

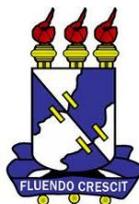


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

ARIADNE MATOS DOS SANTOS

MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO (*Capsicum chinense* Jacquin): QUANTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS E AROMÁTICOS

**SÃO CRISTOVÃO
2020**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ARIADNE MATOS DOS SANTOS

MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO (*Capsicum chinense* Jacquin): QUANTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS E AROMÁTICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Alessandra Almeida Castro Pagani.

São Cristóvão/SE
2020

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

S237m Santos, Ariadne Matos dos
Microcápsulas de pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense*
Jacquin) : quantificação dos compostos bioativos e aromáticos /
Ariadne Matos dos Santos ; orientadora Alessandra Almeida Castro
Pagani. – São Cristóvão, 2020.
75 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)
– Universidade Federal de Sergipe, 2020.

1. Tecnologia de alimentos. 2. Pimenta-do-reino – Conservação.
3. Capsulas (Farmácia). 4. Gelação. I. Pagani, Alessandra Almeida
Castro, orient. II. Título.

CDU 664:633.841

ARIADNE MATOS DOS SANTOS

**MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO (*Capsicum chinense*
Jacquin): QUANTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS E
AROMÁTICOS**

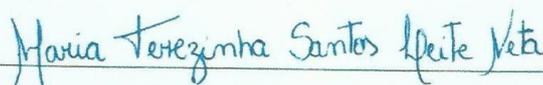
Dissertação de mestrado aprovada no
Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos em 05 de junho de
2020.

BANCA EXAMINADORA



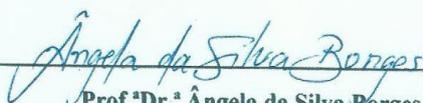
Prof.ª Dr.ª Alessandra Almeida Castro Pagani

Orientadora/ PROCTA-UFS



Prof.ª Dr.ª Maria Terezinha Santos Leite Neta

1º Examinador / PROCTA – UFS



Prof.ª Dr.ª Ângela da Silva Borges

2º Examinador/ externo ao PROCTA – UFS

São Cristóvão/SE

2020

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida por me ajudarem nos momentos difíceis a recomeçar!

Aos meus pais, por tudo em minha vida. Ao meu irmão Toninho e minha cunhada Érica por estarem ao meu lado, a minha Tia Ainha por estar sempre rezando para conseguir alcançar meus objetivos.

Agradeço aos meus amigos irmãos Rauflan, Ronisson; a Tia Creuza e Cícero por sempre torcerem por mim.

A minha orientadora, Alessandra, pela compreensão, confiança, paciência e pelo suporte dado durante todo o projeto.

A minha professora Terezinha por todo o suporte na parte de compostos voláteis. A Hanna e Mônica doutorandas do Laf pela ajuda e explicação na análise dos compostos voláteis.

Aos colegas de curso, em especial Geneluce e Laís por sempre estarem comigo no laboratório me ajudando e nos divertindo!

A todos os funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos pelo auxílio durante o projeto. Em especial as técnicas Celeste, Patrícia, Grazi e Aline pela convivência, pelo suporte e pelos conhecimentos compartilhados.

Aos professores do Programa de Ciência e Tecnologia de Alimentos - PROCTA pelo suporte e conhecimentos compartilhados e a toda equipe do programa do mestrado.

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

A todos os amigos que contribuíram e torceram para realização desse projeto muito obrigada!

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.” Charles Chaplin

SANTOS, A. M. S. Microcápsulas de pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinese* Jacquin): quantificação dos compostos bioativos e aromáticos [Dissertação]. São Cristóvão: Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe; 2020.

RESUMO

O mercado para as pimentas in natura é fortemente influenciado pelos hábitos alimentares de cada região do Brasil e são parte importante de vários pratos tradicionais. Os estados da região Sul são provavelmente os que menos consomem pimentas in natura no País, havendo uma preferência pelas formas processadas, como molhos, conservas e pimentas desidratadas. Os frutos de *Capsicum* são fontes importantes de três antioxidantes naturais, as vitaminas C e E e os carotenóides. A gelificação iônica é uma técnica na qual se pode encapsular um alimento dentro de uma membrana de gel formada por uma reação de hidrocolóides que resulta na obtenção de um produto na forma de esfera comestível de sabor e textura especial. Embora mais de 125 compostos voláteis tenham sido identificados em frutas frescas e processadas de *Capsicum*, a importância do sabor destes compostos ainda não é bem conhecida. O perfil volátil da pimenta de cheiro pertencente ao gênero *Capsicum* não vem sendo muito estudado sendo alvo de estudo o armazenamento do aroma. Com base nos produtos obtidos pela técnica de gelificação iônica, este trabalho tem como objetivo estudar o processo de gelificação iônica com a polpa de pimenta de cheiro e o seu enriquecimento com espinafre em dois tipos de embalagem (verde e transparente) conservadas no vinagre em temperatura ambiente, verificando as mudanças físico-químicas, os compostos bioativos, o perfil volátil e a análise FTIR. Foram realizadas análises de teor de umidade, pH, °Brix, vitamina C, carotenóides, clorofila, cor, antioxidantes: DPPH, FRAP e ABTS, compostos fenólicos, flavonóides, acidez, Capsaicina, FTIR e análise dos compostos voláteis. As comparações foram analisadas pelo método estatístico ANOVA aplicando o teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o software SISVAR. A análise de cor demonstrou que se manteve durante o armazenamento de 40 dias nas 2 formulações e nas 2 embalagens, já a clorofila o melhor produto foi o enriquecido na embalagem verde 71,17 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de amostra. Quanto ao aroma o enriquecimento aprisionou mais aromas durante o armazenamento. Os compostos antioxidante resultaram uma elevação com o enriquecimento e o método DPPH foi o que melhor quantificou decorrendo em valores próximos ao teor inicial. A análise FTIR demonstrou os mesmos compostos na polpa utilizada na formulação e nas microcápsulas. O enriquecimento e o método de conservação mostrou eficiente tornando o desenvolvimento de um produto inovador em um mercado em crescimento devido ao alto consumo de pimentas.

Palavras-chave: microencapsulação, pimenta-de-cheiro, compostos voláteis.

SANTOS, A. M. S. Pepper-flavored microcapsules (*Capsicum chinese* Jacquin): quantification of bioactive and aromatic compounds [Dissertation]. São Cristóvão: Graduate Program in Food Science and Technology, Federal University of Sergipe; 2020.

ABSTRACT

The market for fresh peppers is strongly influenced by the eating habits of each region of Brazil and is an important part of several traditional dishes. The southern states are probably the ones that consume less fresh peppers in the country, with a preference for processed forms, such as sauces, preserves and dehydrated peppers. *Capsicum* fruits are important sources of three natural antioxidants, vitamins C and E and carotenoids. Ionic gelation is a technique in which a food can be encapsulated within a gel membrane formed by a hydrocolloid reaction that results in obtaining a product in the form of an edible sphere of special flavor and texture. Although more than 125 volatile compounds have been identified in fresh and processed *Capsicum* fruits, the importance of the flavor of these compounds is not yet well known. The volatile profile of the scent pepper belonging to the *Capsicum* genus has not been much studied and aroma storage is being studied. Based on the products obtained by the ionic gelation technique, this work aims to study the ionic gelation process with sweet pepper pulp and its enrichment with spinach in two types of packaging (green and transparent) preserved in vinegar at temperature environment, checking physical-chemical changes, bioactive compounds, volatile profile and FTIR analysis. Analyzes of moisture content, pH, °Brix, vitamin C, carotenoids, chlorophyll, color, antioxidants: DPPH, FRAP and ABTS, phenolic compounds, flavonoids, acidity, Capsaicin, FTIR and analysis of volatile compounds. The comparisons were analyzed using the ANOVA statistical method applying the Tukey test at 5% probability using the SISVAR software. The color analysis showed that it remained during the storage of 40 days in the 2 formulations and in the 2 packages, whereas chlorophyll the best product was the one enriched in the green packaging 71.17 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ of sample. As for aroma, enrichment trapped more aromas during storage. The antioxidant compounds resulted in an increase with enrichment and the DPPH method was the one that best quantified, taking into account values close to the initial content. FTIR analysis demonstrated the same compounds in the pulp used in the formulation and in the microcapsules. The enrichment and the conservation method proved efficient making the development of an innovative product in a growing market due to the high consumption of peppers.

Keywords: microencapsulation, sweet pepper, volatile compounds.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PIMENTA-DE-CHEIRO (<i>CAPSICUM CHINENSE JACQUIN</i>) PLANTA E FRUTO	15
FIGURA 2 - FORMAÇÃO DO GEL: MODELO CAIXA DE OVO.....	24
FIGURA 3 - ETAPAS DO PROCESSAMENTO DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO (EXTRATO OBTIDO; GOTEJAMENTO DA SOLUÇÃO 1 NA SOLUÇÃO 2; MICROCÁPSULAS DE PIMENTA DE CHEIRO; MICROCÁPSULAS DE PIMENTA DE CHEIRO IMERSAS EM VINAGRE).	28
FIGURA 4 - ETAPAS DO PROCESSAMENTO DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO ENRIQUECIDA COM ESPINAFRE (EXTRATO OBTIDO; GOTEJAMENTO DA SOLUÇÃO 1 NA SOLUÇÃO 2; MICROCÁPSULAS DE PIMENTA DE CHEIRO; MICROCÁPSULAS DE PIMENTA DE CHEIRO IMERSAS EM VINAGRE).....	29
FIGURA 5 - MEDIDA DO PESO DA MICROCÁPSULA COM O AUXÍLIO DE UMA MINI BALANÇA.	39
FIGURA 6 - MEDIÇÃO DA MICROCÁPSULA COM O AUXÍLIO DE UM PAQUÍMETRO DIGITAL.....	39
FIGURA 7 - AMOSTRAS APRESENTADAS NA SENSORIAL	62
FIGURA 8 - ESPECTRO DE FTIR NA FAIXA DE 4000-650 CM ⁻¹ DA POLPA DE PIMENTA-DE-CHEIRO	66
FIGURA 9 - ESPECTRO DE FTIR NA FAIXA DE 4000-650 CM ⁻¹ DA MICROCÁPSULA DE PIMENTA-DE-CHEIRO	67
FIGURA 10 - ESPECTRO DE FTIR NA FAIXA DE 4000-650 CM ⁻¹ DA POLPA DE PIMENTA-DE-CHEIRO ENRIQUECIDA COM ESPINAFRE	67
FIGURA 11 - ESPECTRO DE FTIR NA FAIXA DE 4000-650 CM ⁻¹ DA MICROCÁPSULA DE PIMENTA-DE-CHEIRO ENRIQUECIDA COM ESPINAFRE	68

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO E DA PIMENTA-DE-CHEIRO ENRIQUECIDA COM ESPINAFRE	40
TABELA 2 - ANÁLISE DE PH DURANTE O ARMAZENAMENTO DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO.....	42
TABELA 3 - ANÁLISE DE ACIDEZ DURANTE O ARMAZENAMENTO DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO.....	43
TABELA 4 - ANÁLISE DE COR DURANTE O ARMAZENAMENTO DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO.....	45
TABELA 5 - ANÁLISE DE CAROTENÓIDES DURANTE O ARMAZENAMENTO DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO.....	46
TABELA 6 - ANÁLISE DE CLOROFILA DURANTE O ARMAZENAMENTO DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO.....	47
TABELA 7 - ANÁLISE DE COMPOSTOS FENÓLICOS DURANTE O ARMAZENAMENTO DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO	48
TABELA 8 - ANÁLISE DE FRAP DURANTE O ARMAZENAMENTO DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO.....	50
TABELA 9 - ANÁLISE DE FLAVONÓIDES DURANTE O ARMAZENAMENTO DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO.....	51
TABELA 10 - ANÁLISE DE ABTS DURANTE O ARMAZENAMENTO DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO.....	52
TABELA 11 - ANÁLISE DE DPPH DURANTE O ARMAZENAMENTO DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO.....	53
TABELA 12 - ANÁLISE DE CAPSAICINA DURANTE O ARMAZENAMENTO DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO.....	54
TABELA 13 - RESULTADOS OBTIDOS NA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO E PIMENTO-DE-CHEIRO ENRIQUECIDA COM ESPINAFRE EM EMBALAGENS TRANSPARENTES E VERDES NO TEMPO 0.....	55
TABELA 14 - RESULTADOS OBTIDOS NA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO E PIMENTO-DE-CHEIRO ENRIQUECIDA COM ESPINAFRE EM EMBALAGENS TRANSPARENTES E VERDES NO TEMPO 5.....	56
TABELA 15 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA VOLÁTIL DE MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO TEMPO 0 (RECÉM-PREPARADA) EXTRAÍDOS POR SPME UTILIZANDO A FIBRA DVB/CAR/PDMS.....	56
TABELA 16 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA VOLÁTIL DE MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO TEMPO 5 (40 DIAS) EXTRAÍDOS POR SPME UTILIZANDO A FIBRA DVB/CAR/PDMS.....	57
TABELA 17 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA VOLÁTIL DE MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO ENRIQUECIDA COM ESPINAFRE TEMPO 0 (RECÉM-PREPARADA) EXTRAÍDOS POR SPME UTILIZANDO A FIBRA DVB/CAR/PDMS	58
TABELA 18 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA VOLÁTIL DE MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO ENRIQUECIDA COM ESPINAFRE TEMPO 0 (RECÉM-PREPARADA) EXTRAÍDOS POR SPME UTILIZANDO A FIBRA DVB/CAR/PDMS	59
TABELA 19 - ANÁLISE SENSORIAL DAS MICROCÁPSULAS DE PIMENTA-DE-CHEIRO E DA MICROCÁPSULA DE PIMENTA-DE-CHEIRO ENRIQUECIDA COM ESPINAFRE	61

Sumário

1 Introdução	13
2 Revisão Bibliográfica	15
2.1 Pimenta-de-cheiro (<i>Capsicum chinense jacquin</i>)	15
2.3 Açúcares	17
2.4 Ácido ascórbico	17
2.5 pH	18
2.6 Clorofila	18
2.7 Carotenóides	19
2.8 Cor	20
2.9 Compostos voláteis	20
2.11 Microencapsulação	21
2.11.1 Alginato de sódio	23
2.12 Vinagre	24
3 OBJETIVOS	26
4 METODOLOGIA	27
4.1 Matéria-prima	27
4.2 Obtenção das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e da pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre através da técnica de gelificação iônica	27
4.3 Análises físico-químicas	29
4.3.1 Análises físicas	29
4.3.2 Teor de umidade	30
4.3.3 Cinzas ou minerais	30
4.3.4 pH	30
4.3.5 Sólidos solúveis	30
4.3.6 Vitamina C	31
4.3.7 Carotenóides totais	31
4.3.8 Clorofila	31
4.3.9 Cor	32
4.3.10 Análise antioxidante (DPPH, ABTS, FRAP e Flavonóides)	32
4.3.11 Compostos fenólicos	34
4.3.12 Determinação de Acidez titulável	34
4.3.13 Determinação de capsaicina	34
4.3.14 Análise dos Compostos Voláteis	35
4.3.15 Análises Microbiológicas	36
4.3.16 Análise Sensorial	36

4.3.17 Análise espectroscopia FTIR.....	37
4.3.18 Análise estatística	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1 Caracterização das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e das microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre	38
5.2 Caracterização das microcápsulas de pimenta-de-cheiro (MP) e das microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre (MPE) durante o armazenamento.....	41
5.2.1 Composição físico-química	41
5.2.2 Composição bioativa das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e das microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre	46
5.2.3 Composição antioxidante das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e das microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre	49
5.2.4 Teor de Capsaicina das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e das microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre	54
5.2.5 Análise microbiológica	55
5.2.6 Compostos voláteis.....	56
5.2.7 Análise sensorial	61
5.2.8 Espectroscopia de Infravermelho pela Transformada de Fourier (FTIR)	65
6 CONCLUSÃO	69
REFERÊNCIAS.....	70

1 Introdução

O mercado para as pimentas no Brasil sempre foi considerado como secundário em relação às outras hortaliças, provavelmente devido ao baixo consumo e ao pequeno volume comercializado. Este cenário está se modificando rapidamente pela exploração de novos tipos de pimentas e o desenvolvimento de novos produtos com grande valor agregado, como conservas ornamentais, geleias especiais e outras formas processadas (HENZ, 2004).

As formas processadas para exportação certamente apresentam o maior valor agregado entre todos os tipos de produtos à base de *Capsicum*, principalmente quando creditados por alguma organização certificadora internacional. No Brasil, o IBD - Instituto Biodinâmico é uma das certificadoras mais conhecidas e atual desde 1990 (EMBRAPA, 2003).

Os estados da região Sul são, provavelmente, os que menos consomem pimentas *in natura* no País, havendo uma preferência pelas formas processadas, como molhos, conservas e pimentas desidratadas. Nas demais regiões são consumidas a pimenta doce do tipo 'Americana', a pimenta 'Cambuci' ('Godê' ou 'Chapéu de Bispo'), a pimenta 'Dedo de Moça' ('Pimenta Vermelha' ou 'Cayenne'), 'Malagueta', 'Bode', 'Cumari Vermelha', 'Cumari Amarela' ('Cumari do Pará'), e mais recentemente a 'De Cheiro' e a 'Biquinho'. Na região Nordeste, predominam as pimentas 'Malagueta' e 'De Cheiro' e na região Norte, as pimentas mais apreciadas são a 'Murupi', 'Cumari do Pará' e a 'De Cheiro' (HENZ, 2004).

O cultivo de pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil é de grande importância, seja por suas características de rentabilidade, principalmente quando o produtor agrega valor ao produto, ou por sua importância social, já que o cultivo de pimenta é feito por agricultores familiares que geram empregos, pois a cultura exige grande quantidade de mão de obra, em especial durante a colheita (DOMENICO, 2012).

Segundo a COHIDRO (2017) Companhia de desenvolvimento de recursos hídricos e irrigação de Sergipe o perímetro irrigado do Piauí, localizado na bacia do rio Piauí, a produção de Batata Doce, Inhame, Mandioca, Repolho, Pimenta Malagueta e Jalapeño, Pimentão, Quiabo, Tomate, Maracujá, Amendoim, Mamão, Laranja e Mudas Citricolas foi de 9.521 toneladas. Na região há a "produção artesanal de geleias, doces e conservas a partir do beneficiamento da "pimenta biquinho", francamente explorada na região por meio da irrigação pública. Em Lagarto, 75km de Aracaju, a produção das variedades de pimenta malagueta, jalapeño e habanero surgiu há cerca de 10 anos e sempre foi impulsionada pela atividade

industrial local”. Há um interesse dos produtores em exportar as pimentas beneficiadas para o mercado Europeu devido o interesse e o baixo preço no mercado local.

A gelificação iônica é uma técnica na qual se pode encapsular um alimento dentro de uma membrana de gel formada por uma reação de hidrocolóides que resulta na obtenção de um produto na forma de esfera comestível de sabor e textura especial. Entretanto, pode-se obter outros formatos, como de gotas e pérolas, sendo estas formas de apresentação influenciadas por alguns parâmetros físicos, como densidade e pH da solução (OLIVEIRA et al., 2011).

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense jacquin*)

“As primeiras pimentas encontradas pelos exploradores do Novo Mundo pertenciam a esta espécie. No entanto, é menos difundida mundialmente do que *C. annuum*. A Bacia Amazônica é o principal centro de diversidade, embora possa ser encontrada desde a América Central até o sul do Brasil; por esse motivo, é considerada a mais brasileira das espécies domesticadas.” A designação *chinense* não é apropriada pois não existe relação com a China. No Brasil seus representantes são as variedades pimentas de-cheiro, de-bode, cumari-do-Pará, murupi, habanero e biquinho (EMBRAPA, 2006).

O cultivo das pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil é importante, devido a sua rentabilidade, agregando valor ao produto ou por sua importância social, visto que o cultivo de pimentas é realizado por agricultores familiares que geram empregos já que a cultura exige grande quantidade de mão de obra (DOMENICO et al., 2012; RÊGO,2011). Ilustração da pimenta-de-cheiro na figura 1.

Figura 1 - Pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense jacquin*) planta e fruto



Fonte: próprio autor.

O gênero *Capsicum* contém mais de 200 variedades cultivadas dentre elas há referência de cinco espécies domesticadas: *C. annuum* L., *C. frutescens* L., *C. chinense* Jacq., *C. baccatum* L. e *C. pubescens* (SOUZA; CHAVES; KANO,2015). Possui grande diversidade sendo consumidas por um quarto da população mundial, na forma de: molhos, condimentos; matéria-prima para indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética. As informações são escassas sendo a *Capsicum chinense* a mais brasileiras entre as espécies (COSTA et al., 2015).

As regiões do Brasil que cultivam pimenta são a Sudeste e a Centro-Oeste e os estados são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul, com 75 mil hectares de área

cultivada e produtividade de 10 t/ha a 30 t/ha, dependendo do tipo de pimenta (RÊGO et al., 2011; RIBEIRO et al., 2006). Essas pimentas são preferencialmente consumidas *in natura*; entretanto, elas também podem ser processados e vendidos em diversas formas. Atualmente, há uma demanda crescente no mercado de pimenta e isso estimulou o aumento da área cultivada no Brasil (ROSSATO, 2018).

Segundo a COHIDRO (2017) Companhia de desenvolvimento de recursos hídricos e irrigação de Sergipe o perímetro irrigado do Piauí, localizado na bacia do rio Piauí, a produção de Batata Doce, Inhame, Mandioca, Repolho, Pimenta Malagueta e Jalapeño, Pimentão, Quiabo, Tomate, Maracujá, Amendoim, Mamão, Laranja e Mudas Citricolas foi de 9.521 toneladas. Na região há a “produção artesanal de geleias, doces e conservas a partir do beneficiamento da “pimenta biquinho”, francamente explorada na região por meio da irrigação pública. Em Lagarto, 75km de Aracaju, a produção das variedades de pimenta malagueta, jalapeño e habanero surgiu há cerca de 10 anos e sempre foi impulsionada pela atividade industrial local”. Há um interesse dos produtores em exportar as pimentas beneficiadas para o mercado Europeu devido o interesse e o baixo preço no mercado local.

Parte do comércio de pimentas é realizada entre o produtor e o mercado varejista, não tem dados reais sobre esse mercado. Em sua forma *in natura* geralmente é comercializada nas centrais de abastecimento, CEASAS, onde são redistribuídas para o varejo e a indústria. O mercado de pimentas processadas é explorado por empresas de grande e pequeno porte. Geralmente são comercializadas na forma de conservas, molhos, doces (pimentas caramelizadas), geleias, páprica, pasta e conservas ornamentais (RÊGO et al., 2011).

