

Aspectos tecnológicos dos substitutos de gordura e suas aplicações em produtos lácteos

Technological aspects of fat substitutes and their applications in dairy products

ABSTRACT

CASAROTTI, S. N. JORGE, N. Technological aspects of fat substitutes and their applications in dairy products. *Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.* = J. Brazilian Soc. Food Nutr., São Paulo, SP, v. 35, n. 3, p. 163-181, dez. 2010.

The consumption of fat related to the incidence of diseases has motivated the development of food with less or even no fat. However, fat is important for the full functioning of the human body and sensory characteristics of food. Therefore, making food with little or no fat and at the same time maintaining the desired quality is a challenge for the industry. Fat substitutes were created to achieve this objective. Fat substitutes can be more effective in their applications when mixtures of different types of them are used. The number and variety of these ingredients are still growing, expanding options of choice when a fat substitute is required in a certain type of food. Considering the importance of fat substitutes nowadays, this paper presents an overview of functions and implications of fats in the human body and food, the terminology used to refer to fat substitutes, the categories of different types of fat substitutes available in the market and their applications in dairy products.

Keywords: Fat Substitutes. Dairy Products. Lipids.

**SABRINA NEVES
CASAROTTI¹;
NEUZA JORGE²**

¹Doutoranda em Engenharia e Ciência de Alimentos - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade

Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

²Professora Adjunta do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade

Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Endereço para correspondência:

Neuza Jorge
Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,
Rua Cristóvão Colombo, 2265
CEP 15054-000

São José do Rio Preto-SP, Brasil

E-mail:

njorge@ibilce.unesp.br

RESUMEN

La relación comprobada entre el consumo de grasa y la incidencia de enfermedades ha motivado el creciente interés de los consumidores por productos alimenticios de bajos contenidos o exentos de grasa. Mas las grasas, además de importantes para el pleno funcionamiento del organismo humano, contribuyen para las características sensoriales de los alimentos. Por lo cual, producir alimentos con bajo contenido o sin grasas manteniendo la calidad deseada del producto, es un desafío para la industria. Para solucionar este problema se elaboraron los sustitutos de la grasa, de los cuales existe una gama bastante amplia en propiedades y que aumenta día a día. Sus aplicaciones se muestran más eficientes cuando se utilizan mezclados en diferentes tipos de combinaciones. La cantidad y variedad de estos ingredientes todavía están creciendo y ampliando las opciones para la elección del sustituto a ser utilizado en cada aplicación. Considerando la importancia actual de los sustitutos de grasas, este trabajo presenta una visión general de las funciones de las grasas en el cuerpo humano; las implicaciones de la grasa en el organismo que las consume y en las características de los alimentos; la terminología utilizada para designar los sustitutos de la grasa; las categorías de los distintos tipos de sustitutos de grasa disponibles en lo mercado y las aplicaciones de los sustitutos de grasa en los productos lácteos.

Palabras clave: Sustitutos de grasa. Productos lácteos. Lípidos.

RESUMO

O consumo de gordura relacionado à incidência de doenças motivou o interesse dos consumidores por produtos alimentícios com menor teor ou, até mesmo, sem gordura. Entretanto, as gorduras são importantes para o funcionamento pleno do organismo humano e para as características sensoriais dos alimentos. Por isso, formular alimentos com pouca ou nenhuma gordura e, ao mesmo tempo, manter a qualidade desejada é um desafio para a indústria. Para atender a este objetivo, foram criados os substitutos de gordura. Estes podem ter maior eficiência em suas aplicações quando são utilizadas misturas de diferentes tipos. A quantidade e a variedade destes ingredientes continuam crescendo, ampliando as opções no momento da escolha do substituto a ser utilizado em determinado alimento. Considerando a importância dos substitutos de gordura na atualidade, o presente trabalho apresenta uma revisão sobre as funções e implicações das gorduras no organismo humano e nos alimentos, a terminologia utilizada para referir aos substitutos de gordura, as categorias dos diferentes tipos de substitutos de gordura disponíveis no mercado e suas aplicações em produtos lácteos.

Palavras-chave: Substitutos de Gordura. Produtos lácteos. Lípidos.

INTRODUÇÃO

O consumo de gordura relacionado à etiologia de doenças cardiovasculares, obesidade, arteriosclerose e alguns tipos de câncer motivou o interesse súbito por produtos alimentícios com menos gordura ou, até mesmo, sem gordura. Estudos científicos mostram que a redução em 10% no teor de gordura ingerido pode contribuir para a minimização dos riscos das doenças cardiovasculares (AZIZNIA et al., 2008; LOBATTO-CALLEIROS et al., 2007; MARTÍNEZ-CERVERA et al., 2010; SLOAN, 2003). A *American Heart Association* (AHA) recomenda que o consumo total de gordura seja de 15 a 30% das calorias, sendo, no máximo, 10% de gorduras saturadas, da ingestão total de energia para a população como um todo, e que aqueles com nível alto de colesterol LDL ou com doenças cardiovasculares restrinjam o consumo de gordura saturada a menos de 7% das calorias (BANKS, 2004; YOO et al., 2007).

Apesar de a dieta com alto teor lipídico estar relacionada com aumento no risco de determinadas doenças, a gordura é um elemento de grande importância na alimentação humana, devido suas propriedades funcionais e nutricionais. 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 de vitaminas lipossolúveis A, D, E e K (JORGE; MALACRIDA, 2008; KAPITULA; KLEBUKOWSKA, 2009). Os lipídeos fornecem 9kcal/g, ou seja, aproximadamente o dobro de calorias em comparação com os carboidratos e as proteínas (SINGHAL; GUPTA; KULKARNI, 1991).

A gordura tem também importância na formulação de diversos alimentos, sendo considerada um componente fundamental para os aspectos sensoriais dos alimentos, contribuindo para o sabor, cremosidade, aparência, odor e sensação de saciedade após as refeições, além de outros atributos altamente desejáveis, como maciez e suculência. Assim, a redução de gordura em produtos alimentícios deve levar em consideração o seu papel multifuncional (ALTING et al., 2009; DEVEREUX et al., 2003; DYMINSKI et al., 2000; PINHEIRO; PENNA, 2004).

Devido às suas propriedades físicas e às complexas funções dos lipídeos, atender as necessidades atuais e formular alimentos com pouca ou nenhuma gordura, sem afetar as características sensoriais, funcionais e nutricionais dos alimentos é um desafio para a indústria. Para tanto, durante os últimos anos a indústria alimentícia tem direcionado recursos e esforços consideráveis para desenvolver os substitutos de gordura, os quais são produtos que apresentam alguns dos atributos das gorduras, porém, com menor valor calórico (DEVEREUX et al., 2003; GOMES et al., 2008; WEKWETE; NAVDER, 2008).

De acordo Singhal, Gupta e Kulkarni (1991), os substitutos de gordura devem manter a textura e o sabor dos seus similares com teor normal de gordura, serem excretados por completo pelo organismo e não produzirem outros metabólitos ou efeitos tóxicos. Seu uso vai depender das características e do conteúdo de gordura inicial dos alimentos, e do nível de substituição desejada. A escolha do substituto a ser utilizado é ainda guiada pelo custo, qualidade e inocuidade.

