대체지방의 종류 및 식품에의 응용

최 은 옥
인하대학교 생활과학대학 식품영양학과

식이지방의 과도한 섭취로 인한 여러 가지 문제의 발생은 최소의 지방 또는 열량을 가진 식품에 대한 소비자의 욕구를 더욱 증가시켰다. 일례로 미국 Calorie Control Council의 조사에 의하면 1995년 미국 성인 중 72%가 low-fat, reduced-fat, fat-free food와 beverage를 소비하던 것이 1996년에는 88%(여자: 90%, 남자: 87%)로 증가하였으며 현재 미국 supermarket에서 판매되고 있는 저지방 식품은 전체 소비 식품의 9.8%에 해당하는 500여종에 달한다[1]. 또한 1990년이래 매년 1,000개 이상의 무지방, 저지방제품이 시장에 소개되고 있다.

따라서 식품제조시 과거에는 lean meat의 사용과 같이 단순히 식품에서 지방의 함량을 줄이는 방법을 주로 썼으나 식품의 texture가 변화하는등의 문제가 함께 발생하게 되었다. 지방은 향의 전구물질 또는 향성분을 안정화시킴으로써 식품에 향을 제공하고 creamy taste, 입에서의 바람직한 촉감, 지용성 비타민과 필수지방산의 공급 등 여러 가지 기능을 수행한다. 그러나 식품에서 지방함량을 줄임으로써 식품 내에서의 지방의 기능수행은 어려워지고 소비자들은 열량 및 지방섭취를 줄임과 동시에 식품의 texture는 변화시키지 않는 새로운 지방 - 지방이면서 지방이 아닌 대체유지 - 을 원하게 되었고 세계의 유지산업시장은 이상적인 대체유지의 개발 및 실용화에 많은 노력을 기울이게 되었다.

대체유지를 생산하는 회사는 미국에만 40여개 이상이 되며[2] 이들이 개발한 대체유지의 종류는 매우 다양하다. 이들은 이미 사용이 승인되거나 특허 출원, 특허 획득, FDA로부터의 사용허가청원 등의 절차를 밟고 있다. 우리나라에서는 아직 대체유지를 이용한 제품이 출시되지는 않았으나 세계적 추세에 따라 조만간 대체유지 제품시장이 형성될 것으로 전망되며 또한 국내 업체에 의한 대체유지 상품의 개발도 이루어질 것으로 생각된다. 본고에서는 현재 세계적으로 개발된 대체유지의 종류와 이들의 식품산업에서의 응용을 논하고자 한다.

대체지방(Fat replacer)은 지방을 기본으로 한 fat substitute와 단백질 및 탄수화물을 기본으로 한 fat mimetics로 나눌 수 있다(Table 1).

1. Fat Substitutes(FS)

FS는 fat analog로도 불리우며 보통의 유지로부터 효소의 작용에 의해 유도되거나 화학적으로 합성된 거대분자로 물리 · 화학적으로 triacylglycerol과 유사한, 평상의 조리, 가공 온도에서 안정한 것으로 평가된다. Sucrose fatty acid polyester(SPE), sucrose fatty acid ester(SFE), carbohydrate FA ester, polyol FA ester, MCT(medium chain triacylglycerol)와 같은 structured lipids, dialkyl dihexadecyl malonate(DDM), esterified propoxylated glycerol(EPGs), Trialkoxytricarballylate(TATCA)가 이에 속한다. 이들은 모두 세계적인 식품 회사들의 오랜 기간 동안의 투자로 인한 결과물이었으며 이들을 이용한 가공식품도 이미 시장에 선을 보였다. 그러나 각각의 물질이 사용될 수 있는 제품의 범위는 각 대체 지방의 물리 · 화학적 성질에 의해, 또한 안정성 및 안전성에 의해 결정된다. 또한 대체지방의 물리적 성질은 지방산의 불포화도 및 사슬 길이를 조절함으로써 변형시킬 수 있다[3]. 이들은 고유한 brand name을 가지고 있거나 또는 개발은 되었지만 FDA에 그 사용을 청원 중이므로 아직 상업적으로 사용되지 않는 (not commercial available) 제품도 상당수 있다.

