

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MURILO EMANUEL SOUZA VIEIRA

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS CO-PRODUTOS DA  
SEMENTE DE CHIA (*Salvia hispanica* L.)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2015

MURILO EMANUEL SOUZA VIEIRA

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS CO-PRODUTOS DA  
SEMENTE DE CHIA (*Salvia hispanica* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Engenharia de Alimentos, do Departamento Acadêmico de Alimentos – DALIM – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Bogdan Demczuk  
Junior

CAMPO MOURÃO

2015



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Campo Mourão

Departamento Acadêmico de Alimentos  
Engenharia de Alimentos



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS CO-PRODUTOS DA SEMENTE DE CHIA (*Salvia hispanica* L.)

por

MURILO EMANUEL SOUZA VIEIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado dia 26 de novembro de 2015 como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Bogdan Demczuk Junior

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ailey Aparecida Coelho  
Tanamati

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ângela Maria Gozzo

---

**Nota:** O documento original e assinado pela banca examinadora encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos da UTFPR campus Campo Mourão.

## **AGRADECIMENTOS**

Desejo primeiramente agradecer à minha família. Meu pai Manoel, minha mãe Célia, meu irmão Lucas e meu bom cachorro Bob, pelo apoio dado desde o início a seguir meus anseios. Sem vocês não seria possível eu chegar aonde cheguei.

Também aos amigos próximos e moradores da República Molejão, Osmar Jr., Guilherme Righetto, Diogo Martinez, Rene Batista, Geovani Pedroso, Igor Marquetti, Osvaldo Moterani e Lucas Giroldo, incluindo também nosso fiel e leal companheiro canino Puera. Todos essenciais para os momentos de descontração e também para superar as dificuldades encontradas no caminho.

Ao professor e orientador Bogdan Demczuk Jr. pela presença e participação crucial no desenvolvimento do trabalho aqui apresentado. Também pela sua amizade e paciência com os empecilhos encontrados, sempre indicando os caminhos a seguir sem nenhuma pressão.

As minhas grandes amigas e parceiras Bianca Azevedo Soares e Amanda Lino, pelas suas contribuições com o trabalho e pela sua amizade sempre sincera.

Não podem faltar também os professores Angela Maria, Fernanda Leimann, Karla Silva, Maria Josiane, Manuel Plata e Roberta Leone dos quais tive maior contato dentro da universidade, que sempre se dispuseram a conversar, instruir, ouvir e orientar.

Por fim, agradeço ao campus da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão e todos seus docentes, que muito ajudaram e ajudam os discentes atingirem seus objetivos e todos os que fizeram parte dessa conquista em alguma parte dela.

Obrigado.

“Nada é mais perigoso que a certeza de ter razão.  
É preciso idolatrar a dúvida”.

Tzvetan Todorov

## RESUMO

VIEIRA, Murilo Emanuel Souza. **Obtenção e caracterização dos co-produtos da semente de chia (*Salvia hispânica*, L.)**. 2015. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia de Alimentos), Departamento Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

A chia (*Salvia hispânica* L.) é uma semente rica em ácidos graxos essenciais, fibras, proteínas e antioxidantes. A principal forma de consumo da chia é como suplemento nutricional, na formulação de barras de cereais, biscoitos e cereais matinais. Outra característica importante da chia é que, quando imersa em água, a semente exsuda uma mucilagem, que representa cerca de 5 a 6% de sua massa e é uma potente formadora de gel. Alguns autores estudaram a mucilagem da semente de chia como substituinte de aditivos em alguns tipos de alimentos, principalmente como gelificantes ou espessantes. Diante desta possibilidade, o presente trabalho teve como objetivo obter e caracterizar os co-produtos (mucilagem e semente após extração da mucilagem) da chia (*Salvia hispânica* L.). Foi proposta a otimização de uma metodologia para extração da mucilagem de semente de chia através de sonicação, utilizando um delineamento fatorial com três níveis e dois fatores em um reator encamisado contendo a semente de chia e água. Foram verificados os maiores rendimentos significativos ( $p < 0,05$ ) em torno de 7% de mucilagem obtidos com as menores proporções de semente/água (1/40) e no maior nível de temperatura estudado (80 °C). A partir da mucilagem extraída prepararam-se diluições a 1% em água e suas propriedades reológicas foram obtidas em reômetro Brookfield LVDV III. Determinou-se a partir dos parâmetros reológicos obtidos que os géis se comportam como fluidos pseudoplásticos e a energia de ativação variou entre 13,76 e 17,99 kJ.mol<sup>-1</sup>. Também foi verificada a influência da temperatura de extração da mucilagem nos teores dos compostos fitoquímicos na semente resultante através da análise por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Foram encontrados teores dos ácidos clorogênico, cafeico e p-coumárico e foi verificado que não houve degradação significativa por influência da temperatura.

**Palavras-chave:** *Salvia hispânica* L., mucilagem, reologia, compostos fitoquímicos.

## ABSTRACT

VIEIRA, Murilo Emanuel Souza. **Obtaining and characterization of chia seed (*Salvia Hispanic*, L.) co-products.** 2015. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia de Alimentos), Departamento Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

Chia (*Salvia hispanica* L.) is a seed rich in essential fatty acids, fiber, protein and antioxidants. The main form of consumption of chia is as a nutritional supplement in the formulation of cereal bars, biscuits and breakfast cereals. Another important feature of chia is that when immersed in water exudes a mucilage that represents about to 5-6% of its mass, and is a powerful gel-forming. Some authors studied the chia seed mucilage as additives substituent in certain foods, particularly as a gelling or thickening. The present study aimed to obtain and characterize the co-products (mucilage and seed after extracting the mucilage) of chia (*Salvia hispanica* L.). It has been nominated an optimization of a methodology for of chia seed mucilage extraction by sonication using a factorial design with three levels and two factors in a jacketed reactor containing chia seed and water. The highest and significant yields was found ( $p < 0.05$ ) in about 7% mucilage obtained with smaller proportions of seed / water (1/40) and higher temperature level studied (80 °C). From the extracted mucilage, it was prepared a solution at 1% in water and its rheological properties were obtained rheometer Brookfield LVDV III. It was determined from the rheological parameters obtained that gels behave as pseudoplastic fluids and activation energy ranging from 13, 76 and 17.99 kJ.mol<sup>-1</sup>. It was also verified the influence of mucilage extraction temperature in the levels of phytochemical compounds in the resulting seed through the analysis by high-performance liquid chromatography (HPLC). Levels of chlorogenic, caffeic and p-coumaric acids were founded, and it was found that no significant degradation occurred under the influence of temperature.

**Keywords:** *Salvia hispanica* L., mucilage, rheology, phytochemical compounds.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.), planta herbácea (a); Semente (b).....	14
FIGURA 2 – Semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.).....	15
FIGURA 3 – Semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) seca (a). Semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) com cápsula de mucilagem formada por hidratação.....	16
FIGURA 4 – Superfície de resposta para o rendimento (%) de mucilagem de semente de chia em função da temperatura de extração (°C) e da razão amostra/solvente (m/m).....	26
FIGURA 5 – Efeito das variáveis estudadas sobre o rendimento de mucilagem extraída da <i>Salvia hispanica</i> L.....	26
FIGURA 6 – Curva de fluxo a 40 °C para gel de mucilagem de semente de chia extraído a proporção 1:30 (m/m) e 50 °C.....	28
FIGURA 7 – Relação linear da viscosidade sobre a temperatura da mucilagem de chia.....	30
FIGURA 8 – Compostos fitoquímicos em sementes de chia. Comprimento de onda 320 nm, (1) ácido clorogênico, (2) ácido caféico e (3) ácido p-coumárico.....	32



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 –	Fatores utilizados e seus respectivos níveis codificados e não codificados.....	20
TABELA 2 –	Delineamento fatorial completo com três repetições no ponto central.....	21
TABELA 3 –	Delineamento fatorial com três repetições no ponto central (valores reais e codificados) com as respostas de rendimento (%) de mucilagem extraída da <i>Salvia hispanica</i> L.....	25
TABELA 4 –	Delineamento fatorial com três repetições no ponto central (valores reais e codificados) com as respostas de viscosidade (MPa.s) de mucilagem extraída da <i>Salvia hispanica</i> L. e medida nas temperaturas de 40 °C, 50 °C, 60 °C e 70 °C.....	29
TABELA 5 –	Compostos fitoquímicos da semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) após a extração da mucilagem nas temperaturas de 20 °C, 50 °C e 80 °C.....	31

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
3.1 BOTÂNICA DA SEMENTE DE CHIA .....	14
3.2 COMPOSIÇÃO DA SEMENTE .....	15
3.3 COMPOSTOS DE INTERESSE.....	15
3.4 HIDRATAÇÃO DA SEMENTE .....	16
<b>4. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS.....</b>	<b>20</b>
4.1 MATÉRIA-PRIMA.....	20
4.2 EXTRAÇÃO DA MUCILAGEM DAS SEMENTES DE CHIA .....	20
4.3 PREPARO DOS GÉIS E ANÁLISE REOLÓGICA.....	21
4.4 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FITOQUÍMICOS .....	23
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	23
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>25</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>34</b>

## 1. INTRODUÇÃO

É visível que a população mundial tem cada vez mais se preocupado com a saúde. Isso reflete no aumento do consumo de alimentos saudáveis, que contenham ingredientes com propriedades funcionais e contribuam com benefícios ao organismo, prevenindo doenças e proporcionando melhor qualidade de vida (UTPOTT, 2012).

