

Janice Ribeiro Lima* e Renata Tiekko Nassu

Laboratório de Óleos e Gorduras - Faculdade de Engenharia de Alimentos - UNICAMP - CP 6091 - 13081-970 - Campinas - SP

Recebido em 25/4/95; aceito em 5/10/95

FAT SUBSTITUTES: CHARACTERISTICS AND APPLICATIONS. The increasing number of heart disease, cancer and obesity cases in developed countries led their population to diminish fat consumption. As a consequence, low-calorie, fat-free and low-fat foods have become very popular during the last two decades. Following sweeteners which are used instead of sugar, such as aspartame, cyclamate and saccharin, a variety of fat substitutes has been developed recently. These new products give less calories without modifying food properties like flavour, texture and viscosity. Fat substitutes are divided into 3 groups: protein-based, carbohydrate-based and artificial or synthetic. Each of them has its own characteristics and their use depend on the food, substitution level and the initial fat content of the food. Some fat substitutes have already been used in food formulations by manufacturers while others are waiting for FDA's (Food and Drug Administration) approval. Nutritional and economical aspects have to be considered in the development of these products. Meat products, dairy products (spreads, yogurt, ice-cream, cheese), salad dressings, desserts and baked goods are some examples in which fat substitutes can be used.

Keywords: fat; substitutes; replacers.

1. INTRODUÇÃO

A gordura é um elemento de grande importância na alimentação humana devido suas propriedades nutricionais, funcionais e organolépticas¹. É vital para o metabolismo pleno do organismo humano, pois fornece ácidos graxos essenciais necessários à estrutura das membranas celulares e prostaglandinas e também serve como transportadora das vitaminas lipossolúveis A, D, E e K². As gorduras provenientes da dieta correspondem em média a 40 - 45% do consumo de calorias diárias dos indivíduos, sendo que pequenas variações dependem principalmente da localização geográfica, hábitos e fatores sócio-econômicos. A energia fornecida pelas gorduras é de 9 kcal/g, aproximadamente o dobro de calorias fornecidas pelas proteínas e carboidratos³. Apesar de sua importância na saúde, a gordura tem sido associada a doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, diabetes e expectativa de vida mais curta, que por sua vez são correlacionadas estatisticamente com obesidade.

Instituições norte-americanas recomendam limitar o consumo de gorduras a 30% das calorias da dieta⁴. Apesar das recomendações de instituições de saúde para que se diminuísse o consumo de gorduras, dados de pesquisa indicam que o consumo não diminuiu nos últimos vinte anos; pelo contrário, aumentou. Certamente houve uma substituição de gorduras saturadas animais por gorduras poliinsaturadas de origem vegetal. O uso da manteiga e banha deram lugar aos óleos vegetais na forma de margarinas e óleos de mesa. O consumo de carne branca aumentou enquanto o consumo de carne vermelha diminuiu; o leite integral era a principal fonte de gordura na categoria de produtos lácteos até que o leite desnatado tornou-se mais popular².

Em uma pesquisa realizada em janeiro de 1991 pelo "Food Marketing Institute" sobre as maiores preocupações da população norte americana com respeito à alimentação, o consumo de gorduras foi citado por 42% dos entrevistados, seguido pelo consumo de alimentos com alto teor de colesterol (37%) e pelo consumo de sal (21%)⁵. A atitude dos consumidores em relação aos problemas de saúde que podem advir do consumo de alimentos com alto teor de gorduras não é a de simplesmente

alterar seu hábito alimentar, mas sim de consumir alimentos formulados de maneira que apresentem baixo teor de gorduras, mas com as mesmas características sensoriais dos produtos originais⁶.

Numa tentativa de satisfazer o desejo dos consumidores por produtos com sabor e textura da gordura, e ao mesmo tempo reduzir as calorias, pesquisadores têm desenvolvido numerosos substitutos de gorduras. Estes novos ingredientes contribuem com menos calorias em formulações de alimentos sem alterar sabor, viscosidade e outras propriedades organolépticas da gordura⁷.

Em 1990, mais de 1 produto em 10 tinha no rótulo as informações "low fat" (pouco teor de gorduras) ou "fat free" (sem gordura)⁸. A receptividade a este tipo de produto pode ser comprovada por pesquisas recentes onde se perguntou aos consumidores se estes consomem algum tipo de produto com teor de gordura reduzido, e a resposta foi positiva para 74% dos entrevistados na Inglaterra, 76% nos Estados Unidos, 69% na Alemanha e 48% na França⁹.

2. TIPOS DE SUBSTITUTOS DE GORDURAS EM ALIMENTOS

Existem muitas alternativas disponíveis para substituição da gordura em alimentos. A alternativa mais fácil seria a utilização de várias técnicas para remoção da gordura; o desnatado do leite é um exemplo típico. Porém este método não é aplicável a todos os tipos de alimentos e a gordura dá consistência e sabor à maioria deles.

O conteúdo de gordura de um produto pode ser diminuído substituindo-a total ou parcialmente por um componente menos energético. Um modo clássico seria utilizar agentes espessantes; porém há o inconveniente destes produtos serem considerados aditivos¹⁰.

Vários substitutos de gordura têm sido desenvolvidos. Tais produtos devem ter analogia funcional às gorduras que substituem, serem livres de efeitos tóxicos e não produzir metabólitos diferentes daqueles produzidos pela gordura convencional, ou serem completamente eliminados do organismo³.

Tabela 1. Principais substitutos de gordura baseados em proteínas.

