



**Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu***  
**Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos**  
**Campus Rio de Janeiro**

**Marília França Costa**

**DESENVOLVIMENTO DE DIFERENTES TIPOS DE IOGURTE CONCENTRADO  
COM POTENCIAL PREBIÓTICO**

Rio de Janeiro - RJ

2017

**DESENVOLVIMENTO DE DIFERENTES TIPOS DE IOGURTE CONCENTRADO  
COM POTENCIAL PREBIÓTICO**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro- IFRJ para obtenção do título de mestre.**

Orientadores: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Marcia Cristina Silva

Prof Dr Adriano Gomes da Cruz

Rio de Janeiro - RJ

2017

Costa, Marília França.

Desenvolvimento de diferentes tipos de iogurte concentrado com potencial prebiótico/ Marília França Costa - Rio de Janeiro: IFRJ, 2017

LXX, 70 f.:15 il.; 29,5 cm.

Orientadora: Marcia Cristina Silva

Dissertação [Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos]. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, 2017. Referências bibliográficas: f 47-57.

1. Iogurte grego 2. Reologia 3. Perfil volátil I Silva, Marcia Cristina II IFRJ, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos III. Desenvolvimento de diferentes tipos de iogurte concentrado com potencial prebiótico.

Marília França Costa

**DESENVOLVIMENTO DE DIFERENTES TIPOS DE IOGURTE CONCENTRADO  
COM POTENCIAL PREBIÓTICO**

Trabalho de conclusão de curso,  
apresentado como parte dos requisitos  
necessários para a obtenção do título de  
mestre em Ciência e Tecnologia de  
Alimentos.

Data de aprovação: 25 de julho de 2017

---

Profª Drª Marcia Cristina Silva  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRJ

---

Profª Drª Luciana Cardoso Nogueira  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRJ

---

Profª Drª Bianca Natividade Barreto de Lima  
Instituto de Macromoléculas - IMA - UFRJ

Rio de Janeiro – RJ  
2017

*“Não posso imaginar que uma vida sem trabalho seja capaz de trazer qualquer espécie de conforto. A imaginação criadora e o trabalho para mim andam de mãos dadas.”*

**Sigmund Freud**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela fé incondicional que plantou em meu coração.

Aos meus filhos que criaram uma pausa na minha vida, o que me possibilitou cursar o Mestrado e persistir. Agradeço as risadas, os choros, as noites viradas, e o amor salvador de seus sorrisos.

Ao meu marido por sua presença, seu amor e sua amizade nos momentos mais intensos.

Aos meus pais por cuidarem tão bem de mim e dos meus filhos.

Aos meus irmãos, que pelo fato de existirem já tornam minha vida mais feliz.

Aos meus sogros, por serem excepcionais.

Agradeço a minha madrinha Iara, minha tia Iraci, e demais tios por me ajudarem nesta maratona de dois filhos, trabalho e casa.

Agradeço às minhas amigas Elisa, Flavia, Julia e Priscila (em ordem alfabética), por ouvirem meus longos ou curtos áudios de desabafo e por responde-los e me ligar enchendo meu coração de alegria.

Agradeço minhas queridas amigas superpoderosas Katia, Patrícia e Taína, por me darem fé e por me fazer rir e distrair na medida exata!

Agradeço ao meu co-orientador Adriano e toda sua equipe de trabalho, por toda colaboração.

Agradeço aos nossos queridos bolsistas, que com tanto talento estiveram presentes.

Agradeço ao Jeremias, pela aula, pelas dúvidas e por toda a atenção.

A toda equipe da Pós-Graduação, por permitir a execução deste curso.

Agradeço às professoras Luciana Nogueira e Simone Quiterio, que me nortearam na minha qualificação.

À banca examinadora pela participação no aprimoramento desta pesquisa.

Agradeço imensamente a minha querida orientadora Márcia, pela pessoa humana e simplesmente maravilhosa, além de excelente profissional. Obrigada por todo conhecimento, carinho e empatia. Este trabalho é dedicado a você, que me ajudou a caminhar até aqui.

COSTA, M.F. Desenvolvimento de diferentes tipos de iogurte concentrado com potencial prebiótico. Tese de Mestrado. Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, 2017.

## RESUMO

O aumento do interesse dos consumidores com a alimentação saudável impulsionou pesquisas com alimentos funcionais, como os prebióticos e produtos lácteos. No mercado de laticínios atual, o iogurte tipo “grego” destaca-se pelo aumento das vendas. Neste estudo objetivou-se desenvolver diferentes formulações de iogurte concentrado com potencial prebiótico (ICP), e verificar a influência na reologia e no perfil volátil com a adição de 5 diferentes tipos de prebióticos (xilooligossacarídeos (XOS), galactooligossacarídeos (GOS), polidextrose, frutooligossacarídeos (FOS) e inulina), quando comparada a uma amostra controle, isenta de prebióticos. As medidas reológicas 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 302, em duplicata, com geometria de cone-placa (4 cm, 2°) e gap de 1 mm. O perfil volátil foi realizado utilizando a microextração em fase sólida com fibra PDMS, em conjunto com a cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas, identificados com auxílio da biblioteca NIST e do índice de retenção linear, com injeção de um padrão de alcanos C8-C40. Foram realizadas as seguintes análises físico-químicas: umidade, proteína, lipídio, fibras e cinzas. Carboidrato foi calculado por diferença. Todas as análises foram realizadas em duplicata e de acordo com metodologias oficiais e normas do instituto Adolf Lutz, 2008. Na análise reológica foi observado um comportamento pseudoplástico e viscoelástico. A amostra contendo GOS apresentou um aumento de viscosidade, enquanto as demais amostras apresentaram uma perda de consistência quando comparada ao controle. A adição de FOS promoveu uma diminuição no índice de consistência. A adição de inulina e polidextrose proporcionaram um aumento significativo no fator de interação e na força do gel das amostras de ICP. Contudo, a adição de XOS parece ter tido um efeito deletério na força do gel. Os compostos voláteis encontrados em todas as amostras foram: 2- heptanona, 1-pentanol, 3-hidroxibutanona, 2-nonanona, ácido acético, 2-undecanona, ácido butanoico, ácido 3-metil-butanal, ácido hexanóico, álcool fenetílico, ácido octanóico, gama-octanona, ácido tetradecanóico. Foi observada uma maior variedade de compostos voláteis nas amostras adicionadas de polidextrose, GOS, XOS, FOS, inulina, e controle, respectivamente. A adição de prebióticos ao iogurte levou ao enriquecimento da fração volátil, através do provável estímulo ao metabolismo das bactérias presentes no iogurte e pela própria interação dos prebióticos adicionados à matriz do produto. Os parâmetros físico-químicos para todos os produtos desenvolvidos estavam dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente, demonstrando que o processo de elaboração dos produtos foi satisfatório. Valores de proteína, carboidrato, gordura e cinzas mostraram-se maiores que os encontrados na literatura para iogurtes tradicionais, devido ao processo de dessoragem e adição de creme de leite e leite em pó. A adição de prebióticos em iogurte tipo “grego” poderá contribuir para o desenvolvimento de novos produtos. Aliado ao apelo funcional, e a alta aceitação mercadológica deste, a elaboração de um ICP tipo “grego”, sem adição de espessantes, é um produto promissor para o mercado de laticínios.

Palavras-chave: iogurte grego, reologia, perfil volátil

COSTA, M.F. Development of different types of concentrated yogurt with prebiotic potential. Master's Thesis. Food Science and Technology Professional Master's Post Graduate Program, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Maracanã Campus, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, 2017.

## ABSTRACT

Increased consumer interest in healthy and innovative food boosted functional food research such as prebiotics and dairy products. In the current dairy market, "Greek" yogurt stands out due to increased sales. This study aimed to develop different formulations of concentrated yogurt with prebiotic potential (ICP) and to verify the influence on rheology and volatile profile with the addition of 5 different types of prebiotics (xylooligosaccharides (XOS), galactooligosaccharides (GOS), polydextrose, fructooligosaccharides (FOS) and inulin), when compared to a prebiotics free control sample. Rheologic measurements were determined through stationary (flow curves) and dynamic (oscillatory tests) flow tests, Paar Physica MCR 302 controlled tension rheometer, duplicate, with cone-plate geometry (4 cm, 2 °) and 1 mm gap. The volatile profile was performed with a solid phase microextraction with PDMS fiber, along with gas chromatography coupled to mass spectrometry, identified with the aid of the NIST library and linear retention index, with a C8-C40 alkane pattern injection. The following physical-chemical analysis were performed: moisture, protein, lipids, fibers and ashes. Carbohydrate was calculated by difference. All analysis were performed in duplicate and according to Adolf Lutz Institute, 2008, official methodologies and standards. Pseudoplastic and viscoelastic behavior was observed in the rheological analysis. A sample containing GOS showed an increase in viscosity, while the other samples presented a loss of consistency when compared to the control. The addition of FOS promoted a decrease in consistency index. The addition of inulin and polydextrose provided a significant increase in the interaction factor and gel strength of the ICP samples. However, the addition of XOS appears to have a deleterious effect on gel strength. The volatile compounds found in all samples were: 2-heptanone, 1-pentanol, 3-hydroxybutanone, 2-nonanone, acetic acid, 2-undecanone, butanoic acid, 3-methyl butanal acid, hexanoic acid, phenethyl alcohol, octanoic acid, gamma-octanone, tetradecanoic acid. A greater variety of volatile compounds were observed in the samples with added polydextrose, GOS, XOS, FOS, inulin and control sample, respectively. The addition of prebiotics to the yogurt led to the enrichment of the volatile fraction, through the probable stimulus to the metabolism of the bacteria present in the yogurt and by the actual interaction of the prebiotics added to the product matrix. The physical-chemical parameters for all developed products were within the limits established by current legislation, demonstrating that the elaboration process of the products were satisfactory. Protein, carbohydrate, fats and ash values showed higher than those found in yogurt literature, due to to the process of desiccation and addition of heavy cream and powdered milk. The addition of prebiotics to "Greek" yogurt may contribute to the development of new products. Combined with functional appeal and high market acceptance, the elaboration of a "Greek" ICP, without the addition of thickeners, is a promising product for the dairy market.

Keywords: Greek yogurt, rheology, volatile profile

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Estrutura química do XOS (FDA, 2013) .....	<b>10</b>
<b>Figura 2:</b> Exemplos de diferentes estruturas de GOS .....	<b>12</b>
<b>Figura 3:</b> Estrutura química Polidextrose.....	<b>13</b>
<b>Figura 4:</b> Estrutura química dos principais frutooligosacarídeos: 1-kestose (A), nistose (B) e frutofuranosil nistose (C).....	<b>14</b>
<b>Figura 5:</b> Estrutura química da inulina.....	<b>15</b>
<b>Figura 6:</b> Esquema geral do processamento do ICP.....	<b>22</b>
<b>Figura 7:</b> Curva de fluxo de escoamento em estado estacionário das amostras de ICP.....	<b>30</b>
<b>Figura 8:</b> Módulo elástico ( $G'$ ) das amostras de ICP.....	<b>33</b>
<b>Figura 9:</b> Ângulo de fase ( $\tan \delta$ ) das amostras de ICP .....	<b>34</b>
<b>Figura 10:</b> Módulo complexo ( $G^* = (G'^2 + G''^2)^{1/2}$ ) das amostras de ICP.....	<b>35</b>
<b>Figura A.1:</b> Esquema do processamento do Iogurte grego .....	<b>52</b>
<b>Figura A.2:</b> Curvas de Comportamento de Fluxo da amostra Controle e das cinco amostras com adição de prebióticos .....	<b>53</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Identificação das Amostras do ICP .....	<b>22</b>
<b>Tabela 2:</b> Composição físico-química das amostras pelo método do Instituto Adolf Lutz, 2008 .....	<b>26</b>
<b>Tabela 3:</b> Perfil de Concentração de Ácidos Orgânicos Voláteis de diferentes amostras de Iogurte Concentrado .....	<b>29</b>
<b>Tabela 4:</b> Valores médios dos parâmetros k (índice de consistência), n (índice de comportamento) e $R^2$ (índice de determinação) obtidos a partir do ajuste dos dados experimentais ao modelo da lei da potência para as amostras de ICP .....	<b>32</b>
<b>Tabela 5:</b> 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 iogurte “grego” .....	<b>36</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**ICP:** Iogurte concentrado prebiótico

**IOM:** Institute of Medicine

**FAO:** Food and Agriculture Organization of the United Nations

**FOS:** Frutooligossacarídeos

**GOS:** Galactooligossacarídeos

**XOS:** Xilooligossacarídeos

**MEFS:** Microextração em fase sólida

**MEFS-CG-EM:** Microextração em fase sólida, cromatografia gasosa acoplada a espectrofotometria de massa

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Iogurte .....	4
2.2. Iogurte concentrado.....	5
2.3. Prebióticos.....	7
2.3.1. Xilooligossacarídeos (XOS) .....	9
2.3.2. Galactooligossacarídeos (GOS).....	10
2.3.3. Polidextrose (PD).....	12
2.3.4. Frutooligossacarídeos (FOS).....	13
2.3.5. Inulina.....	14
2.4. Reologia.....	16
2.5. Perfil de voláteis em iogurtes.....	18
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
3.1. Objetivo geral .....	20
3.2. Objetivos específicos.....	20
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
4.1. Materiais .....	21
4.2. Processamento do produto.....	21
4.3. Análises físico-químicas.....	22
4.4. Análise de voláteis.....	23
4.5. Análises reológicas .....	24
4.6. Análise estatística.....	25
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
5.1. Análises físico-químicas.....	26
5.2. Compostos orgânicos voláteis.....	27
5.3. Reologia.....	30
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>38</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>49</b>
8.1. Anexo 1:.....	49
8.2. Anexo 2:.....	56
8.3. Anexo 3:.....	61



## 1. INTRODUÇÃO

A preocupação dos consumidores com a alimentação sofreu muitas mudanças nas últimas décadas. O alimento, anteriormente considerado apenas fonte de nutrientes essenciais à manutenção da vida, tornou-se objeto de estudos que o relacionam à prevenção de morbidades, além da melhoria das funções de órgãos e tecidos (SAAD *et al.*, 2013).

A alegação de propriedades funcionais para um alimento ou ingrediente exige que além de funções nutricionais básicas, o consumo deste deve produzir efeitos metabólicos e fisiológicos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999). Os alimentos funcionais estão no mercado através de alimentos convencionais, como iogurte, que possui componentes bioativos inerentes, ou ainda por meio de produtos que são especificamente processados para reduzir o risco de doenças, como bebidas lácteas adicionados de probióticos e prebióticos, visando a prevenção da saúde (GONZALEZ *et al.*, 2011).

Estudos comprovam a importância das fibras prebióticas para a saúde humana. A fermentação destes prebióticos pode gerar benefícios para o bem-estar colônico. As fibras prebióticas podem apresentar efeito bifidogênico e promover a manutenção da viabilidade dos microrganismos probióticos, como as bifidobactérias, durante o período de armazenamento. Além disso, oferecem uma gama de benefícios tecnológicos, tornando-os ingredientes atrativos para o uso em alimentos e bebidas funcionais (ZACARCHENCO, 2013).

Estudos têm dado ênfase ao valor nutricional dos ingredientes lácteos, e a importância de sua inclusão na alimentação diária (ROBERFROID, 2002; THAMER & PENNA, 2006, SAUNDERS, 2008). O consumo de diferentes fontes de proteínas de alta qualidade, como os derivados lácteos, pode reduzir doenças crônicas a longo prazo (ONWULATA, 2012).

O aumento da demanda por alimentos com funções específicas de melhorias na saúde e bem-estar geral do consumidor e nutrientes que eliminem a ação de toxinas e alérgenos, como probióticos e prebióticos, impulsionam suas comercializações (IOM, 2010).

Produtos lácteos com alegação funcional são ainda mais procurados por consumidores preocupados com sua saúde. Tal fato tem incentivado pesquisas de inovação em alimentos e a criação de novos nichos de mercado (MAESTRI *et al.*, 2014).

O iogurte é rico em proteínas, gordura, ácido fólico, vitamina A, vitaminas do complexo B e sais minerais. Seu consumo regular traz benefícios à saúde (CHANDAN *et al.*, 2006). É mundialmente consumido, tendo sua incorporação aos hábitos alimentares em diversas

culturas, de grande interesse para indústria alimentícia e pesquisas associadas. (SALINAS, 1986).

A produção de iogurtes no Brasil cresceu devido ao apelo funcional que este produto tem recebido (SALGADO; de ALMEIDA, 2008). No mundo, novos produtos lácteos estão crescendo mais que qualquer outra categoria de alimentos (VAN DENDER e SPADOTI, 2006), devido a praticidade e conveniência, segurança, saúde e inovação da categoria. Segundo o *EUROMONITOR INTERNATIONAL*, no Brasil, as vendas projetadas para iogurtes e produtos lácteos ácidos deverão alcançar 18.6 milhões de Reais em 2019 (*EUROMONITOR INTERNATIONAL*, 2015).

Recentemente observa-se um grande aumento de vendas nos iogurtes tipo “grego”, em concordância com alguns estudos que levantam a informação da melhor aceitação sensorial em iogurtes mais cremosos, com textura diferenciada (LIMA, 2001; SODINI *et al*, 2004).

O iogurte “grego” possui características físicas semelhantes aos queijos *boursin*, *petit suisse* e o queijo *quark*, pois apresenta parâmetros similares de textura e consistência, já que todos passam pelo processo de dessoragem, assim como o iogurte grego tradicional.

A tendência à sinérese (separação do soro) e a textura do produto são características que definem a qualidade do iogurte (LEE e LUCEY, 2010), enquanto cremosidade, o sabor e aroma são essenciais para a aceitação sensorial.

Visando verificar o comportamento da estrutura dos alimentos na cadeia de produção, garantindo o dimensionamento de bombas, trocadores de calor, tubulações, envase e agitação, (OLIVEIRA *et al.*, 2008), além de aplicações em controle de qualidade e testes de tempo de prateleira (DRAKE, 2007), são necessários estudos reológicos.

O sabor dos produtos lácteos é influenciado pelos compostos voláteis, constituídos por cetonas, aldeídos e álcoois (MORAES, J. *et al*, 2015) e essenciais para a caracterização do produto. Assim como a textura, o sabor também afeta a aceitação de um alimento.

A principal característica do iogurte “grego” é a consistência extremamente cremosa e um sabor característico, sendo assim, estudos reológicos e a determinação de compostos voláteis se fazem de alta relevância no presente trabalho, com o desenvolvimento de iogurtes concentrados adicionados de diferentes prebióticos. Estes produtos terão um caráter inovador pois atualmente no mercado e na literatura, não existem iogurtes concentrados adicionados de prebióticos com as características físicas e sensoriais do produto desenvolvido neste estudo.

Aliado ao apelo funcional, e a alta aceitação mercadológica de iogurtes “grego”, a elaboração de um iogurte concentrado prebiótico (ICP) sem adição de espessantes e mais

próximo da receita de origem do iogurte grego tradicional, ainda com poucos estudos no Brasil, é um produto promissor para o mercado de laticínios.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. IOGURTE

Entende-se por iogurte os produtos adicionados ou não de outras substâncias alimentícias, obtidas por coagulação e diminuição do pH do leite, ou reconstituído, adicionado ou não de outros produtos lácteos, por fermentação láctea, mediante ação de cultivos de microrganismos específicos (viáveis, ativos e abundantes no produto final durante seu prazo de validade), cuja fermentação se realiza com cultivos protosimbóticos de *Streptococcus salivarius subsp. Thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, aos quais se podem complementar outras bactérias ácido-lácteas que, por sua atividade inerente, contribuem para a determinação das características do produto final. (BRASIL, 2007)

Uma cultura ideal para o iogurte precisa garantir pureza, crescimento vigoroso, produção de coágulo consistente, facilidade de conservação e produzir iogurte com bom aroma e sabor. As bactérias lácticas tradicionais na fabricação de iogurtes são o *S. thermophilus* e o *L. bulgaricus*. Ambos utilizam a lactose como substrato energético com liberação de ácido láctico e são termofílicos e homofermentativos. O crescimento associado destas duas culturas resulta em menor tempo de coagulação do leite, maior produção de ácido láctico e um maior desenvolvimento de sabor e aroma no iogurte. *S. thermophilus* é muito menos acidificante que o *L. bulgaricus* (SABOYA, OETTERER & OLIVEIRA, 1997).

