



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DA MUCILAGEM DE PSYLLIUM E
AVALIAÇÃO DE SUAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS
FUNCIONAIS**

Gabriela Sena Souza

Maringá
2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DA MUCILAGEM DE PSYLLIUM E
AVALIAÇÃO DE SUAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS
FUNCIONAIS**

Gabriela Sena Souza
Eng^a de Alimentos, UEM, 2018

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Grasielle Scaramal Madrona
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Rita de Cassia Bergamasco

Dissertação apresentada ao programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Engenharia de Alimentos.

Maringá - PR - Brasil
Março de 2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR, Brasil)

S729o Souza, Gabriela Sena
Otimização da extração da mucilagem de psyllium e
avaliação de suas propriedades tecnológicas
funcionais / Gabriela Sena Souza. -- Maringá, PR,
2018.
x, 63 f.: il. color.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Grasielle Scaramal
Madrona.

Coorientador: Prof^a. Dr^a. Rita de Cassia
Bergamasco.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de
Engenharia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Alimentos, 2018.

1. Alimento funcional. 2. Psyllium. 3.
Antioxidantes. 4. Espessante - Alimentos. 5. Emulsão
- Alimentos. I. Madrona, Grasielle Scaramal, orient.
II. Bergamasco, Rita de Cassia, orient. III.
Universidade Estadual de Maringá. Centro de
Tecnologia. Departamento de Engenharia de Alimentos.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Alimentos. IV. Título.

CDD 23.ed. 664.8

Márcia Regina Paiva de Brito – CRB-9/1267

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Esta é a versão final da dissertação de Mestrado apresentada por Gabriela Sena Souza perante a Comissão Julgadora do Curso de Mestrado em Engenharia de Alimentos em 06 de março de 2018.

COMISSÃO JULGADORA

Prof^a. Dr^a. Grasielle Scaramal Madrona
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Lucineia Aparecida Cestari Tonon
Membro

Prof^a. Dr^a. Magali Soares dos Santos Pozza
Membro

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, por todas as oportunidades e bênçãos recebidas.

À minha mãe, por estar sempre ao meu lado em todos os momentos.

À professora Grasiela Madrona, pela paciência e orientação necessária para o desenvolvimento do trabalho.

Às professoras Lucineia Tonon e Magali Pozza por se disponibilizarem a participar da banca e acrescentarem com sugestões ao trabalho.

Aos amigos e colegas, pela ajuda, pelos bons momentos e compartilhamento de conhecimentos.

À Capes, pela bolsa concedida para a execução deste trabalho.

OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DA MUCILAGEM DE PSYLLIUM E AVALIAÇÃO DE SUAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS FUNCIONAIS

AUTORA: GABRIELA SENA SOUZA

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. GRASIELE SCARAMAL MADRONA

CO-ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. RITA DE CASSIA BERGAMASCO

Dissertação de Mestrado; Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos; Universidade Estadual de Maringá; Av. Colombo, 5790, BL 13 – 07; CEP: 87020-900 – Maringá – PR, Brasil, defendida em 06 de março de 2018.

RESUMO

O psyllium é um alimento funcional, muito conhecido devido ao seu alto teor de fibras solúveis e insolúveis, mas possui também outras propriedades tecnológicas que permitem sua aplicação em produtos alimentícios. Logo, o objetivo deste trabalho foi otimizar a extração e avaliar as propriedades tecnológicas funcionais da mucilagem de psyllium, visando posterior aplicação em produtos alimentícios. Primeiramente, realizou-se dois planejamentos experimentais (um utilizando o banho ultrassônico e o outro banho maria), para a obtenção das melhores condições de extração da mucilagem do psyllium, tendo como variáveis resposta: o rendimento, estabilidade de emulsão e cor instrumental. Na condição ótima obtida avaliou-se a solubilidade em água e a capacidade de absorção de óleo. Analisou-se ainda a composição centesimal do psyllium e de sua mucilagem, como também a capacidade antioxidante da mucilagem por meio das análises de compostos fenólicos, flavonoides, DPPH, ABTS e FRAP. E em seguida, aplicou-se a mucilagem e o gel em sorvete de chocolate branco, e o gel em bebida achocolatada. E foram realizadas análises de cor instrumental e análise sensorial nos dois produtos. Para o sorvete, também foram feitas as análises de overrun e derretimento. Os resultados do planejamento foram avaliados por superfície de resposta e o restante por Análise de variância (ANOVA) e teste de média por Tukey ($p < 0,05$). Observou-se que o tempo e a temperatura foram significativos, sendo as melhores condições de extração a 60°C por 2 horas. Em relação a

composição centesimal do psyllium e de sua mucilagem, pode-se observar que os dois são ricos em carboidratos, possuem baixo teor de gordura e proteína. A mucilagem e o gel apresentaram valores de solubilidade em água entre 200 e 1400 g/kg, apresentando aumento proporcionalmente ao aumento de temperatura, e os valores obtidos para mucilagem foram sempre maiores que comparados ao gel. A mucilagem apresentou valores de 0,71 mg EAG/g e 0,51 mg/g para fenólicos totais e flavonoides respectivamente, indicando assim ser um potencial antioxidante. Em relação aos sorvetes desenvolvidos, observou-se que a formulação com gel apresentou valor de maior que a mucilagem. Notou-se também, que o sorvete com gel iniciou o processo de fusão mais rápido que o sorvete com mucilagem. Na avaliação de cor instrumental, houve diferença significativa ($p < 0,05$) para os parâmetros a^* e b^* . Na análise sensorial, houve diferença significativa entre as amostras nos atributos aroma, cor e textura, em relação a intenção de compra a maioria dos provadores indicaram que “talvez compraria ou não compraria” os sorvetes. Quanto a aplicação do gel em bebida achocolatada pode-se observar que entre diversos atributos não houve diferença significativa entre as amostras, destacando-se a textura, a qual as amostras com gel não diferiram da amostra controle constituída por goma xantana. Em relação a cor, quanto ao parâmetro de luminosidade (L), houve diferença significativa entre a amostra de bebida achocolatada com goma em relação as amostras com gel (5% e 15%). Mas não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras para o parâmetro b^* . Quanto ao parâmetro a^* , a amostra com 15% de gel não diferiu das demais. Diante disso, pode-se encontrar as melhores condições de extração da mucilagem de psyllium, sendo elas: 60°C por 2 horas e proporção 1:80 (semente:água), e perceber seu potencial em aplicação em produtos alimentícios, devido a sua composição, seus resultados de solubilidade em água, capacidade de absorção em óleo e compostos antioxidantes. Por fim, em relação aos produtos desenvolvidos observou-se que os mesmos apresentam boa aceitação sensorial (médias próximas a 7), indicando o uso potencial da mucilagem de psyllium em derivados lácteos.

Palavras-chave: alimento funcional; compostos antioxidantes; espessante; emulsificante.

OPTIMIZATION OF THE EXTRACTION OF PSYLLIUM MUCILAGE AND EVALUATION OF ITS FUNCTIONAL TECHNOLOGICAL PROPERTIES

AUTHORA: GABRIELA SENA SOUZA

SUPERVISORA: PROF^a. DR^a. GRASIELE SCARAMAL MADRONA

COSUPERVISORA: PROF^a. DR^a. RITA DE CASSIA BERGAMASCO

Master Thesis; Food Engineering Graduate Program; State University of Maringá;
Av. Colombo, 5790, BL 13 – 07; CEP: 87020-900 – Maringá – PR, Brazil,
presented on 6th March 2018.

ABSTRACT

Psyllium is a functional food, well known due to its high content of soluble and insoluble fibers, but also has other technological properties that allow its application in food products. Therefore, the objective of this work is to optimize the extraction and to evaluate the functional technological properties of mucilage of psyllium, aiming at later application in food products. Two schedules (one using the ultrasonic bath and the other water bath) were used to obtain the best conditions for extracting psyllium mucilage, with the following variables: yield, emulsion stability and instrumental color. Then, in the optimum condition obtained, the water solubility and the oil absorption capacity were evaluated. The centesimal composition of psyllium and its mucilage, as well as the antioxidant capacity of the mucilage were analyzed by phenolic compounds, flavonoids, DPPH, ABTS and FRAP. And then the mucilage and the gel were applied in white chocolate ice cream, and the gel in a chocolate drink. Color analysis and sensory analysis were then performed on both products. For the ice cream, overrun and melting tests were also done. Results of the planning were evaluated by response surface and the others by ANOVA and Tukey's test ($p < 0.05$). It was observed that time and the temperature were significant, being the best conditions of extraction at 60°C for 2 hours. Regarding the centesimal composition of psyllium and its mucilage, it can be observed that both are rich in carbohydrates, have low fat and protein. The mucilage and gel presented water solubility values between 200 and 1400 g / kg,

increasing proportionally to the increase in temperature, and the values obtained for mucilage were always higher than those of the gel. The mucilage showed values of 0.71 mg EAG/g and 0.51 mg/g for total phenolics and flavonoids, respectively, indicating a potential antioxidant. In relation to the overrun of the ice cream, it was observed that the gel had a value higher than the mucilage. It was also noted that ice cream with gel started the melting process faster than mucilage ice cream. Regarding color, there was a significant difference ($p < 0.05$) for the parameters a^* and b^* . In the sensory analysis, there was a significant difference between the samples only in the attributes aroma, color and texture, in relation to the intention of purchase most of the tasters indicated that "perhaps they would buy or not buy" the ice cream. Regarding the application of the gel in chocolate drink it can be observed that it was sensorially significant, since among several attributes there was no significant difference between the samples, standing out the texture, which the mucilage samples did not differ from the control sample constituted by gum xanthan. Regarding color, there was a significant difference between the sample of chocolate drink with gum in relation to the samples with gel (5% and 15%), regarding the parameter of luminosity (L). There was no significant difference ($p < 0.05$) between the samples for the parameter b^* , but in relation to the parameter a^* , the samples with gum and 5% gel differed from each other, and the sample with 15% gel did not differ from the other two. Therefore, the best conditions for the extraction of psyllium mucilage can be found: 60 ° C for 2 hours and 1:80 (seed: water), and to realize its potential in food products, due to its composition, their water solubility values, oil absorption capacity and antioxidant compounds. Finally, in relation to the products developed, it was observed that they have good sensory acceptance (notes close to 7), indicating the potential use of mucilage of psyllium in dairy products.

Key words: functional food; antioxidant compounds; gel; yield.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO GERAL	2
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. REFERENCIAL TEÓRICO	3
3.1 PSYLLIUM E MUCILAGEM EM PROCESSOS	3
3.2 APLICAÇÃO DE ULTRASSOM PARA OBTENÇÃO DA MUCILAGEM	5
3.3 NOVOS PRODUTOS ALIMENTÍCIOS: APLICAÇÃO DA MUCILAGEM	6
3.4 APLICAÇÃO DE MUCILAGEM EM DERIVADOS LÁCTEOS	10
4. DESENVOLVIMENTO	14
Capítulo I	14
ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION OF PSYLLIUM MUCILAGE: EVALUATION OF FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES	14
Abstract	14
1. Introduction	14
2. Materials and methods	16
2.1 Materials	16
2.2 Experimental design for mucilage extraction	16
2.3 Mucilage obtention and analysis	16
2.4 Yield and emulsion stability (ES)	17
2.5 Instrumental color	17
2.6 Mucilage and gel analysis – Water solubity and Oil absorption	18
2.7 Mucilage and gel application in ice cream: overrun, melting and sensory analysis	18
2.8 Data analysis	19
3. Results and discussion	20
3.1 Psyllium mucilage extraction	20
3.2 Application in ice cream	21
4. Conclusion	22
References	23
Capítulo II	27

EXTRAÇÃO, AVALIAÇÃO DE ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E APLICAÇÃO DE MUCILAGEM DE PSYLLIUM EM BEBIDA ACHOCOLATADA	27
Resumo	27
1. Introdução	28
2. MATERIAIS E MÉTODOS	29
2.1 Planejamento experimental de extração da mucilagem com e sem ultrassom.....	29
2.1.1 Obtenção e análises da mucilagem	30
2.1.2 Rendimento e estabilidade de emulsão (EE)	31
2.2. Avaliação da atividade antioxidante da mucilagem	31
Compostos fenólicos totais	32
Flavonoides	32
DPPH.....	32
FRAP	33
ABTS	33
2.3 Aplicação do gel em matriz alimentícia (bebida achocolatada).....	34
2.3.1 Cor instrumental e análise sensorial da bebida achocolatada	35
2.4 Análise dos dados	35
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
3.1 Extração do gel e da mucilagem com e sem banho ultrassônico e planejamento experimental	35
3.2 Composição centesimal do psyllium e da mucilagem	39
3.3 Atividade antioxidante	40
3.4 Aplicação do gel em bebida achocolatada	41
4. Conclusão	44
5. Referências	45
5. CONCLUSÃO	59
6.REFERENCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

O psyllium é um grande exemplo de alimento funcional que vem sendo estudado, por ter benefícios fisiológicos positivos, mas sua elevada viscosidade pode tornar mais difícil sua incorporação em produtos alimentícios (Wärnberg et al., 2009). Assim, os consumidores só irão substituir alimento convencional por alimento funcional, se for percebido como realmente mais saudável e com propriedades sensoriais semelhantes (Urala; Lähteenmäki, 2004).

Nos últimos anos, a indústria de alimentos do Brasil tem lançado no mercado produtos novos, devido a diversos fatores como desenvolvimento tecnológico, crescimento da concorrência externa, principalmente da exigência do consumidor, que incorporou novos valores às suas preferências (Dutcosky, 1996; Gonçalves, 2003).

Essa busca por produtos seguros, incluindo, os alimentos funcionais, que tragam vantagens extras à saúde, permite prever um futuro promissor para o seu consumo que por sua vez, tem passado por processos de modificação ou formulação de nutrientes para efeito fisiológico específico e com aspecto positivo de saúde (Filho et al., 2005).

Aliado a este fato, os avanços tecnológicos verificados no segmento de laticínios nos últimos anos são responsáveis pela diversidade e qualidade dos produtos colocados à disposição dos consumidores. Assim, surge a necessidade de estudos que visam utilizar produtos naturais como ingredientes na formulação de alimentos, principalmente em derivados do leite. Sabe-se que os benefícios oferecidos pelo consumo de leite e derivados, como parte de uma dieta saudável e balanceada, têm sido amplamente discutidos e estabelecidos.

Escassos são os trabalhos sobre a melhor condição de extração e aplicação tecnológica de mucilagens em produtos alimentícios, neste sentido, preencher esta lacuna é fundamental para o aprimoramento dos produtos, bem como para manter a qualidade dos mesmos. Assim, este trabalho teve como diferencial a identificação de uma alternativa para melhoria dos produtos derivados do leite, onde será avaliada as condições de extração, bem como a potencial aplicação da mucilagem como ingrediente funcional.

2. OBJETIVO GERAL

Otimizar a extração da mucilagem de psyllium e avaliar suas propriedades tecnológicas funcionais, visando aplicação em produtos alimentícios.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Obter o melhor método e condição de extração da mucilagem de psyllium.

Analisar a composição centesimal da semente do psyllium e da mucilagem.

Avaliar os compostos antioxidantes da mucilagem.

Aplicar a mucilagem de psyllium em sorvete e o gel em bebida achocolatada.

Avaliar os produtos desenvolvidos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PSYLLIUM E MUCILAGEM EM PROCESSOS

O alimento é um sistema complexo e heterogêneo que contém muitos tipos e espécies químicas diferentes. É composto por proteínas, lipídios, carboidratos e eletrólitos, como o leite, iogurte, queijo, bebidas. As interações entre seus vários constituintes precisam ser bem equilibradas para que um sistema estável evolua (Samant et al., 2007).

Diante disso, os hidrocolóides, também chamados de gomas, são macromoléculas constituídos por biopolímeros de alto peso molecular (Viebke et al., 2014). Os grupos hidroxilos em sua estrutura aumentam a afinidade pela água, formando dispersões aquosas viscosas ou géis, de ocorrência natural, chamados de mucilagem (Han et al., 2016; Singh et al., 2009). Portanto, mucilagem pode ser definida como uma substância gelatinosa ou um grupo de hidrocolóides compostos principalmente de polissacarídeos e proteínas, com fortes interações entre os mesmos (Lai & Liang, 2012; Zeng & Lai, 2016). São extraídas principalmente de sementes ou outras partes da planta, mas também podem ser obtidos de algas marinhas e de microorganismos selecionados (Rangari, 2002). Alguns hidrocolóides naturais vem sendo estudados e utilizados na indústria alimentícia, como por exemplo: chia, linhaça e psyllium.

As mucilagens extraídas de sementes são fontes de hidrocolóides naturais com baixo custo, oferecendo baixa ingestão de calorias, tornando-se um produto ideal para o desenvolvimento / melhoria de produtos de saúde com propriedades benéficas para o consumo humano, tornando-os uma opção potencial para aplicação na alimentação (Nayak et al., 2015).

