



Natasha Nascimento Barroca Silva

**EFEITOS DE DIFERENTES MATERIAIS DE PAREDE NO
MICROENCAPSULAMENTO DE SUCO MISTO DE ACEROLA
(*Malpighia emarginata* DC) E CIRIGUELA (*Spondias purpurea* L.)**

Recife

2020

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Ciências do Consumo
Curso de Bacharelado em Economia Doméstica

**EFEITOS DE DIFERENTES MATERIAIS DE PAREDE NO
MICROENCAPSULAMENTO DE SUCO MISTO DE ACEROLA
(*Malpighia emarginata* DC) E CIRIGUELA (*Spondias purpurea* L.)**

Relatório técnico-científico apresentado como exigência à
obtenção do Grau de Bacharel em Economia Doméstica.

Orientador(a): prof.^a Dr^a. Maria Inês Sucupira Maciel

Recife
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S586e Silva, Natasha Nascimento Barroca
Efeitos de diferentes materiais de parede no microencapsulamento de suco misto de acerola (*Malpighia emarginata* DC) e ciriguela (*Spondias purpurea* L.) / Natasha Nascimento Barroca Silva. - 2020.
50 f.
- Orientadora: Maria Ines Sucupira .
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Bacharelado em Economia Doméstica, Recife, 2020.
1. Alimento funcional. 2. Goma xantana. 3. Microencapsulamento. 4. Atomizador. I. , Maria Ines Sucupira, orient. II. Título

CDD 640

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Ciências do Consumo
Curso de Bacharelado em Economia Doméstica

**EFEITOS DE DIFERENTES MATERIAIS DE PAREDE NO
MICROENCAPSULAMENTO DE SUCO MISTO DE ACEROLA (*Malpighia
emarginata* DC) E CIRIGUELA (*Spondias purpurea* L.)**

Natasha Nascimento Barroca Silva

Relatório técnico-científico apresentado como exigência à obtenção do Grau de Bacharel em Economia Doméstica, aprovado por unanimidade em 04/11/2020 pela Banca Examinadora.

Orientador/a:

Profa. Dra. Maria Inês Sucupira Maciel
Departamento de Ciências do Consumo - UFRPE

Banca Examinadora:

Prof(a). Dr(a). Edleide Maria Freitas Pires
Membro Interno – Departamento de Tecnologia Rural - UFRPE

Doutorando Marcony Edson da Silva Junior
Membro Externo – Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade
Federal da Paraíba

“Quando a vida te decepciona, qual é a solução?
Continue a nadar!”
(WALTERS, Graham; Procurando Nemo, 2003)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a DEUS e toda Espiritualidade amiga, pela oportunidade da encarnação e com ela evoluir.

Agradeço aos meus pais, por todo suporte e amor concedido em todas etapas da minha vida.

Ao meu irmão, Arthur, pelo companheirismo e a todos familiares e amigos que tem acreditado e valorizado minha trajetória acadêmica.

À Professora Dr^a. Maria Inês Sucupira Maciel, pela qual tive a oportunidade de ingresso a Iniciação Científica, por toda orientação e tamanha paciência.

Ao meu parceiro de pesquisa, Eduardo do Nascimento Filho, por todo auxílio, repasse de conhecimento e principalmente pelas risadas trocadas.

Aos meus colegas de laboratório e graduação, fundamentais nos momentos difíceis como nos alegres.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), por prestar um ensino e ambiente de qualidade, reponsabilidade e afeto.

Por fim gostaria de agradecer a toda equipe da Cozzi, do melhor restaurante universitário do Brasil. Me manteve nutrida de todas as formas, durante minha graduação.

RESUMO

Doença crônica é uma problemática de longas datas para OMS (Organização Mundial da Saúde), e para enfrentar este problema a produção de alimentos com propriedades funcionais é uma opção considerável. Alimentos funcionais são aqueles que proporcionam algum benefício à saúde. A presença de compostos bioativos, responsável em promover propriedades funcionais em frutas, tem tornado cada vez mais alvo de pesquisadores. O objetivo deste estudo está pautado em selecionar a melhor formulação de agentes encapsulantes por meio de atomização, do suco misto de acerola e ciriguela. Para o preparo da emulsão injetora, com 30% de sólidos totais, foi realizado um planejamento fatorial 2^2 com 4 pontos centrais, totalizando 8 ensaios, onde as variáveis independentes foram a formulação de material de parede (100 % Goma Arábia; 50% Goma Arábia e 50% Maltodextrina (10DE); 100% Maltodextrina (10DE)) e a concentração de Goma Xantana (0,1% ; 0,2%; 0,3%). Como variáveis dependentes foram adotadas o teor de ácido ascórbico, carotenoides totais, compostos fenólicos e atividade antioxidante. Para o processamento do suco misto de acerola e ciriguela em pó foi utilizado um atomizador Mini *Spray Dryer* modelo MSD 1.0 da LABMAQ do Brasil, que operou com temperatura de entrada de 140°C, vazão de líquido 0,60 L/h utilizando bico injetor de 1,2 mm de diâmetro, fluxo de ar de 30 m³/h e pressão do ar de 0,6 bar. Como base nos resultados a goma arábica e a maltodextrina não influenciaram significativamente na preservação do ácido ascórbico e carotenoides. Obteve-se também efeito negativo da goma xantana no conteúdo dos compostos fenólicos. Diante das análises realizadas o material de parede composto por maltodextrina com concentração de 0,1% de goma xantana se mostrou a melhor condição para a microencapsulação por meio da atomização da polpa mista de acerola e ciriguela.

Palavras-chave: Alimento funcional. Goma xantana. Microencapsulamento. Atomizador.

ABSTRACT

Chronic disease is a long-standing problem for WHO (World Health Organization), and to tackle this problem the production of food with functional properties is a considerable option. Functional foods are those that provide some health benefit. The presence of bioactive compounds, responsible for promoting functional properties in fruit, has made researchers increasingly targeted. The objective of this study is to select the best formulation of encapsulating agents through atomization, mixed acerola and ciriguela juice. For the preparation of the injector emulsion, with 30% total solids, a factorial planning 2² was carried out with 4 central points, where the independent variables were the wall material used (100% Arabic gum; 50% Arabian gum and 50% Maltodextrin (10DE); 100% Maltodextrin (10DE)) and the concentration of Xanthan gum (0.1%; 0,2%; 0,3%). Ascorbic acid content, total carotenoids, phenolic compounds and analysis of antioxidant potential were adopted as dependent variables. A Mini Spray Dryer model MSD 1.0 atomizer from LABMAQ Brazil was used for processing the mixed juice of acerola and ciriguela powder, which operated at an inlet temperature of 140 ° C, flow of liquid 0,60 L/h using 1.2 mm diameter injector nozzle, 30 m³/h airflow and 0.6 bar air pressure. As a result, arabic gum and maltodextrin did not significantly influence the preservation of ascorbic acid and carotenoids. The negative effect of xanthan gum on the content of phenolic compounds was also obtained. Before the analyses performed the wall, material composed of maltodextrin with concentration of 0.1% of xanthan gum proved to be the best condition for it by atomizing the mixed pulp of acerola and ciriguela.

Keywords: Functional food. Xanthan gum. Microencapsulation. Spray dryer

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Acerola (<i>Malpighia emarginata</i> DC)	16
Figura 2 - Ciriguela (<i>Spondias purpurea</i> L).....	18
Figura 3 - Número de publicações em função dos métodos de encapsulamento (2015 - 2016).....	20
Figura 4 – Mini Spray Dryer – LM, modelo MSD 1.0 (LABMAQ do Brasil LTDA - Ribeirão Preto/São Paulo).....	22
Figura 5 - Fluxograma para obtenção da polpa.....	26
Figura 6 - Gráfico de pareto (a) e interpretação geométrica (b) do efeito dos fatores sobre o conteúdo de ácido ascórbico	34
Figura 7 - Gráfico de pareto (a) e interpretação geométrica (b) do efeito dos fatores sobre o conteúdo de Carotenoides.	37
Figura 8 – Gráficos de Pareto do efeito dos fatores sobre os fenólicos, DPPH e FRAP.....	39
Figura 9 - Superfície do efeito dos fatores sobre os compostos fenólicos.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química da acerola	17
Tabela 2. Composição química da ciriguela	19
Tabela 3. Matriz de planejamento fatorial 2 ² com 4 pontos centrais.....	28
Tabela 4. Caracterização físico-química da polpa de acerola, ciriguela e polpa mista.....	30
Tabela 5. Compostos bioativos presentes da polpa de acerola, ciriguela e polpa mista.....	31
Tabela 6. Retenção do teor de ácido ascórbico.....	35
Tabela 7. Retenção do teor de carotenoides	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.3 Alimentos Funcionais	15
3.4 Frutas no Brasil	16
3.4.1 Acerola.....	16
3.4.2 Ciriguela.....	18
3.5 Microencapsulação	19
3.6 Agentes Encapsulantes.....	22
4. METODOLOGIA	25
4.1 Caracterização Físico-Química das polpas in natura	26
4.2 Quantificação dos compostos bioativos da polpa mista de acerola e ciriguela in natura e microencapsulada	27
4.2.1 Ácido ascórbico (AA).....	27
4.2.2 Carotenoides Totais	27
4.2.3 Compostos Fenólicos (TFT).....	27
4.3 Preparação das microcápsulas	27
4.4 Análise do potencial antioxidante das microcápsulas	29
4.5 Análise Estatística	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
6. CONCLUSÃO	42
7. REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO

No mundo contemporâneo um dos maiores desafios da OMS (Organização Mundial da Saúde) é enfrentar as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). Muitas delas são atreladas a má alimentação como a diabetes, doenças cardiovasculares, hipertensão e obesidade (GOETZKE; NITZKO; SPILLER, 2014). Em virtude disso os governos de vários países têm intensificado medidas para estimular e conscientizar a população a adotar a prática de alimentação saudável. No Brasil houve a criação do projeto de lei, pelo Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN), que promove o direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais (DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 2006).

