

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

LARISSA HERNANDES VENTURINI

**AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA GORDURA POR MICROCÁPSULAS
LIPÍDICAS CONTENDO ÓLEO DE CHIA NA FORMULAÇÃO DE COOKIES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2017

LARISSA HERNANDES VENTURINI

**AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA GORDURA POR MICROCÁPSULAS
LIPÍDICAS CONTENDO ÓLEO DE CHIA NA FORMULAÇÃO DE COOKIES**

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

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Fernanda V. Leimann

CAMPO MOURÃO
2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão

Departamento Acadêmico de Alimentos
Engenharia de Alimentos



TERMO DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA GORDURA POR MICROCÁPSULAS LIPÍDICAS CONTENDO ÓLEO DE CHIA NA FORMULAÇÃO DE COOKIES

POR

LARISSA HERNANDES VENTURINI

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado em 09/06/2017 às 14:00 hrs como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof.^a Dr.^a. Fernanda V. Leimann

Orientador

Prof.^a Dr.^a. Renata Hernandez Barros Fuchs

Membro da banca

Prof.^a Dr.^a. Roberta de Souza Leone

Membro da banca

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

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado sabedoria e discernimento para fazer minhas escolhas, por me agraciar com a conclusão de mais uma etapa da minha vida e me guiar pelas próximas.

Aos meus pais Luiz, Rosângela e irmão Gustavo que nunca mediram esforços durante esse tempo de graduação, obrigada por todo amor, incentivos e apoio que contribuíram diretamente para que meu caminho fosse mais fácil e prazeroso.

A minha querida orientadora Prof^a Dr^a Fernanda V. Leimann pela oportunidade, ensinamento, disponibilidade, por sempre estar me auxiliando nas dúvidas e ter tamanha paciência comigo, serei eternamente grata.

A Prof.^a Dr.^a. Renata Hernandez Barros Fuchs e Prof.^a Dr.^a. Roberta de Souza Leone que gentilmente aceitaram participar da banca examinadora.

Aos amigos que fiz durante a faculdade em especial Caroline por dividir seus pais durante todos esses anos e pelas tantas caronas que me deram.

As meninas que dividiram moradia comigo Gabriela, Luiza e Maria Elisa, muito obrigada por todo o companheirismo. A todos da família "Ômega" (Danis, Furmis, Isa, Japa, Luellen, Math, Naty, Paulinha, Rolândia, Tamires) que deixaram os dias em Campo Mourão muito mais leves e divertidos. Sem dúvidas vocês foram essenciais nessa caminhada, nunca me esquecerei de vocês.

Aos meus amigos de Boa Esperança em especial Melina e Pâmela, agradeço por estarem sempre presente na minha vida, não sendo diferente durante este curso.

E por fim, a todos que participaram ou colaboraram direta ou indiretamente no desenvolvimento deste trabalho, muito obrigada.

RESUMO

VENTURINI, Larissa Hernandes. **Avaliação da substituição parcial da gordura por microcápsulas sólidas lipídicas contendo óleo de chia na formulação de cookies.** 2017. 42. p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia de Alimentos), Departamento Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.

O óleo de chia é conhecido como uma boa fonte de ácidos graxos poli-insaturados, porém, estes apresentam um elevado grau de instauração que tende à oxidação lipídica. Para evitar tal efeito, uma possível solução é a microencapsulação do óleo em lipídeos sólidos. Diferentes alternativas têm sido aplicadas na substituição parcial ou total de gordura em formulações de alimentos, como carboidratos, fibras e oleogéis. Nesse sentido a aplicação de micropartículas sólidas lipídicas na substituição de gordura é uma alternativa ainda a ser avaliada. Para isso, foram produzidas três formulações: cookies controle e cookies com substituição parcial da gordura em 15% e 30% por micropartículas sólidas lipídicas de cera de carnaúba contendo de óleo de chia encapsulado. As micropartículas foram produzidas via homogeneização a quente, apresentando formato esférico e uma distribuição de tamanhos regular. Os cookies tiveram sua microestrutura avaliada por MEV e foi observado que a amostra com substituição de 30% da gordura pelas micropartículas apresentou uma camada espessa ao redor dos grânulos de amido, formada provavelmente pelas micropartículas que fundiram durante o processo de forneamento. Na avaliação de textura da massa dos cookies notou-se uma diferença significativa ($p < 0,05$) com maior dureza da amostra controle em relação aos cookies que continham as micropartículas com óleo de chia, possivelmente as micropartículas permitiram uma maior fluidez da massa dos cookies do que a gordura hidrogenada, levando a uma menor dureza da massa. Os parâmetros de elasticidade e resiliência das amostras contendo as micropartículas apresentaram-se significativamente maiores ($p < 0,05$) que os resultados da amostra controle. Quanto a cor os cookies produzidos não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) em relação a luminosidade. Em relação as isotermas de sorção todas amostras foram classificadas como do Tipo III, de acordo com a classificação de Brunauer–Emmett–Teller, os cookies da amostra controle e com 15% de substituição da gordura pelas micropartículas apresentaram uma mesma atividade de água, maiores valores de umidade de equilíbrio do que a amostra com 30% de substituição da gordura. Por fim com as características térmicas avaliadas por Calorimetria Diferencial de Varredura foi possível observar que a amostra de micropartículas apresentou pico endotérmico em 83°C, e as amostras de cookies com 15 e 30% de substituição apresentaram o mesmo pico deslocado para em 80°C. A intensidade de tais picos foi proporcional à quantidade de micropartículas na amostra.

Palavras-Chaves: Óleo de chia; homogeneização a quente; cera de carnaúba, cookies.

VENTURINI, Larissa Hernandes. **Avaliação da substituição parcial da gordura por microcápsulas sólidas lipídicas contendo óleo de chia na formulação de cookies.** 2017. 42 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia de Alimentos), Departamento Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.

ABSTRACT

The Chia oil is known for being a good source of polyunsaturated fatty acids, however, they present a high degree of instauration that tends to lipid oxidation. To avoid such effect, a possible solution is the microencapsulation of the oil into solid lipids. Different alternatives have been applied in order to substitute fat (shortening) in food formulations, partially or completely, with ingredients such as carbohydrates, fibers and oleogels. In this sense, the application of solid lipid microparticles as fat replacers is an alternative yet to be evaluated. For that, three formulations of cookies were produced: control cookies and cookies with partial replacement of the shortening in 15% and 30% by lipid solid microparticles of carnauba wax containing encapsulated chia oil. The microparticles were produced via hot homogenization, presenting a spherical shape and regular size distribution. The cookies had their microstructure evaluated by SEM and it was observed that the sample with 30% substitution presented a thick layer around the starch granules, probably formed by the microparticles that melted during the baking process. In cookies dough texture evaluation, a significant difference ($p < 0.05$) was detected with a higher hardness of the control sample in relation to the cookies that contained the microparticles with chia oil. The elasticity and resilience parameters of the samples containing the microparticles were significantly higher ($p < 0.05$) than the results of the control sample. Regarding to color results, the cookies produced did not present significant difference ($p > 0.05$) in relation to the luminosity. Regarding the sorption isotherms, all samples were classified as Type III, according to the Brunauer-Emmett-Teller classification, the cookies of the control sample and with 15% of the replacement of the fat by the microparticles showed for the same water activity, higher equilibrium moisture values than the sample with 30% fat substitution. Finally, with the thermal characteristics evaluated by Differential Scanning Calorimetry, it was possible to observe that the microparticle sample had an endothermic peak at 83 ° C and the samples of cookies with 15 and 30% substitution presented the same peak displaced to 80 ° C. The intensity of such peaks was proportional to the amount of micro particles in the sample.

Keywords: Chia oil; Hot homogenization; Carnauba wax.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Representação dos tipos de micropartículas: microesferas e microcápsulas. (Fonte: autoria própria)..... 15
- Figura 2.** Análise do Perfil de Textura: H- maior força da primeira compressão, T1- tempo decorrido até alcançar H; B- valor detectado como sendo a primeira variação de força, A1- área da região amarela (primeira compressão), C- maior força negativa ao final da primeira compressão, A3- área de curva relativa à força negativa, A2- área da segunda compressão (área rosa), T2- tempo decorrido até o pico máximo de força na segunda compressão, A4 e A5- áreas abaixo das curvas da primeira e segunda compressão localizadas após a força máxima (áreas hachuradas) (Fonte: Adaptado de Chen e Opara 2013)..... 17
- Figura 3.** Micrografias de MEV: a) micropartículas de cera de carnaúba contendo óleo de chia, b) cookies controle, c) cookies com substituição de 15% da gordura por micropartículas, d) cookies com substituição de 30% da gordura por micropartículas (magnificação de 1.500x) e) micropartículas, f) cookies controle, g) cookies com substituição de 15% da gordura por micropartículas, h) cookies com substituição de 30% da gordura por micropartículas (magnificação de 100x). 25
- Figura 4.** Isotermas de sorção de água das amostras de cookies controle, cookies com substituição da gordura por 15% de micropartículas e 30% de substituição, a 30°C.... 30
- Figura 5.** Termogramas de DSC das micropartículas de cera de carnaúba contendo óleo de chia, amostra de cookies controle, e amostras de cookies com 15% e 30% de substituição da gordura por micropartículas de cera de carnaúba contendo óleo de chia. 31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Cookies formulações: controle, com óleo de chia micro encapsulado com 15% (M15) e com óleo de chia micro encapsulado com 30% (M30).	20
Tabela 2. Resultados do TPA para massa dos cookies controle, e com substituição de 15 % (M15) e 30 % (M30) da gordura por micropartículas contendo óleo de chia.....	23
Tabela 3. Avaliação da cor dos cookies (controle, 15% de substituição da gordura por micropartículas e 30% de substituição) durante o período de armazenamento.....	27
Tabela 4. Resultados do TPA para cookies (controle, 15% de substituição da gordura por micropartículas e 30% de substituição) para o dia inicial e 30 dias de armazenamento.	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
2.1. Objetivo geral	11
2.2. Objetivos específicos	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 Cookies	12
3.2 Substituição da Gordura da Formulação de Cookies	12
3.3 Óleo de Chia	13
3.4 Micropartículas sólidas lipídicas	14
3.5 Textura de massa de biscoitos e cookies	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 Materiais	19
4.2 Encapsulação do óleo de chia	19
4.3 Produção dos cookies	19
4.3.1 Textura da massa dos cookies	20
4.3.2 Textura dos cookies	21
4.3.3 Caracterização da cor	21
4.3.4 Microestrutura dos cookies	21
4.3.5 Caracterização térmica dos cookies	22
4.3.6 Isotermas de sorção de água	22
4.4 Análise estatística	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 Análise do Perfil de Textura da massa dos cookies	23
5.2 Caracterização das micropartículas de óleo de chia e dos cookies por MEV	24
5.3 Caracterização da cor dos cookies	26
5.4 Textura dos cookies	28
5.5 Isoterma de sorção de água nos cookies	29
5.6 Caracterização Térmica dos Cookies por DSC	31
6. CONCLUSÃO	33
7. REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

