

RESSALVA

Atendendo solicitação da
autora, o texto completo desta dissertação
será disponibilizado somente a partir
de 29/09/2019.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS ILHA SOLTEIRA**

TASCILA FERREIRA DA SILVA SARANTI

**DESENVOLVIMENTO DE NOVOS FILMES COMESTÍVEIS DE GELATINA
CONTENDO NANOEMULSÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE PIMENTA PRETA OU
MANJERONA REFORÇADOS COM CLOISITE Na⁺**

Ilha Solteira

2019



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Ilha Solteira

TASCILA FERREIRA DA SILVA SARANTI

**DESENVOLVIMENTO DE NOVOS FILMES COMESTÍVEIS DE GELATINA
CONTENDO NANOEMULSÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE PIMENTA PRETA OU
MANJERONA REFORÇADOS COM CLOISITE Na⁺**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do
Câmpus de Ilha Solteira – UNESP como parte dos
requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência
dos Materiais.

Área de concentração: Química dos Materiais.

Prof^ª. Dra. Marcia Regina de Moura Aouada.

Orientadora

Ilha Solteira

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S243d Saranti, Tascila Ferreira da Silva.
Desenvolvimento de novos filmes comestíveis de gelatina contendo nanoemulsão de óleo essencial de pimenta preta ou manjerona reforçados com cloisite NA⁺ / Tascila Ferreira da Silva Saranti. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2019
78 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Química dos Materiais, 2019

Orientador: Marcia Regina de Moura Aouada
Inclui bibliografia

1. Filmes comestíveis. 2. Polímeros naturais. 3. Embalagem ativa. 4. Filmes biodegradáveis.

Raiane da Silva Santos
Raiane da Silva Santos

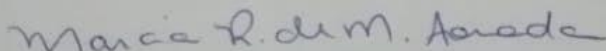
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Desenvolvimento de novos filmes comestíveis de gelatina contendo nanoemulsão de óleos essencial de pimenta preta ou manjerona reforçados com Cloisite-Na+

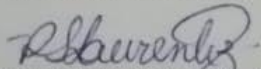
AUTORA: TASCILA FERREIRA DA SILVA SARANTI

ORIENTADORA: MARCIA REGINA DE MOURA AOUADA

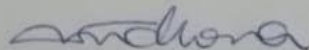
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA DOS MATERIAIS, área: Química dos Materiais pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. MARCIA REGINA DE MOURA AOUADA
Departamento de Física e Química / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Profa. Dra. ROSANGELA DA SILVA DE LAURENTIZ
Departamento de Física e Química / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Profa. Dra. GRASIELE SCARAMAL MADRONA
Departamento de Engenharia de Alimentos / Universidade Estadual de Maringá

Ilha Solteira, 29 de março de 2019

*Dedico este trabalho aos meus amados pais,
Tonico e Glaucia, pelo apoio, carinho e amor
incondicional durante toda a minha existência.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida, por ter me dado saúde e força para prosseguir.

Agradeço aos meus pais, os meus maiores incentivadores, obrigada por todo amor e carinho.

Ao Leonardo, por me ensinar o real sentido da palavra persistência, e por tantas vezes compreender minha ausência.

À Prof^a. Dra. Márcia Regina de Moura Aouada, pela orientação, por todo conhecimento tão gentilmente compartilhado, pela amizade, paciência e confiança a mim depositada, minha eterna admiração como profissional, mulher e mãe.

À minha amiga e irmã Pamela Thais, minha grande inspiração de ser humano.

Ao professor Dr. Fauze Ahmad Aouada, pela amizade, conhecimento, e principalmente pelo incentivo a superar a nós mesmo.

Aos colegas do GCNH, por todas as risadas, conselhos, correções, ensinamentos, pesagens de WVP, compartilhamento de estufa, e até pelos momentos difíceis, são estes que nos fazem evoluir como ser humano, sem vocês essa jornada seria muito mais difícil.

Aos colegas, funcionários e professores do Departamento de Física e Química, que sempre me ajudaram no decorrer da pesquisa.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais, pela oportunidade.

À Embrapa Instrumentação por todo suporte no decorrer desse trabalho. Obrigada Marcos Lorevice, por disponibilizar seu tempo e conhecimento em prol de ajudar o próximo.

A Universidade Estadual de Maringá, em nome da Prof^a. Dra. Grasi e suas alunas Suelen e Jéssica, o meu muito obrigada por não hesitarem em ajudar.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Pensar é o trabalho mais difícil que existe, e esta é provavelmente a razão por que tão poucos se dedicam a ele. (Henry Ford)

RESUMO

A crescente preocupação em se consumir produtos que sejam ecologicamente corretos tem motivado pesquisas no desenvolvimento de novos materiais. Nesse sentido, filmes à base de polímeros naturais têm sido desenvolvidos com o objetivo de substituir parcialmente a utilização dos polímeros tradicionais. A utilização desses filmes, além de diminuir a geração de resíduos plásticos descartados no meio ambiente, podem ainda exercer a função de embalagem ativa, estendendo a vida útil dos alimentos. O presente trabalho consiste na elaboração de novos filmes comestíveis à base de gelatina e nanoemulsão de óleos essenciais de manjerona e de pimenta-preta. A gelatina é um polímero natural, biocompatível e biodegradável, possuindo boa capacidade de formar filmes flexíveis. Os óleos essenciais de manjerona e de pimenta-preta possuem boa aceitação por parte dos consumidores, além de excelentes propriedades antioxidantes e antimicrobianas. Quando adicionados às matrizes poliméricas em forma de nanoemulsão, pode contribuir para a diminuição da permeabilidade a vapores de água e aumentar a tenacidade dos filmes. Visando a melhoria da resistência mecânica dos filmes, dispersão de argilas vem sendo incorporadas as dispersões filmogênicas. Nesse trabalho, foi utilizada a cloisite Na⁺. Os filmes produzidos foram caracterizados quanto à análise subjetiva, permeabilidade ao vapor de água, propriedade mecânicas, propriedades térmicas, difração de raios-x, ângulo de contato e microestruturais. As nanoemulsões foram caracterizadas quanto ao tamanho de partícula, apresentando diâmetro médio em torno de 250 e 181 nm para pimenta preta, e 82 e 47 nm para manjerona. Em relação à permeabilidade ao vapor de água e aos ensaios mecânicos, foi possível observar que filmes contendo nanoemulsão de menor tamanho apresentaram decréscimo da permeabilidade e incremento na resistência mecânica. Os menores tamanhos de partícula foram obtidos utilizando-se o óleo essencial de manjerona. A adição de argila também contribuiu para aumentar a tensão na ruptura e o ângulo de contato dos filmes, este último por sua vez aumentou a hidrofobicidade superficial dos filmes. O processo de ultrassom submetido à argila aumentou o espaçamento basal entre as plaquetas, conforme apresentado nos resultados de difração de raios-x. Dessa forma, os filmes elaborados com o óleo essencial de manjerona com tamanho de partícula menor e cloisite Na⁺ foram os que reuniram melhores propriedades que possibilitam uma maior aplicação na área de embalagens.

