

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

TESE DE DOUTORADO

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DE
PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**MIXES DE GERGELIM LIOFILIZADOS E UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO NA
ELABORAÇÃO DE BOLOS SEM GLÚTEN**

POLYANA BARBOSA DA SILVA

**CAMPINA GRANDE – PB
DEZEMBRO, 2020**

POLYANA BARBOSA DA SILVA

**MIXES DE GERGELIM LIOFILIZADOS E UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO NA
ELABORAÇÃO DE BOLOS SEM GLÚTEN**

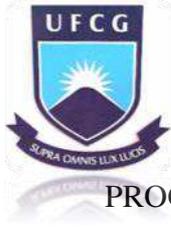
Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Doutor na Área de Concentração em Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida

ORIENTADORA: Prof^ª. Dr^ª. Josivanda Palmeira Gomes

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

DEZEMBRO, 2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA PROPOSTA DE TESE DA
DOUTORANDA**

POLYANA BARBOSA DA SILVA

**MIXES DE GERGELIM LIOFILIZADOS E UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO NA
ELABORAÇÃO DE BOLOS SEM GLÚTEN**

BANCA EXAMINADORA:

PARECER:

Prof. Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida
Orientador - DEAg/CTRN/UFCA

Profa. Dra. Josivanda Palmeira Gomes
Orientadora - DEAg/CTRN/UFCA

Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz
Examinador interno - DEAg/CTRN/UFCA

Profa. Dr. Ana Paula Trindade Rocha
Examinador interno - UAEAlim/CTRN/UFCA

Profa. Dra. Semirames do Nascimento Silva
Examinadora externa - DEAg/CTRN/UFCA

Profa. Dra. Luzia Márcia de Melo Silva
Examinadora externa – IFAL/CAMPUS MURICI

Prof. Dr. Antônio Jackson Ribeiro Barroso
Examinador externo – IFPE/CAMPUS BELO JARDIM

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

DEZEMBRO, 2020

Epígrafe

“Seja a mudança que você quer ver no mundo”

Mahatma Gandhi

Agradecimentos

A Deus, Criador de tudo que É, pela vida e pelo caminho que Ele me permitiu trilhar, chegando até aqui e buscando evoluir como ser humano e cidadã.

A meus pais, por proporcionarem vida a mim e pelas orientações primeiras no meu caminho neste mundo, com amor e dedicação. Meus maiores motivos de ter chegado até aqui. Aqui externo meu amor e gratidão eternos.

A meu orientador, professor Diassis que, mesmo em meio a desafios da vida, não deixou de me incentivar e me direcionar durante esse caminho, tornando-se, além de professor, um amigo querido e a quem sou muito grata.

A minha orientadora, professora Josivanda, por todo apoio, por sua solicitude e presteza durante a execução do trabalho, não hesitando em ajudar sempre que precisei, minha gratidão.

À UFPB e ao Departamento de Gastronomia, junto ao CTDR, que possibilitou o meu afastamento das atividades laborais para a realização do doutorado. Agradeço a todos do CTDR.

A todos que fazem a UFCG, em especial aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, aos funcionários e colaboradores.

À Embrapa Algodão – CG, pela parceria na aquisição de sementes de gergelim através da pesquisadora Nair Helena Castro Arriel.

À Emater, pela parceria na aquisição de frutos através da Dra. Christiane, Dr. Cazé e Dr. Ailton.

Ao amigo Dr. Jorge Cazé, pelo grande apoio ao longo dessa jornada e pelas contribuições no trabalho.

À profa. Luzia, pela solicitude e pelas contribuições neste trabalho.

À Dra. Christiane Cassimiro, pelo apoio, contribuições e amizade.

Ao prof. Dr. Alexandre, pela sua disponibilidade e contribuições no trabalho.

À profa Dra. Ana Paula, pela sua disponibilidade, atenção e contribuições.

À Dra. Semirames, pelas contribuições e valiosa amizade construída ao longo do doutorado com parceria no dia a dia das atividades e partilhas na vida, tanto nos momentos desafiadores quanto nos momentos leves.

Ao Dr. Antônio Jackson, pelas contribuições no trabalho e parcerias realizadas.

A minhas irmãs, Fabiana e Thallyana, pela caminhada e parceria na vida e à Sabine, minha cachorrinha sobrinha, que amo e que me trouxe e traz mais carinho e alegria nos dias desafiadores.

Aos colegas de turma e amigos pelos momentos e conhecimentos compartilhados com respeito e amizade; a Semirames, Jackson e Joselito pela valiosa parceria na realização do trabalho e amizade; à Joana, pelo companheirismo e amizade; a Luís, Suiane, Janaína, Ana Paula, Zanelli, Leidjane, Matheus, Handson, Rapha, Renato, Juan, Ana Raquel, Roberta, Dani, Fran, Leiliane, Marcela, Rodrigo, Bruno, Yvana, Auri, Carol, Karol, Inácia, Jemima, Marília. Foram muitos momentos vivenciados e que contribuíram no meu crescimento profissional e pessoal. Todos são muito especiais e os tenho grande carinho.

A minha amiga Lucinha, pelo carinho, incentivo e ajuda.

A Cláudio, pelo incentivo, ajuda e carinho a mim dedicados.

A minhas amigas Vanessa, Heloísa, Ângela e Dayana pela parceria ao longo do trabalho.

Aos colegas de trabalho Aline, Cláudia, José Carlos, Diego, que me auxiliaram nos momentos em que precisei utilizar os laboratórios do CTDR e a Diana pelo auxílio sempre que precisei.

À profa. Marta Madruga e à Dra. Mércia Galvão, que me possibilitaram realizar análise no laboratório no CT-UFPB.

À profa. Ângela, que possibilitou a realização de análises no Lacom UFPB, bem como ao prof. Bruno, Isabele, Bianca e Érica, pela parceria na realização dos experimentos.

À profa. Elieide, que me permitiu a utilização do laboratório na UFPB.

A todos que contribuíram de alguma forma na realização deste trabalho e na minha caminhada ao longo do doutorado e da vida.

Gratidão!

Dedico
Aos meus país, Maria Lúcia
Barbosa da Silva e João Batista da Silva
em honra pela vida e reconhecimento pelo
amor e dedicação.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xiv
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. GERAL	3
2.2. ESPECÍFICOS	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Aspectos gerais do gergelim	4
3.1.1 Peliculização e despeliculização	7
3.2. Cajá e umbu	9
3.3. Produção de mixes	11
3.4. Liofilização	12
3.5. Maltodextrina.....	13
3.6. Armazenamento	14
3.7. Elaboração de bolos e utilização de resíduos.....	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1. Local de condução do experimento	18
4.2. Matéria-Prima	19
4.3. Obtenção dos extratos em pó do gergelim e dos pós de cajá e umbu por liofilização ..	19
4.4. Caracterização físico-química das sementes de gergelim com pele e despeliculadas ..	20
4.4.1. Teor de água	20
4.4.2. Atividade de Água	20
4.4.3. Proteínas	21
4.4.4. Lipídeos	21
4.4.5. Cinzas	21
4.5. Caracterização físico-química das polpas de cajá e umbu.....	22
4.5.1. Ácido ascórbico	22
4.5.2. Teor de Sólidos Solúveis (SS)	22
4.5.3. pH	22
4.5.4. Acidez Titulável (AT)	22
4.5.5. Relação SS/AT	23
4.5.6. Cor	23

4.5.7.	Caracterização dos extratos liofilizados de gergelim, cajá e umbu	23
4.6.	Formulação e caracterização dos mixes de gergelim.....	25
4.6.1.	Caracterização dos mixes de gergelim com frutos de cajá e umbu liofilizados ..	25
4.7.	Atividade Antioxidante.....	27
4.7.1.	Atividade antioxidante pelo poder redutor do ferro – FRAP	27
4.7.2.	Atividade antioxidante pelo sequestro do radical livre - DPPH.....	28
4.7.3.	Identificação e quantificação dos compostos fenólicos.....	28
4.8.	Avaliação microbiológica, Reconstituição do pó e Análise Sensorial dos mixes	29
4.8.1.	Avaliação microbiológica dos mixes.....	29
4.8.2.	Reconstituição dos mixes em pó em diferentes diluições	30
4.8.3.	Análise sensorial dos mixes.....	30
4.9.	Armazenamento dos mixes.....	31
4.10.	Utilização do resíduo liofilizado de gergelim na formulação de bolos	31
4.10.1.	Caracterização físico-química e armazenamento dos bolos	32
4.11.	Análise estatística	33
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
6.	ARTIGO 1 - PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE EXTRATOS EM PÓ DE GERGELIM.....	41
	RESUMO.....	41
	ABSTRACT	41
6.1.	INTRODUÇÃO	42
6.2.	MATERIAL E MÉTODOS	43
6.2.1.	Local de condução do experimento e obtenção dos extratos aquoso e em pó do gergelim	43
6.2.2.	Caracterização físico-química das sementes de gergelim com pele e despeliculadas ..	44
6.2.3.	Caracterização e armazenamento dos extratos liofilizados do gergelim	45
6.2.4.	Análise estatística.....	45
6.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
6.3.1.	Caracterização físico-química das sementes de gergelim.....	46
6.3.2.	Caracterização físico-química dos extratos liofilizados de gergelim despeliculado ..	47
6.3.3.	Armazenamento do extrato liofilizado de gergelim despeliculado.....	50
6.4.	CONCLUSÃO.....	53
6.5.	REFERÊNCIAS.....	54
7.	ARTIGO 2 - PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PÓS LIOFILIZADOS DE CAJÁ E UMBU.....	57

RESUMO.....	57
ABSTRACT	57
7.1. INTRODUÇÃO	58
7.2. MATERIAL E MÉTODOS	59
7.2.1. Local de condução do experimento e obtenção dos pós liofilizados	59
7.2.2. Rendimento e Caracterização das polpas e dos pós de cajá e umbu com diferentes concentrações de maltodextrina	60
7.2.3. Análise estatística.....	61
7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
7.3.1. Caracterização físico-química das polpas de cajá e umbu.....	61
7.3.2. Rendimento e caracterização físico-química dos pós das polpas de cajá e umbu liofilizadas com diferentes concentrações de maltodextrina	64
7.4. CONCLUSÃO.....	70
7.5. REFERÊNCIAS.....	70
8 - ARTIGO 3 - ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM SEMENTE E EXTRATOS EM PÓ DE GERGELIM POR LIOFILIZAÇÃO	74
RESUMO.....	74
ABSTRACT	74
8.1. INTRODUÇÃO	75
8.2. MATERIAL E MÉTODOS	76
8.2.1. Local de condução do experimento	76
8.2.2. Despeliculação e Elaboração dos extratos em pó por liofilização	76
8.2.3. Obtenção dos extratos fenólicos	77
8.2.4. Compostos fenólicos totais	77
8.2.5. Atividade antioxidante pelo poder redutor do ferro – FRAP.....	78
8.2.6. Identificação e quantificação dos compostos fenólicos	78
8.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
8.4. CONCLUSÃO.....	83
8.5. REFERÊNCIAS.....	83
9. ARTIGO 4 - ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E PERFIL DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM POLPAS DE CAJÁ E UMBU	86
RESUMO.....	86

ABSTRACT	86
9.1. INTRODUÇÃO	87
9.2. MATERIAL E MÉTODOS	87
9.2.1 Compostos fenólicos totais	88
9.2.2. Obtenção dos extratos fenólicos para determinação da atividade antioxidante e para identificação e quantificação dos compostos fenólicos	88
9.2.3. Atividade antioxidante pelo poder redutor do ferro – FRAP.....	89
9.2.4. Atividade antioxidante pelo sequestro do radical livre - DPPH	89
9.2.5. Identificação e quantificação dos compostos fenólicos	89
9.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	90
9.4. CONCLUSÃO.....	94
9.5. REFERÊNCIAS.....	94
10. ARTIGO 5 - PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MIXES DE GERGELIM E FRUTOS LIOFILIZADOS.....	96
RESUMO.....	96
ABSTRACT	97
10.1. INTRODUÇÃO	97
10.2. METODOLOGIA.....	99
10.2.1. Local de condução do experimento	99
10.2.2. Obtenção das matérias-primas	100
10.2.3. Elaboração das formulações para liofilização.....	100
10.2.4 Caracterização e armazenamento dos mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu 101	
10.3. RESULTADOS	103
10.3.1. Caracterização dos mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu.....	103
10.3.2. Armazenamento dos mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu	107
10.4. CONCLUSÃO.....	114
10.5. REFERÊNCIAS.....	115
11. ARTIGO 6 - RECONSTITUIÇÃO E ANÁLISE SENSORIAL DOS MIXES DE GERGELIM E FRUTAS LIOFILIZADOS.....	119
RESUMO.....	119
ABSTRACT	119
11.1. INTRODUÇÃO	120

11.2. MATERIAL E MÉTODOS	122
11.2.1. Local de condução do experimento.....	122
11.2.2. Obtenção dos mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu	122
11.2.3. Avaliação microbiológica	122
11.2.3.1. Coliformes a 35 °C e coliformes a 45 °C.....	123
11.2.3.2. Bolores e leveduras	123
11.2.3.3. Salmonella.....	123
11.2.4. Reconstituição dos mixes em pó em diferentes diluições.....	123
11.2.5. Análise sensorial	123
11.2.6. Análise estatística.....	124
11.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	124
11.3.1. Análise microbiológica	124
11.3.2. Análise sensorial	126
11.4. CONCLUSÃO.....	130
11.5. REFERÊNCIAS.....	131
12. ARTIGO 7 - UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DO EXTRATO AQUOSO DE GERGELIM NA FORMULAÇÃO DE BOLOS SEM GLÚTEN E SEM LACTOSE ..	133
RESUMO.....	133
12.1. INTRODUÇÃO	134
12.2. MATERIAL E MÉTODOS	135
12.2.1. Local de condução do experimento e obtenção dos resíduos do extrato aquoso do gergelim	135
12.2.2. Caracterização físico-química dos resíduos úmido e liofilizado do extrato aquoso do gergelim	136
12.2.3. Elaboração dos bolos formulados a partir do resíduo liofilizado de gergelim	136
12.2.4. Caracterização dos bolos formulados a partir do resíduo liofilizado de gergelim..	137
12.2.5. Análise estatística.....	138
12.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	138
12.3.1. Caracterização físico-química do resíduo úmido e liofilizado do extrato aquoso do gergelim	138
12.3.2. Caracterização físico-química e armazenamento dos bolos formulados	139
12.4. CONCLUSÃO.....	143
12.5. REFERÊNCIAS.....	143
ANEXOS.....	145

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Formulações para elaboração de bolos com resíduo liofilizado de gergelim (RLG) e fubá.	32
Tabela 6.1.	Médias das características físico-químicas das sementes de gergelim com pele e sem pele.	46
Tabela 6.2.	Caracterização físico-química dos extratos liofilizados de gergelim sem pele com diferentes diluições e tempos de liofilização.	47
Tabela 6.3.	Valores médios das características físico-químicas avaliadas no extrato em pó de gergelim na diluição 1:2 durante o armazenamento.	50
Tabela 7.1.	Médias das características físico-químicas da polpa de cajá.	62
Tabela 7.2.	Médias das características físico-químicas da polpa de umbu.	63
Tabela 7.3.	Rendimento e Caracterização físico-química dos pós liofilizados de cajá com diferentes concentrações de maltodextrina.	64
Tabela 7.4.	Rendimento e Caracterização físico-química dos pós liofilizados de umbu com diferentes concentrações de maltodextrina.	67
Tabela 8.1.	Atividade antioxidante em sementes e extratos em pó de gergelim despeliculado.	79
Tabela 8.2.	Perfil de compostos fenólicos em sementes em pó de gergelim despeliculado.	81
Tabela 9.1.	Compostos fenólicos e atividade antioxidante de polpas de cajá e umbu.	90
Tabela 9.2.	Identificação e quantificação dos compostos fenólicos por HPLC presentes nas polpas de cajá (<i>Spondias mombin</i>) e umbu (<i>Spondias tuberosa</i>).	91
Tabela 10.1.	Valores médios dos mixes de gergelim e cajá. M1 (60%Gergelim:40%Cajá), M2 (50%Gergelim:50%Cajá).	103
Tabela 10.2.	Valores médios dos mixes de gergelim e umbu M3 (60%Gergelim:40%umbu) e M4 (50%gergelim:50%umbu).	106

