

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E**  
**TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**TESE**

**ELABORAÇÃO DE REQUEIJÃO CREMOSO ADICIONADO DE**  
**XILOOLIGOSSACARÍDEO, REDUZIDO DE GORDURA E DE SÓDIO**

**LUANA LIMOEIRO FERRÃO**

**2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**ELABORAÇÃO DE REQUEIJÃO CREMOSO ADICIONADO DE  
XILOOLIGOSSACARÍDEO, REDUZIDO DE GORDURA E DE SÓDIO**

**LUANA LIMOEIRO FERRÃO**

*Sob a Orientação do Professor Doutor  
Adriano Gomes da Cruz*

Tese submetida como requisito para o grau de **Doutor em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, na área de concentração em Tecnologia de Alimentos.

Seropédica, RJ.  
Maio  
2017

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Le           Limoeiro Ferrão, Luana, 1982-  
          Elaboração de requeijão cremoso adicionado de  
          xilooligossacarídeo, reduzido de gordura e de sódio /  
          Luana Limoeiro Ferrão. - 2017.  
          110 f.: il.

          Orientador: Adriano Gomes da Cruz.  
          Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do Rio  
          de Janeiro, Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de  
          Alimentos, 2017.

          1. requeijão cremoso. 2. redução de sódio. 3.  
          xilooligossacarídeo. 4. prebiótico. 5. alimentos  
          funcionais. I. Gomes da Cruz, Adriano , 1983-,  
          orient. II Universidade Federal Rural do Rio de  
          Janeiro. Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de  
          Alimentos III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**LUANA LIMOEIRO FERRÃO**

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Tecnologia de Alimentos.

TESE APROVADA EM 22 DE MAIO DE 2017

---

Dr. Adriano Gomes da Cruz. IFRJ  
(Orientador)

---

Dr<sup>a</sup>. Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa. UFRRJ

---

Dr<sup>a</sup>. Simone Pereira Mathias. UFRRJ

---

Dr<sup>a</sup>. Márcia Cristina Silva. IFRJ

---

Dr. Erick Almeida Esmerino. UFF

## DEDICATÓRIA

Antes de tudo ao meu pai Oxalá, que ilumina sempre o meu caminho e não me desampara nunca, apesar de todas as dificuldades e obstáculos. Sei que cada um deles é para me tornar mais forte e me ajudar na evolução espiritual. Aos meus Guias Espirituais e Protetores que são companheiros das batalhas diárias, me dando força, paciência, inspiração, resignação e intercedendo sempre a meu favor.

Às minhas lindas princesas Rafaela e Gabriela. Tudo é por vocês e para vocês. Que foram minhas amigas e companheiras no momento que mais precisei e que tem a maturidade suficiente para entender as minhas ausências.

Aos meus pais Delsio e Jamira, pelo apoio incondicional em minha vida e nos meus projetos. Sem vocês eu não teria chegado até aqui. O meu sucesso profissional é de vocês também, pois desde a época da faculdade, passando pela especialização, mestrado e agora o doutorado contei com a presença e ajuda de vocês. Principalmente à minha mãe, que nunca me deixou esmorecer frente as dificuldade. Obrigada mãe por ser o meu exemplo de mulher guerreira, batalhadora e forte, por ter me ensinado a ser igual a você e nunca desistir dos meus sonhos, me ensinado que quando plantamos o bem sempre colhemos o bem. Às minhas queridas irmãs Janaína e Niara, companheiras de vida, amigas para todas as horas e ao meu irmão Raphael pela ajuda com seu conhecimento enorme, nas horas que eu mais precisava. A minha família é a base de tudo o que tenho.

À minha querida secretária Alexandra, que me dá o apoio logístico com meus bens mais preciosos: minhas filhas. A quem confio a atenção e o cuidado delas e do meu lar, para que eu terminasse este projeto de vida.

À minha tutora Hilda Barros, que conseguiu enxergar a professora que havia dentro de mim, incentivando a acreditando no meu sucesso profissional. Se hoje amo ser professora foi porque tive você como meu exemplo de amor à profissão e ética.

A todos os meus familiares e amigos que torcem por mim e pelo meu crescimento, seja profissional ou pessoal. Obrigada a todo apoio emocional e intelectual. Principalmente às minhas amigas de todas as horas Lidiane, Isabela e Luciana.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e à Coordenação e Professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA) pela oportunidade de realizar esse projeto.

Ao meu orientador Adriano Gomes da Cruz pelo apoio incondicional e confiança e me acolher no meio do caminho deste doutorado. Obrigado por ter acreditado em mim e no meu potencial quando até mesmo eu não acreditava. Obrigada por não me deixar desistir no meio do caminho. Obrigada por ter se tornado o meu amigo nessa caminhada árdua e difícil que foi meu doutorado. Você é um exemplo de profissional e de ser humano, e espero que tenhamos outras oportunidades de trabalharmos juntos. Agradeço a atenção, dedicação, paciência, compreensão e pelos conhecimentos sobre o assunto, que foram fundamentais para o meu crescimento científico e profissional. Não tenho palavras para agradecer por tudo o que fez por mim e pela minha vida profissional.

A todos os componentes da banca examinadora, que prontamente aceitaram o convite para participar desta importante etapa do projeto. E mais do que participar, forneceram contribuições valiosas para a versão final da tese.

A todos os técnicos dos laboratórios da UFRJ, da UFF e do IFRJ que prestaram ajuda preciosa na realização das análises necessárias para a conclusão da tese.

Aos meus colegas, orientados pelo Adriano, Hugo e Celso pelos momentos de troca de conhecimento e descontração no laboratório. Esses momentos tornaram a caminhada melhor. Obrigada pelos risos e conversas.

À Universidade Estácio de Sá pelo apoio ao meu crescimento profissional. Principalmente às minhas amigas e companheiras de caminhada profissional Claudia, Alessandra, Andreia, Manuela, Mariana e Ana Rosa. Trabalhar com vocês foi um dos melhores acontecimentos da minha vida, pois formamos verdadeiramente uma equipe, onde nos ajudamos mutuamente e torcemos pelo crescimento uma da outra. Trabalhar com vocês diariamente é uma grande diversão.

Aos meus alunos. Todo esse esforço é para ser uma melhor professora para vocês. Busco sempre maiores conhecimentos de forma a contribuir positivamente para a formação de vocês. Com vocês aprendi que nasci para ser professora!

Enfim, a todos que de forma direta ou indiretamente participaram, participam e continuarão a participar da minha caminhada de crescimento profissional.

"Para se ter sucesso, é necessário amar de verdade o que se faz. Caso contrário, levando apenas o lado racional, você simplesmente desiste. É o que acontece com a maioria das pessoas."

(Steve Jobs)

## RESUMO

FERRÃO, Luana Limoeiro. **Elaboração de requeijão cremoso adicionado de xilooligossacarídeo, reduzido de gordura e de sódio.** 2017. 110p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2017.

A vida moderna tem trazido impactos negativos à saúde da população, pois vem aumentando o consumo de alimentos industrializados, onde muitas vezes possuem em sua composição uma quantidade muito grande de açúcar, sal e gordura. O excesso desses nutrientes está relacionado às doenças crônicas não transmissíveis, como obesidade, diabetes e hipertensão. Nesse cenário, a procura por alimentos mais saudáveis vem aumentando consideravelmente, e com isso o desenvolvimento deste tipo de alimento acompanha esse crescimento. Dentre dos alimentos mais consumidos estão os lácteos, principalmente os queijos. Frente ao descrito, esse trabalho teve o objetivo de desenvolver um requeijão com adição de xilooligossacarídeo, com redução de sódio e de gordura. Foram desenvolvidas sete diferentes formulações, duas integrais, sendo uma com redução de sódio, e cinco com redução de sódio, sendo três com acréscimo de 3,3% de prebiótico. Foram realizadas laboratorialmente análises para determinar a composição centesimal (pH, umidade, proteínas, gorduras, cálcio, sódio, potássio e fibras), além de ensaios reológicos, microscopia eletrônica de varredura, tamanho de partículas e derretimento. O grande desafio do produto estava em reduzir o sódio e a gordura, com o intuito de deixar o produto mais saudável, e substituir por um oligossacarídeo de forma a não descaracterizar o produto quanto à apresentação e o sabor. De acordo com os resultados analíticos, a amostra desnatada com adição de xilooligossacarídeo, sem o melhorador de sabor, é a que apresentou mais semelhança físico-química com o requeijão padrão. Assim, ao final, foi elaborado um requeijão cremoso, com possíveis propriedades funcionais, contribuindo de forma positiva para a saúde da população.

**Palavras-chave:** requeijão cremoso, redução de sódio, xilooligossacarídeo, prebiótico, alimentos funcionais.



## ABSTRACT

FERRÃO, Luana Limoeiro. **Elaboration of *requeijão cremoso* added of xylooligosaccharide, reduced fat and sodium.** 2017. 110p. Thesis (Doctor Science in Food Science and Technology). Institute of Technology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2017.

Modern life has brought negative impacts to the health of the population, since it is increasing the consumption of industrialized foods, where they often have in their composition a very large amount of sugar, salt and fat. The excess of these nutrients is related to chronic noncommunicable diseases, such as obesity, diabetes and hypertension. In this scenario, the demand for healthier foods has increased considerably, and with this the development of this type of food accompanies this growth. Among the most consumed foods are dairy products, mainly cheeses. In front of the described, this work had the objective of developing a curd cheese with addition of xylooligosaccharide, with reduction of sodium and fat. Seven different formulations were developed, two integrals, one with sodium reduction, and five with sodium reduction, three with an increase of 3.3% prebiotic. Laboratory analyzes were carried out to determine the centesimal composition (pH, moisture, proteins, fats, calcium, sodium, potassium and fibers), rheological tests, scanning electron microscopy, particle size and melting. The great challenge of the product was to reduce sodium and fat, in order to make the product healthier, and replace with an oligosaccharide so as not to de-esterify the product in terms of presentation and taste. According to the analytical results, the skimmed sample with xylooligosaccharide addition, without the flavor improver, is the one that presented the most physical chemical similarity with the standard curd. So, at the end, a creamy curd was prepared, with possible functional properties, contributing positively to the health of the population.

**Key Words:** *requeijão cremoso*, reduced sodium, xylooligosaccharide, prebiotic, functional food.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL .....	17
OBJETIVOS.....	19
REVISÃO DE LITERATURA .....	19
1. Alimentos Funcionais e Prebióticos .....	19
2. Xilooligosacarídeo.....	23
3. Perspectiva do Mercado de Funcionais .....	26
4. Requeijão .....	27
5. Redução de Sódio .....	30
6. Características Físico-químicas de Requeijão .....	33
7. Referências Bibliográficas.....	35
CAPÍTULO 1: Developing healthier processed cheese: reduction of fat and sodium content and addition of prebiotic ingredient.....	46
1. Introduction .....	47
2. Current guide lines to reduce fat and sodium content in processed cheese.....	49
2.1. Insides of effect of sodium intake and obesity .....	49
3. Reduced fat processed cheese.....	52
3.1. The role of fat and the effect of its reduction in processed cheese.....	52
3.2. Sensory attributes of fat-reduced processed cheese .....	53
3.3. Production aspects of reduced-fat processed cheese.....	54
3.3.1. Low-fat processed cheese.....	55
4. Low-sodium processed cheese .....	59
5. Prebiotic-enriched processed cheese.....	61
6. Perspectives .....	65
7. References .....	66
CAPÍTULO 2: Requeijão cremoso adicionado de xilooligosacarídeo, reduzido de gordura e sódio: aspectos físico-químicos, reológicos, funcionais e microestrutura .....	81
1. Introdução.....	82
2. Materiais e Métodos .....	84
2.1. Matéria-prima .....	84
2.2. Método.....	84
2.2.1. Processamento do requeijão .....	84
2.2.2. Análises físico-químicas.....	87

2.2.3. Reologia.....	88
2.2.4. Derretimento.....	89
2.2.5. Diâmetro de partícula .....	90
2.2.6. Microestrutura.....	90
2.2.7. Ressonância Magnética Nuclear (RMN).....	91
2.2.8. Análise estatística .....	92
3. Resultados e Discussão.....	93
3.1. Características físico-químicas .....	93
3.2. Reologia.....	96
3.2.1. Curvas de fluxo.....	96
3.2.2. Ensaio oscilatórios.....	98
3.3. Derretimento.....	102
3.4. Diâmetro de partícula.....	103
3.5. Microestrutura .....	105
3.6. Ressonância Magnética Nuclear.....	108
4. Conclusões.....	110
5. Referências Bibliográficas.....	111
CONCLUSÃO GERAL .....	119

## INTRODUÇÃO GERAL

A vida moderna vem trazendo modificações nos hábitos da população, contribuindo negativamente para a saúde, comprovado com o aumento dos registros das Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT). As doenças cardiovasculares representam a principal causa de mortalidade no Brasil e no mundo. Dentre estas doenças, as mais importantes podem ser associadas a dietas ricas em gorduras e em sódio, como é o caso da hipertensão e da obesidade (WHO, 2012).

Este cenário desperta grande interesse da comunidade científica, fazendo com que a alimentação e nutrição sejam um assunto amplamente estudado. Cada vez mais a população se preocupa com a melhoria na qualidade de vida, a qual engloba a prática de atividades físicas e o cuidado com a alimentação, e que visa a prevenção ao invés da cura da doença. Sob este aspecto vem aumentando a procura por alimentos com teor reduzido de sódio, gorduras e açúcares bem como por alimentos que tragam benefícios à saúde, denominados alimentos funcionais.

Os produtos de origem animal são constituintes fundamentais para uma alimentação humana equilibrada, destacando-se o leite, que apresenta grande importância como fonte de proteínas, de lactose, de gordura e de minerais, principalmente o cálcio. Porém o mercado mostra-se promissor no que diz respeito à aquisição de alimentos que além da intrínseca função de nutrir o organismo, possa trazer benefícios à manutenção da saúde e do bem-estar. Nesse contexto aplicam-se os prebióticos, os probiótico, assim como outros componentes funcionais, todos comprovadamente com impacto positivo na melhora do funcionamento orgânico.

Antunes e colaboradores (2007) e Santos, Barbosa e Barbosa (2008), relataram que a indústria de laticínios vem se destacando nesse aspecto com o maior número de produtos funcionais, através de adição de probióticos e de prebióticos em alimentos como o iogurte, os leites fermentados, os queijos e seus análogos. Adicionalmente, o requeijão cremoso é um produto típico do Brasil, ocupando o terceiro lugar no consumo de lácteos, motivo pelo qual tem se tornado um dos focos das pesquisas de desenvolvimento de produtos funcionais.

Frente a este cenário, a elaboração de um alimento industrializado, com teores reduzidos de sódio e de gordura e com potencial funcional, torna-se uma ferramenta importante, tanto de inserção de novos produtos no mercado quanto na manutenção da saúde. Porém, tecnologicamente, frente aos parâmetros físico-químicos e reológicos, é um desafio a elaboração de um requeijão cremoso com estas modificações nas matérias-primas.

Uma alternativa para atender às necessidades atuais do mercado consumidor, o qual está cada vez mais preocupado com a manutenção da saúde, seria a produção de um requeijão funcional com adição de xilooligosacarídeo como prebiótico, além do teor reduzido de sódio e gordura.

Apesar de muitas pesquisas serem desenvolvidas na elaboração de lácteos funcionais, seja prebióticos, probióticos ou simbióticos, o uso de xilooligosacarídeo (XOS) em requeijão cremoso aparece como uma inovação. O XOS, dentre os prebióticos pesquisados, é o que possui uma melhor resposta das bactérias bifidogênicas em menores concentrações, de acordo com a pesquisa de Finegold e colaboradores (2014).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

Elaborar um requeijão cremoso, potencialmente prebiótico, com adição de XOS e redução de gordura e de sódio, de forma que o alimento atenda aos padrões físico-químicos e reológicos estabelecidos.

### **Objetivos Específicos**

- Elaborar um requeijão potencialmente prebiótico pela adição de XOS;
- Reduzir gordura e sódio na formulação, com foco na saudabilidade do alimento;
- Determinar, analiticamente, a composição centesimal e o pH do produto elaborado;

Realizar análise da reologia, microscopia eletrônica de varredura (MEV), derretimento, distribuição de glóbulo de gordura e ressonância magnética nuclear de forma a investigar o impacto das modificações nas características do requeijão.

## **CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA**

### **1. Alimentos Funcionais e Prebióticos**

O termo alimento funcional surgiu na década de 80 no Japão, e na década de 90 foi denominado FOSHU (Food for Specified Health Use). O que se observa é que na maioria dos países não existe uma definição legislativa do termo e o desenho de uma linha de fronteira entre alimentos convencionais e funcionais é um desafio até mesmo para especialistas em nutrição e alimentos. Frente a esta realidade, uma série de autoridades nacionais, instituições acadêmicas e de indústria têm proposto definições para alimentos funcionais (MITSUOKA, 2014; SIRÓ et al., 2008).

No Brasil a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) não possui a definição para alimento funcional. Porém, através da Resolução n.º 19 de 30 de abril de 1999, define o conceito de alegação de propriedade funcional, que é aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano; e alegação de propriedade de saúde, que é aquela que afirma, sugere ou implica a existência da relação entre o alimento ou ingrediente com doença ou condição relacionada à saúde. (BRASIL, 1999).

Assim, entende-se por alimentos funcionais aqueles que fornecem ou acrescentam algum benefício para a saúde, além do valor nutritivo presente tradicionalmente nos alimentos (KHAN et al., 2013). Nos últimos anos muitas pessoas vêm desenvolvendo doenças relacionadas aos maus hábitos alimentares, como, por exemplo, doenças cardiovasculares, dislipidemias, hipertensão, osteoporose, diabetes e câncer (MITSUOKA, 2014).

Nas últimas décadas as exigências dos consumidores em relação ao consumo de alimentos mudaram consideravelmente, acreditando que os alimentos contribuem diretamente para a sua saúde. Alimentos, hoje, não têm a intenção de apenas satisfazer a fome e de fornecer os nutrientes necessários para os seres humanos, mas também para prevenir doenças relacionadas à nutrição e melhorar o bem-estar físico e mental dos

consumidores e é nesse contexto que os alimentos funcionais ganham espaço na alimentação humana (SIRÓ et al, 2008).

Os alimentos funcionais incluem aqueles alimentos funcionais habituais, que são àqueles que apresentam propriedades funcionais naturalmente, como as substâncias bioativas e as fibras dietéticas; os alimentos suplementados com substâncias bioativas, como é o caso dos probióticos e dos antioxidantes; e os derivados de ingrediente alimentar, introduzidos nos alimentos convencionais, como é o caso dos prebióticos (ROSA; COSTA; 2010).

Para que um alimento seja considerado funcional, deve ter uma eficácia fisiológica comprovada, além do fato de que não são considerados medicamentos, como comprimidos ou cápsulas, mas devem ser consumidos como parte de uma dieta diária equilibrada para que seu benefício à saúde seja percebido (AL-SHERAJI et al., 2013).

A maior parte dos avanços dos alimentos funcionais ocorre devido aos recentes avanços na pesquisa relacionando esse tipo de alimentos com a melhora da flora intestinal. Uma flora intestinal ideal é alcançada através de uma dieta nutricionalmente balanceada e de um consumo ativo de alimentos funcionais, tais como oligossacarídeos, fibra alimentar e leites fermentados, que promovem as bactérias benéficas e/ou suprimem as bactérias nocivas (MITSUOKA, 2014).

A compreensão do processo de inovação na indústria de alimentos ainda está evoluindo e o processo de desenvolvimento de novos produtos alimentícios funcional tem sido descrito como complexo, caro e arriscado (KHAN et al., 2013). A importância da matriz alimentar e a funcionalidade do produto são atualmente de grande relevância para todos os envolvidos na industrialização de alimentos funcionais (SANDERS; MARCO, 2010). A viabilidade futura para produção em larga escala e o sucesso dos alimentos funcionais no mercado dependem de vários elementos, porém, a questão primordial é a aceitação consciente do consumo de tais produtos (BALDISSERA et al., 2011).

Dentre os alimentos funcionais estão os prebióticos, que são os polissacarídeos ou oligossacarídeos que não são digeridos, chegando intacto ao intestino humano e promovendo o crescimento e, melhorando a atividade de bactérias benéficas presentes alimentos funcionais, pois influenciam de forma direta processos fisiológicos e



bioquímicos no organismo humano, levando a uma melhoria da saúde e redução no risco de aparecimento e de desenvolvimento de diversas doenças, através dos seguintes efeitos: modulação da microbiota intestinal, alteração do metabolismo microbiano, estímulo da imunidade do hospedeiro, estímulo na absorção de determinados nutrientes, dentre outros (SAAD, 2006).

Além de trazer benefício à saúde, os prebióticos possuem estabilidade química durante condições no processamento de alimentos, como variações de temperatura, baixo pH e condições para a reação de Maillard. Nas formulações de alimentos contribuem positivamente nas características sensoriais melhorando a palatabilidade dos mesmos (HUEBNER et al., 2008; WANG, 2009). Por esses motivos esse conceito atrai um grande interesse no campo da nutrição, tanto em pesquisa científica como na sua aplicação em alimentos (AACHARY; PRAPULLA, 2011).

Contudo, se faz necessário estabelecer critérios claros para a classificação de um ingrediente alimentar como um prebiótico. Tal classificação exige uma base científica e a demonstração de que o ingrediente resiste à acidez gástrica; não é hidrolisado por enzimas do trato gastrointestinal (TGI); não é absorvido no TGI superior; é fermentado por microrganismos intestinais; e induz a estimulação seletiva de crescimento e/ou atividade de bactérias intestinais, potencialmente relacionado com a saúde e à qualidade de vida (GIBSON; ROBERFROID, 1995).

Os prebióticos mais comumente utilizados no processamento de alimentos são a inulina, o frutooligossacarídeo (FOS) e o galactooligossacarídeo (GOS). Porém estudos apontam a isomaltoligossacarídeo (IMO), o xilooligossacarídeo (XOS) e o lactitol como prebióticos emergentes (AL-SHERAJI et al., 2013; PATEL; GOYAL, 2012). Esses oligossacarídeos são processados a partir de diferentes métodos, seja isolando de vegetais, através de produção microbiológica ou por meio da síntese enzimática e da degradação enzimática de polissacarídeos (AL-SHERAJI et al., 2013; RASTALL; GIBSON, 2015).

O uso de prebióticos como ingrediente alimentar no desenvolvimento de produtos possui vantagens tecnológicas e nutricionais, melhorando as características sensoriais; fornecendo ao alimento características de fresco por um tempo maior, o que impacta (FRANCK; COUSSEMENT, 1997). Além das vantagens citadas, os produtos que

possuem prebióticos na sua composição, de forma geral, possuem um valor calórico reduzido, pois, tecnologicamente, são usados como substitutos da gordura com a finalidade de solucionar alguns problemas físicos e sensoriais provenientes de baixos níveis de gordura nos produtos finais (AL-SHERAJI et al., 2013).

No mercado de lácteos alguns produtos já vêm sendo desenvolvidos, contendo prebióticos em sua composição, especialmente iogurte *diet* com frutas, utilizando, primordialmente, a inulina. Neste caso, a inulina não altera as características químicas, como o pH, diferentemente do que ocorre com as características reológicas. A viscosidade aumenta com o uso de fibras, independente do tipo de fibra que é acrescentado no iogurte (MIREMADI; SHAH, 2012).

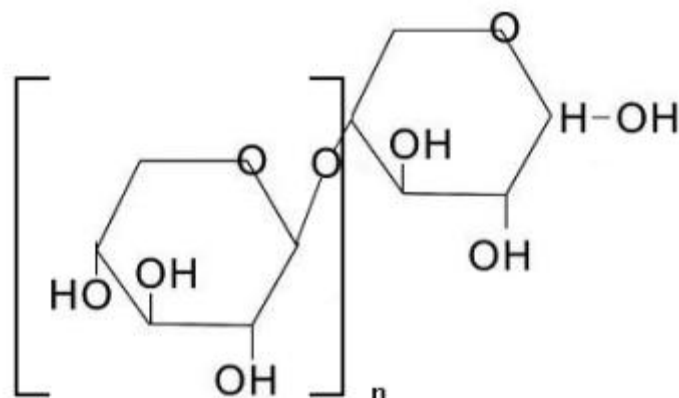
Constituída de cadeias longas, a inulina apresenta uma solubilidade reduzida, formando microcristais quando em contato com a água ou com o leite, conferindo uma textura cremosa. Devido a esta característica, é amplamente utilizada como substituto da gordura em produtos lácteos, patês, molhos, recheios, coberturas, sobremesas congeladas e produtos de panificação (SAAD, 2006).

A quantidade ingerida de prebióticos, de forma que apresentem os efeitos positivos no organismo e na flora bacteriana intestinal, varia de acordo com o tipo de oligossacarídeo usado na elaboração dos produtos. Sako, Matsumoto e Tanaka (1999) na sua pesquisa recomendam a ingestão diária de 10g por dia de GOS para observar os efeitos bifidogênicos, porém 2,5 g de prebióticos por dia já é suficiente para aumentar os níveis fecais de bifidobactérias. Em relação à outros prebióticos, para observar estes efeitos bifidogênicos, é recomendada a ingestão de 2g por dia de XOS, de 2 a 10 g de FOS por dia e de 8 a 10 g de IMO por dia (SAKO; MATSUMOTO; TANAKA, 1999; RIVERO-URGELL; SANTAMARIA-ORLEANS, 2001; GOULAS et al., 2004).

## **2. Xilooligossacarídeo**

O xilooligossacarídeo (XOS) é um oligossacarídeo que contém em sua estrutura de 2 a 10 moléculas de xilose ligadas através da ligação  $\beta$  1-4 (VAZQUES et al., 2000; AACHARY; PRAPULLA, 2011). A estrutura química do XOS pode ser visualizada na Figura 1. A estabilidade química das moléculas de oligossacarídeos pode variar bastante, dependendo do tipo de oligossacarídeos e dos resíduos de monossacarídeo, dos

tipos de ligações existentes e das configurações anoméricas. Sob este aspecto o uso de XOS como prebiótico apresenta vantagens quando comparado com o frutoligossacarídeo (FOS) e com a inulina, uma vez que são estáveis em uma ampla gama de valores de pH (2,5-8,0), até o valor de pH relativamente baixo do suco gástrico, e à temperaturas de até 100 °C (CARVALHO et al., 2013).



**Figura 01:** Estrutura química do xilooligossacarídeo (FDA, 2013).

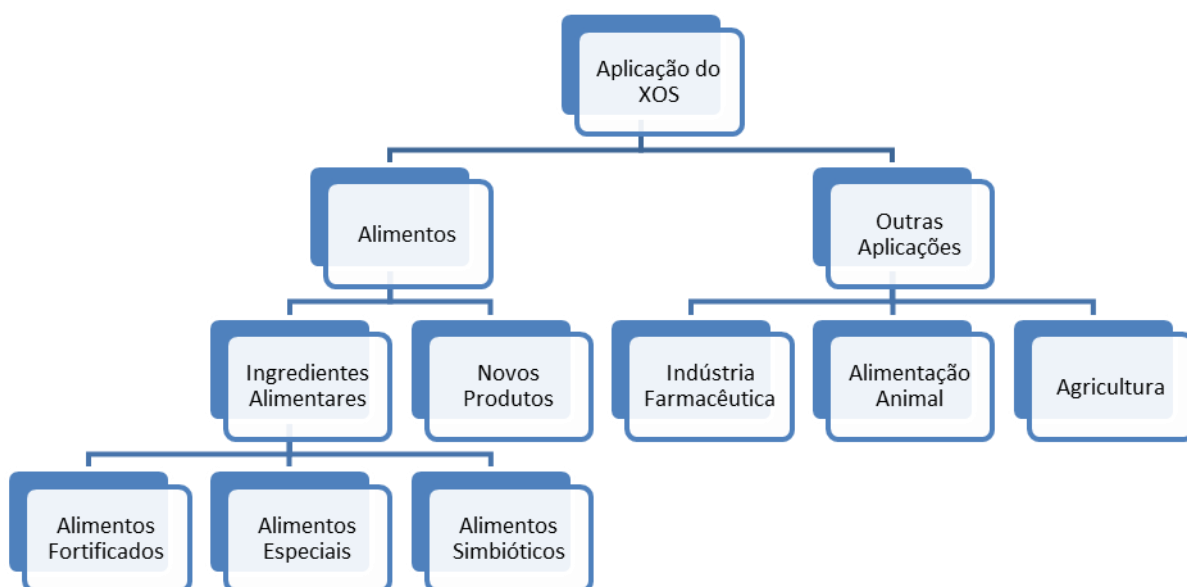
O uso de XOS, como ingrediente alimentar, se mostra interessante por possuir características tecnológicas favoráveis ao processamento, incluindo a estabilidade em meio ácido e a resistência ao calor, além de alcançar efeitos biológicos significativos em baixas doses diárias (MOURE et al., 2006). Como ingrediente alimentar, o XOS pode ser utilizado tanto para a fortificação de alimentos, quanto para a elaboração de alimentos especiais, como, por exemplo, nutrição enteral ou dietas de combate à obesidade (VÁZQUEZ et al., 2000).

A adição de XOS, no desenvolvimento de produtos alimentícios, acrescenta propriedades fisiológicas benéficas para o bom funcionamento do corpo, incluindo a melhoria na função intestinal, otimização da absorção de cálcio e a regulação do metabolismo lipídico, além da redução do risco de desenvolvimento de doença cardiovascular e do risco do desenvolvimento de câncer de cólon (AACHARY; PRAPULLA, 2011). A maioria desses benefícios à saúde humana se relaciona ao fato do XOS melhorar a microbiota aumentando a presença de bactérias benéficas, em particular de *Bifidobacterium*, que inibem o crescimento de bactérias patogênicas e putrefativas (CARVALHO et al., 2013).

Além disso, as fibras alimentares atuam como nutrientes dessas bactérias benéficas da microbiota intestinal, fermentando essas fibras, liberando ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Esses AGCC atuam no organismo a nível hepático, diretamente no metabolismo lipídico, na síntese endógena de colesterol, o que atua como prevenção de doenças cardiovasculares (DCV) (GUERREIRO et al, 2016).

Estudos, em humanos e em animais, demonstram que o XOS é um prebiótico eficiente na modificação benéfica da microbiota intestinal a partir da ingestão de 1,4 g por dia em adultos, valor este de ingestão muito abaixo do que é necessário de FOS e de galactooligossacarídeo (GOS) ( $\geq 10$  g/dia) para que seja percebido o efeito benéfico destes prebióticos (FINEGOLD et al., 2014).

Os XOS são encontrados naturalmente em brotos de bambu, em frutas, em legumes, no leite e no mel, contudo ainda não se sabe a quantidade exata de XOS nestas fontes. A produção em escala industrial deste prebiótico como ingrediente alimentar é realizada a partir de materiais lignocelulósicos (LCMS) (VÁZQUEZ et al., 2000). O XOS pode ser utilizado para vários fins, conforme pode ser observado na Figura 2.