Sabe-se que a semente de chia (*Salvia hispanica* L.) apresenta em sua composição, cerca de 40% de óleo. Desta fração, quase 60% é o óleo essencial ácido  $\alpha$ -linolênico ( $\omega$ -3). A composição da semente ainda inclui 25% de proteínas de alto valor biológico e 30% de fibras (5,7% solúveis e 24,3% insolúveis). Nota-se também a presença de antioxidantes como glicosídeos fenólicos, ácido clorogênico, ácido cafeico, quercetina e outros flavonoides, os quais têm comprovados efeitos contra doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (MUÑOZ *et al.*, 2012).

As sementes de chia são uma das fontes de nutrição mais antigas a serem consumidas e já documentadas, há 3500 a.C. pelos Maias e Astecas. As sementes têm variedades na cor preta ou branca e não há diferenças nutricionais entre elas. Já as sementes marrons são imaturas e não devem ser consumidas (AYERZA; COATES, 2004). A principal forma de consumo da chia é como suplementos nutricionais, na formulação de barras de cereais, biscoitos e cereais matinais (MUÑOZ *et al.*, 2012).

A semente de chia apresenta formato oval, com dimensões aproximadas de 2 mm de comprimento, 1 mm de largura e 1 mm de espessura (RAMOS, 2013). Quando imersa em água, a semente exsuda uma mucilagem, que representa cerca de 5 a 6% de sua massa e é uma potente formadora de gel. Segundo Lin, Daniel e Whistler (1994), o peso molecular do polissacarídeo exsudado varia de 0,8 a  $2,0 \times 10^6$  Daltons, dados determinados por filtração em gel. Quando totalmente hidratados, os filamentos de gel distribuem-se uniformemente sobre a superfície da semente e agregam-se a ela. Esse gel também é formado dentro do estômago quando a semente é ingerida, formando uma barreira física entre os carboidratos e as enzimas digestivas, diminuindo a hidrólise dessas substâncias em açúcares e aumentando a sensação de saciedade (MUÑOZ *et al.*, 2012). Vázquez-Ovando *et al.* (2009),

afirmam que o próprio aumento do volume das sementes quando hidratadas também contribui para essa sensação.

Os hidrocolóides em geral, são amplamente utilizados na indústria de alimentos por sua habilidade de reter água, pelas propriedades geleificantes, emulsificantes e estabilizantes de emulsões (MUÑOZ *et al.*, 2012). O consumo de fibra na dieta humana traz efeitos benéficos a saúde e os teores de fibras na semente de chia chegam a ser até quase 10% superiores que outros cereais como o trigo, a aveia, a cevada, o milho e o arroz (RAMOS, 2013).

Uma característica importante no estudo dos hidrocolóides é o conhecimento dos parâmetros reológicos dos alimentos, com o objetivo de definir suas propriedades de escoamento e sua influência na textura do produto (NUNES; RAYMUNDO; SOUZA, 2004). As características reológicas dos géis mostram que eles se comportam como um sistema viscoelástico, onde a componente elástica é superior a componente viscosa (RAMOS, 2013). Lin *et al.* (1994) definem que a estrutura da unidade de base mucilagem é um tetrassacarídeo com resíduos de 4-O-metil-a-D-glucoronopyranosyl e ramificação de B-D-xilopiranosil na cadeia principal. Ainda segundo os autores, este composto apresenta uma elevada capacidade de retenção de água e forma um hidrocoloide ativo.

Na industrialização da semente de chia, a farinha desengordurada é obtida na sequência da extração do óleo de chia, sendo considerada um co-produto, mas ainda assim garante um elevado valor nutricional (RAMOS, 2013). Segundo Vázquez-Ovando *et al.* (2009), a farinha de chia desengordurada de diferentes origens apresenta teores proteicos que variam entre 28,14% e 44,62%.

Muñoz *et al.* (2012), estudaram a microestrutura da mucilagem e da semente de chia e avaliaram efeitos de diferentes fatores na extração aquosa e hidratação da mucilagem obtida. Utpott (2012) propôs uma substituição da gordura em maionese pelo uso da mucilagem da chia. Capitani *et al.* (2012) avaliaram as propriedades funcionais de um co-produto na forma de farelo da semente de chia desengordurado. Ramos (2013) propôs o uso de géis da farinha de chia na substituição de aditivos com propriedades gelificantes ou espessantes. A autora afirma que a semente de chia, que tem o óleo como seu principal produto, também favorece a obtenção de co-produtos, com a finalidade de agregar valor ao que poderia ser descartado. Verifica-se, portanto, a potencialidade do conhecimento das

propriedades e a caracterização dos co-produtos da semente de chia para aproveitamento pela indústria de alimentos.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Obter e caracterizar os co-produtos (mucilagem e semente após extração da mucilagem) da chia (*Salvia hispanica L.*).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Extrair a mucilagem da semente de chia;
- Estudar a influência das variáveis de processo de extração no rendimento da mucilagem obtida da semente de chia;
- Estudar a influência das variáveis de processo de extração nas características reológicas do gel da mucilagem de semente de chia;
- Estudar a influência da extração da mucilagem nos teores de compostos fitoquímicos das sementes de chia resultantes do processo.

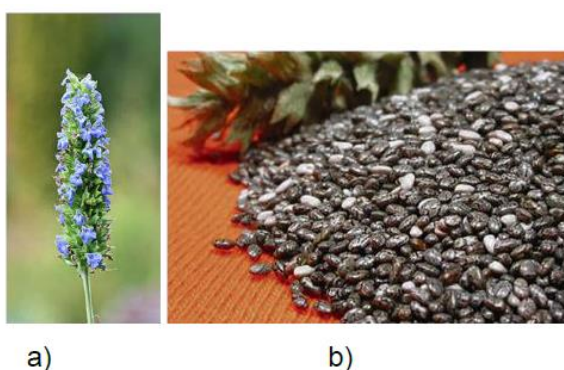
### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 BOTÂNICA DA SEMENTE DE CHIA

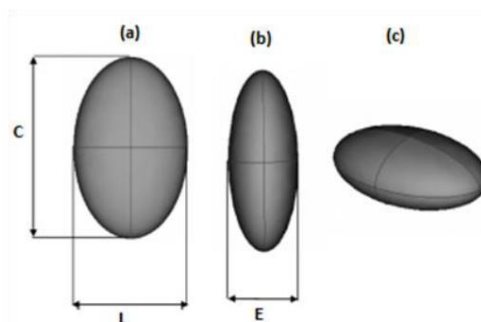
O cultivo da chia (*Salvia hispanica* L.) vem dos tempos anteriores à colonização Europeia na América. A semente é nativa da faixa entre o centro-oeste do México ao norte da Guatemala. Por ser utilizada em cerimônias pagãs, foi amplamente perseguida por entidades religiosas durante a colonização europeia, o que fez com que a semente desaparecesse por cerca de 500 anos (MUÑOS *et al.*, 2011; DICK, 2014).

A chia pertence a família das Lamiáceas e seu uso em diferentes finalidades persiste até hoje. Seu cultivo não tolera solos alagados, preferindo terrenos de textura média a arenoso, ou até solos argilosos drenados. Não suporta geadas e é tolerante a acidez e a seca. Seu cultivo deve ser feito em faixa de pH do solo entre 6,6 e 7,5 (MIGLIAVACCA *et al.*, 2014).

