



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

WANDERSON DA SILVA MARTINS

**ÓLEO *CYMBOPOGON CITRATUS* (DC) STAPE. MICROENCAPSULADO:
OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO**

POMBAL– PB

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

WANDERSON DA SILVA MARTINS

**ÓLEO *CYMBOPOGON CITRATUS* (DC) STAPF. MICROENCAPSULADO:
OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Sistemas Agroindustriais ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, da Universidade Federal de Campina Grande. Linha de pesquisa: Produção e Tecnologia Agroindustrial.

Orientadores:

Prof.^a D. Mônica Tejo Cavalcanti

Prof. D. André Leandro da Silva

POMBAL, PB

2018

M386o Martins, Wanderson da Silva.
Óleo *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. microencapsulado: obtenção e caracterização / Wanderson da Silva Martins. – Pombal, 2019.
47 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2018.
"Orientação: Profa. Dra. Mônica Tejo Cavalcanti".
"Coorientação: Prof. Dr. André Leandro da Silva".
Referências.

1. Óleos essenciais. 2. Microencapsulação. 3. Técnica de liofilização. 4. Estabilidade térmica. 5. Capim-limão. I. Cavalcanti, Mônica Tejo. II. Silva, André Leandro da. III. Título.

CDU 665.5(043)



CAMPUS DE POMBAL

**"ÓLEO CYMBOPOGON CITRATUS (DC) STAPF. MICROENCAPSULADO:
OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO"**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal-PB, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre (M. Sc.) em Sistemas Agroindustriais.

Aprovada em 05/03/2018

COMISSÃO EXAMINADORA

Mônica Tejo Cavaleanti
Mônica Tejo Cavaleanti
Orientadora

André Leandro da Silva
André Leandro da Silva
Orientador

Patrício Borges Maracajá
Patrício Borges Maracajá
Examinador Interno

Inês Maria Barbosa Nunes Queiroga
Inês Maria Barbosa Nunes Queiroga
Examinadora Externa

POMBAL-PB
MARÇO-2018

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS
RUA: Jairo Vieira Frittoja, 1770 - CEP.: 58840-000 - POMBAL - PB
SECRETARIA DO PPGSA: 3431-4016 CODIFICAÇÃO DO PPGSA: 3431-4069

Dedico ao Pai celestial, todos os meus familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, em primeiro lugar, ao Salvador Jesus Cristo, pela força, coragem, fé e esperança durante toda esta longa caminhada onde foram vividos momentos bons e ruins, mas que foram matérias-primas para meu aprendizado.

Agradecer a minha esposa (Camila) que sempre esteve ao meu lado me apoiando, me acompanhando, me dando forças para sempre ir firme até o fim e também por sua paciência em alguns momentos de estresse, obrigada pelo carinho e amor.

Agradecer aos meus amados pais (Maria Izanete da Silva e Veríssimo da Silva Martins) duas pessoas que ao longo de toda minha vida; sempre me ajudaram a ser uma pessoa melhor eles me ensinaram a dar valor as coisas simples da vida e a importância do conhecimento na formação de um Homem. Dando a mim e á meus irmãos a melhor formação possível, formação essa que nenhum dos dois tiveram a oportunidade; pois nasceram em família humildes de recursos financeiros, mais de coração e atitudes nobres dificilmente apresentadas no nossos dias , aos meus queridos irmãos (Wanessa ,Ítala, Iêza e Licurgo Martins) que durante toda essa trajetória acadêmica sempre me impulsionaram para ultrapassar limites e barreiras sempre acreditando em meu potencial e me estimulando a nunca desistir de meus sonhos; e aos demais familiares que me deram apoio nas horas mais difíceis de todo o curso.

Ao meu Professor e amigo Dr. André por tantos ensinamentos, humildade e paciência que teve comigo, pessoa de um coração inexplicável. Os seus ensinamentos foram muito além dos conteúdos da sala de aula. Um agradecimento carinhoso por todos os momentos de compreensão e competência.

À Professora Dr^a Mônica Tejo, UFCG-Pombal, pela ajuda e pela oportunidade de ingressar no mestrado, repassando os seus ensinamentos durante toda jornada.

Ao coordenador professor Dr. Patrício Borges Maracajá pela oportunidade e auxílio nos momentos de dificuldade acadêmica.

Enfim, a todos aqueles que de uma maneira ou de outra contribuíram para que este percurso pudesse ser concluído com sucesso.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura I. Espectros na região do infravermelho do óleo essencial e das formulações CL1, CL2, CL3.....	21
Figura II. Micrografias eletrônicas de varredura: a) Gelatina, b) Maltodextrina DE 20, c) CL1, d) CL2, e) CL3.	22
Figura III. Curvas termogravimétricas (TG) e (DTG) do Óleo essencial de Capim limão, Maltodextrina DE 20 da Gelatina e Formulações (CL1; CL2; CL3).....	23
Figura IV. Curvas de DSC para óleo essencial de capim-limão, maltodextrina, gelatina e formulações	26
Tabela I. Curvas TG e DTG	25
Tabela II. Resultados da Atividade Antioxidante (AA) dos microencapsulados (CL1, CL2 e CL3) e do óleo essencial de capim-limão (OE).....	27

SUMÁRIO

Resumo

Abstract

1. Introdução	13
2. Materiais e Métodos	15
2.1 Local do experimento	15
2.2 Material	15
2.3 Métodos.....	15
2.3.1 Processo de microencapsulação.....	15
2.4 Avaliação do rendimento e eficiência da microencapsulação	16
2.5 Caracterização dos sistemas microencapsulados	17
3. Resultados e Discussão	19
4. Conclusão	28
5. Referências	29
Anexo 1	35

ÓLEO *CYMBOPOGON CITRATUS* (DC) STAPF. MICROENCAPSULADO: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

RESUMO

Os óleos essenciais (OEs) são misturas naturais complexas de substâncias voláteis muito utilizados nas indústrias alimentícia e cosmética, porém se volatilizam em exposição ao ar. O objetivo deste estudo foi elaborar três formulações microencapsuladas com diferentes teores de óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf (5, 10 e 15%), utilizando maltodextrina DE 20 e gelatina como encapsulantes, em uma proporção fixa de 4:1 (m/m), respectivamente. A técnica de liofilização propiciou altos rendimentos na obtenção dos sistemas microencapsulados. As técnicas de Termogravimetria e Calorimetria Exploratória diferencial evidenciaram melhora na estabilidade térmica e também maior resistência frente à degradação oxidativa. Dentre as formulações estudadas, recomenda-se a CL1 (5% de óleo essencial), a qual apresentou maior rendimento, maior retenção de óleo e proteção mais efetiva. Após microencapsulação a houve manutenção da capacidade antioxidante do óleo essencial, a qual foi diretamente proporcional ao teor de óleo presente em cada sistema.

Aplicação prática: A microencapsulação protege o óleo essencial contra vários agentes ambientais.

Palavras chaves: Capim- Limão. Liofilização. Microencapsulação. Estabilidade.

CYMBOPOGON CITRATUS (DC) STAPF OIL. MICROENCAPSULATED: OBTAINING AND CHARACTERIZATION

ABSTRACT

Essential Oils (OEs) are complex natural mixtures of volatile substances widely used in the food and cosmetic industries, but volatilize in exposure to air. The objective of this study was to elaborate three microencapsulated formulations with different levels of essential oil of *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf (5, 10, and 15%), using maltodextrin DE 20 and gelatin as encapsulants, a fixed ratio of 4: 1 (m/m), respectively. The lyophilization technique provided high yields in obtaining the microencapsulated systems. The techniques of thermogravimetry and differential scanning calorimetry showed an improvement in thermal stability and also a higher resistance to oxidative degradation. Among the formulations studied, CL1 (5% of essential oil) is recommended, which presented higher yield, higher oil retention and, therefore, more effective protection.

Practical Application: Microencapsulation provides protection to the essential oil against environmental agents.

Keywords: Lemon grass. Lyophilization. Microencapsulation. Stability.

1. Introdução

Óleos essenciais (OEs) são misturas complexas de metabólitos secundários, geralmente lipofílicos, pouco solúveis em água (Donsì; Ferrari, 2016; Seow et al., 2014). São compostos responsáveis pela fragrância das plantas e por atividades biológicas e são armazenados em células secretoras, cavidades, canais, células epidérmicas ou glandulares. Sua principal característica é a volatilidade, diferenciando-os dos óleos fixos, que são misturas de substâncias lipídicas obtidas normalmente de sementes (Voon; Bhat; Rusul, 2012) Fernandes et al . (2016).