**Figura 02:** Aplicação do xilooligossacarídeo nas diversas áreas industriais. (VÁZQUEZ et al., 2000)

Os Xilooligossacarídeos que são produzidos a partir do xilano de LCMS podem ser obtidos através de métodos químicos, hidrólise enzimática direta de um substrato susceptível ou de uma combinação de tratamentos químicos e enzimáticos. A produção de XOS com métodos químicos pode ser realizada por meio de vapor, de soluções de ácidos minerais ou em soluções alcalinas diluídas, porém a extração de xilano com vapor ou com ácido produz grandes quantidades de monossacarídeos e os seus produtos de desidratação. Para a obtenção de XOS, a partir de LCMS, algumas etapas devem ser realizadas, começando com a hidrólise do LCMS, seguida do refino e da purificação (AACHARY; PRAPULLA, 2011; MOURE et al., 2006; JAIN; KUMAR; SATYANARAIANA, 2015).

Como ingrediente alimentar, o XOS tem um odor aceitável e possui baixa caloria, o que permite que sejam usados em diversos tipos de produtos alimentares. O poder de doçura da xilose equivale a 30% ao da sacarose, conferindo ao XOS uma doçura moderada, além de não possuir qualquer sabor desagradável. Em relação à atividade de água do XOS, se assemelha a da glicose, o que aponta para mais uma vantagem do seu uso em substituição à glicose nas formulações, pois não altera padrões tecnológicos importantes, principalmente em relação ao tempo de validade do produto (VÁZQUEZ et al., 2000).

### **3. Perspectiva do Mercado de Funcionais**

A preocupação da população com a saúde, principalmente no tocante da alimentação, movimenta um mercado de consumo, que vem crescendo nos últimos anos. Assim, as inovações, entendidas como novos produtos, processos ou serviços são reconhecidas como um importante instrumento para as indústrias de alimentos. Isso ocorre principalmente para se destacar dos concorrentes e para satisfazer as expectativas dos consumidores (MENRAD, 2004; CRUZ et al., 2010). Bigliardi e Galati (2013) afirmam que os alimentos funcionais representam uma das mais interessantes áreas da investigação e de inovação na Indústria de Alimentos, justamente por despertar interesse da população em busca de uma alimentação mais saudável.

O ano de 2014 foi de crescimento para a indústria da saúde e de alimentos funcionais, sendo um dos primeiros setores industriais a alcançar as metas estabelecidas

após um período de incerteza econômica mundial. As vendas globais de produtos deste segmento da indústria registraram um crescimento de 6,5% em relação a 2013-2014 para alcançar vendas de US\$ 774 bilhões. Os mercados emergentes são os principais mercados de crescimento, inclusive o Brasil, que alcançou a quarta colocação mundial em gastos com estes tipos de produto, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Japão. A previsão para o período de 2014 a 2019 é que este setor gere 86% das novas vendas, devido à demanda do consumidor para alimentos naturais e funcionais (EUROMONITOR, 2014).

Devido a este crescimento da demanda, muitas companhias multinacionais têm concentrado o foco dos produtos lançados para a área de saúde e alimentação funcional (KHAN et al., 2013). Assim, os alimentos funcionais têm sido desenvolvidos em quase todas as categorias de alimentos, mesmo naquelas que antes não eram consideradas saudáveis, como biscoitos, por exemplo, assegurando que as principais preferências dos consumidores serão disponibilizadas nos diferentes mercados. Entre todos os segmentos do mercado relacionado à indústria de alimentos, os alimentos funcionais têm sido principalmente lançados através de produtos lácteos, produtos de confeitaria, bebidas não alcoólicas, panificação e comida para bebês (BIGLIARDI; GALATI, 2013).

Do ponto de vista do produto funcional disponibilizado para o consumo, alguns autores propõem a seguinte classificação (KOTILAINEN et al., 2006; SLOAN, 2000; SPENCE, 2006):

- Alimentos fortificados com a adição de nutrientes (produtos fortificados) como sucos de frutas fortificados com vitamina C, alimentos fortificados com vitamina E, ácido fólico, zinco e cálcio;
- Alimentos com adição de novos ingredientes ou nutrientes que naturalmente não são encontrados no alimento (produtos enriquecidos), como os prebióticos e os probióticos;
- Alimentos aonde um componente prejudicial foi removido, reduzido ou substituído por outro com efeitos benéficos à saúde (produtos alterados), como adicionar fibras em substituição à gordura em produtos cárneos ou sorvetes;
- Alimentos em que se aumenta um nutriente presente naturalmente (produtos avançados), como ovos com maiores teores de ômega-3.

É possível vincular esses conceitos-chave propostos com os principais profissionais envolvidos no processo de pesquisa e de desenvolvimento de alimentos funcionais: o nutricionista, com o conhecimento das funções nutricionais; o engenheiro de alimentos, com o conhecimento acerca das matérias-primas, ingredientes e processos tecnológicos; e o especialista em saúde, com os benefícios para a saúde, marcadores fisiológicos e mecanismos patogênicos (BIGLIARDI; GALATI, 2013). Assim, com o trabalho em conjunto, destes três profissionais, os consumidores tendem a ganhar opções de alimentos industrializados que sejam mais saudáveis.

O desenvolvimento de alimentos funcionais é um mercado promissor, onde é necessário um fluxo de informações gerado pelas pesquisas a fim de fornecer um suporte aos investimentos pelas indústrias de alimentos, além de fornecer informações necessárias às decisões de consumo e às regulamentações governamentais.

#### **4. Requeijão**

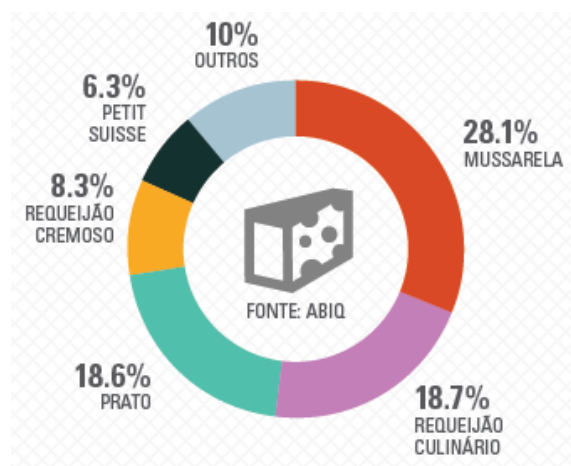
Requeijão é um queijo processado tipicamente brasileiro, de origem artesanal, que surgiu como forma de aproveitamento do leite coagulado devido à ação da microbiota láctica natural do leite. Dentre os diversos tipos de requeijão disponíveis no mercado nacional, requeijão cremoso é o que possui um consumo mais expressivo, sendo comercializado, em 2004, 30.900 toneladas desse produto, o que naquele ano correspondeu a 7% da produção total de queijos (EMBRAPA GADO DE LEITE, 2006).

Apesar de apresentar certa similaridade com os queijos processados, é produzido a partir de massa fresca, diferente dos processados que são produzidos a partir de queijos. O requeijão é fabricado a partir do leite desnatado cru ou pasteurizado, com ou sem adição de culturas lácticas, onde é adicionado à massa da coalhada, o creme de leite, a água e o sal fundente (DOSSIE REQUEIJÃO, 2013; VAN DENDER et al., 2012).

A legislação brasileira, de acordo com a Portaria nº359, de 04 de setembro de 1997 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, define requeijão, como “o produto obtido pela fusão da massa coalhada, cozida ou não, dessorada e lavada, obtida por coagulação ácida e /ou enzimática do leite opcionalmente adicionada de

creme de leite e /ou manteiga e /ou gordura anidra de leite ou *butter oil*. O produto poderá estar adicionado de condimentos, especiarias e/ou outras substâncias alimentícias” (BRASIL, 1997). A mesma classifica o requeijão, de acordo com as matérias-primas empregadas no processo de elaboração, teor de gordura no extrato seco e teor de umidade em: requeijão, requeijão cremoso e requeijão de manteiga.

Segundo os dados divulgados pela Associação Brasileira das Indústrias de Queijos (ABIQ), em 2011 o país produziu 867 mil toneladas, aumentando a produção em 9,4% com relação a 2010. O aumento de consumo no Brasil foi de 76% entre 2005 e 2013, alcançando em 2013 a quantidade de 1,032 milhão de toneladas. Segundo a ABIQ, os 3 queijos mais fabricados no país são a muçarela, o prato e o requeijão, conforme pode ser observado graficamente na Figura 3. No entanto, o requeijão de mesa foi o que teve maior expansão em 10 anos, da ordem de 94% (ABIQ, 2014; VAN DENDER et al., 2012)



**Figura 3:** Tipo de Queijo mais fabricado no Brasil em 2011 (ABIQ, 2014)

O Transparency Market Research (2014) publicou um novo relatório no qual analisa o mercado de queijos – englobando queijo Americano, Italiano, duro, cremoso, fresco, entre outros. O relatório inclui uma análise global da indústria, avaliando o tamanho do mercado, participação de mercado, crescimento, tendências e previsões para os anos de 2013-2019. De acordo com o relatório, o mercado global de queijos apresenta um significativo crescimento, sendo que a inovação dos produtos na área é um dos grandes propulsores desta perspectiva (MILKPOINT, 2014).



A demanda por queijos deverá crescer a uma taxa composta de crescimento anual (CAGR) de 7,3% em termos de receitas de 2013 a 2019 e o mercado, avaliado em US\$ 72,45 bilhões em 2012, deverá alcançar US\$ 118,44 bilhões até 2019. Em 2012, o mercado global de queijos por tipo de produtos foi dominado pelo queijo Italiano, que foi responsável por 40,5% de participação total, seguido por outros tipos de queijos que representaram 27,7% de participação de mercado, respectivamente. A projeção é de que entre 2013 e 2019, o mercado de queijos macios cresça a uma CAGR de 7,2% e de queijo fresco uma taxa de 7,0% (MILKPOINT, 2014).

No Brasil, o consumo médio per capita de queijos é de apenas 5,1 quilos por ano, ficando aquém de países europeus ou mesmo da Argentina, onde alcança 11 quilos. Na França e na Itália, por exemplo, o consumo é cerca de 25 quilos per capita ano, enquanto em toda a Europa a média é de 20 quilos (MILKPOINT, 2014). Pelas estimativas da ABIQ (2014), o consumo per capita de queijos no Brasil deverá alcançar 11 quilos, em média, em 2030.

Do ponto de vista tecnológico, o requeijão cremoso é um queijo processado relativamente simples, sendo que seus análogos são de fácil obtenção, tanto do ponto de vista tecnológico, quanto sensorial. O grande desafio da produção de análogos consiste em desenvolver um processo capaz de combinar os ingredientes desejados de modo a obter propriedades funcionais, reológicas e sensoriais semelhantes às do produto que se está tentando imitar (BACHMANN, 2001).

O interesse dos análogos de queijos vem aumentando devido a diversos fatores, sendo: redução dos custos de produção, pela substituição de ingredientes lácteos por produtos vegetais de menor custo; possibilidade de agregar aos produtos propriedades funcionais, devido ao potencial benéfico do ponto de vista nutricional; qualidades tecnológicas mais atrativas, com boas características de derretimento e espalhabilidade. Visando estes aspectos, alguns estudos vêm sendo realizados, principalmente em relação à substituição da gordura animal, redução de sódio e adição de prebióticos e probióticos (BACHMANN, 2001; ABOU EL-NOUR; SCHEURER; BUCHHEIM, 1998).

## 5. Redução de Sódio

Nos dias atuais há uma grande preocupação com o consumo excessivo do sal presente na dieta, uma vez que este nutriente está relacionado à doenças crônicas, como a hipertensão arterial sistêmica (HAS) e doenças cardíacas (REDDY ; KATMAN, 2004). A redução do consumo de sódio é o principal foco das políticas públicas de saúde, no âmbito internacional, que visam prevenir e controlar a hipertensão (FELICIO et al., 2013; MCLEAN; HOEK; HEDDERLEY, 2012; WYNESS; BUTRISS; STANNER, 2012).

A ingestão diária de elevadas quantidades de sódio já é estabelecida como um fator de risco para o aumento da pressão sanguínea, a qual está associada à mortalidade por doenças cardiovasculares (DCV), tanto para homens quanto para mulheres, como HAS, doenças do coração e acidente vascular cerebral (AVC) (HOFFMANN et al., 2012; GRIMES; NOWSON; LAWRENCE, 2008; NEWSON, et al., 2013; WHELTON, 2014).

A HAS é caracterizada em adultos quando a pressão arterial sistólica  $\geq 140$ mmHg ou a pressão arterial diastólica  $\geq 90$ mmHg. Essa doença representa uma carga significativa em todo o mundo no que diz respeito à qualidade de vida e aos recursos utilizados pelo sistema de cuidados à saúde, contribuindo de forma direta para o aumento da mortalidade e do risco de doenças cardiovasculares, como infarto do miocárdio, angina de peito, insuficiência cardíaca e AVC (BAZZANO et al., 2013; WHELTON, 2014).

Como consequência deste cenário mundial a Organização Mundial da Saúde emitiu uma recomendação pública de uma ingestão máxima para adultos de 5 gramas por dia de sódio (WHO, 2012). Porém vários estudos mostram que o consumo de sódio ultrapassa esse limite máximo recomendado e, por esse motivo, muitos programas e incentivos governamentais vêm sendo implantados em diferentes países. No entanto, um melhor entendimento é necessário para o desenvolvimento de intervenções, que podem ser implementadas em larga escala na população e que incidem sobre as barreiras e motivadores para a mudança (GOLDSTEIN; LESHEM, 2014; NEWSON et al., 2013).

No Brasil, um recente acordo assinado entre o Ministério da Saúde e o Setor Industrial objetiva a redução da quantidade de sódio em diversos alimentos processados, incluindo os laticínios. A meta nacional é retirar 28 mil toneladas de sódio de alimentos até 2020 e dentre os produtos lácteos o objetivo é a redução a ser alcançado no requeijão cremoso, um típico queijo brasileiro processado, é de 63% (BRASIL, 2014) o que ilustra os desafios a serem superado pelo setor industrial.

Em países desenvolvidos, estima-se que aproximadamente 75% da ingestão de sal diária é oriunda do consumo de alimentos processados e do sal adicionado nas preparações. Um estudo realizado na Austrália apontou que os produtos lácteos contribuem com 11% para a ingestão de sal em uma dieta (GRIMES; NOWSON; LAWRENCE, 2008; WHELTON; HE, 2014). De acordo com Mhurchu (2011) e Moshfegh e colaboradores (2012), dentre os produtos lácteos, o queijo apresenta contribuição decisiva no consumo diário de sódio, apontando para uma necessidade de reformulação de processos afim de atender as recomendações mundiais das Agências de Saúde (AGARWAL et al., 2011).

O cloreto de sódio (NaCl), popularmente conhecido como sal de cozinha, é composto por 40% de sódio e é considerado a principal fonte deste mineral na dieta humana. Assim como o potássio, participa de uma série de funções metabólicas essenciais no corpo humano, sendo o principal a regulação de fluidos celulares, manutenção do volume plasmático, equilíbrio ácido-base e equilíbrio da água no interior da célula (DOYLE; GLASS, 2010; FELICIO et al., 2013; TAAL et al., 2011).

O sal é utilizado como conservante de alimentos, além do fato de ser ingrediente comum no processamento de alimentos por conferir sabor e textura a esses alimentos (KENTEN; BOULAY; ROWE, 2013). O queijo processado é obtido a partir de uma mistura de queijos, gordura, água e sais emulsificantes, principalmente o citrato, fosfato ou polifosfato de sódio. Durante o processamento os sais emulsificantes desempenham importante papel de forma a garantir produtos homogêneos e com a consistência desejada. O efeito real dos sais emulsificantes está na troca de cátions de cálcio dos paracaseinato insolúvel de cálcio para os íons de sódio, o que conduz à formação de mais paracaseinato de sódio solúvel. A aplicação dos sais de emulsionantes está relacionado com a peptização da cadeia, dispersão, hidratação e inchamento das

proteínas, além da emulsificação e da estabilização da gordura (CERNÍKOVÁ et al., 2010; HLADKÁ et al., 2014; CRUZ et al., 2011a; CUNHA; VIOTTO, 2010).

Por este motivo, no processamento de queijos, a redução do teor de cloreto de sódio apresenta desafios específicos, uma vez que o sal desempenha importantes funções na matriz queijo, sendo utilizado para manter o sabor, a reologia e vida de prateleira, este último relacionado ao controle das atividades de enzimas e micro-organismos (JOHNSON et al., 2009). Para queijos processados os aspectos relacionados às propriedades funcionais, como firmeza, derretimento e saída de óleo representam um fator adicional de preocupação a serem investigados quando da redução do sódio na sua formulação (CUNHA; ALCÂNTARA; VIOTTO, 2012).

O teor de sódio em queijo processado é influenciado pela presença, principalmente, de sais de emulsionantes que na sua maioria são constituídos de sódio em sua formulação e o sal adicionado na massa, com valor médio de 1,5-2,0% na forma de solução ou mesmo polvilhada sobre a mesma. Frente a esta questão, as iniciativas de redução de sódio em queijo processado precisam envolver a modificação de um ou todos os dois ingredientes durante formulação e fabricação do queijo processado (JOHNSON et al., 2009). Como opção tecnológica para redução de sódio tem a substituição do NaCl por cloreto de potássio (KCl), uma vez que o KCl auxilia a manter o gosto salgado, pode reduzir o teor de sal nos alimentos em até 25%, sem perdas na palatabilidade (FLATCHEL, 2014).

Sais emulsificantes com teor reduzido de sódio e adicionados de potássio estão disponíveis para comercialização e têm sido usados com sucesso na formulação de queijos processados, porém alguns aspectos tecnológicos são modificados, podendo o aumento da fratura e stress na firmeza do queijo sem aquecimento, redução do grau de fluxo e fluidez ao derretimento e solubilidade da proteína (GUINEE; O'KENNEDY, 2012).

Outra opção tecnológica é o uso de polissacarídeos, os quais são considerados estabilizadores de emulsão em vez de verdadeiros emulsionantes. Por outro lado, esses polímeros possuem uma atividade de superfície, o que pode ser devido aos resíduos protéicos com aminoácidos hidrofóbicos ligados a polissacarídeos; à propensão para reduzir a tensão superficial em baixas concentrações de alguns polissacarídeos à um

grande aumento da viscosidade da fase contínua e, assim, reduzir o tempo necessário para a coalescência das gotículas de gordura; e a um pequeno caráter hidrofóbico dos polissacarídeos, devido à -CH ou outros grupamentos. Acredita-se que a atividade de superfície de polissacarídeo é especialmente atribuível ao grupamento protéico de alguns polímeros (CERNÍKOVÁ et al., 2010; HLADKÁ et al., 2014).

Assim, a substituição do cloreto de sódio por outros sais, ou a sua simples redução implica em diversas barreiras no processamento de queijos, acarretando modificações na qualidade físico-química, reológica, funcional e sensorial do produto (CRUZ et al., 2011a), por muitos estudos estão sendo realizados com resultados bastante promissores neste setor, principalmente no que tange ao desenvolvimento de alimentos funcionais.

## **6. Redução de gordura**

O consumo alimentar tem sido relacionado à obesidade não somente quanto ao volume da ingestão, mas também à composição e qualidade da dieta, principalemnte no que tange a quantidade e a qualidade da gordura presente na composição desses alimentos ingeridos (MACHADO; WEBER, 2016).

Pesquisa populacional realizada pelo Ministério da Saúde aponta para um aumento no consumo de alimentos industrializados de alto teor calórico. Esse padrão de consumo, direcionado para a escolha de alimentos ricos em sódio, gorduras e açúcares justifica o aumento das doenças crônicas não transmissíveis, como diabetes e hipertensão, além do aumento da obesidade e excesso de peso, que já atinge uma parcela significativa da população brasileira (BRASIL, 2010).

A obesidade já é considerada uma das maiores questões relacionadas à saúde pública, por sua elevada prevalência e pelas importantes repercussões orgânicas e psicossociais. Assim, se faz necessário implementar medidas de prevenção e controle cada vez mais abrangentes, prncipalmenta às relacionadas à ampliação de políticas de saúde que envolvam a educação alimentar e nutricional (BRASIL, 2012). Nesse aspecto, o desenvolvimento de produtos mais saudáveis e com redução de gordura, é uma importante ferramenta de intervenção.

## 7. Características físico-químicas de requeijão

Para avaliar a qualidade do requeijão cremoso se faz necessário avaliar alguns atributos considerados promordiais, sendo: consistência, textura, cor, sabor e aroma (FERNANDES et al., 1985b). Como alguns desses aspectos são parâmetros sensoriais, Garruti e colaboradores (2003) desenvolveram o perfil sensorial para requeijão cremoso, concluindo como descritores mais sigifcativos para a determinação da qualidade final do produto: cor, consistência (aparência), formação de fio, aroma de leite, sabor salgado, viscosidade e adesividade.

Em relação à consistência, espera-se que o requeijão cremoso seja mole, cremoso e homogêneo, sem a presença de grumos. Além disso, o produto deve ser considerado espalhável, porém apresentando certa elasticidade, com formação de fio, proporcionada por uma massa nem muito longa nem muito curta (FERNANDES et al., 1985a; FERNANDES et al., 1985b). Frente ao exposto, pode-se dizer que a textura é provavelmente o parâmetro mais importante para a avaliação da qualidade do requeijão cremoso.

A textura pode ser definida como a percepção pelos sentidos do conjunto das propriedades reológicas (PRENTICE; LANGLEY; MARSHALL, 1993). De acordo com Fox e colaboradores (1998), em geral os parâmetros obtidos em testes reológicos apresentam correlação com as características qualitativas de textura, como viscosidade, elasticidade, firmeza, dureza, adesividade, gomosidade, entre outros.

De forma geral, os queijos fundidos são materiais viscoelásticos, assim como os alimentos semissólidos. Suas propriedades reológicas dependem da composição de sua matéria-prima, da microestrutura, do estado físico-químico de seus componentes e das diversas interações entre os elementos estruturais que compõe o produto (FOX et al., 1998). Sendo a caseína o principal componente estrutural do requeijão, este forma uma rede rígida, onde esta rigidez vai variar de acordo com o grau de abertura da estrutura, da quantidade de água ligada á matriz proteica e da presença de água livre e de gordura (PRENTICE; LANGLEY; MARSHALL, 1993). Sob este parâmetro, a gordura contribui para as propriedades reológicas dependendo do seu estado físico, ou seja, a temperatura controla a proporção entre os teores de gordura líquida e sólida. Por fluir mais facilmente, a gordura líquida desempenha um papel de lubrificante, o que reduz a

elasticidade, a dureza e a firmeza do produto. Por fim, o último componente importante para a textura é a umidade, onde a água ligada à caseína confere maciez ao produto (FOX et al., 1998).

Os principais fatores que influenciam o corpo e a textura do requeijão cremoso são aqueles relacionados às alterações na composição, no estado físico-químico dos componentes e no tipo de interação entre eles, sendo os mais observados: características da matéria-prima, pH, tipo e quantidade de sal emulsificante, tempo e temperatura de cozimento, velocidade de agitação e temperatura de resfriamento (MEYER, 1973; BERGER et al., 1989; ZEHEN; NUSBAUM, 1992).

O sabor do requeijão cremoso deve ser semelhante ao do creme de leite, isto é, levemente ácido e salgado, com aroma de leite fresco levemente fermentado (FERNANDES; MARTINS, 1980; FERNANDES et al., 1985b; OLIVEIRA, 1986). O ingrediente que mais contribui para alteração de sabor é o tipo ou a quantidade inadequada de sal fundente, o que pode desenvolver um sabor salino ou amargo (MEYER, 2001; OLIVEIRA, 1986).

Por fim, outra característica associada à qualidade de queijos fundidos é a capacidade de derretimento, a qual é definida por Campos (1981) como a capacidade de o produto derreter quando aquecido. Para o requeijão cremoso, essa é uma propriedade importante e muitas vezes desejável, visto que é um ingrediente muito utilizado na culinária brasileira (GIGANTE, 1998). Essa capacidade de derretimento sofre influência da composição do tipo de ingrediente usado na fabricação, além do impacto neste parâmetro devido ao tratamento térmico e a deformação a que o produto é submetido ao longo do processamento (GLENN et al., 2003).

## 8. Referências Bibliográficas

AACHARY, A. A.; PRAPULLA, S. G. Xylooligosaccharides (XOS) as an emerging prebiotic: microbial synthesis, utilization, structural characterization, bioactive properties and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10, 2-16, 2011.

ABIQ – Associação Brasileira das Indústrias de Queijos. Evolução do Mercado Brasileiro de Queijos de 2000 a 2013. Disponível em: <http://www.abiq.com.br>. Acesso em: Outubro de 2014.

ABOU EL-NOUR, A.; SCHEURER, G. J.; BUCHHEIM, W. Use of rennet casein and milk protein concentrate in the production of spread-type processed cheese analogue. *Milchwissenschaft*, 53(12), 686-690, 1998.

AGARWAL, S.; MCCOY, D.; GRAVES, P. D.; CLARK, S. Sodium content in retail Cheddar, Mozzarella, and process cheeses varies considerably in the United States. *Journal of Dairy Science*, 94, 1608-1611, 2011.

AL-SHERAJI, S. H.; ISMAIL, A.; MANAP, M. Y.; MUSTAFA, S.; YUSOF, R. M.; HASSAN, F. A. Prebiotics as functional foods: A review. *Journal of Functional Foods*, 5, 1542-1553, 2013.

ANTUNES, A. E. C.; MARASCA, E. T. G.; MORENO, I.; DOURADO, F. M.; RODRIGUES, L. G.; LERAYER, A. L. S. Desenvolvimento de buttermilk probiótico. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27, 83-90, 2007.

BACHMANN, H. Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*, 11, 505-515, 2001.

BALDISSERA, A. C.; BETTA, F. D.; PENNA, A. L. B.; LINDNER, J. D. D. Alimentos funcionais: Uma nova fronteira para desenvolvimento de bebidas protéicas a base de soro de leite. *Ciências Agrárias*, 32, 1497-1512, 2011.

BAZZANO, L. A.; GREEN, T.; HARRISON, T. N.; REYNOLDS, K. Dietary to prevent hypertension. *Curr. Hypertens Rep.*, 15, 694-702, 2013.

BERGER, W.; KLOSTERMEYER, H.; MERKENICH, K.; UHLMANN, G. *Processed cheese manufacture: a JOHA Guide*. Ladenburg: BK Ladenburg, 238p, 1989.

BIGLIARDI, B.; GALATI, F. Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 31, 118-129, 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução nº 19, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico de procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: Outubro de 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 3.092, de 04 de dezembro de 2007. Institui Grupo Técnico com o objetivo de discutir e propor ações conjuntas a serem implementadas para a melhoria da oferta de produtos alimentícios e promoção da



alimentação saudável. D.O.U - Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 233, 05 de dezembro de 2007, Seção 1, p. 73. 2007. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/>. Acesso em: Outubro de 2014.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa de orçamentos familiares, 2008-2009. Despesas, Rendimentos e Condições de Vida. Rio de Janeiro. p. 280. 2010

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Guia de boas práticas nutricionais: Documento de Referência. Agência Nacional de Vigilância Sanitária/ Ministério da Saúde. Brasília- DF. p. 12. 2012. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/b613290046c11dd1840afc2e64280806/B>. Acesso em: 28 out de 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Diretrizes e recomendações para o cuidado integral de doenças crônicas não-transmissíveis: promoção da saúde, vigilância, prevenção e assistência. Brasília, 2008. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/>. Acesso em: Outubro de 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Coordenação-Geral da Política de Alimentação e Nutrição. Guia Alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável, Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Ministério da Saúde e Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação firmam parceria para reduzir teor de sódio nos alimentos. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/>. Acesso em: Outubro de 2014.

CAMPOS, S. D. S. Reologia de requeijão e outros queijos fundidos. In: Martins, J. F. P.; Fernandes, A. G. (Ed.) *Processamento de requeijão cremoso e outros queijos fundidos*. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, Cap. 11, p.XII-XI8, 1981.

CARVALHO, A. F. A.; NETO, P. DE O.; SILVA, D. F. DA; PASTORE, G. M. Xylo-oligosaccharides from lignocellulosic materials: chemical structure, health benefits and production by chemical and enzymatic hydrolysis. *Food Research International*, 51, 75-85, 2013.

CERNÍKOVÁ, M.; BUNKA, F.; POSPIECH, M.; TREMLOVÁ, B.; HLADKÁ, K.; PAVLÍNEK, V.; BREZINA, P. Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*, 20, 336-343, 2010.

CRUZ, A. G., CADENA, R. S., GRANATO, D., FARIA, J. A. F; BOLINI, H. M. A. Sensory analysis: relevance for probiotic, prebiotic and symbiotic food development. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 292-302, 2010.

CRUZ, A. G.; FARIA, J. A. F.; POLLONIO, M. A. R.; BOLINI, H. M. A.; CELEGHINI, R. M. S.; GRANATO, D.; SHAH, N. P. Cheese with reduced sodium content: Effectas on functionality, public health benefits and sensory properties. *Trends in Food Science & Technology*, 22, 276-291, 2011a.

CRUZ, A. G.; CADENA, R. S.; FARIA, J. A. F.; OLIVEIRA, C. A. F.; CAVALCANTE, R. N.; BONA, E.; BOLINI, H. M. A.; SILVA, M. A. A. P. Consumer acceptability and purchase intent of probiotic yoghurt with added glucose oxidase using sensometrics, artificial neural networks and logistic regression. *International Journal of Dairy Technology*, 64, 549-556, 2011b.

CUNHA, C. R.; VIOTTO, W. H. Casein peptization, functional properties, and sensory acceptance of processed cheese spreads made with different emulsifying salt. *Journal of Food Science*, 75, C113-C120, 2010.

CUNHA, C. R.; ALCÂNTARA, M. R.; VIOTTO, W.H. Effect of the type of emulsifying salt on microstructure and rheological properties of “requeijão cremoso” processed cheese spreads. *Journal of Food Science*, 77, E176-E181, 2012.

DOSSIE REQUEIJÃO. Requeijão é tudo igual? Claro que não. *Pizzas & Massas*, 9, 64-67, 2013.

DOYLE, M. E.; GLASS, K. A. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 44-56, 2010.

EMBRAPA GADO DE LEITE. *Produção brasileira de queijo*. Disponível em: <http://www.cnpqgl.embrapa.br/producao/04industria/tabela04.24.php>. Acesso em 5 jun. 2006.

EUROMONITOR, I. Health and wellness: Global performance in 2014. Disponível em: <http://blog.euromonitor.com/2014/09/health-and-wellness-global-performance-in-2014.html#more>. Acesso em: Outubro de 2014.

FDA. Food and Drug Administration. Notification for Shangdong Longlive Biotechnology Xylooligosaccharides. GRAS Notice (GRN) n.º 458. January, 2013. Disponível em: <https://www.fda.gov/downloads/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/NoticeInventory/ucm349361.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2017.

FELÍCIO, T. L.; ESMERINO, E. A.; CRUZ, A. G.; NOGUEIRA, L. C.; RAICES, R. S. L.; DELIZA, R.; BOLINI, H. M. A.; POLLONIO, M. A. R. Cheese. What is its contribution to the sodium intake of Brazilians? *Appetite*, 66, 84-88, 2013.

FERNANDES, A. G.; MARTINS, J. F. P. Fabricação de requeijão cremoso a partir de massa obtida por precipitação ácida a quente de leite de búfala e de vaca. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 35(212), 7-13, 1980.

FERNANDES, A. G.; VALLE, J. L. E.; CAMPOS, S. D. S.; MORI, E. E. M. Formulação de sais emulsificantes para a elaboração de requeijão cremoso e outros tipos de queijos fundidos. Parte I. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 40(237), 27-39, 1985a.

