

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

**DISSERTAÇÃO**

**EFEITO DA ADIÇÃO DE FARINHA DE ARARUTA (*Maranta*  
*Arundinacea L.*), NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS,  
REOLÓGICAS E FUNCIONAIS DE SOBREMESA LÁCTEA SABOR  
BAUNILHA**

**RENATA OLIVEIRA SANTOS**

**2017**



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

**EFEITO DA ADIÇÃO DE FARINHA DE ARARUTA (*Maranta  
Arundinacea L.*), NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS,  
REOLÓGICAS E FUNCIONAIS DE SOBREMESA LÁCTEA SABOR  
BAUNILHA**

**RENATA OLIVEIRA SANTOS**

*Sob orientação do professor*

**D.Sc. Adriano Gomes da Cruz**

*e co-orientação*

**D.Sc. Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa**

Dissertação de mestrado submetido como requisito para o grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, na área de concentração Tecnologia de Alimentos.

Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2017

664  
S237e  
T

Santos, Renata Oliveira, 1988-  
Efeito da adição de farinha de araruta  
(*Maranta Arundinacea* L.), nas propriedades  
físico-químicas, reológicas e funcionais  
de sobremesa láctea sabor baunilha /  
Renata Oliveira Santos - 2017.  
75 f.: il.

Orientador: Adriano Gomes da Cruz.  
Dissertação (mestrado) - Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de  
Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de  
Alimentos.  
Bibliografia: f. 65-75.

1. Tecnologia de alimentos - Teses. 2.  
Amido - Teses. 3. Índice glicêmico -  
Teses. 4. Probióticos - Teses. 5. Reologia  
- Teses. 6. Araruta - Teses. 7. Farinhas -  
Teses. I. Cruz, Adriano Gomes da, 1970-.  
II. Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciência  
e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

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

**RENATA OLIVEIRA SANTOS**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, na área de concentração Tecnologia de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 14/02/2017

---

Adriano Gomes da Cruz. Dr. IFRJ  
(Orientador)

---

José Lucena Barbosa Junior. Dr. UFRRJ

---

Erick Almeida Esmerino. Dr. UFF

## RESUMO

SANTOS, Renata Oliveira. **Efeito da adição de farinha de araruta (*Maranta Arundinacea L.*), nas propriedades físico-químicas, reológicas e funcionais de sobremesa láctea sabor baunilha.** 2017. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2017.

Nos últimos anos, o uso de prebióticos na elaboração de produtos lácteos tem sofrido grande incentivo, embora a procura por matérias-primas de baixo custo para sua obtenção ainda seja um grande desafio, evidenciando um potencial para desenvolvimento de pesquisas de fontes alternativas ou novos processos de obtenção desses ingredientes. Além disso, a necessidade de redução de aditivos na dieta tem sido mandatória para os consumidores que buscam uma alimentação mais saudável, assim como, uma tendência crescente da indústria de alimentos no desenvolvimento de produtos com rótulos mais limpos, conhecidos como *clean label*. Neste contexto, a busca e/ou valorização de ingredientes naturais que contribuam simultaneamente para a melhoria das propriedades funcionais, sensoriais e tecnológicas dos produtos alimentícios se torna fundamental. Dentre as fontes desses ingredientes, destaca-se a araruta (*Maranta arundinacea L.*) uma planta alimentícia não convencional (PANC) da família das *Marantaceas* que apresenta potencial alimentício, nutricional, funcional e tecnológico negligenciado. Assim, o objetivo geral do presente trabalho foi avaliar o efeito da adição de farinha de araruta nas características físico-químicas, reológicas e no crescimento de bactérias probióticas de sobremesa láctea sabor baunilha. No Capítulo I deste trabalho foi realizada uma revisão de literatura visando avaliar os aspectos sensoriais e tecnológicos do uso de farinhas prebióticas em produtos lácteos. No Capítulo II foi realizado o estudo das propriedades físicas, funcionais (amido resistente e índice glicêmico) e do potencial prebiótico da farinha de araruta, bem como, o efeito de diferentes % dessa farinha nas propriedades reológicas e tecnológicas de uma sobremesa láctea sabor baunilha. Pode-se concluir que o tamanho de partícula das farinhas afetou diretamente a textura das sobremesas, uma vez que, as farinhas com maior tamanho médio de partículas contribuíram para aumento da firmeza das sobremesas lácteas. Com relação aos aspectos funcionais, a farinha de araruta apresentou elevado teor de amido resistente (29,47%), baixo IG (41,8), além de potencial prebiótico contribuindo para o aumento da contagem de *Lactobacillus casei*. Foi verificado que % farinha contribui para redução da sinérese, além de afetar as propriedades reológicas (comportamento de fluxo e ensaios oscilatório), na textura (firmeza e adesividade) e nas características microscópicas da sobremesa láctea sabor baunilha.

**Palavras-chave:** PANC, Amido resistente, índice glicêmico, probióticos, reologia, textura

## ABSTRACT

SANTOS, Renata Oliveira. **Effect of the addition of arrowroot flour (*Maranta Arundinacea L.*) on the physical-chemical, rheological and functional properties of vanilla dairy dessert.** 2017. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2017.

In the past few years the use of prebiotics in the making of dairy products has been gathering many supports, although the search for low cost raw-material to achieve that it still a big challenge, which highlights the potential to the development in the research for alternatives sources or new processes in order to obtain those ingredients. Besides, the need to reduces the additives in the diet has been mandatory to the consumers who wants a health diet, as a growing tendency in the food industry in the development of products with cleaner labels, which are known as clean label. In this context, the search and/or value of natural ingredients that contributes simultaneously for the improvement in the functional properties, sensory and technological of food products that make them essential. Among the sources of these ingredients, stands out the araruta (*Maranta arundinacea L.*) as unconventional food plants (PANC's) from Marantaceas Family, which presents a food potential, nutritional, functional that is neglected. Therefore, the aim of this paper was to evaluate the effect of the adding of araruta flours in the physical Chemical characteristics, rheological and in the growing of probiotic bacteria in the vanilla dairy dessert. In the Chapter I was developed and research in the literature in order to evaluate the sensory aspects and technological of prebiotics flours in the dairy products. In the Chapter II was performed a study of the prebiotic potential in the araruta flour, as well as, the effect of different % of these flours in the reological and technological of the mentioned dessert. It is possible to conclude that the particles size of the flours directed affected the texture of the desserts, once the flours with bigger size contributed to the increase in firmness of the dairy desserts. In addition, regarding the functional aspects, the araruta flour presented high level of resistant starch (29,47%) low IG(41,8), beyond the probiotic potential, which contribute to the increase number on the Lactobacillus Casey counting. Also, it was verified that % flour contribute to the reduction in the syneresis, rheological properties(flow behavior in oscillatory tests), texture (firmness and stickiness) and on the microscopical characteristics in the vanilla dairy dessert.

**Key Word:** PANC, starch resistant, glycemic index, probiotics, rheology, texture

## ÍNDICE DE TABELAS

### Capítulo I

**Table 1.** Technological benefits of using prebiotic fibers in dairy foods ..... 9

**Table 2:** Flours with prebiotic potential used in the manufacture of dairy foods..... 12

### Capítulo II

**Tabela 1:** Formulação das sobremesas lácteas adicionadas de farinha de araruta ..... 37

**Tabela 2:** Log UFC/mL de *Lactobacillus casei* e pH de leite UHT adicionados de diferentes % de farinha de araruta, no tempo zero e após 600 minutos de incubação. .... 48

**Figura 4:** Evolução do pH do leite adicionados *Lactobacillus casei* e diferentes % de farinha de araruta pelo tempo. .... 50

**Tabela 3:** Variação do pH nas sobremesas lácteas estudadas durante 28 dias de estocagem . 51

**Tabela 5:** Coordenadas colorimétricas, Croma e índice de brancuras de amostras de sobremesa láctea adicionadas de farinha de araruta ..... 54

**Tabela 6:** Valores médios dos parâmetros  $\sigma_0$  (tensão de cisalhamento residual),  $k$  (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. .... 56

**Tabela 7:** 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 e Chambon (1986) para as amostras de sobremesa. .... 60

**Tabela 8:** Textura instrumental das sobremesas lácteas ..... 61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Fluxograma de processamento da sobremesa láctea sabor baunilha .....	38
<b>Figura 2:</b> Taxa de hidrólise <i>in vitro</i> do amido da farinha de araruta .....	45
<b>Figura 3:</b> Diâmetro médio de partícula baseado na área de superfície (D [3,2]) e volume (D [4,3]). .....	47
<b>Figura 5:</b> % de sinérese nas amostras de sobremesa láctea formuladas com diferentes % de farinha de araruta durante 28 dias de estocagem sob refrigeração à 4 °C .....	52
<b>Figura 6:</b> Curva de fluxo de escoamento em estado estacionário das amostras de sobremesa formuladas com adição de 0% (controle) (□), 1,5% (◇), 3,0% (Δ) e 4,0% (○) de farinha de araruta. ....	55
<b>Figura 7:</b> Módulo elástico (A) e módulo viscoso (B) das amostras de sobremesa formuladas com adição de 0% (controle) (□), 1,5% (◇), 3,0% (Δ) e 4,0% (○) de farinha de araruta. ....	58
<b>Figura 8:</b> Angulo de fase ( $\tan\delta = G''/G'$ ) das amostras de sobremesa formuladas com adição de 0% (controle) (□), 1,5% (◇), 3,0% (Δ) e 4,0% (○) de farinha de araruta.....	59
<b>Figura 9:</b> Módulo complexo ( $G^* = (G'^2 + G''^2)^{1/2}$ ) das amostras de sobremesa formuladas com adição de 0% (controle) (□), 1,5% (◇), 3,0% (Δ) e 4,0% (○) de farinha de araruta. ....	60
<b>Figura 10:</b> Micrografias ópticas das amostras controle (A) e adicionados de 1,5% (B), 3,0% (C) e 4,0 % (D) de farinha de araruta aumento de 20x.....	62



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
Objetivo Geral .....	3
Objetivos Específicos .....	3
<b>CAPÍTULO I           PREBIOTIC FLOURS IN DAIRY FOOD PROCESSING: TECHNOLOGICAL AND SENSORY IMPLICATIONS .....</b>	<b>4</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>6</b>
<b>2. PREBIOTICS .....</b>	<b>6</b>
<b>3. APPLICATION OF POTENTIALLY PREBIOTIC FLOURS IN DAIRY FOODS 11</b>	<b>11</b>
<b>4. SENSORY EFFECTS OF ADDING POTENTIALLY PREBIOTIC FLOURS IN DAIRY FOODS .....</b>	<b>17</b>
<b>5. PREBIOTIC FLOURS IN DAIRY FOODS: SOME POSSIBLE MECHANISMS</b>	<b>19</b>
<b>6. PERSPECTIVES .....</b>	<b>21</b>
<b>7. REFERENCES .....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO II       EFEITO DA ADIÇÃO DE FARINHA DE ARARUTA (<i>MARANTA ARUNDINACEA L.</i>) NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, REOLÓGICAS, ÓPTICAS E FUNCIONAIS DE SOBREMESA LÁCTEA SABOR BAUNILHA.....</b>	<b>29</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>30</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>33</b>
2.1. Obtenção da Farinha de Araruta .....	33
2.2. Rendimento da farinha de araruta .....	33
2.3. Quantificação do teor de umidade da farinha de araruta .....	34
2.4. Quantificação do teor de amido resistente na farinha de araruta.....	34
2.5. Determinação do índice glicêmico da farinha de araruta .....	35
2.6. Distribuição do tamanho de partícula da farinha de araruta .....	36
2.7. Análises ópticas na farinha de araruta .....	36
2.8. Determinação do potencial prebiótico da farinha de araruta em sistema-modelo.....	37
2.9. Processamento da sobremesa láctea sabor baunilha .....	37
2.10. Determinação do pH das sobremesas lácteas .....	39
2.11. Determinação de sinérese das sobremesas lácteas .....	39
2.12. Índice de estabilidade de creme ( <i>Creaming stability</i> ).....	39
2.13. Determinação da cor na sobremesa láctea.....	40
2.14. Propriedades reológicas da sobremesa láctea.....	40
2.14.1. Comportamento de fluxo .....	41
2.14.2. Ensaio oscilatórios .....	41
2.14.3. Análise de textura da sobremesa láctea .....	42
2.15. Microscopia ótica .....	42
<b>3. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....</b>	<b>43</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>44</b>
4.1. Rendimento e umidade da farinha de araruta .....	44
4.2. Determinação do teor de amido resistente e o índice glicêmico da farinha de araruta .	44
4.3. Distribuição do tamanho de partículas .....	47
4.4. Características ópticas .....	48
4.5. Potencial prebiótico in vitro da farinha de araruta .....	48

4.6.	pH .....	51
4.7.	Sinérese e índice de estabilidade de creme nas amostras de sobremesa láctea .....	51
4.8.	Caracterização óptica das amostras de sobremesa láctea .....	53
4.9.	Propriedades reológicas da sobremesa láctea .....	55
4.9.1.	Curvas de Fluxo .....	55
4.9.2.	Ensaio Oscilatório .....	57
4.9.3.	Textura das amostras de sobremesa láctea .....	61
4.10.	Microscopia óptica das amostras de sobremesa láctea .....	62
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>64</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>65</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

O consumo de sobremesas lácteas, por vários grupos de consumidores, tem apresentado grande aumento nas últimas décadas, impulsionado pelos avanços tecnológicos das indústrias de laticínios, dos processamentos e ingredientes utilizados, que possibilitam a otimização de produtos com maior valor nutricional e funcional. As sobremesas lácteas são produtos prontos para o consumo, que atendem às necessidades dos consumidores que prezam pela qualidade, aliada a facilidade e praticidade.

As sobremesas lácteas podem ser adicionadas de diferentes ingredientes como chocolates, prebióticos, polpas de fruta, microrganismos probióticos e fibras, entre outros, com o objetivo de conferir novos sabores, maior digestibilidade, valor nutricional e propriedades funcionais.

Nos últimos anos, o uso de prebióticos na elaboração das sobremesas tem sofrido grande incentivo, embora a procura por matérias-primas de baixo custo para sua obtenção ainda seja um grande desafio, evidenciando um potencial para desenvolvimento de pesquisas de fontes alternativas ou novos processos de obtenção desses ingredientes. Geralmente, os ingredientes prebióticos podem ser utilizados na elaboração de sobremesas como substituintes de açúcares convencionais, ou visando à melhoria de textura, além de atuarem como prebiótico para microbiota do cólon, ou seja, promovendo a multiplicação dos microrganismos probióticos.

Grande parte dos prebióticos é classificada como fibras alimentares constituídas de polissacarídeos não convencionais como oligossacarídeos, amido resistente, entre outros, que além de serem utilizados como fonte de carboidratos não digeríveis, podem auxiliar na redução da pressão arterial sanguínea, nos níveis de colesterol e melhoram as funções intestinais.

Os prebióticos podem estar presentes em cereais, frutas e olerícolas *in natura* ou processados, como por exemplo, em farinhas. Comumente na indústria de alimentos, as farinhas têm sido utilizadas na maioria das vezes, na formulação de pães e de massas alimentícias. Contudo, devido as suas características tecnológicas, nutricionais e funcionais, podem ser uma opção de ingrediente para enriquecer outros tipos de alimentos, como por exemplo, os produtos lácteos.

Neste contexto, alguns estudos têm relatado o uso destes ingredientes na elaboração de diferentes produtos, como bebidas lácteas, iogurte e kefir com farinhas de banana verde

(*Musa spp*), de fava (*Vicia faba L.*), de trigo (*Fagopyrum esculentum*) e de lentilha (*Lens esculenta*).

Dentre as olerícolas com potencial prebiótico, destaca-se a araruta (*Maranta arundinaceaea L.*), que é uma planta herbácea perene originária de regiões tropicais da América do Sul, incluindo o Brasil Central. Comumente esta olerícola é utilizada como ingrediente na formulação de pães e biscoitos, devido às características de seu amido, que são consideradas incomparáveis, conferindo leveza e melhorando a textura dos produtos.

Além disso, a farinha de araruta apresenta características desejáveis para uso na indústria alimentícia, tais como: elevado teor de fibras, elevada capacidade de geleificação e quantidade significativas de amido resistente, capazes de promover a melhoria das propriedades sensoriais (textura) e a sobrevivência dos probióticos em iogurte, como também em produtos extrudados, que apresentaram uma melhoria em suas propriedades físicas e funcionais em função do teor de amido resistente nesta farinha.

Uma vez que, a utilização da farinha de araruta na formulação dos produtos alimentícios está diretamente relacionada a algumas características sensoriais, como a aparência, aroma, sabor e textura, sendo necessário o estudo destes parâmetros. No caso das sobremesas lácteas, um dos principais atributos de impacto é a textura, que está correlacionada às propriedades mecânicas, estímulos visuais e sensações táteis.

Além da textura, as análises reológicas nos alimentos são fundamentais no desenvolvimento de novos produtos e tecnologia de processamento, são capazes de correlacionar a aceitação do consumidor com propriedades reológicas definidas, na otimização de processos e o estudo dos diferentes materiais, importante para a ciência da complexidade de sistemas alimentares, fluxos e simulações de diferentes composições e ingredientes.

Apesar do potencial de uso da farinha de araruta na elaboração de produtos alimentícios, ainda são poucos os trabalhos disponíveis na Literatura, e o estudo do efeito deste ingrediente nas propriedades físico-químicas, reológicas e funcionais em produtos lácteos ainda carece de investigação.

## **Objetivo Geral**

O objetivo geral do presente trabalho foi avaliar o efeito da adição de farinha de araruta (*Maranta arundinacea L.*) nas características físico-químicas, reológicas e no crescimento de bactérias probióticas de sobremesa láctea sabor baunilha.

## **Objetivos Específicos**

- ✓ Determinar o rendimento, a umidade, amido resistente, índice glicêmico e o tamanho de partícula da farinha de araruta cultivar comum;
- ✓ Determinar o potencial prebiótico da farinha de araruta no crescimento de bactérias probióticas (*Lactobacillus case 01*) em sistema-modelo;
- ✓ Avaliar o efeito de diferentes porcentagens de farinha de araruta no pH e na sinérese da sobremesa láctea durante estocagem, sob refrigeração;
- ✓ Estudar o perfil de voláteis da sobremesa láctea sabor baunilha adicionado de farinha de araruta;
- ✓ Avaliar o efeito de diferentes porcentagens de farinha de araruta nas propriedades reológicas (comportamento de fluxo, ensaios oscilatórios e textura) e nas características microscópicas da sobremesa láctea sabor baunilha.

## CAPÍTULO I

### **PREBIOTIC FLOURS IN DAIRY FOOD PROCESSING: TECHNOLOGICAL AND SENSORY IMPLICATIONS**

R.O. Santos<sup>1</sup>, M.V.F. Silva<sup>1</sup>, K.O. Nascimento<sup>1</sup>, J.L. Barbosa Junior<sup>1</sup>, M.I.M.J.Barbosa<sup>1</sup>, A.G  
Cruz<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), 23890-000, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Departamento de Alimentos, 20270-021 Rio de Janeiro, Brasil.

**Manuscrito aceito para publicação na Revista International Journal of Dairy  
Technology (Qualis B1- Ciência de Alimentos).**

## **SUMMARY**

The review aimed to evaluate the prebiotic potential of vegetable flours in the manufacture of dairy products and their effects on the technological and sensory properties. Overall, the studies have shown positive results not only in the growth of the lactic and/or probiotic bacteria but also in sensory acceptance, rheological and physicochemical properties. In addition, integrated studies focused on the development of dairy functional foods must be conducted in order to optimize the amount of flour to be added in each dairy food formulation and to assess not only its impact on the intrinsic quality parameters.

**Key word: prebiotic flour, prebiotic ingredient, functional dairy food**

## 1. INTRODUCTION

The consumption of dairy products by various consumer groups has greatly increased in recent decades and is mainly driven by technological advances in the dairy industry. The processing conditions, optimization of key features, and the use of innovative ingredients in the development of such foods have contributed to the sales increase of functional dairy foods (De Morais *et al.* 2015). Particularly, prebiotic ingredients have been the most frequent alternatives for increasing the functional potential of dairy products (Pereira *et al.* 2016a,b; Balthazar *et al.* 2015; Cruz *et al.* 2013; Cruz *et al.* 2012).

Flours made of fruits, cereals and other vegetables are potential sources of prebiotic fibers and represent valuable economical alternatives to improve the nutritional value and functional quality of processed foods. In addition, these flours foster the development of symbiotic products when added with the probiotic microorganisms. Because of these properties, potentially prebiotic flours have been used in the production of various dairy products, such as milk beverages, yogurts, fermented milks, cheeses and kefir (Guergoletto *et al.* 2010; Zare *et al.* 2011; Zare *et al.* 2012; Jenie and Saputra, 2013; Niro *et al.* 2013; Boudjou *et al.* 2014; Oliveira *et al.* 2015).

In the scenario that food companies need to innovate and try to develop new functional foods, in this review we tried to assess the effects of using flour made of fruits, cereals and other vegetables (sources of prebiotic ingredients) on the viability of probiotic microorganisms, functional properties, and sensory characteristics of dairy products.

## 2. PREBIOTICS

Prebiotics are considered as indigestible ingredients that selectively stimulate the growth and/or activity of the gastrointestinal microbiota that positively affect the host's health (Al-Sheraji *et al.*, 2013). Thus, a few carbohydrates are comprehended in this definition, especially long-chain and short-chain  $\beta$ -fructans (such as fructooligosaccharides (FOS) and inulin, galactooligosaccharides (GOS) and lactulose. More recently, the definition has been updated and now encompasses "any ingredient whose selective fermentation results in specific changes in the composition/activity of gastrointestinal microbiota, benefiting the host's health" (Slavin, 2013; Ferrão *et al.* 2016; Valcheva and Dieleman, 2016).