Durante a fermentação ocorre a produção de ácido láctico e pequenas quantidades de outros subprodutos que afetam diversas características organolépticas do iogurte. Os principais compostos formados são acetaldeído, seguido por acetona, 2 - butanona, diacetil e acetoína.

O ácido láctico favorece a desestabilização da micela de caseína, levando a sua coagulação no ponto isoelétrico (pH 4,6 - 4,7) e conduzindo à formação de um gel, o iogurte. (ROBERT, N.F.,2008)

Durante a fermentação, as bactérias *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* crescem em simbiose, produzindo ácido láctico, diversos compostos aromáticos e coágulo. O *S. thermophilus* se desenvolve inicialmente e gera um ambiente favorável para o *L. bulgaricus*, que se desenvolve com mais intensidade. A acidez do leite (menor que 20° D), no

início da fermentação, favorece o crescimento do *S. thermophilus* que libera ácido fórmico, estimulando o desenvolvimento do *L. bulgaricus*. Ao atingir aproximadamente 46°D, o meio se torna pouco propício para o *S. thermophilus*, favorecendo o rápido desenvolvimento do *L. bulgaricus*, produzindo acetaldeído, que é o responsável pelo aroma agradável do iogurte. (ROBERT, N.F.,2008)

Para Kleinmam (1990), é possível os indivíduos aumentarem sua tolerância a produtos lácteos por ingestão de produtos fermentados como o iogurte, devido ao fato do teor de lactose ser menor. Ferreira (2001) ressalta que durante a manufatura do iogurte e de outros leites fermentados, o conteúdo da lactose decresce de 20 a 30%, fator importante, pois produtos fermentados são bem tolerados por pessoas intolerantes a lactose. (RAMOS ET AL, 2009). A fermentação láctica favorece o valor nutricional do produto.

Classifica-se o iogurte de acordo com seu teor de matéria gorda, textura, consistência, adição ou não de polpa de fruta, aromas e ingredientes opcionais não lácteos.

De acordo com o conteúdo de matéria gorda, detalham-se produtos: com creme (mínimo de 6% de lipídeos), integral (mínimo de 3% de matéria gorda), parcialmente desnatado (máximo de 2,9% de matéria gorda) e desnatado (máximo de 0,5% de matéria gorda). (BRASIL, 2007)

Quanto a textura, podemos ter um produto de massa firme, de massa batida e de textura líquida, representados respectivamente como iogurte tradicional, batido e líquido. O iogurte tradicional apresenta consistência mais firme, já que a sua fermentação ocorre na embalagem final, sem quebra da massa. O iogurte batido, consiste em um produto menos firme, sendo incubado em fermenteiras, e submetido à posterior quebra do coágulo e envase (GRANATO, 2007; BRASIL, 2007).

Quanto à presença ou não de polpa de fruta e aroma adicionados, podemos ter iogurte: natural (ausência de aroma/fruta), com frutas (aromatização natural) ou aromatizado (flavorizantes) (FERREIRA, 2005, Brasil, 2007). Já para os produtos em que na elaboração foram adicionados ingredientes opcionais não lácteos (máximo 30% m/m), antes, durante ou após a fermentação, classifica-se como como leites fermentados com adição (BRASIL,2007).

## 2.2. IOGURTE CONCENTRADO

O iogurte concentrado é produzido em vários países com distintos nomes, como *labneh*

(Oriente), *skyr* (Islândia), *shrikhand* (Índia), iogurte “grego” (Grécia e outros países), *greek yogurt* (Estados Unidos). O iogurte concentrado pode ser considerado como um produto intermediário entre os leites fermentados tradicionais e os queijos não maturados com alto teor de umidade como queijo *quark*, *boursin* e *petit suisse*. Dentre os tipos especiais de iogurte, poucos autores citam o processo para elaboração do iogurte “grego” ou concentrado. No entanto, Varnam e Sutherland (1994), definem o tradicional processo do iogurte “grego”, como o produto obtido a partir do iogurte tradicional, contudo diferenciado pelo processo de dessoragem em sacos de pano, isto para pequena escala e a nível industrial por centrifugação. Após o processo de dessoragem o iogurte torna-se espesso e cremoso, com uma concentração de sólidos totais de aproximadamente 24% e gorduras de 10%. O iogurte original era obtido a partir de leite de ovelha, todavia pode ser obtido de diversos tipos de leite.

Para compreender este produto, é preciso remontar às suas origens, quando os nômades transportavam o leite em peles de animais que permitiam a acidificação do produto e a evaporação parcial do soro, obtendo-se um iogurte muito ácido, com elevado conteúdo em extrato seco e de consistência semissólida. O *Labneh* é o produto mais conhecido com estas características no Oriente Médio (ORDÓÑEZ PEREDA, 2005).

O iogurte concentrado é um alimento de ótima aceitação e alto valor comercial. Nos Estados Unidos ele pode ser denominado de *greek yogurt*, e foi responsável pelo aumento de 4% das vendas no mercado de produtos lácteos nos EUA no ano de 2014, segundo o *Industrial Research Institute*. Como principais características, ele é um iogurte drenado, e, portanto, concentrado em proteínas e gorduras, mais firme e viscoso que os demais produtos similares.

A firmeza do iogurte é um atributo importante na aceitação do produto pelo consumidor. Segundo Rossi (1983) e O’Neil *et al.* (1979), o iogurte deve ter textura suave e corpo viscoso e não apresentar fissuras; ser firme e coeso para ser consumido com colher. A qualidade do produto final é de essencial importância na sua aceitação e está relacionado principalmente com sua consistência e viscosidade (LEE e LUCEY, 2010). Para o iogurte concentrado, esses parâmetros também são determinantes para a qualidade do produto final e para a aceitação do consumidor.

Geralmente, para se aumentar a viscosidade do produto, utiliza-se o aumento do teor de sólidos pela adição de leite e/ou soro de leite em pó (TAMIME e ROBINSON, 1991). Também pode-se adicionar espessantes isolados ou uma mistura de espessantes, garantindo uma textura mais firme, reduzindo a sinérese e melhorando a aceitação sensorial do iogurte

(REIS, 2007).

Alguns ingredientes poliméricos são utilizados como espessantes e podem ter origem vegetal ou microbiana. Da classe de polissacarídeos temos: amido, pectina, carragena, alginatos, goma xantana, goma gelana e goma arábica, e a base de proteínas temos caseinatos e gelatina (TONELI *et al.*, 2005; SANTOS, 2012). Para um iogurte concentrado, a adição de espessantes não é fundamental, já que o processo de dessoragem promove um incremento de textura.

Outros métodos para aumentar o teor de sólidos totais no leite é a ultrafiltração e a evaporação. Na ultrafiltração é utilizada como filtro uma membrana, que deixa passar moléculas pequenas, enquanto são retidas as partículas coloidais e as macromoléculas, já na evaporação ocorre perda de componentes voláteis enquanto os outros constituintes do leite são concentrados e/ou retidos (OLIVEIRA & CARUSO, 1996).

A “Proteste – Associação de consumidores”, em 04/11/2015, publicou um estudo, onde a análise do rótulo de 6 produtos comerciais vendidos como “iogurte tipo “grego” mostrou a presença de vários outros ingredientes além de leite e fermento lácteo (culturas de bactérias lácteas). Os produtos analisados listavam 15 ou mais ingredientes diferentes do leite e do fermento lácteo, entre eles, espessantes como amido modificato, goma gelana e goma gelana. Em adicional, alguns produtos apresentavam-se pouco espessos.

No Brasil, como a regulação de iogurte “grego” ainda não foi definida, os fabricantes utilizam esta denominação como marca, e não há um consenso de ingredientes. Os principais produtos presentes no mercado brasileiro possuem adição de outros ingredientes além de leite e fermento lácteo, como diferentes tipos de espessantes e estabilizantes, creme de leite e proteínas lácteas, com o objetivo de garantir a consistência e cremosidade característica do produto final.

### 2.3. PREBIÓTICOS

Prebióticos são ingredientes alimentícios não digeríveis. Sua ingestão afeta benéficamente quem o ingere pela estimulação seletiva do crescimento e/ou da atividade de uma ou de número limitado de espécies de bactérias no cólon, no intestino grosso, já presentes no organismo hospedeiro (QUIGLEY, 2010). Para garantir um efeito contínuo, os prebióticos devem ser ingeridos diariamente.

Os probióticos proporcionam aumento potencial do número de bactérias benéficas no intestino grosso de humanos, principalmente os lactobacilos e as bifidobactérias e também aumentam sua atividade metabólica através do fornecimento de substrato fermentável (BIELECKA *et al.*, 2002). Seu conceito assemelha-se ao da fibra alimentar, com a diferença do aspecto da seletividade com as espécies bacterianas. Essa seletividade já foi comprovada para as bifidobactérias, que podem ser estimuladas pela ingestão de substâncias como frutooligossacarídeos (FOS), inulina, lactulose, amido resistente, oligossacarídeos, transgalactosilados e oligossacarídeos da soja (ITSARANUWAT; SHAL-HADDAD; ROBINSON, 2003). A promoção do “efeito bifidogênico” devido à ação protetora e estimuladora nas bifidobactérias, resultaria em um efeito semelhante ao descrito para os probióticos (SOUZA *et al.*, 2010).

A inulina e o FOS são probióticos aprovados pela Anvisa (BRASIL, 2016). Essas substâncias passam pelo trato gastrointestinal humano sem serem metabolizados, devido às ligações  $\beta$  (1-2) entre as moléculas de frutose.

Oligossacarídeos e inulina têm recebido maior atenção em estudos científicos. São utilizadas em pesquisas e indústrias de alimentos, como substitutos de açúcares e gorduras respectivamente, garantindo uma redução de calorias do produto final, sem prejuízos significativos de sabor.

Em produtos lácteos, FOS e inulina melhoram a estabilidade dos produtos, reduzem a sinérese e melhoram o sabor das frutas, nos casos aplicáveis (PIMENTEL *et al.*, 2012). Esses probióticos são completamente fermentados no cólon e produzem ácidos graxos de cadeias curtas e lactatos que são absorvidos e beneficiam o organismo humano (ROBERFROID, 2007).

De acordo com Kolida & Gibson (2011), apenas alguns ingredientes alimentares atingiram a classificação de probióticos na União Europeia. São eles: frutooligossacarídeos (FOS) e inulina; galactooligossacarídeos (GOS) e lactulose.

Licht *et al.* (2012) e Hernandez-Hernandez *et. al.* (2012) relataram ser difícil assegurar que um oligossacarídeo não digerível será fermentado apenas por bactérias benéficas ao hospedeiro e que os produtos da fermentação não serão usados para a multiplicação e/ ou atividade de potenciais patógenos. Já os autores indianos Patel & Goyal (2012) afirmaram que inulina, frutooligossacarídeos (FOS), galactooligossacarídeos (GOS), lactulose e polidextrose são reconhecidos como probióticos, enquanto isomaltooligossacarídeos (IMO), xilooligossacarídeos (XOS) e lactitol são classificados como probióticos emergentes. Segundo

estes autores, a inulina derivada da raiz da chicória, o arabino xilooligossacarídeos (AXOS) e os xilooligossacarídeos (XOS) apresentam grande variedade de aplicações. Ainda de acordo com Patel & Goyal, manitol, maltodextrina, rafinose, lactulose e sorbitol também são prebióticos com comprovadas propriedades benéficas à saúde, assim como grãos integrais ricos em amido resistente.

Para garantirem o estímulo da multiplicação de bifidobactérias no cólon, doses diárias de 4 a 5 g de inulina e/ ou oligofrutose são relatadas como eficientes em alguns estudos (ROBERFROID, 1999), porém para a ANVISA, apenas o consumo diário mínimo de 5g de inulina ou FOS é aprovado como prebiótico. A porção individual em um produto recomendado pela ANVISA deve ser no mínimo de 2,5g e não deve ultrapassar 30g na recomendação diária do produto pronto para consumo, conforme a indicação do fabricante (BRASIL, 2016).

A projeção econômica para ingredientes prebióticos, realizada nos Estados Unidos, sinaliza um crescimento com taxa anual média de 5,2% de 2013 a 2019. Em 2012 o mercado foi avaliado em US\$ 11,16 bilhões de dólares, devendo atingir US\$ 15,90 bilhões em 2019 (*Transparency Market Research*, 2014).

Devido à diversas possibilidades terapêuticas e preventivas, a pesquisa de prebióticos está ganhando impulso. A introdução de prebióticos na dieta parece ser uma alternativa atrativa para melhorar a qualidade de vida com câncer, obesidade, doenças vasculares e degenerativas. Os prebióticos são capazes de prevenir ganho excessivo de peso em adolescentes e melhorar a imunidade em lactentes e idosos. Visões futuras para pesquisas com os prebióticos englobam a promoção da saúde da pele, substituição de antibióticos em apiários, pesca, aves e criação de animais. O significado clínico dos prebióticos continua a ser esclarecido, as reivindicações de eficácia comprovadas e o mecanismo subjacente decodificado (PATEL, S. & GOYAL, A., 2012).

### **2.3.1. Xilooligossacarídeos (XOS)**

Os xilooligossacarídeos são açúcares não-convencionais, isentos de calorias, por não serem digeridos pelo trato gastrointestinal humano, constituídos de oligômeros formados por unidades de xilose, que aparecem naturalmente em frutos, leite, vegetal e mel. Eles também podem ser obtidos através de fontes de baixo custo, como os resíduos agroindustriais (sabugo de milho, amêndoas, oliva, cascas de arroz, cevada e aveia) e florestais (madeira de

*Eucalyptus*) (MOURA *et al.*, 2007; NABARLATZ *et al.*, 2007; MENEZES, C. R.de; DURRANT, L. R, 2008).

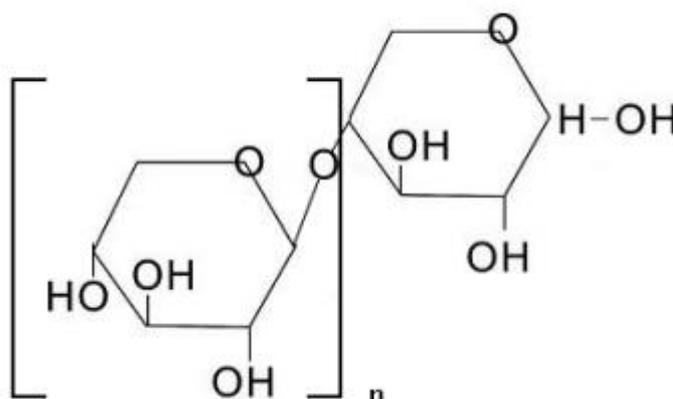
São indicados como prebióticos, pois promovem seletivamente o crescimento de probióticos como *Bifidobacterium bifidum* e *Lactobacillus sp*, gerando benefícios à saúde humana, como a absorção de nutrientes, redução da constipação e prevenção de infecções gastrintestinais, além da inibição do desenvolvimento de microrganismos patogênicos, prevenção de cáries dentárias, redução dos níveis séricos de colesterol total e o estímulo do crescimento de Bifidobactérias no trato digestivo, aumento da produção de ácidos graxos voláteis e redução de lesões de úlcera de estômago (PARAJÓ *et al.*, 2004).

Para aplicação em ingredientes de alimentos, a xilobiase é também considerada como um XOS (TATEYAMA *et al.*, 2005), tendo grau de doçura equivalente a 30% em relação à sacarose, não possuindo efeito residual.

Os XOS são estáveis em pHs entre 2,5 e 8,0, uma vantagem em relação a outros oligossacarídeos, como os FOS e a inulina, particularmente na variação de acidez, já que resistiriam mais aos baixos valores de pH do suco gástrico, além da resistência a temperaturas acima de 100°C (MENEZES, C. R.de; DURRANT, L. R, 2008).

Os XOS são ingredientes funcionais no Japão, denominando-os de FOSHU (*Food for Specified Health Use*), denominação utilizada desde 1991 (VÁZQUEZ *et al.*, 2000).

XOS forma uma rede de gel, mantendo a consistência do produto elaborado.



**Figura 1:** Estrutura química do XOS (FDA, 2013).

### 2.3.2. Galactooligossacarídeos (GOS)

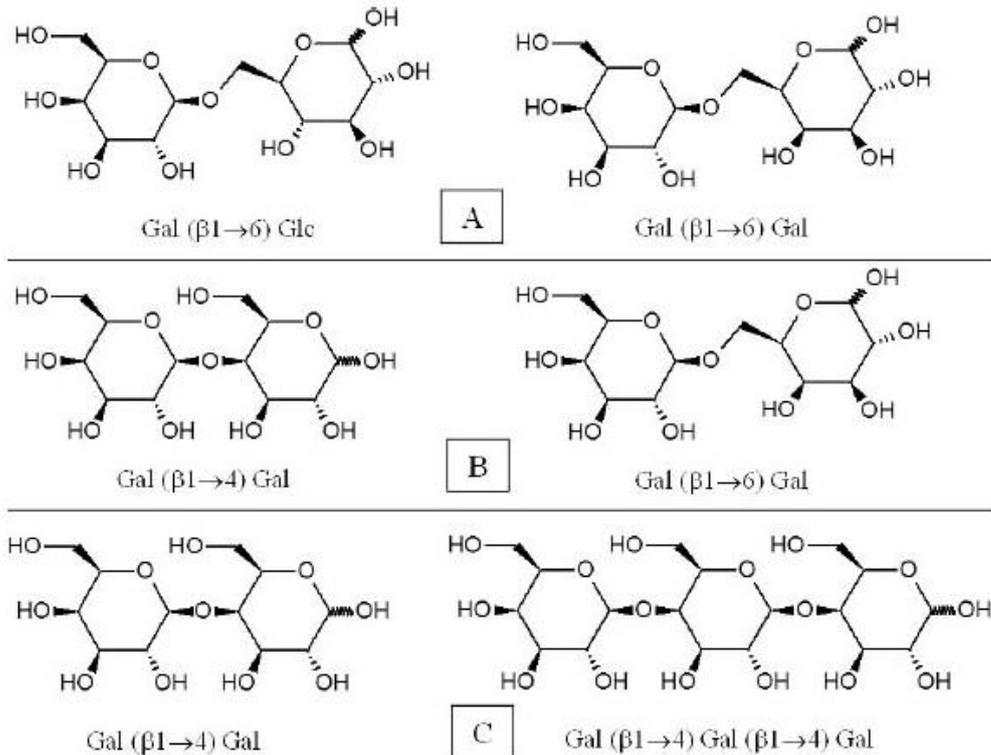
São ingredientes seguros para o consumo, ou seja, GRAS (*Generally Recognized as Safe*). Estão presentes no leite humano e em iogurtes, e também produzidos no intestino por microorganismos sintetizadores de  $\beta$ -galactosidase, através da lactose consumida. Também estão presentes na soja e não apresentam toxicidade. Quando este açúcar não convencional é consumido em excesso, há relatos de diarreia (RODRIGUEZ-COLINAS *et al.*, 2014; OTIENO, 2010).

Industrialmente os galactooligossacarídeos, também conhecidos como GOS, são sintetizados a partir de soluções com altas concentrações de lactose por atividade de transgalactosilação, pela  $\beta$ -galactosidase, previamente extraída de diversas fontes, sendo a microbiana a mais usual (FAI *et al.*, 2014; INTANON *et al.*, 2014; MICHELON *et al.*, 2014; PARK e OH, 2010).

O consumo de GOS está associado a benefícios à saúde humana, relacionadas aos seus efeitos sobre a microflora intestinal e suas atividades bioquímicas (MARTINS & BURKERT, 2009).

Cientistas da Universidade de Purdue – Indiana, evidenciaram que a suplementação de 5 gramas por dia de GOS em adolescentes do sexo feminino, durante três semanas, aumentou significativamente a absorção de cálcio fracionária de 39% para 44%. Os GOS são utilizados atualmente em alguns produtos lácteos e alimentos para bebês (WHISNER, CM *et al.*, 2013).