FERNANDES, A. G.; VALLE, J. L. E.; CAMPOS, S. D. S.; MORI, E. E. M. Formulação de sais emulsificantes para a elaboração de requeijão cremoso e outros tipos de queijos fundidos. Parte II. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 40(238), 27-39, 1985b.

FINEGOLD, S. M.; LI, Z.; SUMMANEN, P. H.; DOWNES, J.; THAMES, G.; CORBETT, K.; DOWD, S.; KRAK, M.; HEBER, D. Xylooligosaccharides increases bifidobacteria but not lactobacilli in human gut microbiota. *Food & Function*, 5, 436-445, 2014.

FLATCHER, A. Selako salt replacer targets health-conscious consumers. Disponível em: <http://www.foodnavigator.com/Science-Nutrition/Selako-salt-replacer-targets-health-conscious-consumers>. Acesso em: Outubro de 2014.

FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; MCSWEENEY, P. L. H. Cheese Rheology and Texture. In: Fox, P. F.; Guinee, T. P.; Cogan, T. M.; Mcsweeney, P. L. H. *Fundamentals of Cheese Science*. Gaithersburg: Aspen, Cap.13, p.305-340, 1998.

FRANCK, A.; COUSSEMENT, P. Multi-functional inulin. *Food Ingredients and Analysis International*, 8-10, 1997.

GARRUTI, D. S.; BRITO, E. S.; BRANDÃO, T. M.; UCHÔA, P.; SILVA, M. A. A. P. Desenvolvimento do perfil sensorial e aceitação de requeijão cremoso. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23(3), 434-440, 2003.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebióticos. *Journal of Nutrition*, 125, 1401-1412, 1995.

GIGANTE, M. L. Requeijão cremoso obtido por ultrafiltração de leite préacidificado adicionado de concentrado protéico de soro. Campinas. 122p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 1998.

GLENN, T.A.; DAUBERT, C.R.; FARKAS, B.E.; STEFANSKI, L.A. A statistical analysis of creaming variables impacting process cheese melt quality. *Journal of Food Quality*, 26, 4, 299-321, 2003.

GOLDSTEIN, P.; LESHEM, M. Dietary sodium, added salt, and serum sodium associations with growth and depression in the U.S. general population. *Appetite*, 79, 83-90, 2014.

GOULAS, A. K.; FISHER, D. A.; GRIMBLE, G. K.; GRANDISON, A. S.; RASTALL, R. A. Synthesis of isomaltooligosaccharides and oligodextrans by the combined use of dextransucrase and dextranase. *Enzyme and Microbial Technology*, 35, 327-338, 2004.

GRIMES, C. A.; NOWSON, C. A.; LAWRENCE, M. An evaluation of the reported sodium content of Australian food products. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 2219-2229, 2008.

GUERREIRO, I., COUTO, A., MACHADO, M., CASTRO, C., POUÇÃO-FERREIRA, P., OLIVA-TELES, A., ENES, P. Prebiotics effect on immune and hepatic oxidative status and gut morphology of white sea bream (*Diplodus sargus*). *Fish Shellfish Immunol.* 50, 168-174, 2016.

GUINEE, T. P.; FOX, P. F. Salt in cheese: physical, chemical and biological aspects. In: Fox, P. F.; McSweeney, P. H. L.; Cogan, T. M.; Guinee, T. P. (Eds.), *Cheese*

*chemistry. Physics and Microbiology* (3rd Ed), Vol. 1, Amsterdam: Elsevier Academic Press, 207-259, 2004.

GUINEE, T. P.; O'KENNEDY, B. T. Reducing the level of added disodium phosphate alters the chemical and physical properties of processed cheese. *Dairy Science & Technology*, 92, 469-486, 2012.

HE, F. J., BURNIER, M.; MACGREGOR, G. A. Nutrition in cardiovascular disease. Salt in hypertension and heart failure. *European Heart Journal*, 32, 3073–3080, 2011.

HLADKÁ, K.; RANDULOVÁ, Z.; TREMLOVÁ, B.; PONIZIL, P.; MANCÍK, P.; CERNÍKOVÁ, M.; BUNKA, F. The effect of cheese maturity on selected properties of processed cheese without traditional emulsifying agents. *LWT – Food Science and Technology*, 55, 650-656, 2014.

HOFFMANN, W.; GARTNER, J.; LUCK, K.; JOHANNSEN, N.; MAURER, A. Effect of emulsifying salts containing potassium on the quality of block-type processed cheese. *International Dairy Journal*, 25, 66-72, 2012.

HUEBNER, J.; WEHLING, R. L.; PARKHURST, A.; HUTKINS, R. W. Effect of processing conditions on the prebiotic activity of commercial prebiotics. *International Dairy Journal*, 18, 287-293, 2008.

JAIN, I.; KUMAR, V.; SATYANARAYANA, T. Xylooligosacharides: na economic prebiotic from agroresidues and their health benefits. *Indian Journal of Experimental Biology*, 53, 131-142, 2015.

JOHNSON, M. E.; KAPOOR, R.; MCMAHON, D. J.; MCCOY, D. R.; NARASIMMON, R. G. Reduction of sodium and fat levels in natural and processed chesses: Scientific and technological aspects. *Food Science and Food Safety*, 8, 252-268, 2009.

KENTEN, C.; BOULAY, A.; ROWE, G. Salt. Uk Consumers' Perceptions And Consumption Patterns. *Appetite*, 70, 104-111, 2013.

KHAN, R. S.; GRIGOR, J.; WINGER, R.; WIN, A. Functional Food Product Development – Opportunities And Challenges For Food Manufacturers. *Trends In Food Science & Technology*, 30, 27-37, 2013.

KOTILAINEN, L.; RAJALAHTI, R.; RAGASA, C.; PEHU, E. Health Enhancing Foods: Opportunities For Strengthening The Sector In Developing Countries. Discussion Paper 30. Washington, Dc: Word Bank, 2006.

LIU, H.; XU, X. M.; GUO, S. D. Comparison Of Full-Fat And Low-Fat Cheese Analogues With Or Without Pectin Gel Through Microstructure, Texture, Rheology, Thermal And Sensory Analysis. *International Journal Of Food Science And Technology*, 43, 1581-1592, 2008.

MCLEAN, R., HOEK, J.; HEDDERLEY, D. Effects Of Alternative Label Formats On Choice Of High- And Low-Sodium Products In A New Zealand Population Sample. *Public Health Nutrition*, 15, 783–791, 2012.

- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. *Sensory Evaluation Techniques*. Boca Raton: Crc Press. 218p, 2004.
- MENRAD, K. Innovations In The Food Industry In Germany. *Research Policy*, 33, 845-878, 2004.
- MEYER, A. *Process cheese manufacture*. London: Food Trade Press. 360p, 1973.
- MHURCHU, C. N. Sodium Content Of Processed Foods In The United Kingdom: Analysis Of 44000 Foods Purchased By 21000 Households. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, 93, 596-598, 2011.
- MILKPOINT. Relatório Mostra Tendências Globais No Mercado De Queijos. Disponível Em: [Http://Www.Milkpoint.Com.Br/Cadeia-Do-Leite/Giro-Lacteo/Relatorio-Mostra-Tendencias-Globais-No-Mercado-De-Queijos-89764n.AspX](http://Www.Milkpoint.Com.Br/Cadeia-Do-Leite/Giro-Lacteo/Relatorio-Mostra-Tendencias-Globais-No-Mercado-De-Queijos-89764n.AspX). Postado Em 30/06/2014. Acesso Em: Outubro De 2014.
- MIREMADI, F.; SHAH, N. P. Applications Of Inulin And Probiotics In Health And Nutrition. *International Food Research Journal*, 19, 1337-1350, 2012.
- MITSUOKA, T. Development Of Functional Food. Bioscience Of Microbiota, *Food And Health*, 33, 117-128, 2014.
- MOSHFEGH, A. J., HOLDEN, J. M., COGSWELL, M. E., KUKLINA, E. V., PATEL, S. M., GUNN, J. P., GILLESPIE, C.; GALUSKA, D. A. Vital Signs: Food Categories Contributing The Most To Sodium Consumption - United States, 2007-2008. *Morbidity And Mortality Weekly Report* , 61, 92-98, 2012.
- MORENO-ROJAS, R.; POZO-LARA, R.; ZURERA, G. C.; LOPEZ, A. M. Calcium, Magnesium, Manganese, Sodium And Potassium Variations In Manchego-Type Cheese During Ripening. *Food Chemistry*, 50, 373–378, 1993.
- MOURE, A.; GULLÓN, P.; DOMÍNGUEZ, H.; PARAJÓ, J. C. Advances In The Manufacture, Purification And Applications Of Xylo-Oligosaccharides As Food Additives And Nutraceuticals. *Process Biochemistry*, 41, 1913-1923, 2006.
- NAVAS, J. S. R. *Fundamentos De Reología De Alimentos*. Jsr E-Book: Colombia, 2006.
- NEWSON, R. S.; ELMADFA, I.; BIRO, GY; CHENG, Y.; PRAKASH, V.; RUST, P.; BARNA, M.; LION, R.; MEIJER, G. W.; NEUFINGERL, N.; SZABOLCS, I.; ZWEDEN, R.; YANG, Y.; FEUNEKES, G. I. J. Barriers For Progress In Salt Reduction In The General Population. An International Study. *Appetite*, 71, 22-31, 2013.
- OLIVEIRA, J. S. *Queijo: Fundamentos Tecnológicos*. Campinas: Ícone. 146p, 1986.
- PATEL, S.; GOYAL, A. The Current Trends and Future Perspectives Of Prebiotics Research: A Review. *Biotech*, 2, 115-125, 2012.
- PRENTICE, J. H.; LANGLEY, K. R.; MARSHALL, R. J. Cheese Rheology. In: Fox, P. F. (Ed.) *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*. London: Chapman&Hall. 1(8), 303-340, 1993.

- RASTALL, R. A.; GIBSON, G. R. Recent developments in prebiotics to selectively impact beneficial microbes and promote intestinal health. *Current Opinion in Biotechnology*, 32, 42–46, 2014.
- REDDY, K. S.; KATAN, M. B. Diet, Nutrition And The Prevention Of Hypertension And Cardiovascular Diseases. *Public Health Nutrition*, 7, 167-186, 2004.
- RIVERO-URGELL, M.; SANTAMARIA-ORLEANS, A. Oligosaccharides: Application In Infant Food. *Early Human Development*, 65, S43-S52, 2001.
- ROBERFROID, M. B. Inulin-Type Fructans: Functional Food Ingredients. *Journal Of Nutrition*, 137(11), 2493s-2502s, 2007.
- ROSA, C. De O. B.; COSTA, N. M. B. Alimentos Funcionais: Histórico, Conceitos E Atributos. In: *Alimentos Funcionais – Componentes Bioativos E Efeitos Fisiológicos*. Rio De Janeiro: Editora Rubio, 535p, 2010.
- SAAD, S. M. I. Probióticos E Prebióticos: O Estado Da Arte. *Revista Brasileira De Ciências Farmacêuticas*, 42, 1-16, 2006.
- SAKO, T.; MATSUMOTO, K.; TANAKA, R. Recent Progress On Research And Applications Of Non-Digestible Galactooligosaccharides. *International Dairy Journal*, 9, 69-80, 1999.
- SANDERS, M. E.; MARCO, M. L. Food Formats For Effective Delivery Of Probiotics. *Food And Scienci Technolgy*, 1, 65-85, 2010.
- SANTOS, R. B.; BARBOSA, L. P. L.; BARBOSA, F. H. F. Probióticos: Micrororganismo Funcionais. *Ciência Equatorial*, 1, 26-38, 2008.
- SIRÓ, I.; KÁPOLNA, E.; KÁPOLNA, B.; LUGASI, A. Functional Food. Product Development, Marketing And Consumer Acceptance – A Review. *Appetite*, 51, 456-467, 2008.
- SLOAN, A. E. The Top Ten Functional Food Trends. *Food Technology*, 54, 33-62, 2000.
- SPENCE, J. T. Challenges Related To The Composition Of Functional Foods. *Journal Of Food Composition And Analysis*, 19, S4-S6, 2006.
- TAAL, M. W., CHERTOW, G. M., MARSDEN, P. A., SKORECKI, K., YU, A. S. L., BRENNER, B. M. *Brenner And Rector's The Kidney*. Saunders Elsevier, 2011.
- VAN DENDER, A. G. F.; SPADOTI, L. M.; ZACARCHENCO, P. B.; TRENTO, F. K. H. S.; ALVES, A. T. S.; MENDES, T. Q.; ORMENESE, R. C. S. C.; YOTSUYANAGI, K. Optimisation Of The Manufacturing Of Processed Cheese Without Added Fat And Reduced Sodium. *Australian, Journal Of Dairy Technology*, 65, 217-221, 2010.
- VAN DENDER, A. G.; SPADOTI, L. M.; ZACARCHENCO, P. B.; GALINA, D. A.; ALVES, A. T. S. Requeijão Cremoso: Pesquisas E Inovações Tecnológicas Do Século XXI. *Leite & Derivados*, 133, 86-97, 2012.

VÁZQUEZ, M. J.; ALONSO, J. L.; DOMÍNGUEZ, H.; PARAJÓ, J. C. Xylooligosaccharides: Manufacture And Applications. *Trends In Food Science & Technology*, 11, 387-393, 2000.

WANG, Y. Prebiotics: Present And Future In Food Science And Technology. *Food Research International*, 42, 8-12, 2009.

WHELTON, P. K. Sodium, Potassium, Blood Pressure, And Cardiovascular Disease In Humans. *Curr. Hipertens Rep.*, V. 16, P. 465, 2014.

WHELTON, P. K.; HE, J. Health Effects Of Sodium And Potassium In Humans. *Nutrition And Metabolism*, 25(1), 75-79, 2014.

WHO. World Health Organization. Reducing Salt Intake In Populations. Geneva: Who Document Production Services. 2007. Disponível Em: [Http://Www.Who.Int/Dietphysicalactivity/Reducingsaltintake\\_En.Pdf](http://www.who.int/dietphysicalactivity/reducingsaltintake_en.pdf). Acesso Em: Outubro De 2014.

WHO. World Health Organization. Global Health Risks: Mortality And Burden Of Disease Attributable To Selected Major Risks. 2009. Disponível Em: [Http://Www.Who.Int/Healthinfo/Global\\_Burden\\_Disease/Globalhealthrisks\\_Report\\_Full.Pdf](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/globalhealthrisks_report_full.pdf). Acesso Em: Outubro De 2014.

WHO. World Health Organization. Guideline. Sodium Intake For Adults And Children. Geneva. 2012.

WYNESS, L. A.; BUTRISS, J. L.; STANNER, S. A. Reducing The Population's Sodium Intake. The Uk Food Standards Agency's Salt Reduction Programme. *Public Health Nutrition*, 15, 254-261, 2012.

ZEHREN, V. L.; NUSBAUM, D. D. *Process cheese*. Madison: Cheese Reporter Publishing Company. 363p, 1992.

**CAPÍTULO 2: DEVELOPING HEALTHIER PROCESSED CHEESE:  
REDUCTION OF FAT AND SODIUM CONTENT AND ADDITION OF  
PREBIOTIC INGREDIENTS**

Publicado em Food Research International, 86 (2016): 93-102



## 1. Introduction

Recently using cheese especially as a food ingredient has been increased due to the growth demands for ready meals segment (Guinee, Carić et al. 2004; Guinee and O'Callaghan 2013). Processed cheese products may be considered stable oil-in-water emulsions that are obtained from natural cheeses/dairy proteins and edible oils/fats with the addition of emulsifying agents and other dairy and nondairy ingredients, which are subjected to heating and continuous mixing processes to give a final smooth and homogeneous product (Hosseini-Parvar, Matia-Merino et al. 2015; Tsujii and Shirotani 2015). Processed cheese differs from conventional cheese since it is not obtained from traditional processes, which involve lactic fermentation directly from milk or direct acidification of milk using organic acid. Besides the ingredients in the formulation, the physicochemical, technological, and microbiological aspects can directly affect the properties of processed cheese (Davison, Schwimmer et al. 1993; Merrill and Singh 2014).

Regarding the U.S. Food and Drug Administration standards, only the products prepared using natural cheese and melting salts (not more than 3%) with defined moisture (less than 43%) and fat contents (more than 47%) can be categorized as processed cheese (Chang 1979; Lee, Anema et al. 2004; Gliguem, Ghorbel et al. 2009). Processed cheese products beyond this categorization can be classified as different groups as processed cheese foods, processed cheese spreads or processed cheese analogues (Sołowiej, Cheung et al. 2014; Hanaei, Cuvelier et al. 2015).

Different cheeses are foods with a high nutritive value which are suitable sources of calcium, phosphorus, and proteins, and their regular intake together with a balanced diet allied to healthy life habits confer some benefits, such as decreasing the lactose intolerance signs, protection against intestinal infections, lower risk of colon cancers, better bowel movements, among others (Davis, Blayney, & Guthrie, 2013; Gupta & Reuter, 1992). Processed cheeses are mainly applied as ingredients in prepared foods, namely pizzas, cheese burgers and sauces (Tamime, 2011). On the other hand, it is generally accepted that most of cheeses provide high levels of fats and sodium to the diet (Fouladkhah, Berlin, & Bruntz, 2015; Guinee & O'Callaghan, 2013). The equilibrium between maintaining the mentioned benefits in the food matrix and the necessities of the consumer market is an object that must be considered by the food

industry, mainly when these products are consumed as ingredients in many types of processed cheeses.

Currently, the increased prevalence of non-communicable chronic diseases, especially obesity and hypertension has been recognized as a serious public health problem (Robert-McComb, Bustamante-Ara et al. 2014; Reeve and Magnusson 2015). Because of this, consumers seek to purchase products with reduced salt and fat, both for weight loss as for caring health.

Foods with low fat content have been available to consumers for decades and constantly new products with similar properties are introduced into the market, making possible that fat intake can be maintained within the recommended healthy limits (Nagao, Wang et al. 2003; Lobato-Calleros, Reyes-Hernández et al. 2007). The mechanical properties, textural aspect and also the products acceptance by the consumers are the main factors must be considered during the manufacture of reduced fat products.

Salt (sodium chloride) has been considered as a food additive which enhances the human health either via killing or limiting the growth of food-borne pathogens and spoilage organisms (Ross, Morgan et al. 2002). It is now believed by some that salt may be a potential health hazard, so its reduction is gaining an extreme international attention (Doyle and Glass 2010; Cruz, Faria et al. 2011). However, salt and sodium containing ingredients are mainly added to processed cheese as an emulsifying agent, some other functions are also important for their additions which are mentioned in Figure 1. When there is a decrease of the sodium salt levels in food, other food additives need to be added. These substances are intended to ensure food safety, flavor, overall quality and texture of the food (Taormina 2010).

In order to reduce populations' salt and fat intake, different stages must be observed, including: data collection, finding standards and food types, increasing public consciousness in addition to monitoring and assessment. Promoting the food reformulation in the food industry is a challenge of this frame (Barr 2010; Pérez-Cueto, Aschemann-Witzel et al. 2012). The food reformulation represents a few changes in the processed foods composition to create a healthier product (Golan and Unnevehr 2008; Uauy, Aro et al. 2009). These modifications include: limiting the addition of ingredients

like salt, *trans*-fatty acids (TFA), saturated fatty acids (SFA) and sugar which are thought to be connected with negative health effects including obesity, diabetes, CHD and stroke (Mozaffarian, Katan et al. 2006; Walther, Schmid et al. 2008; Kloss, Meyer et al. 2015).

Another alternative for food companies is the use of prebiotic ingredients in the manufacture of dairy products, including cheeses. Prebiotics are short-chain carbohydrates with a degree of polymerization between two and about sixty that cannot be metabolized (enzymatically) by humans (Al-Sheraji et al., 2013). The development of functional foods, mainly those in the prebiotic category, plays an important role in modern food industry, especially in the dairy industry (Alves et al., 2013; Cruz et al., 2013; Morais, Morais, Cruz, & Bolini, 2014). In the GI tract, prebiotics selectively stimulate indigenous beneficial bacteria, such as bifidobacteria and lactobacilli. By changing the composition and functionality of the microbiota, prebiotics play a role not only by facilitating competitive exclusion of potential pathogens, but also in modulating the immune system and enhancing host defenses (Saulnier, Spinler, Gibson, & Versalovic, 2009).

Finally, taking into account by one hand the high demand for processed cheese and the consumers' awareness about the effects of salt and fat consumption and by the other hand the popularity and efficacy of adding prebiotic compounds to food products, this review article is addressed to give an overview on the effects of fat and salt reduction with prebiotic addition on consumers' acceptability of processed cheese.

## **2. Current guidelines to reduce fat and sodium content in processed cheese**

### **2.1. Insights of effects of sodium intake and obesity**

Processed foods that are widely consumed by the population in many countries are potential sources of high levels of sodium (Buzzo et al., 2014; Capuano et al., 2013). In adults, the a high-sodium diet increase the blood pressure (hypertension), vascular and cardiac damage independent of high blood pressure, there may happen detrimental effects on calcium and bone metabolism, increased risk of stomach cancer, severity of asthma. In children, there might occur development of hypertension later in life and a

tendency for children to prefer foods with high salt content due to suppressed salt taste receptors (Strazzullo, D'Elia, Kandala & Cappuccio, 2009). Herein, governmental and health agencies worldwide have set the maximum limit of sodium intake for children and adults. Table 1 contains the upper limits of sodium intake for adults in different countries.

**Table 1**  
Upper limit (maximum level) of sodium intake for adults in different countries.

Region	Maximum daily intake – sodium (g/day)	Reference
United States	<2.3 g	CDC (2015)
Canada	<2.3 g (maximum limit) and <1.5 g (ideal maximum limit)	Health Canada (2012)
European Union	<5 g salt	WHO (2012)
Mercosul (Argentina, Brazil, Paraguay, Uruguay, Venezuela, Chile, Bolivia)	<2.4 g	Mercosul (2015)

According to the Obesity Society (2015), Latin America has experienced epidemiologic and nutritional transitions that have contributed to the high rates of overweight and obesity, in which estimates reach up to 60% and 70% (in adults) in some countries (Costa Rica and Argentina, respectively) and about 37% in children (5–11 yo) and adolescents (12–19 yo). One big problem related to obesity is the interlinked factor with type II diabetes: almost 90% of type II diabetic individuals are overweight or have diabetes. For instance, according to the WHO definition (WHO, 2015), an overweight individual has a body mass index greater of equal to 25, while obese people have a body mass index greater of equal to 30. The World Health Organization (WHO, 2015) stated that in 2014 there were 1.9 million adults ( $\geq 18$  yo) who were overweight, and 600 million of this number were obese. In children (5–11 years old), 42 million individuals were overweight or obese in 2013. Allied to the increase in physical inactivity (sedentary life style), the consumption of energy-dense foods and beverages, especially high-fat ones, are the fundamental causes of obesity and overweight worldwide. As cheese is a rich source of fats (higher energy value), the manufacture of low-fat cheese that has similar sensory properties compared to the conventional counterpart, is a suitable technological strategy.

In this aspect, foods that are stated as “reduced-sodium” or “reduced-fat” must have at least a 25% reduction in their sodium or fat levels, respectively, compared to their conventional forms. If a food is labeled as “low-fat,” it is critical to have a maximum fat content of 3 g per reference quantity, ensuring that the reference amount is not less than 50 g (Felicio et al., 2013). Products that have a reference amount of less than 50 g, such as cheese, must meet the fat requirement of 3 g fat in 50 g (Miller, Jarvis, Jarvis, & McBean, 2006). For foods labeled as low sodium, the product must include less than 140 mg sodium per 50 g (FDA, Food and Drug Administration, 2008), which is equivalent to 0.7% salt.

Normal sodium amounts of processed cheese establishing concentration ranges between 325 to 798 mg/50 g cheese (USDA, 2014). A reduced-sodium processed cheese should have approximately a maximum of 244 to 600 mg/50 g of sodium and a low-sodium processed cheese need to contain  $\leq 140$  mg/50 g of sodium. According to the FDA maximum permitted fat contents in PC, processed cheese food, and processed cheese spread are 30%, 23%, and 20%, respectively (Johnson Kapoor, McMahan, McCoy, & Narasimmon, 2009). Therefore, the maximum fat content for a reduced-fat PC will be 22.5%. Similarly, the maximum fat content for reduced-fat PCF must be 17.25% and for reduced-fat PC will be 15% (FDA, 2008).

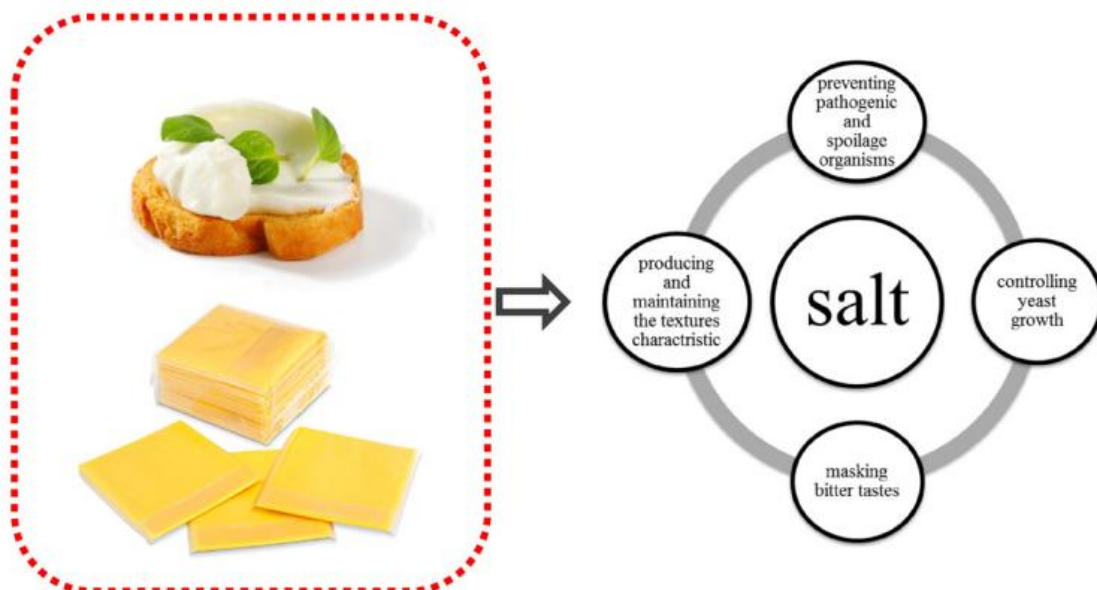


Fig. 1. The original purposes of salt in processed cheeses.

### 3. Reduced-fat processed cheese

#### 3.1. The role of fat and the effect of its reduction in processed cheese

Recently reduced-/low-fat processed cheese products have been come into the market. The fat content can be substituted by water, protein or other compounds not normally found in cheese (Banks 2004), like gums and stabilizers (Tamime 2011), resulting in a considerably different composition compared to their standard equivalents. As an example, a reduced-fat processed cheese may present a moisture content as high as 73% and a fat level between 10 and 24% (Lee, Anema et al. 2004), whereas the full-fat product may have a moisture level between 44 and 60% and a fat content higher than 20% (CHEESE 1991; Guinee, Mulholland et al. 2007)

The fat present in processed cheese is mainly resulted from the natural cheese which is used as its principal ingredient (around 90%) (Carić and Kaláb 1999; Bachmann 2001), however some other minor sources of other dairy ingredients, like dried cream and anhydrous milk fat also contribute to the total fat content of the final product (Tamime, Muir et al. 1999). Therefore, using a lower-fat containing natural cheese as an ingredient for processed cheese production is one of the best ways to manufacture a reduced fat processed cheese (Hauerlandová, Lorencová et al. 2014). The estimated fat content of various components of a processed cheese formula is presented in Table 2.

**Table 2**  
Contribution of fat components of various food ingredients that are used in the manufacture of processed cheese.

Ingredient	Contribution of fat (% w/w)
Natural cheese	26.5
Dried cream	2.3
Non-fat dried milk	-
Whey powder	-
Butter oil (anhydrous)	1.9
Whey protein concentrate	-
Emulsifying salt	-
Salt	-
Acidifying agent	-
Mold inhibitor	-
Water	-
Total	30.7

In order to reduce processed cheese fat content to a value not higher than 25% to apply a reduced-fat state, a reasonably easier solution is to remove fat from other fat-rich dairy ingredients and interchange them with a proper fat substitute. It is worthy to note that manufacturing a processed cheese with a highly reduced fat content needs the successful manufacture of a lower-fat natural cheese base with acceptable textural and sensory characteristic (Johnson, Kapoor et al. 2009; Kumar 2012). Previous researches also indicated that the flavor and texture of natural cheese will also be affected during the fat reduction that must be considered for its usage as an ingredient for reduced fat processed cheese (Green and Manning 1982; Doyle and Glass 2010). Despite the numerous researches attempting to develop lower-fat containing processed cheese, currently very limited reduced-fat, low-fat, or fat-free processed cheeses are sold all over the world (Mistry 2001).

### **3.2. Sensory attributes of fat-reduced processed cheese**

Muir and others (1997) studied the sensory characteristics of 16 commercial processed cheese samples (PC) selected on the basis to comprise different brands as well as the full-fat, reduced-fat, and/or low-fat versions within each brand. Considering the results of this study which evaluated full-fat PC (58% moisture, 21% fat) reduced-fat PC (60% fat reduction, 63% moisture, and 8.4% fat) and low-fat PC (63% moisture, 3% fat) from the same manufacturer, it was observed that reducing the fat amount resulted in a decreased creaminess with in increasing the acid and bitter properties of the PC (Johnson, Kapoor et al. 2009). Furthermore this reduction resulted in increased graininess, stickiness, and decreased spread ability and the overall sensory acceptability of the PC. Thus, the researches were mainly focusing on the manufacture of a reduced-fat, low-fat, and/or fat-free based on reduced natural cheese up to now (Finnocchiaro 1997; Moran, Mehnert et al. 2006; Johnson, Kapoor et al. 2009). These modifications, however, resulted in the production of processed cheese that had a lower fat content, but the texture, flavor and functional properties were not improved (Mistry 2001; Banks 2004; Johnson and Lucey 2006; Kapoor and Metzger 2008). Recently, research has also concerned, the use of a lower-fat cheese base, with the inclusion of different fat replacers at various levels in a processed cheese formula in order to successfully obtain a product with acceptable texture, flavor, and functional properties.

### 3.3. Production aspects of reduced-fat processed cheese

The study conducted by Roller and Jones (2010) showed that the production of low/reduced-fat processed cheese can be classified into two major categories, with or without fat replacer, as illustrated in Fig. 2. Fat replacers can be categorized as fat substitutes and as fat mimetics (Roller & Jones, 2010). Fat substitutes are mainly lipid-based macromolecules that are similar to fats and oils both physically and/or chemically such as: sucrose fatty acid esters and polyesters, carbohydrate fatty acid esters, various emulsifiers (such as mono and diglycerides, lecithin), and structured lipids (such as medium chain triacylglycerols) (Miele, 2013).

