

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

Melina Maynara Carvalho de Almeida

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE COOKIES  
ADICIONADOS DE ÓLEO DE CHIA MICROENCAPSULADO**

DISSERTAÇÃO

Campo Mourão

2016

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

Melina Maynara Carvalho de Almeida

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE COOKIES  
ADICIONADOS DE ÓLEO DE CHIA MICROENCAPSULADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fernanda Vitória Leimann

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Aziza Kamal Genena

CAMPO MOURÃO

2016

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

A447d Almeida, Melina Maynara Carvalho de

Desenvolvimento e caracterização de cookies adicionados de óleo de chia microencapsulado / Melina Maynara Carvalho de Almeida – 2016.

67 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fernanda Vitória Leimann

Coorientadora: Aziza Kamal Genena

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Campo Mourão, 2016.

Inclui bibliografias.

1. Oxidação. 2. Plantas oleaginosas. 3. Alimentos funcionais. 4. Alimentos – Dissertações. I. Leimann, Fernanda Vitória, orient. II Genena, Aziza Kamal, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. III. Título.

CDD: 664

Biblioteca Câmpus Medianeira

Fernanda Cristina Gazolla Bem dos Santos CRB: 9-1735



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE COOKIES ADICIONADOS DE ÓLEO DE CHIA MICROENCAPSULADO**

Por:

**MELINA MAYNARA CARVALHO DE ALMEIDA**

Essa dissertação foi apresentada às 08:00 horas, do dia 16 de Dezembro de 2016, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos, Linha de Pesquisa Ciência e Tecnologia de Produtos Alimentícios, no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos - PPGTA, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O(A) candidato(a) foi arguido(a) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

---

Prof(a). Dr(a). Fernanda Vitória Leimann (Orientadora – PPGTA)

---

Prof(a). Dr(a). Renata Hernandez Barros Fuchs (Membro Interno – UTFPR)

---

Prof(a). Dr(a). Roberta de Souza Leone (Membro Interno – UTFPR)

---

Prof(a). Dr(a). Lívia Bracht (Membro Externo – UEM)

\* A via original com as assinaturas encontra-se na secretaria do programa.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus que permitiu que eu chegasse à esta etapa em minha vida, dando força, saúde e sabedoria para o desenvolvimento deste projeto.

A minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fernanda Vitória Leimann pela oportunidade, apoio na elaboração do trabalho e também pela amizade ao longo destes dois anos. A banca examinadora que colaboraram de forma construtiva para a análise do trabalho.

Aos meus pais, Ivan e Wânia pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Obrigado por me proporcionar tudo em minha vida. Aos meus irmãos Nícolas e Enzo pelo carinho de sempre.

À meu marido Eduardo, pelo incentivou, carinho e paciência.

Aos meus amigos, Larissa, Jéssica, Fernanda, Amanda, Alexandre, Carlos que esteve presente no meu convívio ao longo destes dois anos, dando força, apoio, companheirismo e amizade. A Cristhian Lopes pela atenção no início do trabalho.

Aos professores da UTFPR em particular, professores Drs. Roberta Leone e Renata Fuchs, que colaboraram para a realização deste trabalho. A Adriele Rodrigues e Ana Paula pela ajuda na elaboração de experimentos.

A Capes e a Fundação Araucária pelo auxílio financeiro e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo uso de suas instalações.

A todos os amigos que, embora não citados, foram importantes para realização deste trabalho.

## RESUMO

DE ALMEIDA, M.M.C. Desenvolvimento e Caracterização de Cookies Adicionados de Óleo de Chia Microencapsulado. 2016 – Dissertação (mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

Tendo em vista evitar limitações de aplicação de ingredientes funcionais à alimentos, por modificação de sabor, diferenças de textura, bem como por instabilidade, durante o processamento e armazenamento, a microencapsulação é uma alternativa cada vez mais utilizada. Neste trabalho foi avaliada a adição de óleo de chia (*Salvia hispanica*), conhecido pela sua composição rica em ácidos graxos ômega-3, em cookies. Para isso, foram produzidas três formulações: cookies controle, cookies adicionados de micropartículas lipídicas sólidas de óleo de chia (1% com relação à farinha de trigo OC-E) e cookies adicionados óleo de chia puro (na mesma proporção presente nas microcápsulas, OC-P). Micropartículas de cera de carnaúba contendo óleo de chia foram produzidas por homogeneização a quente com tamanho médio de 20,8  $\mu\text{m}$  com morfologia esférica e com larga distribuição de tamanhos e com cristalinidade reduzida em comparação à cera de carnaúba pura (micropartículas branco). Análises farinográficas foram realizadas para verificar o efeito da adição das micropartículas do óleo na processabilidade da massa. Os resultados demonstraram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na absorção de água, sem afetar o tempo de desenvolvimento da estabilidade da massa. Os cookies produzidos não apresentaram diferença com relação à umidade e cinzas, porém quanto à análise de cor, durante o armazenamento (30 dias) a luminosidade dos cookies OC-E aumentou significativamente com o tempo de armazenamento de 69,51 para 71,75. Possivelmente este comportamento se deve ao fato da matriz lipídica apresentar instabilidade ao longo do tempo de armazenamento, levando à expulsão de parte do óleo de chia microencapsulado. Os cookies OC-E também tiveram seu parâmetro  $b^*$  significativamente maior ( $p < 0,05$ ) que o controle e OC-P, devido à coloração das micropartículas, mais amarelada. Dos parâmetros da análise de perfil de textura o único que apresentou diferença significativa entre os tratamentos e entre os dias de armazenamento (0, 15 e 30 dias) ( $p < 0,05$ ) foi a dureza, possivelmente devido à gordura livre presente nas amostras OC-E e OC-P desestabilizarem a rede de glúten resultando em massas mais suaves. Já no teste de três pontos de flexão (probe de bigorna tripla) os resultados de fratura por estresse e tensão na fratura mostraram condições estatisticamente iguais para todos os tratamentos. A avaliação da oxidação lipídica dos cookies foi feita por meio da extração da gordura dos mesmos com método Bligh-Dyer e análise dos coeficientes de extinção específicos ( $K_{232}$ ,  $K_{270}$  e  $\Delta k$ ). Os resultados mostraram que a amostra OC-E foi a que sofreu maior oxidação, seguido de OC-P e controle. Possivelmente alguns componentes da cera de carnaúba, composta por mistura de ésteres de ácidos de alto peso molecular e de hidroxiácidos, sofreram oxidação, bem como o óleo de chia puro, devido as insaturações dos ácidos graxos. Os cookies foram avaliados quanto a sua atividade de água por isoterma de sorção a 25 e 35°C onde foram determinadas os modelos que apresentaram maior ajuste e menor erro, sendo para as amostras controle (25°C e 35°C) o modelo GAB, para as amostras OC-E (25°C e 35°C) o modelo BET e para as amostras OC-P a 25°C o modelo de Peleg e

para 35°C o modelo BET. Por fim, a avaliação sensorial foi realizada pelo teste de aceitação global onde foi possível concluir que, para todos os atributos avaliados, as amostras de CO-P e CO-E não diferiram da amostra controle, o que é um resultado satisfatório.

**Palavras-chave:** cookies; homogeneização a quente; oxidação lipídica; perfil de textura; isoterma de sorção de água.

## ABSTRACT

DE ALMEIDA, M.M.C. Development and Characterization of Cookies Added of Microencapsulated Chia Oil. 2016 – Dissertação (mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

In order to avoid limitations of application of functional ingredients to food, by modification of flavor, differences in texture, as well as instability, during processing and storage, microencapsulation is an increasingly used alternative. In this work the addition of chia oil (*Salvia hispanica*), known for its composition rich in omega-3 fatty acids, was evaluated in cookies. For this, three formulations were produced: control cookies, cookies added solid lipid microparticles of chia oil (1% with respect to wheat flour OC-E) and cookies added pure chia oil (in the same proportion present in microcapsules, OC -P). Carnauba wax microparticles containing chia oil were produced by hot homogenization with a mean size of 20.8  $\mu\text{m}$  with spherical morphology and wide size distribution and with reduced crystallinity compared to pure carnauba wax (white microparticles). Farinographic analyzes were performed to verify the effect of the addition of the oil microparticle in the processability of the mass. The results showed a significant difference ( $p < 0.05$ ) in the water absorption, without affecting the time of development of the mass stability. The cookies produced did not present difference with regard to moisture and ashes, however, regarding color analysis during storage (30 days) the brightness of OC-E cookies increased significantly with storage time from 69.51 to 71.75. Possibly this behavior is due to the fact that the lipid matrix presents instability throughout the storage time, leading to the expulsion of part of the microencapsulated chia oil. The OC-E cookies also had their parameter  $b^*$  significantly larger ( $p < 0.05$ ) than the control and OC-P, due to the more yellowish microparticle staining. From the parameters of the texture profile analysis, the only one that presented significant difference between the treatments and between storage days (0, 15 and 30 days) ( $p < 0.05$ ) was the hardness, possibly due to the free fat present in the samples OC-E and OC-P destabilize the gluten network resulting in softer masses. In the three-point bending test (triple anvil probe) the fracture stress and fracture stress results showed statistically equal conditions for all treatments. The evaluation of the lipid oxidation of the cookies was done by means of the extraction of the fat of the same ones with Bligh-Dyer method and analysis of the specific extinction coefficients ( $K_{232}$ ,  $K_{270}$  and  $\Delta k$ ). The results showed that the OC-E sample underwent the highest oxidation, followed by OC-P and control. Possibly some components of carnauba wax, composed of mixture of esters of high molecular acids and hydroxy acids, underwent oxidation, as well as pure chia oil due to unsaturations of fatty acids. Cookies were evaluated for their water activity by sorption isotherm at 25 and 35 ° C where they were determined (25 ° C and 35 ° C) the GAB model, for the OC-E samples (25 ° C and 35 ° C) the BET model and for the samples OC-P at 25 ° C the Peleg model and at 35 ° C the BET model. Finally, the sensorial evaluation was carried out by the global acceptance test, where it was possible to conclude that for all attributes evaluated, CO-P and CO-E samples did not differ from the control sample, which is a satisfactory result.



**Keywords:** cookies; hot homogeneization; lipid oxidation; texture profile; water sorption isotherm.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - (a) Nanopartículas sólida lipídica; (b) tipo imperfeita; (c) tipo amorfo e (d) tipo múltipla.....	24
<b>Figura 2</b> -Texturômetro com probe cilíndrico de 2 mm (P/2) .....	36
<b>Figura 3</b> -Texturômetro com probe de bigorna tripla.....	36
<b>Figura 4</b> -Observação Óptica de micropartículas de cera de carnaúba contendo óleo de chia (a) (1.000x ampliação); distribuição de tamanhos de partícula (b); imagem de MEV das micropartículas.....	40
<b>Figura 5</b> - Imagem da produção de cookie 0, 15 e 30 dias: (a) formulação controle; (b) formulação com microcápsula de óleo de chia com cera de carnaúba (OC-E); (c) formulação com óleo de chia (OC-P).....	43
<b>Figura 6</b> - Isotermas de sorção dos cookies a 25°C: Controle (a); OC-E (b); OC-P (c) e a 35°C Controle (d); OC-E (e); OC-P (f). .....	54
<b>Figura 7</b> - Resultados de aceitação dos consumidores em relação à aparência, odor, textura, sabor e aceitação global das amostras de controle, CO-P e CO-E.....	56

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Formulações dos biscoitos contendo óleo de chia encapsulado (OC-E), não encapsulado (OC-P) e formulação controle.....	30
<b>Tabela 2.</b> Resultados da análise farinográfica para as amostras de farinha de trigo utilizadas na formulação das amostras controle, contendo óleo de chia encapsulado (OC-E), não encapsulado (OC-P). .....	42
<b>Tabela 3.</b> Características físico-químicas dos cookies.....	44
<b>Tabela 4.</b> Avaliação da cor dos cookies durante o período de armazenamento. ....	45
<b>Tabela 5.</b> Resultados do TPA modificado para cookies controle, com óleo de chia microencapsulado (OC-E) e óleo de chia (CO-P).....	47
<b>Tabela 6.</b> Resultados de fratura por estresse ( $\sigma$ ) e Tensão na fratura (-) das formulações dos biscoitos contendo óleo de chia encapsulado (OC-E), não encapsulado (OC-P) e formulação controle. ....	48
<b>Tabela 7.</b> Valores médios para parâmetros K232, K270 e $\Delta K$ . ....	50
<b>Tabela 8.</b> Parâmetros de ajuste para os modelos de isoterma de sorção de água: GAB, BET e Peleg.....	53
<b>Tabela 9.</b> Análises microbiológicas dos cookies durante o período de armazenamento a 25°C.....	55

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Modelo de ficha para o teste de aceitação do cookie .....	38
--	----

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	15
2 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
2.1 Objetivo Geral .....	18
2.2 Objetivos específicos.....	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1 POTENCIAL DAS SEMENTES E ÓLEO DE CHIA .....	19
3.2 MICROENCAPSULAÇÃO.....	21
3.3.1 Encapsulação em Lipídeos Sólidos por Homogeneização a quente .....	23
3.4 DESENVOLVIMENTO DE COOKIES.....	25
4 METODOLOGIA .....	28
4.1 MATERIAIS .....	28
4.2 ENCAPSULAÇÃO DO ÓLEO DE CHIA .....	28
4.2.1 Caracterização do óleo de chia encapsulado .....	29
4.3 PRODUÇÃO DOS COOKIES.....	30
4.3.1 Caracterização da cor, umidade e cinzas.....	31
4.3.2 Farinografia .....	31
4.3.3 Isoterma de sorção de água .....	32
4.3.4 Avaliação Microbiológica.....	32
4.3.5 Oxidação lipídica.....	33
4.3.6 Textura dos cookies.....	35
4.4 ANÁLISE SENSORIAL.....	37
.....	38
4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS MICROPARTÍCULAS DE ÓLEO DE CHIA .....	40
5.2 INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DO ÓLEO DE CHIA E DAS MICROPARTÍCULAS NAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS DA MASSA (FARINOGRAFIA).....	42
5.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS COOKIES.....	43
5.4 TEXTURA DO COOKIES.....	46
5.5 OXIDAÇÃO LÍPIDICA.....	49
5.6 ISOTERMA DE SORÇÃO DE ÁGUA NO COOKIE .....	51
5.8 AVALIAÇÃO SENSORIAL .....	56

7	CONCLUSÕES.....	58
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

# 1 INTRODUÇÃO

A chia (*Salvia hispanica* L.) é uma planta herbácea anual que pertence à família Lamiaceae, que é nativa do sul do México e norte da Guatemala e recentemente foi comercializada como uma cultura na América do Sul, despertando interesse devido ao seu teor de óleo nas sementes. O óleo de chia é conhecido como uma fonte rica de ácidos graxos poliinsaturados (*Poly Unsaturated Fatty Acids*, PUFAs) e difere de outras fontes naturais de PUFAs devido à sua maior proporção de ácido omega-3-linolênico (ALA) (MARTÍNEZ et al., 2015; MARINELI et al., 2014).

O ALA tem funções metabólicas específicas (fornecimento de energia, regulação da atividade enzimática e regulação da expressão gênica), mas uma de suas funções mais importantes é ser o precursor metabólico de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (RINCÓN-CERVERA; VALENZUELA; HERNANDEZ-RODAS, 2016). Poudyal et al. (2012) relataram que as sementes de chia como fonte de ALA induziram a redistribuição lipídica associada com cardioproteção e hepatoproteção em ratos, e o aumento do status antioxidante no plasma e no fígado, reduzindo a peroxidação lipídica plasmática e promovendo um efeito protetor contra o estresse oxidativo decorrente da obesidade em ratos (MARINELI et al., 2015). Outro estudo relaciona o consumo de óleo de chia com a melhora da função vascular em coelhos sob condições hipercolesterolêmicas (SIERRA et al., 2015).