O psyllium pertence ao gênero *Plantago*, o qual é oriundo da Ásia Ocidental, possui mais de 200 espécies, das quais a *Plantago ovata* e *Plantago psyllium* são as mais cultivadas comercialmente pelo mundo. A casca é o principal produto obtido a partir da moagem da semente, que rende cerca de 10 a 25% do peso das sementes secas. Destaca-se, como principal característica seu alto teor de fibras solúveis e insolúveis, sendo que as solúveis em presença de água

possuem a capacidade de formação de um gel transparente e mucilaginoso (Huerta et al., 2016).

O gel formado possui alta estabilidade térmica e química, propriedades comestíveis, biodegradáveis, não cancerígenas, biocompatíveis e não tóxicas (Sharma et al., 2014), o que garante sua aplicação em vários produtos alimentícios (Ali et al., 2012), atuando com diversas funções, como espessante, substituto de gordura, estabilizador, agente geleificante, controle/prevenção de sinéresis, emulsionante e ainda como prebiótico (Lucey, 2002 ; Nikoofar et al., 2013) . Além disso, têm aplicações nas áreas de filmes comestíveis, encapsulante de sabores e inibidor de cristalização (Viebke et al., 2014). Podem se tornar alimentos funcionais devido à quantidade de fibra, o que contribui para a diminuição do colesterol e a pressão sanguínea, evitando assim doenças relacionadas ao estilo de vida (Zhao et al., 2009).

A fibra dietética pode ser classificada como solúvel e insolúvel em água (Fendri et al., 2016), onde a primeira inclui diferentes tipos de substâncias, como β -glucanos, gomas, pectina , mucilagem e arabinosilanos, e a segunda é formada principalmente por lignina, celulose e hemicelulose .

A fibra solúvel pode ser obtida em quase todas as frutas, cereais e sementes, variando o tipo e quantidade de cada composto. As frutas são ricas em pectina, os grãos possuem β -glucanos e arabinosilanos, enquanto que as sementes mucilaginosas, como a linhaça, chia e psyllium, possuem açúcares simples, como a xilose, arabinose, ramnose, galactose e polissacarídeos formadores de glicose (Abuajah et al., 2015).

Apesar das propriedades benéficas funcionais e bioativas de ambas as sementes (linhaça, chia e psyllium), a utilização de fibras solúveis e proteínas derivadas é limitada na indústria de alimentos (Bustamante et al., 2017).

A grande vantagem do aumento da utilização de matéria-prima à base de plantas naturais é que os recursos são renováveis e, se cultivados ou colhidos de forma sustentável, podem ter um fornecimento constante de matérias-primas. No entanto, as substâncias de origem vegetal também colocam vários desafios potenciais, como serem sintetizadas em pequenas quantidades e em misturas estruturalmente complexas, que podem diferir de acordo com a localização das

plantas, bem como outras variáveis, como a estação. Isso pode resultar em processo de isolamento e purificação lento e caro (Prajapati et al., 2013).

Koocheki et al., (2009a); Koocheki et al., (2009b); Panyoo Akdowa et al.,(2014),em suas pesquisas observaram que a temperatura de extração, pH, tempo e proporção (água:semente) tem efeito notável nas propriedades de polissacarídeos. Relataram também que diferentes sementes e condições de extração resultaram em diferentes quantidades de rendimento, propriedades reológicas e funcionais de um cultivar de semente para outra. Assim, é necessário otimizar o procedimento de extração para se obter os polissacarídeos de maior rendimento e qualidade, pois existem vários fatores que afetam a extração. Além disso, para determinar as condições de extração ótimas, a probabilidade de interação entre os fatores independentes deve ser levada em consideração (Koocheki et al., 2009a; Koocheki, 2009b; Panyoo Akdowa et al., 2014).

A temperatura elevada possibilita uma melhor extração da mucilagem, porém, aumenta os teores de cinzas e pode induzir a desnaturação de proteínas (Barbary et al., 2009). A diluição também é importante para evitar alta viscosidade no meio, a qual aumenta com a concentração da semente e a mucilagem não é tão facilmente recuperada com uma diluição baixa. Em relação ao pH, existem soluções de ácido fortes para melhorar a extração, mas podem deteriorar as sementes e causar hidrólise completa da mucilagem. As condições de pH neutro não influenciam a solubilidade dos polissacarídeos, mas podem aumentar a solubilidade das proteínas (Martínez-Flores et al., 2006).

3.2 APLICAÇÃO DE ULTRASSOM PARA OBTENÇÃO DA MUCILAGEM

A extração é definida como o ato de separar ou obter de outra forma (como elementos constituintes ou sucos) de uma substância por tratamento com solvente, destilação, evaporação, sujeição a pressão ou força centrífuga, ou por algum outro processo químico ou mecânico (Priego-Capote & Luque de Castro, 2004). Para a extração de mucilagem a partir de sementes, a extração aquosa é o método mais comum (Koocheki et al., 2009a; Koocheki et al., 2009b).

Além dos métodos convencionais de extração, existem outros métodos não-convencionais (por exemplo, microondas e ultrassom) que vêm se destacando, devido as suas particularidades em melhorar o rendimento de extração de polissacarídeos de plantas. As ondas sonoras são intrinsecamente diferentes das ondas eletromagnéticas. Enquanto as últimas (ondas de rádio, luz infravermelha, visível ou ultravioleta, raios-X, raios gama) podem passar pelo vácuo, as ondas sonoras percorrem na matéria, pois envolvem ciclos de expansão e compressão que transitam através de um meio, podendo levar a cavitação acústica, o que pode afetar a morfologia e a estrutura dos polímeros de carboidratos. A expansão separa as moléculas, enquanto a compressão as empurra (Priego-Capote & Luque de Castro, 2004).

As microondas apresentaram grandes melhorias nos rendimentos de extração, por exemplo, nos polissacarídeos de morangos negros (Chen et al., 2005). A extração assistida por ultrassom, por outro lado, é a técnica mais utilizada neste campo, possui som com frequência superior ao alcance audível para humanos (10^{16} kHz), sendo que a frequência mais baixa normalmente é de 20 kHz. (Priego-Capote & Luque de Castro, 2004).

Nos últimos anos, o uso da extração assistida por ultrassom em áreas científicas aumentou, incluindo áreas de pesquisa e desenvolvimento na indústria de alimentos. Tal técnica já foi empregada para aumentar o rendimento de extração ou taxa de reação e para reduzir o tempo de extração (Bagherian et al., 2011). Como também, sua utilização teve sucesso na extração de componentes, como polissacarídeos, óleos e proteínas (Chen, Fu, & Luo, 2015a; Chen, Fu e Luo, 2015b).

Fabre et al. (2015), realizaram uma extração utilizando ultrassom a uma temperatura de 50° C, com pH entre 4 e 10. Não observaram nenhuma alteração no rendimento da mucilagem de linhaça a 50° C após 30 minutos de extração. Isto pode indicar que as proteínas ainda não estavam completamente hidratadas (Martínez-Flores et al., 2006).

3.3 NOVOS PRODUTOS ALIMENTÍCIOS: APLICAÇÃO DA MUCILAGEM

Embora mais de um polissacarídeo possa satisfazer as propriedades funcionais necessárias de um determinado produto, os aspectos da economia de formulação e propriedades funcionais melhoradas e / ou novas influenciarão a decisão final. Atualmente, o conhecimento das propriedades funcionais dos polissacarídeos é considerável. No entanto, pesquisadores da área de alimentos estão sempre à procura de novas fontes de polissacarídeos, propriedades funcionais novas ou melhoradas, interações sinérgicas entre diferentes mucilagens, etc (Medina-Torres et al.,2000).

Os polissacarídeos de extratos de plantas são uma fonte interessante de aditivos para várias indústrias, em particular para a indústria de alimentos. Estes polímeros têm a vantagem de serem considerados totalmente naturais para muitos consumidores. Muitos desses polissacarídeos foram utilizados para modificar as propriedades tecnológicas funcionais e reológicas de alguns produtos (Pimienta-Barrios, 1991).

Os hidrocolóides mais utilizados na indústria de alimentos são: pectina, galactomananos, carragenina, alginato, ágar, goma árabe, amido e celulose e seus derivados (Karazhiyan et al., 2009) . A seleção de um hidrocolóide adequado para um sistema depende de suas funções e propriedades desejáveis nos alimentos, além de seus custos e segurança (Vardhanabhuti Ikeda, 2006). Pode-se perceber o constante aumento da utilização dos mesmos e, conseqüentemente, estudos recentes têm sido realizados com o objetivo de encontrar novas fontes de hidrocolóides mais eficientes e econômicos.

Uma das gomas mais utilizadas, a goma arábica, é um polissacarídeo complexo de ocorrência natural, seco e gomoso a partir das hastes e galhos de *Acacia senegal* e *Acacia seyal*., com pequena quantidade de proteína (2% - 3%), (Ma, Bell & Davis , 2015; McClements, 2005). Outra opção é a goma de guar, um hidrocolóide feito a partir de sementes de *Cyber Ops Tetragonoloba*. Consiste essencialmente em galactose e manose formando um polímero de carboidratos complexo, e a aplicação industrial é possível por causa da sua capacidade de formar ligação de hidrogênio com moléculas de água (Mudgil, Barak, &Khatkar, 2014). Ambas as gomas são muito utilizadas nas formulações de bebidas fermentadas de produtos lácteos, geralmente com a finalidade da função de espessante.

A redução de gordura nos alimentos é uma grande preocupação dos últimos anos, à medida que as demandas do mercado aumentam para os produtos com menor teor de gordura. A substituição de gordura por outros ingredientes é um grande desafio, com foco especial em produtos de panificação, pois podem conter níveis elevados de gordura (Felisberto et al., 2015).

Ao longo dos anos, diferentes ingredientes foram utilizados para substituição de gordura em alimentos, como a mucilagem. Felisberto et al. (2015) avaliaram a mucilagem de chia como possível substituto da gordura em bolo, devido a sua alta camada externa mucilagínosa absorvente de água e viscosa. Analisaram os efeitos da substituição de 25, 50, 75 e 100 g/ 100 g de gordura vegetal pela mucilagem de chia sobre as propriedades tecnológicas dos bolos. Os autores observaram que a mucilagem de chia foi efetiva como um substituto de gordura, pois os resultados indicam que as formulações com até 25 g / 100 g de substituição de gordura apresentaram características tecnológicas similares à referência e as mantiveram durante o armazenamento. A grande importância deste ingrediente é que os bolos foram obtidos sem necessidade de aditivos ou outros ingredientes para fornecer a redução de gordura, sobre a estrutura e textura de bolos. Esta é uma vantagem importante, para o uso de uma reivindicação de etiqueta limpa quando o produto é comercializado. No entanto, níveis superiores a 25 g/100 g de substituição de gordura devem ser cuidadosamente formulados, uma vez que a cor e a textura do produto podem ser afetadas negativamente. Os índices de simetria e uniformidade não apresentaram diferenças significativas entre as formulações. Isso sugere a capacidade da mucilagem de chia para substituir a gordura vegetal, sem perda dessas propriedades tecnológicas do bolo (Felisberto et al., 2015).

Dicket al.(2015) realizaram um estudo para analisar as propriedades físico-químicas e mecânicas de um novo filme comestível baseado na mucilagem de chia. As películas mucilagem de chia (1% p/v) foram preparadas por incorporação de três concentrações de glicerol (25%, 50% e 75% p / p), com base no peso da mucilagem de chia. À medida que a concentração de glicerol aumentou, a permeabilidade ao vapor de água, o alongamento à ruptura e a solubilidade em água dos filmes aumentaram enquanto a força de tração e o módulo de Young diminuíram significativamente ($p < 0,05$). Os filmes contendo uma alta

concentração de glicerol eram ligeiramente avermelhados e de cor amarelada, mas ainda apresentavam uma aparência transparente. Exibiram excelente absorção de luz ultravioleta e boa estabilidade térmica. As micrografias eletrônicas de varredura mostraram que todos os filmes tinham uma aparência uniforme. Além disso, os filmes apresentaram alta solubilidade em água, boas propriedades de resistência térmica, transparência e barreira de luz UV, o que poderia proporcionar maior proteção aos alimentos embalados. Portanto, este estudo demonstrou que o hidrocolóide de mucilagem de chia, possui propriedades e potencialidades importantes como um filme comestível ou revestimento.

Fernandes & Salas-Mellado(2017) avaliaram pães e bolos de chocolate, preparados com diferentes níveis de mucilagem de chia secos a 50° C ou liofilizados, como substitutos de gordura, resultando em produtos mais saudáveis. Os resultados indicaram que pães e bolos de chocolate feitos com mucilagem de chia podem substituir até 50% de gordura sem afetar as características tecnológicas e físicas. A substituição de 75% de gordura, para ambos os tipos de mucilagem, teve uma redução significativa no teor de gordura de 56,6% em pães e 51,6% em bolos, produzindo uma ligeira diminuição nas características tecnológicas dos produtos. Parâmetros sensoriais apresentaram boa aceitabilidade, com maior intenção de compra para ambos os produtos quando adicionados com mucilagem de chia seca a 50 °C. Portanto, a mucilagem de chia provou ser uma nova alternativa para substituir a gordura em produtos alimentares, preservando os atributos de qualidade e tornando-os mais saudáveis.

Recentemente, alguns produtos foram desenvolvidos com a adição de mucilagem de chia. Borneo, Aguirre & León (2010) e Felisberto et al. (2015) descobriram que o efeito sobre o conteúdo nutricional, as propriedades funcionais básicas e as características sensoriais dos bolos foram mantidos quando o óleo foi substituído pela mucilagem em até 25%, apresentando-o como um novo ingrediente para a substituição da gordura nos alimentos.

A adição da mucilagem de chia afetou ligeiramente as características tecnológicas dos pães e reduziu o valor calórico como resultado da reposição de gordura, mostrando que a maior substituição testada (75 e 100%) produziu baixas reduções nos parâmetros de qualidade. Para os bolos de chocolate, as

características tecnológicas foram melhoradas na formulação com substituição de gordura inferior a 50%. Na análise sensorial, os bolos com 75% de substituição apresentaram o mesmo nível de aceitabilidade, com maior intenção de compra para o bolo de chocolate adicionado com mucilagem de chia seco a 50°C. Portanto, para os produtos elaborados de padaria, pão e bolo de chocolate, a mucilagem liofilizada e a seca a 50°C mostraram eficiência na reposição de gordura na formulação. Do ponto de vista sensorial, os produtos com mucilagem de chia seco a 50°C foram mais aceitos, o que apresenta uma vantagem, uma vez que este tipo de secagem é menos dispendioso do que a liofilização (Borneo, Aguirre & León (2010).

3.4 APLICAÇÃO DE MUCILAGEM EM DERIVADOS LÁCTEOS

Os derivados lácteos são um importante sistema de emulsão. Esses podem ser acrescidos de hidrocolóides devido a dois motivos: os hidrocolóides são capazes de melhorar a textura, dão corpo a formulações líquidas e produzem géis em leite aromatizado e iogurte, como também, aumentam a vida útil dos derivados lácteos, e os protegem contra a distribuição de partículas dispersas ou a formação de flocos e a floculação de gotículas de emulsão (Juan-Mei & Shao-PingNie, 2016).

Além dos hidrocolóides, os derivados lácteos também são compostos de proteínas do leite. Os hidrocolóides e as proteínas do leite são dissolvidas na fase aquosa e formam uma solução de polieletrólito de "proteína-hidrocolóide-água" pseudoternária (Syrbe, Bauer & Klostermeyer, 1998). Sendo assim, a incompatibilidade termodinâmica é algo indesejável no sistema proteína-hidrocolóide. Neste caso, a interação entre proteína e hidrocolóide é mais repulsiva e são formadas duas fases aquosas não miscíveis distintas. No entanto, em comparação com a incompatibilidade termodinâmica de polímeros sintéticos em um solvente comum, proteínas e hidrocolóides são incompatíveis em algumas situações, como: alta força iônica e pH acima do ponto isoelétrico da proteína (Juan-Mei & Shao-PingNie, 2016).

Um grande substituinte de gordura, em potencial, são os hidrocolóides, que são capazes de interagir com a água e suas funcionalidades, como propriedades

espessantes, geleificantes e emulsionantes, permitem exercer propriedades de uma maneira como a dos glóbulos gordurosos em sistemas aquosos, além de controlar a textura e reduzir a separação do soro (Lim, Inglett & Lee, 2010). De acordo com a crescente demanda de hidrocolóides com funcionalidade específica, encontrar novas fontes com propriedades apropriadas é uma área de pesquisa com grande potencial (Salehi et al., 2015).

Os agentes emulsionantes consistem em um componente polar solúvel em água (hidrofílico) e um componente não polar, insolúvel em água (hidrofóbico). Esses agentes são importantes na indústria de alimentos, pois melhoram a qualidade sensorial, sabor, textura, palatabilidade, sensação na boca e aparência geral dos produtos finais (Dickinson & Stainsby, 1988). Estudos anteriores relataram que a mucilagem de várias plantas, como mostarda amarela e chia (*Salvia hispanica* L.), tem propriedades de emulsificação e / ou estabilização (Capitani, Nolasco & Tomás, 2016; Wu, Eskin, Cui & Pokharel, 2015).