Produto	Designação	Função	Ref.
CMP-1	proteína leite	melhora funcionalidade da gordura remanescente	13
AMP800	proteína soro leite concentrada	simula textura e sensação de gordura na boca	13
CALPRO75	proteína soro leite concentrada	estabiliza emulsões /dá corpo	13
SIMPLESSE	proteína leite e ovo/aditivos/ /microparticulada	dá corpo, textura, viscosidade, cremosidade, inibe sinérese, retém umidade	2, 14, 16, 17
TRAILBLAZER	proteína leite e ovo	dá corpo, textura, viscosidade, cremosidade	3, 7, 19
LITA	proteína milho	dá corpo, textura, melhor estabilidade térmica	19, 20
PROLO 11	proteína leite	dá corpo, textura, melhor estabilidade térmica	21
DAIRYLIGHT	proteína leite	dá corpo, para sobremesas frias	5
SUPERCREME	proteína leite	dá corpo, para alimentos com alto teor de água	5

Os substitutos de gordura podem ser classificados em três categorias principais: baseados em proteínas, baseados em carboidratos e compostos sintéticos⁷. Existem outras categorias além das citadas, como por exemplo substitutos baseados em gorduras²; compostos hidrossolúveis¹¹ ou ainda, hidrocolóides, grupo onde a maioria dos substitutos se enquadra, com exceção dos compostos sintéticos e emulsificantes¹².

3. SUBSTITUTOS BASEADOS EM PROTEÍNAS

São produtos com aplicação limitada como substitutos de gordura por não poderem ser utilizados para produtos de panificação e para frituras devido as altas temperaturas alcançadas nestes processos. O aquecimento causa coagulação e desnaturação das proteínas resultando em perda de cremosidade e textura que simulam a presença de gorduras. Tem-se ainda que as proteínas tendem a se ligar quimicamente aos componentes de "flavor" causando perda de intensidade ou até formação de odores estranhos. Estas reações são altamente específicas e se alteram de acordo com a fonte de proteína utilizada e com os outros componentes da formulação, sendo difícil prever-se o comportamento do substituto de gordura em formulações sem que sejam realizados testes prévios¹³.

Os substitutos baseados em proteínas são geralmente derivados de proteínas encontradas em ovos, leite, milho e outros alimentos. Quando em altas concentrações (acima de 10%), as proteínas de soro de leite possuem propriedades funcionais para serem utilizadas como substitutos de gordura. Estes concentrados proteicos são considerados GRAS ("Generally Recognized As Safe") pela FDA (Food and Drug Administration) e são utilizados na maioria dos substitutos baseados em proteínas¹³.

Misturas de proteínas de clara de ovo e leite com outros produtos como açúcares, pectina e ácidos são utilizadas comercialmente para produção de substitutos de gordura mais complexos e completos^{2,14}. Muitas vezes a microparticulação é utilizada na produção destes compostos. A microparticulação consiste na aplicação de calor às proteínas de maneira que coagulem na forma de gel, ao mesmo tempo em que se submete o sistema a uma força de cisalhamento fazendo com que as proteínas coaguladas formem partículas de diâmetro muito pequeno (0.1-2.0 um). É muito importante o tamanho de partículas desta ordem, pois até 3 um não são percebidas como partículas individuais, sendo dessa maneira sua textura associada com a da gordura^{10,14,15,16,17}. Proteínas de fontes diversas podem ser convertidas em proteínas microparticuladas, mas as proteínas de leite e ovos são as mais utilizadas. Quando o substituto de gordura é apenas a proteína microparticulada, que é uma simples modificação física de sua estrutura, este é considerado GRAS pela FDA.

Substitutos de gordura baseados em proteínas podem ser utilizados em formulações de sobremesas, iogurte, queijos, sorvetes, maionese, margarinas e molhos^{2,14,16,18,19}.

A tabela 1 apresenta os principais substitutos de gordura baseados em proteínas comercializados atualmente.

A tabela 2 apresenta uma comparação entre valores calóricos de produtos convencionais e produtos formulados com SIMPLESSE.

Tabela 2. Produtos convencionais x produtos formulados com Simplesse - comparação de valores calóricos.

Produto	Tradicional	c/ Simplesse	Diferença Calorias
sorvete (4oz)	283	130	153
iogurte (4oz)	139	100	39
molho salada (1 colher sopa)	87	21	66
manteiga/margarina (1 porção)	36	8	28
maionese (1 colher sopa)	99	30	69
"spread queijo" (1oz)	82	36	46
queijo cremoso (1oz)	99	45	54
"sour cream" (1 colher sopa)	26	10	16

REF.: 15.

4. SUBSTITUTOS BASEADOS EM CARBOIDRATOS

Carboidratos e produtos à base de carboidratos têm sido usados para substituir total ou parcialmente (de 50 a 100%) óleos e gorduras numa grande variedade de alimentos por mais de uma década^{3,7}.

Carboidratos fornecem 4 kcal/g, mas como os substitutos baseados nestes são normalmente utilizados em soluções 25% ou 50% em formulações de alimentos, tem-se somente 1 ou 2 kcal/g no produto final¹⁹.

Neste grupo encontram-se dextrinas, amidos modificados, polidextrose, gomas, entre outros; são termoestáveis e podem ser utilizados em produtos de panificação. Porém, os carboidratos não fundem, portanto não podem ser utilizados em frituras². Devido ao seu alto poder de associação com água ocorre aumento da atividade de água e conseqüente redução da vida de prateleira do produto¹³.