Segundo Muños *et al.* (2011) e Ramos (2013), a planta *Salvia hispanica* L. (Figura 1.a) é sensível a luz solar e suas sementes são ovais achatadas com as cores variando de café escuro ao bege, porém algumas sementes apresentem cor cinza, marrom ou branca (Figura 1.b). Possui em média  $1,87 \pm 0,1$  mm de comprimento,  $1,21 \pm 0,08$  mm e  $0,88 \pm 0,04$  mm de espessura (Figura 2).



**Figura 1. Chia (*Salvia hispanica* L.), planta herbácea (a); Semente (b)  
FONTE: RAMOS (2013).**



**Figura 2. Semente de chia (*Salvia Hispanica L.*) onde C é o comprimento e L e E a espessura.**

**FONTE: RAMOS (2013).**

### 3.2 COMPOSIÇÃO DA SEMENTE

Na culinária, a chia é amplamente utilizada na forma de farinha, semente inteira, mucilagem e óleo. Para os mexicanos pré-colombianos também era usada em bebidas (CAHILL, 2003). Também utilizada para suplementos naturais, barras de cereais e biscoitos, a semente de chia é uma opção em potencial para uso industrial de produtos relacionados a hábitos de alimentação considerados saudáveis (MUNÕS *et al.*, 2011; DICK, 2014).

A semente de chia é rica em óleos, que representam aproximadamente 40% de sua massa. É a planta conhecida por ser mais rica em ácido  $\alpha$ -linolênico,  $\omega$ -3, um lipídio que, se presente na dieta, tem melhorado o aspecto sanguíneo, aumentando o nível de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), lipoproteínas de alta densidade (HDL) e triglicerídios (TG) que podem conseqüentemente diminuir o risco de doenças cardiovasculares. Sua adição em alimentos, diferente de outras fontes de ácidos  $\alpha$ -linolênico apresenta a vantagem de não conferir o *flavor* de peixe, característico das fontes convencionais do lipídio (AYERZA; COATES, 2009).

### 3.3 COMPOSTOS DE INTERESSE

Obtida após o processo de extração do óleo e da mucilagem, a semente de chia desengordurada, considerada um co-produto, apresenta alto valor nutritivo. Destacam-se em sua riqueza nutricional a presença de vitaminas como vitamina A

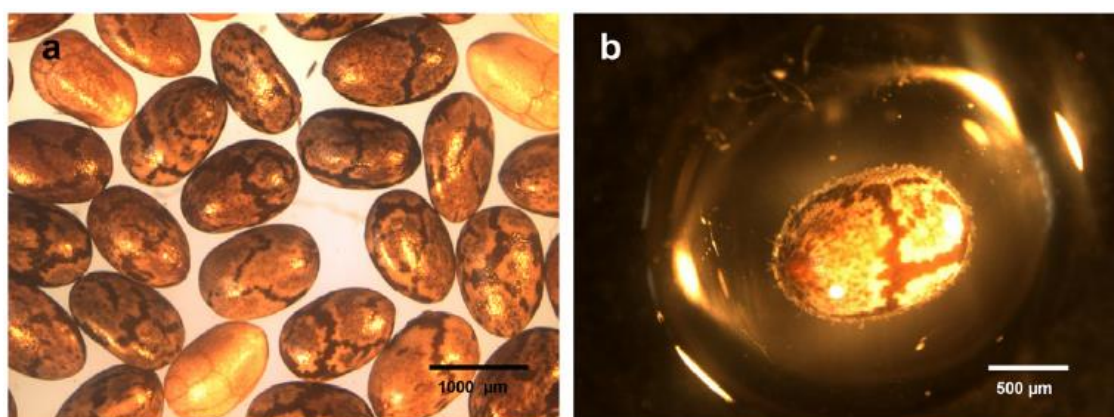


(53,86 IU/100g), vitamina C-ácido ascórbico (1,61 mg/100g), vitamina B1 (0,62 mg/100g), vitamina B2 (0,17 mg/100g) e vitamina B3 (8,83 mg/100g), e também quantidades relevantes de compostos polifenólicos que tem determinante atividade antioxidante, tais como quercetina (35 µg/g), canferol (35 µg/g) e miricetina (51µg/g) (RAMOS, 2013).

Muños *et al.*, 2011 afirmam que na composição nutricional da semente de chia além dos 40% de material lipídico, ela também é rica em fibras dietéticas (cerca de 30% de seu peso) e proteínas de alto valor biológico (cerca de 19% de sua massa total). O consumo das fibras provenientes da chia podem ser uma importante alternativa para o melhoramento da saúde humana. A adição de fibras dietéticas em alimentos pode causar alterações na textura, possuindo efeito estabilizante, formação de gel, melhorando a firmeza e a absorção de gordura do produto (CAPITANI *et al.*, 2015).

### 3.4 HIDRATAÇÃO DA SEMENTE

Quando a semente de chia (Figura 3a) entra em contato com a água, imediatamente ocorre a formação de uma cápsula englobando a semente (Figura 3b). Estudos sobre hidratação da mucilagem demonstraram que depois de 2 horas, a massa de mucilagem se encontra constante e não há mais absorção de água e que a mesma tem capacidade de retenção de 27 vezes a sua massa (MUÑOS *et al.*, 2011).



**Figura 3. Semente de chia (*Salvia hispanica L.*) seca (a). Semente de chia (*Salvia hispanica L.*) com cápsula de mucilagem formada por hidratação.**

**FONTE: MUÑOS *et al.* (2011).**

### 3.5 COMPOSIÇÃO DA MUCILAGEM

Acevedo *et al.*, 2008 registraram uma patente sobre a extração da mucilagem da semente de chia utilizando sonicação e filtração por alta pressão. De acordo com Muños *et al.*, (2012), a semente de chia se apresenta na faixa de 5-6% (m/m) em mucilagem (majoritariamente a fração solúvel das fibras), rica em polissacarídeos que são responsáveis pela retenção de água. Da hidrólise do polissacarídeo, obtêm-se  $\beta$ -D-xilose,  $\alpha$ -D-glucose e ácido 4-O-metil- $\alpha$ -D-glucorônico respectivamente, nas proporções de 2:1:1 (RAMOS, 2013).

### 3.6 APLICAÇÕES INDUSTRIAIS

Em estudos sobre aplicação da mucilagem, Utpott (2012) afirma que devido às propriedades de texturização, polissacarídeos e suas misturas são amplamente utilizados para controlar propriedades reológicas de emulsões. Celulose, dextrinas, maltodextrinas, polidextrose, gomas, fibras e amido modificado, fornecem uma quantidade menor de calorias que os lipídios e ainda diluídos em água diminuem significativamente o valor calórico dos alimentos (ADA reports, 2005). Em seu trabalho, Utpott (2012) utilizou 0,15% de mucilagem de chia adicionada a formulações de maionese e em seu melhor resultado de aceitação sensorial, conseguiu produzir uma maionese com 50% (m/m) de óleo, tendo 70% (m/m) de óleo como padrão.

Ferreira, Santos e Silva (2013), em seu trabalho sobre requeijão adicionado de chia, utilizaram farinha de chia e mucilagem extraída da semente para aumentar da qualidade nutricional do requeijão. A mucilagem de chia adicionada em requeijões não alteraram suas propriedades sensoriais e tiveram aceitação de 83% dos consumidores.

Em outra aplicação, Dick (2014) desenvolveu filmes biodegradáveis a partir da mucilagem da chia. A autora verificou que a farinha de chia possui capacidade de formação de filme porém com baixa resistência a ruptura e se formulado com algum tipo de amido apresentam permeabilidade de ar mais baixas que filmes biodegradáveis comestíveis produzidos por outras farinhas.

### 3.7 COMPORTAMENTO REOLÓGICO

O estudo das propriedades reológicas é importante para o dimensionamento de processos (fluxo do fluido, as bombas, filtração, purificação, processos de extração, pasteurização, evaporação, secagem) (TABATABAEE; MIRHOSSEINI, 2012). As características reológicas de hidrocolóides em solução apontam um comportamento viscoelástico e são afetadas por variáveis como velocidade de cisalhamento, concentração do composto, temperatura, pressão, força iônica, pH e outros (KOOCHKEI, RAZAVI, 2009; RAMOS, 2013; CAPITANI *et al.*, 2015).

A reologia descreve a deformação de um corpo sobre influência de estresse. Propriedades reológicas de fluidos podem variar consideravelmente, mesmo com produtos da mesma categoria como ketchup ou chocolate, e suas propriedades de escoamento podem ser medidas de forma empírica (depende totalmente das características físicas do instrumento de medição) ou medição das características absolutas (que não dependem das características dos instrumentos) (SCHRAMM, 2006; STEFFE, 1996).