Suas propriedades terapêutica e sensorial aplicam-se devido à presença de monoterpenos, sesquiterpenos e de fenilpropanóides, entre outros compostos referentes a propriedades farmacológicas e a outras propriedades biológicas. Têm sido amplamente empregados por suas propriedades já observadas na natureza, isto é, por sua ação antibacteriana, atividades antifúngica e inseticida (Sarto; Junior, 2014;Dima et al., 2014)

Diversas plantas aromáticas, na maioria das vezes cultivadas em países de clima temperado a quente, são utilizadas para extração dos OEs. A sua produção pode ser influenciada por diversos fatores ambientais (índice pluviométrico, temperatura, sazonalidade, tipo de solo, altitude e ciclo vegetativo da planta) e essa variação da produção e da composição química dos OEs também pode se modificar de acordo com alguns procedimentos, como secagem, época de colheita, tipo de adubação, entre outros (Hyldgaard; Mygind; Meyer, 2012).

Os OEs apresentam aroma forte e elevada volatilidade, além de sensibilidade ao oxigênio, luz, umidade e temperatura, levando à perda dos princípios ativos durante o processo de estocagem, dificultando a sua eficácia na aplicação em escala comercial (Laguerre et al., 2007; Theodoulou e eastmond, 2012; Rodriguez et al., 2016).

O OE utilizado no presente estudo de *Cymbopogon citratus* tem aroma intenso e agradável; tendo como componentes químicos principais o citral, o mirceno e a citronela que são bastante utilizados em escala industrial (Maswal; Dar, 2014).

A microencapsulação surge com a capacidade em associar produtos incompatíveis, preservar produtos voláteis, permitir uma libertação controlada do princípio encapsulado, proteger substâncias ou mascarar odores, utilizando-a por várias razões, sendo as principais citadas a seguir: Reduzir a reatividade do material ativo em relação ao ambiente (luz, oxigênio e umidade); Diminuir as taxas de evaporação (compostos voláteis) ou transferência de massa do material ativo para o ambiente; Melhorar as condições de manuseio do material ativo através da redução da higroscopicidade, integridade de sua estrutura; e controlar a liberação do material ativo até o estímulo apropriado; (Robert-blondel, 2014; Martins et al., 2014; Umer et al., 2011, Brasileiro, 2011).

Há vários métodos para a secagem de partículas. Além da Liofilização com uso de vácuo, é comum encontrar trabalhos usando atomização, secagem por micro-ondas (Monteiro; Carciofi; Laurindo, 2016).

Todo método gera diferentes impactos físicos e químicos nas partículas finais Al et,al (2016) e a escolha de qual processo utilizar dependerá das características finais do produto desejado.

Assim, o presente estudo teve por objetivo a obtenção do óleo essencial de *C. citratus* microencapsulado utilizando a liofilização como método de secagem e maltodextrina

DE 20 e gelatina como encapsulantes, visando melhorar a estabilidade frente a agentes ambientais.

2. Material e Métodos

2.1 Material

O óleo essencial de *C. citratus* (DC) Stapf (lote 128), extraído por destilação a vapor das folhas, foi obtido da empresa Terra-flor (Chapada dos Veadeiros, Goiás, Brasil). Os dados relacionados ao óleo essencial foram informados através de laudo técnico emitido pelo fornecedor, sendo densidade relativa a 25 °C de 0,895 g/mL e citral como componente majoritário (Acima de 90%).

Para o sistema encapsulado foi utilizada gelatina incolor em pó (Mix, São Bernardo do Campo, Brasil) e a Maltodextrina DE 20 (Cargill, Uberlândia, Brasil) Tween 80 (Sigma-Aldrich, Saint Louis, Estados Unidos)

2.3 Métodos

2.3.1 Processo de microencapsulação

Três formulações microencapsuladas foram desenvolvidas, em que maltodextrina DE 20 e gelatina foram utilizadas como encapsulantes. A matriz encapsulante foi constituída de proporção fixa de maltodextrina e gelatina de 80 e 20% (4:1, m/m), respectivamente, havendo variação no teor de óleo essencial de capim-limão em cada sistema, que foi de 5, 10 e 15% (m/m), onde por conveniência serão nomeados CL1, CL2 e CL3, respectivamente.

As formulações foram obtidas por emulsificação/liofilização, onde para preparar as emulsões que resultaram nos produtos microencapsulados utilizados nos experimentos e caracterizações iniciais, para cada sistema, conforme já explanado, os

encapsulantes foram pesados em béqueres separados e dissolvidos em água até total dissolução e Tween 80 foi utilizado como agente tensoativo (Massa correspondente a 5% com base na massa dos encapsulantes). Em seguida, o óleo essencial foi adicionado lentamente, sob agitação constante de 7000 rpm por 15 min em agitador de alta velocidade (IKA Ultra Turrax T45, Ohio, EUA).

O procedimento foi feito em banho de gelo a 4 °C. Por fim, as emulsões foram transferidas para recipientes plásticos devidamente identificados, congeladas em congelador horizontal a -25 °C por 24 h. Após esse período, foram submetidas à secagem em liofilizador Alpha 1-4 LD Plus (Christ, Osterode am Hars, Alemanha), sob pressão de 0,11 mbar e temperatura de -60 °C por 48 h, em que durante o processo a câmara de secagem foi revestida para evitar entrada de luz.

Esses parâmetros foram estabelecidos a partir de testes prévios. Os produtos microencapsulados foram processados e macerados com auxílio de almofariz e pistilo para obtenção de material homogêneo. As formulações foram acondicionadas sob refrigeração.

2.4 Avaliação do rendimento e eficiência da microencapsulação

O rendimento da microencapsulação foi baseado nas massas de encapsulantes, óleo essencial e tensoativo utilizados no preparo das emulsões e na massa final após secagem, calculado por meio da equação seguinte:

$$RM = (M_{\text{final}}/M_{\text{inicial}}) \times 100$$

Onde: RM = Rendimento da microencapsulação;

M_{final} : Massa do produto microencapsulado após secagem;

M_{inicial} : Massa seca de encapsulantes, óleo essencial e tensoativo.

Já a eficiência de microencapsulação avaliou a capacidade de retenção de óleo essencial pela matriz encapsulante e foi determinada com base no teor de óleo essencial

inserido e no teor retido após o processo. A eficiência foi calculada por meio da equação seguinte:

$$EM = (OE_{\text{real}}/OE_{\text{teórica}}) \times 100$$

Onde: EM = Eficiência da microencapsulação;

OE_{real} = Teor real de óleo essencial retido;

OE_{teórica} = Teor de óleo essencial inserido.

2.5 Caracterização dos sistemas microencapsulados

Os sistemas microencapsulados foram previamente cobertos por uma fina camada de ouro no Q150R ES (Quorum, Lewes, Inglaterra). As micrografias foram obtidas em um microscópio eletrônico de varredura SSX-550 (Shimadzu, Quioto, Japão), com voltagem de aceleração de 20 kV.

As curvas termogravimétricas (TG) e termogravimétricas derivadas (DTG) foram obtidas em analisador térmico TGA/SDTA 851e (Mettler Toledo, Columbus, Estados Unidos), sob atmosfera de ar sintético (Fluxo de 50 mL/min), taxa de aquecimento de 10 °C/min, em uma faixa de temperatura entre 30 e 600 °C, utilizando cadinho de alumina (Aberto) contendo cerca de 5 mg de amostra.

As curvas de calorimetria exploratória diferencial (DSC) foram obtidas em equipamento DSC 823e (Mettler Toledo, Columbus, EUA), sob atmosfera de ar sintético (Fluxo de 50 mL/min), taxa de aquecimento de 10 °C/min, em uma faixa de temperatura entre 30 e 400 °C, utilizando cadinho de alumínio (Tampa com orifício) contendo cerca de 5 mg de amostra.

A atividade de água foi verificada em medidor de atividade de 3TE (Aqualab, Albufeira, Portugal) a 25 °C, As medidas foram feitas em duplicata.