No Brasil, a chia é consumida principalmente na forma de farinha e sementes que podem ser adicionadas a preparações como frutas, iogurte, bolos, entre outros (DA SILVA et al., 2016), porém o uso de óleo de chia não é usual. A farinha de chia e a semente de chia podem ser incorporadas em diferentes produtos, tais como cookies (INGLETT; CHEN; LIU, 2014), pão sem glúten (Costantini et al., 2014), pão (COELHO; SALAS-MELLADO, 2015), chocolate (GOHARA et al., 2013), tortilhas de milho (RENDÓN-VILLALOBOS; ORTÍZ-SÁNCHEZ, 2012), etc. A mucilagem de chia também já foi aplicada em formulações de bolo (BORNEO; AGUIRRE; LEÓN, 2010). No caso do óleo de chia, este foi aplicado em sistemas de emulsão dupla (W/O/W) que podem ser usados para melhorar as características lipídicas dos alimentos, reduzindo o teor

de gordura ou fornecendo perfis de ácidos graxos mais saudáveis (COFRADES et al., 2014).

Uma vez que o óleo de chia é composto por PUFAs tende a ser oxidado sob condições de processamento e armazenamento. A microencapsulação é uma abordagem comum aplicada para evitar esse problema. A microencapsulação de óleo de chia foi investigada por diferentes grupos de pesquisa utilizando técnicas de secagem por spray drying (IXTAINA et al., 2015; MARTÍNEZ et al., 2015; NOELLO et al., 2016; TIMILSENA et al., 2016). A técnica de secagem por spray drying não foi eficaz para manter a estabilidade oxidativa do óleo de chia, mesmo quando o extrato de alecrim foi aplicado em conjunto para evitar a oxidação dos PUFAs devido à alta temperatura a qual a emulsão é exposta para formar as micropartículas (163°C) (MARTÍNEZ et al., 2015).

Uma técnica interessante que pode ser usada para microencapsular óleos é a homogeneização a quente (*hot homogenization* ou *melt homogenization*) (MÄDER; MEHNERT, 2001; WEISS et al., 2008). As micropartículas lipídicas, que são compostas por uma matriz lipídica são estabilizada por moléculas de surfactante que podem ser produzidas por esta técnica e utilizadas para encapsular óleo de chia (SCALIA; MEZZENA, 2009).

Os cookies são um produto alimentar interessante para a adição de novos ingredientes na sua formulação, uma vez que são fáceis de preparar, apresentam longa vida útil e boa aceitação pela população (Rodrigues et al., 2014). Outras pesquisas têm aplicado ingredientes diferentes que podem promover efeitos positivos para a saúde, tais como sementes de girassol com alto teor de ácido oleico e farinha de cevada (ŠKRBIĆ; CVEJANOV, 2011), inulina e eritritol (LAGUNA et al., 2013), ácidos graxos ômega-3 microencapsulado (ácido alfa-linolênico) óleo de semente de cerejeira (*Lepidium sativum*) rico em ômega-3 microencapsulado (TUMBAS ŠAPONJAC et al., 2016; UMESHA et al., 2015) e extratos de sementes de uva puro e microencapsulado (DAVIDOV-PARDO et al., 2012).

Assim, no presente trabalho, propõe-se aplicar óleo de chia puro e óleo de chia microencapsulado em cera de carnaúba por homogeneização a quente, para aplicação na formulação de biscoitos. A viabilidade da aplicação de óleo de chia e das micropartículas foi investigada em relação à análise farinográfica,



análise de perfil de textura, isotermas de sorção, oxidação lipídica e cor. Uma avaliação sensorial em relação à aceitação global também foi investigada.

## 2 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade de incorporação do óleo de chia microencapsulado em cera de carnaúba na produção de cookies.

### 2.2 Objetivos específicos

- Microencapsular o óleo de chia em cera de carnaúba por homogeneização a quente;
- Avaliar o tamanho, morfologia (Microscopia Ótica e Microscopia Eletrônica de Varredura) e cristalinidade (Difração de Raio-X) das micropartículas produzidas.
- Aplicar as micropartículas contendo o óleo de chia na produção de biscoitos tipo cookies e comparar com a adição de óleo diretamente à formulação (sem microencapsulação);
- Avaliar o efeito da adição do óleo ou das micropartículas na absorção de água, tempo de desenvolvimento da massa e estabilidade da massa (Farinografia);
- Avaliar a cor, umidade e cinzas, isotermas de sorção de água, oxidação lipídica e perfil de textura (*Texture Profile Analysis*, TPA e teste de três pontos de flexão) dos cookies produzidos;
- Avaliar a qualidade microbiológica dos cookies após o forneamento;
- Avaliar sensorialmente os biscoitos pelo método de aceitação;

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 POTENCIAL DAS SEMENTES E ÓLEO DE CHIA

O apelo para alimentos mais saudáveis, com adição de ingredientes bioativos pode contribuir para benefícios fisiológicos específicos. Além disso, estes alimentos podem trazer benefícios em diversas áreas no organismo como sistema gastrointestinal, sistema cardiovascular, no metabolismo do substrato e como antioxidantes (MORAES & COLLA, 2016). Logo, a substituição de alimentos de menor valor nutritivo por outros de maior valor, vem sendo agregada à dieta da população (COELHO; SALAS-MELLADO, MERCEDES LAS, 2014). As sementes são fontes importantes de compostos bioativos, onde vêm sendo utilizadas como ingredientes na preparação em formulações de produtos como biscoitos, pães e bolos (OKPALA; GIBSON-UMEH, 2013).

A chia (*Salvia hispanica* L.) é uma semente que pertence à família Labiateae cultivada América Central, sendo nativa do sul do México e norte da Guatemala (UYEDA, 2015), contém aproximadamente 250-390 g óleo/kg de matéria seca, sendo este altamente insaturado em razão de sua semente ser rica em ácidos graxos poli-insaturados como o ácido-linoleico (LA, C18:2n-6; de 17 a 26%) e o ácido  $\alpha$ -linolênico (ALA, C18:3n-3; no máximo 68%) (AMATO et al. 2015).

Além disso, os ácidos graxos estão presentes em abundância no óleo, podendo ser classificados da seguinte forma: ácido  $\alpha$ -linolênico (C18: 3) > ácido linoleico (C18: 2) > ácido oleico (C18: 1)  $\approx$  ácido palmítico (C16: 0) > ácido esteárico (C18: 0) > ácido vacênico (18: 1) (ULLAH et al., 2015).

A semente de chia é uma fonte natural de antioxidantes. Ixtaina et al., (2011) avaliaram a extração do óleo da semente de chia por solvente, obtendo 238-427 mg/kg de tocoferóis, sendo 0,4-9,9 mg/kg de  $\alpha$ -tocoferol. A quantidade de polifenóis variou de  $6,1 \cdot 10^{-6}$  para  $2,10 \cdot 10^{-5}$  mol/kg, e os compostos fenólicos identificados foram ácido clorogênico e cafeíco. Uma quantia de carotenoides também foi detectada, variando de 0,53-1,21 mg/kg. A principal proteína na

semente de chia é globulina que constitui cerca de 52% do total de proteínas. A albumina é outra proteína encontrada na semente de chia (ULLAH et al., 2015).

O consumo do óleo de chia resulta em grandes melhoras em doenças cardiovasculares e diabetes, devido à sua composição rica em omega-3. Sierra et al. (2015) realizaram uma avaliação com coelhos hipercolesterolêmicos, com suplementação da dieta feita com óleo de chia e os resultados mostraram que o óleo de chia pode proteger a função vascular contra os efeitos da hipercolesterolemia, apresentando bons resultados no relaxamento vascular do endotélio-dependente e redução da contractilidade vascular.

Outro estudo mostrou que a dieta feita com óleo de chia, melhorou a adiposidade e normalizou a hipertriacilglicerolemia (CHICCO et al., 2009). Ayerza e Coates (2005), constataram uma queda de triacilglicerol e aumento no colesterol HDL em plasma de ratos com dieta baseada em óleo de chia. Os alimentos ricos em proteínas têm um grande efeito sobre a perda de gordura no corpo, e a ingestão regular de chia pode auxiliar nesta perda de peso, e capaz de equilibrar aminoácidos essenciais e não-essenciais.

Ainda que possua um valor nutricional considerável, o elevado grau de instauração presente no óleo de chia pode torná-lo um óleo de fácil oxidação. Isto ocorre devido à formação de radicais livres na presença de oxigênio. Esses radicais oxidam vários compostos como proteínas, ácidos nucleicos e lipídios, ocorrendo a degradação dos ácidos graxos presente no óleo de chia (ESCALONA-GARCÍA et al., 2016).

Julio et al. (2015) mostraram que a emulsão de óleo de chia em água (O/W) com diferentes concentrações de caseinato de sódio, com e sem lactose por diferentes pressões de homogeneização e armazenados a baixas temperaturas ( $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ ), permite a preservação da boa estabilidade oxidativa para o óleo de chia (COELHO; SALAS-MELLADO, MERCEDES LAS, 2014).

Outra técnica correlacionada a anterior, mostrou que o mesmo processo pode ser realizado por secagem por pulverização (spray drying), onde foram controladas as temperaturas de entrada/saída do secador, a fim de verificar se as propriedades do óleo de chia poderiam ser afetadas. O resultado não foi satisfatório para a estabilidade oxidativa (IXTAINA et al., 2015). Percebe-se assim que a microencapsulação é uma técnica que permite evitar a alteração

das propriedades e funcionalidades do óleo de chia, dependendo das condições operacionais que este é submetido.

### 3.2 MICROENCAPSULAÇÃO

A encapsulação é caracterizada como um processo que retém uma substância (agente ativo) dentro de outra substância (material de parede). O material encapsulado pode ser chamado de núcleo, fase ativa interna ou carga útil, enquanto o material encapsulante (revestimento) pode ser chamado de membrana, cápsula, fase externa, ou matriz (NEDOVIC et al., 2011). Os ácidos graxos poli-insaturados estão sujeitos a inativação ou degradação rápida de seus componentes. Quando encapsulados, podem retardar o processo de degradação, atingindo o local de adsorção (VOS et al., 2010).

Diversas técnicas de microencapsulação podem ser aplicadas para a proteção de óleos. Na maioria destas técnicas inicialmente produz-se uma emulsão do óleo em uma solução aquosa contendo um polímero solubilizado formador da parede protetora. Este polímero atua como estabilizante para a emulsão inicial e também como casca das cápsulas formadas após a eliminação da água da solução (VOS et al., 2010).

A microencapsulação por spray drying ou secagem por pulverização é um método que envolve altas temperaturas para eliminação da água, porém é simples e de baixo custo. Neste processo o óleo é emulsificado em solução aquosa contendo o material que servirá como recobrimento. Na sequência dá-se o processo de atomização que resulta na evaporação quase que instantânea da água, formando uma camada protetora do material de parede evitando que o material envolvido tenha contato direto com o meio (VOS et al., 2010). A microencapsulação de óleo de chia com extrato de alecrim gerou uma menor formação de compostos de oxidação primária durante o período de armazenamento. Porém, os valores de oxidação são menores para o óleo de chia não encapsulado, isto mostra que o processo de secagem por pulverização pode afetar a estabilidade oxidativa negativamente (MARTÍNEZ et al., 2015).

O método de coacervação complexa também pode ser empregado para encapsulação de óleos. Neste método a formação de uma camada protetora sobre a superfície das gotas de óleo emulsificado se dá pela interação de dois biopolímeros solúveis, que necessariamente apresentam cargas opostas em condições específicas, como temperatura, pH e força iônica. Proteínas, como o colágeno, apresentam-se carregadas positivamente quando se encontram abaixo do seu ponto isoelétrico ou negativamente acima deste. Já polissacarídeos, como a goma arábica, apresentam cargas negativas em determinadas faixas de pH. No momento em que as condições do meio aquoso são alteradas para que os polímeros apresentem-se carregados de forma oposta, ocorre a interação entre os mesmos que formam precipitados (coacervatos) que se difundem para a interface das gotas criando um camada uniforme que envolve o material do núcleo (óleo emulsificado). Timilsena et al. (2016) microencapsularam óleo de chia com goma de semente de chia (CSG), isolado de proteína da semente de chia (CPI), e a coacervação complexa (CPI-CSG). A encapsulação foi feita por duas técnicas: secagem por congelamento e secagem por pulverização. A eficiência de encapsulação no processo de coacervação complexa com o óleo foi maior, apresentando boa estabilidade oxidativa, devido aos baixos índices de peróxidos e aldeídos após 10 dias de armazenamento a 30°C.

O processo de precipitação é aplicado para a obtenção de nanopartículas de compostos que são insolúveis em água, mas que são solúveis em solventes orgânicos miscíveis em água. Basicamente, o composto hidrofóbico (óleo) é inicialmente dissolvido em um solvente orgânico juntamente com um polímero que atuará como protetor do óleo. Posteriormente é adicionado água a solução, por meio de agitação turbulenta ou gota a gota, que fará com que solvente orgânico difunda-se para água, e assim precipite as partículas finas. O solvente presente é então eliminado por evaporação. Bhargava et al. (2015), avaliaram a eficiência de nanoemulsões de óleo de orégano como um emulsionante de grau alimentar na inativação de crescimento de bactérias aplicando em alface fresca. Os resultados foram satisfatórios para *Listeria monocytogenes*, *S. Typhimurium*, e *E. coli* O157: H7, havendo uma redução de 3,57, 3,26, e 3,35 log UFC/g, respectivamente.

Nas técnicas citadas acima, faz-se uso de polímeros para encapsulação dos óleos, como gelatina (GOMEZ-ESTACA et al., 2016), gomas (TIMILSENA et al., 2016), zeína (JOYE et al., 2015) e maltodextrinas (RAJABI et al., 2015).

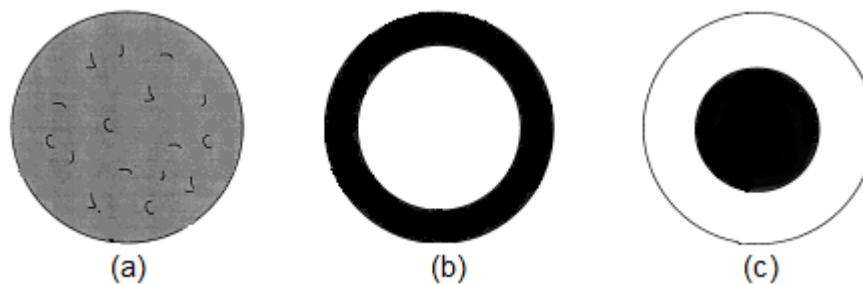
Outra forma de encapsular óleos é por meio da sua inclusão em matrizes de lipídeos que se apresentam em estado sólido quando em temperatura ambiente. Neste sentido uma técnica amplamente utilizada para encapsulação de óleos é a homogeneização a quente (*Hot Homogenization*). As vantagens desse método incluem a alta eficiência de encapsulação, a não utilização de solventes orgânicos na preparação, e a proteção dos componentes bioativos pela matriz sólida, como também a liberação gradativa do componente bioativos (óleo).

### 3.3.1 Encapsulação em Lipídeos Sólidos por Homogeneização a quente

Na técnica de homogeneização a quente (*Hot Homogenization*) um lipídeo (ácido esteárico, cera de carnaúba, cera de abelhas, etc.), que se apresenta em estado sólido na temperatura ambiente, é fundido a aproximadamente 5 ou 10°C acima do seu ponto de fusão. O óleo (ou outra substância) a ser encapsulado é dissolvido juntamente com o lipídeo fundido e o líquido produzido é disperso numa solução aquosa com surfactante, na mesma temperatura. O controle da temperatura nesta etapa é de extrema importância para garantir que seja formada uma emulsão estável. A emulsão obtida é depois homogeneizada com temperatura controlada, sendo o resultado uma emulsão de óleo em água quente. Após o tempo de dispersão, realiza-se o resfriamento da emulsão conduzindo à recristalização do lipídeo e a formação de partículas lipídicas (FATHI; MOZAFARI; MOHEBBI, 2012).

De acordo com Muller, Mader e Gohla (2000) dentre os fatores que determinam a capacidade de carregamento de substâncias nas matrizes lipídicas destacam-se: i) solubilidade e miscibilidade da substância no lipídio fundido, ii) estrutura química e física da matriz sólida lipídica e iii) estado polimórfico do material lipídico. Além disso, a liberação dos compostos

encapsulados também depende muito da cristalinidade e da forma polimórfica dos lipídios. Os triglicerídeos podem cristalizar em diferentes formas polimórficas durante a etapa de resfriamento da emulsão. As formas mais importantes são a  $\alpha$  e  $\beta$ . A recristalização que ocorre a partir da fase fundida resulta em uma fase polimórfica- $\alpha$  metaestável, que subsequentemente sofre uma transição polimórfica para a forma- $\beta$  estável através de uma forma intermediária metaestável ( $\beta'$ ). A estrutura principal de todas as formas, é uma estrutura de cristal lamelar que em muitos casos, resulta na formação de partículas semelhantes a plaquetas (Figura 1). O  $\beta$ -polimorfo especialmente constituído por uma estrutura altamente ordenada, rígida e com baixa capacidade de carregamento de moléculas encapsuladas, tendendo a liberar o composto encapsulado por expulsão ao longo do tempo (HARMS; MÜLLER-GOYMANN, 2011).