Segundo Domenico (2012) os frutos de *Capsicum* são fontes importantes de três antioxidantes naturais, as vitaminas C e E e os carotenóides. As pimentas, em sua maioria, possuem sabor pungente característico devido, principalmente, à presença da capsaicina, em maior quantidade na placenta e, em menor quantidade, nas sementes e no pericarpo do fruto. As substâncias responsáveis pela pungência são alcalóides denominados de capsaicinóides, exclusivos do gênero *Capsicum*. Dos 14 capsaicinóides já identificados, os de maior ocorrência nos frutos são a capsaicina, que responde por 71% do total, e a dihidrocapsaicina.

A pungência é um dos índices qualificadores de frescor na pimenta, em produtos processados, sendo que a capsaicina é requisito para qualidade comercial dos frutos de pimenta. A sua importância se deve ao fato de ser princípio ativo de propriedades farmacêuticas das

pimentas e por ser responsável pela sensação de ardor (DOMENICO, 2011; SOUZA; CHAVES; KANO,2015).

2.2 Capsaicina

Compostos exclusivos das pimentas abundantes no gênero *Capsicum* os alcaloides, chamados capsaicinoides. Os mais encontrados são a capsaicina e a diidrocapsaicina responsável por cerca de 80 a 90% do total da pungência, característica desses frutos (DRAMBOS,2014).

Sendo o principal ativo das pimentas é utilizada em várias formulações cosméticas na área de estética. Também utilizado na área farmacêutica por auxiliar na cicatrização de feridas, desagregação de coágulos sanguíneo evitando a arteriosclerose, regula o colesterol, melhora a resistência física e promove sensação de bem-estar pois libera endorfina (JÚNIOR et al., 2015).

Responsável pela ardência das pimentas considerada uma das características importantes do fruto. É acumulada pelas plantas no tecido da superfície da placenta, é liberada pelo dano físico às células quando se extraem sementes ou corta-se o fruto para qualquer fim (CATELAM, 2016).

2.3 Açúcares

O teor de sólidos solúveis (SST) é utilizado como uma medida indireta do teor de açúcares, uma vez que aumenta de valor à medida que esses teores vão se acumulando na fruta. A sua medição não representa o teor exato dos açúcares, pois outras substâncias também se encontram dissolvidas na seiva vacuolar (vitaminas, fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos, etc). No entanto, entre essas, os açúcares são as mais representativas, chegando a constituir até 85%-90% dos SS. Os teores são muito variados, com espécies cultivares, estágios de maturação e clima situando-se entre 2% e 25%, com valores médios entre 8% e 14% (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

2.4 Ácido ascórbico

O ácido ascórbico é um carboidrato hidrossolúvel que pode ser sintetizado a partir da D-glicose ou D-galactose por muitas espécies de animais com exceção dos primatas e de certas aves, e por isso, ela deve ser adquirida a partir da dieta (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

Esta molécula pode ser oxidada reversivelmente ao ácido dehidroascórbico, na presença de íons metálicos, calor luz ou em condições levemente alcalinas (pH acima de 6,0) com perda parcial de atividade vitamínica. O ácido dehidroascórbico pode oxidar irreversivelmente ao 2,3

ácido dicetogulônico com perda da atividade. Este pode converter a ácido oxálico e ácidos L-treônicos e posteriormente em pigmentos escuros. A vitamina C, ocorre naturalmente em frutas e vegetais, variando a concentração de acordo com o crescimento, maturação e tratamento pós-colheita. O ácido ascórbico em frutas, em geral, é mais que em vegetais, devido a sua maior acidez. Possui propriedade antioxidante e redutora (RIBEIRO e SERAVALLI,2007; FENNEMA,2010).

É conhecida como a vitamina anti-escorbuto, preserva a integridade capilar, promove a cicatrização de ferimentos, fraturas, contusões, hemorragias e sangramento da gengiva. Influência na formação da hemoglobina, na absorção e armazenamento do ferro. Participa na síntese do hormônio da tireóide (RIBEIRO e SERAVALLI,2007).

2.5 pH

O pH varia de acordo com os fatores ambientais da planta, mas é uma importante ferramenta para avaliação da acidez dos frutos. Pelo valor do pH, podem ser estabelecidos critérios de acidez de maneira comparativa entre os frutos (MEDEIROS et al., 2009).

A determinação do pH de um alimento é importante pois influência na palatabilidade, no desenvolvimento de microrganismos, na escolha da temperatura de esterilização, na escolha do tipo de material de limpeza e desinfecção, na escolha do equipamento para montar a fábrica na indústria, na escolha de aditivos e vários outros (CHAVES et al., 2004).

Em geral os alimentos frescos são levemente ácidos (pH 5,0 a 6,5), entre eles carnes, pescados e certos produtos vegetais; alguns sendo bastante ácidos (<5,0). Desde a antiguidade, a acidificação é utilizada como método de conservação de alimentos, pelo seu efeito inibidor do crescimento microbiano, aumentando a vida útil do alimento. Sabe-se que a maioria das bactérias cresce otimamente em pH, próximos a neutralidade, porém a baixo de 5,0 seu crescimento é claramente inibido, sendo raro sua multiplicação em alimentos $\text{pH} \leq 4,5$. O vinagre é um conservante que possui o pH baixo (FELLOWS, 2006; ORDÓÑEZ, 2007).

2.6 Clorofila

Há uma inclinação mundial na substituição dos corantes sintéticos pelos naturais devido à preocupação dos efeitos nocivos nos produtos alimentares. As clorofilas fazem parte da maioria das frutas e vegetais verdes, podem ser utilizados como substitutos dos corantes sintéticos por possuírem a cor verde brilhante assim como outras atividades biológicas. Também são conhecidos por serem anticancerígeno, antibacteriano, antioxidante, anti-

inflamatório, desodorizante, além disso, possui atividade de cicatrização de feridas e propriedades terapêuticas (KANG et al.,2018).

É o pigmento verde encontrado nos vegetais responsável pela cor verde. É a classe mais abundante na natureza, o principal pigmento absorvedor de luz da fotossíntese. Está presente como suspensão coloidal na célula dos cloroplastos, associada com carotenóides, lipídeos e proteínas. As diferentes cores encontradas nos vegetais devido a presença de outros pigmentos associados como carotenóides. Nas frutas a clorofila é degradada e a cor verde desaparece, enquanto a síntese de carotenóides aumenta (RIBEIRO e SERAVALLI,2007).

A perda da coloração verde deve ser da quebra da estrutura de clorofila em meio alcalino, causada principalmente pelas mudanças de pH e perda do fitol. Ocorre de gradação da estrutura em meio alcalino forte ($\text{pH}>8$), devido a desmetoxilação da pectina e alteração de sabor. Em meio ácido forte ocorre além de remover o magnésio e a substituição por prótons a clorofila perde o fitol ocorrendo degradação (RIBEIRO e SERAVALLI,2007; CERQUEIRA,2012; MATTOS et al., 2008).

A ação desses fatores acaba desorganizando a estrutura interna do cloroplasto e essa instabilidade da molécula pode alterar a sua cor, o valor comercial e as qualidades nutritivas, levando também a uma impressão negativa do produto (MATTOS et al., 2008; CERQUEIRA,2012).

As pimentas são excelentes fontes de três antioxidantes naturais: carotenóides e compostos fenólicos. A cor verde do fruto é devido a clorofila, sendo degradada durante a maturação ao mesmo tempo em que são sintetizados os carotenóides. As espécies contém níveis significativos de compostos fenólicos devido ao estresse sofrido pela planta. Esses níveis variam durante o amadurecimento alterando a composição sensorial do fruto (SOETHE et al., 2016).

2.7 Carotenóides

O principal papel dos carotenóides na dieta humana é de serem precursores de vitamina A. Poucos carotenóides possuem esta atividade vitamínica, que é atribuída à estrutura retinóide (com anel β -ionona). O β -caroteno é o que possui maior atividade como pró-vitamina A. Os carotenóides pró-vitamínicos presentes em frutas e vegetais atuam como antioxidantes na prevenção do câncer, catarata, arteriosclerose e processos de envelhecimento em geral (VON ELBE & SCHWARTZ, 1996; BARBOSA-FILHO et al., 2008).

Estão presentes em frutas e hortaliças, atuando na proteção de células contra os radicais livres. Seus níveis variam de acordo com a maturidade do fruto (CARVALHO et al., 2014).

Os carotenóides apresentam propriedades antioxidantes, são conhecidos por reagir com o oxigênio singlete, protegendo assim as células dos radicais livres. Vários estudos indicam que os carotenoides desempenham um papel importante na prevenção de doenças como o câncer especialmente de pulmão, catarata, arteriosclerose, retardo do envelhecimento precoce, degeneração muscular e doenças cardiovasculares (DAMBROS,2014).

Um dos carotenóides mais comumente encontrado nos tecidos vegetais é o β - caroteno, sendo usado na indústria alimentícia como corante tanto na forma natural como sintética (DAMBROS,2014).

2.8 Cor

A cor é fundamental na avaliação da qualidade de um alimento. Sendo um dos primeiros sentidos a ser utilizado na apreciação visual para aceitação do produto por parte dos consumidores. Geralmente a cor é usada como indicador de maturação, qualidade dos frutos, aroma, textura, valor nutritivo e integridade do vegetal (CERQUEIRA, 2012).

A cor dos frutos de *Capsicum chinense* é variável, começando no verde claro amarelo e virando para o amarelo, vermelho escuro, marrom podendo ir ao preto no estado maduro (CERQUEIRA, 2012).

2.9 Compostos voláteis

Segundo Almeida (2015) os aromas são misturas complexas, formadas por dezenas ou centenas de substâncias voláteis, representados por várias classes químicas, com diferentes propriedades físico-químicas, que exercem fortes sensações de odor, ainda que presentes em baixas concentrações.

Perceber o aroma depende de cada provador pois o aroma característico de cada alimento é formado por uma mistura global de constituintes. Alguns produtos existem um ou mais componentes que, sozinhos, são responsáveis pela qualidade característica de seu aroma e são chamados de compostos caráter-impacto. Os demais compostos necessários para completar o sabor do alimento são chamados de compostos contribuintes (ALMEIDA, 2015).

O SPME apresenta algumas vantagens sobre as outras técnicas, como simplicidade, rapidez, possibilidade de trabalhar com pequenas quantidades de amostra, ausência de solventes, sensibilidade adequada e custo. Além disso, o uso desta técnica sem o uso prolongado de solventes orgânicos ou altas temperaturas na extração e concentração estágios diminui a possibilidade de formar artefatos na fração extraída (BOGUSZ JUNIOR et al., 2011).

Embora mais de 125 compostos voláteis tenham sido identificado em frutas frescas e processadas de *Capsicum*, a importância do sabor destes compostos ainda não é bem conhecida. Recentemente, estudamos as mudanças de constituintes voláteis em pimentas Habanero durante a maturação (PINO et al., 2007).

Nenhum trabalho foi encontrado com relação à extração dos compostos voláteis de pimenta-de-cheiro verde por SPME. Apenas trabalhos sobre a pimenta madura (alaranjada) sendo um destes o perfil de compostos voláteis de *Capsicum chinense* (GOMES et. al.,2010), já que há várias pimentas do gênero *Capsicum* sendo poucos estudos sobre a variedade *Jacquin*.

2.10 Espectroscopia de Infravermelho pela Transformada de Fourier (FTIR)

De acordo com Souza et al., (2014), o FTIR é um instrumento com ampla gama de utilizações no mercado, desde setores industriais, farmacêuticos, até mesmo agrícolas, tendo alto potencial na identificação e na caracterização de diversos compostos. É uma técnica que utiliza pouca quantidade e diferentes tipos de amostra, apresenta também rapidez na aquisição dos espectros fornecendo informações essencialmente qualitativas.

Espectroscopia é a ciência que estuda a interação da radiação eletromagnética com a matéria. A espectrofotometria no infravermelho apresenta-se como uma poderosa ferramenta na identificação de compostos orgânicos e inorgânicos puros e tem sido usada devido à confiabilidade nos dados gerados em relação à caracterização, identificação e quantificação da estrutura da amostra analisada (SOUZA, 2014).

A espectroscopia no infravermelho tem sido usada devido à confiabilidade nos dados gerados em relação à caracterização, identificação e quantificação da estrutura da amostra analisada. Além disso, uma das suas características é permitir análises utilizando amostras em diferentes estados físicos como sólidos, líquidos e gasosos (SHAI, 2012). Os espectros, em geral, fornecem informações essencialmente qualitativas. (BAES e BLOOM, 1989).

Com o desenvolvimento da técnica transformada de Fourier (FTIR), obteve-se maior velocidade na leitura dos espectros de infravermelho, permitindo a obtenção de um somatório de muitos espectros, melhorando a definição dos sinais e a exatidão da análise. A informação provida pela análise comparativa entre espectros é de maior valia que a análise de um espectro isoladamente (PICCOLO,1988).

2.11 Microencapsulação

As tentativas de microencapsulação surgiram em meados dos anos 30, mas o primeiro produto microencapsulado foi em 1954, a empresa norte-americana National Cash Register, produziu um papel com microcápsulas de tinta. No Brasil os principais setores que utilizam

essa tecnologia são a indústria farmacêutica, alimentícia e a de agrotóxicos (SUAVE et al., 2006).

A microencapsulação compreende um conjunto de diversas técnicas que permitem o desenvolvimento de formulações, em que o seu conteúdo é protegido e a sua libertação pode ser modificada com o objetivo de permanecer num determinado local, por um determinado tempo e uma velocidade específica (SUAVE et al., 2006).

As aplicações na indústria alimentícia são: encapsulação de óleos essenciais para prevenir a oxidação e a perda de substância voláteis e controlar a liberação de aroma, microencapsulação par incorporação de corantes, temperos, acidulantes, vitaminas e minerais. Essa técnica protege contra perdas nutricionais, preserva ou mascara cor e sabor, aumenta a vida de prateleira (SUAVE et al., 2006).

Atualmente há um aumento no consumo de produtos bioativos devido ao seu valor nutricional relacionado ao risco menor de desenvolver doenças. Principais bioativos são os carotenóides, fitoesteróis, flavonóides, fosfolipídios, organosulfurados e os polifenóis. A encapsulação surge como método de preservação e/ou concentração desses componentes de frutas e vegetais (HOLKEM, CODEVILLA e MENEZES, 2015).

O material encapsulante é selecionado de acordo com a função das propriedades físicas e químicas do agente ativo, da aplicação pretendida do método escolhido para elaboração das micropartículas (SUAVE et al., 2006). A encapsulação estabiliza, protege e aumenta a vida útil dos compostos sensíveis (OTÁLORA et al., 2016).

Os tipos de microencapsulação são: físicos - atomização, extrusão estacionária, bocal submerso, extrusão centrífuga, bocal vibrante, spray drying, disco rotativo, pan coating, suspensão por ar, spray chilling e spray cooling, leiteo fluidizado, co-cristalização e liofilização; químicos - polimerização interfacial, indução molecular e polimerização in situ; físico-químicos - coacervação simples, coacervação complexa, lipossomas, lipoesferas (nanopartículas) e evaporação do solvente (REBELLO, 2009).

A microencapsulação por gelificação iônica é formada pela ligação de um hidrocolóide com íons, gelificação de polissacarídeos negativamente carregados rodeada por cátions, são ligações iônicas com cátions multivalentes, por exemplo, entre alginato, goma carragena ou pectina com íons como o cálcio (OTÁLORA et al., 2016; VANISKI, CORTI e DRUNKLER, 2017).

Segundo Ozkan et al. (2019) a gelificação iônica baseia-se na capacidade de reticulação de polieletrólitos na presença de íons multivalentes como Ca^{2+} , Ba^{2+} e Al^{3+} podendo ser aplicada por extrusão, emulsificação ou gelificação. A extrusão é o método mais utilizado pelo

gotejamento da solução aquosa de polímero através de uma agulha com seringa ou bico em um banho de gel contendo cloreto de cálcio. Esse método resume na produção de uma emulsão, incluindo o componente ativo hidrofóbico com uma solução de polímero, sendo gotejado em uma solução de cálcio.

“Na área de alimentos os hidrocolóides mais utilizados são o alginato e a pectina. São polieletrólitos naturais e com grande capacidade de formação de hidrogéis possuindo uma característica vantajosa de biocompatibilidade com membranas e ausência de tensão interfacial com fluidos (HOLKEM, CODEVILLA e MENEZES, 2015).”

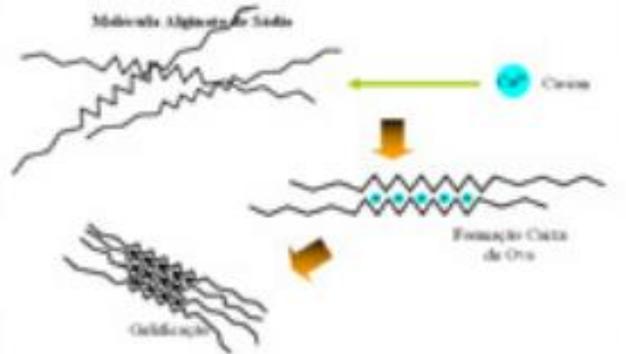
Na formação do processo de gelificação é necessário controlar a velocidade da reação ajustando o controle da velocidade de liberação do cálcio mediante: tipo do sal de cálcio (liberação rápida, média ou lenta), sequestrante compatível e pH apropriado (QUIROGA, 2013).

2.11.1 Alginato de sódio

O alginato é utilizado como gelificante no processo de gelificação iônica devido seu comportamento em soluções aquosas. Vários cátions se combinam com os grupos carboxílicos dos alginatos formando géis irreversíveis e estáveis a altas temperaturas. Agrupando o alginato em água, resulta em uma solução de alginato viscosa que apresenta uma propriedade de fluxo laminar propício para espessamento. Adicionando um cátion, exemplo cálcio, obtém a geleificação (QUIROGA, 2013).

Segundo Otálora et al.(2016) o alginato é um biopolímero aniônico com grupos terminais carboxílicos produzidos por algas marrons e bactérias e consiste de resíduos de ácido α -L-ácido gulurônico (G) e β -D-manurônico (M) linearmente ligados por ligações 1,4-glicosídicas. A gelificação do alginato ocorre pela troca de íons de sódio dos blocos G com cátions multivalentes, como íons de cálcio, e subsequente empilhamento desses blocos G para formar uma estrutura “caixa de ovo” característica ilustrado na figura 2 (OTÁLORA et al., 2016).

Figura 2 - Formação do Gel: modelo caixa de ovo



Fonte: Revista Food Ingredients Brasil

O alginato é um polissacarídeo linear extraído de algas marinhas. Suas vantagens são: não é tóxico, não interage com o encapsulado, compatível com cloreto de cálcio, possibilita a liberação das células imobilizadas, através da solubilização e sequestro dos íons cálcio presentes nas cápsulas do gel, baixo custo, grande disponibilidade e possibilidade de emprego na indústria (VANISKI, CORTI e DRUNKLER, 2017).

Nas indústrias de biotecnologia e engenharia é o mais utilizado pela vantagem da biocompatibilidade, custo baixo para procedimento final do produto. Extraído de algas fornece proteção contra fatores ambientais externo devido a formação de uma película durante o processo de gelificação iônica. A qualidade do processo resulta da eficiência do encapsulamento, do rendimento obtido e do aumento da capacidade de carga das microcápsulas (BENAVIDES et al.,2016).

2.12 Vinagre

Vinagre é um condimento popular utilizado na culinária mundial, que confere gosto e aroma aos alimentos. Por atribuir sabor marcante, agrega-se como conservantes para carnes e peixes utilizando essencialmente sal, vinagre e azeite. Tinha função, na Baixa Idade Média, de moderador frio dos efeitos abrasivos (ANAV, 2010).

O vinagre conhecido e comercializado a milhares de anos, com as funções de condimento e modificador de textura nos alimentos, preservador ou conservante, agente de limpeza e desodorização. Utilizado como conservante de legumes, frutos, carnes e peixes por provadores de paladar apurados na qual conseguem detectar a diferença pois os alimentos possuem características organolépticas e a quantidade de vinagre residual é mínima. Grande parte da população brasileira não se importa com a qualidade do vinagre, considerando apenas

como um condimento azedo diminuindo o valor das propriedades nutricionais, organolépticas, sanitizantes e medicinais (AQUARONE et al., 2008).

Fabricado a partir do processo de fermentação dupla: alcoólica e acética. O vinagre não requer refrigeração sendo fundamental, na dieta alimentar por possuir ação nutritiva e biorregulatória (ANDRADE et al., 2020).

Segundo Chen et al., (2016) “imersão em vinagres de grãos ou frutas por um curto período de tempo, as bactérias patogênicas foram erradicadas com sucesso dos vegetais. Estudos de pesquisas modernas mostraram que os vinagres de frutas contendo ácido acético a 0,1% inibem efetivamente o crescimento de patógenos de origem alimentar in vitro, incluindo os de *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, *S. typhimurium*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Staphylococcus aureus*, *Aeromonas hydrophila*, and *Bacillus cereus*.

3 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo Microencapsular a polpa de pimenta-de-cheiro, polpa de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre pela técnica de gelificação iônica, armazenar em uma solução (vinagre) em dois tipos de embalagens a temperatura ambiente.

Objetivos secundários:

- Realizar a caracterização físico-química das microcápsulas de pimenta de cheiro e das microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre;
- Determinar durante o armazenamento a composição físico-química: pH, cor, acidez total;
- Analisar durante o armazenamento os compostos bioativos: carotenóides totais, clorofila, compostos fenólicos.
- Determinar os antioxidantes durante o armazenamento pelos métodos: FRAP, DPPH, ABTS e Flavonóides;
- Quantificar os compostos voláteis da duas formulações de microcápsulas comparando-as verificando qual reteve mais aromas após o armazenamento;
- Quantificar os compostos por espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) da duas formulações de microcápsulas comparando-as verificando qual reteve mais compostos na formulação;
- Realizar análise microbiológica nas microcápsulas do tempo 0 e 40 dias.
- Realizar a análise sensorial definindo qual produto seria comercializado.
- Avaliar a vida de prateleira, quanto às propriedades físico-químicas, compostos bioativos, compostos fenólicos e análises microbiológicas durante o armazenamento em temperatura ambiente por 40 dias;

4 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Alimento - Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) e no Laboratório de Flavor e Análises Cromatográficas (LAF), Universidade Federal de Sergipe (UFS), na cidade de São Cristóvão, Sergipe, Brasil.