Em termos de estrutura química, os GOS podem diferir em relação às seguintes características: composição, regioquímica, ligação glicosídica e grau de polimerização (Figura 2) (GOSLIN, A *et al.*, 2010).



**Figura 2:** Exemplos de diferentes estruturas de GOS. (A) Composição; (B) Regioquímica; (C) Grau de polimerização (adaptado de Goslin et al., 2010).

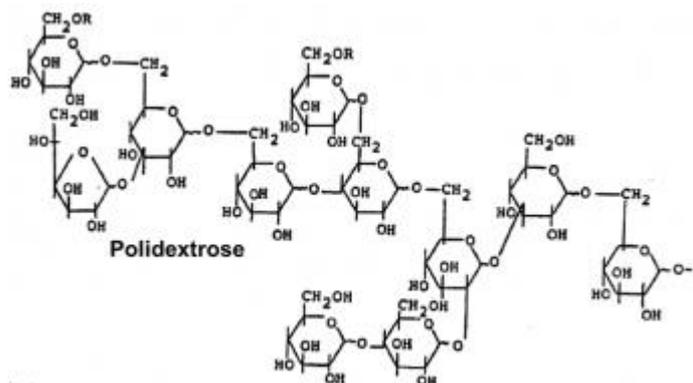
### 2.3.3. Polidextrose (PD)

A polidextrose constitui-se em um polímero de glicose, solúvel em água, capaz de fornecer aos produtos alimentícios a massa e a textura similares à sacarose. São duas as principais formas de polidextrose: acídica (PD-A) e um sal de potássio neutralizado (PD-N) (CRAIG *et al*, 2000).

É resistente à decomposição microbiana e metabólica nos seres humanos, possuindo baixo valor calórico (1 kcal/grama) e não cariogênica. Parte da polidextrose é absorvida intacta e outra parte metabolizada por bactérias colônicas. A tolerância de consumo é de 90 gramas por dia (DANISCO, 2004). Quando ingerida em grande quantidade, pode levar a flatulência, inchaço, fezes amolecidas e uma diarreia franca (CRAIG *et al*, 2000).

Apresenta baixo índice glicêmico, sendo interessante para produtos que precisem de redução de calorias e carboidratos, como alimentos voltados para o público diabético. Possui efeito prebiótico devido ao estímulo do crescimento de *Lactobacillus* e Bifidobacterias, e é considerado em alguns países como fibra alimentar solúvel (SANDROU, ARVANITTOYANNIS, 2000; DANISCO, 2004)

Não foi demonstrada toxicidade no homem, embora a dose para laxação (a distinguir da diarreia) seja de aproximadamente 90 g / dia. A polidextrose não demonstrou toxicidade reprodutiva, teratologia, carcinogênese, mutagenicidade ou genotoxicidade (CRAIG *et al*, 2000).



**Figura 3:** Estrutura química Polidextrose. Adaptado de Konar et al, 2016.

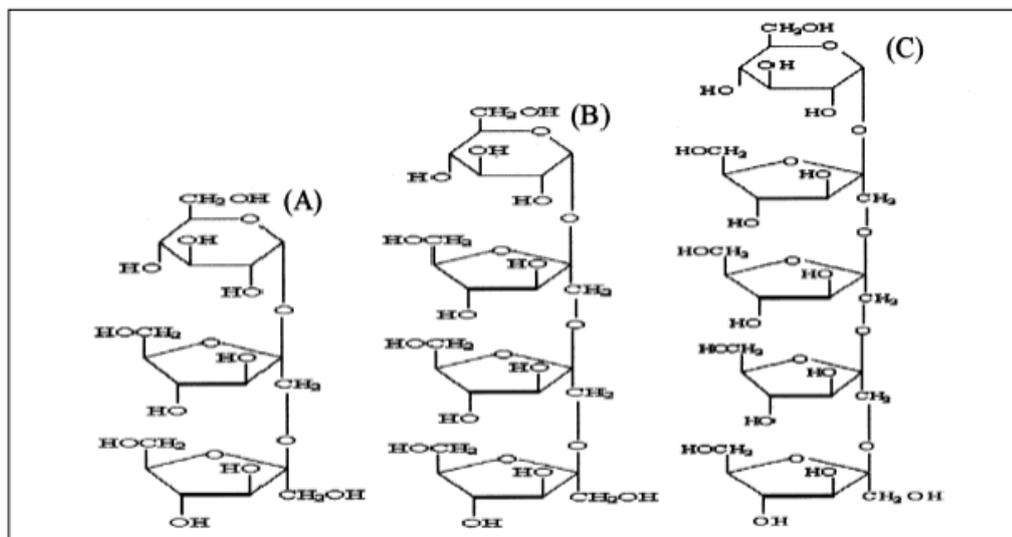
#### 2.3.4. Frutooligossacarídeos (FOS)

Os frutooligossacarídeos são formados de moléculas de sacarose, com uma ou duas outras unidades de frutose adicionadas por ligações  $\beta$  (2-1). São açúcares não convencionais, não calóricos por não serem metabolizados pelo organismo humano. São prebióticos pois promovem seletivamente o crescimento de probióticos como *Bifidus* e *Acidophilus*. Promovem benefícios à saúde humana, como a redução de colesterol sérico e a prevenção de alguns tipos de câncer. Naturalmente encontramos derivados de sacarose em vegetais e plantas como raiz de chicória, alcachofra, alho, cebola, banana, dália, dente de leão e outras. Porém, a quantidade presente nesses alimentos é reduzida, dificultando a sua viabilidade apenas por ingestão de alimentos, devido a necessidade de um consumo elevado para se obter o efeito funcional esperado. Entretanto, o FOS pode ser extraído desses alimentos e concentrado (PASSOS & PARK, 2003).

Dentre algumas propriedades prebióticas do FOS podemos citar: modificação do habitat intestinal, gerando aumento no bolo fecal, normalização da frequência fecal e efeitos prebióticos relacionados ao aumento do número de bifidobactérias, que levam à estimulação do sistema imune, produção de vitaminas do complexo B, inibição de patógenos, redução dos níveis de colesterol sanguíneo e à restauração da microbiota normal (PATEL, GOYAL, 2012; WANG, 2009,). Por isso, os FOS têm sido utilizados em diversos alimentos como iogurte,

queijo, leite, leite de soja, confeitos, cereais infantis e cereais em barra (PENNA, THAMER, 2005; ZACARCHENCO *et al.*, 2013).

O poder de doçura da oligofrutose e FOS puros é de 30 a 35% com relação à sacarose, por isto, seu uso junto com edulcorantes para aplicação em substituição total ou parcial de açúcar é praticado, para garantir os níveis de doçura desejados. (PIMENTEL *et al.*, 2012).

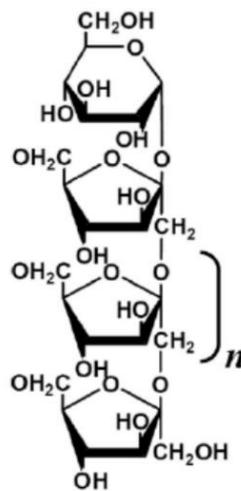


**Figura 4:** Estrutura química dos principais frutooligosacarídeos: 1-kestose (A), nistose (B) e frutofuranosil nistose (C). Adaptado de Passos & Park, 2003.

### 2.3.5. Inulina

A inulina consiste em um polissacarídeo presente naturalmente em plantas, como reserva de carboidratos nas raízes e nos tubérculos de vegetais, sendo encontrado em mais de 30.000 espécies vegetais, como *Helianthus tuberosus* (alcachofra-de-Jerusalém), *Cichorium intybus* (chicória), *Dahlia pinnata* (dália) e *Polymnia sonchifolia* (yacon), com diversas aplicações alimentares e farmacêuticas. (APOLINÁRIO *et al.*, 2014; WICHIENTHOT *et al.*, 2011).

É constituída por número variável de unidades de frutose com ligações predominantemente  $\beta(2\rightarrow1)$  D-frutose-frutosílicas, e termina com uma unidade de glicose ligada através de  $\alpha$ -D-glucopiranosil ou de ligação de sacarose  $\alpha(1\rightarrow2)$  (APOLINÁRIO *et al.*, 2014; CHI *et al.*, 2011).



**Figura 5:** Estrutura química da inulina. Adaptado de Konar et al, 2016.

A inulina não é digerida como um típico carboidrato, apresentando um baixo valor calórico e comportamento como uma fibra dietética prebiótica (ROBERFROID & SLAVIN, 2000). Ela possui cadeia longa, é menos solúvel que algumas oligofrutoses de cadeia curta, e é mais viscosa e termoestável, o que é favorável para as propriedades sensoriais e reológicas de produtos lácteos reduzidos em gordura (TÁRREGA *et al.*, 2010). Atua como um enchimento ou quebra de estrutura, similar ao que os glóbulos de gordura fazem, e também em substituição aos estabilizadores alimentares, como em espumas, emulsões, sorvetes e sobremesas aeradas (FRANCK & COUSSEMENT, 1997).

A inulina apresenta propriedade de formação de gel quando misturada à água ou leite, gerando uma estrutura cremosa capaz de substituir até 100% da gordura em alimentos, devido a formação de micro cristais, que não são percebidos na degustação. O gel apresenta textura espalhável, típica da presença de gordura, sensação táctil oral homogênea, aspecto brilhante e liberação equilibrada de compostos de sabor na boca. (PIMENTEL *et al.*, 2012; BOSI, 2008).

Apolinário *et al.* (2014), Patel *et al.* (2012) e Wouters (2010) pesquisaram os benefícios nutricionais que este nutriente proporciona para a saúde humana e verificaram que, devido às suas ligações glicosídicas  $\beta(2\rightarrow1)$ , não pode ser hidrolisada pelas enzimas digestivas humanas, sendo consideradas não digestíveis pelo organismo humano (ROBERFROID, 2007). Assim, alcança o cólon virtualmente intacta, sendo metabolizada pelas bactérias intestinais, o que explica o valor calórico reduzido de 1,0 a 1,5 kcal/g (ROBERFROID, 1999).

A inulina não afeta os níveis de glicose ou insulina no sangue, quando ingerida por via oral, sendo indicada para diabéticos, desde o início do século XX (BERINGER & WENGER,

1995). Pode ser considerada um substituto de gordura ou açúcar, já que apresenta valor calórico mais baixo, agindo de forma similar às fibras dietéticas, contribuindo para a saúde gastrointestinal, sendo de grande valia para as indústrias alimentícias e farmacêuticas, destinando-os à produção de alimentos funcionais, compostos nutracêuticos e medicamentos (Apolinário *et al.*, 2014).

## 2.4. REOLOGIA

Eugene C. Bingham foi o primeiro a utilizar a palavra reologia ao definir que “tudo escoá” (STEFFE, 1996). Hoje, a reologia pode ser vista como a ciência da deformação e do escoamento da matéria, ou seja, é o estudo da maneira segundo a qual os materiais respondem à aplicação de uma determinada tensão ou deformação. Todos os materiais possuem propriedades reológicas, de modo que a reologia é uma ciência que pode ser aplicada em diversas áreas. O estudo das propriedades reológicas dos alimentos, segundo Rao (1977, 1986), é essencial para várias aplicações que incluem desde os projetos, a avaliação de processos, o controle de qualidade, a correlação com a avaliação sensorial e a compreensão da estrutura de materiais.

Steffe (1996) define que a reologia é a ciência dos materiais em alimentos. De acordo com o autor, podem-se destacar diversas áreas na indústria de alimentos nas quais o conhecimento dos dados reológicos é essencial: cálculos em engenharia de processos, envolvendo grande variedade de equipamentos, tais como bombas, tubulações, extrusores, misturadores, trocadores de calor, dentre outros; determinação da funcionalidade de ingredientes no desenvolvimento de produtos; controle intermediário ou final da qualidade de produtos; testes de tempo de prateleira; avaliação da textura de alimentos, correlação com testes sensoriais e análise de equações reológicas de estado ou de equações constitutivas.

As medidas reológicas são bastante relevantes na indústria alimentícia como instrumento para a caracterização física da matéria-prima antes do processamento, de produtos intermediários durante a fabricação e para os alimentos acabados. Existem várias abordagens para conduzir estas caracterizações reológicas, sendo que a escolha da técnica praticamente depende do produto e das características funcionais que precisam ser analisadas. Diversos tipos de equipamentos estão à disposição dos pesquisadores como ferramenta em estudos reológicos de alimentos, levando a resultados aceitáveis na maioria dos ensaios realizados

(MUNIZAGA e CÁNOVAS, 2005).

A reologia clássica começa com a consideração de dois materiais ideais: o líquido viscoso e o sólido elástico. O líquido viscoso não tem forma definida e irá escoar, irreversivelmente, com a aplicação de uma força externa. O sólido elástico é um material com forma definida que, quando deformado por uma força externa dentro de certos limites, irá retornar à sua forma e dimensões originais, após a remoção dessa força. (STANLEY *et al.*, 1996).

Na reologia de sólidos, a propriedade de maior interesse é a elasticidade, ao passo que, em líquidos, a viscosidade é a propriedade mais importante. A viscosidade de um material pode ser definida como a propriedade física dos fluidos que caracterizam a sua resistência ao escoamento (PARK & LEITE, 2001).

Para materiais viscoelásticos, o valor do módulo elástico ( $G'$ ) é uma medida da energia de deformação armazenada na amostra durante o processo, que representa o comportamento elástico de uma amostra. Ao contrário, o módulo viscoso ( $G''$ ) é o valor de uma medida da energia de deformação utilizada na amostra durante o cisalhamento, que representa o comportamento viscoso de uma amostra. Se  $G'$  é muito maior do que  $G''$ , o material vai se comportar mais como um sólido, isto é, as deformações serão essencialmente elásticas. No entanto, se  $G''$  é muito maior do que  $G'$ , a energia utilizada para deformar o material é dissipada viscosamente e o comportamento do material é como um líquido (MUNIZAGA; CÁNOVAS, 2005).

Leites fermentados não possuem caracterização reológica precisa, e seu estudo é essencial, permitindo, por exemplo, auxiliar na operação dos equipamentos de processamento na indústria láctea e, também, analisar a aceitação dos consumidores através de propriedades físicas (como firmeza e viscosidade) que determinam a consistência e a textura do produto.

Diferentes fatores tecnológicos influenciam as propriedades reológicas dos iogurtes, como: fatores envolvidos durante a preparação da base de leite e seu tratamento térmico, temperatura de incubação, tipo de cultura empregada e o processo de resfriamento (SODINI *et al.*, 2004; PENN; CONVERT; OLIVEIRA, 2006).

A viscoelasticidade do iogurte pode aumentar de 2 a 3 vezes de acordo com os sólidos totais e com o teor de proteína na base do leite. Uma vez aumentando o teor de proteína, aumenta-se a concentração de caseína que reforça a matriz proteica e melhora a capacidade de retenção de água do gel. Sendo que essa propriedade está diretamente ligada à relação proteína do soro/caseína (SODINI *et al.*, 2004). Kristo *et al.* (2003) também citam a importância das características de textura do gel para qualidade do produto final e citam

parâmetros tecnológicos e de composição do leite como fatores que influenciam nas características estruturais do iogurte, reforçando que o teor de sólidos também é fator importante, pois afeta a viscosidade e a firmeza do iogurte. Em outro estudo, Remeuf *et al.* (2003) trabalharam com a suplementação do leite para produção de iogurte com adição de caseinato e concentrado proteico de soro, isolados ou em misturas, com o objetivo de estudar as propriedades físicas dos iogurtes obtidos. Os pesquisadores concluíram que a base suplementada com leite em pó desnatado apresentou o maior aumento de viscosidade, enquanto as bases enriquecidas com caseinato e concentrado proteico de soro apresentaram alguns defeitos, como baixa capacidade de retenção de água. Entretanto, Saint-Eve *et al.* (2006) mostraram que ainda há grande contradição entre os pesquisadores sobre o efeito da suplementação dos iogurtes com proteínas lácteas, pois alguns autores observam que o aumento do nível de concentrado proteico de soro dá origem a um gel mais forte; enquanto outros demonstram que, em níveis similares de proteína, a substituição de leite em pó por caseinato na base do leite para produção de iogurte aumenta consideravelmente a viscosidade do produto final.

Na tecnologia de fabricação de iogurte, sabe-se que o teor de sólidos, as temperaturas de tratamento térmico do leite e da fermentação e a pressão de homogeneização afetam a reologia do produto final (COLLET e TADINI, 2004; PASEEPHOL *et al.*, 2008).

## 2.5. PERFIL DE VOLÁTEIS EM IOGURTES

Os compostos voláteis caracterizam o flavor dos produtos lácteos e são constituídos por cetonas, aldeídos e álcoois (MORAES, J. *ET AL*, 2015).

Os lactobacilos afetam o sabor e aroma de leites fermentados, produzindo compostos voláteis, como o diacetil e seus derivados (SILVA & STAMFORD, 2000). Em iogurtes, a ocorrência de acetaldeído, acetona e diacetil são descritas na literatura (CRUZ *et al.*, 2012; GÜLLER *et al.*, 2011), caracterizando um perfil de compostos voláteis para este produto.

Os ácidos graxos voláteis em lácteos são produzidos pela atividade de *L. bulgaricus* e *S. thermophilus*, a partir de determinados constituintes do leite, e têm sido descritos como os principais responsáveis pelo sabor e aroma característicos deste tipo de alimento (GÜLLER *ET AL.*, 2011; MACCIOLA *et al.*, 2008).

Além dos compostos voláteis de ocorrência natural, iogurtes podem veicular grande diversidade de outros compostos, os quais serão mais variados e sua presença mais percebida,

tanto em função de ingrediente veiculado, como de sua quantidade adicionada.

Pesquisas sugerem quantidade de acetaldeído no iogurte com valores de 42 mg.Kg<sup>-1</sup> (GUPTA *et al.*, 1997), diacetil 2,77 µg.g<sup>-1</sup> (GUERRA *et al.*, 1995), acetona 1,45 mg.kg<sup>-1</sup> e etanol 0,35 mg.kg<sup>-1</sup> (GEORGALA *et al.*, 1995).

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver cinco diferentes formulações de iogurte concentrado com potencial prebiótico e verificar a influência na reologia e no perfil de compostos voláteis através da adição de 5 diferentes tipos de prebióticos, quando comparada a uma amostra controle, sem adição de prebióticos.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver cinco diferentes formulações de iogurte concentrado com potencial prebiótico tipo “grego”, sem adição de espessantes comerciais;
- Aplicação de cinco diferentes tipos de prebióticos (XOS, GOS, polidextrose, FOS e inulina) em uma mesma base de iogurte concentrado, e sua comparação nas modificações das propriedades reológicas e no perfil de compostos voláteis quando comparadas entre si e entre uma amostra controle, com a mesma base láctea, sem inclusão de prebiótico;
- Identificar o perfil qualitativo de compostos voláteis nas amostras de ICP, por meio da microextração em fase sólida, cromatografia gasosa acoplada a espectrofotometria de massa;
- Determinar a composição físico-química das amostras de ICP.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo, foram produzidos iogurtes concentrados prebióticos sem o uso de espessantes.

Todas as etapas do desenvolvimento do produto foram realizadas no complexo de laboratórios de alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), onde foram cumpridas todas as etapas sugeridas para o desenvolvimento e caracterização dos iogurtes concentrados, adicionados de prebióticos.

### 4.1. MATERIAIS

Foram utilizados os seguintes ingredientes para a elaboração do ICP: Leite integral UHT (3% gordura), creme de leite esterilizado (25% gordura) e leite em pó integral adquiridos em mercado varejista e as culturas lácteas, constituídas de *Streptococcus salivarius subsp. Thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*.