Palavras-chave: Filmes comestíveis. Polímeros naturais. Embalagem ativa. Filmes biodegradáveis.

ABSTRACT

The growing concern to consume products that are ecologically correct has motivated the study in the development of new materials. In this sense, films based in natural polymers have been created with the aim of replacement of the traditional polymers. The use of these films behind to decreasing the generation of plastic waste in the environment, it can still be active packaging, extending the food shelf-life. This present study consists in the elaboration of a film based in gelatin and marjoram and black pepper essential oils nanoemulsions. Gelatin is a natural, biocompatible and biodegradable polymer, it has good flexible and film forming ability. The marjoram and black pepper essential oil has a good acceptance by the consumers, as well as excellent antioxidant and antimicrobial properties. When incorporated to polymer matrices by the nanoemulsions way, they can contributed to the reduction of water vapor permeability and increase film tenacity. By the aim of improve the mechanical proprieties, clay dispersions had been incorporated in the film dispersions. In this study Na⁺ cloisite was used. The produced films were characterized by the subjective analysis, water vapor permeability, mechanical properties, thermal properties, x-ray diffusion, contact angle and microstructural. The nanoemulsions characterized by the particle size, presented results between 250 and 181nm to black pepper, and 82 and 47nm to marjoram essential oil. Related to the water vapor permeability and the mechanical proprieties, it was possible to observe that the films carried with lower nanoemulsions particles presented a decrease in the permeability and an increment in the mechanical resistance. The lowers particle sizes were obtained by the marjoram essential oil. The nanoclay incorporation also contributed to increase the tension and the contact angle of the films, this last one in its turn increase the films superficial hydrophobicity. The clay submitted to the ultrasound process showing an incensement in the basal spacing between the platelets, as shown in the x-ray diffraction results. Thus, the films elaborated by the addition of lower particle size of marjoram essential oil and incorporated by nanoclay dispersion was the one that getting the best combined proprieties that allow greater application in the packaging area.

Keywords: Edible films. Natural polymers. Active Packaging. Biodegradable films.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Embalagem convencional de hambúrguer -----	21
Figura 2. Classificação dos biopolímeros -----	24
Figura 3. Representação da estrutura tridimensional do colágeno -----	25
Figura 4. Estrutura química do limoneno -----	28
Figura 5. Estrutura química do terpineno-4-ol -----	30
Figura 6. Estrutura da Montmorilonita -----	31
Figura 7. A) Suspensão de óleo essencial e Tween 80 [®] sendo agitada no Ultra-Turrax [®] . B) Equipamento T25 Ultra-Turrax [®] -----	34
Figura 8. Ultrassom de ponta utilizado para a dispersão da cloisite Na ⁺ -----	36
Figura 9. A) Célula de Teflon [®] utilizada para análise de WVP desmontada B) Célula de Teflon [®] utilizadas para análise de WVP montada C) Célula de Teflon [®] utilizada para análise de WVP vista lateralmente. -----	40
Figura 10. Molde para corte de corpo de prova com dimensões específicas -----	41
Figura 11. Comparativo dos valores de tamanho médio de partícula das nanoemulsões dos óleos de pimenta-preta e manjerona -----	45
Figura 12. Valores de tensão máxima na ruptura dos filmes testados -----	50
Figura 13. Valores de deformação na ruptura dos filmes testados -----	51
Figura 14. Curva de TG dos filmes GE, GEDA, GEP4, GEP4DA, GEM4, GEM4DA -----	53
Figura 15. Curva de DTG dos filmes GE, GEDA, GEP4, GEP4DA, GEM4, GEM4DA -	53
Figura 16. Ilustração do ângulo de contato para uma gota molhante sobre uma superfície sólida -----	56
Figura 17. Gota de líquido padrão sobre a superfície dos filmes GEDA em A , GEM4 em B , em t=0s. -----	58
Figura 18. Possíveis estruturas formadas em nanocompósitos de polímero e argila -----	58
Figura 19. Difractogramas de raios-x de MMT e dos filmes GE e GEDA -----	59
Figura 20. Difractogramas de raios-x de MMT e dos filmes GEP4 e GEP4DA -----	60
Figura 21. Difractogramas de raios-x de MMT e dos filmes GEM4 e GEM4DA -----	60
Figura 22. Micrografias obtidas por MEV da superfície dos filmes, A do filme GE e C do filme GEDA ; das fraturas criogênicas B do filme GE , e D do filme GEDA -----	62

Figura 23. Micrografias obtidas por MEV, da superfície dos filmes, **A** do filme **GEM4** e **C** do filme **GEM4DA**; das fraturas criogênicas **B** do filme **GEM4**, e **D** do filme **GEM4DA** - **63**

Figura 24. Micrografias obtidas por MEV, da superfície dos filmes, **A** do filme **GEP4** e **C** do filme **GEP4DA**; das fraturas criogênicas **B** do filme **GEP4**, e **D** do filme **GEP4DA** ----- **65**

Figura 23. Micrografias obtidas por MEV, da superfície dos filmes, **A** do filme **GEM4** e **C** do filme **GEM4DA**; das fraturas criogênicas **B** do filme **GEM4**, e **D** do filme **GEM4DA** - **63**

Figura 24. Micrografias obtidas por MEV, da superfície dos filmes, **A** do filme **GEP4** e **C** do filme **GEP4DA**; das fraturas criogênicas **B** do filme **GEP4**, e **D** do filme **GEP4DA** ----- **65**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Velocidade de rotação e tempo utilizados no preparo das nanoemulsões -----	35
Tabela 2. Siglas utilizadas para cada filme preparado -----	36
Tabela 3. Resultados da avaliação subjetiva dos filmes -----	47
Tabela 4. Valores de permeabilidade ao vapor de água dos filmes -----	48
Tabela 5. Temperaturas inicial e final de degradação dos filmes -----	55
Tabela 6. Ângulo de contato médio observado para cada tipo de filme -----	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM (American Society for Testing and Materials)