4.1 Matéria-prima

A matéria-prima para o desenvolvimento do trabalho adquiridas no Ceasa da cidade de Aracaju-SE.

4.2 Obtenção das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e da pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre através da técnica de gelificação iônica

- Formulação 1: microcápsulas de pimenta-de-cheiro

Foi utilizada a metodologia de gotejamento, onde foram feitas duas soluções. **Solução (1)**: solução composta de alginato de sódio e de polpa de pimenta-de-cheiro verde 1,5%. **Solução (2)**: solução aquosa com concentração de 2% de cloreto de cálcio. A **solução (1)** foi sugada por uma seringa de 60mL e em seguida gotejada sobre a **solução (2)**. Com um instrumento perfurado as microcápsulas formadas foram drenadas e imersas em um recipiente com água para a retirada de algum resíduo da solução 2. Após a lavagem, estas foram acondicionadas em potes de plástico (30g cada) com duas colorações (transparente e verde) com capacidade de 75mL em seguida adicionado o meio conservante (vinagre 50 mL) e armazenadas a temperatura ambiente para analisar o efeito da embalagem (Figura 3).

Figura 3 - Etapas do processamento das microcápsulas de pimenta-de-cheiro (Extrato obtido; Gotejamento da solução 1 na solução 2; Microcápsulas de pimenta de cheiro; Microcápsulas de pimenta de cheiro imersas em vinagre).



Fonte: Próprio Autor

- **Formulação 2:** microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre

As microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre foram obtidas através da técnica de gelificação iônica empregando a metodologia de gotejamento (Figura 1), no qual foram preparadas duas soluções. A **solução 1** foi preparada com alginato de sódio (1,5%) e extrato de polpa de pimenta de cheiro enriquecido com espinafre utilizando um mixer (Mixer Philco 3 em 1 PMX600 600W) até completa homogeneização. Para a **solução 2** foi preparada uma solução aquosa com concentração de 2% de cloreto de cálcio, sob agitação manual, para ocorrer diluição. A solução 1 foi adicionada em uma seringa de 60 mL e gotejada sobre a solução 2, formando a microcápsula de pimenta-de-cheiro que posteriormente foram lavadas e drenadas com auxílio de uma peneira para a retirada de resíduos da solução 2. Após a lavagem, estas foram acondicionadas em potes de plástico (30g cada) com duas colorações (transparente e verde) com capacidade de 75mL em seguida adicionado o meio conservante (vinagre 50 mL) e armazenadas a temperatura ambiente para analisar o efeito da embalagem (Figura 4).

Figura 4 - Etapas do processamento das microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre (Extrato obtido; Gotejamento da solução 1 na solução 2; Microcápsulas de pimenta de cheiro; Microcápsulas de pimenta de cheiro imersas em vinagre).



Fonte: Próprio Autor.

4.3 Análises físico-químicas

Foram realizadas análises para caracterização físico-química das microcápsulas de pimenta-de-cheiro. Esta caracterização teve como finalidade avaliar os componentes nutricionais das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e da microcápsula enriquecida com espinafre a fim de avaliar o enriquecimento e o efeito da embalagem.

4.3.1 Análises físicas

Os resultados das análises físicas foram medidos em quintuplicata.

- **Rendimento**

O rendimento será obtido pesando as pimentas antes do processamento e as microcápsulas após o processamento.

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Peso das microcápsulas} \cdot 100}{\text{Peso da polpa de pimenta}} \quad (\text{Equação 1})$$

- **Peso das microcápsulas**

As microcápsulas foram pesadas em mini balança, capacidade de 30 g x 0,001 g.

- **Tamanho das microcápsulas**

Foi avaliado o tamanho das duas formulações microcápsulas de pimenta-de-cheiro utilizando um paquímetro digital Pantec com a escala de 0 a 25 mm 0,001 mm.

4.3.2 Teor de umidade

O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem direta em estufa (Icamo modelo 4) a 105°C até peso constante, seguindo o método 012/IV do Instituto Adolfo Lutz (2005). Pesou 5g de amostra em cadinho de alumínio, previamente tarado. Aqueceu durante 3 horas. Resfriou em dessecador até a temperatura ambiente. Pesou e refez esse processo até obter peso constante. A amostra foi pesada (5g) em balança analítica (*Radwag AS 220/C/2*) com precisão 10^{-4} kg.

4.3.3 Cinzas ou minerais

Foi utilizado o método de incineração em mufla (GP Científica) a 550°C, seguindo o método 018/IV do Instituto Adolfo Lutz (2005). Pesou-se 5 g de amostra em um cadinho de porcelana, previamente aquecido em mufla a 550°C, resfriado a temperatura ambiente em dessecador e pesado. Foi carbonizado em temperatura baixa em uma chapa elétrica em seguida incinerado em mufla a 550°C, até eliminação completa do carvão. Foi finalizada a análise após as cinzas ficarem brancas ou ligeiramente acinzentadas e obter o peso constante. Para pesar foi resfriado em dessecador até temperatura ambiente. As pesagens (5g) foram feitas em balança analítica (*Radwag AS 220/C/2*) com precisão 10^{-4} kg até a obtenção de peso constante.

4.3.4 pH

Para determinação do pH, foi utilizado o método Potenciométrico seguindo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2005,017/IV). O pH foi medido em pHmetro microprocessado digital de bancada Modelo DLA-PH, calibrado com soluções-tampão nos pHs 4 e 7 a 20°C. Foram pesados 5g da amostra: as microcápsulas foram maceradas e diluídas com o auxílio de 50 mL de água, e foi observada a leitura do pH dada pelo aparelho.

4.3.5 Sólidos solúveis

Para a determinação de sólidos solúveis será avaliado em refratômetro digital kruss – Germany e o resultado será expresso em °Brix. . Foram pesados 5g da amostra (5 mL do suco):

as microcápsulas foram maceradas e diluídas com o auxílio de 50 mL de água, e foi observada a leitura direta no equipamento.

4.3.6 Vitamina C

A determinação da vitamina C será realizada de acordo com o método N^o 43.065 da American Official Analysis of Chemistry (1984), modificado por Benassi e Antunes (1988). No qual substitui a solução de extração de ácido metafosfórico por ácido oxálico.

A amostra foi pesada 5g, triturada em almofariz e homogeneizada com a solução de ácido oxálico 2%. Em seguida filtrado em um balão de 50mL e completou o volume.

Para a análise coletou-se 7 mL da solução da amostra e titulou-se com 2,6-Diclorofenol indofenol (DCPIP) devidamente padronizado com ácido ascórbico até a mudança de coloração.

4.3.7 Carotenóides totais

Os teores de carotenóides serão avaliados seguindo o método proposto por Lichtenthaler (1987) modificado por Pagani. Os teores foram expressos em µg/g.

Pesou-se 2g da amostra, transferiu para um almofariz adicionou 0,2g de carbonato de cálcio e 7mL de álcool etílico macerou e homogeneizou. Filtrou-se para um balão volumétrico âmbar de 25mL e completou o volume com álcool etílico. O resíduo do papel filtro foi lavado duas vezes com álcool etílico. Foi estimado a leitura dos carotenóides em espectrofotômetro a 646,8; 663,2 e 470nm. A concentração foi estimada pela equação:

$$\text{Carotenóides} = [1000 \times A_{470} - (1,82 \times C_a - 104,96 \times C_b)] / 198$$

4.3.8 Clorofila

Os teores de clorofila serão avaliados seguindo o método proposto por Lichtenthaler (1987) modificado por Pagani. Os teores foram expressos em µg/g.

Pesou-se 2g da amostra, transferiu para um almofariz adicionou 0,2g de carbonato de cálcio e 7mL de álcool etílico macerou e homogeneizou. Filtrou-se para um balão volumétrico âmbar de 25mL e completou o volume com álcool etílico. O resíduo do papel filtro foi lavado duas vezes com álcool etílico. Foi estimado a leitura do teor de clorofila em espectrofotômetro a 646,8 e 663,2nm. A concentração foi estimada pela equação:

$$\text{Clorofila a (C}_a\text{)} = 12,25 \times A_{663,2} - 2,79 \times A_{646,8}$$

$$\text{Clorofila b (C}_b\text{)} = 21,50 \times A_{646,8} - 5,10 \times A_{663,2}$$

$$\text{Clorofila T} = 7,15 \times A_{663,2} + 18,71 \times A_{646,8}$$

4.3.9 Cor

As leituras da cor serão obtidas com a utilização do colorímetro Color Meter Minolta CR - 10. Neste sistema de representação de cor, os valores L^* , a^* e b^* descrevem a uniformidade da cor no espaço tridimensional, em que o valor L^* corresponde a quão claro e quão escuro é o produto analisado (0: preto; 100: branco). Os valores de (a^*) correspondem à escala do verde ao vermelho (a^* negativo, verde; a^* positivo, vermelho) e os valores de (b^*) correspondem à escala do azul ao amarelo (b^* negativo, azul; b^* positivo, amarelo). O ângulo Hue (h°) é o ângulo formado entre a^* e b^* , indicando a saturação da cor do objeto (MINOLTA, 1994).

4.3.10 Análise antioxidante (DPPH, ABTS, FRAP e Flavonóides)

A determinação dos métodos DPPH e ABTS seguirá a metodologia de Boroski et al.(2015) e a determinação do FRAP será através do metodologia descrita por Thaipong et al. (2006).

Para os extratos foram pesados 5g de amostra em 25mL de álcool etílico 99,8%P.A. agitados em agitador magnético por 30 minutos.

- Análise de DPPH

Adicionou 50 μ L de extrato em 2mL de DPPH 117 μ mol (4,7mg em metanol) respectivamente e homogeneizou. Após a adição do DPPH, esperou-se 30 minutos e procedeu a leitura no espectrofotômetro a 517nm. A capacidade de eliminar o radical DPPH foi calculada utilizando a equação através da curva padrão utilizando o TROLOX. Foi utilizado como branco o álcool metílico.

- Análise ABTS

Primeiramente foi realizada a análise dos padrões para curva de calibração ao abrigo de luz utilizando a solução Trolox como padrão nas concentrações de 100,500,1000,1500 e 2000 μ mol.L⁻¹ respectivamente, em triplicata. Para análise das amostras transferiu-se 30 μ L de cada extrato em seguida adicionou 3mL do cátion radicalar ABTS, homogeneizou-se a mistura e após 6 minutos fez a leitura da absorbância em 734nm no espectrofotômetro (Modelo UV-2601

Rayleigh). Todos os ensaios foram realizados em duplicata e expressos por média \pm desvio padrão.

- Análise antioxidante pelo método de redução do ferro (FRAP)

Atividade antioxidante dos extratos foi determinada também pelo método de redução de íons do ferro (FRAP), de acordo com Boroski et al. (2015). Para a preparação do reagente FRAP foram utilizados 100 mL de tampão acetato de sódio (300mmolL^{-1}), 10 mL da solução TPTZ [2,4,6-tris(2-piridil)-s-triazina] (0,16 g de TPTZ em 1,0 mol/L HCl completar o volume do balão volumétrico de 50 mL com água destilada). A uma alíquota de 3,0 mL do reagente FRAP recém - preparado, que representa o branco, foram adicionados os extratos (100 μL) de cada amostra e 300 μL de água destilada. A mistura foi homogeneizada (em agitador vórtex) e incubada em banho termostático (Biotech BT 351) a 37°C por 30 minutos. Em seguida foi realizada a leitura da absorbância em 593 nm. O reagente FRAP foi empregado para calibrar o espectrofotômetro (Modelo UV-2601 Rayleigh). Para construção da curva de calibração, foi utilizada uma solução de sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) nas concentrações de 500-2000 μmolL^{-1} . As amostras foram realizadas em duplicata. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol Fe(II) L}^{-1}$.

- Flavonóides

Para a determinação de flavonoides foi adicionado 500 μL do extrato, 250 μL da solução de cloreto de alumínio 5% (v/v em metanol) e 4,25 mL de metanol. Em seguida foram agitados os tubos em agitador (vortex) e mantidos em temperatura ambiente por 30 minutos. Foi utilizado o padrão quercetina para o branco nas mesmas condições descritas para a amostra, com metanol. A absorção foi medida em 425nm em espectrofotômetro (Modelo UV-2601 Rayleigh).

4.3.11 Compostos fenólicos

A análise de compostos fenólicos será utilizado o método descrito por Thaipong (2006).

Para os extratos foram pesados 5g de amostra em 25mL de álcool etílico 99,8%P.A. agitados em agitador magnético por 30 minutos.

Adicionou-se em um tubo de ensaio 0,25mL do extrato com 0,25mL de Folin 1:1, 0,5mL de solução de carbonato de sódio saturada e 4mL de água destilada em seguida agitou-se o tubo no Vortex. O branco utilizado para leitura no espectrofotômetro foi substituído a amostra por água destilada e adiciona os mesmos reagentes da análise no tubo de ensaio e procede a mesma metodologia utilizada para a amostra. Foram mantidos em repouso da luz por 25 minutos. Foi realizada a leitura em 725nm e o resultado calculado através da curva de calibração utilizando ácido gálico como padrão.

4.3.12 Determinação de Acidez titulável

O teor de acidez foi determinado pelo método de acidez titulável determinada por titulação com NaOH 0,1M de acordo com o método 016/IV do Instituto Adolfo Lutz (2005) e expressa em porcentagem de ácido cítrico.

Pesou-se 5g da amostra macerou e transferiu para um Erlenmeyer de 125 mL com o auxílio de 50 mL de água. Adicionou 3 gotas da solução de fenolftaleína e titulou com hidróxido de sódio 0,01M ou 0,1M até coloração rósea.

4.3.13 Determinação de capsaicina

Para a determinação do teor de capsaicina pesou-se 0,2 g da amostra e misturou-se com 25 mL de solução de metanol: água (9:1, v / v), deixando em agitação contínua por 30min. Após agitação, filtrou-se a solução com papel de filtro quantitativo e aferiu-se com metanol em balão de 50 mL. As leituras das absorvâncias foram realizadas no espectrofotômetro Micronal-B582 em comprimento de onda de 248 e 296 nm. Para a quantificação da capsaicina foram construídas curvas padrão, usando a capsaicina pura de marca sigma, nas concentrações de 0,01, 0,02, 0,03, 0,04 e 0,05 g/ L, cujas equações foram: a 248 nm, $y = 2,7537x$, $R^2 = 0,9791$; a 296 nm, $y = 1,5774x$, $R^2 = 0,9952$, para o cálculo final da capsaicina da pimenta utilizou-se a equação $y = 2,7537x$, $R^2 = 0,9952$ por quantificar um melhor resultado. A média dos valores encontrados foi expressa em mg / mL.

4.3.14 Análise dos Compostos Voláteis

- **Extração dos compostos voláteis por SPME**

Os compostos voláteis da pimenta de cheiro será determinado seguindo a metodologia de Bogusz Junior et al. (2011). Alíquotas de 100g dos frutos inteiros serão moídos no liquidificador onde será retirado alíquota de 1,0g de amostra. Em um vial de 20 mL será transferido 1g da amostra e uma barra de agitação magnética. Em seguida, o vial foi selado com um septo de silicone e imerso em um banho-maria a temperatura constante de 40°C. A amostra será continuamente agitada durante 15 min, para atingir o equilíbrio, antes de expor a fibra ao headspace. Após o período de equilíbrio a fibra será exposta ao headspace do vial durante 30 minutos a fim de adsorver os compostos voláteis da amostra. Durante o processo de extração a amostra permanecerá em agitação e à temperatura de 40°C. Em seguida a fibra será introduzida no injetor do cromatógrafo a gás acoplado ao espectrômetro de massas para dessorção dos analitos à uma temperatura de 250°C no modo splitless durante o período de 1 minuto. Após a extração e dessorção dos compostos, a fibra será recondicionada à 250°C durante 15 minutos. O procedimento de recondicionamento da fibra será realizado para garantir ausência de composto na fibra para a extração seguinte. A fibra utilizada nas análises será a 50/30 µm DVB/CAR/PDMS (Divinylbenzene/Carboxen/Polydimethylsiloxane).

Cromatografia gasosa e espectrometria de massas

As análises cromatográficas serão realizadas em um cromatográfico gasoso (marca Agilent Model 7890B) acoplado à um espectrômetro de massa (marca Agilent Model 5977 A MSD). As condições de uso serão: hélio como gás de arraste à um fluxo de 1,0 mL/min.; injeção no modo splitless à 250°C durante 1 min.; coluna VF-WAXms (30m comprimento x 0,25mm diâmetro interno x 0,25µm de espessura de filme), marca Agilent, do tipo polar. Temperatura da linha de transferência à 270°C; voltagem de ionização de 70 eV; faixa de “scanning” de massa de 35 a 400 u.m.a. (unidade de massa atômica); programação da temperatura do forno iniciou a 40°C aumentando 3°C por min. até atingir 240°C, permanecendo nesta temperatura por 4 min. Os compostos voláteis serão tentativamente positivamente identificados pela comparação dos espectros de massas dos compostos das amostras com o banco de dados “NIST” (National Institute of Standards & Technology) e pela comparação do índice de retenção linear (IRL) dos padrões e dos compostos com os de artigos da literatura e outras databases (Flavornet, PubChem, Pherobase), calculados com base nos tempos de retenção de uma série de n-alcenos (C8 – C20, Marca Sigma- Aldrich) sob condições analíticas idênticas.

4.3.15 Análises Microbiológicas

Foram realizadas as análise microbiológica dos produtos, (MP e MPE) nas duas embalagens no tempo T=0 a fim de caracterizar o processamento quanto sanidade e T=5 (40 dias de armazenamento) para verificar a sanidade dos produtos no final do armazenamento.

Foram separados 25 g de cada amostra e transferidas asepticamente para sacos estéreis contendo 225 mL de água peptonada estéril sob agitação (diluição 10^{-1}). A partir dessa diluição, foram feitas as diluições seriadas até 10^{-3} com o mesmo diluente.

A técnica do Número Mais Provável (NMP) foi utilizada para quantificar a pesquisa de coliformes totais e termotolerantes (EC). Para o teste presuntivo foram feitas duas diluições seguintes à primeira em tubos de ensaio contendo 9,0 mL de água peptonada. Para tal, a amostra foi inoculada em triplicata (1,0mL, 0,1mL e 0,01 mL) em tubos contendo 10,0mL de Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) com tubos de Durhan invertidos e incubada a 35°C por 48 horas. Decorrido o tempo de incubação, os tubos com meio turvo e/ou com produção de gás no tubo de Durhan foram separados, ou seja, tubos positivos.

Já nos testes confirmativos para Coliformes Torais e Termotolerantes para cada tubo positivo de caldo LST, uma alçada foi transferida para tubos de ensaio contendo 10 mL de Caldo Verde Brilhante e 10 mL de Caldo EC. Os tubos foram incubados a 35°C (em estufa por 48 horas) e 45°C (em banho-maria por 24 horas) para, respectivamente, Coliformes Totais e EC. Os tubos positivos (turvos e com gás no interior dos tubos de Durhan) foram selecionados. Para os resultados, foi utilizada a tabela do Número Mais Provável e intervalo de confiança a nível de 95% de probabilidade (SILVA, JUNQUEIRA, SILVEIRA, 2001).

A contagem de bolores e leveduras foi realizada em através do método de plaqueamento em superfície com o meio de cultura Ágar Batata Dextrose (PDA) acidificado com ácido tartárico e solidificado previamente, onde foram inoculadas alíquotas de 0,1mL das diluições (10^{-1} a 10^{-3}), com auxílio da alça de Drigalsky, em duplicata de placas, seguido de incubação à 25°C por 5 dias. Após este período procedeu-se a contagem das colônias dos bolores e leveduras crescentes nas placas, e obtenção da média em UFC/mL (SILVA, JUNQUEIRA, SILVEIRA, 2001).

4.3.16 Análise Sensorial

Participaram da avaliação sensorial, 60 julgadores não treinados, Através do questionário de avaliação e as médias dos atributos referentes à preferência da amostra avaliada foram complementadas pela análise estatística descritiva. As amostras foram codificadas e

balanceadas para julgamento dos provadores. Os testes utilizados na pesquisa foram: aroma, cor, sabor, aparência, aceitação global e o teste de intenção de compra.

Com as escalas: hedônica de 9 pontos ((9) gostei muitíssimo; (8) gostei muito; (7) gostei moderadamente; (6) gostei ligeiramente; (5) não gostei/nem desgostei; (4) desgostei moderadamente; (3) desgostei ligeiramente; (2) desgostei muito e (1) desgostei muitíssimo) e a escala estruturada de 9 pontos ((9) certamente compraria; (8); (7) possivelmente compraria; (6); (5) talvez comprasse/talvez não comprasse; (4); (3) possivelmente não compraria; (2) e (1) certamente não compraria).

Foi analisado como sugestão de consumo qual embalagem os consumidores prefeririam a transparente ou a verde caso houvesse a comercialização do produto.

4.3.17 Análise espectroscopia FTIR

A amostras de pimenta-de-cheiro (fruta, microcápsulas) foram analisadas em um espectrômetro de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) [Cary 630 FTIR (Agilent Technologies, Malásia)]. A análise foi realizada utilizando-se acessório de reflectância total atenuada (ATR) com faixa espectral utilizada de 650 a 4000 cm^{-1} , com 4 cm^{-1} de resolução, e 256 varreduras para todas as amostras. Primeiramente, 10 μL da amostra foram espalhados sobre a superfície do cristal de ATR, posteriormente a obtenção do espectro foi realizada. Entre as amostras, o acessório ATR foi limpo com Acetona P.A., e o espectro de fundo foi obtido.

4.3.18 Análise estatística

Os resultados das análises físico-químicas foram obtidos em duplicatas e expressos como médias e foram avaliados por meio da análise de variância utilizando-se do software de estatística SISVAR, versão 5.6, Build 86. O teste de Tukey, a 5% de probabilidade, foi aplicado para detecção de diferenças de médias entre as duas formulações de microcápsulas e para detecção de diferenças entre as médias entre os produtos e os tempos durante o armazenamento em temperatura ambiente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e das microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre

O rendimento obtido para as microcápsulas de pimenta-de-cheiro foi de 114,53% para 96,51 g de pimentas. O rendimento da pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre foi de 70,67% para 346,05g de pimenta. Observa-se que as microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre obtiveram um menor resultado em relação a outra microcápsula.