Por consequência, a busca por alimentos que proporcionam algum benefício à saúde está em constante crescimento (YE; GEORGES; SELOMULYA, 2018). Denominado de alimento funcional, segundo a portaria nº398 de 30/04/99, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde do Brasil é todo alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999).

As frutas são consideradas boa fonte de elementos nutricionais e compostos bioativos (pigmentos, flavonoides, açúcares e ácidos graxos), que são frequentemente associados a propriedades biológicas como antioxidantes, anti-inflamatórios, antimicrobiano, glicêmico e controle de peso, cardioprotetor entre outras propriedades (NERI-NUMA et al., 2018).

A acerola (*Malpighia emarginata* DC.) é uma fruta tropical nativa da América Central e norte da América do Sul (PAULA, 2019). Foi introduzida na região do Nordeste na década de 50, século XX, quando pesquisadores da Universidade Federal Rural de Pernambuco trouxeram as primeiras sementes de Porto Rico. A partir de então começou a sua disseminação pelo país (BELWAL et

al., 2018; REZENDE; NOGUEIRA; NARAIN, 2018). Semelhantemente, a ciriguela (*Spondias purpúrea* L.) é uma fruta tropical, fonte de compostos bioativos como carotenoides, taninos, ácidos fenólicos, flavonoides, dentre outros compostos fenólicos. Rica em micronutrientes como cálcio, fósforo, ferro e provitamina A, Vitamina do complexo B e C (ENGELS et al., 2012; MARTÍNEZ et al., 2008; OMENA et al., 2012).

Todavia para a incorporação dos compostos bioativos em sistemas alimentares deve-se levar em consideração a sua estabilidade, uma vez que fatores ambientais como oxigênio, umidade, luz, pH e a exposição a elevadas temperaturas podem causar degradação desses compostos (SHISHIR et al., 2018). Com isso a indústria alimentícia está comprometida na produção de alimentos funcionais preservando a funcionalidade de seus ingredientes bioativos, incluindo sua acessibilidade biológica durante o processamento e armazenamento (MEDINA-TORRES et al., 2019).

Com a finalidade de preservar esses compostos em sistemas alimentares, técnicas como a microencapsulação foram desenvolvidas (REHMAN et al., 2019). A microencapsulação é um processo de revestimento de substâncias sólidas, líquidas e gasosas como material ativo por uma película contínua como revestimento para formar cápsulas de tamanho micro e nanômetro (WANI; MASOODI; WANI, 2017). Formando assim uma barreira protetora entre a substância e o ambiente externo. As substâncias que formam essa camada protetora são conhecidas como materiais de parede ou agentes encapsulantes. Entre os mais conhecidos estão a goma arábica e a maltodextrina.

Os agentes encapsulantes possuem propriedades exclusivas e de aplicações variadas. Suas interações sinérgicas são de especial interesse comercial, pois sugerem a possibilidade de novas funcionalidades, por um lado, e a redução de custos do processo, por outro. Uma vez que os diferentes materiais de parede interagem de maneira distinta com diferentes extratos, é fundamental avaliar o efeito do material de parede sobre os compostos bioativos durante e após o processo de microencapsulação.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito de diferentes materiais de parede na microencapsulação por atomização de suco misto de acerola e ciriguela.

2.2 Objetivos específicos

Determinar a melhor formulação de agentes encapsulantes na microencapsulação por atomização de suco misto de acerola e ciriguela, a fim de preservar as características físico-químicas e os compostos bioativos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.3 Alimentos Funcionais

Entre os anos 2010 e 2020, houve uma perceptível mudança nos hábitos alimentares da população visando melhoria na qualidade de vida. Sabendo-se que a dieta tem forte impacto não apenas na nutrição humana, mas também na saúde e bem-estar. Uma vez que muitas doenças são associadas à má alimentação (FARAG et al., 2020; MARK et al., 2019).

O consumo de alimentos funcionais, além dos valores nutricionais presentes, pode modular funções corporais beneficiando respostas fisiológicas a fim de reduzir o risco no desenvolvimento de doenças crônicas, hipertensão, diabetes, cardiovasculares, obesidade, cânceres e demais doenças degenerativas. Isso só é possível principalmente com a presença de eficientes fitoquímicos, antioxidantes e fibras dietéticas. Portanto a busca por alimentos que proporcionam benefícios a saúde está em constante crescimento (MAQSOOD et al., 2020; VÁZQUEZ-VUELVAS et al., 2020).

Mediante ao aumento da exploração no mercado de alimentos funcionais, os compostos bioativos presentes em frutas e hortaliças têm sido materiais de análise em ambientes clínicos e laboratoriais. O crescente interesse por tais alimentos os tornou economicamente valiosos. Estima-se que os produtos alimentícios com propriedades funcionais terão um valor de mercado aproximado entre US\$ 250 bilhões a US\$300 até o ano de 2024. Em razão disso a produção de ingredientes para elaboração de alimentos funcionais tem se intensificado. Muitos ingredientes são pesquisados e fabricados para produzir alimentos funcionais, como a produção de microcápsulas com fitoquímicos para adicionar em alimentos (BARAUSKAITE et al., 2018; VÁZQUEZ-VUELVAS et al., 2020).

Os compostos bioativos como, óleos essenciais, vitaminas, minerais, polifenóis, carotenoides dentre outras substâncias são capazes de conferir aos alimentos propriedades funcionais (REHMAN et al., 2019). Essas substâncias são obtidas a partir de frutas, hortaliças, óleos, nozes dentre outras que têm bons

efeitos na saúde através de atividades celulares e fisiológicas (SHISHIR et al., 2018).

3.4 Frutas no Brasil

As diversidades de clima e solo em território brasileiro proporcionam uma ampla variedade de espécie de pequenos frutos distribuídos entre os seis biomas presentes e ainda pouco explorados. Podendo representar grande valor comercial nos campos alimentício e farmacêutico (NERI-NUMA et al., 2018). São recorrentemente associados a propriedades biológicas tais quais: anti-inflamatório, antioxidante, antimicrobiano, anticâncer, controle de peso, cardioprotetor, glicêmico e neuro protetor com potencial de base para o desenvolvimento de ingredientes alimentares funcionais (MAQSOOD et al., 2020).

3.4.1 Acerola

A acerola (*Malpighia emarginata* DC) (Figura 1) é uma fruta tropical com propriedades funcionais e alto teor de ácido ascórbico, sendo o Brasil o maior produtor, consumidor e exportador em escala mundial desta fruta (MOURA et al., 2018). Trata-se de fruto comestível conhecido por acerola ou cereja de Barbados. Industrialmente processada na forma de suco, geleia, polpa ou compota (RITZINGER; RITZINGER, 2011).

Figura 1- Acerola (*Malpighia emarginata* DC)



Fonte: Google imagens

A fruta tem atraído o interesse de pesquisadores e da indústria devido as suas características sensoriais e altos níveis de ácido ascórbico (Vitamina C), como representada na (Tabela 1). Com propriedades capazes de aumentar a resposta imune, bem como por seu potencial antioxidante (MOURA et al., 2018). Compostos fenólicos e flavonoides, intrínsecos a acerola, possuem importantes propriedades farmacológicas e bioquímicas (SILVA et al., 2016).

Tabela 1. Composição química da acerola

Constituintes	Quantidade em 100g de acerola <i>in natura</i>
Umidade (%)	90,5
Energia (kcal)	33,0
Proteína (g)	0,9
Lipídeos (g)	0,2
Carboidrato (g)	8,0
Fibra Alimentar (g)	1,5
Cinzas (g)	0,4
Vitamina C (mg)	941,4
Fósforo (mg)	9,0
Cálcio (mg)	13,0
Magnésio (mg)	13,0
Potássio (mg)	165,0

Fonte: Taco (2011)

Klosterhoff et al. (2018) caracterizaram a estrutura do polissacarídeo principal presente na fibra dietética solúvel de acerola, bem como sua atividade antioxidante intracelular. Xu et al. (2020) investigaram o perfil metabólico, e as propriedades biológicas da acerola e seus compostos antioxidantes em quatro estágios de desenvolvimento, com a finalidade de identificar o estágio de amadurecimento da acerola que confere os melhores nutrientes.

3.4.2 Ciriguela

A ciriguela (*Spondias purpurea* L.) (Figura 2) é encontrada na América do Sul e em abundância na Venezuela. Amplamente difundida em regiões tropicais do mundo, é um gênero que contém de oito a doze espécies. É uma importante fonte natural de compostos fenólicos como taninos, ácidos fenólicos e flavonoides (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014).

Possui polpa de aroma e sabor agradáveis e devido a sua qualidade sensorial, a ciriguela é muito apreciada no Nordeste brasileiro. O que reflete no aumento do consumo do fruto in natura ou após sofrer algum processamento dando origem a vários produtos, despertando seu valor comercial (MARTÍNEZ et al., 2008).

Figura 2 - Ciriguela (*Spondias purpurea* L)



Fonte: Google imagens

É um fruto que apresenta na sua composição, proteínas, carboidratos e sais mineiras e níveis razoáveis de açúcar (Tabela 2). O estágio em que o fruto se encontra no momento da colheita é influente na qualidade do fruto maduro. Quando os frutos são precocemente colhidos, fisiologicamente imaturos, acabam não amadurecendo e apresentam exsudação da seiva e enrugamento. Já os frutos colhidos muito após o tempo de maturação deterioram-se rapidamente e por consequência não podem ser armazenados nem comercializados em locais longe da produção (SILVA et al., 2016).