DA (Dispersão de argila)

DLS (espalhamento Dinâmico da Luz)

DSC (Calorimetria Exploratória Diferencial)

DRX (Difratometria de raios-x)

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária)

GE (Filme de Gelatina)

MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura)

mw (massa molar da água)

OE (óleo essencial)

rpm (rotações por minuto)

SAXS (espalhamento de raios-x a baixo ângulo)

TG (Thermalgravimetric analysis – Análise termogravimétrica)

WVP (water vapor permeability - permeabilidade ao vapor de água)

WVTR (velocidade de transmissão do vapor de água)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1	EMBALAGENS COMESTÍVEIS.....	19
2.1.1	Propriedades dos filmes comestíveis	19
2.1.1.1	<i>Propriedades de barreira</i>	19
2.1.1.2	<i>Propriedades mecânicas</i>	20
2.1.1.3	<i>Propriedades antimicrobianas e antioxidantes</i>	22
2.1.1.4	<i>Propriedades organolépticas</i>	23
2.2	BIOPOLÍMEROS.....	23
2.2.1	Gelatina	24
2.3	ÓLEO ESSENCIAL.....	26
2.3.1	Óleo essencial de pimenta-preta	27
2.3.2	Óleo essencial de manjerona	29
2.4	CLOISITE NA ⁺	30
3	OBJETIVOS	33
3.1	OBJETIVO GERAL.....	33
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	33
4	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	34
4.1	MATERIAL.....	34
4.2	MÉTODOS.....	34
4.2.1	Preparo das nanoemulsões	34
4.2.2	Preparo da dispersão de argila	35
4.2.3	Preparo das dispersões filmogênicas	36
4.2.4	Caracterizações	37
4.2.4.1	<i>Caracterizações das nanoemulsões</i>	37
4.2.4.1.1	<i>Determinação de tamanho médio</i>	38
4.2.4.2	<i>Caracterizações da dispersão de argila</i>	38
4.2.4.2.1	<i>Determinação de tamanho médio e potencial zeta</i>	38
4.2.4.3	<i>Caracterizações dos filmes</i>	38
4.2.4.3.1	<i>Análise subjetiva</i>	38
4.2.4.3.2	<i>Espessura dos filmes</i>	39

4.2.4.3.3	<i>Permeabilidade ao vapor de água (WVP)</i>	39
4.2.4.3.4	<i>Propriedades mecânicas</i>	41
4.2.4.3.5	<i>Análise Termogravimétrica</i>	42
4.2.4.3.6	<i>Difração de raios-X (DRX)</i>	42
4.2.4.3.7	<i>Ângulo de Contato</i>	43
4.2.4.2.8	<i>Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)</i>	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1	CARACTERIZAÇÕES DAS NANOEMULSÕES	44
5.1.1	Determinação de tamanho médio	44
5.2	CARACTERIZAÇÃO DA DISPERSÃO DE ARGILA	46
5.2.1	Determinação de tamanho médio e potencial zeta	46
5.3	CARACTERIZAÇÕES DOS FILMES	47
5.3.1	Análise subjetiva	47
5.3.2	Permeabilidade ao vapor de água (WVP)	48
5.3.4	Propriedades mecânicas	49
5.3.5	Análise Termogravimétrica	52
5.3.6	Ângulo de Contato	55
5.3.7	Difração de raios-X (DRX)	58
5.3.8	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	61
6	CONCLUSÃO	66
	REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

Os plásticos são materiais utilizados em diversas áreas industriais, desde a produção de peças automobilísticas à fabricação de brinquedos infantis. No setor de embalagens, o uso dos plásticos se destaca, especialmente para suprir o mercado de embalagens destinadas à indústria de alimentos (BENDAHOU, 2015).

Os plásticos petroquímicos são amplamente utilizados por possuírem baixa massa molecular e custo relativamente baixo, além da facilidade de implementação. No entanto, sua aplicação tem uma significativa desvantagem: o impacto ambiental. Plásticos oriundos de fonte fóssil podem permanecer por centenas de anos na natureza, gerando um grande acúmulo de resíduos. Além disso, o petróleo é um material de fonte não renovável e já tem começado a se esgotar. Nos próximos 40 anos, estima-se que as fontes de óleo devem ser esgotadas (BENDAHOU, 2015; BABUSIAUX; BAUQUIS, 2015).

Plásticos biodegradáveis oriundos de fontes renováveis podem substituir os tradicionais derivados do petróleo, e assim, contribuir para a diminuição de acúmulo de resíduos (SOUZA, 2016). Atualmente, muitos estudos vêm sendo realizados com o objetivo de desenvolver novos materiais poliméricos biodegradáveis e/ou de fontes renováveis para aplicação na área de embalagens para alimentos (SOUZA, 2018; LEE, 2015; SHAABAN, 2014; YAHYAOU, 2016; COZMUTA, 2015).

Biopolímeros como a quitosana, acetato de celulose, amido, alginatos e proteínas, dentre outros, têm se destacado como matéria-prima para a fabricação de filmes devido às suas características como biocompatibilidade, abundância e biodegradabilidade. Entretanto, algumas propriedades dos filmes à base desses biopolímeros, como as mecânicas e a de barreira a vapor de água, podem limitar a aplicação dos filmes biopoliméricos (SOUZA, 2016).

Tradicionalmente, a principal função da embalagem de alimentos é manter a qualidade e segurança de produtos alimentícios durante o armazenamento e transporte, além de prolongar a vida útil dos produtos por meio da prevenção de condições e fatores desfavoráveis para sua conservação. Além das propriedades básicas das embalagens de alimentos (mecânicas, óticas e térmicas), outras funções são exercidas. As embalagens devem dificultar o ganho ou perda de umidade, prevenir a contaminação por microrganismos e agir como

barreira contra permeação a vapores de água, oxigênio, dióxido de carbono e outros compostos voláteis, como odores (RHIM, 2013).