**Figura 1** - (a) Tipo amorfo lipídica; (b) núcleo lipídico com casca protetora; (c) núcleo enriquecido envolto com lipídio.

Fonte: MÜLLER; ADER E GOHLA, 2000.

Este comportamento de cristalização complexa de triglicerídeos depende principalmente da composição utilizada, do tamanho de partículas resultante e da taxa de resfriamento (HARMS; MÜLLER-GOYMANN, 2011). Bunjes, Westesen & Koch (1996) observaram por análises de Calorimetria Diferencial de Varredura (*Differential Scanning Calorimetry*) e Difração de Raio-X que as transições polimórficas em partículas compostas por triglicerídeos de cadeia curta são mais rápidas. Os autores ainda comentam que diferenças na cinética de transformação devem ser consideradas em função do carregamento dos compostos encapsulados, já que a estrutura de cristal menos densa de polimorfos metastáveis deve favorecer a incorporação do encapsulado. A instabilidade resulta em problemas durante longos períodos de armazenamento,



devido à expulsão do encapsulado da rede cristalina durante a transição em um polimorfo mais estável. Em relação aos emulsionantes utilizados, fosfolipídios saturados resultam em uma recristalização mais rápida, mas abrandam a taxa de transição polimórfica de  $\alpha$ - e para  $\beta$ . Já os fosfolipídios insaturados aumentam a taxa de transformação (HARMS; MÜLLER-GOYMANN, 2011).

Os lipídios e as ceras naturais são os materiais mais utilizados para microencapsulação de ingredientes propícios à degradação. Os lipídios mais utilizados são ácido esteárico, ácido palmítico, e óleos vegetais como soja e girassol. Para as ceras destaca-se, a cera de polietileno, cera de abelha, parafina microcristalina e a cera de carnaúba que são materiais muito versáteis para a preparação de cápsulas (STOJAKOVIĆ; BUGARSKI; RAJIĆ, 2012).

As ceras possuem alta temperatura de fusão e baixa viscosidade, devido atuarem como polímeros de cadeia curta. A cera de carnaúba é formada nas folhas e nos frutos da palmeira de carnaúba *Copernicia cerifera*. Na sua composição pode ser encontrado cerca de 82-85% de alquil ésteres de ácidos graxos alifáticos e aromáticos (ceril palmitato  $C_{25}H_{51}COOC_{30}H_{61}$ ), com 10-12% álcoois livres, 5-7% ácidos graxos livres, 0,3-1% hidrocarbonetos e 0,4-0,5% entre outros componentes (OURIQUE; CRUZ; ZORZI, 2015).

Diversos trabalhos destacam o uso da cera de carnaúba para encapsulação de compostos aplicado a alimentos, como vanilina (STOJAKOVIĆ; BUGARSKI; RAJIĆ, 2012); MILANOVIC et al., 2010) e ácido rosmarínico (MADUREIRA et al., 2015), além de aplicações na área farmacêutica como na encapsulação de cetoprofeno (STOJAKOVIĆ; BUGARSKI; RAJIĆ, 2012), fenbufeno e teofilina (RODRIGUEZ et al., 1999).

### 3.4 DESENVOLVIMENTO DE COOKIES

Segundo a RDC nº263 de 22 de setembro de 2005, define-se biscoito como sendo um produto com adição de mistura de farinhas, féculas, amidos, entre outros ingredientes, onde são submetidos ao processo de cocção, fermentação ou não, que possa apresentar recheio, cobertura, textura e formato variáveis (BRASIL, 2005).

De acordo com a ABIMAPI (Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães e Bolos Industrializados), as vendas de cookies aumentaram 275% entre 2010 e 2014, e em 2015 o aumento foi de 5% (SILVESTRINI, 2016). Além dos cookies tradicionais com adição de recheio ou coberturas de chocolate, as empresas vêm apostando no mercado dos cookies integrais, light e sem adição de glúten.

Estudos relatam diversos ingredientes adicionados a cookies com a intenção de fortificar o alimento, como adição de farinha de banana verde e óleo de coco com substituição da farinha de trigo (CORTAT et al., 2015), óleo de buriti como fonte de vitamina A (AQUINO et al., 2012) e farinha de casca de jaboticaba (FERREIRA; FERREIRA; LAGES, 2012). Rodrigues et al. (RODRIGUES et al., 2014) observaram que a adição de 7,5% de farinha yacon na formulação de cookies, proporcionou um aumento no teor de fibras e outros nutrientes, exceto para carboidratos e calorias. Além disso, foi obtida uma boa aceitação entre os provadores, podendo ser este produto oferecido aos consumidores com expectativa de aceitação no mercado (RODRIGUES et al., 2014). Outro estudo, desenvolvido por Cortat et al. (2015), teve por objetivo a substituição de farinha de trigo por até 75% de farinha de banana verde. Os autores obtiveram valores de umidade, minerais e fibras maiores que a formulação feita com farinha de trigo, houve também, uma queda nos teores de proteína, lipídeos e valor energético. As mesmas características também foram encontradas para a farinha da entrecasca da melancia (SERBAI et al., 2015). Mert & Demirkesen (2016) avaliaram o efeito da substituição da gordura comercial (*shortening*) por dois oleogéis diferentes contendo o óleo de girassol (cera de carnaúba e cera de candelilha) em cookie (1,5% em peso em relação à farinha de trigo). Os autores relataram que os cookies preparados com os oleogéis tinham textura ligeiramente mais dura e maior taxa de expansão do que as amostras preparadas com a gordura comercial. Rangrej et al. (2015) também observaram que a substituição de 5% em peso da gordura por óleo de linhaça, rico em ácidos graxos (ômêga-3), na formulação de cookies, resultou no aumento da força de ruptura do cookie.

De acordo com a revisão bibliográfica, não há relatos na literatura em relação à adição do óleo de chia microencapsulado em cookies. Desta forma

percebe-se a importância da avaliação do efeito da forma da adição do óleo de chia, direta na formulação ou em forma microencapsulado em lipídeo sólido, nas propriedades de textura, oxidação lipídica e sorção de água dos cookies.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 MATERIAIS

O óleo de chia (OC) foi adquirido da empresa Veris Óleos Vegetais Ltda. A cera de carnaúba (Sigma Aldrich) foi utilizada como lipídeo encapsulante e o caseinato de sódio (Sigma-Aldrich) como surfactante na produção das micropartículas. Os reagentes com iso-octano, clorofórmio e metanol foram adquiridos pela empresa Sigma-Aldrich. Para as análises microbiológicas, foram utilizados os meios: ágar Baird Parker (Difco, Becton Dickinson, Sparks, Md., E.U.A.) para *Estafilococos coagulase-positivo*, para Coliformes a 45°C foi utilizado caldo de triptose lauril sulfato (Difco, Becton Dickinson, Sparks, Md., E.U.A.) e para confirmação Caldo Verde Brilhante Lactose Bile (Difco, Becton Dickinson, Sparks, Md., EUA) e caldo EC (Difco, Becton Dickinson, Sparks, Md., EUA). Para Bolores e Leveduras foi realizado em ágar Dicloran glicerol (Difco, Becton Dickinson, Sparks, Md., E.U.A.), e para *Salmonella sp.* foi utilizado o ágar Hektoen e o ágar XLD. Para produção dos cookies foram usados farinha de trigo (tipo 1), margarina (80% de lipídios), açúcar, água e fermento químico, os quais foram adquiridos no mercado local de Campo Mourão, PR.

### 4.2 ENCAPSULAÇÃO DO ÓLEO DE CHIA

As micropartículas contendo óleo de chia foram obtidas segundo a técnica de homogeneização a quente descrita por Gonzalez-Mira et al. (GONZALEZ-MIRA et al., 2010) com algumas modificações. A fase aquosa foi preparada dissolvendo 55 mg de caseinato de sódio em 50 g de água aquecida a 95 °C. Separadamente, em um reator de borossilicato conectado à um banho termostático (Quimis) a 95°C, foi adicionado 3,350 g de cera de carnaúba. Então, 1,650 g de óleo de chia foi adicionado ao reator sob agitação magnética durante

1 minuto para produzir a mistura fundida. Em seguida, a fase aquosa foi adicionada ao reator e homogeneizada (16.000 rpm, 5 minutos) utilizando um Ultra-Turrax (IKA, T25). A mistura obtida foi vertida em um recipiente em banho de gelo para resfriamento e formação das partículas. Por fim, as partículas dispersas foram liofilizadas e armazenadas em freezer. Partículas sem a adição de óleo de chia foram obtidas pelo mesmo procedimento com a substituição da massa de óleo por cera de carnaúba.

#### 4.2.1 Caracterização do óleo de chia encapsulado

Um Microscópio Óptico (Bioval) ligado a uma câmara digital foi usado para avaliar a morfologia e tamanho micropartículas. As observações foram realizadas com 1000 vezes de ampliação. As análises do diâmetro médio e da distribuição de tamanhos das micropartículas foram feitas por análise de imagem, de acordo com a metodologia descrita por Leimann et al. (2009).

Para a avaliação das características microestruturais das micropartículas contendo o óleo de chia foi realizada a Microscopia Eletrônica de Varredura (Carl Zeiss / EVO MA 15). O equipamento encontra-se localizado na UTFPR-Campus Curitiba (*Centro Multiusuário de Caracterização de Materiais – CMCM*). A amostra permaneceu em dessecador com sílica durante 1 semana para remoção da umidade e então foi recoberta com ouro em *sputter* previamente à análise. As imagens foram obtidas a 20 KV.

Para avaliação da características de cristalinidade das micropartículas de cera de carnaúba contendo o óleo de chia, foi realizada a análise de Difração de Raio-x em um difratômetro (Bruker, D8 Advance) utilizando intervalo angular de 3 a 60°, velocidade angular de 5,9° min<sup>-1</sup>, tensão de 40 KV e 35 mA. O equipamento encontra-se disponível na Universidade Estadual de Maringá (UEM).

### 4.3 PRODUÇÃO DOS COOKIES

A produção dos cookies foi realizada de acordo com a formulação descrita por Fasolin et al. (2007), com algumas modificações. De forma sucinta, foram desenvolvidas três formulações (Tabela 1). Na formulação de código OC-E foi acrescido 1% em peso de micropartículas de cera de carnaúba contendo óleo de chia em relação a massa de farinha. No caso da formulação OC-P óleo de chia puro foi adicionado em quantidade igual a do óleo de chia presente nas micropartículas.

**Tabela 1.** Formulações dos biscoitos contendo óleo de chia encapsulado (OC-E), não encapsulado (OC-P) e formulação controle.

<b>Ingrediente</b>	<b>Controle</b>	<b>OC-E</b>	<b>OC-P</b>
Farinha de trigo (g)	111,610	111,610	111,610
Açúcar (g)	50,000	50,000	50,000
Margarina (g)	33,750	33,750	33,750
Fermento químico (g)	2,500	2,500	2,500
Sal (g)	1,050	1,050	1,050
Água (mL)	8,900	8,900	8,900
OC encapsulado (g)	-	1,120	-
OC (g)	-	-	0,373

Inicialmente foram adicionados a margarina, açúcar, sal e o fermento em pó sendo misturados durante 3 minutos. O óleo de chia ou as micropartículas foram adicionados nesta etapa também, seguido da farinha de trigo. Depois da adição da água, a mistura foi homogeneizada durante 2 minutos para a homogeneização da massa. Para todas as formulações foi utilizada uma batedeira (Modelo: BPS-05) da marca Skymssen metalúrgica siemens LTDA. Em seguida, a massa foi espalhada com um rolo e a espessura foi padronizada com uma régua (1cm) e um cortado de 6 cm de diâmetro. Finalmente os biscoitos foram assados em forno com circulação de ar (Marca: TEDESCO; Modelo: FTT 240E) a 170°C por 8 minutos. Depois que os biscoitos foram resfriados, eles foram embalados em sacos plásticos laminados de BOPP (película de prolipileno bi-orientado). Foram embalados 10 cookies por pacote (triplicata)

e os mesmos foram armazenados em estufa BOD (Tecnal) com temperatura igual a 25°C. As amostras foram analisadas em intervalos de 0, 15, 30 dias.

#### 4.3.1 Caracterização da cor, umidade e cinzas

As amostras de cada tratamento foram avaliadas com 6 repetições quanto à cor (parâmetros L\*, luminosidade e b\* intensidade de amarelo) com o aparelho MiniScan EZ (HunterLab). A umidade foi determinada de acordo com o método gravimétrico, a 105°C até o peso constante (AOAC, 2000). Para a análise de cinzas, os biscoitos foram incinerados em uma mufla à temperatura de 550°C, onde permaneceram no recipiente apenas o teor de minerais presente na amostra (COSTA, 2013). As análises de cinza e umidade foram realizadas em triplicata para cada tratamento.

#### 4.3.2 Farinografia

As propriedades reológicas de massa foram determinadas de acordo com Ahmed et al. (2015), utilizando um farinógrafo (Brabender Farinograph-E) localizado no Instituto Ambiental do Paraná (IAPAR) de Londrina. Uma amostra de 50 gramas de farinha (13,03% base de umidade) foi colocada no recipiente de mistura Farinógrafo. Amostras contendo óleo de chia (OC-P) como as micropartículas (OC-E) foram analisadas com a adição de 0,16 g e 0,5 g, respectivamente, diretamente à farinha e homogeneizadas previamente. A água foi adicionada à farinha a partir de uma bureta ao centro do misturador. Absorção de água (WA), o tempo de desenvolvimento de massa (DDT<sub>dough</sub>) e estabilidade (DST) foram determinados. Para a obtenção da umidade da farinha, foram pesados 5 g em triplicata e exposta em uma estufa a 105°C por 24 h.

### 4.3.3 Isoterma de sorção de água

Para a determinação das isotermas de sorção de água foi utilizada a metodologia descrita por Veiga et al. (2016). As amostras de cookies foram quebradas em pequenos pedaços de aproximadamente 10x10 mm e mantidas por 14 dias em dessecador com sílica gel para a remoção de umidade. Então as amostras foram analisadas em um gerador de sorção de umidade isotérmica (Aquasorp Decagon Devices, USA). Os dados experimentais foram modelados por cinco modelos: GAB (Guggenheim-Andersob-de Boer) (Equação 1), BET (Brunauer–Emmett–Teller) (Equação 2) e Peleg (Equação 3) (PARK et al., 2002).

$$X_w = \frac{m_0 \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1 - K \cdot a_w) \cdot (1 - K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)} \quad \text{Eq. (1)}$$

$$X_w = \frac{(m_0 \cdot C \cdot a_w) \cdot [1 - (n + 1) \cdot a_w^n + n \cdot a_w^{(n+1)}]}{(1 - a_w) \cdot [1 - (C - 1) \cdot a_w - C \cdot a_w^{(n+1)}]} \quad \text{Eq. (2)}$$

$$X_w = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde  $X_w$  é a umidade de equilíbrio (g de água / g sólidos secos) a uma atividade de água ( $a_w$ ),  $m_0$  é o teor de água na monocamada,  $C$  é a constante Guggenheim, que representa o calor de adsorção da primeira camada, e  $K$  é o calor de sorção da multicamada, “ $n$ ” representa o número de camadas adsorvidas,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $A$  e  $B$  são constantes dos modelos. Os parâmetros dos modelos foram determinados por meio de regressão não-linear, com o programa *software* Matlab® R2007b (The Mathworks, USA, 2007).

### 4.3.4 Avaliação Microbiológica

Os cookies foram avaliados quanto à qualidade microbiológica de acordo com a metodologia descrita por Downes & Ito (2001), sendo avaliados quanto a coliformes a 45°C, bolores e leveduras, *Salmonella* spp. e estafilococos coagulase-positiva, nos tempos de 0, 15 e 30 dias.