O sorvete é um tipo de derivado lácteo, que é muito apreciado por pessoas de todas as idades devido ao seu efeito de resfriamento. Possui um sistema de espuma de três componentes que consiste em uma rede de glóbulos de gordura e cristais de gelo em uma fase aquosa altamente viscosa (Prentice, 1992). A gordura do leite tem muitas funções, como derrete e cristaliza, diminui a sensação de frio, contribui com um sabor desejável, além de adicionar estrutura ao sorvete (Goff, 2008).

Campos et al. (2016) avaliaram o uso de mucilagem de chia na substituição total de emulsionantes e estabilizadores em sorvete. Os resultados obtidos pelos autores indicaram que a mucilagem de chia pode substituir esses componentes mantendo a qualidade físico-química e sensorial do produto. No entanto, os autores citam que os sorvetes com mucilagem apresentaram a cor e os atributos globais diferentes significativamente de uma amostra controle, provavelmente devido à cor escura da mucilagem.

Como é sempre difícil fornecer todas as propriedades do sorvete usando um único estabilizador, a combinação de dois ou três hidrocolóides na mistura de sorvete pode resultar em efeitos sinérgicos (Clarke, 2004). A utilização de duas ou mais gomas na formulação de um produto é frequente na indústria de

alimentos. O que pode resultar em uma melhoria da qualidade do produto e proporcionar benefícios econômicos, diminuindo a concentração de goma na formulação (Chenlo, Moreira & Silva, 2011). A quantidade e o tipo de estabilizador requerido na formulação de sorvete dependem do tipo de estabilizador, da resistência do estabilizador, dos sólidos totais e do nível de gordura da mistura e de muitos outros fatores (Bahramparva & MazaheriTehrani, 2011).

Javidiet al. (2016) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar os efeitos da goma de guar (como hidrocolóide comercial), goma de semente de manjerição (como uma nova hidrocolóide) e sua interação (50:50) em diferentes concentrações nas propriedades reológicas, texturizadas, físicas e sensoriais do sorvete de baunilha com baixo teor de gordura (2,5% de gordura) em relação ao sorvete comum (10% de gordura). Os resultados mostraram que a mucilagem de semente de manjerição e a mistura dos hidrocolóides, proporcionaram propriedades reológicas satisfatórias em sorvete com baixo teor de gordura, o que mostra que houve interação sinérgica entre a mucilagem de semente de manjerição e a goma guar. A redução da gordura resultou em alguns defeitos que, de certa forma, foram compensados pelo aumento dos níveis de substituintes de gordura.

As proteínas, gorduras e hidrocolóides são fundamentais para a incorporação de ar e controle das células de ar termodinamicamente instáveis (Marshall et al., 2003). À medida que o nível de gordura no sorvete diminui, o teor de água aumenta e forma partículas maiores de gelo, o que cria a sensação óbvia de frieza na boca. A redução da gordura aumentou a textura devido ao aumento do volume da fase de gelo e diminuição da cremosidade ($p < 0,05$) e aceitação geral. O envolvimento da gordura com as características estruturais do sorvete, como a sua menor condutividade térmica, pode explicar esses dados. (Clarke, 2012).

Outro tipo de derivado lácteo, é a bebida achocolatada, a qual é composta por leite, cacau em pó, açúcar e hidrocolóides. A composição final, as propriedades físicas e sensoriais da bebida achocolatada dependem em grande parte dos níveis de ingredientes, incluindo gordura, tipo de cacau e tipo de hidrocolóide (Yanes et al., 2002a). Para aumentar a cremosidade do produto final

e transmitir um sabor mais duradouro é necessário adicionar um hidrocolóide a bebida (Anonymous, 2000).

O tratamento térmico aumenta significativamente a vida útil das bebidas aromatizadas e também ajuda a hidratação do hidrocolóide. Foi demonstrado que o aquecimento de leite contendo carragenano às temperaturas UHT aumenta a força dos géis de carragenina e melhora a estabilidade a longo do prazo de validade do produto (Prakash et al., 2010). No entanto, durante a esterilização, podem surgir problemas devido ao aumento da viscosidade obtida pelos hidrocolóides e também pelas interações entre os constituintes de sabor e do leite que resultam em floculação, coagulação e formação de sedimentos (Ramesh et al., 1993; Tziboula e Horne, 2000). Se a quantidade e o tipo de estabilizador não forem satisfatórios, o produto acabado pode exibir uma série de características indesejáveis, como floculação e coagulação (Anonymous, 2000).

Devido a interações entre os ingredientes do chocolate e dos componentes do leite, o tratamento térmico interfere na estabilidade da bebida achocolatada provocando situações indesejáveis, como: sedimentação de partículas de cacau, formação de grandes flocos e formação de camadas de cor clara (Yanes et al., 2002b). Esses problemas são uma preocupação diária da indústria de laticínios e são muito comuns durante o processamento UHT de bebida achocolatada (Prakash et al., 2010).

4. DESENVOLVIMENTO

Capítulo I

ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION OF PSYLLIUM MUCILAGE: EVALUATION OF FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES

Artigo submetido para revista *International Journal of Food Engineering* (Qualis B1 na area de Ciência de Alimentos)

Gabriela Sena Souza^a, Rita de Cassia Bergamasco^b, Grasielle Scaramal Madrona^{b*}

^a Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá, Avenida Colombo 5790, Maringá-PR, Brasil.

^bDepartamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá, Avenida Colombo 5790, Maringá-PR, Brasil.

Abstract

The objective of this work was to optimize the extraction of psyllium mucilage and to evaluate its functional and technological properties, aiming the use in ice cream. A factorial design was carried out to test different extraction conditions. Were evaluated the water solubility (WS) and oil absorption capacity. Mucilage(gel and dried) was applied in ice cream, and submitted to overrun, melting, color and sensory analysis. Time and temperature were significant parameters, being the best conditions at 60°C for 2 hours. Samples presented WS between 200 and 1400 g/kg, increasing proportionally to temperature. Ice cream with gel presented higher value and started the melting process faster than the mucilage one. There was a significant difference between samples in flavor, color and texture, and the purchase intention of most tasters indicated "maybe would buy." Therefore, it was possible to find the best condition for the extraction of psyllium mucilage and the application in ice cream.

Keywords: functional food, functional properties, yield

1. Introduction

Demand for functional foods has increased due to a number of factors, such as consumers trying to prevent diseases, aging populations, rising health costs, scientific evidence that diets can affect occurrence and progression of diseases and changes in food

regulation. Concomitantly, we can observe a growth in development of foods and products with functional activities [1].

Functional food is classified as all foods or components thereof that have high nutritional value inherent to their chemical composition, which provide in addition to nutritional function, a potentially beneficial role to improve, maintain and strengthen consumers health. An example of these foods is psyllium, that is currently attracting interest [2].

The genus *Plantago* comes from Western Asia, and has more than 200 species, of which *Plantago ovata* and *Plantago psyllium* are the most commercially cultivated in the world. The peel is the main product obtained from seed milling, which yields about 10 to 25% the dried seed weight. The main characteristic is its high content of soluble and insoluble fibers, being that the soluble fibers in presence of water can form a transparent and mucilaginous gel [3].

Due to its characteristics, psyllium has been used in the development of new products, and enrichment or substitution of ingredients in food preparation, due to its emulsifying, gelling and thickening capacity. In addition, it can be used *in natura* providing physiological benefits, acting significantly on water retention in the fecal matter and normalizing the rate of the digesta passage, and the formation of feces in the colon [4].

Another plus is that psyllium does not have gluten in its composition, making it safe for celiacs. Also, it can be used in the production of beverages, desserts, dairy products, biscuits, pasta and bread.

However, to improve the use of psyllium, it is of great importance to study its properties in relation to food production technology, being that functional property is a specific technological property (water absorption capacity, fat absorption capacity) that influences the physical appearance and behavior of a food product in a characteristic way. It

depends not only on the protein, lipid and carbohydrate contents of a food, but also on the interaction of these and other components in the food matrix [5].

It is necessary to improve physical-chemical, functional, sensory and biological properties of psyllium, to promote its use in food. Due to its extremely strong water absorption ability, it is challenging to disperse psyllium in water or aqueous solutions, even with vigorous stirring and heating, factors that reduce its applicability [6].

Thus, the objective of this work was to optimize the extraction and to evaluate functional and technological properties of psyllium mucilage, aiming later application in food products.

2. Materials and methods

2.1. Materials

Psyllium (*Plantago ovata*) and in natura components used in this research were purchased from the same lot in the local commerce of the city of Maringa, Parana, Brazil. The reagents used were of analytical grade.

2.2. Experimental design for mucilage extraction

First of all, a factorial design was carried out with 8 experiments and 3 repetitions at the central point to test different extraction conditions using the ultrasonic bath application (40 Hz), considering constant temperature (25°C) and as variables, the psyllium ratio parameters: water (1:60, 1:80, 1:100), time (1, 2, 3 hours) and pH (2, 6, 10), being considered as response the yield and emulsion stability.

2.3. Mucilage obtention and analysis

Samples were prepared in equivalent ratio of psyllium: water (pH being adjusted when necessary with hydrochloric acid and/or 0.1 M sodium hydroxide). Subsequently, it was placed in an ultrasonic bath for a fixed time under constant stirring at 500 rpm.

After that, the gel was filtered in two steps, the first to remove larger particles using a cotton cloth and then the gel was filtered with organza fabric to remove smaller particles. The gel was transferred to silicone trays and carried to a forced air circulation oven at 50 °C for 24 hours until the mixture was completely dried [7].

The separated mucilage was then weighed on analytical scale and this data used for the calculation of extraction yield. Emulsion stability analysis was performed for each sample obtained. All assays were performed in triplicate.

2.4. Yield and emulsion stability (ES)

The yield was calculated as a function of the inlet mass of psyllium. For the emulsion stability test, the methodology described by CHAU et al. [8] was used. The emulsified layer was measured and the emulsion stability was calculated according to Equation 1. All tests were performed in triplicate.

$$EE(\%) = 100 \cdot \frac{V_{EAF}}{V_{SAI}} \quad (1)$$

Where VEAF is the volume of the final heated emulsified layer (mL) and VSAI is the volume of the initial heated suspension (mL).

2.5. Instrumental color

Color was analyzed using the Konica Minolta CR-410 portable colorimeter. The system used was CIEL*a*b*, in which the L * coordinates were measured, representing the luminosity, a* which indicates the shades red (+) / green (-) and b* yellow (+) / blue (-). The analysis was performed in triplicate.

2.6. Mucilage and gel analysis – Water solubility and Oil absorption

The following analysis were also performed with the mucilage gel not dried, obtained in the mucilage step. Thus, it was chosen to name gel, the wet mucilage, and mucilage, its dry version.

Water solubility was based on the methodology of Betancour-Ancona et al. [9]. 40 ml of a solution (1:100) was prepared in a centrifuge tube and kept stirring at 25, 30, 50, 60 and 80 °C bath for 30 min. The suspension was centrifuged at 4000 rpm for 15 minutes and the supernatant decanted. A 10 ml aliquot of the supernatant was air-dried in forced circulation oven at 120 °C for 4 hours until constant weight was reached. The percentage of solubility was calculated by equation 2 and then a graph was constructed.

$$\text{Solubility (g / kg)} = \text{dry weight at 120 °C} \times 400 / \text{weight of the sample.} \quad (2)$$

The oil absorption capacity was based on the methodology of Capintani et al [10], in which a 10 ml aliquot of 1:100 mucilage solution was homogenized for 2 minutes at 4000 rpm. 10 ml of soybean oil was added and stirring was continued for 3 minutes; The emulsion formed was centrifuged for 30 minutes at 2000 rpm, then the volume of the supernatant (oil) was measured. Absorption capacity of oil was expressed in ml of absorbed oil per ml sample.

2.7. Mucilage and gel application in ice cream: overrun, melting and sensory analysis

Both mucilage and gel, were added to ice cream, the extraction was performed according to Antigo et al. [14], 80 °C for 1.2 hours and ratio 1:100 (seed: water m / m). The basic formulation of the ice cream was composed of 72% UHT milk, 4% milk powder, 6% pasteurized cream, 15% crystal sugar and 1% flavoring (white chocolate flavor).

Thus, two samples were produced, one with gel and the other with mucilage, mucilage was added to both formulations at 2%. For each formulation, the ingredients

were weighed separately, added into a 2 L beaker and homogenized by mechanical overhead stirrer for 2 min, then taken to a discontinuous ice cream producer (Sorvemaq), for 20 minutes at -18 °C until freezing, according to the methodology proposed by Vacondio et al [11]. After manufacture ice creams were packed in 2L plastic containers and stored at -18 °C.

The overrun analysis was performed with both gel and mucilage ice cream, the initial and final volumes were measured, being the initial volume for the ice cream base (V_i) and volume of the final product (V_f), the overrun was calculated using equation 3.

$$\text{Overrun} = \frac{V_f - V_i}{V_i} \cdot 100 \quad (3)$$

The melting test was performed according to the methodology described by Granger et al. [12]. The data obtained was plotted on a graph where melted ice cream weight is a function of time.

Sensory analysis was performed shortly after the ice cream manufacturing at the State University of Maringa. Acceptance test used a nine points hedonic scale, where 1- Was dislike extremely, and 9- Like extremely. The attributes evaluated were color, texture and flavor, using a team of 100 untrained tasters and potential consumers. Samples of 20 g were presented in white disposable plastic containers encoded with random three-digit numbers. The use of mucilage in ice cream was approved by the UEM Ethics Committee under number: 36660514.5.0000.0104.

2.8. Data analysis

All data obtained was submitted to analysis of variance (ANOVA) and compared by Tukey test with significance level of 5% using Sisvar 7.0, and software Statística 7.0 [13].

3. Results and discussion

3.1. Psyllium mucilage extraction

In the design (Table 1) it can be seen that only time was significant ($p < 0.05$), an increase in time results in higher yield and emulsion stability (ES), as shown in the Pareto diagram (Figures 1 and 2). Time and pH were significant for yield, while ratio and time, as well as ratio and pH, were significant for emulsion stability. Regarding color, there was no significant difference ($p < 0.05$) between samples. The following equation was obtained for yield: $Y = 3.16 X_2 + 3.26 X_2 X_3$. And the following equation for emulsion stability: $Y = 1.04 X_2 - 0.93 X_1 X_2 + 0.91 X_1 X_3$.

Finally, only the results of the ultrasonic bath were analyzed in the central area of the experiment, being that, pH 6.0 for 2 hours, and 1:80 ratio (seed: water). The yield obtained was 42% and emulsion stability 38%, values very close to those obtained in similar conditions with the use of ultrasonic bath (tests 9, 10 and 11, Table 1).

Antigo et al [14] evaluated the extraction of psyllium mucilage without ultrasonic bath at 80 °C for 1.2 hours and seed: water ratio of 1: 100 with stirring at 1000 rpm, the authors obtained yield of 65.0%, higher results than the present study.

The yield values obtained in the design ranged from 25.60 to 47.97%, values below that obtained in literature [14]. Probably, these lower values are due to temperature as mentioned above and also the second filtration step used in this work, because organza performs finer filtration, removing smaller particles from the previous filtering, this step was not used by the authors.

The values obtained for emulsion stability in the design ranged from 35.16 to 43.58%, differently from values above 90.00% found by Martins et al. [15] when studying chia flour. As they are different seeds, this discrepancy may also be due to one being gel and the other being flour.

3.2. Application in ice cream

Regarding the incorporation of air (overrun), it was observed that the gel presented a value of 80% while the mucilage 60%. Maestrello et al. [16] produced ice cream with chia mucilage (*Salvia hispanica* L.) and obtained yield values between 25 and 55%, considering addition of mucilage from 0.6 to 1.8%, values lower than those obtained in the present work. It is known that ice cream with a lot of air has a foam consistency and ice cream with little air is very heavy. According to Souza et al. [17] in a discontinuous producer machine, the air is incorporated by stirring inside the syrup at atmospheric pressure, obtaining 50 to 100% overrun, so the overrun found here is within the standard for a discontinuous ice cream producer. Figure 3 shows melting versus time for ice cream with mucilage and gel.

Ice cream with gel started the melting process faster than the mucilage ice cream (Figure 3). Both ice creams melted close to 90 minutes, but gel ice cream melted first and not steadily, this may have occurred because gel has a higher amount of free water, forming ice crystals that tend to melt faster, not forming a three-dimensional network with fat during the aeration and freezing process. Since it is the interaction of fat with air bubbles and ice crystals responsible for the melting speed [18]. This may also have occurred because the overrun result is higher, which means that gel ice cream has a higher amount of air.

Granger et al. [12] report that fat interferes with ice cream melting because fat globules that surround air bubbles stabilize the gas phase, consequently increasing the levels of fat aggregation, improving the resistance of the ice cream to melting. Also, Domadam [20] emphasizes that the addition of hydrocolloids slows down the rate of ice crystals formation because it increases the viscosity of the liquid phase, forming a three-dimensional network, which decreases water mobility. Thus, it is noted that both

formulations with addition of psyllium mucilage showed longer melting time, therefore mucilage may represent a good alternative to substitute fat.