4.1. Amidos Modificados e Dextrinas

O amido degradado a compostos de menor peso molecular com DE(dextrose equivalentes) mais baixos tem propriedades que imitam a gordura¹². Diferentes propriedades podem ser obtidas dependendo da fonte de amido utilizada (batata, milho, aveia, arroz, tapioca) e do tipo e grau de modificação aplicados. Amidos com grânulos de diâmetro similar às micelas de gordura (2 µm) têm potencial como substitutos de gordura. Este tamanho de partícula é conseguido através de hidrólise ácida ou enzimática, atrito mecânico ou microparticulação do amido¹³.

A tabela 3 apresenta os principais substitutos de gordura baseados em carboidratos que têm como elemento principal o amido e que estão disponíveis no comércio.

4.2. Polidextrose

É um polímero de dextrose com pequenas quantidades de sorbitol e ácido cítrico^{4,11,13}. A polidextrose funciona como agente espessante e umectante em vários alimentos, como também para substituir açúcar ou gordura em produtos de panificação específicos, chicletes, confeitos, recheios, molhos, sobremesas, gelatinas, pudins e balas^{2,4}.

4.3. Gomas

Estes hidrocolóides são polímeros de cadeia longa e de alto peso molecular que se dissolvem ou dispersam em água, dando efeito espessante ou textura de géis. As gomas têm sido usadas desde o começo dos anos 80 para produzir molhos para salada de baixo valor calórico e outros alimentos⁷. Primariamente eram utilizadas como instrumentos de formulação antes da idéia de serem utilizadas como substitutos de gordura. A níveis baixos (0,1 a 0,5%), as gomas aumentam a

viscosidade e estabilizam emulsões quando a água é utilizada para substituir gordura em alimentos².

As gomas xantana e alginatos são usadas em molhos para saladas proporcionando a formação de soluções altamente viscosas, mesmo a baixas concentrações e possuem comportamento pseudoplástico, que é fundamental para simular a sensação de gordura na boca^{4,13}. A goma guar devido às suas propriedades de absorver água, é muito útil em produtos congelados e de panificação. As gomas também podem ser utilizadas em produtos lácteos. Carragenana é utilizada em hambúrgueres de baixa caloria, com apenas 9% de calorias provenientes de gordura, sendo responsável pela sensação de gordura na boca¹⁹. A pectina funciona como agente gelificante e espessante. Pectinas com baixo teor de metoxilas (grau de metilação menor que 50%) formam géis termorreversíveis elásticos que simulam consideravelmente os efeitos da gordura¹³.

Na decisão de qual goma utilizar deve-se considerar os efeitos da temperatura na solubilidade e dispersibilidade da goma, as características reológicas do gel formado e os efeitos do pH e concentração nas propriedades gelificantes da goma. A compatibilidade com outros constituintes da formulação é outra característica importante a ser considerada. As gomas são muito utilizadas em conjunto com celulose microcristalina.

4.4. Celulose Microcristalina

A celulose microcristalina é uma forma da celulose em que a parede celular das fibras das plantas foram fisicamente fragmentadas. Após a hidrólise ácida da polpa de celulose, a celulose microcristalina permanece insolúvel e é em seguida separada e submetida a atrito mecânico que faz com que ela se quebre em agregados cristalinos coloidais. Estes agregados são secos juntamente com carboximetilcelulose e outros ingredientes funcionais para garantir a redispersão dos cristais¹³.

Tabela 3. Substitutos de gordura baseados em carboidratos: amidos.

Produto	Designação	Origem do Amido	Função	Ref.
Sta-Slim (142, 143, 150, 151, 171)	amido modificado	batata, tapioca, milho	simula textura, melhora funcionalidade da gordura remanescente	2, 7
Stellar	amido modificado	milho modificado por ácidos	simula textura e sensação na boca da gordura	13, 22, 23
Amalean (I, II)	amido modificado	milho	dá corpo e textura	5, 13
LoDex	maltodextrina	milho	dá volume	13
Paselli SA2	maltodextrina	batata modificado enzimaticamente	simula textura e sensação na boca	2, 7, 13, 24
TrimChoise	farinha de aveia hidrolisada	aveia	simula textura e sensação na boca	13
Maltrin M (040, 100, 150, 180, 520)	maltodextrina	milho modificado ácida/enzimaticamente	simula textura e sensação na boca, dá volume	2, 3, 4, 13
N-Lite (B, D, L, LP)	amido modificado, maltodextrina	milho	simula textura e sensação na boca	13
N-Oil	maltodextrina	tapioca	simula textura e sensação na boca	2, 3, 7, 11
OptaGrade	amido de milho	milho	simula textura e sensação na boca	13
Oatrim	farinha de aveia modificada	aveia modificada enzimaticamente	simula textura e sensação na boca	2, 25, 26
Rice-gel L-100	farinha de arroz	arroz	simula textura e sensação na boca	13
Tapiocaline	amido modificado	tapioca modificada enzimaticamente	dá corpo (para carnes e produtos lácteos)	27

A celulose microcristalina é não calórica e pode substituir 100% da gordura em molhos para salada, produtos lácteos e sobremesas. Todos os ingredientes deste produto são GRAS de acordo com o regulamento do FDA². A habilidade deste produto em agir como estabilizante é particularmente útil para aplicações em formulações de baixo conteúdo de gorduras³.

4.5. Misturas de Substitutos Baseados em Carboidratos

Dentro desta categoria, pode-se citar o produto disponível comercialmente sob o nome de N-flate, feito com emulsificantes, goma guar, amido modificado e sólidos de leite, pode substituir "shortenings" e/ou gemas de ovo em produtos de panificação^{2,19}. Todos os ingredientes do substituto são GRAS e o produto pode ser utilizado em menores quantidades do que a gordura que substitui.