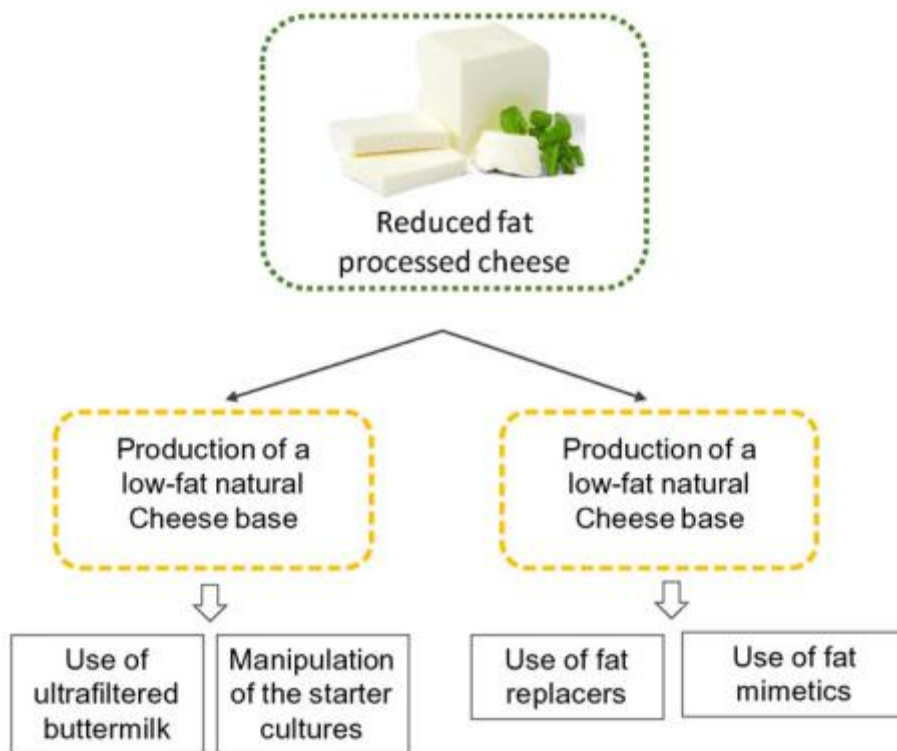


Fig. 2. Different techniques to reduce fat content in processed cheese.

Fat mimetics are normally carbohydrate-based compounds (modified starches and hydrocolloids) or protein macromolecules that are considered to imitate the organoleptic and physical properties of fats mainly by water binding (Shahidi and Senanayake ; Gaonkar and McPherson 2014). Fat mimetics are generally carbohydrates or proteins exhibiting polar and water-soluble properties, which create a creaminess and lubricity state similar to full-fat products. Fat mimetic are not able to replace the



nonpolar functional properties of fat, like the flavor carrying ability (Guinee and Kilcawley 2004; Kumar 2012). Different hydrocolloids are used as fat mimetic which are presented in table 2.

The development of low-fat processed cheese is conditioned by the rheological parameters, since the product is heavily judged by sensory attributes such as appearance and texture, which is related to the microstructure of the product. Processing parameters capable of affecting cheese microstructure, which represent the physico-chemical balance of chemical molecules present in milk constituents, play a key role on the characteristics of the final product (Pereira, Gomes et al. 2009)

It could be desirable to obtain a processed cheese that meets specific functional properties according to its intended use, aspect that might be considered during the formulation stage. Thus, other desirable characteristics such as cohesiveness, adherence, and melting should be compatible with the final application of the cheese. So, a processed cheese destined to melt in the preparation of hot sandwiches, for example, must be elastic enough after heating (Kapoor and Metzger 2008).

### **3.3.1. Low-fat processed cheese**

Processing parameters capable of affecting cheese microstructure, which represent the coexistence of the milk constituents, play a key role on the characteristics of the final product. The quality of processed cheese, like any food, is directly linked to sensory attributes such as appearance, texture, and flavor, which should be in harmony so that the product is well-accepted (Foegeding, Çakir, & Koç, 2010). One of the main problems arising from fat reduction in cheese is the development of a firmer, less unctuous texture, compromising chewing. The opposite behavior is observed for high-fat cheeses (Rogers, McMahon, Daubert, Berry, & Foegeding, 2010).

To date, no raw material is able to replace all the fat properties, since its presence is closely related to both palatability and sensory characteristics such as body, taste, and texture. On the other hand, these substitutes are alternatives to produce foods to meet the needs of individuals with low-calorie or hypolipidic diets (Pinheiro & Penna, 2004). Various ingredients such as protein compounds (milk and eggs),

carbohydrates (gums, dextrans, maltodextrins, cellulose, polydextrose, inulin, and starches), and synthetic fats (dialkyl dihexadecyl malonate and sucrose polyester) may be used alone or in combination to produce low-fat cheeses (Diamantino & Penna, 2011). Among these, starch is one of the main fat substitutes used in the food industry to provide desirable characteristics to the final products. In contrast, Ferreira, Souza, Santos, Collares-Queiroz, and Steel (2012) pointed out that the production of these substitutes may be a difficult task, and sometimes their addition does not promote a significant reduction in the total energy value of the final product, due to the need for keeping its sensory properties (Table 3).

**Table 3**  
Studies on fat replacement in processed cheese.

Fat replacer	Technique of study	Conclusion and remarks	Reference
Resistant starch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Texture profile analysis and flow</li> <li>• Rheology</li> <li>• Sensory analysis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A good, firm cheese</li> <li>• Good meltability</li> <li>• Starches containing higher amylose contents (such as corn, potato, and wheat starch) are capable of increasing strength and reducing melting of processed cheeses.</li> </ul>	Noronha, O’Riordan, and O’Sullivan (2008)
Pectin gel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scanning electron microscopy</li> <li>• Rheological analysis</li> <li>• Texture profile analysis</li> <li>• Thermal analysis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lower-fat globules with weaker structure</li> <li>• Higher texture and mouthfeel scores</li> <li>• It decreases the melt enthalpy of the samples.</li> <li>• The hardness, gumminess, chewiness and adhesiveness and low-fat samples with pectin gel addition were more similar to the full-fat cheese analogs.</li> </ul>	Liu, Xu, and Guo (2008)
Lecithin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensory analysis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Its texture attributes were more similar to full-fat control cheeses.</li> <li>• Its texture acceptance scores were higher than scores for reduced-fat cheeses.</li> <li>• Lecithin improved processed cheese texture without negatively affecting acceptance</li> </ul>	Drake, Truong, and Daubert (1999)
Inulin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meltability and hardness</li> <li>• Scanning electron microscopy</li> <li>• Dynamic rheology</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Similar hardness</li> <li>• Values of <math>G'</math> and <math>G''</math> decreased with increasing temperature but at temperatures <math>&gt;55\text{ }^{\circ}\text{C}</math> increased for cheeses containing the higher level of inulin.</li> <li>• Lower level of honeycomb structures evident in the protein matrix relative to the control</li> <li>• Meltability, density, cohesiveness and viscosity increase</li> </ul>	Hennelly, Dunne, O’Sullivan, and O’Riordan (2006), Karimi et al. (2015), Solowiej et al. (2015)

Starch is not only an important carbohydrate for plants; it is also a source of energy for the subsequent levels of the food chain. In view of such relevance, many organisms have acquired the ability to produce enzymes that degrade this homopolysaccharide for subsequent release of glucose, a monomer that will serve as an energy substrate in catabolic pathways that occur intracellularly (Amaral, Gaspar, Costa, Aidar, & Buckeridge, 2007). In addition to the energetic contribution, starch has been used as an ingredient for processing of low-fat cheeses, which may represent benefits from the functional and economical points of view, because it is a raw material of vegetable origin and available in large quantity, with lower economic value when compared to dairy raw materials.

This polysaccharide can be obtained from various vegetables, being used for human consumption and in chemical, pharmaceutical, and textile industries. It is a semi-crystalline polymer having a fraction of amylose (linear chain with up to 3000 glucose

units linked primarily by  $\alpha$ -1,4 bonds) and amylopectin (branched polymer with a fraction formed by  $\alpha$ -1,4 bonds and in branch points by  $\alpha$ -1,6 bonds. Starch can have different amylose and amylopectin contents in proportions that usually vary around 1:3 and 1:4, depending on the type of vegetable (Amaral et al., 2007; Beninca et al., 2013).

Starch undergoes gelatinization (breaking of hydrogen bonds present in amylose and amylopectin with binding of water molecules) when heated in aqueous solution, which alters its chemical structure and increases the size of its granules, a condition which also increases paste viscosity. The viscosity, which varies according to its botanical origin, is a determining factor for the application of this carbohydrate in food products to obtain desirable rheological characteristics (Sarker et al., 2013).

The addition of starch to processed cheeses requires preliminary tests utilizing a wide range of operating parameters such as curd homogenization rate and heat treatment time and temperature. The measurement of rheological (firmness, adherence, rigidity modulus and storage) and functional (melting, browning, oil retention) properties in the final product as well as the conduction of affective sensory tests with potential consumers are also fundamental and required tasks.

Thus, it becomes imperative to know the interactions between milk proteins and starch (or amylose and amylopectin fractions), and their effects on dairy products have been researched. The association between these two components can lead to many interactions that affect the physicochemical characteristics of the products, including the effects of nutrients such as lactose and minerals on skim milk, even at low concentrations. Nevertheless, some interactions have not been elucidated, such as those between milk proteins and the surface of starch granule. Understanding these phenomena allows obtaining dairy products with higher sensory quality, especially with regard to consistency (Considini et al., 2011).

In addition to the technological benefits of starches, a portion of these nutrients can remain intact through the enzymatic action occurring during the digestive process. These fractions of complex carbohydrates that cannot be digested, and therefore are not used as energy sources by man, are also fermented by lactic acid-forming bacteria, such as resistant starch (Yang et al., 2006). Thus, these compounds also allow the proliferation and intestinal colonization by these microorganisms, called bacteroids and

bifidobacteria, similar to that observed for other prebiotic compounds (Lerayer et al., 2013).

The ratio between amylose and amylopectin fractions affects the rheological aspects of low-fat cheeses. Starches containing higher amylose contents (such as corn, potato, and wheat starch) are capable of increasing strength and reducing melting of processed cheeses (Mounsey & O'Riordan, 2008a), which are undesirable characteristics. In addition to the amylase/amylopectin ratio, the presence of proteins in the alimentary system may also affect the characteristics of the gel formed. Proteins increase gel strength due to the interactions with this carbohydrate, promoting increased density of proteins in the matrix and formation of elastic starch globules (Jamilah et al., 2009).

Native or unmodified starches have some limitations of use such as insolubility in cold water, viscosity, and thickness reduction after cooking, tendency to retrogradation and loss of ordered structure after gelatinization (causing syneresis). These disadvantages have led industry to develop modified starches, which are starches subjected to one or more physical or chemical changes. The physical changes may be achieved without using additives or biological agents, and involve techniques such as overheating, osmotic pressure, and pulsed electric fields. In contrast, the chemical changes involve derivatization mechanisms such as esterification, crosslinking, cationization and acidification (Ashogbon & Akintayo, 2014; Heertje, 2014). Enzymatic changes are also employed by using catalysts such as fungal $\alpha$ -amylase, which was used in the formulation of casein-reduced processed cheese made with addition of waxy starch partially degraded by this enzyme (Kiziloz, Cumhur, & Kilic, 2009). In processed cheeses, like Feta cheese, the effects of starch of tapioca and lecithin have already been investigated. In general, modified starches can be used as fat substitutes, texture enhancers, stabilizers, emulsifiers and thickeners (Abbas, Khalil, & Hussin, 2010). Pregelatinized starches of corn, waxy corn, wheat, potato, and rice can also be used in the manufacturing of processed cheeses, providing a reduction of melting and cohesion in different levels. In addition, it was observed that both starches and rennin compete for water (Mounsey & O'Riordan, 2008b), which may lead to undesirable changes in food.

In fact, starches from different dietary sources are used more often to increase viscosity and firmness of processed cheeses. Positive effects have been reported due to the addition of various types of starches, including starch with high content of amylose (Gampala & Brennan, 2008), potato starch with 21% amylose (Ye & Hewitt, 2009) and corn, rice and potato starch (Trivedi et al., 2008a,b) in processed cheeses, thus the starch–dairy protein interactions have been investigated (Mounsey & O’Riordan, 2008a,b).

#### **4. Low-sodium processed cheese**

Currently, there is a great concern on the excessive dietary sodium consumption, since this mineral has been associated to some coronary chronic diseases, such as systemic arterial hypertension (Cruz et al., 2011). Reducing sodium intake is the main focus of public health policies worldwide aimed to prevent and control hypertension (Felicio et al., 2013), which is characterized by systolic blood pressure  $\geq 140$  mm Hg or diastolic blood pressure  $\geq 90$  mm Hg in adults. It accounts for 62% of strokes and 49% of coronary heart disease. For instance, the prevalence of hypertension in many countries exceeds 25%, i.e., prevalence of 40% in Czech Republic, Slovenia, and Hungary (Kloss et al., 2015).

Hypertension represents a significant burden throughout the world with respect to quality of life and health care system resources, contributing directly to increased mortality and risk of cardiovascular diseases such as myocardial infarction, angina pectoris, heart failure, and stroke (Lollo et al., 2015). As a result of this global scenario, the World Health Organization issued a recommendation of a maximum intake of 5 g of salt per day for adults, corresponding to 2 g of sodium (WHO, 2012). However, several studies have shown that sodium intake in general population surpasses the maximum limit recommended and, therefore, many government programs and incentives are being deployed in different countries in order to minimize such practice. For example, in the USA, the FDA recommends a maximum amount of 2.4 g of sodium/day. Therefore, to execute an intervention that can be implemented on a large scale production is necessary to an understanding of the possible impediments for this kind of change (Newson et al., 2013).

Among dairy products, cheese makes a decisive contribution in daily sodium intake, thus changes in processes are required to meet the global recommendations of the Health Agencies (Felicio, Esmerino et al. 2013). In Brazil, a recent agreement between the Ministry of Health and the industrial sector aims to reduce sodium levels in many processed foods, including dairy products. The national goal is to remove 28,000 tonnes of sodium from foods by 2020 and among dairy products the goal is a reduction of 63% (Brasil, 2014) for *requeijao cremoso*, a typical Brazilian processed cheese, which illustrates the challenges to be overcome by the industrial sector.

Processed cheese is obtained from a mixture of cheeses at different ripening stages, salt, water, and emulsifying salts, such as citrate, sodium phosphate, or polyphosphate. During processing, the emulsifying salts play an important role ensuring homogeneous products with the desired consistency (Chen & Liu, 2012). The real effect of emulsifying salts is the cation exchange of calcium from insoluble calcium paracaseinate to sodium ions, which leads to the formation of more soluble sodium paracaseinate (Salek, Cernikova, Maderova, Lapcik, & Bunka, 2016). Their application is related to the chain peptization, dispersion, hydration, and swelling of the proteins, in addition to emulsification and stabilization of fat (Hoffmann, Gärtner, Lück, Johannsen, & Maurer, 2012). Indeed, salt reduction in processed cheese represents a factor of concern about the aspects related to its functional properties such as firmness and melting (Felicio et al., 2013).

The sodium content in processed cheese is conditioned mainly by the emulsifying salts that mostly contain sodium, together with the sodium chloride added to the curd, with percentages of 1.5-2.0% w/w (Johnson, Kapoor et al. 2009). Therefore, efforts to reduce sodium in processed cheese must involve the modification of one or two ingredients during the formulation and manufacture (Johnson, Kapoor et al. 2009). A usual technology alternative is the replacement of NaCl by potassium chloride (KCl), once the latter helps to maintain the salty taste, and allows reducing the salt content in food by up to 25% without no loss of palatability (Gomes, Cruz et al. 2011). A recent study using response surface methodology reported 27% reduction in overall sodium content of processed Mozzarella cheese through partial replacement of sodium chloride by potassium chloride (KCl) and also by using potassium-based emulsifying salts, i.e., potassium citrate and di-potassium phosphate. The processed cheese final formulation

included 30.96% of KCl and 2% of emulsifying as optimum, for obtaining a product with the maximum sensory scores. (Chavhan, Kanawjia et al. 2015)

In fact, emulsifying salts containing potassium as a replacement for sodium are commercially available and have been successfully used in processed cheese formulation. However, some changes were observed in the characteristics of the processed cheese, such as an increased fracture, higher firmness, lower melting capacity and protein solubility (Guinee and O’Kennedy 2012). Furthermore, these compounds present surface activity, probably due to protein with amino acids residues and capacity to decrease surface tension at low concentrations, resulting in an increase in viscosity of the continuous phase and thereby reducing the time required for coalescence of fat droplets. In general, positive changes in the compaction and rearrangement in the protein matrix of processed cheese elaborated with potassium emulsifying salts were observed (Černíková, Buňka et al. 2008; Černíková, Buňka et al. 2010).

Generally, the replacement of sodium chloride by other salts or its simple reduction leads to multifactorial problems in the manufacturing process of processed cheese, resulting in changes in physicochemical, rheological, functional, and sensory quality of the product (Felício et al. 2016).

## **5. Prebiotic-enriched processed cheese**

Prebiotic ingredients promote intestinal health by selectively stimulating the proliferation of beneficial microorganisms, what in turn contributes to defeat potential pathogens. Besides this they promote the intestinal transit, having a similar function to insoluble fiber (Rolim, 2015). According to published studies, the influence proliferation of colonic bacteria in organic metabolism, by regulating the immune response, intestinal absorption of glucose and lipid metabolism (Yang, Jieping et al., 2015). Prebiotics demand was USD 2.3 billion in 2012 and is estimated to reach USD 4.5 billion in 2018, growing at 11.4% between 2012 and 2018; Europe is the global leader in prebiotics and dominates the demand for these products since inulin was available as ingredient, accounting for over 40% of the overall market in 2011 (Before it’s new, 2013).

Prebiotics as non-digestible carbohydrates, change the composition and/or the activity of the gastrointestinal microbiota in a way that improves the host health (Gibson, Probert et al. 2004). They can bring about large (specific) shifts in the populations of bacterial groups in the gut ecosystem and direct carbon flux from carbohydrate substrates to metabolic end products like organic acids, which are thought to improve local and systemic health (Rastall and Gibson 2015). Different prebiotics are used in foods which are summarized in Table 4. Among these ingredients inulin, which behaves both like a soluble and fermentable fiber, is one of the best known (Akalin and Erişir 2008; Cardarelli, Buriti et al. 2008; Meyer, Bayarri et al. 2011) Inulin creates a defensive effect toward *Lactobacillus acidophilus* (Roller, Rechkemmer et al. 2004), *Lactobacillus casei* (Aryana and McGrew 2007; Donkor, Nilmini et al. 2007), *Lactobacillus paracasei* (Makras, Van Acker et al. 2005), *L. rhamnosus* (*Femia, Luceri et al. 2002*), *L. plantarum* (Altieri, Bevilacqua et al. 2011) and *Bifidobacterium* spp. (Roberfroid, Van Loo et al. 1998), to improve their endurance and activity throughout the storage of foods that contain these microorganisms. Among the studied oligosaccharides, inulin has more efficient prebiotic characteristics when compared to oligofructose, regarding aspects related to: fermentation activity and the bacterial community composition as similar as the human bacterial flora (Van de Wiele, Boon et al. 2007)

**Table 4**  
Prebiotic factors used in the manufacture of processed food products.

Prebiotic factor
Oligosaccharide
Fructo-oligosaccharides (oligofructose, inulin)
Fructan
Human kappa casein and derived glycomacropeptide
Stachyose and raffinose
Casein macropeptide
Lactitol (4-O-B-D-galactopyranosyl)/D-glucitol
Lactulose (4-O-B-D-galactopyranosyl)/D-fructose

Inulin is colorless and odorless, with a pleasant sweet taste, and can be dissolved in water (Chawla & Patil, 2010). Inulin is a reserve carbohydrate in different plants, consists of fructose molecules bound by links  $\beta$ -(2→1) fructosyl fructose being the term “fructan” used to describe such compounds (Delzenne, Cani, Daubioul, & Neyrinck, 2005; Ritsema & Smeekens, 2003; Tungland & Meyer, 2002). Inulin is able to create a



stable foam and emulsion when it is used in a gel form, and it has similar properties to fat (Akalin & Erişir, 2008; Franck, 2002; Guven, Yasar, et al., 2005). Inulin and oligofructose confer a rich taste in the product they are added by creating a good mouthfeel and textual characteristics similar to what is observed when fat is used in different products (Karimi, Azizi, Ghasemlou, & Vaziri, 2015)..

The physicochemical and functional properties of inulin are linked to degree of polymerization (DP) as well as the presence of branches. The short-chain fraction, oligofructose, is much more soluble and sweeter than native and long-chain inulin, and contributes to improve mouth-feel (Apolinário, de Lima Damasceno et al. 2014). It has also been demonstrated that only the longer chains inulin which has DP higher than 10 take part in gel formation, whereas the smaller one are still dissolved (Hébette, Delcour et al. 1998). Different parameters determine the gel formation ability of inulin including: the inulin structure type, inulin concentration, temperature, pH, the existence of ions ( e.g  $\text{Ca}^{2+}$ ), and the presence of other rheology modifiers components in the food system (Tungland and Meyer 2002). The interaction of inulin compounds with water described differently, as hydration, adsorption, absorption, binding, or holding.

The sweetness of inulin is about 10% of that of sucrose. By removing the smaller inulin molecules, the sweetness is eliminated and the gel-forming capabilities are enhanced (Schaafsma and Slavin 2015). In addition, gel formation by inulin in water solution depends on the presence of crystal seeds, in which the minimal crystal seeds concentration necessary to form stable gel structure after previous complete inulin dissolution was established as 0.02% which it results in a weak gel structure while a crystal seeds concentration of about 0.4 % was related to formation of strong stable gels, without significant change in the hardness (Glibowski, Pikus et al. 2014). The product structure and the presence of other ingredients especially hydrocolloids, can modify the rate and the extent of inulin crystallization and thus influence its functionality as fat replacer (Meyer, Bayarri et al. 2011). Spite of the inulin source determines its physicochemical characteristic like its length and particle size, it does not directly affect the WBC.

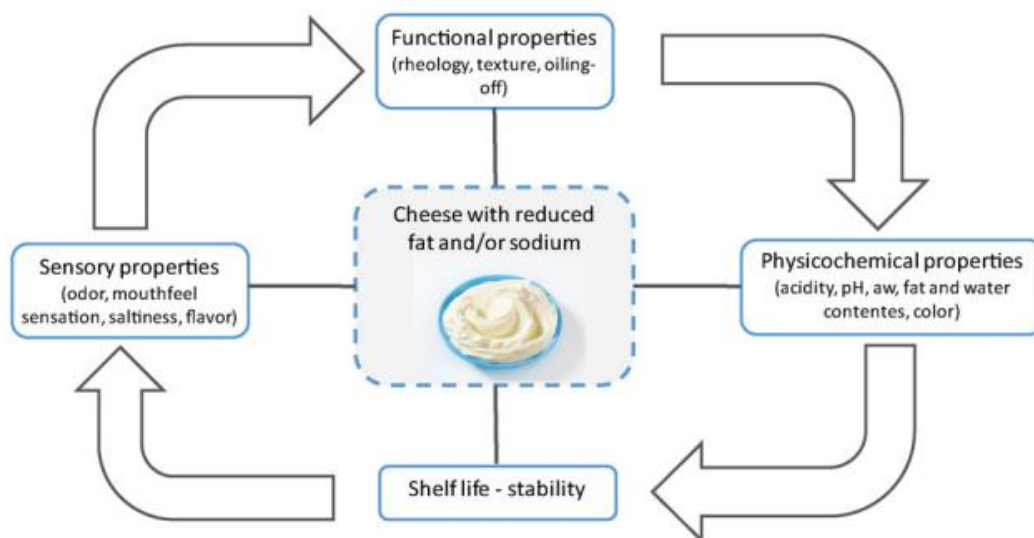
In processed cheese, the best results are provided in water-in-oil spreads with a fat content varied between 20- 60%, and water-continuous formulations containing 15%

fat or less (Franck 2002). The rheological and textural properties of processed cheese spread with lower fat in the presence of inulin as a fat replacer (Dave 2012).

Authors concluded that the yield-stress values of low-fat cheese spreads prepared in the presence of 7-8% inulin is significantly higher compared to those full-fat (20% fat with no inulin added) or low-fat spreads containing low inulin contents ones. The spreadability of low fat spreads is also positively affected by inulin. The results revealed that the low-fat processed cheese spreads with 7- 8% inulin had yield-stress amount and spreadability like the full-fat one.

It is valuable to be mentioned that co-addition of prebiotic and probiotic enhances the therapeutic value of dairy products. Although almost all dairy products are the usually studied food matrices for probiotic and prebiotic ingredients addition (Auty, Gardiner et al. 2001; Vinderola, Mocchiutti et al. 2002; Huang and Adams 2004; Tamime, Saarela et al. 2005; da Cruz, de AF Faria et al. 2007; Granato, Branco et al. 2010) cheeses is more preferred especially from probiotic point of view (Miller, Jarvis et al. 2006; Karimi, Mortazavian et al. 2011; Karimi, Sohrabvandi et al. 2012; Lollo, Cruz et al. 2012). The main good potential characteristic which could be mentioned are: its higher pH value and lower titrable acidity, higher buffering capacity, more fat content, more nutrient availability, lower oxygen content, and denser texture matrix (Karimi, Mortazavian et al. 2011; Karimi, Sohrabvandi et al. 2012). It is clear that for probiotic processed cheese, in order to maintain the concept of functional food, production of reduced-fat probiotic processed cheeses are preferred.

Ideally, taking into consideration all the concepts explained in this review, it seems obvious that the development of processed cheeses with a low content of sodium and fat, added or not with prebiotics, should have sensory rating, functional properties, physicochemical characteristics, and shelf life time comparable to the conventional counterpart, as shown in Fig. 3.



**Fig. 3.** Concepts and factors involving the manufacture of low-fat and/or low-sodium processed cheeses.

## 6. Perspectives

The development of functional products is an irreversible tendency for dairy industry, which is obliged to act towards the reformulation of their products. In the particular case of processed cheese, such reformulation undergoes the reduction of fat and sodium contents. In the first case, the addition of different types of starch (native and modified) and prebiotic ingredients is a potential alternative, while in the second case the use of blends of emulsifying salts with normal and reduced sodium contents, as well as lower salt in the curd comprise practical and easy-to-implement alternatives.

The reformulation of processed cheese necessarily involves the assessment of functional properties and sensory acceptance of the reformulated products, without affecting their technological attributes, which could limit the use of reformulated processed cheeses both in direct consumption and food service.

Thus, these products can be incorporated into diets of people who avoid eating conventional cheeses, but who routinely consume cheese as an ingredient in sandwiches and pastes. Besides contributing to the maintenance of health, these products allow for a more diverse diet for patients with non-communicable chronic diseases, facilitating to adherence of the patients to the nutritional treatments and leading to healthier food choice.

## 7. References

- Abbas, K. A., Khalil, S. K., & Hussin, A. S. M. (2010). Modified starches and their usages in selected food products: A review study. *Journal of Agricultural Science*, 2, 90–100.
- Akalın, A., & Erişir, D. (2008). Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low fat probiotic ice cream. *Journal of Food Science*, 73, 184–188.
- Al-Sheraji, S. H., Ismail, A., Manap, M. Y., Mustafa, S., Yusof, R. M., & Hassan, F. A. (2013). Prebiotics as functional foods: A review. *Journal of Functional Foods*, 5, 1542–1553.
- Altieri, C., Bevilacqua, A., & Sinigaglia, M. (2011). Prolonging the viability of *Lactobacillus plantarum* through the addition of prebiotics into the medium. *Journal of Food Science*, 76, 336–345.
- Alves, L. L., Richards, N. S. P. S., Mattanna, P., Andrade, D. F., Rezer, A. P. S., Milani, L. I. G., Faria, J. A. F. (2013). Cream cheese as a symbiotic food carrier using *Bifido bacterium animalis* Bb-12 and *Lactobacillus acidophilus* La-5 and inulin. *International Journal of Dairy Technology*, 66, 63–69.
- Amaral, L. I. V., Gaspar, M., Costa, P. M. F., Aidar, M. P. M., & Buckeridge, M. (2007). Novo método enzimático rápido e sensível de extração e dosagem de amido em materiais vegetais. *Hoehnea*, 34, 425–431.
- Apolinário, A. C., Damasceno, B. P. G. L., Beltrão, N. E. M., Pessoa, A., Converti, A., & Silva, J. A. (2014). Inulin-type fructans: A review on different aspects of biochemical and pharmaceutical technology. *Carbohydrate Polymers*, 101, 368–378.
- Aryana, K. J., & McGrew, P. (2007). Quality attributes of yogurt with *Lactobacillus casei* and various prebiotics. *Food Science and Technology*, 40, 1808–1814.
- Ashogbon, A. O., & Akintayo, T. E. T. (2014). Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: A review. *Starch*, 66, 41–57.
- Auty, M., Gardiner, G., McBrearty, S. J., O'Sullivan, E. O., Mulvihill, D. M., Collins, J. K., Ross, R. P. (2001). Direct in situ viability assessment of bacteria in probiotic dairy products using viability staining in conjunction with confocal scanning laser microscopy. *Applied and Environmental Microbiology*, 67, 420–425.
- Bachmann, H. P. (2001). Cheese analogues: A review. *International Dairy Journal*, 11, 505–515.
- Banks, J. M. (2004). The technology of low-fat cheese manufacture. *International Journal of Dairy Technology*, 57, 199–207.
- Barr, S. I. (2010). Reducing dietary sodium intake: The Canadian context. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 35, 1–8.

Before it's new (2013). What Exactly Is Cheese Powder, Anyway. Available in <http://beforeitsnews.com/alternative/2013/11/what-exactly-is-cheese-powder-anyway-2823064.html> Accessed in 18/04/2016.

Beninca, C., Colman, T. A. D., Lacerda, L. G., Carvalho Filho, M. A. S., Bannach, G., & Schnitzler, E. (2013). The thermal, rheological and structural properties of cassava starch granules modified with hydrochloric acid at different temperatures. *Thermochimica Acta*, 552, 65–69.

Brasil (2014). Acordo entre governo e indústria retira toneladas de sódio de alimentos. Available in <http://www.brasil.gov.br/saude/2014/08/acordo-entre-governo-e-industria-retira-toneladas-de-sodio-de-alimentos>.

Buzzo, M. L., Carvalho, M. F. H., Arakaki, E. E. K., Matsuzaki, R., Granato, D., & Kira, C. S. (2014). Elevados teores de sódio em alimentos industrializados consumidos pela população Brasileira. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 73, 32–39.

Capuano, E., van der Veer, G., Verheijen, P. J. J., Heenan, S. P., van de Laak, L. F. J., Koopmans, H. B. M., & Van Ruth, S. M. (2013). Comparison of a sodium-based and a chloride-based approach for the determination of sodium chloride content of processed foods in the Netherlands. *Journal of Food Composition and Analysis*, 31(1), 129–136.

Cardarelli, H. R., Buriti, F. C., Castro, I. A., & Saad, S. M. I. (2008). Inulin and oligofructose improve sensory quality and increase the probiotic viable count in potentially synbiotic petit-suisse cheese. *Food Science and Technology*, 41, 1037–1046.

Carić, M., & Kaláb, M. (1999). Processed cheese products. *Cheese: Chemistry, physics and microbiology* (pp. 467–505). Springer.

CDC. Center for Disease Control and Prevention (2015). Dietary guidelines for Americans 2015–2020 (8th ed.) (Available at: <http://health.gov/dietaryguidelines/2015/guidelines/>. Access: 18/4/2016).