This redefinition of prebiotics attributes beneficial effects not only to the colon, but also to any other region of the body, such as the urogenital tract, the mouth and the skin. However, due to the great diversity of the microbiota present in the gastrointestinal tract, no prebiotic fiber has sufficient selectivity to fit this definition. Thus, the term *prebiotic* shall refer to non-digestible ingredients whose metabolism by the intestinal flora adjusts the composition and/or the activity of the same microbiota, which provides a physiological benefit to the host. Thus, not only FOS, GOS and transgalactooligosaccharides, but also other compounds may be considered prebiotics, such as resistant starches, polydextrins, pectins, whole grains, and some phenolic compounds (Valcheva and Dieleman, 2016). Furthermore, prebiotics must be stable through different processing conditions and has to be resistant to enzymes of the gastrointestinal tract, selectively stimulating the growth of probiotic microorganisms and inhibiting the proliferation of potentially pathogenic microorganisms (Rolim, 2015; Ferrão *et al.* 2016).

Generally, prebiotics may be used in the formulation of various types of food products, such as yogurts, dairy desserts, beverages, bread, chocolate, soups, sauces, toppings, infant food formula, among others (Wang, 2009; Rolim, 2015). The use of such flours in processed products allied to healthy habits and a balanced diet can help reduce the arterial blood pressure, cholesterol levels and improve intestinal functions (Younis *et al.* 2015). The prebiotic ingredients have also been used as sugar replacers in the manufacture of dairy products, aiming at improving the texture (i.e., increasing the fibers content). In addition, to significantly decrease the amount of energy, prebiotic fibers also contribute to the functional characteristics of the food, such as being suitable substrates for probiotic microorganisms (Abuajah *et al.* 2015; Aidoo *et al.* 2015; De Morais *et al.* 2015). Despite the encouragement of the use of prebiotics in the preparation of food products, the demand for low cost raw materials for obtaining prebiotics is still a challenge, demonstrating the potential for the development of alternative sources or new processes in order to obtain these ingredients (Ares *et al.* 2012).

Table 1 shows the major conventional prebiotics and technological effects of their addition in dairy products. In general, prebiotics confer significant improvements in certain characteristics of milk products, such as yield (Santos *et al.* 2015), sensory properties (Cardarelli *et al.* 2008), texture (Da Silveira *et al.* 2015), reduced syneresis (Prasad *et al.* 2013), and physicochemical characteristics (Balthazar *et al.* 2015; Balthazar *et al.* 2016). Additionally, it is observed a significant improvement in the nutritional composition due to

the addition of fibers and partial replacement of sugars and fats (Tarrega, Torres and Costell 2011; Arcia *et al.* 2011).

Table 1. Technological benefits of using prebiotic fibers in dairy foods

Product	Prebiotics	Lactic and/or Probiotic bacteria	Properties		Reference
			Functional	Technological	
Minas frescal cheese	Inulin and gum Arabic	-	nd	Yield and sensory properties (taste)	Santos <i>et al.</i> (2015)
Petit-suisse cheese	Inulin, oligofructose, honey	<i>Lactobacillus acidophilus</i> and <i>Bifidobacterium lactis</i>	Prebiotic activity	Improvement of sensory characteristics	Cardarelli <i>et al.</i> (2008)
Dairy beverage made of goat milk	Inulin and oligofructose	<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>Lactis</i> and <i>Lactobacillus acidophilus</i>	Prebiotic activity	Improvement of viscosity and sensory properties	Da Silveira <i>et al.</i> (2015)
Low-fat yogurt	GOS	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. and <i>Lactobacillus bulgaricus</i> ATCC 11842	Prebiotic activity	Reduction of syneresis	Prasad and Shah (2013)
Yogurt	Oligofructose	<i>Streptococcus thermophilus</i> TA040 and <i>Lactobacillus bulgaricus</i> LB 340	Prebiotic activity	Improvement of texture (viscosity)	Cruz <i>et al.</i> (2013)
Chocolate mousse	Inulin	<i>L. paracasei</i> subsp. <i>paracasei</i> LBC 82	Prebiotic activity	Sensory acceptance	Aragon-Alegro <i>et al.</i> (2007)
Low-fat dairy desserts	Inulin (short and long chains)	-	nd	Reduction of fat and sugar contents, increase of creaminess, sweetness and thickness and improvement in sensory acceptance	Arcia <i>et al.</i> (2011); Tarrega, Torres and Costell (2011)
Ice cream	GOS	-	nd	Improvement of physicochemical characteristics and sensory properties	Balthazar <i>et al.</i> (2015)
Sheep milk yogurt	Inulin	-	nd	Improvement of	Balthazar <i>et al.</i> (2016)

				physicochemical characteristics	
Yogurt	FOS	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Prebiotic activity	Improvement of physicochemical characteristics and sensory properties	Rani and Srividya (2016)
Low-fat ice cream	Inulin	-	Prebiotic activity	Improvement of physicochemical characteristics and sensory properties	Akbari <i>et al.</i> (2016)
Yogurt	Inulin and oligofructose	DVS YC-X11Yo-Flex Thermophilic Lactic Culture type Yoghurt CHR	nd	Improvement of texture (viscosity) and sensory properties	Glibowski and Rybak (2016)
Yogurt	Quinoa Flour	<i>Streptococcus thermophiles</i> and <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	nd	Improvement of texture (viscosity)	Codina, Franciuc and Mironeasa (2016)

nd: not determined; GOS: galactooligosaccharides; FOS: Fructooligosaccharides

### 3. APPLICATION OF POTENTIALLY PREBIOTIC FLOURS IN DAIRY FOODS

Flour can be defined as "the product obtained from edible parts of one or more species of cereals, legumes, fruits, seeds, tubers and rhizomes by grinding or by other technological processes that are considered safe for food production" (Brasil, 2005). Generally, flours have a wide application in the food industry, especially in the preparation of bakery products, which has valuable sources of starch, vitamins, essential minerals, and some chemicals compounds with functional properties, such as prebiotics (Maselli and Hekmat, 2016). The transformation of certain raw materials into flour also contributes not only to reduce the postharvest losses but also to increase the shelf life of the products and their commercial value (Silva *et al.* 2015).

Some cereals, fruits and legumes are identified as natural sources of resistant starches (RS), such as maize, wheat, potato and rice flours, respectively. These sources present (dry basis) 11 g/100 g, 1.7 g/100 g, 1.6 g/100 g and 1.7 g/100 g RS, respectively (Fuentes-Zaragoza *et al.* 2011). The RS content in green banana flour (*Musa* sp) can make up to 44 g/100 g. The consumption of RS in Europe and Latin America is still low (3-6 g/day) in relation to the consumption in Asia (8-19 g/day) (Bezerra *et al.* 2013). Therefore, flours that are rich in RS have a high potential for increasing the intake of such component (Silva *et al.* 2015). Due to the low cost of obtaining such flours and their nutritional and technological benefits, the use of flours rich in RS has been extensively studied with the objective to increase the fiber content and reduce the glycemic index of conventional foods. Research studies and practical applications of flours rich in RS are related to the development of a wide variety of foods, such as pasta, premix of ingredients for cake and biscuits, bread, snacks, and chicken nuggets (Giuberti *et al.* 2015).

Because of their technological, nutritional and functional characteristics, flours can be suitable ingredients to be added not only in pasta and bread, but also in other food categories, such as dairy foods. Furthermore, the addition of potentially prebiotic flours in probiotic dairy products constitutes an economically viable alternative for improving the nutritional value and viability of probiotic microorganisms (Ozcan *et al.* 2016).

The use of flours from different sources, such as fruits, fruit skin/peel, cereals, pseudocereals and other vegetables in the manufacture of various dairy foods, represents a good technological potential to obtain a wide range of products with different technological, nutritional, functional, and sensory characteristics (Table 2). In general, flours have shown a

considerable prebiotic effect on probiotic bacteria counts, such as those coming from *Lactobacillus*, *Streptococcus* and *Bifidobacterium*. Among the dairy products that have been studied, fermented milks, yogurts, frozen yogurts and kefir stand out (Zare *et al.* 2011; 2012; Jenie and Saputra, 2013; Kocková *et al.* 2013; Coman *et al.* 2013; Boudjou *et al.* 2014; Casarotti *et al.* 2014; Oliveira *et al.* 2015; Casarotti and Penna, 2015; Maselli and Hekmat, 2016; Sah *et al.* 2016).

**Table 2: Flours with prebiotic potential used in the manufacture of dairy foods**

Flours	Dairy	Lactic and/or Probiotic bacteria	Reference
Lentil flour ( <i>Lens esculenta</i> )	Yogurt	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i>  <i>Lactobacillus acidophilus</i> and <i>Bifidobacterium lactis</i>	Zare <i>et al.</i> (2011); Agil <i>et al.</i> (2013)
Soy flour and pea flour	Yogurt	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> and <i>Lactobacillus acidophilus</i>	Zare <i>et al.</i> (2012)
2, 4 e 6% (w/w) wheat flour and 2, 4 e 6% (w/w) oat flour	Fermented milk	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> and <i>Lactobacillus paracasei</i>	Coman <i>et al.</i> (2013)
40, 50, 60 and 70% (w/w) green banana flour	Yogurt	<i>Bifidobacterium bifidum</i> and <i>Lactobacillus plantarum</i>	Jenie <i>et al.</i> (2013)
1 to 3% (w/w) pea flour	Fermented milk	<i>Bifidobacterium animalis ssp. lactis</i> BB-12 and <i>Lactobacillus acidophilus</i> La-5	Zare <i>et al.</i> (2013)
Cereals and psudocereals flours	Fermented milk	<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	Kocková <i>et al.</i> (2013)
Chestnut flour	Ricotta chesse	<i>Lactobacillus</i> .	Niro <i>et al.</i> (2013)

		<i>paracasei</i> F19	
Chestnut flour	Mousse	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> LGG and RBM526	
1 to 3% (w/w) quinoa flour	Fermented milk	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> La-5 and <i>Bifidobacterium animalis</i> ssp. lactis BB-12	Casarotti <i>et al.</i> (2014)
4% (w/v) bean flour ( <i>Vicia faba</i> L.)	Kefir	<i>Lactobacillus acidophilus</i> and <i>Bifidobacterium lactis</i>	Boudjou <i>et al.</i> (2014)
1% (w/w) green banana, apple, and grape flour	Fermented milk	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> La-5 and <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. lactis BB-12	Casarotti and Penna (2015)
Blueberry flour	Frozen yogurt	<i>Lactobacillus acidophilus</i> and <i>Lactobacillus casei</i>	Oliveira <i>et al.</i> (2015)
3% (w/v) cereals and pseudocereals flour	Fermented milk	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GR-1	Maselli and Hekmat (2016)
1% (w/v) pineapple skin flour	Yogurt	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus casei</i> and <i>Lactobacillus paracasei</i> pp. <i>paracasei</i>	Sah <i>et al.</i> (2016)

The effect of addition of lentil flour on the growth of yogurt bacteria was evaluated by Zare *et al.* (2011). The authors evaluated the growth of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* in yogurts added with 1, 2 and 3% (w/v) of lentil flour. After 28 days at 4 °C, no significant difference was observed ( $p>0.05$ ) in the number of viable cells (CFU/ml) of *Streptococcus thermophilus* between the control (no flour) and test samples. In addition, the *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* count in the test samples was higher ( $p<0.05$ ) compared to the control. The authors suggested that the presence of complex carbohydrates in the lentil flour (i.e., resistant starch, raffinose, stachyose,

verbascose and other oligosaccharides) may have contributed to improvement in the yogurt bacteria count. Similar behavior was reported by Agil *et al.* (2013) who studied the prebiotic potential of lentil flour. Whole ground green lentils were incorporated in 2 g/50 mL milk (4% w/v). Yogurts were prepared with or without lentil powder and containing or not 0.5 mL of one or both probiotic bacteria (*Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* (B-548; USDA) and *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* (14485; ATCC) as well as probiotic bacteria, *L. acidophilus* (B-4495; USDA) and *B. lactis* (41405; USDA)). In general, the yogurt supplemented with lentil flour showed higher counts ( $p < 0.05$ ) of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* compared to the control samples (without addition of flour) at the end of the storage period.

Zare *et al.* (2012) studied the addition of soy, chickpea and pea flours in yogurt formulations fermented by *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactobacillus acidophilus*. After preparation, all samples were submitted to fermentation at 42 °C for 18 h. The authors reported that the pea flour promoted the highest growth ( $p < 0.05$ ) out of the probiotic cultures.

The use of cereal and pseudocereals flours in the development of new probiotic dairy foods was studied by Kocková *et al.* (2013). The authors evaluated the effect of adding rye, barley flour, whole barley, amaranth, buckwheat, whole buckwheat, and whole oat flours on the counts of *Lactobacillus rhamnosus* GG added to fermented milk 5 °C for 21 days. For the study were used 60 g of each homogenized flour with water when preparing fermented substrates. After the storage period, the cereal and pseudocereal flours, except for the whole buckwheat flour, were able to stabilize the counts of *Lactobacillus rhamnosus* counts (6 log CFU/ml). Where amaranth flour showed the highest growth rate, followed by rye flour. On the contrary, the oat flour had the lowest rate among the 10 cereals and pseudocereals used in the study. Thus, it was hypothesized that the cereals and pseudocereals flours were suitable for the manufacture of new probiotic yogurts.

Coman *et al.* (2013) tested the prebiotic potential of buckwheat flour (2, 4, and 6% w/v) and oat bran (2 and 4% w/v) in a symbiotic fermented milk formulation. *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus paracasei* and their combination (SYNBIO®) were also added in the products. The viability of the probiotic strains added to the product containing the selected flours was assessed for 24 days. Thus, all fermented milks that were added either with wheat flour or oat bran showed higher counts of *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus paracasei* compared to the control ( $p < 0.05$ ).

Niro *et al.* (2013) evaluated the prebiotic effect of chestnut flour on the growth of *Lactobacillus paracasei* added to functional ricotta cheese, formulated with 3% chestnut



flour. After 7 days at 5 °C, the authors reported that the addition of flour did not affect the growth of the probiotic bacteria and the count remained constant (10<sup>9</sup> CFU/100 g) throughout the storage period. The symbiotic formulation (with 3 % inulin and 10<sup>9</sup> cfu/serving size of *Lb. paracasei* subsp. *paracasei* F19) altered the sensorial attributes, mainly related to excessive acidification.

The decrease of *Lactobacillus rhamnosus* LGG and RBM526 count in a mousse with chestnut flour during storage (15 °C/120 days) was studied by Romano *et al.* (2014). Both probiotic strains presented losses in viability during storage (15 °C/120 days); however the count above 8 log CFU/g over the first 90 days of storage was observed.

The addition of banana flour (70% w/w) in the manufacture of symbiotic yogurts was studied by Jenie and Saputra (2013). *Bifidobacterium bifidum* and *Lactobacillus plantarum* BSL were added to the pasteurized yogurt at a concentration of 10<sup>9</sup> CFU/ml and samples were stored at 10 °C for 4 weeks. The authors reported that the storage period affected significantly (p<0.05) the mean concentration of *Bifidobacterium bifidum* count and *Lactobacillus plantarum* in yogurts. In general, the addition of banana flour favored the stability of probiotic bacteria, which remained at 9.00 log CFU/ml up to 2 weeks of refrigerated storage. After this period, a slight decrease (8.90 log CFU/ml) in the *Bifidobacterium bifidum* count was observed in the third week while at fourth week, a total concentration of 8.08 log CFU/ml was obtained. Similarly, the *Lactobacillus plantarum* counts also decreased in the course of the storage period, more specifically 8.87 and 8.06 log CFU/ml, in the third and fourth weeks of storage, respectively. The authors suggested that the decreased probiotic count was possibly related to the RS content present in banana flour.

Casarotti *et al.* (2014) investigated the effect of supplementation of fermented milks with quinoa flour as an option to increase the probiotic activity during storage. Fermented milks were manufactured with increasing concentrations of quinoa flour (0, 1, 2, or 3 g/100 g) and the counts of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* La-5 and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 were analyzed in samples stored for 28 days at 4 °C. During storage, the population of *L. acidophilus* La-5 ranged from 7.04 to 7.94 log<sub>10</sub> CFU/mL, whereas the population of *B. animalis* ssp. *lactis* BB-12 ranged from 7.61 to 8.49 log<sub>10</sub> CFU/mL. Although a significant variation was observed in the counts of probiotics, the minimum therapeutic dose - 10<sup>6</sup> and 10<sup>9</sup> CFU/ml - was achieved in all fermented milks until the 28<sup>th</sup> day of storage.

Boudjou *et al.* (2014) evaluated the effects of adding 4% m/v bean flour to kefir on the count of probiotic bacteria (*Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis*). Faba bean

flour supplementation (4%) stimulated bifidogenic microbial growth, increased titratable acidity linearly from day 1 to 21, and reduced pH during kefir storage. After the storage period at 4 °C for 28 days, authors concluded that the addition of bean flour favored the growth of probiotic bacteria throughout the storage period. The probiotic growth in the kefir added with fava flour was 26% higher, compared to the control.

A fruit flour made from banana, apple and grape (1% m/v) was added in fermented milks manufactured with the ABT-4 culture (consisting of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* La-5 and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12) (Casarotti and Penna, 2015). After manufacture, all samples were stored for 28 days at 4 °C and the counts of probiotic bacteria decreased in the course of the storage period. Nevertheless, the minimal effective dose for beneficial health effects in the product (between  $10^6$ - $10^9$  CFU/ml) was maintained in all samples until the end of the storage period. Fermented milks supplemented with fruit flour had higher ( $p < 0.05$ ) counts of *Lactobacillus acidophilus* La-5 and *Bifidobacterium animalis* when compared to the control.

Oliveira *et al.* (2015) studied the viability of *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* in frozen yogurts with either added with *in natura* blueberry pulp or microencapsulated blueberry pulp (maltodextrin as carrier). The authors found that up to the 28<sup>th</sup> day of storage, the frozen yogurt made with fresh blueberry pulp had greater stability for the studied probiotic cultures ( $5.6 \times 10^9$  CFU/g) than the sample formulated with microencapsulated pulp ( $3 \times 10^9$  CFU/g) and the control ( $1.4 \times 10^9$  CFU/g). At the end of the storage period (36 days), all frozen yogurt samples had probiotic counts ranging from 1.1 to 1.9 ( $10^9$  CFU/g).

The effects of supplementing fermented milks with cereal and pseudocereals with 3% (m/v) of grain flours (oats, lentils, rice, barley and quinoa) on the growth of *Lactobacillus rhamnosus* GR-1 was studied by Maselli and Hekmat (2016). The authors reported that the oat, rice, barley and quinoa flours promoted the growth of *Lactobacillus rhamnosus* GR-1 ( $10^8$  CFU/ml) until the 14<sup>th</sup> day of storage. From the 14<sup>th</sup> day onwards, there was a decrease in the probiotics count and authors also observed that skimmed milk added with rice flour was the only matrix to stabilize the *Lactobacillus rhamnosus* count during 28 days of storage.

The addition of pineapple skin flour (1% w/v) as a source of prebiotic fibers in a yogurt formulation was studied by Sah *et al.* (2016). The authors found that when compared to the control yogurts (without flour), the test sample had higher counts of *Lactobacillus acidophilus* (ATCC 4356<sup>TM</sup>), *Lactobacillus casei* (ATCC 393<sup>TM</sup>) and *Lactobacillus paracasei* *pp. paracasei* (ATCC® BAA52 <sup>TM</sup>) after 28 days at 4 °C.

#### 4. SENSORY EFFECTS OF ADDING POTENTIALLY PREBIOC FLOURS IN DAIRY FOODS

Although the addition of potentially prebiotic flours has been shown to be adequate for the development of functional dairy products, it is essential that these products present potential for continuous commercialization. Accordingly, it is utmost important to carry out affective sensory tests in order to assess the consumer acceptance for these products and to generate a sensory profile (i.e., using descriptive tests). That would lead to more details regarding the sensory properties of flour-added dairy foods, which would be available for food companies (Cruz *et al.* 2010). In fact, affective and descriptive tests have been routinely used to analyze functional dairy products (Gaze *et al.* 2015). These sensory tests are essential tasks in the development of functional dairy products, including those that will contain potentially prebiotic flours.

In this sense, sensory studies involving dairy products with added prebiotic flours are scarce and should be carried out prior to the development of the final formulation. Importantly, allied to the addition of flour in the formulation of dairy products, consumers may perceive it differently (positively or negatively). Therefore, some sensory methodologies, such as survival analysis, should be used to determine to which extent certain prebiotic flour can be added to a certain dairy product without negatively affect its sensory acceptance (Esmerino *et al.* 2013; 2015).

Zare *et al.* (2011) evaluated the growth of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (Yogotherm M133) in yogurts added with 1, 2 and 3% (w/v) of lentil flour during storage (28 days) at 4 °C. The yogurt added with 3% of lentil flour had the lowest sensory affect for all the attributes. Yogurt containing 1% or 2% of lentil flour presented similar scores ( $p < 0.05$ ) for smoothness, granulation, flavor and overall acceptance. Consumers noted no difference in the color of yogurts with added lentil flour. Overall, yogurts containing 1-2% of lentil flour were considered comparable to the control sample ( $p < 0.05$ ).