Table 2 presents the results of ice cream color parameters. Due to the ice cream being white chocolate flavor, the formulations presented light tonality, the luminosity ranged from 84.78 to 87.26 close to maximum luminosity (100). There was a significant difference ($p < 0.05$) for the parameters a^* , which indicates the shades red (+)/green (-), and b^* , which represents yellow (+)/blue (-), the sample with gel was more luminous and had more green and yellow.

All analyzed sensorial parameters, for both ice cream samples, obtained scores from 6 to 8, corresponding to the terms of the hedonic scale "like slightly", "like moderately" and "like very much", these results show general product acceptance.

Table 3 shows that there was a significant difference ($p < 0.05$) between the samples in smell, color and texture. Both formulations used equal ingredients, only the type of mucilage was substituted, but gel ice cream flavor obtained a higher score, pleasing more tasters. The significant difference ($p < 0.05$) in color occurs because mucilage is harder to solubilize in ice cream solution, causing dark spots to appear, which may have resulted the lower score. The difference in texture was significant, with the mucilage sample obtaining higher scores, which may have occurred because gel ice cream contains more water, which leads to crystallization and faster melting, compromising texture. There was no significant difference in taste and overall appearance ($p < 0.05$). The intention of purchase for both ice creams was close, "maybe would buy or would not buy".

4. Conclusion

In view of the results obtained, we can conclude that the best conditions for the extraction of psyllium mucilage use the ultrasonic bath, which contributes to process

optimization. The potential of psyllium as a functional food, is due to its technological and functional properties, thus, it can be applied in numerous food products, adding nutritional value, and contributing properties, such as emulsification. Psyllium is an economical alternative for the food industry, due to its high yield and viable source, and it can generate desirable texture and sensorial characteristics that satisfy consumers requirements. However, there are few studies on psyllium mucilage, so further research is needed to discover other peculiarities of this seed.

References

- [1] CRAVEIRO, A.C.; CRAVEIRO, A. A. Alimentos Funcionais: A Nova Revolução. Fortaleza: PADETEC, 2003.
- [2] BELLO, J. Los alimentos funcionales o nutraceuticos. I – Nueva gama de productos em la industria alimentaria. Alimentaria, Pamplona, 1995, 33: 25-30.
- [3] HUERTA, K. M., ALVES, J. S., SILVA, A. F. C., KUBOTA, E. H. & ROSA, C. S. Sensory response and physical characteristics of gluten-free and gum-free bread with chia flour. Food Science and Technology, 2016. 36 (1): 15-18.
- [4] KAUR, M., SINGH, V. AND KAUR, R. Effect of partial replacement of wheat flour with varying levels of flaxseed flour on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of cookies, Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre, 2017. 9: 14–20. doi: 10.1016/j.bcdf.2016.12.002.
- [5] PORTE, A., SILVA, E.F., ALMEIDA, V.D.S., SILVA, T.X., PORTE, L.H.M. Technological functional properties of papaya (*Carica papaya*) and pumpkins (*Cucurbita* sp) seed flours. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, 2011. 13(1): 91–96.
- [6] WÄRNBERG, J., MARCOS, A., BUENO, G., MORENO L.A. Functional benefits of Psyllium fiber supplementation', Current Topics in Nutraceutical Research, 2009. 7(2). Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/36128143.pdf>.
- [7] CAMPOS, B. E. , RUIVO, T.D., BERGAMASCO, RITA DE C.; MADRONA, GRASIELE. Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier, LWT - Food Science and Technology, 2016. 65: 874–883. doi: 10.1016/j.lwt.2015.09.021.
- [8] CHAU, C.; CHEUNG, K.; WONG, Y. Functional properties of protein concentrate from three Chinese indigenous legume seeds. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1997. 45: 2500-2503.
- [9] BETANCUR-ANCONA, D.; PERAZA-MERCADO, G.; MOGUELORDOÑEZ, Y.; FUERTES-BLANCO, S. Physicochemical characterization of lima bean (*Phaseolus lunatus*) and jackbean (*Canavalia ensiformis*) fibrous residues. Food Chemistry, 2003. 84 (2): 287-295.
- [10] CAPITANI, M., SPOTORNO, V., NOLASCO, S., TOMAS, M. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina. LWT – Food Science and Technology, 2012. 45: 94-102. doi:10.1016/j.lwt.2011.07.012

- [11] VACONDIO, R.; LOPES, E. S.; ROSA N. C.; CARAVALHO, A. R.; PIERETTI, G. G.; MADRONA, G. S. Caracterização e avaliação sensorial de sorvete com extrato aquoso de Yacon. *E-xacta*, 2013. 6 (2): 155-163.
- [12] GRANGER, C. Influence of formulation on the structural networks in ice cream. *International Dairy Journal*, 2005. 15(3): 255-262.
- [13] FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência agrotecnologia*. 2014, 38 (2): 109-112.
- [14] ANTIGO, JÉSSICA L. D.; BERGAMASCO, RITA DE C.; MADRONA, GRASIELE S. Functional properties of chia and psyllium mucilage. in: xxi simpósio nacional de bioprocessos - xii simpósio de hidrólise enzimática de biomassa. 2017. Aracaju, Sergipe, Brasil.
- [15] MARTINS, D. B. MARTINS, E. M. M. TASSI, A. L. F. NUNES, C. O. SILVA. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E PROPRIEDADES FUNCIONAIS DA FARINHA DE CHIA (*Salvia hispanica* L.). In: X CIGR Section IV International Technical Symposium. 2016.
- [16] MAESTRELLO, C., TAKAHASHI, G., PIMENTEL, T.C., BERGAMASCO, RITA DE C.; MADRONA, GRASIELE. Replacing Emulsifier in a Prebiotic Ice Cream: Physical and Chemical Evaluation and Acceptance, *Journal of Culinary Science & Technology*. 2017. 1: 1–12. doi: 10.1080/15428052.2017.1333934.
- [17] SOUZA, M. W. S., FERREIRA, T. B. O. VIEIRA, I. F. R. Composição centesimal e propriedades funcionais tecnológicas da farinha da casca do maracujá. *Alimentos e Nutrição*. 2008. 19 (1): 33-36.
- [18] PASSOS, A.; SÁ, D.; MORAIS, G.; CHACON, L. BRAGA, R. Avaliação da Incorporação de Galactomanana de *Caesalpinia Pulcherrima* em Sorvetes e Comparação com estabilizantes comerciais, *Revista Ciência Agronômica*, 2016. 47 (2): 275-282.
- [19] DAMODARAN, S. Inhibition of ice crystal growth in ice cream mix by gelatin hydrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007. 55:10918-10923.

TABLE 1. Conditions and results of mucilage extraction for yield and EE (%), and color (L, a*, b*)

Run	Ratio (w/w)	Time (h)	pH	Yield (%)	EE (%)	L	a*	b*
1	1:60	1	2	39,93	41,30	83,25	-2,91	11,24
2	1:100	1	2	42,56	37,45	82,24	-2,65	10,67
3	1:60	3	2	47,63	42,05	80,49	-2,80	10,36
4	1:100	3	2	33,40	38,10	80,49	-2,36	9,85
5	1:60	1	10	32,77	35,16	80,49	-2,36	9,85
6	1:100	1	10	25,60	42,43	79,86	-2,20	12,00
7	1:60	3	10	35,77	42,09	79,86	-1,99	13,10
8	1:100	3	10	47,97	42,46	80,33	-2,20	12,00
9	1:80	2	6	46,50	43,58	81,32	-2,75	10,09
10	1:80	2	6	43,00	39,88	82,23	-2,88	9,79
11	1:80	2	6	38,33	42,01	82,23	-3,21	10,09

TABLE 2. Instrumental color results of ice cream

Sample	L	a*	b*
Mucilage ice cream	84,78 ^a ± 0,02	-6,25 ^a ± 0,08	20,34 ^a ± 0,08
Gel ice cream	87,26 ^a ± 0,05	-6,90 ^b ± 0,03	20,89 ^b ± 0,07

Averages with equal letters, in the same column, do not differ significantly at the 5% level of significance.

TABLE 3. Sensory results

Sample	Gel ice cream	Mucilage ice cream
Color	7,59 ^a	7,25 ^b
Smell	7,21 ^a	6,87 ^b
Flavor	7,89 ^a	7,66 ^a
Texture	6,79 ^b	7,44 ^a
Global Acceptance	7,45 ^a	7,45 ^a
Purchase intention	2,52 ^a	2,39 ^a

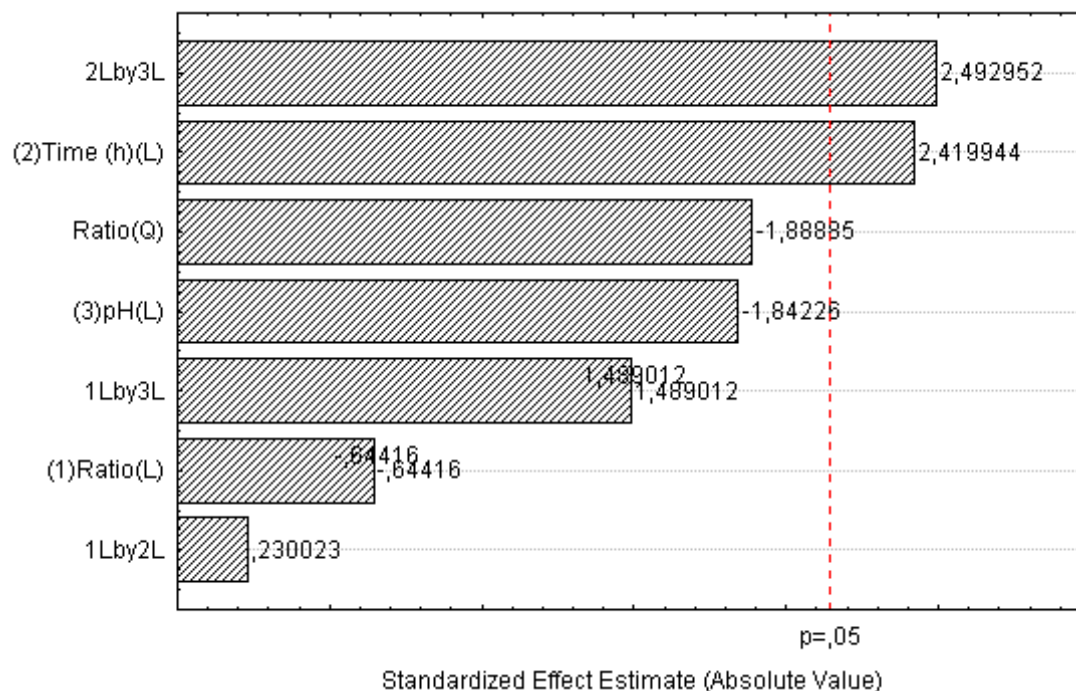
Averages with equal letters, in the same line, do not differ significantly at the 5% level of significance.

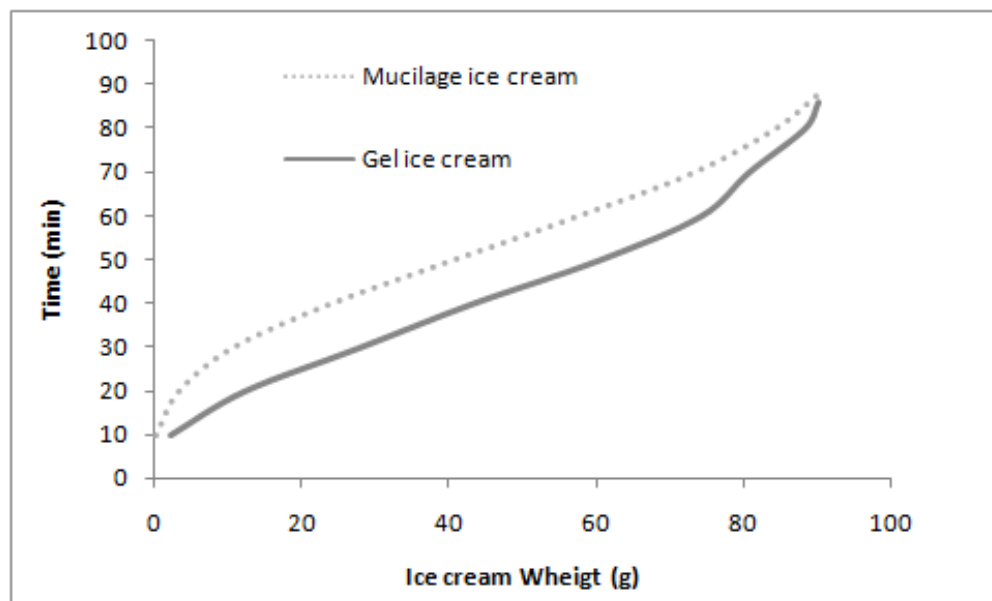
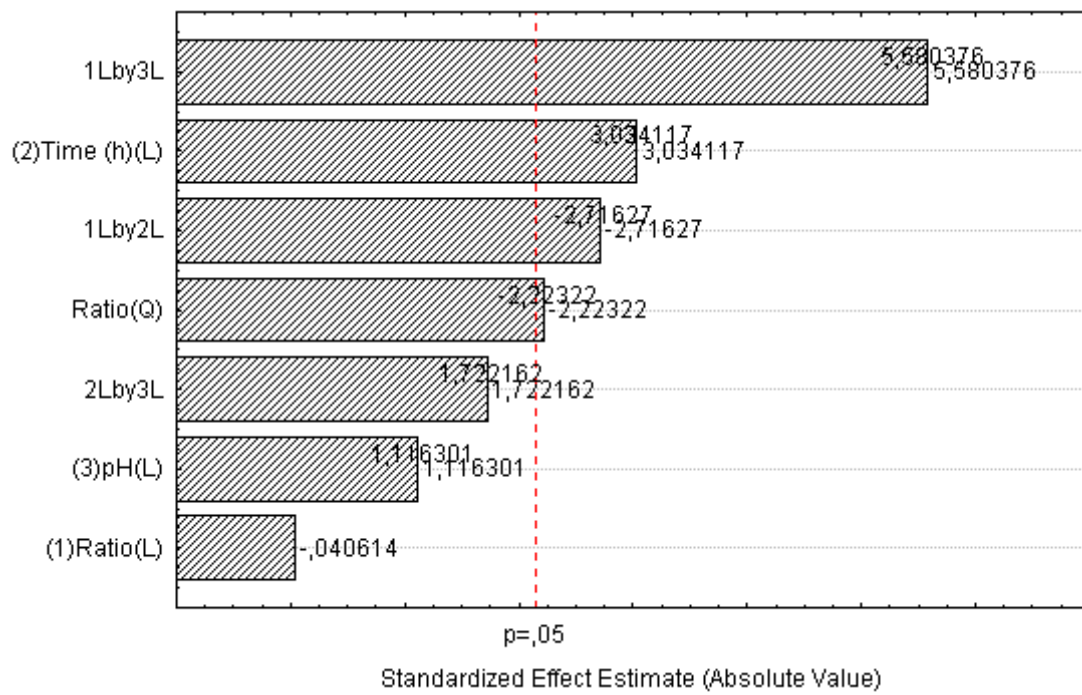
Legends to figures

Figure 1. Pareto diagram for yield (%), time variation, pH and ratio seed: water.

Figure 2. Pareto diagram for EE (%), time variation, pH and ratio (seed: water)

Figure 3. Ice cream melting process.





Capítulo II

EXTRAÇÃO, AVALIAÇÃO DE ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E APLICAÇÃO DE MUCILAGEM DE PSYLLIUM EM BEBIDA ACHOCOLATADA

Artigo a ser submetido

Gabriela Sena Souza^a, Deise Gazineu Coraça^b, Suelen Siqueira Santos^c, Rita de Cassia Bergamasco^d, Grasielle Scaramal Madrona^{d*}

^a Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá, Avenida Colombo 5790, Maringá-PR, Brasil.

^b Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá, Avenida Colombo 5790, Maringá-PR, Brasil.

^c Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá, Avenida Colombo 5790, Maringá-PR, Brasil.

^d Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá, Avenida Colombo 5790, Maringá-PR, Brasil.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi otimizar a extração da mucilagem de psyllium por meio do melhor método de extração obtido, avaliar seus compostos antioxidantes e realizar sua aplicação em bebida achocolatada. Primeiramente, avaliou-se a extração em banho ultrassônico e banho maria, como não houve diferença posteriormente realizou-se um planejamento em banho-maria para avaliar as melhores condições de extração de mucilagem de psyllium, tendo como variáveis resposta o rendimento e a estabilidade de emulsão. As melhores condições de extração da mucilagem do psyllium foram 60°C por 2 horas e proporção 1:80 (semente:água). Pode-se verificar que o psyllium é rico em compostos antioxidantes, o que pode contribuir ainda mais sua aplicação em produtos alimentícios. Assim, a aplicação da mucilagem em bebida achocolatada foi significativa sensorialmente, já que entre diversos atributos não houve diferença significativa entre as amostras, destacando-se a textura, a qual as

amostras com mucilagem não diferiram da amostra controle constituída por goma xantana.

Palavras -chave: compostos antioxidantes; estabilidade de emulsão; textura.

