November 5, 2019; revised December 9, 2019; accepted December 9, 2019

고 입 안에서의 독특한 식감을 가지게도 한다. 이외에도 초콜릿이나 버터 같은 제품에서 상온에서는 고체이지만 온도에 따라 액상으로 바뀌면서 특별한 물성을 나타내기도 한다. 지용성 비타민 등의 전달 자이기도 하면서 튀김과 같은 조리시에는 주요한 열 전달 매개체로서의 역할을 수행하기도 한다. 이러한 기능 및 장점에도 불구하고 과다 섭취 시 여러 가지 문제를 야기하기 때문에 문제가 되는데, 높은 열량으로 인한 비만, 혈중 콜레스테롤 및 중성지방 농도의 상승으로 인해 고혈압, 심혈관계 질환 유발 등과 같은 각종 성인병의 원인이 되기도 한다. 이로 인해 많은 소비자들이 지방 섭취에 대한 기피 현상이 나타나고 있으며 근래 들어서는 보다 심화되는 경향을 나타내고 있다. 미국의 경우 비만은 사회적으로 엄청난 부담을 가지는 동시에 우려를 나타내고 있는 문제인데 그 주된 요인은 음식물 섭취에 있으며 특히 당, 지방에 기인하는 것으로 여겨진다.

위와 같은 문제를 점차 인식하게 되면서 특별히 지방 섭취를 낮출 수 있는 방안으로 시장에 나타난 것이 지방 대체재(fat replacers)이다. 가장 주요한 기능적 특징으로 볼 수 있는 것은 칼로리를 낮추는 것에 있다. 즉 지방의 섭취량을 줄일 수 있는 방안으로 대체재가 주요한 대안으로 제시된 것이다. 하지만 무작정 줄이는 것은 또 다른 문제를 야기하게 되므로 대체재가 사용된 식품에 있어서 중요한 요소는 원래의 좋은 맛(good taste)을 잃지 않는 것을 통해 소비자가 수용할 수 있는 식품(consumer acceptable food)을 개발하는 것에 그 1차적인 목표가 있다. 그렇다면 어떠한 원료 혹은 소재(ingredient)가 사용될 수 있을까? 기본적으로 떠올려 볼 수 있는 소재들로는 전분(starch), 검(gum), 셀룰로오스(cellulose) 등을 연상할 수 있다. 이를 좀 더 고찰해 보면 크게 세 가지 영역으로 나누어 볼 수 있다. 이를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 탄수화물 유래 대체재(carbohydrate-based replacer), 단백질 유래 대체재(protein-based replacer), 지방 유래 대체재(fat-

based replacer)이다. 이 세 가지 영역에 대한 여러 소재에 대해서는 본문에서 자세히 하나씩 살펴볼 수도 하겠다. 대체재에 대하여 한 가지 유의해서 살펴볼 부분이 있는데 이는 안전성에 관한 것이다. 물론 대부분 이미 사용하던 소재를 응용해서 활용함으로써 큰 문제를 일으키지는 않으나 일부 새롭게 합성하여 사용하게 되는 소재들이 있으므로 이에 대해서는 FDA 승인 등과 같은 절차가 필요한 경우가 있다. 대표적인 사례가 대체유지로 개발되었던 olestra, 디글리세라이드 오일(diglyceride oil) 등이 이에 해당된다.

다음으로 살펴볼 사항은 시장 상황이다. 물론 저칼로리 식품에 대한 수요는 꾸준히 시장에서 요구되고 있는데 이를 충족시키기 위해서는 단순히 칼로리 문제만을 해결한다고 되는 것은 아니다. 영양적 요소, 편의성, 기능성, 가격과 같은 요소가 모두 고려되어야 한다. 이런 점에서 우선 시장 규모를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 가장 대표적인 시장인 미국을 살펴보면 2014년 2.87억 달러, 2015년 3.02억 달러를 기록했다. 한편 글로벌 시장은 2015년 15.3억 달러를 나타내고 있다(Grand View Research, 2017). 2019년을 기점으로 향후 예상되는 시장을 보면 연평균 6.23% 성장을 이루어 2024년 33억 달러에 이를 것으로 추산된다. 가장 큰 시장은 미국, 캐나다를 중심으로 한 북미 시장이며 가장 성장세가 빠른 지역은 아시아로 꼽히고 있다. 다음으로는 주요한 제품군을 살펴볼 수 있는데 육가공(processed meat), 제과 & 제빵(bakery & confectionery), 음료(beverage), 편의식(convenience food)이 주를 이룬다. 이러한 시장을 주도하는 핵심 기업으로는 FMC Corporation (USA), ADM (USA), Cargill Inc. (USA), DuPont (USA), Unilever (UK) 등이 있다(Modor Intelligence, 2018).

한편 위에서 언급했던 세 가지 소재 영역의 실제 사용 비중을 살펴보면 다음과 같다. 2016년을 기준으로 했을 때 탄수화물 유래가 57%로 가장 높고 다



음으로 단백질 유래가 29%로 두 번째이며 지방 유래는 14%로 가장 낮음을 보여준다(Business Wire, 2017).

그렇다면 지방 대체재 시장을 이끌어 가는 핵심 동력은 무엇일지 살펴보도록 하자. 첫 번째로, 건강 우려로 인한 식습관의 변화를 들 수 있다. 과거에는 칼로리 자체에 대한 결핍이 문제였으나 이제는 거꾸로 과잉 칼로리가 식습관의 핵심 이슈가 된 것이 주된 이유다. 두 번째는, 저칼로리 가공식품 및 저지방 식품에 대한 수요가 증대되는 사회 현상이다. 이는 자연스럽게 보편화된 현상이며 앞으로도 이러한 추세는 쉽게 바뀌지 않을 것으로 예상된다. 세 번째는 저지방 유제품 판매가 늘어나면서 더불어 지방 대체재 소재에 대한 판매가 성장하는 것을 들 수 있다. 국내 상황을 보더라도 과거와는 달리 유제품 코너에 보면 다양한 형태의 저지방 우유를 포함한 유가공 제품이 판매되고 있다. 이는 최근 몇 년간 뚜렷한 시장의 변화이며 칼슘, 비타민 등이 강화된 영양 강화 제품과 더불어 유가공 시장의 유의미한 변화 양상을 알 수 있게 해 준다. 이를 종합해 보면 경쟁력을 갖춘 제품의 꾸준한 개발 판매는 확장될 것으로 기대된다. 하지만 맛, 물성, 가격 측면이 적절히 어우러진 제품으로의 개발과 경쟁력이 확보되지 않는다면 성장에는 제한이 있을 것으로 예상된다.