The sensory profile of symbiotic fermented milks (*L. rhamnosus* BMI 501®, *L. paracasei* BMI 502® and SYN BIO®) supplemented with wheat flour at different concentrations was studied during storage at 4 °C. The authors verified a considerable modification on some sensory properties of yogurts in the course of storage, especially in the

sour taste and flavor. The sensory profile of the symbiotic fermented milk (SYNBIO®) with added oat bran remained unchanged and obtained a positive feedback from consumers ( $p < 0.05$ ). The best results and the highest scores for acceptability were obtained for the product added with SYNBIO® and 4% oat bran. Correlation analysis showed that higher acceptability scores were associated with acidic and vegetable odors, astringency, bitter and sweet tastes, consistency and general appearance (Coman *et al.* 2013).

Carvalho Alves *et al.* (2013) added 0.1% (w/v) lyophilized *jabuticaba* skin flour in yogurt (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* and verified that the sensory scores (using a 9-point hedonic scale) generally ranged from 6 (liked slightly) to 7 (liked moderately), except for color and appearance of yogurts, which received lower scores ( $p < 0.05$ ). The color retention of all yogurts was greater than 70% ( $p < 0.05$ ).

Yacon tuber flour was used to manufacture low sugar yogurts fermented by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* and supplemented with 1.58%, 2.56%, 3.00% and 3.86% of yacon tuber flour. The sensory profile descriptors of appearance, texture, aroma and taste of yogurts linearly increased ( $p < 0.01$ ) with the addition of yacon flour. There was no change in sweet and sour tastes, but the odor of 'fermented milk' decreased according to the level of yacon flour added to the yogurt. The sensory acceptance of yogurts was inversely correlated to the level of yacon flour added (Vasconcelos *et al.* 2012).

Kim *et al.* (1993) compared regular fermented milk with yogurt containing rice flour. The authors found that when higher levels of rice flour were added to the products, instrumental lightness of yogurts decreased. The fermented milk containing rice flour had lower scores of texture, aroma and flavor when compared to a commercial yogurt.

Fermented milks manufactured using *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* and *Bifidobacterium* cultures added with passion fruit peel flour were perceived as 'sandy' (texture) by consumers. The control sample (without passion fruit peel flour) was the most preferred among 50 panelists, followed by the fermented milks added with 1% and 2% of passion fruit peel flour. Conversely, the fermented milk added with 3% of passion fruit peel flour was the least preferred. The four types of fermented milk showed significant differences in all attributes: aroma (4.4 to 7.4 - slightly liked to moderately disliked), flavor (3.20 to 7.85 - disliked moderate to liked moderately), acidity (4.22 to 7.31 - liked slightly to disliked moderately), viscosity (4.38 to 5.04 - disliked slightly to indifferent), appearance (4.96 to 7.35 - liked slightly disliked

moderately) and color (5.28 to 7.22 - indifferent to liked moderately). However, the control sample had the highest scores for all sensory parameters (Célia *et al.* 2015).

## **5. PREBIOTIC FLOURS IN DAIRY FOODS: SOME POSSIBLE MECHANISMS**

The addition of flour with potential prebiotic in some foods have shown positive characteristics sensorially (Maselli and Hekma 2016; Spada *et al.* 2016), besides the scientifically proven benefits related to the growth of some microorganisms and their role in human health (De Morais *et al.* 2015; Rolim 2015). However, some of the dairy foods contain flour added as bioactive compounds, which also assist in the defense against oxidative degenerative processes of cellular structures and inflammatory processes, such the phenolic acids (tannins and flavonoids), organic acids and carotenoids (Bastos *et al.* 2009; Moo-Huchin *et al.* 2015). These compounds were previously reported as having antioxidant, hepatoprotective, antibacterial, anti-inflammatory, anticancer and antiviral effects, besides inhibiting lipid peroxidation (Silva, Barreira and Oliveira, 2016).

Functional foods are thought to generate such useful effects as bio-regulation of appetite, biodefence (including immunity and suppression of allergies), prophylaxis against hypertension, diabetes, cancer, hypercholesterolemia, anemia and platelet aggregation (Mitsuoka, 2014). Carotenoids do not only contribute to the amounts of vitamin A ingested but also have an antioxidant role (Grande *et al.* 2016; Surai, Fisinin and Karadas, 2016).

Functional dairy products offers benefits to health that are strengthened by the addition of probiotics, as well as, certain types of soluble fibers known as prebiotics. There is an evident potential for a symbiotic effect of probiotics and prebiotics, since prebiotics promote the growth and activities of probiotics. Inulin, lactulose, oligofructose and polydextrose are prebiotics with proven ability to increase the growth and the counts of probiotic strains (Coman *et al.* 2013).

Codină *et al.* (2016) evaluated the effect of quinoa flour addition on the physicochemical and rheological properties and microstructure of the yogurt. The addition of quinoa flour determined an increase in milk acidity with a reduction of the pH value leading to the milk gel formation. Incorporating of quinoa flour in yogurt formulation can improve its quality especially from its nutritional value. Numerous studies have focused on beneficial components of quinoa flour, due to its content in macronutrients such as proteins, polysaccharides, lipids and micronutrients, such as, minerals and vitamins. Regarding the

protein content, quinoa flour presents adequate levels of essential amino acids in which lysine registers the higher content.

Albuquerque *et al.* (2016) found that okara was the substrate that had the lowest impact on the folate production by all strains evaluated. *Lb. acidophilus* LA-5 ( $297 \pm 36$  ng/mL) and *B. animalis* subsp. *lactis* BB-12 ( $237 \pm 23$  ng/mL) were also able to produce folate after growth in MRS containing acerola and orange by-products, respectively. The amaranth flour also influenced positively on the production of folate among all tested strains. The results of this study demonstrate that folate production is not only strain-dependent but also influenced by the addition of different substrates in the growth media. Further studies are required to understand how these strains are able to increase folate concentrations using the by-products tested in this study.

The effect of addition of apple, banana and grape flours (1% w/v) on the characteristics of fermented milk by culture ABT-4 was evaluated. The supplementation with fruit flours improved *Lactobacillus acidophilus* tolerance to simulate gastrointestinal conditions, specifically at 14 and 28 days of refrigerated storage. On the other hand, only banana flour had a protective effect on *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* after 28 days of storage. This study demonstrated a protective effect of fruit flours on the simulated gastrointestinal resistance of probiotics (Casarotti and Penna, 2015).

According Sarawong *et al.* (2014) the extruded green banana flour presented the antioxidant capacities in free, bound, and total phenolic showed a significant positive correlation with the content of free, bound, and total phenolic measuring by FRAP, ABTS+ and DPPH methods. Nowadays, the industrial flour production from green banana is of interest in view of its nutritional value, especially its increased amount of resistant starch (approximately 40.9–58.5%) (Tribess *et al.* 2009) and dietary fibre (6.0–15.5%) (Da Mota *et al.*, 2000) as well as bioactive compounds like phenolic acids (Aurore *et al.* 2009).

Maselli and Hekma (2016) showed that the addition of a grain flour, particularly white rice flour, acted as a prebiotic to increase the microbial vitality of *L. rhamnosus* GR-1. This would ensure a food product that offers a viable number of probiotics at consumption, even when the product reaches the end of its shelf life. Besides the known therapeutic effects of the specific probiotic strain, the grain flour may contribute additional health benefits to the product.

The development of symbiotic dairy products may attract the industry and consumers interested in an alternative food product for consumption. Besides the known therapeutic

effects of the specific probiotic strain, the addition of flours at the product formulation may contribute to additional health benefits to the product.

## **6. PERSPECTIVES**

In order to consolidate and expand markets of functional dairy products, food companies need to develop products that have additional benefits beyond basic nutrition. This would bring new options for consumers that are willing to pay a premium price for differentiated functional foods, especially those coming from the dairy sector. The addition of flours made from fruits, cereals, pseudocereals and legumes can be considered an excellent alternative from the economical and functional perspectives as flours have ample supply and presents potential prebiotic effects by promoting the growth and enhancing the viability of probiotics, such as *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* bacteria. Integrated studies focused on the development of dairy functional foods must be conducted in order to optimize the amount of flour to be added in each food formulation and to assess not only its impact on the intrinsic quality parameters of the dairy food.

## 7. REFERENCES

- Abuajah C I, Ogbonna A C and Osuji C M (2015) Functional components and medicinal properties of food: a review. *Journal of food science and technology* **52** 2522-2529.
- Aidoo R P, Afoakwa E O and Dewettinck K (2015) Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts. *LWT-Food Science and Technology* **62** 592-597.
- Agil R, Gaget A, Gliwa J, Avis T J, Willmore W G and Hosseinian F (2013) Lentils enhance probiotic growth in yogurt and provide added benefit of antioxidant protection. *LWT-Food Science and Technology* **50** 45-49.
- Akbari M, Eskandari M H, Niakosari M and Bedeltavana A (2016) The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *International Dairy Journal* **57** 52-55.
- Albuquerque M A C, Bedani R, Vieira A D S, LeBlanc J G and Saad S M I (2016) Supplementation with fruit and okara soybean by-products and amaranth flour increases the folate production by starter and probiotic cultures. *International Journal of Food Microbiology* **236** 26-32.
- Al-Sheraji S H, Ismail A, Manap M Y, Mustafa S, Yusof R M and Hassan F A (2013) Prebiotics as functional foods: A review. *Journal of Functional Foods* **5** 1542-1553.
- Aragon-Alegro L C, Alegro J H A, Cardarelli H R, Chiu M C and Saad S M I (2007) Potentially probiotic and synbiotic chocolate mousse. *LWT-Food Science and technology* **40** 669-675.
- Arcia P L, Costell E and Tárrega A (2011) Inulin blend as prebiotic and fat replacer in dairy desserts: Optimization by response surface methodology. *Journal of dairy science* **94** 2192-2200.
- Ares F, Arrarte E, De León T, Ares G and Gámbaro A (2012) Development of functional milk desserts enriched with resistant starch based on consumers' perception. *Food Science and Technology International* **18** 465-475.
- Aurore G, Parfait B and Fahrasmane L (2009) Bananas, raw materials for making processed food products. *Trends in Food Science & Technology* **20** 78-91.
- Balthazar C F, Silva H L A, Celeguini R M S, Santos R, Pastore G M, Junior C C, Freitas M Q, Nogueira L C, Silvia M C and Cruz A G (2015) Effect of galactooligosaccharide



addition on the physical, optical, and sensory acceptance of vanilla ice cream. *Journal of dairy science* **98** 4266-4272.

Balthazar C F, Júnior C C, Moraes J, Costa M P, Raices R S L, Franco R M, Cruz A G and Silva A C O (2016) Physicochemical evaluation of sheep milk yogurts containing different levels of inulin. *Journal of dairy science* **99** 4160-4168.

Bastos D H, Rogero M M and Arêas J A G (2009) Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia* **53** 646-656.

Bezerra CV, Rodrigues A M D C, Amante E R and Silva, L H M D (2013) Nutritional potential of green banana flour obtained by drying in spouted bed. *Revista Brasileira de Fruticultura* **35** 1140-1146.

Brasil. Resolução n.263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para misturas para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/regutec.htm>>. Acesso em: 22 de setembro de 2005.

Boudjou S, Zaidi F, Hosseinian F and Oomah B D (2014) Effects of faba bean (*Vicia faba L.*) flour on viability of probiotic bacteria during kefir storage. *Journal of Food Research* **3** 13-22.

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

Carvalho Alves, A P, Corrêa A D, Pinheiro A C M and Oliveira F C (2013) Flour and anthocyanin extracts of jaboticaba skins used as a natural dye in yogurt. *International Journal of Food Science & Technology* **48** 2007-2013.

Casarotti S N, Carneiro B M and Penna A L B (2014) Evaluation of the effect of supplementing fermented milk with quinoa flour on probiotic activity. *Journal of dairy science* **97** 6027-6035.

Casarotti S N and Penna A L B (2015) Acidification profile, probiotic in vitro gastrointestinal tolerance and viability in fermented milk with fruit flours. *International Dairy Journal* **41** 1-6.

Célia J A, Da Silva M A P, De Oliveira K B, Souza J E L F, Souza D G, De Moura L C, Da Silva R M, Cagnin C, De Freitas B S M, Plácido G R and Caliarri M A (2015) Fermented milk enriched with passion fruit peel flour (*passiflora edulis*): Physicochemical

and sensory aspects and lactic acid bacteria viability. *African Journal of Microbiology Research* **9** 1964-1973.

Codină G G, Franciuc S G and Mironeasa S (2016). Rheological Characteristics and microstructure of milk yogurt as influenced by quinoa flour addition. *Journal of Food Quality* **39** 559-566.

Coman M M, Verdenelli M C, Cecchini C, Silvi S, Vasile A, Bahrim G E, Orpianesi C and Cresci A (2013) Effect of buckwheat flour and oat bran on growth and cell viability of the probiotic strains *Lactobacillus rhamnosus* IMC 501®, *Lactobacillus paracasei* IMC 502® and their combination SYN BIO®, in synbiotic fermented milk. *International journal of food microbiology* **167** 261-268.

Cruz A G, Cadena R S, Walter E H, Mortazavian A M, Granato D, Faria J A and Bolini H. (2010) Sensory analysis: relevance for prebiotic, probiotic, and synbiotic product development. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **9** 358-373.

Cruz A G, Castro W F, Faria J A F, Lollo P C.B, Amaya-Farfán J, Freitas M Q and Godoy, H T (2012) Probiotic yogurts manufactured with increased glucose oxidase levels: Post acidification, proteolytic patterns, survival of probiotic microorganisms, production of organic acid and aroma compounds. *Journal of Dairy Science* **95** 2261-2269.

Cruz A G, Cavalcanti R N, Guerreiro L M R, Sant'Ana A S, Nogueira L C, Oliveira C A F, Deliza R, Cunha R L, Faria J A F and Bolini H M A (2013) Developing a prebiotic yogurt: Rheological, physico-chemical and microbiological aspects and adequacy of survival analysis methodology. *Journal of food engineering* **114** 323-330.

Da Silveira E O, Neto J H L, Da Silva L A, Raposo A E, Magnani M and Cardarelli H R (2015) The effects of inulin combined with oligofructose and goat cheese whey on the physicochemical properties and sensory acceptance of a probiotic chocolate goat dairy beverage. *LWT-Food Science and Technology* **62** 445-451.

De Moraes E C, Lima G C, De Moraes A R and Bolini H M A (2015) Prebiotic and diet/light chocolate dairy dessert: chemical composition, sensory profiling and relationship with consumer expectation. *LWT-Food Science and Technology* **62** 424-430.

Da Mota R V, Lajolo F M, Cordenunsi B R and Ciacco C (2000) Composition and functional properties of banana flour from different varieties. *Starch-Stärke* **52** 63-68.

Esmerino E A, Cruz A G, Pereira E P R, Rodrigues J B, Faria J A F and Bolini H M A (2013) The influence of sweeteners in probiotic Petit Suisse cheese in concentrations equivalent to that of sucrose. *Journal of dairy science* **96** 5512-5521.

Esmerino E A, Paixão J A, Cruz A G, Garitta L, Hough G and Bolini H M A (2015) Survival analysis: A consumer-friendly method to estimate the optimum sucrose level in probiotic petit suisse. *Journal of dairy science* **98** 7544-7551.

Ferrão L L, Silva E B, Silva H L A, Silva R., Mollakhalili N, Granato D, ... and Zacarchenco P B (2016) Strategies to develop healthier processed cheeses: Reduction of sodium and fat contents and use of prebiotics. *Food Research International* **86** 93-102.

Fuentes-Zaragoza E, Sánchez-Zapata E, Sendra E, Sayas E, Navarro C, Fernández-López J and Pérez-Alvarez J A (2011) Resistant starch as prebiotic: A review. *Starch* **63** 406-415.

Gaze L V, Oliveira B R, Ferrao L L, Granato D, Cavalcanti R N, Júnior C C and Freitas M Q (2015) Preference mapping of dulce de leche commercialized in Brazilian markets. *Journal of Dairy Science* **98** 1443-1454.

Giuberti G, Gallo A, Cerioli C, Fortunati P and Masoero F (2015) Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour. *Food chemistry* **175** 43-49.

Glibowski P and Rybak P (2016) Rheological and sensory properties of stirred yoghurt with inulin-type fructans. *International Journal of Dairy Technology* **69** 122-128.

Grande F, Giuntini E B, Lajolo F M and Menezes E W (2016) How do calculation method and food data source affect estimates of vitamin A content in foods and dietary intake? *Journal of Food Composition and Analysis* **46** 60-69.

Guergoletto K B, Magnani M, San Martin J, De Jesus Andrade C G T and Garcia S (2010) Survival of *Lactobacillus casei* (LC-1) adhered to prebiotic vegetal fibers. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **11** 415-421.

Jenie B S L S and Saputra M Y (2013) Sensory evaluation and survival of probiotics in modified banana flour yoghurt during storage [evaluasi sensori dan sintasan probiotik dalam yoghurt tepung pisang modifikasi selama penyimpanan]. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan* **24** 40-47.

Kim M S, Ahn E S and Shin D H (1993) Characteristic of yoghurt containing puffed rice flour. *Korean Journal of Food Science and Technology* **25** 258-263.

Kocková M, Dilongová M and Hybenová E (2013) Evaluation of cereals and pseudocereals suitability for the development of new probiotic foods. *Journal of Chemistry* **414303** 1-8.

Maselli L and Hekmat S (2016) Microbial vitality of probiotic milks supplemented with cereal or pseudocereal grain flours. *Journal of Food Research* **5** 41-49.

Mitsuoka T (2014) Development of functional foods. *Bioscience of Microbiota. Food and Health* **33** 117–128.

Moo-Huchin V M, Moo-Huchin M I, Estrada-León R J, Cuevas-Glory L, Estrada-Mota I A, Ortiz-Vázquez E, Betancur-Ancona D and Sauri-Duch E (2015) Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food chemistry* **166** 17-22.

Niro S, Succi M, Cinquanta L, Fratianni A, Tremonte P, Sorrentino E and Panfili G (2013) Production of functional Ricotta Cheese. *Agro FOOD Industry Hi Tech* **24** 56-59.

Oliveira T P, Pante G C, Tosoni N F, Sereia M J and Júnior B D (2015) Caracterização e aplicação da polpa de mirtilo (*Vaccinium sp.*) in natura e em pó em frozen yogurt. *Brazilian Journal of Food Research* **6** 23-31.

Ozcan O, Ozcan T, Yilmaz-Ersan L, Akpınar-Bayizit A and Delikanli B (2016) The Use of Prebiotics of plant origin in functional milk products. *Food Science and Technology* **4** 15-22.

Pereira E P R, Faria J A F, Cavalcanti R N, Garcia R K A, Silva R, Esmerino E A, Cappato L P, Arellano D B, Raices R S L, Silva M C, Padilha M C, Meireles M A Bolini H M A, Cruz (2016a). A G Oxidative stress in probiotic Petit Suisse: Is the jabuticaba skin extract a potential option? *Food Research International* **81** 149-156.

Pereira E P R, Cavalcanti R N, Esmerino E A, Silva R, Guerreiro L R M, Cunha R L, Bolini H M A, Meireles M A, Faria J A F, Cruz A G (2016b) Effect of incorporation of antioxidants on the chemical, rheological, and sensory properties of probiotic Petit Suisse cheese. *Journal of Dairy Science* **99** 1762-1772.

Prasad L N, Sherkat F and Shah N P (2013) Influence of galactooligosaccharides and modified waxy maize starch on some attributes of yogurt. *Journal of food science* **78** M77-M83.

Rani K S and Srividya N (2016) Effect of inulin, fructooligosaccharides and *L. acidophilus* in formulating a synbiotic yoghurt. *Asian Journal of Dairy & Food Research* **35** 37-40.

Rolim P M (2015) Development of prebiotic food products and health benefits. *Food Science and Technology* **35** 3-10.

Romano A, Blaiotta G, Di Cerbo A, Coppola R., Masi P and Aponte M. (2014). Spray-dried chestnut extract containing *Lactobacillus rhamnosus* cells as novel ingredient for a probiotic chestnut mousse. *Journal of applied microbiology* **116** 1632-1641.

Sah B N P, Vasiljevic T, McKechnie S and Donkor O N (2015) Effect of pineapple waste powder on probiotic growth, antioxidant and antimutagenic activities of yogurt. *Journal of Food Science and Technology* 1-11.

Santos T J, Pieretti G G, Marques D R, Da Silva S M R, Branco I G and Madrona G S (2015) Microbial, physical, chemical and sensory properties of Minas Frescal Cheese with Inulin and gum Acacia (*Acta Scientiarum*). *Technology* **37** 155-160.

Sarawong C, Schoenlechner R, Sekiguchi K, Berghofer E and Ng P K (2014) Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. *Food chemistry* **143** 33-39.

Silva A A, Junior J L B, Barbosa M I M J (2015). Farinha de banana verde como ingrediente funcional em produtos alimentícios. *Ciencia Rural* **45** 2252-2258.

Silva B V, Barreira J C and Oliveira M B P (2016) Natural phytochemicals and probiotics as bioactive ingredients for functional foods: Extraction, biochemistry and protected-delivery technologies. *Trends in Food Science & Technology* **50** 144-158.

Slavin J (2013) Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients* **5** 1417-1435.

Spada J C, Marczak L D, Tessaro I C, Flôres S H and Cardozo N S (2015) Rheological modelling, microstructure and physical stability of custard-like soy-based desserts enriched with guava pulp. *CyTA-Journal of Food* **13** 373-384.