### 4.2. PROCESSAMENTO DO PRODUTO

O processamento do ICP foi desenvolvido experimentalmente na planta de processamento de alimentos do Campus Rio de Janeiro do IFRJ. A Figura 6 representa o esquema geral do processamento do ICP. O leite foi aquecido a 45°C e adicionado a cultura liofilizada de bactérias lácteas, seguido de leve homogeneização. Após a adição da cultura, o leite foi mantido a temperatura de 45°C em estufa até atingir pH = 4,4. Após a coagulação, a coalhada foi transferida para sacos de algodão previamente esterilizados e colocados sob resfriamento à temperatura de 5°C por 16 horas. Após o período de 16 horas, a massa foi retirada, adicionada de creme de leite e dividida em partes iguais para a realização dos diferentes tratamentos (adição de 5 diferentes prebióticos). Foram adicionados os prebióticos: xilo-oligossacarídeos, galactooligossacarídeos, polidextrose, frutooligossacarídeos e inulina, ao final do tempo do dessoramento a 2,5%, baseado na recomendação da ANVISA para se ter o efeito prebiótico recomendado. Uma amostra controle com exatamente a mesma composição láctea foi separada sem adição de nenhum prebiótico.

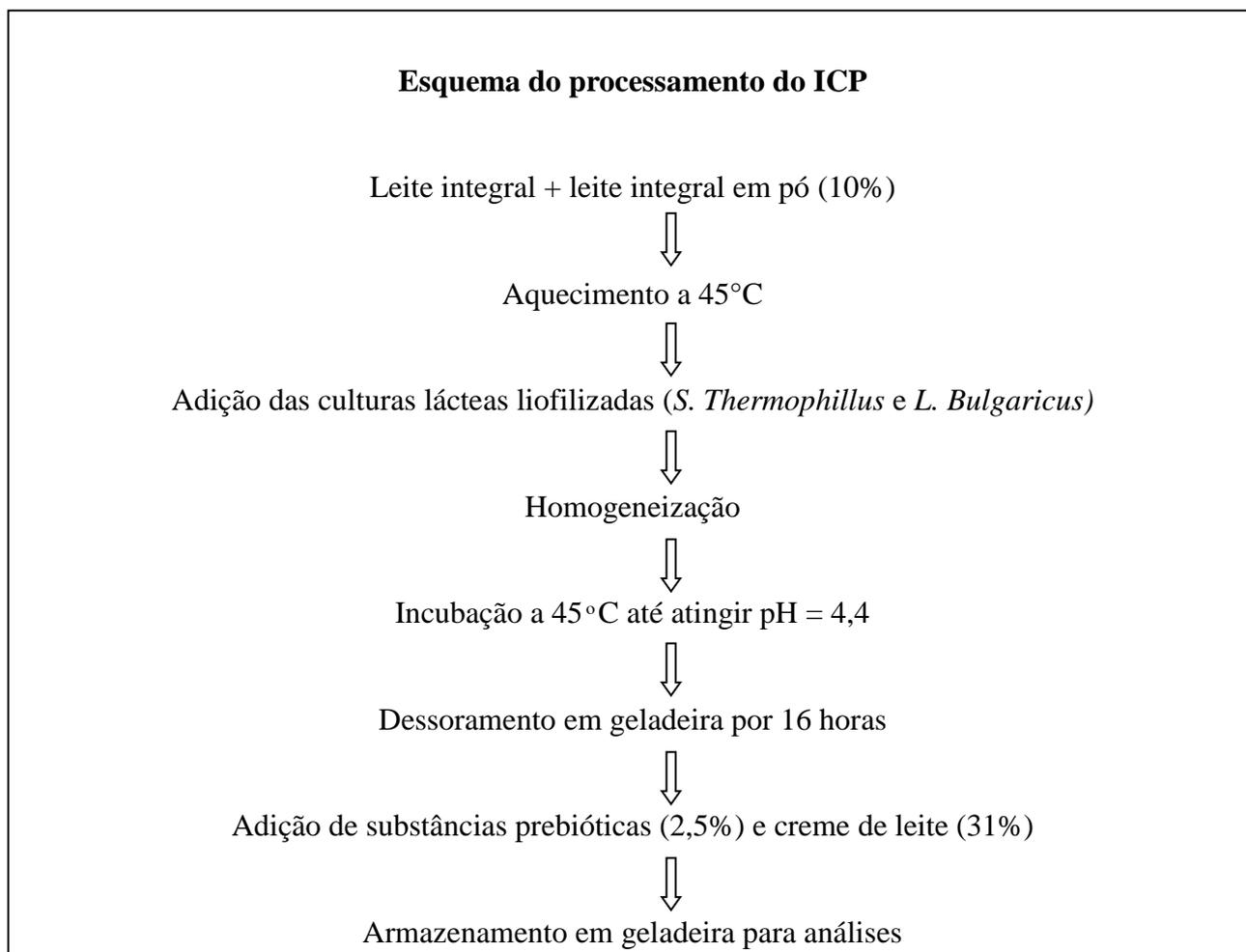
Foram elaboradas um total de 6 amostras, identificadas como A, B, C, D, E, F, recebendo a

respectiva diferença no tratamento das amostras: nenhuma adição de prebiótico, adição de XOS, adição de GOS, adição de polidextrose, adição de FOS e adição de inulina, conforme detalhado na Tabela 1.

**Tabela 1:** Identificação das Amostras do ICP.

Identificação das Amostras ICP	
A	Sem adição de prebiótico (controle)
B	Xilooligossacarídeos (XOS)
C	Galactooligossacarídeos (GOS)
D	Polidextrose
E	Futooligossacarídeos (FOS)
F	Inulina

Segue abaixo o esquema do processamento do ICP:



**Figura 6:** Esquema geral do processamento do ICP.

#### 4.3. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas realizadas foram: umidade, proteína, lipídio e cinzas. Carboidrato foi calculado por diferença. Todas as análises foram realizadas em duplicata e de acordo com metodologias oficiais e normas do instituto Adolf Lutz, 2008.

#### 4.4. ANÁLISE DE VOLÁTEIS

Os compostos voláteis foram analisados por microextração em fase sólida, cromatografia gasosa acoplada a espectrofotometria de massa (MEFS-CG-EM). A MEFS foi realizada com o injetor automático CTC Pal Sampler, um amostrador automático tipo XYZ com compartimento promovendo o controle da temperatura e agitação para ativação da fibra e extração no *headspace*.

Cerca de 3 g de ICP foram transferidos para *headspace vials* de 20 mL e em seguida foram adicionados 3mL de solução saturada de NaCl. Os frascos foram tampados com septo de PTFE/silicone e tampa de rosca de alumínio. Todas as extrações foram realizadas utilizando uma fibra com 50/30µm de espessura com Divinilbenzeno / Carboxen / Polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS) (SUPELCO, BELLEFONTE, PA, EUA). Após o tempo de equilíbrio de 20 minutos à  $40 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$  com agitação de 750 rpm, o septo que recobre o frasco de headspace foi perfurado com a fibra retraída na agulha e então a fibra foi exposta à amostra por 30 minutos, extraindo os voláteis do headspace por 30 minutos, nas mesmas condições.

A análise de identificação dos compostos orgânicos voláteis foi feita a partir do CG-EM (Agilent Technologies, 7890A-5975C), como amostrador do tipo CTC PAL (Amostrador CTC PAL Sampler 120, Agilent Technologies) e com *liner* apropriado para análises de MEFS. As condições cromatográficas adotadas foram: injeção por fibra, sem razão da divisão de fluxo da fase móvel no injetor (*splitless*), temperatura do injetor –  $240^{\circ}\text{C}$ ; fluxo da fase móvel:  $2\text{mL min}^{-1}$ , velocidade linear da fase móvel  $36,35\text{cm seg}^{-1}$ ; programação do forno cromatográfico –  $45^{\circ}\text{C}$  por 5 minutos, com rampa de temperatura de  $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$  até  $80^{\circ}\text{C}$ , seguido de nova rampa a  $5^{\circ}\text{C min}^{-1}$  até  $240^{\circ}\text{C}$ , segurando por 15 minutos; coluna – CP-Wax 52 CB 60m x 0,25mm x 0,25 e detector – EM (espectrômetro de massas) com intervalo de massa 40-400 m/z.

A composição das amostras foi determinada a partir dos espectros de massas das amostras com auxílio do software Agilent Mass Hunter Qualitative Analysis utilizando como referência a biblioteca de espectros NIST 11.

Os componentes foram identificados ainda de acordo com índice de retenção linear de cada substância, calculado a partir de um padrão de calibração de alcanos de 8 a 40 carbonos (padrão Sigma, 40147-U) por meio da equação de Van der Dool and Kratz.

#### 4.5. ANÁLISES REOLÓGICAS

As amostras de iogurte foram analisadas em reômetro MCR 302, Anton Paar, em duplicata, com auxílio da geometria cone-placa (CP60). Foram realizados ensaios de fluxo, com taxas de deformação de 0 a 300s<sup>-1</sup>, com rampa de subida, na amostra controle e em todos os tratamentos (adição de prebióticos).

As medidas reológicas das formulações de ICP 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 302 (Anton Paar GmbH, Graz, Áustria), em duplicata, com geometria de cone-placa (4 cm, 2°) e gap de 1 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.

##### 4.5.1. Curvas de fluxo

Para a obtenção das curvas de fluxo foi realizada uma varredura de tensão de cisalhamento com taxa de deformação crescente (0 a 300 s<sup>-1</sup>). Os dados da primeira curva foram ajustados ao modelo da lei da potência (Eq. 1) através de análise de regressão não-linear usando *software* STATISTICA 5.0 (Statsoft, Tulsa, OK, EUA).

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

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).

##### 4.5.2. Ensaios oscilatórios

Nos ensaios oscilatórios,  $G'$  (módulo elástico),  $G''$  (módulo viscoso) e  $\eta^*$  (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 Eq. 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 Eq. 3.

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

O modelo do gel crítico de Winter & Chambon (1986) foi utilizado para a avaliação das mudanças nas propriedades viscoelásticas das amostras em função da frequência (Eq. 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).

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

Onde  $A_F$  ( $\text{Pa}\cdot\text{s}^{1/z}$ ) 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.

#### 4.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados das análises físico-químicas foram avaliados através de Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey ao nível de  $p < 0,05$ , utilizando Software de análise estatística para todas as amostras do ICP.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Os valores da composição físico-química para cada amostra do ICP estão detalhados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Composição físico-química das amostras pelo método do Instituto Adolf Lutz, 2008.

Amostra	Umidade (%)	Lipídeos (%)	Proteína (%)	Fibra (%)	Carboidrato (%)	Cinzas (%)
A	68,1a	6,92a	6,8a	0a	18,17a	0,83a
	±0,12	±0,92	±0,45	±0,03	±81,83	±0,01
B	67,3a	6,98a	6,5a	1,34a	17,87a	0,85a
	±0,67	±0,67	±0,45	±0,05	±82,13	±0,02
C	68,5a	6,67a	6,4a	1,32a	17,10a	0,69a
	±0,67	±0,23	±0,76	±0,06	±82,90	±0,02
D	69,3a	6,78a	6,4a	1,31a	16,10a	0,94a
	±0,45	±0,45	±0,90	±0,02	±83,90	±0,05
E	67,7a	6,95a	6,6a	1,32a	17,42a	0,55a
	±0,23	±0,46	±0,21	±0,04	±82,58	±0,00
F	68,5a	6,82a	6,8a	1,33a	16,54a	0,51a
	±0,45	±0,34	±0,76	±0,05	±83,46	±0,01

\*Análises efetuadas em duplicata. Valores são expressos como média ± desvio padrão. A, B, C, D, D, F = para letras iguais não houve diferença estatística no nível de 95% de confiança. A = Controle, B = XOS, C = GOS, D = Polidextrose, E = FOS, F = Inulina.

Podemos observar altos valores de lipídeos por se tratar de um iogurte drenado, onde parte do soro foi separada, além da quantidade adicional de leite em pó e creme de leite adicionada no processamento do ICP. Pelo teor de lipídeo ser superior a 6%, classifica-se este produto como iogurte com creme, de acordo com a Instrução Normativa número 46, de 23 de outubro de 2007, MAPA.

Os resultados médios para os parâmetros analisados estão apresentados na Tabela 2. Os valores de umidade encontrados estavam na faixa de 67,3% até 68,5% e cinzas de 0,51% a 0,94%, valores mais baixos de umidade e mais altos de cinza do que os obtidos por Medeiros *et al.* (2007) ao analisarem iogurtes de marca comercial, encontrando 80,53% de umidade e 0,46% de cinzas, o que é esperado para um produto concentrado e adicionado de creme e leite

em pó. Carboidratos apresentaram-se entre os valores de 17,41% a 19,21%, A média dos valores de proteína (de 6,4 a 6,8%) manteve-se acima do exigido pela legislação para todas as amostras, que delimita o mínimo de 2,90% (BRASIL, 2007). O teor de lipídeos (6,67 a 6,98%) encontra-se dentro dos padrões preconizados pela legislação vigente, de no mínimo 3% (BRASIL, 2007), sendo todas as amostras classificadas como “com creme”. Quando comparados com iogurtes tradicionais, os valores de proteína, carboidrato, gordura e cinzas mostram-se maiores, o que pode ser devido ao processo de dessoramento e adição de leite em pó e creme de leite.

Adição de prebiótico levou a uma singela redução no teor de proteína do produto final, já que a fibra adicionada não é uma fonte de proteína. Excetua-se a amostra adicionada de inulina, provavelmente por alguma interferência deste ingrediente na análise. Porém não houve diferença estatística significativa, apenas verifica-se uma tendência à redução do valor de proteína devido a adição de outra substância que não é fonte deste nutriente.

A adição das fibras prebióticas não interferiu significativamente nos valores de umidade, lipídeo, proteína, carboidrato e cinzas. A amostra controle A não foi adicionada de nenhuma fibra prebiótica. Como iogurte não é um alimento que contém fibra naturalmente, um valor próximo a zero já era esperado.

Como não há legislação específica para iogurte concentrado tipo “grego”, o mesmo segue o padrão para leites fermentados, e devido à sua concentração os resultados físico-químicos foram facilmente alcançados.

Com o dessoramento e a adição de creme, o ICP torna-se um produto com importante valor nutricional, com possíveis benefícios para o público inapetente ou que precisa de maior reposição de energia e nutrientes, como idosos e crianças em idade pré-escolar que precisam garantir uma alimentação para manutenção de sua saúde.

## 5.2. COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS

Os compostos orgânicos voláteis (COV) identificados nas amostras estão detalhados na tabela 03. Os COV presentes em todas as amostras foram 2- heptanona, 1-pentanol, acetóina, 2-nonanona, ácido acético, 2-undecanona, ácido butanoico, 3-metil-butanal ácido, ácido hexanóico, álcool fenetílico, ácido octanóico, gama-octanona, ácido tetradecanóico. Por estarem presentes tanto na amostra controle quanto nas demais amostras adicionadas de

prebióticos, sugere-se que estes são compostos naturais na identificação de iogurte concentrado, ou “grego”. A amostra controle foi a que apresentou menor número de substâncias voláteis, enquanto as amostras com polidextrose, galactooligossacarídeos e xilooligossacarídeos apresentaram maior eluição de diferentes substâncias. A amostra com inulina apresentou menor variedade de voláteis dentre as amostras adicionadas de prebiótico.

Moraes *et al.*, 2015, encontraram os seguintes voláteis em amostras de iogurte probiótico de banana: hexanol, pentanol, 2-nonanona e 2-heptanona. Já Tanello, A.C., 2011 encontrou em iogurte probiótico os compostos voláteis 2-butanona, 2,3-butanodiona, 2,3-pentanodiona, acetona e ácido hexanóico. Güler *et al.*, 2011, encontraram em iogurtes comerciais turcos os respectivos COV: acetaldeído, diacetil, acetoína, acetona, etanol, 2-butanona, 2-nonanona, 2-undecanona, 2-tridecanona, 2-pentadecanona, etil acetato.

Pela tabela 03, podemos observar que os prebióticos adicionados ao iogurte levaram ao enriquecimento da fração volátil do produto. Pôde-se perceber que os prebióticos exerceram alteração na composição do flavor do ICP, acrescentando maior variedade de substâncias voláteis através do resultado do metabolismo das bactérias presentes no iogurte ou ainda devido a composição química dos ingredientes com potencial prebiótico adicionados.

A quantificação dos ácidos graxos voláteis não foi o foco deste trabalho, e sim a determinação do perfil volátil, visando uma análise qualitativa.

O estudo dos componentes voláteis em iogurte tipo “grego” ainda precisa de maior atenção por parte dos pesquisadores, na padronização de métodos de identificação e quantificação destes componentes, tornando seu conhecimento menos subjetivo e mais reproduzível.

Com o resultado encontrado, acredita-se que a adição de prebióticos leve ao enriquecimento da fração volátil de um produto, sendo mais um atrativo ao mercado de laticínios.

**Tabela 3:** Perfil de Concentração de Ácidos Orgânicos Voláteis de diferentes amostras de Iogurte Concentrado.

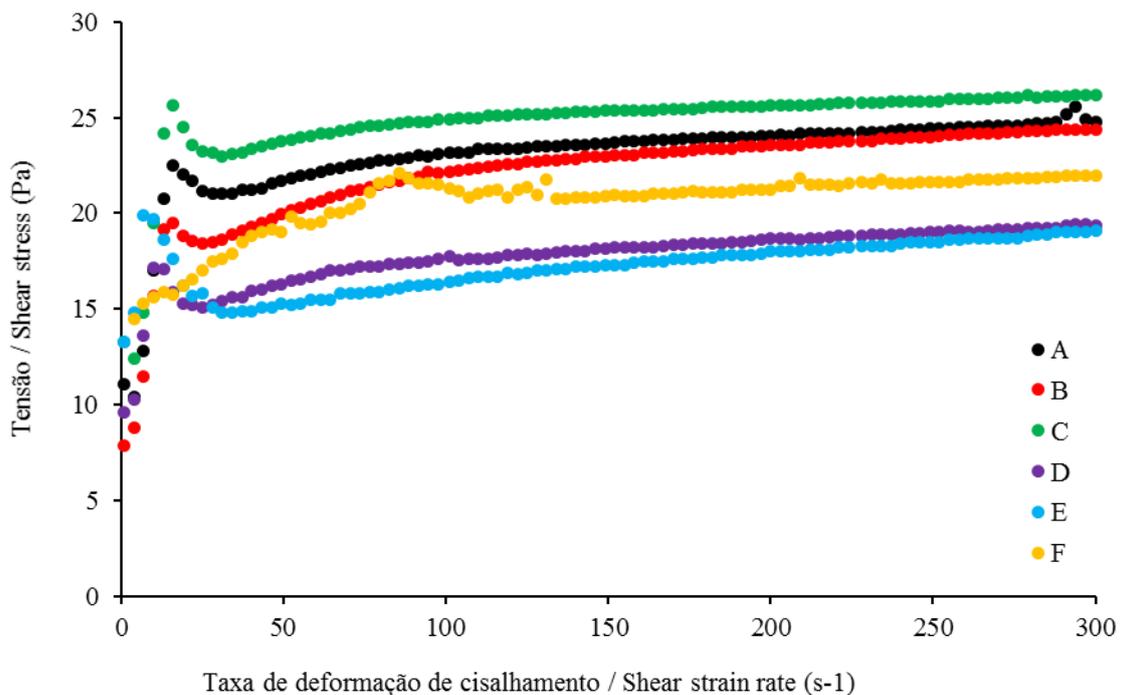
Voláteis	RT	LRI	A	B	C	D	E	F
2-Heptanona	10,944	1159	762337	772642	736038	772642	822892	647410
Álcool isoamílico	11,631	1191	22192	35854	-	35854	16507	-
1-Pentanol	11,819	1200	57039	825563	357627	825563	299824	657513
Acetoína	13,777	1285	4288568	11629438	9636905	11629438	5653387	8978594
2-Hidroxi-3-pentanona	15,345	1352	62261	-	-	-	80174	106523
2-Nonanona	15,91	1376	251871	157113	299865	157113	289909	254019
Ácido acético	17,38	1437	6246723	18045819	16874992	18045819	9986606	11426155
Furfural	17,732	1452	11125	52101	77339	52101	15048	23738
5-Hidroxi-2,7-dimetil-4-Octanona	18,012	1464	-	475777	30201	475777	-	112335
Benzaldeído	19,229	1514	-	-	-	-	52950	-
Ácido isobutírico	20,163	1554	-	249253	125481	249253	-	-
2-Undecanona	20,972	1588	45809	19345	82164	19345	23121	59950
Ácido butanoico	21,547	1613	1100101	1034345	1133908	1034345	1060620	988006
2-Furanmetanol	22,204	1641	-	162680	496107	162680	13340	53793
3-Metil ácido butanoico	22,5	1654	326749	1385139	1119661	1385139	686036	500717
2(5H)-Furanona	24,523	1743	-	32989	56131	32989	-	-
1,2-Ciclopentanediona	24,749	1753	-	-	67416	-	-	-
Ácido hexanóico	26,346	1827	2409401	1771292	2374389	1771292	2321861	2281369

\*A = Controle, B = XOS, C = GOS, D = Polidextrose, E = FOS, F = Inulina.