Tabela 2. Composição química da ciriguela

Constituintes	Quantidade em 100g de acerola <i>in natura</i>
Umidade (%)	78,7
Energia (kcal)	76,0
Proteína (g)	1,4
Lipídeos (g)	0,4
Carboidrato (g)	18,9
Fibra Alimentar (g)	3,9
Cinzas (g)	0,7
Vitamina C (mg)	27,0
Fósforo (mg)	9,0
Cálcio (mg)	27,0
Magnésio (mg)	18,0
Potássio (mg)	248,0

Fonte: Taco (2011)

3.5 Microencapsulação

A microencapsulação pode ser definida como um processo de encapsulamento de agentes ativos (enzimas, carotenoides, vitaminas, polifenóis e óleos essenciais voláteis) dentro de um material transportador (proteínas, carboidratos ou gomas) para melhorar a adição de compostos ativos em matrizes alimentares, visando a preservação e a liberação dos princípios ativos de maneira controlada para melhor aplicação dessas substâncias em diversas áreas, como na indústria de alimentos e farmacêutica (LEKSHMI et al., 2019; PAULO; SANTOS, 2017).

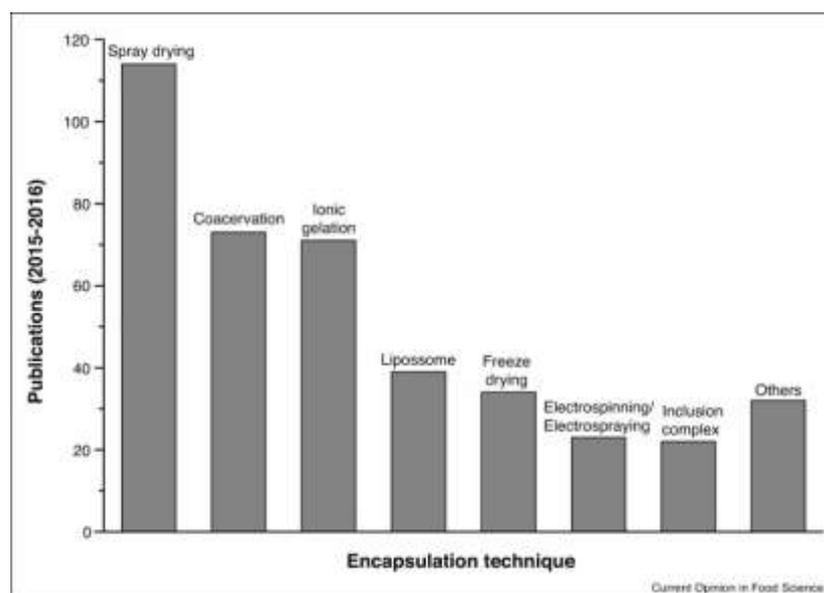
Essa técnica é utilizada em vários setores da indústria alimentícia com a finalidade de garantir a estabilidade de constituintes funcionais. Várias são as razões para aplicar a microencapsulação como, por exemplo, proteção do agente ativo contra perdas nutricionais e interação com fatores ambientais, tais como, ar, calor, luz e umidade capazes de causar alterações. Permite que a liberação do

material ativo seja controlada, podendo ser instantânea ou gradativa (DIAS et al., 2017; GÓMEZ et al., 2018).

Os métodos de microencapsulação mais utilizados são: atomização, coacervação e gelificação iônica (DIAS et al., 2017). Entre eles o mais utilizado é a microencapsulação por atomização, por ser considerado rápido, contínuo, simples, econômico, reprodutível e fácil de dimensionar em comparação com outros processos de microencapsulação (OZKAN et al., 2019). Também é preferível em relação a outras técnicas de microencapsulação devido ao baixo custo operacional e à facilidade de disponibilidade de equipamentos (GUPTA; JADHAV; SINGHAL, 2015).

Entre os principais métodos destacados, podemos observar na Figura 3 as principais técnicas que foram pesquisadas no período de 2015 a 2016 ao encapsulamento de compostos bioativos e probióticos (DIAS et al., 2017).

Figura 3 - Número de publicações em função dos métodos de encapsulamento (2015 - 2016)



Fonte: DIAS et al., 2017

A Coacervação pode ser classificada em simples, quando há apenas um biopolímero e complexa, a partir de dois biopolímeros carregados de forma oposta. Para o processo complexo os polímeros carregados de forma oposta são

misturados em solução com a finalidade de formar um revestimento envolta do componente central. O poder de interação entre biopolímeros ocorre devido a mudanças de pH, força iônica, temperatura, tipo do biopolímero a ser usado (em relação a molaridade, flexibilidade e carga), ou a adição de componentes eletrolíticos (DIAS et al., 2017; LABUSCHAGNE, 2018; OZKAN et al., 2019).

Para o método de Gelificação Iônica consiste na formação instantânea de microesferas que envolvem e protegem os compostos ativos dentro de uma rede tridimensional oferecendo estabilidade (ROCHA, 2017). É recomendado o uso de baixas temperaturas durante o processo de encapsulação para evitar que ocorram reações indesejáveis e volatilização do produto. O alginato é o polímero utilizado sendo um biopolímero que maior possui propriedades de gelificação, fácil formação de gel em boas condições (LABUSCHAGNE, 2018; OZKAN et al., 2019).

O método de microencapsulação por atomização (Figura 4) através do spray dryer consiste na atomização de uma emulsão ou solução, em pó seco por meio de um injetor. Fundamentalmente, o processo ocorre em três etapas. Durante a primeira etapa ocorre o bombeamento da emulsão pelo bico atomizador, pulverizando-o em pequenas partículas. Na segunda etapa a solução de alimentação é secada pelo contato com o ar quente dentro da câmara de secagem. Por fim, as micropartículas são coletadas por um ciclone ou filtro. Para a escolha do melhor método de encapsulamento é necessário estar atento a algumas características, do agente encapsulante, material de recheio e do produto no qual ele vai ser inserido (KESHANI et al., 2015; LABUSCHAGNE, 2018; OZKAN et al., 2019).

Figura 4 – Mini Spray Dryer – LM, modelo MSD 1.0 (LABMAQ do Brasil LTDA - Ribeirão Preto/São Paulo)



Fonte: autora

3.6 Agentes Encapsulantes

Os materiais de parede, também chamados de agentes carreadores ou agentes encapsulantes podem ser carboidratos (maltodextrinas, derivados de celulose), proteínas (gelatina, proteína do soro do leite) ou gomas naturais (goma arábica, alginatos). São materiais poliméricos utilizados para revestir o agente ativo (GOMES et al., 2019). Na microencapsulação podem ser utilizados separadamente ou combinados. Alguns fatores devem ser considerados em relação a escolha do material de parede, no qual não deve ter reatividade com o ingrediente ativo, ser barato e mostrar propriedades consistentes durante o armazenamento (DELIA et al., 2019; LABUSCHAGNE, 2018; REZENDE; NOGUEIRA; NARAIN, 2018).

Apresentar propriedades como a higroscopicidade, viscosidade, teor de sólidos, capacidade de formação de filmes biodegradáveis, resistência ao trato intestinal são fundamentais a escolha do melhor agente encapsulante (DELIA et al., 2019; LABUSCHAGNE, 2018). O material de parede tem a função de proteger o material ativo da degradação oxidativa e deve possuir algumas características como ser compatível com o alimento, apresentar boa resistência mecânica e permitir uma liberação controlada (YE; GEORGES; SELOMULYA, 2018). O impacto de uma ampla gama de materiais de parede e suas combinações sobre a estabilidade de vários compostos bioativos tem sido estudado nos últimos vinte anos (LABUSCHAGNE, 2018).

A maltodextrina é o material de parede com aplicação mais ampla na indústria de alimentos por possuir particularidades que a tornam um excelente agente encapsulante. Algumas dessas características são: ser uma alternativa de baixo custo, possuir boa capacidade de formar sólidos, melhorar a solubilidade aquosa, permitir a elaboração de emulsão de baixa viscosidade em altas concentrações de maltodextrina e apresentar boa capacidade de formar sólidos vítreos (DELIA et al., 2019; LABUSCHAGNE, 2018; REZENDE; NOGUEIRA; NARAIN, 2018).

Além da maltodextrina, as gomas são amplamente aplicadas como agentes encapsulantes, em especial, a goma arábica. Em razão da goma arábica possuir características únicas quando comparadas com outras gomas como, por exemplo, sua capacidade de formar emulsões de baixa viscosidade com concentrações de goma arábica de até 50% com a garantia da formação de uma emulsão muito boa, quando utilizada em baixa quantidade garantir assim seu custo-benefício. Além disso, possui uma alta capacidade de reter compostos voláteis (DAMODARAN; PARKIN, 2017; NORKAEW et al., 2019).

A goma xantana é um polissacarídeo muito utilizado na indústria de alimentos. Suas dispersões apresentam um comportamento pseudoplástico, característica esta, importante para liberação do sabor, sensação bucal e estética do produto. A goma xantana atua como espessante, estabilizante e, em

associação com outras gomas, proporciona textura lisa e cremosa a alimentos líquidos, com qualidade superior à das demais gomas e carboximetilcelulose (GUPTA; JADHAV; SINGHAL, 2015). Entretanto a goma xantana, é pouco utilizada como agente encapsulante, uma vez que sua estrutura molecular permite a formação de soluções de alta viscosidade em pequenas concentrações. O que o torna difícil de ser utilizada isoladamente em soluções injetoras destinadas ao spray dryer, entretanto sua combinação com outros materiais de parede pode possibilitar novas funcionalidades sinérgicas de especial interesse comercial. Sendo assim, é de alta relevância a constante procura por mais opções de interações que permitam a utilização mais eficiente dos agentes encapsulantes utilizados atualmente (DAMODARAN; PARKIN, 2017; GUPTA; JADHAV; SINGHAL, 2015).

4. METODOLOGIA

As pesquisas foram conduzidas nos laboratórios de Análises Físico-químicas de Alimentos e de Processamento de Alimentos localizados no Departamento de Ciências do Consumo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco - sede.

Processamento das polpas

As frutas foram adquiridas no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco (CEASA - PE). Após aquisição foram selecionadas e descartadas frutas impróprias ou que apresentassem partes danificadas, assim como matérias estranhas, folhas, caules e pedras. Os frutos foram classificados com base na coloração e concentração de sólidos solúveis da seguinte forma: amarelo-laranja com 11,7° Brix para ciriguela e vermelho-arroxeadado com 7,1° Brix para acerola. Em seguida, as frutas selecionadas foram lavadas em água tratada para retirada de quaisquer sujidades e sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio, na concentração 2,5%, por 15min. Para o despulpamento foi utilizada uma despulpadeira da marca Bonina Compacta. As polpas foram embaladas em sacos de polietileno de baixa densidade, congeladas e armazenadas a -18°C até o momento das análises e de sua utilização, como mostra a Figura 5. Para os experimentos as polpas foram misturadas na proporção 60:40 (acerola e ciriguela, respectivamente), segundo metodologia descrita por Ribeiro et al. (2019).