Surai P F, Fisinin V I and Karadas F 2016 Antioxidant systems in chick embryo development. Part 1. Vitamin E, carotenoids and selenium. *Animal Nutrition* **2** 1-11.

Vasconcelos C M, Ferreira C L D L F, Pirozi M R and Chaves J B P (2012) Descriptive analysis of light yogurt supplemented with yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour. *Revista do Instituto Adolfo Lutz* **71** 308-316.

Tárrega A, Torres J D and Costell E (2011) Influence of the chain-length distribution of inulin on the rheology and microstructure of prebiotic dairy desserts. *Journal of Food Engineering* **104** 356-363.

Tribess T B, Hernández-Uribe J P, Méndez-Montevalvo M G.C, Menezes E W, Bello-Perez, L A and Tadini C C (2009) Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. *LWT-Food Science and Technology* **42** 1022-1025.

Valcheva R and Dieleman L A (2016) Prebiotics: Definition and protective mechanisms. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology* **30** 27-37.

Wang Y (2009) Prebiotics: Present and future in food science and technology. *Food Research International* **42** 8-12.

Younis K, Ahmad S and Jahan K (2015) Health benefits and application of prebiotics in foods. *Journal of Food Processing & Technology* **6** 1-7.

Zare F, Boye J I, Orsat V, Champagne C and Simpson B K (2011) Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. *Food Research International* **44** 2482-2488.

Zare F, Champagne C P, Simpson B K, Orsat V and Boye J I (2012) Effect of the addition of pulse ingredients to milk on acid production by probiotic and yoghurt starter cultures. *LWT-Food Science and Technology* **45** 155-160.

## **CAPÍTULO II**

### **EFEITO DA ADIÇÃO DE FARINHA DE ARARUTA (*MARANTA ARUNDINACEA L.*) NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, REOLÓGICAS, ÓPTICAS E FUNCIONAIS DE SOBREMESA LÁCTEA SABOR BAUNILHA**

**Manuscrito em preparação para ser enviado para o *Journal of Dairy Science* (Qualis A2  
– Ciência de alimentos/Capes)**

## RESUMO

A araruta (*Maranta arundinacea* L.) é uma planta alimentícia não convencional (PANC) da família das *Marantaceas* que apresenta potencial alimentício, nutricional, funcional e tecnológico negligenciado. Neste contexto, estudos que avaliem sua utilização na elaboração de produtos alimentícios devem ser incentivados, principalmente na formulação de produtos lácteos, categoria que apresentou grande aumento no consumo nas últimas décadas, impulsionado pelos avanços tecnológicos das indústrias de laticínios, dos processamentos e ingredientes utilizados, que possibilitam a otimização de produtos com maior valor nutricional e funcional. O objetivo do presente trabalho foi avaliar as propriedades físicas, funcionais (amido resistente e índice glicêmico) e do potencial prebiótico da farinha de araruta, bem como, o efeito de diferentes % dessa farinha (controle, 1,5%, 3,0% e 4,0%) nas propriedades reológicas e tecnológicas de uma sobremesa láctea sabor baunilha. Com relação aos aspectos funcionais verificou-se que, a farinha de araruta apresentou elevado teor de amido resistente (29,47%), baixo IG (41,8), além de potencial prebiótico contribuindo para o aumento da contagem de *Lactobacillus casei*. Foi verificado que a % de farinha adicionado às sobremesas afetou a sinérese, as propriedades reológicas, a textura (firmeza e adesividade) e as características microscópicas da sobremesa láctea sabor baunilha. O tamanho de partícula das farinhas afetou diretamente a textura das sobremesas, uma vez que, as farinhas com maior tamanho médio de partículas contribuíram para aumento da firmeza das sobremesas lácteas. Além disso, as sobremesas apresentaram comportamento pseudoplástico ( $n < 1$ ) e notório aumento de consistência e da quantidade de grânulo de amido devido ao aumento do teor de farinha de araruta das amostras.

**Palavras-chaves:** PANC, sobremesa láctea, reologia, prebiótico.



## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos foi possível verificar um crescente desenvolvimento em pesquisas de alimentos com características funcionais, em especial que contribuam para a redução de algumas doenças como a obesidade, doenças cardiovasculares, hipertensão e diabetes *mellitus*, que tem acometido adultos e crianças (Aiessa *et al.*, 2015; Xu *et al.*, 2015; Rezende, 2016, Ren *et al.*, 2016).

O consumo de produtos lácteos, por vários grupos de consumidores, tem apresentado grande aumento nas últimas décadas, impulsionado pelos avanços tecnológicos das indústrias de laticínios, dos processamentos e dos ingredientes utilizados cada vez mais inovadores, possibilitando a otimização de produtos com maior valor nutricional e funcional.

Algumas dessas pesquisas (Cardarelli *et al.*, 2008; Agil, 2013; Boudjou *et al.*, 2014; Casarotti *et al.*, 2014) têm envolvido o uso de ingredientes naturais oriundos de plantas nativas das regiões, inclusive brasileiras, de modo que possam ser exploradas e aproveitadas como complemento das necessidades nutricionais da população. Muitas dessas espécies regionais apresentam potencial alimentício negligenciado, podendo ser classificadas como plantas alimentícias não convencionais (PANC). Existe uma enorme variedade de PANC, com diversos benefícios para a saúde humana, podendo ser utilizado como complementação, ou até mesmo na diversificação dos cardápios e dos nutrientes ingeridos (Kinupp e Lorenzi, 2014).

Países tropicais e subtropicais, que apresentam grande biodiversidade, possuem uma enorme variedade de PANC's com potencial para pesquisa na formulação de produtos alimentícios (Kinupp e Lorenzi, 2014). Segundo Aprianita *et al.* (2014), a farinha e amido de tubérculos e raízes não convencionais podem ser utilizados para substituir a farinha de trigo em certas aplicações alimentares. No entanto, o potencial destas plantas não foi totalmente utilizado, principalmente devido à falta de conhecimentos gerais sobre processabilidade e propriedades funcionais destes materiais.

Dentre estes tubérculos, destaca-se a araruta (*Maranta arundinacea L.*) uma planta herbácea da família das *Marantaceas*, cuja as cultivares de maior relevância no Brasil são a creoula, a banana e a comum, que é a mais difundida comercialmente além de produzir a fécula de melhor qualidade (Leonel, Cereda e Sarmiento, 2002). Comumente esta olerícola é utilizada como ingrediente na formulação de pães e biscoitos, devido às características de seu amido, que são consideradas incomparáveis, conferindo leveza aos produtos (Neves, Coelho e Almeida, 2005).

Além da qualidade de seu amido, a farinha de araruta apresenta características desejáveis para uso na indústria alimentícia, tais como: elevado teor de fibras, elevada capacidade de geleificação e quantidade significativas de amido resistente (Zárate e Vieira, 2005), que contribuíram para a melhoria nas propriedades sensoriais (textura) e a sobrevivência dos probióticos em iogurte (Abesinghe *et al.*, 2012), como também em produtos extrudados, que apresentaram uma melhoria em suas propriedades físicas e funcionais em função do teor de amido resistente nesta farinha (Aprianita *et al.*, 2014; Younis, Ahmad e Jahan, 2015).

As sobremesas lácteas possuem característica gelatinosa e consistência semi-sólida, propriedades sensoriais de grande importância para decisão de compra do consumidor, assim a adição de ingredientes funcionais e de elevado valor nutricional deve ser realizada de forma a manter as propriedades já esperadas e conhecidas desse tipo de produto. O controle das características reológicas dos alimentos, conhecida como uma ciência que estuda a deformação e o escoamento dos líquidos pela influência da aplicação de forças mecânicas, é capaz de traduzir e monitorar as propriedades texturais percebidas pelo consumidor, como cremosidade, maciez, estabilidade, aparência entre outros. Além de desempenhar um papel importante no desenvolvimento e processamento desses produtos (Fisher e Windhab, 2011; Correa *et al.*, 2005).

Apesar da potencialidade, existem poucos estudos sobre a utilização da farinha araruta em alimentos, em especial na de produtos lácteos. Dentre os produtos lácteos, as sobremesas lácteas, devido a sua praticidade de consumo, e dos avanços tecnológicos nas indústrias de laticínios, se tornaram uma grande tendência para a produção desses alimentos funcionais (Morais *et al.*, 2015).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a adição de farinha da araruta nas propriedades físico-químicas, reológicas, ópticas, tecnológicas e funcionais de sobremesa láctea sabor baunilha.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Obtenção da Farinha de Araruta

As amostras de araruta orgânica (*Maranta arundinacea L.*) do cultivar comum, foram obtidas do Sistema integrado de Produção Agroecológica (SIPA)/Fazendinha agroecologia, localizado em Seropédica – RJ (latitude: 22°45'24" S e longitude: 43°40'27" O - Sistema geodésico brasileiro SIRGAS 2000).

Após pré-lavagem, para retirada das sujidades mais grosseiras da superfície dos rizomas, as amostras foram higienizadas em solução de hipoclorito de sódio (200 ppm de cloro livre) por 15 minutos.

Após processo de descascamento, as amostras foram cortadas em rodela de 1,5 a 2 cm de diâmetro e desidratadas em estufa de circulação contínua de ar (Modelo PE 14 – Pardal, Brasil) por 5 horas, à temperatura de 65 °C. Após esta etapa as ararutas foram trituradas em multiprocessador de uso doméstico (Modelo RI 7625 - PHILIPS, Brasil) e peneiradas (250 mesh). A farinha obtida foi acondicionada em recipientes de vidro, devidamente lacrados e mantidos sob temperatura de congelamento.

### 2.2. Rendimento da farinha de araruta

O rendimento da farinha foi calculado segundo AOAC (2008) conforme Equação 1.

$$\text{Rendimento \%} = \frac{P-p}{p} * 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

P = massa (g) da amostra antes da desidratação

p = massa (g) da amostra após desidratação

### 2.3. Quantificação do teor de umidade da farinha de araruta

Para determinar a umidade foi pesado aproximadamente 1 g da amostra de farinha de araruta, em uma cápsula de porcelana, e submetida à desidratação por 7 horas à 105 °C, em seguida a cápsula com a amostra foi resfriada em dessecador até verificação de peso constante.

O teor de umidade foi determinado mediante a Equação 2.

$$\text{Umidade \%} = \frac{P - p}{p} * 100 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

P = massa (g) da amostra seca (após passar pela estufa)

p = massa (g) da amostra antes da secagem

### 2.4. Quantificação do teor de amido resistente na farinha de araruta

O teor de amido resistente da farinha de araruta foi realizado, baseando-se nas metodologias de Homayouni *et al.* (2014) e Goñi *et al.* (1996), com algumas adaptações. Foram preparadas soluções para as faixas de pH necessárias à ativação de cada catalisador e soluções com enzimas protease, amiloglicosidase e  $\alpha$ -amilase para fase de digestão.

Aproximadamente 0,1 g da amostra foi pesada em erlenmeyer de 50 mL, adicionado de 10 mL de tampão KCl/HCl de 0,1 mL de solução de pepsina. Após esse processo, a amostra foi condicionada à 40 °C por uma hora sob agitação constante. Já resfriada, foram adicionados na amostra 9 mL de tampão Trismaleato (0,1 M e pH 6,9) e 1 mL de  $\alpha$ -amilase, para então submete-la à 37 °C por 16 horas sob agitação constante. Feito isso, a amostra foi filtrada em vácuo e o resíduo transferido para um erlenmayer de 50 mL com a adição de mais 3 mL de água destilada e 3 mL de solução KOH (2M), para em seguida seguir à agitação por 30 minutos em temperatura ambiente. Sucessivamente foram adicionados 5,5 mL de HCl (1M), 3 mL de tampão acetato de sódio (0,1 M e pH 4,75) e 80  $\mu$ L de amiloglicosidase, para que a amostra fosse então submetida à 60 °C por 45 minutos em agitação constante. Após esse processo a amostra foi filtrada novamente, e o resíduo dessa filtração lavado com 10 mL de água destilada.

Para a quantificação do teor de amido resistente, utilizou-se a metodologia Somogyi (1952), utilizando-se uma curva padrão de glicose e leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda de 540 nm.

## 2.5. Determinação do índice glicêmico da farinha de araruta

O índice glicêmico da farinha de araruta foi estimado por meio da hidrólise do amido segundo a metodologia proposta por Frei, Siddhuraju e Becker (2003). Foi pesado 0,05 g da amostra e depositado em erlenmeyer de 30 mL com 10 mL de tampão HCl-KCl (pH 1,5) e 0,2 mL de uma solução contendo 1 mg de pepsina porcina, a partir de mucosa gástrica. A amostra foi então encubada a temperatura de 40 °C por 60 minutos, em banho-maria com agitação constante. Após esse procedimento, foram adicionados 15 mL de tampão Trismaleato (pH 6,9) e 5 mL de uma solução contendo Trismaleato e  $\alpha$ -amilase. A amostra foi levada a banho-maria com agitação constante à 37 °C.

Foram retiradas alíquotas de 0,1 mL a cada 30 minutos, do início até passados 180 minutos. Foi adicionado 1 mL de tampão acetato de sódio (0,4 M e pH 4,75) e 30  $\mu$ L de amiloglicosidase. A amostra foi incubada a 60 °C por 45 minutos para que ocorresse a hidrólise do amido, assim, a área sob a curva de hidrólise (AUC) foi calculada segundo Equação 3.

$$AUC = C_{\infty}(t_f - t_0) - (C_{\infty}/k)[1 - \exp[-k(t_f - t_0)]] \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$t_f$  = tempo final (180 min)

$t_0$  = tempo inicial (0 min)

O índice de hidrólise (HI) foi obtido dividindo a área sob a curva de hidrólise da amostra pela área correspondente de uma amostra de referência, como a curva de glicose. Por fim, a estimativa de índice glicêmico (EIG) foi prevista pela Equação 4.

$$EIG = 39,71 + (0,549 \times HI) \quad \text{Equação 4}$$

## 2.6. Distribuição do tamanho de partícula da farinha de araruta

A análise de distribuição de partículas da farinha da araruta foi realizada segundo metodologia proposta por Afoakwa *et al.* (2009) utilizando analisador de tamanho de partícula por difração laser (MALVERN Instrument LTD). Foram avaliados o diâmetro médio D [4,3], correspondente ao volume médio das partículas e o diâmetro médio de Sauter D [3,2].

## 2.7. Análises ópticas na farinha de araruta

Os parâmetros de cor instrumental da farinha de araruta foram determinados de acordo com a metodologia proposta por Ndangui *et al.* (2014). A determinação da cor das farinhas de araruta e das sobremesas foi realizada com a utilização de um colorímetro (Braseq) de acordo com as coordenadas L\*, a\*, b\*. Onde L\* representa o parâmetro de luminosidade da amostra, variando do preto (0) ao branco (100). A coordenada a\* representa a variação da cor verde (-a) ao vermelho (+a). A coordenada b\* representa a variação da cor azul (-b) ao amarelo (+b).

O croma (C\*) foi calculado a partir da Equação 5 e o índice de brancura (IB) foi calculado a partir da Equação 6:

$$C^* = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \text{Equação 5}$$

$$IB = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2} \quad \text{Equação 6}$$

## 2.8. Determinação do potencial prebiótico da farinha de araruta em sistema-modelo

O potencial prebiótico da farinha de araruta foi determinado utilizando-se leite UHT (3% de gordura) adicionado de 0% (controle), 0,5%; 1,5%; 2,0% e 4,0% p/v de farinha de araruta e 100 mg (6 Log Unidades Formadoras de Colônia (UFC)) de *Lactobacillus casei* 01 (Chris Hansen, Valinhos- São Paulo), totalizando 5 sistemas-modelo.

Após o preparo da cada um dos sistemas-modelo, as amostras de leite com e sem farinha de araruta foram distribuídas em tubos de ensaios contendo 9 mL de leite integral (3,4% gordura, Itambé, Brasil) que foram acondicionados em estufa à 37 °C. O crescimento do *Lactobacillus casei* 01 foi realizado nos tempos: 0, 15, 30, 60, 90, 120, 240, 300, 360, 420, 480, 540 e 600 minutos, utilizando agar De Man Rogosa e Sharp (MRS, Himedia, India) 37 °C em aerobiose por 72 horas. Os resultados foram expressados em log UFC/mL.

Paralelamente nos intervalos de tempo mencionados, foi determinado o pH das amostras de cada um dos sistemas-modelo utilizando um potenciômetro, segundo metodologia de Buriti, Castro e Saad (2010).

## 2.9. Processamento da sobremesa láctea sabor baunilha

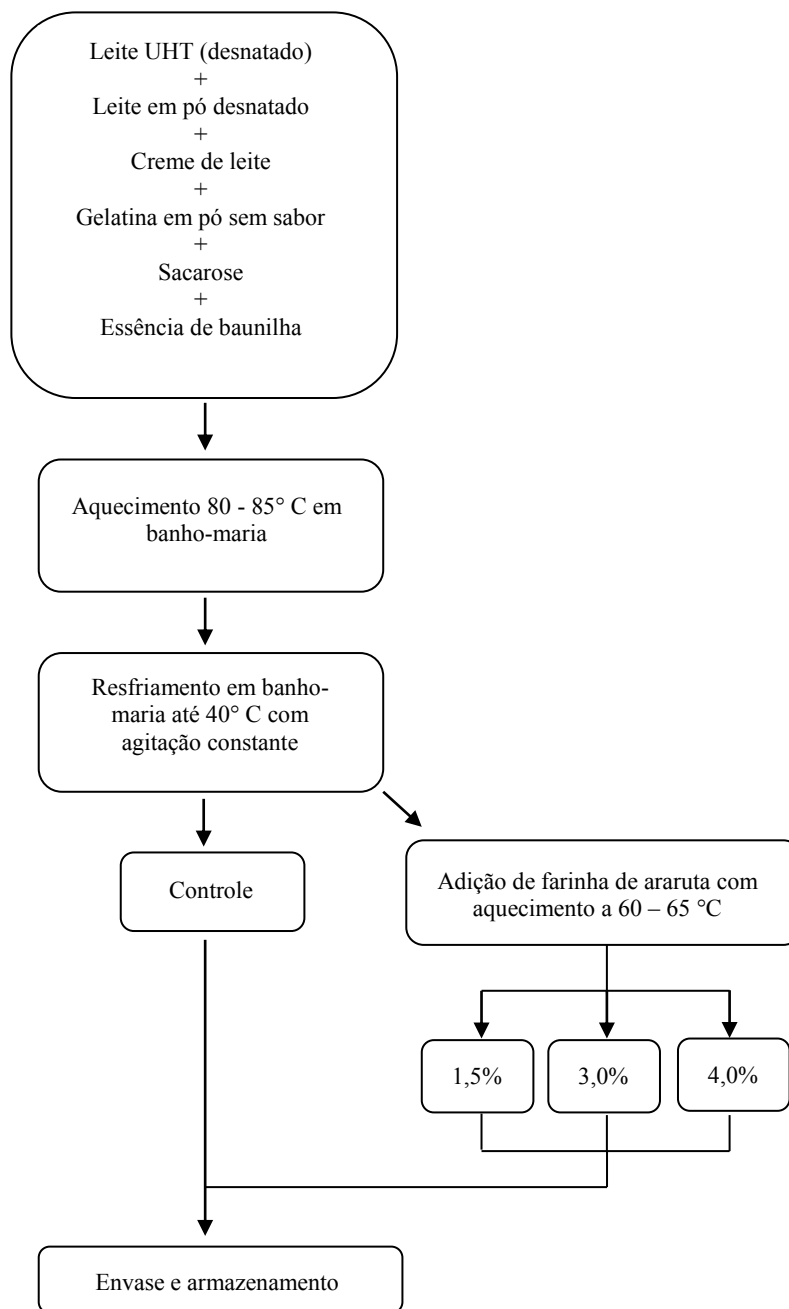
Para a obtenção das sobremesas lácteas foram realizados quatro ensaios em escala piloto, utilizando os ingredientes descritos na Tabela 1.

Tabela 1: **Formulação das sobremesas lácteas adicionadas de farinha de araruta**

Sobremesa láctea (%)	Controle	1,5%	3,0%	4,0%
Leite	54	54	54	54
Creme de leite	28	28	28	28
Leite em pó desnatado	3,8	2,86	2,5	2,3
Gelatina em pó sem sabor	1,6	1,6	1,6	1,6
Sacarose	12,6	12,0	10,86	10,06
Essência de baunilha	0,04	0,04	0,04	0,04
Farinha de araruta	0,0	1,5	3,0	4,0
Total (%)	100	100	100	100

Foram estudadas as formulações controle (sem adição da farinha de araruta) e as adicionadas de 1,5%, 3,0% e 4,0% p/p de farinha de araruta. Os ingredientes foram pesados

nas proporções descritas na Tabela 1 para cada formulação, homogeneizados e submetidos ao aquecimento na faixa de 80 a 85 °C em banho-maria (Figura 1).



**Figura 1:** Fluxograma de processamento da sobremesa láctea sabor baunilha

A elaboração da sobremesa láctea foi realizada no laboratório de Processamento Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, segundo a metodologia proposta por Aragon-Alegro *et al.* (2007), com algumas alterações (retirada da etapa de incorporação de ar e do agente emulsionante). Após esse procedimento, foi realizado



um resfriamento para temperatura de 40 °C. As amostras da sobremesa láctea foram envasadas e armazenadas à 4 °C, por 28 dias.

#### **2.10. Determinação do pH das sobremesas lácteas**

O pH das sobremesas lácteas foi determinado em potenciômetro (Highmed, modelo HMMPB-210), em triplicatas, segundo metodologia proposta por Buriti, Castro e Saad (2010), no período de estocagem de 28 dias à 4 °C.