Chang, P. K. (1979). Process cheese containing a modified whey solids. (Google Patents).

Chavhan, G. B., Kanawjia, S. K., Khetra, Y., & Puri, R. (2015). Effect of potassium-based emulsifying salts on sensory, textural, and functional attributes of low-sodium processed mozzarella cheese. *Dairy Science and Technology*, 95, 265–278.

Chawla, R., & Patil, G. (2010). Soluble dietary fiber. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 178–196.

Cheese, M. O. D. (1991). Manufacture of Egyptian, soft and pickled cheeses. *Feta and Related Cheeses*, 160.

Chen, L., & Liu, H. (2012). Effect of emulsifying salts on the physicochemical properties of processed cheese made from mozzarella. *Journal of Dairy Science*, 95, 4823–4830.

- Considini, T., Noisuwan, A., Hemar, Y., Wilkinson, B., Bronlund, J., & Kasapis, S. (2011). Rheological investigations of the interactions between starch and milk proteins in model dairy systems: A review. *Food Hydrocolloids*, 25, 2008–2017.
- Cruz, A. G., Cavalcanti, R. N., Guerreiro, L. M. R., Sant'Ana, A. S., Nogueira, L. C., Oliveira, C. A. F., Bolini, H. M. A. (2013). Developing a prebiotic yogurt: Rheological, physicochemical and microbiological aspects and adequacy of survival analysis. *Journal of Food Engineering*, 114, 323–330.
- Cruz, A. G., Faria, J. A., & Van Dender, A. G. F. (2007). Packaging system and probiotic dairy foods. *Food Research International*, 40, 951–956.
- Cruz, A. G., Faria, J. A. F., Pollonio, M. A. R., Bolini, H. M. A., Celeghni, R. M. S., Granato, D., & Shah, N. P. (2011). Cheeses with reduced sodium content: Effects on functionality, public health benefits and sensory properties. *Trends in Food Science & Technology*, 22, 276–291.
- Data Source, USDA, Nass; Graph USDA, AMS, DMN (2014). USDA/AMS/Dairy Market News, Madison, Wisconsin, Vol. 608. (pp. 278–4150), 278–4150 (Available from [http://www.ams.usda.gov/mnreports/dymcheese\\_prod\\_tot.pdf](http://www.ams.usda.gov/mnreports/dymcheese_prod_tot.pdf)).
- Dave, P. Graduate Degree/Major: MS Food and Nutritional Sciences Research Adviser: Karunanithy Chinnadurai, Ph. D. Submission Term/Year: Fall, 2012 Style Manual Used: American Psychological Association. (53 pp.)
- Davis, C., Blayney, D., & Guthrie, J. (2013). The consumption of cheese in relation to dairy foods: A USA perspective.
- Davison, B. C., Schwimmer, W. H., Prostko, L. J., Hamann, A. C., Buliga, G. S., Helth, A. A., Smith, G. F. (1993). Low fat processed cheese product having fat-mimetic properties and method of making same. (Google Patents).
- Delzenne, N. M., Cani, P. D., Daubioul, C., & Neyrinck, A. M. (2005). Impact of inulin and oligofructose on gastrointestinal peptides. *British Journal of Nutrition*, 93, 157–161.
- Diamantino, I. M., & Penna, A. L. B. (2011). Efeito da utilização de substitutos de gordura em queijos light. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 70, 258–267.
- Drake, M. A., Truong, V. D., & Daubert, C. R. (1999). Rheological and sensory properties of reduced fat processed cheeses containing lecithin. *Journal of Food Science*, 64, 744–747.
- Donkor, O. N., Nilmini, S., Stolic, P., Vasiljevic, T., & Shah, N. P. (2007). Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yoghurt during cold storage. *International Dairy Journal*, 17, 657–665.
- Doyle, M. E., & Glass, K. A. (2010). Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 44–56.

FDA. Food and Drug Administration (2008).21 CFR, part 133.169 to 133.180. Cheese and related cheese products.Washington, DC: Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services.

Felicio, T. L., Esmerino, E. A., Cruz, A. G., Nogueira, L. C., Raices, R. S. L., Deliza, R., Pollonio, M. A. R. (2013).Cheese. What is its contribution to the sodium intake of Brazilians? *Appetite*, 66,84–88.

Felicio, T. L., Esmerino, E. A., Vidal, V. A. S., Cappato, L. P., Garcia, R. K. A., Cavalcanti, R. N., Cruz, A. G. (2016).Physico-chemical changes during storage and sensory acceptance of low sodium probiotic Minas cheese added with arginine.*Food Chemistry*, 196, 628–637.

Femia, A. P., Luceri, C., Giannini, A., Biggeri, A., Salvadori, M., Clune, Y., Caderni, G. (2002).Antitumorogenic activity of the prebiotic inulin enriched with oligofructose in combination with the probiotics *Lactobacillus rhamnosus* and *Bifidobacterium lactis* on azoxymethane-induced colon carcinogenesis in rats. *Carcinogenesis*, 23, 1953–1960.

Ferreira, R. E., Souza, A. B., Santos, J. R. U., Collares-Queiroz, F. P., & Steel, C. J. (2012).Legumes starches and application of residues.*Alimentação e Nutrição Araraquara*, 23, 171–178.

Finnocchiaro, E. T. (1997).Non-fat, reduced fat and low fat cheeses and method of making. (Google Patents).

Foegedin, E. A., Çakir, E., & Koç, H. (2010).Using dairy ingredients to alter texture of foods: Implications based on oral processing considerations. *International Dairy Journal*, 20,562–570.

Fouladkhah, A., Berlin, D., & Bruntz, D. (2015).High-sodium processed foods: Public health burden and sodium reduction strategies for industry practitioners.*Food Reviews International*, 31(4), 341–354.

Franck, A. (2002).Technological functionality of inulin and oligofructose.*British Journal of Nutrition*, 87,287–291.

Gampala, P., & Brennan, C. (2008).Potential starch utilization in a model processed cheese system.*Starch*, 60,685–689.

Gaonkar, A. G., & McPherson, A. (2014).Ingredient interactions: Effects on food quality.CRC Press.

Gibson, G. R., Probert, H. M., Loo, J. V., Rastall, R. A., & Roberfroid, M. B. (2004).Dietary modulation of the human colonic microbiota: Updating the concept of prebiotics. *Nutrition Research Reviews*, 17,259–275.

Glibowski, P., Pikus, S., Jurek, J., & Kotowoda, M. (2014).Factors affecting inulin crystallization after its complete dissolution.*Carbohydrate Polymers*, 110,107–112.

Gliguem, H., Ghorbel, D., Cécile Grabielle-Madelmont, C., Goldschmidt, B., Lesieur, S., Arrita, H., ... Lesieur, P. (2009).Water behaviour in processed cheese spreads. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 98,73–82.

Golan, E., & Unnevehr, L. (2008). Food product composition, consumer health, and public policy: Introduction and overview of special section. *Food Policy*, 33, 465–469.

Gomes, A. P., Cruz, A. G., Cadena, R. S., Celeghini, R. M. S., Faria, J. A. F., Bolini, H. M. A., Granato, D. (2011). Manufacture of low-sodium Minas fresh cheese: Effect of the partial replacement of sodium chloride with potassium chloride. *Journal of Dairy Science*, 94, 2701–2706.

Granato, D., Branco, G. F., et al. (2010). Probiotic dairy products as functional foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 455–470.

Green, M. L., & Manning, D. J. (1982). Development of texture and flavour in cheese and other fermented products. *Journal of Dairy Research*, 49, 737–748.

Greg Kelly, N. D. (2008). Inulin-type prebiotics—A review: Part 1. *Alternative Medicine Review*, 13, 315–329.

Guinee, T., Carić, M., & Kalab, M. (2004). Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 2, 349–394.

Guinee, T., & Kilcawley, K. (2004). Cheese as an ingredient. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 2, 395–428.

Guinee, T., Mulholland, E., Kelly, J., & Callaghan, D. J. (2007). Effect of protein-to-fat ratio of milk on the composition, manufacturing efficiency, and yield of cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 90, 110–123.

Guinee, T., & O'Callaghan, D. (2013). Effect of increasing the protein-to-fat ratio and reducing fat content on the chemical and physical properties of processed cheese product. *Journal of Dairy Science*, 96, 6830–6839.

Guinee, T. P., & O'Kennedy, B. T. (2012). Reducing the level of added disodium phosphate alters the chemical and physical properties of processed cheese. *Dairy Science & Technology*, 92, 469–486.

Gupta, V., & Reuter, H. (1992). Processed cheese foods with added whey protein concentrates. *Le Lait*, 72, 201–212.

Guven, M., Yasar, K., et al. (2005). The effect of inulin as a fat replacer on the quality of settype low-fat yogurt manufacture. *International Journal of Dairy Technology*, 58, 180–184.

Hanaei, F., Cuvelier, G., & Sieffermann, J. M. (2015). Consumer texture descriptions of a set of processed cheese. *Food Quality and Preference*, 40, 316–325.

Hauerlandová, I., Lorencová, E., Buňka, F., Navrátil, J., Janečková, K., & Buňková, L. (2014). The influence of fat and monoacylglycerols on growth of spore-forming bacteria in processed cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 37–43, 182–183.

Health Canada (2012). Sodium in Canada. (Available at: <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/sodium/index-eng.php>) (Access: 18/4/2016)



- Heertje, I. (2014). Structure and function of food products: A review. *Food Structure*, 1, 3–23.
- Hennelly, P. J., Dunne, P. G., O'Sullivan, M., & O'Riordan, E. D. O. (2006). Textural rheological, and microstructural properties of imitation cheese containing inulin. *Journal of Food Engineering*, 75(3), 388–395.
- Hoffmann, W., Gärtner, J., Lück, K., Johannsen, N., & Maurer, A. (2012). Effect of emulsifying salts containing potassium on the quality of block-type processed cheese. *International Dairy Journal*, 25, 66–72.
- Hosseini-Parvar, S. H., Matia-Merino, L., & Golding, M. (2015). Effect of basil seed gum (BSG) on textural, rheological and microstructural properties of model processed cheese. *Food Hydrocolloids*, 43, 557–567.
- Huang, Y., & Adams, M. C. (2004). In vitro assessment of the upper gastrointestinal tolerance of potential probiotic dairy propionibacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 91, 253–260.
- Jamilah, B., Mohamed, A., Abbas, K. A., Abdul Rahman, R., Karim, R., & Hashim, D. M. (2009). Protein-starch interaction and their effect on thermal and rheological characteristics of a food system: A review. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7, 169–174.
- Johnson, M., & Lucey, J. (2006). Major technological advances and trends in cheese. *Journal of Dairy Science*, 89, 1174–1178.
- Johnson, M. E., Kapoor, R., McMahon, D. J., McCoy, D. R., & Narasimmon, R. G. (2009). Reduction of sodium and fat levels in natural and processed cheeses: Scientific and technological aspects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8, 252–268.
- Kapoor, R., & Metzger, L. E. (2008). Process cheese: Scientific and technological aspects— A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7, 194–214.
- Karimi, R., Azizi, M. H., Ghasemlou, M., & Vaziri, M. (2015). Application of inulin in cheese as prebiotic, fat replacer and texturizer: A review. *Carbohydrate Polymers*, 119, 85–100.
- Karimi, R., Mortazavian, A. M., & Cruz, A. G. (2011). Viability of probiotic microorganisms in cheese during production and storage: A review. *Dairy Science & Technology*, 91, 283–308.
- Karimi, R., Sohrabvandi, S., & Mortazavian, A. M. (2012). Review article: Sensory characteristics of probiotic cheese. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11, 437–452.
- Kiziloz, M. B., Cumhur, O., & Kilic, M. (2009). Development of the structure of an imitation cheese with low protein content. *Food Hydrocolloids*, 23, 1596–1601.

- Kloss, L., Meyer, J. D., Graeve, L., & Vetter, W. (2015). Sodium intake and its reduction by food reformulation in the European Union—A review. *NFS Journal*, 1, 9–19.
- Kumar, R. (2012). An investigation into improvement of low fat cheddar cheese by the addition of hydrocolloids. University Of Minnesota.
- Lee, S. K., Anema, S., & Klostermeyer, H. (2004). The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science and Technology*, 39, 763–771.
- Lerayer, A., Barreto, B. A. P., Waitzberg, D. L., Bacarat, E. C., Grompone, G., Vannucchi, H., et al. (2013). *In gut we trust*. (272 pp.).
- Liu, H., Xu, X. M., & Guo, S. H. (2008). Comparison of full-fat and low-fat cheese analogues with or without pectin gel through microstructure, texture, rheology, thermal and sensory analysis. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 1581–1592.
- Lobato-Calleros, C., Reyes-Hernández, J., Beristain, C. I., Hornelas-Urbe, Y., SánchezGarcía, J. E., & Vermon-Carter, E. (2007). Microstructure and texture of white fresh cheese made with canola oil and whey protein concentrate in partial or total replacement of milk fat. *Food Research International*, 40, 529–537.
- Lollo, P., Cruz, A. G., Moura, C. S., Carvalho-Silva, L. B., Oliveira, C. A., Faria, J. A. F., & AmayaFarfan, J. (2012). Probiotic cheese attenuates exercise-induced immune suppression in Wistar rats. *Journal of Dairy Science*, 95, 3549–3558.
- Lollo, P. C. B., Morato, P. N., Moura, C. S., Almada, C., Felicio, T. L., Esmerino, E. A., Cruz, A. G. (2015). Hypertension parameters are attenuated by the continuous consumption of probiotic Minas cheese. *Food Research International*, 76, Part, 3, 611–617.
- Makras, L., Van Acker, G., & De Vuyst, L. (2005). *Lactobacillus paracasei* subsp. *Paracasei* 8700: 2 degrades inulin-type fructans exhibiting different degrees of polymerization. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 6531–6537.
- Mensink, M. A., Frijlink, H. W., Maarschalk, K. V. D. V., & Hinrichs, W. L. J. (2015). Inulin, a flexible oligosaccharide I: Review of its physicochemical characteristics. *Carbohydrate Polymers*, 130, 405–419.
- Mercosul (2015). Acordo n. 02/15—Recomendações de políticas e medidas regulatórias para a redução do consumo de sódio.
- Merrill, R. K., & Singh, M. (2014). Blended cheeses and methods for making such cheeses. (Google Patents).
- Meyer, D., Bayarri, S., Tárrega, A., & Costell, E. (2011). Inulin as texture modifier in dairy products. *Food Hydrocolloids*, 25, 1881–1890.
- Miele, N. A. (2013). Calorie reduction in food: Sensory performance of a new sweetener and fat replacer optimization.

- Miller, G. D., Jarvis, J. K., Jarvis, J. K., & McBean, L. D. (2006). *Handbook of dairy foods and nutrition*. CRC Press.
- Mistry, V. V. (2001). Low fat cheese technology. *International Dairy Journal*, 11, 413–422.
- Morais, E. C., Morais, A. R., Cruz, A. G., & Bolini, H. M. A. (2014). Development of chocolate dairy dessert with addition of prebiotics and replacement of sucrose with different high-intensity sweeteners. *Journal of Dairy Science*, 97, 2600–2609.
- Moran, J., Mehnert, D., Galer, J., Reeve, J., Jackson, T., Baldwin, C., & Smith, G. (2006). Reduced-fat flavor components. (Google Patents).
- Mounsey, J. S., & O'Riordan, E. D. (2008a). Characteristics of imitation cheese containing native or modified rice starches. *Food Hydrocolloids*, 22, 1160–1169.
- Mounsey, J. S., & O'Riordan, E. D. (2008b). Modification of imitation cheese structure and rheology using pre-gelatinised starches. *European Journal of Food Technology*, 226, 1039–1046.
- Mozaffarian, D., Katan, M. B., Ascherio, A., Stampfer, M. J., & Willett, W. C. (2006). Trans fatty acids and cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine*, 354, 1601–1613.
- Muir, D. D., Williams, S. A. R., Tamime, A. Y., & Shenana, M. E. (1997). Comparison of the sensory profiles of regular and reduced-fat commercial processed cheese spreads. *International Journal of Food Science and Technology*, 32, 279–287.
- Nagao, K., Wang, Y. -M., Inoue, N., Han, S. Y., Buang, Y., Noda, T., ... Yanagita, T. (2003). The 10trans, 12cis isomer of conjugated linoleic acid promotes energy metabolism in OLETF rats. *Nutrition*, 19, 652–656.
- Newson, R. S., Elmadfa, I., Biro, G., Cheng, Y., Prakash, V., Rust, P., ... Feunekes, G. I. J. (2013). Barriers for progress in salt reduction in the general population. An international study. *Appetite*, 71, 22–31.
- Noronha, N., O'Riordan, E. D., & O'Sullivan, M. (2008). Influence of processing parameters on the texture and microstructure of imitation cheese. *European Food Research and Technology*, 226, 385–393.
- Obesity Society (2015). *Obesity in Latin America*. (Available at: <http://www.obesity.org/resources/facts-about-obesity/obesity-latin-america> (Access: 19/4/2016))
- Pereira, C. I., Gomes, A. M. P., & Malcata, F. X. (2009). Microstructure of cheese: Processing, technological and microbiological considerations. *Trends in Food Science & Technology*, 20, 213–219.
- Pérez-Cueto, F. J., Aschemann-Witzel, J., Shankar, B., Brambila-Macias, J., Bech-Larsen, T., Mazzocchi, M., ... Verbeke, W. (2012). Assessment of evaluations made to healthy eating policies in Europe: A review within the EATWELL Project. *Public Health Nutrition*, 15, 1489–1496.

- Pinheiro, M. V. S., & Penna, A. L. B. (2004). Substitutos de gordura: Tipos e aplicações em produtos lácteos. *Alimentos e Nutrição*, 15, 175–186.
- Rastall, R. A., & Gibson, G. R. (2014). Recent developments in prebiotics to selectively impact beneficial microbes and promote intestinal health. *Current Opinion in Biotechnology*, 32, 42–46.
- Reeve, B., & Magnusson, R. (2015). Food reformulation and the (neo)-liberal state: New strategies for strengthening voluntary salt reduction programs in the UK and USA. *Public Health*, 129, 351–363.
- Ritsema, T., & Smeekens, S. (2003). Fructans: Beneficial for plants and humans. *Current Opinion in Plant Biology*, 6, 223–230.
- Roberfroid, M. B., Van Loo, J. A., & Gibson, G. R. (1998). The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. *The Journal of Nutrition*, 128, 11–19.
- Robert-McComb, J. J., Bustamante-Ara, N. E., & Marroquin, J. E. A. (2014). Nutritional guidelines, energy balance, and weight control: Issues for the aging active female. *The active female* (pp. 535–554). Springer.
- Rogers, N. R., McMahon, D. J., Daubert, C. R., Berry, T. K., & Foegeding, E. A. (2010). Rheological properties and microstructure of cheddar cheese made with different fat contents. *Journal of Dairy Science*, 93, 4565–4576.
- Rolim, P. M. (2015). Development of prebiotic food products and health benefits. *Food Science and Technology (Campinas)*, 35, 3–10.
- Roller, M., Rechkemmer, G., & Watzl, B. (2004). Prebiotic inulin enriched with oligofructose in combination with the probiotics *Lactobacillus rhamnosus* and *Bifidobacterium lactis* modulates intestinal immune functions in rats. *The Journal of Nutrition*, 134, 153–156.
- Roller, S., & Jones, S. A. (2010). *Handbook of fat replacers*. CRC Press.
- Ross, R. P., Morgan, S., & Hill, C. (2002). Preservation and fermentation: Past, present and future. *International Journal of Food Microbiology*, 79, 3–16.
- Salek, R. N., Cernikova, M., Maderova, S., Lapcik, L., & Bunka, F. (2016). The effect of different composition of ternary mixtures of emulsifying salts on the consistency of processed cheese spreads manufactured from Swiss-type cheese with different degrees of maturity. *Journal of Dairy Science*, 99, 3274–3287.
- Sarker, M. Z. I., Elgadir, M. E., Ferdosh, S., Akanda, M. J. H., Pingkan Aditiawati, P., & Takahiro, N. (2013). Rheological behavior of starch-based biopolymer mixtures in selected processed foods. *Starch*, 65, 73–81.
- Saulnier, D. M. A., Spinler, J. K., Gibson, G. R., & Versalovic, J. (2009). Mechanisms of probiosis and prebiosis: Considerations for enhanced functional foods. *Current Opinion in Biotechnology*, 20, 135–141.

- Schaafsma, G., & Slavin, J. L. (2015). Significance of inulin fructans in the human diet. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14, 37–47.
- Sołowiej, B., Cheung, I. W., & Li-Chan, E. C. Y. (2014). Texture, rheology and meltability of processed cheese analogues prepared using rennet or acid casein with or without added whey proteins. *International Dairy Journal*, 37, 87–94.
- Sołowiej, B., Glibowski, P., Muszyński, S., Wydrych, J., Gawron, A., & Jeliński, T. (2015). The effect of fat replacement by inulin on the physicochemical properties and microstructure of acid casein processed cheese analogues with added whey protein polymers. *Food Hydrocolloids*, 44, 1–11.
- Strazzullo, P., D'Elia, L., Kandala, N. B., & Cappuccio, F. P. (2009). Salt intake, stroke, and cardiovascular disease: Meta-analysis of prospective studies. *British Medical Journal*, 339, b4567.
- Tamime, A., Saarela, M., Søndergaard, A. K., Korslund, A., Mistry, V. V., & Shah, N. P. (2005). Production and maintenance of viability of probiotic microorganisms in dairy products. *Probiotic Dairy Products*, 39–72.
- Tamime, A. Y. (2011). *Processed cheese and analogues*. John Wiley & Sons.
- Tamime, A. Y., Muir, D. D., Shenana, M. E., Kalab, M., & Dawood, A. H. (1999). Processed cheese analogues incorporating fat substitutes: Rheology, sensory perception of texture and microstructure. *LWT- Food Science and Technology*, 32, 50–59.
- Taormina, P. J. (2010). Implications of salt and sodium reduction on microbial food safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50, 209–227.
- Trivedi, D., Bennett, R. J., Hemar, Y., Reid, D. C. W., Lee, S. K., & Illingworth, D. (2008a). Effect of different starches on rheological and microstructural properties of (I) model processed cheese. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 2191–2196.
- Trivedi, D., Bennett, R. J., Hemar, Y., Reid, D. C. W., Lee, S. K., & Illingworth, D. (2008b). Effect of different starches on rheological and microstructural properties of (II) commercial processed cheese. *International Journal of Food Science and Technology*, 2197–2203.
- Tsujii, S., & Shirotani, N. (2015). Cheese-like food article, US Patent 20,150,010,688.
- Tungland, B., & Meyer, D. (2002). Nondigestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): Their physiology and role in human health and food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 1, 90–109.
- Uauy, R., Aro, A., Clarke, R., Ghaffoorunissa L'Abbé, L. R., Skeaff, C. M., Stender, S., & Tavella, M. (2009). WHO scientific update on trans fatty acids: Summary and conclusions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63, 68–75.

Van de Wiele, T., Boon, N., Possemiers, S., Jacobs, H., & Verstraete, W. (2007). Inulin-type fructans of longer degree of polymerization exert more pronounced in vitro prebiotic effects. *Journal of Applied Microbiology*, 102, 452–460.

Vinderola, C., Mocchiutti, P., & Reinheimer, J. A. (2002). Interactions among lactic acid starter and probiotic bacteria used for fermented dairy products. *Journal of Dairy Science*, 85, 721–729.

Walther, B., Schmid, A., Sieber, R., & Wehrmuller, K. (2008). Cheese in nutrition and health. *Dairy Science and Technology*, 88, 389–405.

World Health Organization (WHO) (2012). *Guideline: Sodium intake for adults and children*. Geneva: World Health Organization (WHO).

World Health Organization (WHO) (2015). *Food and health in Europe: A new basis for action*. (Available at: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/74417/E82161.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74417/E82161.pdf)) (Access: 18/4/2016)

Yang, C. Z., Shu, X. L., Zhang, L. L., Wang, X. Y., Zhao, H. J., Ma, C. X., et al. (2006). Starch properties of mutant rice high in resistant starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 523–528.

Yang, J., Summanen, P. H., Henning, S. M., Hsu, M., Lam, H., Huang, J., & Li, Z. (2015). Xylooligosaccharide supplementation alters gut bacteria in both healthy and prediabetic adults: A pilot study. *Frontiers in Physiology*, 6, 216. Ye, A., & Hewitt, S. (2009). Phase structures impact the rheological properties of rennetcasein-based imitation cheese containing starch. *Food Hydrocolloids*, 23, 867–873

**CAPÍTULO 3: ELABORAÇÃO DE REQUEIJÃO CREMOSO  
ADICIONADO DE XILOOLIGOSSACARÍDEO, SEM GORDURA E  
REDUZIDO DE SÓDIO.**

Artigo em tradução para ser submetido à publicação no periódico Journal of Dairy  
Science

## 1. Introdução

O requeijão é um queijo tipicamente brasileiro, surgindo como forma de aproveitamento do leite coagulado devido à ação da microbiota láctica natural do leite. Apesar de apresentar certa similaridade com os queijos processados é produzido a partir de massa fresca, diferente dos processados que são produzidos a partir de queijos. O requeijão é fabricado a partir do leite desnatado cru ou pasteurizado, com ou sem adição de culturas lácticas, onde é adicionado à massa da coalhada o creme de leite, a água e o sal fundente (DOSSIE REQUEIJÃO, 2013; VAN DENDER et al, 2012).

Segundo os dados divulgados pela Associação Brasileira das Indústrias de Queijos (ABIQ), em 2011 o país produziu 867 mil toneladas de queijos e derivados, aumentando a produção em 9,4% com relação a 2010. O aumento de consumo no Brasil foi de 76% entre 2005 e 2013, alcançando em 2013 a quantidade de 1,032 milhão de toneladas. Segundo a ABIQ, os 3 queijos mais fabricados no país são a mussarela, o prato e o requeijão. No entanto, o requeijão de mesa foi o que teve maior expansão em 10 anos, da ordem de 94%. Apesar deste crescimento no consumo de queijos, com a crise na economia brasileira esses produtos, que possuem maior valor agregado, também foi afetado. Mas a tendência é que o consumo fique estável, com crescimento de 1% ao ano nos próximos 5 anos (ABIQ, 2012; VAN DENDER et al, 2012; VALVERDE, 2015).

A transição alimentar e o aparecimento de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT), desperta um grande interesse da comunidade científica, principalmente no tocante ao desenvolvimento de novos produtos alimentares, visando a prevenção dessas DCNT. Sob este aspecto vem aumentando a procura por alimentos com teor reduzido de sódio, gorduras e açúcares bem como por alimentos que tragam benefícios à saúde, denominados alimentos funcionais (ANTUNES et al.; 2007; SILVA 2007; SCHMIDT, et al, 2011).

Um segmento significativo dentro destes alimentos ditos funcionais são os lácteos, visto que grande parte das pesquisas de desenvolvimento de produtos prebióticos é com iogurtes, bebidas lácteas e queijos. Dentro desta perspectiva, a elaboração de requeijão com a substituição da gordura, responsável pela aparência de emulsão, por um oligossacarídeo não digerível, responsável pela estrutura de gel e



consequente textura, traria uma vantagem para o produto em questão, uma vez que a gordura no requeijão confere, ao mesmo, alto valor calórico e baixa qualidade nutricional por se tratar de uma gordura saturada de origem animal.

Os prebióticos são considerados alimentos funcionais, pois influenciam de forma direta em processos fisiológicos e bioquímicos no organismo humano. Esses alimentos levam a uma melhoria da saúde e redução no risco de aparecimento e desenvolvimento de diversas doenças, através de diversos efeitos. Os principais efeitos estão relacionados à modulação da microbiota intestinal, alteração do metabolismo microbiano, estímulo da imunidade do hospedeiro, estímulo na absorção de determinados nutrientes e diminuição dos níveis sanguíneos de triglicerídeos. Sob o ponto de vista tecnológico, o uso de oligossacarídeos não-digeríveis possui vantagens por fornecer sabor adocicado, aumentar a capacidade de reter água e substituir gordura na composição dos alimentos (SAAD, 2006; JAIN; KUMAR; SATYANARAYANA, 2015; AL-SHERAJI et al., 2013).

Além destas características, os prebióticos possuem estabilidade química durante condições no processamento de alimentos, como variações de temperatura, baixo pH e condições para a reação de Maillard. Nas formulações de produtos alimentícios, contribuem positivamente para características sensoriais, melhorando a palatabilidade dos mesmos; a qualidade do perfil das fibras alimentares e aumentando a vida de prateleira dos mesmos (HUEBNER et al, 2008; WANG, 2009; FRANCK; COUSSEMENT, 1997). Por esses motivos, os prebióticos atraem um grande interesse no campo da nutrição, tanto em pesquisa científica como na sua aplicação em alimentos (AACHARY; PRAPULLA, 2011).

Dentre os prebióticos usados na formulação de alimentos, o uso de xilooligossacarídeos (XOS) como ingrediente alimentar se mostra interessante por possuir características tecnológicas favoráveis ao processamento, incluindo a estabilidade em meio ácido e resistência ao calor, além de alcançar efeitos biológicos significativos em baixas doses diárias (Moure, Gullón, Dominguez, Parajó, 2006). Como ingrediente alimentar, o XOS pode ser utilizado na elaboração de alimentos com foco na saudabilidade (VÁZQUEZ et al, 2000).

A adição de XOS no desenvolvimento de produtos alimentícios acrescenta propriedades fisiológicas benéficas como a melhoria na função intestinal, a otimização da absorção de cálcio e a regulação do metabolismo lipídico, além da redução do risco de desenvolvimento de doença cardiovascular e do risco de câncer de cólon (AACHARY; PRAPULLA, 2011). A maioria desses benefícios à saúde humana se relaciona ao fato do XOS melhorar a microbiota aumentando a presença de bactérias benéficas, em particular de *Bifidobacterium*, que inibem o crescimento de bactérias patogênicas e putrefativas (CARVALHO et al, 2013; JAIN; KUMAR; SATYANARAYANA, 2015).

Estudos em humanos e animais demonstram que o XOS é um prebiótico eficiente na modificação benéfica da microbiota intestinal a partir da ingestão de 1,4g por dia em adultos, valor este de ingestão muito abaixo do que é necessário de frutooligossacarídeos (FOS) e de galactooligossacarídeo (GOS) ( $\geq 10$ g/dia) para que seja percebido o efeito benéfico destes prebióticos (FINEGOLD et al., 2014).

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1. Matéria prima**

Foi utilizada a massa coalhada desnatada adquirida do Núcleo de Apoio a Tecnologia de Alimentos, NATA (São Gonçalo, Rio de Janeiro) e transportada para o Laboratório de Fermentações do Complexo de Alimentos do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), onde os requeijões foram processados.

### **2.2. Método**

#### **2.2.1. Processamento do requeijão**

Os experimentos foram feitos na planta de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRJ), unidade Rio de Janeiro, sendo os procedimentos e as etapas realizados de acordo com Cunha (2007) e Van Dender et al (2012), com modificações. Os componentes utilizados nesta etapa foram: massa coalhada desnatada adquirida no Núcleo de Apoio a Tecnologia de Alimentos (NATA),

creme de leite fresco, sal fundente Joha S9, sal fundente Joha SK75, sorbato de potássio, sal (NaCl e KCl), xilooligossacarídeo (XOS) em xarope, fornecido pela FEA/UNICAMP, e melhorador de sabor (arginina e extrato de levedura). Os requeijões foram formulados nas porcentagens em relação ao peso da massa e observa-se na Tabela 1.