Tabela 10.3.	Valores médios das características avaliadas no Mix 1 (60%Gergelim:40%Cajá) durante o armazenamento.	108
Tabela 10.4.	Valores médios das características avaliadas no Mix 3 (60%gergelim: 40%umbu) durante o armazenamento.	112
Tabela 11.1.	Resultado das análises microbiológicas dos mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu.	125
Tabela 11.2.	Valores médios dos atributos sensoriais dos mixes de cajá em duas diluições.	126
Tabela 11.3.	Valores médios dos atributos sensoriais dos mixes de umbu em duas diluições.	128
Tabela 12.1.	Formulações para elaboração de bolos com resíduo liofilizado de gergelim (RLG) e fubá.	137
Tabela 12.2.	Médias das características físico-químicas dos resíduos úmido e liofilizado de gergelim.	138
Tabela 12.3.	Médias da interação das formulações com o tempo de armazenamento para o teor de água e atividade de água dos bolos formulados com resíduo de gergelim liofilizado.	139
Tabela 12.4.	Médias da interação das formulações com o tempo de armazenamento para o teor de proteínas e lipídeos dos bolos formulados com resíduo de gergelim liofilizado.	141
Tabela 12.5.	Médias da interação das formulações com o tempo de armazenamento para o teor de cinzas dos bolos formulados com resíduo de gergelim liofilizado.	142

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Semente de gergelim com pele e despeliculadas.	8
Figura 11.1.	Intenção de compra do mix de gergelim e cajá.	127
Figura 11.2.	Intenção de compra do mix de gergelim e umbu.	129
Figura 12.1.	Bolos padrão e formulados com o resíduo do gergelim.	137

SILVA, Polyana Barbosa da Silva. Mixes de gergelim liofilizados e utilização do resíduo na elaboração de bolos sem glúten. (Tese de Doutorado). Campina Grande: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande; 2020.

RESUMO

Atualmente, a alimentação da população, em geral, tem sido pobre em nutrientes, com destaque para as proteínas e lipídeos de boa qualidade, e é crescente a demanda por produtos que sejam nutritivos e que, ao mesmo tempo, ofereçam praticidade de consumo. Diante disso, faz-se necessário que se busquem alternativas de alimentos com potencial nutricional e energéticos que beneficiem a população através da disponibilidade de novos produtos com essas características. Sendo assim, esse trabalho teve como objetivo produzir, armazenar e avaliar mixes de gergelim, cajá e umbu liofilizados e utilizar o resíduo liofilizado do gergelim na elaboração de bolos sem glúten. Os extratos em pó de gergelim foram obtidos a partir dos extratos aquosos nas proporções 1:2, 1:4, 1:6 (grão:água) e liofilizados a $-50\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ por períodos de 24, 48 e 72 h. As polpas dos frutos foram formuladas com maltodextrina em diferentes concentrações: 0, 10, 20, 25 e 30% para cajá e 0, 10, 15, 20, 30% para umbu e liofilizadas a $-50\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ por 72 h para obtenção dos pós. Após as avaliações físico-químicas, foram selecionados o melhor pó de gergelim e dos frutos e os mixes formulados com os percentuais de 50% e 60% de extrato em pó de gergelim e de 50% e 40% de pós dos frutos. Os mixes foram caracterizados e selecionadas as melhores concentrações para a produção e armazenamento. Foram armazenados em embalagens metalizadas com zíper à temperatura ambiente de 25 °C e avaliados físico-quimicamente a cada 30 dias durante um período de 180 dias. Os mixes selecionados foram avaliados sensorialmente nas diluições 1:6 e 1:8. Com o resíduo gerado no processamento do gergelim, foram formulados bolos sem glúten utilizando as proporções de 50, 60 e 70% do resíduo liofilizado e estes caracterizados físico-quimicamente e avaliados por um período de 6 dias, sendo analisados a cada dois dias. O extrato em pó de gergelim na diluição 1:2 em um tempo de 24 h obteve melhores características, principalmente referentes aos teores de proteínas e lipídeos, sendo selecionado para a produção dos mixes juntamente com os pós dos frutos formulados com 30% de maltodextrina, os quais apresentaram um teor de água mais adequado para utilização. Os mixes formulados com 60% de gergelim e 40% dos frutos apresentaram menores teores de água e atividade de água e maiores teores de lipídeos, proteínas e compostos fenólicos totais. Ao final do armazenamento, foi observado que este período foi adequado para a conservação dos mixes, quando os teores de umidade se mantiveram abaixo de 5% e a maior parte do conteúdo nutricional foi preservada, principalmente o teor de lipídeos, proteínas e compostos fenólicos, havendo pequena redução dos valores desses parâmetros. Esses produtos também podem ser considerados pós não higroscópicos, sendo uma vantagem para o armazenamento. Na análise sensorial, os mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu apresentaram maiores médias na diluição 1:8, sendo o atributo sabor e a impressão global os de maiores diferenças entre as duas diluições. Com relação ao resíduo liofilizado, o mesmo apresentou um baixo teor de água e de atividade de água, além de grandes concentrações de proteínas, lipídeos e compostos fenólicos. Os bolos contendo o resíduo também apresentaram conteúdos consideráveis de proteínas e lipídeos quando comparados à formulação padrão, havendo, ao final do armazenamento, uma pequena redução dos teores. Portanto, os mixes produzidos se configuram como uma excelente

alternativa de alimentos nutritivos e energéticos, podendo contribuir consideravelmente na dieta das populações, suprimindo carências nutricionais importantes, assim como a utilização do resíduo que, por sua riqueza em nutrientes e propriedades tecnológicas, pode ser utilizado na elaboração de bolos sem glúten, beneficiando os celíacos e os que buscam uma alimentação mais equilibrada e saudável.

Palavras-chave: liofilização; secagem; *S. indicum* L.; *Spondias mombin* L.; *Spondias tuberosa* Arruda Câmara.

SILVA, P. B. Freeze-dried sesame mixes and use of the residue in the preparation of gluten-free cake. (Doctoral Thesis). Campina Grande: Post-Graduate Program in Agricultural Engineering, Federal University of Campina Grande; 2020.

ABSTRACT

Currently, the population's diet, in general, has been poor in nutrients, with emphasis on proteins and lipids of good quality and growing demand for products that are nutritious and at the same time offer practical consumption. Therefore, it is necessary to search for food alternatives with nutritional and energy potential that benefit the population from the availability of new products with these characteristics. Therefore, this work aimed to produce, select and evaluate mixtures of sesame, cajá and freeze-dried umbu and use of freeze-dried sesame residue in the preparation of gluten-free cakes. The sesame powder extracts were obtained from aqueous extracts in the proportions 1: 2, 1: 4, 1: 6 (grain: water) and lyophilized at $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ for periods of 24, 48 and 72 h. The fruit pulps were formulated with maltodextrin in numerous different 0, 10, 20, 25 and 30% for cajá and 0, 10, 15, 20, 30% for umbu and lyophilized at $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 72 h for harvests of powders. After the physical-selected evaluations, the best sesame and fruit powder and mixes formulated with the percentages of 50% and 60% of sesame powder extract and 50% and 40% of fruit powders were selected. The mixes were characterized and selected as the best suitable for their production and storage, they were stored in metallic packages with a zipper at an ambient temperature of $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and taken physically-chemically every 30 days for a period of 180 days. The selected mixes were evaluated sensorially in dilutions 1:6 and 1:8. With the residue generated in the sesame processing, gluten-free cakes were formulated using the proportions of 50, 60 and 70% of the lyophilized residue and these were characterized physically and chemically and obtained over a period of 7 days, being amortized every two days. The sesame powder extract in the dilution 1: 2 in a time of 24 h obtained better characteristics mainly referring to the contents of proteins and lipids being selected for the production of the mixtures together with the powders of the fruits formulated with 30% of maltodextrin, which water content more suitable for use. The mixes formulated with 60% sesame and 40% of the fruits showed lower water content and water activity and higher levels of lipids, proteins and total phenolic compounds, at the end of storage it was observed that this period was suitable for the conservation of mixes, where the moisture content remained below 5% and most of the nutritional content was preserved, especially the content of lipids, proteins and phenolic compounds, with a small reduction in the values of these parameters, these products can also be considered non-hygroscopic powders, being an advantage for storage. In the sensory analysis, the mixes of sesame and cajá and sesame and umbu showed higher averages in the 1: 8 dilution, with the flavor attribute and the overall impression being the ones with the greatest differences between the two dilutions. Regarding the lyophilized residue, it had a low water content and water activity, in addition to high concentrations of protein, lipid and phenolic compounds. The cakes containing the residue also showed considerable protein and lipid content when compared to the standard formulation, with a small reduction in the contents at the end of storage. Therefore, the mixes produced are configured as an excellent alternative for nutritious and energetic foods and can contribute considerably to the population's diet, supplying important nutritional deficiencies, as well as the use of the residue that due to its richness in nutrients and technological properties can be

used in the elaboration of gluten-free cakes benefiting celiacs and those looking for a more balanced and healthy diet.

Keywords: freeze-drying; drying; *S. indicum* L; *Spondias mombin* L.; *Spondias tuberosa* Arruda Câmara.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Grande parte das populações dos países em desenvolvimento apresenta carências nutricionais na alimentação habitual, principalmente considerando a baixa ingestão de proteínas e lipídeos de boa qualidade. Em virtude disso, faz-se necessário que se busquem alternativas de alimentos com potencial nutricional e energéticos para que sejam utilizados como fonte de nutrientes importantes na dieta e pela indústria alimentícia no desenvolvimento de novos produtos.

Os produtos desenvolvidos na indústria de alimentos com alto teor de proteína e energéticos que podem suprir com eficácia as carências nutricionais da população de proteínas e vitaminas são de extrema relevância no combate à desnutrição. Para isso, vem sendo proposta a diversificação da alimentação, incluindo leguminosas como o amendoim (*Arachis hypogaea* L.), *in natura* e na forma de derivados com a finalidade de minimizar essa carência e enriquecer a dieta dessas populações (ALMEIDA *et al.*, 2014). Além do amendoim, sementes como as do gergelim podem ser inseridas nesse contexto por apresentarem características nutricionais consideravelmente apreciáveis.

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) possui teores consideráveis de proteínas e lipídeos, é considerado um alimento energético e funcional, podendo contribuir consideravelmente na dieta das populações, integrando uma alimentação saudável. Dessa forma, pode-se diversificar o uso do gergelim na forma de produtos derivados do seu processamento e possibilitar um maior consumo, aproveitando os benefícios dessa oleaginosa.

Uma das formas de diversificar o uso dessa semente é por meio da liofilização. Os alimentos liofilizados vêm ganhando espaço no mercado e apresentando importante demanda, uma vez que esse processo de secagem é eficiente por empregar baixa pressão e temperatura, mantendo grande parte das características e dos constituintes presentes no alimento, oferecendo, assim, produtos mais nutritivos e de qualidade, além de maior praticidade de consumo.

O desenvolvimento de produtos à base de sementes de gergelim, além de contribuir com a dieta equilibrada das populações, possibilita a geração de mais trabalho e renda para os pequenos e médios produtores nas localidades de plantio.

Os extratos de gergelim e os mixes elaborados a partir destes extratos com frutas obtidos por liofilização são produtos que agregam valor às sementes de gergelim e possibilitam um

consumo diversificado de alimentos nutritivos e práticos de consumo. Além da possibilidade de aproveitamento do resíduo gerado, uma vez que o mesmo é rico em nutrientes e apresenta características que possibilitam a sua utilização pela indústria na formulação de produtos diversos, como os de panificação, como é o caso dos bolos, propiciam alternativa de substituição de farinhas utilizadas tradicionalmente e habitualmente, oferecendo produtos mais saudáveis.

Dessa forma, o presente trabalho teve por finalidade elaborar dois mixes com base no extrato em pó de gergelim obtidos por liofilização adicionados de extrato em pó de cajá e de umbu, frutos estes de grande aceitação e disponíveis na região, bem como utilizar o resíduo gerado na formulação de bolos com base no resíduo liofilizado do gergelim e, assim, oferecer produtos ricos nutricionalmente, saborosos e energéticos e que atendam à necessidade do mercado interno e externo, considerando a carência de nutrientes importantes e fundamentais na dieta humana, especialmente a proteína e os lipídeos, presentes no gergelim.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Produzir e armazenar mixes de gergelim, cajá e umbu liofilizados e utilizar o resíduo do gergelim na elaboração de bolos sem glúten.

2.2. ESPECÍFICOS

- ✓ Produzir e armazenar extratos em pó de gergelim por processo de liofilização;
- ✓ Produzir pós utilizando diferentes concentrações de maltodextrina como adjuvante de secagem, sendo para o cajá (0, 10, 20, 25 e 30%) e para o umbu (0, 10, 15, 20 e 30%);
- ✓ Caracterizar físico-quimicamente os extratos em pó de gergelim e os pós de cajá e umbu liofilizados;
- ✓ Avaliar a atividade antioxidante e identificar e quantificar compostos fenólicos das sementes e do extrato em pó de gergelim.
- ✓ Avaliar a atividade antioxidante e identificar e quantificar compostos fenólicos das polpas de cajá e umbu.
- ✓ Elaborar os mixes com o extrato em pó de gergelim e os pós dos frutos;
- ✓ Avaliar as características físico-químicas e compostos bioativos dos mixes;
- ✓ Armazenar à temperatura de 25°C o extrato em pó de gergelim e os mixes que melhor preservaram seus componentes químicos e avaliar suas características físico-químicas por um período de 180 dias, a cada 30 dias de armazenagem;
- ✓ Determinar as diluições para a reconstituição dos mixes;
- ✓ Realizar as análises microbiológicas dos mixes;
- ✓ Avaliar a aceitação sensorial dos mixes desenvolvidos;
- ✓ Utilizar o resíduo liofilizado do gergelim na formulação de bolos;
- ✓ Avaliar as características físico-químicas dos bolos;
- ✓ Armazenar os bolos desenvolvidos e avaliar a estabilidade em um período de seis dias através da realização das análises físico-químicas, a cada dois dias.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Aspectos gerais do gergelim

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) pertence à família *Pedaliaceae* e das 38 espécies conhecidas dentro do gênero *Sesamum* é tida como a espécie cultivada e a mais antiga oleaginosa conhecida (ARRIEL *et al.*, 2009). A planta de gergelim provavelmente se originou na Ásia ou no leste da África, e os antigos egípcios usavam as sementes moídas como farinha. Há pelo menos 5.000 anos, os chineses utilizavam as sementes. Por séculos, eles queimavam o óleo para obtenção das cinzas e produção de blocos de tintas chineses. Os romanos moíam sementes de gergelim com cominho para fazer uma pasta que era passada no pão. Acreditava-se que a planta tinha poderes místicos e que o gergelim tinha qualidade mágica, como demonstrado na expressão “Abre-te, Sésamo”, do conto das noites na Arábia descrito em "Ali Babá e os quarenta ladrões" (ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA, 2019). Já de acordo com Kobayshi (1981), a África é considerada o continente de origem básico, haja vista contar com a maioria das espécies silvestres do gênero *Sesamum*, ao passo que na Ásia se encontra uma riqueza de formas e variedades das espécies cultivadas.