그럼 여기서 지방 대체재는 무엇이며 어떠한 요소들이 있는지 하나씩 살펴보도록 하자. 우선 정의를 보면 지방이 지니는 고유의 속성이나 기능의 일부 혹은 전부를 대체하는 것을 말하며 특히 칼로리를 낮추는 것에 가장 큰 의미를 두고 있다. 용어적 측면에서 보면 다음과 같이 세분화하여 볼 수 있다. 지방 대체제(Fat replacer)는 가장 일반적으로 사용하는 통칭적인 용어이며, fat mimetics는 지방의 물리적 혹은 미각을 자극하는 특성을 모방한 물질을 말하며 수분 함량이 높은 제품에서 특히 효과를 나타내는 것을 지칭한다. 주요한 예로는 탄수화물 유

래 지방 대체제와 단백질 유래 지방 대체제가 해당된다. 다음으로는 fat substitute가 있는데 이는 물리화학적으로 재구성된 triglyceride(TG)이며 저칼로리를 표방하면서 동시에 지방의 기능 특성을 모두 제공하는 것에 그 바탕을 두고 있다. 지방 유래 지방 대체제가 이에 해당된다. 그 외에 저칼로리 유지(low-calorie fat)가 있는데 이는 글리세롤을 중심축으로 하는 것은 일반 지방과 동일하지만 특이한 지방산을 결합시켜 저칼로리를 구현한 것을 말한다. 다음으로 용도에 따라 가공식품 중 드레싱, 튀김 식품(fried food), 스낵, 음료, 냉동 디저트, 유가공품(dairy food), baked food가 주로 해당된다. 지방 대체제의 조건을 알아보면 다음과 같다. 지방을 대체하기 위해서는 윤향성(촉감 및 물성적 측면), 조직감(바삭함, 부드러움), 맛, 크림성(creamy), 빠른 열전달, 부피감(volume) 등을 갖추는 것이 필요하다. 마지막으로 지방대체제의 장단점을 살펴보면, 먼저 장점으로는 저지방 식이로 인해 지방 섭취가 줄어든다는 점이 있고 낮은 칼로리에도 결핍감을 해소하며 포만감을 부여해 준다는 점을 들 수 있다. 반면, 단점으로는 지방보다는 다소 부족한 맛, 식감이 떨어지는 것, 그리고 지나치게 섭취할 경우 소화불량 등을 유발한다는 점을 꼽을 수 있다.

법적 표시 사항 및 규제에 관한 부분을 살펴보도록 하자. FDA 기준에 따르면 0.5 g/serving size 이하면 fat free로 표현할 수 있고 3 g/serving size 이하면 low fat이라고 할 수 있다. 또한 full fat 제품 대비하여 fat 함량이 25% 이하면 reduced 혹은 less fat이라고 표현할 수 있다. 한편 칼로리 관련해서는 5 kcal/serving size 이하면 calorie free, 40 kcal/serving size 이하면 low calorie, 정상 제품 칼로리의 25% 이하면 reduced 혹은 less calorie로 표현 가능하다(FDA, 2013). 마지막으로 칼로리 및 fat 관련하여 light이라는 표기는 칼로리 1/3 혹은 fat 함량 1/2인 경우 해당된다. 만약 지방 유래 칼로리가 식품의 50%를 넘는다면 지방 함량을 50%까지 낮추어야 한다.

지방 대체재 관련한 승인을 포함한 국가적 관리 시스템을 살펴보면 미국 FDA, USDA 등은 식품 첨가물이나 GRAS로 인정 받은 것을 원칙적으로 수용하는 입장이다. 물론 기존 사용하는 소재들은 별도의 승인 절차가 필요하지 않다. 하지만 건강유해성(health concern)이 염려되는 경우는 승인을 요구한다. 실제로 polydextrose, carrageenan, olestra와 같은 소재들이 이에 해당된다. 또한 신규 물질이면 필수적으로 FDA 승인이 요구된다. 이는 식품첨가물처럼 소량으로 사용되는 경우도 있지만 실제 식품 원료와 같이 사용량이 많을 경우도 있으므로 그만큼 안전성에 대한 검증이 중요함을 말해준다.

본론

1. 탄수화물 유래 지방 대체재(carbohydrate-based fat replacers)

가장 먼저 살펴볼 지방 대체재는 탄수화물 유래 지방 대체재로 전분 유래(starch-based)와 하이드로콜로이드 유래(hydrocolloid-based)로 나누어 볼 수 있다. 각각 절반 정도씩 시장을 점유하고 있어서 어느 한쪽이 우세하다고 보기는 어렵다. 무엇보다 탄수화물 유래 대체재는 단백질 유래, 지방 유래 대체재에 비해서 2배 이상의 시장을 차지하며 전체 시장에서 50% 정도를 점유하는 가장 주요한 대체재에 속한다.

좀 더 세분화해서 보면 전분 유래가 43%, 하이드로콜로이드 유래가 57%를 차지하면서 비슷한 수준을 나타내고 있다. 적용되는 제품군을 살펴보면 육가공품 32%, 가공 식품(processed foods) 24%, 육가공품 20% 기타 24% 수준이다(Global Industry Analysts, Inc., 2011).

위에서 언급한 주요한 2가지 소재에 대해서 알아보면 다음과 같다. 먼저 전분 유래 지방 대체재는 젤(gel) 형성, 증점제, 안정제, 점도 부여, 조직감 형

성, 수분 유지 등을 통해 그 역할을 수행하는 특징을 가진다. 사용되는 제품군으로는 육가공품, 스낵, 제빵, 냉동 디저트, 저지방 드레싱(low fat dressing) 등에 주로 적용된다. 장점을 보면 먼저 소재가 저렴하다는 것이 가장 중요하게 꼽힌다. 예를 들면 육가공품에서 분리대두단백(isolated soy protein, ISP)과 경쟁하는 것을 볼 수 있다. 시장 상황을 보면 원하는 기능성을 저렴한 가격으로 실현할 수 있다는 점에서 좋지만, 기존 제품에 비하여 맛이 떨어진다는 인식이 있어 시장 정체가 있다는 것이 한계 상황으로 여겨진다.