Cookies são consumidos por praticamente todos os níveis da sociedade em países desenvolvidos e em desenvolvimento. A popularidade de cookies pode estar relacionada com o seu bom gosto, variedade, facilidade de preparação, de baixo custo e conveniência (LAGUNA *et al.*, 2011). De acordo com Manohar e Rao (2002), a demanda dos consumidores por produtos alimentares direcionados a saúde iniciou vários estudos de cookies enriquecidos com novos ingredientes bioativos, tais como: óleo de palma (AL-HOOTI *et al.*, 2002), farinha de linhaça (RAMCHARITAR *et al.*, 2006), fibras vegetais (PITEIRA *et al.*, 2006), psyllium (CHENG *et al.*, 2009) extratos de semente de uva (HANDA *et al.*, 2011), e as misturas de aveia e chia (INGLETT *et al.*, 2014).

O óleo de chia é conhecido como fonte de ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs), ele contém cerca de 60% de ômega-3 (ácido α -linolênico), 20% de ômega-6 (ácido linoleico) e ainda outros componentes bioativos, tais como tocoferóis, polifenóis, carotenoides e fosfolipídios (IXTAINA *et al.*, 2011). Uma vez que reconhecido como um óleo de alta qualidade e apreciado pelo seu sabor, cor e características saudáveis ele se torna o componente ideal para o enriquecimento de cookies. Porém, PUFAs tem um elevado grau de insaturação devido à presença de ligações duplas na sua cadeia longa, tornando-se muito susceptível à oxidação lipídica, isso faz com que a incorporação desse ômega-3 em alimentos seja um desafio significativo. Para evitar tais efeitos, uma possível solução pode ser a microencapsulação do aditivo. As microcápsulas podem proteger os ingredientes sensíveis, porque funciona como uma barreira ao oxigênio, luz, temperatura o que retarda a reações químicas, evita o gosto desagradável, melhora sua absorção e sua biodisponibilidade (SANGUANSRI; AUGUSTIN, 2007).

De acordo com Jacob e Leelavathi (2007), o lipídeo é um dos componentes básicos da formulação de biscoitos e se apresenta em níveis relativamente altos. Algumas formulações apresentam conteúdo entre 30 e 60% de lipídios. Os lipídios são responsáveis por produzirem biscoitos mais macios e massas mais curtas, ou seja, menos elásticos. No entanto, o consumo de gordura saturada e gordura trans causam efeitos prejudiciais à saúde (PERRY *et al.*, 2003).

A substituição parcial da gordura pelo óleo de chia pode proporcionar uma redução significativa na gordura saturada em cookies. A adição de ingredientes bioativos na formulação de alimentos pode conduzir a diferenças de textura, conseqüentemente, modificar a aceitação dos consumidores (JACOB; LEELAVATHI, 2007). Assim, muitos fabricantes de alimentos e cientista têm estudado abordagens, alternativas para modificar a estrutura de óleos líquidos, retendo propriedades do tipo sólido, enquanto possui um perfil de ácidos graxos saudáveis (STORTZ *et al.*, 2012). Na literatura, há um número muito limitado de utilização de micropartículas solidas lipídica como uma alternativa à gordura para produtos de panificação.

No presente estudo, o óleo de chia foi microencapsulado em cera de carnaúba por homogeneização a quente. A substituição parcial da gordura (margarina) da formulação dos cookies pelas micropartículas contendo óleo de chia foi feita em duas proporções, 15 e 30%. O efeito de tal substituição foi avaliado nas propriedades de textura da massa dos cookies, na textura dos cookies após o forneamento e na cor.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral desse trabalho é a produção e caracterização de cookies com substituição parcial da gordura da formulação por micropartículas sólidas lipídicas de cera de carnaúba contendo óleo de chia.

2.2. Objetivos específicos

- Produzir micropartículas de cera de carnaúba contendo óleo de chia via homogeneização a quente;
- Caracterizar as micropartículas quanto à morfologia e tamanho por microscopia ótica;
- Produzir cookies com substituição parcial da gordura (margarina) pelas microcápsulas (15 e 30%) e sem substituição (controle);
- Avaliar o efeito da substituição parcial da gordura na textura da massa e após o forneamento dos cookies por Análise do Perfil de Textura (Texture Profile Analysis, TPA);
- Avaliar o efeito da substituição parcial da gordura na cor dos cookies após o forneamento;
- Avaliar as características térmicas por calorimetria Diferencial de Varredura dos Cookies produzidos (controle, 15 e 30% de substituição);
- Avaliar o efeito da substituição parcial da gordura com relação à microestrutura dos cookies por Microscopia Eletrônica de Varredura.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cookies

Embora os cookies não estejam dentro da classificação de alimentos básicos, eles são consumidos por todos os níveis da sociedade. Com isso e com a demanda dos consumidores por produtos alimentares voltados à saúde, vários estudos foram iniciados para produção de cookies enriquecidos com ingredientes bioativos (FASOLIN *et al.*, 2007).

A adição de novas fontes de nutrientes para incrementar o valor nutricional de alimentos se faz necessária como uma forma de complementação nutricional (EL-DASH; GERMANI, 1994). Hoje já encontramos estudos de cookies enriquecidos com óleo de palma (AL-HOOTI *et al.*, 2002), farinha de linhaça (RAMCHARITAR *et al.*, 2006), fibras vegetais (PITEIRA *et al.*, 2006), psyllium (CHENG *et al.*, 2009) extratos de semente de uva (HANDA *et al.*, 2011), e as misturas de aveia e chia (INGLETT *et al.*, 2014), porém ainda nenhum relacionado com a adição do óleo de chia, em forma microencapsulada.

3.2 Substituição da Gordura da Formulação de Cookies

A gordura possui um papel muito importante na formulação de biscoitos, conferindo textura e características sensoriais específicas. O tipo de gordura utilizado na preparação de biscoitos determina a qualidade dos mesmos (SUDHA, *et al.*, 2014). As gorduras desempenham uma função de encurtamento (*shortening*) na massa para proporcionar propriedades texturais desejáveis no produto alimentar. Este nome “encurtamento” se deve à função desempenhada pela gordura na massa, que cobre as moléculas de proteína da farinha, tornando difícil a aproximação entre estas evitando a formação da rede de glúten. As redes de glúten que iniciam sua formação e desenvolvimento na massa são então “encurtadas” pela gordura. Caso contrário, mais glúten poderia ser desenvolvido levando a efeitos indesejáveis como biscoitos duros ou que necessitam ser mastigados um número maior de vezes que o de costume até a deglutição. O nível de “encurtamento” desenvolvido por uma gordura ou óleo num

determinado produto baseia-se na área de superfície das partículas de farinha cobertas com o auxílio da gordura. Geralmente é considerado que os ácidos graxos insaturados têm poder de cobertura mais proeminente em comparação com os ácidos graxos saturados (DEVI; KHATKAR, 2016).

Gajera *et al.* (2010) prepararam biscoitos substituindo a gordura hidrogenada pela manteiga de amendoim que possui ácidos graxos poli-insaturados, considerados de melhor qualidade, e observaram com os resultados sensoriais que os biscoitos eram altamente aceitáveis. Giarnetti *et al.* (2015) produziram cookies com substituição de gordura por géis emulsionados (*emulsion filled gels*) compostos por inulina e azeite de oliva extravirgem estabilizados por lecitina de soja. Os autores observaram uma redução na dureza dos cookies com substituição da gordura pela análise do perfil de textura (*Texture Profile Analysis*, TPA).

O'Brien *et al.* (2003) produziram cookies com substituição da gordura por gordura vegetal microencapsulada tanto em isolado quanto em concentrado proteico de soro de leite. Neste estudo os autores descrevem que os cookies controle apresentaram espessura maior que os cookies com substituição pela gordura microencapsulada e além disso, a dureza foi maior para os cookies controle.