Pesquisas de mercado apontam um significativo aumento no consumo de alimentos e bebidas dietéticas. Conforme dados da Associação Brasileira da Indústria de Alimentos Dietéticos e para Fins Especiais e Congêneres (ABIAD), os produtos *diet* e *light* cresceram cerca de 870%, de 1998 a 2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS DIETÉTICOS E PARA FINS ESPECIAIS E CONGÊNERES, 2008). Os produtos lácteos vêm seguindo a tendência de alimentos com reduzido teor de gordura, e por isso nos últimos anos, diversos produtos foram desenvolvidos.

A seguir, encontra-se uma revisão sobre a terminologia utilizada para referir aos substitutos de gordura, as categorias dos diferentes tipos de substitutos de gordura disponíveis no mercado e as aplicações de substitutos de gordura em produtos lácteos, especialmente, queijos, leites fermentados e sorvetes.

TERMINOLOGIA DOS SUBSTITUTOS DE GORDURA

A classificação dos substitutos de gordura está baseada, principalmente, na natureza química, na origem do produto e no seu valor energético. Na Legislação Brasileira, não existe, até o presente momento, uma terminologia adequada para a tradução das palavras normalmente usadas em inglês (PINHEIRO; PENNA, 2004). Por isso, passou-se a usar os termos ingleses *fat substitute*, *fat replacer*, *fat extender* e *low-calorie fat*. Em uma tentativa de padronização, esses termos podem ser definidos das seguintes formas (MARAGLIO, 1995; ROLLER; JONES, 1996):

***Fat replacer* (substituto de gordura):** é um termo coletivo e genérico para descrever qualquer ingrediente que substitua gordura;

***Fat substitute* (substituto de gordura sintético):** é um composto sintético projetado para substituir gordura em igualdade de peso (*weight-by-weight*), apresentando uma estrutura química semelhante à gordura, mas resistente à hidrólise pelas enzimas digestivas;

***Fat mimetic* (gordura mimética):** é um substituto de gordura que necessita de alto conteúdo de água para atingir sua funcionalidade;

***Low-calorie fat* (gordura de baixa caloria):** é um triacilglicerol sintético que combina ácidos graxos não convencionais na cadeia de glicerol, resultando em valor calórico reduzido.

Os substitutos de gordura podem ser classificados em três categorias: baseados em proteínas, em carboidratos e em lipídeos (Tabela 1). É possível encontrar substitutos de gorduras a partir da combinação das três bases, o que melhora atributos funcionais dos produtos como, textura, sabor e sensação ao paladar (MONTEIRO et al., 2006).

Pesquisas relacionadas aos substitutos de gordura estão sendo desenvolvidas visando melhorar as características tecnológicas destes ingredientes. Com isso, o número e a variedade destes continuam crescendo, ampliando as opções no momento da escolha do substituto a ser utilizado em determinado alimento.

Tabela 1 – Principais categorias de substitutos de gordura disponíveis no mercado

Categorias	Tipos e exemplos	Propriedades funcionais
Baseados em carboidratos	Celulose (Avicel, Just Fiber) Dextrinas e amidos modificados (Stellar, N-Lite) Fibras derivadas de grãos (Beatrim, Z-Trim) Hidrocoloides (Kelgum, Keltrol, Kelcogel) Inulina (Raftiline, FruitaFit, Fibruline) Maltodextrinas (Paselli, Maltrin) Pectina (Splendid, Grindsted) Polidextrose (Litesse, Sta-Lite)	Realça sabor, reduz sinérese, texturizante, espessante, agente de volume, geleificante, estabilizante, emulsificante
Baseados em proteínas	Proteínas microparticuladas (Simplese, Lita) Proteínas do soro (Dairy-Lo) Proteínas da soja (Sopro, Proplus)	Geleificante, simula textura e sensação na boca, reduz sinérese, amaciante
Baseados em compostos sintéticos	Poliésteres de sacarose (Olestra) Lipídeos estruturados (Caprenin, Salatrim) Dialqui di-hexadecil malonato	Emulsificante, simula textura e sensação na boca
Combinações	Carboidrato + proteína (Mimix) Carboidrato + lipídeo (OptaMax, Fantesk)	Simula textura e sensação na boca, retenção de água, realçador de sabor

Adaptado de ADA Reports (2005).

CATEGORIAS DE SUBSTITUTOS DE GORDURA

SUBSTITUTOS DE GORDURA DERIVADOS DE CARBOIDRATOS

As pectinas também são amplamente empregadas como substitutos de gordura, atuando positivamente sobre a textura e reologia dos alimentos por ser um agente espessante e gelificante. Além das propriedades tecnológicas, as pectinas são fontes de fibras. Estudos indicam que possuem características que beneficiam a nutrição humana, pois promovem

redução do colesterol, atraso do esvaziamento gástrico e indução da apoptose das células de câncer do cólon (MIN et al., 2010).

A maioria dos substitutos de gordura pertence a esta categoria. Os substitutos de gordura derivados de carboidratos são os amidos modificados, dextrinas, maltodextrinas, gomas, pectina, celulose, inulina e polidextrose. Estes substitutos fornecem em média 4kcal/g, porém, como são usualmente misturados com água, fornecem de 1 a 2kcal/g somente, e alguns, como a celulose, fornecem zero calorias. Podem ser empregadas misturas de vários carboidratos para conferir a textura adequada. São usados principalmente como agentes espessantes e estabilizantes e empregados em uma grande variedade de alimentos, como produtos lácteos, sobremesas congeladas, salsichas, molhos para saladas, carnes processadas, assados, margarinas e doces (AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION REPORTS, 2005).

Os carboidratos são termoestáveis e podem ser usados em produtos de panificação. Porém, os carboidratos não fundem, portanto, não podem ser utilizados em frituras. A adição de substitutos à base de carboidratos promove redução da atividade de água, dada a higroscopicidade das moléculas e consequente aumento da vida de prateleira do produto (LIMA; NASSU, 1996).

Os substitutos derivados de carboidratos mais comuns são os amidos, extraídos das partes comestíveis dos vegetais, devido à ampla faixa de propriedades que eles podem promover em suas formas natural e modificada. Podem ser classificados em amido modificado e maltodextrina. Entre as principais vantagens do amido estão o baixo custo, disponibilidade e facilidade de armazenamento. As desvantagens são baixas estabilidades a ácidos, ao calor e ao cisalhamento (LUCCA; TEPPER, 1994).

Para atuar como substituto de gordura, o amido deve sofrer modificações, visando apresentar comportamento mais próximo dos lipídeos. Na indústria de alimentos, as modificações comumente aplicadas ao amido são hidrólise, oxidação, ligações cruzadas ou substituição. O amido modificado absorve água e forma géis proporcionando, assim, textura, viscosidade e palatabilidade similares a da gordura. A maltodextrina é um polímero de D-glicose, produzida por hidrólise ácida ou enzimática de amido de milho. Quando utilizada como substituto de gordura, a relação água:maltodextrina é de 3:1, produzindo um gel cujo valor calórico é de 1kcal/g ou menos (SOBCZYNSKA; SETZER, 1991; THOMAS; ATWELL, 1999).

As gomas ou hidrocoloides são polímeros de cadeia longa e de alto peso molecular que se dissolvem ou se dispersam em água, dando efeito espessante ou de aumento da viscosidade. As gomas não são empregadas diretamente como substitutos de gordura, mas para efeitos secundários incluindo estabilização da emulsão, suspensão de partículas, controle da cristalização, inibição da sinérese, encapsulação e formação de filmes (CARR, 1993; LIMA; NASSU, 1996). Podem ser obtidas de várias fontes: extrato de algas marinhas (ágar e carragena); extrato de sementes (guar); exudatos vegetais (arábica), microrganismos, por fermentação (xantana e gelana) e celulosas quimicamente modificadas e pectinas (BARUFALDI; OLIVEIRA, 1998; DZIEZAK, 1991).