다음으로는 하이드로콜로이드 유래 지방 대체재인데 먼저 주된 역할은 유화 안정제, 식감 향상, 식이 섬유 급원, 가공 적성 향상 등을 들 수 있다. 제품군을 보면 음료, 스낵, 제빵, 육가공 식품을 들 수 있다. 무엇보다 수용성 혹은 불용성 식이 섬유를 포함하고 있는 경우가 많아 건강기능성으로 소구할 수 있다는 장점이 있다.

주요한 carbohydrate-based 대체재를 정리해 보면 표 1과 같다.

(1) 검(Gum)류

검류는 하이드로콜로이드 계열에 속하는 대표적인 식품 첨가물 소재이다. 먼저 하이드로콜로이드의 정의를 살펴보면 hydro와 colloid라는 용어가 합쳐진 말이다. 친수성(hydro)의 의미에 미립자가 액체나 기체에 고르게 분포된 상태(colloid)를 말하는 것이다. 검(gum)은 식물이나 미생물에 존재하거나 분비되는 점액성 물질을 말한다. 통상적으로 점도가 높으며 특유의 성질을 가지는 다당류(polysaccharide)이다. 적절한 용매를 사용하거나 농도를 조절하면(통상적으로는 낮은 농도에서) 겔을 형성하는 특징을 지닌다. 검은 종류가 다양한데 원료를 중심으로 해서 구분을 해 보면 다음과 같다. 먼저 해조류에서 추출하는 것으로 agar, carrageenan, sodium alginate가 있고 식물조직으로부터 추출하는



Table 1. List of carbohydrate-based fat replacers (Ognean et al, 2006; Akoh, 1998; Chavan et al, 2016)

Type	Nutrient source	Application	Functional properties	Brand
〈Gums〉 used as a fat replacer, thickener and gelling agent in foods				
Guar	glucomannan extracted from leguminous seed	baked goods	retain moisture retard staling	
Xanthan	micobial polysaccharide produced by aerobic fermentation of <i>Xantomonas compestrins</i>	baked goods	retain moisture retard staling	
carrageenan	sulphated polysaccharide extracted from red seaweed Rhodophyta	salad dressing	retain moisture retard staling	Kelcogel Keltrol
locust bean	extracted from seeds of the tree <i>Ceratoniasilique</i>	baked goods	retain moisture retard staling	Splendid™
gum acacia	dry exude from Acacia tree	salad dressing	increase viscosity mouthfeel texturize	
pectins	cell wall polysaccharide extracted from apple pomace, citrus peel etc.	sauces	thicken mouthfeel texturize	
〈Starch〉 used as a fat replacer, thickener and gelling agent in foods				
starch	corn, high amylose corn, waxy maize, potato, tapioca etc.	margarine spreads dressing sauce	modifying texture gelling, thickening, stabilizing, water holding	Amalean Fairnex™
modified starch	modified by acid or enzymatic hydrolysis, oxidation, crosslinking etc.	baked goods meat emulsion		Instant Stellar™
〈Cellulose〉 used as a fat replacer and a bulking agent in various foods				
microcrystalline cellulose	obtained by mechanical grinding from various plant sources	salad dressing sauce dairy products	contribute body stabilize emulsion & foams	Avicel
powdered cellulose	obtained by chemical depolymerization from various plant sources	frying foods baked goods	reducing the fat increasing the volume of baked	CelluloseGel
methyl cellulose	obtained by chemical derivatization from various plant sources	frozen desserts baked goods dry mix, sauce	impart creaminess moisture retention	Methocel™
hydroxy propyl methyl cellulose		sauces dressing	impart pouring & spooning quality	Solka-Floc
〈Fiber〉 used as a fat substitute in low fat food products				
β-glucan	soluble fiber extracted from oats	baked goods	adding body and texture	Opta™ Snowite
Nu-trim	Rich in β-glucan from oat and barely	baked goods	thickener gelling agent stabilizer	Ultracel™ Z-trim

gum arabic이 있다. 또한 식물의 종자 및 뿌리에서 추출하는 것으로 locust bean, guar, tamarind gum, konjac가 사용된다. 특이한 것으로는 미생물로부터 유래하는 xanthan, gellan gum이 있다.

위낙 종류가 다양하여 개별적으로 자세한 소개를 하기는 어려우므로 이 중에서 대표적인 carrageenan을 중심으로 서술해 보고자 한다. 해당 소재를 선택한 이유는 대중적으로 알려져서 사용 빈도가 높은 것도 있지만 안전성 이슈로 인해 이러저러한 논란이 있었던 점도 있기에 그 시사하는 바가 있어서 선정하였다. 먼저 carrageenan은 *Rhodophyta*라고 불리는 홍조류에서 얻어낸다. 식품에서의 주된 작용을 보면 겔화제(gelling agent)이면서 증점제(thickener) 역할을 한다. 실제 식품에서의 사용 예를 보면 육가공품(보수력 및 결합력 증대로 육 함량을 줄임), 유가공품(단백질과의 반응을 통한 안정화 효과), 디저트(gel 형성) 등을 들 수 있다. 이렇듯 다양한 제품에 사용되는 천연첨가물이지만 한동안 발암성 논란으로 인해 소비자들이 불안감을 가진 소재이기도 했다. 섭취시 체내에서 분해되지 않으므로 세포 내 침적을 통한 염증 유발이 발생하고 이로 인해 암을 유발할 수 있다는 가능성이 제기되었기 때문이다. 관련한 내용을 좀 더 구체적으로 살펴보면 먼저 미국 Iowa 대학교의 Tobacman 박사가 동물실험을 통한 발암 가능성을 제기하였고 이에 대해 일본식품첨가물협회에서 반대 결과를 내놓는 상황이 일어났다. 이 후 2001년 FAO 국제식품첨가물전문가위원회(JECFA)에서 재검토하여 안전성을 입증한다고 발표한다. 2013년 5월 USDA는 기승인 목록에서 그대로 유지하기로 결정(즉, 안전한 식품첨가물로 분류)하였으며 국내는 ADI를 따로 규정하지 않을 정도로 안전한 첨가물로 분류하여 사용하고 있다.