Figura 5 - Fluxograma para obtenção da polpa mista de acerola e ceriguela



Fonte: autora

4.1 Caracterização Físico–Química das polpas in natura

As análises laboratoriais foram realizadas para obtenção do perfil físico e físico-químico da polpa mista de acerola com ciriguela: Umidade; sólidos solúveis (SS); pH; acidez titulável (AT); proteína; lipídeos e cinza de acordo com metodologias descritas pela Association of Official Methods Analytical Chemists (A.O.A.C., 2006); os carboidratos totais foram calculados por diferença e expressos em g/100g

Cor instrumental

A avaliação da cor foi determinada em Colorímetro manual, Color Reader CR-400 Konica Minolta, previamente calibrado com um padrão branco antes de cada análise, operando com fonte de luz uma lâmpada de xenônio, iluminante C (Y=92.78; x=0.3139; y=0.3200) e área de medição de 8 mm de diâmetro.

4.2 Quantificação dos compostos bioativos da polpa mista de acerola e ciriguela in natura e microencapsulada

4.2.1 Ácido ascórbico (AA)

Determinado por método titulométrico, utilizando 2,6 diclorofenol-indofenol (A.O.A.C., 2006).

4.2.2 Carotenoides Totais

Determinado segundo metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (1999) e sua quantificação pelo espectro de absorção registrado no comprimento de onda de 450 nm, considerando a expressão matemática descrita por Gross (2004) e o coeficiente de absorção de 2500. Os resultados foram expressos em μg equivalente em β -caroteno por g de amostra.

4.2.3 Compostos Fenólicos (TFT)

Determinação do teor total de fenólicos 100mg polpa mista (análise inicial) microencapsulado (análise após atomização) foram dispersos em 1mL da solução etanol: ácido acético: água destilada (50:8:42 v/v). A mistura agitada em vortex por 1 min, filtrada em microfiltro de 0,45 μm . O teor de fenólicos foi determinado por método espectrométrico, com espectro de absorção registrado no comprimento de onda de 725nm, utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu (Merk) e curva padrão de ácido gálico (WETTASINGHE; SHAHIDI, 1999). Os resultados foram expressos em μg em equivalente de ácido gálico por mg microcápsulas (pó) (μg EAG.mg⁻¹).

4.3 Preparação das microcápsulas

Foi preparada uma solução injetora com 30% de sólidos totais, dos quais 21% é relativo à massa do material de parede e os demais 9% dos sólidos totais presentes na polpa mista de acerola com ciriguela. A emulsão foi elaborada a partir da mistura de polpa mista de acerola e seriguela (60:40, respectivamente),

água e diferentes materiais de parede (Maltodextrina/Goma Arábica/ Goma xantana). A microencapsulação por atomização foi realizada em um mini-spray dryer – LM, modelo MSD 1.0 (LABMAQ do Brasil LTDA - Ribeirão Preto/São Paulo). A produção das microcápsulas foi realizada nas seguintes condições de processamento: vazão de líquido 0,6 L/h, atomizador 1,2 mm, fluxo de ar 30 m³/h, pressão de ar 0,6 bar e temperatura de entrada do ar de secagem de 140°C. As micropartículas foram armazenadas em potes de vidro hermeticamente fechados e armazenados a temperatura de -22 °C até o momento das determinações analíticas. A matriz de planejamento gerada está expressa na Tabela 3, onde se encontra a condição de cada ensaio.

Tabela 3. Matriz de planejamento fatorial 2² com 4 pontos centrais

Ensaio	Variáveis independentes	
	Agente carreador	Percentual de goma xantana em relação ao material de parede
1	+1 (100% M)	+1 (0,3%)
2	+1 (100% M)	-1 (0,1%)
3	-1 (100% GA)	+1 (0,3%)
4	-1 (100% GA)	-1 (0,1%)
5	0 (50% M/ 50% GA)	0 (0,2%)
6	0 (50% M/ 50% GA)	0 (0,2%)
7	0 (50% M/ 50% GA)	0 (0,2%)
8	0 (50% M/ 50% GA)	0 (0,2%)

Sendo: M – Maltodextrina; GA – Goma arábica; GX – Goma Xantana

O modelo foi testado como de 1° ordem, segundo a equação 1:

$$Y(M, G) = \beta_0 + \beta_1 M + \beta_2 G + \beta_{12} GM + \varepsilon(M, G) \quad (\text{Eq. 1})$$

Sendo: Y são as respostas (ácido ascórbico, carotenoides, fenólicos e atividade antioxidante), β_0 é a média global das respostas, β_1 e β_2 são os coeficientes de regressão do modelo linear, β_{12} é o coeficiente de interação da regressão, M

(Material de parede) e G (Percentual de Goma Xantana em relação à massa de material de parede) são as variáveis independentes e ε é o erro aleatório.

4.4 Análise do potencial antioxidante das microcápsulas

DPPH: A capacidade de sequestrar o radical DPPH foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Brand-Williams, Cuvelier, & Berset (1995). A absorbância em 515 nm durante 30 min de reação em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC). A atividade antioxidante foi calculada utilizando uma curva padrão preparada com Trolox (0-0,3 mg / mL) e o resultado expresso em μM de TE/g de micropartículas.

FRAP: O ensaio do poder antioxidante redutor férrico (FRAP) foi conduzido de acordo com o método relatado por Rufiono et al. (2006). A absorbância medida a 593 nm foi realizada em um espectrofotômetro Shimadzu UV-1650PC). A atividade antioxidante foi calculada a partir de uma curva padrão preparada de Trolox (0-0,15 mg/mL) e resultado expresso em μM TE/g de micropartículas

4.5 Análise Estatística

As análises realizadas nas polpas *in natura* foram feitas em triplicata e os resultados submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade, utilizando o programa StatSoft Statistica®. Para a otimização do processo de microencapsulação foi realizado um planejamento fatorial 2^2 com 4 pontos centrais. Os dados obtidos nos experimentos foram computados e analisados pelo software StatSoft Statistica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização físico-química, da polpa de acerola, ciriguela e da polpa mista (60% acerola e 40% ciriguela) estão presentes na Tabela 4.

Tabela 4. Caracterização físico-química da polpa de acerola, ciriguela e polpa mista

Parâmetro	Acerola	Ciriguela	Polpa Mista
Umidade (%)	92,71 ^a ± 0,46	78,84 ^b ± 0,32	87,55 ^a ± 0,15
Carboidratos totais (%)	4,30 ^c ± 0,18	18,46 ^a ± 0,31	9,92 ^b ± 0,08
Lipídeos Totais (%)	0,32 ^a ± 0,02	0,43 ^b ± 0,02	0,33 ^a ± 0,08
Proteínas totais (%)	1,85 ^a ± 0,20	1,57 ^a ± 0,12	1,23 ^a ± 0,07
Cinzas (%)	0,82 ^b ± 0,02	0,77 ^a ± 0,01	0,80 ^b ± 0,01
Sólidos solúveis (°BRIX)	5,23 ^c ± 0,05	18,16 ^a ± 0,02	10,00 ^b ± 0,10
Acidez titulável (%)	13,20 ^a ± 0,30	5,63 ^b ± 0,17	4,7 ^b ± 0,17
pH	3,13 ^a ± 0,02	3,23 ^a ± 0,02	3,80 ^b ± 0,005
Cor (L)	45,19 ^a ± 0,62	60,29 ^b ± 0,12	40,67 ^a ± 0,71
Cor (a)	21,64 ^a ± 0,13	-3,98 ^b ± 0,24	28,81 ^a ± 0,47
Cor (b)	17,70 ^a ± 0,28	43,84 ^b ± 0,24	28,81 ^a ± 0,72

Os valores apresentados para a composição centesimal das polpas mistas de acerola e ciriguela como umidade, carboidratos totais, lipídeos totais, proteínas totais e cinzas corroboram com os encontrados por Maldonado-Astudillo et al. (2014), Moura et al. (2018) e Ribeiro et al. (2019). Nos dados referentes aos sólidos solúveis a adição da polpa de ciriguela à polpa de acerola beneficiou os valores de sólidos presentes na acerola quase que os dobrando. Resultado bastante considerável, uma vez que os sólidos solúveis presentes na polpa dos frutos incluem importantes compostos, como os açúcares responsáveis pelo sabor e pela consequente aceitação sensorial por parte dos consumidores. Os ácidos

orgânicos também contribuem para o sabor e a aceitação do produto. É possível observar na Tabela 4 que a ciriguela reduziu significativamente os valores de acidez titulável em comparação com a polpa de acerola.

Na Tabela 5 encontram-se os valores obtidos de ácido ascórbico, carotenoides totais e compostos fenólicos presentes na acerola, ciriguela e na polpa mista. Observa-se que a adição da acerola à ciriguela resultou em um aumento substancial nos teores de ácido ascórbico e compostos fenólicos presentes na ciriguela. Apesar da leve redução no teor de carotenoides, a mistura das duas polpas mostrou-se satisfatória tendo em vista que a proporção utilizada de acerola, além de enriquecer a ciriguela permite a manutenção de características sensoriais importantes da ciriguela (Ribeiro et al., 2019).