A planta de gergelim pode atingir mais de 2 metros de altura, embora a maioria das variedades tenha entre 60 e 90 cm, dependendo das condições de crescimento. As cápsulas de sementes têm entre 2,5 e 3,5 cm de comprimento, com 8 sementes em cada cápsula. Cada quilograma de gergelim contém aproximadamente 33.000 sementes. Dependendo da variedade, as sementes também diferem na cor (HSU *et al.*, 2011).

A produção mundial do gergelim totaliza 6.015.573 de toneladas, com uma área plantada de 11.743.382 de hectares e uma produtividade de 5123 hg/ha. O gergelim é cultivado em muitos países, sendo os maiores produtores Sudão, Myanmar, Índia, Nigéria, Tanzânia e China, somando juntos uma produção de 4.063.108 de toneladas e 8.323.739 de hectares em área cultivada com uma produtividade de 43.950 hg/ha (FAOSTAT, 2018).

O gergelim foi introduzido no Brasil pelos portugueses no século XVI, mais especificamente na região Nordeste, sendo tradicionalmente plantado para consumo local (ARRIEL *et al.*, 2007). Em 2018, o país apresentava uma área plantada de 20.000 ha, uma

produção de 14.000 toneladas e uma produtividade de 7.000 hg/ha de sementes de gergelim (FAOSTAT, 2018).

Dentre os estados brasileiros, Mato Grosso detém grande parte da produção nacional, sendo o município de Canarana responsável por 80% da produção nacional e apresentando uma área plantada de 50.000 ha, sendo a maior parte destinada ao mercado externo (EMBRAPA, 2019). No ano de 2017, a produção do Estado do Mato Grosso foi de 3.901 toneladas, seguido do Estado do Mato Grosso do Sul, com 200 toneladas, e do Pará, com 155 toneladas de sementes produzidas. No Nordeste, a maior produção ocorre no Estado do Ceará, sendo de 99 toneladas, e a Paraíba está na 10ª posição no *ranking* nacional com uma produção de 9 toneladas (IBGE, 2017).

A exploração do gergelim na Região Centro-Sul do País, especialmente no Estado de São Paulo, dá-se há mais de 60 anos, atendendo ao segmento agroindustrial oleaginoso e de alimentos *in natura*. Porém, na Região Nordeste, sua exploração comercial teve início em 1986, após a drástica redução no cultivo do algodão (ARRIEL *et al.*, 2007).

A produção de gergelim no Brasil se encontra abaixo da maioria das oleaginosas cultivadas, como a soja, coco, dendê, amendoim, girassol e mamona. No entanto, seu cultivo se configura como uma excelente opção agrícola, ao alcance de pequenos e médios produtores, por requerer práticas agrícolas simples e fáceis. Na região Nordeste, a comercialização do gergelim é bastante pulverizada e de difícil organização, sobretudo por ser proveniente de pequenos agricultores, em cuja posse se concentra a maior parte da produção (SILVA *et al.*, 2019).

Essa espécie possui distribuição tropical e subtropical com tolerância aos períodos de estiagem que ocorrem no Nordeste do Brasil, com produção proveniente de pequenos e médios agricultores, logo desempenhando apreciável importância social no meio rural (QUEIROGA *et al.*, 2014). O gergelim é considerado um alimento funcional e apresenta boas perspectivas de mercado. Sua cultura, embora ainda não seja muito difundida no país, pode ser uma alternativa para a produção de grãos por pequenos e médios produtores rurais no Nordeste brasileiro (GRILO; AZEVEDO, 2013).

As sementes de gergelim também são uma fonte importante de fibras e micronutrientes na dieta, como minerais, lignanas, tocoferóis e fitoesteróis (ELLEUCH *et al.*, 2011). Suas sementes contêm em média 50% de óleo de elevada qualidade nutricional e são muito

apreciadas como tempero e alimento energético. Suas propriedades medicinais o tornam apto para uso nas indústrias óleo-química e farmacológica, principalmente aquelas relacionadas à sua constituição em antioxidantes naturais, como as ligninas, fitosteróis e vários constituintes secundários, que conferem ao óleo elevada resistência à oxidação. Sendo considerado por muitos a Rainha das Oleaginosas, seu óleo é ingrediente fundamental na culinária oriental (ARRIEL *et al.*, 2009).

O gergelim possui inúmeras aplicações domésticas e industriais. Sementes de gergelim servem para decorar pães, biscoitos; pasta de gergelim para saborizar saladas e molhos, e constitui a base do halva (um bloco denso de pasta de gergelim adoçada). O óleo extraído das sementes é utilizado em saladas, como óleo de cozinha e na produção de margarina; em formulações de cremes para massagem corporal, sabão e lubrificantes; como solvente para injeção intramuscular; e como inseticida. O farelo resultante da extração do óleo de gergelim é um nutritivo alimento para animais e pode ser compostado (ELLEUCH *et al.*, 2011).

Em estudo realizado por Maia *et al.* (1999), a moagem da torta desengordurada de gergelim produz uma farinha com ótima textura e cor bastante clara. A farinha desengordurada de gergelim apresenta elevado valor proteico, com potencial para utilização em diversas formulações. A proteína da farinha desengordurada de gergelim é rica em aminoácidos sulfurados; o aminoácido limitante é a lisina. A utilização de misturas com farinha desengordurada de gergelim produz um alimento de alto valor nutricional.

O gergelim apresenta um óleo de excelente qualidade para diversos fins e sua torta residual é rica em proteína e possui elevado teor calórico (BELTRÃO, 2001). O farelo ou farinha contém entre 40 e 70% de proteínas e 2,8% de óleo, o que é um excelente alimento para o ser humano (sementes brancas) e para os animais (sementes de outras cores) (QUEIROGA *et al.*, 2008).

Essa espécie tem despertado um interesse especial por seus antioxidantes naturais. Atua, em virtude das evidências sobre o efeito anticarcinogênico, como redutor do colesterol no sangue e como inibidor de reações oxidantes nocivas que ocorrem no corpo. Em decorrência de suas propriedades antioxidantes, o óleo dessa *Pedaliaceae* também é usado como aditivo para estender a vida de prateleira dos óleos e dos alimentos que contêm lipídeos (ARRIEL *et al.*, 2009).

As sementes de gergelim quando processadas resultam numa farinha que pode ser utilizada na dieta para, assim, contribuir beneficentemente na redução do risco de diabetes, obesidade, bem como auxiliar no controle do perfil glicêmico e do peso em pacientes diabéticos tipo 2, de forma econômica, saborosa e saudável. Além disso, o consumo desse alimento proporcionaria uma maior ingestão de fibras, proteínas, vitaminas e minerais, contribuindo, assim, para uma alimentação mais saudável e uma melhor qualidade de vida, associada ao benefício adicional da perda de peso (FIGUEIREDO; MODESTO FILHO, 2008).

Relata-se que alguns fatores de risco para a saúde podem ser modificados com a alimentação e o impacto da dieta na nutrição humana. Sobre este tema há a necessidade de incentivar a população a um processo de reeducação alimentar, para então promover hábitos mais saudáveis. Nesse sentido, alguns alimentos como fonte alternativa na elaboração de produtos para a alimentação humana, na forma de extrato aquoso, vêm sendo bastante estudados. A soja, por exemplo, foi pioneira com esse propósito, porém os processos tecnológicos estão sendo adaptados para outras oleaginosas, como o amendoim, cujo extrato aquoso, liofilizado e outros produtos derivados do mesmo foram estudados por Almeida *et al.* (2014). E o gergelim constitui também uma excelente alternativa com esse propósito, através da diversificação de seus produtos.

3.1.1 Peliculização e despeliculização

O processo de remoção da casca ou pele das sementes de gergelim é chamado de descascamento ou despeliculação. A pele do gergelim possui grande quantidade de ácido oxálico e este tem o poder de reduzir o índice de utilização do cálcio dos alimentos e influenciar no sabor. Após o processo de despeliculação pode haver uma redução de 3 a 0,25% no ácido oxálico presente nas sementes, o que melhora grandemente a digestibilidade da proteína e os grãos conservam todos seus atributos naturais e nutricionais. Esse processo é uma pré-condição para o aumento do uso do gergelim no campo alimentício e os grãos podem ter preço duplicado ou triplicado, quando são direcionados para padarias, em relação aos grãos convencionais, e representam 62% do mercado do gergelim. As sementes despeliculadas são mais leves e mais saborosas que as sementes com pele. Essa operação pode ser realizada através dos métodos

manual, físico, mecânico e químico (ALMEIDA *et al.*, 2017). Na figura 1 estão apresentadas as sementes de gergelim com pele e despeliculadas.



Figura 1 - Semente de gergelim com pele e despeliculadas

A despeliculação do gergelim é uma forma de agregar valor às sementes de cor branca, já que elimina o oxalato de cálcio e a fibra não digerível, deixando a semente mais doce, por perder o gosto amargo que é característico da espécie. Já nos grãos de outras cores, este gosto amargo não é eliminado totalmente quando se remove a película, porque o oxalato de cálcio está presente no endosperma dos grãos em maior quantidade. A despeliculação dos grãos de cor branca valoriza o preço do produto no mercado, podendo duplicar ou triplicar em relação aos grãos convencionais por elevar sua qualidade alimentícia (QUEIROGA *et al.*, 2007).

Queiroga *et al* (2012), avaliando a qualidade de sementes de gergelim submetidas aos processos de despeliculação manual, físico e mecânico, relataram que todos os métodos utilizados acarretaram o aumento nos teores de óleos e proteínas nas sementes.

Agregar valor é alternativa viável para pequenos produtores, que organizados podem incrementar os lucros da atividade agrícola. No mercado convencional, assim como no ecológico, a semente branca e uniforme de gergelim tem maior demanda, em razão do maior rendimento do óleo e pela elaboração da farinha para alimentação humana (sem o gosto amargo), quando as sementes são despeliculadas (MAZZANI; LAYRISSE, 1998).

Esse processo de despeliculação se configura como sendo essencial na elaboração de produtos que utilizem sementes de gergelim em seus processamentos, como é o caso do extrato

em pó de gergelim ou mixes de gergelim com frutas por liofilização, a fim de que não haja interferência significativa no sabor dos produtos elaborados, em virtude do gosto amargo característico da espécie.

3.2. Cajá e umbu

A cajazeira (*Spondias mombin* L.) e o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) são espécies pertencentes à família *Anacarddeaceae* e ao gênero *Spondias*. A cajazeira é nativa de florestas úmidas em grande parte do norte da América do Sul, embora seja incerto se as populações da Mata Atlântica do Brasil são nativas, e é amplamente cultivada em regiões tropicais úmidas (MITCHELL; DALY, 2015).

O cajá consiste em um fruto tropical bastante apreciado e consumido, principalmente na Região Nordeste, por apresentar qualidade nutricional e valor comercial, no entanto, por ser perecível, apresenta altas taxas de perdas pós-colheita. Dessa forma, torna-se necessária a aplicação de processos que possibilitem seu armazenamento e comercialização por período prolongado (FERREIRA *et al.*, 2016). Conhecidos como cajá, cajá verdadeiro, cajá-mirim ou taperebá, os frutos são muito utilizados na confecção de polpas, sucos, picolés, sorvetes, néctares e geleias de excelente qualidade e valor comercial (SACRAMENTO; SOUZA, 2000).

No Brasil, as cajazeiras são encontradas isoladas ou agrupadas, notadamente na Amazônia e na Mata Atlântica, prováveis zonas de dispersão da espécie, e nas zonas mais úmidas dos estados do Nordeste. Trata-se de uma espécie em domesticação e sua exploração se dá de forma extrativista, contudo sua participação é crescente na comercialização de frutos nas regiões Norte e Nordeste do país. O fruto da cajazeira possui excelentes sabor e aroma, além de rendimento acima de 60% em polpa; por isso, é amplamente utilizado na confecção de suco, néctar, sorvetes, geleias, vinhos e licores (SANTOS-SEREJO *et al.*, 2009).

São atribuídas atividades farmacológicas à cajazeira, como atividades anti-inflamatória e antioxidante sugeridas por Cabral *et al.* (2016), avaliando as folhas da planta.

O umbuzeiro, espécie nativa do semiárido brasileiro, destaca-se por sua importância socioeconômica, fornecendo frutos e túberas ricas em água e nutrientes, de múltiplos usos, além de folhas usadas como alimento para os animais. Os frutos do umbuzeiro são coletados de forma extrativista e participam significativamente do agronegócio regional, tanto pelo consumo *in*

natura quanto sob a forma processada, sendo de grande importância socioeconômica, principalmente para as populações rurais do semiárido Brasileiro, possuindo grande potencial de exploração (BATISTA *et al.*, 2015).

O umbu é um fruto pequeno, de formato arredondado, sabor típico e exótico e acentuado gosto ácido (SANTOS-SEREJO *et al.*, 2009). O extrativismo do umbu é responsável por quase metade da renda dos pequenos agricultores da região semiárida brasileira e apresenta bom potencial para elaboração de produtos em agroindústrias, a exemplo do suco de umbu, que agrega cinco vezes mais valor ao fruto. O suco de umbu pode ser considerado fonte de antioxidantes e possui boa aceitabilidade junto aos consumidores (RYBKA; BIASOTO; ARAÚJO, 2012).

A produção do umbu em 2018 no Brasil foi de 7.765 toneladas, sendo o Nordeste responsável por 6.996 toneladas. O estado da Bahia foi responsável pelo maior volume de produção, sendo de 5.752 toneladas, e a Paraíba abrangeu 227 toneladas do total (IBGE, 2018).

Os frutos de cajá e umbu possuem conteúdo considerável de substâncias com propriedades funcionais, antocianinas e flavonoides, constituindo-se em uma fonte potencial de antioxidantes naturais para a dieta humana que contribuem na prevenção de inúmeras doenças (SANTOS, *et al.*, 2018).

Os frutos de *Spondias* possuem alta perecibilidade e é necessário o emprego de técnicas de conservação ou transformação tecnológica que possibilitem reduzir o desperdício proveniente da safra e agregar valor ao produto. Uma das técnicas empregadas é a secagem, a qual possibilita a redução da atividade biológica e as transformações químicas e físicas pela redução do teor de água no material (SOUSA *et al.*, 2019).

Os estudos com os frutos de *Spondias* vêm sendo desenvolvidos e são de extrema relevância para a exploração racional dessas espécies. Sousa *et al.* (2016) avaliaram frutos de cajá *in natura*, formulados com concentrações diferentes de maltodextrina e liofilizados e verificaram que as polpas formuladas com diferentes concentrações de maltodextrina, assim como as amostras em pó, tiveram suas características físico-químicas alteradas com incrementos deste adjuvante de secagem. Sousa *et al.* (2019) realizaram pesquisas com frutos de cajá e umbu-cajá na determinação das curvas de secagem por meio da liofilização e utilizaram diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais, em função da concentração de maltodextrina. Rodrigues *et al.* (2018) avaliaram a evolução da qualidade de

frutos de cajazeiras durante a maturação e afirmam que o cajá apresenta significativo teor de ácido ascórbico que evolui até o intermédio da maturação, valorizando este fruto para consumo na forma de polpa e produtos derivados.