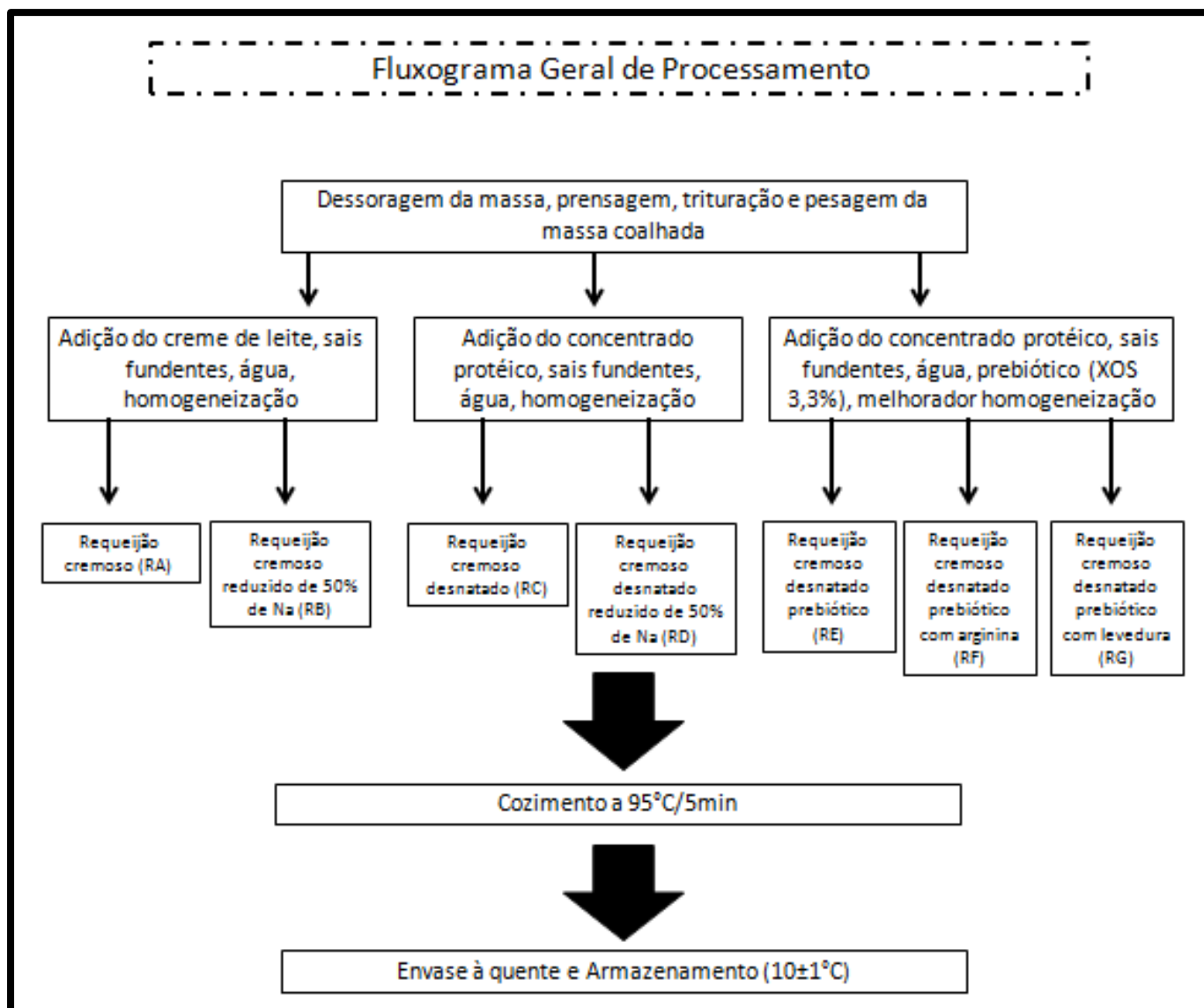
**Tabela 1.** Formulação dos requeijões RA, RB, RC, RD, RE, RF, RG.

<b>Ingredientes</b>	<b>RA</b>	<b>RB</b>	<b>RC</b>	<b>RD</b>	<b>RE</b>	<b>RF</b>	<b>RG</b>
Massa	370g	370g	370g	370g	370g	370g	370g
Concentrado protéico de soro	-	-	2% (7.4g)	2% (7.4g)	2% (7.4g)	2% (7.4g)	2% (7.4g)
Creme de leite	37% (136.9ml)	37% (136.9ml)	-	-	-	-	-
Água	20% (74g)	20% (74g)	50% (185g)	50% (185g)	20% (74g)	20% (74g)	20% (74g)
Sal	2% (7.4g)	1% (3.7g)	2% (7.4g)	1% (3.7g)	1% (3.7g)	1% (3.7g)	1% (3.7g)
Sal fundente (Joha S9)	1.5% (5.55g)	1% (3.7g)	1.5% (5.55g)	1% (3.7g)	1% (3.7g)	1% (3.7g)	1% (3.7g)
Sal fundente (Joha SK75)	-	1.2% (4.44g)	-	1.2% (4.44g)	1.2% (4.44g)	1.2% (4.44g)	1.2% (4.44g)
Sorbato de Potássio	0.1% (0.37g)	0.1% (0.37g)	0.1% (0.37g)	0.1% (0.37g)	0.1% (0.37g)	0.1% (0.37g)	0.1% (0.37g)
Xilooligossacarídeo	-	-	-	-	3,3% (12.21g)	3,3% (12.21g)	3,3% (12.21g)
Arginina	-	-	-	-	-	1% (3.7g)	-
Levedura	-	-	-	-	-	-	1% (3.7g)

\*Valores em % em relação ao peso de massa; entre parênteses quantidade adicionada em g ou ml. RA = requeijão integral; RB = requeijão integral com redução de sódio; RC = requeijão desnatado; RD = requeijão desnatado com redução de sódio; RE = requeijão desnatado com redução de sódio e 3,3% de XOS; RF = requeijão desnatado com redução de sódio, 3,3% de XOS e arginina (melhorador de sabor); RG = requeijão desnatado com redução de sódio, 3,3% de XOS e levedura (melhorador de sabor).

O processamento do requeijão foi realizado em três etapas, realizadas de forma sequencial: Na etapa 1 foram processados os requeijões cremoso tradicional e com redução de 50% de sódio, sendo respectivamente as formulações RA e RB. Na etapa 2, foram processados os requeijões cremoso desnatado e o desnatado com redução de 50% de sódio (formulação RC e RD, respectivamente). E por fim, na etapa 3, foram processados os requeijões prebióticos com adição de 3,3% XOS (% p/p), onde uma formulação não havia qualquer melhorador de sabor, e nas outras duas foram utilizados a arginina e a levedura como melhoradores de sabor (formulações RE, RF e RG, respectivamente). Em todas as etapas a fusão foi realizada a 90°C/5min, com posterior envase à quente. Os produtos foram armazenados em copos de plásticos de polipropileno com tampa rosqueável, armazenados sob refrigeração (T=10°C).

O fluxograma geral de processamento dos requeijões cremosos está representado na Figura 1



**Figura 1** – Fluxograma geral de elaboração de requeijão controle e com adição de xilooligossacarídeo.

### 2.2.2. Análises físico-químicas

As amostras de requeijão foram analisadas após sete dias de estocagem refrigerada, compreendendo os seguintes parâmetros físico-químicos: composição centesimal (sólidos totais, proteínas, gorduras, fibras, cálcio e potássio), características reológicas (perfil de textura), derretimento e ressonância magnética nuclear (RMN). As análises foram realizadas em triplicata.

O pH das amostras foi determinado utilizando potenciômetro marca Digimed (São Paulo - SP), modelo DM-20, a 25°C, com determinação por inserção direta do eletrodo na amostra (Brasil, 2006). Em relação à composição centesimal do requeijão cremoso, a umidade foi determinada segundo procedimento oficial da AOAC 926.08 (1997); nitrogênio total (NT), pelo método de Kjeldahl, segundo procedimento oficial da AOAC 991.20 (1997); proteína total, multiplicando-se o teor de NT pelo fator de conversão 6,38; gordura, pelo método de Gerber, conforme normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). O teor de fibras foi determinado de acordo com HORWITZ (2005) por meio da utilização do kit KFRUCHK, da empresa Megazyme International Ireland Limited, Bray, Co. Wicklow, Irlanda.

O conteúdo mineral foi determinado por Espectrometria de Emissão Óptica de Plasma Acoplado Indutivamente (ICP) (Spectro Analytical Instruments, Kleve, Alemanha) de acordo com metodologia utilizada por Felicio et al (2016). Foram construídas curvas de calibração utilizando padrões de cálcio, sódio e potássio. Dez gramas de amostra foram hidrolisadas por ácido, por aproximadamente 16 h a 120°C ± 2°C, utilizando 2 mL de solução de ácido nítrico-perclórico (2: 1). As amostras foram então aquecidas em um bloco de digestão (Technal, São Paulo, Brasil) com uma exaustão em ebulição lenta até 100°C ± 2°C ao longo de 1 h e mantidas durante 2 h adicionais a 170°C ± 2°C. Após arrefecimento até à temperatura ambiente, adicionaram-se a cada tubo 2 mL de ácido perclórico nítrico e aqueceu-se durante mais 4 h a 170°C ± 2°C no bloco de digestão.

### **2.2.3. Reologia**

As medidas reológicas das formulações de requeijões foram determinadas através de ensaios de escoamento em estado estacionário (curvas de fluxo) e dinâmico (ensaios oscilatórios) em reômetro de tensão controlada Paar Physica MCR 300 (Anton Paar GmbH, Graz, Áustria), com geometria de cone-placa (4° mm, 2°) e gap de 0,171 mm. As amostras foram colocadas no prato e deixadas para descansar a 10 ± 0,1°C durante 10 min para recuperação da estrutura. A temperatura dos ensaios foi mantida com auxílio de sistema de controle de temperatura Physica TEK 150P. As análises foram realizadas em triplicata para cada formulação.

## Curvas de Fluxo

Para a obtenção das curvas de fluxo, duas varreduras de tensão de cisalhamento foram realizadas: a primeira com taxa de deformação crescente (0 a 100 s<sup>-1</sup>) e a segunda decrescente (100 a 0 s<sup>-1</sup>). Os dados da primeira curva foram ajustados ao modelo da lei da potência (Equação 1) através de análise de regressão não-linear usando *software* STATISTICA 5.0 (Statsoft, Tulsa, OK, EUA).

$$\sigma = k\gamma^n \quad (1)$$

Onde,  $\sigma$  é a tensão de cisalhamento (Pa),  $k$  é o índice de consistência (Pa.s<sup>n</sup>),  $\dot{\gamma}$  é a taxa de cisalhamento (s<sup>-1</sup>), e  $n$  é o índice de comportamento (adimensional).

## Ensaio Oscilatórios

Nos ensaios oscilatórios,  $G'$  (módulo elástico),  $G''$  (módulo viscoso) e  $G^*$  (viscosidade complexa) foram medidos a frequências entre 0,1 e 100 Hz, com um valor de tensão constante igual a 0,3 Pa, dentro do intervalo de viscoelasticidade linear, a qual foi determinada através de ensaios preliminares de varrimento de amplitude de deformação (0,01 - 10%), com uma frequência fixa de 1 Hz (dados não mostrados). A tangente do ângulo de fase representa a razão entre as propriedades viscosas e elásticas das amostras e foi determinada de acordo com a Equação 2.

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} \quad (2)$$

Os módulos elástico ( $G'$ ) e viscoso ( $G''$ ) foram utilizados para o cálculo do módulo complexo ( $G^*$ ) de acordo com a Equação 3.

$$G^* = \sqrt{G'^2 + G''^2} \quad (3)$$

O modelo do gel crítico de Winter e Chambon (1986) foi utilizado para a avaliação das mudanças nas propriedades viscoelásticas das amostras em função da frequência (Equação 4) (MACKŮ et al., 2009). Os dados foram ajustados através de

análise de regressão não-linear usando *software* STATISTICA 5.0 (Statsoft, Tulsa, OK, EUA).

$$G^* = A_F \omega^{1/2} \quad (4)$$

Onde  $A_F$  ( $\text{Pa}\cdot\text{s}^{1/2}$ ) representa a força do gel,  $\omega$  é a frequência em Hz e  $z$  (adimensional) corresponde ao fator de interação o qual é definido como o número de unidades estruturais interagindo entre si em uma rede tridimensional.

#### **2.2.4. Derretimento**

Segundo a metodologia utilizada por Cunha, Dias e Viotto (2010), as condições mais adequadas para a realização do teste de fusão do requeijão cremoso seria 110°C por 7 min (5 + 2 min), pesando 15 gramas ( $\pm 0,20$  g) das amostras diretamente nos tubos de fusão. Estes tubos (250 mm cilindros de vidro longo  $\times$  30 mm de diâmetro, fornecido com rolhas de borracha em ambas as extremidades) foram gravados com duas linhas de referência no vidro, um longitudinal e outro transversal. Depois de serem pesados, os tubos foram deixados em posição vertical num banho de gelo durante 30 min. A rolha de borracha foi ajustada, em seguida, de modo que a superfície do queijo ficasse em linha com a linha de referência transversal gravado. Os tubos então foram colocados horizontalmente no suporte, e posteriormente numa incubadora de ar forçado a 110°C durante 5 min. O suporte foi, então, removido do forno e os tubos inclinados a 45°C de modo a interromper o fluxo de queijo. Foi marcada a distância que a amostra fundida fluirá a partir da linha de referência para a borda. Depois o suporte foi devolvido à posição horizontal e colocado na incubadora durante mais 2 min. A marcação da distância da amostra fundida foi repetida. A distância total em centímetros abrangida pela amostra durante o tempo de 5 + 2 min de aquecimento foi denominada "fluxo de queijo" e usada como o índice de fusão.



### **2.2.5. Diâmetro de Partícula**

As diferentes amostras elaboradas foram avaliadas em duplicata em relação ao tamanho de partículas conforme a metodologia descrita por Lee, Anema e Klostermeyer (2004). Uma quantidade de 0,5 g da amostra foi dispersa em 50 mL de solução de EDTA (0,375% p/p) e Tween 20 (0,125% v/v), e o pH foi ajustado a 10 usando hidróxido de sódio 1N. Após uma noite na geladeira (7°C), as amostras foram colocadas à temperatura ambiente por cerca de 1 hora. O diâmetro de partícula das amostras de requeijão elaboradas foi determinado através de Malvern Mastersize 2000 (Malvern Instruments Ltd, UK).

Esta metodologia utiliza os seguintes parâmetros:  $D[4,3]$  = diâmetro médio volumétrico, que corresponde ao diâmetro da esfera que possui o mesmo volume médio das partículas constituintes do sistema;  $D[3,2]$  = diâmetro médio superficial ou diâmetro médio de Sauter, que corresponde ao diâmetro médio das partículas proporcionais à razão entre o volume total e a sua área superficial total. Em relação a estes parâmetros o  $D[4,3]$  é influenciado por largas partículas enquanto  $D[3,2]$  é influenciado por pequenas partículas (ROJAS et al. 2016).

### **2.2.6. Microestrutura**

A microscopia eletrônica de varredura é uma técnica valiosa na pesquisa de laticínios, pois fornece informações sobre a microestrutura de produtos lácteos, as quais estão relacionadas com as propriedades físicas (CUNHA; ALCÂNTARA; VIOTTO, 2012; LIU; XU; GUO, 2008). Pequenas porções análogas do requeijão (aproximadamente 5 g) foram fixadas com 2,5% (v/v) de glutaraldeído em água durante 1 hora e lavadas três vezes com tampão de fosfato. Depois disso, as amostras foram então colocadas em 0,2% (w / v) de  $OsO_4$  deixada durante a noite, lavadas três vezes com tampão de fosfato e desidratados numa série de etanol graduada [(50-70-90-100)% (v / v); 20 min por passo] e colocados em 100% (v / v) de etanol durante 24 horas. As amostras foram secas, trituradas e revestidas com Au por revestimento por pulverização catódica de diodo. As micrografias foram realizadas com um QUANTA-200 (FEI) a uma voltagem de aceleração de 10,0 kV e observadas usando JEOL JSM microscopia eletrônica (JEOL-USA, Inc., Peabody,).

### 2.2.7. Ressonância Magnética Nuclear de Baixo Campo (RMN)

Todas as amostras foram submetidas à análise de Ressonância Magnética Nuclear no Domínio do Tempo (RMN-DT) (Time Domain NMR – TD-NMR) com o objetivo de avaliar a influência da gordura, do sódio e do XOS sobre a dinâmica molecular da água e das proteínas (principalmente caseína) presentes no requeijão. Todas as medidas foram realizadas em um relaxômetro (relaxometer) MARAN Ultra de 0.54 T (23 MHz para o núcleo de  $^1\text{H}$ ) equipado com uma sonda (probe) de 18 mm para núcleos de  $^1\text{H}$  a  $30^\circ\text{C}$ , com duração do pulso de  $90^\circ\text{C}$  calibrada automaticamente para  $7.5\mu\text{s}$ . Antes de iniciar cada medida, as amostras foram deixadas em repouso no equipamento por 20 minutos para estabilização térmica.

O tempo de relaxação transversal ( $T_2$ ), sensível a dinâmicas lentas, da ordem de KHz, já foi empregado em estudos de requeijão com diferentes variações de gordura, sal e pH (MOLLER et al., 2012). Neste trabalho utilizou-se a sequência de pulsos Carr-Purcell-Meiboom-Gill (CPMG) para avaliação dos diferentes tempos de  $T_2$  presentes em cada amostra, buscando compreender os diferentes ambientes químicos da água em função da composição do requeijão contendo ou não prebióticos (XOS). O tempo entre os pulsos ( $\tau$ ) foi de  $150\mu\text{s}$  e o sinal de decaimento adquirido com 4096 ecos (*echos*), sendo apenas os ecos pares (*even echos*) tomados para o ajuste exponencial, conforme a Equação 5:

$$M(t) = M_1 \exp\left(-\frac{t}{T_{2,1}}\right) + M_2 \exp\left(-\frac{t}{T_{2,2}}\right) + k \quad \text{Equação 5}$$

O ajuste com duas componentes exponenciais levou ao menor valor de qui-quadrado ( $\chi^2$ ) para todas as amostras. A componente 1 está relacionada aos prótons de menor mobilidade ou mais confinados, enquanto que a componente 2 representa a população de  $^1\text{H}$  de maior mobilidade e valores de tempo maiores.  $M_1$  e  $M_2$  indicam a densidade de prótons de cada componente, sendo os valores percentuais obtidos pela relação:

$$X\% = \frac{M_x}{M_1 + M_2} \cdot 100 \quad \text{Equação 6}$$

Onde, X pode se 1 ou 2.

Utilizou-se um tempo de reciclo (*recycle delay*) de 10 segundos e 16 repetições (*scans*), com um ganho no receptor (*receiver gain*) suficiente para fornecer um sinal com uma relação sinal/ruído (*signal/noise ratio*) de aproximadamente 600.

Pela primeira vez foi realizado o estudo do tempo de relaxação longitudinal ( $T_1$ ) de amostras de requeijão neste trabalho. Uma vez que este fenômeno, obtido pela sequência de pulsos de Inversão-Recuperação (IR) (*Inversion Recovery*) em um campo externo estático, permite avaliar rápidas dinâmicas moleculares, da ordem de MHz, esta técnica será empregada para a análise da dinâmica molecular dos componentes de elevada massa molecular, ou seja, do xilooligossacarídeo, da gordura e principalmente das proteínas.

Para esta sequência, utilizou-se uma lista logarítmica de tempos de recuperação de 1 a 5000 ms com 40 valores de tempo. Para cada tempo foram feitas 4 repetições (*scans*) com um tempo de reciclo de 10 segundos e um ganho no receptor de 4%.

O sinal obtido foi ajustado com uma função exponencial para a determinação de um único valor  $T_1$ , de acordo com a Equação 7:

$$M_Z(t) = M_0 \left[ 1 - 2 \cdot \exp\left(\frac{-t}{T_1}\right) \right] \quad \text{Equação 7}$$

### **2.2.8. Análise estatística**

Para as análises físico-química e reológicas, os resultados obtidos foram analisados através de Análise de Variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software *Statistica 7.0*. (Vieira, 2006).

## **3. Resultados e Discussão**

### **3.1. Características físico-químicas**

Os resultados das análises físico-químicas referentes às seis amostras elaboradas podem ser observados na Tabela 2. Os resultados obtidos mostram que houve influência

da adição de xilooligossacarídeo (XOS) nos requeijões em alguns dos parâmetros físico-químicos ( $p > 0,05$ ), principalmente no aspecto relacionado à umidade dos produtos elaborados com XOS.

**Tabela 2** Características físico-químicas e composição centesimal de requeijão cremoso adicionados de xilooligossacarídeo (XOS)

Parâmetro	RA	RB	RC	RD	RE	RF	RG
pH	6,23±0,04 <sup>a</sup>	6,27±0,08 <sup>a</sup>	6,29±0,08 <sup>a</sup>	6,33±0,07 <sup>a</sup>	6,32±0,05 <sup>a</sup>	6,29±0,07 <sup>a</sup>	6,36±0,05 <sup>a</sup>
Extrato Seco	35,23±0,55 <sup>a</sup>	32,86±1,62 <sup>ab</sup>	31,05±0,79 <sup>abc</sup>	23,92±0,06 <sup>c</sup>	26,45±0,42 <sup>bc</sup>	29,38±1,52 <sup>abc</sup>	26,20±1,04 <sup>bc</sup>
Umidade	64,77±0,55 <sup>c</sup>	67,14±1,62 <sup>bc</sup>	68,95±0,79 <sup>abc</sup>	76,08±0,06 <sup>a</sup>	73,55±0,42 <sup>ab</sup>	70,62±1,52 <sup>abc</sup>	73,80±1,04 <sup>ab</sup>
Proteína	19,15±0,34 <sup>ab</sup>	17,63±0,32 <sup>b</sup>	18,73±0,37 <sup>b</sup>	18,78±0,58 <sup>b</sup>	20,75±1,02 <sup>a</sup>	18,84±0,59 <sup>b</sup>	17,66±0,91 <sup>b</sup>
Gordura	9,73±0,52 <sup>a</sup>	9,76±0,22 <sup>a</sup>	2,06±0,04 <sup>b</sup>	2,05±0,02 <sup>b</sup>	2,10±0,05 <sup>b</sup>	2,10±0,01 <sup>b</sup>	2,09±0,03 <sup>b</sup>
Fibras	-	-	-	-	3,32±0,03 <sup>a</sup>	3,33±0,01 <sup>a</sup>	3,32±0,02 <sup>a</sup>
Sódio	459,67±6,35 <sup>a</sup>	206,67±4,72 <sup>c</sup>	474,33±6,35 <sup>a</sup>	245,67±6,92 <sup>b</sup>	233,33±2,08 <sup>b</sup>	233,33±1,15 <sup>b</sup>	233,33±2,49 <sup>b</sup>
Cálcio	202,00±2,00 <sup>d</sup>	291,00±1,00 <sup>a</sup>	233,00±1,00 <sup>c</sup>	285,67±2,52 <sup>ab</sup>	284,33±6,65 <sup>ab</sup>	283,00±1,00 <sup>ab</sup>	279,67±1,53 <sup>b</sup>
Potássio	90,00±2,00 <sup>b</sup>	465,00±4,65 <sup>a</sup>	92,33±2,08 <sup>b</sup>	454,00±1,73 <sup>a</sup>	452,33±2,52 <sup>a</sup>	454,67±1,53 <sup>a</sup>	454,00±3,00 <sup>a</sup>

\* Análises efetuadas em triplicata. Valores são expressos como média ± desvio padrão. RA, RB, RC, RD, RE, RF, RG = para letras iguais não houve diferença estatística no nível de 95% de confiança no teste de Turkey. RA = requeijão integral; RB = requeijão integral com redução de sódio; RC = requeijão desnatado; RD = requeijão desnatado com redução de sódio; RE = requeijão desnatado com redução de sódio e 3,3% de XOS; RF = requeijão desnatado com redução de sódio, 3,3% de XOS e arginina (melhorador de sabor); RG = requeijão desnatado com redução de sódio, 3,3% de XOS e levedura (melhorador de sabor).

O teor de umidade dos produtos elaborados ficou entre 64,77 e 76,08%. A umidade do produto final é um parâmetro importante no controle de qualidade, tanto sob o ponto de vista econômico, pois quanto maior sua porcentagem maior o rendimento, como pela sua influência direta na textura dos produtos (VAN DENDER, 2014). A legislação brasileira estabelece valores entre 60% e o máximo de 65% para requeijão cremoso (BRASIL, 1997).

Observou diferença na umidade com a diminuição de sódio entre as amostras RA e RB ambas com a mesma formulação, porém com redução de sódio apenas, assim como entre as amostras RC e RD, ambas também apenas com a redução de sódio como diferença. A umidade aumenta com a diminuição de sódio, pela afinidade osmótica entre o sódio e a água, o que retém mais a água na estrutura do alimento. Além disso, concentrações salinas podem elevar a solubilidade da proteína (efeito "salting in") devido ao aumento da solvatação, aumentando assim a solubilidade e a estabilidade do produto alimentício, melhorando as propriedades emulsificantes (VAN HEKKEN; STRANGE, 1993).

Nas amostras com adição de XOS, houve um aumento considerado da umidade, ficando esse parâmetro, inclusive, acima do permitido pela legislação. Esse aumento da umidade observado, nas amostras RE, RF e RG, pode ser explicado pela interação química entre as moléculas de água e as moléculas de proteína e as moléculas de XOS. A proteína interage com a água através de pontes de hidrogênio, ligação química muito estável. Quando é adicionado o XOS a água passa a integrar com essa molécula de carboidrato. Como essa interação com o XOS não possui uma força molecular, a temperatura de secagem em estufa a 105°C consegue romper essa ligação, o que faz com que essa água evapore e a umidade do requeijão adicionando com XOS seja maior (DAMODARAN; PARKIN, FENNEMA, 2010).

O conteúdo médio de extrato seco das amostras variou entre 26,20 a 35,23% (p/p) havendo diferença significativa entre as amostras integral, desnatado e com adição de XOS. Os valores médios de extrato seco requeridos para queijos processados untáveis, que é o caso do requeijão cremoso, é de 38 a 40% (RAPACCI, 1997, VAN DENDER, 2014). A variação nos teores de extrato seco está relacionada à diferença na formulação, sendo o teor de sólidos importante pelas suas propriedades físicas, como a consistência e a viscosidade e pelo valor nutritivo do produto.

Admitem-se para requeijão cremoso os teores de 9-11% de proteína e 24-27 % de gordura e de 55%- 65% de gordura no extrato seco (ABIA, 1998, RAMOS et al. 2012). Ao analisarmos os valores obtidos na Tabela 2, podemos notar que houve diferença significativa nos teores de gordura entre as amostras integrais e as desnatadas, como já era de se esperar, porém o teor de gordura não se alterou com a adição do XOS. Em contrapartida, ao analisar o teor proteico as amostras apresentaram diferença significativa, inclusive nas amostras onde houve a adição de XOS. Quando comparada o teor de proteína da amostra desnatada com as amostras adicionadas de XOS, não houve diferença significativa no teor proteico das mesmas, demonstrando que a presença da fibra não altera a estrutura proteica formada no processamento do requeijão. Além disso, os valores obtidos estão acima do exigido, estando todas as amostras entre 17% e 20% de proteína, sendo a faixa preconizada de 9-11%, justificada pelo acréscimo do concentrado proteico de soro.

Os valores médios obtidos de fibras foram de aproximadamente 3%, indicando que os 3,3% de XOS adicionados durante a formulação do produto não sofreu perdas significativas ao longo do processamento. As doses dos prebióticos para que apresentem os efeitos positivos no organismo varia de acordo com o tipo de oligossacarídeo. Estudo realizado por Sako, Matsumoto e Tanaka (1999) orienta quanto à recomendação de ingestão diária de 10g por dia de GOS para observar os efeitos bifidogênicos, porém 2,5 g de prebióticos por dia já é suficiente para aumentar os níveis fecais de bifidobactérias. Para observar estes efeitos bifidogênicos é recomendada a ingestão de 2g por dia de XOS, de 2 a 10 g de FOS por dia e de 8 a 10 g de IMO por dia (SAKO; MATSUMOTO; TANAKA, 1999; RIVERO-URGELL; SANTAMARIA-ORLEANS, 2001; GOULAS et al., 2004).

Estudos em humanos e animais demonstram que o XOS é um prebiótico eficiente na modificação benéfica da microbiota intestinal a partir da ingestão de 1,4 g por dia em adultos, valor este de ingestão muito abaixo do que é necessário de FOS e de galactooligossacarídeo (GOS) ( $\geq 10$  g/dia) para que seja percebido o efeito benéfico destes prebióticos (FINEGOLD et al., 2014). Essa quantidade corresponde a 50g de requeijão por dia, o que daria, em medidas caseiras, 1 colher e meia de sopa cheia.

Além do teor de umidade, o percentual de gordura das amostras também influencia a firmeza do queijo. Na medida em que a porcentagem de gordura é reduzida,

as proporções de proteína e umidade tendem a aumentar quando determinamos a composição centesimal. O maior teor proteico em queijos com redução de gordura causa defeitos na textura, como maior firmeza e adesividade. Outra questão a ser considerada é a firmeza do gel formado devido à adição de um oligossacarídeo (METZGER; MISTRY, 1995; SIPAHIOGLU; ALVAREZ; SOLANOLOPEZ, 1999). Esses resultados em relação à firmeza e viscosidade serão discutidos nos resultados analíticos de reologia.

O pH é o equilíbrio entre íons  $H^+$  e  $OH^-$  de uma solução e a alteração desse valor influencia no equilíbrio de ionização de grupos ácidos e básicos presentes na estrutura de uma proteína. Assim, mudanças no pH afetam a distribuição de cargas de uma proteína e, conseqüentemente, as interações eletrostáticas entre grupos da proteína, entre a proteína e o solvente e entre as próprias moléculas do solvente (FONSECA et al, 2006). No caso do controle dos padrões de identidade e qualidade de queijos, o pH é um parâmetro de suma importância, pois afeta diretamente sua estrutura e propriedades reológicas, já que o valor do pH altere fortemente as interações químicas entre os componentes estruturais (proteínas, água e minerais) dos queijos (PASTORINO et al., 2003).

Nas amostras analisadas contendo a adição de XOS e redução de sódio não diferenciaram significativamente ( $P < 0,05$ ) em relação ao requeijão integral (RA = 6,23), requeijão integral com redução de sódio (RB = 6,27), requeijão desnatado (RC = 6,29), requeijão desnatado com redução de sódio (RD = 6,33), apresentando o valor de pH entre 6,29 e 6,36, mantendo-se dentro dos limites de qualidade estabelecidos pela legislação.