#### **2.11. Determinação de sinérese das sobremesas lácteas**

A avaliação da sinérese das sobremesas lácteas foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Charoenrein, Tatirat e Muadklay (2008). A sobremesa láctea foi pesada (50 g) em tubos falcon e centrifugados a 1000 g durante 15 minutos. A determinação da sinérese foi realizada no período de estocagem de 0, 7, 14, 21 e 28 dias, sendo avaliado à temperatura de 4 °C. A porcentagem de sinérese foi calculada como a razão entre o peso do líquido separado da sobremesa ao peso total da amostra antes da centrifugação, conforme Equação 7.

$$\% \text{ Sinerese} = \frac{w_l}{w_t} * 100 \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

w<sub>l</sub> = peso do líquido separado da sobremesa após centrifugação

w<sub>t</sub> = peso total da amostra antes da centrifugação

#### **2.12. Índice de estabilidade de creme (*Creaming stability*)**

A estabilidade das sobremesas lácteas sob refrigeração foi avaliada utilizando o índice de estabilidade de creme (IC) das sobremesas estudadas, segundo metodologia proposta por Spada *et al.* (2016). A 20 g da sobremesa foi pesada e colocada em tubos cilíndricos, tampados e armazenados sob refrigeração por 72 horas. O índice foi calculado a partir da Equação 8:

$$IC = 100\left(\frac{HS}{HD}\right)$$

Equação 8

Onde:

HD = altura total da sobremesa

HS = altura da camada de soro claro que possivelmente pode surgir após armazenamento.

### 2.13. Determinação da cor na sobremesa láctea

Os parâmetros de cor instrumental das amostras das sobremesas lácteas foram determinados de acordo com a metodologia proposta por Ndangui *et al.* (2014).

A determinação da cor das sobremesas foi realizada com a utilização de um colorímetro (Braseq) de acordo com as coordenadas L\*, a\*, b\*. Onde L\* representa o parâmetro de luminosidade da amostra, variando do preto (0) ao branco (100). A coordenada a\* representa a variação da cor verde (-a) ao vermelho (+a). A coordenada b\* representa a variação da cor azul (-b) ao amarelo (+b).

O croma (C\*) foi calculado a partir da Equação 9 e o índice de brancura (IB) foi calculado a partir da Equação 10:

$$C * = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Equação 9

$$IB = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}$$

Equação 10

### 2.14. Propriedades reológicas da sobremesa láctea

Para determinação das propriedades reológicas das sobremesas estudadas, os ensaios foram realizados segundo metodologia proposta por Arancibia *et al.* (2015). As medições foram realizadas em reômetro de tensão controlada (Paar Physica MCR 300 Anton Paar GmbH, Graz, Áustria), utilizando a geometria de cone-placa (4 cm, 2° e gap de 1 mm). As análises foram realizadas em temperatura de  $10 \pm 1$  °C, com 10 minutos de descanso após carregar a amostra e a temperatura dos ensaios foi mantida com auxílio de sistema de controle de temperatura Physica TEK 150P.

### 2.14.1. Comportamento de fluxo

Para a obtenção das curvas de fluxo, foi realizada uma varredura de tensão de cisalhamento com taxa de deformação crescente (1 a 200 s<sup>-1</sup>) por 60 s e em sequência inversa pelo mesmo período de tempo. Os dados da curva foram ajustados ao modelo de Ostwald-de Waele (Equação 11) e ao modelo de Herschel-Bulkley (Equação 12) através de análise de regressão não-linear usando software STATISTICA 8.0 (Statsoft, Tulsa, OK, EUA).

$$\sigma = k\gamma^n \quad \text{Equação 11}$$

$$\sigma = \sigma_0 + k\gamma^n \quad \text{Equação 12}$$

Em que  $\sigma$  é a tensão de cisalhamento (Pa),  $\sigma_0$  é a tensão de cisalhamento residual,  $k$  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).

### 2.14.2. Ensaios oscilatórios

Nos ensaios oscilatórios,  $G'$  (módulo de armazenamento) e  $G''$  (módulo de perda) foram medidos a frequências entre 1 e 10 Hz, com um valor de tensão constante igual a 0,3 Pa. Dentro do intervalo de viscoelasticidade linear, a qual foi determinada através de ensaios preliminares de varrimento de amplitude de deformação (0,01 - 10%), com uma frequência fixa de 1 Hz (dados não mostrados). A tangente do ângulo de fase representa a razão entre as propriedades viscosas e elásticas das amostras e foi determinada de acordo com a Equação 13.

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} \quad \text{Equação 13}$$

Os módulos de armazenamento ( $G'$ ) e de perda ( $G''$ ) foram utilizados para o cálculo do módulo complexo ( $G^*$ ) de acordo com a Equação 14.

$$G^* = \sqrt{G'^2 + G''^2} \quad \text{Equação 14}$$

O modelo do gel crítico de Winter e Chambon (1986) foi utilizado para a avaliação das mudanças nas propriedades viscoelásticas das amostras em função da frequência (Equação 15) (Mackû *et al.*, 2009). Os dados foram ajustados através de análise de regressão não-linear usando *software* STATISTICA 8.0 (Statsoft, Tulsa, OK, EUA).

$$G^* = A_F f^{1/z}$$

Equação 15

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

### **2.14.3. Análise de textura da sobremesa láctea**

O método utilizado para análise de textura das sobremesas estudadas foi sugerido por Cardarelli *et al.* (2008). Individuais recipientes contendo cerca de 35 g de amostra cada foram submetidos a compressão, utilizando um analisador de textura (TA.XT. Plus Texture Analyser), com coluna de 5 kg e probe de 20mm. A sonda penetrou a uma profundidade de 10mm a  $1\text{mm/s}^{-1}$ , voltando ao ponto de partida com igual velocidade. Os parâmetros de textura foram avaliados utilizando o software (Exponent lite, versão 6.1.3).

### **2.15. Microscopia ótica**

As amostras das quatro formulações da sobremesa láctea foram dispostas em lâminas e observadas a uma ampliação de 20x em um microscópio de luz (Nikon Eclipse E400) e microfotografias foram registradas para análise, com a utilização de uma câmera (Nikon DXM-1200C) ligada a um computador com o programa Nikon ACT-1C.

### **3. ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Todas as análises foram realizadas em triplicatas e os resultados foram expressos em valores médios  $\pm$  desvio padrão. A análise estatística foi realizada por meio da análise de variância (ANOVA) e teste Tukey ao nível de 5% de significância, para comparação das médias.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Rendimento e umidade da farinha de araruta

A farinha de araruta apresentou  $46,92\% \pm 0,02$  de rendimento, porcentagem superior ao encontrado no estudo de Aprianita *et al.* 2014 (32%) com farinha de araruta e 40% com farinha de mandioca. O estudo elaborado Bertolini *et al.* (2010) verificou 30% de rendimento na elaboração de farinha de banana verde. O estudo de Freitas *et al.* (2015) avaliou o rendimento das farinhas de resíduo de polpas congeladas de morango e cupuaçu, encontrando 27,8% no morango e 52,14% no cupuaçu. Araújo *et al.* (2016) verificou em seu estudo o rendimento de farinha de batata doce em diferentes temperaturas de desidratação, reportando percentuais de 25,25% a 40 °C, 24,11% a 50 °C e 18,43% a 60 °C.

A umidade de  $16,87\% \pm 0,11$  se encontra um pouco acima das especificações da agência nacional de vigilância sanitária (ANVISA) que estabelece um valor máximo de 15% para o teor de água de farinhas (BRASIL, 2005). Da Silva *et al.* (2016) verificou em seu estudo um percentual de 14% de umidade em farinha de berinjela do cultivar Embu, já o estudo de Becker *et al.* (2013) reportou valores menores no teor de umidade em farinhas de três genótipos diferentes de arroz, IRGA 417 (12,27%), BRS Primavera (10,21%) e CNA 8502 (10,54%).

### 4.2. Determinação do teor de amido resistente e o índice glicêmico da farinha de araruta

O teor de amido resistente encontrado nas amostras de farinha de araruta foi de  $29,47\% \pm 1,24$ , valor ligeiramente menor ao reportado por Aprianita *et al.* (2014) que verificou em seu estudo 33,2% de amido resistente neste mesmo tipo de farinha.

Comparando-se a farinha de araruta a fontes de amido resistente, como a farinha de banana verde que possui em média valores de amido resistente entre 10% a 41% (dependendo do tipo de cultivar), pode-se verificar que a farinha de araruta (29,47%) possui uma quantidade apreciável deste carboidrato (Tribess *et al.*, 2009; Ramos, Leonel e Leonel, 2009; Alkarkhi *et al.*, 2011).

Ramos, Leonel e Leonel (2009) avaliaram em seu estudo a diferença na quantidade de amido resistente presente em treze diferentes espécies de bananas verdes, e encontraram um valor médio de 25,13% entre as espécies. Fontinha e Correia (2016) verificaram na

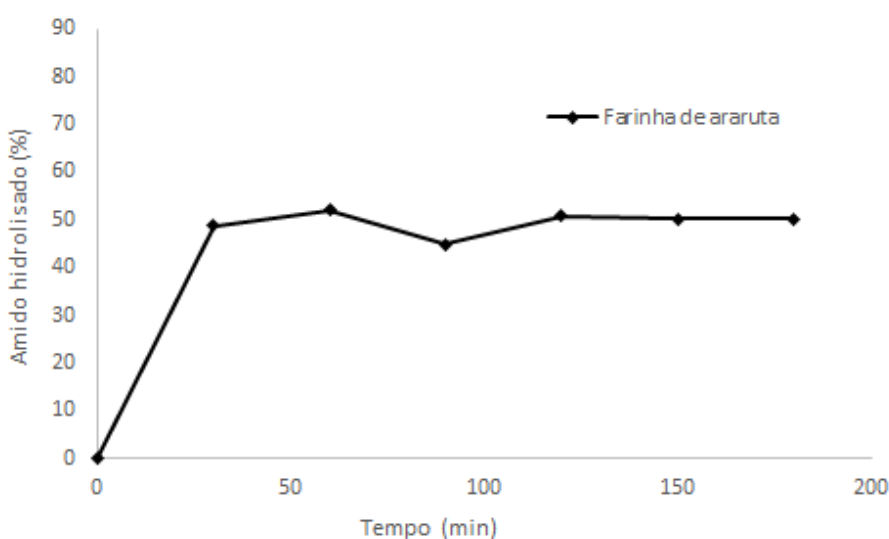
farinha de castanha de variedade Martainha, uma quantidade de 38,6% de amido resistente, segundo o estudo de Lunn e Buttriss (2007) a farinha de milho possui 11% de amido resistente.

O amido resistente se caracteriza pela porção que não é hidrolisada ao passar pelo trato gastrointestinal, mas é fermentada no cólon, sendo um substrato para fermentação das bifidobactérias. Estudos defendem essa fermentação como benéfica à saúde, pois atuam no aumento da absorção de água e de sais, além de atuar na diminuição do risco de câncer de cólon, influenciando a melhora da saúde gastrointestinal dos seres humanos. Por possuir baixo índice glicêmico, auxiliam no controle da diabetes, nos níveis de colesterol e de triglicérides (Fuentes-Zaragoza *et al.*, 2010; Fuentes-Zaragoza *et al.*, 2011).

O consumo de amido resistente na América Latina e Europa é ainda muito baixo (3-6 g/dia) quando comparado a regiões como a Ásia (8-19 g/dia) (Bezerra *et al.*, 2013), o consumo de quantidades inferiores a 45 g/dia de farinha de araruta do presente estudo já seria suficiente para atender ao padrão de consumo semelhante ao da população asiática.

O índice glicêmico (IG) é um método utilizado para classificação dos alimentos ricos em carboidratos quanto a sua velocidade de liberação de glicose no sangue. Alimentos com IG menor que 55 são classificados como baixo IG, ou seja, a liberação de glicose na corrente sanguínea ocorre de maneira lenta e gradativa, entre 56 e 69 médio IG e acima de 70 alimentos com alto IG (Brand-Miller *et al.*, 2003).

A cinética da digestibilidade *in vitro* do amido da farinha de araruta está apresentada na Figura 2.



**Figura 2:** Taxa de hidrólise *in vitro* do amido da farinha de araruta

A farinha de araruta do presente estudo apresentou IG de 41,8, sendo classificado como baixo IG. Ratnaningsih *et al.* (2016) em seu estudo com cinco variedades de feijão caupi da Indonésia encontrou valores de IG um pouco mais elevado que o da farinha de araruta, entre 45,46 e 48,14, mas ainda assim se enquadrando em um alimento com baixo IG. Ren *et al.* (2016) encontrou valores superiores com painço foptail, entre 76,2 e 93,6 caracterizando as amostras como alto IG, ou seja, sugerindo que após a ingestão destas amostras ocorre uma rápida liberação de glicose no organismo. O estudo de Rolim *et al.* (2011) verificou o perfil glicêmico de pães formulados com diferentes porcentagens de farinha de Yacon, os autores relataram que o pão controle (sem farinha de Yacon) apresentou IG de 63, a formulação com 6% de farinha de Yacon apresentou IG de 59 e a formulação com 11% de farinha de Yacon IG de 42, sendo possível observar que o tubérculo alterou positivamente o perfil glicêmico do pão, reduzindo a níveis de baixo IG.

A constante cinética ( $k$ ) da farinha de araruta apresentou valor de 0,086 e a porcentagem de amido hidrolisado no equilíbrio ( $C_{\infty}$ ) de 51,5%. Frei, Siddhuraju and Becker (2003) também estudaram o comportamento cinético de digestibilidade *in vitro* do amido de seis amostras de arroz submetidas aos tratamentos de retrogradação e de cozimento. Estes autores reportaram valores de  $k$  entre 0,129 para a cultivar de arroz Karaya retrogradado e 0,021 para cultivar Milagrosa também retrogradada. Os valores de  $C_{\infty}$  variaram entre 85,4% para cultivar Karaya cozida e 35,0% para a cultivar Bagoean retrogradada. Chung, Shin e Lim (2008) encontraram valores de  $k$  menores, entre 0,016 a 0,038 em seu estudo com dez amostras de amido de milho quimicamente modificado e  $C_{\infty}$  maiores entre 64,9 a 93,0%.

Uma dieta saudável preconiza o alto consumo de carboidratos, sendo em sua maioria alimentos ricos em carboidratos com IG baixo (Da Silva *et al.* 2016). Os benefícios para saúde com o consumo de alimentos com baixo IG incluem melhor controle de glicose no sangue, controle de peso, redução de gordura corporal gradativa e maior saciedade (Foster-Powell *et al.*, 2002; Ren *et al.* 2016). A utilização da farinha de araruta na sobremesa láctea se caracteriza como um potencial produto para pessoas que desejam controlar o peso, manter uma dieta mais saudável e uma alternativa de sobremesa aos que possuem Diabetes *mellitus*, pois o consumo não gera picos de liberação de glicose, sendo liberada de forma mais gradativa e vagarosa na corrente sanguínea.

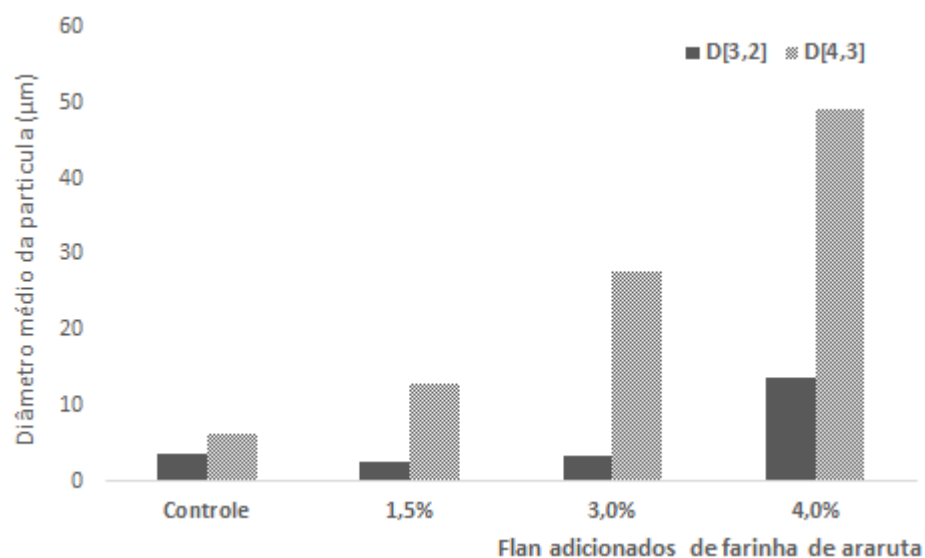


### 4.3. Distribuição do tamanho de partículas

A distribuição do tamanho de partícula (PSD) tem sido usada para controlar a consistência de produtos sólidos e líquidos e para auxiliar no processamento tecnológico e caracterização reológica (Afoakwa *et al.*, 2009). A viscosidade pode ser determinada pela composição, tipo de processamento e PSD, entretanto não é o único fator que influencia as características reológicas, logo as alterações relacionadas a PSD devem ser acompanhadas do controle de todo sistema produtivo que contribuem para as alterações nas propriedades físicas, comportamento de fluxo e carácter sensorial (Afoakwa, Paterson e Fowler, 2008).

Servais *et al.* (2002) descreveram que misturas de chocolates com partículas menores (D [4,3] 8,5  $\mu\text{m}$ ) e partículas maiores (D [4,3] 17,0  $\mu\text{m}$ ), influenciaram na relação entre a fração de envase e a viscosidade, além do rendimento do produto. A proporção de 60% de partículas maiores para 40% de partículas menores proporcionou menor viscosidade. O uso da PSD para o ajuste da viscosidade do chocolate reduz a utilização de tensoativos (Ziegler, Mongia, e Hollender, 2001).

O número de partículas maiores encontrados nas sobremesas lácteas foi superior ao número de partículas menores, como mostra a Figura 2, uma vez que D [4,3] apresentou valores maiores do que o D [3,2] para todas as amostras. O mesmo foi observado por Leite (2013) em seu estudo sobre o processamento de suco de laranja concentrado utilizando homogeneização a alta pressão.



**Figura 3:** Diâmetro médio de partícula baseado na área de superfície (D [3,2]) e volume (D [4,3]).

Na Figura 3 é possível observar que com o aumento na quantidade de farinha de araruta adicionada à sobremesa láctea, o tamanho médio das partículas foi aumentando, o que pode gerar um aumento da consistência e contribuir para um fluxo mais complexo e com maior atrito. Tal efeito pode ser verificado nas características reológicas, onde a amostra controle (sem adição de farinha de araruta) apresentou os maiores valores de  $\tan\delta$ , indicando que essa amostra é menos consistente que as amostras adicionadas de farinha de araruta.

Quanto maior o valor do módulo complexo ( $G^*$ ) maior a firmeza, e a amostra formulada com 4,0% de farinha de araruta apresentou  $G^*$  cerca de 4 vezes maior que a amostra controle, assim é possível observar que a amostra mais firme foi a formulada com 4,0% e a que obteve o maior tamanho médio de partículas.

#### 4.4. Características ópticas

A farinha de araruta apresentou valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  de  $89,15 \pm 0,96$ ,  $-0,04 \pm 0,015$  e  $17,82 \pm 0,74$  respectivamente,  $C^*$  de  $17,82 \pm 0,74$  e IB  $79,13 \pm 0,27$ . O estudo de Pagani *et al.*, (2015) verificou  $a^*$  2,80 em farinha de bata doce branca e valor de  $a^*$  2,36 com farinha de batata doce branca adicionada de 1% de ácido ascórbico. Techeira *et al.* (2014) relatou em seu estudo índice de brancura 79,65 para farinha de mandioca amarela. Lunardi, Da Rosa e Pererira (2016) em seu estudo com farinhas de amora-preta após desidratação em estufa à 60 °C valor de  $b^*$  um pouco inferior (16).

#### 4.5. Potencial prebiótico in vitro da farinha de araruta

Com relação ao potencial prebiótico, verificou-se que a adição de farinha de araruta às formulações estudadas, favoreceu o crescimento dos *Lactobacillus casei* (Tabela 2).

Tabela 2: Log UFC/mL de *Lactobacillus casei* e pH de leite UHT adicionados de diferentes % de farinha de araruta, no tempo zero e após 600 minutos de incubação.

% Farinha de araruta (FA)	Log UFC/mL <i>Lactobacillus casei</i>		pH	
	T= 0 min	T= 600 min	T= 0 min	T= 600 min
0,0%	$6,00 \pm 0,0$	$8,00 \pm 0,03$	$6,55 \pm 0,01$	$4,75 \pm 0,02$
0,5%	$6,00 \pm 0,0$	$11,05 \pm 0,09$	$6,55 \pm 0,01$	$4,37 \pm 0,03$
1,5%	$6,00 \pm 0,0$	$11,44 \pm 0,17$	$6,55 \pm 0,01$	$3,54 \pm 0,0$
2,0%	$6,00 \pm 0,0$	$11,97 \pm 0,06$	$6,55 \pm 0,01$	$3,04 \pm 0,01$

4,0%	6,00 ± 0,0	11,84 ± 0,07	6,55 ± 0,01	3,01 ± 0,01
------	------------	--------------	-------------	-------------

Após 600 minutos de fermentação, observou-se que as amostras de leite adicionadas de farinha de araruta apresentaram um aumento que variou de 3,05 a 3,97 Log UFC/mL, em comparação ao controle (Tabela 2). A presença de carboidratos complexos na farinha de araruta como o amido resistente, pode ter contribuído para aumento da contagem de bactérias do leite UHT.