Os coliformes foram determinados pela técnica do Número Mais Provável (NMP) utilizando uma série de três tubos de caldo de triptose lauril sulfato que foram incubados a 35°C durante 48 h. Os tubos que apresentaram a produção de gás foram transferidos para Caldo Verde Brilhante Lactose Bile e incubou-se a 35°C durante 48 h, e o caldo EC, incubou-se a 45°C durante 48 h. Os resultados foram expressos como NMP/g.

Para contagem de bolores e leveduras, uma quantidade de 25 g de cada amostra de cookie foi diluída em 225 mL de água peptonada (1 g/L). As diluições em série foram realizadas utilizando a técnica de espalhamento em ágar Dicloran glicerol, as placas foram incubadas a 25°C durante 5 dias. Os resultados foram expressos como log CFU/g.

A detecção de *Salmonella* spp. foi efetuada com pré-enriquecimento em caldo de lactose e incubação a 37°C durante 24 h. Subsequentemente, 1 mL deste meio foi inoculado em tetrionato e caldos selenito-cistina que foram incubadas a 37°C durante 24 h. Além disso, agar Hektoen entérico, sulfito de bismuto, e ágar desoxicolato xilose lisina foram riscadas com loops estéreis que transportam inóculo levou de tetrionato e caldos selenito-cistina. As placas foram incubadas a 37°C durante 24 h, a fim de isolar colônias características de *Salmonella* spp. Os resultados são expressos como a presença ou ausência de 25 g.

Para a análise de Estafilococos coagulase-positiva foram contadas por diluição de 25 g das amostras em 225 mL de água peptonada (1 g/L). As diluições em série foram realizadas e plaqueadas em ágar Baird Parker onde as placas foram incubadas a 35°C durante 48 h. Os resultados expressos como log CFU/g.

#### 4.3.5 Oxidação lipídica

Os lipídios totais foram extraídos a partir de amostras de cookies utilizando o método de Bligh e Dyer (1959). Para tanto, 30 g de biscoito foram adicionados a uma mistura de 30 mL clorofórmio e 60 mL metanol e agitado por 5 minutos, em seguida foi adicionado mais 30 mL clorofórmio e agitado por 2

minutos, por fim, adicionou-se 30 mL de água e a mistura foi agitada por mais 5 minutos e então filtrada. O filtrado permaneceu em funil de separação por 24 h e a fase mais densa foi coletada e o solvente evaporado em rota-evaporador (Tecnal, TE-211). O óleo obtido na extração foi então caracterizado por Espectrofotometria no Ultravioleta com a determinação dos coeficientes de extinção específica (232, 270 e  $\Delta K$ ), já que produtos de oxidação (dienos conjugados em 232 nm e trienos conjugados ou compostos secundários em 270 nm) se apresentam em espectros característicos na região ultravioleta (FERRARI; DE SOUZA, 2009).

A análise da absorbância no ultravioleta foi efetuada com método oficial descrito no anexo IX do Regulamento (CEE) nº 2568/91 da Comissão Europeia de 11 de julho de 1991 e posteriores alterações, com algumas modificações. Aproximadamente 0,3 g da amostra foram dissolvidas em 10 mL de iso-octano (2,2,4-trimetilpentano) no seu estado puro, com aquecimento em banho maria (30°C). Em seguida a solução foi resfriada e centrifugada em eppendorf (microcentrífuga Eppendorf® Minispin®) por 20 minutos a 14.000 rpm. Em seguida foi coletado 1 mL do sobrenadante e transferido para um balão volumétrico de 10 mL sendo completado com iso-octano (2,2,4-trimetilpentano) até o menisco, a amostra dissolvida foi então analisada em cubeta de quartzo de percurso ótico de 1 cm, os coeficientes de extinção específica de cada solução nos comprimentos de onda prescritos (232, 270 e  $\Delta K$ ) foram então obtidos utilizando as Equações 4, 5 e 6.

$$K_{232} = \frac{A_{232}}{c \times l} \quad \text{Eq. (4)}$$

$$K_{270} = \frac{A_{270}}{c \times l} \quad \text{Eq. (5)}$$

$$\Delta K = K_{270} \frac{A_{266} + A_{274}}{2} \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde:

$A_{232}$ ,  $A_{266}$ ,  $A_{270}$  e  $A_{274}$  são absorbâncias nos comprimentos de onda indicados nos sub índices;

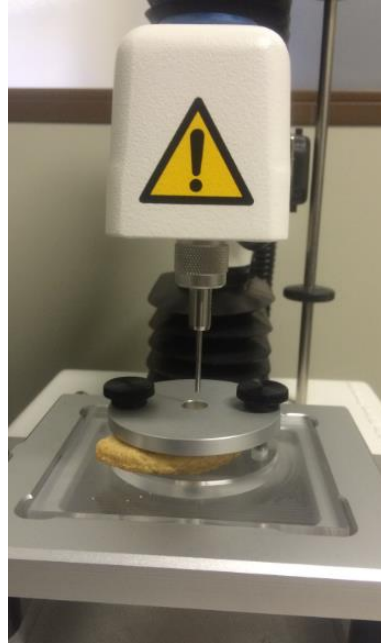
c - concentração do óleo na solução (g/100 mL);

l - percurso ótico da cubeta de quartzo (1 cm).

#### 4.3.6 Textura dos cookies

A análise de perfil de textura (TPA, *Texture Profile Analysis*) dos cookies foi realizada em um texturômetro (TA-XT, Express Enhanced, Stable Micro Systems) de acordo com a metodologia descrita por Kim et al. (2012) com algumas modificações. O teste de TPA padrão se resume em compressão da amostra sob uma superfície maior do que a superfície de contato desta amostra, enquanto que no teste do TPA modificado, a amostra é maior do que a superfície de compressão (KIM et al., 2012).

Para o teste TPA modificado, foram feitas sete repetições para cada tratamento (controle, OC-E e OC-P) dos cookies, sendo feita a medida da espessura dos mesmos com um paquímetro digital (Ford). Os cookies foram submetidos a duas compressões (50% de profundidade a partir da sua espessura) em um intervalo de tempo de 5 segundos com um probe cilíndrico de 2 mm (P/2), com uma velocidade de 10 mm/s, conforme representado na Figura 2. Os parâmetros avaliados foram: dureza (N), elasticidade (espalhabilidade, -), mastigabilidade (-) e gomosidade (-).



**Figura 2**-Texturômetro com probe cilíndrico de 2 mm (P/2).  
Fonte: Acervo próprio.

Para o teste de três pontos de flexão, foi utilizado um probe de bigorna tripla (mini 3 point bend rig) em um texturômetro TA.XT (Stable Micro Systems, UK) localizado na Universidade Estadual de Londrina. As amostras de cookies foram posicionadas sobre duas hastes de apoio, com uma distância entre ambas, “L”, de 3,5 cm (Figura 3).



**Figura 3**-Texturômetro com probe de bigorna tripla.  
Fonte: Acervo próprio.

Em seguida, uma terceira haste localizada no centro dos cookies foi deslocada em direção aos cookies aplicando força até que ocorresse a fratura. Assim, foram obtidos os dados de força de ruptura (F, N) e a deflexão do centro do biscoito no ponto de ruptura (D), utilizados para o cálculo da fratura por estresse ( $\sigma$ , Pa) com a Equação (7), e da tensão na fratura (r, adimensional) com a Equação (8), onde, “b” e “d” são a largura e a espessura do cookie, respectivamente. Foram feitas oito repetições de cada formulação.

$$\sigma = \frac{3FL}{2bd^2} \quad \text{Eq. 78)}$$

$$r = \frac{6Dd}{L^2} \quad \text{Eq. (8)}$$

#### 4.4 ANÁLISE SENSORIAL

A textura, sabor, aparência, aroma e impressão global de todas as formulações de biscoitos foram avaliados por meio de testes de aceitação usando uma escala hedônica de nove pontos, onde 9 = gostei muitíssimo e 1 = desgostei muitíssimo (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999). Cem participantes adultos não treinados participaram do teste. Os voluntários eram estudantes e funcionários da Universidade Federal de Tecnologia do Paraná (UTFPR), que receberam instruções sobre o projeto e o tipo de produto em avaliação.

O teste de aceitação foi realizado em um único dia, quando os avaliadores avaliaram todas as amostras. As amostras foram apresentadas em ordem monádica e aleatória, codificadas com três dígitos aleatórios. Os participantes foram convidados a beber água mineral à temperatura ambiente, antes de testar as amostras. Os resultados foram avaliados por análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética da UTFPR na data de 08/12/2016 com número de protocolo 61457016.3.0000.5547, estando de acordo com a regulamentação brasileira.

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Data de nascimento: \_\_\_\_\_ Sexo: ( ) feminino ( ) masculino

Vínculo com a universidade: ( ) aluno ( ) servidor

### Teste de aceitação

Você está recebendo uma amostra de cookie. Prove-a e diga o quanto você gostou ou desgostou dos atributos sabor, aparência, aroma e impressão global do produto, usando a escala abaixo.

9- Gostei muitíssimo

8- Gostei muito

7- Gostei moderadamente

6- Gostei ligeiramente

5- Indiferente

4- Desgostei ligeiramente

3- Desgostei moderadamente

2- Desgostei muito

1- Desgostei muitíssimo

Amostra nº: \_\_\_\_\_

Atributo	Nota
Sabor	
Textura	
Aparência	
Aroma	
Impressão Global	

Comentários: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Quadro 1.** Modelo de ficha para o teste de aceitação do cookie

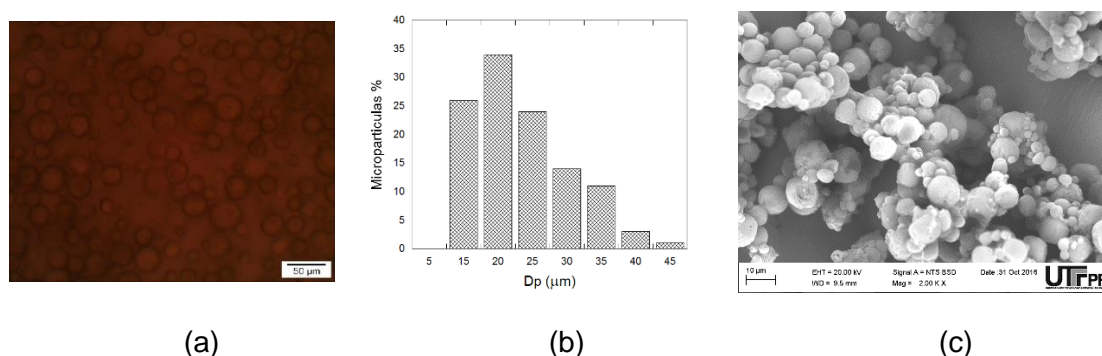
## 4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância ANOVA a um nível de significância de 5% e ao teste de Tukey utilizando o *software* Statistica 7.0 (Statsoft, USA).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS MICROPARTÍCULAS DE ÓLEO DE CHIA

Na Figura 4 é possível observar a morfologia e a distribuição de tamanho de micropartículas. As micropartículas sintetizadas apresentaram forma esférica e distribuição de tamanho larga. O diâmetro médio (em número) obtido com a análise de imagem foi igual a  $20,8 \pm 7,3 \mu\text{m}$ . Scalia et al. (2013) produziram micropartículas lipídicas sólidas com diâmetros entre 1 e 12  $\mu\text{m}$  utilizando como fase lipídica triestearina, fosfatidilcolina como surfactante e uma velocidade de agitação de 21.500 rpm durante a dispersão.

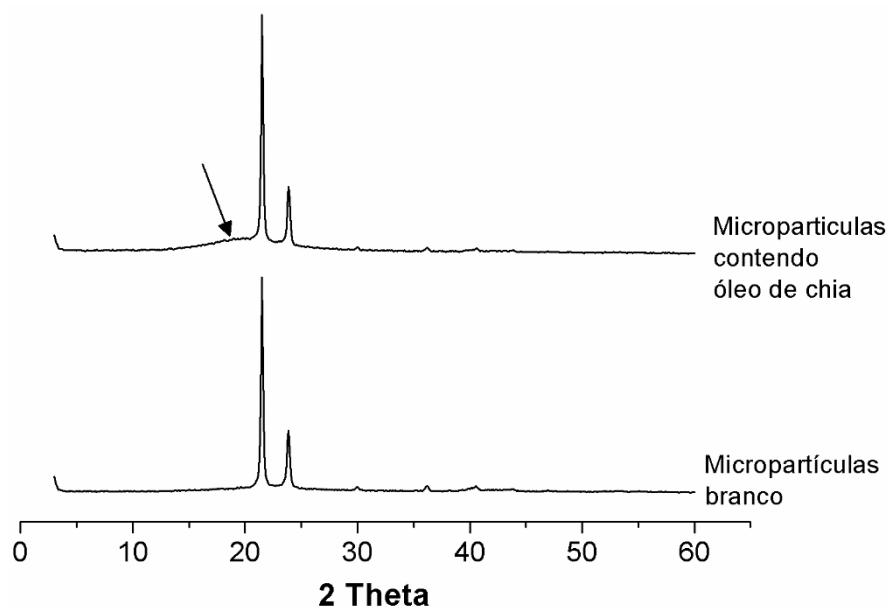


**Figura 4**-Observação Óptica de micropartículas de cera de carnaúba contendo óleo de chia (a) (1.000x ampliação); distribuição de tamanhos de partícula (b); imagem de MEV das micropartículas.

A polidispersividade observada para os resultados do presente trabalho (Figura 4 (b)) ocorreu, provavelmente, à menor taxa de agitação utilizada (16.000 rpm), e ao surfactante caseinato de sódio (LEIMANN et al., 2009; LEIMANN et al., 2013). Bachtisi, Boutris e Kiparissides (1996) realizaram um estudo bastante completo da distribuição de tamanho de micropartículas de poli(álcool vinílico) (PVA). Foram avaliados os fatores: taxa de agitação, viscosidade e fração volumétrica da fase interna (óleo), tipo de PVA e proporção mássica entre PVA e sulfato de sódio (surfactante). Os autores observaram que, com o aumento da



taxa de agitação, a distribuição de tamanho se desloca para diâmetros menores devido à associação da energia cinética turbulenta com o aumento no processo de quebra de gotas.



**Figura 5-** Difratogramas de micropartículas em branco (cera de carnaúba) e micropartículas contendo óleo de chia.

Na Figura 5 são apresentados os difratogramas obtidos para micropartículas em branco (cera de carnaúba) e micropartículas contendo óleo de chia. É possível observar para as micropartículas em branco um padrão de difração típico de uma estrutura cristalina caracterizada por dois picos estreitos e fortes com  $2\theta$  entre  $20^\circ$  e  $25^\circ$  que corresponde ao espaçamento das características da estrutura cristalina ortorrômbica (DONHOWE; FENNEMA, (1993); LOPES et al., (2015)). Freitas et al. (2016) avaliaram diésteres p-metoxicinâmicos de cera de carnaúba por difração de raios X e obtiveram resultados semelhantes. Para a amostra microencapsulado de óleo de chia é possível observar um ombro característico de materiais amorfos. Isto pode ser atribuído a um aumento na desordem cristalina causada pela presença da fase oleosa. A adição de lipídios líquidos em sistemas de micropartículas de lipídios sólidos é conhecida pela cristalização de rinder, evitando assim a reordenação das moléculas de lipídios sólidos (JORES et al., 2004);VILLALOBOS-HERNÁNDEZ; MÜLLER-GOYMANN, 2005). De acordo com Oriani et al. (2016) moléculas insaturadas, como as presentes no óleo de chia, mostram

conformação arqueada devido a duplas ligações em arranjo cis, e esta estrutura pode ser responsável pela criação de uma estrutura desordenada.

## 5.2 INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DO ÓLEO DE CHIA E DAS MICROPARTÍCULAS NAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS DA MASSA (FARINOGRAFIA)

Os resultados referentes à análise de Farinografia estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Resultados da análise farinográfica para as amostras de farinha de trigo utilizadas na formulação das amostras controle, contendo óleo de chia encapsulado (OC-E), não encapsulado (OC-P).