A tabela 4 apresenta os principais substitutos baseados em carboidratos que tem como base gomas e celulose.

5. SUBSTITUTOS SINTÉTICOS

São substâncias similares à gordura, mas resistentes à hidrólise pelas enzimas digestivas⁷. Os substitutos de gordura não têm valor calórico mas ainda não foram aprovados para uso em alimentos^{2, 12}.

As gorduras naturais consistem de glicerol esterificado com um a três ácidos graxos. A estrutura básica pode ser redeseenhada das seguintes maneiras³¹:

- A parte glicerol pode ser substituída por um álcool alternativo;
- Os ácidos graxos podem ser substituídos por outros ácidos, como por exemplo, ácidos carboxílicos ramificados;
- A ligação éster pode ser "revertida";
- A ligação éster pode ser reduzida a uma ligação éter.

Uma outra maneira de desenvolver substitutos de gordura seria a tentativa de reproduzir as propriedades de óleos e gorduras comestíveis utilizando-se polímeros ou óleos naturais cujas propriedades químicas não estejam relacionadas com a estrutura triglicéridica. Alguns exemplos seriam utilizar materiais poliméricos não absorvíveis já existentes ou desenvolver-los de tal modo que apresentem características similares às gorduras convencionais e desenvolver microcápsulas que iriam substituir o glóbulo de gordura em alimentos emulsificados. Finalmente, certos produtos naturais como o óleo de jojoba poderiam ser utilizados como substitutos de gordura em potencial³¹.

Tabela 4. Substitutos de gordura baseados em carboidratos: gomas e celulose.

Produto	Designação	Função	Ref.
Metilcelulose	Metilcelulose	simula textura e sensação na boca	13
Hidroxipropil metilcelulose	Hidroxipropil metilcelulose	simula textura e sensação na boca	13
Avicel	Gel celulose, celulose microcristalina	simula textura e sensação na boca, opacidade	2, 3, 13, 28
Novagel	Gel celulose, guar	simula textura e sensação na boca, opacidade	13
EX-CEL	Gel celulose, celulose microcristalina	simula textura e sensação na boca, melhora funcionalidade da gordura remanescente, dá volume	13
Slendid	pectina	simula textura e sensação na boca	13, 29, 30
CMI 5050	carragenana	absorção água em prod. cárneos	5
CARRAFAT	carragenana	absorção água em prod. cárneos	5
LITESSE	polidextrose	substitui parte da gordura e açúcar, dá volume	5

5.1. Substituição do Glicerol por um Álcool Alternativo

5.1.1. Poliésteres de Sacarose (SPE)

Ésteres de sacarose têm sido desenvolvidos como substituto de gordura para uso em alimentos de baixa caloria e como um meio de diminuir os níveis de colesterol no sangue³. Conhecido também pelo seu nome comercial OLESTRA, este produto é uma mistura de hexa-, hepta- e octaésteres de sacarose com ácidos graxos cujo número de carbonos varia de 8 a 18. A figura 1 apresenta a estrutura do SPE. Se o ácido graxo tem menos que 10 carbonos, a probabilidade de hidrólise é maior⁷.

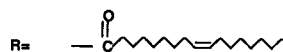
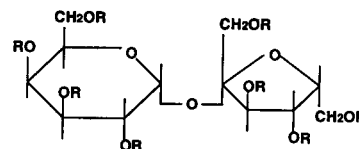


Figura 1. Estrutura do poliéster de sacarose³¹.

As propriedades físicas dos SPEs são similares às da gordura convencional e dependem dos ácidos graxos utilizados na sua síntese. São estáveis durante o aquecimento, mesmo a altas temperaturas como aquelas utilizadas para frituras. Proporcionam gosto, textura e sensação de gordura na boca como os da gordura convencional numa variedade de produtos, incluindo frituras e produtos de panificação, como também produtos lácteos. Em 1987 foi obtida aprovação do FDA para uso do SPE como aditivo, substituindo 35% da gordura em "shortenings" e óleos de uso doméstico e 75% da gordura em frituras para serviços de alimentação e para produção comercial de produtos tipo "snack"¹.

Há uma variedade muito grande de etapas para síntese do SPE¹⁴. As condições de síntese do SPE foram melhoradas reagindo octaacetato de sacarose com ésteres metílicos de ácidos graxos de óleos para salada, obtendo-se rendimentos de quase 100% de SPE purificados³².

5.1.2. Poliésteres de Rafinose

São ésteres de trissacarídeos (figura 2) que atualmente estão sendo submetidos a investigações para uso como substituto de

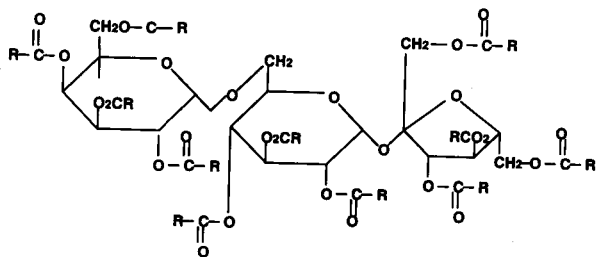


Figura 2. Estrutura do poliéster de rafinose³.

gordura². Suas propriedades físicas são similares às dos SPE e de óleos vegetais³.

5.1.3. Estearato de Polioxietileno

É um material gorduroso originalmente desenvolvido para uso como emulsificante. Contribui com apenas 4,2 kcal/g, que vem da fração estearato³.