A determinação do teor de óleo retido, que serviu também para os cálculos de eficiência, foi conduzida em espectrofotômetro UV-Vis SP-220 (Biospectro, Curitiba,

Brasil) no comprimento de onda de 255 nm, em que a quantificação de óleo foi feita por meio de curva analítica, utilizando o próprio óleo como referência, considerando seu composto majoritário (citrál), baseando-se em Maswal e Dar (2014), cuja equação da reta foi $y = 15,469x - 0,0407$ e $R^2 0,9999$ para o presente estudo. As análises foram feitas em duplicata.

Os espectros de infravermelho foram obtidos em um equipamento FT-IR/NIR FRONTIER (Perkin Elmer, Waltham, Estados Unidos), utilizando acessório de Reflectância Total Atenuada (ATR), empregando um cristal de seleneto de zinco (ZnSe), resolução de 4 cm^{-1} e média aritmética de quatro varreduras, na região entre 500 e 4000 cm^{-1} .

A capacidade antioxidante do óleo essencial de capim-limão livre e microencapsulado (CL1, CL2 e CL3) para consumir o radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picri-hidrazil) foi avaliada de acordo com o método descrito por Fernandes et al. (2015). As soluções com potencial antioxidante de OE, CL1, CL2, CL3 e o padrão Trolox foram analisados através da redução da absorbância a 515 nm, utilizando espectrofotômetro UV-Vis SP-220 (Biospectro, Curitiba, Brasil). Para a curva analítica foram preparadas soluções utilizando Trolox a $500 \mu\text{M}$, para o consumo de DPPH a $600 \mu\text{M}$ em solução metanólica e água destilada para ajuste das concentrações finais desse agente antioxidante (17,5, 35, 70, 105, 140 e 175 mg/mL). Como controle utilizou-se uma solução com $3150 \mu\text{L}$ de DPPH e $350 \mu\text{L}$ de metanol e foram realizadas leituras no tempo 0 e 30 minutos. Foram utilizadas alíquotas de $350 \mu\text{L}$ a partir das amostras em soluções contendo 10 mL de metanol e $0,2 \text{ g}$ de óleo essencial. Para os sistemas microencapsulados a massa foi $2,0 \text{ g}$. A análise foi realizada ao abrigo da luz e as leituras das amostras foram realizadas após 30 min.

A atividade antioxidante foi expressa em percentual de inibição do radical livre DPPH. Calculado conforme a equação abaixo:

$$\% \text{ Inibição} = \left(\left(\frac{A_{DPPH} - A_{Am / Trolox}}{A_{DPPH}} \right) \right) * 100$$

Os resultados foram gerados em gráfico de concentração de Trolox em μM versus % de inibição e calculada em regressão linear obtendo uma equação da reta de:

$$y = 3,3697x + 7,2978 \text{ e } R^2 = 0,9975.$$

3. Resultados e discussão

Com o propósito de averiguar a viabilidade da liofilização, técnica de microencapsulação empregada neste estudo, foi avaliado o rendimento do processo para de obtenção dos sistemas microencapsulados. As formulações apresentaram rendimento de 82,19% para o CL1, de 74,42% para o CL2 e de 77,87% para o CL3.

Embora a liofilização permita elevados rendimentos, a mesma não chega a 100% devido às perdas prévias, ocorridas durante o processamento nas transferências de recipientes e observou-se variação para as formulações com o respectivo aumento da proporção de óleo, o que pode ser justificado pelo aumento na viscosidade da emulsão. Todos os sistemas apresentaram bons rendimentos.

O alto rendimento do processo é de grande importância para os parâmetros industriais, tendo em vista que o desperdício de matéria-prima e energia acarreta em custos maiores (Chandrapala; Vasiljevic, 2017).

Quanto à eficiência de microencapsulação, CL1, CL2 e CL3 exibiram valores de 22,45% \pm 0,07; 13,77% \pm 0,11 e 10% \pm 0,00, correspondendo a uma retenção efetiva de 1,12; 1,37; e 1,5%, respectivamente. CL1 exibiu maior eficiência, bem como melhor rendimento de microencapsulação. De maneira geral, observou-se uma melhora na eficiência (maior retenção de óleo no sistema) conforme diminuição do teor de óleo essencial. Provavelmente, isso se deve ao fato de que quanto menor o teor de óleo, melhor distribuído ele estará na micropartícula, sendo esta homogeneidade responsável por uma proteção mais efetiva. Os maiores teores de óleo aumentam a possibilidade de ocorrência de óleo superficial, o qual estará mais exposto. Os valores de eficiência de microencapsulação estão equivalentes com os

encontrados na literatura, de acordo com Gonsalves et. al (2009) para o óleo essencial *Citrus sinensis* (L) Osbeck, utilizando quitosana como encapsulante, onde foi encontrada a faixa de valores entre 16 e 46% com média de 31,15% no total.

Os espectros de infravermelho do óleo essencial de capim-limão e dos sistemas microencapsulados encontram-se na Figura 1.

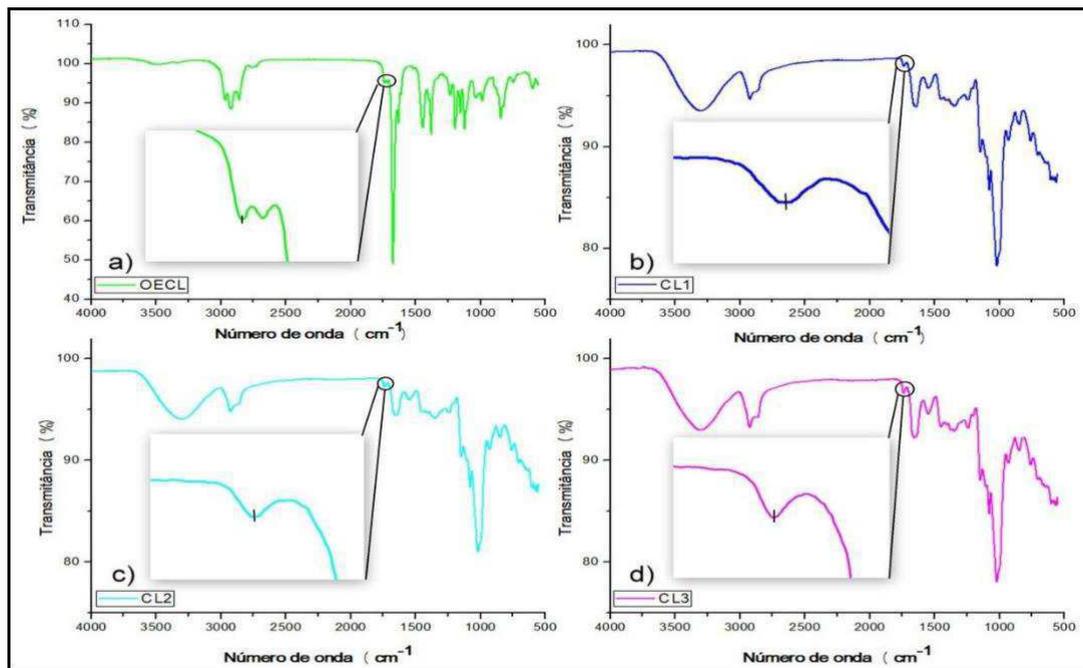


Figura 1: Espectros na região do infravermelho do óleo essencial e das formulações CL1(a), CL2(b), CL3(c).

A técnica de Espectroscopia na região do infravermelho foi conduzida principalmente para avaliar a presença do óleo essencial após o processo de microencapsulação, onde foi observada banda de absorção do seu principal grupamento químico característico em 1736 cm^{-1} , atribuída ao grupamento C=O do citral, componente majoritário do óleo essencial estudado (Silverstein et al., 2000).

Esta banda de absorção em 1736 cm^{-1} foi utilizada como referência para avaliar a presença do óleo essencial nas formulações. Todos os sistemas microencapsulados

apresentaram a banda de absorção em questão, confirmando a presença do óleo essencial.

Esta banda pode ser melhor observada na ampliação da região na própria figura.

Através da Microscopia Eletrônica de Varredura foi possível avaliar a microestrutura de cada fase isolada e também dos sistemas microencapsulados. As micrografias encontram-se reunidas na Figura 2 abaixo.