O intervalo de pH recomendado varia de 5,5 a 5,9 para requeijões com fermentação láctica e mais elevada quando obtido por acidificação direta (5,4 a 6,3). Valores abaixo de 5,4 prejudica a estrutura, o paladar e tende a formar textura granulosa e muito firme, por outro lado, valores de pH na faixa entre 5,5 a 5,7 resultam em queijos de consistência cremosa e firme (VAN DENDER, 2006). Valores acima de 6,3 podem resultar no decréscimo da interação proteína-proteína e no aumento da hidratação das proteínas, deixando o requeijão menos firme reduzindo a durabilidade do queijo, além de provocarem alterações no seu sabor (gosto salgado, sabor de sabão e separação de

gordura), tornando a consistência pastosa (RAPACCI, 1997; LUBECK, 2005; SHIRASHOJI, et al., 2006, VAN DENDER, 2006).

Os resultados obtidos se aproximaram ao encontrado por Bosi (2008), onde foi desenvolvido requeijão light e requeijão sem adição de gordura e acrescido com fibra alimentar e os valores de pH ficaram entre 5,82 e 5,89, independente da concentração da fibra analisada e do tempo de estocagem. Já o requeijão cremoso potencialmente prebiótico pela adição de inulina e proteína de soja elaborado por Gomes e Pena (2010) se aproximaram mais do valor obtido no presente estudo, ficando com valores de pH entre 6,26 e 6,38.

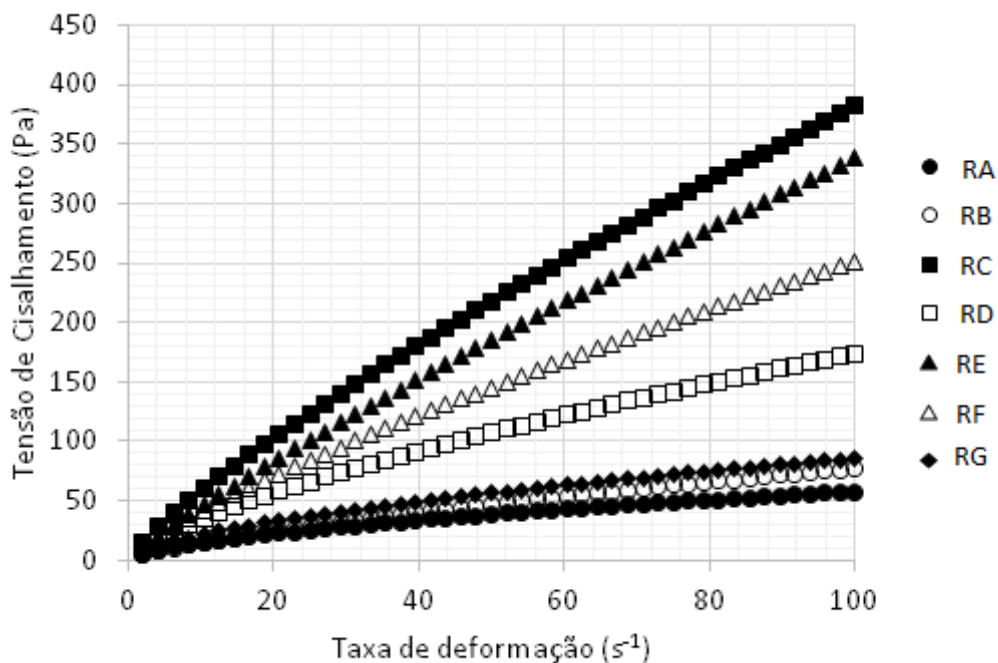
## **3.2. Reologia**

### **3.2.1. Curvas de Fluxo**

Na Figura 2 pode observar as curvas típicas de escoamento em estado estacionário ( $\sigma \times \dot{\gamma}$ ) obtidas para a primeira varredura de tensão de cisalhamento das amostras de requeijão. É possível observar que todas as amostras apresentaram comportamento similar, porém o controle (amostra RA) apresentou tendência a menores valores de tensão de cisalhamento por taxa de deformação, sendo seguido em ordem crescente pelas amostras RB, RG, RD, RF, RE e RC. Isso indica um possível ganho de viscosidade com a incorporação de XOS e a redução do teor de gordura. Esse resultado pode ser explicado pelo fato do XOS formar um gel no produto, o que deixaria o mesmo mais firme, caracterizando esse ganho de viscosidade.

Por outro lado, é possível observar uma perda de consistência com a redução do sódio, nas amostras AB e AD, em especial na amostra integral (AB). Esse resultado demonstra a influência da água na interação com as moléculas de sódio.





**Figura 2.** Curva de fluxo de escoamento em estado estacionário das amostras de requeijão.

Os dados de tensão de cisalhamento ( $\sigma$ ) em função da taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ) foram ajustados ao modelo da lei da potência. A Tabela 3 apresenta os valores médios dos índices de comportamento e de consistência para as amostras de requeijão. O índice de consistência ( $k$ ) está relacionado à viscosidade, que, em queijos processados, é atribuída principalmente a interações e forças de atração intermoleculares entre as partículas de proteína (Dimitreli; Thomareis, 2007). Assim, quanto mais água houver entre as partículas de proteína, maior a distância entre elas, e menor o índice de consistência (Dimitreli; Thomareis; Smith, 2005).

As versões desnatadas das amostras sem (RC) e com redução de sódio (RD) apresentaram valores bem superiores de índice de consistência quando comparadas as suas respectivas versões integrais A e B, respectivamente. Por outro lado, a redução de 50% do teor de sódio proporcionou uma diminuição no índice de consistência. Isso provavelmente se deve a menor capacidade de retenção de água, devido ao menor teor de sódio presente nessas amostras. Tal redução do teor de sódio promoveu diminuição da interação catiônica desses sais com a água aumentando a mobilidade da matriz proteica tornando a amostra mais “mole”. Todas as amostras de requeijão apresentaram

índices de comportamento ( $n$ ) menores que 1, indicando comportamento pseudoplástico, em que a viscosidade aparente diminuiu com o aumento da taxa de deformação aplicada (Tabela 3).

Nas amostras de requeijão esse comportamento pode estar relacionado ao fato de que as macromoléculas, como as moléculas de proteína e gordura, tendem a se orientar na direção do movimento do fluido diminuindo, portanto, a resistência ao escoamento com o aumento da taxa de deformação (Damodaran, 1997). A adição de XOS, aparentemente, promoveu um aumento no índice de consistência e no índice de comportamento das amostras quando comparadas a mesma amostra desnatadas sem tais aditivos. As amostras RA e RG apresentaram valores de  $k$  e  $n$  similares indicando que a adição de levedura no requeijão desnatado com XOS e redução de sódio proporcionou a essa amostra um caráter reológico similar ao controle integral. A adição de arginina (amostra RF) parece não ter proporcionado uma diferença significativa quando comparada a amostra similar sem o aditivo (amostra RE).

**Tabela 3.** Valores médios dos parâmetros  $n$  (índice de comportamento),  $k$  (índice de consistência) e  $R^2$  (índice de determinação) obtidos a partir do ajuste dos dados experimentais ao modelo da lei da potência para as amostras de requeijão.

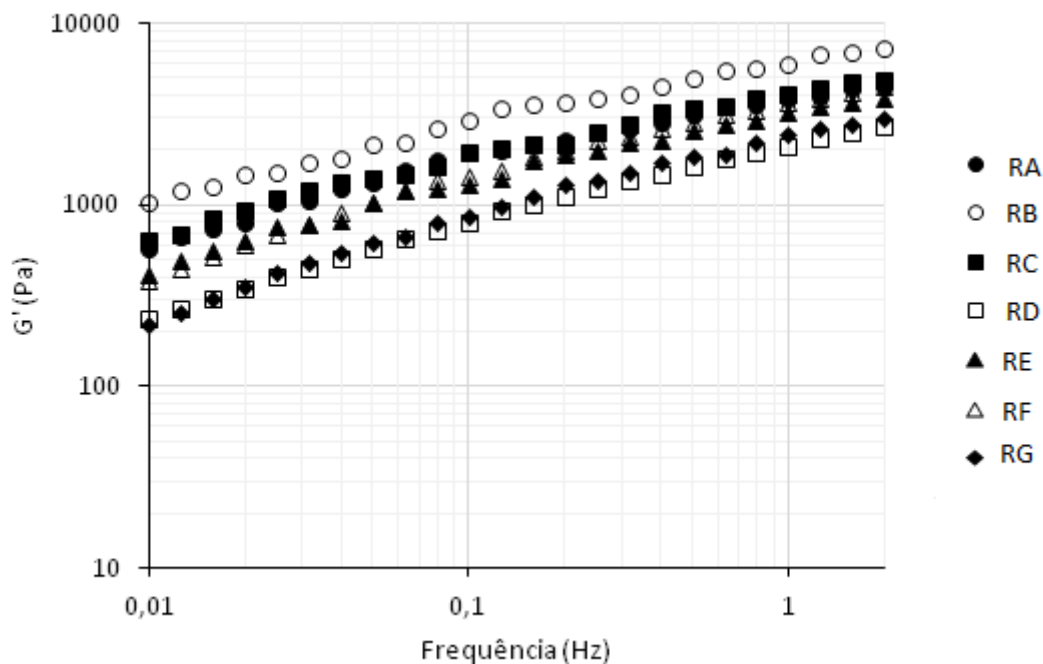
Amostra	$k$ (Pa.s <sup>n</sup> )			$n$			$R^2$
RA	4,04	±	0,03 <sup>f</sup>	0,58	±	0,09 <sup>fg</sup>	0,866
RB	2,96	±	0,05 <sup>g</sup>	0,71	±	0,00 <sup>d</sup>	0,998
RC	9,16	±	0,05 <sup>a</sup>	0,81	±	0,00 <sup>b</sup>	0,998
RD	7,27	±	0,00 <sup>b</sup>	0,69	±	0,01 <sup>e</sup>	0,998
RE	6,21	±	0,00 <sup>c</sup>	0,87	±	0,01 <sup>a</sup>	0,998
RF	6,76	±	0,00 <sup>d</sup>	0,79	±	0,00 <sup>c</sup>	0,999
RG	5,53	±	0,00 <sup>e</sup>	0,60	±	0,01 <sup>fg</sup>	0,999

RA = requeijão integral; RB = requeijão integral com redução de sódio; RC = requeijão desnatado; RD = requeijão desnatado com redução de sódio; RE = requeijão desnatado com redução de sódio e 3,3% de XOS; RF = requeijão desnatado com redução de sódio, 3,3% de XOS e arginina (melhorador de sabor); RG = requeijão desnatado com redução de sódio, 3,3% de XOS e levedura (melhorador de sabor).

### 3.2.2. Ensaios Oscilatórios

As amostras de requeijão apresentam um comportamento viscoelástico, isto é, quando submetidas a certa deformação parte da energia mecânica fornecida é armazenada na forma elástica e parte é perdida. Tais propriedades viscoelásticas podem ser determinadas por ensaios dinâmicos oscilatórios de baixa amplitude nos quais são mensurados os módulos elástico ( $G'$ ) e viscoso ( $G''$ ) (LUCEY; JOHNSON; HORNE, 2003). O módulo elástico ( $G'$ ) é definido como sendo a medida da energia armazenada por ciclo de oscilação e pode ser usado como um índice da rigidez ou da elasticidade do material (FRÖHLICH-WYDER; GUGGISBERG; WECHSLER, 2009). Já o módulo viscoso ( $G''$ ) é a medida da energia dissipada ou perdida por ciclo de oscilação (SANCHEZ, et al., 1996).

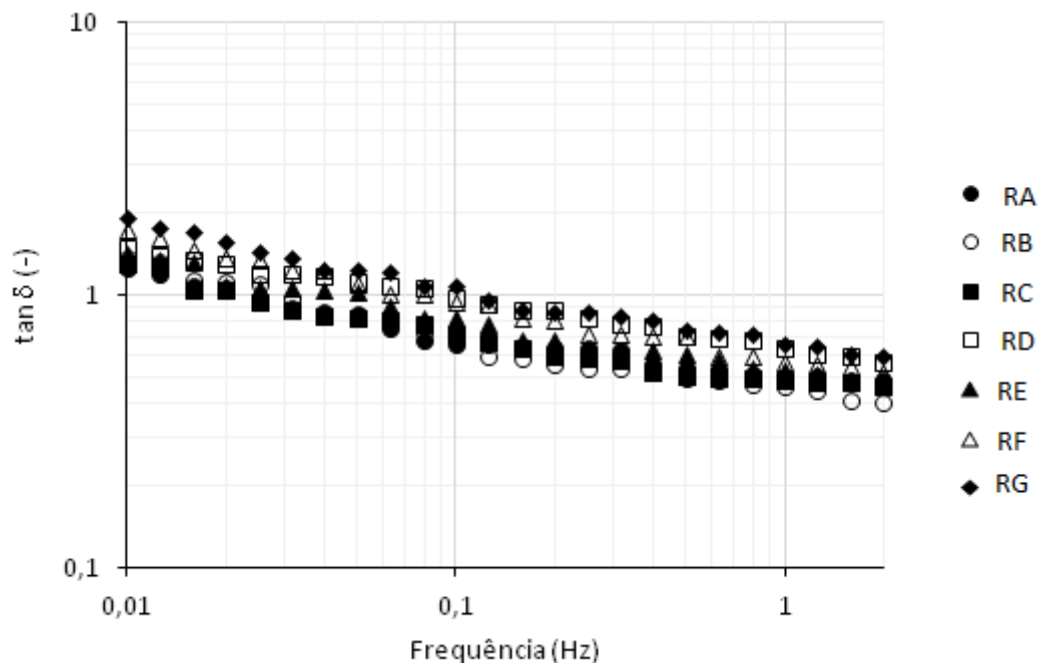
A Figura 3 mostra os espectros mecânicos das amostras de requeijão com relação a  $G'$ . É possível verificar que as amostras RD, RE, RF e RG apresentaram valores de  $G'$  muito inferiores as demais amostras, indicando que a adição de XOS proporcionou um diminuição da consistência dos requeijões. Também é possível verificar que com o aumento da frequência há um aumento dos valores de  $G'$  para todas as amostras.



**Figura 3.** Módulo elástico ( $G'$ ) das amostras de requeijão.

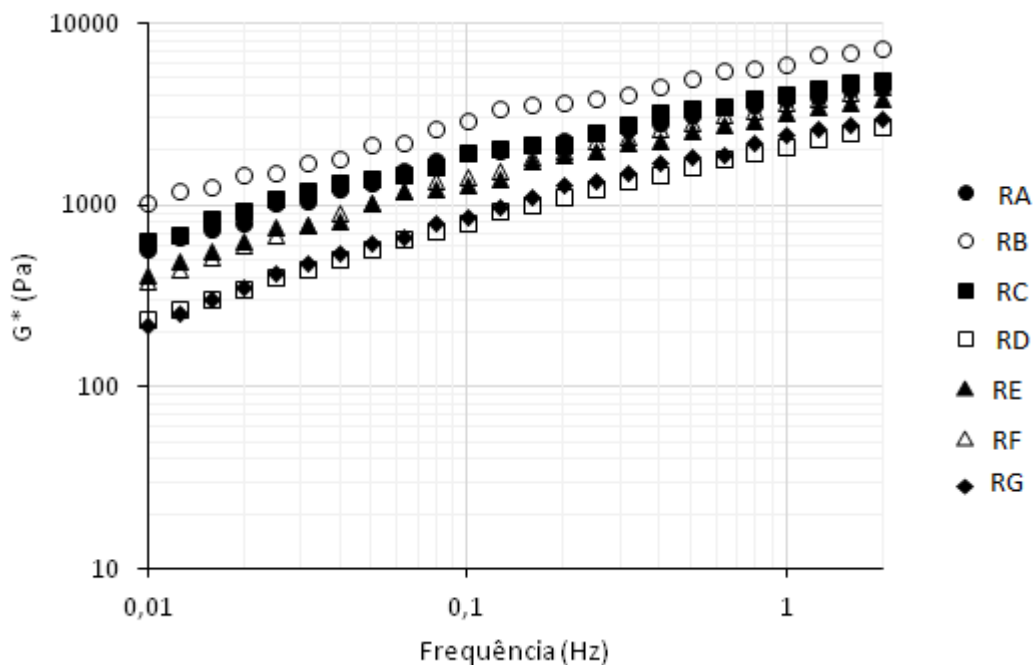
A Figura 4 apresenta a tangente do ângulo de fase ( $\tan \delta = G''/G'$ ) que indica a razão entre as propriedades viscosa ( $G''$ ) e elástica ( $G'$ ) e está relacionado ao relaxamento das ligações na matriz polimérica que é formada basicamente pelas proteínas do leite e polissacarídeos adicionados (FRÖHLICH-WYDER; GUGGISBERG; WECH, 2009). No entanto, todas as amostras apresentaram valores relativamente baixos ( $0,3 < \tan \delta < 1,1$ ). Para baixas frequências ( $\omega < 0,1$ ) todas as amostras apresentaram  $\tan \delta > 1$  o que indica que a rede proteica é menos estruturada, com menor número de ligações, ou que as moléculas têm maior mobilidade, de modo que o produto tem maior facilidade para fluir (CUNHA, 2007).

Por outro lado, para frequências maiores que 0,1  $\tan \delta$  foi menor que 1, ou seja, o  $G'$  foi maior do que o  $G''$ . Como consequência, a altas frequências, as moléculas têm menos mobilidade, e por isso o produto apresenta característica mais de sólido que de líquido. Para as amostras controle (RA), com redução de sódio (RB) e desnatada (RC), não foi observado neste caso diferença significativa entre as amostras. Esse comportamento indica que a redução dos teores de sódio e de gordura não interferiu significativamente na formação da rede proteica.



**Figura 4.** Angulo de fase ( $\tan \delta$ ) das amostras de requeijão.

Esse comportamento também pode ser observado na Figura 5 que apresenta o módulo complexo das amostras de requeijão em função da frequência. Quanto maior o valor do módulo complexo maior a firmeza das amostras. Assim, é possível observar que as amostras mais firmes foram RA, RB e RC. Tais resultados podem ser corroborados pelos resultados da regressão não-linear obtidos ( $0,974 < R^2 < 0,992$ ). Os valores de  $A_F$  das amostras RA, RB e RC chegam a ser o dobro dos valores das amostras RD, RE, RF e RG (Tabela 2), indicando um efeito simbiótico da redução do teor de gordura e do teor de sódio, causando uma diminuição da força do gel, relacionado também à quantidade maior de umidade que tem nesses produtos. Observando os valores de  $A_F$  das amostras RD e RE é possível notar que a adição de XOS proporcionou um aumento significativo na força do gel.



**Figura 5** Módulo complexo ( $G^* = (G'^2 + G''^2)^{1/2}$ ) das amostras de requeijão.

Um aumento adicional da força do gel foi obtido devido à adição da arginina cujas amostras apresentaram valores de  $A_F$  similares ao controle. Tal comportamento está intimamente relacionado ao fator de interação ( $z$ ) cujos maiores valores foram observados para a amostra RB seguida pela amostra RA. Isso indica que um maior número de interações intermoleculares, tais como pontes de hidrogênio, interações hidrofóbicas entre caseína e gordura e pontes eletrostáticas de cálcio entre caseína foram

alcançadas para as amostras integras o que propiciou maior força do gel e consequente maior rigidez e consistência das amostras RA e RB.

Não foi observado grande impacto da redução de sódio sobre os valores de  $n$  nas amostras integrais, fato este observado comparando-se os valores de  $n$  entre as amostras RA e RB. Contudo, para as amostras desnatadas tal diferença foi significativa. Esse comportamento indica que os glóbulos de gordura aparentemente têm uma participação significativa no fator de interação e também na força do gel. Contudo, a adição de XOS parece ter tido um efeito restaurador da força do gel cujos valores de  $A_F$  e  $n$  foram próximos aos do controle integral. Testes futuros variando a concentração de XOS serão realizados a fim de indicar a concentração ótima comparada a amostra controle.

**Tabela 4.** Valores médios dos parâmetros  $A_F$  (força do gel),  $z$  (fator de interação) e  $R^2$  (coeficiente de determinação) obtidos a partir do ajuste dos dados experimentais ao modelo de Winter & Chambon (1986) para as amostras de requeijão.

Amostra	$A_F$ (Pa.s <sup>1/z</sup> )			$z$ (-)			$R^2$
RA	3619	±	40 <sup>c</sup>	3,38	±	0,02 <sup>a</sup>	0,990
RB	5758	±	70 <sup>a</sup>	3,40	±	0,02 <sup>a</sup>	0,988
RC	3852	±	42 <sup>b</sup>	2,12	±	0,14 <sup>f</sup>	0,974
RD	1855	±	25 <sup>g</sup>	2,73	±	0,02 <sup>d</sup>	0,992
RE	2981	±	47 <sup>e</sup>	3,24	±	0,03 <sup>b</sup>	0,982
RF	3375	±	56 <sup>d</sup>	3,03	±	0,03 <sup>c</sup>	0,984
RG	2232	±	38 <sup>f</sup>	2,67	±	0,03 <sup>e</sup>	0,988

RA = requeijão integral; RB = requeijão integral com redução de sódio; RC = requeijão desnatado; RD = requeijão desnatado com redução de sódio; RE = requeijão desnatado com redução de sódio e 3,3% de XOS; RF = requeijão desnatado com redução de sódio, 3,3% de XOS e arginina (melhorador de sabor); RG = requeijão desnatado com redução de sódio, 3,3% de XOS e levedura (melhorador de sabor).

### 3.3. Derretimento

Através dos resultados obtidos na Tabela 5, podemos observar que a adição de XOS influenciou na capacidade de derretimento e no fluxo de queijo dos produtos prebióticos quando comparado ao tratamento controle, tanto o integral quanto o desnatado. A adição de arginina na amostra RF não difere estatisticamente da amostra

sem o melhorador de sabor (RE), fenômeno que não acontece com a adição de levedura (RG), o qual corresponde, estatisticamente, ao controle integral. Tal situação pode ser explicada pelo fato da arginina, por ser um aminoácido, possuir uma afinidade maior em se ligar com a água ou por acelerar a degradação com o aquecimento, pois se sabe que o derretimento tende a ser maior quando a degradação da proteína aumenta (RUDAN; BARBANO, 1998).

**Tabela 5** Derretimento dos requeijões (cm)\*

RA	RB	RC	RD	RE	RF	RG
5,75 <sup>a</sup> ± 0,15	4,05 <sup>b</sup> ± 0,05	5,65 <sup>a</sup> ± 0,15	6,75 <sup>a</sup> ± 0,25	4,95 <sup>b</sup> ± 0,95	4,25 <sup>b</sup> ± 0,25	5,45 <sup>a</sup> ± 0,35

\*Valores expressos em centímetros. Análises efetuadas em duplicata. Valores expressos em média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha denotam diferença estatística ( $p < 0.05$ ). RA = requeijão integral; RB = requeijão integral com redução de sódio; RC = requeijão desnatado; RD = requeijão desnatado com redução de sódio; RE = requeijão desnatado com redução de sódio e 3,3% de XOS; RF = requeijão desnatado com redução de sódio, 3,3% de XOS e arginina (melhorador de sabor); RG = requeijão desnatado com redução de sódio, 3,3% de XOS e levedura (melhorador de sabor).

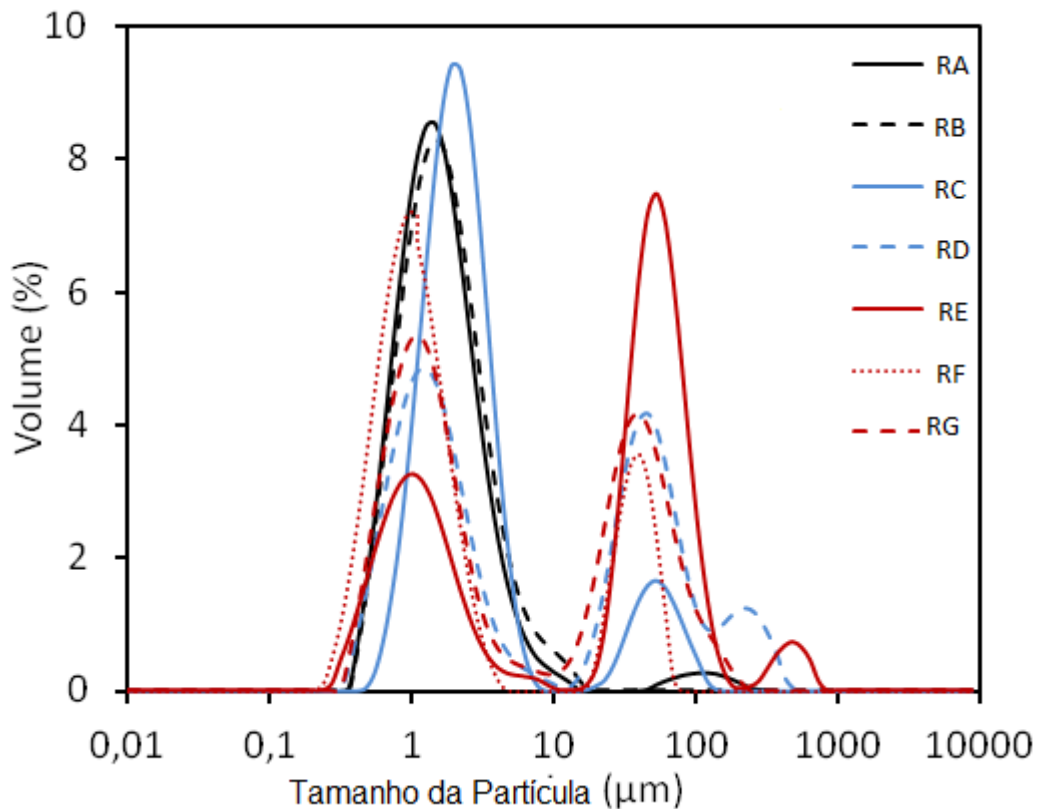
A adição de XOS diminui a capacidade de derretimento e o fluxo do queijo. A explicação para este acontecimento está na rede de gel que é formada entre o XOS e a água, pois devido à presença de grupamentos polares em sua estrutura esses oligossacarídeos possuem capacidade de adsorver água, e formando o gel o produto fica mais viscoso. Em oposto a isso, o que explica um maior fluxo do queijo, está a gordura, que tende a ficar mais líquida durante o aquecimento.

Autores afirmam que a capacidade de derretimento do queijo aumenta significativamente durante o período de armazenamento devido ao enfraquecimento da rede protéica provocado pela proteólise, principalmente da  $\alpha 1$ -caseína (SPADOTI; DORNELLES; PETENATE; ROIG, 2003; KINDSTEDT, 1991; YUN et al., 1993; TUNICK et al., 1993).

### 3.4. Diâmetro de Partícula

A Figura 6 mostra a distribuição do tamanho das partículas das diferentes amostras processadas, observando que as amostras RA (integral), RB (integral com redução de sódio) e RC (desnatado) possuem uma resposta parecida nesta distribuição, indicando partículas com diâmetros maiores.

Com a adição do XOS na amostra RE as partículas apresentam uma distribuição maior em relação ao diâmetro das partículas. Isso está relacionado à presença da cadeia oligomérica do XOS e do concentrado proteico, quando comparado ao tamanho da cadeia média de uma gordura do leite, o que aumentou o diâmetro médio das partículas medido instrumentalmente.



**Figura 6:** Efeito das diferentes formulações na distribuição do tamanho das partículas nos requeijões elaborados



Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ), tanto para D[3,2] quanto para D[4,3], entre o tamanho de partícula dos requeijões avaliados. Sendo que a amostra RE apresentou o maior diâmetro médio, seguida das amostras RC e RD. Em contrapartida, as amostras RG, RB, RA e RF foram as que apresentaram o menor tamanho de partícula.

Quando houve a redução de gordura na elaboração do produto da amostra RA para a amostra RC, as partículas assumiram uma distribuição maior em D[4,3] indicando partículas mais largas. Esse fenômeno indica a relação entre o tamanho das partículas com o diâmetro dos glóbulos de gordura. Em contrapartida quando há a adição do XOS na formulação RE, em comparação com a formulação RD o parâmetro D[4,3] apresenta um aumento de 35% mostrando a influência da cadeia oligomérica na distribuição de partículas dos produtos elaborados, onde assume uma conformação mais alongada, conformação também observada nos resultados da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Nos produtos com XOS onde foram adicionados os melhoradores de sabor arginina e levedura, respectivamente RF e RG, é possível observar uma diminuição dos tamanhos das partículas, observada a partir de uma redução de 75% de D[4,3] para RF e de 59% de D[4,3] para RG, sugerindo que neste momento houve um maior número de partículas menores e diminuiu o número de partículas grandes. As mudanças estruturais provocadas pela adição do prebiótico durante o processamento fica evidenciado pelos valores apresentados.