Silva *et al.* (2019) realizaram estudos com fruto do umbuzeiro utilizando os resíduos agroindustriais na produção de uma farinha a fim de reaproveitar as propriedades nutricionais do fruto durante a vida útil, facilitar a comercialização, agregar valor e diminuir o desperdício alimentar. Dutra *et al.* (2017) avaliaram frutos maduros de umbu e verificaram a variabilidade das características físicas e químicas dos frutos produzidos e colhidos nas diversas regiões estudadas. Bastos *et al.* (2016) realizaram pesquisa com polpa de umbu comercial a qual foi concentrada e avaliada e observaram que a concentração, em baixa temperatura, mostrou ser eficiente, sendo possível a obtenção de uma polpa concentrada de umbu sem alterar suas propriedades físico-químicas.

Observa-se, portanto, que os frutos de cajá e umbu possuem grande potencial de exploração por suas características nutricionais e sua importância econômica.

3.3. Produção de mixes

A formulação de mixes vem sendo cada vez mais incrementada e inovada, buscando o equilíbrio na junção de fatores que tenham como objetivo proporcionar o enriquecimento nutricional e funcional, sem deixar de lado o aspecto sensorial do produto (MOURA *et al.*, 2014). No desenvolvimento das misturas (mixes), ocorre uma compensação, produzindo sucos e néctares com maior valor nutricional. Além disso, o desenvolvimento de bebidas mistas permite a obtenção de novos sabores, e melhoria da cor e consistência dos produtos ofertados (PEREIRA *et al.*, 2009).

Abreu *et al.* (2007), avaliando bebidas de soja com frutas tropicais, observaram que a mistura de extrato de soja e suco de frutas tropicais conferiu ao produto melhores características nutricionais, do que o suco de fruta e do extrato de soja isoladamente, principalmente em relação ao teor de vitamina C e de compostos fenólicos. Por outro lado, os teores de proteínas foram maiores no extrato de soja puro.

Dionísio *et al.* (2018), após o processamento, avaliaram a estabilidade de uma bebida de caju e yacon (proporção 1:1, v/v) durante o armazenamento sob refrigeração a ($5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$). Essa bebida apresentou níveis consideráveis de compostos bioativos durante o período de armazenamento e não sofreu alteração na sua qualidade sensorial e microbiológica no período de 90 dias.

Albuquerque *et al.* (2015) produziram e avaliaram mixes à base de extrato aquoso de amendoim (“leite de amendoim”) e enriquecidos com polpas de umbu e cajá e foi observado que o teor de proteínas diminuiu com o tempo de armazenamento. Barroso *et al.* (2017), avaliando mixes liofilizados de amendoim e mangaba e de amendoim e umbu formulados com diferentes proporções de amendoim e dos frutos, obtiveram produtos mais ricos em proteína, vitamina C e percentual energético em comparação com os pós liofilizados de cada fruta. Portanto, a elaboração de mixes liofilizados se constitui em uma opção alternativa, pois, além de concentrar os constituintes dos alimentos, também preservam sua vida de prateleira.

3.4. Liofilização

A liofilização é um processo de secagem por sublimação desenvolvido a fim de reduzir as perdas dos compostos responsáveis pelo sabor e aroma dos alimentos, que são perdidos durante os processos de secagem convencionais. O processo consiste basicamente em congelar o produto e depois, por sublimação direta, secar sob pressão reduzida (ORREGO, 2008).

O equipamento utilizado na sublimação é o liofilizador, também conhecido como “*freeze-drier*”. Na liofilização, a água é eliminada do alimento por sublimação. O alimento é congelado e, no liofilizador, sob vácuo, ocorre a desidratação. O sistema de vácuo reduz a pressão para 1 mmHg, condição que deve ser mantida até o final da secagem. A vantagem desse processo são as mínimas perdas de nutrientes e uma rápida reidratação do produto seco. Quanto menores as perdas nutricionais, mais oneroso é o processo de secagem, sendo ainda considerado um processo caro devido ao elevado custo do equipamento (CELESTINO, 2010).

Alimentos liofilizados são produtos com alto valor agregado por reter grande parte de seus nutrientes originais, uma vez que empregam baixas temperaturas em seu processamento. Entretanto, seu custo é expressivamente maior quando comparado aos produtos secos por outras técnicas, necessitando-se, assim, de pesquisas que minimizem os custos operacionais,

ofertando, dessa maneira, produtos a um preço competitivo. Além disso, a qualidade final do produto, considerando-se os aspectos nutritivos e sensoriais, também deve ser investigada para garantir alimentos seguros e nutritivos aos consumidores. Dentre os índices de qualidade, podem-se citar o teor de retenção de vitamina C, a capacidade de reidratação e a textura (VIEIRA *et al.*, 2012).

Silva *et al.* (2018) produziram e avaliaram extratos em pó de amendoim com pele e sem pele obtidos por liofilização e constataram a eficiência do processo na obtenção e preservação da maior parte dos constituintes dos pós obtidos. Oliveira *et al.* (2014) caracterizaram o pó da polpa de cajá liofilizada e observaram que são boas fontes de ácido ascórbico, açúcares redutores e apresentam baixa higroscopicidade.

Santos *et al.* (2014), avaliando o potencial de ervas medicinais (Capim-limão, chá verde e hibisco), obtiveram resultados que revelaram a importância do processo de liofilização nas amostras, uma vez que houve um aumento da qualidade dos chás sem que houvesse danos na sua qualidade sensorial.

Portanto, diante das pesquisas que vêm sendo desenvolvidas com extratos vegetais e frutos, a liofilização se mostra como um método de extrema importância e eficiência no desenvolvimento de produtos em pó, obtendo maior concentração de nutrientes e maior tempo de vida útil dos produtos.

3.5. Maltodextrina

A maltodextrina é produzida por hidrólise enzimática do amido. Sua qualidade é influenciada por vários fatores: (1) o método da hidrólise enzimática (periódica, contínua), (2) a limpeza do hidrolisado e (3) as circunstâncias da desidratação e do processo de secagem. O produto feito de amido de batata é de sabor neutro, solúvel em água e sua solução é clara. Em geral, amidos enzimaticamente modificados podem ser usados como aditivos na indústria de alimentos. Diferentes tipos são usados para espessamento, estabilização e fabricação de comprimidos. Certos amidos modificados formam um gel na água; eles podem ser usados como substitutos da gordura (LUDVIG e LEDNICZKY, 1992).

As maltodextrinas representam uma classe especial de hidrolisados de amido diferenciados dos xaropes de milho porque são inferiores a 20 D.E (dextrose equivalente).

Como os xaropes de milho, eles são preparados por hidrólise ácida e / ou enzimática do amido. As maltodextrinas são normalmente fornecidas como pó branco de fluxo livre, com um sabor muito suave. Caracteristicamente, as maltodextrinas têm pesos moleculares relativamente altos e um baixo poder redutor. Os altos pesos moleculares das maltodextrinas fazem com que suas soluções exibam baixas pressões osmóticas, altas viscosidades e pouca ou nenhuma doçura. O baixo poder redutor significa que as maltodextrinas participam apenas levemente das reações de escurecimento (FEATHERSTON, 2015).

Galmarini *et al.* (2011) sugerem que, para manter a qualidade de frutas liofilizadas, deve-se considerar a utilização de adjuvantes de secagem, como a maltodextrina com diferentes dextroses equivalentes (DE). Além de permitir obtenção de pós menos higroscópicos, esse aditivo pode produzir pó “solto”, de fácil manuseio e com boa qualidade (MOSQUERA *et al.*, 2012).

O uso da maltodextrina vem sendo muito utilizado na obtenção de produtos em pó pela indústria, e muitas pesquisas são realizadas utilizando-a como adjuvante de secagem. Krumreich *et al.* (2016) utilizaram a maltodextrina e avaliaram a influência no método de desidratação (liofilização e secagem em estufa a 70°C) e da aplicação de carboidratos (goma arábica e maltodextrina) sobre a estabilidade dos compostos da polpa de uvaia em pó e encontraram melhores resultados na combinação da maltodextrina associada ao método de liofilização, principalmente a preservação do ácido ascórbico. Barroso *et al.* (2016), avaliando o efeito da concentração de maltodextrina no processo de liofilização de mangaba, observou que houve redução do conteúdo de umidade e acidez e aumento do pH, tornando-o menos ácido, favorecendo a produção de mangaba em pó para consumo na forma de suco.

Maciel *et al.* (2020) avaliaram a influência da maltodextrina nas propriedades de escoamento do pó da polpa de cupuaçu liofilizada e concluíram que a adição de maltodextrina afetou as propriedades de escoamento dos pós de cupuaçu, facilitando o escoamento e aumentando sua densidade.

3.6. Armazenamento

Uma das funções mais importantes da indústria de alimentos é preservar as características originais por um maior período de tempo após o processo de transformação.

Dessa maneira, as condições ambientais do armazenamento, como a temperatura, umidade, luminosidade e o tipo de material da embalagem utilizada são aspectos que devem ser avaliados e controlados, com a finalidade de manter a qualidade dos produtos durante a sua vida de prateleira (MATTA *et al.*, 2004).

Os produtos desidratados sofrem alteração de acordo com o tempo de armazenamento por ocasião de várias reações. Tais produtos apresentam, quando embalados, uma maior vida de prateleira se protegidos de modo a evitar o contato com o oxigênio e o aumento do teor de umidade, evitando a ocorrência do empedramento ou aglomeração (ALVES, 2001).

A embalagem em que os produtos secos são acondicionados é um dos fatores que, além de favorecer a qualidade do produto durante o armazenamento, muitas vezes leva os consumidores à compra devido a uma série de características (formato, tamanho, material, cor, *design*) (ALEXANDRE *et al.*, 2014). A embalagem deve funcionar como barreira contra a umidade e possuir capacidade de impedir a transferência de oxigênio para o produto, cujos atributos de qualidade devem ser monitorados e avaliados a fim de se garantir a segurança e aceitação (JANGAM *et al.*, 2010).

Na ausência de recursos laboratoriais suficientes, a análise sensorial do produto pelo consumidor pode ser utilizada na determinação da vida útil. Dessa forma, a análise sensorial envolvendo consumidores revela-se um fator primordial na determinação da vida útil de muitos alimentos (MANZOCCO *et al.*, 2012).

Embora a secagem forneça garantias ao produto, é por meio do monitoramento do produto acondicionado que o consumidor tem o conhecimento das condições do alimento antes do consumo. A embalagem fica em contato com o alimento e pode ser considerada a ferramenta mais simples e viável para o fornecimento de informações sobre a qualidade do alimento embalado, durante o transporte e acondicionamento (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Os estudos de armazenamento são de extrema relevância e necessários para garantir para os consumidores e para a indústria de alimentos a qualidade dos produtos desenvolvidos. Conegero *et al.* (2017), avaliando a estabilidade do pó de polpa de mangaba obtido por liofilização, observaram que os parâmetros físico-químicos se mantiveram estáveis durante o armazenamento de 90 dias em embalagens laminadas com e sem vácuo e embalagem plástica sem vácuo, e somente a embalagem plástica com vácuo não permitiu a manutenção da característica do pó. Os mesmos autores concluíram que as concentrações de ácido ascórbico

permaneceram dentro dos padrões exigidos pela legislação brasileira em todas as embalagens ao longo do período de armazenamento estudado, sendo a embalagem laminada a vácuo a mais efetiva na preservação da concentração de ácido ascórbico e atividade de água, o que permite melhor conservação do produto em comparação com as demais embalagens avaliadas.

Oliveira *et al.* (2015), ao avaliarem a estabilidade da polpa do fruto de mandacaru em pó durante o armazenamento em embalagens laminadas em condições controladas de temperatura (25 °C) e umidade relativa (57,7%), constataram aumento do teor de umidade e da atividade de água ao longo do armazenamento de 50 dias, tendo utilizado 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes, porém as amostras se mantiveram seguras em razão da atividade de água não ter ultrapassado o valor de 0,351 e o pH estar dentro da faixa considerada inibidora de patógenos.

Alexandre *et al.* (2014), em estudo da estabilidade da pitanga em pó, produzida pelo método de secagem em camada de espuma e armazenada em embalagem flexível multifolhada (PET/PP) durante 60 dias sob condições ambientais, constataram que houve aumento da umidade, uma vez que, ao final do armazenamento, o aumento foi de 14,26% entre a umidade inicial e a final, e que provavelmente foi consequência da embalagem multifolhada não ser totalmente impermeável, deixando ocorrer troca de umidade com a atmosfera.

Santos *et al.* (2016), ao avaliarem o desempenho físico, estabilidade química e físico-química da polpa de umbu-cajá em pó produzido por liofilização durante 180 dias de armazenamento em condições ambientais acondicionadas em embalagem laminadas, constataram que o teor de água aumentou ao longo desse período, sendo que a utilização da goma arábica nas formulações reduziu significativamente a umidade ao fim do armazenamento, passando de 14,02% na formulação com 10% de goma arábica para 7,83% na formulação com 30% deste aditivo, e a atividade de água teve comportamento semelhante. O teor de ácido ascórbico também sofreu redução ao longo do armazenamento, porém em valores absolutos essa redução teve maior influência pela adição do aditivo. Com o aumento da concentração da goma arábica, o ácido ascórbico foi reduzido significativamente.

Diante destes e outros estudos realizados sobre armazenamento de produtos alimentícios, verifica-se a importância da avaliação dos fatores tipo de embalagem utilizada, aditivo e condições de armazenamento.

3.7. Elaboração de bolos e utilização de resíduos

São gerados grandes volumes de resíduos e subprodutos do processamento de alimentos a partir da transformação das matérias-primas, como é o caso das indústrias que produzem óleos de soja e amendoim, que geram a torta. A maior parte desses resíduos apresenta potencial agro-sócio-econômico para o desenvolvimento local, porém, quando não utilizada na produção de ração animal, muitas vezes não é aproveitada (BARROSO *et al.*, 2019).

O bolo é um produto que apresenta grande aceitação e consumo e está inserido na categoria de produtos de confeitaria de acordo com a Resolução – CNNPA nº12, de 1978 e é definido como o produto assado, preparado à base de farinhas ou amidos, açúcar, fermento químico ou biológico, podendo conter leite, ovos, manteiga, gordura e outras substâncias alimentícias que caracterizam o produto (BRASIL, 1978).

De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de biscoitos, massas alimentícias e pães e bolos industrializados (ABIMAPI), o Brasil produziu e vendeu em 2019 (0,043 milhões de toneladas) 43.000 toneladas de bolos, atingindo um total de 1,151 bilhão de reais (ABIMAPI, 2020).

Martin *et al.* (2012) utilizaram resíduo da casca de abacaxi na elaboração de um bolo, objetivando a suplementação do teor de fibras na dieta alimentar, havendo boa aceitação para todos os atributos avaliados – sabor, textura, aroma e aparência global, além de conterem teores de fibra maiores que o bolo convencional sem acréscimo de qualquer fonte de fibra.

Morais *et al.* (2018) utilizaram a farinha de fibra do caju na elaboração de *cupcake* e obtiveram um produto com alto nível de aceitação e com um aumento no aporte de fibras, melhorando o seu perfil nutricional. Silva *et al.* (2018) elaboraram *cupcake* utilizando a farinha do resíduo do umbu-cajá em diferentes proporções e obtiveram uma boa aceitação quando utilizaram até 20% do resíduo em substituição de farinha de trigo que é utilizada normalmente nesse tipo de produto, aumentando, assim, o teor de fibra bruta.