Fluidos tem comportamentos diferentes de escoamento, sendo o fluido newtoniano o mais simples deles, suas características não se alteram com o binômio taxa de deformação e tempo, já os fluidos chamados não newtonianos não possuem uma proporção a tensão de cisalhamento com a taxa de deformação (MALKIN, 2006). Segundo Koocheki e Razavi (2009), gomas comportam-se como fluidos pseudoplásticos geralmente, os quais apresentam diminuição da viscosidade conforme aumento da taxa de deformação aplicada.

### 3.8 EFEITO DA TEMPERATURA NO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DO GEL

A temperatura é um dos fatores que mais afeta a viscosidade dos fluidos. Um aumento da temperatura faz com que a viscosidade da fase líquida diminua, aumentando o movimento das partículas em suspensão, causando um decréscimo na viscosidade da solução (PELEGRINE; BEZERRA; GASPARETTO, 2000).

Segundo Krokida, Maroulis e Saravacos (2001), a temperatura tem maior efeito no índice de consistência ( $K$ ) em fluidos alimentícios não newtonianos, do que no índice de comportamento ( $n$ ). O efeito da temperatura na viscosidade aparente, a

uma taxa de deformação constante, pode ser descrito pela equação de Arrhenius (RAO, 1986), onde é verificado que a viscosidade aparente diminui em uma função exponencial com o aumento da temperatura. É observada uma tendência geral de diminuição da viscosidade aparente a partir do aumento da temperatura. Em geral, uma alta energia de ativação de fluxo implica que pequenas variações de temperatura são necessárias para modificar rapidamente a viscosidade (STEFFE, 1996).

O conhecimento da energia de ativação ( $E_{at}$ ) e o parâmetro de ajuste ( $\eta$ ) permite modelar matematicamente o comportamento reológico, bem como verificar quais os efeitos da temperatura sobre a viscosidade (GRATÃO; BERTO; SILVEIRA JÚNIOR, 2004). Maiores valores da energia de ativação significam que a viscosidade é relativamente mais sensível à mudança de temperatura (PEREIRA, QUEIROZ; FIGUEIREDO, 2003).

## 4. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

### 4.1 MATÉRIA-PRIMA

Sementes de chia (*Salvia hispanica L.*) obtidas no comércio da cidade de Campo Mourão (PR), em fevereiro de 2015.

### 4.2 EXTRAÇÃO DA MUCILAGEM DAS SEMENTES DE CHIA

A extração da mucilagem foi realizada sob diferentes condições. O método foi uma adaptação da otimização proposta por Muñoz *et al.* (2012), seguindo um delineamento fatorial com três níveis e dois fatores ( $3^2$ ). As variáveis do processo escolhidas foram a temperatura (fator 1) e a proporção amostra/solvente (fator 2). As respostas avaliadas foram o rendimento da mucilagem e os parâmetros reológicos. Na Tabela 1 são mostrados os níveis codificados e não codificados dos fatores.

**Tabela 1. Fatores utilizados e seus respectivos níveis codificados e não codificados**

Fator	Nível		
	-1	Ponto central	+1
Temperatura (°C)	20	50	80
Proporção amostra/solvente (m/m)	1/20	1/30	1/40

Na Tabela 2 é mostrado o delineamento experimental para as condições propostas expresso na forma de variáveis codificadas.

Porções de 7,5 a 15 g de sementes foram depositadas em um reator de 400 mL e foi adicionada água destilada nas diferentes proporções amostra/solvente (três níveis). O processo foi conduzido com o auxílio de um sonificador (Fisher Scientific FB-20 120W), com potência máxima, pulsos de 30 segundos e intervalos de 10 segundos de descanso, durante 20 minutos. Em seguida, a suspensão foi depositada sobre uma superfície lisa e submetida a secagem a uma temperatura de 70 °C por 24 h em estufa com circulação de ar. A mucilagem seca foi separada da semente após agitação manual da amostra em frasco fechado. A massa da mucilagem foi medida e as frações obtidas foram armazenadas separadamente em

embalagem fechada até o momento das análises. O rendimento da mucilagem foi calculado por porcentagem em relação à massa inicial de sementes.

**Tabela 2. Delineamento fatorial completo com três repetições no ponto central**

Experimentos	Níveis das variáveis independentes codificadas	
	Fator 1	Fator 2
1	-1	-1
2	-1	0
3	-1	+1
4	0	-1
5	0	+1
6	+1	-1
7	+1	0
8	+1	+1
9	0	0
10	0	0
11	0	0

#### 4.3 PREPARO DOS GÉIS E ANÁLISE REOLÓGICA

Os géis da mucilagem da semente de chia foram preparados na proporção de 1% de mucilagem dissolvida manualmente em água destilada.

As amostras foram analisadas em um reômetro da marca Brookfield, modelo LV DV III, acoplado a um banho termostático Tecnal T-184 (Tecnal, Piracicaba, SP, Brasil) com diferentes temperaturas ajustadas a 40, 50, 60 e 70 °C. O *spindle* selecionado, por melhor torque a partir da viscosidade das amostras, foi o SC4-18.

Os dados de viscosidade aparente ( $\eta_{ap}$ ), tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) e taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ), foram obtidos utilizando o software Rheocalc (versão V3.1-1, Brookfield Engineering Laboratories, EUA). A amostra não foi reutilizada após o aquecimento, devido às alterações que podem ocorrer nas propriedades reológicas (CHAKRABANDHU; SINGH, 2005). Para cada corrida experimental, as curvas ascendente e descendente foram obtidas através de 25 pontos de tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação, dos quais foi calculado o valor médio da tensão de cisalhamento para cada taxa de deformação. Duas corridas experimentais

foram feitas para cada amostra e a tensão de cisalhamento resultante foi a média de dois valores experimentais.

Para o ajuste dos dados obtidos, foi utilizado o modelo matemático da Lei da Potência (Equação 2) (Steffe, 1996).

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (2)$$

Onde:  $\tau$  = tensão de cisalhamento (Pa);  $K$  = índice de consistência (Pa.s);  $n$  = índice de comportamento do escoamento (adimensional) e  $\dot{\gamma}$  = taxa de deformação ( $s^{-1}$ ).

O melhor ajuste aos dados experimentais foi considerado levando em conta os parâmetros  $R^2$  (proporção da variação total da média explicada pela regressão), definido como razão entre a soma quadrática total e pelo qui-quadrado ( $\chi^2$ ), que expressa a diferença entre valores obtidos experimentalmente. Quanto maior for o valor de  $\chi^2$  maior será a discrepância entre as frequências observadas e esperadas. Quanto menor o valor de  $R^2$  maior a distância dos pontos experimentais ao modelo ajustado. Portanto, o modelo que melhor se ajusta é aquele com altos valores de  $R^2$  (próximo de 1) e baixos valores de  $\chi^2$  (mínimo = 0) (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

Também foi avaliado o efeito da temperatura sobre o comportamento reológico dos géis de mucilagem de semente de chia através da equação de Arrhenius (Equação 1), que envolve a temperatura ( $T$ ), a constante universal dos gases ( $R$ ), o fator pré-exponencial ( $\eta_0$ ) e a energia de ativação para viscosidade ( $E_{at}$ ) (STEFFE, 1996).

$$\eta_{ap} = \eta_0 \exp E_{at}/ RT \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$\eta_{ap}$  = viscosidade aparente (mPa.s);

$\eta_0$  = fator pré-exponencial;

$T$  = temperatura (K);

$R$  = constante universal dos gases ( $kJ \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ );

$E_{at}$  = energia de ativação para viscosidade ( $kJ \cdot mol^{-1}$ ).

#### 4.4 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FITOQUÍMICOS

As sementes resultantes do processo de extração com cada tratamento tiveram seus teores de compostos fitoquímicos avaliados conforme metodologia proposta por Iora *et al.* (2015). Como solução extratora, foi utilizado etanol 40% e a proporção soluto/solvente de 1:20 (m/v). A extração foi conduzida em tubos *falcon* por agitação em um homogeneizador rotativo de tubos por um período de 24 horas e o sobrenadante (extrato) centrifugado em 3000 g foi utilizado para quantificação dos compostos fitoquímicos.