### 5.3. REOLOGIA

#### 5.3.1. Curvas de fluxo

A Figura 6 mostra as curvas típicas de escoamento em estado estacionário ( $\sigma \times \dot{\gamma}$ ) obtidas para a primeira varredura de tensão de cisalhamento das amostras de ICP. É possível observar que todas as amostras apresentaram comportamento similar, porém a amostra C (GOS) e A (Controle) apresentaram tendência a maiores valores de tensão de cisalhamento por taxa de deformação, sendo seguidos em ordem decrescente pelas amostras B, F, D, e E. Isso indica um possível ganho de viscosidade com a incorporação de GOS na formulação. Por outro lado, é possível observar uma perda de consistência comparada ao controle com a adição de todos os demais aditivos.



**Figura 7:** Curva de fluxo de escoamento em estado estacionário das amostras de ICP. A = Controle, B = XOS, C = GOS, D = polidextrose, E = FOS, F = Inulina.

Os dados de tensão de cisalhamento ( $\sigma$ ) em função da taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ) foram ajustados ao modelo de Herschel-Bulkley. A tabela 04 apresenta os valores médios dos índices de comportamento e de consistência para as amostras de iogurte “grego”. O índice de consistência ( $k$ ) está relacionado à viscosidade, que, em produtos lácteos, 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 *et al.*, 2005). Todas as formulações apresentaram valores bem superiores de índice de consistência quando comparadas ao controle, exceto a amostra E adicionada com FOS ( $3.56 \pm 0.24$ ) Pa.s<sup>n</sup>. Isso provavelmente se deve a maior capacidade de retenção de água relacionada aos prebióticos adicionadas às formulações e ao menor teor de gordura decorrente dos mesmos. A redução do teor de gordura promoveu o aumento da interação catiônica e diminuição da mobilidade da matriz proteica tornando a amostra mais “consistente”. O teor de gordura é um fator de influência na reologia do produto (COLLET e TADINI, 2004; PASEEPHOL *et al.*, 2008). Todas as amostras de iogurte “grego” 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 4). De acordo com Magnesis *et al.* (2006) isto caracterizaria o comportamento pseudoplástico de leites fermentados, com a diminuição da viscosidade em função do aumento da taxa de cisalhamento aplicada (SCHRAMM, 2006). Segundo Horne (1998) e Lucey (2002), isso pode ocorrer devido ao enfraquecimento das fracas interações existentes entre as moléculas e da diminuição da energia de interação entre estas. Outros estudos também confirmam o iogurte como fluido pseudoplástico (GONÇALVEZ *et al.*, 2005; GOMES e PENNA, 2009; TELES e FLÔRES, 2007; PASEEPHOL *et al.*, 2008). Nas amostras de iogurte “grego” esse comportamento pode estar relacionado ao fato de que as macromoléculas, como as moléculas de proteína, 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). As diferenças nos valores de n foram pouco significativas de acordo com as formulações; contudo, a adição de FOS aparentemente promoveu uma diminuição no índice de consistência e aumento no índice de comportamento quando tais valores foram comparados ao controle.

Sob certas condições (isto é, moderada taxa de deformação, conteúdo de gordura inferior a 40% e a temperaturas superiores a 40°C, nas quais a gordura está líquida e não ocorre aglutinação pelo frio) leite, leite desnatado e creme são fluidos com propriedades Newtonianas. Entretanto, leite cru e cremes exibem propriedades reológicas de fluidos não-Newtonianos quando são submetidos a condições em que é possível a solidificação dos glóbulos de gordura (abaixo de 40°C e baixas taxas de deformação) (FOX; MCSWEENEY, 1998). Leite condensado, creme e iogurte exibem comportamento tixotrópico (*shear thinning*), ou seja, sua viscosidade aparente é inversamente relacionada à taxa de deformação.

Leites concentrados, manteiga, sorvete, iogurte e queijo são visco elásticos (FOX; MCSWEENEY, 1998; VÉLEZ-RUIZ; BARBOSA-CANOVAS, 1998).

Em geral, as curvas ascendentes apresentaram comportamento pseudoplástico, enquanto as curvas descendentes apresentaram comportamento dilatante ou Newtoniano (PENNA, SIVIERI e OLIVEIRA, 2001).

**Tabela 4:** Valores médios dos parâmetros k (índice de consistência), n (índice de comportamento) e R<sup>2</sup> (índice de determinação) obtidos a partir do ajuste dos dados experimentais ao modelo da lei da potência para as amostras de ICP.

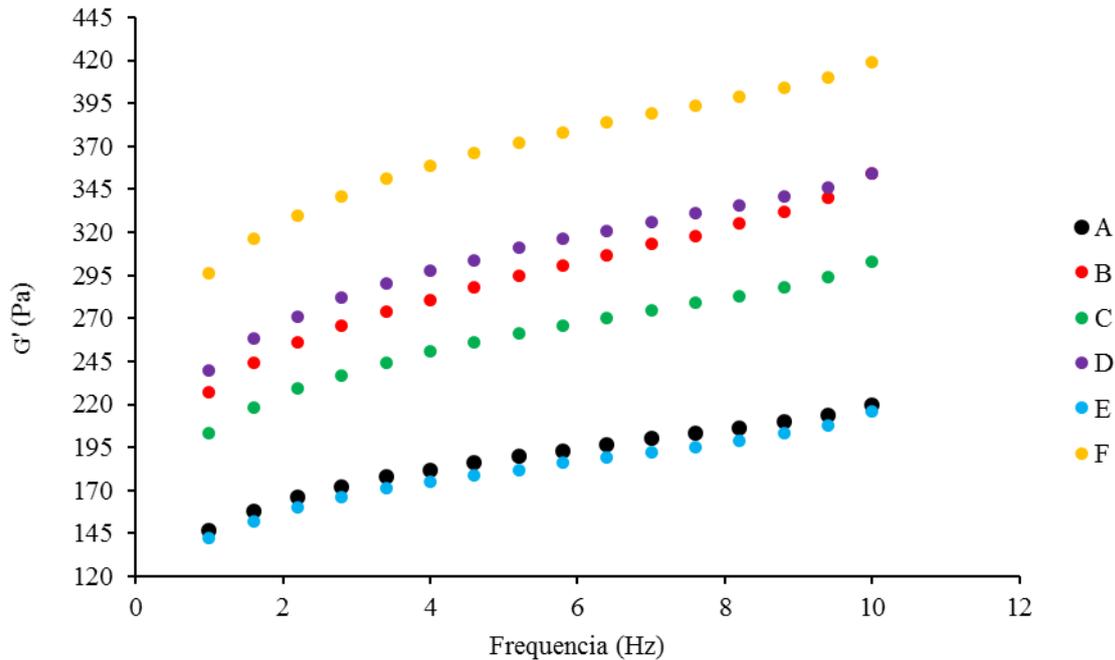
Amostra	Código	$\sigma_0$ (Pa)		k (Pa.sn)			n		R <sup>2</sup>
Controle	A	7.41	± 1.00	6.98	± 0.92	0.166	± 0.015	0.868	
XOS	B	3.50	± 0.94	8.15	± 0.87	0.171	± 0.013	0.914	
GOS	C	5.34	± 0.95	11.28	± 0.97	0.112	± 0.009	0.876	
Polidextrose	D	1.66	± 0.33	9.12	± 0.33	0.118	± 0.004	0.979	
FOS	E	7.42	± 0.28	3.56	± 0.24	0.204	± 0.009	0.968	
Inulina	F	6.80	± 0.18	7.95	± 0.37	0.111	± 0.008	0.986	

### 5.3.2. Ensaios oscilatórios

As amostras de iogurte “grego” apresentam um comportamento viscoelástico, isto é, quando submetidas a certa deformação parte da energia mecânica fornecida foi armazenada na forma elástica e parte foi perdida (Lucey *et al.*, 2003). Tais propriedades viscoelásticas puderam ser determinadas por ensaios dinâmicos oscilatórios de baixa amplitude nos quais foram mensurados os módulos elástico (G') e viscoso (G'') (Lucey *et al.*, 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 elasticidade do material (FRÖHLICH-WYDER *et al.*, 2009). Já o módulo viscoso (G'') é a medida da energia dissipada ou perdida por ciclo de oscilação (Sanchez, *et al.*, 1996).

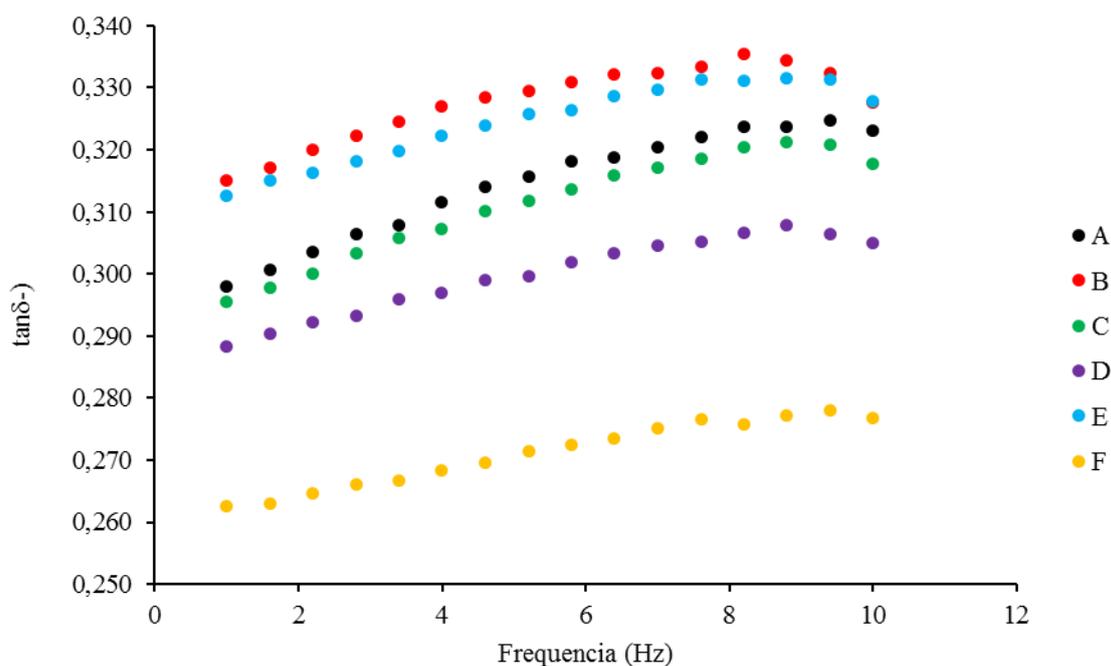
A Figura 7 mostra os espectros mecânicos das amostras de iogurte “grego” com relação ao G'. É possível observar que a amostra E (FOS) foi a única que apresentou valores de G' inferiores as ao controle, embora tal diferença tenha sido pouco significativa. Todas as demais

amostras apresentaram valores superiores cujo maior valor foi obtido para amostra F seguida pelas amostras D, B, e C. Também é possível verificar que com o aumento da frequência há um aumento dos valores de  $G'$  para todas as amostras.



**Figura 8:** Módulo elástico ( $G'$ ) das amostras de ICP. A = Controle, B = XOS, C = GOS, D = Polidextrose, E = FOS, F = Inulina.

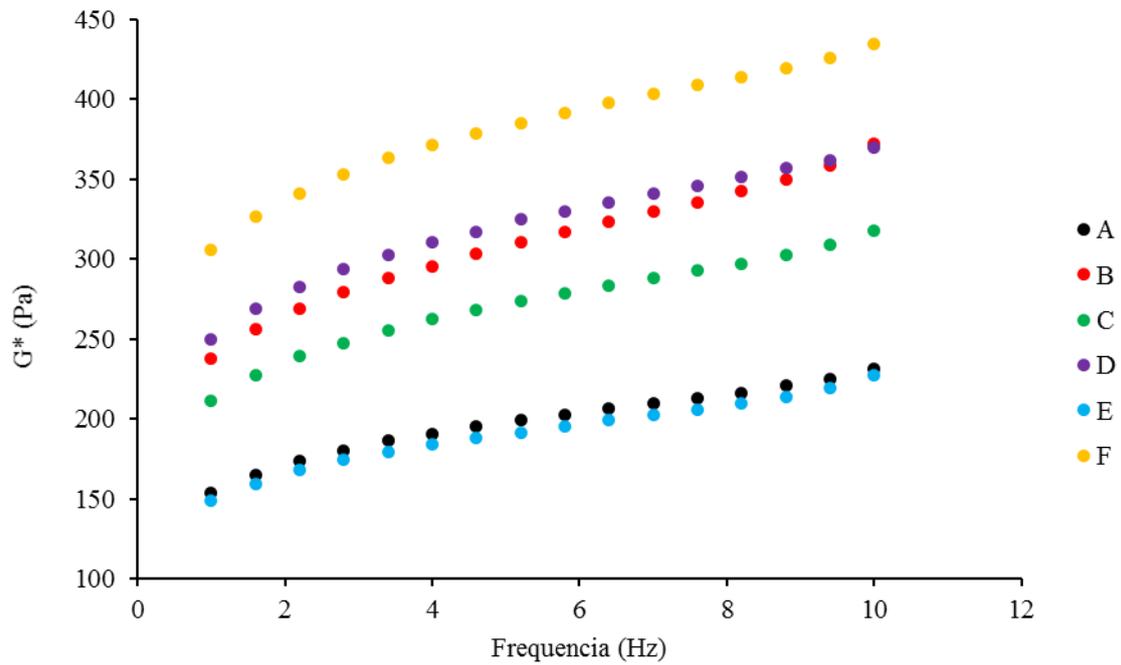
A Figura 9 apresenta a tangente do ângulo de fase ( $\tan \delta = G''/G'$ ) que indica a razão entre as propriedades viscosa ( $G''$ ) e elástica ( $G'$ ) e está relacionado ao relaxamento das ligações na matriz polimérica que é formada basicamente pelas proteínas do leite e polissacarídeos adicionados (FRÖHLICH-WYDER *et al.*, 2009). No entanto, todas as amostras apresentaram valores relativamente baixos ( $0,26 < \tan \delta < 0,34$ ) o que indica que a rede proteica é bem estruturada, com  $G'$  maior do que o  $G''$ , como consequência, as moléculas têm menos mobilidade, e por isso o produto apresenta característica mais de sólido que de líquido. As amostras B e E apresentaram característica viscoelástica menos viscosas e mais fluidas quando comparadas ao controle (A). Por outro lado, as amostras C, D e F apresentaram uma redução nos valores de  $\tan \delta$  em relação ao controle, indicando uma diminuição das propriedades elásticas em relação as viscosas dessas amostras. A amostra C foi a que apresentou característica viscoelástica mais similar ao controle. Esse comportamento indica que a redução dos teores de gordura interferiu significativamente na formação da rede proteica.



**Figura 9:** Ângulo de fase ( $\tan \delta$ ) das amostras de ICP. A = Controle, B = XOS, C = GOS, D = Polidextrose, E = FOS, F = Inulina.

Esse comportamento também pode ser observado na Figura 10 que apresenta o módulo complexo das amostras de ICP em função da frequência. Quanto maior o valor do módulo complexo maior a firmeza das amostras. Assim, é possível observar que as amostras menos firmes foram a E e A enquanto a amostra mais firme foi a F. Tais resultados podem ser corroborados pelos resultados da regressão não-linear obtidos ( $0,977 < R^2 < 0,995$ ). O valor de  $A_F$  da amostra F chega a ser o dobro dos valores das amostras E e A (Tabela 5), indicando um grande aumento da firmeza com a adição de inulina devido ao aumento da força do gel. Por outro lado, a adição de FOS teve efeito antagônico reduzindo a firmeza da amostra, apesar desse efeito ter sido pouco significativo. Observando os valores de  $A_F$  das amostras B, C e D é possível notar que a adição de XOS, GOS e polidextrose proporcionou também um aumento significativo na força do gel. Tal comportamento está intimamente relacionado ao fator de interação ( $z$ ) cujos maiores valores foram observados, em geral, para as amostras mais firmes. 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 F e D o que propiciou maior força do gel e consequente maior firmeza e consistência dessas amostras. Contudo, as amostras B e E apresentaram redução de  $n$ , indicando uma diminuição nas forças de interação da matriz proteica. Tal comportamento pôde ser observado na amostra E com redução da firmeza comparada ao controle; contudo, o mesmo não foi observado para a amostra B que apresentou maior consistência. Esse comportamento indica que a adição de inulina e polidextrose proporcionou um aumento significativo no fator de interação e também na força do gel das amostras de iogurte “grego”. Contudo, a adição de XOS parece ter tido um efeito deletério na força do gel cujos valores de  $A_F$  e  $n$  foram ligeiramente inferiores aos do controle. Testes

futuros variando a concentração dos aditivos deveriam ser realizados a fim de indicar a concentração ótima comparada a amostra controle.



**Figura 10:** Módulo complexo ( $G^* = (G'^2 + G''^2)^{1/2}$ ) das amostras de ICP. A = Controle, B = XOS, C = GOS, D = Polidextrose, E = FOS, F = Inulina.

**Tabela 5:** 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 iogurte “grego”.

Amostras	Código	$A_F$ (Pa.s <sup>1/z</sup> )	$z$ (-)	$R^2$
Controle	A	150.71 ± 1.29 <sup>e</sup>	5.73 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.9903
XOS	B	230.18 ± 3.33 <sup>c</sup>	5.24 ± 0.02 <sup>f</sup>	0.9773
GOS	C	207.90 ± 1.88 <sup>d</sup>	5.81 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.9889
Polidextrose	D	246.98 ± 1.31 <sup>b</sup>	5.94 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.9959
FOS	E	145.09 ± 1.89 <sup>f</sup>	5.64 ± 0.01 <sup>e</sup>	0.9785
Inulina	F	303.13 ± 1.50 <sup>a</sup>	6.70 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.9954

\*Valores são expressos como média ± desvio padrão. Controle, XOS, GOS, Polidextrose, FOS, Inulina = para letras iguais não houve diferença estatística no nível de 95% de confiança.

## **6. CONCLUSÃO**

Foi possível o desenvolvimento de cinco diferentes iogurtes tipo “grego” sem adição de espessantes, com textura característica.

A inclusão de diferentes prebióticos na elaboração de iogurte concentrado tipo “grego” melhorou o perfil nutricional dos iogurtes elaborados, e resultou em um produto promissor para o mercado de laticínios. A quantidade adicionada de fibras com potencial prebiótico, sugere um possível alimento funcional.

A adição de diferentes prebióticos em iogurte concentrado do tipo “grego” não influenciou de forma negativa as características reológicas dos iogurtes desenvolvidos. A análise reológica mostrou-se uma importante ferramenta para o estudo de textura e de comportamento de fluxo dos iogurtes desenvolvidos.

A adição dos prebióticos influenciou o perfil de compostos voláteis, aumentando a variedade da eluição de substância identificadas. A MEFS-CG-EM foi considerada uma boa ferramenta na extração, identificação e quantificação de compostos voláteis de iogurtes.

## 7. REFERÊNCIAS

APOLINÁRIO, A.C.; DAMASCENO, B.P.G.L.; BELTRÃO, N.E.M.; PESSOA, A. CONVERTI, A.; SILVA, J.A. Inulin-type fructans: a review on different aspects of biochemical and pharmaceutical technology. **Carbohydrate Polymers**, v.101, p.368-378, 2014.

ANGUS, F.; SMART, S.; SHORTT, C. Prebiotic ingredients with emphasis on galacto-oligosaccharides and fructo-oligosaccharides. In: TAMINE, A.Y., ed. **Probiotic dairy products**. Oxford: Blackwell Publishing, 2005. Cap.6, p.120-137.