Comportamento semelhante foi reportado por Zare *et al.* (2011) e Agil *et al.* (2013) que avaliaram o efeito da adição de farinha de lentilha sob o crescimento de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Lactobacillus acidophilus*, em iogurte. Ao final do tempo de estocagem, os autores verificaram um crescimento bacteriano de até 8,35 Log UFC/mL em (Zare *et al.*, 2011) e de 8,20 Log UFC/ml, ambos em iogurte adicionado de 2,0 g de farinha de lentilha por 50 mL de leite (Agil *et al.*, 2013). Segundo estes autores, a presença de carboidratos complexos na farinha de lentilha, como amido resistente, rafinose, e outros oligossacarídeos, pode ter sido os responsáveis pelo aumento da contagem de bactérias no iogurte.

Em todas as amostras adicionadas de farinha de araruta, o valor final de UFC/mL ficou acima do recomendado para caracterização de um alimento probiótico (7 Log UFC/mL) (Casarotti *et al.*, 2014).

Na Figura 4 está apresentada a evolução do pH em função do tempo (minutos) do leite adicionado de diferentes porcentagens de farinha de araruta.

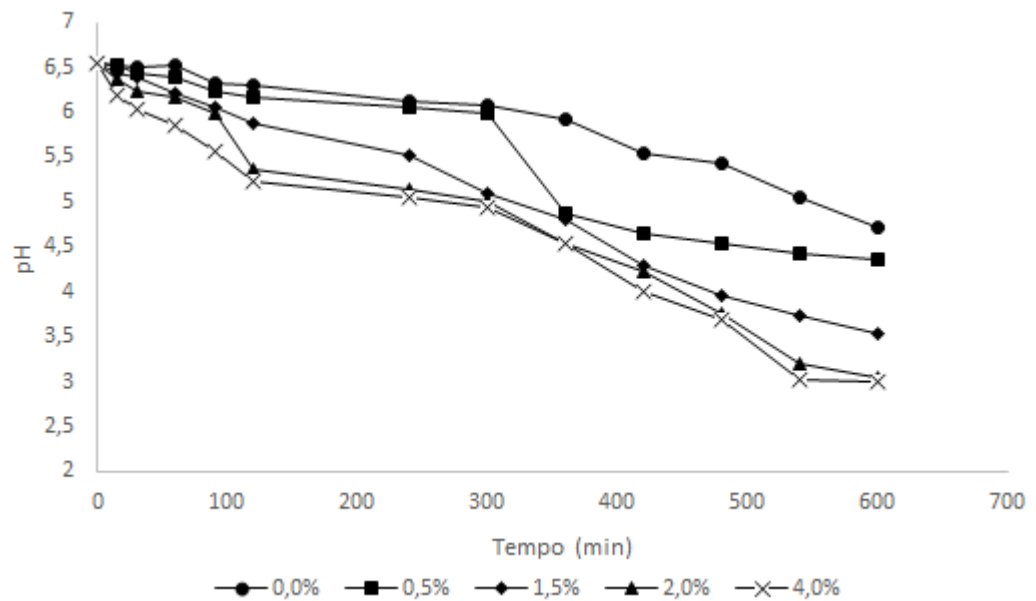


Figura 4: Evolução do pH do leite adicionados *Lactobacillus casei* e diferentes % de farinha de araruta pelo tempo.

Observou-se a redução do pH em função do tempo e da quantidade de farinha de araruta adicionada (Figura 4), ou seja, quanto maior a porcentagem de farinha menores foram os valores do pH, ao final do tempo de fermentação.

As mesmas características foram reportadas por Coman *et al.* (2013) em estudo com leite fermentado simbiótico (*Lactobacillus rhamnosus* e *Lactobacillus paracasei*) adicionado de farinha de trigo (controle, 2, 4 e 6% p/v) e farelo de aveia (controle, 2 e 4% p/v). A evolução do pH e da contagem dos microrganismos foram avaliadas por 24 horas, onde os autores relatam uma queda nos valores de pH e contagens maiores dos microrganismos nas amostras contendo a farinha de trigo e o farelo de aveia, quando comparadas com o controle.

Boudjou *et al.* (2014) verificaram o crescimento de bactérias probióticas, a redução do pH e o aumento da acidez titulável durante 21 dias em kefir adicionado de 4% m/v de feijão. Jenie, Saputara e Widaningrum (2013) justificou a redução do pH em seu estudo com iogurte adicionado de farinha de banana verde pela produção de ácidos orgânicos oriunda da fermentação dos microrganismos. Zare *et al.* (2012) relata que com a adição de ingredientes prebióticos que favorecem o crescimento das cepas probióticas, ocorre um maior decréscimo do pH oriundo da formação dos ácidos orgânicos produto da fermentação das bactérias.

#### 4.6. pH

O valor de pH não apresentou alterações significativas ( $p>0,05$ ) nos primeiros sete dias de estocagem, em nenhum dos quatro tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3: **Varição do pH nas sobremesas lácteas estudadas durante 28 dias de estocagem**

Tratamento	0	7	14	21	28
<b>Controle</b>	$6,27 \pm 0,17^a$	$6,53 \pm 0,05^a$	$6,80 \pm 0,08^{ab}$	$6,74 \pm 0,05^a$	$6,41 \pm 0,06^c$
<b>1,5%</b>	$6,04 \pm 0,03^a$	$6,55 \pm 0,01^a$	$6,74 \pm 0,07^{ab}$	$6,87 \pm 0,05^a$	$6,57 \pm 0,01^b$
<b>3,0%</b>	$6,23 \pm 0,22^a$	$6,57 \pm 0,01^a$	$6,66 \pm 0,02^b$	$6,87 \pm 0,20^a$	$6,67 \pm 0,02^a$
<b>4,0%</b>	$6,32 \pm 0,14^a$	$6,56 \pm 0,02^a$	$6,59 \pm 0,30^a$	$6,89 \pm 0,09^a$	$6,70 \pm 0,01^a$

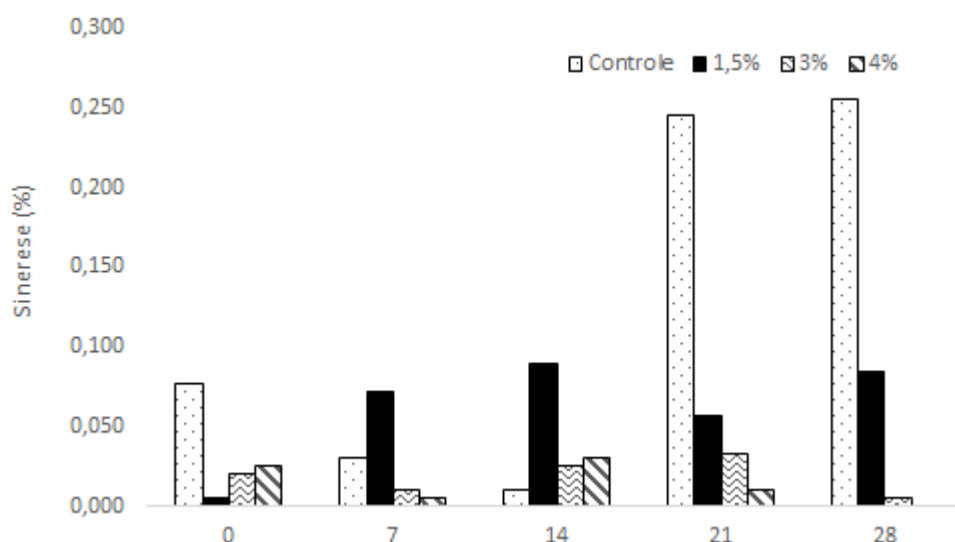
Letras diferentes na mesma coluna apresenta diferença significativa estatisticamente ( $p<0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

Resultado semelhante foi descrito por Spada, 2014, onde o valor de pH da sobremesa a base de soja controle (5,17) e o valor da sobremesa a base de soja adicionada de mucilagem de chia (5,10) não tiveram diferença significativa ( $p>0,05$ ). No décimo quarto dia, as amostras controle e com 1,5% de farinha de araruta se mantiveram com valores semelhantes, o que não ocorreu com a sobremesa nos tratamentos com 3 e 4,0%. No vigésimo primeiro dia pode-se observar novamente uma estabilidade entre os valores de pH nas amostras, conforme havia sido visualizado nos sete primeiros dias, com valores mais próximos a neutralidade. Valencia, 2015 verificou em seu estudo com que a amostra sem a adição de frutooligosacarídeo nem de *Lactobacillus paracasei* LBC81 obteve nos 28 dias a menor alteração de pH quando comparado as outras amostras.

No vigésimo oitavo dia de armazenamento pode-se notar uma alteração significativa ( $p<0,05$ ) nos valores de pH entre as amostras controle e 1,5%.

#### 4.7. Sinérese e índice de estabilidade de creme nas amostras de sobremesa láctea

Na Figura 5 estão apresentados os resultados de sinérese avaliados durante 28 dias de estocagem do produto à 4 °C.



**Figura 5:** % de sinérese nas amostras de sobremesa láctea formuladas com diferentes % de farinha de araruta durante 28 dias de estocagem sob refrigeração à 4 °C

De forma geral, as sobremesas lácteas formuladas com farinha de araruta apresentaram menor % de sinérese em comparação ao controle, ao final dos 28 dias de estocagem (Figura 5), sinalizando um efeito positivo da adição deste ingrediente no controle deste fenômeno nas amostras estudadas. As amostras não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre elas avaliando a cada semana.

A sinérese é um fenômeno que afeta negativamente a qualidade das sobremesas lácteas sendo, portanto, um parâmetro essencial para a escolha dos ingredientes da formulação desses produtos (Lobato *et al.*, 2009). Durante o armazenamento a frio de sobremesas formuladas com amido gelatinizado, pode haver a formação da sinérese, devido a reorganização das moléculas desse polissacarídeo e posterior liberação da água contida no interior da cadeia (sinérese). (Cereda *et al.*, 2001; Weber, Queiroz e Chang, 2008; Zhu, 2014; Alcázar-Alay e Meireles, 2015; Vamadevan e Bertoft, 2015).

No entanto, amidos que apresentam maior proporção de amilpectina em comparação amilose, tendem a apresentar menor tendência retrogradação diminuindo o fenômeno de sinérese, uma vez que as moléculas de amilose tendem a formar estruturas helicoidais, formando géis após a gelatinização do grânulo, decorrente principalmente da reassociação das macromoléculas de amido sendo bem mais rapidamente formado com moléculas de amilose. Já a reassociação das moléculas de amilopectina, devido a sua estrutura ramificada, é menor e mais lenta devido à dificuldade que possuem em se rearranjarem. (Lindeboom, Chang e Tyler, 2004; Weber, Queiroz e Chang, 2008).

Rodrigues (2014) avaliou em seu estudo as características do amido de araruta, comparando as variedades comum com a ovo de pata, e observou uma grande diferença no teor de amilose entre as amostras, onde a variedade comum apresentou 17,8 % de teor de amilose e a variedade ovo de pata 35,96 %. Essa diferença nas estruturas do amido pode apresentar alterações nas aplicações em alimentos, uma vez que quanto maior o teor de amilose contido na farinha, maior será sua tendência à retrogradação, e consequente efeito de sinérese. Segundo Weber, Queiroz e Chang (2008) amidos com maiores teores de amilopectina apresentam maior estabilidade à retrogradação, uma vez que a reassociação das moléculas de amilopectina, que possuem sua estrutura ramificada, é menor e mais lenta devido à dificuldade que elas possuem em se rearranjarem, apresentando consequentemente maior estabilidade a sinérese. Desse modo, a adição da farinha de araruta da variedade comum na sobremesa láctea apresenta maior característica de retenção de água.

Valência (2015) verificou um efeito positivo na redução da sinérese em seu estudo, adicionando 0,2% de goma xantana em uma sobremesa láctea cremosa de chocolate. No estudo de Oliveira (2015) a adição de amido modificado em queijo tipo *petit suisse* também reduziu o processo de perda de soro dos queijos, apresentando benefícios para o controle da sinérese.

Os resultados de índice de estabilidade de creme apresentaram IC 0%, o que também foi verificado por Spada (2016). Mesmo as formulações da sobremesa láctea apresentando sinérese, principalmente na amostra controle e na amostra adicionada 1,5%, não foi possível verificar valores quantificáveis de IC, o que mostra uma separação de fase ínfima.

#### **4.8. Caracterização óptica das amostras de sobremesa láctea**

A seleção de alimentos depende de muitos aspectos associado às características sensoriais, desempenhando um papel na determinação da escolha do consumidor e grau de satisfação, influenciando o limiar gustativo, a percepção de doçura e amargor, preferência e aceitação (Alves e Boog, 2007). A cor está cada vez mais importante na indústria de alimentos e como estes são exibidos, sendo um parâmetro indicativo no controle de qualidade, juntamente com outras características como aroma, sabor e textura (Crepaldi, 2006).

Na Tabela 5 abaixo estão apresentados os valores das coordenadas de cor, do Croma (C\*) e do índice de brancura (IB) das amostras de sobremesa láctea formuladas com diferentes porcentagens de farinha de araruta.

**Tabela 5: Coordenadas colorimétricas, Cromo e índice de brancuras de amostras de sobremesa láctea adicionadas de farinha de araruta**

<b>Tratamento</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>C*</b>	<b>IB</b>
<b>Controle</b>	89,08 ± 0,33 <sup>a</sup>	-0,67 ± 0,01 <sup>ab</sup>	17,47 ± 0,29 <sup>a</sup>	17,48 ± 0,28 <sup>a</sup>	79,38 ± 0,42 <sup>a</sup>
<b>1,5%</b>	90,46 ± 0,20 <sup>a</sup>	-0,74 ± 0,03 <sup>ab</sup>	16,45 ± 0,33 <sup>a</sup>	16,47 ± 0,33 <sup>a</sup>	80,97 ± 0,50 <sup>a</sup>
<b>3,0%</b>	90,12 ± 0,21 <sup>a</sup>	-0,63 ± 0,09 <sup>a</sup>	15,30 ± 0,10 <sup>b</sup>	15,31 ± 0,09 <sup>b</sup>	81,78 ± 0,16 <sup>a</sup>
<b>4,5%</b>	88,74 ± 0,97 <sup>a</sup>	-0,82 ± 0,06 <sup>b</sup>	13,78 ± 0,36 <sup>c</sup>	13,80 ± 0,29 <sup>c</sup>	82,18 ± 0,45 <sup>a</sup>

Médias com letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa estatisticamente ( $p < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey. IB: índice de brancura; C; Cromo, L, a e b: coordenada de cor

Os valores de luminosidade (L\*) não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os quatro tratamentos, atingindo maior valor ( $90,46 \pm 0,20$ ) na amostra com 1,5% de farinha de araruta e menor valor na amostra com 4,5% de adição de farinha de araruta ( $88,74 \pm 0,97$ ). Resultados semelhantes foram verificados por Vidigal (2009), em seu estudo com sobremesa láctea adicionado de concentrado proteico de soro, em diferentes concentrações, onde não foi verificada alterações significativas entre os valores de luminosidade nas diferentes amostras. Entretanto, avaliando os valores de coloração avermelhada (a\*) e coloração amarelada (b\*) pode-se observar uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) com o aumento gradativo da quantidade de farinha de araruta adicionados às amostras, caracterizando uma tendência na alteração dos parâmetros a\* e b\* com a adição de farinha ao produto, variando de  $-0,82 \pm 0,06$  com o sobremesa láctea adicionado de 4,5% de farinha de araruta a  $-0,63 \pm 0,09$  com o sobremesa láctea adicionado de 3,0% de farinha de araruta.

Nas amostras controle e 1,5%, não foi possível verificar uma diferença entre ambos na saturação da cor (C\*), apresentando C\* semelhantes, já os tratamentos com 3,0% e 4,5% apresentam uma variação significativa ( $p < 0,05$ ) com o aumento da adição de farinha, indicando que concentrações maiores da farinha de araruta podem diminuir a saturação da cor do sobremesa láctea, Spada (2015) verificou em seu estudo com sobremesa a base de soja 10,6 de C\*, próximo ao valor relatado pelo estudo de Çakmakçı *et al.* (2015), com C\*10,24 em formulação de sorvete adicionado 4,0% p/p de farinha de oleastro (*Elaeagnus angustifolia* L.). O índice de brancura (IB) entre os quatro tratamentos não apresentou diferença significativa ( $p > 0,05$ ), logo a adição de farinha de araruta à sobremesa láctea não alterou esse parâmetro. Valores semelhantes de IB foram verificados por Tolentino (2013) em queijo de

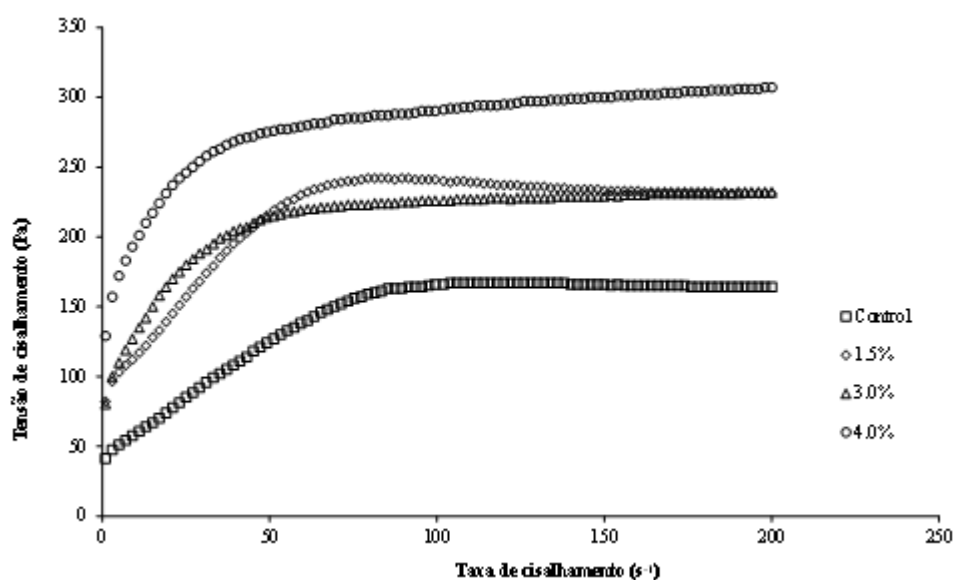


massa semidura de leite cru (80,61) e em queijo de massa semidura de leite cru com alecrim (80,12), Bosi (2008) verificou valores de IB próximos a 60 em requeijão cremoso light.

## 4.9. Propriedades reológicas da sobremesa láctea

### 4.9.1. Curvas de Fluxo

Na Figura 6 estão apresentadas as curvas típicas de escoamento em estado estacionário ( $\sigma \times \dot{\gamma}$ ) obtidas para varredura de tensão de cisalhamento das amostras de sobremesa. É possível observar que todas as amostras apresentaram comportamento nitidamente pseudoplástico ( $n < 1$ ). Todas as amostras apresentaram tensão superficial cujo valor aumentou gradativamente com o acréscimo do teor de farinha de araruta presente nas formulações. Isso indica um possível aumento de viscosidade com o aumento do teor de farinha de araruta. Além disso é possível observar um aumento do perfil de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação com o aumento do teor de farinha. Embora as formulações com 1,5% e 3,0% não tenham apresentado diferença significativa, a amostra com 4% foi nitidamente superior ao controle.



**Figura 6:** Curva de fluxo de escoamento em estado estacionário das amostras de sobremesa formuladas com adição de 0% (controle) ( $\square$ ), 1,5% ( $\diamond$ ), 3,0% ( $\Delta$ ) e 4,0% ( $\circ$ ) de farinha de araruta.

Os dados de tensão de cisalhamento ( $\sigma$ ) em função da taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ) foram tentativamente ajustados ao modelo de Ostwald–de Waele e ao modelo de Herschel-Bulkley. A Tabela 6 apresenta os valores médios de tensão de cisalhamento residual ( $\sigma_0$ ), índice de consistência ( $k$ ) e índice de comportamento ( $n$ ) para as amostras de sobremesa.

Tabela 6: Valores médios dos parâmetros  $\sigma_0$  (tensão de cisalhamento residual),  $k$  (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.