1. Introdução

Os hidrocolóides, também chamados de gomas, são macromoléculas constituídos por biopolímeros de alto peso molecular (Viebke et al., 2014). Os grupos hidroxilos em sua estrutura aumentam a afinidade pela água, formando dispersões aquosas viscosas ou géis, de ocorrência natural, chamados de mucilagem (Han et al., 2016; Singh, Kumar, Langyan & Ahuja, 2009). Portanto, mucilagem pode ser definida como uma substância gelatinosa ou um grupo de hidrocolóides compostos principalmente de polissacarídeos e proteínas, com fortes interações entre os mesmos (Lai e Liang, 2012; Zeng e Lai, 2016). São extraídas principalmente de sementes ou outras partes da planta, mas também podem ser obtidos de algas marinhas e de microorganismos selecionados (Rangari, 2002). Alguns hidrocolóides naturais vem sendo estudados e utilizados na indústria alimentícia, como é o caso da semente de psyllium, o qual apresenta potencial para extração de gel, ou mucilagem.

As mucilagens extraídas de sementes são fontes de hidrocolóides naturais com baixo custo, oferecendo baixa ingestão de calorias, tornando-se um produto ideal para o desenvolvimento / melhoria de produtos que possuam alegações de saúde com propriedades benéficas para o consumo humano, tornando-os uma opção potencial para aplicação na alimentação (Nayak et al., 2015).

O gel formado possui alta estabilidade térmica e química, propriedades comestíveis, biodegradáveis, não cancerígenas, biocompatíveis e não tóxicas (Sharma et al., 2014). Tal fato garante sua aplicação em vários produtos alimentícios (Ali et al., 2012), atuando com diversas funções, como espessante, substituto de gordura, estabilizador, agente geleificante, controle/prevenção de sinéresis, emulsionante e ainda como prebiótico (Lucey, 2002; Nikoofar et al., 2013).

A seleção de um hidrocolóide adequado para um sistema depende de suas funções e propriedades desejáveis nos alimentos, além de seus custos e segurança. Pode-se perceber o constante aumento da utilização dos mesmos e, conseqüentemente, estudos recentes têm sido realizados com o objetivo de encontrar novas fontes de hidrocolóides mais eficientes e econômicos para aplicação em alimentos (Vardhanabhuti & Ikeda, 2006)

Entre as classes de alimentos, os derivados lácteos podem ser acrescidos de hidrocolóides devido a dois motivos: os hidrocolóides são capazes de melhorar a textura, dão corpo a formulações líquidas e produzem géis em leite aromatizado e iogurte, como também, aumentam a vida útil dos derivados lácteos, e os protegem contra a distribuição de partículas dispersas ou a formação de flocos e a floculação de gotículas de emulsão (Juan-Mei & Shao-PingNie, 2016).

Assim, o objetivo deste trabalho é otimizar a extração da mucilagem através do melhor método de extração obtido, avaliando seus compostos antioxidantes e realizando sua aplicação em bebida achocolatada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O psyllium (*Plantago Ovata*) e as matérias-primas utilizadas nesta pesquisa foram adquiridos sempre de um mesmo lote no comércio local da cidade de Maringá, Paraná. Os reagentes utilizados nas análises foram de grau analítico.

2.1 Planejamento experimental de extração da mucilagem com e sem ultrassom

Primeiramente realizou-se um experimento para verificar a influência da utilização de banho ultrassônico na obtenção de mucilagem e gel de psyllium na mesma condição.

Após, realizou-se um planejamento (Tabela 1) através da utilização de um Delineamento composto Central, incluindo oitos experimentos com três repetições no ponto central, tendo como variáveis independentes o tempo (1; 1,4; 2; 2,6; 3 horas) e a temperatura (37, 40, 60, 80, 83 °C). Para tanto, avaliou-se como

variável resposta o rendimento e a estabilidade de emulsão, por meio de superfície de resposta.

Os experimentos foram realizados em triplicata e os dados avaliados utilizando o software Statística 7.0. Os resultados obtidos na região ótima foram utilizados para realização das etapas posteriores da pesquisa.

Tabela 1: Condições de extração utilizadas no segundo planejamento.

Experimento	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo
1	-1	-1	40	84
2	-1	1	40	156
3	1	-1	60	84
4	1	1	80	156
5	-1,41	0	37	120
6	1,41	0	83	120
7	0	-1,41	60	60
8	0	1,41	60	180
9	0	0	60	120
10	0	0	60	120
11	0	0	60	2

Variáveis	Código	-1,41	-1	0	1	1,41
Temperatura (°C)	X ₁	37	40	60	80	83
Tempo (min)	X ₂	60	84	120	156	180

Fonte: Dados da pesquisa.

2.1.1 Obtenção e análises da mucilagem

Para realização dos ensaios as amostras foram preparadas na proporção equivalente de psyllium:água. Colocou-se em banho maria por tempo determinado e temperatura controlada, sob constante agitação a 500 rpm. Logo após, o gel foi filtrado em duas etapas, na primeira para remoção de partículas maiores utilizou-se pano de prato e posteriormente filtrou-se o gel em organza para remoção de menores partículas. Transferiu-se o gel para formas de silicone

e levou-se para estufa com circulação forçada de ar a 50°C por 24 horas até a secagem completa da mistura (Campos *et al.*, 2016) e a obtenção da mucilagem seca e desidratada.

A mucilagem separada foi então pesada em balança analítica e este dado utilizado para o cálculo do rendimento de extração e análise de estabilidade de emulsão. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

A semente e a mucilagem foram analisadas ainda em relação a sua composição centesimal, ou seja, lipídios, proteínas, umidade, cinzas, conforme IAL (2008) e carboidratos por diferença.

2.1.2 Rendimento e estabilidade de emulsão (EE)

O rendimento foi calculado em função da massa de entrada de psyllium. Para o teste de estabilidade de emulsão utilizou-se a metodologia descrita por CHAU *et al.* (1997). Preparou-se uma suspensão de mucilagem em água de 0,5 g/50 mL e esta foi homogeneizada em um agitador mecânico do tipo Fisatom 7BD, à 1000 rpm por 2 minutos. Adicionou-se à suspensão 50 mL de óleo de soja e prosseguiu-se a homogeneização e agitação à 5000rpm por 2 minutos, para a obtenção da emulsão. A emulsão foi, então, transferida para tubos graduados de 10 mL e centrifugada em centrífuga do tipo Gemmy Industrial Corp. a 1500 rpm por 20 minutos. Em seguida, aqueceu-se a 80°C, por 5 minutos em banho maria, do tipo Quimis. Os tubos foram resfriados à temperatura ambiente (25°C), e levados a centrifugação por 20 minutos à 1500 rpm. A camada emulsificada foi medida e a estabilidade de emulsão foi calculada de acordo com a equação 1. Todos os testes foram realizados em triplicata.

$$EE(\%) = 100 \cdot \frac{V_{EAF}}{V_{SAI}} \quad (1)$$

Onde V_{EAF} é o volume da camada emulsificada aquecida final (mL) e V_{SAI} é o volume da suspensão aquecida inicial (mL).

2.2. Avaliação da atividade antioxidante da mucilagem

Para todas as análises de antioxidantes fez-se necessário a obtenção da extração da mucilagem de psyllium. Para cada 1 grama de amostra, utilizou-se 5 mL de etanol e 5 mL de água. Agitou-se por 20 minutos a 60°C e em seguida, centrifugou-se a 1000 rpm por 10 minutos. Analisou-se compostos fenólicos totais, flavonóides, DPPH, ABTS e FRAP, sempre em triplicata.

Compostos fenólicos totais: Determinou-se utilizando a metodologia descrita por Singleton&Rossi (1965) e Pierpoint (2004). Pipetou-se 125 µL do extrato em tubo de ensaio. Adicionou 125 µL de Folin 50% e 2250 µL de Carbonato de sódio (Na₂CO₃). Incubou-se durante 30 minutos e logo em seguida realizou a leitura em espectrofotômetro a 725 nm em triplicata, o cálculo foi realizado segundo equação 2.

$$CFT = \frac{ABS/CR}{CA} (2)$$

Onde: CFT= compostos fenólicos totais (mgEAG/g amostra);

ABS= absorvância obtida na análise menos o branco;

CR= coeficiente obtido da reta =0,006 mg/L (curva padrão);

CA= concentração da amostra utilizada em g/L;

Flavonoides: Para a determinação do conteúdo de flavonoides, adicionou-se 250µl de extrato diluído em 1000µl de água destilada, 75µl de solução NaNO₂ 5%, após 5 min, adicionou 75µl de AlCl₃ 10%, após 6 min, adicionou 500µl de NaOH[1 M] e por fim, adicionou-se 600µl de água destilada. Agitou-se e leu-se a absorvância em 510nm, segundo Allothman, Bhat&Karim (2009). Os flavonoides foram determinados seguindo a equação 3.

$$\text{Absorvância} \times F \times \text{diluição} = \text{expresso em } \mu\text{g/mL equivalente a catequina} (3)$$

DPPH: Para avaliar o DPPH, misturou-se 150 µl da amostra (extrato) com 2850 µl da solução trabalho, para preparar a amostra, o controle negativo foi preparado utilizando-se água ao invés da amostra. Leu-se a absorvância a 515nm, no espectro de luz UV, conforme THAIPONG et al., (2006). O cálculo foi realizado segundo equação 4.

Eficiência do sequestro dos radicais livres % = $(A_{\text{controle negativo}} - A_{\text{amostra}} / A_{\text{controle negativo}}) \times 100$ (4)

FRAP: Para determinar-se o FRAP, preparou-se em tubos de ensaio, três diluições diferentes, em triplicata. Em ambiente escuro, transferiu uma alíquota de 90 μL de cada diluição do extrato para tubos de ensaio, acrescentou 270 μL de água destilada, misturou com 2,7 mL do reagente FRAP, homogeneizou em agitador de tubos e mantiveram-se as amostras em banho-maria a 37 $^{\circ}\text{C}$. Realizou-se a leitura (595 nm) após 30 minutos da mistura preparada e utilizou o reagente FRAP como branco para calibrar o espectrofotômetro. A partir das absorbâncias obtidas das diferentes diluições dos extratos, plotou a absorbância no eixo Y e a diluição (mg/L) no eixo X. Em seguida, determinou a equação da reta. Para calcular a AAT, deve-se substituir na equação da reta a absorbância equivalente a 1.000 μM do padrão sulfato ferroso. O valor obtido para o termo x (equação 5) corresponde à diluição da amostra (mg/L) equivalente a 1.000 μM de sulfato ferroso. Conforme descrito por Rufino et al. (2006).

$y = ax + b$ Onde, y = Absorbância correspondente a 1.000 μM de sulfato ferroso
(5)

x = Diluição da amostra (mg/L) equivalente a 1.000 μM de sulfato ferroso

A partir do resultado encontrado (x) na equação 2, dividiu por 1.000 para ter o valor em g. O resultado final (equação 6) é calculado pela divisão de 1.000 (μM) pelo valor de X(g) e multiplicado por 1(g) para encontrar o valor final (Z) que é expresso em μM sulfato ferroso/g.

$X(\text{g}) = x / 1.000$

$Z = 1.000 / X(\text{g}).1$ (6)

ABTS: Determinou-se ABTS a partir do extrato obtido. Preparou-se em tubos de ensaio, no mínimo, três diluições diferentes, em triplicata. Em ambiente escuro, transferiu uma alíquota de 30 μL de cada diluição do extrato para tubos de ensaio com 3,0 mL do radical ABTS $\cdot+$ e homogeneizou em agitador de tubos. Realizou a leitura (734 nm) após 6 minutos da mistura e utilizou o álcool etílico, como branco, para calibrar o espectrofotômetro, segundo Rufino et al. (2007). A partir das absorbâncias obtidas das diferentes diluições dos extratos, plotou-se a

absorbância no eixo Y e a diluição (mg/L) no eixo X. Em seguida, determinou a equação da reta (equação 7). Para calcular a AAT, substituiu-se na equação da reta a absorbância equivalente a 1.000 μM do padrão trolox (equação 7). O valor obtido para o termo x corresponde à diluição da amostra (mg/L) equivalente a 1.000 μM de trolox.

Cálculo das diluições do extrato (mg/L) equivalente a 1.000 μM de trolox

$$y = ax + b \quad (7)$$

onde: y = Absorbância correspondente a 1.000 μM de trolox

x = Diluição da amostra (mg/L) equivalente a 1.000 μM de trolox

A partir do resultado encontrado (x) na equação 7, dividiu-se por 1.000 para ter o valor em g. O resultado final (equação 8) foi calculado pela divisão de 1.000 (μM) pelo valor de X(g) e multiplicado por 1(g) para encontrar o valor final (Z) que é expresso em μM trolox / g.

Cálculo final expresso em (μM trolox / g)

$$X(g) = x / 1.000$$

$$Z = 1.000 / X(g).1 \quad (8)$$

2.3 Aplicação do gel em matriz alimentícia (bebida achocolatada)

Para a realização da bebida achocolatada utilizou-se o gel obtido com as melhores condições de extração (60°C por 2 horas e proporção 1:80 (semente:água)), sem a etapa de secagem, já que a matriz alimentícia seria líquida. Assim, formulou-se três amostras de bebida achocolatada, uma controle, composta de goma xantana, e outras duas com o gel de psyllium, em duas concentrações (5% e 15%) como substituinte da goma.

A formulação básica da bebida era composta de 44,89% de leite integral, 44,89% de soro de leite, 1,99% de chocolate (Dairymix), 7,98% de açúcar, 0,15% de goma xantana e 0,1% de essência de baunilha. Para a produção de cada formulação, os ingredientes foram pesados separadamente, adicionados em um béquer e homogeneizados por meio de um mixer. Posteriormente foram colocados em um banho a 85°C por 30 minutos, sob agitação com um agitador mecânico de bancada, para que ocorresse a pasteurização de forma homogênea.

Logo após, as amostras foram resfriadas a 5°C. Em seguida adicionou-se a essência e foram acondicionadas para posteriores análises.

2.3.1 Cor instrumental e análise sensorial da bebida achocolatada

A cor foi analisada em colorímetro portátil Konica Minolta CR-410. O sistema utilizado foi o CIEL*a*b*, na qual foram medidas as coordenadas L*, representando a luminosidade, a* que indica as tonalidades vermelho (+) / verde (-) e b* que representa as tonalidades amarelo(+) / azul(-). As análises foram realizadas em triplicata.

A análise sensorial foi realizada logo após a fabricação, no Laboratório de Análise Sensorial da Universidade Estadual de Maringá. Foi aplicado teste de aceitação utilizando-se uma escala hedônica de nove pontos, sendo 1-Desgostei muitíssimo, 2-Desgostei muito, 3-Desgostei moderadamente, 4-Desgostei ligeiramente, 5-Indiferente, 6- Gostei ligeiramente, 7-Gostei moderadamente, 8-Gostei muito, e 9-Gostei muitíssimo. As formulações foram avaliadas em relação aos atributos cor, aroma, textura e sabor, utilizando-se uma equipe de 100 provadores, potenciais consumidores. Amostras de 20 mL foram apresentadas aos provadores de forma balanceada, em recipientes plásticos brancos descartáveis codificados com números aleatórios de três dígitos. O uso de mucilagem em produtos alimentícios foi aprovado pelo Comitê de Ética da UEM sob número: 36660514.5.0000.0104.

2.4 Análise dos dados

Os experimentos foram realizados em triplicata. Os dados obtidos em todas as análises foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de Tukey com nível de significância de 5% no Sisvar 7.0. E avaliados pelo software Statística 7.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Extração do gel e da mucilagem com e sem banho ultrassônico e planejamento experimental

Inicialmente realizou-se uma comparação entre as amostras de mucilagem e gel obtidas por ultrassom e banho maria, nas mesmas condições de extração, para saber se existiria diferença significativa na mucilagem e no gel obtidos. Para tal, realizou-se as análises de atividade e estabilidade de emulsão. Assim, de acordo os resultados obtidos (Tabela 1), pode-se observar que não houve diferença significativa entre os diferentes meios de extração.

Destaca-se ainda que a amostra de mucilagem obtida em banho maria apresentou os maiores valores nas duas análises realizadas. Diante disso, utilizou-se neste trabalho o banho maria para extração da mucilagem e do gel, já que com o mesmo há maior controle da temperatura, atingindo maiores valores que o ultrassom.

Tabela 1: Comparação entre o ultrassom e o banho maria para extração de mucilagem e gel.