BERINGER A, WENGER R. Inulin in the nutrition of diabetics. **Dtsch. Zeitschr. F. Verdauungs- u. (Stoffwechselkrankheiten)**, v.15, p. 268-272 3, 1995.

BIELECKA, M.; BIEDRZYCKA, E.; MAJKOWSKA, A. Selection of probiotics and prebiotics for synbiotics and confirmation of their in vivo effectiveness. **Food Res. Int.**, Amsterdam, v.35, n.2/3, p.125-131, 2002.

BOSI, M.G. *Desenvolvimento de processo de fabricação de requeijão light e de requeijão sem adição de gordura com fibra alimentar*. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Departamento de Tecnologia de Alimentos. 256 pg. 2008

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n.46 de 23 de outubro de 2007. **Regulamento técnico de identidade e qualidade de leites fermentados**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 24 out. 2007. Seção 1, p. 4-7.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. DEPARTAMENTO DE INSPEÇÃO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL. Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados, **Resolução nº 5, 13 de novembro de 2000**.

BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária. **Resolução nº 16, de 30 de abril de 1999**. Publicação: D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 03 de maio de 1999. Disponível em: <portal.anvisa.gov.br>. Acesso em 22 jun. 2016.

BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária. **Resolução nº 17, de 30 de abril de 1999**. Publicação: D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 03 de maio de 1999. Disponível em: <portal.anvisa.gov.br>. Acesso em 12 jun. 2016.

BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária. **Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999**. Publicação: D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 03 de maio de 1999. Disponível em: <portal.anvisa.gov.br>. Acesso em 23 jun. 2016.

BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária. **Resolução nº 19, de 30 de abril de 1999**. Publicação: D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 03 de maio de 1999. Disponível em: <portal.anvisa.gov.br>. Acesso em 25 jun. 2016

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa

Agropecuária. **Instrução nº 68, de 12 de dezembro de 2006.** Métodos Analíticos Oficiais Físico Químicos, para Controle de Leite e Produtos Lácteos. Acesso 20 jun 2016. <http://www.agricultura.gov.br>.

BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária. Resolução [http://portal.anvisa.gov.br/Anvisa atualiza lista de alegações de propriedades funcionais e de saúde](http://portal.anvisa.gov.br/Anvisa_atualiza_lista_de alegações_de propriedades funcionais_e_de saúde), 2016. Disponível em: A Anvisa atualizou a lista de alegações de propriedades funcionais e de saúde: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/anvisa+portal/anvisa/sala+de+imprensa/menu+/-+noticias+anos/201616/anvisa+atualiza+lista+de+alegacoes+de+propriedades+funcionais+e+de+saude>

CHANDAN, R. C.; WHITE, C. H.; KILARA, A.; HUI, Y. H. Manufacturing Yogurt and Fermented Milks. London: **Blackwell Publishing Ltd.**, 2006. 364 p. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470277812>.

CHARTERIS, W.P.; KELLY, P.M.; MORELLI, L.; COLLINS, J.K. Ingredient selection criteria for probiotic microorganisms in functional dairy foods. **International Journal Dairy Technology**, v.51, n.4, p.123-136, 1998.

COLLET, L. S. F. C. A.; TADINI, C. Sodium caseinate addition effect on the thixotropy of stirred yogurt. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND FOOD, 9., 2004, Montpellier, France. Anais... Montpellier: **Lea Publ.**, 2004. p. 317-322.

CONDURSO, C., A. VERZERA, V. ROMEO, M. ZIIN; CONTE, F. Solid-phase microextraction and gas chromatography mass spectrometry analysis of dairy product volatiles for the determination of shelf-life. **International Dairy Journal**, v.8, p. 819-825, 2008.

CRUZ, A. G.; CASTRO, W. F.; FARIA, J. A. F.; LOLLO, P. C. B.; AMAYA-FARFÁN, J.; FREITAS, M. Q.; RODRIGUES, D.; OLIVEIRA, C. A. F.; GODOY, H. T. Probiotic yogurts manufactured with increased glucose oxidase levels: postacidification, proteolytic patterns, survival of probiotic microorganisms, production of organic acid and aroma compounds. **Journal of Dairy Science**, Madison, v. 95, n. 5, p. 2261-2269, 2012.

CRUZ, A.G. *et al.* Developing a prebiotic yogurt: rheological, physico-chemical and microbiological aspects and adequacy of survival analysis methodology. **Journal of engineering**. V. 114, p. 323-330. 2013.

CHI, ZM.; ZHANG, T.; CAO, T.S.; LIU, X.Y.; CUI, W.; ZHAO, C.H. Biotechnological potential of inulin for bioprocesses. **Bioresource Technology**, v.102, n.6, p.4295-4303, 2011.

CRAIG *ET AL.*. Determination of polydextrose as dietary fiber in foods. **Jornal of AOAC internacional** vol 3, NO. 4, 2000.

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.

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

DANISCO. Litesse® polidextrose: contribuindo para uma vida saudável. S.l.: DANISCO Sweeteners, 2004. 6p.

DRAKE, M. A. Sensory analysis of dairy foods. 10. **J. Dairy Sci.**, v. 90, n. 11, p. 4925-4937, 2007.

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**, v.79, p. 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**, v.1, n.4, p. 1-15, 2005.

EUROMONITOR INTERNATIONAL, Country Report, Dairy in Brazil, Jan 2015, p.84. [www.euromonitor.com/dairy-in-brazil/report](http://www.euromonitor.com/dairy-in-brazil/report), acesso em setembro de 2015.

FAI, A.E.C.; STAMFORD, T.C.M.; STAMFORD, T.L.M. ; KAWAGUTI, H.Y.; THOMAZELLI, I.; PASTORE, G. M. 2014. Synthesis of galactooligosaccharides from lactose by  $\beta$ - galactosidase immobilized on glutaraldehyde-treated chitosan. In: Campana Filho, S.C.; Beppu, M.M.; Fiamingo, A. (Editores.). **Advances in Chitin Science XIV** (1aed), editora IQSC, São Carlos.

FERREIRA, C. L. L. F.; MALTA, H. L.; DIAS, A. S.; GUIMARÃES, A.; JACOB, F. E.; CUNHA, R. M.; CARELI, R. T.; PEREIRA, S.; FERREIRA, S. E. R. Verificação da qualidade físico-química e microbiológica de alguns iogurtes vendidos na região de Viçosa. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 56, n. 321, p. 152-158, 2001.

FERREIRA, C.L.L.F. *Produtos lácteos fermentados: tecnológicos*. 3.ed. Viçosa: UFV, 2005. p.112.

FOX, P.F. and P.L.H. McSWEENEY, 1998. **Dairy Chemistry and Biochemistry**. Blackie Academic and Professional Publishers, London, 478 pp. (Reprinted with corrections, 2003.)

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

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

GEORGALA, A. I. K.; TSAKALIDOU, E.; KANDARAKIS, I.; KALANTZOPOULOS, G. Flavour production in ewes' milk and in ewes' milk yoghurt by single strains and combinations of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, isolated from traditional Greek yoghurt. *Le Lait – Dairy Science and Technology*, Paris, v. 75, n. 3, p. 271-283, 1995.

GOMES, R. G.; PENNA, A. L. B. Características reológicas e sensoriais de bebidas lácteas funcionais. *Ciências Agrárias, Londrina*, v. 30, n. 3, p. 629-646, 2009.

GONÇALVES, D.; PÉREZ, C.; REOLON, G.; SEGURA, N.; LEMA, P.; GÁMBARO, A.; ARES, G.; VARELA, P. Effect of thickeners on the texture of stirred yogurt. **Alimentos e**

**Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 3, p. 207-211, 2005.

GONZALEZ, N.J.; ADHIKARI, K.; SANCHO-MADRIZ, M. F. Sensory characteristics of peach-flavored yogurt drinks containing prebiotics and synbiotics. **Food Science and Technology**, v.44, p.158-163, 2011.

GOSLIN, A.; STEVENS, G.; BARBER, A.R.; KENTISH, S.E.; GRAS, S.L. 2010. Recent advances refining galactooligo-saccharide production from lactose. **Food Chemistry** 121 (2): 307-318.

GRANATO, D. Leites fermentados: algumas considerações. **Leite & Derivados**, v.16, n.100, p.16-33, 2007.

GUERRA-HERNÁNDEZ, E. J.; ESTEPA, R. G.; RIVAS, I. R. Analysis of diacetyl in yogurt by two new spectrophotometric and fluorimetric methods. **Food Chemistry**, London, v. 53, n. 3, p. 315-319, 1995.

GÜLER *ET AL.* Characteristics of physico-chemical properties, volatile compounds and free fatty acid profiles of commercial set-type Turkish yoghurts. **Open Journal of Animal Sciences** 1 (2011) 1-9

GUPTA, P. K.; MITAL, B. K.; GARG, S. K. Preparation and evaluation of acidophilus yogurt. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 34, n. 2, p.168-170, 1997.

HERNANDEZ-HERNANDEZ, O.; MUTHAIYAN, A.; MORENO, F.J.; MONTILLA, A.; SANZ, M.L., RICKE, S.C. Effect of prebiotic carbohydrates on the growth and tolerance of *Lactobacillus*. **Food Microbiology**, v. 30, p. 355-361, 2012.

HORNE, D. S. Casein interactions: casting light on the Black Boxes, the structure in dairy products. **International Dairy Journal**, Barking, v. 8, n. 3, p. 171-177, 1998. [http://dx.doi.org/10.1016/S0958-6946\(98\)00040-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0958-6946(98)00040-5).

IOM. 2010. *Strategies to Reduce Sodium Intake in the United States*. Washington, DC: IOM <http://www.iom.edu/Reports/2010/Strategies-toReduce-Sodium-Intake-in-the-United-States.aspx>

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos*. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. 1020.

INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE, 2015. Citado por <http://www.foodnavigator-usa.com/Markets/Yogurt-industry-must-move-beyond-Greek-to-continue-growing> e traduzido por <https://www.milkpoint.com.br/industria/cadeia-do-leite/giro-de-noticias/industria-de-iogurte-precisa-ir-alem-do-iogurte-grego-para-continuar-crescendo-93459n.aspx> (acesso em 02 de Dezembro de 2016)

INTANON, M.; ARREOLA, S.L.; PHAM, N.H.; KNEIFEL, W.; HALTRICH, D.; NGUYEN, T.H. 2014. Nature and biosynthesis of galacto-oligosaccharides related to oligosaccharides in human breast milk. **FEMS Microbiology Letters** 353: 89-97.

ITSARANUWAT, P.; SHAL-HADDAD, K.; ROBINSON, R. K. The potential therapeutic benefits of consuming 'health-promoting' fermented dairy products: a brief update. **International Journal of Dairy Technology**, v. 56, n. 4, p. 203-210,

2003. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1471-0307.2003.00106.x>

JELEN, P.; LUTZ, S. Functional milk and dairy products. In: MAZZA, G., ed. *Functional foods: biochemical and processing aspects*. Lancaster: Technomic Publishing, 1998. p.357-381.

KLEINMAM, R. E. Practical significance of lactose intolerance in children: supplement. *Pediatric*, v. 86, n. 4, p. 643-644, 1990.

KOLIDA, S.; GIBSON, G.R. Synbiotics in Health and Disease. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* .2:373-393, 2011.

KONAR, N.; TOKER, O.S.; OBA, S.; SAGDIC, O. Improving functionality of chocolate: A review on probiotic, prebiotic, and/or synbiotic characteristics. *Trends in Food Science & Technology*, 49: 35-44, 2016.

KRISTO, E.; BILIADERIS, C.G.; TZANETAKIS, N. Modelling of the acidification process and rheological properties of milk fermented with a yogurt starter culture using response surface methodology. *Food Chemistry*, v.83, p.437-446, 2003.

LEE, W. J.; LUCEY, J. A. Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Aust J. Animal Sci.*, v. 23, n. 9, p. 1127-1136, 2010.

LICHT, T.R.; EBERSBACH, T.; FRØKIÆR, H. Prebiotics for prevention of gut infections. *Trends in Food Science & Technology*, v. 23, p. 70-82, 2012.

LIMA, S. C. G. de. *Efeito da adição de concentrado protéico de soro e leite em pó desnatado na fabricação de iogurte firme*. 2001. 74f. Tese de mestrado – Faculdade de Engenharia de Alimentos. Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

L.L. FERRÃO *ET AL.* Strategies to develop healthier processed cheeses: Reduction of sodium and fat contents and use of prebiotics. *Food Research International* 86 93-102, 2016.

LUCEY, J. A. Formation and physical properties of milk protein gels. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 85, n. 2, p. 281-294, 2002.

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*, v.86, n.9, p.2725-2743, 2003.

MACCIOLA, V. CANDELA, G.; DE LEONARDIS, A. Rapid gas-chromatographic method for the determination of diacetyl in milk, fermented milk and butter 2008 *Food Control* 19 873-878. 2008.

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

MAESTRI *ET AL.* Evaluation of the impact of adding inulin and apple to concentrated probiotic fermented milk, *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 17, n. 1, p. 58-66,

2014.

MAGENIS, R.B., PRUDENCIO, E.S., AMBONI, R.D.M.C., JUNIOR, N.G.C., OLIVEIRA, R.V.B., SOLDI, V., BENEDET, H.D. Compositional and physical properties of yogurts manufactured from milk and whey cheese concentrated by ultrafiltration. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 41, n. 5, p. 560-568, 2006.

MARTINS, A. R. e BURKERT, C. A. V. Revisão: Galacto-oligossacarídeos (GOS) e seus efeitos prebióticos e bifidogênicos **Braz. J. Food Technol.**, v. 12, n. 3, p. 230-240, jul./set. 2009

MASUDA, T.; YAMANARI, R.; ITOH, T. The trial for production of fresh cheese incorporated probiotic lactobacillus acidophilus group lactic acid bacteria. **Milchwissenschaft**, v. 60, p. 167-171, 2005.

MEDEIROS, F. C.; Andrade, L. F.; Apolinário, J. R.; Silva, A. O.; Santos, E. P. (2007). Composição centesimal de iogurtes comercializados no município de Bananeiras-PB. **II Jornada Nacional da Agroindústria**, Bananeiras, PB.

MENEZES, C. R.de; DURRANT, L. R. Xilooligossacarídeos: produção, aplicações e efeitos na saúde humana. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.2, p.587-592, mar-abr, 2008.

MICHELON, M.; MANERA, A.P.; CARVALHO, A.L.; FILHO, F.M. 2014. Concentration and purification of galacto-oligosaccharides using nanofiltration membranes. **International Journal of Food Science and Technology** 49: 1953-1961.

MORAES, J. ;SILVA L. S. N. ;BATISTA, A. L. D. ;SOUZA, S. L. Q. ;RAICES, R. S. L. ;CRUZ, A. G. ;BALTHAZAR, C. F. Determinação de Compostos Voláteis em Iogurte Probiótico de Banana Enriquecido com Farinha de Banana Verde por Cromatografia Gasosa-Espectrometria de Massas (CG-EM), **Anais do Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos**, ISSN: 2447-2840, vol. 2, 2015.

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**, v.50, p. 373–378, 1993.

MOURA, P. *et al.* In vitro fermentation of xylooligosaccharides from corn cobs autohydrolysis by Bifidobacterium and Lactobacillus strains. **LWT - Food Science and Technology**, v.40, p.963-972, 2007.

MUNIZAGA, G.T.; CÁNOVAS, G.V.B. Rheology for the food industry. **Journal of Food Engineering**, v.67, p.147-156, 2005.

NABARLATZ, D. *et al.* Autohydrolysis of agricultural by-products for the production of xylo-oligosaccharides. **Carbohydrate Polymers**, v.69, p.20-28, 2007

NINESS, K.R. Inulin and oligofructose: what are they? **J. Nutr.**, Bethesda, v.129, suppl.7, p.1402S-1406S, 1999.

OLIVEIRA J. A. de, CARUSO, B. G. J., *Leite: Obtenção e Qualidade do Produto Fluido e Derivados* – V.2. Piracicaba – SP: FEALQ, 1996.

OLIVEIRA, K. H.; SOUZA, J. A. R.; MONTEIRO, A. R. Caracterização reológica de sorvetes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 592-598, 2008.

ORDÓÑEZ PEREDA, Juan A. *et al.* **Tecnología de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 2 v.

O'NEIL, J. M.; KLEIN, D. H.; HARE, L. B. Consistency and compositional characteristics of commercial yoghurts. **J. Dairy Science**. v. 62, p. 1032 a 1036, 1979.

ONWULATA, C. 2012. Microencapsulation and functional bioactive foods. **Journal of Food Processing and Preservation**. doi: 10.1111/j.1745-4549.2012.00680.x.

Otieno, D.O. 2010. Synthesis of  $\beta$ -galactooligosaccharides from lactose using microbial  $\beta$ -galactosidases. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety** 9: 471-482.

PARAJÓ, J.C. *et al.* Production of xylooligosaccharides by autohydrolysis of lignocellulosic materials. **Trends in Food Science & Technology**, v.15, p.115-120, 2004.

PARK, A.R, OH, D.K. 2010. Galacto-oligosaccharide production using microbial  $\beta$ -galactosidase: current state and perspectives. **Applied Microbiology and Biotechnology** 85: 1279-1286.

PARK, K.J.; LEITE, J.T.C. Reologia. [ftp://ftp.agr.unicamp.br/pub/disciplinas/fa 20/.Reologia](ftp://ftp.agr.unicamp.br/pub/disciplinas/fa%20/.Reologia). UNICAMP. Última atualização em abril de 2001.

PASEEPHOL, T.; SMALL, D. M.; SHERKAT, F. Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. **Journal of Texture Studies**, Malden, v. 39, n. 6, p. 617-634. 2008. [http:// dx.doi.org/10.1111/j.1745-4603.2008.00161](http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4603.2008.00161).

PASEEPHOL, T.; SMALL, D. M.; SHERKAT, F28. Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. **J. Texture Studies.**, v. 39, p. 617-634, 2008.

PASSOS, L.M.L.; PARK, Y.K. Fructooligosaccharides: implications in human health being and use in foods. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p385-390, 2003.

PATEL S, *ET AL.* (2012) Microfluidic separation of live and dead yeast cells using reservoir-based dielectrophoresis. **Biomicrofluidics** 6(3):34102

PASSOS, L M Li; PARK, Y K. Frutooligossacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 385-390, Apr. 2003.

PATEL, S.; GOYAL, A. The current trends and future perspectives of prebiotics research: a review. 3 **Biotech** (2012) 2:115–125.

PENNA A.L.B.; THAMER, K.G. Efeito do teor de soro, açúcar e de frutooligossacarídeos sobre a população de bactérias lácticas probióticas em bebidas fermentadas. **Rev. Bras. Cienc. Farm.** v.41 n.3 São Paulo jul./set. 2005.

PENNA, A. L. B.; SIVIERI, K.; OLIVEIRA, M. N. Relations between quality and rheological properties of lactic beverages. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 49, n. 1, p. 7-13, 2001.

PENNA, A.L.B.; CONVERTI, A.; OLIVEIRA, M.N. Simultaneous effects of total solids content, milk base, heat treatment temperature and sample temperature on the rheological properties of plain stirred yogurt. **Food Technology and Biotechnology**, v.44, p.517-520, 2006.

PIMENTEL, T.C.; GARCIA, S.; PRUDENCIO, S.H. *Aspectos funcionais, de saúde e tecnológicos de frutanos tipo inulina*. *Boletim CEPPA*, Curitiba, v. 30, n. 1, jan./jun. 2012.

PROTESTE, 2015. <https://www.proteste.org.br/institucional/imprensa/press-release/2014/iogurtes-gregos-nao-passam-em-teste-de-rotulagem> (acesso em 10 de Novembro de 2016)

QUIGLEY, E.M.M.. Prebiotics and probiotics: modifying and mining the microbiota. **Pharma Res.** 61:213–18, 2010.

RAMOS, T. M. *et al.* Perfil de textura de labneh (iogurte grego). **Rev. Inst. Latic. “Cândido Tostes”**, Jul/Ago, nº 369, 64: 8-12, 2009.