Albuquerque *et al.* (2016) utilizaram extrato aquoso de amendoim na elaboração de bolos funcionais e obtiveram uma boa aceitação das formulações avaliadas, além do considerável valor nutricional, constatando a viabilidade da utilização desse extrato na elaboração de massa para produção de bolos.

Barroso *et al.* (2019) utilizaram o resíduo do extrato aquoso de amendoim na elaboração de bolo sem glúten e constataram o potencial nutricional do resíduo e os bolos elaborados foram bem aceitos sensorialmente. Souza *et al.* (2012) utilizaram fubá, pasta e óleo de gergelim na formulação de bolos com o objetivo de proporcionar um produto com mais benefícios à saúde e de promover a utilização do milho e do gergelim em produtos de panificação, uma vez que podem beneficiar a agricultura familiar. Türker *et al.* (2016) avaliaram a farinha da casca da banana verde sobre as características físicas de bolos sem glúten e verificaram que a utilização de proporções de 5 e 10% desta farinha não afetaram negativamente o volume, volume específico, densidade e a perda de massa desses bolos sem glúten.

Diante da necessidade de destinar os resíduos gerados na indústria de alimentos de forma sustentável e aproveitar o máximo potencial que estes representam, são essenciais estudos que possibilitem a utilização desses materiais. O resíduo do gergelim é rico em nutrientes importantes na dieta humana e apresenta grande potencial de ser utilizado no desenvolvimento de produtos pela indústria alimentícia.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local de condução do experimento

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em parceria com os Laboratórios de Processamento de Alimentos, Físico-química e Análise Sensorial do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR), Laboratório de Microbiologia do departamento de Nutrição e de Análise Sensorial do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

4.2. Matéria-Prima

Foram utilizadas sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.) da Cultivar BRS Anahí fornecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Algodão – Campina Grande, PB.

Os frutos de cajá (*Spondias mombim*) foram adquiridos de produtor do município de João Pessoa através de parceria com a Estação Experimental José Irineu Cabral, pertencente à Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária (EMPAER). Os frutos de cajá foram colhidos em estágio maduro, acondicionados em caixas previamente protegidas com plástico e transportados rápida e cuidadosamente ao laboratório de processamento de alimentos. Eles foram selecionados, lavados e sanitizados em água clorada na diluição de 200 ppm por um período de dez minutos, com posterior enxague e despulpados em despulpadeira de aço inoxidável. Em seguida, as polpas foram acondicionadas em embalagens de polietileno e congeladas até o momento de sua utilização. Foram utilizadas polpas de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), adquiridas em uma cooperativa localizada no município de Afogados de Ingazeira, Pernambuco, Brasil.

4.3. Obtenção dos extratos em pó do gergelim e dos pós de cajá e umbu por liofilização

As sementes de gergelim foram despeliculadas em um protótipo despeliculador de gergelim desenvolvido no LAPPA por MORAES (2018), sendo a despeliculação realizada após a imersão das amostras de 30 g de sementes em água a 90 °C durante 3 min e agitadas no protótipo com a rotação do cilindro despeliculador de 245 rpm, o ângulo de inclinação do cilindro de 45° no tempo de agitação de 7 min, melhor condição de desempenho da máquina despeliculadora. As sementes despeliculadas foram secas em estufa de secagem a 40 °C e levadas a um soprador para separação da pele, em seguida realizada uma limpeza manual.

Utilizando o gergelim despeliculado, foram obtidos os extratos aquosos em três diferentes concentrações (grão: água) de 1:2 e 1:4 e 1:6, trituradas em liquidificador por 5 minutos. Os extratos foram acondicionados em formas plásticas de polietileno e congelados por 24 h, em seguida transferidos para bandejas de aço inoxidável e levados novamente ao congelamento em freezer a -18°C por 72 h. Foram testados três tempos de liofilização, 24, 48

e 72 h. Os pós foram avaliados quanto aos parâmetros físico-químicos para a escolha do extrato em pó do gergelim que melhor preservou seus constituintes. O melhor pó foi acondicionado em embalagens laminadas e armazenados à temperatura de 25 °C até o momento das análises físico-químicas.

Para obtenção dos pós dos frutos, foram preparadas cinco formulações quanto à adição do adjuvante de secagem maltodextrina, em que foram utilizados os percentuais de 0, 10, 20, 25 e 30% para a polpa de cajá e 0, 10, 15, 20 e 30% para a polpa de umbu. As polpas formuladas foram acondicionadas em formas plásticas de polietileno e congeladas por 24 h, em seguida transferidas para bandejas de alumínio e levadas novamente ao congelamento em freezer a -18 °C por 72 h e então submetidas ao processo de liofilização por um período de 72 h, de forma que a umidade dos pós dos frutos não ultrapassasse o valor máximo estabelecido na legislação, que é de 5% para frutas liofilizadas (BRASIL, 1978). Os pós foram acondicionados em embalagens laminadas e armazenados à temperatura ambiente até o momento das análises físico-químicas para a escolha da melhor formulação para a obtenção dos pós.

O resíduo gerado do extrato do gergelim também foi acondicionado em formas plásticas de polietileno e congelado por 24 h, transferido para as bandejas de alumínio e levados novamente ao freezer a -18 °C por 72 h para ser liofilizado por um período de 24 h.

Os processos de liofilização foram realizados em liofilizador modelo L101 à pressão menor que 170 µHg e à temperatura de (-55 °C +/- 3 °C) sob vácuo.

Após a liofilização, os produtos foram acondicionados em embalagens laminadas e armazenados à temperatura ambiente até o momento das formulações dos mixes e dos bolos e análises.

4.4. Caracterização físico-química das sementes de gergelim com pele e despelculadas

4.4.1. Teor de água

O teor de água foi determinado por secagem direta em estufa a 105 °C, utilizando 5 g da amostra, de acordo com Brasil (2008).

4.4.2. Atividade de Água

A atividade de água (a_w) foi obtida por leitura direta no equipamento AquaLab modelo 3TE, com temperatura controlada de $25,0 \pm 0,5$ °C.

4.4.3. Proteínas

O teor de proteínas totais foi determinado pelo método de digestão de Kjeldahl, que se baseia em tres etapas: digestão, destilação e titulação e que consiste na determinação do nitrogênio total. O resultado foi convertido em proteína, utilizando o fator 6,25, de acordo com a metodologia (BRASIL, 2008).

4.4.4. Lipídeos

A determinação do teor de lipídeos foi realizada utilizando a metodologia descrita por Bligh e Dyer (1959), utilizando-se uma massa de 2,5 g da amostra e adicionando uma mistura de solvente constituído de 10 mL de clorofórmio e 20 mL de metanol, em seguida a mistura foi agitada em agitador magnético por 30 minutos. Após completa homogeneização foi adicionado mais 10 mL de clorofórmio e 10 mL da solução de sulfato de sódio a 1,5%, seguida de agitação por 5 minutos, em seguida ocorreu a formação do sistema bifásico. Da camada inferior, fase orgânica rica em clorofórmio e que contém os lipídeos, com auxílio de uma pipeta volumétrica, foi retirado 5 mL e transferido para uma cápsula previamente tarada e levada à estufa a 80 °C até completa evaporação do solvente (em torno de 2 horas). As cápsulas foram retiradas da estufa, resfriadas em dessecador e pesadas em balança analítica. O resultado foi obtido utilizando a Equação I:

$$\% \text{ Lipídeos} = \frac{PL \times 4}{PA} \times 100 \quad (\text{I})$$

Onde: PL – Peso dos lipídeos contidos em 5 mL (g)

PA – Peso da amostra (g)

4.4.5. Cinzas

Foram utilizados 5 g da amostra pesada em cápsula de porcelana e levados para a mufla à temperatura de 550 para serem incinerados, conforme Brasil (2008).

4.5. Caracterização físico-química das polpas de cajá e umbu

Foram realizadas as análises de teor de água (subitem 4.4.1), sendo que a 70 °C, atividade de água (subitem 4.4.2), proteínas (subitem 4.4.3), lipídeos (subitem 4.4.4), cinzas (subitem 4.4.5).

4.5.1. Ácido ascórbico

Foi determinado de acordo com Benassi e Antunes (1998). O método se baseia na redução do 2,6-diclorofenolindofenol-sódio (DCFI) pelo ácido ascórbico, sendo a amostra titulada com DCFI até a mudança de coloração para róseo claro permanente e os resultados expressos em (mg.100g⁻¹).

4.5.2. Teor de Sólidos Solúveis (SS)

Foi determinado através de um refratômetro “Wya Abbe Refractometer” acoplado com temperatura de 20 °C, de acordo com AOAC (1984), e os resultados expressos em %.

4.5.3. pH

O potencial hidrogeniônico (pH) foi medido utilizando-se um potenciômetro (BRASIL, 2008).

4.5.4. Acidez Titulável (AT)

Foi determinada por titulometria, utilizando solução de NaOH 0,1M e indicador fenolftaleína (1%) até a mudança de cor da solução para levemente róseo, conforme Brasil (2008).

4.5.5. Relação SS/AT

Foi obtida através da razão dos índices SS por AT (CHITARRA; CHITARRA, 2005);

4.5.6. Cor

A cor foi mensurada em um colorímetro MiniScan HunterLab XE Plus com a determinação no modo CIE L*a* b*. Neste sistema de representação de cor, os valores L*, a* e b* descrevem a uniformidade da cor no espaço tridimensional, em que o valor L* corresponde à luminosidade, o quão claro e quão escuro é o produto analisado (0 = preto; 100 = branco). Os valores de a* correspondem à escala do verde ao vermelho (a* negativo, verde; a* positivo, vermelho) e os valores de b* correspondem à escala do azul ao amarelo (b* negativo, azul; b* positivo, amarelo).

4.5.7. Caracterização dos extratos liofilizados de gergelim, cajá e umbu

Foram determinados o teor de água (subitem 4.4.1), atividade de água (subitem 4.4.2), proteínas subitem (4.4.3), lipídeos (subitem 4.4.4), cinzas (subitem 4.4.5), pH subitem (4.5.3), acidez titulável subitem (4.5.4), cor (subitem 4.5.6).

4.5.7.1 Rendimento

O rendimento dos pós foi realizado através da divisão da massa do extrato liofilizado pela massa inicial (extrato aquoso do gergelim) multiplicado por cem através da Equação II.

$$R (\%) = \frac{M_{el}}{M_i} \times 100 \quad (\text{II})$$

Onde:

R - Rendimento (%);

Mel - Massa do extrato liofilizado (g);

Mi - Massa inicial (g).

4.5.7.2 Solubilidade

A solubilidade (S) dos pós foi determinada segundo a metodologia de Dacanal e Menegalli (2009) com modificações, sendo pesado aproximadamente 0,5 g de pó em um recipiente contendo 50 mL de água destilada à temperatura de 25° C, sob agitação, mantendo a altura do vórtice de 30 mm. Após 1 minuto de agitação, a solução foi rapidamente filtrada e o filtro, que continha as partículas não dissolvidas foi seco em estufa com circulação forçada de ar a 70° C, durante 24 h. O resultado foi calculado a partir da fração de material não dissolvido, de acordo com a equação III:

$$S (\%) = Mr \frac{Mr}{Mi} \times 100 \quad (\text{III})$$

Onde:

Mr - Massa retida no filtro

Mi - Massa inicial

4.5.7.3 Higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada de acordo com o método proposto por Goula e Adamopoulos (2010), com algumas modificações. As amostras em pó (± 1 g) foram pesadas em cápsulas de vidro, colocadas em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75 %) a 25 °C por sete dias, com posterior pesagem dos pós. O resultado foi expresso em g de umidade por 100 g de massa seca da amostra (g/100g). O cálculo foi realizado de acordo com a equação IV:

$$H(\%) = (Mf - Mi) \times 100 \quad (IV)$$

Mf - Massa final

Mi - Massa inicial

4.5.7.4 Compostos fenólicos Totais (mg de GAE.100g⁻¹)

Foram determinados a partir do método de Folin e Ciocalteau descrito por Waterhouse (2006) com modificações. Os extratos foram preparados a partir da diluição de 1,0 g da amostra em 50 mL de água destilada e deixados em repouso por 30 minutos. Adicionou-se uma alíquota do extrato num tubo de ensaio, completou-se o volume para 2.125 µL com água e 125 µL do reagente Folin-Ciocalteau e deixou-se em repouso por 5 minutos e, logo após, foram adicionados 250 µl de carbonato de sódio a 20%, seguido de agitação e repouso em banho-maria a 40 °C, por 30 minutos. A curva padrão foi preparada com ácido gálico, e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 765 nm, e os resultados foram expressos em (mg de GAE.100g⁻¹).

4.6. Formulação e caracterização dos mixes de gergelim

Foi selecionado o melhor pó do extrato liofilizado de gergelim e selecionados os pós das polpas dos frutos, considerando o limite máximo de teor de água de 5% para frutas liofilizadas, estabelecido por Brasil (1978).

Após a seleção dos pós para a obtenção dos mixes, foram elaboradas quatro formulações do extrato pó de gergelim, sendo duas adicionando extrato em pó de cajá e duas adicionando extrato em pó de umbu, utilizando as proporções de 50 e 60% de extrato pó do gergelim e 50 e 40% dos pós de cajá e umbu.

4.6.1. Caracterização dos mixes de gergelim com frutos de cajá e umbu liofilizados

Foram determinados o teor de água (subitem 4.4.1), atividade de água (subitem 4.4.2), proteínas (subitem 4.4.3), lipídeos (subitem 4.4.4), cinzas (subitem 4.4.5), solubilidade (subitem 4.5.1.1), higroscopicidade (subitem 4.5.1.3), Compostos fenólicos Totais (4.5.7.4)

4.6.1.1. Açúcares redutores

O teor de Açúcares Redutores foi determinado utilizando o ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS), de acordo com a metodologia descrita por Miller (1959). Foi pesado 1 grama da amostra e completado o volume de 25 ml de água destilada para obtenção do extrato. Em tubos de ensaio, foram adicionadas alíquotas entre 100 e 200 μL e completado o volume até 1,5 ml com água destilada e, então, adicionado 1,0 ml de DNS, sendo este sistema mantido em banho de gelo. Os tubos foram agitados e levados ao banho-maria a 100 °C por um período de 5 minutos, em seguida resfriados e a leitura realizada em espectrofotômetro a 540nm. Os resultados foram expressos em ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$).

4.6.1.2. Açúcares Solúveis Totais

O teor de Açúcares Solúveis Totais será determinado pelo método da antrona de acordo com Yemn; Willis (1954). Foi pesado 0,5 grama da amostra e completado o volume com água destilada para 50ml, foi realizada a filtração e obtido o extrato. Uma alíquota entre 80 e 500 μL do extrato foi adicionada em tubo de ensaio e em seguida completado o volume até 1,0 ml, e adicionados 2,0 ml de antrona, sendo este sistema mantido em banho de gelo. Os tubos foram agitados e levados ao banho-maria a 100 °C por um período de 3 minutos, em seguida resfriados e a leitura realizada em espectrofotômetro a 620nm. Os resultados serão expressos em ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$).