<b>Amostra</b>	<b>Absorção de água (%)</b>	<b>Tempo de desenvolvimento (min)</b>	<b>Estabilidade (min)</b>
<b>Controle</b>	60,0 <sup>a</sup> ± 0,3	1,80 <sup>a</sup> ± 0,17	22,0 <sup>a</sup> ± 0,9
<b>OC-E</b>	62,0 <sup>c</sup> ± 0,0	1,80 <sup>a</sup> ± 0,06	21,3 <sup>a</sup> ± 1,1
<b>OC-P</b>	61,0 <sup>b</sup> ± 0,0	1,90 <sup>a</sup> ± 0,11	23,0 <sup>a</sup> ± 0,3

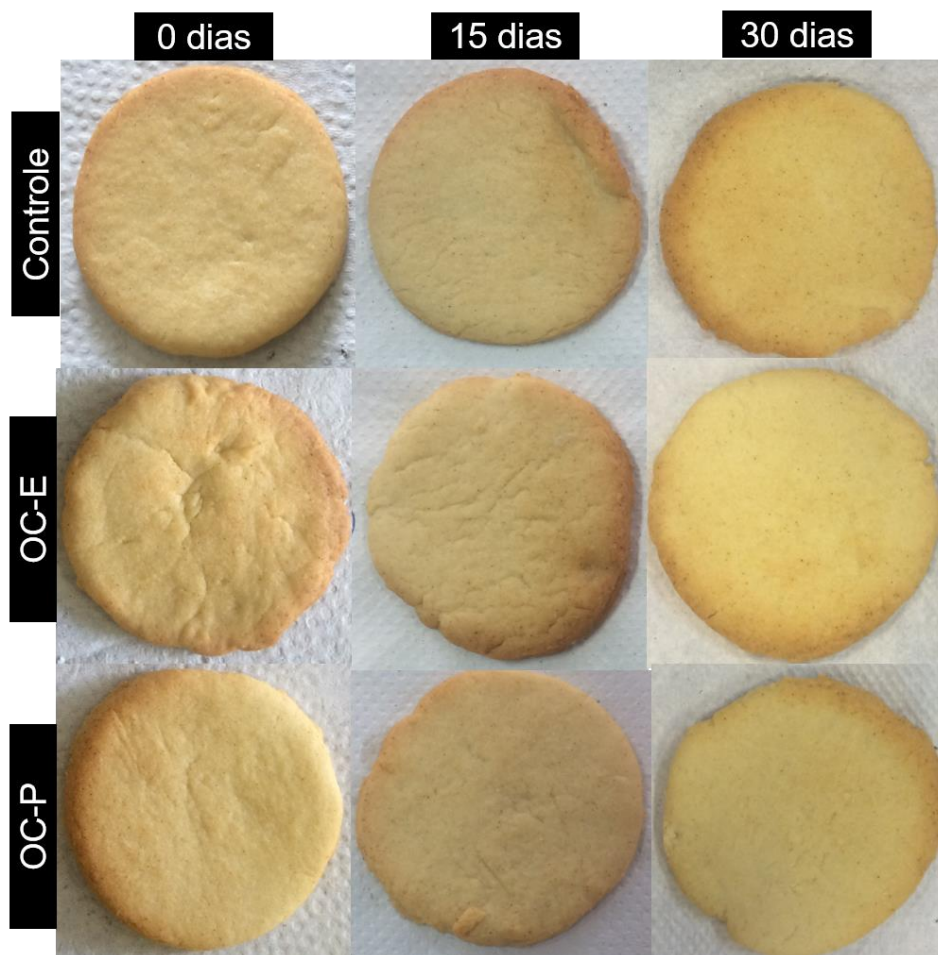
Resultados expressos em média ± desvio padrão; <sup>a,b</sup> letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa;

Pode-se notar que a adição tanto do óleo puro de chia (OC-P) quanto das micropartículas contendo óleo de chia (OC-E) afetou significativamente ( $p < 0,05$ ) somente o parâmetro absorção de água, sem afetar o tempo de desenvolvimento da estabilidade da massa. Manohar e Rao (1997) avaliaram o efeito da adição de gordura hidrogenada em diferentes proporções à massa de biscoitos nas propriedades farinográficas de consistência e elasticidade. Os autores concluíram que o aumento da quantidade de gordura de 150 para 250 g/kg de farinha reduzia significativamente a consistência da massa. A absorção de água (%) refere-se à quantidade de água que deve ser adicionada à farinha para que se obtenha a consistência requerida (DAS GRAÇAS et al., 2008). Sendo assim, considerando que a mesma quantidade de água fosse adicionada pelos três tratamentos, uma menor consistência seria obtida para as amostras

contendo o óleo de chia. A proporção com relação à massa de farinha de trigo do óleo de chia puro (0,33g/100g farinha) e das micropartículas adicionadas (1g/100g farinha) reflete a diferença na absorção de água (%) destas amostras. Estes valores foram utilizados em função da manutenção da quantidade de óleo que nas micropartículas representa 1/3 da massa.

### 5.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS COOKIES.

Na Figuras 5 estão apresentadas imagens dos cookies em função do tempo de armazenamento (0, 15 e 30) dias.



**Figura 5-** Imagem da produção de cookie 0, 15 e 30 dias: (a) formulação controle; (b) formulação com microcápsula de óleo de chia com cera de carnaúba (OC-E); (c) formulação com óleo de chia (OC-P).

Os resultados das análises de umidade e cinzas estão expressos na Tabela 3. Os valores de umidade variaram de 3,92% a 4,64%, e estão de acordo com o máximo determinado pela legislação brasileira, que varia de 14% p/p de umidade em biscoitos, para o teor de cinzas esse valor é de no máximo 3% p/p de resíduo mineral fixo (BRASIL, 1978), assim como os valores de teor de cinzas (1,68 a 1,86%). Nenhum dos tratamentos apresentou diferença significativa ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 3.** Características físico-químicas dos cookies.

Tempo (dias)	Umidade			Cinzas		
	0	15	30	0	15	30
Controle	4,50 <sup>a</sup> ± 0,66	4,59 <sup>a</sup> ± 0,77	4,64 <sup>a</sup> ± 0,22	1,68 <sup>a</sup> ± 0,05	1,76 <sup>a</sup> ± 0,05	1,50 <sup>a</sup> ± 0,06
OC-E	3,92 <sup>a</sup> ± 0,12	4,58 <sup>a</sup> ± 1,02	4,22 <sup>a</sup> ± 0,12	1,70 <sup>a</sup> ± 0,04	1,80 <sup>a</sup> ± 0,18	1,38 <sup>a</sup> ± 0,07
OC-P	4,64 <sup>a</sup> ± 0,2	3,94 <sup>a</sup> ± 0,15	3,94 <sup>a</sup> ± 0,15	1,80 <sup>a</sup> ± 0,04	1,86 <sup>a</sup> ± 0,15	1,36 <sup>a</sup> ± 0,06

Resultados expressos em média ± desvio padrão; <sup>a</sup> letras iguais na mesma coluna indicam semelhança entre as amostras. As amostras foram analisadas a um nível de 95% de confiança ( $p < 0,05$ ), ANOVA.

Cortat et al. (2015) obtiveram resultados semelhantes ao substituir farinha de trigo por farinha de banana verde (4,83%) para umidade e para o teor de cinzas os valores variaram de 1,35 a 1,55%. Fasolin et al. (2007) estudaram a substituição da farinha de trigo por farinha de banana verde na proporção de 10, 20 e 30% na produção de cookies, os resultados dos parâmetros avaliados para umidade e cinzas variaram de 2,60 a 2,79% e 1,51 a 1,93%, respectivamente.

Klein, Bresciani e Oliveira (2015) selecionaram 10 tipos de cookies de marcas comerciais e avaliaram também a umidade e cinzas. Os valores obtidos para umidade variaram de 3,25% a 5,92%, para as cinzas os resultados foram de 1,11% a 5,18%, extrapolando o valor exigido pela legislação para a quantidade exigida no teor de cinzas. Outro estudo desenvolvido com cookies, apresentou umidade de 5,96% e 4,79% quando se fez a substituição parcial de farinha de trigo por farinha desengordurada de gergelim, sendo o teor de cinzas de 1,33% e 1,83% (CLERICI; OLIVEIRA; NABESHIMA, 2013).

Na Tabela 4 são apresentados os resultados das médias e respectivos desvios padrão dos dados experimentais obtidos para cor dos cookies: luminosidade L\* e as coordenadas de cromaticidade a\* e b\*.

**Tabela 4.** Avaliação da cor dos cookies durante o período de armazenamento.

Tratamento	0 dias	15 dias	30 dias
<b>L*</b>			
<b>Controle</b>	71,62 <sup>abA</sup> ± 1,31	72,86 <sup>aA</sup> ± 1,73	69,30 <sup>aA</sup> ± 2,65
<b>OC-E</b>	69,51 <sup>aA</sup> ± 0,76	71,74 <sup>abB</sup> ± 1,16	71,75 <sup>abB</sup> ± 1,07
<b>OC-P</b>	71,86 <sup>bA</sup> ± 1,09	71,86 <sup>aA</sup> ± 1,09	73,26 <sup>bA</sup> ± 0,86
<b>a*</b>			
<b>Controle</b>	6,19 <sup>abA</sup> ± 1,28	4,56 <sup>aA</sup> ± 1,31	6,47 <sup>aA</sup> ± 2,54
<b>OC-E</b>	7,85 <sup>bB</sup> ± 0,47	7,16 <sup>bAB</sup> ± 0,86	5,98 <sup>aA</sup> ± 0,5
<b>OC-P</b>	5,72 <sup>aA</sup> ± 0,86	5,7 <sup>abA</sup> ± 0,48	4,89 <sup>aA</sup> ± 0,34
<b>b*</b>			
<b>Controle</b>	30,95 <sup>aA</sup> ± 1,37	32,56 <sup>aA</sup> ± 0,61	30,43 <sup>aA</sup> ± 1,48
<b>OC-E</b>	28,38 <sup>abB</sup> ± 2,12	32,3 <sup>bB</sup> ± 0,63	30,67 <sup>aA</sup> ± 0,56
<b>OC-P</b>	29,85 <sup>aA</sup> ± 3,17	30,53 <sup>abA</sup> ± 0,48	29,02 <sup>aA</sup> ± 0,62

Resultados expressos em média ± desvio padrão; <sup>a,b</sup> letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa; <sup>A, B</sup> letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (p < 0,05) pelo teste de Tukey.

A avaliação dos dados obtidos para luminosidade (L\*) permite observar que somente houve diferença significativa (p < 0,05) ao longo do tempo de armazenamento para a amostra contendo as micropartículas (OC-E). A luminosidade dos cookies OC-E aumentou significativamente com o tempo de armazenamento de 69,51 para 71,75. No entanto, os tratamentos OC-P e controle não sofreram alterações significativa (p < 0,05) na luminosidade ao longo do tempo de armazenamento. Isto possivelmente se deve ao fato da matriz lipídica apresentar instabilidade ao longo do tempo de armazenamento, levando à expulsão do óleo de chia microencapsulado (JENNING; SCHÄFER-KORTING; GOHLA, 2000). De acordo com Kyadarkunte, Patole e Pokharkar (2015) que avaliaram proporções entre lipídeo sólido:óleo de 7:1 e 7:3, a maior proporção de óleo leva a um amolecimento da mistura, expulsão do óleo encapsulado, além da redução da temperatura de fusão. No caso do presente trabalho a proporção entre lipídeo sólido:óleo é de aproximadamente 7:3, resultando então neste comportamento.

Com relação a luminosidade comparada entre os tratamentos pode-se observar que para o dia inicial de análise as amostras controle e contendo óleo de chia puro (OC-P) apresentaram valores estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ) e diferiram-se da amostra contendo as micropartículas ( $p < 0,05$ ), sendo que esta última apresentou menor valor de luminosidade. Moraes et al. (2010) observaram que biscoitos com teor maior de açúcar e gordura podem apresentar cor mais escura ( $67,17 L^*$ ) quando comparado com concentrações mais baixas desses ingredientes ( $71,6 L^*$ ). Dessa forma possivelmente o efeito se deu pela presença da cera, material encapsulante do óleo. No entanto, após 15 dias de armazenamento, houve um aumento na luminosidade desta amostra, sendo então estatisticamente igual as demais ( $p > 0,05$ ).

Com relação as coordenadas, a cromaticidade  $a^*$  (variação verde a vermelho) o tratamento OC-E apresentou variação significativa ao longo do período de armazenamento ( $p < 0,05$ ), como também, diferença entre os outros tratamentos (controle e OC-P). Essa diferença pode estar relacionada com a quantidade de lipídeo presente. Moraes et al. (2010) mostraram que formulações com maior concentração de lipídeos apresentam maior valor da coordenada  $a^*$ . Logo, conclui-se que a presença da cera de carnaúba na formulação do óleo de chia encapsulado aumentou os valores de  $a^*$ .

Para resposta da coordenada  $b^*$  (variação de azul a amarelo), obteve-se respostas iguais para os tratamentos de OC-P, controle e OC-E. Mancebo, Picón e Gómez (2015) produziram biscoitos com farinha de grão milho fino e grosso, e os valores foram próximos aos que foram obtidos no estudo ( $35,42$  e  $35,72 b^*$ ), para farinha de trigo o valor foi um pouco mais baixo que a média  $24,55 b^*$ .

## 5.4 TEXTURA DO COOKIES

Os parâmetros avaliados na análise de perfil de textura (TPA), dureza, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade, estão apresentados na Tabela 5 em função do tempo de armazenamento dos cookies. Os resultados indicaram que o único parâmetro que apresentou diferença significativa entre os tratamentos e

entre os dias de armazenamento ( $p < 0,05$ ) foi a dureza. É possível perceber que a amostra com menor valor de dureza foi a produzida contendo as micropartículas (OC-E) e que esta diferenciou-se significativamente do controle ( $p < 0,05$ ) mas se assemelhou a amostra com óleo de chia puro (OC-P).

**Tabela 5.** Resultados do TPA modificado para cookies controle, com óleo de chia microencapsulado (OC-E) e óleo de chia (CO-P).

<b>Dureza (N)</b>			
<b>Tempo (dias)</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>30</b>
Controle	26,54 <sup>ba</sup> ± 4,36	25,03 <sup>abA</sup> ± 3,65	22,67 <sup>aA</sup> ± 4,33
OC-E	19,67 <sup>aA</sup> ± 3,95	20,53 <sup>aA</sup> ± 4,44	21,38 <sup>aA</sup> ± 3,46
OC-P	23,50 <sup>abA</sup> ± 3,66	26,54 <sup>ba</sup> ± 4,36	21,92 <sup>aA</sup> ± 2,97
<b>Gomosidade (-)</b>			
<b>Tempo (dias)</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>30</b>
Controle	27,29 <sup>aA</sup> ± 16,80	50,48 <sup>aA</sup> ± 27,01	20,91 <sup>aA</sup> ± 11,56
OC-E	14,37 <sup>aA</sup> ± 13,18	29,86 <sup>aA</sup> ± 12,90	15,18 <sup>aA</sup> ± 7,57
OC-P	15,82 <sup>aA</sup> ± 9,81	27,29 <sup>aA</sup> ± 16,80	12,78 <sup>aA</sup> ± 3,30
<b>Elasticidade (-)</b>			
<b>Tempo (dias)</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>30</b>
Controle	0,91 <sup>aA</sup> ± 0,02	0,69 <sup>aA</sup> ± 0,29	0,86 <sup>aA</sup> ± 0,13
OC-E	0,85 <sup>aA</sup> ± 0,11	0,74 <sup>aA</sup> ± 0,31	0,91 <sup>aA</sup> ± 0,09
OC-P	0,86 <sup>aA</sup> ± 0,14	0,91 <sup>aA</sup> ± 0,02	0,89 <sup>aA</sup> ± 0,12
<b>Mastigabilidade (-)</b>			
<b>Tempo (dias)</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>30</b>
Controle	25,10 <sup>aA</sup> ± 15,76	39,55 <sup>aA</sup> ± 29,82	18,54 <sup>aA</sup> ± 11,61
OC-E	12,44 <sup>aA</sup> ± 12,17	20,61 <sup>aA</sup> ± 12,96	14,15 <sup>aA</sup> ± 7,67
OC-P	14,79 <sup>aA</sup> ± 9,95	25,10 <sup>aA</sup> ± 15,76	11,55 <sup>aA</sup> ± 3,65

Resultados expressos média ± desvio padrão de sete repetições de cada tratamento. Letras diferentes na mesma coluna (<sup>a,b</sup>) indicam diferença significativa entre as amostras analisadas a um nível de 95% de confiança ( $p > 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Letras iguais na mesma linha indicam qualquer diferença significativa entre as amostras analisadas a um nível de 95% de confiança ( $p < 0,05$ ).