RAO, M. A. Rheological properties of fluid foods. In: RAO, M. A.; Rizvi, S. S. H. (eds), **Engineering properties of foods**. New York: Marcel Dekker, 1986, p.1-47.

REIS, R. C. *Iogurte “light” sabor morango: equivalência de doçura, caracterização sensorial e impacto da embalagem na intenção de compra do consumidor*. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2007.

REMEUF, F.; MOHAMMED, S.; SODINI, I.; TISSIER, J.P. Preliminary observations on the effects of milk fortification and heating on microstructure and physical properties of stirred yogurt. **International Dairy Journal**, v.13, p.773-782, 2003.

ROBERFROID, M. (2007). Prebiotics: The Concept Revisited. **The Journal of Nutrition**, 137(3), 830-837.

ROBERFROID, M.B. Concepts in functional foods: the case of inulin and oligofructose. **J. Nutr.**, Bethesda, v.129, suppl.7, p.1398S-1401S, 1999.

ROBERFROID, M.B. Functional food concept and its application to prebiotics. **Dig. Liver Dis.**, Rome, v.34, suppl.2, p.S105-S110, 2002.

ROBERFROID, M., & SLAVIN, J. L. (2000). Non-digestible oligosaccharides. **Crit Rev Food Sci Nutr**, 40, 461-480.

ROBERT, N. F. *Dossiê técnico: Fabricação de iogurtes*. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro REDETEC, Julho 2008

ROBINSON, R. K.; LUCEY, J. A.; TAMIME, A. Y. Manufacture of Yoghurt. In: TAMIME, A. Y. (Ed.). **Fermented Milks**. Oxford: Blackwell Science Ltd., 2006. cap. 3, p. 53-75.

RODRIGUEZ-COLINAS, B.; FERNANDEZ-ARROJO, L.; BALLESTEROS, A.O.; PLOU, F.J. 2014. Galactooligosaccharides formation during enzymatic hydrolysis of lactose: Towards a prebiotic-enriched milk, **Food Chemistry** 145: 388–394.

ROSSI, E. A. *Formulação de um sucedâneo do iogurte a base de soro de leite e extrato aquoso de soja*. Dissertação de Mestrado, 1983. Universidade Estadual de Londrina.

SAAD, N.; DELATTRE, C.; URDACI, M.; SCHMITTER, J. M.; BRESSOLLIER, P. An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. **LWT Food Science and Technology**, London, v. 50, n. 1, p. 1-16, 2013.

SABOYA, L. V.; OETTERER, M.; OLIVEIRA, A. J. *Propriedades profiláticas e terapêuticas de leites fermentados: uma revisão*. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 31, n. 2, p. 176-185, 1997.

SAINT-EVE, A.; JUTEAU, A.; ATLAN, S.; MARTIN, N.; SOUCHON, I. Complex viscosity induced by protein composition variation influences the aroma release of flavored stirred yogurt. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, p.3997-4004, 2006.

SALGADO, J.M.; ALMEIDA, M.A. *Mercado de alimentos funcionais: desafios e tendências*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Alimentos Funcionais, 2008. Acesso em: 17 jun 2016. Disponível em: [http://www.sbaaf.org.br/artigos\\_cientificos.htm](http://www.sbaaf.org.br/artigos_cientificos.htm).

SALINAS, R. J. Higiene quality of commercial yoghurts. **Alimentaria**, Madrid, v.178, p.27-30, 1986.

SANDERS, M.E. Use of probiotics and yogurts in maintenance of health. **Journal of Clinical Gastroenterology**, v.42, suppl.2, p.71-74, 2008.

SANTOS, K. M. O. ; BOMFIM, M. A. D. ; VIEIRA, A.D.S. ; BENEVIDES, S. D. ; SAAD, S.M.I. ; BURITI, F. C. A. ; EGITO, A. S. Probiotic caprine Coalho cheese naturally enriched in conjugated linoleic acid as a vehicle for *Lactobacillus acidophilus* and beneficial fatty acids. **International Dairy Journal**, v.24, n.2, p. 107-112, 2012.

SANTOS, K.M.O., BONFIM, M.A.D., VIEIRA, A.D.S., BENEVIDES, S.D., SAAD, S.M.I., EGITO, A. S. Viability of *Lactobacillus acidophilus* in ripened coalho cheese produced with goat milk. In: SIMPOSÍO INTERNACIONAL DE BACTERIAS LÁCTICAS, 3.; ENCUESTRO RED BAL ARGENTINA, 2., 2009, São Miguel de Tucumán. [Resúmenes...]. São Miguel de Tucumán: Centro de Referencia para Lactobacilos, 2009. p. 151. ref. E-24.

SCHRAMM, G. *Reologia e Reometria – Fundamentos Teóricos e Práticos*. São Paulo: Editora Artliber Ltda., 2006. 240 p.

SILVA, L. L.; STAMFORD, T. L. M. Alimentos probióticos: uma revisão. **Higiene Alimentar**, Pernambuco, v. 14, n. 68-69, p. 41-50, jan/fev, 2000.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ALIMENTOS FUNCIONAIS – SBAF. Alimentos funcionais crescem 50%. Disponível em: <<http://www.sbaaf.org.br>>. Acesso em: 21 de jun 2016.

SODINI, I., F. REMEUF, S. HADDAD AND G. CORRIEU., 2004. The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt texture: a review. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** 44:113-137.

SOUZA, F. S.; COCCO, R. R.; SARNI, R. O. S.; MALLOZI, M. C.; SOLE, D. Probióticos, probióticos e simbióticos na prevenção e tratamento das doenças alérgicas. **Rev Paul**

**Pediatria**, v. 28, n. 1, p. 86-97, 2010.

STANLEY, D. W.; GOFF, H. D.; SMITH, A. K. Texture-structure relationships in foamed dairy emulsions. **Food Research International**. v.29, n.1, p.1-33, 1996.

STEEFE, J. F. *Rheological Methods in Food Process Engineering*. 2nd edition. East Lansing -Freeman Press. 1996. 412p.

TATEYAMA, I. *et al.* Effect of xylooligosaccharide intake on severe constipation in pregnant women. *Journal nutrition Science Vitaminol*, v.51, n.6, p.445-448, 2005.

TADINI, C. C.; COLLET, C. C. Avaliação da tixotropia de iogurte batido adicionado de caseinato de sódio. Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Porto Alegre: 2002.

TAMIME, A. Y.; ROBINSON, R. K. *Yogurt: ciencia y tecnologia*. **Zaragoza: Acribia**, 368 p., 1991.

TANELLO, A. C. Dissertação mestrado. *PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE IOGURTE PROIÓTICO MANTIDO SOB REFRIGERAÇÃO*. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Florianópolis, 2011.

TARREGA A, ROCAFULL A, COSTELL E. Effect of blends of short and long-chain inulin on the rheological and sensory properties of prebiotic low-fat custards. **LWT-Food Science and Technology** 43, 556–562, 2010.

TELES, C. D.; FLÔRES, S. H. *Influência da adição de espessantes e leite em pó nas características reológicas do iogurte desnatado*. Boletim do CEPPA, Curitiba, v. 25, n. 2, p. 247-256, 2007.

THAMER, K.G.; PENNA, A.L.B. Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebiótico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.3, p.589-595, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n3/31761>>. Acesso em: 21 nov. 2007. doi: v26n3/31761.

TONELI, J. T. C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Review: Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 181-204, 2005

TRANSPARENCY MARKET RESEARCH. Prebiotics Market Will Flourish in the Forthcoming Years, publicado on-line em 25 de novembro de 2014. Disponível em: <http://www.transparencymarketresearch.com/article/prebiotics.htm>.

VAN DENDER, A.G.F.; SPADOTI, L.M. Efeitos benéficos do uso de soro de leite na alimentação. **Leite & Derivados**, v. 15, n. 89, p. 84-91, 2006.

VARNAN, A. H.; SUTHERLAND, J. P. Leche y productos lácteos: tecnología, química y microbiología. **Zaragoza: Acribia**, 1994. 476p

VÁZQUEZ, M.J. *et al.* Xylooligosaccharides: manufacture and applications. **Trends in Food Science & Technology**, v.11, p.387-393, 2000

VÉLEZ-RUIZ, J. F.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Rheological properties of concentrated milk as function of concentration, temperature and storage time. **Journal of Food Engineering**, v. 35, p. 177-190, [http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774\(98\)00019-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774(98)00019-3), 1998.

WANG Y. 2009. Prebiotics: present and future in food science and technology. **Food Res. Int.** 42:8–12.

WICHIENTHOT, S.; THAMMARUTWASIK, P.; JONGJAREONRAK, A.; CHANSUWAN, W.; HMADHLU,P.; HONGPATTARAKERE,Y. ITHARAT, A.; OORAIKUL,B. Extraction and analysis of prebiotics from selected plants from Southern Thailand. Songklanakarin **Journal of Science & Technology**, v.33, n.5, p.517-523,2011.

WHISNER, CM *et al.* Galacto-oligosaccharides increase calcium absorption and gut bifidobacteria in young girls: a double-blind cross-over trial. **British Journal of Nutrition**, ; 110:1292-1303, 2013.

WINTER, H. H., AND F. CHAMBON. Analysis of linear viscoelasticity of a crosslinking polymer at the gel point. **J. Rheol.** (N.Y.N.Y.) 30:367–382, 1986.

WOUTERS, R. Inulin. In: IMESON, L., ed. *Food stabilizers, thickeners and gelling agentes*. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010. Cap.10, p.181-197.

ZACARCHENCO, P.B; VAN DENDER, A.G.F.; SILVA-ALVES, A.; SPADOTI, L.M.; MASSAGUER-ROIG, S. Aplicações de soro de queijo em bebidas. **Revista Indústria de Laticínios**, ano xviii, n. 103 p.42-47, 2013.

ZACARCHENCO, P.B; GALINA, D.A.; VAN DENDER, A.G.F.; MORENO, I. Prebióticos em produtos lácteos. **Revista leite e derivados**. Março/Abril, 2013.

## 8. ANEXOS

### 8.1. ANEXO 1:

Trabalho apresentado na forma de pôster no **XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos e o X CIGR**. Seção 06, no dia 26 de outubro de 2016, na FAURGS em Gramado/RS.

### **COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE IOGURTE CONCENTRADO, TIPO GREGO, ADICIONADO DE DIFERENTES PREBIÓTICOS**

Marília França Costa<sup>1</sup>, Juan Felipe Rodrigues Lopes<sup>2</sup>, Paolla Santos Gomes<sup>2</sup>, Patrick Pinheiro<sup>2</sup>, Mariana Cardoso<sup>2</sup>, Lucas Mendes<sup>2</sup>, Adriano Gomes da Cruz<sup>3</sup>, Marcia Cristina da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Instituto Federal do Rio de Janeiro; Rio de Janeiro – RJ, 21021-071, Brasil.

<sup>2</sup> Iniciação Científica – Curso Técnico de Alimentos – Instituto Federal do Rio de Janeiro; Rio de Janeiro – RJ, 21021-071, Brasil.

<sup>3</sup> do Programa de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos e Curso Técnico de Alimentos – Instituto Federal do Rio de Janeiro; Rio de Janeiro – RJ, 21021-071, Brasil.

marcia.cristina@ifrj.edu.br

**RESUMO** – Produtos alimentícios com alegação funcional são mais procurados por consumidores preocupados com a saúde. Alguns estudos têm dado ênfase ao valor nutricional dos ingredientes lácteos, assim como à importância de uma dieta baseada com a inclusão desses alimentos, principalmente quando aliados a outros ingredientes funcionais. O iogurte grego é um alimento de ótima aceitação e alto valor comercial. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é o desenvolvimento de iogurtes gregos com a adição de diferentes prebióticos. Foram produzidos 6 diferentes tipos de iogurtes grego, com a adição de 5 diferentes tipos de substâncias prebióticas. As amostras foram submetidas à análises reológicas. A adição de prebióticos em iogurte do tipo grego poderá contribuir para o desenvolvimento novos produtos. A análise reológica mostrou-se como uma importante ferramenta para o estudo de textura e de comportamento de fluxo dos iogurtes desenvolvidos.

**ABSTRACT** – Food products with functional claims are more sought after by consumers concerned about health . Some studies have stressed the nutritional value of dairy ingredients , as well as the importance of a diet based on the inclusion of these foods , especially when

combined with other functional ingredients. Greek yogurt is a food of great acceptance and high commercial value . Thus, the objective of this work is the development of Greek yogurt with the addition of prebiotics. 6 Greek different types of yogurts were produced with the addition of 5 different types of prebiotic substances. The samples were subjected to rheological analysis. The addition of prebiotics in yogurt Greek type may contribute to developing new products. The rheological analysis showed to be an important tool for the study of texture and developed yoghurts flow behavior .

**PALAVRAS-CHAVE:** iogurte grego; prebióticos, análise reológica.

**KEYWORDS:** *Greek yogurt, prebiotics, rheological analysis*

## **INTRODUÇÃO**

O termo iogurte é derivado da palavra “jugurt”, porém, recebe diferentes denominações de acordo com as regiões do mundo, como na Búlgaria, onde é chamado de “yaourt”, destacando-se como importante alimento da dieta, com características de sabor e aroma agradáveis e de grande digestibilidade (Salado & Andrade, 1989; Bong & Moraru, 2014). O iogurte é definido como o produto adicionado ou não de outras substâncias alimentícias, obtido por coagulação e diminuição do pH do leite, ou leite reconstituído, adicionado, ou não, de outros produtos lácteos, por fermentação láctea mediante a ação proto-simbiótica de *Lactobacillus delbruckii subsp bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*, aos quais pode se acompanhar, de forma complementar, outras bactérias ácido-lácticas que, por sua atividade, contribuem para a determinação das características do produto final (BRASIL, 2000).

O iogurte concentrado é produzido em vários países com distintos nomes, como labneh (Oriente), skyr (Islandia), shrikhand (Índia) e iogurte grego (Grécia e outros países). O iogurte concentrado pode considerarse como um produto intermediário entre os leites fermentados tradicionais e os queijos não maturados com alto teor de umidade como queijo quark, boursin e petit suisse. Dentre os tipos especiais de iogurte, poucos autores citam o processo para elaboração do iogurte grego, no entanto Varnam e Sutherland (1995), definem o tradicional processo do iogurte grego (iogurte concentrado), como o produto obtido a partir do iogurte tradicional, contudo diferenciado pelo processo de dessoragem em sacos de pano, isto para pequena escala e a nível industrial por centrifugação. Após este processo de dessoragem, o iogurte torna-se espesso e cremoso, com uma concentração de sólidos totais de aproximadamente 24% e gorduras de 10%. O iogurte original era obtido a partir de leite de ovelha, todavia pode ser obtido de diversos tipos de leite.

O interesse por produtos alimentícios saudáveis, nutritivos e de grande aproveitamento tem crescido mundialmente, o que resulta em diversos estudos na área de produtos lácteos. Alguns desses estudos têm dado ênfase ao valor nutricional dos ingredientes lácteos, assim como à importância de uma dieta baseada em produtos lácteos (Thamer & Penna, 2006). Um importante ingrediente funcional com emprego potencial em produtos lácteos são as substâncias prebióticas. Prebióticos alimentares são ingredientes seletivamente fermentados,

que resultam em alterações específicas na composição e/ou atividade da microbiota gastrointestinal, assim proporcionando benefícios para a saúde do hospedeiro (Gibson et al., 2011).

Os prebióticos apresentam uma ação complementar, embora distinta, em relação aos probióticos. Probióticos são micro-organismos exógenos ingeridos para promover um efeito específico sobre a saúde. Por outro lado, o conceito de prebióticos baseia-se na estimulação seletiva da própria microbiota benéfica do hospedeiro, com o prebiótico atuando como substrato de fermentação (seletiva), estimulando o crescimento e a atividade do micro-organismo ou do grupo de micro-organismos específico de interesse e, conseqüentemente, levando ao efeito desejado sobre a saúde (Binns, 2013).

## **OBJETIVO**

O objetivo do presente trabalho é o desenvolvimento de diferentes formulações de iogurte concentrado prebiótico e a influência na reologia de 5 diferentes tipos de prebióticos quando comparada ao controle.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O produto foi desenvolvido no complexo de laboratórios de alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, onde serão cumpridas todas as etapas sugeridas para o desenvolvimento e caracterização dos iogurtes gregos, com prebióticos.

### **Materiais**

Leite integral foi adquirido em mercado varejista e as culturas lácteas, constituídas de culturas termofílicas de *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus* foram adquiridas da empresa Christian Hansen ®.

### **Processamento do produto**

O processamento do iogurte grego foi desenvolvido experimentalmente na planta de processamento de alimentos do Campus Rio de Janeiro do IFRJ. A Figura 01 representa o fluxograma de processamento do produto. O leite foi aquecido para temperatura de 45°C e adicionado a cultura liofilizada de bactérias lácteas, seguido de leve homogeneização. Após a adição da cultura o leite foi mantido a temperatura de 45°C em incubadora de fermentação até atingir pH = 4,4. Após a coagulação, a coalhada foi transferida para sacos de algodão previamente esterilizados e colocados sob resfriamento à temperatura de 5°C por 16 horas. Após o período de 16 horas, a massa foi retirada e dividida em partes iguais para a realização

dos diferentes tratamentos (adição de 4 diferentes prebióticos). Foram adicionados os prebióticos: Inulina, fruto-oligossacarídeos (FOS), Dextrose, xilo-oligossacarídeos (XOS) e galacto-oligossacarídeos (GOS), ao final do tempo de dessoração.