5.1.4. Ésteres de Poliglicerol

Estes substitutos têm como álcool um poliglicerol e cadeias de ácidos graxos (figura 3). Tais produtos se parecem e têm gosto de gordura, mas contribuem com menos calorias que as gorduras convencionais. Dependendo do comprimento da cadeia de poliglicerol e do número e tipo das cadeias de ácidos graxos, muitos produtos com propriedades físico-químicas variadas podem ser obtidos. Apenas os ésteres parciais podem ser utilizados como substitutos. Seu uso em pequenas quantidades já fornece características de cremosidade aos alimentos³. Os ésteres de poliglicerol são ingredientes multifuncionais, pois podem ser usados como emulsificantes, substitutos de gordura, como meio de solubilização de vitaminas lipossolúveis para facilitar a incorporação destas em sistemas lipofóbicos, entre outros. Podem ser utilizados em sorvetes, margarinas, "shortenings", coberturas para confeitos, sobremesas e produtos de panificação⁴.

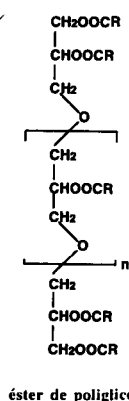


Figura 3. Estrutura do éster de poliglicerol.

5.1.5. Glicerol Propoxilado Esterificado (EPG)

São compostos termoestáveis e não calóricos cuja estrutura é similar à da gordura convencional. Para produzir um triglicerídeo não calórico, glicerina reage com óxido de propileno para dar origem a um poliéter polioli, que por sua vez é esterificado com ácidos graxos. Pode ser utilizado em "spreads", sobremesas, molhos para saladas e produtos de panificação⁷.

5.2. Reversão da Ligação Éster

5.2.1. Trialcoxicitratos (TAC)/Trialcoxitracarbalilatos (TATCA)

A fração glicerol pode ser substituída por um ácido policarboxílico, aminoácido ou outra estrutura ácida polifuncional, como citrato ou tricarbaliato que podem ser esterificados com álcoois de cadeia longa formando trialcoxicitratos (TAC) e trialcoxitracarbalilatos (TATCA) (figura 4). A viscosidade e tensão superficial destes produtos são similares a de óleos vegetais, mas sua susceptibilidade à hidrólise de enzimas é baixa, portanto seu conteúdo calórico é desprezível¹⁴. O motivo da resistência à hidrólise seria a reversão das ligações éster em comparação com os triglicerídios normais³¹.

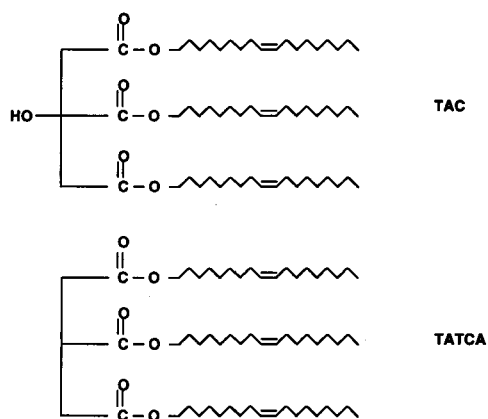


Figura 4. Estruturas do TAC e TATCA³¹.

5.2.2. Dialquilhexadecilmalonato (DDM)

É um éster de álcool graxo de ácido malônico e alquilmalônico e está sendo desenvolvido como substituto de gordura para aplicações a altas temperaturas. Uma mistura de DDM-óleo de soja resulta numa redução de 33% de calorias e 60% em gordura. Pode ser utilizado em frituras, margarinas e maionese^{2,3,7,19}.

5.3. Abandono da Estrutura Básica de Triglicerídios

5.3.1. Fenilmetilsiloxano ou Óleo de Silícone

Este produto se enquadra na categoria de materiais poliméricos não digeríveis que têm características físicas similares as de óleos comestíveis e que poderiam ser utilizados como substitutos de gordura¹¹.

5.3.2. Óleo de Jojoba

É um líquido fluído a temperatura acima de 100°C, sendo uma mistura de ésteres lineares de ácidos graxos insaturados de cadeia longa e álcoois graxos, isto é, os componentes álcool e ácido deste óleo contém principalmente 20 a 22 carbonos, cada um contendo uma insaturação (figura 5). Devido a esta estrutura, parece ter potencial para ser utilizado como substituto de gorduras. Várias pesquisas têm sido desenvolvidas para verificar a digestibilidade do óleo de jojoba, que não é afetado por lipases que hidrolisam óleos e gorduras vegetais e animais, sendo portanto não metabolizados. Pode ser utilizado em molhos para salada e óleos de mesa. O sabor e estabilidade deste

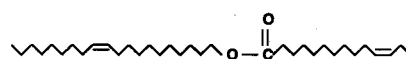


Figura 5. Estrutura de um dos componentes do óleo de jojoba³¹.

óleo são comparáveis aos óleos de soja, açafrão e gergelim³. Possibilidades deste óleo ser um agente redutor de colesterol têm sido estudadas⁴.

6. OUTROS SUBSTITUTOS

6.1. Triglicerídios de Cadeia Média (TCM)

Estes produtos têm sido recomendados como substitutos de gorduras. O óleo de coco, que tem uma grande porcentagem de ácidos graxos de 6 a 10 carbonos é uma boa fonte de TCMs. Os TCMs tem sido utilizados como tratamento terapêutico desde o começo dos anos 50 para disfunções de absorção de lipídios; mais especificamente, são recomendados para pessoas que não podem consumir triglicerídios que contenham ácidos graxos de cadeia longa¹¹. Podem ser utilizados a temperaturas relativamente altas e têm valor calórico um pouco inferior ao da gordura normal. Ao contrário de outras gorduras, os TCMs são utilizados como fonte de energia imediata tal como os carboidratos, e têm uma baixa tendência de incorporar-se ao tecido adiposo. Geralmente são reconhecidos como produtos GRAS¹⁹.