Quando a gordura se encontra presente na formulação em quantidade suficiente, reveste a superfície das partículas de farinha inibindo o desenvolvimento das proteínas de glúten. Sendo assim, a gordura livre desestabiliza a rede de glúten resultando em massas mais suaves. Por outro lado, quando a quantidade de gordura não é suficiente para tal inibição, a absorção de água pela farinha ocorre, resultando portanto em uma massa mais dura (BRUNA et al., 2001; O'BRIEN et al., 2003; SUDHA et al., 2007). Dessa forma como o teor de gordura nas amostras OC-P e OC-E são maiores que a amostra controle, pela adição do óleo de chia ou das micropartículas,

possivelmente houve um efeito de inibição da rede de glúten, reduzindo a dureza dos cookies produzidos.

Os resultados dos parâmetros do TPA (Texture Profile Analysis) apresentados na Tabela 5 estão de acordo com resultados encontrados por outros autores. De Simas et al. (2009) produziram cookies com a substituição da mistura de farinha de arroz (70%) e de amido de milho (30%) por farinha de *Archontophoenix alexandrae* a níveis de 0-30% e obtiveram valores de elasticidade em torno de 0,70. RAJIV; SOUMYA, (2015) Produziram cookies com substituição da farinha de trigo por farinha multi-grãos e obtiveram valores de gomosidade em torno de 25.

No caso das análises do Teste de Três Pontos, os resultados de fratura por estresse (Pa) e Tensão na fratura (mm) são apresentados na Tabela 6. Os resultados de Tensão na fratura não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos e ao longo do tempo de armazenamento ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 6.** Resultados de fratura por estresse ( $\sigma$ ) e Tensão na fratura (-) das formulações dos biscoitos contendo óleo de chia encapsulado (OC-E), não encapsulado (OC-P) e formulação controle.

$\sigma$ (Pa)			
Tempo (dias)	0	15	30
Controle	0,06 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,01	0,06 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,01	0,08 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,05
OC-E	0,06 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,01	0,12 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,09	0,06 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,02
OC-P	0,08 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,03	0,23 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,48	0,07 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,01
r (-)			
Tempo (dias)	0	15	30
Controle	0,013 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,000	0,010 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,002	0,020 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,010
OC-E	0,010 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,000	0,030 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,020	0,010 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,000
OC-P	0,020 <sup>bA</sup> $\pm$ 0,010	0,050 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,110	0,015 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,000

Resultados expressos média  $\pm$  desvio padrão para cada tratamento. Letras diferentes na mesma coluna (a e b) indicam diferença significativa entre as amostras analisadas a um nível de 95% de confiança ( $p < 0,05$ ).

Não foi possível observar diferença significativa entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ) na propriedade mecânica/física de fratura por estresse. A análise do teste de três pontos está relacionada com mecanismos microestruturais e de interação molecular dos componentes do alimento (CHEN; OPARA, 2013). A fratura é um parâmetro que é perceptível ao morder ou mastigar, estando relacionado diretamente com a quantidade de estresse necessário para iniciar e propagar uma rachadura em no material (fratura por estresse), ou seja, está associado



com a liberação energética (KIM et al., 2012). Acima de um nível crítico, a energia é liberada por propagação da rachadura resultando em uma diminuição da força medida e em alguns casos a liberação de energia sonora que contribui para a percepção sensorial do produto (WHITWORTH; GATES, 2013).

Rangrej et al. (2015) observaram que a substituição de 5% em peso da gordura por óleo de linhaça, rico em ácidos graxos incluindo omega-3, na formulação de cookies, levou a um aumento na força de ruptura dos cookies. Os autores comentaram que a substituição de gordura apresenta uma capacidade de formação de creme, e de um óleo líquido afeta negativamente o processo de arejamento durante a preparação da massa. O mesmo efeito foi verificado por Mert & Demirkesen, (2016) quando avaliaram o efeito da substituição da gordura da formulação de biscoitos (1,5% em peso em relação à farinha de trigo) por um oleogel, composto por uma mistura de cera de carnaúba e óleo de girassol. Os autores observaram que a força de ruptura dos biscoitos contendo o oleogel apresentaram valores mais elevados do que a amostra de controle. Dessa forma, pode-se concluir que apesar do resultado de dureza obtido no TPA ter apresentado diferença significativa, a diferença na composição pela adição do óleo de chia e das micropartículas sólidas lipídicas não foi suficiente para afetar a fratura por estresse do cookie.

## 5.5 OXIDAÇÃO LÍPIDICA

O resultado do acompanhamento da oxidação lipídica nos cookies está apresentado na Tabela 7 pelos coeficientes de extinção específicos ( $K_{232}$ ,  $K_{270}$  e  $\Delta k$ ). A oxidação dos ácidos graxos poliinsaturados ocorre com formação de hidroperóxidos e deslocamento das duplas ligações, com consequente formação de dienos conjugados, que absorvem a 232 nm e os trienos que são produtos secundários que absorvem a 270 nm, sendo representados por acetonas ou as cetonas insaturadas (FERRARI; DE SOUZA, 2009).

Foi possível observar diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos para os três parâmetros avaliados somente após 30 dias de armazenamento. Os resultados indicaram que a amostra que sofreu menor grau

de oxidação foi a controle, seguida da amostra contendo óleo de chia puro e a mais oxidada foi a contendo as micropartículas. Essa diferença pode estar relacionada com a presença da cera de carnaúba presente nas microcápsulas, ocorrendo um processo de oxidação maior do que nos outros tratamentos.

**Tabela 7.** Valores médios para parâmetros K<sub>232</sub>, K<sub>270</sub> e ΔK.

<b>K<sub>232</sub></b>			
<b>Tempo (dias)</b>	<b>Controle</b>	<b>OC-E</b>	<b>OC-P</b>
0	3,77 <sup>aA</sup> ± 0,91	4,08 <sup>aA</sup> ± 0,86	3,72 <sup>aA</sup> ± 0,88
15	37,8 <sup>aB</sup> ± 5,50	38,9 <sup>aB</sup> ± 1,60	42,0 <sup>aB</sup> ± 1,70
30	33,5 <sup>aB</sup> ± 3,80	43,6 <sup>bB</sup> ± 2,80	38,2 <sup>abB</sup> ± 0,70
<b>K<sub>270</sub></b>			
<b>Tempo (dias)</b>	<b>Controle</b>	<b>OC-E</b>	<b>OC-P</b>
0	1,1 <sup>aA</sup> ± 3,70	1,4 <sup>aA</sup> ± 0,32	1,17 <sup>aA</sup> ± 2,20
15	13,6 <sup>aB</sup> ± 2,60	14,3 <sup>aB</sup> ± 0,80	15,0 <sup>aB</sup> ± 2,00
30	11,6 <sup>aB</sup> ± 2,00	16,5 <sup>bB</sup> ± 1,10	13,7 <sup>abB</sup> ± 0,60
<b>ΔK</b>			
<b>Tempo (dias)</b>	<b>Controle</b>	<b>OC-E</b>	<b>OC-P</b>
0	0,39 <sup>aA</sup> ± 0,21	0,56 <sup>aA</sup> ± 0,25	0,37 <sup>aA</sup> ± 1,50
15	54,0 <sup>aB</sup> ± 2,00	58,0 <sup>aB</sup> ± 0,06	64,2 <sup>aB</sup> ± 1,70
30	39,0 <sup>aB</sup> ± 1,40	76,0 <sup>bB</sup> ± 1,00	53,0 <sup>abB</sup> ± 0,50

Resultados expressos média ± desvio padrão realizado em triplicata para cada tratamento. Letras diferentes na mesma linha (<sup>a,b</sup>) indicam diferença significativa entre tratamento diferentes para um mesmo período. Letras diferentes (<sup>A,B</sup>) na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras para períodos diferentes analisados a um nível de 95% de confiança (p>0,05) pelo teste de Tukey.

Marmesat et al. (2009) avaliaram a oxidação de óleo de girassol com elevado teor de ácido linoleico (ômega 6) e obtiveram valores de K<sub>232</sub> semelhantes no dia inicial de análise aos encontrados para as amostras OC-P e OC-E. Após 106 h (4,4 dias) de exposição do óleo a uma temperatura de 40°C os autores determinaram K<sub>232</sub> igual a 40,19. Caponio e Gomes (2004) avaliaram as características de margarina (gordura hidrogenada) e obtiveram valores de K<sub>232</sub> e K<sub>270</sub> de 3,445 e 1,382 respectivamente para o dia inicial de análise. Esses valores podem ser comparados com a amostra controle, sendo a margarina a única fonte de gordura presente no cookie (K<sub>232</sub> e K<sub>270</sub> 3,78 e 1,36, respectivamente).

A amostra OC-E apresentou valores significativamente maiores (p < 0,05) de K<sub>232</sub>, K<sub>270</sub> e delta K que as amostras controle e OC-P desde o primeiro dia de análise. Porém quando observado o valor inicial de cada uma das amostras e seu respectivo aumento após os 30 dias de armazenamento todos os

tratamentos apresentaram incrementos em torno de 10 vezes. Isso mostra que possivelmente o valor maior para a amostra OC-E deve-se a presença da cera de carnaúba, que possui composição complexa que consiste de uma mistura de ésteres de ácidos de alto peso molecular e de hidroxiácidos (VILLALOBOS-HERNÁNDEZ; MÜLLER-GOYMAN, 2005), mas que teve aumento na oxidação proporcional aos outros tratamentos.

## 5.6 ISOTERMA DE SORÇÃO DE ÁGUA NO COOKIE

As isotermas de sorção de água dos cookies em temperaturas de 25 e 35°C foram determinadas e os resultados de ajuste aos modelos de isoterma (BET, GAB e Peleg) estão apresentados na Tabela 8.

O perfil da isoterma de sorção de um produto é característica da higroscopicidade deste, sendo a temperatura quem influencia no comportamento da sorção. Por meio da análise dos dados da Tabela 8 percebe-se que para todas as amostras, tanto a 25 quanto a 35°C, todos os modelos apresentaram ajuste adequado para os dados experimentais. Os modelos que apresentaram maior ajuste e menor erro foram utilizados na Figura 6, sendo para as amostras controle (25°C e 35°C) o modelo GAB, para as amostras OC-E (25°C e 35°C) o modelo BET e para as amostras OC-P a 25°C o modelo de Peleg e para 35°C o modelo BET.

As isotermas das amostras de cookies controle (25°C e 35°C), e OC-E a 25°C podem ser classificadas como do Tipo III, de acordo com a classificação de Brunauer–Emmett–Teller. Já no caso das amostras OC-E a 35°C e das amostras OC-P (25°C e 35°C) o tipo de isoterma é classificado como 4. Levando em consideração que Salwin (1963) afirmou que o modelo de Brunauer-Emmett-Teller não é apropriado para prever o conteúdo de umidade na monocamada para isotermas do tipo III, serão discutidos tais parâmetros relativos ao modelo GAB.

Analisando o parâmetro do modelo GAB relativo ao conteúdo de umidade adsorvida na monocamada ( $m_0$ ) para as amostras controle (melhor

ajuste), pode-se observar um aumento deste em função da temperatura. Guiné et al. (2014) avaliaram as isotermas de sorção de biscoitos tipo maria de diferentes marcas e observaram que o aumento na temperatura também causou uma elevação nos valores de  $m_0$ . De acordo com McLaughlin e Magee (1998) o número de ligações de hidrogênio entre as macromoléculas presentes na formulação do alimentos é reduzido com o aumento da temperatura, diminuindo desse modo a disponibilidade dos sítios ativos para a ligação com a água e, portanto, o teor de umidade na monocamada. O teor de umidade na monocamada pode ser relacionado com o valor de teor de umidade que deve ser mantido para se obter períodos de tempo mais longos de armazenamento com perda mínima de qualidade a uma dada temperatura. Abaixo dela, as taxas de reações de deterioração, exceto oxidação de gorduras insaturadas, são mínimas (GOULA et al., 2008). Os valores obtidos para as amostras controle estão de acordo com os obtidos por Palou López-Malo e Argaiiz (1997) para cookies comerciais vendidos no México (de 3,00 a 4,58).

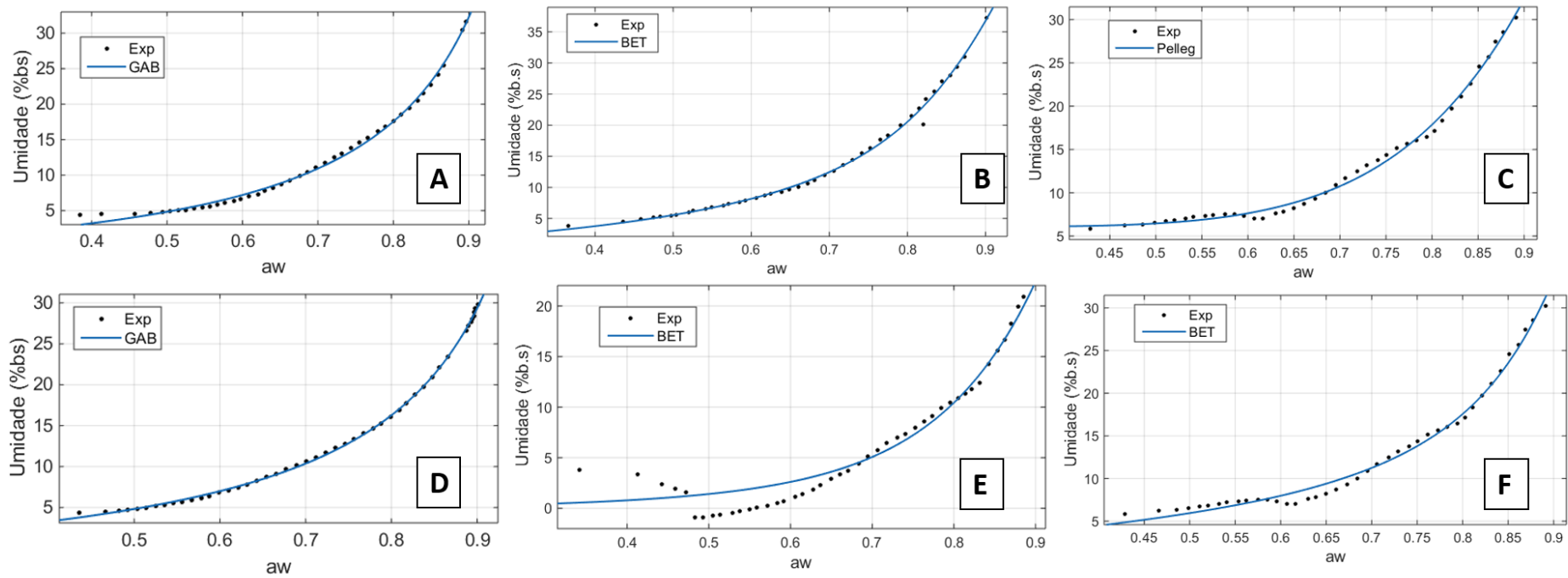
Em relação ao parâmetro “k” do modelo GAB, que determina o perfil da isoterma para atividades de água mais elevadas, percebe-se (Tabela 8) que a amostras controle avaliadas em 25°C e 35°C possuem valores que se aproximam do valor 1. De acordo com Timmermann, Chirife e Iglesias (2001) o valor de “k” determina a ascensão da curva após o platô observado em valores médios de atividade de água. Dessa forma, maiores valores do parâmetro “k” indicam uma ascensão mais acentuada, que pode ser observado na amostra controle em função do aumento de temperatura de 25 para 35°C (Figura 6 (a) e (d)).