(2) 전분과 변성전분(Starch & Modified Starch)

지방대체재로 전분 계열의 소재는 1~4 kcal/g을 나타내며 증량제(bodying agent)의 역할을 하거나

물성조절제의 기능을 수행한다. 전분은 감자, 옥수수, 귀리, 쌀, 밀, 타피오카 등과 같은 곡류 혹은 서류에서 주로 얻을 수 있다. 단독으로 쓰이기보다는 유화제, 단백질, 검류 및 변성전분(modified starch)과 혼합해서 쓰는 경우가 종종 있다. 주요한 제품군을 살펴보면 육가공품, 샐러드 드레싱, baked goods, fillings, 소스, 냉동 디저트, 유가공품 등이 있다. 전분 계열을 좀 더 구체적으로 보면 천연 전분(native starch)을 기본으로 하여 덱스트린(dextrin), 말토덱스트린(maltodextrin), 변성전분을 들 수 있다. 특히 변성전분은 종류도 많고 그 기능도 다양하여 필요에 따라 선택할 수 있는 방안이 여러 가지로 존재한다. 특히 전분 중 소화가 되지 않거나 매우 천천히 일어나는 특성을 지닌 경우도 있다. 난소화성전분(nondigestible starch) 혹은 지소화성전분(slowly digestible starch)이라고 불리는 것들이다.

(3) 셀룰로즈(Cellulose)

셀룰로즈 계열로 사용되는 가장 대표적인 지방 대체재는 methyl cellulose(MC)이다. 가장 대표적인 장점을 적어 보면 무엇보다 저지방을 구현하면서 식감과 물성을 유지할 수 있다는 점이고 다른 점으로는 가격이 저렴하다는 것을 들 수 있다. MC는 친수성과 소수성을 모두 가지고 있어서 유화제 역할을 하며, 가열시 강한 gel을 형성한다. 열과 냉동에 모두 안정한 속성을 지니고 있다. 소시지와 같은 제품에서 통상적으로 2~6% 정도로 사용하게 되면 지방 함량을 30% 정도 줄일 수 있는 효과가 있다. 그리고 이러한 배합비로 사용하게 되면 원가를 15~20% 정도 낮추는 효과를 기대할 수 있다 (USDA, 2014).

MC는 FDA에서 Type A food gum으로 분류되어 있으며 methylcellulose라고도 하지만 modified cellulose라고도 한다.

MC는 앞에서 언급한 대로 열을 가하면 겔을 형성하는 성질을 가지고 있다. 이런 까닭으로 가열 전에

Table 2. Property and benefit of methylcellulose in fried foods

Property	Benefit
Film foaming ability -insolubility to oil	Oil barrier during frying -fat reduction effect
Film foaming ability -insolubility to hot moisture (during frying or baking)	Prevent water loss -increase yield -juicier, tastier -crispier coating
Thermal gelling	Adsorption ability intact & rigid coating
Specific particle morphology	Increase water holding- barrier property
Cold viscosity	Replace guar or xanthan Batter pick-up ensure

제품 형태를 유지하기 어렵다는 단점을 가지고 있다. 그래서 carrageenan, glucomannan과 섞어서 판매하는 경우가 종종 있다. Carrageenan은 상온에서 겔을 유지하고 열을 가하면 녹고 공정 중 겔을 형성함으로 제품 형태를 유지하는 우수한 공정 적성을 지닌다. 한편 glucomannan은 수분을 잡아 줌으로 형태와 물성을 유지하는 효과가 있다(DOW food, 2019).

다른 예로는 튀김 식품에서의 지방 저감화인데 튀김 옷(batter)에 첨가하여 최종 제품 기준으로 30~50% 정도 지방이 저감되는 효과를 기대할 수 있다. 이는 좀 더 개선된 형태의 MC 제품으로 cellulose-based gum으로도 부른다. 다양한 제품에 활용됨을 알 수 있는데 breaded chicken tender에 건조물(dry mix) 기준으로 10%(최종 제품 기준으로는 1%) 사용하는 경우도 있고, 다양한 튀김(tempura) 제품에도 0.8~1% 정도 사용하여 효과를 발휘할 수 있다. 사용시 실제 제품에 나타나는 사항을 요약 정리해 보면 표 2와 같다.

2. 단백질 유래 지방 대체재(protein-based fat replacers)

단백질 유래 대체재 시장은 2010년 기준으로 1.6

억 달러에 이른다. 이 중에서 가장 큰 시장을 형성하고 있는 분야는 육가공 영역이다. 이를 좀 더 세분화해서 보면 육가공품이 83%로 압도적으로 높으며 이외에 육가공품이 10%, 그리고 기타 7% 수준이다. 평균 성장률은 5.8% 수준이다(Global Industry Analysts, 2011).

대부분의 단백질 유래 대체재는 주로 콩 단백질(soy protein), 유청 단백질(whey protein), 난백(egg white)으로부터 얻어지며 육가공품, 무지방 아이스크림(non-fat ice-cream), 냉동 디저트, 버터, 저지방 치즈, 요거트, 드레싱, 커피 크림, 소스 등에 사용된다. 실제 제품에 적용하는 과정을 보면 texture를 내기 위해 가열 및 고속 교반을 통한 초미세화를 수행한다. 실제 제품 적용시 장점은 지방과 유사한 texture, 맛과 향의 적절한 모방, 저칼로리를 구현하는 것 등을 들 수 있다. 주요한 기작을 보면 단백질을 변성시키거나, 물리적 힘을 가해 유지방 크기의 구형 단백질 형태로 만들어 줌으로써, 입 안에서 유지방의 부드럽고, 크림미(creamy)한 식감을 구현하는 것이다. 반면 단점으로는 열변성으로 멍치는 현상이 생성될 수 있으므로 적용에 제한적이다. 전체 시장을 보면 탄수화물 유래 대체재보다 시장이 작은 것을 볼 수 있으며 제한점으로는 zero-fat에 대한 수요가 생각보다 늘지 않음으로 인해 성장이 더디다는 점을 들 수 있다.

주요한 protein-based 대체재를 정리해 보면 표 3과 같다.