(1) *Sucrose fatty acid polyester(SPE)*

SPE는 설탕의 수산기와 지방산의 카르복실기 사이의 높은 결합력을 이용한 것으로 설탕 1분자에 6~8개의 지방산이 에스테르교환(interesterification) 또는 transesterification에 의해 ester결합을 생성함으로써 만들어진다. 이때 결합된 지방산의 종류 및 형태가 SPE의 물리적 성질, 기능성, 활용도를 최종적으로 결정한다. 대표적인 것이 Procter & Gamble사에 의해 개발된 Olestra(Fig. 1: Olean)로 대두유, 옥수수유, 면실유 등의 식물성 기름에서 유도

Table 1. Kinds of Fat Replacers

Food Category	Fat Mimetics		Fat Substitute
	Carbohydrate-based	Protein-based	Fat-based
Milk/Dairy-Type products (e.g., beverages, cheese, sour cream, yogurt)	cellulose, gum, inulin, maltodextrins, maltose, oatrim, polydextrose, starches	microparticulated protein, modified whey protein concentrate, other protein ingredients	emulsifiers, olestra
Refrigerated/Frozen Desserts (e.g., ice cream, puddings, fillings, cheesecakes)	cellulose, gums, inulin, maltodextrins, oatrim, polydextrose, starches	microparticulated protein, modified whey protein concentrate, protein blends, other protein ingredients	emulsifiers, salatrim, olestra other lipid (fat/oil) analogs
Meat/Poultry Products	gums, inulin, maltodextrins, oatrim, starches		olestra, other lipid (fat/oil) analogs
Fish/Shellfish Products			olestra, other lipid (fat/oil) analogs
Cooking/Salad Oils (e.g., used in cooking, frying, baking, on salads)		microparticulated protein (salad oil)	olestra, other lipid (fat/oil) analogs
Other Fats and Oils (e.g., margarine, pourable dressings, mayonnaise, and other spreads	cellulose, gelatin, gums, inulin, maltodextrins, oatrim, polydextrose, starches	microparticulated protein, protein blends, other protein ingredients	emulsifiers salatrim, olestra, other lipid (fat/oil) analogs
Soups/Sauces/Gravies	cellulose, gums, inulin, maltodextrins, oatrim, starches	microparticulated protein, modified whey protein concentrate	emulsifiers olestra, other lipid (fat/oil) analogs
Cereals/Grain Products (e.g., crackers, muffins, breads)	gums, fiber, inulin, maltodextrins, starches	microparticulated protein	emulsifiers olestra (cracker), other lipid (fat/oil) analogs
Confectionery & Candies	cellulose, crystalline fructose, gums, inulin, maltodextrins, oatrim, polydextrose, polyols, starches	microparticulated protein	caprenin, emulsifiers olestra, salatrim, other lipid (fat/oil) analogs
Baked Desserts (e.g., pizza, casseroles, microwaveable frozen meals)	cellulose, fiber, gums, inulin, maltodextrins, maltose, oatrim, polydextrose, polyols, starches	microparticulated protein, protein blends, modified whey protein concentrate	emulsifiers olestra, salatrim, other lipid (fat/oil) analogs
Prepared Entrees (e.g., pizza, casseroles, microwaveable frozen meals)	cellulose, gums, inulin, maltodextrins, oatrim, polydextrose, starches	microparticulated protein, modified whey protein concentrate	emulsifiers olestra, other lipid (fat/oil) analogs
Savory Snacks (e.g., chips, pretzels, popcorn, puffs)	cellulose, fiber, gums, maltodextrins, maltose, starches		olestra, other lipid (fat/oil) analogs

된 지방산을 사용한다. 이미 potato chip, tortilla chip 등의 savory snack제조시 튀김유로서 FDA의 승인을 받았으나 fast food restaurant으로 그 영역을 확장하는 것도 멀지않은 장래에 가능한 것으로 생각된다. Olestra의 탄생은 15년간 5억달러를 투자한 결과물이며 비극성 지방산의 크기(대개 C_{18} 이상) 및 수로 인하여 lipase의 작용에 의해

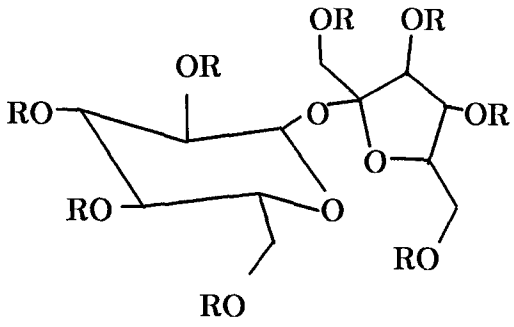

Fig. 1. Structure of olestra.