4.6.1.3. Flavonoides totais

Foi realizada conforme metodologia descrita por Francis (1982), em que 1 g da amostra foi pesado em tubo âmbar e em seguida adicionados 10 mL de solução etanol-HCl preparada

na proporção de 85:15 (v/v). Para o preparo da solução, utilizou-se etanol a 95% e HCl a 1,5 N. Após a adição da solução de etanol-HCl no tubo, eles foram agitados e refrigerados por 24 h. Foi realizada a filtração do material em algodão e completado o volume para 10ml. Em seguida, foi realizada a leitura em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 374 nm. Os resultados expressos em $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$.

4.7. Atividade Antioxidante

Foi avaliada a atividade antioxidante das sementes de gergelim e dos pós liofilizados das suas sementes e das polpas de cajá e umbu, através dos métodos de FRAP e DPPH. Também foi realizada a identificação e quantificação de compostos fenólicos por cromatografia líquida (HPLC).

4.7.1. Atividade antioxidante pelo poder redutor do ferro – FRAP

A capacidade antioxidante de redução do ferro foi determinada pelo método FRAP (RUFINO *et al.*, 2006), com adaptações. Na ausência de luz, o reagente FRAP foi preparado com tampão acetato $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (pH 3,6), 2,4,6-tris (2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ) $10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ em uma solução de HCl $40 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ e FeCl_3 $20 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. Uma alíquota adequada do extrato foi transferida para um tubo de ensaio e adicionado 0,27 mL de água ultrapura e 2,7 mL do reagente FRAP. A mistura foi agitada e mantida em banho-maria a 37°C durante 30 minutos. Após o resfriamento até temperatura ambiente, amostras e padrões foram lidos a 595 nm UV-vis da Shimadzu, modelo UV-2550 (Kyoto, Japão). A curva padrão foi traçada usando sulfato de ferro II em concentrações que variaram entre 500-2000 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Os resultados foram expressos em μmol sulfato ferroso. g^{-1} .

4.7.2. Atividade antioxidante pelo sequestro do radical livre - DPPH

A atividade de eliminação de radicais livres dos extratos foi determinada com base no método DPPH (RUFINO *et al.*, 2007), com modificações. Uma alíquota de 90 μL do extrato foi adicionada em 3,0 mL de solução diluída de DPPH em etanol ($0,0236 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$), agitada e incubada durante 30 minutos no escuro, a absorbância das amostras e padrões foi medida a 517 nm UV-vis da Shimadzu, modelo UV-2550 (Kyoto, Japão). A curva padrão foi realizada com Trolox ($100\text{-}2000 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ em etanol). Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ equivalente Trolox.

4.7.3. Identificação e quantificação dos compostos fenólicos

As análises cromatográficas foram realizadas em um cromatógrafo líquido de alto desempenho (HPLC) Shimadzu (Kyoto, Japão), equipado com um injetor automático Rheodyne 7125i e um detector UV/VIS. As colunas utilizadas foram uma coluna Shimadzu LC-18 (25 cm x 4,6 mm, $5\mu\text{m}$ particle size, da Supelco, Bellefonte, PA) e uma pré-coluna C-18 ODS Shimadzu. Para a identificação dos compostos fenólicos, as amostras foram eluídas com um sistema gradiente que consiste em solvente A (2% ácido acético, v/v) e solvente B (acetonitrila:metanol, 2:1, v/v), utilizados como fases móveis, com um fluxo de 1 mL/minuto. A temperatura da coluna foi mantida a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o volume de injeção foi de $20 \mu\text{L}$. O sistema de gradiente iniciou-se a partir de 90% A a 0 minuto, 88% A em 3 minutos, 85% A em 6 minutos, 82% A em 10 minutos, 80% A em 12 minutos, 70% A em 15 minutos, 65% A em 20 minutos, 60% A em 25 minutos, 50% A em 30-40 minutos, 75% A em 42 minutos e 90% A em 44 minutos. A corrida cromatográfica total foi de 50 minutos. Os picos dos compostos fenólicos monitorizados a 280 nm. O *software* Labsolutions (Shimadzu) foi usado para controlar o sistema de LC-UV e de processamento de dados.

Os compostos fenólicos foram identificados por meio da comparação dos tempos de retenção com os padrões de ácidos fenólicos e flavonoides, sendo quantificados em

concentrações de $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ a partir de curvas de calibração e os cromatogramas foram registrados no *software* Labsolutions Data System.

4.8. Avaliação microbiológica, Reconstituição do pó e Análise Sensorial dos mixes

4.8.1. Avaliação microbiológica dos mixes

Foram realizadas análises de coliformes a 35 e 45 °C, bolores e leveduras e salmonela, de acordo com a Resolução-RDC nº 12 (BRASIL, 2001).

4.8.1.1 Coliformes a 35 e 45 °C

Para a determinação dos coliformes, foi utilizada a técnica dos tubos múltiplos (Técnica do Número Mais Provável – NMP), seguindo a metodologia da APHA (2001). Foram pesados 25 g da amostra em 225 ml de água peptonada e feitas diluições sucessivas (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}), em tubos de ensaios contendo água peptonada e, em seguida, a partir dessas diluições, foram inoculados 1ml de cada diluição para tubos contendo o caldo Lauril Triptose com tubos de Duran invertidos. Os tubos foram incubados a 35 °C por 24 e 48 h, observando-se, ao final deste período, se houve crescimento evidenciado pela formação de gás (resultado positivo). Os tubos com resultados positivos foram repicados em Caldo Verde Brilhante Bile (BVB) e, novamente, incubados na mesma temperatura, pelo tempo de 24 a 48 h, observando se houve a produção de gás. Os possíveis tubos positivos seriam então repicados em Caldo EC e incubados a 45 °C/24 a 48 h e, após este tempo de incubação, efetuadas as leituras dos tubos positivos utilizando-se a tabela de NMP/g, para verificar a contagem dos coliformes termotolerantes, porém as leituras deram negativo na primeira etapa.

4.8.1.2 Bolores e leveduras

Os bolores e leveduras foram quantificados pela técnica de contagem em meio de cultura ágar padrão (*Plate Count Agar* - PCA), incubado em placas de petri a 30 °C por 72 h, segundo metodologia descrita pelo APHA (2001).

4.8.1.3 Salmonella

Foram pesados 25 g da amostra, assepticamente, e adicionados em 225 ml de caldo lactosado seguido de homogeneização, conforme metodologia indicada em APHA (2001). O tubo contendo 25 g de amostra em 225 ml de Caldo Lactosado foi incubado a 35 °C/24 h. Após este período, inoculou-se em Caldo Tetracionado (TT), Selenito-cistina (SC) e Rappaport Vassiliadis (RAP), incubado novamente a 42 °C/24 h e, decorrido este período, foi inoculado por estriamento em Agar Verde Brilhante (BG), Hektoen Enteric Agar (HK), XLD Agar e Salmonella Shigella Agar (SS), incubando-se novamente a 35 °C/24 h. Ocorrendo a formação de colônias típicas, seriam efetuadas as provas bioquímicas para a confirmação da presença de Salmonella spp, semeando uma colônia em tubo contendo ágar Tríplice Açúcar Ferro (TSI), inclinado, e ágar Lisina Ferro (LIA) com incubação a 35-37 °C/24 h. Porém, não houve a formação de colônias típicas.

4.8.2. Reconstituição dos mixes em pó em diferentes diluições

Os mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu foram reconstituídos em duas diferentes diluições, sendo as proporções utilizadas 1:6 (mix em pó de gergelim com o fruto:água) e 1:8 (mix em pó de gergelim com o fruto:água). As diluições foram definidas com base em testes preliminares e os dois mixes reconstituídos nas duas diluições foram submetidos a análises sensoriais adicionados de 20% de mel.

4.8.3. Análise sensorial dos mixes

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e aprovado com o número do parecer 079078/2018. Vencida esta etapa, a análise sensorial foi realizada nos laboratórios de análise sensorial do CTDR e do CT pertencentes à Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

A análise sensorial dos mixes foi realizada após as determinações físico-químicas e microbiológicas, sendo considerados os ensaios que melhor preservaram os constituintes.

As amostras dos mixes reconstituídos foram submetidas ao painel adoçados com mel, sem adição de outros ingredientes, à temperatura de cerca de 10 °C. Os extratos foram servidos em copos de plástico descartáveis incolor, em volumes de cerca de 50 mL, todos codificados com três dígitos aleatórios. Foi disponibilizada água mineral para os provadores e bolacha de água e sal, para evitar possíveis interferências de gostos residuais entre as avaliações entre uma amostra e outra.

Os mixes (bebidas) foram avaliados sensorialmente, através dos atributos aparência, cor, aroma e sabor, utilizando-se escala hedônica estruturada de nove pontos (9 = gostei muitíssimo e 1 = desgostei muitíssimo) por uma equipe composta por 85 provadores não treinados. Todos os provadores receberam todas as orientações necessárias e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLA).

Para avaliar a intenção de compra do consumidor, foi utilizada uma escala estruturada mista de cinco pontos, com escores variando de 1 (certamente não compraria) a 5 (certamente compraria o produto), conforme Dutcosky (2013).

4.9. Armazenamento dos mixes

Foram armazenados os extratos em pó dos mixes que melhor preservaram os seus constituintes, e então avaliada a estabilidade desses produtos durante um período de 180 dias em condições ambientais (25 ± 2 °C), realizando as análises físico-químicas no tempo inicial e a cada 30 dias de armazenamento, conforme metodologia descrita anteriormente.

Foram determinados o teor de água (subitem 4.4.1), atividade de água (subitem 4.4.2), proteínas (subitem 4.4.3), lipídeos (subitem 4.4.4), cinzas (subitem 4.4.5), solubilidade (subitem 4.5.1.1), higroscopicidade (subitem 4.5.1.3), açúcares redutores (4.6.1.1), açúcares totais (4.6.1.2), Compostos fenólicos Totais (4.5.7.4), Flavonoides Totais (4.6.1.3).

4.10. Utilização do resíduo liofilizado de gergelim na formulação de bolos

Os bolos foram produzidos a partir do resíduo liofilizado do extrato aquoso de gergelim, utilizando as seguintes proporções: 50, 60 e 70% do resíduo adicionado de 50, 40 e 30%, respectivamente, de fubá e dos demais ingredientes descritos na tabela 1.

Tabela 1. Formulações para elaboração de bolos com resíduo liofilizado de gergelim (RLG) e fubá.

Ingredientes	F1		F2		F3		F4	
	%	Quant.	%	Quant.	%	Quant.	%	Quant.
RLG	-	-	50	60 g	60	72 g	70	84 g
Fubá	100	120 g	50	60 g	40	48 g	30	36 g
Açúcar mascavo	41,66	50 g						
Ovo	41,66	50 g						
Óleo de milho	41,66	50 ml						
Água	41,66	50 ml						
Sal	2,5	3,0 g						
Fermento	2,5	3,0 g						

F1 – Formulação padrão; F2, F3, F4 - Formulações com substituição parcial do fubá pelo resíduo de gergelim liofilizado. Porcentagem dos ingredientes calculada em relação a 100% do peso total do Resíduo do EAG e fubá.

As formulações foram preparadas misturando, inicialmente, os ovos, o açúcar e o óleo de milho, que foram batidos em batedeira por cinco minutos. Em seguida, foram adicionados a água, o sal, misturando novamente. Depois, foram adicionados o fubá e o resíduo liofilizado de gergelim e batidos por mais cinco minutos. Por último, foi adicionado o fermento delicadamente e distribuído em formas de silicone para porções de 50 g. Os bolos foram levados ao forno pré-aquecido a 180 °C por 25 minutos e armazenados em embalagens laminadas, em seguida submetidos às avaliações físico-químicas.

4.10.1. Caracterização físico-química e armazenamento dos bolos

Os bolos foram caracterizados, armazenados por um período de 7 dias, sendo avaliados a cada dois dias através de análises físico-químicas. Foram determinados o teor de água (subitem 4.4.1), atividade de água (subitem 4.4.2), proteínas (subitem 4.4.3), lipídeos (subitem 4.4.4), cinzas (subitem 4.4.5).

4.11. Análise estatística

Os dados obtidos da caracterização dos extratos liofilizados de gergelim foram avaliados em um delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 3 x 3 (Diluição x Tempo), utilizando 3 repetições por tratamento. Para análise dos dados do armazenamento, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na caracterização dos extratos liofilizados das polpas, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado composto por cinco tratamentos, sendo utilizadas concentrações de maltodextrina de 0, 10, 20, 25 e 30% para a polpa de cajá e 0, 10, 15, 20 e 30% para a de umbu, utilizando 3 repetições por tratamento.

Os dados obtidos no armazenamento dos mixes foram avaliados em um delineamento inteiramente casualizado, com esquema sendo 2 produtos (mixes) e 7 tempos de armazenamento com 3 repetições.

Os resultados da análise sensorial foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey à probabilidade ($p \leq 0,05$).

Os dados obtidos dos bolos foram avaliados em um esquema fatorial, sendo 4 formulações e 4 tempos de armazenamento com três repetições.

Foi utilizado como ferramenta o programa computacional Assistat versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016), e os dados submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMAPI - Associação Brasileira das Indústrias de biscoitos, massas alimentícias e pães e bolos industrializados. Disponível em: <<http://www.abimapi.com.br/estatistica-paes-bolos.php>>. Acesso em: 30 de jul. de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Resolução - CNNPA nº 12, de 1978. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 jul. 1978.

ABREU, C. R. A.; PINHEIRO, A. M.; MAIA, G. A.; CARVALHO, J. M.; de SOUSA, P. H. M. Avaliação química e físico-química de bebidas de soja com frutas tropicais. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 3, p. 291-296, 2007.

ALBUQUERQUE, E.; ALMEIDA, F. DE A. C.; GOMES, J. P.; ALVES, N. M. C.; SILVA, W. P. DA. Production of -peanut milk- based beverages enriched with umbu and guava pulps. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 14, n. 1, p. 61-67, 2015.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.1, p.83-91, 2014.

ALMEIDA, F. C. A.; BARROS NETO, J. J. S.; ALBUQUERQUE, E. M. B.; MELO, B. A. **Tecnologias desenvolvidas para o aproveitamento do amendoim**. Campina Grande: AREPB, 2016. 150 f.

ALMEIDA, F. C. A.; BARROS NETO, J. J. S.; GOMES, J. P.; ALVES, N. M. C.; ALBUQUERQUE, E. M. B. Leite de Amendoim: produto natural. In: FURTADO, D.A.; BARACUHY, J.G.V.; FRANCISCO, P.R.M.; FERNANDES NETO, S.; SOUSA, V.A. **Tecnologias Adaptadas para o Desenvolvimento Sustentável do Semiárido Brasileiro**. Campina Grande: EPGRAF, p. 110-114, 2014.

ALVES, R. M. V. **Embalagem para frutas e hortaliças desidratadas e frutas secas**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 12 p.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16. ed. Gaithersburg: Patricia Cunniff, 1997. v. 2, 1141p.

ARRIEL, N. H. C.; BELTRÃO, N. E. M.; FIRMINO, P. T. **Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 209 p.

BARROS, M. A. L.; SANTOS, R. F.; BENATI, T.; FIRMINO, P. T. Importância econômica e social. In: BELTRÃO, N.E. de M; VIERA, D.J. (Org.). **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 21-35, 2001.

BARROSO, A. J. R.; ALMEIDA, F. A. C; FERREIRA, J. P. L.; SILVA, L. M. M.; CASTRO, D. S. Efeito da concentração de maltodextrina no processo de liofilização de mangaba. In: **CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA – CONTECC**, 2016, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu: PR, 2016.