A celulose é um polímero totalmente insolúvel em água e não é digerido pelo organismo humano. Para que seu uso seja possível nos alimentos, é preciso que passe por uma transformação para um estado hidrossolúvel dispersável ou coloidal, para facilitar sua aplicação. A celulose microcristalina é obtida pela mistura da celulose com ácido, visando sua hidrólise. A celulose microcristalina é não calórica e pode substituir totalmente a gordura em molhos para salada, produtos lácteos e sobremesas (AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION REPORTS, 2005; BARUFALDI; OLIVEIRA, 1998).

A inulina apresenta reduzido teor calórico (1 a 1,2kcal/g) e pode ser utilizada como substituto de gordura e como fonte de fibra solúvel. Extraída da raiz de vegetais, como chicória, alho, cebola e aspargos (ABBASI; FARZANMEHR, 2009; MADRIGAL; SANGRONIS, 2007; PASSOS; PARK, 2003). É um fruto-oligossacarídeo não digerível e também é considerado um prebiótico. A inulina de cadeia longa apresenta maior estabilidade térmica, é menos solúvel e mais viscosa que a inulina de cadeia curta e tem sido utilizada em diversos produtos lácteos (BAYARRI; CHULIÁ; COSTELL, 2010; ERTEKIN; GUZEL-SEYDIM, 2010). Uma alternativa é realizar a mistura dos tipos de inulina para usar como substituto de gordura. Em estudo realizado por Tárrega, Rocafull e Costell (2010), a adição de inulina de cadeia curta e de cadeia longa a produtos de baixas calorias não foi suficiente para melhorar as características reológicas. No entanto, as amostras com a proporção de 50:50 de cada um dos tipos de inulina apresentaram a mesma cremosidade e textura que amostra com teor total de gordura, além de proporcionar maior efeito prebiótico.

A polidextrose é um polímero de dextrose produzido em altas temperaturas, formado ainda por pequenas quantidades de sorbitol e ácido cítrico, na proporção de 89:10:1. Proporciona aumento de volume e corpo ao produto final e reduzido valor calórico, cerca de 1kcal/g. O baixo valor calórico deve-se à sua baixa digestibilidade e incompleta fermentação no intestino delgado. Funciona como agente espessante e umectante em vários alimentos, como também para substituir açúcar ou gordura em produtos específicos de panificação, chicletes, confeitos, recheios, molhos, sobremesas, gelatinas, pudins e balas. Pode auxiliar no controle da atividade de água, o que preserva o frescor e prolonga a vida de prateleira de muitos produtos (FARZANMEHR; ABBASI, 2009; PINHEIRO; PENNA, 2004).

SUBSTITUTOS DE GORDURA DERIVADOS DE PROTEÍNAS

Os substitutos de gordura à base de proteínas atualmente comercializados são, em sua maioria, produtos convencionalmente utilizados e de segurança estabelecida, e derivados principalmente do leite, ovos e soja. São utilizados em produtos lácteos, doces, sobremesas geladas, manteigas espalháveis, bolos e cobertura para bolos e molhos para salada. Estes substitutos fornecem em média de 1 a 2kcal/g (CÂNDIDO; CAMPOS, 1996).

As proteínas apresentam aplicação limitada como substitutos de gordura por não poderem ser utilizadas em processos que necessitam de tratamento térmico elevado.

O aquecimento provoca coagulação e desnaturação das proteínas, resultando em perda de cremosidade e textura. A vantagem de se utilizar ingredientes à base de proteínas como substitutos de gordura é que as proteínas se ligam bem aos componentes aromáticos (LIMA; NASSU, 1996).

O soro de leite é um ingrediente que apresenta flexibilidade e adaptabilidade, justificando o fato dele ter se tornado ingrediente comum em um número tão grande de alimentos processados. Por ser um produto 100% natural e de alto valor nutricional, o soro de leite atrai os consumidores, que estão cada vez mais buscando uma alimentação saudável (LAGRANJE; DALLAS, 1997). Durante a fabricação do queijo, somente a caseína e a gordura do leite são incorporadas, restando as proteínas do soro, várias vitaminas hidrossolúveis (tiamina, riboflavina, ácido pantotênico, vitaminas B₆ e B₁₂), minerais (cálcio, magnésio, zinco e fósforo) e um alto teor de lactose (ABREU, 2000; UNITED STATE DAIRY EXPORT COUNCIL, 1997).

As proteínas do soro apresentam quase todos os aminoácidos essenciais (triptofano, cisteína, leucina, isoleucina e lisina) em excesso às recomendações de ingestão diária, exceto pelos aminoácidos aromáticos (fenilalanina e tirosina) que não aparecem em excesso, mas atendem às recomendações para todas as idades. São altamente digeríveis e rapidamente absorvidas pelo organismo, estimulando a síntese de proteínas sanguíneas e teciduais (MATSUBARA, 2001; SGARBIERI, 2005).

Além das propriedades nutricionais das proteínas do soro, estas apresentam propriedades funcionais altamente significativas. Conferem aos produtos formulados melhores propriedades sensoriais, destacando-se: solubilidade, dispersibilidade, opacidade, ligação e retenção de gordura, retenção de água, emulsificação, viscosidade, formação de espuma e aeração e geleificação (TERRA et al., 2009).

A secagem e a remoção de componentes não-proteicos do soro de leite, com o aumento da concentração de proteínas, levam a produtos comerciais denominados concentrados proteicos de soro (CPS, com 25 a 80% de proteínas) ou isolados proteicos de soro (IPS, com mais de 90% de proteínas). Os CPS e IPS vêm sendo usados pela indústria alimentícia devido às suas propriedades nutricionais e funcionais (ANDRADE; NASSER, 2005; NIKAEDO; AMARAL; PENNA, 2004).

A soja e seus derivados têm recebido atenção dos pesquisadores, principalmente devido ao teor e qualidade de sua proteína, sendo considerada, entre os vegetais, o melhor substituto de produtos de origem animal. Além disso, a soja transformou-se em um insumo importante para o mercado de alimentos funcionais devido às propriedades ligadas a seus componentes: proteínas, lecitinas, fibras e fitoquímicos (DRAKE; GERARD, 2003; ESTEVES; MONTEIRO, 2001).

A importância maior das proteínas como substitutos de gordura reside em sua habilidade de originar micropartículas. Misturas de clara de ovo e leite com outros produtos, como açúcares, pectina e ácidos são utilizadas comercialmente para produção de substitutos de gordura mais completos e complexos, por meio da microparticulação. O tamanho das

micropartículas, o volume da hidratação e as propriedades de superfície afetam a habilidade das proteínas de simular gorduras (GOMES et al., 2008).

As proteínas microparticuladas resultam da agregação física de moléculas proteicas e não de interações químicas. Sendo assim, são mantidas a sequência de aminoácidos e a conformação tridimensional da proteína, e, portanto, suas qualidades nutricionais são preservadas. O processo 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 – 2,0µm) (CÂNDIDO; CAMPOS, 1995).