A quantificação dos compostos fitoquímicos majoritários foi realizada conforme descrito por Haminiuk *et al.* (2012). Foram injetados 10 µL dos extratos hidroetanólicos previamente filtrados em filtro de seringa 0,45 µm. Foi utilizado um cromatógrafo líquido de alta eficiência, modelo Shimadzu Prominencia acoplado a um detector de arranjo de diodos (DAD) e amostrador automático. Os dados foram coletados pelo software LCSolution (Shimadzu). A separação foi realizada em uma coluna Acclaim® 120 C18, 4,6 mm x 250 mm, 5 µm (Dionex, Salt Lake City, UT, USA) a 40 °C. A fase móvel composta de Ácido Acético 1,0% v/v (solvente A) e metanol (solvente B). Para a separação dos compostos fenólicos, um gradiente de eluição foi utilizado: 5 - 10% de B durante 2 min; 10-20% de B durante 3 min; 20-30% de B durante 5 min; 30-35% de B durante 5 min; 35- 50% durante 10 min; 50-60% de B durante 5 min; 60-80% de B durante 5 min; 80-100% de B durante 10 min, seguido de lavagem e recondicionamento da coluna respectivamente 100-100% de B durante 7 min; 100-5% de B durante 5 min. A quantificação de compostos fenólicos foi realizada pela comparação dos tempos de retenção de padrões cromatográficos de ácido gálico, ácido siríngico, ácido caféico, ácido p-coumárico, ácido ferrúlico, ácido trans-cinâmico, piceatanol, resveratrol, rutina, catequina, miricetina, quercetina e kaempferol. Foi realizada padronização externa a partir de curvas de calibração dos mesmos padrões.

#### 4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram executadas a partir do software Statistica (versão 10, Statsoft Inc., 2011) e pelo software Origin 7.0. As análises de variância



(ANOVA) foram executadas a uma significância de 95% ( $p < 0,05$ ) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 EXTRAÇÃO DA MUCILAGEM DAS SEMENTES DE CHIA

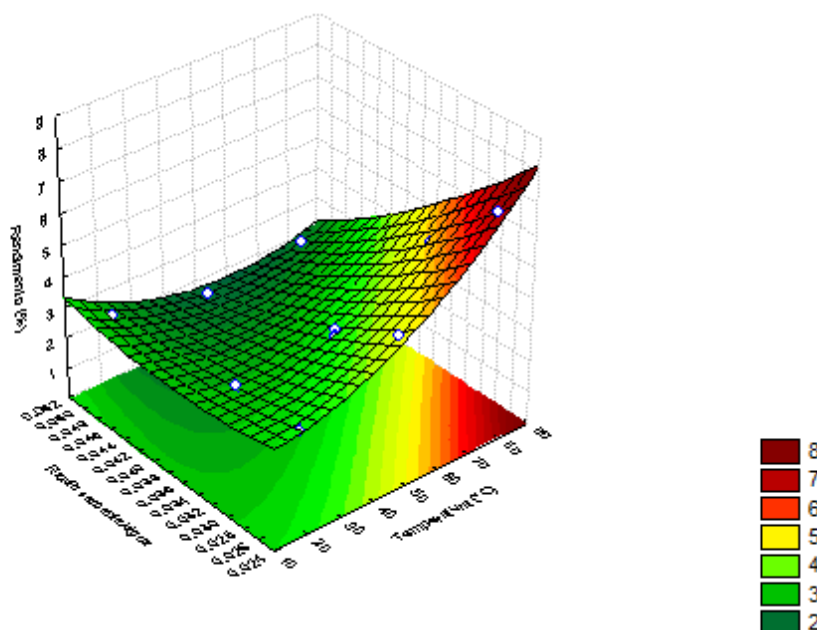
A matriz dos ensaios realizados com os valores reais e codificados das variáveis estudadas e as respostas de rendimento de mucilagem estão apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3. Delineamento fatorial com três repetições no ponto central (valores reais e codificados) com as respostas de Rendimento (%) de mucilagem extraída da *Salvia hispanica* L.**

Ensaio	$x_1^a$	$x_2^b$	$y_1^c$
1	-1 (20)	-1 (1/20)	2,572
2	-1 (20)	0 (1/30)	3,151
3	-1 (20)	+1 (1/40)	3,117
4	0 (50)	-1 (1/20)	1,881
5	0 (50)	+1 (1/40)	4,627
6	+1 (80)	-1 (1/20)	2,244
7	+1 (80)	0 (1/30)	4,892
8	+1 (80)	+1 (1/40)	7,039
9	0 (50)	0 (1/30)	3,520
10	0 (50)	0 (1/30)	3,303
11	0 (50)	0 (1/30)	3,238

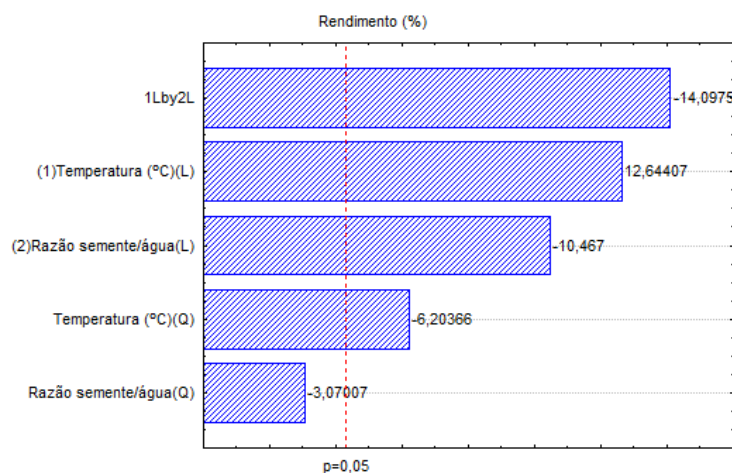
NOTA: <sup>a</sup>Temperatura (°C); <sup>b</sup>Proporção amostra/solvente (m/m); <sup>c</sup>Rendimento (%).

Foi verificado que os maiores rendimentos (em torno de 7% de mucilagem) foram obtidos com as menores proporções de semente/água (1/20) e no maior nível de temperatura estudado (80 °C) (Figura 4).



**Figura 4. Superfície de resposta para o rendimento (%) de mucilagem de semente de chia em função da temperatura de extração (°C) e da razão amostra/solvente (m/m).**

Verificou-se através da análise de variância, que as variáveis razão semente/água e temperatura de extração apresentaram efeitos significativos ( $p \leq 0,05$ ) sobre o rendimento de mucilagem. A razão semente/água apresentou efeito negativo (Figura 5), indicando que o maior percentual de mucilagem extraída ocorre a menores concentrações dentro da faixa estudada (1/20 a 1/40 semente:água). A temperatura foi significativa para a resposta de rendimento de mucilagem, possuindo um efeito positivo dentro da faixa estudada (20 a 80 °C).



**Figura 5. Efeito das variáveis estudadas sobre o rendimento de mucilagem extraída da *Salvia hispanica* L.**

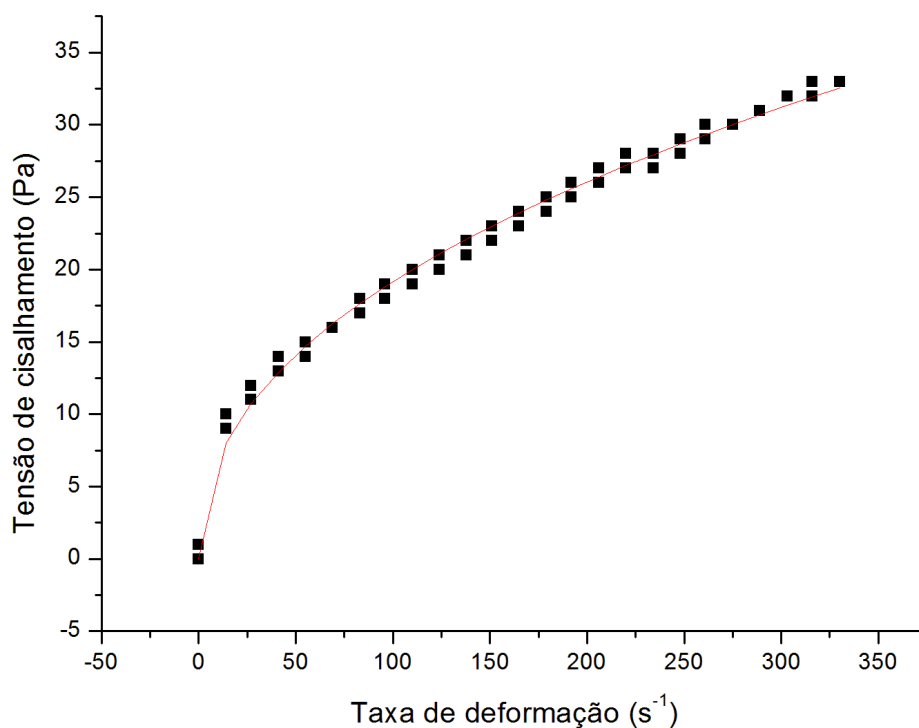
Marineli *et al.* (2014), em seu trabalho sobre caracterização química e potencial antioxidante da semente e óleo de chia chilena, obtiveram resultados médios de extração de fibra solúvel de  $2,43 \pm 0,30\%$  por meio do método enzimático-gravimétrico (AOAC, 2000).