Com o constante aumento da demanda dos consumidores por produtos alimentícios de alto nível de qualidade, além das preocupações no que se diz respeito ao meio ambiente, e, considerando a ampla utilização que se tem de plásticos fósseis para embalagens de alimentos, novas tecnologias têm sido estudadas a fim de prover produtos alimentícios seguros, minimizando suas perdas e desperdícios, bem como promover a preservação do meio ambiente (BEVERLYA, 2008; KREPKER, 2017).

Mundialmente, um dos maiores problemas no que se diz respeito à saúde pública está relacionado com a contaminação por microrganismos de origem alimentar. Além disso, muito se tem exigido em relação à extensão da vida útil dos alimentos, com o intuito de diminuir as perdas de alimentos. Sendo assim, o desenvolvimento de embalagens de alimentos que possuam além de suas funções básicas, o papel de agir com o alimento, por meio de sistemas de embalagens antimicrobianas e antioxidantes, podendo auxiliar na redução de riscos de intoxicação alimentar, é de extrema importância (KUJUMGIEV, 1999).

Um grande número de estudos tem demonstrado que filmes antimicrobianos melhoram a qualidade e segurança dos produtos alimentícios, reduzindo a quantidade de conservantes em contato direto com os alimentos (BEVERLYA, 2008; KREPKER, 2017; KUJUMGIEV, 1999; MURIEL-GALET, 2015; GHERARDI, 2016).

Existe um crescente interesse no uso de matérias naturais e renováveis para a produção de embalagens ativas de alimentos com função antimicrobiana. Extratos de plantas e biopolímeros têm sido amplamente estudados para a aplicação nesse tipo de embalagem. (BURT, 2004) O principal desafio é desenvolver um material para embalagem tendo um bom balanço entre durabilidade e biodegradabilidade, para garantir a qualidade de vários produtos alimentícios, bem como um tratamento de resíduo facilitado e com baixo impacto ambiental (KALE, 2007). Um biopolímero com potencial para satisfazer muitos de todos esses requisitos é gelatina.

A gelatina é um complexo polipeptídico amplamente utilizado na indústria de alimentos, farmacêutica e de cosméticos. A gelatina foi um dos primeiros materiais usados para a formação de biopolímeros e continua sendo vastamente estudada como material formador de filme comestível devido à sua abundância como matéria prima, baixo custo de produção, disponibilidade global, além de possuir excelentes propriedades para formação de

filmes (VANIN, 2005). Em aspecto geral, os filmes de gelatina possuem boa resistência mecânica e alta elasticidade. Por outro lado, apresentam altas taxas de permeabilidade a vapores de água e alta sensibilidade a ambientes úmidos, limitando sua aplicação em produtos alimentícios com elevado grau de umidade (RAO, 2007; SUDERMAN, 2018).

Assim, o melhoramento das propriedades desses filmes tem sido estudado através do reforço da matriz polimérica por meio de nanopartículas, produzindo um material frequentemente chamado de bionanocompósito ou apenas nanocompósito (ALEXANDRE, 2016). Essas nanopartículas têm atraído grande interesse devido à habilidade de atuar como preenchimento na matriz, melhorando suas propriedades mecânicas, térmicas, de barreira, dentre outras (RAY, 2003). A cloisite Na^+ é um dos nanomateriais mais comumente utilizados para melhorar essas propriedades em filmes (ALEXANDRE, 2016).

No desenvolvimento desses novos materiais para uso em embalagens alimentícias antimicrobianas, os óleos essenciais (OE), têm sido amplamente estudados, devido às suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes (YAHYAOU, 2016; COZMUTA, 2015; BEVERLYA, 2008).

Diante disso, este trabalho propõe a elaboração de filmes a partir de gelatina reforçados com cloisite Na^+ e nanoemulsões de óleo essencial de pimenta preta e óleo essencial de manjerona a fim de se alcançar uma embalagem comestível para produto cárneo que promova segurança alimentar e que estenda a vida útil do alimento por meio da adição de componentes antimicrobianos e antioxidantes na matriz polimérica. Além disso, pretende-se com o uso da argila e das nanoemulsões, obter um material de embalagem com propriedades mecânicas e de barreira melhoradas para que possa ser aplicado em outros tipos de alimentos.

A inclusão no mercado dessa vertente de embalagem para alimentos levará a um decréscimo significativo no que se diz respeito à utilização de embalagens poliméricas de origem sintética, evitando assim, o acúmulo de resíduos gerados por esses materiais.

6 CONCLUSÃO

As nanoemulsões foram obtidas de forma satisfatória para todas as rotações e tempos utilizados para ambos os óleos. As nanoemulsões bem como a dispersão de argila foram incorporadas à matriz polimérica de gelatina com sucesso, obtendo filmes uniformes, homogêneos, contínuos e de possível manuseabilidade, e ainda conferindo odor característico dos óleos essenciais incorporados.

Observou-se que a adição de nanoemulsões elevou a permeabilidade ao vapor de água do filme; fato esse que também foi observado com a adição da dispersão de argila, entretanto, mantendo-se próximos àqueles filmes compostos apenas pela matriz polimérica.

Por meio das análises de propriedades mecânicas foi possível verificar que a adição de óleo essencial de manjerona causou aumento na tensão de ruptura. Isso não foi observado para o filme contendo nanoemulsão de pimenta preta.

Por outro lado, ambos os óleos exerceram papel plastificante na matriz polimérica, elevando a deformação do material. Já a adição da dispersão de argila elevou significativamente a tensão na ruptura, porém não levou a mudanças quanto à elongação.

A partir da análise termogravimétrica observou-se que tanto a adição de nanoemulsões de óleos essenciais quanto a incorporação da dispersão de argila promoveram um aumento na estabilidade térmica do material, tornando-o mais resistente ao calor e, conseqüentemente, mais propícia sua implementação em escala industrial.

A adição de argila por sua vez provocou um aumento no ângulo de contato superficial para todos os filmes nos quais foi incorporada, isto é, aumentou a hidrofobicidade superficial do material, e, conseqüentemente, possibilitando aplicações em contato com produtos mais úmidos e mantendo-se mais resistentes à água quando comparados àqueles não acrescidos da dispersão de argila.

A partir da análise de DRX pode-se concluir que o processo de ultrassom promoveu um aumento no espaçamento basal entre as plaquetas de argila e estas, por sua vez, possivelmente estão intercaladas ou intercaladas/esfoliadas. No entanto, uma análise no SAXS seria adequada para obter resultados mais precisos quanto à estrutura obtida após o processo de ultrassom.