SUBSTITUTOS DE GORDURA SINTÉTICOS (ANÁLOGOS DE LIPÍDEOS)

Os substitutos de gordura sintéticos são substâncias que apresentam propriedades sensoriais e funcionais similares às gorduras, porém não são hidrolisadas diretamente no intestino pelas enzimas digestivas e não têm, portanto, valor calórico. No entanto, existem alguns, como o Salatrim, que fornece 5kcal/g. São empregados, principalmente, como emulsificantes em alimentos como produtos lácteos, cereais, biscoitos, produtos de panificação, sobremesas geladas, doces, sopas, salsichas e molhos (AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION REPORTS, 2005; BUTLES, 1997).

As gorduras naturais consistem de glicerol esterificado com um a três ácidos graxos. A estrutura básica pode ser modificada de três maneiras: (i) a parte glicerol pode ser substituída por um álcool alternativo; (ii) os ácidos graxos podem ser substituídos por outros ácidos, como por exemplo, ácidos carboxílicos ramificados; (iii) a ligação éster pode ser reduzida a uma ligação éter. Outra maneira de desenvolver substitutos de gordura sintéticos se baseia na 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 triacilglicerólica. Além disso, alguns produtos naturais, como o óleo de jojoba, podem ser utilizados como substitutos de gordura (LIMA; NASSU, 1996).

Alguns exemplos de substitutos de gordura sintéticos são poliésteres de sacarose ou SPE (*Sucrose PolyEster*), poliésteres de rafinose, estearato de polioxietileno, ésteres de poliglicerol e glicerol propoxilado esterificado ou EPG (*Esterified Propoxylated Glycerol*), Triacoxicitrato (TAC), Triacoxitricarbilatos (TATCA) e Dialquihexadecilmalonato (DDM) (LIMA; NASSU, 1996). O óleo de jojoba é uma mistura de ésteres lineares de ácidos graxos insaturados de cadeia longa e alcoóis graxos, isto é, os componentes álcool e ácido desta cera contêm de 20 a 22 carbonos, cada um contendo uma insaturação. Devido a esta estrutura, parece ter potencial para ser utilizado como substituto de gordura (CÂNDIDO; CAMPOS, 1995).

Os triacilgliceróis de cadeia média (TCM) e os lipídeos estruturados também têm sido utilizados como substitutos de gordura. O óleo de coco, por exemplo, que tem razoável porcentagem de ácidos graxos de 6 a 10 carbonos, é uma boa fonte de triacilgliceróis

de cadeia média. Os TCMs são recomendados para pessoas que não podem consumir triacilgliceróis que contenham ácidos graxos de cadeia longa. São resistentes à oxidação devido à saturação de seus ácidos graxos (MEGREMIS, 1991).

Os lipídeos estruturados podem consistir de TCMs que foram interesterificados com um ácido graxo de cadeia longa e podem ser utilizados para substituir a gordura hidrogenada. A hidrogenação é um processo utilizado para reduzir o grau de insaturação de óleos e, portanto, aumentar o ponto de fusão do óleo e a sua estabilidade. Entretanto, este processo leva à formação de gorduras *trans*, que são agentes promotores de doenças coronarianas. A formação de ácidos graxos *trans* compeliu os consumidores, autoridades da área da saúde e indústrias a considerar o processo de hidrogenação como fator de risco à saúde. A formação de ácidos graxos *trans* pode ser controlada e minimizada até certo ponto, por meio de aumento de custo da produção, o que inclui a redução do uso de catalisadores. Outra solução é utilizar os lipídeos estruturados, como o Salatrim e o Caprenin (SØRENSEN et al., 2008).

O Salatrim é produzido através da substituição dos ácidos graxos de cadeia longa em gorduras hidrogenadas por ácidos graxos de cadeia curta (ácidos acético, butírico, propiônico) e redistribuição dos ácidos graxos na molécula de glicerol. O Carpenin é composto de ácidos behênico, caprílico e cáprico. É recomendado para o uso como um substituto da manteiga de cacau. Salatrim e Caprenin e não podem ser usados para a fritura devido a geração de sabores desagradáveis (HENRY, 2009).

APLICAÇÕES DOS SUBSTITUTOS DE GORDURA EM PRODUTOS LÁCTEOS

APLICAÇÕES EM QUEIJOS

Queijos com teores reduzidos de gordura são caracterizados por apresentarem determinados defeitos, como por exemplo, corpo borrachento, fraca intensidade de sabor e propriedades funcionais inadequadas, alterações na firmeza, adesividade e palatabilidade (OLSON; JOHNSON, 1990; SILVA; MORENO; VAN DENDER, 2006).

Nos queijos com teor reduzido de gordura existe maior conteúdo de umidade, reduzindo o teor de sal na fase aquosa e, por isso, as proteínas contribuem para o desenvolvimento da textura. O desenvolvimento da textura ocorre devido à quebra da α_{s1} caseína durante a maturação. A gordura, que não desempenha nenhum papel na rede tridimensional e está somente aprisionada mecanicamente, ao ser removida, permite uma maior interação das proteínas, e a estrutura do queijo se torna mais firme e elástica em função do aumento e intensidade das ligações. Essa mudança é responsável pelas alterações nas características funcionais e sensoriais do queijo (MISTRY, 2001).

Queijos maturados com baixo teor de gordura apresentam sabor e aroma atípicos, que são associados com a diminuição nos níveis de ácidos graxos, como os ácidos hexanoico e

butanoico e a metil cetona. Os ácidos graxos de cadeias curtas que são liberados por meio da atividade lipolítica contribuem para o sabor e aroma dos queijos. A gordura é responsável pela liberação destes compostos, porém, quando o conteúdo de gordura é diminuído, estes ácidos graxos estão presentes em menor quantidade e o queijo apresenta falta de sabor e aroma (BANKS, 2004; MISTRY, 2001).

O desenvolvimento de amargor é um defeito comum em queijos com baixo teor de gordura, devido ao baixo conteúdo de sal e alta umidade. Compostos hidrofóbicos produzidos por proteólise são perceptíveis com a maior intensidade de amargor nestes queijos, uma vez que estes compostos são mascarados pela gordura (OLSON; JOHNSON, 1990). Frequentemente, em queijos com teor reduzido de gordura, o pH diminui com o passar do tempo e este decréscimo resulta em um forte sabor ácido que tende a ser cada vez mais intenso (DRAKE et al, 1995).

Uma das alternativas para o desenvolvimento de queijos com baixo teor de gordura envolve o uso de aditivos como estabilizantes e substitutos de gordura (MISTRY, 2001; PINHEIRO; PENNA, 2004). Diversos materiais são usados como substitutos de gordura em queijos, incluindo proteínas de cereais, do soro e do leite, carboidratos e amidos modificados (DRAKE; BOYLSTON; SWANSON, 1996; McMAHON et al., 1996; ROMEIH et al., 2002; SIPAHIOGLU; ALVAREZ; SOLANO-LOPEZ, 1999).

Sahan et al. (2008) fabricaram queijos Kashar, típico da Turquia, com diferentes substitutos de gordura (Simplese D-100, Avicel Plus CM 2159 ou β -glucana) e avaliaram as mudanças na composição centesimal, proteólise, lipólise, textura, capacidade de derretimento e propriedades sensoriais durante a maturação. Os queijos com substitutos de gordura foram comparados com queijos integrais e com queijos de reduzido teor de gordura sem os substitutos (queijos controle). O uso de substitutos de gordura na fabricação dos queijos com baixo teor de gordura aumentou a capacidade de ligação à água e melhorou a qualidade geral dos produtos. A proteólise foi aumentada quando os substitutos de gordura foram utilizados. Os queijos de baixo teor de gordura com substitutos apresentaram maior nível de ácidos graxos livres em comparação com os queijos controle. As propriedades de textura e a capacidade de derretimento aumentaram com a adição dos substitutos de gordura. Os resultados da análise sensorial mostraram que os queijos integrais obtiveram as maiores notas em relação às variantes de queijo Kashar com baixo teor de gordura. No entanto, os substitutos de gordura, com exceção da β -glucana, melhoraram a aparência, textura e sabor dos queijos com reduzido conteúdo de gordura. Quando os substitutos de gordura foram comparados, o queijo com baixo teor de gordura adicionado de Avicel Plus CM 2159 apresentou a maior aceitação e atributos sensoriais próximos do queijo Kashar integral.