Pesquisas anteriores com gelificação iônica relataram valores próximos para a microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre na qual Xavier (2014) com gelificação iônica de polpa de maracujá obteve 70% de rendimento e Morais (2015) também com maracujá, 62,12%, o estudo de Oliveira (2011) com a gelificação iônica da polpa de mamão obteve 75,95% e Ferreira (2018) obteve 65% com microcápsulas de extrato de beterraba.

Benavides (2016) obteve valor médio de rendimento de 61,2% com óleo essencial de tomilho fundamentando o valor baixo devido perda de emulsão que ocorre durante a transferência da solução entre o tubo de emulsificação e a seringa. Também há perda durante o processo de gotejamento através da seringa.

Segundo Baker (1986) as cápsulas se classificam pelo tamanho em 3 categorias sendo estas: macro- ($>5000 \mu\text{m}$), micro- ($0,2-5000 \mu\text{m}$) e nanocápsulas ($<0,2 \mu\text{m}$). O presente estudo observou para as microcápsulas de pimenta-de-cheiro peso (figura 5) de $0,0655 \pm 0,0007 \text{ g}$ e tamanho (figura 6) de $4,1982 \pm 0,2264 \text{ mm}$ e para as microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre peso (figura 5) de $0,0614 \pm 0,0009$ e tamanho (figura 6) de $3,884 \pm 0,3087$, caracterizando-se assim como microcápsulas.

Figura 5 - Medida do peso da microcápsula com o auxílio de uma mini balança.



Fonte: Próprio autor

Figura 6 - Medição da microcápsula com o auxílio de um paquímetro digital.



Fonte: Próprio autor

A Tabela 1 apresenta os resultados da caracterização físico-químicas das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e da pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre para análise das mudanças após o processamento. Observa-se que grande parte dos parâmetros analisados apresentaram médias diferentes a nível de confiança de 95%. A microcápsula (MPE) apresentou diferença significativa devido ao enriquecimento com espinafre.

Tabela 1 - Caracterização físico-química das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e da pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre

Parâmetro	MP	MPE
Acidez Titulável (g ácido cítrico/100g)	1,34 ± 0,05 ^b	3,74 ± 0,05 ^a
Umidade (%)	95,28 ± 0,22 ^b	95,38 ± 0,06 ^a
Cinzas (%)	0,58 ± 0,01 ^b	0,73 ± 0,02 ^a
pH	5,08 ± 0,08 ^b	4,30 ± 0,02 ^a
Sólidos Solúveis (°Brix)	0,26 ± 0,05 ^b	0,43 ± 0,06 ^a
Ácido ascórbico ((mg de A. A. /100 g de amostra)	16,81 ± 0,00 ^a	16,81 ± 0,00 ^a
Capsaicina	0,30 ± 0,03 ^b	0,42 ± 0,01 ^a
Compostos Fenólicos (mg EAG. 100g ⁻¹ amostra)	45 ± 2,6 ^b	55,25 ± 2,5 ^a
Flavonóides (mg EQ. 100g ⁻¹ amostra)	7 ± 0 ^b	17 ± 0 ^a
Carotenóides (µg.g ⁻¹)	11,30 ± 0,00 ^b	55,92 ± 0,00 ^a
Clorofila (µg.g ⁻¹)	30,80 ± 0,00 ^b	116,81 ± 0,00 ^b
FRAP (µmol de Fe (II). 100g ⁻¹ amostra)	321 ± 0 ^b	340 ± 1 ^a
DPPH (µmol de Trolox. 100g ⁻¹ amostra)	710 ± 0 ^b	811 ± 0 ^a
ABTS (µmol de Trolox. 100g ⁻¹ amostra)	500 ± 0 ^b	645 ± 0 ^a
Cor		
	L	31,3 ± 0,7 ^a
	a	-0,2 ± 0,1 ^b
	b	+13,3 ± 0,1 ^b
	C	13,3 ± 0,1 ^b
	°h	88,9 ± 0,8 ^a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). MP: microcápsula de pimenta-de-cheiro, MPE: microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre.

A acidez titulável analisada no presente estudo há um aumento entre os dois processamentos de microcápsulas relacionado a incorporação do espinafre na formulação da microcápsula. O valor encontrado para microcápsula de pimenta-de-cheiro próximo ao encontrado por Matos (2016) cujo valor foi 1,39 mg KOH/g de pimenta e Machado (2020) 1,33 g ácido cítrico/100 de amostra).

Dambros (2014) relatou valores em torno de 80 a 90% de umidade para pimenta *in natura*. A microencapsulação das pimentas mostrou-se satisfatório, pois os valores de umidade ficou em torno de 95% que pode ser observados na Tabela 1.

Santos e Pagani (2019) obteve valor de 95,78% de umidade para pimenta-de-cheiro madura valor próximo ao encontrado nesse estudo para os dois processamentos de pimenta. Ferreira (2018) em seu estudo com microcápsulas de extrato de beterraba e Moraes et al. (2017) com polpa de murici observaram dados semelhantes e conferiram esses resultados a deficiência do processo de drenagem, visto que durante as etapas do processamento as microcápsulas são imersas em água para retirar o excesso de cloreto.

Para o parâmetro de cinzas há uma diferença significativa sendo superior para microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre sendo 0,73%. Esta diferença é

atribuída por Pasin et al. (2012) a incorporação da película de alginato na microcápsula formada durante a gelificação iônica cuja a película é rica em fibras.

O pH avaliado na microcápsula de pimenta-de-cheiro é de 5,08 e nas microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre é de 4,30 valores próximos ao encontrado por Dambros (2014) na qual variou em torno de 5 e por Rêgo et. al. (2011) variou entre 3,38 e 6,25. O valor do pH na microcápsula enriquecida com espinafre é menor sugere-se ser devido a utilização do extrato com espinafre cujo utiliza vinagre na formulação.

Na análise dos sólidos solúveis (°Brix) há uma diferença significativa entre os dois processamentos. Para a microcápsula de pimenta-de-cheiro o valor foi 0,26 °Brix semelhante a Souza (2020) que utilizou revestimento à base de pectina na pimenta comparando com a in natura e obteve 0,3 °Brix na pimenta revestida.

As duas formulações de pimenta obtiveram o mesmo valor de ácido ascórbico 16,81 mg de A. A./100 g de amostra acima do encontra por Santos et al. (2020) na qual foi 6,49 mg de A. A./100 g de amostra para microcápsula de pimenta-de-cheiro armazenada em vinagre na temperatura de refrigeração. Este estudo encapsulou mais vitamina C que o comparado acima.

A análise de capsaicina mostra que a microcápsula enriquecida com espinafre (MPE) diferiu da microcápsula de pimenta-de-cheiro (MP) observando o aumento do teor da Capsaicina podendo ser explicado pelo extrato de espinafre utilizar vinagre na composição.

O teor de compostos fenólicos encontrados para pimenta-de-cheiro (MP) foi de 45 mg EAG . 100g⁻¹ e para pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre (MPE) foi de 55,25 mg EAG. 100g⁻¹ o que resulta no aumento dos compostos fenólicos ao enriquecer com espinafre. Valores próximos foram encontrados por Dambros (2014) em que as pimentas oscilaram de 52,45 mg.100g⁻¹ a 21,20 mg.100g⁻¹.

Os flavonóides, carotenóides e a clorofila diferiram entre si nas duas amostras e comprou o enriquecimento na microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre.

Quanto a cor houve diferença significativa a 5% de significância pelo teste de Tukey mostrando que a microcápsula enriquecida com espinafre está verde mais escuro que a outra.

5.2 Caracterização das microcápsulas de pimenta-de-cheiro (MP) e das microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre (MPE) durante o armazenamento

5.2.1 Composição físico-química

- **pH**

Os teores de pH das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre armazenadas em vinagre analisadas durante o armazenamento estão expressas na Tabela 2.

Tabela 2 - análise de pH durante o armazenamento das microcápsulas de pimenta-de-cheiro

pH	Tempos (Dias)					
	0	8	16	24	32	40
MP (T)	5,08±0,08 ^{a,A}	3,40±0,01 ^{b,_{c,C}}	3,48±0,00 ^{b,_A}	3,43±0,01 ^{b,_{c,C}}	3,37±0,00 ^{c,_C}	3,36±0,00 ^{c,_B}
MPE (T)	4,30±0,02 ^{a,B}	3,44±0,01 ^{b,_A}	3,44±0,00 ^{b,_B}	3,44±0,00 ^{b,_B}	3,40±0,00 ^{c,_B}	3,40±0,00 ^{c,_A}
MP (V)	5,08±0,07 ^{a,A}	3,41±0,02 ^{b,_B}	3,43±0,01 ^{b,_C}	3,45±0,01 ^{b,_A}	3,41±0,00 ^{b,_A}	3,40±0,00 ^{b,_A}
MPE (V)	4,30±0,02 ^{a,B}	3,41±0,00 ^{b,_B}	3,42±0,01 ^{b,_D}	3,40±0,01 ^{b,_D}	3,35±0,00 ^{c,_D}	3,35±0,00 ^{c,_C}

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). MP (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem transparente, MPE (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem transparente, MP (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem verde, MPE (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem verde.

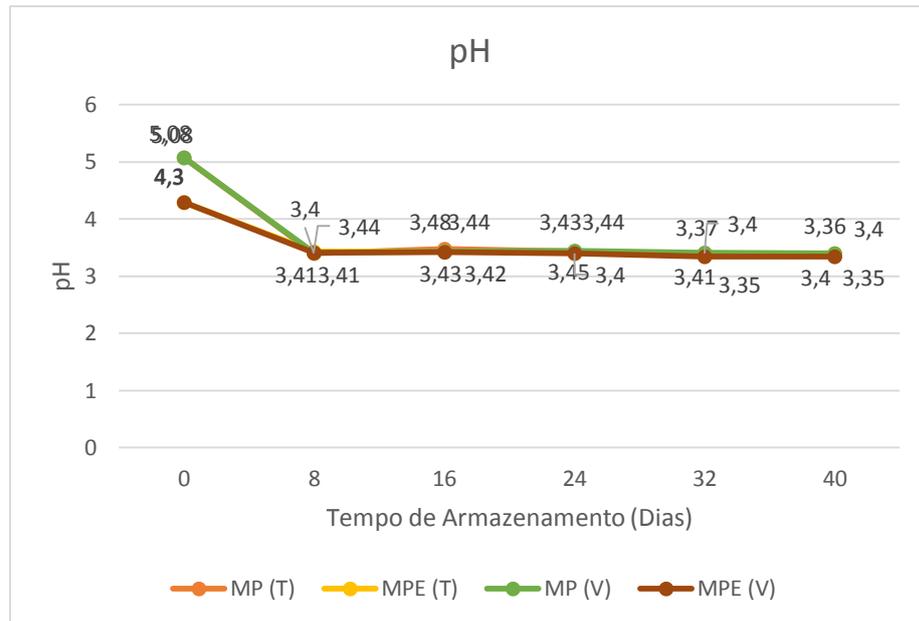
O pH avaliado nas microcápsulas de pimenta-de-cheiro após 8 dias houve uma redução nas duas embalagens armazenadas (verde e transparente) e se manteve constante durante o armazenamento de 40 dias que pode ser evidenciado no gráfico 1. O mesmo ocorreu para a microcápsula enriquecida com espinafre havendo uma pequena redução se mantendo constante após 32 dias na embalagem verde.

Segundo Borges et al. (2015) é essencial o monitoramento do pH durante o armazenamento pois controla o crescimento de microrganismos patogênicos.

Santos et al. (2020) estudaram pimenta-de-cheiro microencapsulada armazenada em vinagre na temperatura de refrigeração o pH após 1 mês de armazenamento foi 3,97 próximo ao encontrado nesse estudo a temperatura ambiente.

Santos e Pagani (2020) micro encapsularam pimenta-de-cheiro madura na qual o pH se manteve constante durante o armazenamento até 10 dias com pH médio de 5,0 comparada a esse estudo mostra uma nova forma de comercialização do fruto com maior tempo de prateleira.

Segundo a ANAV (2020) o pH do vinagre é 2,31 nota-se que as microcápsulas interagiram com o vinagre e estabilizaram durante o armazenamento.

Gráfico 1- Análise do pH durante o armazenamento

- **Acidez titulável**

Os teores de acidez das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre armazenadas em vinagre analisadas durante o armazenamento estão expressas na Tabela 3.

Tabela 3 - análise de acidez durante o armazenamento das microcápsulas de pimenta-de-cheiro

Acidez	Tempos (Dias)					
	0	8	16	24	32	40
MP (T)	1,37±0,05 ^{d,B}	35,42±0,99 ^{b,C}	35,15±0,00 ^{b,D}	26,77±0,00 ^{c,D}	39,69±0,00 ^{a,B}	39,69±0,00 ^{a,B}
MPE (T)	3,74±0,06 ^{a,A}	34,40±0,00 ^{c,D}	38,09±0,00 ^{a,A}	29,37±0,11 ^{d,B}	34,78±0,00 ^{b,C}	34,78±0,00 ^{b,C}
MP (V)	1,37±0,01 ^{e,B}	36,91±0,52 ^{a,A}	36,06±0,00 ^{b,C}	28,18±0,00 ^{d,C}	34,63±0,00 ^{c,B}	34,63±0,00 ^{c,B}
MPE (V)	3,74±0,05 ^{b,A}	36,55±0,00 ^{c,B}	37,58±0,00 ^{d,B}	32,80±0,00 ^{d,A}	42,46±0,00 ^{a,A}	42,46±0,00 ^{a,A}

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). O teor de acidez é expresso em g ácido cítrico/100g. MP (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem transparente, MPE (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem transparente, MP (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem verde, MPE (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem verde.

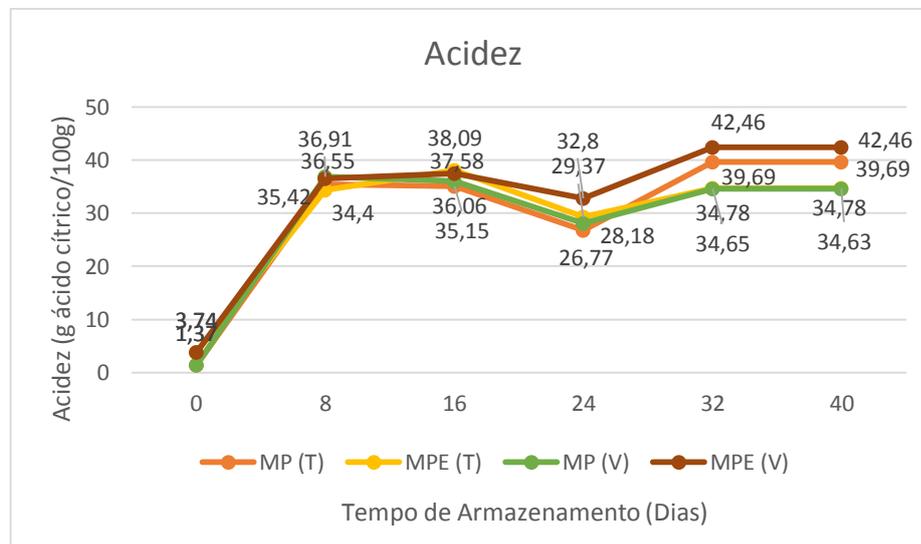
De acordo com a tabela 3 mostra que os produtos interagiram com o vinagre e estabilizaram durante o armazenamento nos dois últimos pontos, ou seja, após 32 dias. A

microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre obteve maior acidez o que pode ser evidenciado no gráfico 2.

Segundo a tabela 3 houve diferenças significativas pelo teste de Tukey durante o armazenamento entre as embalagens e entre os dois processamentos.

Santos et al. (2020) em seu estudo de microcápsulas de pimenta-de-cheiro armazenadas no vinagre na temperatura de refrigeração encontrou valores de 6,98 na microcápsula e 23,02 após 30 dias. Comparando com esse trabalho valores próximos atingidos em 24 dias na temperatura ambiente.

Gráfico 2- Análise de acidez durante o armazenamento



- **Cor**

Os teores de cor das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre armazenadas em vinagre analisadas durante o armazenamento estão expressas na Tabela 4.

Tabela 4 - análise de cor durante o armazenamento das microcápsulas de pimenta-de-cheiro

PRODUTOS		TEMPO (DIAS)					
		0	8	16	24	32	40
MP(T)	L*	31,3 ^{a,A}	31,5 ^{a,D}	32,5 ^{a,D}	31,8 ^{a,C}	33,5 ^{a,A}	32,6 ^{a,A}
	a*	-0,2 ^{a,B}	-1,2 ^{a,C}	-1,4 ^{a,A}	-0,9 ^{a,C}	-1,4 ^{a,B}	-1,2 ^{a,B}
	b*	+13,3 ^{b,B}	+20,7 ^{a,B}	+17,3 ^{a,b,A}	+17,3 ^{b,A}	+15,8 ^{a,b,D}	+17,3 ^{a,b,C}
	C*	13,3 ^{b,B}	20,8 ^{a,B}	17,4 ^{a,b,A}	17,3 ^{a,b,A}	15,8 ^{a,b,D}	17,3 ^{a,b,C}
	°h	88,8 ^{a,A}	86,6 ^{a,A}	84,8 ^{a,D}	86,6 ^{a,B}	84,6 ^{a,D}	85,8 ^{a,B}
MPE(T)	L*	29,9 ^{b,B}	33,1 ^{a,A}	33,1 ^{a,B}	32,6 ^{a,A}	30,3 ^{b,D}	30,3 ^{b,D}
	a*	-0,4 ^{b,A}	-1,2 ^{a,b,C}	-0,9 ^{a,b,C}	-1,0 ^{a,b,B}	-1,5 ^{a,A}	-1,5 ^{a,A}
	b*	+13,9 ^{a,A}	+16,9 ^{a,D}	+13,4 ^{a,D}	+15,3 ^{a,C}	+17,3 ^{a,B}	+17,3 ^{a,C}
	C*	13,9 ^{a,A}	16,9 ^{a,D}	13,4 ^{a,D}	15,3 ^{a,C}	17,3 ^{a,B}	17,3 ^{a,C}
	°h	88,4 ^{a,B}	86,0 ^{a,b,C}	86,0 ^{a,b,B}	86,1 ^{a,b,C}	84,9 ^{b,C}	84,9 ^{b,D}
MP(V)	L*	31,1 ^{b,A}	32,5 ^{a,b,B}	34,1 ^{a,A}	32,4 ^{a,b,B}	31,2 ^{b,C}	31,7 ^{b,C}
	a*	-0,2 ^{a,B}	-1,5 ^{a,A}	-1,1 ^{a,B}	-1,5 ^{a,A,B}	-1,2 ^{a,C}	-1,1 ^{a,C}
	b*	+13,3 ^{b,B}	+22,9 ^{a,A}	+15,4 ^{b,B}	+16,2 ^b	+17,7 ^{a,b,A}	+17,6 ^{a,b,A}
	C*	13,3 ^{b,B}	22,9 ^{a,A}	15,4 ^{b,B}	16,2 ^{b,B}	17,7 ^{a,b,A}	17,6 ^{a,b,A}
	°h	88,8 ^{a,A}	86,2 ^{a,B}	85,8 ^{a,C}	84,7 ^{a,D}	85,9 ^{a,B}	87,1 ^{a,A}
MPE(V)	L*	29,9 ^{b,B}	32,3 ^{a,C}	32,8 ^{a,C}	29,9 ^{b,D}	32,3 ^{a,B}	32,3 ^{a,B}
	a*	-0,4 ^{a,A}	-1,4 ^{a,B}	-0,5 ^{a,D}	-0,7 ^{a,D}	-1,0 ^{a,D}	-1,0 ^{a,C}
	b*	+13,9 ^{a,A}	+20,6 ^{a,C}	+15,0 ^{a,C}	+14,0 ^{a,D}	+17,1 ^{a,C}	+17,1 ^{a,B}
	C*	13,9 ^{a,A}	20,6 ^{a,C}	15,0 ^{a,C}	14,0 ^{a,D}	17,1 ^{a,C}	17,1 ^{a,B}
	°h	88,4 ^{a,b,B}	85,2 ^{b,D}	92,0 ^{a,A}	87,9 ^{a,A}	86,8 ^{a,b,A}	86,8 ^{a,b,B}

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). O teor de acidez é expresso em g ácido cítrico/100g. MP (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem transparente, MPE (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem transparente, MP (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem verde, MPE (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem verde.

Em relação a colorimetria (Tabela 4), sabe-se que o parâmetro de cor a* varia de vermelho (+a) ao verde (-a), quando negativo indica a presença das clorofilas, responsáveis pela coloração verde. Durante armazenamento há variação entre as amostras nota-se que a MPE possui maior coloração verde como esperado devido o enriquecimento com espinafre, porém comparando as embalagem observa que a cor estabilizou nas duas evitando o efeito da degradação da luz (SCHIOZER & BARATA; 2013; VOLP et. al, 2009).

O parâmetro b* refere-se à variação de cor entre o amarelo (+b) e o azul (-b), e apresentou variação entre as amostras, demonstrou a mesma estabilidade nas embalagens. O aumento desse parâmetro pode ser decorrente dos carotenóides, responsável a coloração alaranjado que vão aumentando devido as reações de amadurecimento que continuam ocorrendo no fruto (SCHIOZER & BARATA; 2013; VOLP et. al, 2009).

5.2.2 Composição bioativa das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e das microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre

- **Carotenóides totais**

Os teores de carotenóides das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre armazenadas em vinagre analisadas durante o armazenamento estão expressas na Tabela 5.