(1) Microparticulated protein concentrate

단백질을 원료로 지방을 대체하는 소재를 최초로 개발한 업체는 NutraSweet社이며, 이들이 만든 제품의 브랜드가 Simplese (NutraSweet, Deerfield, IL)이다. Simplese는 냉동 디저트 제품용으로 GRAS 인증을 받았다. 이 제품은 53%의 단백질을 포함하며, microparticulated된 분무건조 분말로써, 식품에 사용하였을 때 고르게 분산된 입자를 형성함으로써

Table 3. List of protein-based fat replacers (Ognean et al, 2006; Akoh, 1998; Chavan et al, 2016)

Type	Description/Nutrientsource	kcal/g	Application	Functional properties	Brand (Company)
Microparticulated whey protein concentrate	white egg protein,	1~1.3	dairy products	stabilize	Simplese Simplese100 (CP Kelco)
	milk protein,		baked goods	texturize	
	whey protein		salad dressing	emulsify	
Modified whey protein concentrate	whey protein	1~4	dairy products milk baked goods	stabilize texturize emulsify	Dairy-Lo (Cultor)
Corn zein	Zein	1~4	dairy products baked goods	stabilize texturize emulsify	Lita (Opta food ingredients)
Mixed, blended	white egg protein, serum protein, xanthan	1~4	dairy products baked goods	stabilize texturize emulsify	Trailblazer
	starch, modified vegetable protein, xanthan		cake mix salad dressing icing	emulsion stabilize mouthfeel	Ultra-bake™ (Staley)
	white egg protein, milk protein, modified starch, corn syrup		baked goods		Ultra-freeze™ (Staley)
	non fat milk, gums, emulsifier modified starch		icing, glaze desserts sports nutrition	provide mouthfeel texturize	N-Flate (National starch)

지방구과 같은 효과를 제공한다.

이것은 농축유청단백(whey protein concentrate, WPC)을 원료로 microparticulation 공정처리를 함으로써 균일한 구형 단백질을 구현하여 0.1~3 μm의 지방구(유지방구)와 유사한 입자를 만드는 것이며, 이 단백질구 입자는 서로 뭉치지 않고, 가열시에는 겔화되는 특성을 지니게 된다. 이 입자들은 크기가 작으므로 혀에서 거칠게 느껴지지 않고, 부드럽고, creamy하게 굴러다니는 느낌을 주게 된다.

Simplese는 빛을 산란하는 구형 단백질 형태로 되어 있으므로, 불투명한 성상을 지닌다. 하지만 원료 단백질의 특성을 그대로 지니고 있으므로, 계란, 우유에 알러지가 있는 경우에는 알러지를 일으키게 된다. 또 다른 단점은 향을 마스킹(masking)함으로써 원하는 향이 충분히 발현되지 못하는 점이다.

(2) Modified whey protein concentrate

농축유청단백의 변성 정도를 정확하게 통제하기 위해 내용을 살펴보면 열 변성된 WPC를 가공식품에 2~5% 정도 적용했을 때, 수분과 상호 작용하여 빙결화를 막고 불투명도 향상, 점도 조정, 기포 안정화와 더불어 배합에서의 지방 사용량을 줄이게 된다. WPC를 적용하면 점탄성을 비롯한 다양한 품질 속성이 개선되어 지방과 유사한 효과를 부여하는 양상을 나타낸다. 기본적으로 유청단백의 일부만을 변성시킨 것으로 pH 6.1 하에서 한외여과(ultrafiltration)를 통해 회수한 농축유청단백을 80℃에서 17초 동안 반응시켜 단백질의 60~80%를 변성시킨다. 즉, 주요 공정은 열처리이며 제품은 열변성 단백질이 되는 것이다. 위와 같이 처리하면, 단백질 일부가 unfolding되고 뭉쳐지게 되지만, Simplese처럼 microparticulated 되지는 않는 제



품이 된다.

이때의 장점은, 원래의 단백질이 지닌 특성인 보수력, 유화력을 그대로 유지할 수 있다는 것이다. 만약, 이보다 더 열처리하게 되면 이런 특성이 없어진다. 또한 단백질의 뭉침(응집) 역시 약한 상태이기 때문에 구강 내에서 씹을 때 잘 분산되는 점도 장점이다.

Simplese와 Dairy-Lo를 비교하면, Simplese는 입도가 균일(3.0 μm 이하)하고, 구형이라 “ball-bearing 효과”로 부드럽고, 크리미한 특징이 있으며, 유화된 지방구와 유사한 구조로 인해 oil-in-water (O/W) 유화 제품을 대체할 때 그 효과가 극대화된다.

3. 지방 유래 지방 대체재(fat-based fat replacers)

기본적으로 유지는 식품에 향, 맛, 식감, 물성, 윤활감 등을 부여하는 한편 볶음, 튀김과 같은 조리 과정에서는 열 전달 매체로서 식품에서 수분을 빠르게 제거함으로 바삭한 식감 및 갈변화 등을 통해 먹음직스러운 색과 향을 부여하는 기능이 있다. 글리세롤에 결합하는 지방산 조성을 조정함으로 유지의 화학적 구조(TG)는 유지하면서 칼로리를 낮추려는 접근 방법이 있다. 이는 “저칼로리 지방”이라는 별도의 지방 대체재라고 할 수 있는데 이 방법을 통해 만들어지는 소재를 구조지질(structured lipid)이라고 한다. 이러한 방법으로 제조된 지방대체재는 TG와 유사하고 고온 조리에 안정하기 때문에 전통적으로 사용되어 온 지방과 1:1 대체가 가능하면서도 가수분해 및 소화효소에 영향을 덜 받거나 전혀 영향을 받지 않으므로, 기존 지방보다 적은 칼로리를 나타낸다.

지방대체를 위한 전략 방안에는 크게 다음과 같은 방식이 있다.

- TG의 글리세롤 대신에 뼈대(backbone)를 polyol이나 당류로 하는 경우
- 글리세롤에 에스테르 결합하는 지방산을 전환시키는 경우

c. 글리세롤의 에스테르 결합을 에테르 결합으로 환원하는 경우를 들 수 있다.

칼로리 저감 지방대체재에 대한 또 다른 접근법은, 기능이나 물성 면에서 유지와 같으면서도 TG와는 다른 화학구조를 가지는 물질을 합성하는 것이다. 이를 통해 체내에 흡수되지 않도록 한다. 가장 대표적으로 시장에 선보였던 것은 olestra인데 건강 관련 이슈 및 안전성에 관한 문제로 인해 실질적으로 시장에서 사라지게 되었다. 이에 대해서는 이후 내용에서 좀 더 자세히 살펴보도록 하겠다.

그럼 지방 유래 대체재의 시장 상황은 어떠한지 살펴보기로 하자. 2010년 기준으로 1.1억 달러 규모이며 연평균 성장률은 4.1%수준이다. 적용되는 제품의 유형을 보면 snack food가 49%, bakery & confectionery 분야가 47%로 양대 산맥을 이루고 있다. 그리고 dairy 분야가 4%로 나머지를 차지한다 (Global Industry Analysts, 2011).

