



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO CONSUMO
CURSO DE BACHARELADO DE CIÊNCIAS DO CONSUMO

MARIA VITÓRIA ROLIM LEMOS ARAÚJO

**MICROENCAPSULAÇÃO POR ATOMIZAÇÃO DO EXTRATO DE COMPOSTOS
FENÓLICOS DE RESÍDUO DE CIRIGUELA UTILIZANDO DIFERENTES
FORMULAÇÕES DE AGENTES ENCAPSULANTES E AVALIAÇÃO DA
ESTABILIDADE**

Recife,
2022

MARIA VITÓRIA ROLIM LEMOS ARAÚJO

**MICROENCAPSULAÇÃO POR ATOMIZAÇÃO DO EXTRATO DE COMPOSTOS
FENÓLICOS DE RESÍDUO DE CIRIGUELA UTILIZANDO DIFERENTES
FORMULAÇÕES DE AGENTES ENCAPSULANTES E AVALIAÇÃO DA
ESTABILIDADE**

Recife,
2022

MARIA VITÓRIA ROLIM LEMOS ARAÚJO

**MICROENCAPSULAÇÃO POR ATOMIZAÇÃO DO EXTRATO DE COMPOSTOS
FENÓLICOS DE RESÍDUO DE CIRIGUELA UTILIZANDO DIFERENTES
FORMULAÇÕES DE AGENTES ENCAPSULANTES E AVALIAÇÃO DA
ESTABILIDADE.**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciências do Consumo do Departamento de Ciências do Consumo, Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela seguinte banca examinadora:

Banca Examinadora

Orientadora:

Prof. Dra. Maria Inês Sucupira Maciel
Departamento de Ciências do Consumo/UFRPE

Examinador(a):

Msc. Marcony Edson da Silva Júnior
UFPB

Examinador(a):

Profª. Dra. Celiane Gomes
Departamento de Ciências do Consumo/UFRPE

Recife – PE, _____ de _____ de 20__

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)

- M333m Araújo, Maria Vitória Rolim Lemos
MICROENCAPSULAÇÃO POR ATOMIZAÇÃO DO EXTRATO DE COMPOSTOS FENÓLICOS DE RESÍDUO DE CIRIGUELA UTILIZANDO DIFERENTES FORMULAÇÕES DE AGENTES ENCAPSULANTES E AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE. / Maria Vitória Rolim Lemos Araújo. - 2022.
42 f. : il.
- Orientadora: Maria Ines Sucupira Maciel.
Inclui referências e anexo(s).
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Ciências do Consumo, Recife, 2022.
1. Spray drying. 2. Maltodextrina. 3. Goma arábica. I. Maciel, Maria Ines Sucupira, orient. II. Título

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me guiou durante esses anos e me deu forças para continuar diante de todas as adversidades;

Aos meus pais Ana Lúcia e Waldson Lemos, por serem meu pilar e meus incentivadores, a eles que sempre me deram apoio;

Aos meus irmãos, Waldson Junior e Júlio Cezar, que são minha alegria e meu ponto de equilíbrio;

Ao meu bem, Neto Silva, que me acompanhou em todos os momentos, me incentivou, me ouviu e foi presente em cada fase desse processo;

À minha orientadora Maria Inês, que acreditou em mim e acompanhou todo meu processo de aprendizagem e foi essencial para o meu amadurecimento acadêmico;

À Marcony Edson que diverti as minhas manhãs, me ensinou e me auxiliou muito nas análises e em tantas outras coisas;

Aos amigos que fiz, Amanda Barbosa, Maria Carla, Rafael Augusto, Anderson Emanuel, Lucas Barros e Josenor Trajano, foram meu caminho e ponto de apoio.

A cada professor que participou do meu crescimento acadêmico e a cada funcionário que me auxiliou;

Ao CNPq e a FACEPE pelo investimento na iniciação científica;

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, que me recebeu de braços abertos;

A todos, o meu muito obrigada!

RESUMO

A Região Nordeste do Brasil, em 2019 respondeu por 34,4% da produção nacional de frutas. Dentre estas, a ciriguela (*Spondias purpurea* L.), que possui compostos bioativos com propriedades antioxidantes. O objetivo deste trabalho foi avaliar utilização de diferentes agentes encapsulantes na microencapsulação por atomização do extrato de compostos fenólicos (ECF) da farinha do resíduo de ciriguela (FRC). As condições de extração foram realizadas utilizando 80% de etanol e 20% de água acidificado à 0,1% de HCl, em sonda ultrassônica, utilizando 100% de amplitude (520W) e 15 min de tempo de extração. Para a obtenção de ECFs de FRC microencapsulados foram utilizadas diferentes formulações de agentes carreadores (maltodextrina 5DE, 10DE, 15DE e goma arábica). A microencapsulação foi realizada em atomizador em condição fixa. Para caracterização dos ECFs microencapsulados realizou-se análises de: atividade de água (A_w), umidade, cor, higroscopicidade, solubilidade, compostos fenólicos totais e eficiência de encapsulamento (EE). Os resultados do estudo da microencapsulação dos ECFs de FRC mostraram que os pós obtidos apresentaram baixa A_w (0,178 a 0,321) e umidade (3,72% a 6,47%). A higroscopicidade variou de 8,73% a 14,48 e apresentaram alta solubilidade, variando entre 78,68% e 83,49%. Com altos valores de luminosidade (89,73 a 97,17), valores negativos da coordenada a^* (-1,22 a -0,07), e valores da coordenada b^* de 10,02 a 13,24, apresentando coloração amarelo claro. O teor de compostos fenólicos totais ficou entre 313,7 e 457,8 mg EAG/g e obteve alta EE (89,26 e 90,20%). O experimento 5 (Maltodextrina 5DE + Goma arábica), por apresentar características mais favoráveis foi utilizado para dar segmento ao estudo da estabilidade nos períodos 0, 15, 30 e 45 dias em temperaturas de 25 e -22°C. Os pós armazenados apresentaram baixos valores de atividade de água A_w (0,1655 e 0,3682) e umidade (4,8 e 6,56%) até o fim do armazenamento. Ambos os experimentos permaneceram com coloração amarelo claro com altos valores para coordenada L^* (96,11 a 91,58), valores negativos da coordenada a^* (-0,02 a -1,03) e baixos valores para coordenada b^* (14,09 a 11,75). O experimento armazenado a 25°C apresentou-se menos higroscópico (11,96 a 10,58 g/100g). O teor de compostos fenólicos totais não diferiu significativamente nas temperaturas avaliadas nos 45 dias (309,77 e 307,69 mg EAG/g). Sendo assim, para a preservação das características físico-químicas e minimizar as alterações dos compostos fenólicos presentes no ECF de FRC atomizado, armazená-lo na temperatura de 25°C por 45 dias é recomendado. Por se tratar de um produto rico em compostos fenólicos, pode ser inserido na dieta e utilizado para o enriquecimento de diversos produtos alimentícios, cosméticos ou farmacêuticos.

Palavras-chave: Spray drying. Maltodextrina. Goma arábica.

ABSTRACT

The Northeast Region of Brazil, in 2019, accounted for 34,4% of national fruit production. Among these, ciriguela (*Spondias purpurea* L.), which has bioactive compounds with antioxidant properties. The objective of this work was to evaluate the use of different encapsulating agents in the microencapsulation by atomization of the extract of phenolic compounds (EPC) from ciriguela residue flour (CRF). The extraction conditions were performed using 80% ethanol and 20% water acidified to 0,1% HCl, in an ultrasonic probe, using 100% amplitude (520W) and 15 min of extraction time. To obtain microencapsulated CRF EPCs, different formulations of carrier agents were used (maltodextrin 5DE, 10DE, 15DE and gum arabic). The microencapsulation was carried out in an atomizer under fixed conditions. To characterize the microencapsulated EPCs, analyzes were carried out on: water activity (A_w), moisture, color, hygroscopicity, solubility, total phenolic compounds and encapsulation efficiency (EE). The results of the study of microencapsulation of CRF EPCs showed that the powders obtained showed low A_w (0,178 to 0,321) and moisture (3,72% to 6,47%). Hygroscopicity ranged from 8,73% to 14,48 and showed high solubility, ranging from 78,68% to 83,49%. With high values of luminosity (89,73 to 97,17), negative values of the a^* coordinate (-1,22 to -0,07), and values of the b^* coordinate from 10,02 to 13,24, showing color light yellow. The content of total phenolic compounds was between 313,7 and 457,8 mg EAG/g and obtained high EE (89,26 and 90,20%). Experiment 5 (Maltodextrin 5DE + Gum arabic), due to its more favorable characteristics, was used to give a segment to the study of stability in the periods 0, 15, 30 and 45 days at temperatures of 25 and -22°C. The stored powders showed low values of water activity A_w (0,1655 and 0,3682) and moisture (4,8 and 6,56%) until the end of storage. Both experiments remained light yellow with high values for the L^* coordinate (96,11 to 91,58), negative values for the a^* coordinate (-0,02 to -1,03) and low values for the b^* coordinate (14,09 to 11,75). The experiment stored at 25°C was less hygroscopic (11,96 to 10,58 g/100g). The content of total phenolic compounds did not differ significantly at the temperatures evaluated in the 45 days (309,77 and 307,69 mg EAG/g). Therefore, for the preservation of the physicochemical characteristics and to minimize the alterations of the phenolic compounds present in the EPC of atomized CRF, storing it at a temperature of 25°C for 45 days is recommended. Because it is a product rich in phenolic compounds, it can be inserted into the diet and used to enrich various food, cosmetic or pharmaceutical products.