Pode-se observar na Figura 6 que para um determinado valor fixo de atividade de água (por exemplo,  $a_w = 0,9$ ) o aumento da temperatura levou a uma redução no teor de umidade de equilíbrio, sendo de 31,63 para 29,78  $g_{\text{água}}/g_{\text{sólido seco}}$  para a amostra controle, de 37,27 para 20,93  $g_{\text{água}}/g_{\text{sólido seco}}$  para a amostra OC-E. Já no caso da amostra OO-P este valor manteve-se constante igual a 30,25  $g_{\text{água}}/g_{\text{sólido seco}}$ . O comportamento das amostras pode ser atribuído a uma redução no número de sítios ativos disponíveis para a ligação com água, resultando as alterações físico-químicas na matriz do alimento que são induzidos por um aumento na temperatura (DEMCZUK; RIBANI, 2012).

**Tabela 8.** Parâmetros de ajuste para os modelos de isoterma de sorção de água: GAB, BET e Peleg.

Temperatura		25 °C			35 °C		
Modelo	Controle	OC-E	OC-P	Controle	OC-E	OC-P	
<b>GAB</b>	C	1,271	-1,024.10 <sup>5</sup>	3,366	0,9584	0,01224	0,9635
	K	0,9377	1012	0,9894	0,9399	0,9252	27,7
	m <sub>o</sub>	3,822	3,609	3,921	5,781	74,85	-3,192
	R <sup>2</sup>	0,9965	0,9680	0,9895	0,9994	0,9467	0,9853
	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	0,9963	0,9664	0,9890	0,9994	0,9441	0,9846
	SQE	8,22	97,7	21,05	1,862	86,38	29,46
	RMSE	0,4591	1,583	0,7443	0,2057	1,451	0,8805
<b>BET</b>	C	1,43	1,209	3,813	1,43	6,926.10 <sup>-4</sup>	3,812
	m <sub>o</sub>	4,205	5,069	3,752	4,205	1021	3,752
	n	25,81	24,38	35,91	25,81	11,33	39,91
	R <sup>2</sup>	0,9958	0,9961	0,9908	0,9958	0,9505	0,9908
	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	0,9956	0,9959	0,9903	0,9956	0,9481	0,9903
	SQE	9,662	11,88	18,54	9,662	80,22	18,54
	RMSE	0,4977	0,5519	0,6985	0,4977	1,399	0,685
<b>Peleg</b>	k <sub>1</sub>	7,423	-7,855.10 <sup>-7</sup>	5,723	42,18	759,4	-1,02.10 <sup>-4</sup>
	n <sub>1</sub>	0,7524	-11,17	-0,05312	11,4	-728,8	40,16
	k <sub>2</sub>	47,2	22,4	54,04	20,82	3,061	156,3
	n <sub>2</sub>	6,287	1701	6,716	2,146	3,009	3,341
	R <sup>2</sup>	0,9961	0,6000	0,9944	0,9992	0,9392	0,9343
	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	0,9958	0,5684	0,9940	0,9991	0,9340	122
	RMSE	0,4887	5,669	0,5503	0,2491	1,57	1,816

\*C, K, m<sub>o</sub>, n, n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>, k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, A e b são parâmetros dos modelos de sorção de água; R<sup>2</sup> coeficiente de determinação, R<sup>2</sup><sub>adj</sub> coeficiente de determinação ajustado, SQE soma do quadrado dos erros e RMSE raiz quadrada do erro quadrático médio dos modelos de GAB, BET, Peleg e Oswin.



**Figura 6-** Isotermas de sorção dos cookies a 25°C: Controle (a); OC-E (b); OC-P (c) e a 35°C Controle (d); OC-E (e); OC-P (f).

## 5.7 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

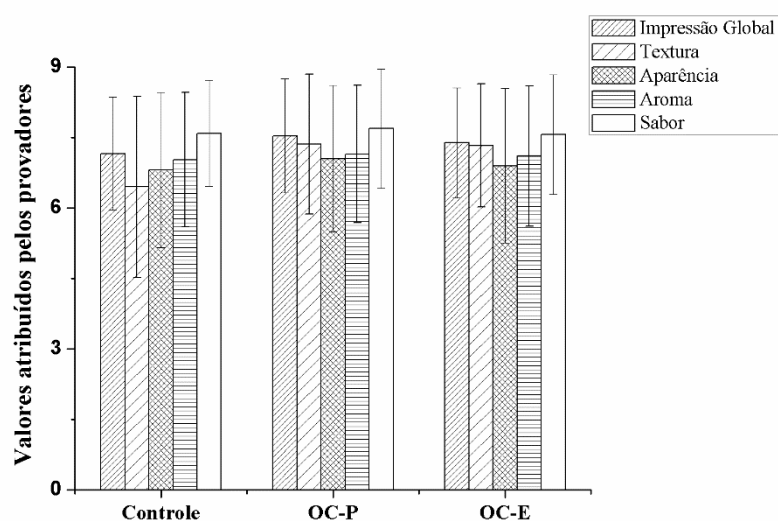
Os resultados das análises microbiológicas dos cookies estão apresentados na Tabela 9. Os resultados obtidos para as amostras analisadas apresentaram valores abaixo do limite estabelecido pela RDC N°12 (BRASIL, 1978). Logo, isto comprova condições higiênicas e sanitárias satisfatórias, confirmando que os cookies estão aptos para consumo humano.

**Tabela 9.** Análises microbiológicas dos cookies durante o período de armazenamento a 25°C.

Análise	Controle	0 dia	
		OC-E	OC-P
Coliformes à 45°C	< 3 NMP/g	< 3 NMP/g	< 3 NMP/g
Estafilococos Coagulase positiva	< 2 log log UFC/g	< 2 log log UFC/g	< 2 log log UFC/g
Bolores e Leveduras	2,86 log UFU/g	3,88 log UFC/g	< 2 log log UFC/g
<i>Salmonella</i> spp.	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g
Análise	Controle	15 dias	
		OC-E	OC-P
Coliformes à 45°C	< 3 NMP/g	< 3 NMP/g	< 3 NMP/g
Estafilococos Coagulase positiva	< 2 log log UFC/g	< 2 log log UFC/g	< 2 log log UFC/g
Bolores e Leveduras	2,3 log UFC/g	2 log UFC/g	< 2 log log UFC/g
<i>Salmonella</i> spp.	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g
Análise	Controle	30 dias	
		OC-E	OC-P
Coliformes à 45°C	< 3 NMP/g	< 3 NMP/g	< 3 NMP/g
Estafilococos Coagulase positiva	< 2 log log UFC/g	< 2 log log UFC/g	< 2 log log UFC/g
Bolores e Leveduras	2,48 log UFC/g	2,3 log UFC/g	< 2 log log UFC/g
<i>Salmonella</i> spp.	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g

## 5.8 AVALIAÇÃO SENSORIAL

Os testes de consumo sensorial são essenciais para avaliar a aceitabilidade dos alimentos (LAGUNA et al., 2013). Os resultados de aceitação dos consumidores em relação à sabor, textura, aparência, aroma e impressão global das amostras de controle, CO-P e CO-E são apresentadas na Figura 7.



**Figura 7** - Resultados de aceitação dos consumidores em relação à aparência, odor, textura, sabor e aceitação global das amostras de controle, CO-P e CO-E.

Foi possível concluir que, para todos os atributos avaliados, as amostras de CO-P e CO-E não diferiram estatisticamente ( $p > 0,05$ ) da amostra controle, o que é um resultado positivo. Esses dados demonstram que as características sensoriais dos biscoitos produzidos foram satisfatórias (STALIANO; MARTINEZ; SAAD, 2015), uma vez que os valores hedônicos atribuídos aos produtos variaram de 6,45 a 7,69. Estes valores estão compreendidos entre os termos hedônicos 6 e 8 que correspondem a um gostei ligeiramente e gostei muito, respectivamente.

De acordo com Kim et al. (2012) a percepção sensorial de dureza de alimentos sólidos quebradiços é mais provável de estar relacionado com a resposta à fratura de um alimento em grande deformação, em vez da resposta



em pequena deformação. Uma vez que os cookies produzidos apresentaram uma pequena deformação (associada a uma pequena tensão de fratura) as diferenças de dureza entre as amostras detectadas pelo teste TPA não foram relatadas pelos participantes. Também, as diferenças de cor detectadas para a amostra de CO-E (Tabela 4) tiveram a mesma nota entre os tratamentos, uma vez que a diferença não foi detectável pelos colaboradores. De acordo com Mendoza, Dejmek, & Aguilera (2006) a diferença  $L^*$  mínima distinguível pelo olho humano é de cerca de uma unidade. As diferenças encontradas nas análises de textura e de cor não influenciaram na aceitação dos cookies desenvolvidos.

## 7 CONCLUSÕES

As micropartículas de cera de carnaúba contendo de óleo de chia foram produzidas com sucesso, obtendo partículas esféricas, porém de tamanhos variados (polidispersas) e com cristalinidade reduzida em comparação à cera de carnaúba pura (micropartículas branco). Essa variação pode ter ocorrido pela taxa de agitação e surfactante utilizado. Os cookies desenvolvidos com a adição das micropartículas contendo o óleo de chia e também do óleo de chia puro (sem substituição da gordura vegetal), apresentaram-se iguais à amostra controle após o forneamento dos cookies. As análises de umidade e cinzas apresentaram resultados semelhantes entre as amostras.

Com relação aos resultados da análise de Farinografia pôde-se perceber um aumento na absorção de água nas amostras com OC-E e OC-P, porém a consistência da massa dos três tratamentos não foi afetada. A avaliação feita para cor mostrou diferença para as amostras OC-P e controle frente as amostras OC-E, onde os parâmetros de luminosidade ( $L^*$ ) e as coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  foram maiores para OC-E, possivelmente em função da presença da cera de carnaúba.

Para as análises de textura, os parâmetros avaliados pelo método de perfil de textura foram significativamente iguais, com exceção da dureza que teve um menor valor para OC-E. Essa diferença pode estar ligada a efeito de inibição da rede de glúten, ou seja, a gordura livre desestabiliza a rede de glúten resultando em massas mais suaves, logo, menos crocantes. Para a análise de Três Pontos, os resultados de fratura por estresse e Tensão na fratura mostraram condições estatisticamente iguais entre as amostras controle, OC-E e OC-P.

As isotermas de sorção de água dos cookies em temperaturas de 25 e 35°C foram estabelecidas de acordo com os melhores modelos ajustados para cada tratamento. A amostra controle foi a que melhor se ajustou em todos os modelos e temperaturas (25 e 35°C), para as amostras OC-E foi a que obteve menor ajuste para todos os modelos aplicados. Por fim, os resultados contendo o OC-P apontou o modelo de BET como melhor resultado de ajuste a temperatura de 25°C. Já a 35°C foi possível obter ajuste adequado para todos os modelos.

Os resultados de oxidação lipídica mostraram que a amostra OC-E foi a que sofreu maior oxidação, seguido de OC-P e controle. Possivelmente a cera de carnaúba das micropartículas apresentou algum grau oxidativo devido à sua composição complexa.

Avaliando a qualidade microbiológica os cookies, todos mantiveram os padrões de qualidade para consumo durante os 30 dias de armazenamento. Portanto, a incorporação da micropartículas de óleo chia e óleo de chia na produção de cookies apresentou resultados quando comparados com a amostra controle para vida de prateleira.

Por fim, pela avaliação sensorial foi possível concluir que, para todos os atributos avaliados, as amostras de CO-P e CO-E não diferiram da amostra controle, o que é um resultado positivo. Esses dados demonstram que as características sensoriais dos biscoitos produzidos foram satisfatórias.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, R. et al. Effect of Proteases & Carbohydrases on Dough Rheology and End Quality of Cookie. **American Journal of Food Science and Nutrition Research.**, v. 2, n. 2, p. 62–66, 2015.

AMATO, M. et al. Nutritional quality of seeds and leaf metabolites of Chia (*Salvia hispanica* L.) from Southern Italy. **European Food Research and Technology**, v. 241, n. 5, p. 615–625, 2015.

AOAC. **ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. Washington, 1997. 958 p.**, v. 17th ed. G, p. 932p, 2000.

AQUINO, J. D. S. et al. Processamento de biscoitos adicionados de óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.): Uma alternativa para o consumo de alimentos fontes de vitamina A na merenda escolar. **Revista de Nutricao**, v. 25, n. 6, p. 765–774, 2012.

AYERZA, R.; COATES, W. Ground chia seed and chia oil effects on plasma lipids and fatty acids in the rat. **Nutrition Research**, v. 25, n. 11, p. 995–1003, 2005.

BACHTSI, A. R.; BOUTRIS, C. J.; KIPARISSIDES, C. Production of oil-containing crosslinked poly (vinyl alcohol) microcapsules by phase separation: Effect of process parameters on the capsule size distribution. **Journal of applied polymer science**, v. 60, n. 1, p. 9–20, 1996.

BHARGAVA, K. et al. Application of an oregano oil nanoemulsion to the control of foodborne bacteria on fresh lettuce. **Food Microbiology**, v. 47, p. 69–73, 2015.

BLIGH, E. G. ; DYER, W. J. *Can. J. Biochem. Physiol.* v. 37, p. 911, 1959.

BORNEO, R.; AGUIRRE, A.; LEÓN, A. E. Chia (*Salvia hispanica* L) Gel Can Be Used as Egg or Oil Replacer in Cake Formulations. **YJADA**, v. 110, n. 6, p. 946–949, 2010.

BRASIL. Resolução - CNNPA nº12, de 1978, disponível em <[http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12\\_78\\_biscoitos](http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12_78_biscoitos)>. 1978.

BRASIL. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 - Aprova o “REGULAMENTO TÉCNICO PARA PRODUTOS DE CEREAIS, AMIDOS, FARINHAS E FARELOS”. p. 6, 2005.

BRUNA, J. M. et al. Microbial and physico-chemical changes during the ripening of dry fermented sausages superficially inoculated with or having added an intracellular cell-free extract of *Penicillium aurantiogriseum*. **Meat Science**, v. 59, n. 1, p. 87–96, 2001.

BUNJES, H.; WESTESEN, K.; KOCH, M. H. J. Crystallization tendency and polymorphic transitions in triglyceride nanoparticles. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 129, p. 159–173, 1996.

CAPONIO, F.; GOMES, T. Examination of Lipid. **Food Chemistry and Toxicology**, v. 69, n. 1, p. 63–66, 2004.

CHEN, L.; OPARA, U. L. Texture measurement approaches in fresh and processed foods - A review. **Food Research International**, v. 51, n. 2, p. 823–835, 2013.

CHICCO, A. G. et al. Dietary chia seed (*Salvia hispanica* L.) rich in alpha-linolenic acid improves adiposity and normalises hypertriglycerolaemia and insulin resistance in dyslipaemic rats. **The British journal of nutrition**, v. 101, n. 1, p. 41–50, 2009.

CLERICI, M. T. P. S.; OLIVEIRA, M. E. DE; NABESHIMA, E. H. Qualidade física, química e sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha desengordurada de gergelim. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 2, p. 139–146, 2013.

COELHO, M. S.; SALAS-MELLADO, M. D. M. LWT - Food Science and Technology Effects of substituting chia ( *Salvia hispanica* L .) fl our or seeds for wheat fl our on the quality of the bread. **LWT - Food Science and Technology**, v. 60, n. 2, p. 729–736, 2015.

COELHO, M. S.; SALAS-MELLADO, MERCEDES LAS, M. DE. Revisão : Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de chia ( *Salvia hispanica* L ) em alimentos Review: Chemical composition, functional properties and technological applications. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 4, p. 259–268, 2014.

COFRADES, S. et al. LWT - Food Science and Technology Oxidative stability of meat systems made with W 1 / O / W 2 emulsions prepared with hydroxytyrosol and chia oil as lipid phase. v. 59, p. 941–947, 2014.

CORTAT, C. M. G. et al. Desenvolvimento de biscoito tipo cookie isento de glúten à base de farinha de banana verde e óleo de coco. **Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto**, v. 14, n. 3, p. 20–26, 2015.

COSTA, J. M. G. D. Eficiência De Diferentes Encapsulantes E Condições Operacionais De Secagem Por Atomização Na Produção E Aplicação De Micropartículas De Bioaroma De Queijo Suíço. p. 151, 2013.

DA SILVA, P. B. et al. Chemical composition of Brazilian chia seeds grown in different places. 2016.

DAS GRAÇAS, M. et al. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 2812, n. 45, p. 220–225, 2008.

DAVIDOV-PARDO, G. et al. Sensory and Consumer Perception of the Addition of Grape Seed Extracts in Cookies. **Journal of Food Science**, v. 77, n. 12, 2012.