다음으로 작용하는 기작 혹은 기능에 따라 여러 가지 용어적 구분이 있는데 이에 대해서는 어느 정도 인식하고 사용할 필요가 있을 것으로 여겨진다. 먼저 fat substitute는 유지에서 얻거나 이를 화학적 구조 변화시킨 물질을 말한다. 기능적으로 기존 지방과 유사하므로 다양한 식품에서 대체 가능한 장점이 있다. 칼로리가 낮으면서 지방의 기능적 특성을 모두 제공한다는 특성을 지닌다. 즉 fat-based ingredient라고 한다. 두 번째는 fat analog로 지방 특성을 지니면서 변형된 TG형태로 체내 흡수율이 낮으면서 칼로리 또한 낮은 특징을 가진다. 세 번째는 fat extenders로 지방의 기능적 특성을 살리면서 식품 내 지방 사용량을 줄여주는 효과가 있다. 네 번째는 fat mimetics로 유지의 일부 혹은 모든 물리적 감각적 특성을 모방한 것이다. 마지막으로 fat barriers가 있는데 이는 제품에서의 흡유량을 낮추어 주고 갈변화를 통한 색을 부여하면서 바삭한 식감의 코팅이 이루어지도록 하는 특징을 가진다.

주요한 fat-based 대체재를 정리해 보면 표 4와

Table 4. List of fat-based fat replacers (Ognean et al, 2006; Akoh, 1998; Chavan et al, 2016)

Type	Description/ Nutrient source	kcal/g	Application	Functional properties	Brand (Company)
Long-, short- chain TG	short & long acyl TG molecule	5	chocolate-flavored coating savory dressing	hardness emulsify hold flavorants	Salatrim (Nabisco Foods) Benefat™ (Cultor Food)
Blended of FA	blend of capric, behenic, caprylic	5	confectionery soft candy	emulsify texturize	Caprenin (P&G)
Sucrose polyester	sucrose polyester of 6~8FA	0	savory snack confectionery fried food	texturize provide flavor & crispiness	Olestra (P&G)
Fatty alcohol ester	derived from alkyl malonic and malonic acids	0	chip, margarine mayonnaise	heat stability not absorbed	DDM (Frito-lay Inc.)
Polyether polyol ester	replicate all or some of properties of fat & oils	0	fried food baked food	similar oil & fat	EPG (Arcochemical, CPCInternational)
Fatty alcohols	tricarballic acid from FA alcohols	0	margarine mayonnaise	emulsify	TATCA (CPC International)
Fatty acids ester	derived from FA esters of sorbitol anhy- drides and sorbitol	1.5	salad dressing fried food baked goods	heat stability	Sorbestrin (Cultor food science, Inc.)
Emulsifier	low-calorie substance	4~9	cakemix cookie icing	emulsify	multiple developers
diglyceride	enzymatic- interesterification	9	cooking oil fried food	prevent fat accumulation	Econa (KAO)

같다.

이에 대한 내용을 각 대체재별로 살펴보면 다음과 같다.

(1) Salatrim

Salatrim은 Nabisco food에서 개발한 구조지질이다. 지방산은 acetic, propionic, butyric acid와 같은 단쇄(short chain) 지방산과 stearic acid와 같은 장쇄(long chain) TG 분자로 되어 있다. 칼로리는 5kcal/g으로 저지방 식품에 사용된다. Salatrim의 용점은 TG에 결합된 단쇄 지방산의 조성 및 함량의 차이에 따라 조정 가능하다. 단쇄/장쇄 비율 조정으로

기능성 및 물성 조절을 가변적으로 할 수 있는 특징을 가진다. 주요 용도를 보면 코코아버터 대체, 제빵, 유가공품 등에 사용될 수 있다. Pfizer는 Nabisco로부터 Salatrim 제품군을 라이선싱하고 엔로빙 초콜릿, 몰딩 초콜릿, 아이스크림, 유가공품, 스낵, 제빵 용도로 사용한다고 발표한 바 있다. Salatrim은 FDA 승인을 받았으므로 안전하게 식품에 사용할 수 있다는 점도 장점으로 꼽힌다.

(2) Caprenin

Caprenin은 P&G에 의해서 상용화된 최초의 구조지질이다. 중쇄(medium chain) 및 장쇄 지방산



으로 구성된 저칼로리 TG이다. 주요 지방산을 보면 capric (C8:0), caprylic (C10:0), behenic (C22:0) acid로 구성되어 있다. C8:0, C10:0과 같은 중쇄 지방산은 야자유 및 팜핵유에서 추출하고, C22:0은 채종경화유로부터 제조한다. 소화효소에 의해 Caprenin이 가수분해되면 장쇄 지방산인 C22:0은 유리되어 나오지만, 소장에서 거의 대사되지 않고, 소장관을 통과한다. C8:0, C10:0은 일반 지방산보다 비효율적으로 대사되므로, Caprenin은 5 kcal/g 에너지를 낸다. Caprenin은 천연 식품에도 존재하므로 제과용 유지로 사용이 승인되어 있다. 또한 초콜릿의 맛과 물성을 모방한 특징을 가지고 있으므로 초코캔디에 많이 사용되었다. Caprenin은 코코아버터나 제과용 유지의 물성과 유사한 효과를 내도록 만들어졌고 polydextrose와 같이 사용하도록 추천된다. 주요한 제품 사용예는 Mars사의 Milky Way II, Milky Way Lite 캔디바를 들 수 있다. 중쇄 지방산으로 인해 열안정성이 낮고 가격이 높은 관계로 튀김제품에는 부적절하다. 하지만 C22:0의 대사에 대해서는 정확히 알려진 바가 부족한 측면이 있고 혈중 콜레스테롤을 높인다는 결과가 나오면서 근래에는 점차 시장에서 그 지위가 약해지고 있다 (Othmer, 2008).

(3) Olestra 및 “0” 칼로리 fat replacer

Olestra는 P&G에서 개발된 소재로 1996년 처음 시장에 출시되었다. Sucrose polyester인데 sucrose에 지방산이 6~8개 붙어 있는 구조이다. 칼로리가 전혀 없는 특징을 가지는데 이는 체내에서 흡수가 되지 않기 때문이다. 즉, 소화효소에 의해 분해되지 않는 특징이 있다. 이와 같은 이유로 설사 유발, 위장 장애, 지용성 비타민 손실 등과 같은 점이 단점으로 지적된다. 하지만 칼로리가 전혀 없다는 점, 튀김유로 사용이 가능하다는 점, 맛 특성이 좋다는 점, 스낵 제품에서의 사용 허가 등으로 인한 장점을 가지고도 있다. 적용되는 제품은 주로 튀김 식

품, 제빵, savory snack에 주로 사용된다. 처음 개발 및 출시되었을 때 대체유지라는 이름으로 알려지기도 했다(Akoh, 1998).