3.3 Óleo de Chia

A semente de chia (*Salvia hispanica* L.) contém cerca de 30% de óleo que é composto principalmente de ácidos graxos poli-insaturados. Pertence à família *Labiatae* é cultivada América Central e nativa do sul do México e norte da Guatemala (UYEDA, 2015). Deste óleo cerca de 60% é de ômega-3 (ácido α -linolênico) que quando é sintetizado após a ingestão sofre uma reação enzimática que origina os ácidos eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenoico (DHA) e são essas as substâncias que exercem as funções benéficas do ômega-3. Além de 20% de ômega-6 (ácido linoleico) e ainda contém outros componentes bioativos, tais como tocoferóis, polifenóis, carotenoides e fosfolipídios (IXTAINA *et al.*, 2011).

Inúmeros estudos têm demonstrado que a suplementação de chia nas formulações de alimentos como biscoitos, pães e bolos apresenta benefícios, tais como melhora na sensibilidade à insulina e tolerância à glicose, reduzindo a adiposidade visceral, diminuindo a esteatose hepática e a inflamação sem alterações nos lipídios

plasmáticos ou na pressão arterial (POUDYAL *et al.*, 2012). Também foram relatados o auxílio na perda de peso e equilíbrio de aminoácidos essenciais e melhora na adiposidade e normalização da hipertriacilglicerolemia (CHICCO *et al.*, 2009).

No entanto, a adição de óleo de chia em alimentos processados requer um certo cuidado com características sensoriais e físico-químicas dos alimentos. Seu alto grau de insaturação torna-o propenso à oxidação, que ocorre por um processo via radicais livres que conduzem à decomposição de ácidos graxos que fazem parte do óleo. Devido a essa oxidação lipídica surgem aromas e produtos de degradação que poderiam ser prejudiciais à saúde e desagradáveis sensorialmente (TONON *et al.*, 2011). Uma alternativa para preservar óleo de chia da oxidação é microencapsulação.

3.4 Micropartículas sólidas lipídicas

Basicamente a microencapsulação serve para revestir/proteger vários ingredientes alimentares, tais como *flavors*, antioxidantes, corantes, acidulantes, probióticos, ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs), enzimas e vitaminas (PEGG; SHAHIDI, 2007).

Na microencapsulação uma camada de revestimento protetor, ou uma matriz encapsulante, é criada para envolver, ou incorporar, o composto encapsulado. O composto encapsulado, que pode apresentar-se em estado líquido ou sólido, apresenta-se então disperso no encapsulante na forma de minúsculas partículas ou gotículas (microesfera), ou até na forma de um núcleo revestido pelo encapsulante (microcápsula). Isso proporciona uma barreira física entre o composto incorporado e o ambiente circundante a fim de evitar a perda de compostos voláteis, aumentar a vida útil (proteção a fatores como temperatura, oxigênio, humidade e pH) ou fornecer liberação controlada (AUGUSTIN; HEMAR, 2009). Uma representação dos dois tipos de micropartículas (microesferas e microcápsulas) encontra-se apresentada na Figura 1.

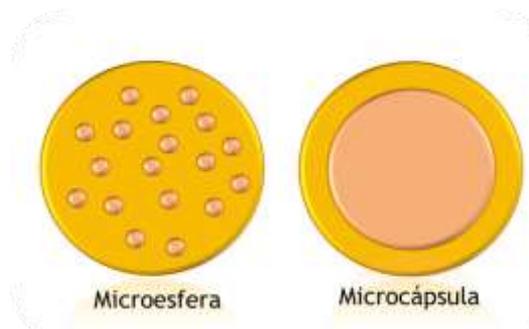


Figura 1. Representação dos tipos de micropartículas: microesferas e microcápsulas. (Fonte: autoria própria).

A microencapsulação também pode melhorar a dispersão de óleos e ingredientes lipossolúveis em meios aquosos. No entanto, no caso da encapsulação de um material lipofílico, o objetivo principal é geralmente inibir a oxidação para prolongar a vida útil, sendo que a encapsulação de óleos contendo ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs), tais como ácido α -linolênico, ácido eicosapentaenoico e ácido docosaenoico tem recebido a maior atenção nos últimos anos devido ao apelo em relação à saúde (DRUSH; MANNINO, 2009).

A tanto a técnica de encapsulação a ser empregada, quanto o tipo de material encapsulante (polímeros, lipídeos sólidos, etc.) dependem da substância que se pretende encapsular, bem como da aplicação a que se destinam as micropartículas. No caso da encapsulação de óleos e substâncias lipossolúveis uma técnica bem estabelecida é a encapsulação em matrizes sólidas lipídicas via homogeneização a quente (*Hot Melting* ou *Hot Homogenization*) (ROSIAUX *et al.*, 2014). Para esta técnica o material encapsulante consiste em um lipídeo que se apresente em estado sólido à temperatura ambiente. Já vem sendo utilizados em diferentes trabalhos os seguintes lipídeos: cera de caraúba (CAMPOS *et al.*, 2017), ácido esteárico (GOMES *et al.*, 2013), compritol da (ROCHA *et al.*, 2017), cera de abelhas (KHERADMANDNIA *et al.*, 2010), etc.

Na técnica de homogeneização a quente o lipídeo que constitui a matriz encapsulante que se apresenta em estado sólido na temperatura ambiente, é fundido a aproximadamente 5 ou 10°C acima do seu ponto de fusão (BODMEIER *et al.*, 1992), por exemplo, para cera de carnaúba que o ponto de fusão se encontra na faixa de 81 a 86°C. O óleo 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 (alta taxa de agitação, por exemplo, acima de 5.000 RPM) com temperatura controlada (5 ou 10°C acima do seu ponto de fusão) 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). Por fim a mistura final pode ser liofilizada gerando um material em pó pronto para ser utilizado.

3.5 Textura de massa de biscoitos e cookies

O procedimento de teste de “duas mordidas” foi desenvolvido por Friedman et al (1963) e tornou-se conhecido como Análise de Perfil de Textura (TPA, *Texture Profile Analysis*). A partir das respostas fornecidas pelo instrumento, chamado de texturômetro, é possível determinar cinco características primárias (dureza, coesão, adesividade, elasticidade e fragilidade), bem como outras características derivadas destas (ROSENTHAL, 2010).

O teste TPA baseia-se na imitação de mastigação com um ciclo de compressão dupla. O perfil típico de um TPA é apresentado na Figura 2 onde, a dureza representa a força máxima necessária para comprimir a amostra (H), a espalhabilidade (também chamada de elasticidade) é a capacidade da amostra recuperar sua forma original após a força de deformação ser removida (T1/T2), resiliência que é a energia necessária para a amostra recuperar sua forma original (A4/A5), a coesividade que é a medida em que a amostra pode ser deformada antes da ruptura (A2/A1), a adesividade que representa o pico negativo entre o primeiro e o segundo pico (A3), a gomosidade que é a força necessária para desintegrar uma amostra semisólida a um estado passível de deglutição, e a mastigabilidade que é o trabalho necessário para mastigar uma amostra sólida até um estado passível de deglutição.

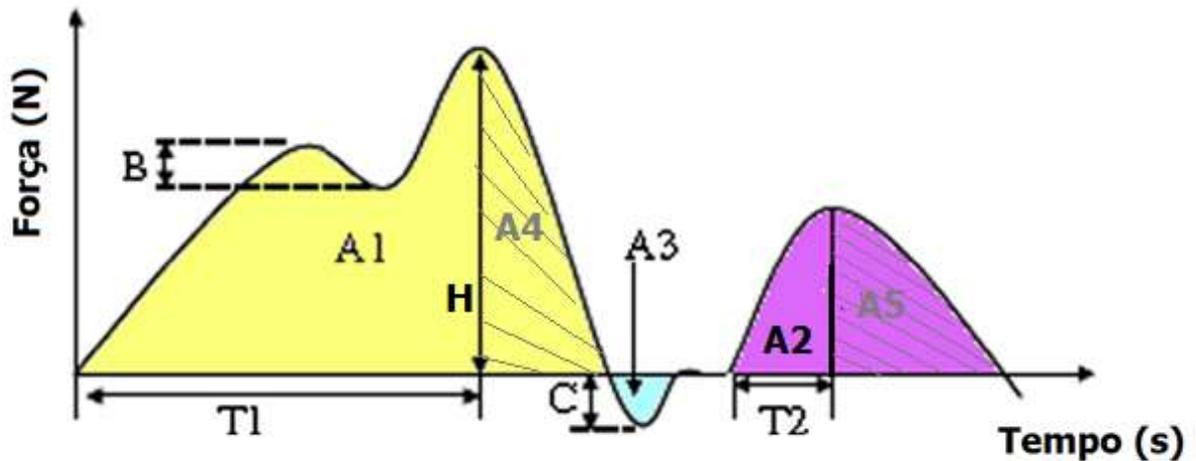


Figura 2. Análise do Perfil de Textura: H- maior força da primeira compressão, T1- tempo decorrido até alcançar H; B- valor detectado como sendo a primeira variação de força, A1- área da região amarela (primeira compressão), C- maior força negativa ao final da primeira compressão, A3- área de curva relativa à força negativa, A2- área da segunda compressão (área rosa), T2- tempo decorrido até o pico máximo de força na segunda compressão, A4 e A5- áreas abaixo das curvas da primeira e segunda compressão localizadas após a força máxima (áreas hachuradas) (Fonte: Adaptado de Chen e Opara 2013).

A avaliação da textura de cookies vem sendo explorada de diversas formas, como pela adição de novos ingredientes à formulação como por exemplo farinha de cevada (GUPTA *et al.*, 2011), como pela aplicação de oleogéis (também chamados organogéis) na substituição da gordura da formulação. O efeito da substituição total da gordura por oleogéis (óleo de nozes e cera de abelhas ou cera de girassol) na textura de cookies foi investigada por Yilmaz *et al.* (2015) que observaram que as propriedades de textura dos cookies (dureza e fratura) permaneceram estáveis por até 30 dias e comparáveis aos cookies produzidos com a gordura comercial.