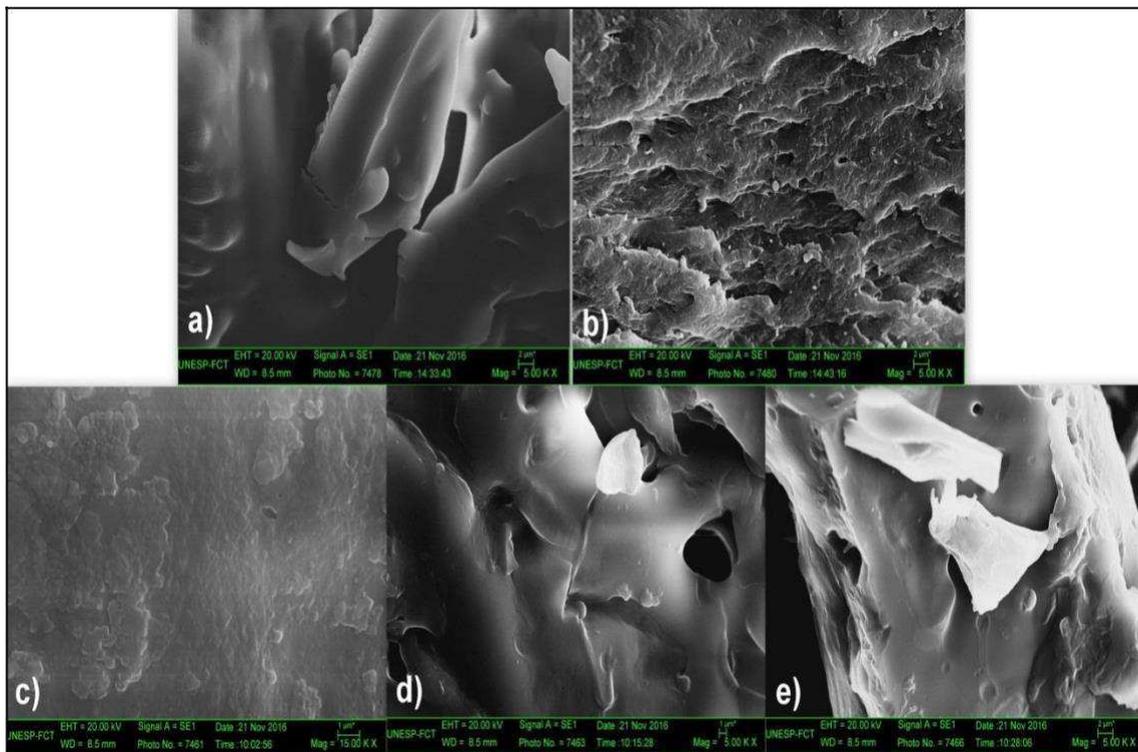


Figura 2. Micrografias eletrônicas de varredura: a) Gelatina, b) Maltodextrina DE 20 c) CL1, d) CL2, e) CL3

A maltodextrina DE 20 apresentou superfície selada, lisa, sem poros, enquanto a gelatina apresentou uma superfície irregular, com fissuras e porosidade. As diferenças morfológicas das micropartículas podem ser explicadas pelo fato da liofilização ter sido empregada para a secagem das amostras, visto que esta técnica emprega condições de alto vácuo (Kaushik, Roos, 2007; Fang, Bhandari, 2010), acarretando em formato de partícula irregular. Os três sistemas microencapsulados apresentaram microestruturas distintas entre si, com uma maior incidência de poros e imperfeições conforme aumento do teor de óleo. Isso explica o observado nos resultados de eficiência, em que a retenção foi maior de acordo com

o menor teor de óleo inserido, o que é bastante óbvio na micrografia do sistema CL1, selada e sem poros, a qual apresentou também maiores resultados de eficiência.

O estudo da atividade de água e conteúdo de umidade em microcápsulas é importante para prever a estabilidade destas, uma vez que a presença de água pode levar a um crescimento microbiano, oxidação de lipídios e reações químicas enzimáticas e não enzimáticas (Anwar; Kunz, 2011). CL1, CL2 e CL3 apresentaram valores de atividade de água de, respectivamente, $0,17\pm 0,004$, $0,20\pm 0,005$ e $0,18\pm 0,003$. Desta forma, todas as formulações apresentaram valores que indicam um sistema microbiologicamente estável e seguro, sem risco de deterioração ou crescimento de microrganismos, pois a maioria dos microrganismos se desenvolve com valores entre de 0,6 a 1, de acordo com Verdier et al.,(2014) e Labuza, Rahman (2007).

A Termogravimetria foi empregada para avaliar o comportamento térmico de todas as amostras no estudo. Na Figura 3 abaixo se encontram as curvas termogravimétricas (Curvas TG) e curvas termogravimétricas derivadas (Curvas DTG) das fases isoladas e microencapsuladas.

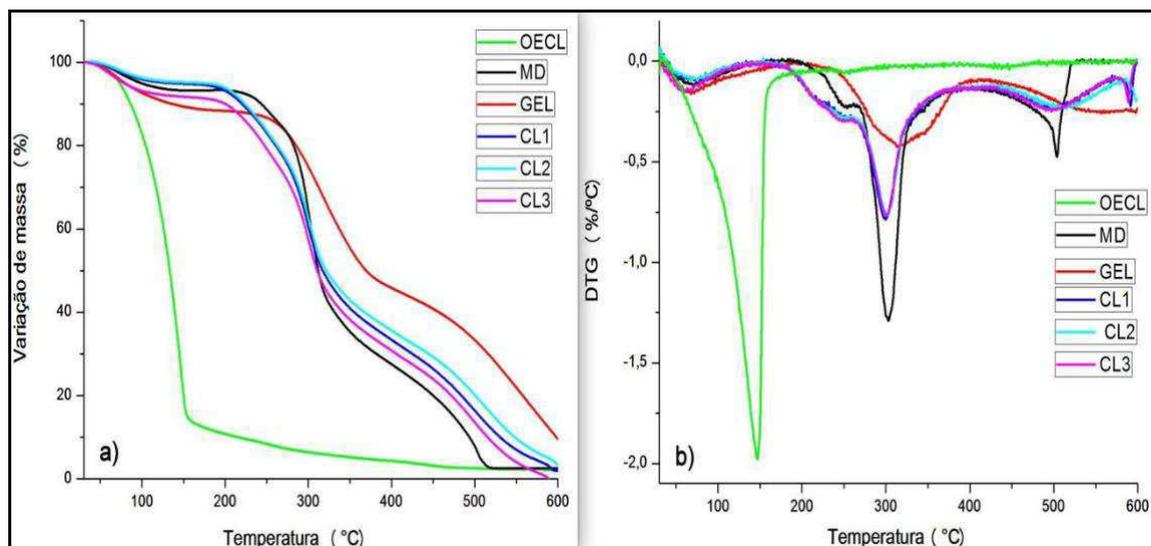


Figura 3. (a) Curvas termogravimétricas e (b) curvas termogravimétricas derivadas do óleo essencial de capim-limão, maltodextrina, gelatina e sistemas microencapsulados.

A partir da curva TG, observou-se que o óleo essencial de capim-limão apresentou um único estágio de degradação térmica, com Tonset em 106 °C.

Já maltodextrina e gelatina apresentaram mais de um estágio de degradação, sendo o primeiro evento de variação de massa referente à perda de umidade, cujos valores foram 6,5 e 11,6%, respectivamente. Maltodextrina e gelatina apresentaram Tonset propriamente dito em 274 e 266 °C, respectivamente.

Antes de discutir os resultados da curva TG para os sistemas microencapsulados, faz-se necessário avaliar algumas informações fornecidas pela curva DTG, a qual permite definir a T_{máx}, correspondente à temperatura em que a velocidade de perda de massa é máxima.

Conforme a curva DTG, o óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf apresentou T_{máx} em 146,7 °C, enquanto maltodextrina e gelatina apresentaram, para o primeiro evento em que houve perda de umidade e que é a região de interesse para avaliar a possível saída de óleo, mesma T_{máx} de 67 °C. CL1, CL2 e CL3, considerando o primeiro evento de perda de massa, apresentaram respectivamente, T_{máx} em 67, 67 e 64 °C, o que indica a saída de água e não de óleo, o qual possui valor diferente de T_{máx}.

Retornando à curva TG e considerando que o primeiro estágio de perda de massa para os sistemas microencapsulados corresponde predominantemente à perda de umidade, conforme visto na curva DTG, CL1, CL2 e CL3 apresentaram temperaturas iniciais de degradação parecidas em 249, 252 e 252 °C, respectivamente. Esses valores são, portanto, superiores ao observado para o óleo essencial livre e indicam que houve melhora na estabilidade térmica do óleo após microencapsulação, semelhante para todos os teores de óleo inseridos.