Os TCMs são líquidos à temperatura ambiente, têm baixa viscosidade, são insípidos e inodoros, incolores e resistentes à oxidação devido à saturação de seus ácidos graxos. Também são muito estáveis a extremos de temperatura: permanecem a baixa viscosidade mesmo depois de uso prolongado a temperaturas de fritura, enquanto óleos convencionais formam polímeros, aumentando sua viscosidade. Sob essas condições a viscosidade dos TCMs chega apenas ao nível de um óleo convencional não aquecido. Por outro lado, a temperaturas extremamente baixas, permanecem líquidos, não necessitando de aquecimento para fundí-los.

Os TCMs são utilizados como solvente, substituindo óleos vegetais, propileno glicol, triacetina, óleo mineral e ácido benzílico; para servir como meio de solubilização de compostos lipossolúveis (sabores, corantes, vitaminas e fármacos) facilitando sua incorporação em outros sistemas; encontram também uso em confeitos, frutas secas, alimentos de baixa caloria (molhos para saladas, produtos de panificação, alimentos congelados, queijos) e ainda em dietas enterais e parenterais para indivíduos que têm dificuldades de absorção e transporte de lipídios³³.

6.2. Lipídios Estruturados

São TCMs que foram interesterificados com um ácido graxo de cadeia longa. Um exemplo é o produto comercialmente disponível denominado Caprenin, que é um triglicerídio de baixa caloria formado pela esterificação do glicerol com três ácidos graxos: caprílico (C8:0), cáprico (C10:0) e behênico (C22:0). Tem propriedades funcionais similares às da manteiga de cacau e pretende-se substituir uma parte da manteiga de cacau por este substituto em produtos como balas e coberturas para confeitos. É considerado um produto GRAS pelo FDA e fornece 5 kcal/g^{2,13,20}.

Uma outra família de substitutos de gordura é formada pela mistura de ácidos graxos de cadeia longa (geralmente esteárico) com ácidos graxos de cadeia curta (acético, propiônico e butírico) esterificados ao glicerol. Esta família, conhecida comercialmente como Salatrin, fornece as mesmas propriedades físicas das gorduras mas com aproximadamente metade das calorias de uma gordura normal, pois os ácidos graxos de cadeia curta fornecem menos calorias por unidade de peso do que os ácidos graxos de cadeia longa. São produzidos pela interesterificação de óleos vegetais altamente hidrogenados com triglicerídeos de ácidos acético, propiônico e butírico. A mistura resultante contém distribuição de ácidos graxos representativa do material inicial distribuído ao acaso no glicerol. Fornecem aproximadamente 5kcal/g³⁴.

6.3. Emulsificantes

Estes compostos agem como auxiliares das propriedades da gordura fazendo com que pouca quantidade de gordura associada aos emulsificantes apresentem o mesmo efeito que quantidades maiores de gordura sem o auxiliar. Existem muitos tipos de emulsificantes que diferem entre si por suas estruturas e propriedades físicas e metabólicas. Emulsificantes baseados em lipídeos incluem mono e diacilgliceróis, lactato estearil sódio e lecitina¹³. Apesar destes compostos fornecerem 9 kcal/g como as gorduras convencionais, reduzem o conteúdo de gordura e valor calórico do produto no qual são utilizados pois podem ser usados em quantidades menores na sua formulação. Substituem os "shortenings" total ou parcialmente em misturas para bolo, biscoitos, glacês e produtos lácteos².

6.4. Misturas Funcionais

São ingredientes formulados para atingir características específicas. Um exemplo é o Prime-O-Lean, matriz cuja formulação contém água, óleo de canola parcialmente hidrogenado, plasma de carne bovina hidrolisado, farinha de mandioca e alginato. É definido como um tecido adiposo artificial, sendo um composto que absorve água e funciona como gordura em produtos cárneos^{20,25}. Outro exemplo é o Leanmaker, feito à base de farelo de aveia, com especiarias e condimentos. O farelo de aveia é o produto que melhor se aplica em produtos cárneos quando se trata de substituir a gordura, pois dá a mesma textura, sabor e suculência de produtos que contém gordura, além de reter a umidade, não deixar sabor residual de cereal e ainda fornecer uma pequena quantidade de fibra ao produto final. É considerado GRAS pelo FDA e é utilizado em produtos cárneos, principalmente embutidos e hambúrgueres^{25,35}.

7. ASPECTOS NUTRICIONAIS DOS SUBSTITUTOS DE GORDURA

Na alimentação humana a gordura contribui em média com 40% das calorias ingeridas. O uso de substitutos de gordura reduz a carga calórica dos alimentos pois estes compostos são metabolizados de maneira diferente das gorduras, fornecendo menos energia.

Os substitutos baseados em proteínas são digeridos normalmente como proteínas e fornecem 4 kcal/g em contraste com as 9 kcal/g fornecidas pelas gorduras¹⁰. Pesquisas desenvolvidas por fabricantes de substitutos baseados em proteínas indicam que não há evidências de efeitos tóxicos relacionados ao consumo de proteínas microparticuladas¹⁴.

Dos substitutos baseados em carboidratos, os amidos modificados e dextrinas são digeridos normalmente como carboidratos, fornecendo 4 kcal/g⁴.