Keywords: Spray drying. Maltodextrin. Gum arabic.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Frutos de Ciriguela (<i>Spondias purpurea</i> L.)	16
Figura 2 - Mini <i>Spray Dryer</i>	19
Figura 3 – Efeito do tempo de armazenamento (15, 30, 45 dias) na atividade de água (Aw) do ECF de FRC atomizado na condição 50% Maltodextrina 5DE e 50% Goma arábica a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $-22 \pm 1^\circ\text{C}$	30
Figura 4 – Efeito do tempo de armazenamento (15, 30, 45 dias) na umidade (%) do ECF de FRC atomizado na condição 50% Maltodextrina 5DE e 50% Goma arábica a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $-22 \pm 1^\circ\text{C}$	31
Figura 5 – Efeito do tempo de armazenamento (15, 30, 45 dias) na determinação de cor do ECF de FRC atomizado na condição 50% Maltodextrina 5DE e 50% Goma arábica a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $-22 \pm 1^\circ\text{C}$	32
Figura 6 – Efeito do tempo de armazenamento (15, 30, 45 dias) na higroscopicidade (g/100g) do ECF de FRC atomizado na condição 50% Maltodextrina 5DE e 50% Goma arábica a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $-22 \pm 1^\circ\text{C}$	34
Figura 7 – Efeito do tempo de armazenamento (15, 30, 45 dias) no teor de compostos fenólicos totais (mg EAG/g) do ECF de FRC atomizado na condição 50% Maltodextrina 5DE e 50% Goma arábica a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $-22 \pm 1^\circ\text{C}$	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química da ciriguela.	17
Tabela 2 – Microencapsulação por atomização de ECF de FRC utilizando diferentes formulações de agentes encapsulantes.	22
Tabela 3 – Caracterização físico-química dos ECF de FRC microencapsulados por atomização.....	25
Tabela 4 – Parâmetros colorimétricos dos ECF de FRC microencapsulados por atomização.....	27
Tabela 5 – Teor de compostos fenólicos totais e Eficiência de encapsulamento dos ECF de FRC microencapsulados por atomização.....	28

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANVISA – Agencia Nacional de Vigilância Sanitária

AOAC - – Association of Official Analytical Chemists (Associação de químicos analíticos oficiais)

aw- Atividade de Água

DCC – Departamento de Ciências do Consumo

DE – Dextrose Equivalente

EAG – Equivalente de ácido gálico

ECF – Extrato de Compostos Fenólicos

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

FRC – Farinha do Resíduo de Ciriguela

HHS - Department of Health and Human Services (Departamento de saúde e serviços humanos)

NaCl – Cloreto de sódio

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequenas Empresas

TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1. OBJETIVOS	13
1.1 Objetivo Geral	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 Ciriguela	14
2.2 Compostos Bioativos	15
2.3 Método de extração	16
2.4 Microencapsulação por Atomização.....	16
3. METODOLOGIA.....	20
3.1 Obtenção dos extratos de FRC por extração assistida por ultrassom.....	20
3.2 Determinação de compostos fenólicos do extrato livre	20
3.4 Microencapsulação por atomização do ECF de FRC	20
3.5 Determinações físico-químicas e de compostos fenólicos dos extratos de FRC microencapsulados	21
3.6 Avaliação da estabilidade do ECF de FRC com melhores parâmetros microencapsulado por atomização.....	22
3.7 Análise Estatística	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1 Determinação de compostos fenólicos no extrato livre.....	24
4.2 Caracterização físico-química dos extratos microencapsulados	24
4.3 Avaliação da estabilidade	28
CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	36

INTRODUÇÃO

No ano de 2019 a Região Nordeste respondeu por 34,4% da produção nacional de frutas, tendo como uma das explicações para o bom desempenho da fruticultura, as condições de luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar, que conferem à região, maior facilidade para o cultivo de determinados frutos (VIDAL, 2020).

A região do semiárido, principalmente o bioma Caatinga apresenta uma imensa biodiversidade de frutas, sendo as do gênero *Spondias*, principalmente a ciriguela (*Spondias purpurea* L.) que é originária do México e América Central. Esta fruta é rica em metabólitos secundários, em particular compostos fenólicos (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014). A Ciriguela é cultivada em uma variada quantidade de solos. Apresenta alto potencial de cultivo devido ao seu baixo custo de produção, se adapta a solos pobres onde outras culturas não conseguiriam se estabelecer, sendo uma das espécies mais cultivadas do gênero *Spondias* (FUENTES et al., 2019). O fruto possui alto valor nutricional, apresentando na sua composição, compostos bioativos com propriedades antioxidantes, agregando valor ao fruto e tornando-a interessante para o processamento de alimentos (FUENTES et al., 2019; DANTAS et al., 2016).

Diante do aumento no consumo de frutas, o processamento destas em produtos como sucos e bebidas apresentou elevado crescimento. Devido principalmente à possibilidade de produção de novas fontes de ingredientes funcionais e saudáveis (JEDDOU et al., 2017). Entretanto esse elevado crescimento das indústrias de polpas e sucos de frutas gerou um grande volume de resíduos, que pode ser explorado para a produção de substâncias altamente valorizadas e contribuir para a redução de problemas ambientais (BEN-OTHMAN et al., 2020; COSTA FILHO et al., 2017).

Nos últimos anos, a agricultura tem se tornado cada vez mais produtiva e sustentável, em busca de diminuir os impactos negativos ao meio ambiente e aumentar os impactos positivos na sociedade e na economia. A extração de compostos bioativos para consumo humano é uma das alternativas que proporcionam esse aproveitamento de forma eficaz. Com a extração destes compostos presentes em resíduos de frutas podem aumentar o valor comercial da matéria-prima e a rentabilidade do processamento (VAZ JUNIOR, 2020).

A extração assistida por ultrassom, um método de extração não-convencional, acontece através do fenômeno de cavitação, ocasionando aumento da transferência de massa, diminuição do uso de solventes tóxicos, diminuição do tempo de extração e/ou de temperatura. As forças de cavitação ocorrem pela implosão de microbolhas, formadas devido a oscilações de pressão,

(compressões e rarefações alternadas) causadas pela passagem de ondas acústicas em meio líquido (VERRUCK; PRUDENCIO, 2018; DADAN et al., 2018).

Dessa forma, torna-se relevante a utilização de tecnologias que proporcionem maior estabilidade a estes compostos, preservando sua funcionalidade. A microencapsulação por atomização, tem se mostrado uma técnica efetiva na proteção de compostos fenólicos (TOLUN; ALTINTAS; ARTIK, 2016). Neste processo uma substância, encontrada no estado sólido, líquido ou gasoso, é aprisionada dentro de pequenas cápsulas, de tamanho variado, ficando protegida da luz, calor, umidade ou oxidação (KRISHNA; JYOTHIKA, 2015).

A eficiência da proteção destes compostos se deve, dentre outros fatores, ao agente encapsulante empregado no processo pois apresenta grande impacto nas características de encapsulamento (Ozkan et al., 2019). Esse tipo de processo, quando otimizado de acordo com as necessidades do material a ser microencapsulado resulta em pós com boa qualidade, baixa atividade de água, facilidade de manuseio e armazenamento (KRISHNA; JYOTHIKA, 2015). A seleção do agente carreador depende das propriedades físico-químicas do material a ser microencapsulado, do processo utilizado para formar a partícula e das propriedades finais desejadas (PHISUT, 2012).

Com a fabricação de produtos advindos da ciriguela na indústria alimentícia, estima-se que 40% da produção tornam-se resíduos (casca e caroço) e são descartados no ambiente. As partes não comestíveis como semente, casca e bagaço são matérias-primas de menor interesse comercial, porém apresentam elevado teor de compostos nutricionais e bioativos, com alta capacidade antioxidante, e têm sido encontrados, principalmente em frutas e hortaliças (LEICHTWEIS et al., 2021; KWIATKOWSKI et al., 2019). Dessa forma, torna-se relevante a utilização de tecnologias que proporcionem maior estabilidade e possibilitem a preservação de sua funcionalidade. Uma alternativa para o aproveitamento sustentável desses resíduos é a extração e a microencapsulação de compostos bioativos do resíduo da ciriguela.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo Geral

- Avaliar utilização de diferentes agentes encapsulantes na microencapsulação por atomização do extrato de compostos fenólicos (ECF) da farinha do resíduo de ciriguela (FRC).

1.2 Objetivos Específicos

- Verificar a ação da formulação de agentes encapsulantes dos ECF da FRC atomizados na eficiência de encapsulamento, no teor de compostos fenólicos, atividade de água, umidade, cor, higroscopicidade e solubilidade.
- Avaliar a estabilidade do experimento que apresentou melhores parâmetros de ECF de FRC microencapsulado por atomização em relação à umidade, atividade de água, higroscopicidade, cor e teor de compostos fenólicos por 45 dias nas temperaturas de 25 °C e – 22 °C.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ciriguela

A ciriguela (Figura 1) pertencente à família Anacardeaceae, tem sua origem na América Central, mas também com distribuições em regiões tropicais, subtropicais e temperadas. O gênero *Spondias* é composto por aproximadamente 18 espécies distribuídas em todo o mundo. Sua comercialização se dá por apresentar sabor e aroma agradáveis e seus frutos serem consumidos *in natura* ou transformados em polpas, sucos, geleias, farinhas, néctares e outros produtos alimentícios. A Ciriguela produz frutas que variam entre a cor verde, amarelo, laranja e vermelha. Possuem uma casca fina e delicada, podem apresentar de 2,5 a 5 cm de comprimento e cerca de 2 cm de diâmetro e peso de 12 a 28g (ROCHA, et al., 2019).

Figura 1: Frutos de Ciriguela (*Spondias Purpurea* L.)



Fonte: Google Imagens

A ciriguela possui baixas quantidades de proteína, gordura e teor moderado de calorias. É um fruto extremamente rico em carboidratos, cálcio, fósforo, ferro, provitamina A, e vitaminas B e C, apresenta também grandes quantidades de fibras (Tabela 1) (TACO, 2011).

Tabela 1. Composição química da ciriguela.

Constituintes	Quantidade em 100g de ciriguela <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)	49,0
Cálcio (mg)	27,0
Magnésio (mg)	18,0
Potássio (mg)	248,0

Fonte: TACO, 2011

2.2 Compostos Bioativos

Quando se trata da alimentação humana, o tipo e a qualidade dos alimentos ingeridos são de extrema importância. Compostos bioativos são definidos como moléculas orgânicas de baixa massa molecular que apresentam ampla diversidade química e efeitos diversos sobre organismos vivos, sendo associadas às mudanças em seu comportamento, fisiologia ou metabolismo. Esses compostos possuem um papel importante na redução da oxidação lipídica em tecidos, vegetal e animal, desta forma, conservando a qualidade do alimento e reduzindo o risco do desenvolvimento de patologias (CHAGAS et al., 2020; SOARES et al., 2015)

Os polifenóis atuam como antioxidante podendo neutralizar os radicais livres tornando-os menos reativos. As principais categorias de compostos fenólicos são: os ácidos fenólicos, flavonóides, taninos e estilbenos, que nos alimentos são responsáveis pela cor, adstringência e estabilidade oxidativa (SOARES et al., 2015).

Os compostos fenólicos apresentam em sua composição química um anel aromático, com um ou mais grupos de hidroxilas, possuindo uma estrutura variável, que possibilita atividades multifuncionais, destacam-se como potentes antioxidantes e atuam como

sequestradores de radicais livres no organismo (CARVALHO et al., 2018; SEPTENTRION-
MALATERRE; REMIZE e POUCHERET, 2017).

2.3 Método de extração

Os métodos de extração não-convencionais foram desenvolvidos visando evitar/minimizar o uso de solventes orgânicos, reduzir o tempo de processo, proporcionar maior penetração, diminuir a temperatura de processamento, intensificar o processo de transferência de massa, aumentar os rendimentos e/ou reduzir consumo de energia, apresentam boa reprodutibilidade e possibilidade de utilização de solventes alternativos mais econômicos e mais seguros para o ambiente e para a saúde (CALDAS et al., 2018; BARBA et al., 2016). Os principais métodos de extração não-convencionais são: extração assistida por ultrassom, micro-ondas, extração por alta pressão, extração supercrítica, extração líquida pressurizada, extração com água subcrítica e extração por membranas filtrantes (CARVALHO et al., 2018).