Apesar da predominância de saída de água no primeiro evento para os sistemas microencapsulados e de não descartada a possibilidade de volatilização de uma pequena parte

de óleo essencial, ao observar a curva DTG entre 185 e 226 °C para CL1, CL2 e CL3, observa-se para os três sistemas um evento de perda de massa que não é típico do óleo essencial livre e nem dos encapsulantes, mas pode ser atribuído ao óleo essencial, que após microencapsulação volatiliza-se em uma faixa maior de temperatura. Esses resultados confirmam a efetividade do processo de microencapsulação e da adequada escolha dos materiais de parede.

Ao também investigar a microencapsulação de óleo essencial *Lippia sidoides*, Oliveira et al. (2014) também observaram melhora na estabilidade térmica após o processo, pois só ocorreu perda de mais de 10% de massa após 200 °C e percebeu-se também que a perda de massa inicial foi relativa à perda de umidade. A Tabela 1 abaixo reúne os dados extraídos das curvas TG e DTG.

Amostras	1° estágio (°C)	$\Delta m1$ (%)	2° estágio (°C)	$\Delta m2$ (%)	T_{onset} (°C)	T_{máx} (°C)
OECL	30-194	89,06	-	-	106	146,7
Maltodextrina	30-160	6,5	190-261	7,57	274	67
Gelatina	30-195	11,61	206-413	43,94	266	67
CL1	30-137	4,88	170-260	14,68	249	67
CL2	30-137,5	4,46	172-260	14,92	252	67
CL3	30-137,5	7,81	172-260	15,1	252	64

A técnica de Calorimetria exploratória diferencial é de grande importância para estudar a temperatura de degradação oxidativa de óleos essenciais, entre outros eventos. As curvas de DSC do óleo essencial de capim-limão, maltodextrina, gelatina e sistemas microencapsulados se encontram na Figura 4 a seguir.

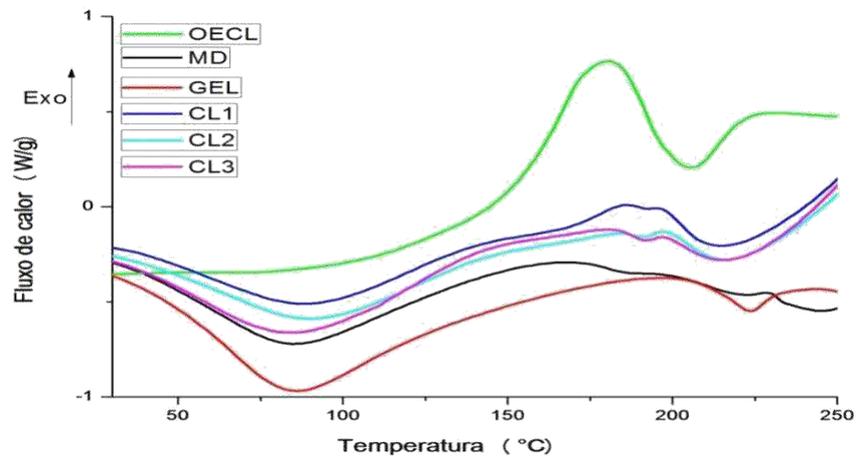


Figura 4. Curvas de DSC para óleo essencial de capim-limão, maltodextrina, gelatina e formulações.

O óleo essencial de capim-limão apresentou evento exotérmico com pico em 180,09 °C, atribuído à sua degradação oxidativa. Por sua vez, maltodextrina e gelatina apresentaram eventos endotérmicos com picos em 85,18 e 85,7 °C, e em 187 e 226 °C, correspondentes à liberação de umidade e ao início da degradação térmica, respectivamente. Os três sistemas microencapsulados apresentaram o evento endotérmico de perda de umidade em temperatura semelhante à observada para maltodextrina e gelatina.

As informações mais importantes extraídas da curva de DSC para as formulações são as relacionadas aos eventos exotérmicos localizados em 186 e 196 para CL1, 184 e 196 para CL2 e 181,5 °C e 196 °C para CL3. Esses eventos estão associados à degradação oxidativa do óleo essencial nos sistemas, a qual ocorreu em temperaturas maiores para o óleo microencapsulado. Constatou-se também que a degradação oxidativa ocorreu em duas etapas, sugerindo sua ocorrência no óleo que se encontra mais superficial e em seguida no óleo presente mais no interior da micropartícula. Entre os sistemas, a proteção contra a degradação oxidativa foi mais exitosa conforme menor o teor de óleo, pelas mesmas razões já discutidas para as análises de eficiência de microencapsulação, MEV e TG, as quais corroboram esses resultados de DSC.

Os óleos essenciais são formados por dezenas de compostos com diferentes comportamentos, grupos funcionais e polaridade. Devido a essa complexidade estrutural, Wang *et al.* (2008) afirmam que o efeito antioxidante de um óleo essencial não pode ser atribuído a um ou alguns de seus constituintes, visto que além dos compostos principais, os constituintes encontrados em concentrações menores podem contribuir de forma significativa para a atividade do óleo. Os resultados de capacidade antioxidante dos sistemas microencapsulados (CL1, CL2 e CL3) e do óleo essencial de capim-limão (OE) encontram-se na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Resultados da Capacidade Antioxidante (AA) dos sistemas microencapsulados (CL1, CL2 e CL3) e do óleo essencial de capim-limão (OE)

AA pelo método de DPPH em TE	CL1	CL2	CL3	OE
	1,79*	0,16*	1,81*	55,2*
AA pelo método de DPPH em IC50	2,46**	7,74**	12,1**	22,1**

*Resultados expressos em mg de equivalentes de trolox por 100 gramas da amostra (mg.Te/100g). **Resultados expressos em porcentagem de inibição (IC50).

O óleo essencial livre apresentou valor de 55,21 mg.Te/100g pelo método de DPPH em TE, resultado semelhante ao obtido por Sacchetti et al. (2005), cuja faixa variou de 59,6±0,42 a 64,3±0,45 mg.Te/100g. Quanto aos sistemas microencapsulados, CL3 e CL1 exibiram valores semelhantes, enquanto CL2 apresentou menor valor, não sendo observada uma associação com o teor de óleo retido em cada sistema.

Para o método de DPPH em IC₅₀, o óleo essencial *in natura* apresentou 22,16% de inibição, enquanto CL1, CL2 e CL3 apresentaram valores de 2,46; 7,74 e 12,17%, respectivamente. Esses valores estão de acordo com o já esperado a partir dos resultados de eficiência de microencapsulação, cuja porcentagem de inibição foi maior conforme maior teor de óleo presente em cada sistema.

4. Conclusão

As formulações apresentaram altos rendimentos, atestando a adequação da escolha dos encapsulantes e também da técnica de liofilização para obter os sistemas microencapsulados. Maltodextrina e gelatina proporcionaram melhora na estabilidade térmica, retardando a taxa de volatilização do óleo essencial e protegendo contra agentes ambientais, em especial calor, luz e oxigênio. Desta forma, a partir das constatações feitas, maltodextrina e gelatina apresentam-se como encapsulantes promitentes para obtenção de micropartículas contendo óleo essencial de capim-limão.

Apesar de não ter sido feito um estudo detalhado acerca da taxa de liberação de óleo em função do tempo, pode-se afirmar que o presente estudo é de grande importância para o conjunto de atividades que concorre para a produção de produtos agroindustriais, em especial o segmento de Distribuição, em que, a partir dos resultados apresentados, podem-se diminuir os custos com transporte, visto que o óleo essencial microencapsulado pode ser transportado sem necessidade de refrigeração, dentro de certo limite de tempo que carece ser estabelecido em estudos futuros. Entre as formulações investigadas, recomenda-se a CL1 (5% de óleo essencial), visto que apresentou maior retenção de óleo e proteção mais efetiva.

5. Referências bibliográficas

AL, S. B. W.; LI, X.; SHI, W. **Analysis of a heat recovery system of the spray-drying process in a soy protein powder plant.** Applied Thermal Engineering, Oxford, v. 103, p. 1022–1030, June, 2016.

AL-MAMARY, M.; et al., **Antioxidant activities and total phenolics of different types of Honey.** Nutrition Research, v. 22, p.1041-1047, 2002.