A polidextrose é parcialmente absorvida (de 5 a 10%), pois é resistente às enzimas digestivas no intestino delgado. Apenas uma parcela é hidrolisada, o que torna a polidextrose um composto que fornece menos energia que os carboidratos disponíveis^{2,3,14}. Em estudos de toxicidade em ratos, não foram notados efeitos deletérios, como também constatou-se que a polidextrose não interfere na absorção ou utilização de vitaminas, minerais e aminoácidos¹⁴. Porém, se consumidas em certas quantidades podem ter efeitos laxativos^{4,11}.

As gomas não são digeridas exceto por bactérias da parte final do intestino e não contém valor calórico². Também podem apresentar efeitos laxativos; apenas as maltodextrinas e dextrinas parecem evitar este problema⁴.

Misturas funcionais como o Prime-o-Lean e o Lean-maker são digeridos pelas mesmas vias metabólicas dos elementos que os constituem.

Os substitutos sintéticos, como o EPG, DDM, TAC e

TATCA, são resistentes à hidrólise enzimática no intestino, portanto praticamente não são absorvidos. Isto se deve à sua estrutura que é diferente dos triglicerídios normais, o que não impede que estes produtos tenham características similares às das gorduras. Alguns destes substitutos podem ocasionar efeitos laxativos indesejáveis.

Por se tratar de um dos primeiros produtos sintéticos a ser desenvolvido, os poliésteres de sacarose (SPE) têm sido alvo de muitas pesquisas em relação a seu metabolismo, propriedades, implicações nutricionais e toxicidade.

O SPE não é hidrolisado pela lipase pancreática. Desde que a hidrólise é essencial para que ocorra o processo de absorção, o produto passa intacto pelo trato digestivo, fornecendo zero calorias⁷. Este processo de não absorção foi testado por radioisótopos marcados^{16,36}. A ausência de hidrólise e absorção faz com que o SPE atue como um solvente orgânico no intestino^{36,37}. A dissolução de componentes no SPE resulta na excreção destes componentes junto do SPE. Por exemplo, remove compostos tóxicos como o pesticida DDT e o colesterol³⁶. A absorção do colesterol é diminuída de 15 a 20% e apenas a fração LDL (lipoproteínas de baixa densidade) e colesterol total (nocivos, portanto devem estar presentes a níveis baixos no plasma sanguíneo) são reduzidos enquanto que a fração HDL (lipoproteínas de alta densidade, que tem efeito benéfico no sangue portanto seus níveis devem ser mantidos) não é alterada⁴. Apesar destes aspectos positivos, o SPE também pode reduzir a absorção de vitaminas lipossolúveis.

Estudos mais recentes indicam que não há interferência na absorção de vitaminas A, D e K porém ocorre redução na absorção de vitamina E^{11,38}. Suplementação com 1mg de vitamina E por grama de SPE é o necessária para reposição da quantidade normalmente encontrada em óleos vegetais².

Um dos maiores problemas relacionados ao uso do SPE em alimentos são os efeitos laxativos indesejáveis³⁶. O produto, por não ser absorvido e ser uma substância oleosa, separa-se das fezes sólidas e passa pelo trato digestivo diretamente pelo esfíncter^{2,11}. A solução proposta para este problema seria a adição de óleo de palma hidrogenado, que contém ácidos graxos de 18 carbonos, ou de cadeia maior. Estes ácidos graxos possuem ponto de fusão maior e por serem mais sólidos impediriam o processo de separação do SPE das fezes sólidas. Porém ainda não se sabe se a adição destes ácidos graxos saturados realmente resolve este problema e se é apropriado adicioná-los à dieta, o que contrasta com as atuais recomendações médicas de diminuir o consumo de ácidos graxos saturados^{11,16}.

Mais de cem estudos com cinco espécies de animais e 25 estudos clínicos envolvendo mais de 2500 pessoas entre homens, mulheres e crianças garantiram a segurança no uso do SPE. Não houve evidências de efeitos tóxicos^{2,36}.

Os TCMs (triglicerídios de cadeia média) pelo tamanho da cadeia não são metabolizados no intestino como as gorduras convencionais (não precisam de enzimas digestivas ou sais biliares). Quando hidrolisados na primeira fase da digestão são absorvidos como ácidos graxos essenciais e se ligam à albumina sendo transportados pela corrente sanguínea diretamente para o fígado, onde são oxidados para fornecer energia imediatamente³³. Os TCMs também têm a capacidade de diminuir os níveis de colesterol total e apresentam menor tendência de serem armazenados nos tecidos adiposos¹¹.

O substituto Caprenin, formado pelos ácidos caprílico, cáprico e behênico fornece poucas calorias pois este último é apenas parcialmente absorvido pelo organismo²⁰. Este produto não apresenta efeitos laxativos². Os componentes do Salatrín (ácidos graxos de cadeia curta, ácido esteárico e glicerol) são metabólitos comuns ao organismo humano, digeridos por vias conhecidas e não apresentam riscos à saúde³⁹.

O óleo de jojoba não é afetado pelas lipases que normalmente hidrolisam óleos vegetais e gorduras animais, passando pelo trato digestivo praticamente sem ser metabolizado³.

8. ASPECTOS DE LEGISLAÇÃO

O FDA não reconhece os substitutos de gordura como uma classe distinta para propósitos de avaliação. Apesar dos substitutos de gordura não serem alimentos, não são diferentes de qualquer outro componente alimentício que se enquadre na seção de Alimentos, Drogas e Cosméticos. Porém, os substitutos de gordura são diferentes de outros aditivos utilizados em alimentos pois podem representar um terço das calorias consumidas e os testes com estes produtos criam problemas científicos que não são normalmente encontrados em testes com aditivos mais tradicionais, consumidos em quantidades muito menores³⁸.