분해되지 않아 열량을 전혀 내지 않는다. 뿐만 아니라 튀김온도에서도 매우 안정하고 색감, 맛, shelf-life 측면에서 기존의 유지에 뒤떨어지지 않는다[4]. SPE는 실온에서 액체 상태로 존재하며 옥수수유, safflower 유 등에 잘 용해되어 다른 기름과 혼합하여 사용하는 경우에도 문제가 없다[5]. 그러나 복부 cramping, 묽은 변, 지용성 비타민 등의 흡수저하와 같은 문제점이 보고되어 있어 Olestra 사용에 대한 찬반의 의견이 팽팽히 맞서고 있다[6-7]. 지용성 비타민의 흡수저하에 대한 대응책으로 FDA는 비타민 A, D, E, K의 첨가를 Table 2와 같이 권장하며 다음과 같은 문구를 제품에 명시하도록 하였다.

"This product contains Olestra. Olestra may cause abdominal cramping and loose stools. Olestra inhibits the absorption of some vitamins and nutrients. Vitamin A, D, E, and K have been added".

현재 미국의 스낵 시장에는 olestra를 이용한 snack제품들이 'Wow(Frito-Lay's)'라는 이름하에 출시되어 판매되고 있는데 출시 2달만에 800만개가 팔리는 지난 10년 이래 가장 많이 팔린 식품으로 기록되었다[8].

(2) Sucrose fatty acid ester(SFE)

SFE는 지방산과 설탕의 mono-, di-, triester화합물로 lipase에 의해 분해되어 쉽게 체내에 흡수되므로 열량을 공급한다. 5~7개의 free hydroxyl group과 지방산의 비극성 부분으로 인하여 유화작용이 뛰어나며 현재 미국에서는 유화제 및 안정제로 그 사용이 승인되어 있다.

(3) Carbohydrate FA ester, polyol FA ester

4개 이상의 수산기를 가진 sorbitol, trehalose, raffinose, stachyose 등의 polyol과 지방산과의 ester 결합에 의해 만들어진 대체 지방으로 Orafti Active Food Ingredients의 HP(high performance) inulin, Cultor사의 Sorbestrin이 있다. HPinulin은 chicory inulin으로부터 만들어졌는데 무미, 무당의 매우 효과가 좋은 대체지방이다. 물과 혼합시 유지와 매우 유사한 mouthfeel과 texture를 가진 gel 유사구조를 형성하여 저지방 또는 fat -free spread나 ice cream에 사용될 수 있다. Sorbestrin은 sorbitol 또는 무수 sorbitol과 지방산과의 tri-, tetra-, pentaester의 혼합물로 1 g당 1.5 Kcal의 열량을 내며 튀김온도에서 안정하나 아직 상업적으로 이용되지 않고 있다. salad dressing, baked goods 등에 사용될 수 있다.

(4) Structured lipids(SL)

SL은 화학적 방법 또는 효소에 의하여 합성되거나 random transesterification에 의해 만들어진 고급, 중급, 저급 지방산을 함유한 TG이다. 사용할 수 있는 지방산의 종류가 매우 다양하고 융점의 범위도 넓기 때문에 광범위하게 식품에 적용될 수 있는 특징이 있다. Coconut, palm kernel oil로부터 지방산으로 가수분해한 후 capric acid, caprylic acid 등을 fractionation하고 이들을 다시 glycerol에 에스테르화함으로써 만들어진 새로운 TG이다. 대표적인 것으로 MCT(medium chain triacylglcerol)가 있으며 높은 온도와 저온에서 모두 안정하며 산화에도 비교적 안정하고 장쇄 TG에 비해 물에서의 용해도가 높다. GRAS 품목으로 현재 상업적으로 이용되고 있으나 1 g당 8.3 Kcal를 내어 열량의 감소는 그리 크지 않다.

Nabisco에 의해 개발된 salatrim(short and long acyl triglyceride molecule)은 1 g당 5 Kcal의 열량을 내며 적어도 1개 이상의 저급지방산(C_2~C_4)과 고급지방산을 포함한다. 고급지방산으로는 대개 부분적으로 흡수되는 stearic

acid가 보통 사용된다. 튀김에는 적당치 않으나 cocoa butter를 대신하는 chocolate-flavored coating, caramel, toffee 등에 사용할 수 있다. Benefat™이라는 상표로 통용되고 있다. Benefat과 cocoa butter의 melting profile은 매우 유사하며 그 대용품으로 시도되고 있다. Benefat을 사용한 baking chip과 기존의 유지를 사용한 baking chip 사이에 texture, chip flavor, 기호도에 유의적 차이가 발견되지 않아[9] 이용도는 더욱 증가될 수 있다. 뿐만 아니라 Benefat으로 제조된 chocolate chip을 ice cream에 첨가하므으로써 frozen dairy product 제조에도 그 영역이 확대되었다.