APLICAÇÕES EM LEITES FERMENTADOS

O aumento na demanda por produtos de baixas calorias proporcionou acréscimo no consumo de fermentados desnatados ou semi-desnatados. A gordura do leite fermentado

contribui para o sabor, textura macia e palatabilidade e sua redução está relacionada com textura pobre e incremento da sinérese ao longo da sua vida de prateleira. A qualidade destes produtos depende da textura e do corpo, pois a quantidade de sólidos é muito baixa. Para a obtenção de leites fermentados de baixas calorias podem ser usados os substitutos de gordura no lugar da gordura (BRENNAN; TUDORICA, 2008; ISLETEN; KARAGUL-YUCEER, 2006; SANDOVAL-CASTILLA et al., 2004; SODINI; MONTELLA; TONG, 2005).

Radi, Niakousari e Amiri (2009) estudaram a textura e as propriedades sensoriais de iogurte com reduzido teor de gordura adicionado de amido modificado e compararam com os resultados obtidos para iogurte integral (controle). A adição de amido reduziu a sinérese dos iogurtes. Os produtos com maior teor de gordura foram mais aceitos pelos provadores, seguidos, respectivamente, pelos iogurtes acrescidos com 1,6 e 3,2% de amido modificado. Os iogurtes com 1,6% de amido apresentaram maior firmeza do que aqueles com 3,2% do mesmo ingrediente e do que o produto controle. O efeito positivo do amido sobre a textura é alcançado até certa concentração e é devido à sua capacidade de absorver água. As moléculas de carboidratos do amido se ligam à água, orientando-a, o que provoca aumento da viscosidade, mas o aumento da concentração de amido faz com que a rede proteica formada pelas caseínas torne-se mais fraca, afetando a estrutura do iogurte (SANDOVAL-CASTILLA et al., 2004).

Ertekin e Guzel-Seydim (2010) avaliaram o efeito da adição de Dairy-Lo e inulina na qualidade sensorial, microbiológica e reológica de kefir e constataram que estes aditivos podem ser empregados sem prejuízos na fabricação de kefir com reduzido teor de gordura. Estudos reportaram que a adição de Dairy-Lo e inulina melhoraram as propriedades sensoriais e a qualidade de iogurtes com baixo teor de gordura (YAZICI; AKGUN, 2004).

APLICAÇÕES EM SORVETES

O sorvete é um alimento complexo, cuja estrutura é composta de três fases: glóbulos de gordura, ar e cristais de gelo, que se encontram dispersos em uma solução congelada e concentrada de proteínas, sais e polissacarídeos (GOFF, 1997). O sorvete tradicional contém entre 28 e 38% de gordura em relação aos sólidos totais da mistura. A gordura é o ingrediente mais importante do sorvete, atuando como um agente multifuncional, pois contribui para textura suave, corpo do produto, sabor agradável e cor desejada. Ela auxilia na estabilidade, reduzindo a necessidade de estabilizantes, aumenta a resistência à fusão e a viscosidade. A redução no conteúdo de gordura no sorvete abaixo de 30% resulta em perda de textura e das propriedades sensoriais. Sorvetes *light*, com pouca gordura e sem gordura alguma possuem sabor e textura indesejáveis (AIME et al., 2001; LI et al., 1997; OHMES; MARSHALL; HEYMANN, 1998).

As características reológicas de sorvetes elaborados com o substituto de gordura Fantesk foram comparadas com as de sorvetes comerciais por Byars (2002). Todos os produtos adicionados de Fantesk apresentaram comportamento reológico e perfil de derretimento similar ao dos comerciais.

Aykan, Sezgin e Guzel-Seydim (2008) utilizaram inulina e Simplese para a fabricação de sorvetes de baunilha com diferentes teores de gordura (sorvete controle - *light* sem adição de substitutos, contendo 4,6% de gordura; sorvete de baixo teor de gordura adicionado de substitutos, contendo 1,6% de gordura; e sorvete sem gordura adicionado de substitutos) e verificaram seus efeitos sobre as características sensoriais e de textura dos produtos. A avaliação sensorial mostrou que o sorvete com zero de gordura apresentou sabor mais agradável que os demais. Os sorvetes com substitutos de gordura apresentaram maior viscosidade que o controle, devido à capacidade de os carboidratos e proteínas se ligarem com a água e, por outro lado, não apresentaram sabor de leite aquecido. No entanto, em um estudo conduzido por Ohmes, Marshall e Heymann (1998), foi verificado que sorvetes adicionados de Dairy-Lo e Simplese tiveram sabor de leite aquecido, devido à adição de substitutos de gordura baseados em proteínas.

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 são compostos metabolizados de maneira diferente das gorduras, fornecendo menos energia (SWINBURN; EGGER, 2002).

Os substitutos baseados em proteínas e em carboidratos são digeridos normalmente como proteínas e carboidratos, respectivamente, e ambos fornecem 4kcal/g em contraste com as 9kcal/g fornecidas pelas gorduras. Pesquisas desenvolvidas por fabricantes dos substitutos baseados em proteínas indicam que não há evidências de efeitos tóxicos relacionados ao consumo de proteínas microparticuladas (SWANSON; PERRY; CARDEN, 2002).

A polidextrose é resistente às enzimas digestivas no intestino delgado, por isso é parcialmente absorvida. Apenas uma parcela é hidrolisada, o que a torna um composto que fornece menos energia que os carboidratos disponíveis. Em estudos realizados em ratos, constatou-se que a polidextrose não influencia na absorção ou utilização de vitaminas, minerais e aminoácidos. Entretanto, se consumida em grandes quantidades pode ter efeitos laxativos (LUCCA; TEPPER, 1994).

As gomas são digeridas apenas por bactérias da porção final do intestino e não têm valor calórico. Também podem apresentar efeitos laxativos, com exceção das maltodextrinas e dextrinas. Os substitutos sintéticos, como o glicerol propoxilado esterificado (EPG), dialquihexadecilmalonato (DDM), tricoxicitrato (TAC) e tricoxitricarbilatos (TATCA), são resistentes à hidrólise enzimática no intestino, portanto, praticamente não são absorvidos (AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION REPORTS, 2005).

Deve-se, entretanto, entender que a redução da gordura também reduz proporcionalmente a concentração de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), de cálcio e de caroteno dos produtos. Existe uma tendência mundial, inclusive obrigatória em alguns

países, de pelo menos repor a vitamina A, em lácteos com teor de gordura reduzida. Estudos demonstraram que o Olestra, um poliéster de sacarose, apresenta a capacidade de interferir com a absorção de nutrientes solúveis em gordura. Por esse motivo, o FDA exige que todos os produtos alimentícios que contenham Olestra sejam enriquecidos com as vitaminas A, D, E e K e que os rótulos destes alimentos tenham a indicação de que vitaminas foram acrescentadas para compensar as possíveis perdas nutricionais causadas pelo uso de Olestra. A adição de carotenoides não é exigida pelo FDA porque este composto não é necessário para a nutrição humana (NEUHOUSER et al., 2006).