Dialkyl dihexadecylmalonate (DDM)은 Frito-Lay가 개발한 합성 지방대체재로서, 열에 안정한 malonic acid 및 alkylmalonic acid의 hexadecyl diolelymalonate 및 dihexadecyl diolelymalonate 지방산 에스테르 혼합물이다. 저분자량 DDM은 malonyl dihalide와 fatty alcohol 간의 반응으로 합성되며, 고분자량 DDM은 용매에 alkyl halide를 첨가해 주는 것이 필요하다. DDM은 체내 흡수가 거의 되지 않으므로 칼로리가 없다. 감자칩 및 토마토 칩을 DDM에 유탕하면 oiliness가 감소된 바삭한 칩을 제조할 수 있다. 하지만 아직 FDA의 승인을 받지 못했다(Shahidi, 2006).

Esterified propoxylated glycerol (EPG)는 Arco Chemical Company가 개발한 것으로, 글리세롤과 propylene oxide를 반응시켜 polyether polyol을 합성하고, 여기에 지방산을 에스테르화하여 제조한다. EPG의 구조는 TG와 유사하지만, 글리세롤과 지방산 사이에 oxypropylene이 결합되어 있는 차이가 있다. 다양한 polyol이 가능하지만, triol이 선호된다. 결합되는 지방산은 대두유, 올리브유, 면실유, 옥배유, 우지, 돈지 등 C14~C18로 다양하다. EPG는 거의 0 칼로리이며, 열에 안정하고, 부분적으로 소화가 된다. EPG를 쥐를 대상으로 실험했을 때 독성은 없었으며 2015년 GRAS로 인정되었다. 총 연구기간은 17년이 소요되었으며 실제 칼로리를 92% 감소하는 효과를 지니는 것으로 알려져 있다(EPOGEE LLC.).

Trialkoxytricarballyate (TATCA)는 CPC International Inc.,의 Best Foods Division에서 개발한 소재로 TG와 유사하긴 하지만, 글리세롤 대신에 tricarballic acid 같은 2~4개의 carboxylic acid를 지닌 poly-carboxylic acid을 뼈대로 하고, 지방산 대신에 포화/불포화 알코올을 결합한 화합물이다. TATCA는 retrofit이라

고 불리기도 하며 마가린과 샐러드 드레싱의 식물성유지를 대체할 수 있다고 제안되었다. TATCA 로 제조한 마가린은 식물성 마가린에 비해 더 빨리 녹고, 부드러운 특성을 지니며 동물 섭취시 소화되지 않고, 중, 고농도(9%) 식이를 하면 설사, 우울, 심약 및 치사에 이른다. 사망에 이르는 이유는, TATCA의 독성 때문이기 보다는 설사 및 기아에 의해 영양소 흡수가 방해받기 때문인 것으로 알려졌다(Hamm., 1984).

(4) Sorbestrin

Sorbestrin은 Cultor Food Science에서 개발한 sorbitol polyester로서 sorbitol 및 sorbitol anhydride에 지방산이 3~5개 에스테르 결합한 혼합물이다. 칼로리는 1.5 kcal/g이다. Salad dressing, bakery 및 frying food에 적합하다.

기름의 맛이 약간 있으며, 융점은 13~15℃로 상온에서는 액체 상태이다. 유탕에 견딜 수 있는 열안정성을 가지고 있는 점은 장점이지만 아직 상용화되지 않았으며 FDA 식품첨가물로서 승인을 받아야 한다(Akoh & Min, 2008).

(5) Emulsifier, diglyceride(DG)

유화제는 말 그대로 유화를 안정화시키는 소재이다. 계면장력을 낮추는 기본적인 작용 이외에 거품안정화, dough의 물성 조정, 아밀로스와의 complex 형성, 결정 조정 등 다양한 기능을 수행한다. 유화제는 다양한 종류가 존재하는데 C12~C22 지방산 뿐만 아니라 sorbitol, sorbitan, 당류, 젖산 등과 같은 다가 알코올의 에스테르 결합이 있다. 또한 citric, acetic, diacetyl tartaric, succinic acid 등도 에스테르 결합으로 더욱 다양화된다. 가장 널리 사용되는 monoglyceride (MG), diglyceride (DG) 제조는 유지와 글리세롤을 약 200℃ 고온에서 알칼리 촉매 반응으로 만들거나 효소를 이용한 방법으로 만들어진다. 제조 후에는 분자증류 방법을 통해

monoglyceride 함량을 90% 이상으로 올린다.

유화제를 이용하여 지방을 대체하거나 저감화할 때 적절한 배합이 중요하며 특별히 유지가 가지는 식감(mouthfeel)에 있다. 식감에 영향을 미치는 물리적 성질은 viscosity, lubricity, absorption, cohesiveness, waxiness를 들 수 있으며 이로부터 기인하는 관능적 특성은 thickness, fullness, creaminess, smoothness, taste perception, flavor perception 등이 있다(Orthoefer & McCaskill, 1992).

기본적으로 지방대체재는 관능적 특성 및 식감의 저하 없이 지방을 줄이려는 노력의 결과 개발되었다. 유화제 역시 지방을 저감화하는 배합 설계에서 중요한 역할을 한다. 지방을 30% 이상 저감하는 사례로 적용되는 제품은 스프레드, 비스킷, 케이크, 샐러드 드레싱 등이 있다. 유화제를 이용한 지방 대체에 대한 것을 결론적으로 보면 첫째, 지방을 저감하는 제품은 반드시 원래 제품의 배합비와 공정의 변화를 수반해야 한다는 것이다. 둘째는 유화제를 보다 효과적으로 조합하고 적용하려면 분산 및 겔 형성 같은 수화에 의한 유화제 활성화를 통해 최적화가 이루어져야 한다는 것이다. 즉, 보다 친수성 특성을 지니도록 유화제 조합을 변경해야 한다. 성공적인 지방 저감화가 되기 위해서는 수상부 성분의 변경을 통해 지방과 유사한 물성을 만들어 내야 하는 것이다.