Para a análise microestrutural dos filmes foi possível verificar um filme contínuo, compacto e homogêneo para a matriz de gelatina. Com a adição das nanoemulsões observou-

se a formação de poros e a adição da dispersão de argila causou um aumento na rugosidade superficial dos filmes, fato que pode ser comprovado devido ao aumento do ângulo de contato superficial nos filmes de argila.

Desse modo, pode-se dizer que os filmes obtidos possuem potencial para serem aplicados como embalagens de alimentos, promovendo melhora das características tradicionais de embalagens, como mecânicas, além de potencial aplicação como embalagem ativa.

REFERÊNCIAS

- ABEDINIA, A.; ARIFFIN, F.; HUDA, N.; NAFCHI, A. M.; Preparation and characterization of a novel biocomposite based on duck feet gelatin as alternative to bovine gelatin. **International Journal of Biological Macromolecules**. 109(2018) 855-862.
- ABDULAZEEZ, M.A.; SANI, I.; JAMES, B.D.; ABDULLAHI, A.S.; Black pepper (*Piper nigrum* L.) oils, **Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety**. 31 (2015) 277-285
- ACEVEDO-FANI, A.; SALVIA-TRUJILLO, L.; ROJAS-GRAÜ, M.; MARTÍN-BELLOSO, O.; Edible films from essential-oil-loaded nanoemulsions: physicochemical characterization and antimicrobial properties. **Food Hydrocoll.** (2015).
- ALEXANDRE, E.M.C.; LOURENÇO, R.V.; BITTANTE, A. M. Q. B.; MORAES, I.C.F.; SOBRAL, P. J. A.; Gelatin-based films reinforced with montmorillonite and activated with nanoemulsion of ginger essential oil for food packaging applications, **Food Packag. Shelf Life**. 10 (2016) 87–96.
- ALTIOK, D.; ALTIOK, E.; TIHMINLIOGLU, F.; Physical, antibacterial and antioxidant properties of chitosan films incorporated with thyme oil for potential wound healing applications. **J. Mater. Sci. Mater. Med.** 21 (2010) 2227–2236.
- AMATISTE, S.; SAGRAFOLI, D.; GIACINTI, G.; ROSA, G.; CARFORA, V.; MARRI, N.; TAMMARO, A.; BOVI, E.; ROSATI, R.; Antimicrobial activity of essential oils against *Staphylococcus aureus* in fresh sheep cheese, **Ital. J. Food Saf.** 3 (2014) 148–150.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. Standard test method for water vapor transmission of materials (1980). E96 - 80. In: **Annual Book of American Standard Testing Methods**. Philadelphia, American Society for Testing and Materials, 1980
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting. (1997). D882–97. In: **Annual Book of American Standard Testing Methods**. Philadelphia, American Society for Testing and Materials, 1997.
- ATARÉS, L.; BONILLA, J.; CHIRALT, A.; Characterization of sodium caseinate-based

edible films incorporated with cinnamon or ginger essential oils. **J. Food Eng.** 100 (2010) 678–687.

AZEREDO, H.M.C.; FARIA, J.A.F.; AZEREDO, A.M.C.; Embalagens ativas para alimentos, **Tecno-Logia Aliment.** 20 (2000) 337–341.

BABUSIAUX, D.; BAUQUIS, P. R.; **The Diplomatic World.** (2015)

BACANLI, M.; BAŞARAN, A. A.; BAŞARAN, N.; The antioxidant and antigenotoxic properties of citrus phenolics limonene and naringin. **Food and Chemical Toxicology.** 81 (2015) 160–170.

BAJPAI, V.K.; BAEK, K.H.; KANG, S.C.; Control of Salmonella in foods by using essential oils: A review, **Food Res. Int.** 45 (2012) 722–734.

BARRETO, P.L.M.; PIRES, A.T.N.; SOLDI, V.; Thermal degradation of edible films based on milk proteins and gelatin in inert atmosphere. **Polymer Degradation and Stability.** 79 (2003) 147–152.

BENDAHO, D.; BENDAHO, A., GROHENS, Y.; KADDAMI, H.; New nanocomposite design from zeolite and poly(lactic acid), **Ind. Crops Prod.** 72 (2015) 107–118.

BENITA, S.; LEVY, M. Y.; Submicron Emulsions as Colloidal Drug Carriers for Intravenous Administration: Comprehensive Physicochemical Characterization. **Journal of Pharmaceutical Sciences.** 82(1993) 1069-1079

BEVERLYA, R. L.; JANES, E.J.; PRINYAWIWATKULA, W.; NO, H. K.; Edible chitosan films on ready-to-eat roast beef for the control of *Listeria monocytogenes*, **Food Microbiology.** 25 (2008) 534–537.

BONILLA, J.; POLONI, T.; LOURENÇO, R. V.; SOBRAL, P.J.A.; Antioxidant potential of eugenol and ginger essential oils with gelatin/chitosan films, **Food Biosci.** 23 (2018) 107–114.

BORDIGNON, A. C.; Caracterização da pele e da gelatina extraída de peles congeladas e salgadas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). (2010) **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual de Maringá.

BREWER, M.S.; Natural Antioxidants: Sources, Compounds, Mechanisms of Action, and Potential Applications, **Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.** 10 (2011) 221–247.

BROPHY, J. J.; DAVIES, N. W.; SOUTHWELL, I. A.; STIFF, I. A.; WILLIAMS, L. R.; Gas Chromatographic Quality Control for Oil of Melaleuca Terpinen-4-01 Type (Australian Tea Tree). **J. Agric. Food Chem.** 37 (1989) 1330-1335

BURT, S.; Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. **International Journal of Food Microbiology**, 94 (2004) 223-253

CANEVAROLO, J. R. S. V. Ciência dos polímeros, **Artliber Editora**, (2002)

CAPEK, I.; Degradation of kinetically-stable o/w emulsions. **Adv. Colloid Interface Sci.** 107 (2004) 125–155.

CHEN, P., ZHANG, L.; Interaction and Properties of Highly Exfoliated Soy Protein/Montmorillonite Nanocomposites. **Biomacromolecules.** 7 (2006) 1700-1706.