ASPECTOS DE LEGISLAÇÃO: REGULAÇÃO NO USO DOS SUBSTITUTOS DE GORDURA

A literatura demonstra que substitutos de gordura, em geral, não apresentam riscos à saúde (GUINARD et al., 2002). De acordo com a Administração de Alimentos e Medicamentos dos Estados Unidos (*Food Drugs and Administration*, FDA), os substitutos de gordura são divididos em duas categorias: aditivos alimentares ou substâncias com a afirmação GRAS (*“Generally Recognized as Safe”*) (LIMA; NASSU, 1996).

Os substitutos feitos com combinação de ingredientes já existentes, como amidos, fibras, gomas ou proteínas que são amplamente utilizados na indústria alimentícia não necessitam de aprovação especial. Muitos destes produtos são resultados 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 das gorduras. Outros processos envolvem reações enzimáticas (AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION REPORTS, 2005).

Uma substância recebe a denominação GRAS se foi usada e investigada por longo tempo e mostrou ser segura à saúde humana. Exemplos de substâncias GRAS usadas como substitutos de gordura são dextrinas, goma guar, goma arábica e proteínas microparticuladas, Simplese, Olestra, Slendid, polidextrose, Caprenin, N-Oil, Avicel, Stellar e Oatrin (LIMA; NASSU, 1996).

A Resolução nº 04, de 24 de novembro de 1988 reviu as tabelas de aditivos do Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965 e permitiu a utilização, entre os estabilizantes e/ou espessantes, dos seguintes aditivos: amidos modificados, celulose microcristalina, carboximetilcelulose, goma arábica, goma guar e goma xantana.

Os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) dos Produtos Lácteos estabelecem os substitutos de gordura que podem ser utilizados como aditivos nestes produtos. Para os queijos são permitidos: carboximetilcelulose, carragenina, gomas (guar, algaroba ou jataí, xantana, karaya, arábica), ágar, pectina ou pectina amidada, amidos modificados (BRASIL, 1996). No caso dos leites fermentados, os substitutos que tem uso autorizado incluem as gomas (carragena, alfarroba, jataí, garrofin, caroba, guar, tragacanto, arábica, acácia, xantana, karaya, sterculia, caráia, gelan, konjac), celulose microcristalina, metilcelulose,

hidroxipropilcelulose, metiletilcelulose, carboximetilcelulose sódica, pectinas, pectina amidada (BRASIL, 2000). A legislação brasileira preconiza a adição de 5g de substituto de gordura/kg de produto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se deseja formular um alimento com baixo teor de gordura, a utilização de substitutos de gordura torna-se uma alternativa viável. No entanto, um dos grandes desafios no uso destes ingredientes é produzir alimentos com as mesmas propriedades funcionais e sensoriais dos lipídeos convencionais. Nos últimos anos, o aumento da demanda por alimentos de baixo conteúdo de gordura proveniente de consumidores preocupados com a saúde, tem permitido o avanço tecnológico e muitas pesquisas e melhorias estão sendo realizadas visando aprimorar as características funcionais e sensoriais destes produtos. Apesar de não causar, de uma maneira geral, danos à saúde, a redução da gordura pode reduzir o valor nutricional dos produtos alimentícios, devido à perda de vitaminas lipossolúveis, de cálcio e de caroteno. Os substitutos de gordura, quando utilizados criteriosamente, podem fornecer alguma flexibilidade no planejamento dietético, embora pesquisas complementares sejam necessárias para determinar totalmente os efeitos na saúde a longo prazo.

REFERÊNCIAS/REFERENCES

- ABBASI, S.; FARZANMEHR, H. Optimization of extracting conditions of inulin from Iranian artichoke with/without ultrasound using response surface methodology. *J. Sci. Tech. Agr. Nat. Resour.*, v. 13, n. 47, p. 423-435, 2009.
- ABREU, L. R. *Tecnologia de leite e derivados*. Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Controle de Qualidade em Carne, Leite, Ovos e Pescado. Lavras: FAEPE, 2000. 205 p.
- AIME, D. B.; ARNTFIELD, S. D.; MALCOLMSON, L. J.; RYLAND, D. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. *Food Res. Int.*, v. 34, n. 2-3, p. 237-246, 2001.
- ALTING, A. C.; VELDE, F.; KANNING, M. W.; BURGERING, M.; MULLENERS, L.; SEIN, A.; BUWALDA, P. Improved creaminess of low-fat yoghurt: the impact of amylomaltase-treated starch domains. *Food Hydrocol.*, v. 23, n. 3, p. 980-987, May 2009.
- AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION REPORTS. Position of the American Dietetic Association: fat replacers. *J. Am. Diet. Assoc.*, v. 105, n. 2, p. 266-275, Feb 2005.
- ANDRADE, C. T.; NASSER, R. O. Estudo reológico da gelificação induzida pelo calor de proteínas do soro do leite e dos géis resultantes sob condições variadas de pH. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 25, n. 2, p. 315-321, abr.-jun. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS DIETÉTICOS E PARA FINS ESPECIAIS E CONGÊNERES. 2008. Disponível em: <<http://www.abiad.org.br/artigos.htm>>. Acesso em: 18 set. de 2009.
- AYKAN, V.; SEZGIN, E.; GUZEL-SEYDIM, Z. B. Use of fat replacers in the production of reduced-calorie vanilla ice cream. *Eur. J. Lipid Sci. Tech.*, v. 110, n. 6, p. 516-520, Jun 2008.