BELTRÃO, N. E. de M. **O agronegócio de gergelim no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 348p.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos químicos e físico-químicos para análises de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 1022 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – CNNPA nº12, de 24 de julho de 1978. Normas Técnicas Especiais Relativas a Alimentos e Bebidas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1978.

BRUINSMA, J. The quantitative analysis of chlorophylls a and b in plant extracts. **Photochemistry and photobiology**, v. 2, p. 241-249, 1963.

CABRAL, B. *et al.* Phytochemical study and anti-inflammatory and antioxidant potential of *Spondias mombin* leaves. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 26, n. 3, p. 304-311, 2016.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010, 51 p.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CONEGERO, J.; RIBEIRO, L. C.; DA COSTA, J. M. C.; MONTEIRO, A. R. G. Stability of ‘mangaba’ pulp powder obtained by freeze drying. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 9, p. 645-650, 2017.

DIONISIO, A. P.; WURLITZER, N. J.; PINTO, C. O.; GOES, T. S.; BORGES, M. DE F.; Araújo, I. M. da S. Processamento e estabilidade de uma bebida de caju e yacon durante o armazenamento sob refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 4. ed. Curitiba: Champagnat – Pucpress, 2013. 531 p.

ELLEUCH, M.; BESBES, S.; ROISEUX, O.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Quality characteristics of sesame seeds and by-products. **Food Chemistry**, v. 103, p. 641-650, 2007.

EMBRAPA. **Cadeia produtiva do gergelim discute desafios da cultura em Mato Grosso**. Canarana. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/>>. Acesso em: 18 de jun. de 2020.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

EPSTEIN, L. **Cultura – Gergelim SDA DDA – SEAGRI**. Salvador: Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária, 2000.

FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations** (2018) FAOSTAT Production Crops. [on-line]. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/home/#DOWNLOAD>>. Acesso em: 20 de abr. de 2020.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; GUEDES, D. B.; OLIVEIRA, A. DO N.; LIMA, T. H. S. F. DE; DE SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de um suco misto de manga, goiaba e acerola utilizando delineamento de misturas. **Ciência Rural**, v. 42, n. 5, p. 911-917, 2012.

FEATHERSTON, S. **A complete course on canning and related processes**, Microbiology, packing, Edição 14. HACCP and ingredients, v. 2, p. 147-211, 2015.

FERREIRA, A. P. R.; SOUSA, S. L.; LIMA, D.M.; COSTA, J. M. C. Caracterização de polpa de cajá em pó obtida pelo método de secagem em leito de jorro. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química – COBEQ, 2014, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: – SC, 2014.

FIGUEIREDO, A. S.; MODESTO-FILHO, J. Efeito do uso da farinha desengordurada do *Sesamum indicum* L nos níveis glicêmicos em diabéticas tipo 2. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 1, p. 77-83, 2008.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (edit.). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, p. 181-207, 1982.

GALMARINI, M. V.; BAREN, C.; ZAMORA, M. C.; CHIRIFE, J.; LIRA, P. D. L.; BANDONI, A. Impact of trehalose, sucrose and/or maltodextrin addition on aroma retention in freeze dried strawberry puree. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n. 7, p. 1337-1345, 2011.

GRILO JR, J. A. S.; AZEVEDO, P. V. Crescimento, Desenvolvimento e Produtividade do Gergelim Brs Seda Na Agrovila de Canudos, em Ceará Mirim (RN). **Holos**, v. 2, 2013.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, v. 27, p. 42-49, 1962.

HSU, D-Z; CHU, P-Y; LIU, M.-Y. Sesame Seed Extract and Gastric Mucosa. **Nuts & Seeds in Health and Disease Prevention**. p. 1019-1027, 2011.

IBGE, **Censo Agro (2017)**. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76478>. Acesso em: 18 de jun. de 2020.

IBGE (2018) – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289#resultado>>. Acesso em: 20 de mar. de 2020.

JANGAM, S. V.; LAW, C. L.; MUJUMDAR, A. S. **Drying of foods, vegetables and fruits**. Singapur: Universidade Internacional de Singapur, 2010. 232p.

KOBAYASHI, T. The wild and cultivated species in genus sesamum. Sesame: Status and Improvement. In: Proceedings of Expert Conclusion (8th - 12th December 1980, Rome, Italy). **FAO Plant Production and Protection Paper**, v. 29, p. 157-163, 1981.

KRUMREICH, F.; D'AVILA, R. F.; FREDI, S. A.; CHAVES, F. C.; CHIM, J. F. Análises físico-químicas e estabilidade de compostos bioativos presentes em polpa de uvaia em pó obtidos por métodos de secagem e adição de maltodextrina e goma arábica. **Revista Thema**, v. 13, n. 2, p. 4-17, 2016.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

LEDERMAN, I. E.; BEZERRA, J.E.F.; ASCHOFF, M.N.A.; SOUZA, I.A.de M.; MOURA, R.J.M. de. Oferta e procedência de frutas tropicais e exóticas na CEASA – Pernambuco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 14, n. 3, p. 203-209, 1992.

LUDVIG, L.; LEDNICZKY, F. **Maltodextrin production**. Szeszpar (Hungary), 1992. Disponível em: <<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=HU9400317>>. Acesso em: 10 de abr. de 2020.

MAIA, G. A.; CALVETE, Y. M. A.; TELLES, F. J. S. *et al.* Eficiência da farinha desengordurada de gergelim como complemento protéico da farinha extrusada de caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 7, p. 1295-1303, 1999.

MANZOCCO, L.; RUMIGNANI, A.; LAGAZIO, C. Use of images in shelf life assessment of fruit salad. **Journal of Food Science**, v.77, n.7, p.258-262, 2012.

MARTIN, J. G. P.; MATTA JÚNIOR, M. D. da; ALMEIDA, M. A. de; SANTOS, T.; SPOTO, M. H. F. Avaliação sensorial de bolo com resíduo de casca de abacaxi para suplementação do teor de fibras. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, n.3, p.281-287, 2012.

MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C.; SILVA, L. F. M. Suco de acerola microfiltrado: avaliação da vida-de-prateleira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.2, p.293-297, 2004.

MAZZANI, H.; LAYRISSE, H. Características químicas del grano de cultivares de ajonjolí seleccionados de la colección venezolana de germoplasma. **Agronomía Tropical**. v. 48, n.1, p. 5-18, 1998.

MITCHELL, J. D.; DALY, D.C. A revision of Spondias L. (Anacardiaceae) in the Neotropics. **PhytoKeys**, v. 55, p. 1-92. 2015.

MORAES, J. DE S. Desenvolvimento e avaliação de um protótipo para despelicular sementes de gergelim. **Tese**– Campina Grande, 2018. 105f.

MORZELLE, M. C.; SOUZA, E. C.; ASSUMPCÃO, C. F.; FLORES, J. C. J.; OLIVEIRA, K. A. M. Agregação de valor a frutos de ata através do desenvolvimento de néctar misto de maracujá (*Passiflora edulis Sims*) e ata (*Annonasquamosa L.*). **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 3, p. 389-393, 2009.

MOSQUERA, L. H.; MORAGA, G.; NAVARRETE, N. M. Critical water activity and critical water content of freeze-dried strawberry powder as affected by maltodextrin and arabic gum. **Food Research International**, v. 47, n. 2, p. 201-206, 2012.

MOURA, R. L.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. de M. Processamento e caracterização físico-química de néctares goiaba-tomate. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 3, p. 69-75, 2014.

OBANDA, M.; OWUOR, P. O. Flavonol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan Black Teas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 74, p. 209-215, 1997.

OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C. DA; AFONSO, M. R. A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 10, p. 1059-1064, 2014.

OLIVEIRA, S. V.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; OSHIRO, M. A.; CARNEVALI, T. O.; HONORATO, C. A. Desidratação da polpa de *Campomanesia Adamantium* Cambess. O. Berg por liofilização. **Interbio**, v. 9, n. 2, p. 22-27, 2015.

ORREGO, A. C. E. **Congelación y Liofilización de Alimentos**. 1. ed. Manizales, Caldas, Colombia, Diciembre, 2008. 172 p.

PEREIRA, A. C. S.; SIQUEIRA, A. M. A.; FARIAS, J. M.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco, polpa de abacaxi e acerola. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 59, n. 4, p. 441-447, 2009.

POMPELLA, A. Biochemistry and histochemistry of oxidant stress and lipid peroxidation. **International Journal of Vitamin and Nutrition Research**, v. 67, n. 5, p. 289-297, 1997.

PRIOR, R. L., *et al.* Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 2686-2693, 1998.

QUEIROGA, V. P.; GONDIM, T. M. S.; VALE, D. G.; GEREON, H. G. M.; MOURA, J. A.; SILVA, P. J.; SOUZA FILHO, J. F. **Produção de gergelim orgânico nas comunidades de produtores familiares de São Francisco de Assis do Piauí**. 1. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão. Documentos, 2008. 127 p.

QUEIROGA, V. P.; FIRMINO, P. de T.; GONDIM, T. M. de S.; CARTAXO, W. V.; SILVA, A. C.; ALMEIDA, F. de A. C. Equipamentos Utilizados no Sistema Produtivo do Gergelim em Diferentes Níveis Tecnológicos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 3, p. 319-337, 2014.

QUEIROGA, V. P.; ARRIEL N. H. C.; BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, O. R. R.; GONDIM, T. M. S.; FIRMINO, P. T.; CARTAXO, W. V.; SILVA, A. C.; VALE, D. G.; NÓBREGA, D. A. **Cultivo Ecológico do Gergelim: Alternativa de Produção para Comunidades de Produtores Familiares da Região Semi-árida do Nordeste**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 54p.

RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; MORAIS, S. M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS**. Fortaleza: Comunicado Técnico on line 128, 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/10225/1/Cot_128.pdf>. Acesso em: 15 de set. de 2018.

RYBKA, A. C. P.; BIASOTO, A. C. T.; ARAÚJO, A. J. B. Caracterização do suco de umbu elaborado artesanalmente no semiárido Brasileiro. In: 4º SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR, 4., 2012, Gramado. **Anais**. Gramado-RS, 2012.

SACRAMENTO, C. K. do; SOUZA, F. X. **Cajá** (*Spondias mombin* L.). Jaboticabal: Funep, 2000. 42 p. (Série Frutas Nativas, 4).

SANTOS, D. C.; ROCHA, A. P. T.; GOMES, J. P.; OLIVEIRA, E. N. A.; ALBUQUERQUE, E. M. B. ARAÚJO, G. T. Storage of ‘umbu-cajá’ pulp powder produced by lyophilization. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 20, n. 12, p. 1118-1123, 2016.

SANTOS – SEREJO, J. A.; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V.; COELHO, Y. da S. (Ed.). **Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. 509 p.

SANTOS, U.; SANTOS, B.; SILVA, G. F.; CONSTANT. P.; DOS SANTOS, J. A. B. Avaliação de potencial de ervas medicinais: capim-limão (*cymbopogon citratus* d.c.), chá verde (*camellia sinensis* l.) e hibisco (*hibiscus sabdariffa* l.) para obtenção de chás solúveis. **Revista GEINTEC**, v. 4, p.1399-1408, 2014.

SESAME. Britannica Academic, **Encyclopædia Britannica**. 2019. Disponível em: [academic-ebbrbritannica.ez15.periodicos.capes.gov.br/levels/collegiate/article/sesame/66892](https://academic.ebbrbritannica.ez15.periodicos.capes.gov.br/levels/collegiate/article/sesame/66892). Acesso em: 15 de jun. de 2020.

SEVERO, J.; *et al.* Atividade antioxidante e fitoquímicos em frutos de *Physalis* (*Physalis peruviana*, L.) durante o amadurecimento e o armazenamento. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 16, n. 1-4, p. 77-82, 2010.

SILVA, A. C.; GONDIM, T. M. de S.; BARROS, M.A.L.; FIRMINO, P. de T.; QUEIROGA, V. de P.; ARRIEL, N. H. C.; SANTOS, R. F. AGEITEC. **Árvore do conhecimento**: Gergelim. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 25 ago. de 2019.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S. dos; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. Livraria Varela. 4° ed. São Paulo. 2010. 632 p.

SANTOS, E. F.; ARAÚJO, R R.; LEMOS, E. E. P.; ENDRES, L. Quantificação de Compostos Bioativos em Frutos de Umbu (*Spondias Tuberosa* Arr. Câm.) e Cajá (*Spondias Mombin* L.) Nativos de Alagoas. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 16, n. 1, p. 21-29, 2018.

TÜRKER, B.; SAVLAK, N.; KASIKCI, M. B. Effect of green banana peel flour substitution on physical characteristics of gluten-free cakes. **Current Research in Nutrition and Food Science**, v. 4, p. 197-204, 2016.

VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 50-58, 2012.

6. ARTIGO 1 - PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE EXTRATOS EM PÓ DE GERGELIM

RESUMO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é considerado um alimento energético e funcional e suas sementes apresentam potencial para serem utilizadas em diversos processamentos na indústria de alimentos. O objetivo deste trabalho foi produzir extratos em pó liofilizados de gergelim utilizando diferentes diluições e tempos de liofilização, determinar o pó que melhor preservou suas características físico-químicas e avaliar sua estabilidade em um período de 180 dias. Foram utilizadas sementes de gergelim despeliculadas e obtidos extratos aquosos em três diferentes concentrações (grão: água) de 1:2 e 1:4 e 1:6 e três tempos de liofilização, 24, 48 e 72 h e avaliados parâmetros físico-químicos para a escolha do melhor extrato em pó. Foram determinados o teor de umidade (%), proteínas (%), cinzas (%), aw, lipídeos (%), cor ($L^*a^*b^*$), solubilidade (%) e o rendimento (%). As sementes despeliculadas apresentaram um maior teor de proteína e lipídeo, 20,92% e 58,99%, respectivamente, comparadas com a semente com pele. O extrato em pó liofilizado na diluição 1:2 no tempo de 24 h obteve o maior teor de proteínas (28,02%) e um maior rendimento (33,27%). O material também apresentou umidade e atividade de água baixas e uma alta solubilidade, parâmetros de grande importância na conservação do produto, sendo, então, mais indicado para ser produzido e utilizado na indústria de alimentos. O extrato em pó de gergelim apresentou estabilidade ao final do armazenamento, o teor de água e a atividade de água mantiveram-se baixos, considerando o produto seguro microbiologicamente, também no que se refere aos parâmetros cor e proteína as alterações foram mínimas. O pó apresentou alta solubilidade e baixa higroscopicidade, além de ter mantido quantidade significativa de compostos fenólicos, sendo, portanto, indicado para ser produzido e utilizado na indústria de alimentos.

Palavras-chave: liofilização, oleaginosa, proteína vegetal, *Sesamum indicum* L

PRODUCTION OF GERGELIN POWDER EXTRACTS

ABSTRACT

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is considered an energetic and functional food and its consequences can potentially be used in several processes in the food industry. The objective of this work was to produce freeze-dried powdered sesame extracts, using different dilutions and freeze-drying times, to determine which powder best preserves its physical-chemical characteristics and assesses its stability over a period of 180 days. Dehulled seeds were used and extracted from aqueous extracts in three different grains (water) of 1: 2 and 1: 4 and 1: 6

and three lyophilization times, 24, 48 and 72, which used the physical-chemical test for a choice of the best powder extract. Content (%), protein (%), ash (%), aw, lipids (%), color (L * a * b *), solubility (%) and yield (%) were selected. As depellicated seeds, they presented a higher protein and lipid content, 20.92% and 58.99%, respectively, compared to a seed with skin. The lyophilized powder extract at 1: 2 dilution with no time of 24 h is the highest protein content (28.02%) and the highest yield (33.27%), or the material also exhibits low water activity and activity and once it has high solubility, a parameter of great importance in the conservation of the product and, therefore, more suitable to be produced and used in the food industry. The sesame powder extract shows the stability in the final storage, the water content and the water activity is kept low, considering the product microbiologically safe, it also does not refer to the parameters and the color change as the changes were minimal. The powder has high solubility and low hygroscopicity, in addition to maintaining a significant amount of phenolic compounds, being, therefore, indicated to be produced and used in the food industry.