Amostra / Parâmetro	atividade de emulsão (%)	estabilidade de emulsão (%)
Mucilagem em ultrassom	47,35 ^b	86,67 ^b
Mucilagem em banho-maria	59,16 ^c	92,00 ^c
Gel em banho-maria	44,92 ^a	81,82 ^a
Gel em ultrassom	43,80 ^a	80,96 ^a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

Diante dos resultados obtidos no trabalho anterior e na comparação relatada acima, fez-se necessário a realização de outro planejamento para que tivesse outras condições de extração que fossem significativas. Assim avaliou-se a influência da temperatura e do tempo de extração (Tabela 2), mantendo-se a proporção de 1:80, pH 6,0 (Artigo 1) e com aplicação de banho maria. Ao utilizar a metodologia de superfície de resposta, notou-se que a temperatura foi significativa para o rendimento, como pode-se observar na Figura 1, em que a região ótima é a 60°C por 1 hora, tendo como equação: $Y = 0,42 X_1 - 0,69 X_1^2 - 0,5 X_2 + 0,49 X_2^2$. Em contrapartida, a região ótima em relação a estabilidade de emulsão é a 60°C por 2 horas, sendo que tanto a temperatura quanto o tempo foram significativos, e obteve-se a equação seguinte: $Y = 2,37 X_1 - 3,05 X_1^2 + 3,09 X_2 - 2,28 X_2^2 + 1,65$ (Figura 2.).

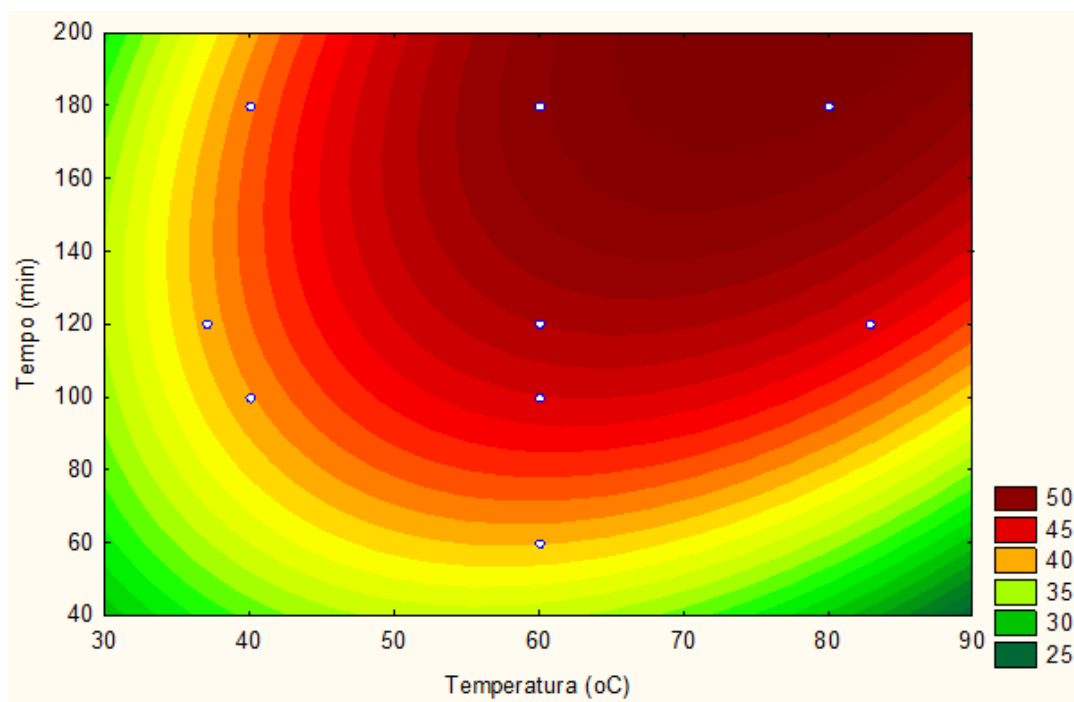


Figura 1. Superfície de resposta indicando a influência do tempo e da temperatura no rendimento de extração da mucilagem.

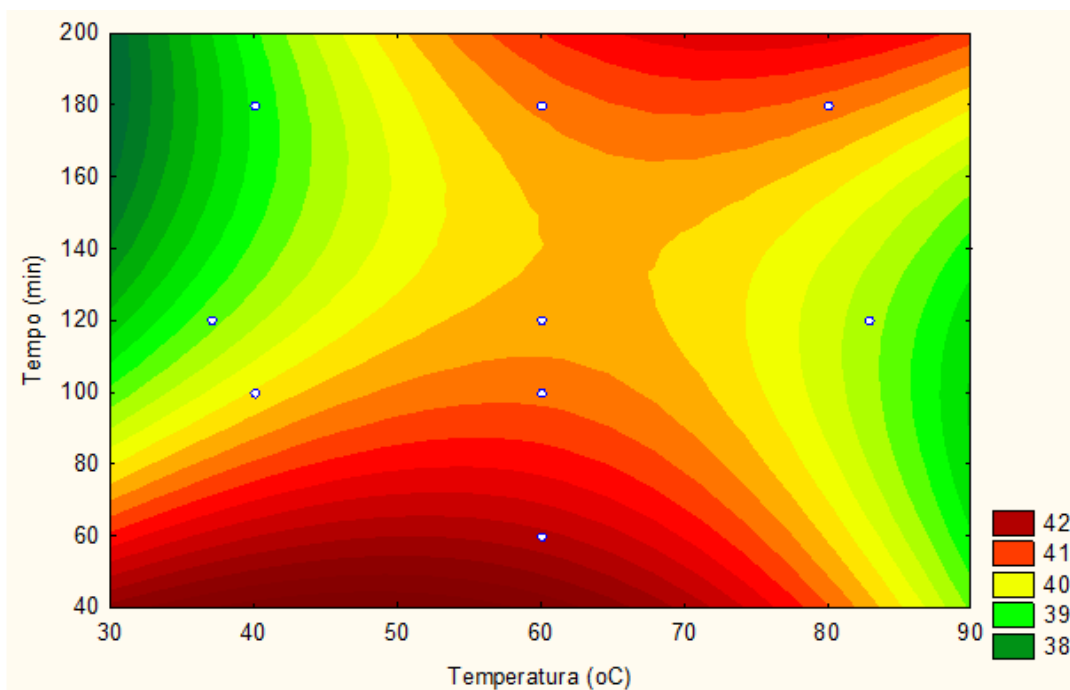


Figura 2. Superfície de resposta indicando a influência do tempo e da temperatura na Estabilidade de Emulsão da mucilagem.

A metodologia de superfície de resposta (RSM) foi utilizada para indicar como as variáveis independentes têm efeito interativo nas variáveis dependentes. Esta metodologia é obtida através da combinação de técnicas estatísticas e matemáticas utilizadas para desenvolver, melhorar e otimizar processos (Rostami e Gharibzahedi, 2016).

Assim, pode-se obter como melhor condição de extração do psyllium, a região de 60°C por 2 horas e proporção 1:80 (semente:água), a qual proporcionou maior rendimento e estabilidade de emulsão. Assim, essa condição foi utilizadas para as análises posteriores deste trabalho.

Tabela 2: Resultados da influência da temperatura e do tempo de extração no rendimento (%) e EE (%) da mucilagem.

Experimento	Temperatura	Tempo	Rendimento (%)	EE (%)
1	40	1,4	37,58	41,64
2	40	2,6	41,19	39,39
3	60	1,4	41,88	40,36
4	80	2,6	52,29	40,65
5	37	2	41,68	37,50
6	83	2	43,56	39,93
7	60	1	40,10	41,85
8	60	3	47,17	40,11
9	60	2	48,08	38,90
10	60	2	48,97	41,87
11	60	2	48,99	41,50

Os valores obtidos de rendimento nos planejamentos variaram entre 37,58 a 52,92,97 %, valores abaixo do obtido na literatura (Antigo et al., 2017). Provavelmente, esses valores mais baixos podem ser devido a temperatura como citada anteriormente e também a segunda etapa de filtração utilizada neste trabalho, pois a organza realiza uma filtragem mais fina, retirando partículas

menores do psyllium que ainda restam da filtragem anterior da mucilagem. Etapa esta que não foi utilizada pelos autores citados anteriormente.

Os valores obtidos de estabilidade de emulsão nos planejamentos variaram entre 37,50 a 41,87 %, diferentemente do encontrado por Martins et al. (2016) ao estudar a farinha de chia e obtiveram valores acima de 90,00%. Além de serem sementes diferentes, essa discrepância pode ser ao fato de um se encontrar em forma de gel e o outro de farinha.

Antigo et al (2017) avaliaram a extração de mucilagem de psyllium a 80 °C, durante 1,2 horas e proporção de semente:água de 1:100 com agitação de 1000 rpm, os autores obtiveram rendimento de 65,0%, superior ao encontrado na presente pesquisa.

3.2 Composição centesimal do psyllium e da mucilagem

Ao analisar as propriedades físico-químicas do psyllium e de sua mucilagem (Tabela 3), pode-se observar que ambos são ricos em carboidratos, possuem baixos níveis de gordura e proteína. Não foi observada diferença significativa em relação a gordura e carboidratos sendo que a amostra de mucilagem apresentou maior umidade e cinzas e menor teor de proteína quando comparada a semente.

Tabela 3: Composição centesimal do psyllium e da sua mucilagem

Propriedade / Amostra	semente (%)	mucilagem (%)
Umidade	10,23 ^a ±0,04	11,68 ^b ±0,05
Cinzas	2,80 ^a ±0,04	3,53 ^b ±0,06
Proteína	3,58 ^b ±0,02	2,90 ^a ±0,90
Gordura	1,78 ^a ±0,46	1,03 ^a ±1,07
Carboidratos	81,61 ^a ±1,43	80,86 ^a ±2,04

*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (p<0,05)

Hesarinejad et al. (2017) ao avaliarem a mucilagem da semente de *Plantago lanceolata*, encontraram valores de carboidratos (87,35%), proteína (4,01%) e cinza (5,47%) maiores que o encontrado no presente trabalho.

Mas não foi possível detectar a quantidade de gordura, através do método utilizado, indicando valores muito baixos de gordura. Quanto a umidade, a mucilagem apresentou um valor bem baixo (3,17%).

Campos et al. (2017) analisaram as propriedades físico-químicas da mucilagem de chia e obtiveram o seguinte resultado: 11,30 % de umidade, 10,02 % de cinzas, 4,25 % de proteína, 0,39% de lipídios, 74,04% de fibra total, 38,47 % de fibra solúvel e 35,57% fibra insolúvel. Avila-de la Rosa et al. (2015) encontraram valores semelhantes para a umidade (10,60%) e proteína (4,20%), no entanto, valores mais baixos para carboidratos totais (50,20 %) e cinzas (8,90%) e maior teor de lipídios (1,70%).

O conteúdo de proteína presente nas mucilagens pode ajudar em suas propriedades emulsionantes (Timilsena et al., 2016) e o alto teor de fibras favorece a formação da mucilagem, devido à suas propriedades de geleificação (Bustamante et al., 2017). As variações na composição das diferentes mucilagens e sementes podem ser devido a variedade de sementes, origem geográfica e condições de crescimento. Como também, essas diferenças nas propriedades físico-químicas podem influenciar nos parâmetros tecnológicos das mucilagens, como viscosidade e propriedades térmicas (Bustamante et al., 2017).

3.3 Atividade antioxidante

As análises de antioxidantes (Tabela 4) foram realizadas apenas para a mucilagem, pois não foi possível realizar a leitura para o gel. Isso pode ter ocorrido justamente pelo gel estar diluído em água, dificultando a extração dos compostos antioxidantes.

Talukder et al. (2016) ao avaliar os compostos fenólicos do psyllium encontraram 0,2 mg EAG/g, valor abaixo ao encontrado neste trabalho. Essa diferença considerável entre estes valores de fenólicos, deve ser devido a diferença entre as amostras estudadas, já que avaliamos a mucilagem do psyllium e os referidos autores avaliaram a semente do psyllium, portanto no processo de extração seguido de uma secagem pode ter ocorrido a concentração dos

compostos fenólicos. Já Kaur et al. (2017) obtiveram valor maior ao estudar a farinha de linhaça, sendo este 0,918 mg EAG/g. Este valor superior deve ter ocorrido devido ao processo de produção de farinha, e como para o mesmo não houve alteração de temperatura, pode ter mantido e evidenciado melhor os compostos fenólicos.

Tabela 4: Dados dos compostos antioxidantes

Composto	Valor
Fenólicos totais (mg EAG / g)	0,71± 0,03
Flavonoides (mg EQ / g)	0,51± 0,01
Dpph (%)	29,73 ± 0,88
ABTS (Mmol ET / g)	6,67± 0,17
FRAP (Mmol ET / g)	9,65±0,04

Em relação aos DPPH, Talukder et al. (2016) também obteve valor menor (26,5%) que o encontrado neste presente estudo.

O valor encontrado para o FRAP foi maior que o obtido por Ragaee and Abdel-Aal (2006)(8,3 μ mol ET/g) ao estudar a farinha de trigo. Sendo que o poder redutor dos peptídeos pode ocorrer devido à exposição de grupos de cadeia lateral de aminoácidos densos de elétrons, como porções polares ou carregadas (Silva *et al.*, 2016).

Diante disso, pode-se perceber o potencial antioxidante da mucilagem de psyllium através dos resultados relativos à inibição da peroxidação lipídica, o que sugere que os fenóis em ambos os extratos têm uma atividade importante como extintores de singlet de oxigênio (Reyes-Caudillo, Tecante e Valdivia-López, 2008).

3.4 Aplicação do gel em bebida achocolatada

Ao obter os resultados da análise sensorial da bebida achocolatada (Tabela 5), pode-se perceber que todos os parâmetros analisados, para ambas as

amostras de bebida achocolatada, obtiveram notas entre 6 e 7, correspondentes aos termos da escala hedônica “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, mostrando aceitação dos produtos. Acredita-se que talvez a aceitação dos produtos não tenha sido maior devido aos provadores não serem consumidores frequentes e apreciarem muito esse tipo de produto, já que os mesmos foram escolhidos aleatoriamente.

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras com gel apenas no atributo de textura. Mas não havendo diferença significativa entre a amostra controle comparado as amostras com gel, sendo que a amostra de maior preferência foi a de 5 % de gel de psyllium. A diferença significativa ($p < 0,05$) do atributo textura pode ser justificada devido a amostra com concentração maior de gel ter ficado mais viscosa, de forma que desagradou os provadores, já que recebeu a menor média.

Em relação aos demais atributos e a intenção de compra das três amostras não houve diferença significativa ($p < 0,05$), sendo que a intenção dos provadores foi “talvez compraria ou não compraria”. Essa é uma tendência a ser encontrada em resultados de análise sensorial, já que a maioria dos provadores tendem a ser imparciais.

Tabela 5: Estatística dos resultados obtidos na análise sensorial

Atributo/Amostra	Controle	5% de gel	15% de gel
Cor	6,39 ^a	6,72 ^a	6,39 ^a
Aroma	6,34 ^a	6,54 ^a	6,67 ^a
Sabor	6,48 ^a	6,57 ^a	6,25 ^a
Textura	6,74 ^{ab}	6,84 ^a	6,15 ^b
Aparência Global	6,55 ^a	6,59 ^a	6,37 ^a
Intenção de compra	2,12 ^a	2,03 ^a	1,97 ^a

* médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação a cor (Tabela 6) observou-se que houve diferença significativa entre a amostra de bebida achocolatada com goma em relação as amostras com

gel (5% e 15%), quanto ao parâmetro de luminosidade (L). Devido a bebida ser achocolatada, as formulações apresentaram-se com tonalidade escura, sendo que a luminosidade variou de 39,10 a 45,78 sendo valores distantes da luminosidade máxima (100).

Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras para o parâmetro b^* , o qual representa as tonalidades amarelo (+) / azul (-). Mas em relação ao parâmetro a^* , o qual indica as tonalidades vermelho (+) / verde (-), as amostras com goma e 5% de gel diferiram entre si, e a amostra com 15% de gel não diferiu das outras duas.

Apesar de haver diferença significativa na cor em alguns parâmetros, de acordo com análise de cor, não foi perceptível essa diferença pelos provadores na análise sensorial. Destacando-se assim, a substituição da goma xantana pelo gel de psyllium.

Tabela 6: Cor instrumental (L, a^* e b^*) das amostras de bebida achocolatada.

Parâmetro / Amostra	Goma	5% de gel	15% de gel
L	39,10 ^a ± 1,02	44,85 ^b ± 3,38	45,78 ^b ± 1,34
a*	5,83 ^a ± 1,10	4,63 ^b ± 1,58	5,33 ^{ab} ± 0,81
b*	14,79 ^a ± 1,10	14,87 ^a ± 1,12	15,20 ^a ± 1,30

*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$)

4. Conclusão

Foi possível encontrar as melhores condições de extração da mucilagem do psyllium, sendo estas 60°C em banho maria, por 2 horas e proporção 1:80 (semente:água), o que contribui para melhor otimização de processos. Pode-se perceber que o psyllium possui vários compostos antioxidantes, o que pode contribuir ainda mais sua aplicação em produtos alimentícios. Para a bebida achocolatada, a mucilagem de psyllium apresentou-se um potencial espessante, já que em relação à textura, a amostra controle, constituída por gama xantana, não diferiu das amostras com mucilagem.

5. Referências

ALI, B. H., S. AL-SALAM, M. AL ZA'ABI, M.I. WALY, A. RAMKUMAR, S. BEEGAM, et al. New model for adenine-induced chronic renal failure in mice, and the effect of gum acacia treatment thereon: comparison with rats. *Journal of Pharmacological and Toxicological Methods*, 68 (2013), pp. 384-393.