O termo encurtamento (*shortening*) refere-se à capacidade das gorduras de lubrificarem, enfraquecerem ou encurtarem a estrutura dos componentes da formulação do alimento para proporcionar um produto alimentar com propriedades de textura desejáveis. Dessa forma as gorduras atuam como um lubrificante durante a mistura dos ingredientes, além de impedirem a formação da rede de glúten na massa (MAMAT; HILL 2014). A gordura interage com outros ingredientes para desenvolver e moldar a textura, a sensação bucal e a sensação geral de lubrificação do produto. As propriedades mecânicas dos biscoitos são largamente dependentes do componente (o tipo de gordura e o nível de gordura adicionado). Jacob e Leelavathi (2007) estudaram

o efeito do tipo de gordura na massa de cookies e na qualidade dos mesmos. Eles observaram que os biscoitos contendo óleo líquido tinham uma textura mais dura comparada à formulação que continha gordura hidrogenada.

Dessa forma, com base na discussão da literatura, propõe-se a produção de micropartículas sólidas lipídicas de cera de carnaúba contendo o óleo de chia via homogeneização a quente, bem como a avaliação do efeito da sua aplicação como substituto parcial da gordura em cookies nas propriedades de textura da massa, textura dos cookies assados e características de cor dos mesmos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram utilizados para produção das micropartículas sólidas lipídicas: óleo de chia (Veris Óleos Vegetais), cera de carnaúba (Sigma-Aldrich), caseinato de sódio (Sigma-Aldrich). Para produção dos cookies: farinha de trigo (Anaconda), margarina (Qualy), açúcar, água e fermento químico adquiridos no mercado local de Campo Mourão em janeiro de 2017.

4.2 Encapsulação do óleo de chia

Foram produzidas micropartículas contendo óleo de chia de acordo com a técnica descrita por Gonzalez-Mira et al. (2010) com algumas modificações. A fase aquosa foi preparada por dissolução de 55 mg de caseinato de sódio em água (50 g) a 95 °C. Separadamente, um reator de borossilicato foi ligado a um banho termostático a 95 °C e então adicionado 3,350 g de cera de carnaúba. Em seguida, adicionou-se 1,650 g de óleo de chia no reator com um agitador magnético durante 1 minuto. Depois disso, a fase aquosa anteriormente feita foi adicionada ao reator e a mistura homogeneizada (16000 rpm, 5 minutos), utilizando um Ultra-Turrax (IKA, T25). A suspensão obtida foi vertida num banho de gelo para arrefecimento e solidificação partículas. Finalmente, as partículas dispersas foram liofilizadas e armazenadas a -18°C.

4.3 Produção dos cookies

Para a produção de cookies foi utilizado a formulação descrita por Fasolin et al. (2007) (Tabela 1) com algumas modificações. Foram avaliadas duas formulações com substituição parcial da gordura da formulação (15 e 30%) e uma formulação controle. Inicialmente foi misturado manualmente durante 3 minutos margarina, açúcar, sal, fermento em pó e nas formulações com substituição parcial as micropartículas contendo óleo de chia. Em seguida a água foi adicionada e a mistura homogeneizada

durante 2 minutos. A quantidade de água adicionada foi avaliada em função das características da massa, sendo preparada inicialmente a formulação controle para padronização das demais amostras. Em seguida, a massa foi espalhada com um rolo e a espessura foi padronizada com uma régua com tamanhos de diâmetro (25 mm) e espessura (5 mm). Finalmente os cookies foram assados num forno (Tedesco, FTT 240E) a 200°C durante 15 min, então embalados em embalagens de polietileno (100 g de biscoito por pacote em triplicata) e os mesmos foram armazenados em estufa BOD (Tecnal) com umidade relativa igual a 50% e temperatura igual a 25°C

Tabela 1. Cookies formulações: controle, com óleo de chia micro encapsulado com 15% (M15) e com óleo de chia micro encapsulado com 30% (M30).

Ingredientes	Controle	M15	M30
Farinha de trigo (g)	111,610	111,610	111,610
Açúcar (g)	50,000	50,000	50,000
Margarina (g)	33,750	28,68	23,62
Fermento em pó (g)	2,500	2,500	2,500
Sal (NaCl) (g)	1,050	1,050	1,050
Água (mL)	8,900	17,300	25,670
Microcápsulas com óleo de chia (g)	-	5,06	10,038

4.3.1 Textura da massa dos cookies (crua)

A análise de perfil de textura (TPA) das amostras de massa foi realizada com oito repetições de cada formulação em um texturômetro (TA-XT, Express Enhanced, Stable Micro Systems) equipado com uma célula de carga de 10 kg utilizando uma sonda cilíndrica 25 mm (P/25). As amostras de massa (3 cm de altura e 4,5 cm de diâmetro) foram comprimidas por dois ciclos com intervalo de 5 s. As condições para o TPA foram mantidas a uma velocidade no pré-teste e teste de 3 (mm/s) e a velocidade no pós-teste de 10 (mm/s). As amostras de massa foram comprimidas a 60% da sua altura. Os resultados avaliados foram: dureza, adesividade, elasticidade, resiliência e coesividade. As análises foram realizadas à temperatura ambiente ($\pm 25^\circ\text{C}$).

4.3.2 *Textura dos cookies*

O mesmo equipamento descrito anteriormente foi utilizado seguindo o método descrito por Kim et al. (2012), com algumas modificações. Para cada tratamento (controle, M15 e M30) foram analisados dez cookies já assados. Para determinação a espessura os cookies foram medidos com um paquímetro digital (Ford). Em seguida, os cookies foram submetidos a compressão (5 mm de profundidade, referente a X% da espessura) com uma sonda cilíndrica 2 mm (P/2) com uma velocidade de 5 (mm/s). Foram determinados parâmetros TPA de dureza, adesividade, elasticidade, mastigabilidade, coesividade, resiliência. Os cookies armazenados na BOD foram avaliados em intervalos de tempo de 0 e 30 dias.

4.3.3 *Caracterização da cor*

Para a análise de cor as amostras de cada tratamento foram avaliadas com relação aos parâmetros L*, luminosidade, a* tonalidade da cor que varia de verde a vermelho e b* intensidade de amarelo com o aparelho MiniScan EZ (HunterLab). Os cookies armazenados na BOD foram avaliados quanto à cor em intervalos de tempo de 0 e 30 dias.

4.3.4 *Microestrutura dos cookies*

Para a avaliação das características micro estruturais dos cookies, amostras fraturadas foram analisadas em microscópio eletrônico de varredura (Carl Zeiss / EVO MA 15) localizados na UTFPR – Campus Curitiba (Centro Multiusuário de Caracterização de Materiais – CMCM). As amostras permaneceram em dessecador com sílica durante 1 semana para remoção da umidade e então foram recobertas com ouro em *sputter* previamente à análise.

4.3.5 Caracterização térmica dos cookies

A caracterização térmica dos cookies foi feita utilizando-se um Calorímetro Diferencial de Varredura (DSC, Perkin Elmer, 4000). Cerca de 5 mg das amostras pré-condicionadas em dessecador foram colocadas em cadinhos de alumínio, as rampas de aquecimento foram realizadas entre 0 e 300 °C e a razão de aquecimento de 20 °C/min sob fluxo de nitrogênio gasoso (20 mL/min).

4.3.6 Isotermas de sorção de água

Para a determinação das isotermas de sorção de água foi utilizada a metodologia descrita por Veiga et al. (2016). Foram moídos pedaços de cada formulação de cookie com almofariz e pistilo e então mantidos por 14 dias em dessecador com sílica gel para a remoção de umidade. Então, foram analisados a 25 °C em um gerador de sorção de umidade isotérmica (Aquasorp Decagon Devices, USA).

4.4 Análise estatística

Todos os resultados foram submetidos ao teste-t de Student ou 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 Análise do Perfil de Textura da massa dos cookies

Os resultados de TPA da massa dos cookies estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados do TPA para massa dos cookies controle, e com substituição de 15 % (M15) e 30 % (M30) da gordura por micropartículas contendo óleo de chia.

Dureza (N)	
Controle	10,09 ^B ± 1,18
M15	3,99 ^A ± 0,35
M30	3,74 ^A ± 0,39
Adesividade (N.s)	
Controle	0,05 ^A ± 0,01
M15	0,05 ^A ± 0,03
M30	0,06 ^A ± 0,02
Elasticidade (-)	
Controle	0,52 ^A ± 0,03
M15	0,63 ^B ± 0,04
M30	0,62 ^B ± 0,04
Resiliência (-)	
Controle	0,10 ^A ± 0,01
M15	0,12 ^B ± 0,01
M30	0,12 ^B ± 0,01
Coesividade (-)	
Controle	0,28 ^A ± 0,04
M15	0,44 ^B ± 0,03
M30	0,44 ^B ± 0,02

^{A,B} letras maiúsculas diferentes para o mesmo parâmetro de TPA indicam diferença significativa entre os tratamentos.

Com os resultados da Tabela 2, pode notar-se que o parâmetro dureza da amostra controle apresentou diferença significativa em relação aos cookies que continham as micropartículas com óleo de chia encapsulado (M15 e M30), ou seja, a amostra controle apresentou uma dureza significativamente maior ($p < 0,05$) em relação aos demais tratamentos. Conforme descrito por Mamat e Hill (2014) as gorduras atuam como um lubrificante durante a mistura dos ingredientes, além de impedirem a formação da rede de glúten na massa. Possivelmente as micropartículas

permitiram uma maior fluidez da massa dos cookies do que a gordura interesterificada, levando a uma menor dureza da massa.