Dentre os métodos citados, destaca-se a extração assistida por ultrassom, que realiza o fenômeno da cavitação, onde ocorre a implosão de microbolhas, geradas por ondas acústicas em meio líquido, aumentando a área de contato entre o solvente e os compostos alvos (DADAN et al., 2018; CARVALHO et al., 2018). A frequência utilizada no momento da implosão das microbolhas produz um efeito vibratório na célula vegetal, que é capaz de gerar ruptura e liberação do seu conteúdo. Esse tipo de processo proporciona melhor extração dos princípios ativos da matéria-prima com gasto energético relativamente pequeno e tempo reduzido, bem como maior segurança durante a operação e um processo de extração mais sustentável. O uso de ultrassom de alta potência proporciona maior penetração do solvente no material celular (BOEIRA et al., 2018; VERRUCK; PRUDENCIO, 2018).

2.4 Microencapsulação por Atomização

A atomização consiste na transformação de um produto no estado fluido para o estado sólido na forma de pó, numa operação contínua, por meio de um tempo relativamente curto (FERRARI et al., 2012). Esse método de conservação teve seus primeiros passos na segunda metade do século 18, quando foi patenteada a primeira operação de secagem de ovos (1865). Seu desenvolvimento começou em 1870 e passou a ser utilizado na II Guerra Mundial, com a intenção de reduzir o peso dos alimentos facilitando o transporte (AFOAKWAH et al., 2012).

A atomização por *Spray Dryer* (Figura 2) de produtos líquidos ocorre através da dispersão de pequenas gotículas, obtidas por pressão ou energia centrífuga, ocorrendo à

transferência de calor do líquido com o ar seco. O contato do líquido com o ar quente é o início da fase de secagem durante a atomização. A temperatura do ar de secagem varia entre 150 e 220 °C na entrada e 50 a 80 °C na saída, evitando possíveis degradações do produto final por altas temperaturas (SOUZA et al., 2015).

Figura 2: Mini *Spray Dryer*.



Fonte: Google Imagens

Esse tipo de processo resulta em pós com boa qualidade, baixa atividade de água, facilidade de manuseio e armazenamento, além de proteger o material ativo contra reações indesejáveis. Tanto a seleção de agentes carreadores quanto as propriedades de emulsão (estabilidade, viscosidade e tamanho das gotículas) podem afetar a eficiência do processo e a estabilidade do produto atomizado (CARNEIRO et al., 2013).

A microencapsulação é uma alternativa de proteção aos compostos que se degradam facilmente devido a condições adversas como altas temperaturas, presença de luz, oxigênio, entre outros. O intuito deste processo é aprisionar uma substância dentro de outro material

(revestimento, escudo ou material de suporte/parede), formando pequenas partículas, seladas, que podem liberar seu conteúdo a taxas controladas em condições específicas (LEE & CHANG, 2020).

Os pós geralmente têm altos teores de umidade e atividade da água, impactando negativamente o armazenamento subsequente. Portanto, torna-se necessário o uso de formulações que contenham agentes encapsulantes ou carreadores (JAFARI et al., 2017).

A técnica utilizada e o material de parede apresentam grande impacto nas características de encapsulamento, incluindo estabilidade, solubilidade e atividade antioxidante dos alimentos (OZKAN et al., 2019). A seleção do agente carreador depende das propriedades físico-químicas do material a ser microencapsulado, do processo utilizado para formar a partícula e das propriedades finais desejadas (PUDZIUVELYTE et al., 2019). Um material de cobertura ideal deve ser insolúvel e não-reativo com o material de recheio, ser de fácil manipulação (apresentar uma baixa viscosidade a altas concentrações), ter habilidade para dispersar ou emulsificar o material ativo e estabilizar a emulsão produzida, aprisionar e manter o material ativo dentro da sua estrutura durante o processamento e estocagem. Além disso, deve liberar completamente o solvente ou outro material que será usado durante o processo de encapsulação, proporcionar a máxima proteção ao material ativo contra condições ambientes, ser solúvel em solventes utilizados na indústria de alimentos, apresentar boa disponibilidade no mercado e baixo custo (GOULA; ADAMAPOLUS, 2010).

Os agentes carreadores que estão sendo utilizados são geralmente carboidratos (amidos, maltodextrinas, xaropes de milho, dextranas, sacarose e ciclodextrinas), celulose (carboximetilcelulose, metilcelulose, etc.), gomas (goma arábica, agar, carragena, etc.), lipídeos (ceras, parafina, etc.) e proteínas (glúten, gelatinas, albumina e peptídeos) (MORENO et al., 2016; EZHILARASI et al., 2013).

A maltodextrina é um polímero de unidades D-glicose ligadas por cadeia α -1,4 com peso molecular variado. É um produto obtido pela hidrólise controlada do amido por via físico-química (calor, pressão e ácidos), enzimática (amilases) ou a combinação dessas vias. São definidas também como produtos com valores de dextrose equivalente (DE) menores que 20. É solúvel em água, possui baixa densidade e baixa viscosidade, é menos higroscópica, não apresenta sabor adocicado ou de amido, além de apresentar baixo custo relativo. (PHISUT, 2012).

A goma arábica ou acácia é um produto extraído de uma árvore conhecida como *Acácia senegal*. É um polímero que consiste principalmente de ácido D-glucurônico, L-ramnose, D-galactose e Larabinose com cerca de 5% de proteína. Quando aplicado na microencapsulação

pode melhorar a funcionalidade e aumentar a estabilidade da matéria-prima (ADITIVOS E INGREDIENTES, 2010). Devido a sua boa capacidade de emulsão e viscosidade reduzida em soluções aquosas, a goma arábica tem sido muito utilizada na microencapsulação por atomização. Ainda, proporciona uma proteção contra oxidação e retenção de compostos voláteis, propriedades emulsificantes e boa solubilidade (PUDZIUVELYTE et al, 2019) .

Nas últimas décadas, problemas econômicos e ambientais têm provocado crescentes preocupações com o grande volume de subprodutos gerados nas indústrias alimentícias (CALDAS et al., 2018). Diante disso, destaca-se o resíduo da ceriguela, gerado pelas indústrias de polpas e sucos. Este subproduto apresenta compostos bioativos, entretanto são descartados no ambiente. Esses aspectos, juntamente com o crescente interesse global em tecnologias benéficas ao ambiente, justificam a utilização de subprodutos gerados nas indústrias de processamento de frutas. Uma alternativa para o aproveitamento tecnológico do resíduo de ceriguela é a obtenção de ECF, utilizando sua condição otimizada, de acordo com Silva Junior et al. (2021), para obter condição mais favorável de microencapsulação utilizando diferentes agentes carreadores e realizar sua estabilidade.

3. METODOLOGIA

3.1 Obtenção dos extratos de FRC por extração assistida por ultrassom

Foi determinado por Silva Júnior et al., (2021) que a extração assistida por ultrassom utilizando como solvente 80% de etanol e 20% de água acidificado à 0,1% de HCl apresentou a melhor condição para obtenção de compostos fenólicos.

A extração assistida por ultrassom foi realizada em sonda ultrassônica (Ultronique, Ecosonics), utilizando 80% de etanol e 20% de água acidificado à 0,1% de HCl, 100% de amplitude ultrassônica (520 W) e 15 min de tempo de extração. O extrato obtido foi filtrado e armazenado em vidros âmbar a -18 °C para posteriormente ser microencapsulado por atomização.

3.2 Determinação de compostos fenólicos do extrato livre

Determinados por método espectrofotométrico, onde a absorbância foi quantificada a 725 nm, utilizando reagente de Follin Ciocalteu (Merck) e etanol como solvente, segundo metodologia descrita por Wettasinghe e Shahidi (1999). O teor de fenóis totais foi determinado por interpolação da absorbância das amostras contra uma curva de calibração construída com ácido gálico e os resultados expressos em mg em equivalente de ácido gálico por grama de amostra.

3.4 Microencapsulação por atomização do ECF de FRC

Para a microencapsulação foi utilizado um atomizador modelo MSD 1.0 (LABMAQ do Brasil LTDA), e como agentes carreadores (maltodextrinas de 5DE, 10DE, 15DE e goma arábica), além de diferentes combinações desses agentes encapsulantes conforme Tabela 1. Os extratos de FRC juntamente com a formulação de agentes encapsulantes e água destilada foram homogeneizados em Turrax (Tecnal/TE-102) e em seguida submetidos ao atomizador.

Na microencapsulação por atomização a concentração de sólidos totais da solução final (agente encapsulante e material de recheio/extrato) foi fixada em 30%, a vazão de alimentação da mistura utilizada foi 0,60 L/h e temperatura do ar de entrada de 140 °C, utilizando bico injetor de 1,2 mm de diâmetro, fluxo de ar de 30 m³/h e pressão do ar de 0,6 bar.

Tabela 2. Microencapsulação por atomização de ECF de FRC utilizando diferentes formulações de agentes encapsulantes.

Experimento	Maltodextrina 5DE (%)	Maltodextrina 10DE (%)	Maltodextrina 15DE (%)	Goma Arábica (%)
01	100%	-	-	-
02	-	100%	-	-
03	-	-	100%	-
04	-	-	-	100%
05	50%	-	-	50%
06	-	50%	-	50%
07	-	-	50%	50%

ECF: Extrato de Compostos Fenólicos. FRC: Farinha do Resíduo de Ceriguela.

3.5 Determinações físico-químicas e de compostos fenólicos dos extratos de FRC microencapsulados

Umidade: Foi determinada utilizando balança de infravermelho (MARTE - IDSO – Piracicaba/SP). Os resultados expressos em (%). (A.O.A.C., 2006).

Atividade de Água: Realizou-se com o auxílio do equipamento analisador de atividade de água (DECAGON, AQUA LAB - 4TE) a 25°C.

Cor: Foi avaliada em colorímetro (Minolta CR 400, Konica Minolta, Sensing Inc), utilizando-se os padrões de cor do sistema CIELab – “Comission Internationale de L’Eclairage.

Higroscopicidade: Foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000), modificada. As amostras, 1 g cada, foram colocadas em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29%) a 25 °C e, após uma semana foram pesadas, sendo a higroscopicidade expressa como g de unidade adsorvida por 100 g de massa seca da amostra (g/100g).

Solubilidade: Foi Determinada de acordo com a metodologia descrita por Cano-Chauca et al. (2005). Diluindo-se 1 g da amostra em 100 mL de água destilada, seguida de agitação em agitador magnético (Fisatom, modelo 752) durante 5 minutos, formando uma solução aquosa, que em seguida foi centrifugada a 3000 rpm por 5 minutos em centrífuga (Cientec, modelo CT-6000R). Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi colocada em placa de Petri, esterilizada e

previamente pesada e levada para estufa com circulação e renovação de ar (Marconi, modelo MA-035) a 105 °C por 5 h. Ao término do processo a placa foi pesada em balança analítica e a solubilidade obtida através da diferença de peso.

Eficiência de encapsulamento (EE): Para determinação do teor total de fenólicos do microencapsulado (TTF), 100 mg do microencapsulado foram dispersos em 1 mL da solução etanol: ácido acético: água destilada (50:8:42 v/v). A mistura foigitada em vortex por 1 min, e filtrada em microfiltro de 0,45 µm (SAÉNZ et al., 2009). O teor de fenólicos foi determinado por método espectrofotômetro, com espectro de absorção registrado no comprimento de onda de 725 nm, utilizando o reagente de Folin-Ciocalteau (Merk) e curva padrão de ácido gálico (WETTASINGHE; SHAHIDI, 1999). Os resultados foi expressos em µg em equivalente de ácido gálico por mg microcápsulas (pó) (µg EAG.mg⁻¹).