- AZIZNIA, A.; KHOSROWSHAHI, A.; MADADLOU, A.; RAHIMI, J. Whey protein concentrate and gum tragacanth as fat replacers in nonfat yogurt: chemical, physical, and microstructural properties. *J. Dairy Sci.*, v. 91, n. 7, p. 2545-2552, Jul 2008.
- BANKS, J. M. The technology of low-fat cheese manufacture. *Int. J. Dairy Tech.*, v. 57, n. 4, p. 199-207, Nov 2004.
- BARUFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. *Fundamentos de tecnologia de alimentos*. São Paulo: Atheneu, 1998. 336 p.
- BAYARRI, S.; CHULIÁ, I.; COSTELL, E. Comparing λ -carrageenan and an inulin blend as fat replacers in carboxymethyl cellulose dairy desserts. Rheological and sensory aspects. *Food Hydrocol.*, v. 24, n. 6-7, p. 578-587, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. Portaria nº 146, de 07 de Março de 1996. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 11 mar. 1996. Seção 1, p. 3977.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Oficializar os "Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados". Resolução nº 5, de 13 de Novembro de 2000. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 27 nov. 2000. Seção 1, p. 9.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Aprova a revisão das tabelas I, III, IV e V referente a aditivos intencionais, bem como os anexos I, II, III, IV e VIII todas do decreto 55871, de 26.03.1965. Resolução nº 4, de 24 de novembro de 1988. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 19 dez. 1988. p. 24716.
- BRENNAN, C. S.; TUDORICA, C. M. Carbohydrate-based fat replacers in the modification of the rheological, textural and sensory quality of yoghurt: comparative study of the utilisation of barley beta-glucan, guar gum and inulin. *Int. J. Food Sci. Tech.*, v. 43, n. 5, p. 824-833, May 2008.
- BUTLES, S. Low fat technology. *Prepared Foods*, v. 166, n. 6, p. 37-54, 1997.
- BYARS, J. Effect of a starch-lipid fat replacer on the rheology of soft-serve ice cream. *J. Food Sci.*, v. 67, n. 6, p. 2177-2182, 2002.
- CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. *Alimentos para fins especiais: dietéticos*. São Paulo: Varela, 1996.
- CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. Substitutos de gordura. *Bol. Cent. Pesq. Process. Aliment.*, v. 13, n. 2, p. 125-165, 1995.
- CARR, J. M. Hydrocolloids and stabilizers. *Food Tech.*, v. 47, n. 10, p. 68-75, Oct 1993.
- DEVEREUX, H. M.; JONES, G. P.; MCCORMACK, L.; HUNTER, W. C. Consumer acceptability of low fat foods containing inulin and oligofructose. *J. Food Sci.*, v. 68, n. 5, p. 185-1854, Jun 2003.
- DRAKE, M. A.; BOYLSTON, T. D.; SWANSON, B. G. Fat mimetics in low-fat Cheddar cheese. *J. Food Sci.*, v. 61, n. 6, p. 1267-1270, Nov 1996.
- DRAKE, M. A.; GERARD, P. D. Consumer attitudes and acceptability of soy-fortified yogurts. *J. Food Sci.*, v. 68, n. 3, p. 1118-1122, Apr 2003.
- DRAKE, M. A.; HERRETT, W.; BOYLSTON, T. D.; SWANSON, B. G. Sensory evaluation of reduced fat cheeses. *J. Food Sci.*, v. 60, n. 5, p. 898-901, Sept 1995.
- DYMINSKI, D. S.; WASZCZYNSKYJ, N.; RIBANI, R. H.; MASSON, M. L. Características físico-químicas de musse de maracujá (*Passiflora*) elaborado com substitutos de gorduras. *Bol. Cent. Pesq. Process. Aliment.*, v. 18, n. 2, p. 267-274, jul.-dez. 2000.

- DZIEZAK, J. D. A focus on gums. *Food Tech.*, v. 45, n. 3, p. 117-132, 1991.
- ERTEKIN, B.; GUZEL-SEYDIM, Z. B. Effect of fat replacers on kefir quality. *J Sci Food Agric.*, v. 90, n. 4, p. 543-548, Mar 2010.
- ESTEVES, E. A.; MONTEIRO, J. B. R. Efeitos benéficos das isoflavonas de soja em doenças crônicas. *Rev. Nutr.*, v. 14, n. 1, p. 43-52, jan.-abr. 2001.
- FARZANMEHR, H.; ABBASI, S. Effects of inulin and bulking agents on some physicochemical, textural and sensory properties of milk chocolate. *J. Texture Stud.*, v. 40, n. 5, p. 536-553, Oct 2009.
- GOFF, H. D. Colloidal aspects of ice cream - a review. *Int. Dairy J.*, v. 7, n. 6-7, p. 363-373, Jun 1997.
- GOMES, J. C.; GOMES, E. D.; MINIM, V. P. R.; ANDRADE, N. J. Substituto de gordura à base de proteína. *Rev. Ceres*, v. 55, n. 6, p. 543-550, nov.-dez. 2008.
- GUINARD, J. X.; WEE, C.; MCSUNAS, A.; FRITTER, D. Flavor release from salad dressing varying in fat and garlic flavor. *Food Qual. Prefer.*, v. 13, n. 3, p. 129-137, Apr 2002.
- HENRY, J. Processing, manufacturing, uses and labelling of fats in the food supply. *Ann. Nutr. Metab.*, v. 55, n. 1-3, p. 273-300, Sept 2009.
- ISLETEN, M.; KARAGUL-YUCEER, Y. Effect of dried dairy ingredients on physical and sensory properties of nonfat yogurt. *J. Dairy Sci.*, v. 89, n. 8, p. 2865-2872, Aug 2006.
- JORGE, N.; MALACRIDA, C. R. *Efeitos dos ácidos graxos na saúde humana*. São Paulo: Cultura Acadêmica; São José do Rio Preto: Laboratório Editorial, 2008. 64 p.
- KAPITULA, M. M.; KLEBUKOWSKA, L. Investigation of the potential for using inulin HPX as a fat replacer in yoghurt production. *Int. J. Dairy Tech.*, v. 62, n. 2, p. 209-214, May 2009.
- LAGRANGE, V.; DALLAS, P. Inovação de produto com concentrados de proteína de soro de leite dos USA. *Bol. Cent. Pesq. Process. Aliment.*, v. 31, n. 1, p. 17-21, 1997.
- LI, Z.; MARSHALL, R.; HEYMANN, H.; FERNANDO, L. Effect of milk fat content on flavour perception of vanilla ice cream. *J. Dairy Sci.*, v. 80, n. 12, p. 3133-3141, 1997.
- LIMA, J. R.; NASSU, R. T. Substitutos de gorduras em alimentos: características e aplicações. *Quim. Nova*, v. 19, n. 2, p. 127-134, 1996.
- LOBATO-CALLEROS, C.; REYES-HERNÁNDEZ, J.; BERISTAIN, C. I.; HORNELAS-URIBE, Y.; SÁNCHEZ-GARCÍA, J. E.; VERNON-CARTER, E. J. Microstructure and texture of white fresh cheese made with canola oil and whey protein concentrate in partial or total replacement of milk fat. *Food Res. Int.*, v. 40, n. 4, p. 529-537, 2007.
- LUCCA, P. A.; TEPPER, B. J. Fat replacers and the functionality of fat in foods. *Trends Food Sci. Tech.*, v. 5, n. 1, p. 12-19, Jan 1994.
- MADRIGAL, L.; SANGRONIS, E. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Arch. Latinoam. Nutr.*, v. 57, n. 4, p. 387-396, dic. 2007.
- MARAGLIO, A. M. Nutrient substitutes and their energy values in fat substitutes and replacers. *Am. J. Clin. Nutr.*, v. 62, Supplement, p. 1175S-1179S, Nov 1995.
- MARTÍNEZ-CERVERA, S.; SALVADOR, A.; MUGUERZA, B.; MOULAY, L.; FISZMAN, S. M. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. *LWT - Food Sci. Technol.*, p. 1-8, 2010. doi:10.1016/j.lwt.2010.06.035.
- MATSUBARA, S. Alimentos funcionais. *Ind. Laticínios*, v. 6, n. 34, p. 10-18, 2001.
- McMAHON, D. J.; ALLEYNE, M. C.; FIFE, R. L.; OBERG, C. J. Use of fat replacers in low fat Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.*, v. 79, n. 11, p. 1911-1921, Nov 1996.