Também foi observado que tanto a elasticidade quanto a resiliência das amostras contendo as micropartículas apresentaram-se significativamente maiores ($p < 0,05$) que os resultados de tais parâmetros da amostra controle. Hosney e Rogers (1990) relataram que durante a mistura da massa, a proteína do glúten está sob estresse e algumas ligações dissulfeto são quebradas e a glutenina é possivelmente despolimerizada, sendo que a elasticidade ou a resiliência da massa diminui devido à quebra das ligações dissulfeto. No caso do presente trabalho as amostras com micropartículas apresentaram valores significativamente maiores para tais parâmetros, sendo um possível indício de que as ligações dissulfeto não foram quebradas.

Quanto à coesividade pode-se perceber também que as amostras com substituição parcial da gordura apresentaram valores maiores e estatisticamente significativos quando comparados ao controle ($p < 0,05$). Valderrama-bravo *et al.* (2015) comentam que as massas devem ser coesivas o suficiente para permitir a formação de uma lâmina de massa e assim favorecer o seu corte e formação em discos redondos ou outras formas. Contudo, uma massa extremamente coesiva não pode ser moldada.

5.2 Caracterização das micropartículas de óleo de chia e dos cookies por MEV

A avaliação da morfologia das micropartículas de cera de carnaúba contendo o óleo de chia bem como da microestrutura dos cookies foi avaliada por MEV e as imagens obtidas estão apresentadas na Figura 3.

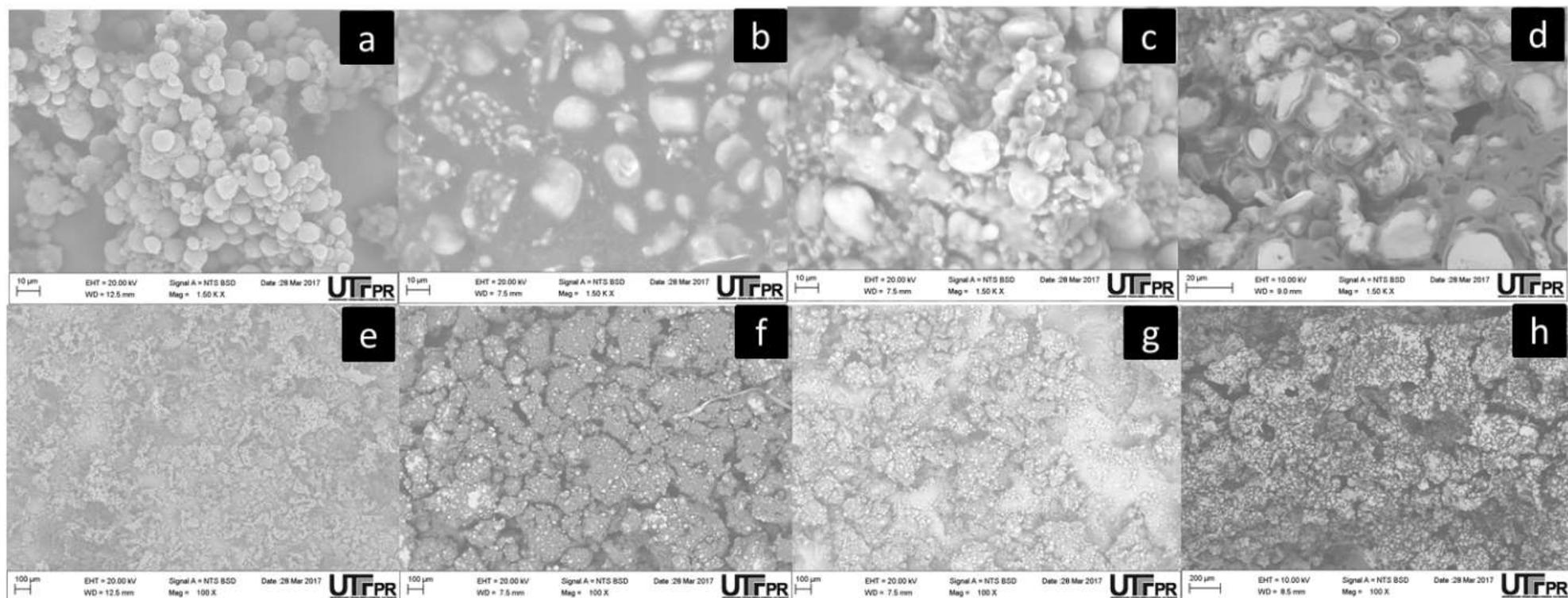


Figura 3. Micrografias de MEV: a) micropartículas de cera de carnaúba contendo óleo de chia, b) cookies controle, c) cookies com substituição de 15% da gordura por micropartículas, d) cookies com substituição de 30% da gordura por micropartículas (magnificação de 1.500x) e) micropartículas, f) cookies controle, g) cookies com substituição de 15% da gordura por micropartículas, h) cookies com substituição de 30% da gordura por micropartículas (magnificação de 100x).

Na Figura 3 (a) percebe-se que as micropartículas apresentam formato regular esférico. Com a Figura 3 (e) pode-se concluir que a distribuição de tamanhos das partículas é regular. No caso da microestrutura dos cookies é possível perceber a presença de grânulos de amido com tamanho variável de 5 a 25 μm em todas as amostras. Contudo, as amostras contendo as micropartículas apresentaram maior quantidade de grânulos de amido visíveis do que a amostra controle. Ng *et al.* (2017) também observaram a microestrutura de biscoitos enriquecidos com fibras de cogumelo ostra (*Pleurotus sajor-caju*) e observaram a presença de grânulos de amido de tamanho entre 15 e 20 μm . De acordo com Sanz *et al.* (2017) a microestrutura de biscoitos é formada por uma matriz de proteína-açúcar onde os grânulos de amido são incorporados dentro da matriz. Durante o processo de forneamento, a gordura derrete e as partículas de farinha são revestidas pela mesma, dificultando a hidratação dos grânulos e formação de novas ligações. Ainda de acordo com os autores, devido ao fato da formulação conter uma grande quantidade de açúcar e água insuficiente, muitos dos grânulos de amido não gelatinizam e permanecem visíveis na microestrutura.

Nota-se, com mais evidência na amostra com substituição de 30% da gordura pelas micropartículas, que houve a formação de uma camada espessa ao redor dos grânulos de amido, formada provavelmente pelas micropartículas que fundiram durante o processo de forneamento. Rodriguez-Garcia *et al.* (2013) também observaram este efeito em cookies produzidos com substituição da gordura por inulina. Os autores também observaram o mesmo efeito relativo a maior facilidade de identificação dos grânulos de amido nas amostras com maior teor de substituto de gordura.

5.3 Caracterização da cor dos cookies

Após o forneamento e então após 30 dias de armazenamento a 25°C a cor dos cookies foi avaliada e os resultados estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Avaliação da cor dos cookies (controle, 15% de substituição da gordura por micropartículas e 30% de substituição) durante o período de armazenamento.

Tratamento	0 dias	30 dias
L*		
Controle	72,38 ^{aA} ± 1,78	69,25 ^{aA} ± 8,81
M15	73,17 ^{aA} ± 2,17	67,29 ^{aA} ± 12,73
M30	71,64 ^{aA} ± 2,23	70,29 ^{aA} ± 2,98
a*		
Controle	12,55 ^{bB} ± 2,58	10,47 ^{bA} ± 1,83
M15	9,30 ^{aA} ± 1,56	9,24 ^{aA} ± 1,85
M30	12,85 ^{bA} ± 2,35	12,20 ^{aA} ± 3,01
b*		
Controle	36,52 ^{bA} ± 0,81	35,09 ^{aA} ± 1,45
M15	34,71 ^{aA} ± 1,02	34,44 ^{aA} ± 3,27
M30	35,81 ^{bB} ± 1,61	34,62 ^{aA} ± 1,83

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

Na avaliação dos dados obtidos para Luminosidade (L^*), verificou-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) tanto para os tratamentos quanto para o tempo de armazenamento.

O parâmetro a^* refere-se à tonalidade da cor que varia de verde a vermelho. Nota-se que as amostras que no tempo inicial diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$) foram a amostra controle e a amostra com 30% de substituição da amostra com 15% de substituição da gordura. Após os 30 dias de armazenamento, as amostras com substituição de gordura (15 e 30%) mantiveram-se estatisticamente iguais ao primeiro dia de análise, porém a amostra controle apresentou uma redução estatisticamente significativa no parâmetro a^* .

Já com relação ao parâmetro b^* que indica variação de cor entre amarelo e azul, foi detectado o mesmo comportamento já discutido para o parâmetro a^* , amostras controle e 30% de substituição da gordura estatisticamente iguais ($p > 0,05$) diferindo da amostra com 15% de substituição da gordura. Após os 30 dias de armazenamento não houve detecção de diferença significativa ($p > 0,05$) quando comparado ao tempo inicial. Possivelmente as diferenças detectadas podem ter relação com a posição das amostras no momento do forneamento.

5.4 Textura dos cookies

Os parâmetros avaliados na Análise de Perfil de Textura (TPA), dureza, adesividade, gomosidade, elasticidade, resiliência, coesividade e mastigabilidade, estão apresentados na Tabela 4 em função do tempo de armazenamento dos cookies.

Tabela 4. Resultados do TPA para cookies (controle, 15% de substituição da gordura por micropartículas e 30% de substituição) para o dia inicial e 30 dias de armazenamento.