Tabela 5. Compostos bioativos presentes da polpa de acerola, ciriguela e polpa mista

Compostos Bioativos	Acerola	Ciriguela	Polpa Mista
Ácido Ascórbico (mg/100g)	1578,34 ^a ± 32,78	20,45 ^c ± 0,75	914,78 ^b ± 26,65
Carotenoides Totais (mg/100g de β caroteno)	10,9 ^c ± 0,04	18,1 ^a ± 0,02	16,5 ^b ± 0,04
Compostos Fenólicos (mg EAG.100 g-1)	4302,36 ^a ± 11,44	269,09 ^c ± 13,63	2817,57 ^b ± 27,39

*média de três repetições ± desvio padrão

O valor de ácido ascórbico da polpa de acerola 1578,34 mg/100g (Tabela 5) encontrado foi próximo ao valor obtido por Júnior (2018) 1344,77 mg/100g e por Garcia, (2020) 1593.2 mg/100g. Estando dentro dos valores de ácido ascórbico presentes na literatura 1040 mg/100g a 1790 mg/100g da parte comestível da

fruta (PEREIRA et al., 2006). Sendo ainda superior ao valor presente na Tabela Taco (2011) de 623,2 mg/100g de vitamina C para polpa congelada de acerola.

Os teores de ácido ascórbico encontrados podem ser justificados também pela influência do meio à qual as amostras foram submetidas, uma vez que, o ácido ascórbico é facilmente degradado sob condições de temperatura, ação do oxigênio, luz, atividade de água e pH. Ocorrendo, devido à presença das enzimas oxidantes e íons metálicos, além de outros fatores de menor recorrência (JAESCHKE et al., 2016).

Já na polpa de ciriguela apresentou 20,45 mg/100g (Tabela 5) de teor de ácido ascórbico, valor inferior aos da TACO (2011) de 27,0 mg e por Silva Júnior (2018) 27,60 mg/100g. Silva; Figueiredo; Lima (2016) identificaram em diferentes genótipos de ciriguela teores de ácido ascórbico, que variam de 25,29 a 32,88 mg 100g⁻¹ de polpa.

Maldonado-Astudillo et al. (2014) conforme citado por Júnior, (2018), afirmam que o teor de ácido ascórbico na ciriguela varia entre 7.36 e 88.1 mg.100g⁻¹. Entre as justificativas para o valor encontrado do teor de ácido ascórbico na ciriguela (Tabela 5) pode ser devido ao tempo de armazenamento. Sanches et al. (2018) identificaram uma redução de 46,8 mg 100g⁻¹ para menos de 15,5 mg 100g⁻¹ após 12 dias de armazenamento em ciriguelas de maturidade fisiológica no estágio IV.

A Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005 ANVISA recomenda a ingestão diária de 45mg de vitamina C para adultos. Ainda de acordo com a ANVISA (2018) os valores mínimo e máximo para ingestão diária de vitamina C, variam entre 13,5 mg e 1.916,02 mg, respectivamente. Com isso o valor obtido na amostra da polpa mista de 914,78 mg/100g, satisfaz a necessidade da dose diária para consumo humano.

Segundo Maldonado-Astudillo et al. (2014), os valores encontrados estão sujeitos à alteração por variados fatores, entre eles, clima, método de colheita, armazenamento e processamento, e estágio de maturação, apresentando maiores valores no início da maturação e com tendência a redução durante a fase climatérica.

Para carotenoides (Tabela 5) os valores obtidos foram 10,9 mg/100g; 18,1 mg/100g e 16,5 mg/g nas polpas de acerola, ciriguela e mista, respectivamente. Valores próximos aos encontrados por SILVA (2011) que variam entre 10,03 mg/100g a 22,63 mg/100g em diferentes genótipos de ciriguela, e superior ao valor obtido por Lima (2009) de 0,12 mg/100g, através de análise mais precisa de cromatografia.

Pode-se atribuir os teores de carotenoides obtidos a grande variação às características intrínsecas e ao potencial genético (SILVA, 2011). Rodrigo-Amaya; Kimura e Amaya-Farfan (2008) consideram alimentos que contenham mais de 20 mg. g⁻¹ de carotenoides benéficos a saúde. Com isso, o valor obtido de 16,5 mg/100g na polpa mista (Tabela 5), pode ser considerado fonte de carotenoides.

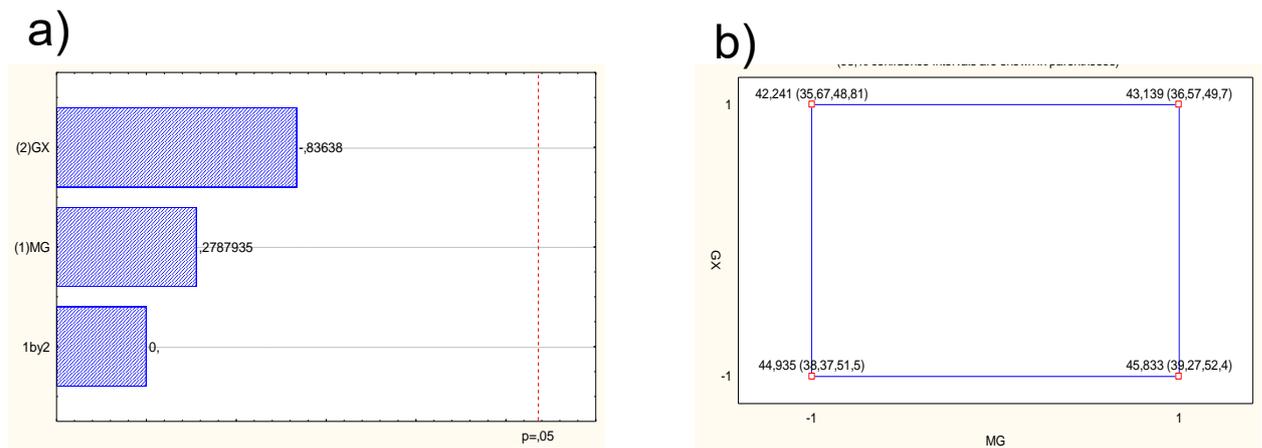
Os compostos fenólicos (Tabela 5) atingiram 4302,36 mg EAG.100 g⁻¹ para polpa de acerola, valor maior que o obtido por Silva Júnior (2018) de 440,72 mg EAG.100 g⁻¹. Na polpa de ciriguela (Tabela 5) o valor obtido foi de 269,09 mg EAG.100 g⁻¹, valor mais próximo ao obtido por Silva Júnior (2018) de 176,20 mg EAG.100 g⁻¹. Martins e Melo (2008) avaliando ciriguela, observaram que à medida que avançava o estágio de maturação, o conteúdo de fenólicos solúveis aumentava, sendo encontrado valores de 220 mg.100g⁻¹ em frutos verdes; 230 mg.100g⁻¹ em frutos amarelos; e 240 mg.100g⁻¹ em frutos maduros. Valores próximos aos obtidos para polpa de ciriguela (Tabela 5).

Conforme GAO et al. (2000), o elevado teor de compostos fenólicos é responsável pela alta capacidade antioxidante da fruta. A capacidade de reter radicais do extrato da fruta decai devido à diminuição do conteúdo de fenólicos como consequência do avanço da maturação, cuja redução durante o amadurecimento é devido aos processos de complexação e polimerização (MENEZES; ALVES, 1995, apud PRADO, 2009).

Silva et al. (2012) encontraram teor de compostos fenólicos totais em diversos genótipos de ciriguela, entre valores que variaram de 351,3 a 862,3 mgEAG.100g⁻¹ de polpa e concluíram que os frutos analisados apresentaram um elevado teor destes compostos. Com isso os valores obtidos neste trabalho podem ser considerados benéficos à saúde humana.

A Figura 6 apresenta o efeito dos materiais de parede sobre os níveis de ácido ascórbico presentes no pó após a microencapsulação da polpa mista de acerola com ciriguela. Observa-se que tanto os efeitos de primeira ordem quanto os de segunda não foram significativos e podem ser vistos na Figura 6 (a), ou seja, nenhuma das variáveis independentes bem como sua interação teve influência no conteúdo final de vitamina C após a microencapsulação da polpa mista de acerola com ciriguela. Quando confrontados os dados presentes na Tabela 5 e na Tabela 6 nota-se que houve uma redução substancial do conteúdo de ácido ascórbico presente na polpa mista, isto é, os materiais utilizados no experimento não foram eficientes na preservação do ácido ascórbico. Ou as condições de operação do spray dryer (temperatura, vazão, concentração de agente carreador, velocidade do ar de secagem).

FIGURA 6 - Gráfico de pareto (a) e interpretação geométrica (b) do efeito dos fatores sobre o conteúdo de ácido ascórbico



Sendo: GX – Goma Xanta; MG – Maltodextrina e/ou Goma arábica; 1by2 – efeitos da interação entre os materiais de parede (Maltodextrina; goma arábica; goma xantana)

A seguir, a Tabela 6 representa os valores da redução do teor de ácido ascórbico em cada um dos ensaios realizados. Quando comparada com a Tabela 5 é possível observar a queda dos níveis de ácido ascórbico nos ensaios pós microencapsulação.

Tabela 6. Retenção do teor de ácido ascórbico

Ensaio	Agente carreador	Percentual de goma xantana em relação ao material de parede	Ácido Ascórbico (mg/100g)	
			Média	Desvio Padrão
1	+1 (100% M)	+1 (0,3%)	40,12	0,91
2	+1 (100% M)	-1 (0,1%)	42,12	0,35
3	-1 (100% GA)	+1 (0,3%)	38,12	1,20
4	-1 (100% GA)	-1 (0,1%)	43,11	3,30
5	0 (50% M/ 50% GA)	0 (0,2%)	48,50	2,27
6	0 (50% M/ 50% GA)	0 (0,2%)	49,30	0,35
7	0 (50% M/ 50% GA)	0 (0,2%)	42,91	1,58
8	0 (50% M/ 50% GA)	0 (0,2%)	47,11	1,04

Sendo: M – Maltodextrina; GA – Goma arábica; GX – Goma Xantana

A estrutura porosa das micropartículas pode facilitar o fluxo e a adsorção de água e oxigênio, permitindo que ocorra rápida liberação do ácido ascórbico após o encapsulamento. Esse fator interfere diretamente com a estabilidade física das microcápsulas, devido a capacidade das moléculas de água apresentarem de formar pontes de hidrogênio com os grupos hidrofílicos presentes no material de parede e no ácido ascórbico (Leyva-López et al., 2019).