	Amostra	$\sigma_0$ (Pa)	$k$ (Pa.s <sup>n</sup> )	$N$	$R^2$
Lei da Potência	Controle	-	39,184 <sup>c</sup> ± 2,557	0,291 <sup>a</sup> ± 0,014	0,8789
	1,5%	-	95,853 <sup>b</sup> ± 5,231	0,184 <sup>b</sup> ± 0,012	0,8828
	3,0%	-	108,057 <sup>b</sup> ± 3,510	0,155 <sup>b</sup> ± 0,007	0,8702
	4,0%	-	157,685 <sup>a</sup> ± 2,834	0,131 <sup>c</sup> ± 0,004	0,9360
	Amostra	$\sigma_0$ (Pa)	$k$ (Pa.s <sup>n</sup> )	$N$	$R^2$
Herschel-Bulkley	Controle	38,07 <sup>c</sup> ± 0,01	38,529 <sup>c</sup> ± 2,556	0,293 <sup>a</sup> ± 0,014	0,8784
	1,5%	85,09 <sup>b</sup> ± 0,03	95,039 <sup>b</sup> ± 5,247	0,185 <sup>b</sup> ± 0,012	0,8825
	3,0%	77,92 <sup>b</sup> ± 0,01	107,194 <sup>b</sup> ± 3,525	0,155 <sup>b</sup> ± 0,007	0,8699
	4,0%	126,99 <sup>a</sup> ± 0,01	156,781 <sup>a</sup> ± 2,848	0,131 <sup>c</sup> ± 0,004	0,9358

Análises realizadas em duplicata. Valores são expressos como média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa de acordo com o teste de Tukey (p<0.05). FA: Farinha de araruta

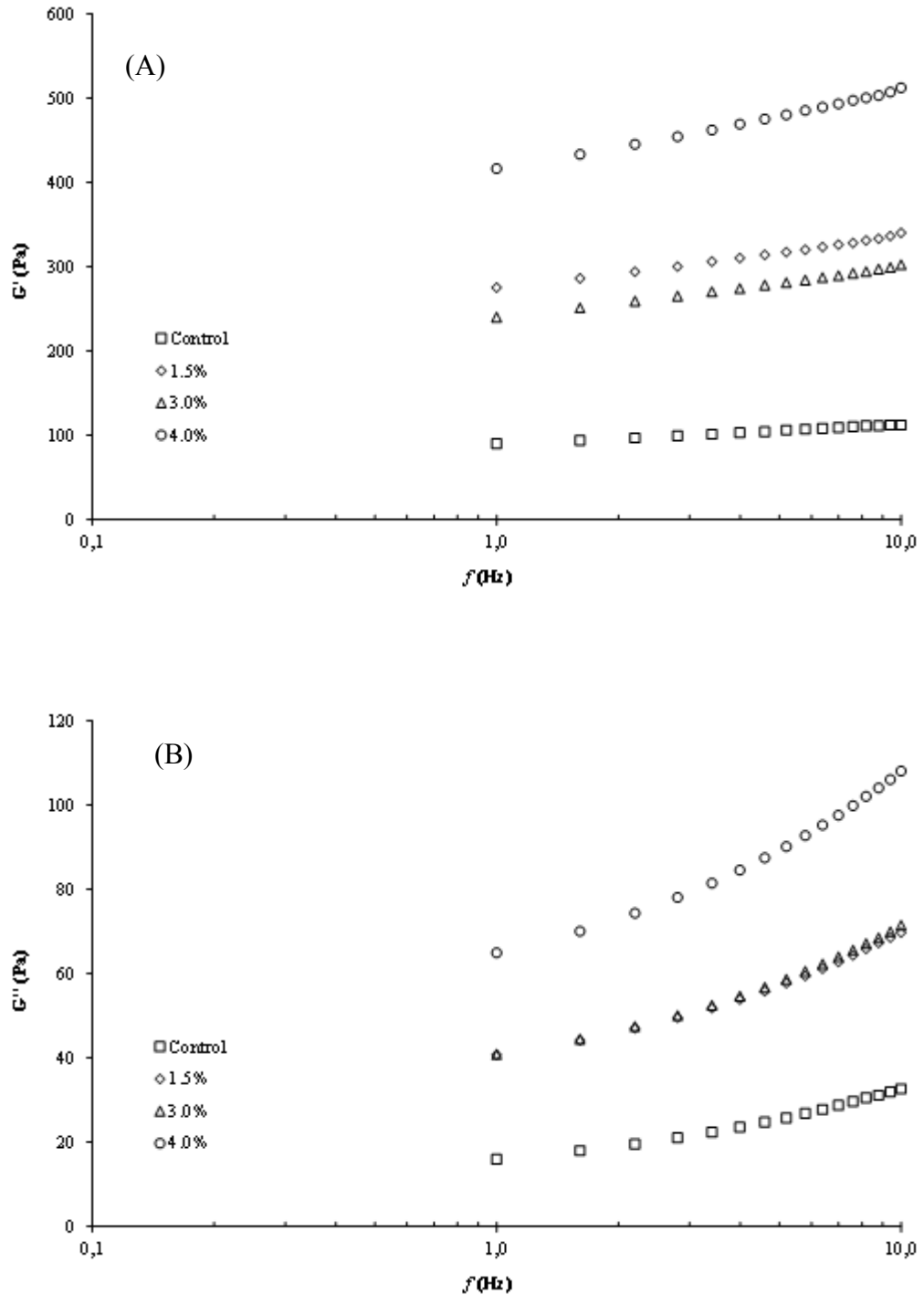
Foi possível observar que ambos modelos apresentaram ajustes razoáveis e muito próximos entre si. A tensão residual de um material viscoelástico corresponde ao valor limite em que quando a tensão aplicada decresce, observa-se um comportamento típico de um sólido no material analisado. A tensão residual normalmente está correlacionada ao “corpo” e “colherabilidade” das amostras (Javidi *et al.*, 2016). A tensão apresentou tendência de aumento com o aumento do teor de farinha de araruta na formulação. O valor de  $\sigma_0$  para a amostra com 4% de farinha de araruta (126,99 Pa) foi cerca de 4 vezes maior que da amostra controle (38,07 Pa). O índice de consistência ( $k$ ) está relacionado à viscosidade, o qual afeta a textura das formulações de sobremesa (Javidi *et al.*, 2016). O índice de consistência aumentou com o aumento do teor de farinha de araruta nas formulações das amostras apresentando valores muito próximos entre os obtidos pelo ajuste à lei da potência e ao modelo de Herschel-Bulkley. Esse aumento na tensão residual e na consistência das amostras provavelmente deve-se ao aumento do teor de fibra devido à incorporação da farinha.

Em geral, o aumento do teor de farinha promoveu o aumento da interação intermolecular entre as moléculas de proteína e a água diminuindo a mobilidade da matriz proteica tornando a amostra mais consistente. Todas as amostras apresentaram comportamento pseudoplástico ( $n < 1$ ), em que a viscosidade aparente diminuiu com o aumento da taxa de deformação aplicada. Esse comportamento pode estar relacionado ao fato de que as macromoléculas, como as moléculas de proteína e gordura, tendem a se orientar na direção do movimento do fluido diminuindo, portanto, a resistência ao escoamento com o aumento da taxa de deformação (Damodaran, 1997). O aumento do teor de farinha de araruta incorporado na formulação aparentemente promoveu uma diminuição no índice de comportamento indicando um aumento do caráter pseudoplástico dessas amostras.

#### 4.9.2. Ensaios Oscilatórios

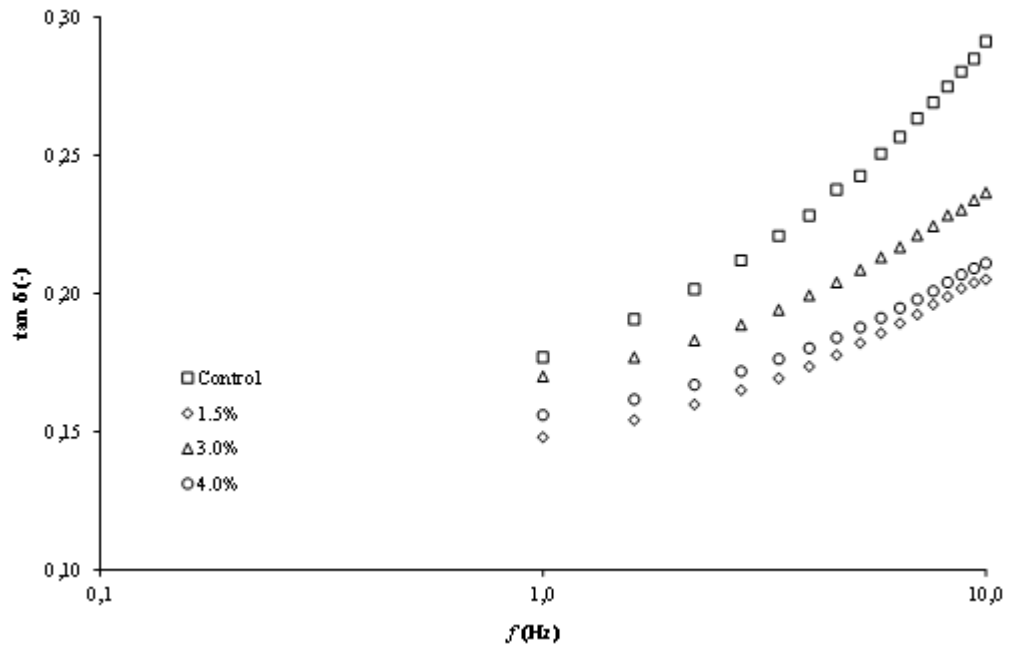
As amostras de sobremesa apresentam um comportamento viscoelástico, isto é, quando submetidas à uma certa deformação parte da energia mecânica fornecida foi armazenada na forma elástica e parte foi perdida (Lucey *et al.*, 2003). Tais propriedades viscoelásticas puderam ser determinadas por ensaios dinâmicos oscilatórios de baixa amplitude nos quais foram mensurados os módulos de armazenamento ( $G'$ ) e de perda ( $G''$ ) (Lucey *et al.*, 2003). O módulo de armazenamento ( $G'$ ) 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 de perda ( $G''$ ) é a medida da energia dissipada ou perdida por ciclo de oscilação (Sanchez, *et al.*, 1996).

Nas Figura 7A e 7B estão apresentados os espectros mecânicos das amostras de sobremesa com relação a  $G'$  e  $G''$ , respectivamente. É possível verificar que as amostra controle, apresentou o menor perfil de  $G'$ . Já a amostra adicionada de 4% de farinha apresentou os maiores valores. Isso indica um ganho considerável de rigidez tanto devido à diminuição do teor de gordura quanto devido ao aumento do teor fibras devido a incorporação da farinha o que proporcionou um aumento da consistência das amostras. Também é possível verificar que com o aumento da frequência há um aumento dos valores de  $G'$  para todas as amostras. Contudo, é possível observar que a amostra controle apresentou inclinação significativamente menor que as demais amostras, indicando uma maior estabilidade das propriedades elásticas da amostra controle com o tempo de estocagem.



**Figura 7:** Módulo elástico (A) e módulo viscoso (B) das amostras de sobremesa formuladas com adição de 0% (controle) ( $\square$ ), 1,5% ( $\diamond$ ), 3,0% ( $\Delta$ ) e 4,0% ( $\circ$ ) de farinha de araruta.

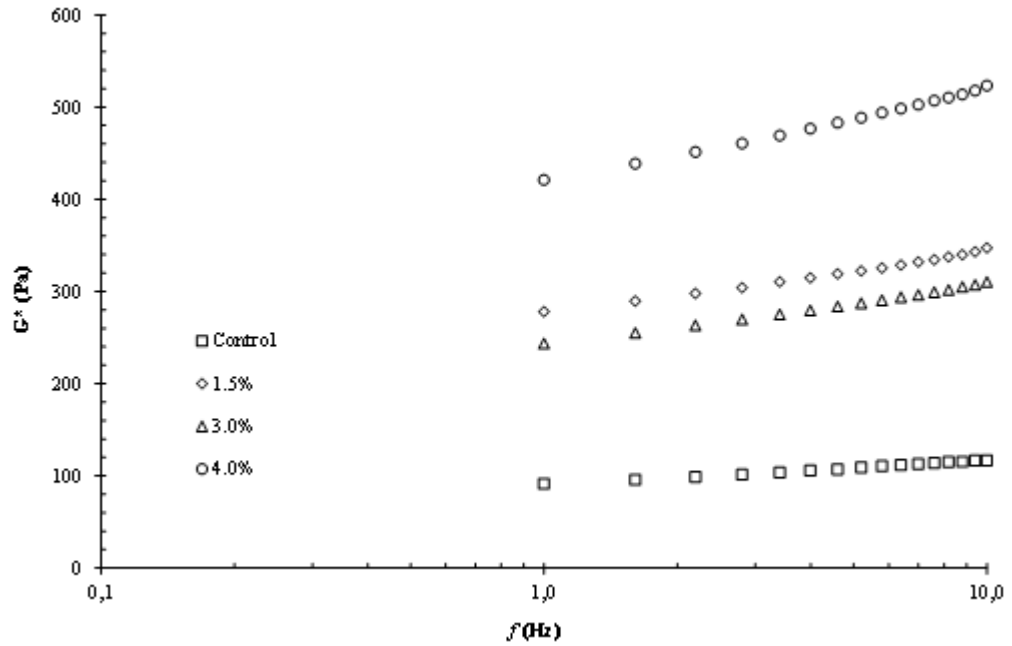
Na Figura 8 está apresentada a tangente do ângulo de fase ( $\tan\delta = G''/G'$ ) que indica a razão entre as propriedades de armazenamento ( $G''$ ) e de perda ( $G'$ ) e está relacionado ao relaxamento das ligações na matriz polimérica que é formada basicamente pelas proteínas do leite e polissacarídeos (Fröhlich-Wyder *et al.*, 2009).



**Figura 8:** Angulo de fase ( $\tan\delta = G''/G'$ ) das amostras de sobremesa formuladas com adição de 0% (controle) (□), 1,5% (◇), 3,0% (△) e 4,0% (○) de farinha de araruta.

Verificou-se que todas as amostras apresentaram valores inferiores a unidade ( $\tan\delta < 1,0$ ), ou seja, o  $G'$  foi maior do que o  $G''$ , indicando uma predominância de características elásticas sobre as viscosas. Como consequência, as moléculas têm menos mobilidade, e por isso o produto apresenta característica mais de sólido que de líquido. A amostra controle apresentou os maiores valores de  $\tan\delta$ , indicando que essa amostra é menos consistente que as amostras adicionadas de farinha de araruta. Todas as amostras apresentaram baixa variabilidade com a frequência ( $0,15 < \tan\delta < 0,30$ ), indicando boa estabilidade frente ao tempo de observao. Além disso, é notório o ganho de consistência devido ao aumento do teor de farinha das amostras, embora não tenha sido observado neste caso diferença significativa entre as amostras.

Esse comportamento também pode ser observado na Figura 9 que apresenta o módulo complexo ( $G^*$ ) das amostras de sobremesa em funo da frequência. Quanto maior o valor do módulo complexo maior a firmeza das amostras. Assim,  possível observar que a amostra mais firme foi a formulada com 4,0% de farinha a qual apresentou  $G^*$  cerca de 4 vezes maior que a amostra controle, conforme já mencionado anteriormente.



**Figura 9:** Módulo complexo ( $G^* = (G'^2 + G''^2)^{1/2}$ ) das amostras de sobremesa formuladas com adição de 0% (controle) ( $\square$ ), 1,5% ( $\diamond$ ), 3,0% ( $\Delta$ ) e 4,0% ( $\circ$ ) de farinha de araruta.

Na Tabela 7 são apresentados os resultados da regressão não-linear obtidos ( $0,997 < R^2 < 0,999$ ) para o ajuste dos dados de  $G^*$  ao modelo do gel crítico de Winter e Chambon (1986).

**Tabela 7: 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 e Chambon (1986) para as amostras de sobremesa.**

Amostra	$A_F$ (Pa.s <sup>1/z</sup> )	$z$	$R^2$
Controle	90,68 <sup>c</sup> ± 0,21	9,01 <sup>a</sup> ± 0,001	0,9980
1,5%	276,32 <sup>b</sup> ± 0,70	10,52 <sup>a</sup> ± 0,001	0,9969
3,0%	242,29 <sup>b</sup> ± 0,51	9,57 <sup>a</sup> ± 0,001	0,9982
4,0%	419,07 <sup>a</sup> ± 0,70	10,66 <sup>a</sup> ± 0,001	0,9986

Análises realizadas em duplicata. Valores são expressos como média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa de acordo com o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).; FA: Farinha de araruta

Os valores de  $A_F$  das amostras suplementadas com 1,5% (276,32 Pa.s<sup>1/z</sup>) e 3,0% (242,29 Pa.s<sup>1/z</sup>) de farinha de araruta chegam a ser de 2 vezes maiores do que os valores da amostra controle (90,68 Pa.s<sup>1/z</sup>) enquanto que os valores da amostra formulada com 4,0% (419,07 Pa.s<sup>1/z</sup>) de farinha foram da ordem de 4 vezes maior que do controle. Esse comportamento corrobora o incremento de consistência das amostras ocasionado pela

incorporação da farinha de araruta provavelmente devido ao alto teor de fibras causando um considerável aumento da força do gel. Tal comportamento está intimamente relacionado ao fator de interação (z) cujos maiores valores foram observados em ordem decrescente para as sobremesas com 4,0%, 1,5%, 3,0% e 0% (controle) de farinha incorporada na sua formulação. Esse fator aumenta conforme aumenta o número de interações intermoleculares, tais como pontes de hidrogênio, interações hidrofóbicas entre caseína e gordura e pontes eletrostáticas de cálcio entre caseína. Assim, quanto maior o valor de z maior a força do gel e conseqüente maior rigidez e consistência das amostras. O fato da amostra controle ter apresentado valor de AF significativamente menor que as amostras formuladas com farinha de araruta indica que esta última aparentemente têm uma participação significativa no aumento da força do gel.

#### 4.9.3. Textura das amostras de sobremesa láctea

O processo fisiológico de mastigação é bastante complexo, onde ocorre percepções sensoriais e contínuas transformação no alimento. A análise de textura instrumental busca simular e acompanhar tais percepções sensoriais, baseando-se na resistência da amostra à força aplicada (Rodrigues, 2014).

A firmeza é a força necessária para deformar o produto numa determinada distância, ou seja, a força para comprimir entre os molares, morder ou comprimir entre língua e palato, já a adesividade pode ser definida como a força necessária para remover o material que adere a uma superfície específica (por exemplo, lábios, boca, dentes) (Bourne, Kenny e Barnard 1978; Szczesniak, 2002). Na tabela 8 esta apresentado a influência da adição da farinha de araruta na firmeza e adesividade da sobremesa láctea.

A firmeza diminuiu com a adição de araruta, não apresentando diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as amostras de sobremesa láctea 3 e 4,0% de adição de farinha de araruta (Tabela 8).

Tabela 8: Textura instrumental das sobremesas lácteas

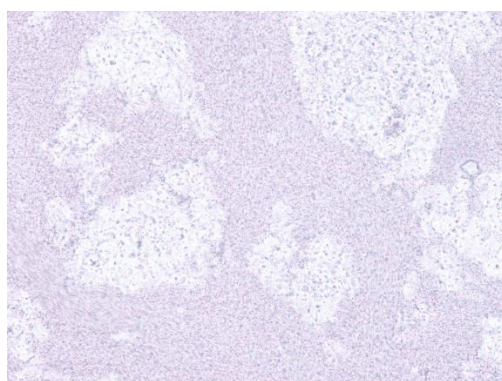
Tratamento	Firmeza (N)	Adesividade (Ns)
Controle	1,21 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,88 ± 0,08 <sup>b</sup>
1,5%	1,05 ± 0,02 <sup>b</sup>	1,07 ± 0,03 <sup>a</sup>
3,0%	0,74 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,70 ± 0,04 <sup>c</sup>
4,5%	0,69 ± 0,03 <sup>c</sup>	0,69 ± 0,02 <sup>c</sup>

Letras diferentes na mesma coluna apresenta diferença significativa estatisticamente ( $p < 0,05$ )

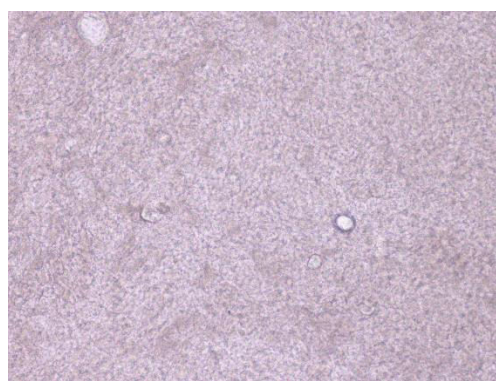
O mesmo foi encontrado no estudo de Radi, Niakousari e Amiri (2009) com iogurtes, onde as amostras de iogurte com 1,6% de amido modificado apresentaram maior firmeza do que aqueles com 3,2%. Essa característica pode estar relacionada ao limite na capacidade que o amido possui em absorver água, uma vez que ao ligar-se com a água o grânulo de amido incha, ocorrendo o aumento de viscosidade e consistência, mas com o aumento da concentração de amido além do limite característico de cada carboidrato, faz com que as redes proteicas formadas pelas proteínas do leite fiquem mais susceptíveis a ruptura, afetando a estrutura da sobremesa láctea (Casarotti e Jorge, 2010).

#### 4.10. Microscopia óptica das amostras de sobremesa láctea

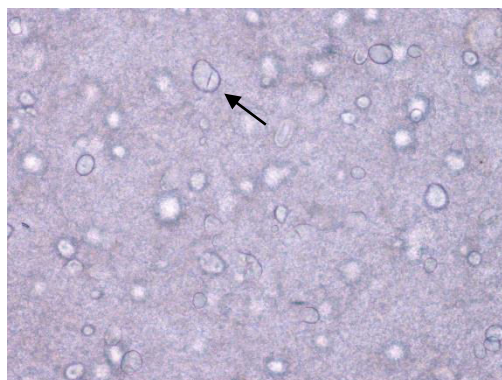
Foi possível verificar que adição da farinha de araruta à sobremesa láctea afetou suas propriedades microscópicas. Um aumento gradual de glóbulos, entre as micrografias abaixo, que caracterizam o amido (Figura 10 A; B; C e D).