Dureza (N)		
Tempo (dias)	0	30
Controle	26,74 ^{Aa} ± 5,57	18,65 ^{Ab} ± 6,02
M15	26,76 ^{Aa} ± 5,20	18,85 ^{Ab} ± 5,36
M30	24,70 ^{Aa} ± 4,69	18,79 ^{Ab} ± 5,57
Adesividade (N.s)		
Tempo (dias)	0	30
Controle	0,20 ^{Aa} ± 0,07	0,11 ^{Aa} ± 0,10
M15	0,20 ^{Aa} ± 0,07	0,18 ^{Aa} ± 0,10
M30	0,21 ^{Aa} ± 0,02	0,17 ^{Aa} ± 0,06
Gomosidade (N)		
Tempo (dias)	0	30
Controle	53,85 ^{Aa} ± 19,05	45,90 ^{Aa} ± 31,43
M15	61,18 ^{Aa} ± 20,61	45,13 ^{Aa} ± 22,94
M30	67,69 ^{Aa} ± 19,63	39,18 ^{Aa} ± 11,03
Resiliência (-)		
Tempo (dias)	0	30
Controle	0,05 ^{Aa} ± 0,03	0,06 ^{Aa} ± 0,02
M15	0,04 ^{Aa} ± 0,01	0,06 ^{Aa} ± 0,04
M30	0,04 ^{Aa} ± 0,02	0,05 ^{Aa} ± 0,02
Coesividade (-)		
Tempo (dias)	0	30
Controle	0,02 ^{Aa} ± 0,01	0,03 ^{Aa} ± 0,01
M15	0,02 ^{Aa} ± 0,01	0,03 ^{Aa} ± 0,02
M30	0,03 ^{Aa} ± 0,02	0,04 ^{Aa} ± 0,05
Mastigabilidade (N.mm)		
Tempo (dias)	0	30
Controle	1,67 ^{Aa} ± 0,86	4,50 ^{Aa} ± 3,15
M15	1,96 ^{Aa} ± 1,25	8,47 ^{Aa} ± 9,85
M30	2,88 ^{Aa} ± 0,88	1,86 ^{Aa} ± 1,28

Resultados expressos média ± desvio padrão de sete repetições de cada tratamento. A,B Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras analisadas a um nível de 95% de confiança ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. a,b Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa para a mesma amostra em dias diferentes analisadas a um nível de 95% de confiança pelo teste t-student.

Pode-se notar que os resultados de dureza apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) com o tempo de armazenamento. Porém para o mesmo dia os tratamentos apresentaram-se estatisticamente iguais ($p > 0,05$). Avaliando este resultado com o obtido para a massa dos cookies (Tabela 2) pode-se concluir que apesar das diferenças observadas quanto à dureza e elasticidade da massa, que podem ter relação com a formação da rede de glúten, após o forneamento dos cookies não foi detectada diferença entre as amostras.

O'Brien *et al.* (2003) observaram um aumento na dureza de cookies (método de 3 pontos de apoio ou *snap test*) ao longo do tempo de armazenamento (8 semanas) produzidos com substituição da gordura por micropartículas de gordura vegetal estabilizadas com proteína do soro do leite. No presente trabalho os resultados demonstram uma redução da dureza ao longo do tempo. Sudha *et al.* (2014) observaram que cookies produzidos com substituição da gordura por micropartículas de caseinato de sódio ou de leite em pó desnatado com gordura vegetal encapsulada apresentaram maiores valores de dureza do que a amostra controle. Os autores encontraram valores na faixa de 15 a 21N para as amostras com substituição e 12 N para a amostra controle. Os valores obtidos no presente trabalho (Tabela 4) indicam que a dureza dos cookies no dia inicial foi superior à encontrada por Sudha *et al.* (2014), contudo após os 30 dias de armazenamento os valores se aproximam dos resultados dos autores.

Os parâmetros de adesividade, gomosidade, resiliência, coesividade e mastigabilidade apresentaram resultados estatisticamente iguais ($p > 0,05$) tanto para a avaliação entre os tratamentos quanto para o tempo de armazenamento.

5.5 Isoterma de sorção de água nos cookies

A avaliação das características de higroscopicidade dos cookies foi feita com a análise das isotermas de sorção de água a 30°C, sendo os resultados apresentados na Figura 4.

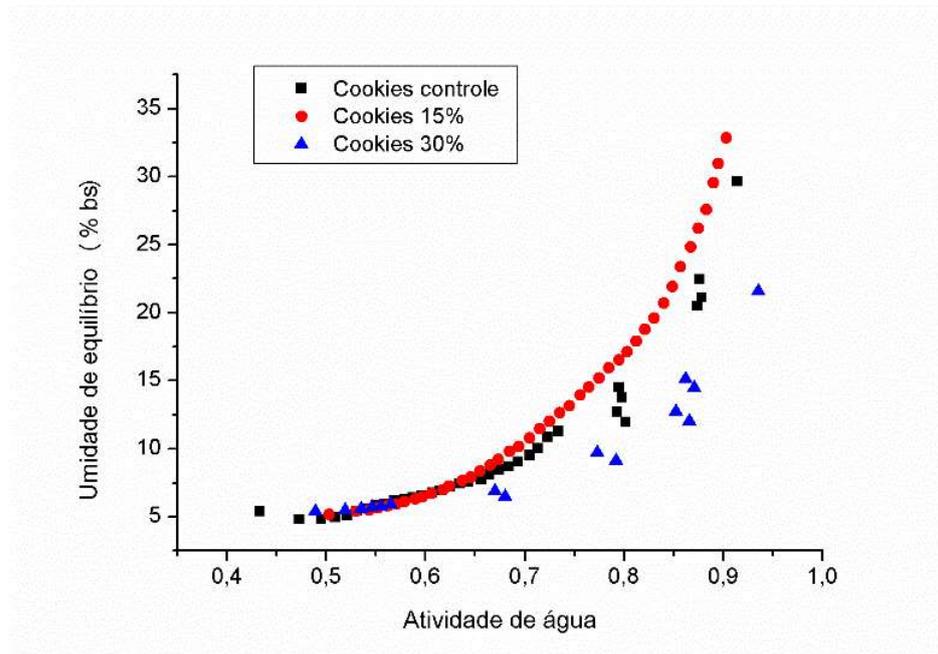


Figura 4. Isotermas de sorção de água das amostras de cookies controle, cookies com substituição da gordura por 15% de micropartículas e 30% de substituição, a 30°C.

Os valores obtidos de umidade de equilíbrio para a amostra controle estão de acordo com os obtidos por Palou López-Malo e Argáiz (1997) para cookies comerciais vendidos no México, em torno de 30%bs para uma atividade de água de aproximadamente 0,9. As isotermas de todas as amostras de cookies podem ser classificadas como do Tipo III, de acordo com a classificação de Brunauer–Emmett–Teller.

Nota-se que as amostras de cookies controle e com 15% de substituição da gordura pelas micropartículas apresentaram para uma mesma atividade de água, maiores valores de umidade de equilíbrio do que a amostra com 30% de substituição da gordura. Por exemplo, para uma atividade de água igual a 0,91 as umidades de equilíbrio para as amostras controle, 15% e 30% foram iguais a 29,64; 32,83 e 21,55%bs respectivamente. Este resultado está relacionado à formação da camada de lipídeo sólido observada com as micrografias de MEV (Figura 3) que levaram a uma proteção dos grânulos de amido, evitando a adsorção de moléculas de água sob sua superfície.

5.6 Caracterização Térmica dos Cookies por DSC

Tanto as micropartículas de cera de carnaúba contendo o óleo de chia quanto os cookies produzidos foram analisados quanto as suas propriedades térmicas por Calorimetria Diferencial de Varredura, sendo os termogramas apresentados na Figura 5.

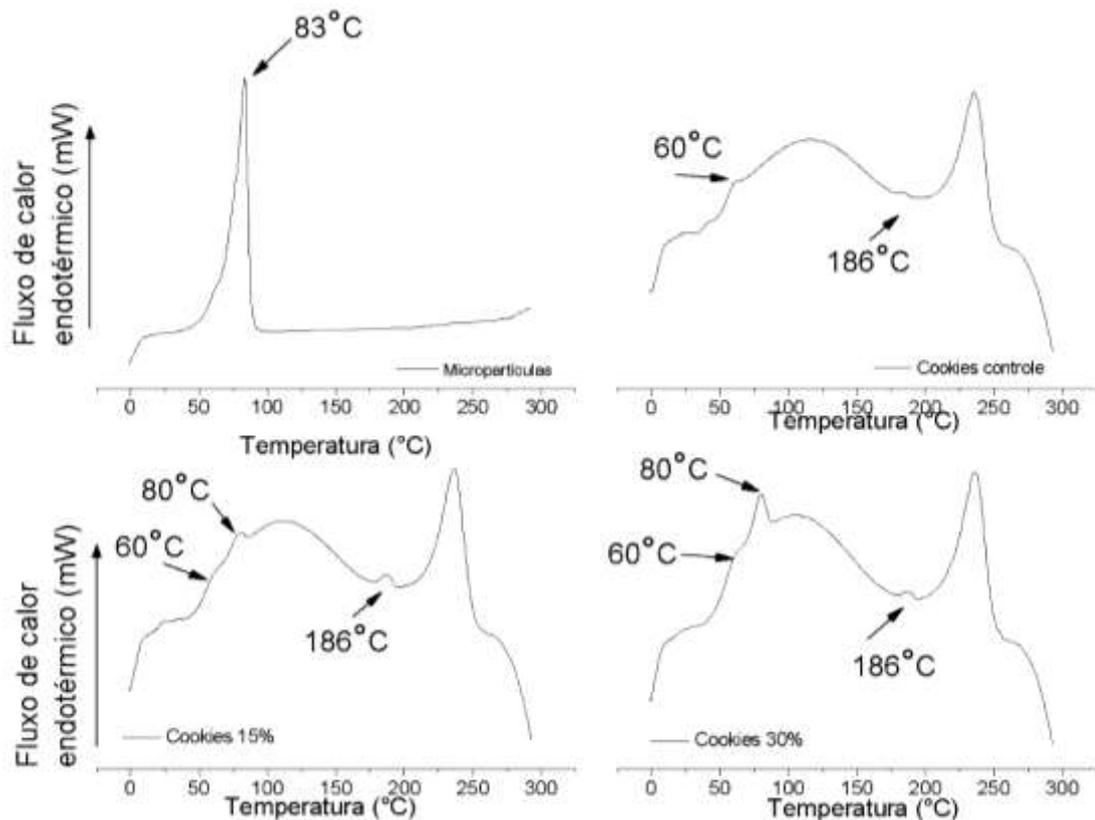


Figura 5. Termogramas de DSC das micropartículas de cera de carnaúba contendo óleo de chia, amostra de cookies controle, e amostras de cookies com 15% e 30% de substituição da gordura por micropartículas de cera de carnaúba contendo óleo de chia.