CORDOBA, L.J.P.; SOBRAL, P.J.A.; Physical and antioxidant properties of films based on gelatin, gelatin-chitosan or gelatin-sodium caseinate blends loaded with nanoemulsified active compounds. (Special Issue: Responsible research and innovation in the food value chain.), **J. Food Eng.** 213 (2017) 47–53

COZMUTA, A. M.; TURILA, A.; APJOK, R.; CIOCIAN, A.; COZMUTA, L. M.; PETER, A.; NICULA, C.; GALI, N.; BENKOVI, T.; Preparation and characterization of improved gelatin films incorporating hemp and sage oils. **Food Hydrocolloids.** 49 (2015) 144-155.

CUQ, B.; GONTARD, N.; CUQ, J.L.; GUILBERT, S.; Stability of myofibrillar protein-based biopackagings during storage, **LWT - Food Sci. Technol.** 29 (1996) 344–348.

DORMAN, H.J.D.; DEANS, S.G.; Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. **Journal of Applied Microbiology**. 88 (2000) 308–316.

ERENLER, R.; SEN, O.; AKSIT, H.; DEMIRTAS, I.; YAGLIOGLU, A.S.; ELMASTAS, M.; TELCI, I.; Isolation and identification of chemical constituents from *Origanum majorana* and investigation of antiproliferative and antioxidant activities, **J. Sci. Food Agric**. 96 (2016) 822–836.

ESPITIA, P.J.P.; AVENA-BUSTILLOS, R.J.; DU, W.X.; TEÓFILO, R.F.; SOARES, N.F.F.; MCHUGH, T.H.; Optimal antimicrobial formulation and physical-mechanical properties of edible films based on açai and pectin for food preservation, **Food Packag. Shelf Life**. 2 (2014) 38–49.

FAKHOURI, F. M.; MARTELLI, S. M.; CAON, T.; VELASCO, J. I.; BUONTEMPO, R. C.; BILCK, A. P.; MEI, L. H. I.; The effect of fatty acids on the physicochemical properties of edible films composed of gelatin and gluten proteins, **LWT - Food Sci. Technol**. 87 (2018) 293–300.

FERNANDEZ, P.; ANDRÉ, V.; RIEGER, J.; KÜHNLE, A.; Nano-emulsion formation by emulsion phase inversion. **Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp**. 251 (2004) 53–58.

FERNANDO, M.; JORGE, C.; HUMBERTO, C.; FLAKER, C.; FERNANDES, S.; CRISTINA, I.; MORAES, F.; MÔNICA, A.; BARBOSA, Q.; JOSÉ, P.; Viscoelastic and rheological properties of nanocomposite-forming solutions based on gelatin and montmorillonite, **J. Food Eng**. 120 (2014) 81–87.

FIGUEROA-LOPEZ, K.J.; ANDRADE-MAHECHA, M.M.; TORRES-VARGAS, O.L.; Spice oleoresins containing antimicrobial agents improve the potential use of bio-composite films based on gelatin, **Food Packag. Shelf Life**. 17 (2018) 50–56.

FISHER, K.; PHILLIPS, C.; The mechanism of action of a citrus oil blend against *Enterococcus faecium* and *Enterococcus faecalis*, **J. Appl. Microbiol**. 106 (2009) 1343–1349.

FLAKER, C.H.C.; LOURENÇO, R. V.; BITTANTE, A.M.Q.B.; SOBRAL, P.J.A.; Gelatin-based nanocomposite films: A study on montmorillonite dispersion methods and concentration. **Journal of Food Engineering**. 167 (2015) 65–70.

FRATINI, F.; CASELLA, S.; LEONARDI, M.; PISSERI, F.; EBANI, V.V.; PISTELLI, L.; Antibacterial activity of essential oils, their blends and mixtures of their main constituents against some strains supporting livestock mastitis. **Fitoterapia**. 96 (2014) 1–7.

FREIRE, J.M.; CARDOSO, M.G.; BATISTA, L.R.; ANDRADE, M. A.; Essential oil of *Origanum majorana* L., *Illicium verum* Hook . f . and *Cinnamomum zeylanicum* Blume : chemical and antimicrobial characterization. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu. 13 (2011) 209–214.

FU, Y.; ZU, Y.; CHEN, L.; SHI, X.; WANG, Z.; SUN, S.; EFFERTH, T.; YA, **Phytotherapy research**. 21 (2007) 989-994.

GALUS, S.; KADZIŃSKA, J.; Food applications of emulsion-based edible films and coatings, **Trends Food Sci. Technol**. 45 (2015) 273–283.

GARCIA, C.P.; Síntese e caracterização de nanocompósitos à base de poliuretano dispersos em água com argilas hidrofílica e organofílica, (2010) 180 f. **Dissertação** (Mestrado em Química). Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

GERCHMAN, D.; BONES, B.; PEREIRA, M. B.; TAKIMI, A. S.; Thin film deposition by plasma polymerization using D-limonene as a renewable precursor. **Progress in organic coatings**. 129 (2019) 133-139.

GHERARDI, R.; BECERRIL, R.; NERIN, C.; BOSETTI, O.; Development of a multilayer antimicrobial packaging material for tomato puree using an innovative technology, **LWT - Food Sci. Technol**. 72 (2016) 361–367.

GONTARD, N.; DUCHEZ, C.; CUQ, J. L; GUILBERT, S.; Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability and other physical properties, **Int. J. Food Sci. Technol**. 29 (1994) 39–50.