Capitani *et al.* (2015), compararam dois métodos de extração, sendo que no primeiro método (MI) a mucilagem foi extraída a proporções semente/água de 1/10 por 4 horas a temperatura ambiente. A solução obtida foi então congelada em *ultrafreezer* e a mucilagem separada da semente por peneiramento (20 mesh). No segundo método (MII), com a proporção semente/água 1/20 e tempo de 1 hora a temperatura ambiente, separação por filtração a vácuo em peneira (140 mesh). Os dois métodos de extração mostraram um rendimento semelhante, de  $3,80 \pm 0,1\%$  e  $3,70 \pm 0,1\%$  a uma significância de 5% ( $p \leq 0,05$ ) para MI e MII, respectivamente. No presente trabalho, a condição mais próxima comparável (20 °C e proporção 1/20) resultou em um rendimento de 2,57%. As diferenças podem ser atribuídas principalmente ao tempo de extração e ao processo de separação da mucilagem seca.

## 5.2 ANÁLISE REOLÓGICA DOS GÉIS

Foi verificado nas análises reológicas dos géis um decréscimo na viscosidade com o aumento da temperatura, entre 40 e 80 °C, com solução de 1% de mucilagem.

Foi realizado o ajuste do modelo da Lei da Potência e os parâmetros reológicos foram determinados para cada amostra derivada da extração a partir da plotagem do gráfico taxa de deformação por tensão de cisalhamento (Figura 6), o índice de consistência (Pa.s) nessa demonstração foi  $2,48 \pm 0,10$  e o índice de comportamento do escoamento  $0,44 \pm 0,01$  ( $R^2 = 0,99$  e  $\chi^2 = 0,48$ ), sendo que para todas as amostras os valores dos coeficientes apresentaram o mesmo comportamento reológico. Através da análise da característica das curvas de fluxo e dos parâmetros obtidos, verificou-se que o fluido pode ser classificado como pseudoplástico ( $n < 1$ ) (STEFFE, 1996).



**Figura 6. Curva de fluxo obtida a 40 °C para gel de mucilagem de semente de chia extraído a proporção 1:30 (m/m) e 50 °C.**

Os valores médios de viscosidade variaram de 4,5 a 515,5 mPa.s, para toda a faixa de temperatura investigada no estudo (Tabela 4). Apesar dos baixos valores de coeficiente de determinação, os níveis utilizados demonstraram que géis de mucilagem de semente de chia mais viscosos foram obtidos nas menores condições de razão semente/água (1/40) e maiores temperaturas de extração (80 °C), na maioria das temperaturas analisadas.

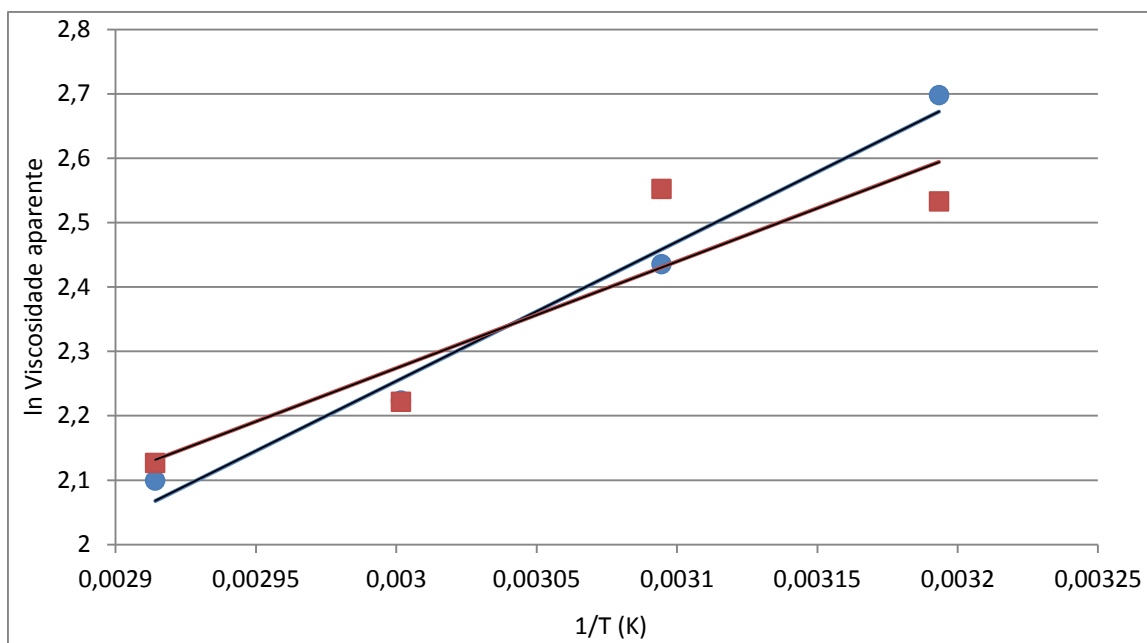
**Tabela 4. Delineamento fatorial com três repetições no ponto central (valores reais e codificados) com as respostas de viscosidade (mPa.s) de mucilagem extraída da *Salvia hispanica* L. e medida nas temperaturas de 40 °C, 50 °C, 60 °C e 70 °C.**

Ensaio	$x_1^a$	$x_2^b$	$y_1^c$	$y_2^c$	$y_3^c$	$y_4^c$
1	-1 (20)	-1 (1:20)	126	13	8	6,5
2	-1 (20)	0 (1:30)	515,5	766	9,5	6,5
3	-1 (20)	+1 (1:40)	9,5	24	10	10
4	0 (50)	-1 (1:20)	55	16	10	30
5	0 (50)	+1 (1:40)	4,5	293	225,5	59
6	+1 (80)	-1 (1:20)	52,5	13	11	6
7	+1 (80)	0 (1:30)	187	121	35,5	22,5
8	+1 (80)	+1 (1:40)	14,5	22	10,5	10
9	0 (50)	0 (1:30)	18	113	6	10,6
10	0 (50)	0 (1:30)	6,6	12	7	7
11	0 (50)	0 (1:30)	18,5	12	10,5	18

NOTA: <sup>a</sup>Temperatura (°C); <sup>b</sup>Proporção amostra/solvente (m/m); <sup>c</sup>Viscosidade (mPa.s);  $y_1 = 40$  °C;  $y_2 = 50$  °C;  $y_3 = 60$  °C;  $y_4 = 70$  °C.

Segundo estudos de Timilsena *et al.* (2015), também foi confirmada a diminuição da viscosidade de soluções de polissacarídeos de chia com o aumento da temperatura. Os autores obtiveram uma viscosidade de 5187,44 mPa.S a temperatura de 20 °C e 5088,75 mPa.s a 30 °C para solução de mucilagem a 1% em água.

A equação de Arrhenius foi utilizada para prever a influência da temperatura na viscosidade do gel da mucilagem de chia a 1%. Os valores da energia de ativação  $E_{at}$  obtidos a taxa de deformação  $110 \text{ s}^{-1}$  variaram de 13,76 a 17,99  $\text{kJ.mol}^{-1}$  para amostras de mucilagem extraídas nas condições 1/40 (m/m) a 80 °C (ponto ótimo) ( $R^2 = 0,85$ ) e 1/30 (m/m) a 50 °C (ponto central) ( $R^2 = 0,98$ ) respectivamente. Portanto, verifica-se que, quanto menor a energia de ativação, mais sensível é o produto a mudança de temperatura (Figura 7).