Nota-se que no termograma da amostra de micropartículas um pico endotérmico está localizado em 83°C indicando a temperatura de fusão (T_m , *melting temperature*) das micropartículas sólidas lipídicas (ROSIAUX *et al.*, 2014). Ainda pode notar-se que mesmo até alcançar 300°C as micropartículas apresentam estabilidade térmica, não apresentando degradação, demonstrando a sua aplicabilidade à formulação de biscoitos assados como o caso dos cookies. Já nas amostras de cookies com 15 e 30% de substituição da gordura pelas micropartículas percebe-se o mesmo pico

endotérmico, porém este encontra-se em 80°C indicando uma menor T_m . A intensidade de tais picos é proporcional à quantidade de micropartículas na amostra, destacando-se mais na amostra com 30% de substituição, sendo a variação de entalpia relativa aos picos foi calculada sendo iguais a 321,17 J/g°C (micropartículas), 78,65 J/g°C (cookies 30%) e 39,48 J/g°C (cookies 15%). Este comportamento é um indício de que as micropartículas incorporadas aos cookies apresentaram comportamento térmico semelhante ao das micropartículas antes da incorporação. Contudo, com a análise da microestrutura dos mesmos foi possível verificar que durante o forneamento as micropartículas fundiram-se, formando uma estrutura contínua. Esta modificação da estrutura das micropartículas nos cookies pode estar relacionada com a redução na T_m para 80°C.

O pico relativo a temperatura de transição vítrea (T_g , Glass Temperature) do amido presente na farinha de trigo pode ser identificado em todas as amostras de cookies em 60°C (NG *et al.*, 2017). A temperatura de fusão cristalina (T_m) da sacarose utilizada na produção dos cookies é evidente em todos os termogramas localizada na temperatura de 186°C (LU *et al.*, 2017).

6. CONCLUSÃO

A produção das micropartículas de cera de carnaúba contendo óleo de chia via homogeneização a quente foi obtida com êxito, elas apresentaram formatos esféricos e uma distribuição regular. No caso da microestrutura dos cookies foi possível perceber a presença de grânulos de amido com tamanho variável de 5 a 25 μm em todas as amostras o que é confirmado na literatura onde observaram a presença de grânulos de amido de tamanho entre 15 e 20 μm em biscoitos enriquecidos com fibra de cogumelo.

Na avaliação de textura da massa dos cookies notou-se uma diferença significativamente ($p < 0,05$) maior na dureza da amostra controle em relação aos cookies que continham as micropartículas com óleo de chia permitindo assim uma maior fluidez da massa dos cookies do que a gordura hidrogenada, levando a uma menor dureza da massa.

Os parâmetros de elasticidade e resiliência das amostras contendo as micropartículas apresentaram-se significativamente maiores ($p < 0,05$) que os resultados da amostra controle que apresentaram de não ruptura das ligações dissulfeto, ou seja, aumentando a elasticidade e a resiliência da massa. Em relação à coesividade as amostras com substituição parcial da gordura apresentaram valores maiores quando comparados ao controle, mas ainda sim coesivas o suficiente para permitir a formação de uma lâmina de massa a fim de favorecer o seu corte.

Os cookies produzidos não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) em relação a luminosidade, no entanto, em relação aos parâmetros a^* e b^* a amostra controle e a amostra com 30 % de micropartículas diferiu-se da amostra de 15 %, essas diferenças detectadas podem ter relação direta com a posição das amostras no momento do forneamento.

De acordo com a classificação de Brunauer–Emmett–Teller em relação as isotermas de sorção todas amostras foram classificadas como do Tipo III, os cookies da amostra controle e com 15% de substituição da gordura pelas micropartículas apresentaram uma mesma atividade de água, maiores valores de umidade de equilíbrio do que a amostra com 30% de substituição da gordura este resultado leva a uma proteção dos grânulos de amido, evitando a adsorção de moléculas de água sob sua superfície.

Por fim as características térmicas avaliadas por calorimetria Diferencial de Varredura apresentou as amostras com pico endotérmico proporcionais à quantidade de micropartículas na amostra, destacando-se mais na amostra com 30% de substituição, sendo a variação de entalpia relativa aos picos foi calculada sendo iguais a 321,17 J/g°C (micropartículas), 78,65 J/g°C (cookies 30%) e 39,48 J/g°C (cookies 15%). As micropartículas apresentaram ainda estabilidade térmica mesmo alcançando 300°C. O pico relativo a temperatura de transição vítrea do amido presente na farinha de trigo foi identificada em todas as amostras de cookies em 60°C e a temperatura de fusão cristalina da sacarose utilizada na produção dos cookies foi evidente em todos os termogramas localizada na temperatura de 186°C. Desta forma, de maneira geral os dados demonstram que as características dos cookies produzidos foram satisfatórias.

7. REFERÊNCIAS

AL-HOOTI, S.N.; SIDHU, J.S.; AL-SAGER, J.M.; AL-AMIRI, H.A.; AL-OTHMAN, A.; MANSOR, I.B.; JOHARI, M. Developing functional foods using red palm olein. I. Pan bread and sugar-snap cookies. *Advances in Food Sciences.*, v.24, p.138–143. 2002.

AUGUSTIN, M. A.; HEMAR, Y. Nano- and micro-structured assemblies for encapsulation of food ingredients. *Chemical Society Reviews.*, v.38, p.902-912. 2009.

BLAKE, A. I.; MARANGONI, A. G. Structure and physical properties of plant wax crystal networks and their relationship to oil binding capacity. *Journal of the American Oil Chemists' Society.*, v.91(6), p.885–903. 2014.

BODMEIER, R.; WANG, J.; BHAGWATWAR, H. Process and formulation variables in the preparation of wax microparticles by a melt dispersion technique. I. Oil-in-water technique for water-insoluble drugs. *J. Microencapsulation.*, V. 9. p.89-98. 1992.

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.

CAMPOS, D. A.; MADUREIRA, A. R.; SARMENTO, B.; PINTADO, M. M.; GOMES, A. M. Technological stability of solid lipid nanoparticles loaded with phenolic compounds: Drying process and stability along storage. *Journal of Food Engineering.*, v.196. p.1-10. 2017.

CHAUDHRY, Q.; CASTLE, L. Food applications of nanotechnologies: an overview of opportunities and challenges for developing countries. *Trends Food Science & Technology.*, v.22, p.595–603. 2011.

CHEN, L.; OPARA, U. L. Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods – A review. *Journal of Food Engineering.*, v. 119. p. 497–507. 2013.

CHENG, Z.; BLACKFORD, J.; WANG, Q.; YU, L. Acid treatment to improve psyllium functionality. *Journal of Functional Foods.*, v.1, p.44–49. 2009.

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.

DEVI, A.; KHATKAR, B. S. Physicochemical, rheological and functional properties of fats and oils in relation to cookie quality: a review. *J Food Sci Technol.*, v. 53(10), p. 3633–3641. 2016.

DOWNES, F.P.; ITO, K. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. Washington: American Public Health Association., 4.ed, p. 676. 2001.

DRUSCH, S.; MANNINO, S. Patent-based review on industrial approaches for the microencapsulation of oils rich in polyunsaturated fatty acids. *Trends in Food Science & Technology.*, v.20, p.237-244. 2009.

EL-DASH, A.; GERMANI, R. Tecnologia de Farinhas Mistas: Uso de Farinhas Mistas na Produção de Biscoitos. *Brasília: EMBRAPA – SPI.*, v. 6. p.47. 1994.

FASOLIN, L.H.; ALMEIDA, G.C.; CASTANHO, P.S.; NETTO-OLIVEIRA, E.R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliação química, física e sensorial. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 27, p. 524. 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.

FRIEDMAN, H.; WHITNEY, J. E.; SZCZESNIAK, A. S. The Texturometer-A New Instrument for Objective Texture Measurement. *General Foods Technical Center, Tarrytoew*. 1962.

GAJERA H. P.; KAPOPARA M. B.; PATEL V. H. Application of peanut butter to improve fatty acid composition of biscuits. *J Food Sci Technol.*, v.47, p.285–289. 2010.

GIARNETTI, M.; PARADISO, V. M.; CAPONIO, F.; SUMMO, C.; PASQUALONE, A. Fat replacement in shortbread cookies using an emulsion filled gel based on inulin and extra virgin olive oil. *LWT - Food Science and Technology.*, v.63, p. 339-345. 2015.