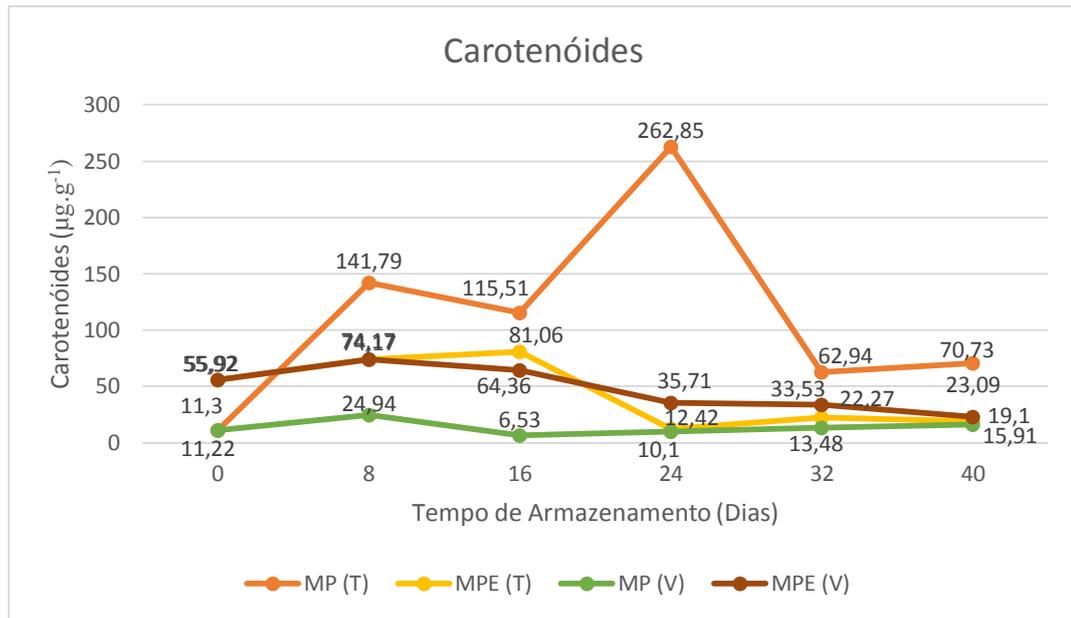
Tabela 5 - análise de carotenóides durante o armazenamento das microcápsulas de pimenta-de-cheiro

Carotenóides	Tempos (Dias)					
	0	8	16	24	32	40
MP (T)	11,30±0,00 _{e,B}	141,79±5,41 _{b,A}	115,51±0,00 _{0^c,A}	262,85±0,00 _{0^a,A}	62,94±0,00 ^d _{.A}	70,73±0,00 ^d _{.A}
MPE (T)	55,92±0,00 _{b,A}	74,17±6,81 ^a _B	81,06±0,00 ^a _B	12,42±0,25 ^c _C	22,27±0,79 ^c _{.B}	19,10±0,70 ^c _{.C}
MP (V)	11,22±0,00 _{b,c,B}	24,94±2,80 ^a _C	6,53±1,01 ^{c,D}	10,10±0,00 ^b _{.c,D}	13,48±2,07 ^b _{.C}	15,91±0,059 ^{b,D}
MPE(V)	55,92±0,00 _{b,A}	74,17±0,00 ^a _B	64,36± ^{b,c,C}	35,71±0,35 ^c _B	33,53±1,20 ^c _B	23,09±0,82 ^{c,B}

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Os carotenóides totais são expressos em $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. MP (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem transparente, MPE (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem transparente, MP (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem verde, MPE (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem verde.

Os carotenóides sofreram degradação durante o armazenamento. Na microcápsula de pimenta-de-cheiro (MP) na embalagem verde conservou o teor acima do quantificado inicialmente, já a MPE embalagem verde quantificou valores acima da embalagem transparente como demonstrado na tabela 5.

Santos et al., (2020) quantificou $25,01\mu\text{g/g}$ de clorofila total em microcápsula de pimenta-de-cheiro armazenada no vinagre sob refrigeração e após 30 dias $12,10\mu\text{g/g}$ de clorofila total. Valores acima dos encontrados no ponto inicial, e no ponto final de 40 dias esse estudo estimou valores acima nas 2 formulações e nas 2 embalagens em 40 dias de armazenamento a temperatura ambiente.

Gráfico 3 - Análise dos carotenóides durante o armazenamento

- Clorofila total**

Os teores de clorofila das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre armazenadas em vinagre analisadas durante o armazenamento estão expressas na Tabela 6.

Tabela 6 - análise de clorofila durante o armazenamento das microcápsulas de pimenta-de-cheiro
Tempos (Dias)

Clorofila	0	8	16	24	32	40
MP (T)	30,80±0,00 c,B	54,23±4,61 ^b B	89,58±0,00 ^A b	28,91±0,00 ^c C	14,08±0,00 ^d .D	13,87±0,00 ^d D
MPE (T)	116,81±0,0 0 ^{c,A}	141,79±5,41 b,A	189,18±0,0 0 ^{a,A}	42,98±0,03 ^c B	61,54±1,97 ^d .B	68,69±0,288 ^d B
MP (V)	30,89±0,00 b,B	54,23±4,61 ^a B	21,83±1,20 ^c C	27,50±0,0 ^{b,c} D	28,43±2,64 ^b .c,C	33,97±1,16 ^b C
MPE (V)	116,81±0,0 0 ^{b,A}	141,79±5,41 ^a .A	147,36±0,0 0 ^{a,a}	100,08±5,9 9 ^{b,A}	82,33±5,14 ^c A	72,17±1,43 ^c A

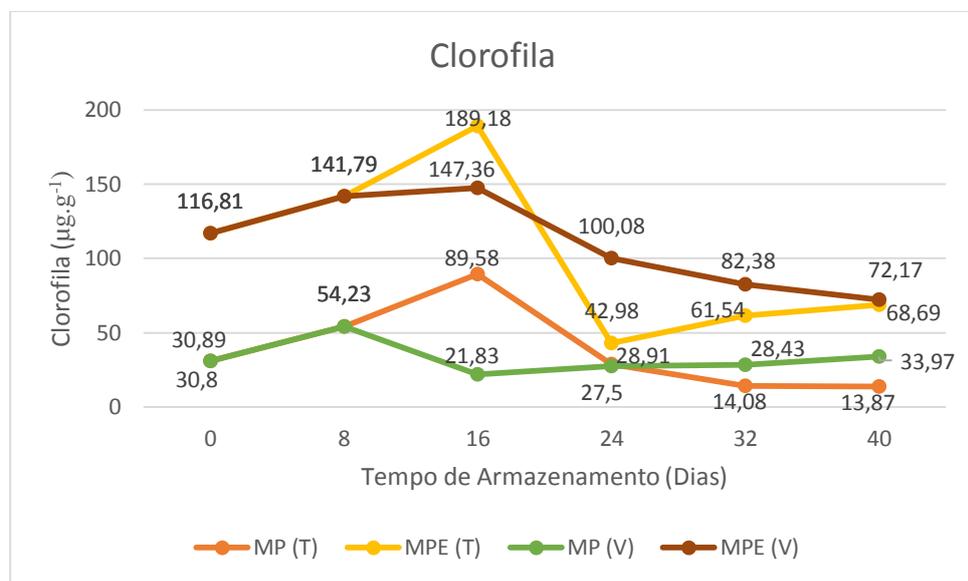
Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). A clorofila total é expressa em $\mu\text{g.g}^{-1}$. MP (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem transparente, MPE (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem transparente, MP (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem verde, MPE (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem verde.

Os teores de clorofila são maiores na microcápsula de pimenta-de-cheiro com espinafre (MPE) como esperado pois foi utilizado para enriquecer a microcápsula como comprovado na tabela 6 nas duas embalagens utilizadas. A embalagem verde foi eficiente para manter o teor de clorofila como demonstrado comparando as embalagens podendo ser confirmado com o gráfico 4.

Mattos et al., (2008) quantificou 13,66 $\mu\text{g/g}$ de clorofila total em pimenta de cheiro verde, nesse estudo foram quantificados valores acima deste e mostrou a conservação teor acima do trabalho comparado.

Santos et al., (2020) quantificou 47,79 $\mu\text{g/g}$ de clorofila total em microcápsula de pimenta-de-cheiro armazenada no vinagre sob refrigeração e após 30 dias 26,10 $\mu\text{g/g}$ de clorofila total. Valores acima dos encontrados no ponto inicial, porém a embalagem verde e o enriquecimento quantificaram valores superiores.

Gráfico 4- Análise da clorofila durante o armazenamento



• Compostos fenólicos

Os teores de compostos fenólicos das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre armazenadas em vinagre analisadas durante o armazenamento estão expressas na Tabela 7.

Tabela 7 - análise de compostos fenólicos durante o armazenamento das microcápsulas de pimenta-de-cheiro

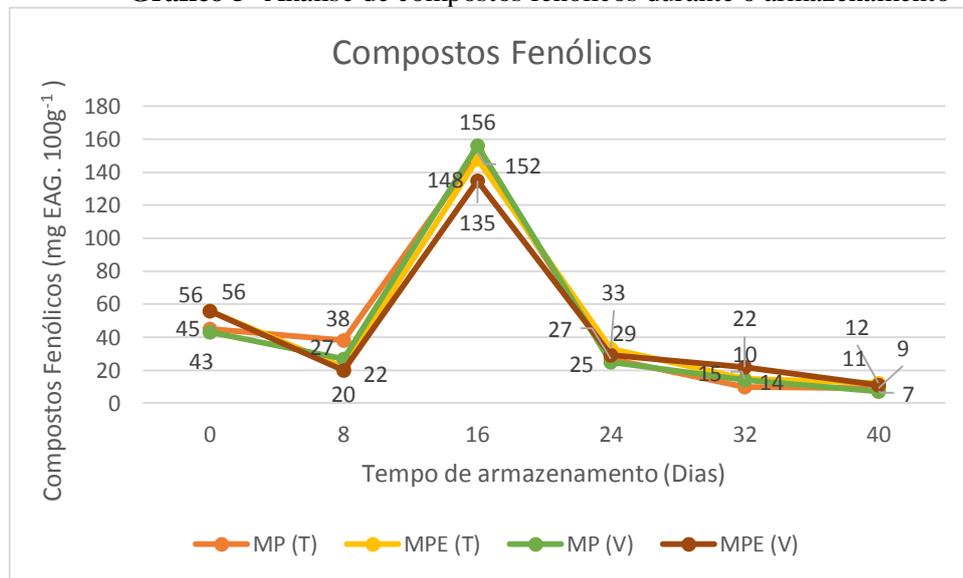
Compostos fenólicos	Tempos (Dias)					
	0	8	16	24	32	40
MP (T)	45 \pm 2 ^{b,B}	38 \pm 0 ^{b,A}	152 \pm 18 ^{a,B}	27 \pm 0 ^{b,c,C}	10 \pm 0 ^{c,D}	9 \pm 0 ^{c,C}
MPE (T)	56 \pm 3 ^{b,A}	22 \pm 0 ^{d,C}	148 \pm 0 ^{a,C}	33 \pm 0 ^{c,A}	15 \pm 0 ^{e,B}	12 \pm 0 ^{e,A}
MP (V)	43 \pm 1 ^{b,B}	27 \pm 0 ^{b,B}	156 \pm 21 ^{a,A}	25 \pm 1 ^{b,D}	14 \pm 0 ^{b,C}	7 \pm 0 ^{b,D}
MPE (V)	56 \pm 3 ^{b,A}	20 \pm 1 ^{d,D}	135 \pm 0 ^{a,D}	29 \pm 0 ^{c,B}	22 \pm 1 ^{d,A}	11 \pm 0 ^{e,B}

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Os compostos fenólicos são expressos em $\text{mg EAG. } 100\text{g}^{-1}$ amostra. MP (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem transparente, MPE (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem transparente, MP (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem verde, MPE (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem verde.

Foram avaliadas 2 processamentos de microcápsulas de pimenta-de-cheiro e 2 tipos de embalagens. Foi observado que durante o armazenamento os 4 produtos obtiverem ótimos valores até 24 dias de armazenamento. Já a pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre armazenada na embalagem verde obteve valor de 22 mg EAG. 100 g⁻¹ de extrato até 32 dias de armazenamento valores próximos aos encontrados por Dambros (2014) na qual obteve 32,56 mg EAG. 100g⁻¹ pimenta-de-cheiro *Capsicum chinense*.

Bae et al. (2012) pesquisou compostos fenólicos em pimentas com extração em metanol, metanol: água (80:20) cujo para pimenta caiena 49 mgEAG/100g de exttrato

Gráfico 5- Análise de compostos fenólicos durante o armazenamento



5.2.3 Composição antioxidante das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e das microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre

- **FRAP**

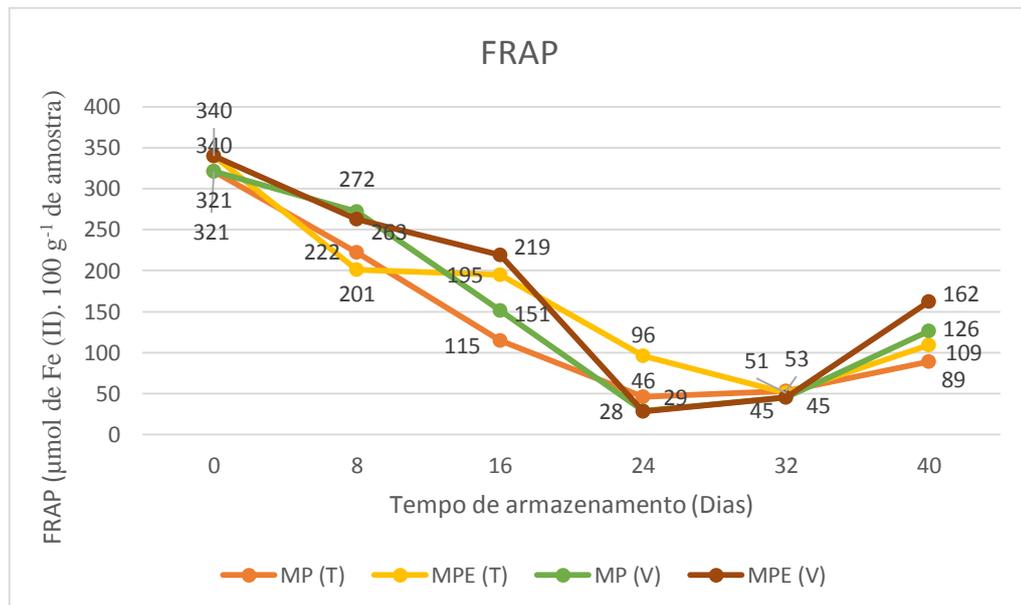
O teor de FRAP das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre armazenadas em vinagre analisadas durante o armazenamento estão expressas na Tabela 8.

Tabela 8 - análise de FRAP durante o armazenamento das microcápsulas de pimenta-de-cheiro

FRAP	Tempos (Dias)					
	0	8	16	24	32	40
MP (T)	321±0 ^{a,B}	222±1 ^{b,C}	115±0 ^{c,D}	46±0 ^{c,B}	53±0 ^{e,A}	89±2 ^{d,D}
MPE (T)	340±0 ^{a,A}	201±0 ^{b,D}	195±0 ^{b,B}	96±0 ^{d,A}	51±0 ^{e,B}	109±6 ^{c,C}
MP (V)	321±0 ^{a,B}	272±0 ^{b,A}	151±1 ^{c,C}	29±1 ^{f,C}	45±0 ^{e,C}	126±3 ^{d,B}
MPE (V)	340±0 ^{a,A}	263±1 ^{d,B}	219±0 ^{a,A}	28±0 ^{f,D}	45±1 ^{e,C}	162±7 ^{d,A}

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). O teor de FRAP é expresso em μmol de Fe (II). 100g^{-1} amostra. MP (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem transparente, MPE (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem transparente, MP (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem verde, MPE (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem verde.

De acordo com a tabela 8 analisando a capacidade antioxidante, através do poder redutor do FRAP, nota-se que as duas formulações e as embalagens se comportaram como esperado aumentando no enriquecimento e na embalagem verde. As embalagem verde conservaram cerca de 50% do valor inicial das microcápsulas como observado no gráfico 6.

Gráfico 6- Análise de FRAP durante o armazenamento

- **Flavonóides**

O teor de Flavonóides das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre armazenadas em vinagre analisadas durante o armazenamento estão expressas na Tabela 9.

Tabela 9 - análise de Flavonóides durante o armazenamento das microcápsulas de pimenta-de-cheiro

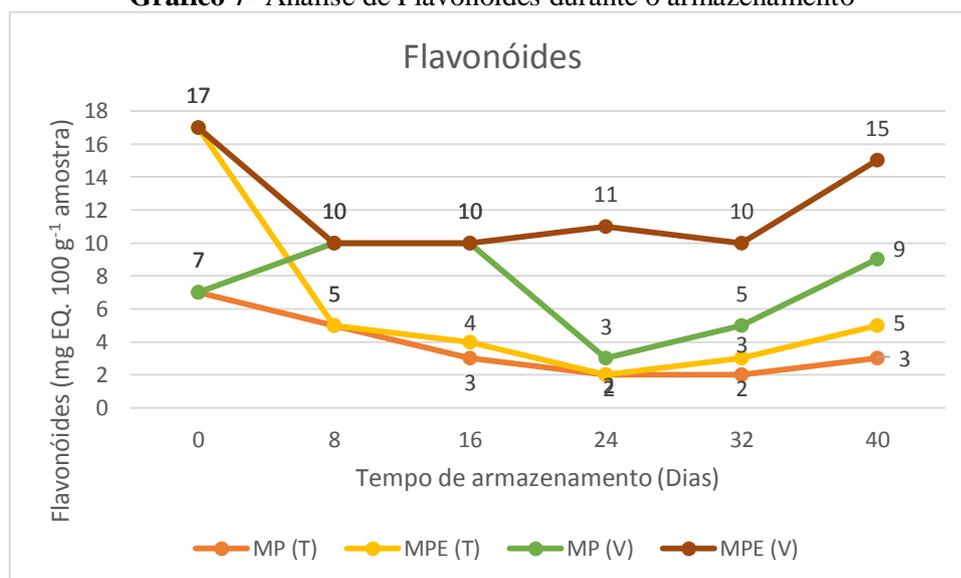
Flavonóides	Tempos (Dias)					
	0	8	16	24	32	40
MP (T)	7±0 ^{a,B}	5±1 ^{a,b,B}	3±0 ^{b,c,C}	2±0 ^{c,C}	2±0 ^{c,D}	3±1 ^{b,c,D}
MPE (T)	17±0 ^{a,A}	5±1 ^{b,B}	4±1 ^{b,c,B}	2±0 ^{d,C}	3±0 ^{c,d,C}	5±0 ^{b,C}
MP (V)	7±0 ^{b,B}	10±0 ^{a,A}	10±0 ^{a,A}	3±0 ^{d,B}	5±0 ^{c,B}	9±1 ^{a,B}
MPE (V)	17±0 ^{a,A}	10±1 ^{c,A}	10±0 ^{c,A}	11±1 ^{c,A}	10±0 ^{c,A}	15±0 ^{b,A}

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). O teor de flavonóides é expressos em mg EQ. 100g⁻¹ amostra. MP (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem transparente, MPE (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem transparente, MP (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem verde, MPE (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem verde.

Os flavonóides progressivamente com o amadurecimento da pimenta degradam-se enquanto que a síntese e acumulação dos carotenóides (LIU et al., 2019). Essa análise demonstra que a pimenta continua sofrendo os efeitos adversos das reações de amadurecimento dentro da microcápsula pois há uma redução durante o armazenamento.

PÉREZ-AMBROCIO et al.(2017) encontrou 9 mg de equivalente de quercitina. Kg-1 em pimenta habanero valores abaixo dos encontrados nesse estudo.

Comparando os dois processamentos nota-se que há um enriquecimento dos flavonóides com a utilização do extrato de espinafre na formulação da microcápsula de pimenta-de-cheiro. Entre as embalagens houve uma aumento demonstrando que a embalagem verde conservou principalmente a MPE com o valor de 15 mg EQ. 100⁻¹ de amostra podendo ser evidenciado no gráfico 7.

Gráfico 7- Análise de Flavonóides durante o armazenamento

- **ABTS**

O teor de ABTS das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre armazenadas em vinagre analisadas durante o armazenamento estão expressas na Tabela 10.

Tabela 10 - análise de ABTS durante o armazenamento das microcápsulas de pimenta-de-cheiro

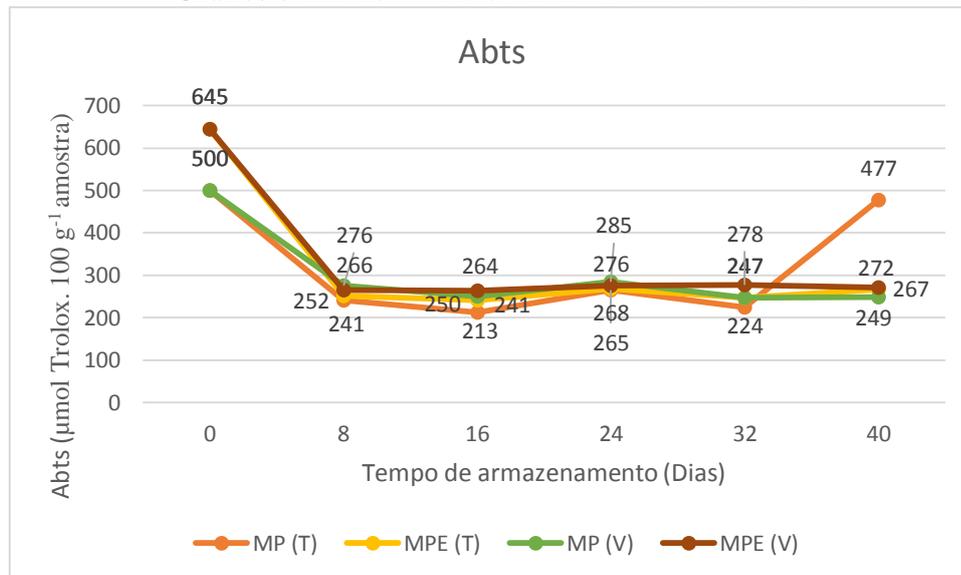
Abts	Tempos (Dias)					
	0	8	16	24	32	40
MP (T)	500±0 ^{a,B}	241±1 ^{d,D}	213±0 ^{e,D}	265±10 ^{c,D}	224±6 ^{d,e,C}	477±3 ^{b,A}
MPE (T)	645±0 ^{a,A}	252±1 ^{c,C}	241±0 ^{e,C}	268±1 ^{b,C}	247±1 ^{d,B}	267±1 ^{b,C}
MP (V)	500±0 ^{a,B}	276±1 ^{c,A}	250±0 ^{d,B}	285±0 ^{b,A}	247±3 ^{d,B}	249±1 ^{d,D}
MPE (V)	645±0 ^{a,A}	266±1 ^{d,B}	264±0 ^{d,A}	276±1 ^{b,B}	278±1 ^{b,A}	272±0 ^{c,B}

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). O teor de ABTS é expressos em μmol de Trolox. 100g^{-1} amostra. MP (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem transparente, MPE (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem transparente, MP (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem verde, MPE (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem verde.

Ferreira (2018) em seu estudo a atividade antioxidante reduziu e aumentou no último ponto como observado nesse estudo.