유화제 중 가장 일반적이고 널리 알려진 것은 MG인데 이와 유사한 구조를 가지면서 지방산이 하나 더 결합한 것이 DG이다. 그런데 이를 식용유(cooking oil)로 사용하려는 시도가 일본 KAO 회사를 중심으로 연구 개발되어 진행되었다. 무엇보다 섭취시 기존 TG에 비해 체지방 축적을 억제하는 효과가 있음이 밝혀졌기 때문이다. 제조방법은 대략 다음과 같은데 먼저 대두유 혹은 채종유를 효소로 가수분해한 후 분별결정한다. 액상 부분을 취하여 글리세롤과 효소 반응시킨 후 분자증류를 통해 고순도의 DG를 얻는 방식을 취한다. 실제제품은 DG 함



량이 80% 이상으로 되어 있다. KAO는 1999년 처음 출시한 후 식용유 제품 중 가장 뛰어난 매출 성과를 기록하기도 했다. 연간 매출이 2천 억원에 이를 정도로 상당한 성공을 거두기도 했다. 이에 셀러드 드레싱, 빵(bread rolls), 마요네즈, 참치 캔 등까지 제품 영역을 확대했다. 하지만 2009년 제조 중 glycidol FA ester가 발생되고 섭취 후 체내에서 분해되어 발암성 물질인 glycidol이 생성될 수 있다는 문제가 제기되면서 일본 내에서 판매가 중단되는 사태를 야기했다. 이 후 재개한다는 소식이 일부 있기도 했지만 아직까지 재출시는 이루어지지 않고 있는 실정이다(Kao Corp., 1996).

결론

지방 대체제는 다양한 식품 소재들이 활용되고 있는데 크게 나누어 보면 대략 3가지 정도로 구분해 볼 수 있다. 탄수화물 유래, 단백질 유래, 지방 유래 지방 대체제가 그것이다. 전체 시장에서의 비중을 보면 탄수화물 유래 지방 대체제가 절반 정도를 차지하고 있다. 우리가 익숙하게 알고 있는 검류, 전분, 변성전분, 셀룰로즈, 식이섬유 등이 이에 해당된다. 단백질 유래 대체제는 유청 단백질이나 난백 등을 가공하여 사용하는 예가 많으며 단백질 소재에 다른 소재를 혼합하여 사용하는 경우도 종종 있다. 지방 유래의 대체제는 트리글리세라이드 구조를 유지하면서 단쇄 혹은 중쇄 지방산을 결합하는 형태를 취하거나 새롭게 합성하여 “0” 칼로리를 구현하는 경우가 있기도 하고 유화제를 적절히 활용하여 그 기능을 발현시키기도 한다. 지방 대체제는 사용되는 식품에서 다양한 기능을 발휘하는데 수분 유지, 노화 지연, 식감, 물성 개선, 유화 안정성 부여, 흡유량 절감 등을 들 수 있다. 이러한 점을 종합해 볼 때 궁극적으로 시장에서 경쟁력 있게 살아남을 수 있는 지방 대체제의 조건을 요약해 보면 다음과 같이 정리해 볼 수 있다. 우선 기존 식품과 대비하

여 최대한 동등한 수준의 맛과 물성을 나타내는 것이 중요하다. 이를 바탕으로 칼로리를 낮출 수 있는 방안이 제시되는 것은 기본이다. 아울러 원가절감의 효과를 기대할 수 있어야 한다. 또한 안전성 관련하여 문제가 없도록 해야 한다. 이렇듯 다양한 조건을 만족시켜야 하는 지방 대체제는 개발이나 적용에 있어서 쉽지 않은 식품 소재에 해당된다. 하지만 끊임없는 기술 개발과 제품 적용 능력을 키워 간다면 보다 경쟁력 있는 우수한 대체제가 향후 시장에 선보일 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- Akoh CC. Fat Replacers. Food Technol. 52: 47-53 (1998)
- Akoh CC, Min DB. Food Lipids. 3th ed. CRC Press, Boca Raton, USA. pp. 662 (2008)
- Business Wire. Fat Replacers Market-Global Forecasts and Opportunity Assessment by Technavio (2017). Available from: <https://www.businesswire.com/news/home/20170629005862/en/Fat-Replacers-Market---Global-Forecasts-Opportunity>. Accessed Oct. 29, 2019.
- Chavan RS, Khedkar CD, Bhatt S. Encyclopedia of Food and Health. vol2. Oxford Academic Press, Oxford, UK. pp. 589-595 (2016)
- DOW food. Available from: <https://dowfood.com>. Accessed Nov. 3, 2019.
- EPOGEE LLC. What is Epogee(EPG). Available from: <https://www.epogeefoods.com>. Accessed Oct. 31, 2019.
- Fat Replacers - Global Strategic Business Report. Global Industry Analysts, Inc. (2011)
- FDA. A food labeling guide pp27-28. (2013). Available from: <https://www.fda.gov/files/food/published/Food-Labeling-Guide-%28PDF%29.pdf>. Accessed Oct. 30, 2019.
- Grand View Research. Fat Replacers Market Size, Share, Industry Analysis Report. 2018-2025 (2017). Available from: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/fat-replacers-market>. Accessed Oct. 29, 2019.
- Hamm DJ. Preparation and evaluation of trialkoxytricarballlylate, trialkoxycitrate, trialkoxyglycerylether, jojoba oil and sucrose polyester as low calories replacements of edible fats and oils. J. Food Sci. 49: 419-428 (1984)
- Kao Corp. General-purpose oils composition. U.S. Patent 6004611A (1996)
- Modor Intelligence. Fat Replacers Market-Growth, Trends, Forecast (2019-2024). (2018). Available from: <https://www.mordorintelli>

gence.com/industry-reports/fat-replacers-market. Accessed Oct. 29, 2019.

Ognean CF, Darie N, Ognean M. Fat replacers-Review. *J. Agroalim-ent. Proc. Technol.* 12: 433-442 (2006)

Orthofer F, McCaskill D. Emulsifiers and their role in low fat and no fat processed foods. *Inform.* 3: 1270-1278 (1992)

Othmer K. *Food and feed technology.* vol 1. John Wiley & Sons

Inc., NJ, USA. pp. 411-413 (2008)

Shahidi F. *Nutraceutical and Specialty Lipids and their Co-Prod-ucts.* CRC press, Boca Raton, USA. pp. 332-333 (2006)

USDA. *Ingredients guidance* (2014). Available from: <https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/regulatory-compliance/labeling/Ingredients-Guidance>. Accessed Nov. 3, 2019.