P&G사에 의해 개발된 caprenin 역시 salatrim의 일종으로 glycerol의 각 수산기에 caprylic, capric, behenic acid가 각각 ester 결합을 이룸으로써 만들어졌으며 cocoa butter와 유사한 기능을 갖고 있어 soft candy, confectionery coating에 적당한 것으로 알려져 있다. 특히 behenic acid는 높은 융점을 갖고 있으며 부분적으로 흡수되어 caprenin 1 g당 5 Kcal의 열량을 낸다. 현재 GRAS affirmation에 청원을 낸 상태이다.

이외에도 Fig. 2에서 보는 바와 같이 DDM, EPGs, TATCA 등이 있으며 이들은 전혀 열량을 내지 않거나 lipase에 의한 분해가 완전하지 않아 낮은 열량을 내지만 현재로서는 아직 상업적으로 이용되지 않고 있는 실정이다.

2. Protein-based fat mimetics

단백질을 기본으로 한 fat mimetics는 계란, 우유, 유청, 콩, 밀단백질을 작고 둥근 입자(500억개/1 tsp; 직경 1~1.5 m)로 성형한 미세입자 단백질 제품(microparticulated protein product: MPP)이다. MPP는 입자의 작은 크기로 인하여 입에서 보통 creamy한 맛과 질감을 주고 freeze-thaw stability가 있다[10]. 이것은 튀김온도에서는 단백질이 gel화되거나 cream성을 잃는 등 안정하지 않지만 보통의 조리, retorting, UHT 공정 등의 조건에서는 안정하여 유제품, salad dressing, frozen desserts, margarine에 사용 가능하다. 단백질이므로 flavor maskimg 효과와 antigenic, allergic 반응 등을 개인에 따라 나타낼 수 있다. NutraSweet사에 의해 개발된 Simplesse는 최초의 대체지방으로, 건물기준으로 1 g당 4 Kcal의 열량을 내지만 수화 gel 상태로 쓰이는 것을 고려하면 열량의 감소는 훨씬 크다. Affirmed GRAS이며 butterfat을 대체할 수 있으나[4] 탈지 우유에 첨가하는 경우 기존의 우유와 색감, texture(thickness, mouthcoating)에 있어서 유의적 차이를 보여[11] 극복해야 할 과제로 생각된다. 'Simple Pleasure Brand Ice Cream'은 Simplesse를 이용한 아이스크림이다.

3. Carbohydrate-based fat mimetics

탄수화물을 기초로 한 fat mimetics로는 gums, starch, pectin, cellulose, corn syrup, polyol 등 대부분이 GRAS 품목에 속하는 것들로 오래 전부터 증점제, 안정제 등으로 많이 쓰이던 것들이다. 이들은 튀김유로서는 적당하지 않으나 조리시 fat barrier로 사용될 수 있다.

(1) Starch

전분에 기초한 대체 지방은 40여종이 있는데 이 중 2/3가 1990년 이후에 만들어진 것이다. Native starch와 변형전분이 모두 사용되며 pregelatinized 또는 instant 형태도 있다. Staley사에서 1991년 개발한 Stellar가 대표적인데 이것은 옥수수전분을 산에 의해 가수분해하여 미세한 분말로 만든 후 높은 압력 하에서 물과 함께 섞어 줌으로써 물층에 매우 작은 입자들이 망구조를 형성한 것이다. 튀김에는 적당치 않으나 비교적 넓은 온도범위에서 안정하여 margarine, frosting, filling, gravies, 저지방 유제품, cheese, frozen desserts 등에 사용된다. 특히 빵, 과자 등의 microwaving시 발생하기 쉬운 경화현상을 억제하는 장점이 있다. 현재 식품 제조업자들이 사용하고 있으나 가정에서는 아직 사용되지 않고 있다. Opta Food Ingredients사의 Fantest는 전분, 작은 입자 형태의 기름과 물의 혼합물로 기존의 유지와 유사한 맛과 조직감을 제공한다. Avebe사의 Paselli SA2는 감자전분을 이용한 것으로 수용성이며 안정한 gel을 형성할 뿐 아니라 냉동, 해동, microwave에서 용해될 때도 분리되지 않는다.

(2) Maltodextrin

Maltodextrin은 옥수수전분을 산이나 효소로 가수분해하여 얻는다. 분자량과 DE(dextrose equivalence)가 점도와 갈변화 등의 기능성을 결정한다. 건물기준으로 1 g당 4 Kcal의 열량을 내며 Grain Processing사의 Maltrin® M040이 있다. 지방의 대체효과가 있으나 과량 사용할 때(1 serving당 15 g 이상) osmotic load 증가로 인하여 완하제 효과를 나타낼 수 있으므로 다음과 같이 제품에 명시해야 한다[12].