- HAMMER, K. A.; CARSON, C. F.; RILEY, T. V.; Effects of Melaleuca alternifolia (Tea Tree) Essential Oil and the Major Monoterpene Component Terpinen-4-ol on the Development of Single- and Multistep Antibiotic Resistance and Antimicrobial Susceptibility. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**. 12 (2011) 909–915.
- HAN, J.H.; GENNADIOS, A.; Edible films and coatings: a review, **Innov. Food Packag.** (2005) 239–262.
- HUILLCA, P. V. P.; Propriedades superficiais de filmes à base de gelatina. (2015) **Dissertação** (Mestrado em engenharia de alimentos). Universidade de São Paulo
- JUN, W. J.; HAN, B. K.; YU, K. W.; KIM, M. S.; CHANG, I. S.; KIM, H. Y.; CHO, H. Y.; Antioxidant effects of Origanum majorana L. on superoxide anion radicals, **Food Chem.** 75 (2001) 439–444.
- KALE, G.; KIJCHAVENGKUL, T.; AURAS, R.; RUBINO, M.; SELKE, S.E.; SINGH, S.P.; Compostability of bioplastic packaging materials: An overview, **Macromol. Biosci.** 7 (2007) 255–277
- KARBOWIAK, T.; DEBEAUFORT, F.; CHAMPION, D.; VOILLEY, A.; Wetting properties at the surface of iota-carrageenan-based edible films. **Journal of Colloid and Interface Science**. 294 (2006) 400–410.
- KAVOOSI, G.; RAHMATOLLAHI, A.; MOHAMMAD, S.; DADFAR, M.; Effects of essential oil on the water binding capacity , physico- mechanical properties , antioxidant and antibacterial activity of gelatin films, **LWT - Food Sci. Technol.** 57 (2014) 556–561.
- KLOPROGGE, J.T.; Synthesis of Smectites and Porous Pillared Clay Catalysts: A Review. **Journal of Porous Materials**. 5 (1998) 5–41.
- KOTAL, M.; BHOWMICK, A. K.; Polymer nanocomposites from modified clays: Recent advances and challenges. **Progress in Polymer Science** 51 (2015) 127–187.
- KREPKER, M.; SHEMESH, R.; POLEG, Y. D.; KASHI, Y.; VAXMAN, A.; SEGAL, E.; Active food packaging films with synergistic antimicrobial activity, **Food Control**. 76 (2017) 117–126.

KUJUMGIEV, A.; TSVETKOVA, I.; SERKEDJIEVA, Y.; BANKOVA, V.; CHRISTOV, R.; POPOV, S.; Antibacterial, antifungal and antiviral activity of propolis of different geographic origin, **J. Ethnopharmacol.** 64 (1999) 235–240.

LEE, J.; LEE, J.; SONG, K. B.; Food Hydrocolloids Development of a chicken feet protein film containing essential oils, **Food Hydrocoll.** 46 (2015) 208–215.

LIU, X.; ZHENG, C.; LUO, X.; WANG, X.; JIANG, H.; Recent advances of collagen-based biomaterials: Multi-hierarchical structure, modification and biomedical applications. **Materials Science & Engineering.** 99 (2019) 1509-1522.

MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E.; YAMASHITA, F.; Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização Starch films: production, properties and potential of utilization, **Semin. Ciências Agrárias.** 31 (2010) 137–156.

MARTUCCI, J. F.; VÁZQUEZ, A.; RUSECKAITE, R. A.; Nanocomposites based on gelatin and montmorillonite Morphological and thermal studies. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry.** 89 (2007) 117–122.

MENON, A. N.; PADMAKUMARI, K. P.; JAYALEKSHMY, A. J.; Essential Oil Composition of Four Major Cultivars of Black Pepper (*Piper nigrum* L.). **Journal of Essential Oil Research.** 14 (2002) 84-86.

MONTEIRO, M.K.S.; SANTOS, F.K.G.; LEITE, R.H.L.; AROUCHA, E.M.M.; VITORIANO, J.O.; Análise da redução da hidrofília, de parâmetros de cor e de solubilidade em filmes compostos com gelatina e argila bentonita em sua forma natural e modificada. **60º Congresso Brasileiro de Cerâmica** (2016).

MONTERREY, E.S.; SOBRAL, P.J.A.; Caracterização de propriedades mecânicas e óticas de biofilmes a base de proteínas miofibrilares de tilápia do nilo usando uma metodologia de superfície-resposta, **Ciência e Tecnol. Aliment.** 19 (1999) 294–301.

MUCHUWETI, M.; KATIVU, E.; MUPURE, C. H.; CHIDEWE, C.; NDHLALA, A. R.; BENHURA, M. A. N.; Phenolic composition and antioxidant properties of some spices. **American Journal of food technology.** 5 (2007) 414-420.

MURIEL-GALET, V.; CRAN, M. J.; BIGGER, S. W.; HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; GAVARA, R.; Antioxidant and antimicrobial properties of ethylene vinyl alcohol copolymer films based on the release of oregano essential oil and green tea extract components, **J. Food Eng.** 149 (2015) 9–16.

MUTHIAH, K.; SUJA, S.; A study on sense, feel, think, act, relate factors of experiential marketing in retailing, **Transform. Bus. Econ.** 16 (2017) 85–99.

NAGARAJANA, M.; BENJAKULA, S.; PRODPRANB, T.; SONGTIPYA, P.; Properties of film from splendid squid (*Loligo formosana*) skin gelatin with various extraction temperatures. **International Journal of Biological Macromolecules.** 51 (2012) 489–496.

NAZMI, N.N.; ISA, M.I.N.; SARBON, N.M.; Preparation and characterization of chicken skin gelatin/CMC composite film as compared to bovine gelatin film. **Food Bioscience.** (2017).

NEDOROSTOVA, L.; KLOUCEK, P.; KOKOSKA, L.; STOLCOVA, M.; PULKRABEK, J.; Antimicrobial properties of selected essential oils in vapour phase against foodborne bacteria. **Food Control.** 20 (2009) 157–160.

PAIVA, L. B.; MORALES, A. R.; DÍAZ, F. R. V.; Argilas organofílicas: características, metodologias de preparação, compostos de intercalação e técnicas de caracterização. **Cerâmica.** 54 (2008) 213-226.

PEREDA, M.; PONCE, A.G.; MARCOVICH, N.E.; RUSECKAITE, R.A.; MARTUCCI, J.F.; Chitosan-gelatin composites and bi-layer films with potential antimicrobial activity. **Food Hydrocolloids.** 25 (2011) 1372-1381.

PEREZ-CORDOBA, L. J.; NORTON, I.T.; BATCHELOR, H.K.; GKATZIONIS, K.; SPYROPOULOS, F.; SOBRAL, P.J.A.; Physico-chemical, antimicrobial and antioxidant properties of gelatinchitosan based films loaded with nanoemulsions encapsulating active compounds. **Food Hydrocolloids.** 79 (2018) 544-559.

PIRES, V.G.A; Incorporação de nanoemulsões de óleos essenciais de melaleuca, copaíba e limão em filmes de alginato de sódio para utilização como curativo. (2016), 81 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência dos Materiais). Universidade Estadual Paulista.