O Teor de fenólicos totais na superfície da microcápsula (TFS) foi determinado segundo procedimento descrito por Saénz et al. (2009). 100 mg do microencapsulado foram dispersos em 1 mL de etanol:metanol (1:1 v/v), levemente agitado por 5 min e filtrado em microfiltro de 0,45 µm. O teor de fenólicos foi determinado utilizando o reagente de Folin-Ciocalteau (Merk) e curva padrão de ácido gálico (WETTASINGHE; SHAHIDI, 1999).

Eficiência do Encapsulamento (EE) foi calculada considerando a equação descrita por MAHDAVI et al., (2016).

$$EE (\%) = \frac{TTF - TFS}{TTF} \times 100$$

Onde: EE=Eficiência da encapsulação; TTF= Teor de Fenólicos totais das microcápsulas e TFS= Teor de fenólicos totais da superfície das microcápsulas.

3.6 Avaliação da estabilidade do ECF de FRC com melhores parâmetros microencapsulado por atomização

Conforme Nunes et al. (2015) com modificações, os ECF de FRC microencapsulados por atomização foram armazenados durante 45 dias em vidros âmbar na temperatura 25°C e - 22°C. As amostras foram avaliadas quanto à umidade, atividade de água, higroscopicidade, cor e teor de compostos fenólicos (conforme metodologias citadas anteriormente) nos tempos 0, 15, 30 e 45 dias.

3.7 Análise Estatística

Os resultados obtidos nas análises realizadas foram expressos como média \pm desvio padrão, utilizando o software Statistica 12.0 (StatSoft Inc., Tulsa, EUA). A análise de variância foi usada para determinar diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as amostras. As diferenças entre as médias foram detectadas pelo teste de Tukey.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Determinação de compostos fenólicos no extrato livre

Os compostos fenólicos encontram-se distribuídos em todos os frutos, influenciando as suas propriedades químicas e organolépticas. Estes possuem grande influência biológica uma vez que ocorrem em função da espécie, da variedade, das condições de crescimento, do grau de amadurecimento e armazenamento, tipo de tecido entre outros aspectos (MAKITA et al., 2016; SOARES et al., 2015). O ECF obtido através da extração assistida por ultrassom apresentou teor de compostos fenólicos ($35,15 \pm 0,15$ mg EAG/g). Este valor foi superior ao teor de fenólicos encontrados por Carnaval (2019) em extrato hidroetanólico da farinha do resíduo de ciriguela ($10,13$ mg EAG/g) e por Bramont et al. (2018) analisando casca e polpa de seriguela *in natura* ($24,18$ mg EAG/g).

4.2 Caracterização físico-química dos extratos microencapsulados

A Tabela 3 apresenta a caracterização físico-química dos ECF de FRC microencapsulados por atomização.

Tabela 3. Caracterização físico-química dos ECF de FRC microencapsulados por atomização.

Experimento n°	Atividade de água (A_w)	Umidade (%)	Higroscopicidade (g/100g)	Solubilidade (%)
1	$0,297 \pm 0,002^b$	$6,07 \pm 0,32^a$	$8,73 \pm 0,45^e$	$79,93 \pm 1,28^{abc}$
2	$0,321 \pm 0,01^a$	$5,60 \pm 0,30^a$	$11,21 \pm 0,03^d$	$82,75 \pm 1,33^{ab}$
3	$0,178 \pm 0,006^c$	$4,52 \pm 0,13^b$	$13,65 \pm 0,21^b$	$79,45 \pm 0,57^{bc}$
4	$0,233 \pm 0,002^c$	$6,47 \pm 0,07^a$	$14,48 \pm 0,17^a$	$83,49 \pm 1,55^a$
5	$0,188 \pm 0,007^{de}$	$3,72 \pm 0,41^b$	$11,54 \pm 0,08^d$	$80,29 \pm 2,30^{abc}$
6	$0,224 \pm 0,004^c$	$4,55 \pm 0,09^b$	$12,40 \pm 0,04^c$	$79,54 \pm 0,99^{bc}$
7	$0,200 \pm 0,004^d$	$4,63 \pm 0,59^b$	$13,77 \pm 0,22^b$	$78,68 \pm 0,80^c$

*Média da triplicata \pm desvio padrão.

**Médias nas colunas seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey. ECF: Extrato de Compostos Fenólicos. FRC: Farinha do Resíduo de Ceriguela.

Na Tabela 3 observa-se que os ECF de FRC microencapsulados por atomização apresentaram valores de atividade de água entre 0,178 e 0,321, não ultrapassando o valor considerado limitante para desenvolvimento microbológico (0,40), segundo Tontul e Tonpuz

(2014). Destaca-se o experimento 3 que utilizou como agente encapsulante apenas maltodextrina (15DE) e apresentou o menor valor de atividade de água (0,178). Rezende; Nogueira; Narain (2018) apresentaram valores próximo de atividade de água com extrato do resíduo de acerola atomizado, variando entre 0,07 e 0,26 aw.

A umidade e atividade de água são valores que influenciam diretamente a estabilidade do produto durante seu acondicionamento e armazenamento, sendo altamente importante para sua estabilidade (NEGRÃO-MURAKAMI et al., 2017). A umidade dos ECF de FRC microencapsulados variou de 3,72% a 6,47% (Tabela 3). Os experimentos utilizando como agente encapsulante somente maltodextrina 15DE (experimento 3) e combinações de goma arábica e maltodextrina 5DE (experimento 5), 10DE (experimento 6) e 15DE (experimento 7) apresentaram valores mais baixos e não tiveram diferença significativa ($p < 0,05$) entre si, 4,52%, 3,72%, 4,55% e 4,63%, respectivamente,

Valores de umidade próximos aos encontrados no presente estudo também foram observados em extrato da semente de manga atomizado utilizando maltodextrina como agente microencapsulante e extrato da casca de jamba atomizado utilizando goma arábica como agente microencapsulante, respectivamente (SIACOR et al., 2020; SILVA et al., 2017).

Os ECF de FRC microencapsulados por atomização apresentaram elevados valores de higroscopicidade, variando de 8,73% a 14,48% (Tabela 3). Segundo Barbosa (2010), partículas com baixo teor de umidade possuem alta higroscopicidade devido à sua grande capacidade de absorver umidade do ambiente. A higroscopicidade dos ECF microencapsulados foram influenciados pelo tipo de agente carreador utilizado, apresentando diferença significativa ($p < 0,05$).

Na Tabela 3 observa-se que o experimento 1 foi o menos higroscópico (8,73%), e teve como agente encapsulante maltodextrina 5DE. Isso se deve ao número mais baixo de grupos hidrofílicos presente na maltodextrina 5DE, que proporciona menor capacidade de adsorção de água do ambiente (CAIO; CORKE, 2000). Os valores de higroscopicidade de ECF de FRC microencapsulado por atomização apresentam-se valores semelhantes aos obtidos por Sarabandi et al. (2019), no estudo de microencapsulação do extrato da casca de beringela utilizando combinações de goma arábica e maltodextrina como agente encapsulante, que também observaram a influência do tipo de agente carreador utilizado na higroscopicidade, variando entre 14,91 e 20,72%.

Quanto à solubilidade dos extratos microencapsulados, todos os experimentos se apresentaram bastante solúveis, devido à alta solubilidade dos agentes carreadores escolhidos, variando suas médias entre 78,68% e 83,49% (Tabela 3). O ECF de FRC microencapsulado

utilizando 100% de goma arábica (experimento 4) apresentou maior solubilidade entre os pós microencapsulados, entretanto não apresentou diferença significativa dos experimentos 1, 2 e 5, com utilização de 100% maltodextrina 5DE e 10DE e 50% de maltodextrina 5DE e 50% de goma arábica, respectivamente. No estudo de extrato da semente de manga, realizado por Siacor et al. (2020) foi possível observar que o processo da atomização, juntamente com a adição de maltodextrina como agente encapsulante aumentou a solubilidade das amostras.

Na Tabela 4 são apresentados os dados de cor dos ECF de FRC microencapsulados por atomização utilizando diferentes agentes carreadores.

Tabela 4: Parâmetros colorimétricos dos ECF de FRC microencapsulados por atomização.

Experimento n°	Luminosidade (L*)	Intensidade da cor vermelho/verde (a*)	Intensidade da cor Amarelo/azul (b*)
1	92,27 ± 0,25 ^c	-1,21 ± 0,04 ^d	11,77 ± 0,32 ^b
2	97,17 ± 0,23 ^a	-1,18 ± 0,01 ^d	10,02 ± 0,14 ^c
3	94,44 ± 0,26 ^b	-1,22 ± 0,02 ^d	13,24 ± 0,24 ^a
4	89,73 ± 0,39 ^d	-0,07 ± 0,03 ^a	13,07 ± 0,33 ^{ab}
5	91,91 ± 0,70 ^c	-0,64 ± 0,03 ^c	12,53 ± 0,94 ^{ab}
6	91,55 ± 0,41 ^c	-0,59 ± 0,05 ^c	12,97 ± 0,55 ^{ab}
7	92,61 ± 0,22 ^c	-0,32 ± 0,005 ^b	12,67 ± 0,40 ^{ab}

*Média da triplicata ± desvio padrão.

**Médias nas colunas seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si (p>0,05) pelo teste de Tukey. ECF: Extrato de Compostos Fenólicos. FRC: Farinha do Resíduo de Ceriguela.

O parâmetro de luminosidade (L*) apresentou valores próximos a 100, caracterizando os ECF microencapsulados com coloração clara em todas as condições estudadas, devido a coloração branca dos agentes encapsulantes utilizadas. O experimento 4 (Tabela 4), utilizando 100% de goma arábica, apresentou o ECF de FRC com coloração mais escura (89,73) do estudo. Isso pode ser causado devido á coloração característica deste agente carreador (amarelo claro). Os experimentos 5, 6 e 7 utilizando combinações de goma arábica e maltodextrina não apresentaram diferença significativa entre si.

Para a coordenada a* encontrou-se apenas valores negativos indicando ausência do componente cromático da cor vermelha e inclinação para a cor verde dos ECF microencapsulados. Já a coordenada b* representa, quando positiva, o grau da cor amarela, em que, no ECF de FRC microencapsulado variou entre 10,02 e 13,24 (Tabela 4). Os experimentos apresentaram coloração amarelo claro.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados referentes ao teor de compostos fenólicos totais (mg EAG/g) e eficiência de encapsulamento (%) dos ECF de FRC microencapsulados por atomização.

Tabela 5: Teor de compostos fenólicos totais (mg EAG/g) e Eficiência de encapsulamento (%) dos ECF de FRC microencapsulados por atomização.

Experimento n°	Compostos fenólicos totais (mg EAG/g)	Eficiência de Encapsulamento (%)
1	313,93± 1,42 ^e	98,37 ± 0,015 ^a
2	266,20± 1,18 ^f	89,95 ± 0,17 ^c
3	267,91± 0,86 ^f	68,04 ± 0,88 ^e
4	451,24± 0,98 ^a	83,17 ± 0,28 ^d
5	407,87± 2,92 ^b	90,20 ± 0,11 ^c
6	390,26± 1,31 ^d	89,26 ± 0,062 ^c
7	398,78± 1,64 ^c	95,08 ± 1,17 ^b

*Média da triplicata ± desvio padrão.