"Sensitive individuals may experience a laxative effect from excessive consumption of the product".

National Starch사의 N-Oil™은 tapioca전분을 이용한 것으로 저온 안정성이 커서 frozen dessert, salad dressing에

사용된다. Table spread, margarine, im itation sour cream, salad dressing, fillings, sauces 등에 사용된다.

(3) Polydextrose

Polydextrose는 glucose, sorbitol, citric(phosphosphoric) acid의 중합체로 1 g당 1 Kcal의 열량을 낸다. Gum, confections, frostings, salad dressing 등에 사용이 허가된 상태로 Pfizer사의 "Litesse"가 대표적 상품이다.

(4) Oatrim

Oatrim은 oat의 겨 및 외피의 전분함유부분을 효소에 의해 부분적으로 가수분해하여 얻어진 것으로 5% 정도의 β-glucan을 함유하고 있다. 보통의 TG와 유사한 mouthfeel을 갖고 있으며 retort, HTST(high temperature short time) 공정에 견딜 정도의 내열성을 갖고 있다. frozen dinner에 사용되고 있는 "Leanesse"(ConAgra사), Staley사의 "TrimChoice"가 있다.

(5) Z-trim

Z-trim은 USDA의 G. E. Inglett에 의해 개발되었으며 oat, 대두, 콩, 쌀의 고섬유소 부분, 옥수수나 밀의 겨부분으로부터 만들어진 비소화성 불용성 섬유소(indigestible insoluble fiber)이다. 무지방 식품 보다는 저지방 식품에 더욱 효과적이며 튀김에는 적합치 않으나 gel 형태의 햄버거, chocolate, brownies, cheese 등의 제조에 적당하다[13].

지금까지 개발된 많은 대체 지방의 종류와 그 응용을 고찰하였다. 앞으로 더 많은 대체 지방이 선을 보일 것임에는 틀림없으나 그때마다 우리들은 개발된 대체지방의 기능성, 안전성 및 안정성, 경제성에 대한 심도깊은 고민을 해야할 것이다. Volpenhein의 말처럼 대체지방의 개발에 대한 끊임없는 노력은 우리가 추측할 수 없을 정도로 앞으로도 계속될 것이며 식품에 어떤 대체 지방을 넣는가는 계속적으로 'hit or miss' 식으로 이어질 것이다[14].

참고문헌

1. Calorie Control Council: Fat Replacers. http://www.caloriecontrol.org/frlist.html.
2. Giese, J.: Fats, oils & Fat Replacers. *Food Tech.*, **50**, 78 (1996).
3. Hamm, D.J.: Preparation and evaluation of trioxytricarballylate, trialkoxycitrate, trialkoxyglyceryl ether, jojoba oil and sucrose polyesters as low calorie replacements of edible fats and oils. *J. Food Sci.*, **49**, 419 (1984).
4. Edlefsen, M. and Brewer, M.S.: The National Food Safety Database: Artificial Fats-Fat Substitutes. http://www.foodsafety.org/il/il101.html.
5. Akoh, C.C. and Swanson, B.G.: Optimized synthesis of sucrose polyesters: Comparison of physical properties of sucrose polyesters, raffinose polyesters and salad oils. *J. Food Sci.*, **55**, 236 (1990).
6. FDA News: Nutrition assessment/management.http://www.kumc.edu/instruction/allied Health/dietetics/dkipp/DN836/olestra 2.html.
7. Mattes, R.D.: Position of the American Dietetic Association; Fat Replacers, *J. Am. Diet Assoc.*, **98**, 463 (1998).
8. Kendall, P.: Colorado State University Cooperative Extension; Olean hits the market. http://www.colostate.edu/Depts/CoopExt/PUBS/Columnnn/nn980805.html.
9. Kosmark, R.: Salatrim: Properties and Applications. *Food Tech.*, **50**, 98 (1996).
10. NKC-Industry: Salad Dressing & Sauce. http://www.nutrasweetkelco.com/industry/drec.htm#dre-sim.
11. Phillips, L.G. and Barbano, D.M.: The influence of fat substitutes based on protein & titanium dioxide on the sensory properties of low fat milks *J. Dairy Sci.*, **80**, 2726 (1997).
12. Chemistry & Industry: Fat substitutes: Nutritional promise & potential disaster ? http://ci.mond.org/9613/9613162.html.
13. Science News Online: http://www.sciencenews.org/snarch/8_31_96/fob1.html.
14. LaBarge, R.G.: The search for a low-caloric oil. *Food Tech.*, **42**, 84 (1988).