Para embalagem verde como esperado devido ao enriquecimento com espinafre a microcápsula de pimenta-de-cheiro (MPE) quantificou valores acima da outra formulação sem espinafre que pode ser notado no gráfico 8.

Drambos (2014) encontrou valores de 62,91 para a capacidade antioxidante pelo método ABTS valores abaixo deste trabalho.

Gráfico 8- Análise de Abts durante o armazenamento

- **DPPH**

O teor de DPPH das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre armazenadas em vinagre analisadas durante o armazenamento estão expressas na Tabela 11.

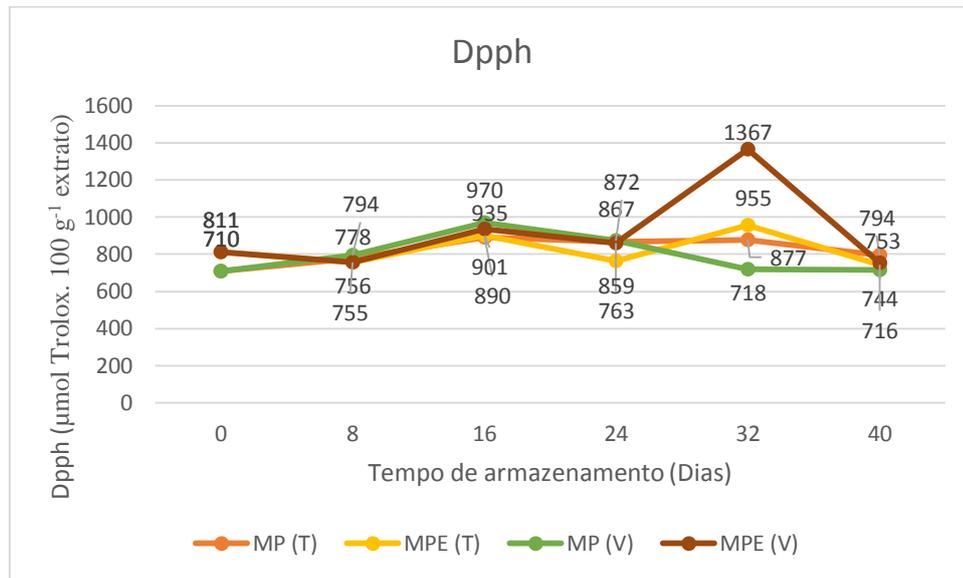
Tabela 11 - análise de DPPH durante o armazenamento das microcápsulas de pimenta-de-cheiro

Dpph	Tempos (Dias)					
	0	8	16	24	32	40
MP (T)	710±0 ^{f,B}	778±0 ^{e,B}	890±1 ^{a,D}	867±0 ^{c,B}	877±0 ^{b,C}	794±0 ^{d,A}
MPE (T)	811±0 ^{b,A}	756±1 ^{d,e,C}	901±28 ^{b,C}	763±7 ^{d,D}	955±0 ^{a,B}	744±1 ^{e,C}
MP (V)	710±0 ^{d,B}	794±5 ^{c,A}	970±1 ^{a,A}	872±1 ^{b,A}	718±0 ^{d,D}	716±0 ^{d,D}
MPE (V)	811±0 ^{c,d,A}	755±9 ^{d,D}	935±24 ^{b,B}	859±43 ^{b,c,C}	1367±0 ^{a,A}	753±1 ^{d,B}

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). O teor de DPPH é expressos em μmol de Trolox. 100g^{-1} amostra. MP (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem transparente, MPE (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem transparente, MP (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem verde, MPE (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem verde.

Entre as amostras analisadas há diferença significativa. Na embalagem verde há um aumento da capacidade antioxidante DPPH na microcápsula de pimenta-de-cheiro (MP) em relação a microcápsula de pimenta-de-cheiro com espinafre (MPE) devido ao enriquecimento e o espinafre conter antioxidantes como observado no gráfico 8.

Para a pimenta-de-cheiro do gênero *Capsicum* Drambos (2014) estimou o valor de $43,91\mu\text{mol}$ de Trolox/ 100g de amostra abaixo do quantificado das microcápsulas estudadas armazenadas no vinagre.

Gráfico 8- Análise de DPPH durante o armazenamento

5.2.4 Teor de Capsaicina das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e das microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre

O teor de Capsaicina das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre armazenadas em vinagre analisadas durante o armazenamento estão expressas na Tabela 12.

Tabela 12 - análise de Capsaicina durante o armazenamento das microcápsulas de pimenta-de-cheiro

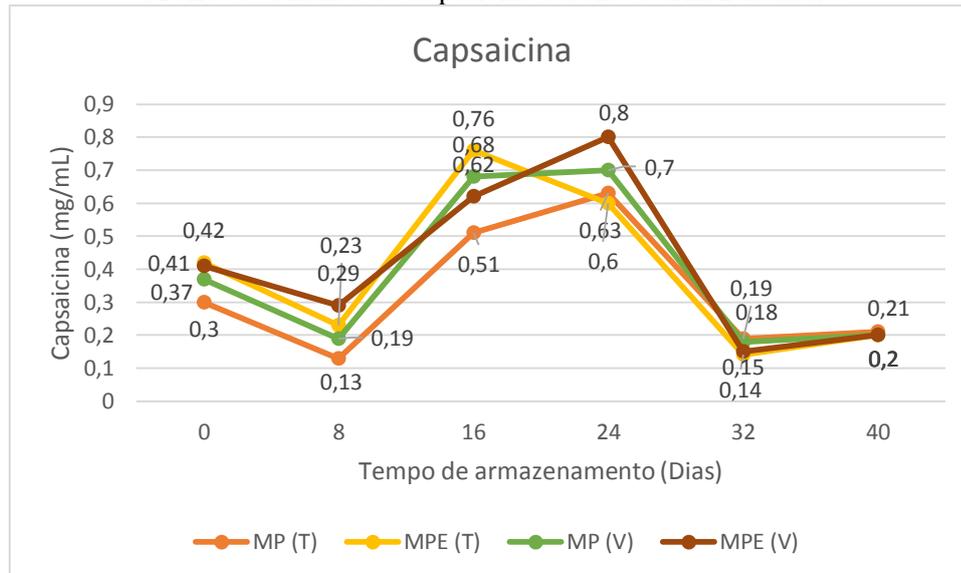
Capsaicina	Tempos (Dias)					
	0	8	16	24	32	40
MP (T)	0,30±0,03 ^b _D	0,13±0,03 ^c _D	0,51±0,08 ^a _D	0,63±0,06 ^a _C	0,19±0,02 ^{b,c} _A	0,21±0,00 ^{b,c} _A
MPE (T)	0,42±0,01 ^c _A	0,23±0,00 ^d _B	0,76±0,01 ^a _A	0,60±0,03 ^b _D	0,14±0,01 ^c _D	0,20±0,00 ^d _B
MP (V)	0,37±0,02 ^b _C	0,19±0,01 ^{b,c} _C	0,68±0,11 ^a _B	0,70±0,13 ^a _B	0,18±0,00 ^c _B	0,20±0,04 ^{b,c} _B
MPE (V)	0,41±0,02 ^c _B	0,29±0,02 ^d _A	0,62±0,01 ^b _C	0,80±0,05 ^a _A	0,15±0,00 ^c _C	0,20±0,00 ^c _B

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). O teor de capsaicina é expressos em mg/mL. MP (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem transparente, MPE (T): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem transparente, MP (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem verde, MPE (V): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem verde.

Os valores de capsaicina encontrados nesse experimento estão dentro dos resultados encontrados por Antonious et al. (2009) que "obtiveram, dentre 63 acessos de *C. chinense*, variação na concentração de capsaicina de 0,01 a 1,52 mg g⁻¹ de fruto fresco." Nota-se que o processo de geleificação iônica conservou a capsaicina durante o armazenamento. Com 40 dias de armazenamento todos os processamentos obtiveram o mesmo valor para capsaicina.

Santos et al. (2020) na microcápsula de pimenta-de-cheiro refrigerada alcançou 0,1173 mg/mL e 0,2034 mg/mL após 1 mês na refrigeração. Nota-se que o processo na temperatura atingi um tempo maior de vida de prateleira. Porem com 24 dias a microcápsula enriquecida com espinafre obteve melhor valor de capsaicina tornando produto ideal podendo ser observado no gráfico 9.

Gráfico 9- Análise de Capsaicina durante o armazenamento



5.2.5 Análise microbiológica

As tabelas 13 e 14 referem-se as análises microbiológicas realizadas nos produtos.

Tabela 13 - Resultados obtidos na análise microbiológica das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e pimento-de-cheiro enriquecida com espinafre em embalagens transparente e verde no tempo 0.

PRODUTOS	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS – T=0		
	Coliformes Totais NMP/g	Coliformes Termotolerantes NMP/g	Bolores e Leveduras UFC/g
MP(T)	<0,3	<0,3	< 10 ³ (est)
MPE(T)	0,3	<0,3	< 10 ³ (est)
MP(V)	0,3	<0,3	< 10 ³ (est)
MPE(V)	<0,3	<0,3	< 10 ³ (est)

*MP(T): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem transparente; ** MPE(T): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem transparente; *** MP(V): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem verde; **** MPE(V): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem verde. NMP – Número Mais Provável. UFC – Unidade Formadora de Colônia. (aus) – ausente.

As microcápsulas de pimenta-de-cheiro as 2 formulações nas 2 embalagens não apresentaram contaminação por Coliformes Termotolerantes e Coliformes Totais (resultado inferior a tolerância que é de 10 NMP/g). Quanto aos bolores e leveduras, resultado obtidos menores do que 10³ UFC/g, valor estimado, que é o permitido pela legislação. Os resultados

encontrados foram os mesmos para o tempo 0 (tabela 13) e o tempo 5 (tabela 14), final do período de armazenamento a temperatura ambiente e os resultados demonstram as boas práticas de fabricação que foram utilizadas no processamento do produto.

De acordo com a RDC nº 12/2001 da ANVISA, os quatro produtos formulados estão de acordo com os padrões legais vigentes.

Tabela 14 - Resultados obtidos na análise microbiológica das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e pimento-de-cheiro enriquecida com espinafre em embalagens transparente e verde no tempo 5.

PRODUTOS	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS – T=5		
	Coliformes Totais NMP/g	Coliformes Termotolerantes NMP/g	Bolores e Leveduras UFC
MP(T)	<0,3	<0,3	< 10 ³ (est)
MPE(T)	0,6	<0,3	< 10 ³ (est)
MP(V)	0,3	<0,3	< 10 ³ (est)
MPE(V)	<0,3	<0,3	< 10 ³ (est)

*MP(T): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem transparente; ** MPE(T): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem transparente; *** MP(V): microcápsula de pimenta-de-cheiro embalagem verde; **** MPE(V): microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre embalagem verde. NMP – Número Mais Provável. UFC – Unidade Formadora de Colônia. (aus) – ausente.

5.2.6 Compostos voláteis

De acordo com os parâmetros utilizados para determinação dos compostos voláteis pela técnica de SPME, foram identificados tentativamente positivamente um total de 23 compostos para microcápsula de pimenta-de-cheiro tempo 0, dos quais 11 pertenciam à classe química dos ésteres, representando a maior classe de compostos orgânicos identificados nas microcápsulas de pimenta-de-cheiro, 2 terpenos, 3 álcoois, 7 outros compostos não identificados. O nome do composto, a classe química, o índice de retenção linear calculado e o da literatura, e a porcentagem de área de cada composto extraído e identificado se encontram na Tabela 15.

Tabela 15 - Composição química volátil de microcápsulas de pimenta-de-cheiro tempo 0 (recém-preparada) extraídos por SPME utilizando a fibra DVB/CAR/PDMS

Peak	Composto	classe	IRC	IRL ^{a,b,c}	%Area
1	3-Hexen-1-ol	Álcool	854	855	0,77
2	1-Hexanol	Álcool	868	870	0,61
3	1,3-Dimethyl-1-cyclohexene	Terpeno	1022		1,66
4	1-Nonanol	Álcool	1039	1055	0,35
5	Propanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	Éster	1151	1150	0,70
6	Methyl salicylate	Éster	1193	1193	1,14
7	Butanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	Éster	1203	1322	4,11
8	Butanoic acid, 3-methyl-, hexyl ester	Éster	1209	1240	17,18
9	8-Dodecen-1-ol, (Z)-		1224		4,37
10	cis-3-Hexenyl isovalerate	Éster	1239	1238	8,32
11	Propanoic acid, 2-methyl-, heptyl ester	Éster	1248	1248	0,67
12	Cyclohexene, 3,5-dimethyl-		1297		11,11
13	Butanoic acid, 2-methyl-, heptyl ester	Éster	1306	1332	0,98

14	Propanoic acid, 2-methyl-, octyl ester	Éster	1313	1311	3,62
15	Hexanoic acid, hexyl ester	Éster	1319	1325	1,04
16	Cyclohexanone, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, trans-		1341		0,95
17	α -Cubebene	Terpeno	1348	1349	2,06
18	Cyclohexanol, 3,3-dimethyl-		1386	1392	14,84
19	Butanoic acid, 2-methyl-, octyl ester	Éster	1411	1418	11,03
22	Butanoic acid, 3-methyl-, octyl ester	Éster	1445	1440	2,25
23	Longifolene-(V4)		1481		8,56
24	Butyl 9-decenoate		1496		2,58
26	Cadina-1(10),4-diene		1519		1,11

NI = Não identificado; NE = Não encontrado na literatura IRL = Índice de Retenção Linear da Literatura; IRC = Índice de Retenção Linear Calculado. a Flavornet.org, b Pherobase, c NIST Web Book.

Após 30 de armazenamento utilizando para determinação dos compostos voláteis a técnica de SPME, foram identificados tentativamente positivamente um total de 16 compostos para microcápsula de pimenta-de-cheiro tempo 5 (40 dias), dos quais 10 pertenciam à classe química dos ésteres, representando a maior classe de compostos orgânicos identificados nas microcápsulas de pimenta-de-cheiro, 1 terpenos, 5 outros compostos não identificados. O nome do composto, a classe química, o índice de retenção linear calculado e o da literatura, e a porcentagem de área de cada composto extraído e identificado se encontram na Tabela 16.

Tabela 16 - Composição química volátil de microcápsulas de pimenta-de-cheiro tempo 5 (40 dias) extraídos por SPME utilizando a fibra DVB/CAR/PDMS

Peak	Composto	classe	IRC	IRL ^{a,b,c}	%Area
1	Butanoic acid, hexyl ester	Éster	1115	1122	0,45
2	Butanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	Éster	1204	1322	2,91
3	Butanoic acid, 3-methyl-, hexyl ester	Éster	1215	1240	9,62
4	cis-3-Hexenyl isovalerate	Éster	1240	1238	5,01
5	Cyclohexene, 3,5-dimethyl-		1299		8,76
6	Butanoic acid, 2-methyl-, heptyl ester	Éster	1308	1332	0,82
7	Propanoic acid, 2-methyl-, octyl ester	Éster	1314	1311	2,84
9	alfa.-Copaene		1376	1370	0,82
10	Cyclohexanol, 3,3-dimethyl-	Éster	1404	1392	46,24
11	Butanoic acid, 2-methyl-, octyl ester	Éster	1408	1418	3,34
12	Butanoic acid, 3-methyl-, octyl ester	Éster	1415	1440	7,88
14	Cyclohexane, ethenyl-		1431		0,66
16	α -Himachalene	Terpeno	1453	1447	1,23
17	12-Methyl-oxa-cyclododecan-2-one		1466	1445	0,46
18	Longifolene-(V4)		1483		7,59
19	Butyl 9-decenoate	Éster	1496		1,37

NI = Não identificado; NE = Não encontrado na literatura IRL = Índice de Retenção Linear da Literatura; IRC = Índice de Retenção Linear Calculado. a Flavornet.org, b Pherobase, c NIST Web Book.

Para a microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre ponto 0 os compostos voláteis identificados pela técnica de SPME, foram identificados tentativamente positivamente um total

de 25 compostos, dos quais 18 pertenciam à classe química dos ésteres, representando a maior classe de compostos orgânicos identificados nas microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre, 2 terpenos, 1 aldeído, 4 outros compostos não identificados. O nome do composto, a classe química, o índice de retenção linear calculado e o da literatura, e a porcentagem de área de cada composto extraído e identificado se encontram na Tabela 17.

Tabela 17 - Composição química volátil de microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre tempo 0 (recém-preparada) extraídos por SPME utilizando a fibra DVB/CAR/PDMS

Peak	Composto	classe	IRC	IRL ^{a,b,c}	%Area
1	2-Hexenal, (E)-	Aldeído	852	854	0,88
2	1,3-Dimethyl-1-cyclohexene		1022		0,69
3	Propanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	Éster	1115	1151	0,86
4	Butanoic acid, hexyl ester	Éster	1150	1185	0,48
5	Methyl salicylate	Éster	1192	1193	0,49
6	Butanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	Éster	1203	1322	2,80
7	Butanoic acid, 3-methyl-, hexyl ester	Éster	1213	1240	11,53
8	cis-3-Hexenyl isovalerate	Éster	1231	1238	0,40
9	Pentanoic acid, 4-hexen-1-yl ester	Éster	1231		0,74
10	Cyclohexyl isovalerate	Éster	1238		5,49
11	Hexyl n-valerate	Éster	1246	1298	6,64
12	Propanoic acid, 2-methyl-, heptyl ester	Éster	1248	1248	0,41
13	Cyclohexene, 3,5-dimethyl-		1297		6,96
14	Butanoic acid, 2-methyl-, heptyl ester	Éster	1306	1332	0,68
15	Propanoic acid, 2-methyl-, octyl ester	Éster	1312	1311	2,07
16	Hexanoic acid, hexyl ester	Éster	1318	1383	0,60
18	4-Decenoic acid, ethyl ester	Éster	1346		3,80
19	α -Cubebene	Éster	1347	1349	0,56
21	Cyclohexanol, 3,3-dimethyl-	Éster	1397	1392	38,45
22	Butanoic acid, 2-methyl-, octyl ester	Éster	1402	1418	2,17
23	Butanoic acid, 3-methyl-, octyl ester	Éster	1409	1440	5,68
26	α -Himachalene	Terpeno	1450	1447	0,64
27	Longifolene-(V4)		1479		4,74
28	Butyl 9-decenoate		1495		1,51
30	(-)- β -Cadinene	Terpeno	1471	1472	0,75

NI = Não identificado; NE = Não encontrado na literatura IRL = Índice de Retenção Linear da Literatura; IRC = Índice de Retenção Linear Calculado. a Flavornet.org, b Pherobase, c NIST Web Book.

Para a microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre ponto 5 (40 dias) os compostos voláteis identificados pela técnica de SPME, foram identificados tentativamente positivamente um total de 25 compostos, dos quais 16 pertenciam à classe química dos ésteres, representando a maior classe de compostos orgânicos identificados nas microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre, 4 terpenos, 5 outros compostos não identificados. O nome do composto, a classe química, o índice de retenção linear calculado e o da literatura, e a porcentagem de área de cada composto extraído e identificado se encontram na Tabela 18.

Tabela 18 - Composição química volátil de microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre tempo 0 (recém-preparada) extraídos por SPME utilizando a fibra DVB/CAR/PDMS

Peak	Composto	classe	IRC	IRL ^{a,b,c}	%Area
1	1-Cyclohexylethanol		1022		0,04
2	Propanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	Éster	1114	1151	0,08
3	Methyl salicylate	Éster	1192	1193	0,03
4	Butanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	Éster	1203	1322	0,37
5	Butanoic acid, 3-methyl-, hexyl ester	Éster	1213	1240	1,22
6	Citronellyl formate	Éster	1224	1249	0,08
7	cis-3-Hexenyl isovalerate	Éster	1238	1238	0,56
8	Hexyl n-valerate	Éster	1245	1298	0,80
9	Cyclohexene, 3,5-dimethyl-		1297		0,95
10	Butanoic acid, 2-methyl-, heptyl ester	Éster	1306	1332	0,18
11	Propanoic acid, 2-methyl-, octyl ester	Éster	1313	1311	0,47
12	Hexanoic acid, hexyl ester	Éster	1318	1383	0,13
15	Butanoic acid, octyl ester	Éster	1349	1373	0,13
16	6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate / Citronellol acetate	Terpeno	1359	1355	0,08
17	alfa.-Copaene		1375	1370	0,23
18	Cyclohexanol, 3,3-dimethyl-	Éster	1386	1392	0,75
19	Cyclohexanol, 2,3-dimethyl-	Éster	1399		2,63
20	Butanoic acid, 2-methyl-, octyl ester	Éster	1404	1418	0,66
21	Butanoic acid, 3-methyl-, octyl ester	Éster	1411	1440	1,13
24	Pentanoic acid, octyl ester	Éster	1444		0,36
25	α -Himachalene	Terpeno	1451	1447	0,33
26	Longifolene-(V4)		1425		1,40
27	Butyl 9-decenoate		1442		0,23
29	Cadina-1(10),4-diene	Terpeno	1471	1473	0,29
30	Epizonarene	Terpeno	1476	1479	0,09

NI = Não identificado; NE = Não encontrado na literatura IRL = Índice de Retenção Linear da Literatura; IRC = Índice de Retenção Linear Calculado. a Flavornet.org, b Pherobase, c NIST Web Book.

Vários autores relataram conteúdo majoritário de ésteres nas variedades de pimenta *Capsicum chinense*. Sendo estes mais os comuns visto que são considerados os responsáveis pelos aromas da pimenta. (SOUSA et al., 2006; PINO et al., 2007; BOGUSZ JUNIOR et al., 2011).

Os compostos identificados majoritários foram: para microcápsula de pimenta-de-cheiro tempo 0 - Butanoic acid, 3-methyl-, hexyl ester; Cyclohexanol, 3,3-dimethyl-; Cyclohexene, 3,5-dimethyl-; Butanoic acid, 2-methyl-, octyl ester; representando, 17,18; 14,84; 11,11; 11,03; % da área total dos picos detectados, respectivamente.

Para microcápsula de pimenta-de-cheiro tempo 5 - Cyclohexanol, 3,3-dimethyl-; Butanoic acid, 3-methyl-, hexyl ester; Cyclohexene, 3,5-dimethyl-; Butanoic acid, 2-methyl-, octyl ester; representando, 46,24; 9,62; 8,76; 3,34; % da área total dos picos detectados, respectivamente.