**Médias nas colunas seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si (p>0,05) pelo teste de Tukey. ECF: Extrato de Compostos Fenólicos. FRC: Farinha do Resíduo de Ceriguela.

Segundo os dados expressos na Tabela 5, foi possível observar que o uso de diferentes agentes encapsulantes influenciou significativamente no teor de compostos fenólicos totais, variando entre 266,20 e 451,24 mg EAG/g. Os experimentos utilizando 100% goma arábica e combinações de goma arábica e maltodextrinas apresentaram os maiores valores (experimentos 4, 5, 6 e 7) dos experimentos realizados.

Yadav et al. (2020) em estudo de encapsulamento de compostos fenólicos do extrato de semente de uva usando proteína do soro de leite com combinações de maltodextrina e goma arábica como agentes encapsulantes, não observaram diferença significativa em seu experimento. Rezende, Nogueira e Narain (2018), ao avaliar teor de compostos fenólicos em estudo do extrato de resíduo de acerola, por *spray drying* obteve melhores resultados para compostos fenólicos totais com a junção de goma arábica e maltodextrina (657.00 mg GAE/100g), confirmando então, que a adição de goma arábica como agente encapsulante aumentou a taxa de formação de filme para fornecer proteção para o encapsulado na fase inicial, melhorando assim a retenção de compostos fenólicos totais.

A EE refere-se a razão entre a quantidade do composto ativo presente na superfície da partícula e a quantidade total de ativo, presente dentro e fora da partícula. Para este parâmetro, quando obtidos valores de encapsulação entre 60 a 90%, estes podem ser considerados

adequados para microencapsulação (VISHNU et al., 2017). Fatores como quantidade de material a ser revestido, propriedades químicas do microencapsulante, combinação de um ou mais agentes microencapsulantes, modo de preparo e dispersão da emulsão e temperatura de secagem são alguns dos fatores que interferem na EE de processos de microencapsulação por atomização (RODIGUES, 2021; VISHNU et al., 2017).

O ECF de FRC atomizado apresentou valores de eficiência de encapsulamento entre 68,04 e 98,37% (Tabela 5). No experimento 1 utilizando como agente encapsulante 100% Maltodextrin 5DE foi obtido resultado mais favorável (98,37%) entre os experimentos realizados. Já os experimentos 2, 5 e 6 (Maltodextrina 5DE, Maltodextrina 5DE + Goma Arábica e Maltodextrina de 10DE + Goma Arábica) não apresentaram diferença significativa entre si, com elevados valores de EE.

Todos os experimentos utilizando combinações de agentes carreadores com Goma Arábica e Maltodextrina (5, 6 e 7) apresentaram valores superiores a 80% de EE. A alta EE destes experimentos pode está relacionada a junção de agentes encapsulantes utilizados, tendo em vista que a combinação destes agentes confere diferentes propriedades filmogênicas, mantendo o material ativo protegido (KUCK e NORENÃ, 2016).

O experimento 5 (Maltodextrina 5DE + Goma arábica) apresentou melhores resultados nas análises de Aw, umidade e higroscopicidade. Quando observado o teor de compostos fenólicos totais, obteve segundo valor mais expressivo, sendo inferior apenas ao experimento 4, quando utilizado 100% Goma arábica. Para a EE apresentou valor superior a 90%.

Mesmo não obtendo maiores valores de compostos fenólicos totais, o experimento 5 foi selecionado para dar continuidade ao estudo por destacar-se nas demais análises e por se tratar de uma junção de agentes encapsulantes, proporcionando maior rentabilidade ao processo, tendo em vista o custo mais elevado da goma arábica como agente encapsulante quando comparado a maltodextrina. Justifica-se então, a utilização da condição 50% Maltodextrina 5DE e 50% Goma arábica (experimento 5), para dar segmento ao estudo da estabilidade por 45 dias.

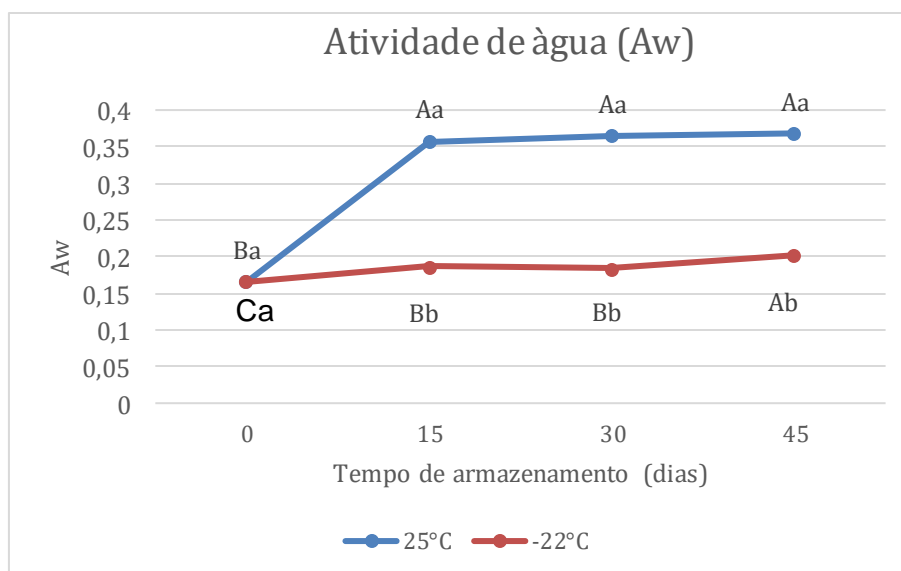
4.3 Avaliação da estabilidade

O estudo da estabilidade foi realizado com o ECF de FRC durante 45 dias armazenado em diferentes temperaturas (25°C e -22 °C), e foram avaliados em relação a atividade de água, umidade, determinação de cor, higroscopicidade e teor de compostos fenólicos totais, nos tempos 0, 15, 30 e 45 dias.

De acordo com a Figura 3 observa-se que a atividade de água do ECF de FRC, nas duas temperaturas avaliadas (25°C e -22°C), diferiu significativamente ($p>0,05$) em todos os tempos de armazenamento quando comparado ao tempo 0 ($0,16 \pm 0,007$). No armazenamento a 25 °C atividade de água apresentou uma elevação no 15º dia de armazenamento ($0,35 \pm 0,011$), porém se manteve estável até os 45 dias ($0,3577 \pm 0,011$, $0,3653 \pm 0,003$ e $0,3682 \pm 0,0002$ respectivamente), não apresentando diferença significativa ($p>0,05$). Na temperatura de -22 °C observou-se aumento significativo ($p<0,05$) da atividade de água aos 45 dias de armazenamento ($0,2019 \pm 0,005$).

Ao avaliar os experimentos armazenados a 25°C e -22°C observa-se que houve diferença significativa ($p>0,05$) em todos os tempos de armazenamento quando comparados entre si, sendo o pó armazenado a -22°C, com menor teor de atividade de água. Mesmo obtendo aumento deste parâmetro, o ECF de FRC atomizado se manteve dentro do valor considerado limitante para desenvolvimento microbológico (0,4), segundo Tontul e Tonpuz (2014), durante os 45 dias, nas duas temperaturas avaliadas.

Figura 3: Efeito do tempo de armazenamento (15, 30, 45 dias) na atividade de água (A_w) do ECF de FRC atomizado na condição 50% Maltodextrina 5DE e 50% Goma arábica a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $-22 \pm 1^\circ\text{C}$.



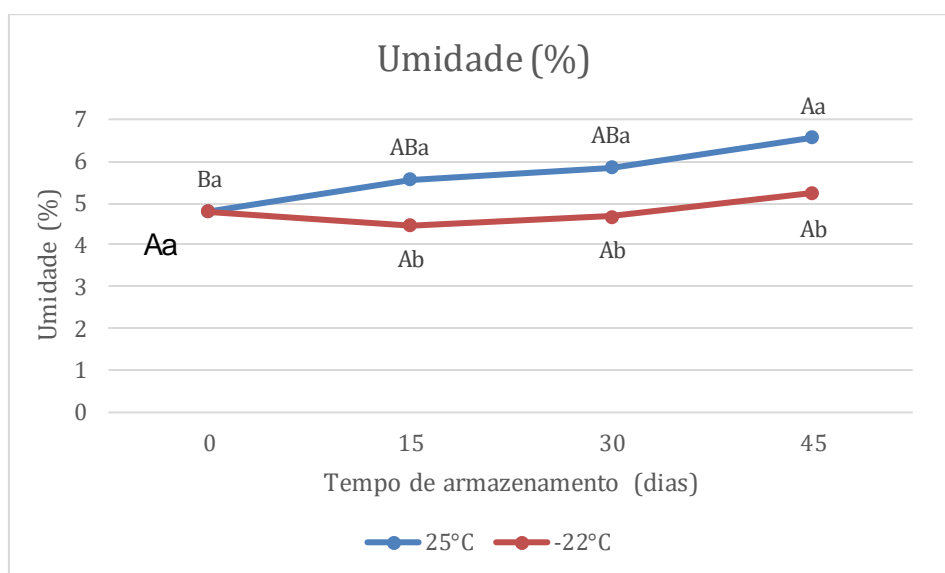
* Média da triplicata \pm desvio padrão.

** Letras iguais não diferem significativamente entre si ($p>0,05$) pelo teste de Tukey.

*** Letras maiúsculas diferentes representam diferença significativa ($p>0,05$) em dias diferentes na mesma temperatura de armazenamento. Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa ($p>0,05$) no mesmo tempo de armazenamento, em temperaturas diferentes. ECF: Extrato de Compostos Fenólicos. FRC: Farinha do Resíduo de Ceriguela.

Observa-se na Figura 4, que a umidade do extrato microencapsulado armazenado a 25°C aumentou gradativamente durante todo o tempo de armazenamento, com diferença significativa ($p>0,05$) apenas entre o tempo 0 e 45 dias ($4,8 \pm 0,292$ e $6,56 \pm 0,105$ respectivamente). Quando armazenado a -22 °C, não foi relatado diferença significativa durante todo o período de armazenamento, sendo encontrado também os menores teores de umidade ($4,46 \pm 0,105$, $4,68 \pm 0,647$ e $5,24 \pm 0,160$), durante o tempo de 15, 30 e 45 dias, respectivamente.

Figura 4: Efeito do tempo de armazenamento (15, 30, 45 dias) na umidade (%) do ECF de FRC atomizado na condição 50% Maltodextrina 5DE e 50% Goma arábica a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $-22 \pm 1^\circ\text{C}$.



* Média da triplicata \pm desvio padrão.