ALONSO, J.; DESMARCHELIER, C. **Plantas medicinal e sautóctonas de la Argentina.** Bases científicas para su aplicación em atención primaria de lasalud. Buenos Aires: LOLA, 663p. 2006.

ANWAR, S. H.; KUNZ, B. **The influence of drying methods on the stabilization of fish oil microcapsules: Comparison of spray granulation, spray drying, and freeze drying.** Journal of Food Engineering, v. 105, p. 367-378, 2011.

BARNI, S. T, FILHO, V. C.; COUTO, A. G. **Caracterização química e tecnológica das folhas, caules e planta inteira da Ipomoeapes-caprae (L.) R. Br., Convolvulaceae, como matéria-prima farmacêutica.** Revista Brasileira de Farmacognosia, 19(4):865-870, 2009.

BORTOLO, D. G. P.; MARQUES, P. A. A.; PACHECO, A. C. **Teor e rendimento de flavonoides em calêndula (Calendulaofficinalis L.)**Serra Catarinense, Santa Catarina, Brasil. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, 11(1):54-74, 2009.

BRASILEIRO, J. S. L. **Microencapsulação de compostos bioactivos: inovação em diferentes áreas.** Universidade Fernando Pessoa, 14-24, 2011.

CAPITANI, C. D.; HATANO, M. K.; MARQUES, M. F.; CASTRO, I. A. **Efeitos de misturas otimizadas contendo compostos fenólicos na estabilidade oxidativa de salsichas.** *Food Sci Technol Int*; 19 : 69-77. doi: 10.1177 / 1082013212442184, 2015.

CHANDRAPALA, J.; VASILJEVIC, T. **Properties of spray dried lactose powders influenced by presence of lactic acid and calcium.***Journal of Food Engineering.* v. 198, p. 63–71, 2017.

CHANWITHEESUK, A.; et al., Screening of antioxidant activity and antioxidant compounds of some edible plants of Thailand. **Food Chemistry**, v.92, p. 491-497, 2005.

CHEN, H. Y.; YEN, G. C. **Antioxidant activity and free radical scavenging capacity of extracts from guava (*Psidium guajava* L.) leaves.** *Food Chemistry* 101:686–694, 2007.

DIMA, C. M. AIEXE, P. & DIMA, S. **Microencapsulation of essential oil of pimento [*Pimenta dioica* (L) Merr.] by chitosan/k-carrageenan complex coacervation method.** *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 203–211, 2014.

DONSÌ, F.; FERRARI, G. **Essential oil nanoemulsions as antimicrobial agents in food.** *Journal of Biotechnology*, v. 233, n. 1, p. 106-120, 2016.

FANG, Z.; BHANDARI, B. **Encapsulation of polyphenols: A Review** *Trends in Food Science & Technology*, v. 21, p. 510-523, 2010.

FERNANDES, R. V. DE B. et al. Study of ultrasound-assisted emulsions on microencapsulation of ginger essential oil by spray drying. **Industrial Crops and Products**, v. 94, p. 413–423, 2016.

FERREIRA, E.; OLIVEIRA, R. L.; CARVALHO, V. F. **Flavonoides: um potente agente terapêutico**. FISA/FUNCESI, 2014.

GONSALVES, J. K. M. C.; COSTA, A. M. B.; SOUSA, D. P.; CAVALCANTI, S. C. H.; NUNES, R. S. **Microencapsulação do óleo essencial de *Citrus sinensis* (L) Osbeck pelo método da coacervação simples**. Scientia Plena 5:111–102, 2009.

HYLDGAARD, M.; MYGIND, T.; MEYER, R. L. **Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components**. Frontiers in Microbiology, v. 25, n. 3, p. 1-25, 2012

KAUSHIK, V.; ROSS, Y. H. **Limonene encapsulation in freeze-drying of gum Arabic-sucrose-gelatin systems**. LWT- Food Science and Technology, v. 40, p. 1381-1391, 2007.

LABUZA, T., RAHMAN, M. S. **Water activity and food preservation**. In Handbook of food preservation, pp. 447–476. CRC Press, 2007.

LAGUERRE, M.; CRISTIANI, M.; D'ARRIGO, M.; MANDALARI, G.; CASTELLI, F.; SARPIETRO, M.; LECOMTE, J.; VILLENEUVE, P. **Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges**. Progress in Lipid Research, v.46, p.244-282, 2007.

LIMA, A.R.; et al., Avaliação in vitro da atividade antioxidante do extrato hidroalcoólico de folhas de bardana. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, p.531-536, 2006.

LORENZO, J. M.; SINEIRO, J.; AMADO, I. R.; FRANCO, D. **Influência de extratos naturais na vida útil de rissóis de porco modificados em atmosfera**. *Carne Sci.* 96 : 526-534. doi: 10.1016 / j.meatsci.2013.08.007, 2014.

MARTINS, I. M.; BARREIRO, M. F.; COELHO, M.; RODRIGUES, A. E. **Microencapsulation of essential oils with biodegradable polymeric carriers for cosmetic applications**. *Chemical Engineering Journal*, 245, 191–200, 2014.

MASWAL, M.; DAR, A. A. **Formulation challenges in encapsulation and delivery of citral for improved food quality**. *Food Hydrocolloids*, Oxford, v. 37, p. 182–195, June 2014.

MENUT, C. et al. Aromatic plants of tropical West Africa. XI. Chemical composition, antioxidant and antiradical properties of the essential oils of three *Cymbopogon* species from Burkina Faso. *Journal of Essential Oil Research*, Washington, v. 12, n. 2, p. 207-212, Mar./Apr. 2000.

MONTEIRO, R. L.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. **A microwave multi-flash drying process for producing crispy bananas**. *Journal of Food Engineering*, Essex, v. 178, p. 1–11, June 2016.

MOREIRA, D.L.; et al., **Substâncias fenólicas com atividade antioxidante de Pseudopiptadenia contorta (Leguminosae-Mimosoideae)**. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.12, p.124-125, 2002.

OH, W. K.; LEE, C.H.; LEE, M. S.; BAE, E.Y.; SOHN, C. B.; OH, H.; KIM, B.Y.; AHN, J. **S. Antidiabetic effects of extracts from Psidiumguajava.** Journal of Ethno pharmacology, 96:411–415, 2005.

OLIVEIRA, E. F. D. E.; PAULA, H. C. B.; PAULA, R. C. M. DE. **Colloids and Surfaces B :Biointerfaces Alginate / cashew gum nanoparticles for essential oil encapsulation.** Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, v. 113, p. 146–151, 2014.

PATEIRO, M.; LORENZO, J. M.; AMADO, I. R.; FRANCO, D. **Efeito da adição do extrato de chá verde, castanha e uva sobre a vida de prateleira do patê de fígado de porco.** FoodChem; 147 : 386-394. doi: 10.1016 / j.foodchem.09.153, 2013, 2014.

ROBERT, B. Robert BlondelCosmétiques. Acedido em 26 de maio de 2014, disponível em <http://www.robert-blondel.fr/>, 2014.

RODRÍGUEZ, J.; MARTÍN, M.; RUIZ, M.; CLARES, B. **Currentencapsulation strategies for bioactive oils: From alimentary to pharmaceutical perspectives.** Food Research International, v.83, p.41-59, 2016.

SACCHETTI, G.; MAIETTI, S.; MUZZOLI, M.V.; SCAGLIANTI, M.; MANFREDINI, S.; RADICE, M.; BRUNI, R. **Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods.** Food Chemistry, Oxford, v. 91, n. 4, p. 621-632, Aug. 2005.

SARTO, M. P. M.; JUNIOR, G. Z. **Atividade antimicrobiana de óleos essenciais antimicrobial activity of essential oils.** Revista UNINGÁ Review, Vol.20,n.1,pp.98-102,Out – Dez, 2014.

SEOW, Y. X.; YEO, C. R.; CHUNG, H. L.; YUK, H. **Plant essential oils as active antimicrobial agents.** Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 54, n. 5, p. 625644, 2014.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X. **Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos.** 6ª ED. LTC editora, Rio De Janeiro, p. 77-88, 2000.

SOUGUIR, H.; SALAUN, F.; DOUILLET, P.; VROMAN, I.; CHATTERJEE, S. **Nanoencapsulation of curcumin in polyurethane and polyurea shells by an emulsion diffusion method.** Chemical Engineering Journal, Lausanne, v. 221, p. 133–145, Apr. 2013.