ALOTHMAN, BHAT & KARIM, 2009, *Food Chemistry*, 115, 785-788.

ANTIGO, JÉSSICA L. D.; BERGAMASCO, RITA DE C.; MADRONA, GRASIELE S.. Functional properties of chia and psyllium mucilage. in: xxi simpósio nacional de bioprocessos - xii simpósio de hidrólise enzimática de biomassa. 2017. Aracaju, Sergipe, Brasil.

AVILA-DE LA ROSA, G., J. ALVAREZ-RAMIREZ, E.J. VERNON-CARTER, H. CARRILLO-NAVAS, C. PÉREZ-ALONSO. Viscoelasticity of chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage dispersion in the vicinity of an oil-water interface. *Food Hydrocolloids*, 49 (2015), pp. 200-207.

BAHRAMPARVAR, M., MAZAHERITEHRANI, M. Application and functions of stabilizers in ice cream. *Food Reviews International*, 27 (2011), pp. 389-407.

BEUCHAT, L. R., CHERRY, J. P. AND QUINN, M. R. (1975). Physicochemical properties of peanut flour as affected by proteolysis, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. American Chemical Society, 23(4), pp. 616–620. doi: 10.1021/jf60200a045.

BUSTAMANTE, M., B.D. OOMAH, M. RUBILAR, C. SHENE. Effective *Lactobacillus plantarum* and *Bifidobacterium infantis* encapsulation with chia seed (*Salvia hispanica* L.) and flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) mucilage and soluble protein by spray drying. *Food Chemistry*, 216 (2017), pp. 97-105.

CAMPO, CAMILA DE, PRISCILLA PEREIRA DOS SANTOS, TANIA MARIA HAAS COSTA, et al. Nanoencapsulação de óleo de semente de chia com mucilagem de chia (*Salvia hispanica* L.) como material de parede: avaliação de

caracterização e estabilidade. Química alimentar. Volume 234 ,1 de novembro de 2017, páginas 1-9.

CAMPOS, BRUNO EDUARDO, RUIVO, THIAGO DIAS , SCAPIM, MÔNICA R.DA SILVA, *et al.*(2016) 'Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier', *LWT - Food Science and Technology*, 65, pp. 874–883. doi: 10.1016/j.lwt.2015.09.021.

CHAU, C.; CHEUNG, K.; WONG, Y. 1997. Functional properties of protein concentrate from three Chinese indigenous legume seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45, 2500-2503.

HAN, Y. , J. GAO, Y. YIN, Z. JIN, X. XU, H. CHEN. Extraction optimization by response surface methodology of mucilage polysaccharide from the peel of *Opuntia dillenii* haw. Fruits and their physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, 151 (2016), pp. 381-391.

HESARINEJAD, MOHAMMAD ALI, MARYAM SAMI JOKANDAN, MOHAMMAD AMIN MOHAMMADIFAR, *et al.* Os efeitos da concentração e da taxa de aquecimento e arrefecimento sobre as propriedades reológicas da mucilagem de sementes de *Plantago lanceolata*. *Revista Internacional de Macromoléculas Biológicas*.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para a análise de alimentos, 4. Ed. São Paulo: IMESP, 2008.

JUAN-MEILI, SHAO-PING NIE. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids*. Volume 53, February 2016, Pages 46-61. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.01.035>.

KAUR, M., SINGH, V. AND KAUR, R. (2017). Effect of partial replacement of wheat flour with varying levels of flaxseed flour on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of cookies, *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 9, pp. 14–20. doi: 10.1016/j.bcdf.2016.12.002.

LAI, L., H. LIANG. Chemical compositions and some physical properties of the water and alkali-extracted mucilage from the young fronds of *Asplenium australasicum* (J. Sm.) Hook. *Food Hydrocolloids*, 26 (2012), pp. 344-349.

LUCEY, J.A. Formation and physical properties of milk protein gels. *J. Dairy Sci.*, 85 (2002), pp. 281-294.

MAESTRELLO, C. *et al.* (2017). Replacing Emulsifier in a Prebiotic Ice Cream: Physical and Chemical Evaluation and Acceptance, *Journal of Culinary Science & Technology*. Taylor & Francis, pp. 1–12. doi: 10.1080/15428052.2017.1333934.

MARTINS, D. B., E. M. M. TASSI, A. L. F. NUNES , C. O. SILVA. Caracterização físico-química e propriedades funcionais da farinha de chia (*Salviahispanica* L.). In: X CIGR Section IV International Technical Symposium. 2016.

MHINZI, G. S. AND MROSSO, H. D. J. (1995). Studies on Tanzanian Acacia gums. Part 3. Some properties of gum exudates from the series *Vulgares* and *Gummiferae*, *Food Chemistry*, 54(3), pp. 261–264. doi: 10.1016/0308-8146(95)00038-K.

NAYAK, A.K., D. PAL, D.R. PANY, B. MOHANTY. Evaluation of *Spinacia oleracea* L. Leaves mucilage as an innovative suspending agente. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 1 (3) (2010), pp. 338-341.

NIKOO FAR, E., M. HOJJATOLESLAMI, M.A. SHARIATY. Surveying the effect of quince seed mucilage as a fat replacer on texture and physicochemical properties of semi fat set yoghurt. *Int. J. Farm Alli. Sci.*, 2 (2013), pp. 861-865.

PORTE, A. *et al.* (2011). Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (carica papaya) e de abóbora (*Cucurbita* sp), *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 13(1), pp. 91–96.

RAGAE, S. AND ABDEL-AAL, E.-S. M. (2006). Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products, *Food Chemistry*, 95(1), pp. 9–18. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.12.012.

RANGARI, V.D. Pharmacognosy and Phytochemistry first ed, Carrier Publication, Nashik (2002), p. 204.

REYES-CAUDILLO, E., TECANTE, A. AND VALDIVIA-LÓPEZ, M. A. (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds, *Food Chemistry*, 107(2), pp. 656–663. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.08.062.

ROSTAMI, H., S.M.T. GHARIBZAHEDI. Microwave-assisted extraction of jujube polysaccharide: Optimization, purification and functional characterization. *Carbohydrate Polymers*, 143 (2016), pp. 100-107.

RUFINO, MARIA DO SOCORRO MOURA, RICARDO ELESBÃO ALVES, EDY SOUSA DE BRITO, et al. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS +. ISSN 1679-6535 Julho, 2007 Fortaleza, CE.

SHARMA, M., MONDAL, D., MUKESH, C., PRASAD, K. Preparation of tamarind gum based soft ion gels having thixotropic properties. *Carbohydr. Polym.*, 102 (1) (2014), pp. 467-471, 10.1016/j.carbpol.2013.11.063.

SILVA, F. G. D. e *et al.*(2016). Identification of peptides released from flaxseed (*Linum usitatissimum*) protein by Alcalase hydrolysis: Antioxidant activity, *LWT - Food Science and Technology*, 76, pp. 140–146. doi: 10.1016/j.lwt.2016.10.049.

SINGH, K., A. KUMAR, N. LANGYAN, M. AHUJA. Evaluation of Mimosa pudica seed mucilage as sustained-release excipiente. *AAPS PharmSciTech*, 10 (4) (2009), pp. 1121-1127.

SINGLETON, V. L., & ROSSI, J. A., Jr., (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.

TALUKDER, P. *et al.* (2016) 'Antioxidant activity and high-performance liquid chromatographic analysis of phenolic compounds during in vitro callus culture of

Plantago ovata Forsk. and effect of exogenous additives on accumulation of phenolic compounds', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(1), pp. 232–244. doi: 10.1002/jsfa.7086.

THAIPONG et al., 2006 - *J. of Food Comp. and Analysis*. 19, 669-675.

TIMILSENA, Y.P., B. WANG, R. ADHIKARI, B. ADHIKARI. Preparation and characterization of chia seed protein isolate–chia seed gum complex coacervates. *Food Hydrocolloids*, 52 (2016), pp. 554-563.

VARDHANABHUTI, B., S. IKEDA. Isolation and characterization of hydrocolloids from monoi (*Cissampelos pareira*) leaves. *Food Hydrocoll.*, 20 (2006), pp. 885-891.

VIEBKE, C., S. AL-ASSAF, G.O. PHILLIPS. Food hydrocolloids and health claims *Bioact. Carbohydrates Diet. Fibre*, 4 (2) (2014), pp. 101-114, 10.1016/j.bcdf.2014.06.006.

ZENG, W., L. LAI. Characterization of mucilage extracted from the edible fronds of bird's nest fern (*Asplenium australasicum*) with enzymatic modifications. *Food Hydrocolloids*, 53 (2016), pp. 84-92.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de todos os resultados obtidos, pode-se encontrar as melhores condições de extração da mucilagem do psyllium, sendo estas: 60°C por 2 horas e proporção 1:80 (semente:água), o que contribui para melhor otimização de processos. Percebeu-se o potencial do psyllium como um alimento funcional, devido as suas propriedades funcionais tecnológicas, como alta solubilidade em água, alta capacidade de retenção de óleo e rico em compostos antioxidantes. Assim, este foi aplicado em sorvete e bebida achocolatada, agregando valor nutricional aos mesmos, e contribuindo para potencializar algumas propriedades necessárias como emulsificante e geleificante, podendo ser considerado uma alternativa viável (alto rendimento) e inovadora para a indústria alimentícia quando comparado a outras mucilagens, por poder gerar características de textura e sensoriais desejáveis para satisfazer os requisitos dos consumidores. Quanto ao meio de extração, identificou-se que em relação a extração de mucilagem de psyllium, não houve diferença significativa entre o banho ultrassônico e o banho-maria.

6.REFERENCIAS

ABUJAH, C.I., A.C. OGBONNA, A.M. OSUJI. Functional components and medicinal properties of food: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (2015), pp. 2522-2529.

AKDOWA, E. PANYOO, T. BOUDJEKO, A.L. WOGUIA, et al. Optimization of variables for aqueous extraction of gum from *Grewia mollis* poder. *Journal of Polymers* (2014), p. 2014.

ALI, B.H., S. AL-SALAM, M. AL ZA'ABI, M.I. WALY, A. RAMKUMAR, S. BEEGAM, et al. New model for adenine-induced chronic renal failure in mice, and the effect of gum acacia treatment thereon: comparison with rats. *Journal of Pharmacological and Toxicological Methods*, 68 (2013), pp. 384-393.

ALOTHMAN, BHAT & KARIM, 2009, *Food Chemistry*, 115, 785-788.

ALPERS, L.; SAWYER-MORSE, M.K. Eating quality of banana nut muffins and oatmeal cookies made with ground flaxseed. *Journal of the American Dietetic Association*. 1996. Vol. 96, nº 8.

ANONYMOUS, 2000. Hydrocolloids in chocolate milk. *Drink Technology and Marketing* 4.

ANTIGO, JÉSSICA L. D.; BERGAMASCO, RITA DE C.; MADRONA, GRASIELE S.. Functional properties of chia and psyllium mucilage. in: xxi simpósio nacional de bioprocessos - xii simpósio de hidrólise enzimática de biomassa. 2017. Aracaju, Sergipe, Brasil.

AVILA-DE LA ROSA, G., J. ALVAREZ-RAMIREZ, E.J. VERNON-CARTER, H. CARRILLO-NAVAS, C. PÉREZ-ALONSO. Viscoelasticity of chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage dispersion in the vicinity of an oil-water interface. *Food Hydrocolloids*, 49 (2015), pp. 200-207.

AZIZ, N.H. et al. Comparative antibacterial and antifungal effects of some phenolic compounds. *Microbios*, Cambridge, v.93, n.374, p. 43-54, 1998.

BAGHERIAN, H., F. ZOKAEE, ASHTIANI, A. FOULADITAJAR, M. MOHTASHAMY. Comparisons between conventional, microwave- and ultrasound-assisted methods for extraction of pectin from grapefruit. *Chem. Eng. Process. Process Intensif.*, 50 (2011), pp. 1237-1243, 10.1016/j.cep.2011.08.002.

BARBARY, O.M., AL-SOLHAIMY, S.A., EL-SAADANI, M.A., ZEITOUN, A.M.A. Extraction, composition and physicochemical properties of flaxseed mucilage. *J. Adv. Agric. Res.*, 14 (2009), pp. 605-622.

BELLO, J. Los alimentos funcionales o nutraceuticos. I – Nueva gama de productos em la industria alimentaria. *Alimentaria*, Pamplona, 1995, 33: 25-30.

BETANCUR-ANCONA, D.; PERAZA-MERCADO, G.; MOGUELORDOÑEZ, Y.; FUERTES-BLANCO, S. Physicochemical characterization of lima bean (*Phaseolus lunatus*) and jackbean (*Canavalia ensiformis*) fibrous residues. *Food Chemistry*, 2003.84 (2): 287-295.

BEUCHAT, L. R., CHERRY, J. P. AND QUINN, M. R. (1975). Physicochemical properties of peanut flour as affected by proteolysis, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. American Chemical Society, 23(4), pp. 616–620. doi: 10.1021/jf60200a045.

BORNEO, R., A. AGUIRRE, A.E. LEÓN. Chia (*Salvia hispanica* L) gel can Be used as egg or oil replacer in cake formulations. *Journal of the American Dietetic Association*, 110 (6) (2010), pp. 946-949.

BUSTAMANTE, M., B.D. OOMAH, M. RUBILAR, C. SHENE. Effective *Lactobacillus plantarum* and *Bifidobacterium infantis* encapsulation with chia seed (*Salvia hispanica* L.) and flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) mucilage and soluble protein by spray drying. *Food Chemistry*, 216 (2017), pp. 97-105.

CAMPO, CAMILA DE, PRISCILLA PEREIRA DOS SANTOS, TANIA MARIA HAAS COSTA, et al. Nanoencapsulação de óleo de semente de chia com mucilagem de chia (*Salvia hispanica* L.) como material de parede: avaliação de caracterização e estabilidade. *Química alimentar*. Volume 234 ,1 de novembro de 2017, páginas 1-9.

CAMPOS, BRUNO EDUARDO, RUIVO, THIAGO DIAS , SCAPIM, MÔNICA R.DA SILVA, et al.(2016) 'Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier', *LWT - Food Science and Technology*, 65, pp. 874–883. doi: 10.1016/j.lwt.2015.09.021.

CAPITANI, M.I., S.M. NOLASCO, M.C. TOMÁS. Stability of oil-in-water (O/W) emulsions with chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage. *Food Hydrocolloids*, 61 (2016), pp. 537-546.

CAPITANI, M., SPOTORNO, V., NOLASCO, S., TOMAS, M. Physico chemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina. *LWT – Food Science and Technology*, 2012. 45: 94-102. doi:10.1016/j.lwt.2011.07.012

CHAU, C.; CHEUNG, K.; WONG, Y. 1997. Functional properties of protein concentrate from three Chinese indigenous legume seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45, 2500-2503.

CHEN, X., Q. LIU, X.-Y. JIANG, F. ZENG. Microwave-assisted extraction of polysaccharides from *Solanum nigrum*. *J. Cent. South Univ. Technol.*, 12 (2005), pp. 556-560, 10.1007/s11771-005-0122-x.

CHEN, H.M., X. FU, Z.G. LUO. Esterification of sugar beet pectin using octenyl succinic anhydride and its effect as an emulsion stabilizer. *Food Hydrocolloids*, 49 (2015 a), pp. 53-60.

CHEN, H.M., X. FU, Z.G. LUO. Properties and extraction of pectin-enriched materials from sugar beet pulp by ultrasonic-assisted treatment combined with subcritical water. *Food Chemistry*, 168 (2015 b), pp. 302-310.

CHENLO, F., R. MOREIRA, C. SILVA. Steady-shear flow of semidilute guar gum solutions with sucrose, glucose and sodium chloride at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, 107 (2) (2011), pp. 234-240.

CLARKE C. Ice cream ingredients. In *the science of ice cream*. Royal Society of Chemistry Publishing, Cambridge (2004), pp. 38-57.

CLARKE, C. Ice cream: A complex composition material. In *the science of ice cream* published by the Royal Society of Chemistry, Cambridge, England (2012).

CLEMENTS, D.J. Mc. *Food emulsions, principles, practice, and techniques*. CRC Press, London (2005).

CRAVEIRO, A.C.; CRAVEIRO, A. A. *Alimentos Funcionais: A Nova Revolução*. Fortaleza: PADETEC, 2003.

DAMODARAN, S. Inhibition of ice crystal growth in ice cream mix by gelatin hydrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007. 55:10918-10923.

DICK, MELINA, TANIA MARIA HAAS COSTA, AHMED GOMAA, et al. Edible film production from chia seed mucilage: Effect of glycerol concentration on its physicochemical and mechanical properties. *Carbohydrate Polymers*. Volume 130, 5 October 2015, Pages 198-205.

DICKINSON, E., G. STAINSBY. *Advances in food emulsions and foams*. Elsevier Applied Science, London (1988).

DUTCOKSY, S.D. *Análise sensorial de alimentos*. Curitiba: Champagnat. 123p, 1996.