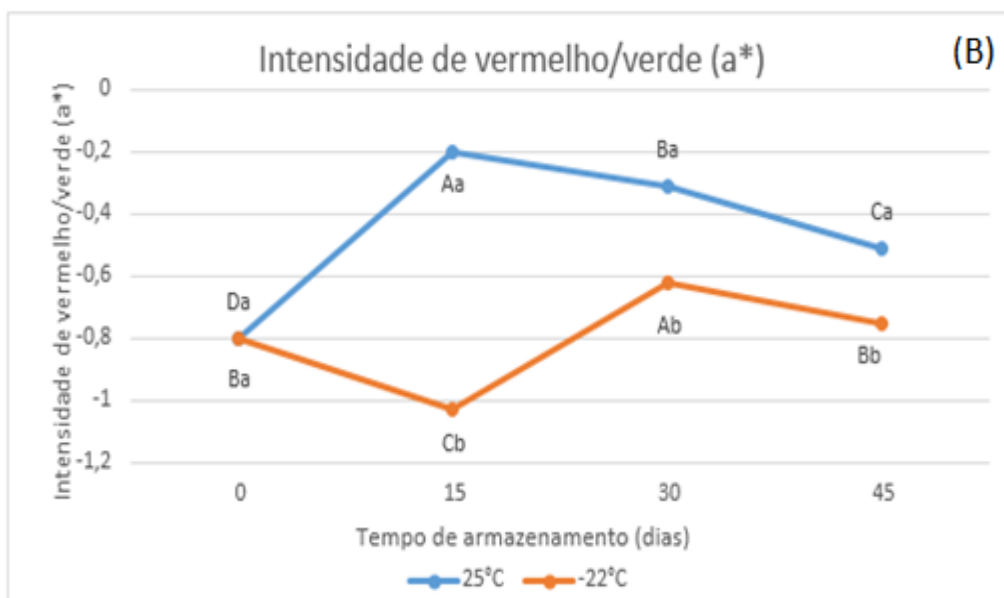
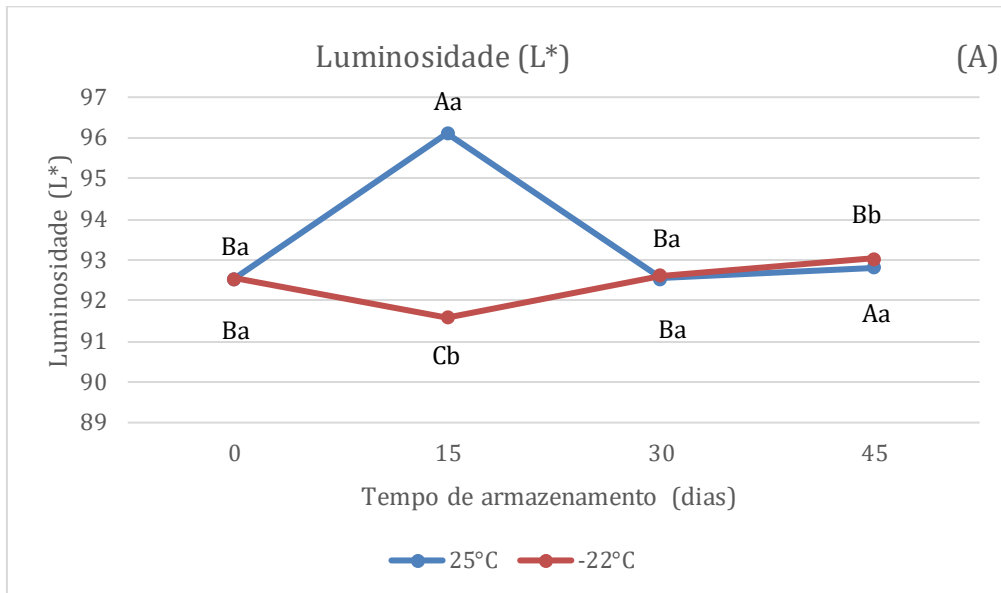
** Letras iguais não diferem significativamente entre si ($p>0,05$) pelo teste de Tukey.

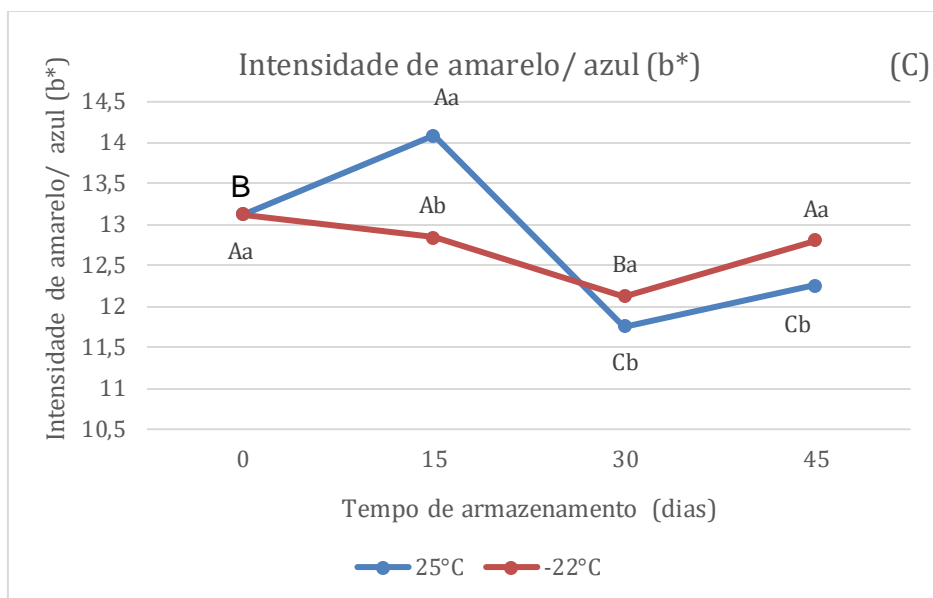
*** Letras maiúsculas diferentes representam diferença significativa ($p>0,05$) em dias diferentes na mesma temperatura de armazenamento. Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa ($p>0,05$) no mesmo tempo de armazenamento, em temperaturas diferentes. ECF: Extrato de Compostos Fenólicos. FRC: Farinha do Resíduo de Ceriguela.

No Brasil até o presente momento, não há um Regulamento Técnico Brasileiro para extratos atomizados que estabeleça limite de tolerância para a umidade. No entanto, considerando outros tipos de alimentos em pó tais como leite em pó integral, café e farinha de trigo, esses valores variam entre 3,5 a 15 % de umidade (BRASIL 2010; BRASIL, 2005; BRASIL, 1996), estando o ECF de FRC atomizado dentro dessa faixa.

As Figuras abaixo (5 A, 5B e 5 C) apresentam as determinações de luminosidade (L^*), de intensidade de vermelho/verde (a^*) e de intensidade de amarelo/azul (b^*), respectivamente.

Figura 5: Efeito do tempo de armazenamento (15, 30, 45 dias) na determinação de cor do ECF de FRC atomizado na condição 50% Maltodextrina 5DE e 50% Goma arábica a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $-22 \pm 1^\circ\text{C}$.





* Média da triplicata \pm desvio padrão.

** Letras iguais não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

*** Letras maiúsculas diferentes representam diferença significativa ($p > 0,05$) em dias diferentes na mesma temperatura de armazenamento. Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa ($p > 0,05$) no mesmo tempo de armazenamento, em temperaturas diferentes. ECF: Extrato de Compostos Fenólicos. FRC: Farinha do Resíduo de Ceriguela.

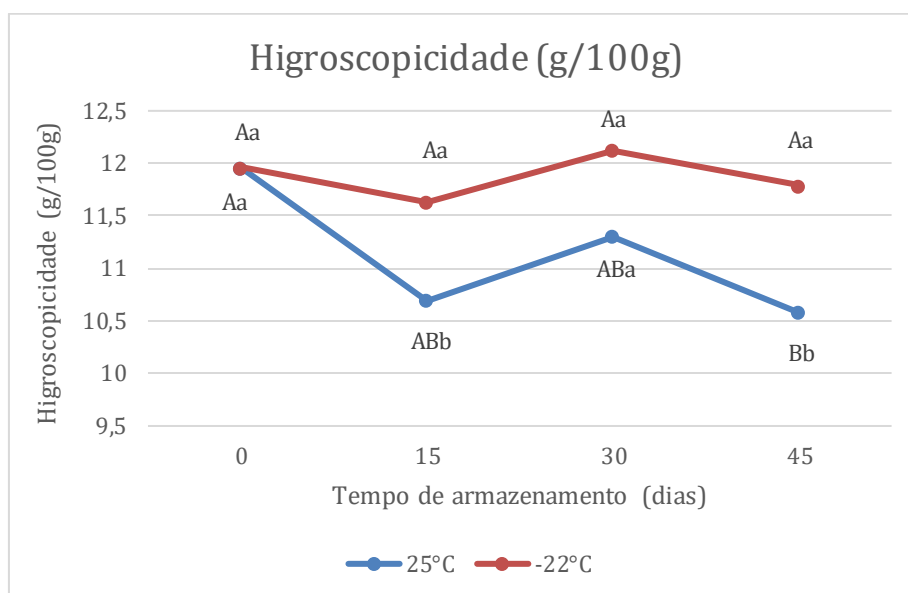
Como representado na Figura 5 A os parâmetros de luminosidade apresentados no extrato atomizado armazenado a 25°C apresentou aumento significativo ($p > 0,05$) aos 15 dias de armazenamento ($96,11 \pm 0,69$) comparado com o tempo 0 ($92,54 \pm 0,06$), sendo o momento em que obteve maior clareamento na sua superfície. Nos tempos 30 e 45 dias ($92,55 \pm 0,03$ e $92,81 \pm 0,02$) o ECF de FRC atomizado se manteve estável, e não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$ respectivamente) em relação ao tempo inicial. O extrato armazenado a -22°C não apresentou diferença significativa entre os tempos 0 e 30 dias ($92,54 \pm 0,06$ e $92,62 \pm 0,09$ respectivamente), apresentando aumento significativo estatisticamente ($p > 0,05$) apenas aos 45 dias ($93,04 \pm 0,11$) de armazenamento.

A Figura 5 B representando os parâmetros de intensidade de vermelho/verde, apresentou apenas valores negativos, indicando ausência de componentes cromáticos da cor vermelha e leve inclinação para coloração verde. O maior valor obtido neste parâmetro foi no pó armazenado a 25°C ($-0,20 \pm 0,035$) no tempo de 15 dias, diferindo significativamente ($p > 0,05$) do tempo inicial e apresentou variação significativa ($p > 0,05$) durante todo o período de armazenamento. O parâmetro de cor referente a intensidade de amarelo/azul (b^*), representado na Figura 5 C indicou, aos 45 dias de armazenamento, maior intensidade da coloração amarela quando armazenado a -22°C ($12,80 \pm 0,03$). No decorrer da análise de

estabilidade os experimentos armazenados nas diferentes temperaturas mantiveram como cor predominante a coloração amarelo-claro.

Na Figura 6 são exibidos os valores da higroscopicidade do ECF de FRC atomizado. Foi possível observar que na temperatura de -22°C não houve diferença significativa ($p>0,05$) ao longo do período de armazenamento, porém, apresentou-se mais higroscópico que o extrato armazenado a 25°C .