THEODOULOU, F.; EASTMOND, P. **Seed storage oil catabolism: a story of give and take.** Current Opinión in Plant Biology, v.15, p.322-328, 2012.

UMER, H.; NIGAM, H.; TAMBOLI, A. M.; NAIAR, M. S. M. **Microencapsulation: Process, Techniques and Applications.** *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 2, 474–481, 2011.

VERDIER, T.; CONTAND, M.; BERTRON, A.; ROQUES, C. **A review of indoor microbial growth across building materials and sampling and analysis methods.** Building and Environment, v. 80, p. 136–149, 2014.

VOON, C. H.; BHAT, R.; RUSUL, G. Flower extracts and their essential oils as potential antimicrobial agents for food uses and pharmaceutical applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, n. 1, p. 34–55, 2012.

WANG, W. *et al.* Antioxidative activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil compared to its main components. **Food Chemistry**, v. 108, n. 3, p. 1019-1022, 2008

ZUANAZZI, J. A. S.; MONTANHA, J. A. Flavonoides. In SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da Planta ao Medicamento**. 5. ed. Porto Alegre: RS. Editora da UFSC, 2005.

ANEXO I – NORMAS DA REVISTA

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

A **Food Science and Technology** (Campinas) publica artigos científicos na área. Os trabalhos devem ser apresentados em inglês, escritos com texto claro e conciso, devendo observar as disposições normativas relacionadas neste documento.

Política editorial

A Food Science and Technology (Campinas) aceita submissões de artigos que contenham resultados de pesquisa original e adota a política de revisão por pares, anônima.

A Rejeição de artigos pode ser feita pelo Editor Chefe, Editor Adjunto e pelos Editores associados.

O aceite dos trabalhos depende do parecer de pelo menos dois revisores indicados pela Comissão Editorial. Os pareceres dos revisores serão encaminhados aos autores para que verifiquem as sugestões e procedam às modificações que se fizerem necessárias. Em caso de discordância, a decisão final caberá ao Editor responsável pelo artigo ou, se este considerar necessário, outro revisor será consultado e os três pareceres serão analisados pela Diretoria de Publicações da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia - sbCTA, que tomará a decisão final.

Os trabalhos aceitos serão publicados na versão on-line da Revista e no SciELO, dentro um prazo médio de doze meses.

Autoria

A autoria deve ser limitada a aqueles que participaram e contribuíram substancialmente para o desenvolvimento do trabalho.

O autor para correspondência deve ter obtido permissão de todos os autores para realizar a submissão do artigo e para realizar qualquer alteração na autoria do mesmo.

Termo de concordância e cessão de direitos de reprodução gráfica

O autor para correspondência deverá assinar e encaminhar à Diretoria de

Publicações da sbCTA o Termo de Concordância e Cessão de Direitos de

Reprodução Gráfica em nome de todos os autores. Assinando o Termo de Concordância e

Cessão de Direitos de Reprodução Gráfica, os autores concordam com o seguinte, descrito no

Termo:

- Que o trabalho não foi submetido para avaliação por outra publicação de mesma finalidade;
- A submissão do trabalho e a nomeação do autor para correspondência indicado;
- A cessão do direito de reprodução gráfica para a sbCTA, caso o trabalho seja aceito para publicação.

Conteúdo da publicação

Artigos originais

O trabalho deve apresentar o resultado claro e sucinto de pesquisa realizada com respaldo do método científico.

Artigos de revisão

O trabalho deve apresentar um overview relativo à temática desta revista, normalmente com foco em literatura publicada nos últimos cinco anos.

Trabalhos envolvendo humanos

Quando houver apresentação de resultados de pesquisas envolvendo seres humanos, citar o número do processo de aprovação do projeto por um Comitê de Ética em Pesquisa, conforme Resolução nº 196/96, de 10 de outubro de 1996 do Conselho Nacional de Saúde.

Formatação dos manuscritos

A checagem das informações e a formatação do manuscrito são de responsabilidade dos autores. Artigos originais não podem exceder 16 páginas (excluindo referências). O manuscrito deve ser digitado em espaçamento duplo, em uma única coluna justificada, com margens de 2,5 cm. Linhas e páginas devem estar numeradas sequencialmente. (Verifique também o item Formatos de arquivo ao final deste documento).

Primeira página

A primeira página do manuscrito submetido deve conter obrigatoriamente as seguintes informações, nesta ordem:

- Relevância do trabalho: breve texto de no máximo 100 palavras que descreva sucintamente a relevância do trabalho;

- Títulos do trabalho:
 - a) Título em inglês;
 - b) Título para cabeçalho (6 palavras no máximo).

Página de autoria

A página de autoria do manuscrito deverá conter as seguintes informações:

- Nome completo e e-mail de todos os autores;
- Nomes abreviados de todos os autores para citação (ex.: nome completo:
 - José Antonio da Silva; nome abreviado: Silva, J. A.);
- Informação do autor para correspondência (indicar o nome completo, endereço postal completo, números de telefone e FAX, e endereço de e-mail do autor para correspondência);

- Nome das instituições onde o trabalho foi desenvolvido, sendo: nome completo da instituição (obrigatório), unidade (opcional), departamento (opcional), cidade (obrigatório), estado (obrigatório) e país (obrigatório).

Página de Abstract e Keywords

Abstract

- O abstract deve:
 - Estar apenas em inglês;
 - Estar em um único parágrafo de, no máximo, 200 palavras;
 - Explicitar claramente o objetivo principal do trabalho;
 - Delinear as principais conclusões da pesquisa;
 - Se aplicável, indicar materiais, métodos e resultados;
 - Sumarizar as conclusões;
 - Não usar abreviações e siglas.
-
- Notas de rodapé;
 - Dados e valores estatísticos significativos;
 - Referências bibliográficas.

Practical Application

Texto curto, com no máximo 85 caracteres, apontando as inovações e pontos importantes do trabalho. O *Practical Application* será publicado.

Keywords e palavras-chave

O artigo deve conter no mínimo três(3) e no máximo seis(6) Keywords. Keywords devem estar somente em inglês. Para compor o Keywords de seu artigo, evite a utilização de termos já utilizados no título.

Páginas de Texto

O trabalho deverá ser dividido nas seguintes partes. As partes devem ser numeradas na seguinte ordem:

- Introdução;
 - Material e métodos, que deve incluir delineamento experimental e forma de análise estatística dos dados;
 - Resultados e discussão (podem ser separados);
 - Conclusões;
 - Referências bibliográficas;
 - Agradecimentos (opcional).
-
- Abreviações, siglas e símbolos devem ser claramente definidos na primeira ocorrência;

- Notas de rodapé não são permitidas;
- Títulos e subtítulos são recomendados, sempre que necessários, mas devem ser utilizados com critério, sem prejudicar a clareza do texto. Títulos e subtítulos devem ser numerados, respeitando a ordem em que aparecem;
- Equações devem ser geradas por programas apropriados e identificadas no texto com algarismos arábicos entre parêntesis, na ordem que aparecem. Elas devem ser citadas no corpo do texto em formato editável e devem estar em posição indicada pelo autor. Por favor, não envie imagens de equações em hipótese alguma. Equações enviadas separadamente não serão aceitas, serão consideradas apenas as equações contidas no texto.

Tabelas, Figuras e Quadros

Tabelas, Figuras e Quadros devem formar um conjunto de no máximo sete elementos. Devem ser numerados com numerais arábicos, seguindo-se a ordem em que são citados. No Manuscrito.pdf - versão para avaliação - e no Manuscrito.doc - versão para produção -, tabelas, equações, figuras e quadros devem ser inseridos no texto completo e na posição preferida pelo autor e que também proporcione o melhor fluxo de leitura. Veja abaixo os detalhes para o envio desses itens na versão para produção.

Figuras e quadros (versão para produção)

Figuras e Quadros devem ser citados no corpo do texto, em posição que proporcione o melhor fluxo de leitura, e ordenados numericamente, utilizando-se numerais arábicos; as respectivas legendas devem ser enviadas no texto principal de acordo com a indicação do autor. Ao

enviar figuras com fotos ou micrografias certifique-se que essas sejam escaneadas em alta resolução, para que cada imagem fique com no mínimo mil pixels de largura. Todas as fotos devem ser acompanhadas do nome do autor, pessoa física. Para representar fichas, esquemas ou fluxogramas devem ser utilizados Quadros.