**Figura 7. Relação linear da viscosidade sobre a temperatura da mucilagem de chia.**

**NOTA: ● Extração 1:30 (m/m) a 50 °C, ■ Extração 1:40 m/m a 80 °C.**

Ainda no seu trabalho com mucilagem de chia, Timilsena *et al.* (2015) obtiveram valores de energia de ativação de 12,85 a 7,30 kJ.mol<sup>-1</sup> para géis preparados a diluição de 0,3% e 1% respectivamente. Os autores sugerem que menores quantidades de energia são necessárias para alterar o escoamento em soluções mais concentradas.

Vitali (1981), afirmou que, de uma forma geral, os valores de energia de ativação encontram-se na faixa de 1,5 a 15 kcal/mol (6,28 a 62,8 kJ/mol). Essa variação deve-se à faixa de temperatura considerada no estudo, a influência do teor de sólidos solúveis e em suspensão, e a presença de polímeros na amostra. Holdsworth (1971) observou que valores maiores de energia de ativação são encontrados em sucos clarificados newtonianos com altos teores de sólidos solúveis.

Vários autores já analisaram o efeito da temperatura sobre o comportamento reológico de alimentos. Sato (2005) avaliou a variação de temperatura para a polpa de jaboticaba. Torralles *et al.*, (2006) comprovou o efeito da temperatura e concentração na viscosidade do purê de pêssego. Magerramov *et al.* (2007)

avaliaram o efeito da temperatura e da concentração na viscosidade de suco de tangerina e limão e Bezerra *et al.* (2009), estudaram o efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa integral de morango na faixa de 10 °C a 60 °C. Todos estes autores verificaram que houve a dependência da temperatura através da Equação de Arrhenius e concluíram que a viscosidade aparente diminuiu com o aumento da temperatura.

### 3.4 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FITOQUÍMICOS

Na determinação dos compostos fitoquímicos e avaliação de sua degradação com o aumento da temperatura de extração da mucilagem da chia, encontraram-se ácido cafeico, ácido clorogênico, e ácido p-coumárico (Figura 8).

Avaliando os resultados da Tabela 5, pode-se afirmar que não houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) na concentração dos compostos encontrados para as temperaturas de extração determinadas no delineamento fatorial 20, 50 e 80 °C.

**Tabela 5. Compostos fitoquímicos da semente de chia (*Salvia hispanica* L.) após a extração da mucilagem nas temperaturas de 20 °C, 50 °C e 80 °C.**

Composto	Temperatura (°C)	N	Média*	DP	EP
Ácido p-coumárico	20	2	1,44 <sup>a</sup>	0,060	0,042
	50	2	1,60 <sup>a</sup>	0,009	0,006
	80	2	1,55 <sup>a</sup>	0,106	0,075
Ácido Clorogênico	20	2	1,36 <sup>a</sup>	0,076	0,054
	50	2	1,31 <sup>a</sup>	0,005	0,004
	80	2	1,42 <sup>a</sup>	0,008	0,005
Ácido Cafeico	20	2	4,24 <sup>a</sup>	0,120	0,084
	50	2	4,17 <sup>a</sup>	0,215	0,152
	80	2	4,04 <sup>a</sup>	0,171	0,120

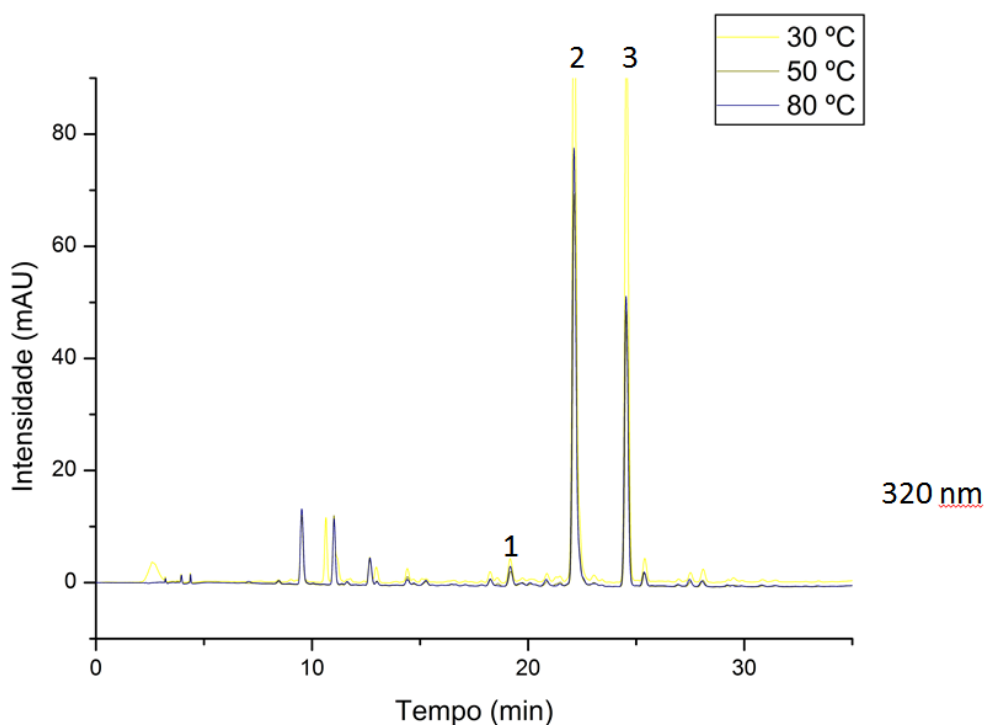
NOTA: \*mg/100g semente de chia; letras diferentes sobrescritas às médias expressam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey. N = repetições; DP = desvio padrão; EP = erro padrão.

Martínez-Cruz e Paredes-López (2014), em seu trabalho sobre atividade antioxidante da semente de chia, associaram tal comportamento a presença de compostos fitoquímicos. Os autores encontraram 2,31 mg de ácido caféico por 100 g de semente. Os ácidos cafeico, clorogênico e p-coumárico não foram determinados



no referido trabalho. Comparado aos resultados do presente estudo, a proporção média de ácido cafeico (4,15 mg/100g de semente) foi praticamente o dobro, da encontrada pelos autores. Provavelmente essa diferença se dá devido as variedades da semente, que apresentam relevantes alterações na composição química conforme a região de cultivo, mudanças climáticas, disponibilidade de nutrientes ou condições do solo (AYERZA; COATES, 2009) e também a diferença de metodologia de extração que utilizou metanol 70% como solução extratora a uma proporção 1/6 (m/v).

O ácido cafeico atua como antioxidante e inibidor enzimático, e que também tem atividade de ligação com receptores específicos. Além disso, tem sido relatado que o ácido cafeico inibe oxidação de LDL (lipoproteína de baixa densidade) *in vitro* e pode, por conseguinte, proteger contra doenças cardiovasculares (OLTHOF; HOLLMAN; KATAN, 2001). Junto com o ácido p-coumárico e clorogênico esses compostos têm habilidade de eliminar radicais livres e quelar íons metálicos, potentes causadores de envelhecimento precoce e doenças (BRAVO, 1998)



**Figura 8. Compostos fitoquímicos em sementes de chia. Comprimento de onda 320 nm, (1) ácido clorogênico, (2) ácido cafeico e (3) ácido p-coumárico.**

## 6. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, foi possível obter e caracterizar os co-produtos da chia (*Salvia hispanica L.*).

A extração da mucilagem da semente de chia utilizando aparelho sonicador proporcionou melhores rendimentos (aproximadamente 7%) nas menores proporções de semente/água (1/20) e no maior nível de temperatura estudado (80 °C). Ambas as variáveis estudadas representaram efeito significativo sobre o rendimento obtido.

Os géis de mucilagem da semente de chia apresentaram comportamento reológico pseudoplástico em todas as variáveis utilizadas. Foi possível obter os valores de energia de ativação a  $110 \text{ s}^{-1}$  para amostras de mucilagem extraídas nas condições 1/40 amostra/solvente (m/m) a 80 °C e 1/30 amostra/solvente (m/m) a 50 °C.

A quantificação dos compostos fitoquímicos evidenciou a presença de ácido p-coumárico, ácido clorogênico e ácido cafeico nas sementes de chia após a extração da mucilagem. Não foi verificada influência significativa da temperatura de extração sobre os teores obtidos.

## 7. REFERÊNCIAS

ACEVEDO, M. J.; MARIN, F. M.; TAMEZ, R. M.; NEVERO, M. J.; GARAY, A. L.; WO/2008/0044908 Method for Obtaining Mucilage from *Salvia hispanica* L. **World Intellectual Property Organization**. 2008.