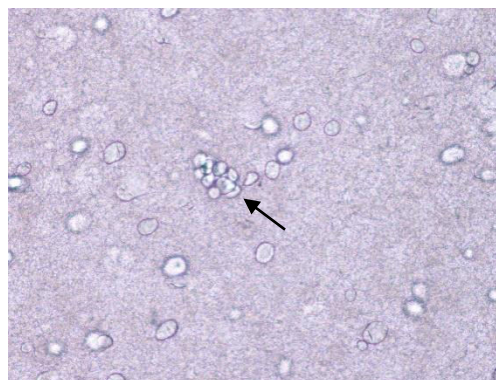
**(A) Controle (0,0%  
Farinha de araruta)**



**(B) 1,5% Farinha de  
araruta**



**(C) 3,0% Farinha de araruta**



**(D) 4,0% Farinha de araruta**

**Figura 10:** Micrografias ópticas das amostras controle (A) e adicionados de 1,5% (B), 3,0% (C) e 4,0 % (D) de farinha de araruta aumento de 20x.



Nas figuras 10C e 10D pode-se identificar com maior facilidade, nas regiões cristalinas, o que indica ser a “cruz de malta”, que caracteriza a orientação radial das macromoléculas no grânulo de amido (Denardin e Silva, 2008).

A figura 10A, que se refere à amostra controle, não apresenta glóbulos bem definidos, é possível observar espaçamentos, áreas que parecem demonstrar centros com água livre. O que foi possível identificar na análise de sinérese, onde as amostras controle obtiveram maior liberação de água. A figura 10B, ilustra a microscopia da amostra com 1,5% de farinha de araruta, já sendo possível visualizar pequenas quantidades de glóbulos de amidos, devido a proporção de farinha adicionada à sobremesa láctea. Nas figuras 10C e 10D, referentes as amostras 3 e 4,0% de adição de farinha de araruta, respectivamente é notório o grande aumento na quantidade de glóbulos de amido, sendo possível verificar na amostra com 4,0% aglomerações desses grânulos.

## 5. CONCLUSÃO

Os resultados do estudo indicam que a utilização da farinha de araruta para formulação de sobremesas lácteas possui grande potencial, uma vez que a farinha apresentou elevado rendimento, de amido resistente além de possuir baixo IG, se tornando assim uma opção para as pessoas que possuem diabetes *mellitus*, para os que precisam controlar o peso corporal e buscam uma alimentação mais saudável. Destacando a formulação com 4,0% que obteve os melhores resultados de sinérese, avaliando o período de 28 dias de estocagem à 4 °C, além da contagem probiótica elevada e concludente característica prebiótica. Foi possível observar o efeito benéfico nas características reológicas das sobremesas com a adição da farinha de araruta, que demonstra um fator sensorial importante para decisão de compra do consumidor.

## 6. REFERÊNCIAS

Abesinghe, N., Vidanarachchi, J. e Silva, S. The effect of arrowroot (*Maranta arundinacea*) extract on the survival of probiotic bacteria in set yoghurt. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v. 2, p. 14-17, 2012.

Afoakwa, E. O., Paterson, A. e Fowler, M. Effects of particle size distribution and composition on rheological properties of dark chocolate. **European Food Research and Technology**, v. 226, p. 1259-1268, 2008.

Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M. e Ryan, A. Matrix effects on flavour volatiles release in dark chocolates varying in particle size distribution and fat content using GC–mass spectrometry and GC–olfactometry. **Food Chemistry**, v. 113, p. 208-215, 2009.

Agil, R., Gaget, A., Gliwa, J., Avis, T. J., Willmore, W. G. e Hosseinian, F. Lentils enhance probiotic growth in yogurt and provide added benefit of antioxidant protection. **LWT-Food Science and Technology**, v. 50, p. 45-49, 2013.

Aiessa, H. B., Bhupathiraju, S. N., Malik, V. S., Wedick, N. M., Campos, H., Rosner, B., Willett, W. C. e Hu, F. B. Carbohydrate quality and quantity and risk of type 2 diabetes in US women. **The American journal of clinical nutrition**, v. 102, p. 1543-53, 2015.

Alves, H. J. e Boog, M. C. F. Food behavior in student residence halls: a setting for health promotion. **Revista de Saúde Pública**, v. 41, p.197-204, 2007.

Alcázar-Alay, S. C. e Meireles, M. A. A. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. **Food Science and Technology**, v. 35, p. 215-236, 2015.

Alkarkhi, A. F., bin Ramli, S., Yong, Y. S. e Easa, A. M. Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits. **Food Chemistry**, v.129, p. 312-318, 2011.

Aprianita, A., Vasiljevic, T., Bannikova, A. e Kasapis, S. Physicochemical properties of flours and starches derived from traditional Indonesian tubers and roots. **Journal of food science and technology**, v. 51, p. 3669-3679, 2014.

Arancibia, C., Castro, C., Jublot, L., Costell, E. e Bayarri, S. Colour, rheology, flavour release and sensory perception of dairy desserts. Influence of thickener and fat content. **LWT-Food Science and Technology**, v. 62, p. 408-416, 2015.

Aragon-Alegro, L. C., Alegro, J. H. A., Cardarelli, H. R., Chiu, M. C. e Saad, S. M. I. Potentially probiotic and synbiotic chocolate mousse. **LWT-Food Science and technology**, v. 40, p. 669-675, 2007.

Araújo, C. S. P. D., Andrade, F. H. A. D., Galdino, P. O. e Pinto, M. D. S. D. C. Desidratação de batata-doce para fabricação de farinha. *Agropecuária científica no semiárido*, v. 11, p. 33-41, 2016.

AOAC. 2008. Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 18 ed. Gaithersburg, Maryland.

Brand-Miller, J., Miller, J. B., Foster-Powell, K. e Burani, J. **The new glucose revolution pocket guide to the top 100 low GI foods**. Marlowe, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n.º 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da União**, 23 de setembro de 2005.

Becker, F. S., Eifert, E. D. C., Soares Junior, M. S., Tavares, J. A. S. e Carvalho, A. V. Changes in chemical and viscoamylographic in flour from different rice genotypes subjected to extrusion. **Ciência Rural**, v. 43, p. 1911-1917, 2013.

Bertolini, A. C., Bello-Pérez, L. A., Méndez-Montealvo, G., Almeida, C. A. e Lajolo, F. Rheological and functional properties of flours from banana pulp and peel. **Starch-Stärke**, v. 62, p. 277-284, 2010.

Bosi, M. G. Desenvolvimento de processo de fabricação de requeijão light e de requeijão sem adição de gordura com fibra alimentar, **FEA-UNICAMP**, 2008.

Boudjou, S., Zaidi, F., Hosseinian, F. e Oomah, D. Effects of Faba Bean (*Vicia faba L.*) Flour on viability of probiotic bacteria during quefir storage. **Journal of Food Research**, v. 3, p. 13-22, 2014.

Bourne, M. C., Kenny, J. F. e Barnard, J. Computer-assisted readout of data from texture profile analysis curves1. **Journal of Texture Studies**, v. 9, p. 481-494, 1978.

Buriti, F. C., Castro, I. A. e Saad, S. M. Viability of *Lactobacillus acidophilus* in synbiotic guava mousses and its survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. **International Journal of Food Microbiology**, v. 137, p. 121-129, 2010.

Çakmakçı, S., Topdaş, E. F., Kalın, P., Han, H., Şekerci, P., P Köse, L., e Gülçin, İ. Antioxidant capacity and functionality of oleaster (*Elaeagnus angustifolia L.*) flour and crust in a new kind of fruity ice cream. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 50, n. 2, p. 472-481, 2015.

Cardarelli, H. R., Aragon-Alegro, L. C., Alegro, J. H., de Castro, I. A., e Saad, S. M. Effect of inulin and *Lactobacillus paracasei* on sensory and instrumental texture properties of functional chocolate mousse. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, p. 1318-1324, 2008.

Casarotti, S. N. e Jorge, N. Technological aspects of fat substitutes and their applications in dairy products. **Nutrire-Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, v. 35, p. 163-181, 2010.

Casarotti, S. N., Carneiro, B. M. e Penna, A. L. B. Evaluation of the effect of supplementing fermented milk with quinoa flour on probiotic activity. **Journal of dairy science**, v. 97, p. 6027-6035, 2014.

Cereda, M. P., Franco, C. M. L., Daiuto, E. R., Demiate, I. M., Carvalho, L. J. C. B., Leonel, M., e Sarmiento, S. B. S. Propriedades gerais do amido. **Campinas: Fundação Cargill**, v. 1, p. 224, 2001.

Charoenrein, S., Tatirat, O. e Muadklay, J. Use of centrifugation–filtration for determination of syneresis in freeze–thaw starch gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 73, p. 143-147, 2008.

Coman, M. M., Verdenelli, M. C., Cecchini, C., Silvi, S., Vasile, A., Bahrim, G. E., Orpianesi, C. e Cresci, A. Effect of buckwheat flour and oat bran on growth and cell viability of the probiotic strains *Lactobacillus rhamnosus* IMC 501®, *Lactobacillus paracasei* IMC 502® and their combination SYN BIO®, in synbiotic fermented milk. **International journal of food microbiology**, v.167, p. 261-268, 2013.

Corrêa, N. M., Camargo Júnior, F. B., Ignácio, R. F. e Leonardi, G. R. Rheologic behavior of different hydrophylic gels. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 41, p. 73-78, 2005.

Crepaldi, L. A influência das cores na decisão de compras: um estudo do comportamento do consumidor no ABC paulista. **In VI Encontro dos Núcleos de Pesquisa em Comunicação**, evento componente do XXIX Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação, 2006.

Damodaran, S. Food proteins: An overview. In: Damodaran, S. e Paraf, A. Food proteins and their applications. New York, Basel, Hong Kong: Marcel Dekker, Inc., p. 1-24, 1997.

Da Silva, E. C. O., Da Silva, W. P., Da Silva, E. T., Lopes, J. D., e de Gusmão, R. Obtenção e caracterização da farinha do albedo de maracujá (*Passiflora edulis f. Flavicarpa*) para uso alimentício. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, p. 69-74, 2016.

Da Silva, R. D. S., Pereira, E. M., Da Costa, J. C., Oliveira, F. L. N. e De Azerêdo, G. A. Qualidade físico-química de farinhas de genótipos de berinjela (*Solanum melongena L.*)

submetidas ao cultivo orgânico. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, p. 59-64, 2016.

De Moraes, E. C., Lima, G. C., de Moraes, A. R. e Bolini, H. M. A. Prebiotic and diet/light chocolate dairy dessert: chemical composition, sensory profiling and relationship with consumer expectation. **LWT-Food Science and Technology**, v. 62, p. 424-430, 2015.

Denardin, C. C. e Da Silva, L. P. Estrutura dos granulos de amido e sua relação com as propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 39, 2008.

Dimitreli, G. e 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. e 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.

Fischer, P. e Windhab, E. J. Rheology of food materials. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 16, p. 36-40, 2011.

Fontinha, C. e Correia, P. Amido resistente em diversas fontes não convencionais de amido. **Millenium**, v.38, p. 67-81, 2016.

Foster-Powell, K, S. H. Holt e J. C. Brand-Miller. International table of glyceimic index and glyceimic load values: 2002. **The American journal of clinical nutrition**, v. 76, n. 1, p. 5-56, 2002.

Frei, M., Siddhuraju, P. e Becker, K. Studies on the in vitro starch digestibility and the glyceimic index of six different indigenous rice cultivars from the Philippines. **Food Chemistry**, v. 83, p. 395-402, 2003.

Freitas, E. C., Barreto, E. S., De Barros, H. E. A., Silva, A. C. M. e Da Silva, M. V. Processamento e caracterização físico-química de farinhas de resíduos de polpas de frutas

congeladas da *Theobroma grandiflorum* e *Fragaria vesca*. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 17, p. 425-432, 2015

Frohlich-Wyder M.T., Guggisberg, D. e Wechsler, D. Influence of low calcium and low pH on melting characteristics of model Raclette cheese. **Dairy Science and Technology**, v. 89, p. 463-483, 2009.

Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M. J., Sánchez-Zapata, E. e Pérez-Álvarez, J. A. Resistant starch as functional ingredient: A review. **Food Research International**, v. 43, p. 931-942, 2010.

Fuentes-Zaragoza, E., Sánchez-Zapata, E., Sendra, E., Sayas, E., Navarro, C., Fernández-López, J. e Pérez-Alvarez, J. A Resistant starch as prebiotic: A review. **Starch-Stärke**, v. 63, p. 406-415, 2011.

Goñi, I., Garcia-Diz, L., Mañas, E. e Saura-Calixto, F. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. **Food chemistry**, v. 56, p. 445-449, 1996.

Homayouni, A., Amini, A., Keshtiban, A. K., Mortazavian, A. M., Esazadeh, K. e Pourmoradian, S. Resistant starch in food industry: A changing outlook for consumer and producer. **Starch-Stärke**, v. 66, p. 102-114, 2014.

Jenie, B. S. L., Saputra, M. Y. e Widaningrum, D. Sensory evaluation and survival of probiotics in modified banana flour yoghurt during storage. **Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan**, v.24, p. 40-47, 2013.

Javidi, F., Razavi, S. M., Behrouzian, F. e Alghooneh, A. The influence of basil seed gum, guar gum and their blend on the rheological, physical and sensory properties of low fat ice cream. **Food Hydrocolloids**, v. 52, p. 625-633, 2016.

Kinupp, V. F. e Barros, I. B. I. Levantamento de dados e divulgação do potencial de plantas alimentícias alternativas no Brasil. **Horticultura brasileira**, v. 22, p. 17-25, 2004.



Kinupp, V. F. e Lorenzi, H. Plantas Alimentícias Não-Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. **Nova Odessa: Plantarum**, 768p., 2014.

Leonel, M. e Cereda, M. P. Physicochemical characterization of some starchy tubers. **Food Science and Technology**, v. 22, p. 65-69, 2002.

Lindeboom, N., Chang, P. R. e Tyler, R. T. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. **Starch-Stärke**, v. 56, p. 89-99, 2004.

Lobato, L. P., Grossmann, M. V. E. e Benassi, M. T. Inulin addition in starch-based dairy desserts: instrumental texture and sensory aspects. **Food Science and Technology International**, v. 15, p. 317-323, 2009.

Lucey, J.A., Johnson, M.E. e Horne, D.S. Invited review: Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 2725-2743, 2003.

Lunardi, H., Da Rosa, G. S. e Pereira, M. M. Processamento de farinha de polpa da amora-preta: análise da composição centesimal e bioativos. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 7, 2016.

Lunn, J. e Buttriss, J. L. Carbohydrates and dietary fibre. **Nutrition Bulletin**, v. 32, p. 21-64, 2007.

Macků, I., F. Buňka, B. Voldánová, e V. Pavlínek. Effect of addition of selected cosolutes on viscoelastic properties of model processed cheese containing pectin. **Food hydrocolloids**, v. 23, p. 2078-2084, 2009.

Ndangui, C. B., Petit, J., Gaiani, C., Nzikou, J. M. e Scher, J. Impact of Thermal and Chemical Pretreatments on Physicochemical, Rheological, and Functional Properties of Sweet Potato (*Ipomea batatas Lam*) Flour. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, p. 3618-3628, 2014.

Neves, M. C. P., Coelho, I. D. S. e de Almeida, D. L. Araruta: Resgate de um cultivo tradicional. **Embrapa Agrobiologia**. Comunicado Técnico, 2005.

Oliveira, R. F. D. Efeito de diferentes culturas lácticas nas características de queijo tipo *petit suisse* com retenção de soro, **Universidade Federal de Lavras**, 2015.

Pagani, A. A. C., Siqueira, A., Santos, A., Santos, J. M., Bery, C., e Silva, G. Caracterização nutricional de farinha de duas variedades de batata doce e enriquecida com ácido ascórbico. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 2, p. 1719-1722, 2015.

Radi, M., Niakousari, M. e Amiri, S. Physicochemical, textural and sensory properties of low-fat yogurt produced by using modified wheat starch as a fat replacer. **Journal of Applied Sciences**, v. 9, p. 2194-2197, 2009.

Ramos, D. P., Leonel, M. e Leonel, S. Resistant starch in green banana flour. **Alimentos e Nutrição (Brazilian Journal of Food and Nutrition)**, v. 20, p. 479-484, 2009.

Ren, X., Chen, J., Molla, M. M., Wang, C., Diao, X. e Shen, Q. In vitro starch digestibility and in vivo glycemic response of foxtail millet and its products. **Food & function**, v. 7, p. 372-379, 2016.

Rezende, F. A. C. Capacidade preditiva e associação de indicadores antropométricos com diabetes mellitus, hipertensão arterial e comprometimento da capacidade funcional em idosos. **Universidade Federal de Viçosa**, 2016.

Ribeiro, O. A. S., Fonseca, C. M., De Figueiredo, S. P., Boari, C. A., Neumann, D. e Abreu, L. R. Bebida láctea fermentada formulada com *Camellia sinensis*. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 32, 2014.

Rodrigues, L. B. O. Estudos reológicos e de textura dos géis de amido de araruta (*Maranta arundinaceae L.*) e dos géis adicionados de sacarose e concentrado protéico de soro, **Universidade Estadual do sudoeste da Bahia**, 2014.

Rolim, P. M., Salgado, S. M., Padilha, V. M., Livera, A. V. S., Andrade, S. A. C., e Guerra, N. B. Glycemic profile and prebiotic potential "in vitro" of bread with yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour. **Food Science and Technology**, v. 31, p. 467-474, 2011.

Servais, C., Jones, R. e Roberts, I. The influence of particle size distribution on the processing of food. **Journal of food engineering**, v. 51, p. 201-208, 2002.

Shin, D. J., Kim, W., e Kim, Y. Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour. **Food Chemistry**, v. 141, p. 517– 523, 2013.

Soares, N. F. F., Silva, W. A., Pires, A. C. S. e Paula, F. S. Texture Profile Analysis (TPA) de requeijão cremoso tradicional e requeijão cremoso light. **Revista do Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”**, v. 62, p. 148-154, 2007.

Somogyi, M. Notes on sugar determination. **Journal of Biological Chemistry**, v. 195, p. 267-272, 1952.

Spada, J. C., Dick, M., Pagno, C. H., Vieira, A. C., Bernstein, A., Coghetto, C. C., Marczak, L. D. F., Tessaro, I. C., Cardozo, N. S. M. e Flôres, S. H. Caracterização física, química e sensorial de sobremesas à base de soja, elaboradas com mucilagem de chia. *Ciencia rural*, v. 44, p. 374-379, 2014.

Spada, J. C., Marczak, L. D., Tessaro, I. C., Flôres, S. H. e Cardozo, N. S. Rheological modelling, microstructure and physical stability of custard-like soy-based desserts enriched with guava pulp. **CyTA-Journal of Food**, v. 13, p. 373-384, 2015.

Spada, J. C., Marczak, L. D., Tessaro, I. C., Flôres, S. H. e Cardozo, N. S. Rheological modelling, microstructure and physical stability of custard-like soy-based desserts enriched with guava pulp. **CyTA-Journal of Food**, v. 13, p. 373-384, 2015.

Szczesniak, A. S. Texture is a sensory property. **Food quality and preference**, v. 13, p. 215-225, 2002.

Techeira, N., Sívoli, L., Perdomo, B., Ramírez, A. e SOSA, F. Caracterización físico-química, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (*Manihot esculenta Crantz*), batata (*Ipomoea batatas Lam*) y ñame (*Dioscorea alata*), cultivadas en Venezuela. **Interciencia**, v. 39, p. 191, 2014.

Tolentino, M. C. Desenvolvimento e caracterização de queijo de massa semidura recoberto com alecrim (*Rosmarinus officinalis L.*), **Universidade Federal do Paraná**, 2013.

Tribess, T. B., Hernández-Uribe, J. P., Méndez-Montealvo, M. G. C., Menezes, E. W., Bello-Perez, L. A. e Tadini, C. C. Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. **LWT-Food Science and Technology**, v. 42, p. 1022-1025, 2009.

Valencia, M. S. Desenvolvimento de sobremesa láctea cremosa de chocolate adicionada de fruto-oligossacarídeo e *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* LBC 81, **Universidade Federal de Pernambuco**, 2015.

Vamadevan, V. e Bertoft, E. Structure-function relationships of starch components. **Starch-Starke**, v. 67, p. 55-68, 2015.

Vidigal, M. C. T. R. Caracterização reológica e sensorial de sobremesa láctea diet contendo concentrado proteico de soro, **Universidade Federal de Viçosa**, 2009.

Webber, F. H., Collares-Queiroz, F. P. e Chang, Y. K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Food Science and Technology**, v. 29, p. 748-753, 2008.

Winter, H. H., e F. Chambon. Analysis of linear viscoelasticity of a crosslinking polymer at the gel point. **Journal of Rheology (1978-present)**, v. 30, p. 367-382, 1986.

Xu, M., Huang, T., Lee, A. W., Qi, L. e Cho, S. Ready-to-eat cereal consumption with total and cause-specific mortality: prospective analysis of 367,442 individuals. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 23, p.1-7, 2015.

Younis, K., Ahmad, S. e Jahan, K. Health Benefits and Application of Prebiotics in Foods. **Journal of Food Processing & Technology**, v. 2015, 2015.

Zárate, N. A. H. e Vieira, M. D. C. Produção da araruta “comum” provenientes de três tipos de propágulos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 995-1000, 2005.

Zare, F., Boye, J. I., Orsat, V., Champgne, C. e Simpson, B. K. Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. **Food Research International**, v.44, p.2482–2488, 2011.

Zare, F., Champagne, C. P., Simpson, B. K., Orsat, V. e Boye, J. I. Effect of the addition of pulse ingredients to milk on acid production by probiotic and yoghurt starter cultures. **LWT-Food Science and Technology**, v. 45, p. 155-160, 2012.

Zhu, F. Structure, physicochemical properties, modifications and uses of sorghum starch. **Comprehensive Reviews in Food Science and Foos Safety**, v. 13, p. 597-610, 2014.