DE SIMAS, K. N. et al. Effect of king palm (*Archontophoenix alexandrae*) flour incorporation on physicochemical and textural characteristics of gluten-free cookies. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 3, p. 531–538, 2009.

DEMCZUK, B.; RIBANI, R. H. Effects of environmental conditions on characteristics of annatto seed by-product. **Quality Assurance and Safety of Crops & Foods**, v. 4, n. 5, p. e20–e28, 2012.

DONHOWE, I.; FENNEMA, O. Water vapour and oxygen permeability of wax films. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 70, n. 9, p. 867–873, 1993.

DOWNES, P. F. .; ITO, K. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. v. 40.ed. Was, p. 676, 2001.

ESCALONA-GARCÍA, L. A. et al. Oxidation kinetics and thermodynamic analysis of chia oil microencapsulated in a whey protein concentrate-polysaccharide matrix. **Journal of Food Engineering**, v. 175, p. 93–103, 2016.

FASOLIN, L. H. et al. Biscoitos produzidos com farinha de banana : avaliações química , física e sensorial. v. 27, n. 3, p. 524–529, 2007.

FATHI, M.; MOZAFARI, M. R.; MOHEBBI, M. Nanoencapsulation of food ingredients using lipid based delivery systems. **Trends in Food Science and Technology**, v. 23, n. 1, p. 13–27, 2012.

FERRARI, R. A.; DE SOUZA, W. L. Avaliação da estabilidade oxidativa de biodiesel de óleo de girassol com antioxidantes. **Quimica Nova**, v. 32, n. 1, p. 106–111, 2009.

FERREIRA, A.; FERREIRA, B.; LAGES, B. Produção, Caracterização E Utilização Da Farinha De Casca De Jabuticaba Em Biscoitos Tipo Cookie. **Alim. Nutr.**, v. 23, n. 4, p. 603–607, 2012.

FREITAS, C. A. S. et al. Carnauba wax p-methoxycinnamic diesters: Characterisation, antioxidant activity and simulated gastrointestinal digestion followed by in vitro bioaccessibility. **Food Chemistry**, v. 196, p. 1293–1300, 2016.

GOHARA, A. K. et al. Chemometric Methods Applied to the Mineral Content Increase in Chocolate Cakes Containing Chia and Azuki. v. 24, n. 5, p. 771–776, 2013.

GOMEZ-ESTACA, J. et al. Encapsulation of an astaxanthin-containing lipid extract from shrimp waste by complex coacervation using a novel gelatin–cashew gum complex. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 155–162, 2016.

GONZALEZ-MIRA, E. et al. Design and ocular tolerance of flurbiprofen loaded ultrasound-engineered NLC. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 81, n. 2, p. 412–421, 2010.

GOULA, A. M. et al. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. **Journal of Food Engineering**, v. 85, n. 1, p. 73–83, 2008.

GUINÉ, R. P. F. et al. Adsorption isotherms of Maria biscuits from different brands. **Journal of Food Process Engineering**, v. 37, n. 3, p. 329–337, 2014.

HARMS, M.; MÜLLER-GOYMANN, C. C. Solid lipid nanoparticles for drug delivery. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 21, n. 1, p. 89–99, 2011.

INGLETT, G. E.; CHEN, D.; LIU, S. Physical properties of sugar cookies containing chia-oat composites. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 15, p. 3226–3233, 2014.

IXTAINA, V. Y. et al. Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 2, p. 166–174, 2011.

IXTAINA, V. Y. et al. Physicochemical characterization and stability of chia oil microencapsulated with sodium caseinate and lactose by spray-drying. **Powder Technology**, v. 271, p. 26–34, 2015.

JENNING, V.; SCHÄFER-KORTING, M.; GOHLA, S. Vitamin A-loaded solid lipid nanoparticles for topical use: drug release properties. **Journal of controlled release : official journal of the Controlled Release Society**, v. 66, n. 2-3, p. 115–126, 2000.

JORES, K. et al. Investigations on the structure of solid lipid nanoparticles (SLN) and oil-loaded solid lipid nanoparticles by photon correlation spectroscopy, field-flow fractionation and transmission electron microscopy. **Journal of Controlled Release**, v. 95, n. 2, p. 217–227, 2004.

JOYE, I. J. et al. Fluorescence quenching study of resveratrol binding to zein and gliadin: Towards a more rational approach to resveratrol encapsulation using water-insoluble proteins. **Food Chemistry**, v. 185, p. 261–267, 2015.

JULIO, L. M. et al. Chia seed oil-in-water emulsions as potential delivery systems of  $\omega$ -3 fatty acids. **Journal of Food Engineering**, v. 162, p. 48–55, 2015.

KIM, E. H. J. et al. Fundamental fracture properties associated with sensory hardness of brittle solid foods. **Journal of Texture Studies**, v. 49, n. 1, p. 49–62, 2012.

KLEIN, A. L.; BRESCIANI, L.; OLIVEIRA, E. C. Características físico-químicas de biscoitos comerciais do tipo. **REVISTA DESTAQUES ACADÊMICOS - CETEC/UNIVATES**, v. 7, n. 4, p. 167–173, 2015.

KYADARKUNTE, A. Y.; PATOLE, M. S.; POKHARKAR, V. B. Cellular interactions and photoprotective effects of idebenone-loaded nanostructured lipid carriers stabilized using PEG-free surfactant. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 479, n. 1, p. 77–87, 2015.

LAGUNA, L. et al. Inulin and erythritol as sucrose replacers in short-dough cookies: Sensory, fracture, and acoustic properties. **Journal of Food Science**, v. 78, n. 5, 2013.

LEIMANN, F. V.; FILHO, L. C.; SAYER, C. Hydroxyvalerate ) Nanoparticles Prepared By a Miniemulsion / Solvent Evaporation Technique . Effect of Phbv Molar Mass and Concentration. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 30, n. 02, p. 369–377, 2013.

LEIMANN, F. V. et al. Antimicrobial activity of microencapsulated lemongrass essential oil and the effect of experimental parameters on microcapsules size and morphology. **Materials Science and Engineering: C**, v. 29, n. 2, p. 430–436, mar. 2009.

LOPES, J. D. et al. Solid lipid microparticles of hardfats produced by spray cooling as promising crystallization modifiers in lipid systems. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 117, n. 11, p. 1733–1744, 2015.

MÄDER, K.; MEHNERT, W. Solid lipid nanoparticles: production, characterization and applications. **Advanced drug delivery reviews**, v. 47, n. 2-3, p. 165–96, 2001.

MADUREIRA, A. R. et al. Characterization of solid lipid nanoparticles produced with carnauba wax for rosmarinic acid oral delivery. **RSC Adv.**, v. 5, n. 29, p. 22665–22673, 2015.

MANCEBO, C. M.; PICÓN, J.; GÓMEZ, M. Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 1, p. 264–269, 2015.

MANOHAR, R. S.; RAO, P. H. Effect of Sugars on the Rheological Characteristics of Biscuit Dough and Quality of Biscuits. v. 383, n. January, p. 197–206, 1997.

MARINELI, S. et al. LWT - Food Science and Technology Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil ( *Salvia hispanica* L .). **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, n. 2, p. 1304–1310, 2014.

MARINELI, S. et al. Antioxidant potential of dietary chia seed and oil ( *Salvia hispanica* L .) in diet-induced obese rats. **FRIN**, v. 76, p. 666–674, 2015.



MARMESAT, S. et al. Relationship between changes in peroxide value and conjugated dienes during oxidation of sunflower oils with different degree of unsaturation. **Grasas y Aceites**, v. 60, n. 2, p. 155–160, 2009.

MARTÍNEZ, M. L. et al. Oxidative stability of walnut (*Juglans regia* L.) and chia (*Salvia hispanica* L.) oils microencapsulated by spray drying. **Powder Technology**, v. 270, p. 271–277, 2015.

MCLAUGHLIN, C. P.; MAGEE, T. R. A. The Determination of Sorption Isotherm and the Isothermic Heats of Sorption for Potatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 35, n. 98, p. 261–2, 1998.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR. Sensory Evaluation Techniques. v. 3, 1999.

MENDOZA, F.; DEJMEK, P.; AGUILERA, J. M. Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41, n. 3, p. 285–295, 2006.

MERT, B.; DEMIRKESEN, I. Evaluation of highly unsaturated oleogels as shortening replacer in a short dough product. **LWT - Food Science and Technology**, v. 68, p. 477–484, 2016.

MILANOVIC, J. et al. Microencapsulation of flavors in carnauba wax. **Sensors**, v. 10, n. 1, p. 901–912, 2010.

MORAES, K. S. et al. Avaliação tecnológica de biscoitos tipo cookie com variações nos teores de lipídio e de açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 233–242, 2010.

MORAES, F. P. & COLLA, L. M. ALIMENTOS FUNCIONAIS E NUTRACÊUTICOS: DEFINIÇÕES, LEGISLAÇÃO E BENEFÍCIOS À SAÚDE. Functional foods and nutraceuticals: definition, legislation and health benefits. n. May, 2016.

MULLER, R. H.; MADER, K.; GOHLA, S. Solid lipid nanoparticles (SLN) for controlled drug delivery - a review of the state of the art. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 50, n. 1, p. 161–177, 2000.

NEDOVIC, V. et al. An overview of encapsulation technologies for food applications. **Procedia Food Science**, v. 1, p. 1806–1815, 2011.

NOELLO, C. et al. Spray dried microparticles of chia oil using emulsion stabilized by whey protein concentrate and pectin by electrostatic deposition. **FRIN**, v. 89, p. 549–557, 2016.

O'BRIEN, C. M. et al. Effect of varying the microencapsulation process on the functionality of hydrogenated vegetable fat in shortdough biscuits. **Food Research International**, v. 36, n. 3, p. 215–221, 2003.

OKPALA, L. C.; GIBSON-UMEH, G. I. Physicochemical Properties of Mango Seed Flour. **Nigerian Food Journal**, v. 31, n. 1, p. 23–27, 2013.

ORIANI, V. B. et al. Solid lipid microparticles produced by spray chilling technique to deliver ginger oleoresin: Structure and compound retention. **Food Research International**, v. 80, p. 41–49, 2016.

OURIQUE, P. A.; CRUZ, R. C. D.; ZORZI, J. E. Influência da cera de carnaúba no comportamento reológico de misturas usadas na moldagem por injeção em baixa pressão. **Cerâmica**, v. 61, p. 71–76, 2015.

PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A.; ARGAIZ, A. Effect of temperature on the moisture sorption isotherms of some cookies and corn snacks. **Journal of Food Engineering**, v. 31, n. 1, p. 85–93, 1997.

PARK, K. J. et al. Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves ( *Mentha crispa* L .). v. 51, 2002.

POUDYAL, H. et al. Lipid redistribution by  $\alpha$  -linolenic acid-rich chia seed inhibits stearoyl-CoA desaturase-1 and induces cardiac and hepatic protection in diet-induced obese rats. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 23, n. 2, p. 153–162, 2012.

RAJABI, H. et al. Retention of saffron bioactive components by spray drying encapsulation using maltodextrin, gum Arabic and gelatin as wall materials. **Food Hydrocolloids**, v. 51, p. 327–337, 2015.

RAJIV, J.; SOUMYA, C. Chemical, rheological and nutritional qualities of sugar snap cookies as influenced by the addition of multigrains. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 9, n. 2, p. 135–142, 2015.

RANGREJ, V. et al. Effect of shortening replacement with flaxseed oil on physical, sensory, fatty acid and storage characteristics of cookies. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 6, p. 3694–3700, 2015.

RENDÓN-VILLALOBOS, R.; ORTÍZ-SÁNCHEZ, A. Formulation , Physicochemical , Nutritional and Sensorial Evaluation of Corn Tortillas Supplemented with Chía Seed ( *Salvia hispanica* L .). v. 30, n. 2, p. 118–125, 2012.

RINCÓN-CERVERA, M. Á.; VALENZUELA, R.; HERNANDEZ-RODAS, M. C. Prostaglandins , Leukotrienes and Essential Fatty Acids Vegetable oils rich in alpha linolenic acid increment hepatic n-3 LCPUFA , modulating the fatty acid metabolism and antioxidant response in rats. **Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v. 111, p. 25–35, 2016.

RODRIGUES, M. G. G. et al. Desenvolvimento de cookies adicionados de farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): caracterização química e aceitabilidade sensorial entre portadores de Diabetes Mellitus. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 73, n. 2, p. 219–225, 2014.

RODRIGUEZ, L. et al. Description and preliminary evaluation of a new ultrasonic atomizer for spray-congealing processes. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 183, n. 2, p. 133–143, 1999.

SALWIN, H. Moisture levels required for stability in dehydrated foods. **Food Technology**, v. 17, p. 1114–1121, 1963.

SCALIA, S. et al. Quercetin solid lipid microparticles: A flavonoid for inhalation lung delivery. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 49, n. 2, p. 278–285, 2013.

SCALIA, S.; MEZZENA, M. Incorporation of quercetin in lipid microparticles: Effect on photo- and chemical-stability. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 49, n. 1, p. 90–94, 2009.

SERBAI, D. et al. Issn 2179-5037 adição de farinha de entrecasca de melancia em “ cookies ”: análise físico-química e sensorial entre crianças. v. 8, p. 223–237, 2015.

SIERRA, L. et al. Dietary intervention with *Salvia hispanica* (Chia) oil improves vascular function in rabbits under hypercholesterolaemic conditions. **Journal of Functional Foods**, v. 14, p. 641–649, 2015.

SILVESTRINI, A. Sabor de crescimento. p. 2015–2017, 2016.

ŠKRBIĆ, B.; CVEJANOV, J. The enrichment of wheat cookies with high-oleic sunflower seed and hull-less barley flour: Impact on nutritional composition, content of heavy elements and physical properties. **Food Chemistry**, v. 124, n. 4, p. 1416–1422, 2011.

STALIANO, C. D.; MARTINEZ, R. C. R.; SAAD, S. M. I. Beneficial microorganisms viability and sensory acceptance of a potentially synbiotic dairy-based tomato spread. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 682–688, 2015.

STOJAKOVIĆ, D.; BUGARSKI, B.; RAJIĆ, N. A kinetic study of the release of vanillin encapsulated in Carnauba wax microcapsules. **Journal of Food Engineering**, v. 109, n. 3, p. 640–642, 2012.

SUDHA, M. L. et al. Fat replacement in soft dough biscuits: Its implications on dough rheology and biscuit quality. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 3, p. 922–930, 2007.

TIMILSENA, Y. P. et al. Microencapsulation of chia seed oil using chia seed protein isolate-chia seed gum complex coacervates. **International Journal of Biological Macromolecules**, 2016.

TIMMERMANN, E. O.; CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. A. Water sorption isotherms of foods and foodstuffs: BET or GAB parameters? v. 48, p. 19–31, 2001.

TUMBAS ŠAPONJAC, V. et al. Sour cherry pomace extract encapsulated in whey and soy proteins: Incorporation in cookies. **Food Chemistry**, v. 207, p. 27–33, 2016.

ULLAH, R. et al. Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review. **Journal of Food Science and Technology**, 2015.

UMESHA, S. S. et al. Enrichment of biscuits with microencapsulated omega-3 fatty acid (Alpha-linolenic acid) rich Garden cress (*Lepidium sativum*) seed oil: Physical, sensory and storage quality characteristics of biscuits. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 654–661, 2015.

UYEDA, M. Composição química e perfil de ácidos graxos do óleo de chupa encapsulados e não encapsulados. **Saúde em foco**, p. 58–64, 2015.

VEIGA, C. C. et al. Microencapsulation Of Roasted Coffee Oil By Complex Coacervation With Gelatin/Gum Arabic Enzymatically Crosslinked. **Brazilian Journal of Food Research -REBRAPA**, v. 7, n. 2, p. 156–172, 2016.

VILLALOBOS-HERNÁNDEZ, J. R.; MÜLLER-GOYMAN, C. C. Novel nanoparticulate carrier system based on carnauba wax and decyl oleate for the dispersion of inorganic sunscreens in aqueous media. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 60, n. 1, p. 113–122, 2005.

VOS, P. DE et al. Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components. **International Dairy Journal**, v. 20, p. 292–302, 2010.

WHITWORTH, M. B.; GATES, F. K. Measuring and Addressing Texture Challenges in Healthy Baked Products. v. 58, n. 3, p. 120–125, 2013.