Outro entendimento é de que a estrutura semicristalina da matriz polimérica das microcápsulas possui zonas amorfas que permitem a mobilidade das moléculas de água da superfície para os canais internos, efeito que pode

levar a mudanças estruturais e resultam em perdas significativas do ácido ascórbico (Hoyos-Leyva et al., 2018).

Outras pesquisas também avaliaram o potencial da microencapsulação por atomização para a preservação do ácido ascórbico. Rezende et al. (2018) encapsularam polpa e extratos de resíduos de acerola por atomização e liofilização. Utilizaram como material de parede maltodextrina e goma arábica. As amostras obtidas por atomização apresentaram em geral menor eficiência no encapsulamento de carotenoides, ácido ascórbico e compostos fenólicos. Quando comparado com a liofilização, os ensaios microencapsulados por atomização apresentaram valores significativamente menores com relação a concentração de ácido ascórbico.

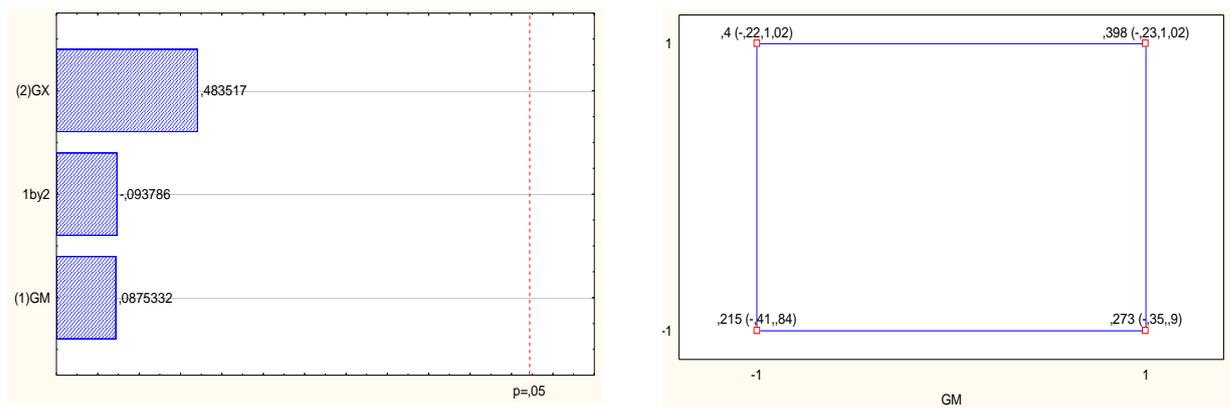
Os estudos citados mostram outro aspecto importante para a preservação do ácido ascórbico durante o processo de microencapsulação, a utilização de baixas temperaturas, uma vez que a liofilização mostrou-se ser um processo mais eficiente para a conservação desse composto na matriz polimérica das microcápsulas nos dois estudos. Trabalho como o de Sartori et al. (2015) mostra o *spray chilling* como método bastante viável para a encapsulação e preservação do ácido ascórbico, visto que a encapsulação ocorre em baixas temperaturas.

Com relação aos carotenoides (Figura 7), nota-se que os agentes encapsulantes utilizados não influenciaram no conteúdo final composto durante o processo de microencapsulação. Uma vez que nenhuma das variáveis independentes estudadas apresentou fator negativo ($p > 0,05$) para retenção dos carotenoides.

Percebe-se que há um declínio no valor de carotenoides totais quando comparados com os valores iniciais presentes na polpa mista (Tabela 5) e os obtidos pelos ensaios (Tabela 7). A excessiva degradação dos carotenoides durante o processamento deve-se a alta temperatura de entrada, tendo em vista que a evaporação excessiva da água nas gotículas de emulsão à elevadas temperaturas podem causar rachaduras na superfície da camada de revestimento provocando a deterioração desses compostos (Chuyen et al.,

2019). Além disso, as altas temperaturas de entradas combinadas com uma baixa taxa de alimentação podem provocar temperaturas de saídas elevadas, reduzindo assim o conteúdo total de carotenoides no produto, em virtude da degradação térmica.

Figura 7 - Gráfico de pareto (a) e interpretação geométrica (b) do efeito dos fatores sobre o conteúdo de Carotenoides.



Sendo: GX – Goma Xanta; MG – Maltodextrina e/ou Goma arábica; 1by2 – efeitos da interação entre os materiais de parede (Maltodextrina; goma arábica; goma xantana)

Tabela 7. Retenção do teor de carotenoides

Ensaio	Agente carreador	Percentual de goma xantana em relação ao material de parede	Carotenoides	
			Média	Desvio Padrão
1	+1 (100% M)	+1 (0,3%)	2,36	0,006
2	+1 (100% M)	-1 (0,1%)	1,09	0,004
3	-1 (100% GA)	+1 (0,3%)	2,70	0,004
4	-1 (100% GA)	-1 (0,1%)	0,52	0,003
5	0 (50% M/ 50% GA)	0 (0,2%)	0,84	0,003
6	0 (50% M/ 50% GA)	0 (0,2%)	0,84	0,002
7	0 (50% M/ 50% GA)	0 (0,2%)	0,93	0,003
8	0 (50% M/ 50% GA)	0 (0,2%)	0,90	0,004

Sendo: M – Maltodextrina; GA – Goma arábica; GX – Goma Xantana

Pesquisas mostraram o efeito acentuado da temperatura sobre o conteúdo final de carotenoides, onde o material de parede utilizado para a microencapsulação por atomização não é o principal fator para a preservação dos carotenoides durante o processamento, mas sim a temperatura. Sorval et al. (2012) trabalharam com o desenvolvimento de suco em pó de melão por atomização em três temperaturas diferentes (170°C, 180°C e 190°C) utilizando maltodextrina 10DE como agente encapsulante. Foi visto que o conteúdo final de carotenoides esteve diretamente relacionado ao aumento da temperatura de entrada, onde o pó produzido na temperatura de entrada de 170 ° C tinha um teor maior de β -caroteno do que os produzidos nas temperaturas de 180 e 190 ° C.

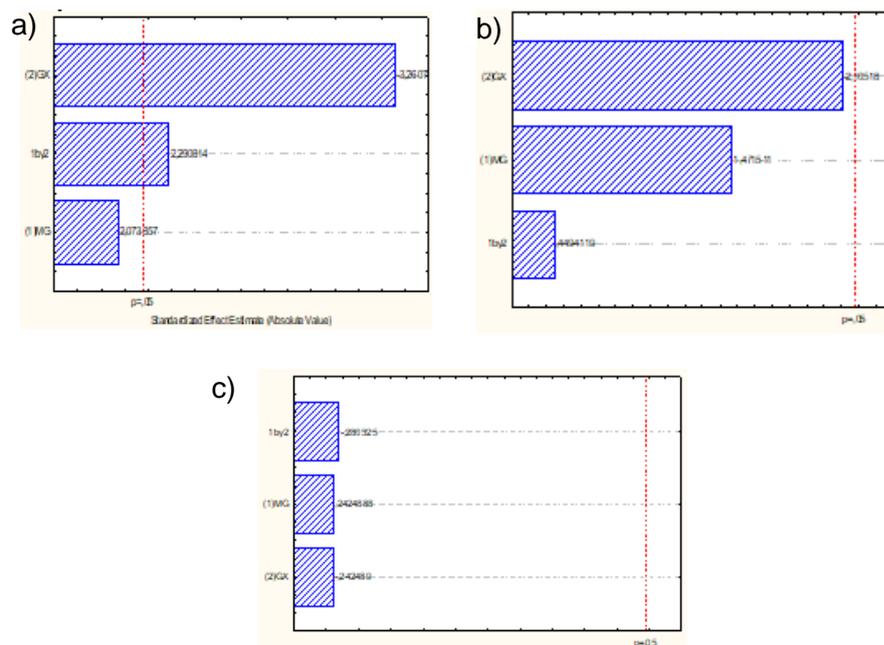
Bonilla-Ahumada et al. (2018) investigaram o microencapsulamento da biomassa de algas frescas (*Tetraselmis chuii*) e estudaram o efeito do material de parede (goma arábica e maltodextrina) e das condições de processamento do atomizador na preservação de β -caroteno e compostos antioxidantes. Foi visto que em temperaturas mais brandas (130 °C), a maltodextrina demonstrou uma boa capacidade na preservação e conservação dos carotenoides. Janiszewska-Turak et al. (2017) realizaram uma investigação do efeito do material de parede (Maltodextrina e Goma Arábica) na microencapsulação, por atomização, de suco de cenoura puro. Os ensaios que utilizaram goma arábica como agente encapsulante apresentaram maior capacidade de reter os carotenoides dentro da matriz polimérica quando comparada com os ensaios produzidos com maltodextrina, entretanto houve uma redução substancial do valor final de carotenoides totais presentes nas microcápsulas em virtude da elevada temperatura de entrada utilizada durante o processo de microencapsulação.

Com relação aos compostos fenólicos (Figura 8) nota-se que tanto os efeitos de primeira ordem quanto os de segunda foram significativos ($p > 0,05$). A goma xantana (GX) teve efeito negativo sobre a preservação dos compostos fenólicos durante o processo de microencapsulação. Significa que a passagem

do nível -1 (0,1% de GX) para a passagem para o nível +1 (0,3% de GX), ou seja, o aumento da concentração de goma xantana na emulsão injetora reduziu significativamente a quantidade de compostos fenólicos presentes nas microcápsulas.