Para microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre tempo 0 - Cyclohexanol, 3,3-dimethyl-; Butanoic acid, 3-methyl-, hexyl ester; Cyclohexene, 3,5-dimethyl-; Butanoic acid, 2-methyl-, octyl ester; representando, 38,45; 11,53; 6,96; 5,68 % da área total dos picos detectados, respectivamente.

Para microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre tempo 5 - Butanoic acid, 3-methyl-, hexyl ester; Cyclohexene, 3,5-dimethyl-; Cyclohexanol, 3,3-dimethyl-; Butanoic acid, 2-methyl-, octyl ester; representando, 1,22; 0,95; 0,75; 0,66 % da área total dos picos detectados, respectivamente.

Existem disponíveis na literatura sobre os compostos voláteis de várias espécies de pimenta. Sousa et al. (2006) avaliou o perfil volátil de pimentas *Capsicum chinense* sp. vermelha, amarela e púrpura. A análise GC-MS permitiu a identificação tentativa de 34 compostos, entre os quais os mais abundantes foram o hexyl pentanoate, dimethylcyclohexanols, humulene, e esters of butanoic acid. Pino et al. (2007) e Pino, SauriDuch and Marbot (2006) estudaram os compostos voláteis de Yucatan Habanero pimenta (*Capsicum chinense* Jack. Cv. Habanero); Os constituintes principais foram E-2-hexenal, hexyl- 3-methylbutanoate, Z-3-hexenyl-3 methylbutanoate, hexyl pentanoate, 3,3-dimethylcyclohexanol e hexadecanoic acid.

Ao comparar os compostos obtidos nesse trabalho com os já existentes na literatura, observou-se que foram identificados compostos que já foram reportados na literatura bem como compostos que ainda não foram reportados. Esse fato pode ser justificado em parte devido ao tipo de coluna cromatográfica que foi utilizada. Na literatura são reportados trabalhos sobre compostos voláteis de pimenta utilizando a técnica de SPME, porém nesses trabalhos foram utilizadas colunas com polaridades diferentes (apolares) da coluna utilizada no presente estudo (coluna polar).

5.2.7 Análise sensorial

Tabela 19 - Análise sensorial das microcápsulas de pimenta-de-cheiro e da microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre

ATRIBUTOS SENSORIAIS	AMOSTRAS ^{1,2}	
	MP	MPE
Cor	6,28 ^b	7,86 ^a
Aroma	7,72 ^a	7,42 ^a
Sabor	7,40 ^b	7,81 ^a
Aparência	6,36 ^b	7,40 ^a
Aceitação Global	7,08 ^b	7,60 ^a
Intenção de Compra	6,50 ^b	7,60 ^a

¹ 1 = desgostei muitíssimo, 9 = gostei muitíssimo; para cada um dos atributos analisados. ² Em uma mesma linha, médias com letras em comum, não diferem entre si a $p \leq 5\%$ de significância. * MP= microcápsula de pimenta-de-cheiro, MPE= microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre.

Como pode ser observado na Tabela 17, os resultados da análise sensorial diferiram entre si a 5% de significância com exceção do atributo aroma que não houve diferença nas duas formulações.

As amostras codificadas e balanceadas podem ser observadas na figura 6 assim como também as embalagens para sugestão de consumo.

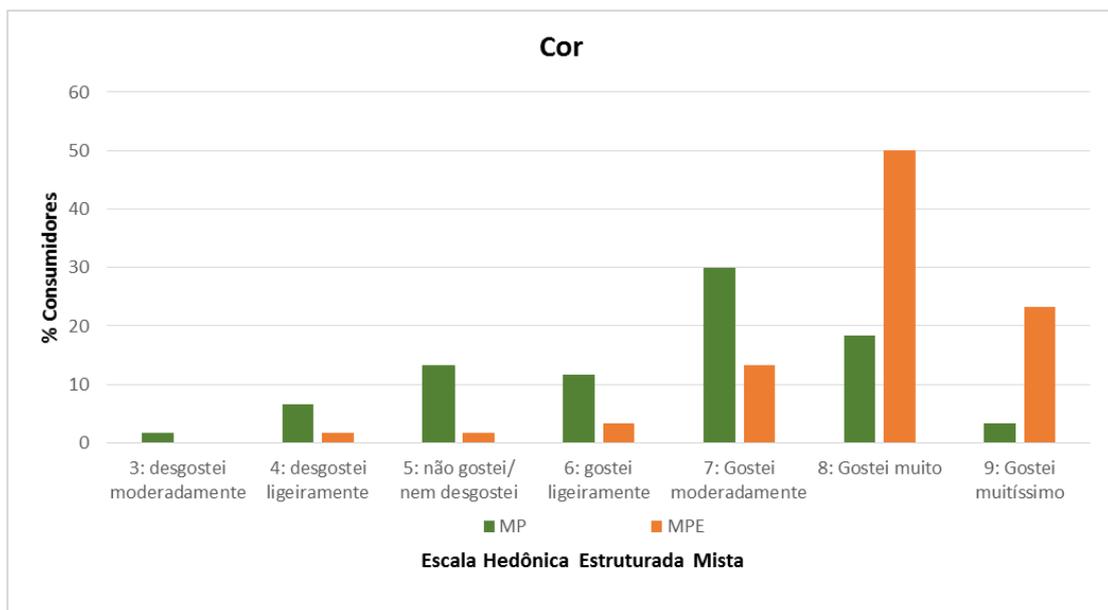
As duas microcápsulas obtiveram uma aceitação global **“gostei moderadamente”** alguns julgadores justificaram nos comentários devido a ardência da pimenta que esperavam ser mais picante já que o produto é pimenta porém a pimenta-de-cheiro não possui grau de ardência elevado.

Quanto a intenção de compra a microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre “possivelmente comprariam” enquanto a microcápsula de pimenta-de-cheiro ficaram entre possivelmente comprar ou não comprar.

Figura 7 - Amostras apresentadas na sensorial

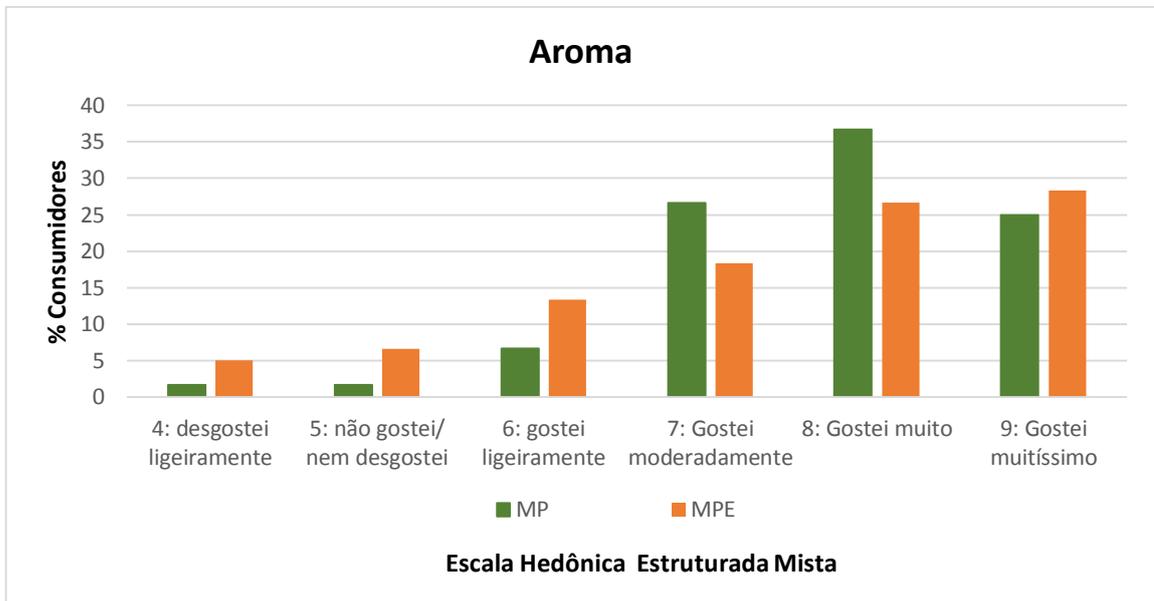
Fonte: Próprio autor.

Gráfico 10: Análise sensorial da microcápsulas de pimenta-de-cheiro e da pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre



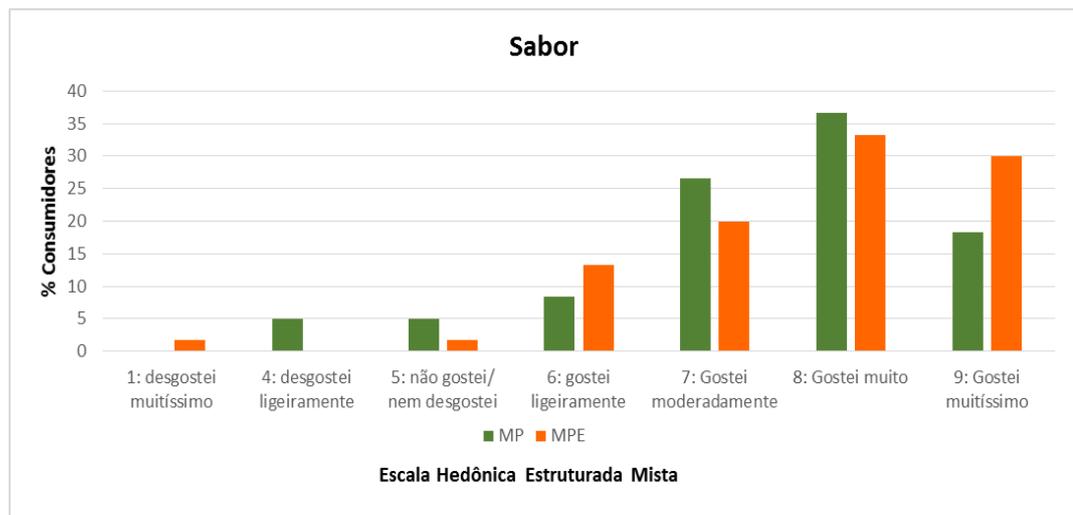
De acordo com o gráfico 10 as microcápsulas de pimenta-de-cheiro (MP) obtiveram nota gostei moderadamente e as microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre obtiveram nota gostei muito sendo aceita pelos julgadores.

Gráfico 11: Análise sensorial da microcápsulas de pimenta-de-cheiro e da pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre



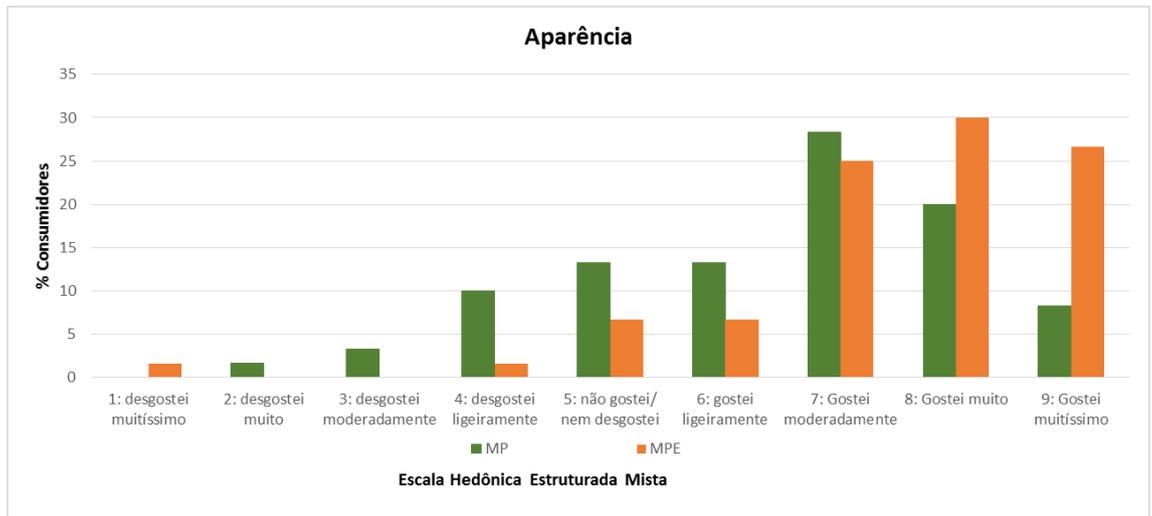
De acordo com o gráfico 11 as microcápsulas de pimenta-de-cheiro (MP) obtiveram nota gostei muito e as microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre obtiveram nota gostei muitíssimo sendo aceita pelos julgadores confirmada pelos comentários sobre o produto ter o aroma característico da pimenta, na qual um julgador descreveu possuir aroma de condimento.

Gráfico 12: Análise sensorial da microcápsulas de pimenta-de-cheiro e da pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre



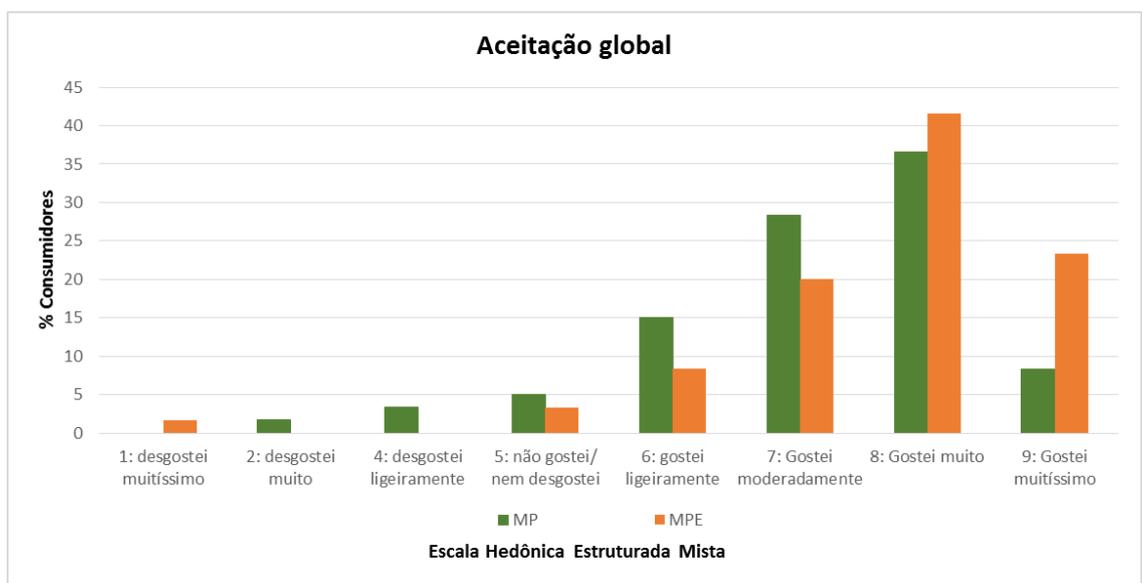
Para as duas formulações de microcápsulas os provadores gostaram muito do sabor da microcápsula.

Gráfico 13: Análise sensorial da microcápsulas de pimenta-de-cheiro e da pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre



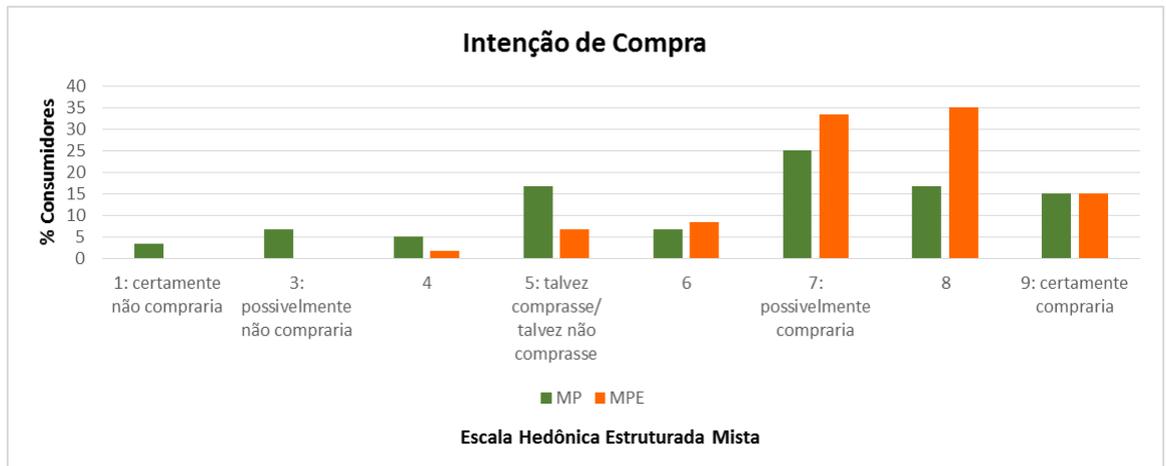
De acordo com o gráfico 13 as microcápsulas de pimenta-de-cheiro (MP) obtiveram nota gostei moderadamente e as microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre obtiveram nota gostei muito concluindo que alguns julgadores comentaram que comprariam devido a aparência mais verde.

Gráfico 14: Análise sensorial da microcápsulas de pimenta-de-cheiro e da pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre



A microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre obteve maior aceitação global 40% dos consumidores.

Gráfico 15: Análise sensorial da microcápsulas de pimenta-de-cheiro e da pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre



A partir do gráfico 15 nota-se que as microcápsulas de pimenta-de-cheiro (MP) possivelmente seriam compradas já as microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre alcançaram nota 8 concluindo os provadores tenderiam a certamente comprar o produto.

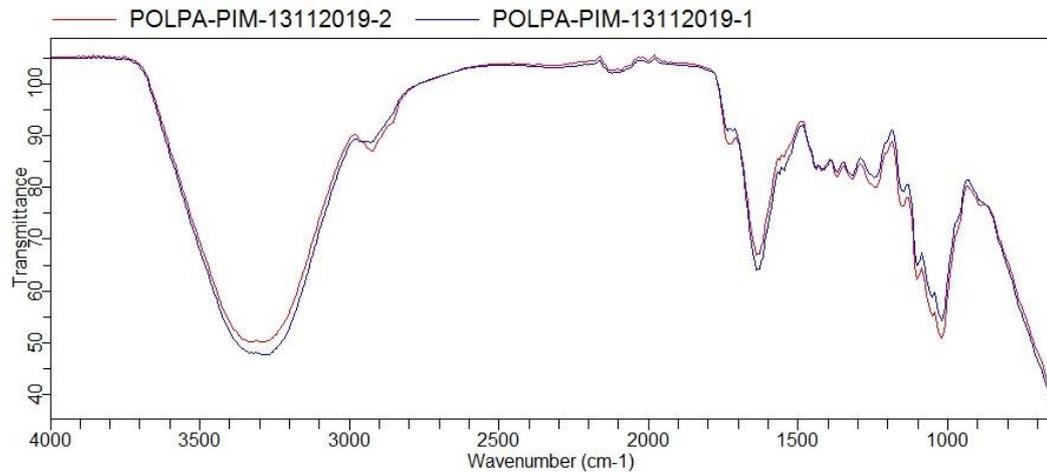
Como sugestão de embalagem do produto foi solicitado que os julgadores escolhessem entre a embalagem transparente ou a verde sedo a verde escolhida por 83,3% dos consumidores.

5.2.8 Espectroscopia de Infravermelho pela Transformada de Fourier (FTIR)

Os espectros foram realizados para obter as interações entre a matéria-prima (polpa de pimenta-de-cheiro, polpa de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre) recém preparada na hora da análise) e os produtos obtidos. A figura 8 pode-se observar os espectros de absorção na zona do infravermelho médio (4000 a 650 cm^{-1}) para a polpa de pimenta-de-cheiro utilizada na fabricação da microcápsula através do processo de gelificação iônica. A figura 9 representa os espectros da microcápsula de pimenta-de-cheiro.

Algumas funções orgânicas aparecem nas regiões mais importantes do espectro de infravermelho e estão no início e no final do espectro, e compreendem as faixas de 4000- 1300 cm^{-1} e 900-690 cm^{-1} . A região inicial, de alta energia é chamada região dos grupamentos funcionais, onde se encontra as absorções de hidroxila, de álcool, ácido carboxílico, fenol, enol, vibrações de – NH de aminas primárias e secundárias e outros.

Figura 8 - Espectro de FTIR na faixa de 4000-650 cm^{-1} da polpa de pimenta-de-cheiro



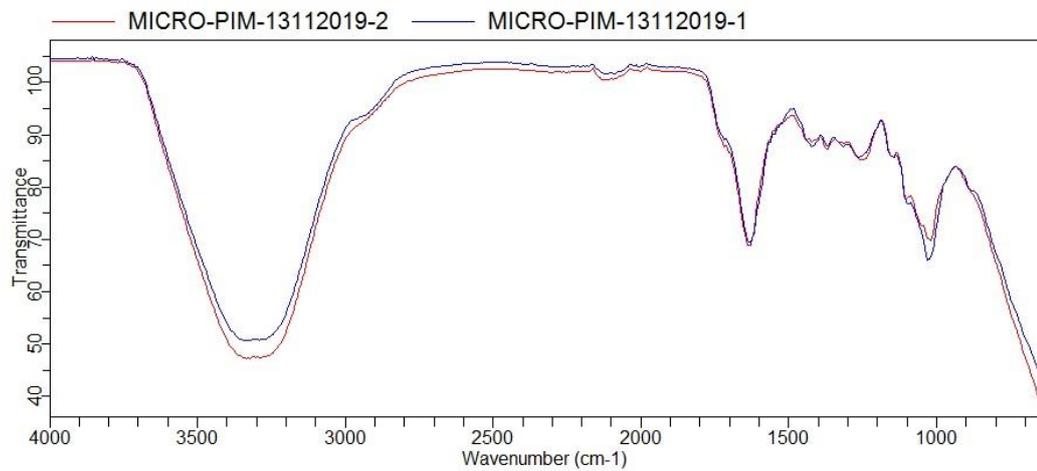
Fonte: Próprio Autor

O espectro FTIR da polpa de pimenta-de-cheiro apresenta as mesmas bandas de absorção da microcápsula de pimenta-de-cheiro. O pico obtido entre 3600 a 2800 cm^{-1} caracterizam o grupo hidroxila (-OH), presente na celulose e lignina, um polímero aromático de ocorrência natural presente em todas as plantas vasculares (MAIA, 2017).

O grupo hidroxila (-OH) é atribuído principalmente a carboidratos, ácidos carboxílicos e água residual. O carboidrato pode ser da interação do alginato de sódio utilizado na formulação da microcápsula como também a água residual observados tanto no espectro FTIR da microcápsula (figura 9) como no espectro da polpa (figura 8) (ARAÚJO,2019).