GOMES, G. V. L.; BORRIN, T. R.; CARDOSO, L. P.; SOUTO, E.; PINHO, S. C. Characterization and Shelf Life of b-Carotene Loaded Solid Lipid Microparticles Produced With Stearic Acid and Sunflower Oil. *Brazilian Archives of Biology na technology na International Journal.*, v.56. p. 663-671. 2013.

GONZALEZ-MIRA, E.; EGEA, M.A.; GARCIA, M.L.; SOUTO, E.B. Design and ocular tolerance of flurbiprofen loaded ultrasound-engineered NLC. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.*, v.296, p.4200. 2010.

GUPTA, M.; BAWA, A. S.; ABU-GHANNAM, N. Effect of barley flour and freeze–thaw cycles on textural nutritional and functional properties of cookies. *food and bioproducts processing.*, v.8. p.520–527. 2011.

INGLETT, G.E.; CHEN, D.; LIU, S. Physical properties of sugar cookies containing chia-oat composites. *Research Article.*, v.94, p.3226. 2014.

IXTAINA, V.; MARTÍNEZ, M.L.; SPOTORNO, V.; MATEO, C.M.; MAESTRI, D.M.; DIEHL, B.W.; NOLASCO, S.; TOMÁS, M. Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction, *Journal Food Composition Analysis.*, v.24, p.166–174. 2011.

HANDA, C.; GOOMER, S.; SIDDHU, A. Pilot-scale technology development, nutritional and consumer assessment of whole-multigrain cookies as influenced by fructan inclusion. *Journal Food Science.*, v.76, p.198–202. 2011.

HOSENEY R. C.; ROGERS, E. D. The formation and properties of wheat flour doughs. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.*, v.29:2. p.73-93. 1990.

- JACOB, J.; LEELAVATHI, K.; Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality, *Journal Food Engineering.*, v.79, p.299–305. 2007.
- JANG, A.; BAE, W.; HWANG, H. S.; LEE, H. G.; LEE, S. Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods. *Food Chemistry.*, v.187, p.525–529. 2015.
- KHERADMANDNIA, S.; VASHEGHANI-FARAHANI, E.; NOSRATI, M.; ATYABI, F. Preparation and characterization of ketoprofen-loaded solid lipid nanoparticles made from beeswax and carnauba wax. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine.*, v.6. p. 753–759. 2010.
- KIM, E. H-J.; CORRIGAN, V.K.; WILSON, A.J.; WATERS, I.R.; HEDDERLEY, D.I.; MORGENSTERN, M.P. Fundamental Fracture Properties associated with sensory hardnesses of brittle solid foods. *Journal of Texture Studies.*, v.43, p.49. 2012.
- LAGUNA, L.; SALVADOR, A.; SANZ, T.; FISZMAN, S.M. Performance of a resistant starch rich ingredient in the baking and eating quality of short-dough biscuits. *Trends Food Science & Technology.*, v.44, p.737–746. 2011.
- LEIMANN, F.V.; GONÇALVES, O.H.; MACHADO, R.A.F.; BOLZAN, A. Antimicrobial activity of microencapsulated lemongrass essential oil and the effect of experimental parameters on microcapsules size and morphology. *Materials Science and Engineering.*, v.29, p.430. 2009.
- LU, Y.; THOMAS, L.; SCHMIDT, S. Differences in the thermal behavior of beet and cane sucrose sources. *Journal of Food Engineering.*, v.201. p. 57-70. 2017.
- MAMAT, H.; HILL, S. E. Effect of fat types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit. *J Food Sci Technol.*, v.51(9). p.1998–2005. 2014.
- MANOHAR, R.S.; RAO, P.H. Interrelationship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits; use of elastic recovery of dough to predict biscuit quality. *Food Research Internacional.*, v.35, p.807–813. 2002.

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

NG, S. H.; ROBERT, S. D.; AHMAD, W. A. N. W.; ISHAK, W. R. W. Incorporation of dietary fibre-rich oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) powder improves postprandial glycaemic response by interfering with starch granule structure and starch digestibility of biscuit. *Food Chemistry.*, v.227. p. 358-368. 2017.

O`BRIEN, C. M.; CHAPMANB, D.; NEVILLES, D. P.; KEOGHC, M.K.; ARENDTB, E. K. Effect of varying the microencapsulation process on the functionality of hydrogenated vegetable fat in shortdough biscuits. *Food Research International.*, V. 36 p.215–221. 2003.

PALOU, E.; MALO, L.; ARGAIZ. A. Effect of Temperature on the Moisture Sorption Isotherms of some Cookies and Corn Snacks. *Journal of Food Engineering.*, v.31. p.85-93. 1997.

PATEL, A. R.; RAJARETHINEM, P. S.; GREŁDOWSKA, A.; TURHAN, O.; LESAFFER, A.; DE VOS, W. H.; DEWETTINCK, K. Edible applications of shellac oleogels: Spreads, chocolate paste and cakes. *Food & Function.*, v.5(4), p.645–652. 2014.

PEGG. R.B.; SHAHIDI, F. Encapsulation, stabilization, and controlled release of food ingredients and bioactives. *Handbook of food preservation.*, USA. Ed. RAHMAN, M.S., p.509–568. 2007.

PERRY, J. M. et al. Instrumental and sensory assessment of oatmeal and chocolate chip cookies: modified with sugar and fat replacers. *Cereal Chemistry.*, v. 80, n. 1, p. 45-51, 2003.

PITEIRA, M.F.; MAIA, J.M.; RAYMUNDO, A.; SOUSA, I. Extensional flow behaviour of natural fiber-filled dough and its relationship with structure and properties. *J. Non-Newton Fluid Mech.*, v.137, p.72–80. 2006.

POUDYAL, H.; PANCHAL, S.K.; WAANDERS, J.; WARD, L. BROWN, L. Lipid redistribution by α -linolenic acid-rich chia seed inhibits stearoyl-CoA desaturase-1 and

- induces cardiac and hepatic protection in diet-induced obese rats. *J Nutr Biochem.*, v.23(2). P.153–62. 2012.
- RAMCHARITAR, A.; BADRIE, N.; MATTFELDT-BEMAN M.; MATSUO, H.; RIDLEY, C. Consumer acceptability of muffins with flaxseed (*Linum usitatissimum*). *Journal of Food Science.*, v.70, p.S504–S507. 2006.
- ROCHA, B. A.; RITTER, A. M. V.; AMES, F. Q.; GONÇALVES, O.H.; LEIMANN, F. V.; BRACHT, L.; NATALI, M. R. M.; CUMAN, R. K. N.; BERSANI-AMADO, C. A. Acetaminophen-induced hepatotoxicity: Preventive effect of trans anetholea *Biomedicine & Pharmacotherapy.*, v. 86. p.213–220. 2017.
- RODRÍGUEZ-GARCIA, J.; LAGUNA, L.; PUIG, A.; SALVADOR, A.; HERNANDO, I. Effect of Fat Replacement by Inulin on Textural and Structural Properties of Short Dough Biscuits. *Food Bioprocess Technol.*, v.6. p.2739-2750. 2013.
- ROSENTHAL, A. Texture profile analysis – How importante are the parameters? *School of Life Science.* 2010.
- ROSIAUX, Y.; JANNIN, V.; HUGHES, S.; MARCHAUD, D. Solid lipid excipients — Matrix agents for sustained drug delivery. *Journal of Controlled Release.*, v.188. p. 18-30.2014.
- SANGUANSRI, L.; AUGUSTIN, M.A. Microencapsulation and delivery of omega-3 fatty acids, in: J. Shi (Ed.), *Functional Food Ingredients and Nutraceuticals: Processing Technologies*, Taylor & Francis Group, New York, p. 297–328. 2007.
- SANZ, T.; QUILES, A.; SALVADOR, A.; HERNANDO, I. Structural changes in biscuits made with cellulose emulsions as fat replacers. *Food Science and Technology International.*2017.
- SIMAS, K. N.; VIEIRA, L. N.; PODESTÁ, R.; MULLER, C. M. O.; VIEIRA, M. A.; BEBER, R. C.; REIS, M. S.; BARRETO, P. L. M.; AMANTE, E. R.; AMBONIL, R. D. M. C. Effect of king palm (*Archontophoenix alexandrae*) flour incorporation on

physicochemical and textural characteristics of gluten-free cookies. *Journal of Food Science and Technology.*, v.44, p.531-538. 2009.

SIRÓ, I.; KÁPOLNA, E.; KÁPOLNA, B. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance – *A review. Appetite.*, v.51, p.456–467. 2008.

STORTZ, T. A.; ZETZL, A. K.; BARBUT, S.; CATTARUZZA, A.; MARANGONI, A. G. Edible oleogels in food products to help maximize health benefits and improve nutritional profiles. *Lipid Technology.*, v.24(7), p.151–154. 2012.

SUDHA, M. L.; CHETANA, R.; YELLA REDDY, S. Effect of microencapsulated fat powders on rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits. *J Food Sci Technol.*, v.51, p. 984–3990. 2014.

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

VALDERRAMA-BRAVO, C.; RAMÍREZ, Y. L.; JIMENEZ-AMBRIZ, S.; LUNA, O.; DOMÍNGUEZ-PACHECO, A.; HERNANDEZ-AGUIAR, C.; MORENO-MARTÍNEZ, E. Changes in chemical, viscoelastic, and textural properties of nixtamalized dough with nejayote. *Food Science and Technology.*, v. 61. p. 496-502. 2015.

YILMAZ, E.; OGUTCU, M. The texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels. *Food Funct.*, v. 6. p. 1194. 2015.