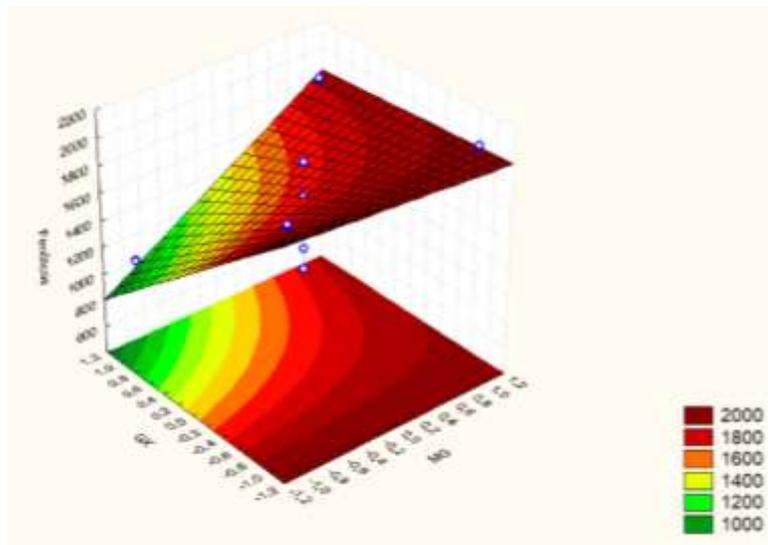
A interação entre as variáveis independentes foi outro fator a influenciar de maneira expressiva o conteúdo final de fenólicos presentes nas microcápsulas. Nota-se na Figura 8, que os materiais de parede utilizados não influenciaram diretamente na capacidade antioxidante das microcápsulas. Entretanto sabe-se que o conteúdo de fenólicos está diretamente relacionado com a capacidade antioxidante, tendo em vista que esses compostos são capazes de liberar elétrons para estabilizar radicais livres altamente reativos (LABUSCHAGNE, 2018).

Figura 8 – Gráficos de Pareto do efeito dos fatores sobre os fenólicos, DPPH e FRAP.



Sendo: GX – Goma Xantana; MG – Maltodextrina e/ou Goma arábica; 1by2 – efeitos da interação entre os materiais de parede (Maltodextrina; goma arábica; goma xantana)

Figura 9 - Superfície do efeito dos fatores sobre os compostos fenólicos



É possível visualizar o efeito da interação dos materiais de parede na Figura 9. Onde visualiza-se que o aumento na concentração de maltodextrina em combinação com pequenas quantidades de goma xantana tem um efeito positivo sobre a preservação dos compostos fenólicos dentro da matriz polimérica das microcápsulas. Esse fator deve-se a estrutura resultante da interação química entre a goma xantana e a goma arábica, uma vez que as emulsões produzidas com ambas as gomas apresentam valores e viscosidade maior que as produzidas com maltodextrina e goma xantana. A viscosidade e a fluidez das emulsões têm influência direta na capacidade de formação das partículas durante a encapsulação, já que esses fatores afetam o tamanho e a espessura das paredes das microcápsulas.

Alguns trabalhos também avaliaram a influência do agente encapsulante sobre o conteúdo de fenólicos. Iturri et al. (2020) estudaram a eficácia da microencapsulação por atomização para a preservação dos compostos bioativos de *Eugenia Stipitata*, utilizando maltodextrina e goma arábica como material de parede. A microencapsulação por atomização provou ser uma técnica eficiente para obter micropartículas e preservar os compostos bioativos da polpa de *Eugenia Stipitata*. Os melhores ensaios foram produzidos em

temperaturas mais brandas de processamento e com a maltodextrina como principal agente encapsulante. Essas micropartículas tiveram a melhor preservação de polifenóis totais e melhor capacidade antioxidante para a polpa de *Eugenia Stipitata*.

Rezende et al. (2018) utilizaram o atomizador para a encapsulação de extrato e polpa de acerola, empregando goma arábica e maltodextrina como agentes encapsulantes. Com relação aos fenólicos, obtiveram melhores resultados com os ensaios encapsulados com goma arábica. Foi realizado ensaios de FRAP, ABTS e ORAC para avaliar a capacidade antioxidante das microcápsulas, entretanto também não houve diferença estatística ($p > 0,05$) com relação a atividade antioxidante dos ensaios estudados. Nunes et al. (2015) encapsularam por atomizador o extrato concentrado de *Ilex paraguariensis*. Onde foram investigados os efeitos da concentração de maltodextrina (20%, 30% e 40%), como agente encapsulante, nos compostos fenólicos e na atividade antioxidante. Com relação a eficiência de encapsulamento e a atividade antioxidante, não houve diferença significativa entre os ensaios estudados.

6. CONCLUSÃO

- Os materiais de paredes Goma Arábica, Goma Xantana e Maltodextrina utilizados não influenciaram significativamente ($p > 0,05$) na preservação do ácido ascórbico e dos carotenoides da polpa mista de acerola com ciriguela microencapsulada;
- Foi percebido um efeito negativo da goma xantana sobre o conteúdo dos compostos fenólicos;
- Entretanto a interação da goma xantana na concentração de 0,1% com a maltodextrina apresentou efeito positivo sobre o conteúdo de fenólicos. Sendo assim essa representa a melhor condição para microencapsulação;
- Necessário ampliar as análises sobre a adição da goma xantana a outros materiais de parede.

7. REFERÊNCIAS

- AOAC- Association of Official Analytical Chemist. Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists International, 18th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2006.
- BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v.28, p.25-30. 1995.
- BARAUSKAITE, D. *et al.* Eating healthy to impress: How conspicuous consumption, perceived self-control motivation, and descriptive normative influence determine functional food choices. **Appetite**, v. 131, p. 59–67, 2018.
- BELWAL, T. *et al.* Phytopharmacology of Acerola (Malpighia spp.) and its potential as functional food. **Trends in Food Science and Technology**, v. 74, p. 99–106, 2018a.
- BELWAL, T. *et al.* Trends in Food Science & Technology Phytopharmacology of Acerola (Malpighia spp .) and its potential as functional food. **Trends in Food Science & Technology**, v. 74, n. January, p. 99–106, 2018b.
- BONILLA-AHUMADA, Felipe de Jesús; KHANDUAL, Sanghamitra; LUGO-CERVANTES, Eugenia del Carmen. Microencapsulation of algal biomass (Tetraselmis chuii) by spray-drying using different encapsulation materials for better preservation of beta-carotene and antioxidant compounds. **Algal Research**, [S.L.], v. 36, p. 229-238, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.algal.2018.10.006>.
- BRASIL; ANVISA. Justificativas para os limites mínimos e máximos de nutrientes , substâncias bioativas e enzimas da proposta regulatória de suplementos alimentares Gerência-Geral de Alimentos Sumário. p. 1–36, 2018.
- BRASIL. Resolução nº 19, de 30 de abril de 1999. **Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 03 de maio de 1999**, p. 1–3, 1999.
- BRASIL. Resolução nº269, de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 23 de setembro de 2005**.
- CELESTINO, S. M. C. Princípios de secagem de alimentos. Embrapa Cerrados, p. 51, 2010.
- CHUYEN, Hoang V.; ROACH, Paul D.; GOLDING, John B.; PARKS, Sophie E.;

- NGUYEN, Minh H.. Encapsulation of carotenoid-rich oil from Gac peel: optimisation of the encapsulating process using a spray drier and the storage stability of encapsulated powder. **Powder Technology**, [S.L.], v. 344, p. 373-379, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2018.12.012>.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. (**FOSC201-FOSC301**) **Food Systems 1-Food Chemistry, Structure and Function- Fennema's food chemistry (eds.)**. [s.l: s.n.].
- DALA-PAULA, B. M.; SANTOS, T. P.; ARAÚJO, L. S.; BASTOS, R. R. A.; MORAES, J. O.; CARBONERA, N. Domestic processing and storage on the physical-chemical characteristics of acerola juice (*Malpighia glabra* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, [S.L.], v. 43. nov. 2019. [Http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054201943021519](http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054201943021519).
- DELIA, S. C. et al. Spray drying microencapsulation of betalain rich extracts from *Escontria chiotilla* and *Stenocereus queretaroensis* fruits using cactus mucilage. **Food Chemistry**, v. 272, p. 715–722, 2019.
- DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, B. Lei de Segurança Alimentar e Nutricional. **Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional. Lei N° 11.346 de 15 de setembro de 2006. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências**, p. 28, 2006.
- DIAS, D. R. et al. Encapsulation as a tool for bioprocessing of functional foods. **Current Opinion in Food Science**, v. 13, p. 31–37, 2017.
- ENGELS, C. *et al.* Characterization of phenolic compounds in jocote (*Spondias purpurea* L.) peels by ultra high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. **Food Research International**, v. 46, n. 2, p. 557–562, 2012.
- FARAG, M. A. et al. Metabolomics reveals impact of seven functional foods on metabolic pathways in a gut microbiota model. **Journal of Advanced Research**, v. 23, p. 47–59, 2020.
- GARCIA, V. A. S.; BORGES, J. G.; VANIN, F. M.; CARVALHO, R. A. Vitamin C stability in acerola and camu-camu powder obtained by spray drying. **Brazilian Journal Of Food Technology**, [S.L.], v. 23. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.23719>.
- GOETZKE, B.; NITZKO, S.; SPILLER, A. Consumption of organic and functional

food. A matter of well-being and health? **Appetite**, v. 77, p. 96–105, 2014.

GOMES, S. *et al.* Microencapsulated Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) cake extract powder as an added-value functional food ingredient. **LWT - Food Science and Technology**, p. 108495, 2019.

GÓMEZ, B. *et al.* Microencapsulation of antioxidant compounds through innovative technologies and its specific application in meat processing. **Trends in Food Science and Technology**, v. 82, n. October, p. 135–147, 2018.

GROSS, J. Carotenoids. In: **GROSS, J. Pigments in fruits**. London: Academic Press, 1987. p. 87-186, 303 p.

GUPTA, P. K.; JADHAV, S. B.; SINGHAL, R. S. Development of shrikhand premix using microencapsulated rice bran oil as fat alternative and hydrocolloids as texture modifier. **Food Hydrocolloids**, v. 48, p. 220–227, 2015.

HOYOS-LEYVA, J.D.; CHAVEZ-SALAZAR, A.; CASTELLANOS-GALEANO, F.; BELLO-PEREZ, L.A.; ALVAREZ-RAMIREZ, J.. Physical and chemical stability of l-ascorbic acid microencapsulated into taro starch spherical aggregates by spray drying. **Food Hydrocolloids**, [S.L.], v. 83, p. 143-152, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.05.002>.