- RAKMAI, J.; CHEIRSILP, B.; MEJUTO, J.C.; TORRADO-AGRASAR, A.; SIMAL-GÁNDARA, J.; Physico-chemical characterization and evaluation of bio-efficacies of black pepper essential oil encapsulated in hydroxypropyl-beta-cyclodextrin, **Food Hydrocoll.** 65 (2017) 157–164.
- RAY, S. S.; OKAMOTO, M.; Polymer/layered silicate nanocomposites: A review from preparation to processing, **Prog. Polym. Sci.** 28 (2003) 1539–1641.
- RAO, Y.Q.; Gelatin-clay nanocomposites of improved properties, **Polymer (Guildf).** 48 (2007) 5369–5375.
- RHIM, J.; PARK, H.; HA, C.; Progress in Polymer Science Bio-nanocomposites for food packaging applications, **Prog. Polym. Sci.** 38 (2013) 1629–1652.
- ROUF, T.B.; KOKINI, J.L.; Biodegradable biopolymer–graphene nanocomposites, **J. Mater. Sci.** 51 (2016) 9915–9945.
- SAHRAEE, S.; MILANI, J.M.; GHANBARZADEH, B.; HAMISHEHKAR, H.; Physicochemical and antifungal properties of bio-nanocomposite film based on gelatin-chitin nanoparticles, **Int. J. Biol. Macromol.** 97 (2017) 373–381.
- SANTIN, R.; GIORDANI, C.; MADRID, I.M.; MATOS, C.B.; FREITAG, R.A.; MEIRELES, M.C.A.; CLEFF, M.B.; MELLO, J.R.B.; Atividade antifúngica do óleo essencial de *Origanum vulgare* frente a *Malassezia pachydermatis*. **Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.** 66 (2014) 367–373.
- SENA, L. A.; Produção e caracterização de compósitos hidroxiapatitacolágeno para aplicações biomédicas. (2004) 107 f. **Tese** (Doutorado em Ciências em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- SHAABAN H, A.; MAHMOUD, K. F.; IBRAHIM M. A.; IBRAHIM, G.; Antimicrobial Activity of Edible Methyl Cellulose Films Enriched with Essential Oils Against Three Common Foodborne Pathogens, **World Appl. Sci. J.** 32 (2014) 2092–2101.

SHARMA, B.; MALIK, P.; JAIN, P.; Biopolymer reinforced nanocomposites: A comprehensive review, **Mater. Today Commun.** 16 (2018) 353–363.

SHOJAEE-ALIABADI, S.; AMIN, M.; HOSSEINI, H.; International Journal of Biological Macromolecules Characterization of nanobiocomposite kappa-carrageenan film with *Zataria multiflora* essential oil and nanoclay, **Int. J. Biol. Macromol.** 69 (2014) 282–289.

SILVA, E. V. C.; Otimização das condições de extração da gelatina de pele de peixes amazônicos por diferentes métodos. (2016) 106 f. **Tese** (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Pará.

SILVA, R. S. G.; BANDEIRA, S. F.; PETRY, F. C.; PINTO, L. A. A.; Extração de gelatina a partir das peles de cabeças de carpa comum. **Ciência Rural.** 5 (2011) 904-909

SINGH, G.; MARIMUTHU, P.; CATALAN, C.; DELAMPASONA, M.P.; Chemical, antioxidant and antifungal activities of volatile oil of black pepper and its acetone extract, **J. Sci. Food Agric.** 84 (2004) 1878–1884.

SOUZA, V.G.L.; FERNANDO, A.L.; Nanoparticles in food packaging: Biodegradability and potential migration to food-A review, **Food Packag. Shelf Life.** 8 (2016) 63–70.

SOUZA, V.G.L.; PIRES, J. R.A.; RODRIGUES, P. F.; LOPES, A.A.S.; FERNANDES, F.M.B.; DUARTE, M. P.; COELHO, I. M.; FERNANDO, A.L.; Bionanocomposites of chitosan/montmorillonite incorporated with *Rosmarinus officinalis* essential oil: Development and physical Characterization. **Food Packaging and Shelf Life.** 16 (2018) 148–156.

SUDERMAN, N.; ISA, M.I.N.; SARBON, N.M.; The effect of plasticizers on the functional properties of biodegradable gelatin-based film: A review, **Food Biosci.** 24 (2018) 111–119.

THEERAWITAYAART, W.; PRODPRAN, T.; BENJAKUL, S.; SOOKCHOO, P.; Properties of films from fish gelatin prepared by molecular modification and direct addition of oxidized linoleic acid. **Food Hydrocolloids.** 88 (2019) 291-300.

VALAPA, R.; LOGANATHAN, B.S.; PUGAZHENTHI, G.; THOMAS, S.; VARGHESE, T.O.; An Overview of PolymereClay Nanocomposites. **ClayPolymer Nanocomposites.** (2017).

VALERIANO, C.; PICCOLI, R.H.; CARDOSO, M.G.; ALVES, E.; Atividade antimicrobiana de óleos essenciais em bactérias patogênicas de origem alimentar, **Rev. Bras. Plantas Med.** 14 (2012) 57–67.

VANIN, F.M.; SOBRAL, P.J.A.; MENEGALLI, F.C.; CARVALHO, R.A.; HABITANTE, A.M.Q.B.; Effects of plasticizers and their concentrations on thermal and functional properties of gelatin-based films, **Food Hydrocoll.** 19 (2005) 899–907.

VERA, R.R.; CHANE-MING, J.; FRAISSE, D.J.; Chemical composition of the essential oil of sage (*salvia officinalis* L.) from reunion Island, **J. Essent. Oil Res.** 11 (1999) 399–402.

VILLADIEGO, A. M. D.; SOARES, N.F.F.; ANDRADE, N. J.; PUSCHMANN, R.; MINIM, V. P. R.; CRUZ, R.; Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios; **Revista Ceres**, 52 (2005) 221-244.

YAHYAOU, M.; GORDOBIL, O.; DÍAZ, R. H.; ABDERRABBA, M.; LABIDI, J.; Development of novel antimicrobial films based on poly(lactic acid) and essential oils, **React. Funct. Polym.** 109 (2016) 1–8.

YOUNG, S.; WONG, M.; TABATA, Y.; MIKOS, A.G.; Gelatin as a delivery vehicle for the controlled release of bioactive molecules, **J. Control. Release.** 109 (2005) 256–274.

ZOLFI, M.; KHODAIYAN, F.; MOUSAVI, M.; HASHEMI, M.; The improvement of characteristics of biodegradable films made from kefiran-whey protein by nanoparticle incorporation, **Carbohydr. Polym.** 109 (2014) 118–125.