- MEGREMIS, C. Medium-chain triglycerides: a nonconventional fat. *Food Tech.*, v. 45, n. 2, p. 108-114, 1991.
- MIN, B.; BAE, I. Y.; LEE, H. G.; YOO, S. H.; LEE, S. Utilization of pectin-enriched materials from apple pomace as a fat replacer in a model food system. *Bioresour. Technol.*, v. 101, n. 14, p. 5414-5418, Jul 2010.
- MISTRY, V. V. Low fat cheese technology. *Int. Dairy J.*, v. 11, n. 4, p. 413-422, Jul 2001.
- MONTEIRO, C. S.; CARPES, S. T.; KALLUF, V. H.; DYMIKI, D. S.; CÂNDIDO, L. M. B. Evolução dos substitutos de gordura utilizados na tecnologia de alimentos. *Bol. Cent. Pesq. Process. Aliment.*, v. 24, n. 2, p. 347-362, jul.-dez. 2006.
- NEUHOUSER, M. L.; ROCK, C. L.; KRISTAL, A. R.; PATTERSON, R. E.; NEUMARK-SZTAINER, D.; CHESKIN, L. J.; THORNQUIST, M. D. Olestra is associated with slight reductions in serum carotenoids but does not markedly influence serum fat-soluble vitamin concentrations. *Am. J. Clin. Nutr.*, v. 83, n. 3, p. 624-631, Mar 2006.
- NIKAEDO, P. H. L.; AMARAL, F. F.; PENNA, A. L. B. Caracterização tecnológica de sobremesas lácteas achocolatadas cremosas elaboradas com concentrado protéico de soro e misturas de gomas. *Braz. J. Pharmaceut. Sci.*, v. 40, n. 3, p. 397-404, jul.-set. 2004.
- OHMES, R. L.; MARSHALL, R. T.; HEYMANN, H. Sensory and physical properties of ice creams containing milk fat or fat replacers. *J. Dairy Sci.*, v. 81, n. 5, p. 1222-1228, May 1998.
- OLSON, N. F.; JOHNSON, M. E. Light cheese products: characteristics and economic. *Food Tech.*, v. 44, n. 10, p. 93-96, 1990.
- PASSOS, L. M. L.; PARK, Y. K. Fructooligosaccharides: implications in human health being and use in foods. *Cienc. Rural*, v. 33, n. 2, p. 385-390, Apr 2003.
- PINHEIRO, M. V. S.; PENNA, A. L. B. Substitutos de gordura: tipos e aplicações em produtos lácteos. *Aliment. Nutr.*, v. 15, n. 2, p. 175-186, 2004.
- RADI, M.; NIAKOUSARI, M.; AMIRI, S. Physicochemical, textural and sensory properties of low-fat yogurt produced by using modified wheat starch as fat replacer. *J. Appl. Sci.*, v. 9, n. 11, p. 2194-2197, 2009.
- ROLLER, S.; JONES, S. A. *Handbook of fat replacers*. Weimar: Chips, 1996. 336 p.
- ROMEIH, E. A.; MICHAELIDOU, A.; BILIADERIS, C. G.; ZERFIRIDIS, G. K. Low-fat white-brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics: chemical, physical and sensory attributes. *Int. Dairy J.*, v. 12, n. 6, p. 525-540, 2002.
- SAHAN, N.; YASAR, K.; HAYALOGU, A. A.; KARACA, O. B.; KAYA, A. Influence of fat replacers on chemical composition, proteolysis, texture profiles, meltability and sensory properties of low-fat Kashar cheese. *J. Dairy Res.*, v. 75, n. 1, p. 1-7, Feb 2008.
- SANDOVAL-CASTILLA, O.; LOBATAO-CALLEROS, C.; AGUIRRE-MANDUJANO, E.; VERNON-CARTER, E. J. Microstructure and texture of yogurt as influence by fat replacers. *Int. Dairy J.*, v. 14, n. 2, p. 151-159, Feb 2004.
- SGARBIERI, V. C. Propriedades estruturais e físico-químicas das proteínas do leite. *Braz. J. Food Tech.*, v. 8, n. 1, p. 43-56, jan.-mar. 2005.
- SILVA, A. T.; MORENO, I.; VAN DENDER, A. G. F. Principais transformações químicas que influenciam o "flavour" e a textura dos queijos maturados. *Ind. Laticínios*, v. 10, n. 61, p. 58-63, jan.-fev. 2006.
- SINGHAL, R. S.; GUPTA, A. K.; KULKARNI, P. R. Low-calorie fat substitutes. *Trends Food Sci. Tech.*, v. 2, n. 10, p. 241-244, 1991.
- SIPAHIOGLU, O.; ALVAREZ, V. B.; SOLANO-LOPEZ, C. Structure, physicochemical and sensory properties of Feta cheese made with Tapioca starch and lecithin as fat mimetics. *Int. Dairy J.*, v. 9, n. 11, p. 783-789, Nov 1999.
- SLOAN, A. E. What, when, and where americans eat: 2003. *Food Tech.*, v. 57, n. 8, p. 48-66, 2003.

- SOBCZYNSKA, D.; SETZER, C. S. Replacement of shortening by maltodextrin-emulsifier combinations in chocolate layer cakes. *Cereal Food World*, v. 36, n. 12, p. 1017-1018, Dec 1991.
- SODINI, I.; MONTELLA, J.; TONG, P. S. Physical properties of yogurt fortified with various commercial whey protein concentrates. *J. Sci. Food Agr.*, v. 85, n. 5, p. 853-859, Apr 2005.
- SØRENSEN, L. B.; CUETO, H. T.; ANDERSEN, M. T.; BITZ, C.; HOLST, J. J.; REHFELD, J. F.; ASTRUP, A. The effect of salatrim, a low-calorie modified triacylglycerol, on appetite and energy intake. *Am. J. Clin. Nutr.*, v. 87, n. 5, p. 1163-1169, May 2008.
- SWANSON, R. B.; PERRY, J. M.; CARDEN, L. A. Acceptability of reduced-fat brownies by school-aged children. *J. Am. Diet. Assoc.*, v. 102, n. 6, p. 856-859, Jun 2002.
- SWINBURN, B.; EGGER, G. Preventive strategies against weight gain and obesity. *Obes. Rev.*, v. 3, n. 4, p. 289-301, Nov 2002.
- TÁRREGA, A.; ROCAFULL, A.; COSTELL, E. Effect of blends of short and long-chain inulin on the rheological and sensory properties of prebiotic low-fat custards. *LWT - Food Sci. Technol.*, v. 43, n. 3, p. 556-562, Apr 2010.
- TERRA, N. N.; FRIES, L. L. M.; MILANI, L. I. G.; RICHARDS, N. S. P. S.; REZER, A. P. S.; BACKES, A. M.; BEULCH, S.; SANTOS, B. A. Emprego de soro de leite líquido na elaboração de mortadela. *Cienc. Rural*, v. 39, n. 3, p. 885-890, maio-jun. 2009.
- THOMAS, D. J.; ATWELL, W. *Starches: practical guides for the food industry*. Minnessota: Eagan Press, 1999. 94 p.
- UNITED STATES DAIRY EXPORT COUNCIL. *Manual de referência para produtos de soro dos E.U.A.* Arlington: USDEC, 1997.
- WEKWETE, B.; NAVDER, K. P. Effects of avocado fruit puree and oatrim as fat replacers on the physical, textural and sensory properties of oatmeal cookies. *J. Food Qual.*, v. 31, n. 2, p. 131-141, Apr 2008.
- YAZICI, F.; AKGUN, A. Effect of some protein based fat replacers on physical, chemical, textural, and sensory properties of strained yoghurt. *J. Food Eng.*, v. 62, n. 3, p. 245-254, May 2004.
- YOO, S. S.; KOOK, S. H.; PARK, S. Y.; SHIM, J. H.; CHIN, K. B. Physicochemical characteristics, textural properties and volatile compounds in comminuted sausages as affected by various fat levels and fat replacers. *Int. J. Food Sci. Tech.*, v. 42, n. 9, p. 1114-1122, 2007.

Recebido para publicação em 08/02/10.

Aprovado em 05/11/10.