A princípio, todos os substitutos de gordura devem ter a afirmação GRAS ("Generally Recognized As Safe") do FDA (Food and Drug Administration). Muitos destes produtos são resultado de técnicas comerciais de aquecimento, acidificação e mistura de ingredientes comuns encontrados em alimentos, como carboidratos, proteínas de ovo e leite e/ou água, para imitar as propriedades organolépticas da gordura. Outros processos envolvem reações enzimáticas.

Dependendo do ingrediente e processo utilizado, certos substitutos não requerem aprovação do FDA, como por exemplo amidos modificados.

A tabela 5 lista alguns substitutos de gordura considerados GRAS pelo FDA.

Tabela 5. Substitutos de gordura GRAS.

Simplese	Paselli SA2
N-oil	Maltrin
Stellar	Staslin
Oatrin	Polidextrose
Avicel	Slendit
N-Flate	Olestra
	(como aditivo no Japão)
TCM	Caprenin
Leanmaker	Celulose Microcristalina
Proteínas Microparticulares	

9. COMENTÁRIOS FINAIS

Quando se deseja formular um alimento com baixo teor de gordura, a utilização de substitutos de gordura é uma alternativa viável. Deve-se considerar, no entanto, que não existe um único elemento capaz de substituir a gordura em todas as suas aplicações devido às múltiplas funções exercidas por esta substância nos sistemas alimentares (sabor, textura, cremosidade, volume, sensação de saciedade, etc.). Deve-se avaliar as características de cada substituto e do sistema em que este irá atuar e em alguns casos, a utilização de dois ou mais substitutos pode ser necessária.

REFERÊNCIAS

1. Dziezak, J. D.; *Food Technol.* **1989**, *43*, 66.
2. Hudnall, M. J.; Connor, S. L.; Connor, W. E.; *J. Am. Dietetic Assoc.* **1991**, *91*, 1285.
3. Singhal, R. S.; Gupta, A. K.; Kulkarni, P. R.; *Trends in Food Sc. Technol.* **1991**, *2*, 241.
4. Haumann, B. F.; *J. Am. Oil Chem. Soc.* **1986**, *63*, 278.
5. Mentzer, R.; *Inform* **1992**, *3*, 1270.
6. Bruhn, C. M.; Cotter, A.; Diaz-Knauf, K.; Sutherland, J.; West, E.; Weightman, N.; Willianson, E.; Yafee, M.; *Food Technol.* **1992**, *46*, 81.
7. Anon.; *Food Technol.* **1990**, *44*, 92.
8. Pehanich, M.; *Prepared Foods* **1991**, *160*, 13.
9. Anon.; *Food Proces.* **1994**, *63*, 11.

10. Petri, M.; *Scandinav. Dairy Inform.* **1991**, 5, 26.
11. LaBarge, R. G.; *Food Technol.* **1988**, 42, 84.
12. Glicksman, M.; *Food Technol.* **1991**, 45, 94.
13. Lucca, P. A.; Tepper, B. J.; *Trends in Food Sc. Technol.* **1994**, 5, 12.
14. Gillatt, P. N.; Lee, S. M.; *Proceed. Nutrit. Soc.* **1991**, 50, 391.
15. Anon.; *Food Technol.* **1988**, 42, 96.
16. McCormick, R.; *Prepared Foods* **1988**, 157, 120.
17. Anon.; *Internat. News on Fats, Oils and Rel. Mat.* **1990**, 1, 454.
18. Umhoefer, J.; *Dairy Foods* **1988**, 89, 35.
19. Anon.; *Internat. News on Fats, Oils and Rel. Mat.* **1991**, 2, 115.
20. Duxbury, D. D.; *Food Proc., USA* **1991**, 52, 86.
21. Anon.; *Dairy Foods* **1993**, 94, 56.
22. Harris, D. W.; Day, G. A.; *Starch* **1993**, 45, 221.
23. Pszczola, D. E.; *Food Technol.* **1991**, 45, 262.
24. Kaper, F. S.; Gruppen, H.; *Food Technol.* **1987**, 41, 112.
25. Giese, J.; *Food Technol.* **1992**, 46, 100.
26. Inglett, G. E.; Grisamore, S. B.; *Food Technol.* **1991**, 45, 104.
27. Anon.; *Food Manufacture* **1993**, 68, 42.
28. Penichter, K. A.; Mcginley, E. J.; *Food Technol.* **1991**, 45, 105.
29. Pszczola, D. E.; *Food Technol.* **1991**, 45, 116.
30. Hercules, Inc.; *Prepared Foods* **1991**, 160, 67.
31. Hamm, D. J.; *J. Food Sc.* **1984**, 49, 419.
32. Akoh, C. C.; Swanson, B. G.; *J. Food Sc.* **1990**, 55, 236.
33. Megremis, C. J.; *Food Technol.* **1991**, 45, 108.
34. Smith, J. W. F.; Leveille, G. A.; *J. Agric. Food Chem.* **1994**, 42, 432.
35. Pszczola, D. E.; *Food Technol.* **1991**, 45, 60.
36. Boggs, R. W.; *Fette Seifen Anstrich.* **1986**, 88, 154.
37. Toma, R. B.; Curtis, D. J.; Sobotor, C.; *Food Technol.* **1988**, 42, 93.
38. Gillis, A.; *J. Am. Oil Chem. Soc.* **1988**, 65, 1708.
39. Hayes, J. R.; Pence, D. H.; Scheinbach, S.; D'amelia, R. P.; Klemann, L. P.; Wilson, N. H.; Finley, J. W.; *J. Agric. Food Chem.* **1994**, 42, 474.

Publicação financiada pela FAPESP