Figura 6: Efeito do tempo de armazenamento (15, 30, 45 dias) na higroscopicidade (g/100g) do ECF de FRC atomizado na condição 50% Maltodextrina 5DE e 50% Goma arábica a $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $-22 \pm 1^{\circ}\text{C}$.



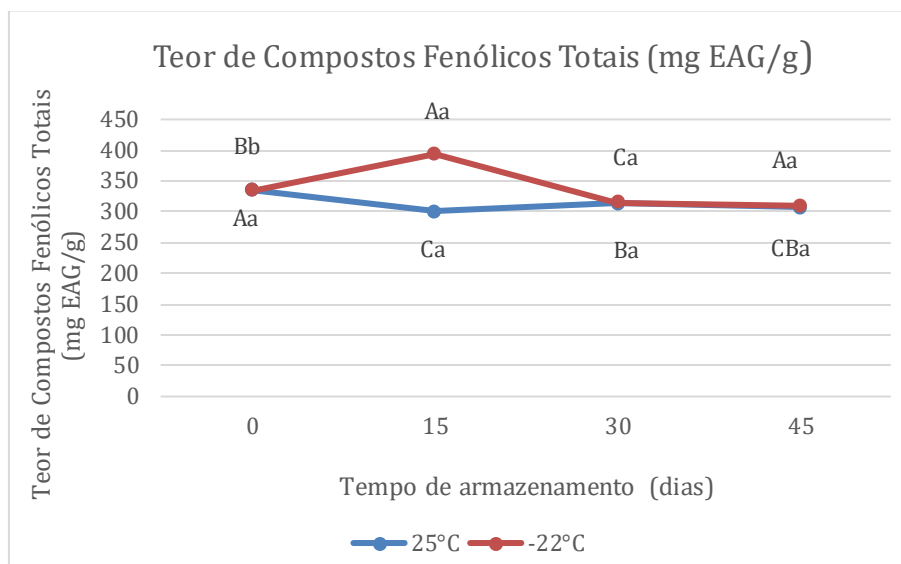
* Média da triplicata \pm desvio padrão.

** Letras iguais não diferem significativamente entre si ($p>0,05$) pelo teste de Tukey.

*** Letras maiúsculas diferentes representam diferença significativa ($p>0,05$) em dias diferentes na mesma temperatura de armazenamento. Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa ($p>0,05$) no mesmo tempo de armazenamento, em temperaturas diferentes. ECF: Extrato de Compostos Fenólicos. FRC: Farinha do Resíduo de Ceriguela.

O teor de compostos fenólicos totais, avaliado em decorrência do tempo e temperatura de armazenamento, apresentados na Figura 6 apontou diferença significativa ($p>0,05$) nos experimentos armazenados a 25 e -22°C aos 15 dias de armazenamento ($301,25 \pm 1,70$ e $393,67 \pm 1,42$ respectivamente).

Figura 7: Efeito do tempo de armazenamento (15, 30, 45 dias) no teor de compostos fenólicos totais (mg EAG/g) do ECF de FRC atomizado na condição 50% Maltodextrina 5DE e 50% Goma arábica a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $-22 \pm 1^\circ\text{C}$.



* Média da triplicata \pm desvio padrão.

** Letras iguais não diferem significativamente entre si ($p>0,05$) pelo teste de Tukey.

*** Letras maiúsculas diferentes representam diferença significativa ($p>0,05$) em dias diferentes na mesma temperatura de armazenamento. Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa ($p>0,05$) no mesmo tempo de armazenamento, em temperaturas diferentes. ECF: Extrato de Compostos Fenólicos. FRC: Farinha do Resíduo de Ceriguela.

No decorrer do estudo, não foi observada diferença significativa ($p>0,05$) nos tempos 30 e 45 dias ao comparar os extratos de FRC atomizado nas temperaturas de 25 e -22°C , chegando aos 45 dias de armazenamento com $307,69 \pm 2,91$ e $309,77 \pm 1,13$ mg EAG/g, respectivamente. Rodrigues et al. (2018) também não observaram diferença significativa ($p>0,05$) no armazenamento de extrato de subproduto de jabuticaba em pó utilizando maltodextrina e goma xantana como agentes encapsulantes durante 36 dias em temperatura ambiente e de resfriamento ($48,27 \pm 0,83$ e $48,81 \pm 0,79$ mg EAG/g)

CONCLUSÃO

Os resultados do estudo da microencapsulação do ECF de FRC atomizado mostraram que os pós obtidos apresentaram baixa atividade de água e baixa umidade. A higroscopicidade dos ECF de FRC microencapsulados por atomização foi influenciada pelo tipo de agente carreador utilizado, sendo o experimento utilizando 100% Goma arábica com maior higroscopicidade. Todos os pós apresentaram alta solubilidade, variando entre 78,68% e 83,49%. Quanto aos parâmetros colorimétricos, todos os ECF microencapsulados obtiveram coloração amarelo claro. Apresentaram elevados teores de compostos fenólicos variando entre 313,7 e 457,8 mg EAG/g e altas taxas de eficiência de encapsulamento, entre 89,26 e 90,20%.

Destaca-se o experimento 5 (Maltodextrina 10DE + Goma arábica), que apresentou melhores resultados para atividade de água, umidade, higroscopicidade e EE, e o segundo melhor valor quando considerado o teor de compostos fenólicos totais. No estudo da estabilidade, as microcápsulas armazenadas nas temperaturas de 25 e -22°C apresentaram baixos valores de atividade de água e umidade até o fim do armazenamento, não ultrapassando valores limites para desenvolvimento microbiológico. O experimento armazenado a 25°C apresentou-se menos higroscópico. O teor de compostos fenólicos totais não diferiu significativamente ao final do período de armazenamento nas temperaturas avaliadas.

Sendo assim, para a preservação das características físico-químicas e minimizar a perda de compostos fenólicos presentes no ECF de FRC atomizado, é recomendado armazená-lo em temperatura ambiente (25°C) durante 45 dias. Por se tratar de um produto rico em compostos fenólicos, pode ser inserido na dieta e utilizado para o enriquecimento de diversos produtos.

REFERÊNCIAS

ADITIVOS E INGREDIENTES. Goma arábica ou goma acácia. São Paulo: Insumos, n. 73, out. 2010.

AFOAKWAH, A. N.; ADOMAKO, C.; OWUSU, J.; ENGMAN, N. F.; HANNAH, A.; *Spray Drying* as an appropriate technology for the food and pharmaceutical industries - A review. **Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology**, v.1, p.467-476, 2012.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists International, 18th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2006.

BARBA, F. J.; ZHU, Z.; KOUBAA, M.; SANT'ANA, A. S.; ORLIEN, V. Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 49, p. 96–109, 2016.

BARBOSA, S. J. Qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por spray drying. **Dissertação (Mestrado)** - Curso de Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2010.

BEN-OTHTMAN, S.; JÖUDU, I.; BHAT, R. Bioactives from Agri-Food Wastes: Present Insights and Future Challenges. **Molecules**, v. 25, p. 510-544, 2020.

BOEIRA, C. P.; PIOVESSAN, N.; SOQUETTA, M. B.; FLORES, D. C. B.; LUCAS, B. N.; BARIN, J. S.; ROSA, C. S.; TERRA, N. N. Ultrasonic assisted extraction to obtain bioactive, antioxidant and antimicrobial compounds from marcela. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.48:06, 27, jul. 2017, ISSN: 1678-4596, 2018

BRAMONT, W. B.; LEAL, I. L.; UMSZA-GUEZ, M. A.; GUEDES, A. S.; ALVES, S. C. O.; REIS, J. H. O.; BARBOSA, J. D. V.; MACHADO, B. A. S. Comparação da Composição Centesimal, Mineral e Fitoquímica de Polpas e Cascas de Dez Diferentes Frutas. **Rev. Virtual Quim.**, v.10, n.4, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 1.812 de 08 de fevereiro de 1996. Regulamento técnico de identidade e qualidade de leite em pó. Disponível em: <http://www.agais.com/normas/leite/leite_po.htm>. Acesso em 17 de agosto de 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 8, de 2 de junho de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=803790937>>. Acesso em 17 de agosto de 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 16, de 24 de maio de 2010. Regulamento técnico para o café torrado em grão e para o café torrado e moído. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=794116535>>. Acesso em 17 de agosto de 2021.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and Properties of Spray-dried Amaranthus Betacyanin Pigments. *Journal of Food Science*, v. 65, n. 7, 2000

CALDAS, T. W.; MAZZA, K. E. L.; TELES, A. S. C.; MATTOS, G. N.; BRÍGIDA, A. I. S.; CONTE-JUNIOR, C. A.; BORGUINI, R. G.; GODOY, R. L. O.; CABRAL, L. M. C.; TONON, R. V. Phenolic compounds recovery from grape skin using conventional and nonconventional extraction methods. *Industrial Crops & Products*, v.111, p. 86–91, 2018.

CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science e Emerging Technologies*, v.6, p.420-428, 2005.

CARNAVAL, L. S. C. Potencial aplicação do extrato de resíduo de seriguela (*Spondias purpurea L.*) em filmes ativos à base de resíduo de mandioca. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2019.

CARNEIRO, H. C. F.; TONON, R. V.; GROSSO, C. R. F.; HUBINGER, M. D. Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. *Journal of Food Engineering*, v. 115, n. 4, 2013.

CARVALHO, A. G. S.; MACHADO, M. T. C.; SILVA, V. M.; SARTORATTO, A.; RODRIGUES, R. A. F.; HUBINGER, M. D. Physicochemical properties and morphology of spray dried microparticles containing anthocyanins of jussara (*Euterpe edulis Martius*) extract. *Powder Technology*, v. 294, 2016.

CARVALHO, M. T. DE; BERGAMASCO, R.; GOMES, R. G. Métodos de extração de compostos bioativos: Aproveitamento de subprodutos na agroindústria. **REVISTA UNINGÁ REVIEW**, v. 33, n. 1, p. 66 - 84, mar. 2018. ISSN 2178-2571. Disponível em: <<http://revista.uninga.br/index.php/uningareviews/article/view/1534>>. Acesso em: 29 jan. 2021.

CELLI, G. B., GHANEM, A., BROOKS, M. S. Bioactive Encapsulated Powders for Functional Foods — a Review of Methods and Current Limitations. *Food and bioprocess technology*, v. 8, n. 9, p. 1825-1837, 2015.

CHAGAS, A. A. A.; SANTOS, R. R.; NASCIMENTO, K. O.; SANTANA, R. F.; AZEREDO, D. R. P.; CARLOS, L. A.; TROMBETE, F. M. Compostos bioativos de interesse para a indústria de alimentos: propriedades, aplicações e perspectivas para o mercado consumidor. **Research Society and Development**, v. 9, n. 10, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8094>.

COSTA FILHO, D. V.; SILVA, A. J.; SILVA, P. A. P.; SOUSA, F. C. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. **Congresso Internacional das Ciências Agrárias - COINTER**, 2017. Disponível em: pdvagro.com.br. Acesso em: 7 jan. 2020.

DADAN, M.; RYBAK, K.; WIKTOR, A.; NOWACKA, M.; ZUBERNIK, J.; WITROWA-RAJCHERT, D. Selected chemical composition changes in microwave-convective dried parsley leaves affected by ultrasound and steaming pre-treatments – An optimization approach. *Food Chemistry*, v. 239, p.242-251, 2018.