ADA reports. Position of the American Dietetic Association: Fat replacers. **Journal of the American Dietetic Association**, v.105 (2), pag. 266-275, 2005.

AOAC ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**, 19 ed. Washington, D.C.: AOAC International, 2010.

AYERZA, R; COATES, W. Dietary levels of chia: influence on hen weight, egg production and sensor quality, for two strains of hens. **British Poultry Science**, n. 43, p. 283-290, 2004.

AYERZA, R; COATES, W. Some quality components of four of chia (*Salvia hispanica* L.) genotypes grown under tropical coastal desert ecosystem conditions. **Asian Journal of Plant Sciences**, 2009.

BEZERRA, J. R. M. V.; RIGO, M.; DEMCZUK JUNIOR, B.; CÓRDOVA, K. R. V. Estudo do efeito da temperatura nas propriedades reológicas da polpa de morango (*Fragaria ananassa*). **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**. v. 5, n.1. p.37 – 47. Jan./Abr. 2009.

BRAVO, L. **Nutr. Rev.** ed. 56, p 317, 1998.

CAHILL, J. P. Ethnobotany of Chia, *Salvia Hispanica* L. (Lamiaceae). **Economic Botany, Nova Iorque**, v. 57, n. 4, p. 604–618, 2003.

CAPITANI, M. I.; CORZO-RIOS, L. J.; CHEL-GUERRERO, L. A.; BETANCUR-ANCONA, D. A.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Rheological properties of aqueous dispersions of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage. **LWT – Food Science and Technology**, ed. 149, p. 70-77, 2015.

CAPITANI, M. I.; SPOTORNO, V.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*salvia hispanica* L.) Seeds of Argentina. **LWT – Food Science and Technology**, ed. 45, p. 94-102, 2012.

CHAKRABANDHU, K.; SINGH, R. K. Rheological properties of coarse food suspensions in tube flow at high temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p.117–128, 2005.

DICK, M. Desenvolvimento de filmes biodegradáveis a partir da semente e da mucilagem de chia (*Salvia hispanica* L.). **Dissertação**: mestrado em ciência e tecnologia de alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

FERREIRA, G. E. R.; SANTOS, M. F.; SILVA, J. N. Requeijão adicionado de mucilagem e farinha de chia (*Salvia hispanica* L.). **Encontro Universitário da Universidade Federal do Cariri**, 2013.

GRATÃO, A. C. A.; BERTO, M. I.; SILVEIRA JÚNIOR, V. Reologia do açúcar líquido invertido: influência da temperatura na viscosidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 4, v. 24, p. 652-656, 2004.

HAMINIUK, C. W. I.; MACIEL, G. M.; PLATA-OVIEDO, M. S. V.; PERALTA, R. M. Phenolic compounds in fruits - an overview. **International Journal of Food Science & Technology (Print)** v. 47, p. 2023-2044, 2012.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products. **Journal of Texture Studies**, v.2, n.4, p.393-418, 1971.

IORA, S. R. F.; MACIEL, G. M.; ZIELINSKI, A. A. F.; SILVA, M. V.; PONTES, P. V. A. HAMINIUK, C. W. I.; GRANATO, D. Evaluation of the bioactive compounds and the antioxidant capacity of grape pomace. **International Journal of Food Science & Technology (Print)**, v. 50, p. 62-69, 2015.

KOOCHEKI, A.; RAZAVI, S. M. A. Effect of concentration and temperature on flow properties of alyssum homolocarpum seed gum solutions: assessment of time dependency and thixotropy. **Food Biophysics**, 2009.

KROKIDA, M. K.; MAROULIS, Z. B.; SARAVALOS, G. D. Rheological properties of fluid fruit and vegetable puree products: compilation of literature data. **International Journal of Food Properties**, v.4, n.2, p.179-200, 2001.

LIN, K.; DANIEL, J. R.; WHISTLER, R. L. Structure of chia seed polysaccharide exudates. **Carbohydrate Polymers**, n. 23, p. 13-18, 1994.

MAGERRAMOV, M. A., ABDULAGATOV, A. I., AZIZOV, N. D.; ABDULAGATOV, I. M. Effect of temperature, concentration and pressure on the viscosity of pomegranate and pear juice concentrates. **Journal of Food Engineering**, v.80, n.2, p. 476-489, 2007.

MALKIN, A. Y.; ISAYEV, A. I. Rheology: Concepts, Methods and Applications. **ChemTec Publishing**, Toronto. 2006.

MARINELI, R. S.; MORAES, E. A.; LENQUISTE, S. A.; GODOY, A. T.; EBERLIN, M. N.; MARÓSTICA JR., M. R.; Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.). **LWT — Food Science and Technology**, ed. 59, p. 1304–1310, 2014.

MARINELI, R. S.; LENQUISTE, S. A.; MORAES, E. A.; MARÓSTICA JR, M. R. Antioxidant potential of dietary chia seed and oil (*Salvia hispanica* L.) in diet-induced obese rats. **Food Research International**, ed 76, pag. 666–674, 2015.

MARTÍNEZ-CRUZ, O.; PAREDES-LÓPEZ, O. Phytochemical profile and nutraceutical potential of chia seeds(*Salvia hispanica* L.) by ultrahigh performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography A**, 1346, pag. 43–48, 2014.

MIGLIAVACCA, R. A.; SILVA, T. R. B.; VASCONCELOS, A. L. S.; MOURÃO, W.; BAPTISTELLA, J. L. C. O cultivo da chia no brasil: futuro e perspectivas. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.3, n. especial, p.161-179, 2014.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. **CALADO, V. (Trad.)**, 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 461p., 2003.

MUÑOZ, L. A.; COBOS, A.; DIAZ, O.; AGUILERA, J. M. Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. **Journal of Food Engineering**, n. 108, p. 216-224, 2012.

NUNES, M. C.; RAYMUNDO, A.; SOUZA, I. Meaningful viscosity values of product technical data – impact on product development. **Food Industry Updates Ingredients**. p. 5-9, 2004.

OLTHOF, M. R.; HOLLMAN, P. C. H.; KATAN, M. B. **Nutr.** ed 131, p. 66, 2001.

PELEGRINE, D. H.; BEZERRA, J. R. M. V.; GASPARETTO, C. A. Estudo da viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Pérola). **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.1, p.128-131, 2000.

PEREIRA, E. A.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. Comportamento reológico de mel da abelha urucu (*Melípona scutellaris*, L.). **Revista Ciências Exatas e Naturais**, n. 2, v. 5, 2003.

RAMOS, S. C. F. Avaliação das propriedades gelificantes da farinha de chia (*Salvia hispanica* L.) Desenvolvimento de novas aplicações culinárias. **Dissertação**. Mestrado em Ciências Gastronômicas. Universidade de Lisboa. 2013.

RAO, M. A. Rheological properties of fluid foods. **Engineering Properties of Foods**, pag 1-48, 1986.

SATO, A. C. K. Influência do tamanho de partículas no comportamento reológico da polpa de jaboticaba. 86p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Alimentos) UNICAMP, Campinas, 2005.

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

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. Freeman Press, 412p., 1996.

TABATABAEE, A.B; MIRHOSSEINI, H. Influence of different purification and drying methods on rheological properties and viscoelastic behaviour of durian seed gum. **Carbohydr. Polym.** ed 90, pag 452–461, 2012.

TIMILSENA, Y. P; ADHIKARI, R; KASAPIS, S; ADHIKARI, B. Rheological and microstructural properties of the chia seed polysaccharide. **International Journal of Biological Macromolecules**, ed 81, pag. 991–999, 2015.

TORRALLES, R. P.; MALGARIM, M. B.; VENDRUSCOLO, J. L.; CANTILLANO, R. F. F.; TREPTOW, R. O. Um estudo para compreender a preferência e aceitação de consumidores de purês de pêssegos brasileiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 397-401, 2006.

UTPOTT, M. Utilização da mucilagem da chia (*salvia hispânica L.*) na substituição de gordura e/ou gema de ovo em maionese. **Monografia**. Título de Engenheiro de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2012.

VÁZQUEZ-OVANDO, A.; ROSADO-RUBIO, G.; CHEL-GUERRERO, L.; BETANCUR-ANCONA, D. Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica L.*). **Food Science and Technology**, n. 42, v. 1, p. 168-173, 2009.

VITALI, A. A. Comportamento reológico de purê de goiaba (*Psidium guajava L.*) em função da concentração e temperatura. 151f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Química) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1981.