Dessa forma, as amostras foram codificadas da seguinte forma:

Amostra A – Controle (sem adição de prebióticos)

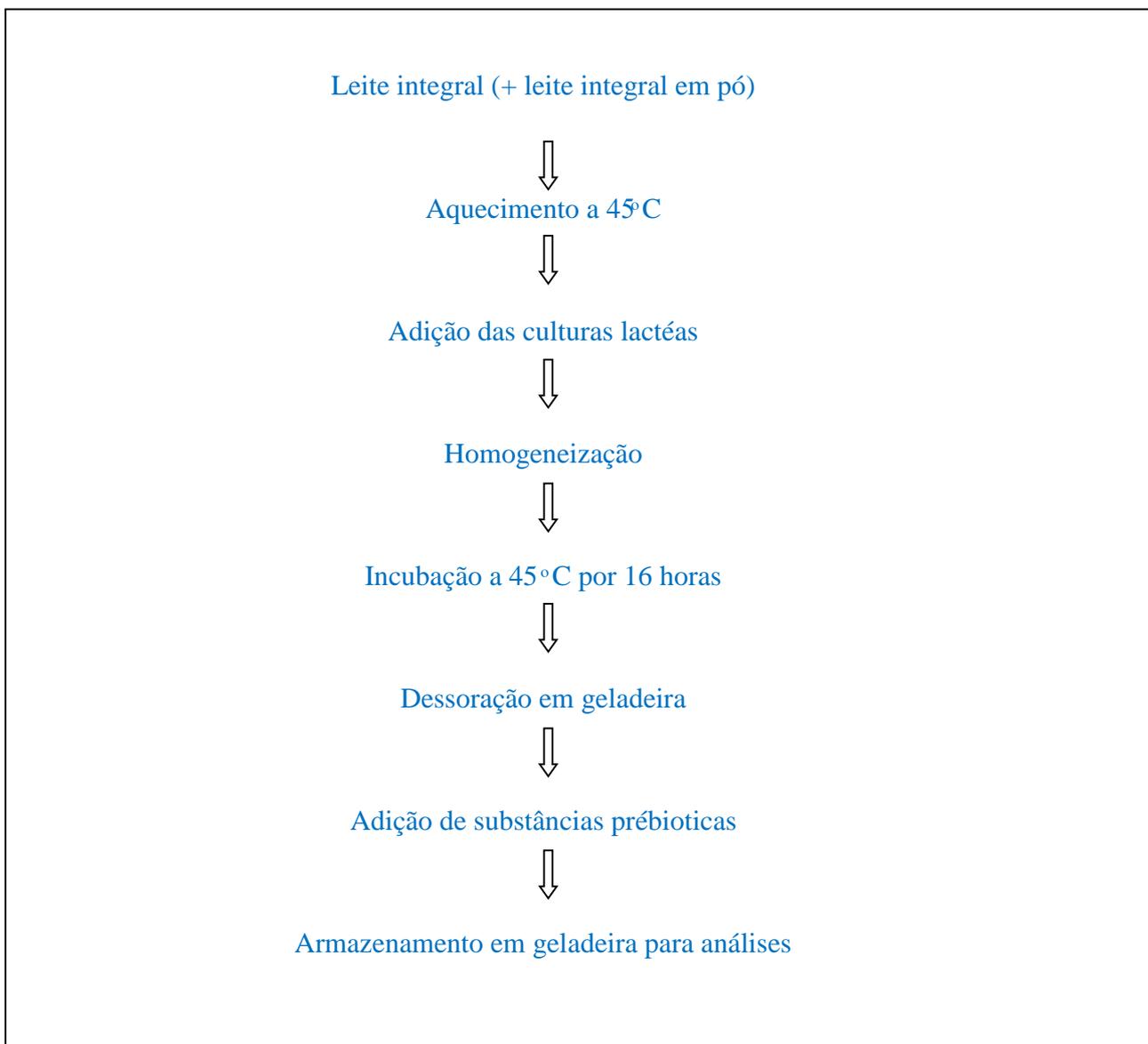
Amostra B – Adição de XOS

Amostra C – Adição de GOS

Amostra D – Adição de Polidextrose

Amostra E – Adição de FOS

Amostra F – Adição de Inulina



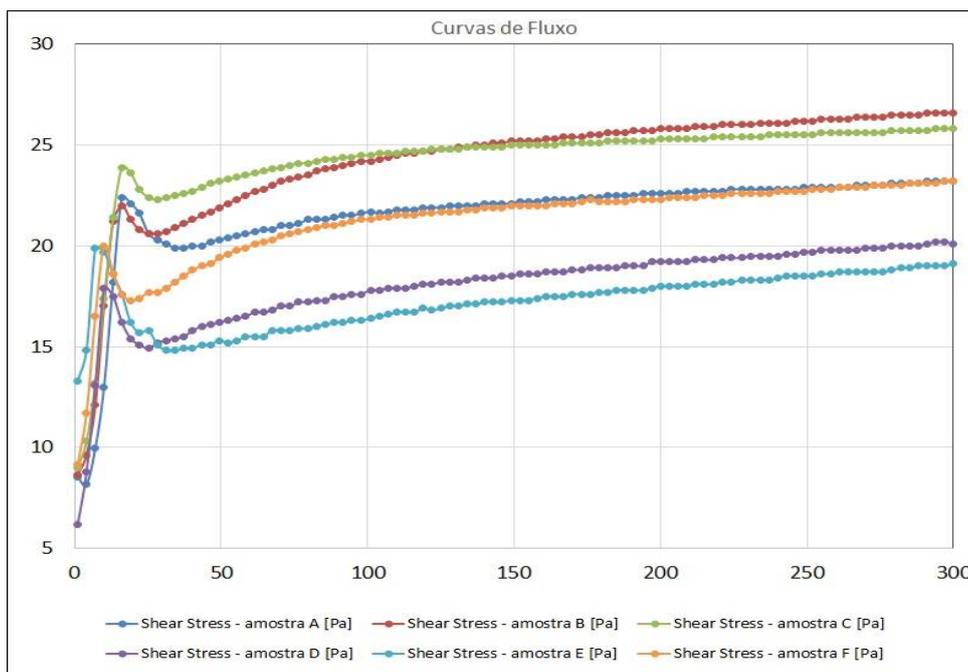
**Figura A.1:** Esquema do processamento do Iogurte grego.

## Análises reológicas

As amostras de iogurte foram analisadas em reômetro MCR 302, Anton Paar, em duplicata, com auxílio da geometria cone-placa (CP60) e Gap de 0,254mm. Foram realizados ensaios de fluxo, com taxas de deformação de 0 a 300s<sup>-1</sup>, com rampa de subida, na amostra controle e em todos os tratamentos (adição de prebióticos).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os produtos desenvolvidos apresentaram consistência firme, característica apreciada pelos consumidores de iogurtes do tipo grego. A Figura 01 detalha as curvas de fluxo dos seis tipos de Iogurte. Todas as amostras de iogurte podem ser classificadas como pseudoplásticas, pois a viscosidade diminuiu drasticamente de acordo com o aumento da tensão provocado pelo aumento da Taxa de Cisalhamento (s<sup>-1</sup>).



**Figura A.2:** Curvas de Comportamento de Fluxo da amostra Controle e das cinco amostras com adição de prebióticos. Amostra A – Controle; Amostra B – Adição de XOS; Amostra C – Adição de GOS; Amostra D – Adição de Polidextrose; Amostra E – Adição de FOS; Amostra F – Adição de Inulina.

Todas as amostras analisadas apresentaram comportamento de fluido não newtoniano e pseudoplástico, já que houve diminuição da viscosidade em função do aumento da taxa de cisalhamento aplicada (SCHRAMM, 2006). Segundo CRUZ, A.G. et al (2013), isso pode ocorrer devido ao enfraquecimento das fracas interações existentes entre as moléculas e da

diminuição da energia de interação entre estas. Outros estudos também confirmam o iogurte como fluido pseudoplástico.

No presente estudo, não foi observada a sinerese por se tratar de um iogurte altamente concentrado, do tipo grego, o que poderia alterar as características reológicas do produto estudado.

De acordo com estudos prévios (TABILO-MUNIZAGA e BARBOSA-CANOVAS, 2005), sob certas condições (isto é, moderada taxa de deformação, conteúdo de gordura inferior a 40% e a temperaturas superiores a 40°C, nas quais a gordura está líquida e não ocorre aglutinação pelo frio) leite, leite desnatado e creme são fluidos com propriedades Newtonianas. Entretanto, leite cru e cremes exibem propriedades reológicas de fluidos não-Newtonianos quando são submetidos a condições em que é possível a solidificação dos glóbulos de gordura (abaixo de 40°C e baixas taxas de deformação). Leite condensado, creme e iogurte exibem comportamento tixotrópico (shear thinning), ou seja, sua viscosidade aparente é inversamente relacionada à taxa de deformação. Leites concentrados, manteiga, sorvete, iogurte e queijo são viscoelásticos.

## CONCLUSÃO

A adição de diferentes prebióticos em iogurte concentrado do tipo grego não influenciou de forma negativa as características reológicas dos iogurtes desenvolvidos. E, a análise reológica mostrou-se como uma importante ferramenta para o estudo de textura e de comportamento de fluxo dos iogurtes desenvolvidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BINNS, N. Probiotics, prebiotics e a microbiota intestinal Institute of life Science (ILSI Europe). 2011.

BONG, D.D.; MORARU, C.I. Use of micellar casein concentrate for greek-style yogurt manufacturing: effects on processing and product properties. *Journal of Dairy Science*, v.97, p. 1259-1269. 2014

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. DEPARTAMENTO DE INSPEÇÃO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL. Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados, Resolução Nº 5, 13 de novembro de 2000.

CRUZ, A.G. et al. Developing a prebiotic yogurt: rheological, physico-chemical and microbiological aspects and adequacy of survival analysis methodology. Journal of Food Engineering. V. 114, p. 323-330. 2013.

GIBBIS, G.R., et al. Dietary prebiotics: current status and new definition. IFIS Functional Foods Bulletin 2011;7:1-19

SANTOS, K.M.O., BONFIM, M.A.D., VIEIRA, A.D.S., BENEVIDES, S.D., SAAD, S.M.I., BURITI, F.C.A., EGITO, A.S. Probiotic caprine Coalho cheese naturally enriched in conjugated linoleic acid as a vehicle for *Lactobacillus acidophilus* and beneficial fatty acids. International Dairy Journal, v.24, n.2, p. 107-112, 2012.

TABILO-MUNIZAGA, G; BARBOSA-CANOVAS, G.V. Rheology for the food industry. Journal of food engineering, v.67, p. 147-156, 2005.

THAMER, K. G., PENNA, A. L. BARRETTO. Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebiótico. Ciência Tecnologia Alimentos. Campinas, 26(3): 589-595, jul.-set. 2006.

## 8.2. ANEXO 2:

Trabalho apresentado oralmente na **XXXV SEMANA DA QUÍMICA – RIO DE JANEIRO: PRODUZINDO CIÊNCIA HÁ 450 ANOS E VIII JORNADA DA PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS**.

### **DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE IOGURTE GREGO SIMBIÓTICO SABOR BAUNILHA**

Marília França Costa, Mariana Nogueira Vivas Cardoso, Adriano Gomes da Cruz & Marcia Cristina da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ;  
nutri.mariliafranca@gmail.com

**Palavras-chave:** iogurte grego, simbiótico, aceitação sensorial

## **INTRODUÇÃO**

A preocupação dos consumidores em relação à alimentação vem mudando muito nas últimas décadas. O alimento, anteriormente considerado apenas fonte de nutrientes essenciais à manutenção da vida, tornou-se objeto de estudos que o relacionam à prevenção de morbidades, além da melhoria das funções de órgãos e tecidos. Produtos alimentícios com alegação funcional são ainda mais procurados por consumidores preocupados com a saúde. Tal fato tem incentivado pesquisas de inovação em alimentos e a criação de novos nichos de mercado. Alguns estudos têm dado ênfase ao valor nutricional dos ingredientes lácteos, assim como a importância de sua inclusão na alimentação diária. Nesta classe, atenção especial tem sido dada ao desenvolvimento de iogurtes com propriedades probióticas e prebióticas, definidos como simbióticos. Porém poucos estudos no Brasil desenvolveram um iogurte tipo grego com propriedade simbiótica. Inúmeros mecanismos têm sido propostos para tentar explicar os benefícios do consumo dos produtos lácteos simbióticos, como propriedades anticarcinogênicas, modulação do sistema imune, diminuição da aterosclerose, entre outros. O iogurte grego é um alimento de ótima aceitação e alto valor comercial. Ele foi responsável pelo aumento de 4% das vendas no mercado de produtos lácteos nos EUA no ano de 2014, segundo o Industrial Research Institute. Como principais características, ele é um iogurte drenado, e, portanto, concentrado em proteínas e gorduras, mais firme e viscoso que os demais produtos similares. No Brasil como a regulação do iogurte grego ainda não foi definida, há marcas que adicionam outros ingredientes além de leite e fermento lácteo, como espessantes e creme de leite, com o objetivo de garantir a consistência característica do produto. A firmeza do iogurte é um atributo importante na aceitação do produto pelo consumidor. Segundo Rossi (1983) & O’neil e colaboradores (1979), o iogurte deve ter textura suave e corpo viscoso e não apresentar fissuras; ser firme e coeso para ser consumido

com colher. No iogurte grego, a textura, principalmente no parâmetro de firmeza, é uma propriedade que tem papel fundamental na qualidade do produto final.

## **METODOLOGIA**

O produto será desenvolvido durante o período vigente do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. Serão cumpridas todas as etapas sugeridas para o desenvolvimento, aceitação e análise sensorial do iogurte grego simbiótico (IGS).

### **Composição do IGS**

Serão utilizados para o desenvolvimento do produto leite padronizado (2% de gordura), cultura láctica termofílicas de *Lactobacillus delbrueckii* ssp *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus* homofermentativa, liofilizada, de inoculação direta no leite (Direct Vat Set - DVS), inulina, açúcar e para algumas amostras os espessantes goma xantana ou carboximetilcelulose. Serão preparadas 6 receitas diferentes, variando no percentual de açúcar, presença ou não de espessante e tipo de espessante. O leite in natura será adicionado de açúcar e inulina e após uma rápida homogeneização, submetido ao processo de pasteurização à temperatura de 83°C por 30 minutos. Em seguida será resfriado para temperatura de 45°C e adicionado a cultura liofilizada de inoculação direta para iogurte (Direct Vat Set - DVS), seguido de leve homogeneização. Após a adição da cultura o leite será mantido a temperatura de 45°C em banho-maria até atingir pH = 4,4. Após a coagulação a coalhada será transferida para sacos de algodão previamente esterilizados e colocados sob resfriamento à temperatura de 5°C por 16 horas para respectiva drenagem do excesso do soro do leite. Após o período de 16 horas, a massa será retirada e dividida em partes iguais para realização dos diferentes tratamentos, com diferentes concentrações de açúcar e adição ou não dos espessantes. As combinações da adição ou não dos espessantes e as respectivas percentagens utilizadas dos demais ingredientes no presente trabalho serão escolhidas após a realização de ensaios preliminares e comparação sensorial com produtos de marcas já consagrados no mercado. Os produtos serão armazenados em potes de plásticos de polipropileno, armazenados sob refrigeração (T= 4°C).

### **Análises físico-químicas**

As análises físico-químicas compreenderão composição proximal, pH, acidez, atividade proteolítica, determinação de minerais (potássio, magnésio e cálcio), produtos metabólitos das culturas lácticas e probióticas (ácido láctico e ácido acético). Os parâmetros do perfil de textura a serem analisados serão: coesividade, gomosidade, firmeza, adesividade e elasticidade. Todas as análises serão realizadas em triplicata.

### **Caracterização sensorial**

Nesta avaliação o provador irá expressar sua opinião quanto às amostras degustadas numa escala numérica de 5 pontos, sendo 5 – ótimo, 4 – bom, 3 – regular, 2 – ruim e 1 – péssimo

(Moraes, 1983). Os atributos a serem avaliados serão: (1) aparência – traduzida pelo “conjunto”, relativa à primeira impressão causada pelo produto como um todo; (2) consistência – diz respeito ao “corpo” do produto quando consumido; e (3) sabor. As amostras serão servidas em potes transparentes, com capacidade para 120 mL, codificados com números aleatórios de três dígitos, sempre duas horas antes ou depois das refeições, no período mais adequado para realização desta avaliação.

### **Análises Microbiológicas**

As análises microbiológicas utilizadas para verificar a viabilidade das culturas ao longo da estocagem na bebida incluem a enumeração dos microorganismos probióticos, sendo realizadas após 7 dias de estocagem. O IGS será submetido às contagens de coliformes fecais pelo método do número mais provável (NMP), bolores e leveduras pelo método de profundidade e pesquisa de *Salmonella sp*, segundo Instrução Normativa nº 1 e 62.

### **Análise Estatística**

Os resultados das análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais serão avaliados através de Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey ao nível de  $p < 0,05$ , utilizando Software de análise estatística.

## **RESULTADOS ESPERADOS**

Espera-se que iogurte grego sem adição de espessante tenha menores valores para os parâmetros gomosidade, firmeza e adesividade e que tenha menor aceitação sensorial quando comparado aos iogurtes adicionados de espessantes.

Após o término do trabalho, esperamos encontrar uma formulação de iogurte grego simbiótico, reduzida em gordura, de ótima aceitação sensorial e com perspectiva competitiva para o mercado de laticínios do Brasil.

## **REFERÊNCIAS**

[1] AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas e probióticos: lista de alegações de propriedade funcional aprovadas. Atualizado em julho, 2008. Disponível em: [http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno\\_lista\\_alega.htm](http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm). Acessado em 10 out.2014.

- [2] AKIN, M.B.; AKIN, M.S.;KIRMACI Z. Effect of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. **Food Chemical** v.104, p.93-99, 2007.
- [3] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa no. 68, de 12 de dezembro de 2006. Métodos Analíticos Oficiais Físico Químicos, para Controle de Leite e Produtos Lácteos. Acessado 20 out 2014. <http://www.agricultura.gov.br>.
- [4] CANDY, D.C.A., HEATH, S.J., LEWIS, J.D.N., THOMAS, L.V. Probiotics for the young and the not so young. **International Journal of Dairy Technology**, v.61, p. 215-221, 2008.
- [5] CONDURSO, C., A. VERZERA, V. ROMEO, M. ZIIN; CONTE, F. Solid-phase microextraction and gas chromatography mass spectrometry analysis of dairy product volatiles for the determination of shelf-life. **International Dairy Journal**, v.8, p. 819-825, 2008.
- [6] MARUYAMA, L.Y.; CARDARELLI, H.R.; BURITI, F. C.A.; SAAD, S.M.I. Textura instrumental de queijo *petit-suisse* potencialmente probiótico: Influência de diferentes combinações de gomas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.26,n.2,p 386-393, abr.-jun. 2006.
- [7] MORAES, M.A.C. Métodos para avaliação sensorial dos alimentos. Campinas: Ed. UNICAMP, 1983. 73 p.
- [8] NAGPAL, R.; YADAV, H.; PUNIYA, A.K.; SINGH, K.; JAIN, S.; MAROTTA, F. Potential of probiotic and prebiotics for symbiotic functional dairy foods: an overview. **International Journal of Probiotics and Prebiotics**, v. 2, p. 75-84, 2007.
- [9] OLIVEIRA R. P. S.; PEREGO P.; OLIVEIRA M. N.; CONVERTI A.; Effect of inulin as a prebiotic to improve growth and counts of a probiotic cocktail in fermented skim milk. **Food Science and Technology** v. 44, p. 520-523, 2011.

[10] SAAD, S. M. I. ; CRUZ, A. G. ; FARIA, J. A. F. . **Probióticos e prebióticos em alimentos: fundamentos e aplicações tecnológicas..** 1. ed. São Paulo: Varela Editora e Livraria Ltda. v. 1, p. 672, 2011.

*Agradecimentos: IFRJ, CNPq, FAPERJ.*

### 8.3. ANEXO 3:

Trabalho apresentado na forma de pôster no **IV SEMINÁRIO EM INOVAÇÃO E TECNOLOGIA NA ÁREA DE ALIMENTOS – IFRJ** – Campus Rio de Janeiro / RJ, em 06/10/2016.

#### DESENVOLVIMENTO E COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE DIFERENTES TIPOS DE IOGURTE GREGO PREBIÓTICO

COSTA, M.F. (1); PINHEIRO, P. (2); LOPES, J.F.R. (2); GOMES, P.S. (2); CARDOSO, M.(2); DA SILVA, M.C. (2); DA CRUZ, A.G. (2);

(1)Mestranda do Programas de Pós-graduação stricto sensu em Ciência e Tecnologia de Alimentos (IFRJ). E-mail: [mariliafranca@nutricao.ufrj.br](mailto:mariliafranca@nutricao.ufrj.br) .

(2)Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Unidade Maracanã, Laboratório de Alimentos, RJ.

Alimentos com alegação funcional são cada vez mais procurados por consumidores preocupados com a saúde. Alguns estudos têm dado ênfase ao valor nutricional dos ingredientes lácteos, assim como à importância de uma dieta com a inclusão desses produtos, principalmente quando aliados a outros nutrientes funcionais. O iogurte grego é um produto alimentício de ótima aceitação e alto valor comercial, responsável pelo aumento de 4% de vendas dos produtos lácteos nos EUA, no ano de 2014. Como principais características, ele é um iogurte drenado, e, portanto, concentrado em proteínas e gorduras, mais espesso que os demais iogurtes. Neste trabalho, foram desenvolvidos 6 diferentes tipos de iogurte grego prebiótico (IGP), com a adição de 5 diferentes tipos de substâncias prebióticas: xilooligossacarídeo (XOS), galacto-oligossacarídeo (GOS), polydextrose, fruto-oligossacarídeo (FOS) e inulina. Uma amostra controle com exatamente a mesma composição láctea foi separada sem adição de nenhum prébiótico. As amostras foram submetidas às análises físico-químicas e reológicas. Futuramente serão realizadas análise de cor, proteólise, microscopia confocal, testes oscilatórios e, por fim, será realizado um teste sensorial, para viabilizar a possível comercialização do produto. Como resultados encontrados até o momento, foram verificados valores próximos de umidade, variando de 68,6% a 72,25%. Os valores de lipídeos, proteína, carboidrato e cinzas serão repetidos em uma nova etapa de processamento do produto. Quanto ao comportamento reológico, todas as amostras de IGP apresentaram comportamento não newtoniano, pseudoplástico e tixotrópico. A adição de diferentes prebióticos no iogurte grego não influenciou de forma negativa as características reológicas dos iogurtes desenvolvidos. O detalhamento do comportamento reológico mostrou-se uma importante ferramenta para o estudo de textura e de comportamento de fluxo dos iogurtes desenvolvidos.

Palavras chave: iogurte grego, reologia, prebiótico.