DANTAS A. L.; SILVA S. M.; DANTAS R. L.; SOUSA A. S. B.; SCHUNEMAN A. P. P. Desenvolvimento, fisiologia da maturação e indicadores do ponto de colheita de frutos da unbugueleira

(Spondias sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**. [online]. 2016, vol.38, n.1, pp.33-42. ISSN 1806-9967. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-271/14>.

EZHILARASI, P. N.; INDRANI, D.; JENA, B. C.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Freeze drying technique for microencapsulation of Garcinia fruit extract and its effect on bread quality. **Journal of Food Engineering**, v. 117, p. 513–520, 2013.

FUENTES, J. M. V.; TEJACAL, I. A.; PÉREZ, X. D. P.; ZARAGOZA, S. E.; AGREDA, F. J. M.; COLÍN, C. A. N. Caracterización fisicoquímica de frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) en el Soconusco, Chiapas. **Ecosistemas y recursos Agropecuarios**. 2019. vol.6 no,17. <https://doi.org/10.19136/era.a6n17.1949>

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A. new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.11, p.342–351, 2010.

HHS, Department of Health and Human Services – USA. Code of foods. College Park, 2009. Disponível em: <<https://www.como.gov/health/wp-content/uploads/sites/13/2017/12/C%C3%B3digo-de-alimentos-Servicio-de-Salud-P%C3%ABlica-FDA-2009.pdf>>. Acesso em: 19 jan. de 2021.

HHS, Department of Health and Human Services – USA. Code of foods. College Park, 2009. Disponível em: <<https://www.como.gov/health/wp-content/uploads/sites/13/2017/12/C%C3%B3digo-de-alimentos-Servicio-de-Salud-P%C3%ABlica-FDA-2009.pdf>>. Acesso em 1 de janeiro de 2021.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4ªed. São Paulo. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**, 2008, 1000 p.

JAFARI, S. M.; GHALENOEI, M. G.; DEHNAD, D. Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. **Powder Technology**, v. 311, p.59–65, 2017.

JEDDOU, K. B.; BOUAZIZA, F.; ZOUARI-ELLOUZIA, S.; CHAARIA, F.; ELLOUZ-CHAABOUNIA, S.; ELLOUZGHORBELA, R.; NOURI-ELLOUZC, O. Improvement of texture and sensory properties of cakes by addition of potato peel powder with high level of dietary fiber and protein. **Food Chemistry**, v. 217, p. 668–677, 2017.

KRISHNA, A., JYOTHIKA, M. A. review on microcapsules. **Canadian Journal of Plant and Science**, v.4, n.2, p.26-33, 2015.

KUCK, L.S.; NOREÑA, C.P.Z. Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca* var. Bordo) skin phenolic extract using gum Arabic, polydextrose, and partially hydro-lyzed guar gum as encapsulating agents. **Food Chemistry**, v.194, p.569–576, 2016.

KWIATKOWSKI, A.; SANTOS, J. V. de A.; SOUZA, D. A.; SILVA, M. E. A.; SILVA, A. G. P.; SANTOS, T. C. Determinação de compostos bioativos da semente de seriguela (*spondias purpurea*). **Anais do III Simpósio de Frutos Nativos e Exóticos**, Campo Grande - MS, p. 35-38, 2019.

LEICHTWEI, M. G.; OLIVEIRA, B. P. P.; FERREIRA, I. C. F. R.; PEREIRA, C.; BARROS, L. Sustainable Recovery of Preservative and Bioactive Compounds from Food Industry Bioresidues. **Antioxidants**. 2021, 10, 1827. <https://doi.org/10.3390/antiox10111827>

MAHDAVI, S.A.; JAFARI, S.M.A; ASSADPOOR, E.; DEHNADA, D. Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.85, p.379–385, 2016.

MAKITA, C.; CHIMUKA, L.; STEENKAMP, P.; CUKROWSKA, E.; MADALA, E. Comparative analyses of flavonoid content in *Moringa oleifera* and *Moringa ovalifolia* with the aid of UHPLC-qTOF-MS fingerprinting. *South African Journal of Botany*, v. 105, p. 116–122, 2016.

MALDONADO-ASTUDILLO, Y. I.; ALIA-TEJACAL, I.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, J.; PELAYO-ZALDÍVAR C.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ANDRADE-RODRÍGUEZ, M.; BAUTISTA-BANOS, S.; VALLE-GUADARRAMA, S. Postharvest physiology and technology of *Spondias purpurea* L. and *S. mombin* L. **Scientia Horticulturae**, v. 174, p. 193–206, 2014.

MORENO, T., DE PAZ, E., NAVARRO, I., RODRÍGUEZ-ROJO, S., MATÍAS, A., DUARTE, C., SANZ-BUENHOMBRE, M., COCERO, M. J. Spray Drying Formulation of Polyphenols-Rich Grape Marc Extract: Evaluation of Operating Conditions and Different Natural Carriers. **Food and Bioprocess Technology**, v. 9, n. 12, p. 2046–2058, 2016.

NEGRÃO- MURAKAMI, A. N.; NUNES, G. L.; PINTO, S. S.; MURAKAMI, F. S.; AMANTE, E. R.; PETRUS, J. C. C.; PRUDÊNCIO, E. S.; AMBONI, R. D. M. C. Influence of DE-value of maltodextrin on the physicochemical properties, antioxidant activity, and storage stability of spray dried concentrated mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.). **LWT – Food Science and Technology**, v. 79, 2017.

Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). 30% de toda a comida produzida no mundo vai parar no lixo. 14 nov. 2017. Disponível em: nacoesunidas.org/fao. Acesso em: 7 jan. 2020.

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

PHISUT, N. Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. **International Food Research Journal**, v.19, p.1297-1306, 2012.

PUDZIUVELYTE, L.; MARKSA, M.; JAKSTAS, V.; IVANAUSKAS, L.; KOPUSTINSKIENE, D. M.; BERNATONIENE, J. Microencapsulation of *Elsholtzia ciliata* Herb Ethanolic Extract by Spray-Drying: Impact of Resistant-Maltodextrin Complemented with Sodium Caseinate, Skim Milk, and Beta-Cyclodextrin on the Quality of Spray-Dried Powders. **Molecules**, v. 24, n. 8, p. 1461, 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. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814618302516>.

ROCHA, G. T.; SILVA, A. G. ; PEIXOTO, N.; MARTINS, J. B.; RODRIGUES, F. **Vegetative propagation of red mombin (*Spondias purpurea*) with immersion in indole-3-acetic acid. Research Gate**. DOI: 10.5039/agraria.v14i2a5650. 2019.

RODRIGUES, L. M.; JANUÁRIO, J. G. B.; DOS SANTOS, S. S.; BERGAMASCO, R.; MADRONA, G. S. (2018). Microcapsules of 'jabuticaba' byproduct: Storage stability and application in gelatine. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 22(6), 424–429. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n6p424-429>

RODRIGUES, R. Coproduto da própolis como inibidor da oxidação lipídica em biscoitos de polvilho. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

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

ROSA, E. D.; TSUKADA, M.; FREITAS, L. A. P. Secagem por atomização na indústria alimentícia: Fundamentos e Aplicações, 2010. Disponível em: www.labmaqdobrasil.com.br Acesso em 23 jan. 2020.

SAÉNZ, C.; TAPIA, S.; CHÁVEZ, J.; ROBERT, P. Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). **Food Chemistry**, v.11, p.616–622, 2009.

SARABANDI, K.; JAFARI, S. M.; MAHOONAK, A. S.; MOHAMMADI, A. Application of gum Arabic and maltodextrin for encapsulation of eggplant peel extract as a natural antioxidant and color source. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 140, p. 59–68, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.133>>.

SEPTEMBRE-MALATERRE, A.; REMIZE, F.; POUCHERET, P. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bio-active compounds during lactic fermentation. **Food Research International**, v.104, p. 86-99, 2017.

SIACOR, F. D. C.; LIM, K. J. A.; CABAJAR, A. A.; LOBARBIO, C. F. Y.; LACKS, D. J.; TABOADA, E. B. Physicochemical properties of spray-dried mango phenolic compounds extracts. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 2, n. April, p. 100048, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100048>>.

SILVA, R. H.; LIMA, E. C.; DANTAS, S. C. M.; MEDEIROS, M. F. D. Secagem do extrato da casca de berinjela em *spray dryer* com adição de adjuvantes. **Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica- COBEQIC**. São Paulo, 2017

SILVA JUNIOR, M. E.; ARAÚJO, M. V. R. L. A.; SANTANA, A. A.; SILVA, F. L. H.; MACIEL, M. I. S. Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from ciriguela (*Spondias purpurea* L.) peel: Optimization and comparison with conventional extraction and microwave. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 14, p. 103260, 2021.

SOARES, E. DOS R.; MONTEIRO, E. B.; SILVA, R. C.; BATISTA, A.; SOBREIRA, F.; MATTOS, T.; COSTA, C. A.; DALEPRANE, J. B. Compostos bioativos em alimentos, estresse oxidativo e inflamação: uma visão molecular da nutrição. **Revista HUPE**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, jul. set. 2015, doi: 10.12957/rhupe.2015.19942.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS – TACO / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl. – Campinas: NEPA – UNICAMP, 161 p., 2011.

TOLUN, A., ALTINTAS, Z., ARTIK, N. Microencapsulation of grape polyphenols using maltodextrin and gum arabic as two alternative coating materials: Development and characterization, **Journal of Biotechnology**, v.239, p.23–33, 2016.

TONTUL, I., TOPUZ, A. Influence of emulsion composition and ultrasonication time on flaxseed oil powder properties. **Powder Technol.** v. 263, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2014.05.002>

VAZ JUNIOR, S. Aproveitamento de resíduos agroindustriais: uma abordagem sustentável. **Embrapa Agroenergia**, 2020. ISSN 2177-4439.

VERRUCK, S.; PRUDENCIO, E. S. Ultrassom na indústria de alimentos: Aplicações no processamento e conservação. **Atena**, 2018. 56 p. *E-book*.

VIDAL, M. F.; XIMENES, L. J. F. Comportamento recente da fruticultura nordestina: área, valor da produção e comercialização. **Caderno Setorial ETENE**. Ano 1, 2016.

VIDAL, F. Fruticultura na área de atuação do BNB: produção, mercado e perspectivas. **Caderno Setorial ETENE**. Ano 5, 2020.

VISHNU, K.K.; AJEESHKUMAR, K.R.; REMYAKUMARI, B.; GANESAN, S.C.; NILADRI, R.G.K., LEKSHMI, K. SHYNI, K., AND MATHEW, S. Gastroprotective effect of sardine oil (*Sardinella longiceps*) against HCl/ethanol-induced ulceration in Wistar rats. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, 5 (2), 118–124, 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, p.1801-1812, 1999.

YADAV, K., BAJAJ, R.K., MANDAL, S; MANN, B. Encapsulation of grape seed extract phenolics using whey protein concentrate, maltodextrin and gum arabica blends. **Journal of Food Science and Technology**. 57, 426–434, 2020. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04070-4>.