Tabelas (versão para produção)

As tabelas devem ser citadas no corpo do texto e numeradas com algarismos arábicos. Devem estar inseridas no corpo do texto em posição indicada pelo autor. Tabelas enviadas separadamente não serão aceitas, serão consideradas apenas as tabelas contidas no texto. As tabelas devem ser elaboradas utilizando-se o recurso Tabela do programa Microsoft Word 2007 ou posterior; não devem ser importadas do Excel ou Powerpoint e devem:

- Ter legenda com título da Tabela;
- Ser auto-explicativa;
- Ter o número de algarismos significativos definidos com critério estatístico que leve em conta o algarismo significativo do desvio padrão;
- Ser em número reduzido para criar um texto consistente, de leitura fácil e contínua;
- Apresentar dados que não sejam apresentados na forma de gráfico;
- Utilizar o formato mais simples possível, não sendo permitido uso de sombreamento, cores ou linhas verticais e diagonais;
- Utilizar somente letras minúsculas sobrescritas para indicar notas de rodapé que informem abreviações, unidades etc. Demarcar primeiramente as colunas e depois as linhas e seguir essa mesma ordem no rodapé.

Nomes proprietários

Matérias-primas, equipamentos especializados e programas de computador utilizados deverão ter sua origem (marca, modelo, cidade, país) especificada.

Unidades de medida

- Todas as unidades devem estar de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI);
Temperaturas devem ser descritas em graus Celsius.

Referências bibliográficas

Citações no texto

As citações bibliográficas inseridas no texto devem ser feitas de acordo com o sistema "Autor Data". Por exemplo, citação com um autor: Sayers (1970) ou (Sayers, 1970); com dois autores: Moraes & Furuie (2010) ou (Moraes & Furuie, 2010); e acima de dois autores apresenta-se o primeiro autor seguido da expressão "et al.". Nos casos de citação de autor entidade, cita-se o nome dela por extenso.

Lista de referências

A revista **Food Science and Technology (CTA)** adota o estilo de citações e referências bibliográficas da American Psychological Association - APA. A norma completa e os tutoriais podem ser obtidos no link <http://www.apastyle.org>.

A lista de referências deve ser elaborada primeiro em ordem alfabética e em seguida em ordem cronológica, se necessário. Múltiplas referências do mesmo autor no mesmo ano devem ser identificadas por letras "a", "b", "c" etc. apostas ao ano da publicação.

Artigos em preparação ou submetidos à avaliação não devem ser incluídos nas referências. Os nomes de todos os autores deverão ser listados nas referências, portanto não é permitido o uso da expressão "et al."

Segundo determinação da Diretoria de Publicações da sbCTA, os artigos aceitos cujas referências bibliográficas estejam fora do padrão determinado ou com informações incompletas **NÃO SERÃO PUBLICADOS** até que os autores adequem as referências às normas.

Exemplos de referências

Livro

Baccan, N., Aleixo, L. M., Stein, E., & Godinho, O. E. S. (1995). *Introdução à semimicroanálise qualitativa* (6. ed.). Campinas: EduCamp. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. (2006). Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO (versão 2, 2. ed.). Campinas: UNICAMP/NEPA.

Capítulo de livro

Sgarbieri, V. C. (1987). Composição e valor nutritivo do feijão *Phaseolus vulgaris* L.

In E. A. Bulisani (Ed.), *Feijão: fatores de produção e qualidade* (cap. 5; p. 257-326).

Campinas: Fundação Cargill.

Artigo de periódico

Versantvoort, C. H., Oomen, A. G., Van de Kamp, E., Rompelberg, C. J., & Sips, A. J. (2005). Applicability of an in vitro digestion model in assessing the bioaccessibility of mycotoxins from food. *Food and Chemical Toxicology*, 43(1), 31-40. Sillick, T. J., & Schutte, N. S. (2006). Emotional intelligence and self-esteem mediate between perceived early parental love and adult happiness. *E-Journal of Applied Psychology*, 2(2), 38-48. Retrieved from <http://ojs.lib.swin.edu.au/index.php/ejap>

Trabalhos em meio eletrônico

Richardson, M. L. (2000). *Approaches to differential diagnosis in musculoskeletal imaging* (version 2.0). Seattle: University of Washington, School of Medicine. Retrieved from <http://www.rad.washington.edu/mskbook/index.html>

Legislação

Brasil, Ministério da Educação e Cultura. (2010). *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências (Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

Teses e dissertações

Fazio, M. L. S. (2006). *Qualidade microbiológica e ocorrência de leveduras em polpas congeladas de frutas* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto.

Eventos

Sutopo, W., Nur Bahagia, S., Cakravastia, A., & Arisamadhi, T. M. A. (2008). A Buffer stock Model to Stabilizing Price of Commodity under Limited Time of Supply and Continuous Consumption. In *Proceedings of The 9th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference (APIEMS)*, Bali, Indonesia.

Formatos de arquivo

O texto principal do manuscrito deve ser submetido da seguinte forma:

Manuscrito.pdf: versão para avaliação

- Formato .pdf;
- Fonte Times New Roman, tamanho 12;
- Espaçamento duplo entre linhas;
- Texto completo do manuscrito (no máximo 16 páginas);
- Figuras, quadros e tabelas com suas respectivas legendas devem ser submetidos junto ao texto completo e nas posições preferidas pelo autor;

- Linhas e páginas devem ser numeradas seqüencialmente;
- Deve ter a folha de rosto excluída;
- Deve ter os nomes dos autores e instituições removidos da página de título;
- Deve ser nomeado manuscritoavaliacao.pdf.

Manuscrito.doc: versão para produção

- Formato Microsoft Word® 2007 ou posterior;
- Fonte Times New Roman, tamanho 12;
- Espaçamento duplo entre linhas;
- Figuras, quadros, tabelas, equações e suas respectivas legendas devem ser incorporadas no Texto do Manuscrito nas posições indicadas pelo autor;
- Linhas e páginas devem ser numeradas seqüencialmente;
- Deve ter a folha de rosto em arquivo separado;
- Deve ter os nomes dos autores e instituições na primeira página;
- Deve ser nomeado manuscritoproducao.doc

Após conferir a formatação e ter preparado os arquivos de acordo com as recomendações, siga para a etapa de Submissão On-line (Veja abaixo). Link: <http://mc04.manuscriptcentral.com/cta-scielo>

Taxa de submissão

A Food Science and Technology (CTA) cobrará taxa de publicação dos artigos aceitos de acordo com os seguintes critérios:

- USD 270.00 - De autores não associados à sbCTA;
- USD 200.00 - Se ao menos um autor for associado da sbCTA e estiver quite com a anuidade;
- USD 180.00 - Se ao menos dois autores forem associados da sbCTA e estiverem quites com a anuidade;
- USD 160.00 - Se ao menos três autores forem associados da sbCTA e estiverem quites com a anuidade;
- USD 140.00 - Se ao menos quatro autores forem associados da sbCTA e

estiverem quites com a anuidade.

O processo de publicação do artigo só terá início após o pagamento da taxa de publicação que se dará de duas formas e sempre para o e-mail do autor que realizou a submissão:

- Autor no Brasil: através de boleto bancário enviado por e-mail.
- Autor no exterior: através do site de pagamentos PayPal enviado por e-mail. Temos também a opção para pagamento através de cartão de crédito.

Revisão do inglês

Os trabalhos devem ser apresentados em inglês, com carta de comprovação de revisão assinada por especialista no idioma inglês (brasileiro ou estrangeiro). Todas as revisões de inglês devem ser acompanhadas de uma carta detalhando as alterações feitas no documento original.

Antes de realizar a submissão on-line, o autor para correspondência deverá preencher e assinar o Termo de Concordância e Cessão de Direitos de Reprodução Gráfica.

Encaminhar o termo para o e-mail publicacoes@sbcta.org.br . O processo de avaliação não se inicia até que o Termo de Concordância e Cessão de Direitos de Reprodução Gráfica seja recebido.

Contato

Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos/sbCTA

Av. Brasil 2880 - 13001-970 Campinas - SP, Brasil - Caixa Postal: 271

Fone / Fax: +55 (19) 3241-0527 - Fone: +55 (19) 3241-5793

e-mail: publicacoes@sbcta.org.br