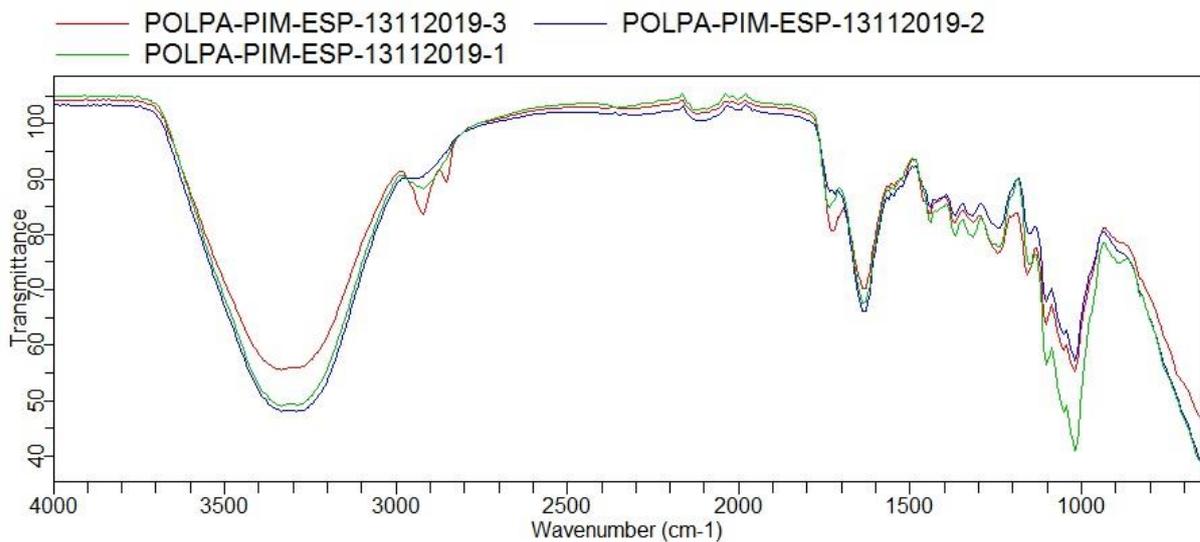
No intervalo dos comprimentos de onda 3500 a 3200 cm^{-1} demonstram bandas de absorção das vibrações de estiramento O-H e N-H (ligações de hidrogênio) características de proteínas, álcoois e compostos fenólicos. A região de 2960 a 2840 cm^{-1} mostra as vibrações de estiramento simétrico e assimétrico CH₂ e CH₃ relativo a lipídeos, proteínas, carboidratos e ácidos nucleicos. As bandas na região de 1500 e 900 cm^{-1} é referente aos açúcares e ácidos orgânicos (ARAÚJO,2019).

Figura 9 - Espectro de FTIR na faixa de 4000-650 cm^{-1} da microcápsula de pimenta-de-cheiro



Fonte: Próprio Autor

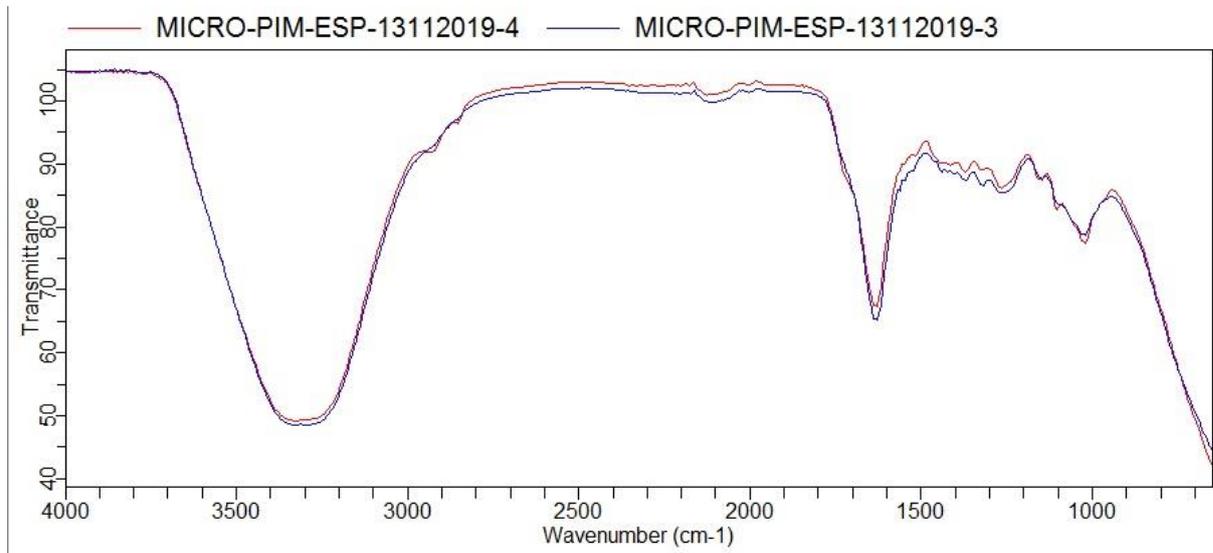
Figura 10 - Espectro de FTIR na faixa de 4000-650 cm^{-1} da polpa de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre



Fonte: Próprio Autor

Os espectros das figuras 10 e 11 referentes a polpa de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre e da microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre demonstram os mesmos picos que a polpa de pimenta sem espinafre e a microcápsula sem enriquecimento do extrato de espinafre porém com mais intensidade.

Figura 11 - Espectro de FTIR na faixa de 4000-650 cm^{-1} da microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre



Fonte: Próprio Autor

Algumas funções orgânicas aparecem nas regiões mais importantes do espectro de infravermelho por transformada de Fourier e estão no início e no final do espectro. Observamos zonas típicas da interação do processamento das microcápsulas por gelificação iônica com alginato de sódio com as polpas utilizadas na formulação (figuras 8 e 10).

Os espectros das polpas utilizadas na formulação das microcápsulas apresentaram bandas que caracterizam sua estrutura nos espectros obtidos das microcápsulas. Observamos espectros com banda larga entre 3600-3000 cm^{-1} característica do estiramento OH sugerindo uma forte interação com a água pois mostrou uma banda intensa tanto na polpa quanto na microcápsula.

No intervalo de comprimentos de onda de 3500 a 3200 cm^{-1} apresentam bandas de absorção referentes a vibrações de estiramento O-H e NH características de carboidratos, proteínas, álcoois e compostos fenólicos compostos componentes da pimenta-de-cheiro.

A banda 1600 presente nos espectros de infravermelho da polpa e das microcápsulas é referente ao grupo carbonila presente nos aldeídos responsável por parte dos aromas presentes nas pimentas (CESPEDES et al., 2011).

6 CONCLUSÃO

A microencapsulação da pimenta-de-cheiro foi realizada 2 formulações em 2 tipos de embalagem quanto ao rendimento o processamento da microcápsula de pimenta-de-cheiro (MP) microencapsulou 114,53% já a microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre (MPE) obteve 70,67% demonstrando um menor rendimento resultante das perdas durante o processo na seringa. Quanto as embalagens a embalagem verde alcançou melhores resultados em geral dentre as análises realizadas conservados a temperatura ambiente.

Quanto a clorofila um dos principais parâmetros analisados as microcápsulas de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre (MPE) resultou nos maiores valores como esperado e a embalagem verde conservou mais que a transparente nas duas formulações. Entre os 4 antioxidantes analisados (FRAP, ABTS, Flavonóides e DPPH) o DPPH obteve valores próximos aos valores iniciais calculados nas quatro formulações analisadas mostrando eficiência na microencapsulação.

Os compostos voláteis principal foco de estudo nessa dissertação: a microcápsula de pimenta-de-cheiro (MP) gerou 23 compostos no ponto inicial e 16 compostos após 30 dias já a microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre (MPE) no ponto inicial e final gerou 25 compostos demonstrando que aprisionou os compostos aromáticos. A análise FTIR resultou nos mesmos picos na polpa e na microcápsula comprovando o envolvimento dos mesmos compostos.

Segundo a análise sensorial dentre os parâmetros analisados (cor, aroma, sabor, aparência, aceitação global e intenção de compra) os consumidores preferiram apenas o atributo aroma da microcápsula de pimenta-de-cheiro (MP) já os outros atributos analisados elegeram a outra formulação quanto a intenção de compra possivelmente compraria a microcápsula de pimenta-de-cheiro enriquecida com espinafre.

Esse estudo resulta no desenvolvimento de um novo produto demonstrando a importância do enriquecimento e a análise de vários tipos de embalagem tornando um produto inovador no mercado de pimentas aumentando a vida de prateleira e diversificando o consumo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. S. S. S. Perfil de voláteis de variedades melhoradas de pimentas “*Capsicum chinenses*” utilizando técnicas de hs-spme, cg-em e cgolfatometria. [Dissertação] Curso de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Ceará. 2015

ANDRADE, S. F.; NASCIMENTO, R. S.; CARVALHO, F. A.; SANTOS, A. M., PAGANI, A. A. C.; Microencapsulation of long cúrcuma (Saffron) by the ionic gelation method, adding value to alcohol vinegar. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, p. 12387-12398, 2020.

ANTONIOUS GF; JARRET RL. 2006. Screening *Capsicum* accessions for capsaicinoids content. **Journal of Environmental Science and Health**, 41: 717-729, 1986. p.206-214

Associação Nacional das Indústrias de Vinagre (ANAV). Clipping: Conheça mais sobre o vinagre. Disponível: Conheça mais sobre o vinagre. Disponível em: <<http://www.anav.com.br/pesquisa.php>. Acesso em: 15 de janeiro de 2020.

BAE, H.; JAYAPRAKASHA, G. K.; JIFON, J.; PATIL, B. S. Variation of antioxidant activity and the levels of bioactive compounds in lipophilic and hydrophilic extracts from hot pepper (*Capsicum spp.*) cultivars. / **Food Chemistry**, v. 134, (2012), p. 1912–1918

BAES, A.U.; BLOOM, P.R. Diffuse reflectance and transmission Fourier transform infrared (DRIFT) spectroscopy of humic and fulvic acids. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53:695-700, 1989.

BAKER, R. **Controlled release of biologically active agents**. New York: John Wiley & Sons, BENAVIDES, S.; CORTÉS, P.; PARADA, J.; FRANCO, W. Development of alginate microspheres containing thyme essential oil using ionic gelation. *Food Chemistry*, Barking, v. 204, p. 77-83, 2016.

BOGUZS JUNIOR, S.; MELO, A. M. T.; ZINI, C. A.; GODOY, H. T. Optimization of the extraction conditions of the volatile compounds from chili peppers by headspace solid phase micro-extraction. **Journal of Chromatography A**, v. 1218, p. 3345-3350, 2011.

BOROSKI, M.; VISENTAINER, J. V.; COTTICA, S. M.; MORAIS, D. R.; **Antioxidantes: princípios e métodos analíticos**, 1 ed., Curitiba, Appris, 2015, 139p.

CANÇADO, P. A revanche do vidro. Isto é dinheiro, São Paulo, 22 out.2003.

CARVALHO, A. V.; RIOS, A. O.; MACIEL, R. A.; MORESCO, K. S., BECKMAN, J. C. Determinação de carotenoides e atividade antioxidante de pimenta provenientes da região

Amazônica. Magistra, Cruz das Almas – BA, V. 26, **III CBPH**, Set. 2014.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; RIBEIRO, C. S. C. R.; LOPES, C. A. Pimentas do Gênero *Capsicum* no Brasil. **Embrapa hortaliças**. Brasília-DF. 2006

CATELAM, K. T. Estudo da cinética de secagem de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*) e influência da temperatura no teor de Capsaicina. Tese. UNESP. São José do Rio Preto. 2016

CERQUEIRA, A. P. Conservação pós-colheita de pimentas-de-cheiro (*Capsicum chinense*) armazenadas sob atmosfera modificada e refrigeração. UFT.2012

CESPEDES, G. F.; VICENTE, E. F.; CILLI, E. M. Uso da ftir na obtenção de resinas e na síntese de peptídeos em fase sólida. **Química Nova**, Vol. 34, No. 4, 589-594, 2011

COSTA L.V.; BENTES J.L.S.; LOPES M.T.G.; ALVES S.R.M.; VIANA JÚNIOR J.M. Caracterização de acessos de pimentas do Amazonas. **Horticultura Brasileira**. V. 33, p. 290-298. 2015

CHAVES, M. C. V.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A.; LEITE, C. A.; SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.4, n. 2., 2004.

CHEN, H.; CHEN, T.; GIUDICI, P.; CHEN, F. Vinegar Functions on health: Constituents, Sources, and Formation Mechanisms. *Comprehensive Reviews in Foods Science and Food Safety*. **Institute of Food Technologists**, v. 15, 2016.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª ed. rev. e ampl. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 783 p.

DAMBROS, J. I. Estabilidade de compostos potencialmente bioativos e alterações de qualidade em frutos e produtos de pimenta (*Capsicum spp.*). **UFPEL**.2014

DOMENICO CI; COUTINHO JP; GODOY HT; MELO AMT. Caracterização agrônômica e pungência em pimenta-de-cheiro. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p.466-472, 2012.

DOMENICO, Carolina Iatesta. **Caracterização agrônômica e pungência em pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.)**. 2011. 38f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) Pós-Graduação – IAC. 2011.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Atheneu, 2001. 652p.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema** – 4ª ed. - Editora Artmed, 2010. 900p.

FERREIRA, L. P. C. Microencapsulação de extrato de beterraba pelo processo de gelificação iônica [Dissertação]. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Nutrição, Universidade Federal de Sergipe; 2018.

GOMES, B. L.; BARBOSA, L. S.; FARIAS, G. S.; MAGALHÃES, H. C., PINTO, N. O. F.; GARRUTI, D. S.; Perfil de compostos voláteis de pimentas *Capsicum chinense*. II SCTA. Embrapa Agroindústria Tropical, 2010.

HENZ, G. P. *Perspectivas e potencialidade do mercado para pimentas*. **Embrapa Hortaliças**, 2004.

HOLKEM, A. T.; CODEVILLA, C. F.; MENEZES, C. R. Emulsification/internal ionic gelation: Alternative for microencapsulation bioactive compounds. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, p. 116-124. 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed., 1. ed. Digital, São Paulo: IAL, 2008.

KANG YU-RA; LEE YUN-KYUNG; CHANG Y. H.; Characterization and storage stability of chlorophylls microencapsulated in different combination of gum Arabic and maltodextrin. **Food Chemistry**. v. 272, p. 337–346, 2018.

LEONEL, M; CEREDA, M. P **Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas** Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas, 22(1): 65-69, jan.-abr. 2002

LIU, Y.; LV, J.; LIU, Z.; WANG, J.; YANG, B.; CHEN, W.; OU, L.; DAI, X.; ZHANG, Z.; ZOU, X. Integrative analysis of metabolome and transcriptome reveals the mechanism of color formation in pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). **Food Chemistry**, v. 306, 2020.

MATTOS, L. M.; MORRETI, C. L.; HENZ, G. P.; SOUZA, R. M. D. *Caracterização pós-colheita de espécies de capsicum spp*. Revista Agronegócios e meio ambiente, v. 1, n. 2, p. 179 – 186, maio/ago. 2008

MEDEIROS, S. A. F.; YAMANISHI, O. K.; PEIXOTO, J. R.; PIRES, M. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RIBEIRO, J. G. B. L. Caracterização físico-química de progênies de maracujá-roxo e maracujá-azedo cultivados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Fruticultura** v. 31. 2009

MORAIS, A. B. L. Bioativação de água mineral com adição de microcápsulas de suco de maracujá amarelo (*Passiflora edulis*) obtidas pelo processo de gelificação iônica. 94f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 2015.

MORAIS, A. B. L.; XAVIER, A. C. R.; SILVA, M. A. A. P.; SOUZA, R. R.; PAGANI, G. D.; PAGANI, A. A. C. Caracterização da polpa e das cápsulas de murici (*Byrsonima crassifolia* L. Rich) obtidas pelo processo de gelificação iônica. Em: XIII Congresso Internacional de Nutrição Funcional, São Paulo, 2017

OLIVEIRA, M.C; PAGANI, A.C. **Estudo do processo de obtenção de gotas de mamão (carica papaya l.) por esferificação.** Pró-reitoria de pos-graduação, 2011. 15p. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia de alimentos) – Universidade Federal de Sergipe.

ORDÓÑEZ, J. A. Tecnologia de Alimentos – Alimentos de origem animal. Vol. 2, 1ª edição – Editora Artmed, 2005

OTÁLORA, M. C.; CARRIAZO, J. G.; ITURRIAGA, L.; OSORIO, C.; NAZARENO, M. A. Encapsulating betalains from *Opuntia ficus-indica* fruits by ionic gelation: Pigment chemical stability during storage of beads. **Food Chemistry**, v. 202, p. 373-382, 2016.

OZKAN, G.; FRANCO, P.; DE MARCO, I.; XIAO, J.; CAPANOGLU, E. A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications. **Food Chemistry**, v. 272, p 494-506, 2019.

PASIN, B. L., AZÓN, C. G.; GARRIGA, A. M. Microencapsulación con alginato en alimentos. PEREIRA, A.J.V. **Desenvolvimento de Novos Produtos em vidro utilizando tecnologias de prototipagem rápida.** Dissertação em design industrial- Porto março de 2006.

PÉREZ-AMBROCIO, A.; GUERRERO-BELTRÁN, J. A.; APARICIO-FERNÁNDEZ, X.; ÁVILA-SOSA, R.; HÉRNANDEZ-CARRANZA, P.; CID-PÉREZ, S.; OCHOA-VELASCO, C. E. Effect of blue and ultraviolet-C light irradiation on bioactive compounds and antioxidant capacity of habanero pepper (*Capsicum chinense*) during refrigeration storage. *Postharvest Biology and Technology*, v. 135, 2018, p. 19–26.

Perímetro irrigado do Piauí. 2018. Disponível em:< https://cohidro.se.gov.br/?page_id=21> Acessado em 30 de outubro de 2018.

PICCOLO, A. Characterization of soil humic extracts obtained by some organic and inorganic solvents and purified by HCl-HF treatment. *Soil Sci.*, 146:418-426, 1988.

PINO, J.; GONZÁLES, M.; CEBALLOS, L.; CENTURIÓN-YAH, A.R.; TRUJILLO-AGUIRRE, J.; LATOURNERIE-MORENO, L.; SAURI-DUCH, E. Characterization of total

capsaicinoids, colour and volatile compounds of Habanero chilli pepper (*Capsicum chinense* Jack.) cultivars grown in Yucatan. **Food Chemistry**, v. 104, p. 1682- 1686, 2007.

PRADO, M.R. **Análise do inventário do ciclo de vida de embalagens de vidro, alumínio e PET utilizadas em uma indústria de refrigerantes no Brasil**. 2007. 188p. Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007.

REBELLO, F. F. P. R. Microencapsulação de ingredientes alimentícios. **Revista Agroambiental** - DEZEMBRO 2009

RÊGO, E. R.; RÊGO, M. M.; MATOS, I. W. F.; BARBOSA, L. A. Morphological and chemical characterization of fruits of *Capsicum* spp. accessions. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 364-371, 2011.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de Alimentos**. São Paulo: Editora Edgar Blucher: Instituto Mauá de tecnologia, 2004. 184p.

ROSSATO, M.; SANTIAGO, T. R.; LOPES, C. A.; Reaction of *Capsicum* peppers commercialized in the Federal District to bacterial wilt. **Horticultura Brasileira**. v. 36, n. 2, 2018.

SANTOS, A. M.; BARBOSA, M. S.; SANTOS, T. G.; PAGANI, A. A. C. Characterization of compounds with bioactive action of green pepper (*Capsicum chinense* Jacquin) microcapsules stored in acid. *Revista INGI* (2020) Vol.4, n.1, p.674-680. Jan/Fev/Mar

SCHIOZER, A. L.; BARATA, L. E. S. Estabilidade de corantes e pigmentos de origem vegetal. *Revista Fitos Eletrônica*, v. 3, n. 02, p. 6-24, 2013.

SHAI, Y. ATR-FTIR studies in pore forming and membrane induced fusion peptides. *Biochimica et Biophysica Acta*, v.4c, p. 1-8. 2010.

SILVA, N. da; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. de A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 2001.

SOETHE, C.; STEFFENS, C. A.; MATTOS, L. M.; FERREIRA, N. A.; MAYER, D. M. Qualidade pós colheita e compostos funcionais em frutos de pimenta dedo-de-moça 'BRS Mari' em diferentes estágios de maturação. **Ciência Rural**. v. 46, n. 8, 2016.

SOUZA, A. C. G.; CHAVES, F. C. M.; KANO, C. Avaliação de Frutos e Sementes de Pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense* Jacq.) em função da nutrição mineral. Seminário de bolsistas de

Pós-graduação da Embrapa. Amazônia Ocidental, 2015. Manaus. Anais. Brasília-DF, **EMBRAPA**, 2016. P.121-126

SOUZA, A.K.R; LIMA, D.M.V; OLIVEIRA, S.L.A. Técnica FTIR e suas aplicações em amostras orgânicas. ENEPEX 2014 - 8º ENEPE UFGD e 5º EPEX UEMS(ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA). 2014.Dourados, Mato Grosso do Sul.

SUAVE, J; DALL'AGNOL, E.C; PEZZIN, A.P.T; SILVA, D.A.K, MEIER, M.M; SOLDI, V. (2006). Microencapsulação: Inovação em diferentes áreas: **Health and Environment Journal**, 7 (2), pp.12-20.

Técnicas y aplicaciones. **Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, v. 3, n. 1,p. 130-151, 2012.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K; ZERVALLOS-CISNEROS, L.; BYRNE, D. H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Jornal of food composition and analysis**, n. 19, p. 669-675, 2006.

VANISKI, R.; CORTI, D.; DRUNKLER, D. A. Técnicas e materiais empregados na microencapsulação de probióticos. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 8, n. 1, p. 156-184, jan./mar. 2017.

VERALLIA. **Embalagens de vidro**. 2013. Disponível em: <<http://www.verallia.com.br/beneficios.aspx>> Acessado em 30 de outubro de 2018

VON ELBE J.H., SCHWARTZ S.J. Colorants. In: Fennema O. (ed.) *Food Chemistry*, New York: Marcel Dekker Inc., p. 674-681. 1996

XAVIER, A. C. R. Pérolas de maracujá obtido por processo de gelificação iônica. 2014. 77 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, PróReitoria de Pós-Graduação, Universidade Federal de Sergipe, 2014.