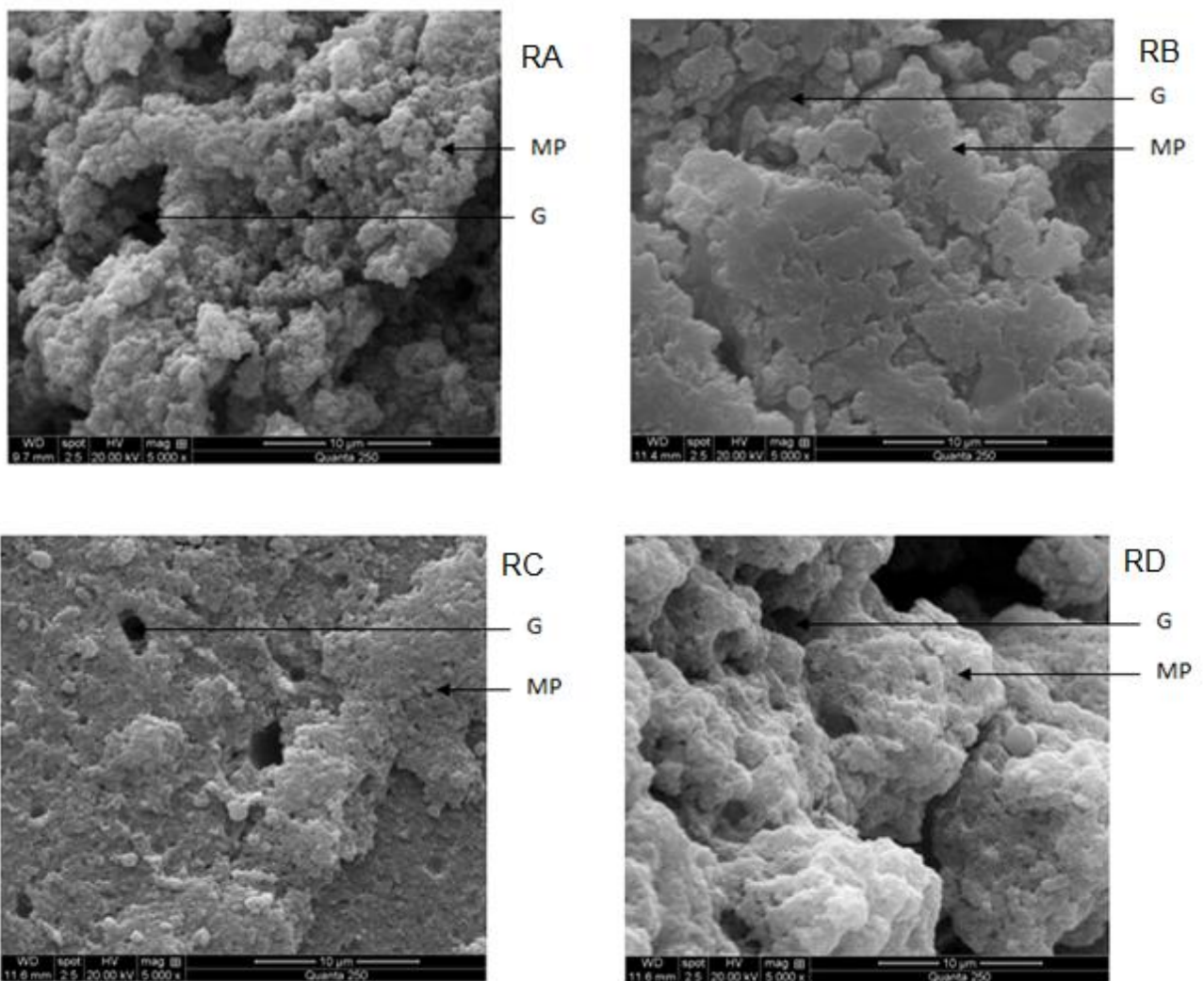
### **3.5. Microestrutura**

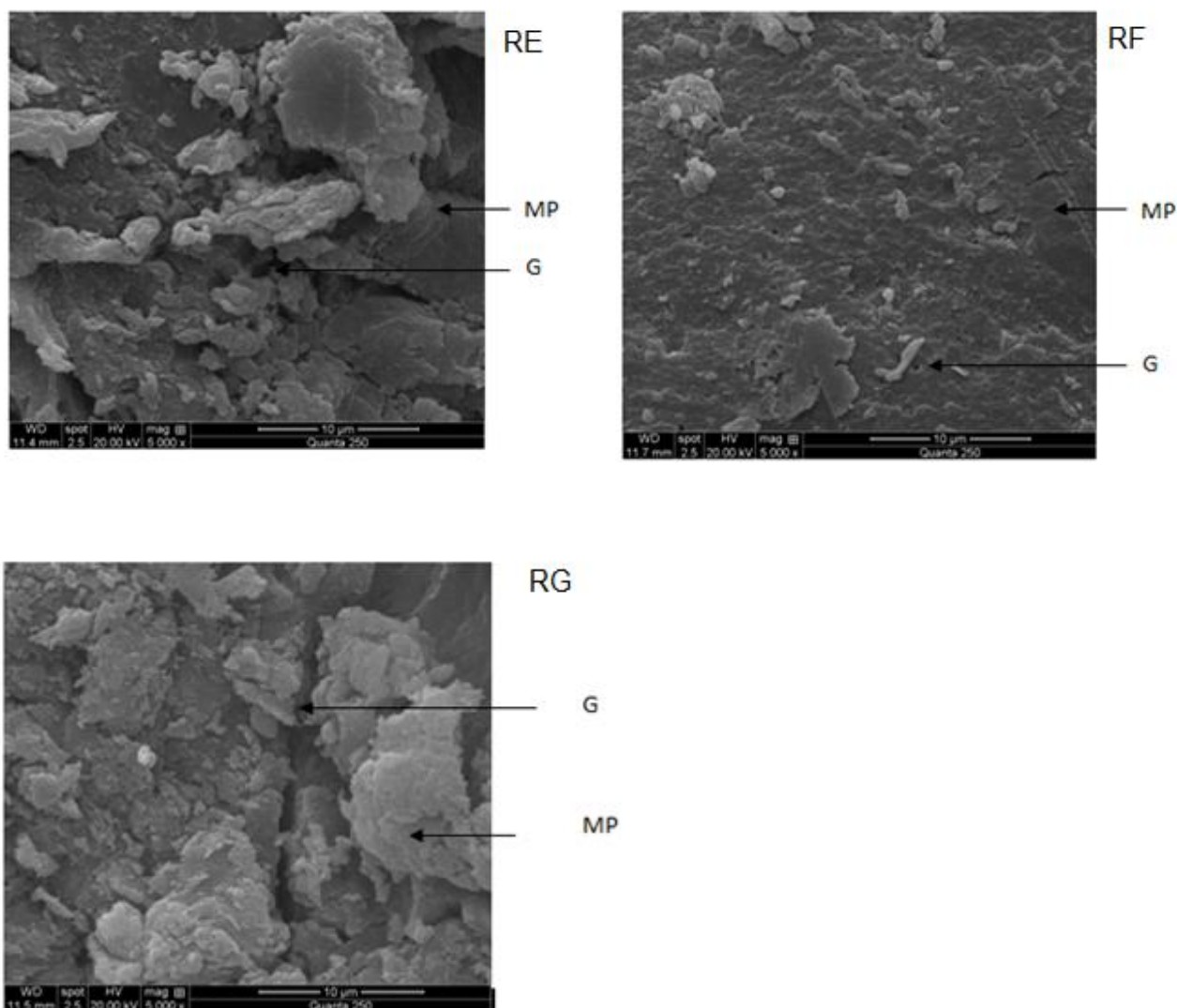
A microscopia eletrônica de varredura (MEV) é uma técnica valiosa na pesquisa de laticínios, pois fornece informações sobre a microestrutura de produtos lácteos, as quais estão relacionadas com as propriedades físicas (CUNHA; ALCÂNTARA; VIOTTO, 2012; LIU; XU; GUO, 2008).

Em função da fina microestrutura dos produtos lácteos, para se obter a resolução necessária ao emprego de MEV deve-se usar uma voltagem de 5 a 20 kv. Rayan, 1980 (apud COHEN; DAVIS; HOLCOMB; KALAB, 1981) observou as amostras de queijo

processado em 20 kv e Marchesseau, Gastaldi e Lagaude (1997) em 15 kv. Para as amostras de requeijão cremoso avaliadas neste trabalho, a melhor resolução foi conseguida operando o microscópio em 20 kv.

Nas imagens A, B, C, D, E, F e G (Figura 7) apresentam-se os resultados da aplicação da técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em aumento de 5000 x e resolução de 20 kv para amostra de requeijão cremoso prebiótico (XOS) preparada de acordo com o método proposto neste trabalho.





**Figura 7:** Aumento de 5000 x 20ky. G = espaço vazio onde se encontrava o glóbulo de gordura. MP = matriz protéica. RA = requeijão integral; RB = requeijão integral com redução de sódio; RC = requeijão desnatado; RD = requeijão desnatado com redução de sódio; RE = requeijão desnatado com redução de sódio e 3,3% de XOS; RF = requeijão desnatado com redução de sódio, 3,3% de XOS e arginina (melhorador de sabor); RG = requeijão desnatado com redução de sódio, 3,3% de XOS e levedura (melhorador de sabor).

Nas imagens da microestrutura dos requeijões observam-se os espaços vazios na matriz proteica, o que indica a presença inicial de partículas de gordura, as quais foram extraídas da amostra durante a preparação da mesma para análise. Esses mesmos espaços são observados em uma menor quantidade nas amostras de requeijão que foram elaboradas com a massa desnatada. Essas interrupções da matriz de proteína

ocasionadas pela presença dos glóbulos de gordura é o fator que contribui para a textura cremosa desejável em um requeijão (MISTRY; ANDERSON, 1993).

Segundo Crites, Drake e Swanson (1997) e Madadlou, Khosroshahi e Mousavi (2005), a redução do teor de gordura de um queijo torna a sua matriz protéica mais compacta, explicando o aumento de sua firmeza e adesividade. O aumento de firmeza e de adesividade dos requeijões sem adição de gordura foi compensado pelo aumento do teor de umidade e pela adição de fibra (prebiótico).

Ao avaliar as imagens constata-se que as amostras RE, RF e RG, que são as adicionadas de 3,3% de xilooligossacarídeo se diferenciaram estruturalmente em relação ao requeijão sem adição do prebiótico, tanto o integral quanto o desnatado, apresentando matriz proteica mais densa e compacta. Sabe-se que a emulsificação reduz as dimensões das partículas de gordura, ou seja, quanto menor a dimensão dos glóbulos de gordura, maior a emulsificação. Este fato pôde ser explicado por outro estudo realizado por Montesinos-Herrero, Cottell, O’Riordan e O’Sullivan (2006), que avaliaram a influência na reologia e na microestrutura, da substituição parcial de gordura por fibras em imitação de queijo. Observaram que aumentando a viscosidade da fase aquosa reduz-se a frequência de colisões das gotículas de gordura e estabiliza o óleo em água em queijo, podendo conduzir à redução da coalescência da gordura e consequentemente os glóbulos de gordura ficarem menores. De acordo com Fox, Guinee, Cogan e McSweeney (2000) queijos processados mais firmes e elásticos se devem à diminuição do diâmetro médio dos glóbulos de gordura e do nível de hidratação da paracaseína.

De acordo com Sandoval-Castilla, Lobato-Calleros, Aguirre-Mandujano e Vernon-Carter (2004), que estudaram a substituição de gordura por amido de tapioca em iogurte, utilizando microscopia eletrônica de varredura, observaram que as amostras sem adição de amido de tapioca, apresentaram uma rede composta por cadeias ou agregados de micelas de caseínas fundidas separadas por espaços vazios. E que, os glóbulos de gordura estariam inseridos nesta rede de proteína. Sendo que para as formulações adicionadas de amido de tapioca, as microestruturas apresentaram-se com muitos espaços vazios, mas menores se comparados com aquelas sem amido de tapioca, exibindo maior firmeza pela ação do amido em orientar as moléculas de água

umentando a viscosidade da fase contínua. Esse foi o mesmo fenômeno que se observou com a adição do XOS.

### 3.6. Ressonância Magnética Nuclear de Baixo Campo (RMN)

As duas amostras de requeijão integral com sódio normal e reduzido em 50% (RA e RB) não apresentaram mudanças significativas nos tempos de relaxação transversal das duas componentes, assim como na densidade de prótons em cada uma delas. A não interferência da concentração de sal sobre os valores de T2 já foi anteriormente observada por Andersen e colaboradores (2010) e Moller e colaboradores (2012). Da mesma forma, a concentração de sódio também não levou a uma considerável mudança no tempo de relaxação longitudinal, conforme pode ser observado na Tabela 7.

**Tabela 7: Resultado com o Tempo de relaxação das amostras de requeijão cremoso**

Amostra	T <sub>2,1</sub> (ms)	M <sub>2,1</sub> (%)	T <sub>2,2</sub> (ms)	M <sub>2,2</sub> (%)	T <sub>1</sub> (ms)
RA	43,1 ± 0,20	85,8 ± 0,60	110 ± 2,16	14,1 ± 0,61	362 ± 5,32
RB	43,3 ± 0,11	91,0 ± 0,28	128 ± 2,21	8,96 ± 0,29	345 ± 5,17
RC	3,65 ± 0,15	6,00 ± 0,14	50,3 ± 0,03	94,0 ± 0,05	417 ± 3,71
RD	4,80 ± 0,91	6,65 ± 0,67	51,9 ± 0,21	93,3 ± 0,36	433 ± 5,24
RE	30,8 ± 0,11	94,7 ± 0,35	96,4 ± 3,65	5,27 ± 0,37	96,3 ± 0,36
RF	30,5 ± 0,15	95,9 ± 0,35	128 ± 8,48	4,09 ± 0,38	97,3 ± 0,39
RG	30,6 ± 0,16	95,8 ± 0,40	121 ± 8,30	4,21 ± 0,43	96,1 ± 0,50

Análises efetuadas em triplicata. Valores são expressos como média ± desvio padrão. RA = requeijão integral; RB = requeijão integral com redução de sódio; RC = requeijão desnatado; RD = requeijão desnatado com redução de sódio; RE = requeijão desnatado com redução de sódio e 3,3% de XOS; RF = requeijão desnatado com redução de sódio, 3,3% de XOS e arginina (melhorador de sabor); RG = requeijão desnatado com redução de sódio, 3,3% de XOS e levedura (melhorador de sabor).

A redução na concentração de gordura (amostras RC e RD) provoca a perda de mobilidade dos prótons da água, que passam a se ligar mais fortemente às proteínas (MOLLER et al., 2012). Isto pode ser observado com a redução de T<sub>2,2</sub> de ~120 ms para

~50 ms e a redução de  $T_{2,1}$  para ~4 ms. Embora a maior população de prótons esteja situada na faixa de 40 – 50 ms, tanto para o requeijão integral quanto para o desnatado, a remoção de gordura conduz uma fração de prótons da água para ambientes químicos mais confinados, com o surgimento de valores de  $T_{2,1}$  entre 3 e 5 ms e o desaparecimento de tempos entre 100 e 130 ms, relacionados aos prótons de maior mobilidade.

Entretanto, a redução do teor de gordura das amostras RA e RB para as amostras RC e RD pôde ser melhor verificada através da relaxação longitudinal. A remoção da gordura, composta basicamente por triglicerídeos com massa molecular da ordem de 854 g/mol, leva a um aumento do valor de  $T_1$ . Isto pode ser explicado pela perda de mobilidade das macromoléculas de proteínas, antes “plastificadas” pelos triglicerídeos. A redução de gordura e o maior enovelamento das proteínas sugere um aumento no tempo de correlação da estrutura da caseína. A adição de 3,3% de oligômeros de XOS promoveu uma queda acentuada nas relaxações transversal e longitudinal.

A redução em  $T_2$  indica uma forte interação dos prótons da água com as moléculas de XOS através de ligações de hidrogênio. Isto pode ser observado pelo deslocamento da maior parte da população (aproximadamente 96%) de  $^1\text{H}$  para um ambiente mais restrito em ~30 ms. Da mesma forma que a água passa a se ligar mais fortemente às proteínas com a redução de gordura, a presença de estruturas ricas em hidroxila aumenta a força de sua hidratação pelas moléculas de água, que se torna ainda mais ligada ou estrutural.

A presença de XOS também afetou drasticamente os valores de  $T_1$ , implicando em uma redução para ~97 ms. Uma vez que a relaxação longitudinal é fortemente governada pelas macromoléculas de caseína, esta redução sugere um grande aumento na mobilidade destas estruturas promovido pela inserção ou intercalação das cadeias oligoméricas de XOS, desempenhando uma função similar a dos triglicerídeos, embora de forma muito mais intensa, possivelmente em virtude do XOS apresentar menor massa molecular que os triglicerídeos, facilitando sua atuação entre as estruturas proteicas.

Finalmente a adição de 1% de arginina ou de levedura para a melhora no sabor dos requeijões não resultou em nenhuma alteração significativa em nenhum dos dois

processos de relaxação, sugerindo muito pouca ou nenhuma influência destes compostos, nestas concentrações, na dinâmica molecular global dos produtos.

#### **4. Conclusões**

A adição de xilooligossacarídeo e a redução de sódio nas amostras elaboradas foram determinantes no aumento da umidade das amostras analisadas e com o percentual de XOS que foi adicionado, os produtos possuem uma potencial ação prebiótica, pois apresentou uma quantidade de 3g de fibra em 100g do produto final.

Com a redução de sódio na amostra integral houve uma perda na consistência, a qual foi revertida com a adição de XOS. Em relação às características reológicas, a amostra que mais se aproximou ao requeijão integral (padrão) foi o requeijão RG, o qual, além da redução de 50% de sódio e adição de 3,3% de XOS, foi adicionado de levedura como melhorador de sabor.

A perda da força do gel, proporcionada pela redução de sódio e de gordura, foi revertido com a adição do XOS. O aumento da firmeza e da adesividade dos requeijões sem a adição de gordura foi compensado pelo aumento da umidade.

A distribuição de partículas e a MEV demonstraram que o gel formado pela adição do oligossacarídeo fez com que as partículas apresentassem um maior diâmetro, e a formação de uma estrutura mais alongada, devido à formação de gel e a diminuição do teor de gordura.

## 5. Referências Bibliográficas

AACHARY, A. A.; PRAPULLA, S. G. Xylooligosaccharides (XOS) as an emerging prebiotic: microbial synthesis, utilization, structural characterization, bioactive properties and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10, 2-16, 2011.

AL-SHERAJI, S. H.; ISMAIL, A.; MANAP, M. Y.; MUSTAFA, S.; YUSOF, R, M.; HASSAN, F. A. Prebiotics as functional foods: A review. *Journal of Functional Foods*, 5, 1542-1553, 2013.

ANDERSEN, C. M. et al. Spectroscopic characterization of low- and non-fat cream cheeses. *International Dairy Journal*, 209(1), 32-39, 2010. DOI: 10.1016/j.idairyj.2009.07.006.

ANTUNES, A. E. C.; MARASCA, E. T. G.; MORENO, I.; DOURADO, F. M.; RODRIGUES, L. G.; LERAYER, A.L.S. Desenvolvimento de buttermilk probiótico. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27, 83-90, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS ALIMENTARES (ABIA). *Compêndio de Legislação de Alimentos: consolidação das normas e padrões de alimentos*. São Paulo: ABIA, 47 p, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE QUEIJOS (ABIQ). *Evolução do Mercado Brasileiro de Queijos de 2000 a 2013*. Disponível em: <http://www.abiq.com.br>. Acesso em: Outubro de 2014.

BOSI, M. G. Desenvolvimento de processo de fabricação de requeijão light e de requeijão sem adição de gordura com fibra alimentar. *Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos)* – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Leite e Produtos Lácteos. *Portaria n. 359. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade do Requeijão Cremoso ou Requesón*. Brasília, 1997.

BRASIL. Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento (MAPA). *Instrução Normativa n° 68, de 12 de dezembro de 2006*. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Físico- Químicos para Controle de Leite e Produtos Lácteos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 dez. 2006.

CARVALHO, A. F. A.; NETO, P. DE O.; SILVA, D. F. da; PASTORE, G. M. Xylooligosaccharides from lignocellulosic materials: chemical structure, health benefits and production by chemical and enzymatic hydrolysis. *Food Research International*, 51, 75-85, 2013.

CHAVES, J. B. P. C.; SPROESSER, R. L. Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas. Apostila n. 325. Viçosa: Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1996.



COHEN, S. H.; DAVIS, E. A.; HOLCOMB, D. N.; KALAB, M. Studies of food microstructure. Scanning Electron Microscopy, Inc. AMF O'Hare. 1981.

CRITES, S. G.; DRAKE, M. A.; SWANSON, B. G. Microstructure of low-fat cheddar cheese containing varying concentrations of sucrose polyesters. *Lebensmittel – Wissenschaft und Technologie*, 30, 762-766, 1997.

CUNHA, C. R. Papel Da Gordura E Do Sal Emulsificante Em Análogos De Requeijão Cremoso. 2007. *Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos)*. Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

CUNHA, C. R.; ALCÂNTARA, M. R.; VIOTTO, W.H. Effect of the type of emulsifying salt on microstructure and rheological properties of “requeijão cremoso” processed cheese spreads. *Journal of Food Science*, 77, E176-E181, 2012.

CUNHA, C. R.; DIAS, A. I.; VIOTTO, W. H. Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International*, 43, 723–729, 2010.

DAMODARAN, S. Food proteins: An overview. In: DAMODARAN, S.; PARAF, A. Food proteins and their applications. New York, Basel, Hong Kong: Marcel Dekker, Inc., 1-24, 1997.

DIMITRELI, G.; THOMAREIS, A. S. Texture evaluation of block-type processed cheese as a function of chemical composition and in relation to its apparent viscosity. *Journal of Food Engineering*, 79, 1364-1373, 2007.

DIMITRELI, G.; THOMAREIS, A. S. & SMITH, P. G. Effect of emulsifying salts on casein peptization and apparent viscosity of processed cheese. *International Journal of Food Engineering*, 1(4), 1-15, 2005.

DOSSIE REQUEIJÃO. Requeijão é tudo igual? Claro que não. *Pizzas & Massas*, 9, 64-67, 2013.

FELÍCIO, T. L.; ESMERINO, E. A.; VIDAL, V. A. S.; CAPPATO, L. P.; GARCIA, R. K. A.; CAVALCANTI, R. N.; FREITAS, M. Q.; CONTE JUNIOR, C. A.; PADILHA, M. C.; SILVA, M.C.; RAICES, R. S. L.; ARELLANO, D. B.; BOLLINI, H. M. A.; POLLONIO, M. A. R.; CRUZ, A. G. Physico-chemical changes during storage and sensory acceptance of low sodium probiotic Minas cheese added with arginine. *Food Chemistry*, 196, 628-637, 2016.

FINEGOLD, S. M.; LI, Z.; SUMMANEN, P. H.; DOWNES, J.; THAMES, G.; CORBETT, K.; DOWD, S.; KRAK, M.; HEBER, D. Xylooligosaccharides increases bifidobacteria but not lactobacilli in human gut microbiota. *Food & Function*, 5, 436-445, 2014.

FONSECA, L. C.; CORRÊA, N. C. R.; GARROTE-FILHO, M. DA S.; CUNHA, C. C. DA; PENHA-SILVA, N. Efeito da composição do solvente sobre a estabilidade de proteínas em soluções aquosas. *Quim. Nova*, 29,(3), 543-548, 2006.

FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; MCSWEENEY, P.L.H. Cheese Rheology and texture. Fundamentals os Cheese Science. *Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc.*, 305-304, 2000.

FRANCK, A.; COUSSEMENT, P. Multi-functional inulin. *Food Ingredients and Analysis International*, 8-10, 1997.

FROHLICH-WYDER M. T., GUGGISBERG D.; WECHSLER D. Influence of low calcium and low pH on melting characteristics of model Raclette cheese. *Dairy Science & Technology*, 89(5), 463-483, 2009.

GOULAS, A. K.; FISHER, D. A.; GRIMBLE, G. K.; GRANDISON, A. S.; RASTALL, R. A. Synthesis of isomaltooligosaccharides and oligodextrans by the combined use of dextransucrase and dextransase. *Enzyme and Microbial Technology*, 35, 327-338, 2004.

HORWITZ, W. (Ed.). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18th ed., Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2005. cap. 45, met. 45.4.06B, p. 92.

HUEBNER, J.; WEHLING, R. L.; PARKHURST, A.; HUTKINS, R. W. Effect of processing conditions on the prebiotic activity of commercial prebiotics. *International Dairy Journal*, 18, 287-293, 2008.

JAIN, I.; KUMAR, V.; SATYANARAYANA, T. Xylooligosaccharides: na economic prebiotic from agroresidues and their health benefits. *Indian Journal of Experimental Biology*, 53, 131-142, 2015.

KINDSTEDT, P. S. Functional properties of Mozzarella cheese on pizza: A review. *Cult. Dairy Prod. J.* 26, 27-31, 1991.

LEE, S.K.; ANEMA,S.; KLOSTERMEYER, H. The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science and Technology*, v.39, p.763-771, 2004.

LIU, H.; XU, X. M.; GUO, S. D. Comparison of full-fat and low-fat cheese analogues with or without pectin gel through microstructure, texture, rheology, thermal and sensory analysis. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 1581-1592, 2008.

LUBECK, G. M. Estudo da fabricação de requeijão cremoso com diferentes concentrações de gordura no extrato seco, sal emulsificante e concentrado proteico de soro obtido por ultrafiltração. *Tese (doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Departamento de alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2005. 321p.*

LUCEY, J.A.; JOHNSON, M.E.; HORNE, D.S. Invited review: Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *Journal of Dairy Science*, 86(9), 2725-2743, 2003.

MACHADO, T. B.; WEBER, M. L. Análise do teor de gorduras em alimentos industrializados consumidos pelo público infantil. *LifeStyle Journal*, 3 (2), 44-58, 2016.

MACKŮ, I., F. BUŇKA, B. VOLDÁNOVÁ,; V. PAVLÍNEK. Effect of addition of selected cosolutes on viscoelastic properties of model processed cheese containing pectin. *Food Hydrocoll.* 23, 2078–2084, 2009.

MADADLOU, A.; KHOSROSHAHI, A.; MOUSAVI, M. E. Rheology, microstructure, and functionality of low-fat Iranian White cheese made with different concentrations of rennet. *Journal of Dairy Science*, 88, 3052-3062, 2005.

MARCHESSEAU, S. E.; GASTALDI, A.;LAGAUDE; CUQ, J. L. Influence of pH on protein interaction and microstructure of process cheese. *Journal of Dairy Science*, 1483-1489, 1997.

METZGER, L. E.; MISTRY, V. V. A new approach using homogenization of cream in the manufacture of reduced fat cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 78, 1883-1895, 1995.

MISTRY V. V.; ANDERSON, D. L. Composition and microstructure of commercial full-fat and low-fat cheeses. *Food Structure. Chicago*, 12, 259-266, 1993.

MOLLER, S. M. et al. Water properties in cream cheeses with variations in ph, fat, and salt content and correlation to microbial survival. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 60(7), 1635-1644, 2012. DOI: dx.doi.org/10.1021/jf204371v.

MONTESINOS-HERRERO, C., COTTELL, D. C., O'RIORDAN, E. D.; O'SULLIVAN, M. Partial replacement of fat by functional fibre in imitation cheese: Effects on rheology and microstructure. *International Dairy Journal*, 16(8), 910-919, 2006.

MOURE, A.; GULLÓN, P.; DOMÍNGUEZ, H.; PARAJÓ, J. C. Advances in the manufacture, purification and applications of xylo-oligosaccharides as food additives and nutraceuticals. *Process Biochemistry*, 41, 1913-1923, 2006.

PASTORINO, A. J.; HANSEN, C. L.; MCMAHON, D. J. Effect of salt on structure-function relationships of cheese. *Journal of Dairy Science*, 86, 60-69, 2003.

RAMOS, F. M., HADDAD, F. F., RAMOS, R. A.; PINTO, S. M. Adequacy of creamy requeijão cheese to the Standards of identity and quality and the labeling Standards. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 389, 05-14, 2012.

RAPACCI, M. Estudo comparativo das características físicas, químicas, reológicas e sensoriais do requeijão cremosos obtido por fermentação láctica e acidificação direta. (1997) *Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos)*. Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

RIVERO-URGELL, M.; SANTAMARIA-ORLEANS, A. Oligosaccharides: Application in infant food. *Early Human Development*, 65, s43-s52, 2001.

ROJAS, M. L.; LEITE, T. S.; CRISTIANINI, M.; ALVIM, I. D. & AUGUST, P. E. D. Peach juice processed by the ultrasound technology: Changes in its microstructure improve its physical properties and stability. *Food Research International*, 82, 22-33, 2016.

RUDAN, M. A.; BARBANO, D. M. A model of Mozzarella cheese melting and browning during pizza baking. *Journal of Dairy Science*, 81(8), 2312-2319, 1998.

SAAD S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 42, 1-16, 2006.

SAKO, T.; MATSUMOTO, K.; TANAKA, R. Recent progress on research and applications of non-digestible galactooligosaccharides. *International Dairy Journal*, 9, 69-80, 1999.

SANDOVAL - CASTILLA, O. C. LOBATO - CALLEROS, E. AGUIRRE - MANDUJANO, E. J.; VERNON - CARTER. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *International Dairy Journal*, 14, 151-159, 2004.

SCHMIDT, M. I.; DUNCAN, B. B.; SILVA, G. A.; MENEZES, A. M.; MONTEIRO, C. A.; BARRETO, S. M.; CHOR, D.; MENEZES, P. R. Chronic non-communicable diseases in Brazil: burden and current challenges. *The Lancet*, 377(9871), 1949-1961, 2011.

SHIRASHOJI N., JAEGGI J. J.; LUCEY J. A. Effect of trisodium citrate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. *J Dairy Sci*. 89, 15–28, 2006.

SILVA, S. V. Desenvolvimento de iogurte probiótico com prebiótico. 107 p. *Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)* - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SIPAHI OGLU, O.; ALVAREZ, V. B.; SOLANO-LOPEZ, C. Structure, physicochemical and sensory properties of feta cheese made with tapioca starch and lecithin as fat mimetics. *International Dairy Journal*, 9, 783-789, 1999.

SPADOTI, L. M.; DORNELLAS, J. R. F.; PETENATE, A. J.; ROIG, S. M. Avaliação do rendimento do queijo tipo Prato por modificações no processo tradicional de fabricação. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23 (3), 429-499, 2003.

STONE, H.; SIDEL, J. Quantitative descriptive analysis: developments, applications and the future. *Food Technology*, 8, 1998.

STONE, H.; SIDEL, J. L. Sensory evaluation practices. 2. ed. San Diego: Academic Press. 1993.

TUNICK, M. H., MACKAY, K. L., SHIEH, J. J., SMITH, P. W., COOKE, P.; MALIN, E. L. Rheology and microstructure of low-fat Mozzarella cheese. *Int. Dairy J.*, 3, 649-662, 1993.

VALVERDE, M. Consumo de lácteos tem estagnação no Brasil. *Diário do Comércio*, publicado em 11/12/2015. Disponível em: [http://www.diariodocomercio.com.br/noticia.php?tit=consumo\\_de\\_lacteos\\_tem\\_estagnacao\\_no\\_brasil&id=163780](http://www.diariodocomercio.com.br/noticia.php?tit=consumo_de_lacteos_tem_estagnacao_no_brasil&id=163780). Acesso em: Novembro de 2016.

VAN DENDER, A. G. F. Requeijão cremoso e outros queijos fundidos: tecnologia de fabricação, controle do processo e aspectos de mercado. São Paulo: Fonte Setembro editora, 2014.

VAN DENDER, A. G., SPADOTI, L. M., ZACARCHENCO, P. B., GALINA, D. A.; ALVES, A. T. S. Requeijão cremoso: pesquisas e inovações tecnológicas do século XXI. *Leite & Derivados*, 133, 86-97, 2012.

VAN HEKKEN, D. L.; STRANGE, E. D. Functional properties of dephosphorilated bovine whole casein. *J. Dairy Sci.*, v. 76, p. 3384-3391, 1993.

VÁZQUEZ, M. J.; ALONSO, J. L.; DOMÍNGUEZ, H. & PARAJÓ, J. C. Xylooligosaccharides: manufacture and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 11, 387-393, 2010.

VIEIRA, S. *Análise de variância (ANOVA)*. São Paulo: Atlas, 2006, 204p.

WANG, Y. Prebiotics: present and future in food science and technology. *Food Research International*, 42, 8-12, 2009.

WINTER, H. H.; CHAMBON, F. Analysis of linear viscoelasticity of a crosslinking polymer at the gel point. *Journal of Rheology*, 30, 367-38, 1986.

YUN, J. J.; BARBANO, D. M. & KINDSTEDT, P.S. Mozzarella cheese: impact of cooking temperature on chemical composition, proteolysis, and functional properties. *J. Dairy Sci.*, 76:3664, 1993.

## CONCLUSÃO GERAL

A adição de xilooligossacarídeo (XOS) na elaboração de requeijão cremoso se mostrou como um ingrediente promissor, de forma a melhorar o perfil nutricional do produto e manter as características físico-químicas, reológicas, funcionais e de microestrutura, em relação aos parâmetros de qualidade do requeijão cremoso: consistência (aparência), formação de fio, viscosidade e adesividade. Sem contar que a quantidade final de XOS no produto indica um possível alimento funcional.

Além da adição de XOS, a diminuição do teor de gordura e de sódio faz com que o produto seja uma opção saudável ao ser consumido em substituição ao requeijão cremoso tradicional. Apesar da diminuição da gordura, ingrediente relacionado à cremosidade, esse aspecto não sofreu interferência uma vez que o XOS forma uma rede de gel, mantendo a consistência do produto elaborado.

Dentre as opções elaboradas, a adição de melhorador de sabor arginina e levedura não melhoram as características físico-químicas e reológicas, influenciando negativamente nas propriedades elásticas. Sendo assim, a melhor opção a ser elaborada é o produto com teor reduzido de gordura e sódio e adição de 3,3% de XOS.