ITURRI, M. S.; CALADO, C. M. B.; PRENTICE, C. Microparticles of *Eugenia stipitata* pulp obtained by spray-drying guided by DSC: an analysis of bioactivity and in vitro gastrointestinal digestion. **Food Chemistry**, [S.L.], jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127557>.

JAESCHKE, D. P.; MARCZAK, L. D. F.; MERCALI, G. D. Evaluation of non-thermal effects of electricity on ascorbic acid and carotenoid degradation in acerola pulp during ohmic heating. **Food Chemistry**, v.199, p.128-134, 2016.

JANISZEWSKA-TURAK, E. Carotenoids microencapsulation by spray drying method and supercritical micronization. **Food Research International**, [S.L.], v. 99, p. 891-901, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.001>.

JÚNIOR, M. E. S.; **Polpa mista de acerola (*malpighia emarginata* d.c.) e ceriguela (*spondias purpurea* l.) obtida por diferentes métodos de secagem**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife – PE. 2018.

KESHANI, S. *et al.* Spray drying: An overview on wall deposition, process and

modeling. **Journal of Food Engineering**, v. 146, p. 152–162, 2015.

KLOSTERHOFF, R. R.; BARK, J. M.; GLÄNZEL, N. M.; IACOMINI, M.; MARTINEZ, G. R.; WINNISCHOFER, Sheila M.B.; CORDEIRO, L. M.C.. Structure and intracellular antioxidant activity of pectic polysaccharide from acerola (*Malpighia emarginata*). **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 106, p. 473-480, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.08.032>

LABUSCHAGNE, P. Impact of wall material physicochemical characteristics on the stability of encapsulated phytochemicals: A review. **Food Research International**, v. 107, n. 2017, p. 227–247, 2018.

LEKSHMI, R. G. K. *et al.* Chitosan – Whey protein as efficient delivery system for squalene: Characterization and functional food application. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 135, p. 855–863, 2019.

LEYVA-LÓPEZ, Roman; PALMA-RODRÍGUEZ, Heidi M.; LÓPEZ-TORRES, Adolfo; CAPATAZ-TAFUR, Jacqueline; BELLO-PÉREZ, Luis A.; VARGAS-TORRES, Apolonio. Use of enzymatically modified starch in the microencapsulation of ascorbic acid: microcapsule characterization, release behavior and in vitro digestion. **Food Hydrocolloids**, [S.L.], v. 96, p. 259-266, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.04.056>.

LIMA S. C. G. S. **Seriguela (*Spondias purpurea* L.): propriedades físico-químicas e desenvolvimento de geléia de doce de corte e aceitabilidade desses produtos**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica – RJ. Agosto de 2009.

LIMA, Tayssa Mayara de Castro. **QUALIDADE E COMPOSTOS BIOATIVOS DE FRUTOS DE UMBUZEIRO CULTIVADOS SOB O SISTEMA ORGÂNICO E CONVENCIONAL**. 2016. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia de Alimentos Tayssa, Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

MALDONADO-ASTUDILLO, Y. I. *et al.* Postharvest physiology and technology of *Spondias purpurea* L. and *S. mombin* L. **Scientia Horticulturae**, v. 174, n. 1, p. 193–206, 2014.

MAQSOOD, S. *et al.* Bioactive compounds from date fruit and seed as potential nutraceutical and functional food ingredients. **Food Chemistry**, v. 308, p. 125522,

2020.

MARK, R. *et al.* Sustainable production of natural phenolics for functional food applications. **Journal of Functional Foods**, v. 57, n. February, p. 233–254, 2019.

MARTINS, A.; MACCARI, E. A. Livros Grátis. p. 30–54, 2008.

MARTÍNEZ, M. *et al.* New structural features of Spondias purpurea gum exudate. **Food Hydrocolloids**, v. 22, n. 7, p. 1310–1314, 2008.

MARTINS, S. T.; MELO, B. Spondias (Cajá e outras). Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, MG. Disponível em: <http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/caja.html> acessado em: 18 de junho de 2020.

MEDINA-TORRES L. *et al.* Microencapsulation of gallic acid by spray drying with aloe vera mucilage (aloe barbadensis miller) as wall material. **Industrial Crops and Products**. [S.L.] out. 2019. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.06.024>

MOURA, C. F. H. *et al.* **Acerola— Malpighia emarginata**. [s.l.] Elsevier Inc., 2018.

NERI-NUMA, I. A. *et al.* Small Brazilian wild fruits : Nutrients , bioactive compounds , health-promotion properties and commercial interest. **Food Research International**, v. 103, n. May 2017, p. 345–360, 2018.

NORKAEW, O. *et al.* Effect of wall materials on some physicochemical properties and release characteristics of encapsulated black rice anthocyanin microcapsules. **Food Chemistry**, v. 294, n. May, p. 493–502, 2019.

OMENA, C. M. B. *et al.* Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits. **Food Research International**, v. 49, n. 1, p. 334–344, 2012.

OZKAN, G. *et al.* A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications. **Food Chemistry**, v. 272, n. August 2018, p. 494–506, 2019.

PAULO, F.; SANTOS, L. Design of experiments for microencapsulation applications: A review. **Materials Science and Engineering C**, v. 77, p. 1327–1340, 2017.

PEREIRA, J. M. A. T. K.; OLIVEIRA, K. A. M.; SOARES, N. F. F.; GONÇALVES, M. P. J. C. Avaliação da qualidade físico-química, microbiológica e microscópica de polpas de frutas congeladas comercializadas na cidade de Viçosa-MG. *Alimentação Nutricional*,

Araraquara,

v.17, n.4, p.437-442, out./dez. 2006.

PRADO, A. Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “ Luiz de Queiroz ” Composição fenólica e Piracicaba., p. 106 p., 2009.

REHMAN, A. *et al.* Pectin polymers as wall materials for the nano-encapsulation of bioactive compounds. **Trends in Food Science and Technology**, v. 90, n. June, p. 35–46, 2019.

REZENDE, Y. R. R. S.; NOGUEIRA, J. P.; NARAIN, N. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization. **Food Chemistry**, v. 254, p. 281–291, 2018.

RIBEIRO, C. M. C. M. *et al.* Optimization of the spray drying process conditions for acerola and seriguela juice mix. **Food Science and Technology**, v. 39, n. suppl 1, p. 48–55, 2019.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. Acerola: aspectos gerais da cultura. **Cultivo Tropical de fruteiras**, v. 32, n. 264, p. 17–25, 2011.

RODRIGUES-AMAYA, B. B. A guide to carotenoid analysis in foods. ILST Press. p. 64, 1999.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes Brasileiras de carotenoides**: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Floresta, 2008. 100p.

ROCHA, Lenízy Cristina Reis. **DESENVOLVIMENTO DE MICROPARTÍCULAS CONTENDO SUCO DE TOMATE VIA GELIFICAÇÃO IÔNICA**. 2017. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia de Biomateriais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

RUFINO, M. S. M. *et al.* Metodologia Científica: Determinação da atividade Antioxidante Total em Frutas Pelo Método de Redução do Ferro (FRAP). Comunicado Técnico – EMBRAPA. Fortaleza - CE. Dezembro de 2006.

SANCHES, A. G. *et al.* Atraso Na Maturação E Qualidade Pós-Colheita De Seriguela Exposta a Radiação Ultravioleta-C. *Nativa*, v. 6, n. 3, p. 225, 2018.

SARTORI, Tanara; CONSOLI, Larissa; HUBINGER, Miriam Dupas; MENEGALLI,

Florencia Cecilia. Ascorbic acid microencapsulation by spray chilling: production and characterization. **Lwt - Food Science And Technology**, [S.L.], v. 63, n. 1, p. 353-360, set. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.112>.

SHISHIR, M. R. I. et al. Advances in micro and nano-encapsulation of bioactive compounds using biopolymer and lipid-based transporters. **Trends in Food Science and Technology**, v. 78, p. 34–60, 2018.

SILVA, P. B.; DUARTE, C. R.; BARROZO, M. A. S. A novel system for drying of agro-industrial acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) waste for use as bioactive compound source. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 52, n. January, p. 350–357, 2019.

SILVA, Quésia Jemima da. **Caracterização de frutos de genótipo de cirigueleiras (*Spondias purpurea* L.)**. 2011. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Ciências Domésticas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

SILVA, Q. J.; MOREIRA, A. C. G.; MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; Compostos fenólicos e Atividade antioxidante de genótipos de ciriguela (*spondia purpurea* L.). **Alimentos e Nutrição**, v. 23, p. 73-80, 2012.

SOLVAL, Kevin Mis; SUNDARARAJAN, Srijanani; ALFARO, Luis; SATHIVEL, Subramaniam. Development of cantaloupe (*Cucumis melo*) juice powders using spray drying technology. **Lwt - Food Science And Technology**, [S.L.], v. 46, n. 1, p. 287-293, abr. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2011.09.017>.

TACO - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4. ed. Campinas - Sp: Bookeditora, 2011. 161 p.

VÁZQUEZ-VUELVAS, O. F. *et al.* A comparative FTIR study for supplemented agavin as functional food. **Food Hydrocolloids**, v. 103, n. September 2018, 2020.

WANI, T. A.; MASOODI, F. A.; WANI, I. A. The possible nomenclature of encapsulated products. **Food Chemistry**, v. 234, n. April, p. 119–120, 2017.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free radicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n.5, p.1801-1812, 1999.

XU, M. et al. Metabolomic analysis of acerola cherry (*Malpighia emarginata*) fruit during ripening development via UPLC-Q-TOF and contribution to the antioxidant

activity. **Food Research International**, v. 130, n. December 2019, p. 108915, 2020.

YE, Q.; GEORGES, N.; SELOMULYA, C. Microencapsulation of active ingredients in functional foods: From research stage to commercial food products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 78, p. 167–179, 2018.