FABRE, JEAN-FRANÇOIS, ERIC LACROUX, ROMAIN VALENTIN, ZÉPHIRIN MOULOUNGUI. Ultrasonication as a highly efficient method of flaxseed mucilage extraction. *Industrial Crops and Products*. Volume 65, March 2015, Pages 354-360 <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.015>.

FELISBERTO MÁRIA HERMINIA FERRARI, ADRIANA LUCIA WAHANIK, CRISTIANE RODRIGUES GOMES-RUFFI, et al. Use of chia (*Salvia hispanica* L.)

mucilage gel to reduce fat in pound cakes. *LWT - Food Science and Technology*. Volume 63, Issue 2, October 2015, Pages 1049-1055, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.114>.

FELISBERTO, M.H.F. , A.L. WAHANIK, C.R. GOMES RUFFI, et al. Use of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. *LWT – Food Science and Technology*, 63 (2015), pp. 1049-1055.

FENDRI, L.B., F. CHAARI, M. MAALLOUL, F. KALLEL, L. ABDELKAFI, S.E. CHAABOUNI, et al. Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality. *LWT-Food Science and Technology*, 73 (2016), pp. 584-591.

FERNANDES, SIBELE SANTOS, MYRIAM DE LAS MERCEDES SALAS-MELLADO. Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes. *Food Chemistry*. Volume 227, 15 July 2017, Pages 237-244.

FERREIRA, D F. *Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons*. *Ciência agrotecnologia*. 2014, 38 (2): 109-112.

GAMACHE, P., RYAN, E., ACWORTH, I.N. Analysis of phenolic and flavonoid compounds in juice beverages using high-performance liquid chromatography with coulometric array detection. *Journal of Chromatography*, Amsterdam, v.635, n.1, p. 143-150, 1993.

GOFF, H.D. 65 Years of ice cream science: a review *International Dairy Journal*, 18 (2008), pp. 754-758.

GONÇALVES, R.C.F. Utilização da farinha de soja e fibra alimentar na elaboração de biscoitos tipo cookie; otimização de formulações por testes sensoriais afetivos. 2003. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, 2003.

GRANGER, C. Influence of formulation on the structural networks in ice cream. *International Dairy Journal*, 2005. 15(3): 255-262.

HAN, Y. , J. GAO, Y. YIN, Z. JIN, X. XU, H. CHEN. Extraction optimization by response surface methodology of mucilage polysaccharide from the peel of *Opuntia dillenii* haw. Fruits and their physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, 151 (2016), pp. 381-391.

HESARINEJAD, MOHAMMAD ALI, MARYAM SAMI JOKANDAN, MOHAMMAD AMIN MOHAMMADIFAR, et al. Os efeitos da concentração e da taxa de aquecimento e arrefecimento sobre as propriedades reológicas da mucilagem de sementes de *Plantago lanceolata*. *Revista Internacional de Macromoléculas Biológicas*.

HOLLMAN, P.C., KATAN, M.B. Bioavailability and health effects of dietary flavonoids in man. *Archives of Toxicology Supplement*, Berlin, v.20, p. 237-248, 1998.

HUERTA, K. M., ALVES, J. S., SILVA, A. F. C., KUBOTA, E. H. & ROSA, C. S. Sensory response and physical characteristics of gluten-free and gum-free bread with chia flour. *Food Science and Technology*, 2016. 36 (1): 15-18.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para a análise de alimentos, 4. Ed. São Paulo: IMESP, 2008.

JAVIDI, FATEMEH, SEYED M.A. RAZAVI, FATANEH BEHROUZIAN, ALI ALGHOONEH. 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*. Volume 52, January 2016, Pages 625-633. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.08.006>.

JUAN-MEILI, SHAO-PING NIE. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids*. Volume 53, February 2016, Pages 46-61. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.01.035>.

KARAZHIYAN, H., S.M.A. RAZAVI, G.O. PHILLIPS, et al. Rheological properties of *Lepidium sativum* seed extract as a function of concentration, temperature and time. *Food Hydrocoll.*, 23 (2009), pp. 2062-2068.

KAUR, M., SINGH, V. AND KAUR, R. (2017). Effect of partial replacement of wheat flour with varying levels of flaxseed flour on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of cookies, *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 9, pp. 14–20. doi: 10.1016/j.bcdf.2016.12.002.

KOOCHEKI, A., S.A. MORTAZAVI, F. SHAHIDI, S.M.A. RAZAVI, A.R. TAHERIAN. Rheological properties of mucilage extracted from *Alyssum homolcarpum* seed as a new source of thickening agent. *Journal of Food Engineering*, 91 (2009), pp. 490-496.

KOOCHEKI, A., A.R. TAHERIAN, S.M. RAZAVI, A. BOSTAN. Response surface methodology for optimization of extraction yield, viscosity, hue and emulsion stability of mucilage extracted from *Lepidium perfoliatum* seeds. *Food Hydrocolloids*, 23 (8) (2009), pp. 2369-2379.

LAI, L., H. LIANG. Chemical compositions and some physical properties of the water and alkali-extracted mucilage from the young fronds of *Asplenium australasicum* (J. Sm.) Hook. *Food Hydrocolloids*, 26 (2012), pp. 344-349.

LIM, J., G.E. INGLETT, S. LEE. Response to consumer demand for reduced-fat foods; multi-functional fat replacers. *Japan Journal of Food Engineering*, 11 (4) (2010), pp. 163-168.

LUCEY, J.A. Formation and physical properties of milk protein gels. *J. Dairy Sci.*, 85 (2002), pp. 281-294.

MA, F., A.E. BELL, F.J. DAVIS. Effects of high-hydrostatic pressure and pH treatments on the emulsification properties of gum arabic. *Food Chemistry*, 184 (2015), pp. 114-121.

MAESTRELLO, C. *et al.* (2017). Replacing Emulsifier in a Prebiotic Ice Cream: Physical and Chemical Evaluation and Acceptance, *Journal of Culinary Science & Technology*. Taylor & Francis, pp. 1–12. doi: 10.1080/15428052.2017.1333934.

MARSHALL, R.T., H.D. GOFF, R.W. HARTEL. *Ice cream*. (3rd ed.), Aspen Publishers, New York (2003).

MARTÍNEZ-FLORES, H.E., E.S. BARRERA, M.G. GARNICA ROMO, et al. Functional characteristics of protein flaxseed concentrate obtained applying a response surface methodology. *J. Food Sci.*, 71 (2006), pp. C495-C498, 10.1111/j.1750-3841.2006.00147.x.

MARTINS, D. B., E. M. M. TASSI, A. L. F. NUNES , C. O. SILVA. Caracterização físico-química e propriedades funcionais da farinha de chia (*Salviahispanica* L.). In: X CIGR Section IV International Technical Symposium. 2016.

MAESTRELLO, C., TAKAHASHI, G., PIMENTEL, T.C., BERGAMASCO, RITA DE C.; MADRONA, GRASIELE. Replacing Emulsifier in a Prebiotic Ice Cream: Physical and Chemical Evaluation and Acceptance, *Journal of Culinary Science & Technology*. 2017. 1: 1–12. doi: 10.1080/15428052.2017.1333934.

MCCLEMENTS, D.J. Food emulsions, principles, practice, and techniques CRC Press, London (2005).

MEDINA-TORRES, L.,E. BRITO-DE LA FUENTE,B, TORRESTIANA-SANCHEZ, RKATTHAIN. Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia ficus indica*). *Food Hydrocolloids* Volume 14, Issue 5, 1 September 2000, Pages 417-424 [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(00\)00015-1](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(00)00015-1).

MELLO, V. D; LAAKSONEN, D. E. Fibras na dieta: tendências atuais e benefícios à saúde na síndrome metabólica e no diabetes melito tipo 2. *Arq Bras Endocrinol Metab*, v. 53, n. 5, p. 509-18, 2009.

MHINZI, G. S. AND MROSSO, H. D. J. (1995). Studies on Tanzanian Acacia gums. Part 3. Some properties of gum exudates from the series *Vulgares* and *Gummiferae*, *Food Chemistry*, 54(3), pp. 261–264. doi: 10.1016/0308-8146(95)00038-K.

MUDGIL, D., S. BARAK, B.S. KHATKAR. Guar gum: Processing, properties and food applications—a review. *Journal of Food Science & Technology*, 51 (3) (2014), pp. 409-418.

NAGEN, T.J., ALBUQUERQUE, T.T.O., MIRANDA, L.C.G. Ácidos fenólicos em cultivares de soja: ação antioxidante. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, v.35, n.1, p.129-138, 1992.

NAYAK, A.K., D. PAL, D.R. PANY, B. MOHANTY. Evaluation of *Spinacia oleracea* L. Leaves mucilage as an innovative suspending agente. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 1 (3) (2010), pp. 338-341.

NIKOO FAR, E., M. HOJJATOLESLAMI, M.A. SHARIATY. Surveying the effect of quince seed mucilage as a fat replacer on texture and physicochemical properties of semi fat set yoghurt. *Int. J. Farm Alli. Sci.*, 2 (2013), pp. 861-865.

PANYOO, E. AKDOWA, BOUDJEKO, T., WOGUIA, A.L., et al. Optimization of variables for aqueous extraction of gum from *Grewia mollis* poder. *Journal of Polymers* (2014), p. 2014.

PARVAR, M. BAHRAM, M. MAZAHERI TEHRANI. Application and functions of stabilizers in ice cream. *Food Reviews International*, 27 (2011), pp. 389-407.

PASSOS, A.; SÁ, D.; MORAIS, G.; CHACON, L. BRAGA, R. Avaliação da Incorporação de Galactomanana de *Caesalpinia Pulcherrima* em Sorvetes e Comparação com estabilizantes comerciais, *Revista Ciência Agronômica*, 2016. 47 (2): 275-282.

PORTE, A. *et al.* (2011). Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (*carica papaya*) e de abóbora (*Cucurbita* sp), *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 13(1), pp. 91–96.

PRAJAPATI VIPUL D., GIRISH K.JANI, NARESH G.MORADIYA, NARAYAN P.RANDERIA. Pharmaceutical applications of various natural gums, mucilages and their modified forms. *Carbohydrate Polymers*. Volume 92, Issue 2, 15 February 2013, Pages 1685-1699. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.11.021>.

PRAKASH, SANGEETA, THOM HUPPERTZ,OLENA KARVCHUK, HILTON DEETH. Ultra-high-temperature processing of chocolate flavoured milk. *Journal of*

Food Engineering. Volume 96, Issue 2, January 2010, Pages 179-184.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.07.008>.

PRENTICE, J.H. Dairy rheology: A concise guide VCH Publishers Inc., New York (USA) (1992).

PRIEGO-CAPOTE, F., M.D.LUQUE DE CASTRO. Analytical uses of ultrasound I. Sample preparation. TrAC Trends in Analytical Chemistry Volume 23, Issue 9, October 2004, Pages 644-653. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2004.06.006>.

PIMIENTA-BARRIOS, E. El nopal tunero (Primera Edición), Universidad de Guadalajara, México (1991).

RAGAE, S. AND ABDEL-AAL, E.-S. M. (2006). Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products, *Food Chemistry*, 95(1), pp. 9–18. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.12.012.

RAMESH, K., J. SINGH, G.K. GOYAL. Effect of stabilizers on heat-stability of coffee flavored drink during sterilization process. *Indian Journal of Animal Sciences*, 63 (1993), pp. 785-786.

RANGARI, V.D. Pharmacognosy and Phytochemistry first ed, Carrier Publication, Nashik (2002), p. 204.

REYES-CAUDILLO, E., TECANTE, A. AND VALDIVIA-LÓPEZ, M. A. (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds, *Food Chemistry*, 107(2), pp. 656–663. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.08.062.

ROSTAMI, H., S.M.T. GHARIBZAHEDI. Microwave-assisted extraction of jujube polysaccharide: Optimization, purification and functional characterization. *Carbohydrate Polymers*, 143 (2016), pp. 100-107.

RUFINO, MARIA DO SOCORRO MOURA, RICARDO ELESBÃO ALVES, EDY SOUSA DE BRITO, et al. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS +. ISSN 1679-6535 Julho, 2007 Fortaleza, CE.

SALEHI, F., M. KASHANINEJAD, A. TADAYYON, F. ARABAMERI. Modeling of extraction process of crude polysaccharides from Basil seeds (*Ocimum basilicum* L.) as affected by process variables. *Journal of Food Science & Technology*, 52 (2015), pp. 5220-5227.

SAMANT, S.K., R.S. SINGHAL, P.R. KULKARNI, D.V. REGE. Protein-polysaccharide interactions: a new approach in food formulations. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 28 (2007), pp. 547-562.

SHARMA, M., MONDAL, D., MUKESH, C., PRASAD, K. Preparation of tamarind gum based soft ion gels having thixotropic properties. *Carbohydr. Polym.*, 102 (1) (2014), pp. 467-471, 10.1016/j.carbpol.2013.11.063.

SILVA, F. G. D. e *et al.* (2016). Identification of peptides released from flaxseed (*Linum usitatissimum*) protein by Alcalase hydrolysis: Antioxidant activity, *LWT - Food Science and Technology*, 76, pp. 140–146. doi: 10.1016/j.lwt.2016.10.049.

SINGH, K., A. KUMAR, N. LANGYAN, M. AHUJA. Evaluation of *Mimosa pudica* seed mucilage as sustained-release excipient. *AAPS PharmSciTech*, 10 (4) (2009), pp. 1121-1127.

SINGLETON, V. L., & ROSSI, J. A., Jr., (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.

SOUZA, M. W. S., FERREIRA, T. B. O. VIEIRA, I. F. R. Composição centesimal e propriedades funcionais tecnológicas da farinha da casca do maracujá. *Alimentos e Nutrição*. 2008. 19 (1): 33-36.

SYRBE, A., W.J. BAUER, H. KLOSTERMEYER. Polymer science concepts in dairy systems—an overview of milk protein and food hydrocolloid interaction. *International Dairy Journal*, 8 (3) (1998), pp. 179-193.

TALUKDER, P. *et al.* (2016) 'Antioxidant activity and high-performance liquid chromatographic analysis of phenolic compounds during in vitro callus culture of *Plantago ovata* Forsk. and effect of exogenous additives on accumulation of

phenolic compounds', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(1), pp. 232–244. doi: 10.1002/jsfa.7086.

THAIPONG et al., 2006 - *J. of Food Comp. and Analysis*. 19, 669-675.

TIMILSENA, Y.P., B. WANG, R. ADHIKARI, B. ADHIKARI. Preparation and characterization of chia seed protein isolate–chia seed gum complex coacervates. *Food Hydrocolloids*, 52 (2016), pp. 554-563.

TZIBOULA, A., D.S. HORNE. Effect of heat treatment on k-carrageenan gelation in milk.

URALA, N.; LÄHTEENMÄKI, L. Reasons behind consumers' functional food choices. *Nutrition & Food Science*, v. 33, n. 4, p. 148-158, 2003.

VACONDIO, R.; LOPES, E. S.; ROSA N. C.; CARVALHO, A. R.; PIERETTI, G. G.; MADRONA, G. S. Caracterização e avaliação sensorial de sorvete com extrato aquoso de Yacon. *E-xacta*, 2013. 6 (2): 155-163.

VARDHANABHUTI, B., S. IKEDA. Isolation and characterization of hydrocolloids from monoi (*Cissampelos pareira*) leaves. *Food Hydrocoll.*, 20 (2006), pp. 885-891.

VIEBKE, C., S. AL-ASSAF, G.O. PHILLIPS. Food hydrocolloids and health claims *Bioact. Carbohydrates Diet. Fibre*, 4 (2) (2014), pp. 101-114, 10.1016/j.bcdf.2014.06.006.

WÄRNBERG, J., MARCOS, A., BUENO, G., MORENO L.A. Functional benefits of Psyllium fiber supplementation', *Current Topics in Nutraceutical Research*, 2009. 7(2). Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/36128143.pdf>.

WILLIAMS, P.A., G.O. PHILLIPS (Eds.). *Gums and Stabilisers for the Food Industry*, vol. 10, Royal Society of Chemistry, Oxford (2000), pp. 211-220.

WU, Y., N.A.M. ESKIN, W. CUI, B. POKHAREL. Emulsifying properties of water soluble yellow mustard mucilage: A comparative study with gum arabic and citrus pectin. *Food Hydrocolloids*, 47 (2015), pp. 191-196.

YANES, M., L. DURAN, E. COSTELL. Effect of hydrocolloid type and concentration on flow behaviour and sensory properties of milk beverages model systems. *Food Hydrocolloids*, 16 (2002 a), pp. 605-611.

YANES, M., L. DURAN, E. COSTELL. Rheological and optical properties of commercial chocolate milk beverages. *Journal of Food Engineering*, 51 (2002 b), pp. 229-234.

ZENG, W., L. LAI. Characterization of mucilage extracted from the edible fronds of bird's nest fern (*Asplenium australasicum*) with enzymatic modifications. *Food Hydrocolloids*, 53 (2016), pp. 84-92.

ZHAO, Q., M. ZHAO, B. YANG, C. CUI. Effect of xanthan gum on the physical properties and textural characteristics of whipped cream. *Food Chem.*, 116 (2009), pp. 624-628.