Keywords: lyophilization; oilseed; *Sesamum indicum* L.; vegetable protein.

6.1. INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma oleaginosa apreciada e consumida em várias partes do mundo. Suas sementes são ricas nutricionalmente por possuir quantidades significativas de proteína e lipídeos de qualidade, além de serem fonte de compostos fenólicos reconhecidos por suas atividades bioativas. São atribuídas às sementes de gergelim inúmeros benefícios biológicos e farmacológicos, como relatado por Ruckmani *et al.* (2018) que afirmam que os extratos de sementes de gergelim possuem atividades anti-inflamatória, antioxidante e analgésica que contribuem para sua atividade anti-reumatóide. Bigoniya *et al.* (2012) afirmam que o uso de compostos naturais, como os polifenólicos (lignanas) e fibra alimentar presentes no gergelim podem auxiliar diabéticos tipo 2. Wu *et al.* (2019), com base em pesquisa de revisão, afirmam que as sementes de gergelim exibem propriedades medicinais promissoras contra várias doenças inflamatórias, como osteoartrite, doença cardiovascular, doença, neurodegenerativa, doença inflamatória intestinal, doença ocular diabética, doença pulmonar e hepática.

As sementes de gergelim podem passar por um processo de despeliculação, já que sua pele contém ácido oxálico e fibra indigesta. Esse processo melhora a digestibilidade das

proteínas, conservando os atributos naturais e nutricionais dos grãos. As sementes despelculadas são mais leves e mais saborosas que as sementes com pele (ALMEIDA *et al.*, 2017).

Produtos em pó de vegetais vêm sendo cada vez mais estudados e desenvolvidos com a finalidade de atender à demanda de consumidores que buscam praticidade sem abrir mão de alimentos com qualidade nutricional e que beneficiem a saúde. Esses produtos também possuem um maior tempo de vida útil e promovem a redução de custos com transporte.

Vários processos de secagem podem ser utilizados na obtenção desse tipo de alimento, porém a liofilização vem sendo utilizada como um método eficiente e ganha destaque por preservar a maior parte das características dos produtos naturais, uma vez que utiliza baixas temperaturas. Alguns pesquisas demonstram a eficiência da liofilização na obtenção e funcionalidade de produtos de vegetais em pó, como as realizadas por Silva e Almeida (2016), avaliando extratos em pó de amendoim, Feitosa *et al.* (2017), avaliando pó do mix de batata yacon e suco de lima, Antigo *et al.* (2020), avaliando mucilagem de sementes de chia como agente encapsulante de um corante alimentar, e Piotr Turkiewicz *et al.* (2020), avaliando marmelo japonês.

O extrato em pó de gergelim por liofilização é uma excelente alternativa de alimento prático, nutritivo e energético, podendo ser inserido na indústria de alimentos e destinado ao consumo diluído apenas em água em substituição ao leite, ou em sucos, ou mesmo destinado à produção de uma diversidade de formulações de produtos alimentícios.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi produzir extratos em pó liofilizados de gergelim, utilizando diferentes diluições e tempos de liofilização e, a partir da avaliação das suas características físico-químicas, determinar o pó que melhor preservou seus constituintes, armazená-lo à temperatura de 25°C e avaliar sua estabilidade por um período de 180 dias no tempo inicial e a cada 30 dias por meio de suas características físico-químicas.

6.2. MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1. Local de condução do experimento e obtenção dos extratos aquoso e em pó do gergelim

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em parceria com os Laboratórios de Processamento e Físico-química do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Foram utilizadas sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.) da cultivar BRS Anahí fornecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Algodão – Campina Grande, PB.

As sementes foram despeliculadas em um protótipo despeliculador de gergelim desenvolvido no LAPPA por Moraes (2018), sendo a despeliculação realizada após a imersão das amostras de 30 g de sementes em água a 90 °C durante 3 min e agitadas no protótipo com a rotação do cilindro despeliculador de 245 rpm, o ângulo de inclinação do cilindro de 45 ° no tempo de agitação de 7 min, melhor condição de desempenho da máquina despeliculadora. As sementes despeliculadas foram secas em estufa de secagem a 40 °C e levadas a um soprador para separação da pele, em seguida realizada uma limpeza manual. Utilizando o gergelim despeliculado, foram obtidos os extratos aquosos em três diferentes concentrações (grão: água) de 1:2 e 1:4 e 1:6, trituradas em liquidificador por 5 minutos. Os extratos foram acondicionados em formas plásticas de polietileno e congelados por 24 h, em seguida transferidos para bandejas de aço inoxidável e levados novamente ao congelamento em freezer a -18°C por 72 h e em seguida submetidos ao processo de liofilização, em liofilizador modelo L101 à pressão menor que 170µHg à temperatura de (-55 °C +/- 3 °C) sob vácuo, quando foram testados três tempos de liofilização, 24, 48 e 72 h. Os pós foram avaliados quanto aos parâmetros físico-químicos para a escolha do extrato em pó do gergelim que melhor preservou seus constituintes. O melhor pó foi acondicionado em embalagens laminadas e armazenado à temperatura de 25 °C até o momento das análises físico-químicas.

6.2.2. Caracterização físico-química das sementes de gergelim com pele e despeliculadas

Foi determinado o teor de água, por meio de secagem direta em estufa a 105 °C, utilizando 5 g da amostra. O teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl e o teor de cinzas foi determinado em mufla a 550 °C, conforme Brasil (2008). A atividade de água (a_w) foi obtida por leitura direta no equipamento AquaLab modelo 3TE, com temperatura controlada

de $25,0 \pm 0,5$ °C. A determinação do teor de lipídeos foi realizada utilizando a metodologia descrita por Bligh e Dyer (1959).

6.2.3. Caracterização e armazenamento dos extratos liofilizados do gergelim

O rendimento dos pós foi realizado através da divisão da massa do extrato liofilizado pela massa inicial (gergelim e água) multiplicado por cem. O teor de água, teor de proteínas, teor de cinzas, a atividade de água (a_w) e o teor de lipídeos foram determinados de acordo com metodologias citadas no item 2.2.

A cor foi mensurada em um colorímetro MiniScan HunterLab XE Plus, com a determinação no modo CIE L^* , a^* e b^* , em que o valor L^* corresponde à luminosidade, o quão claro e quão escuro é o produto analisado, o valor de a^* corresponde à escala do verde ao vermelho e o valor de b^* corresponde à escala do azul ao amarelo. A solubilidade dos pós foi determinada segundo a metodologia descrita por Dacanal e Menegalli (2009). A higroscopicidade dos pós foi determinada de acordo com o método proposto por Goula e Adamopoulos (2010). O teor de Compostos fenólicos Totais foi determinado a partir do método de Folin e Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006) e as leituras realizadas em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 765 nm.

6.2.4. Análise estatística

Os dados obtidos da caracterização dos extratos liofilizados de gergelim foram avaliados em um delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 3 x 3 (Diluição x Tempo), utilizando 3 repetições por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para análise dos dados do armazenamento, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi utilizado, como ferramenta, o programa computacional Assistat versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016).

6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1. Caracterização físico-química das sementes de gergelim

Na tabela 6.1, estão apresentadas as médias das características físico-químicas das sementes de gergelim com pele e despeliculadas.

Tabela 6.1. Médias das características físico-químicas das sementes de gergelim com pele e sem pele.

	Teor de água (%)	A _w	Proteína (%)	Lipídeo (%)	Cinzas (%)
Semente com pele	5,86 a	0,67 a	19,67 b	57,44 a	4,15 a
Semente despeliculada	5,16 b	0,68 a	20,92 a	58,99 a	3,23 b
CV (%)	0,73	0,002	1,29	1,23	0,72

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O teor de água das sementes diferiu estatisticamente, sendo maior nas sementes com pele. Queiroga *et al.* (2012), avaliando a composição química de sementes de gergelim da cultivar BRS Seda em função de três métodos de despliculação em comparação com a semente com pele, encontraram um teor de umidade de 6,63% nas sementes despeliculadas mecanicamente, valor superior ao determinado nas sementes despeliculadas no presente trabalho. Os mesmos autores reportaram 4,93%, 1,98% nas sementes despeliculadas pelo método manual e físico, respectivamente, e 5,62% nas sementes com pele, valor este ligeiramente menor do que o determinado neste trabalho nas sementes com pele e maior do que o valor das sementes despeliculadas. A atividade de água não apresentou diferenças estatísticas entre as sementes com pele e despeliculadas.

O teor de proteína foi maior nas sementes despeliculadas, sendo pouco inferior aos valores reportados por Queiroga *et al.* (2012), em que os teores foram 23,47%, 23,26% e 22,16% em sementes despeliculadas, nos métodos manual, mecânico e físico, respectivamente, e nas sementes com pele os autores reportaram valor de 20,52%, pouco superior ao determinado nas sementes avaliadas. Já Silva *et al.* (2011) reportaram valores de 18,83% e 19,46% em

sementes de gergelim creme e preto, respectivamente, valores inferiores aos do presente trabalho.

O teor de lipídeo também foi maior nas sementes despeliculadas, sendo os valores superiores aos reportados por Silva *et al.* (2011) que foram 56,45% e 48,92% em sementes de gergelim creme e preto, respectivamente. Houve diferença estatística entre os teores médios de cinzas, sendo maiores nas sementes com pele.

6.3.2. Caracterização físico-química dos extratos liofilizados de gergelim despeliculado

Na tabela 6.2, constam as características físico-químicas dos extratos liofilizados de gergelim despeliculado com diferentes diluições e tempos de liofilização. O maior rendimento do pó se deu na diluição 1:2, em todos os tempos avaliados.

Tabela 6.2. Caracterização físico-química dos extratos liofilizados de gergelim sem pele com diferentes diluições e tempos de liofilização.

	Diluições (semente/água)	Tempo (h)		
		24	48	72
Rendimento (%)	1:2	33,27	33,30	33,1
	1:4	28,80	32,00	32,15
	1:6	0,00	22,31	20,0
Teor de água (%)	1:2	0,46 bA	0,33 bA	0,68 abA
	1:4	0,25 bB	0,72 abAB	1,51 aA
	1:6	13,88 aA	1,52 aB	0,23 bC
Atividade de água	1:2	0,21 bB	0,44 bA	0,14 bC
	1:4	0,25 aB	0,63 aA	0,16 bC
	1:6	0,00 cC	0,42 bA	0,22 aB
Proteína (%)	1:2	28,02 aA	25,96 aA	24,20 aA
	1:4	23,59 bA	22,00 bA	24,50 aA
	1:6	0,00 cB	26,67 aA	22,83 aA
Lipídeos (%)	1:2	56,83 aB	54,47 bB	63,94 aA
	1:4	57,13 aB	65,00 aA	66,57 aA
	1:6	0,00 bC	55,96 bB	66,66 aA
Cinzas (%)	1:2	3,87 aA	3,45 aA	3,86 aA
	1:4	3,79 aA	4,00 aA	4,27 aA
	1:6	0,00 bB	3,96 aA	3,86 aA
L*	1:2	67,20 aAB	68,19 aA	65,64 bB
	1:4	66,07 aC	69,66 aB	73,94 aA

	1:6	0,00 bC	69,48 aA	66,08 bB
a*	1:2	2,56 aB	3,14 aA	2,18 bC
	1:4	2,62 aB	2,95 bA	2,32 bC
	1:6	0,00 bC	2,95 bA	2,57 aB
b*	1:2	18,73 bB	20,97 aA	17,54 aC
	1:4	20,38 aA	20,22 bA	17,39 aB
	1:6	0,00 cC	21,19 aA	17,71 aB
Solubilidade (%)	1:2	94,78 aA	85,65 bB	94,87 aA
	1:4	95,02 aA	88,53 aB	94,42 aA
	1:6	0,00 bC	87,60 abB	94,21 aA

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores de água não diferem entre si com o tempo de liofilização na diluição 1:2, entretanto, considerando as demais diluições, não há diferença estatística entre as diluições 1:2 e 1:4, apenas há diferença destas com a diluição 1:6 no tempo de 24 h. No extrato com a diluição 1:4, não houve diferença entre os tempos de 24 h e 48 h, porém, no tempo de 72 h, o valor aumentou, tendo havido diferença com o tempo de 24 h. Silva e Almeida (2016), ao caracterizar extratos em pó de amendoim sem pele por liofilização, obtiveram teores de umidade de 2,04, 3,04 e 3,10%, formulados nas proporções de extrato (amendoim: água - Kg/L) de 1:2, 1:4 e 1:6, respectivamente, sendo esses teores maiores do que os apresentados neste trabalho para os extratos de gergelim de todas as formulações e tempos, com exceção da formulação 1:6 no tempo de 24h, cuja umidade se revelou bastante elevada e não foi possível a obtenção do pó. Obatoye *et al.* (2014), avaliando leite de soja em pó obtido por secagem em estufa a 60 °C, reportaram valor de 2,60% para o teor de umidade, superior aos valores encontrados para todas as diluições e períodos de tempo de liofilização, com exceção da diluição 1:6 em 24 horas.

O menor valor da atividade de água no período de 24 h foi 0,21 na formulação 1:2, igual ao reportado por Silva e Almeida (2016) no extrato em pó de amendoim despeliculado na mesma diluição. Os autores encontraram valores de 0,31 e 0,32 nos extratos 1:4 e 1:6, respectivamente, inferiores aos encontrados nos extratos em pó de gergelim, no período de 48 h e superiores no tempo de 72 h nas três formulações. Piotr Turkiewicz *et al.* (2020) reportaram valor de atividade de água variando entre 0,072 e 0,397 em suco em pó de marmelo japonês, utilizando diferentes concentrações de inulina e maltodextrina e métodos de secagem, incluindo a liofilização, estando fora deste intervalo apenas os valores obtidos no gergelim em pó nas três diluições no tempo de 48h.

O maior valor médio de proteína foi obtido no extrato com diluição 1:2 em um período de 24 h, porém não diferindo estatisticamente nos tempos 48 h e 72 h. Houve diferença estatística entre as diluições no período de 24 h. Já no período de 48h a diluição 1:4 diferiu das demais. E no período de 72 h não houve diferença entre as diluições. Valores aproximados foram reportados por Silva e Almeida (2016) nos extratos em pó de amendoim nas formulações 1:2 (25,24%), 1:4 (25,36%) e 1:6 (25,09%). Por Obatoye *et al.* (2014), foi reportado valor de 44,10% de proteína no leite de soja em pó, sendo este superior aos obtidos para os extratos de gergelim em pó.

Os extratos apresentaram altas concentrações de lipídeos em todas as formulações e tempos de liofilização. Os maiores teores foram obtidos no período de 72 h, porém nesse tempo não houve diferença entre as diluições. Observou-se, então, que um maior tempo de liofilização elevou a concentração de lipídeos nos extratos. Não houve também diferença estatística entre as diluições 1:2 e 1:4 no tempo de 24 h. Já no tempo de 48 h o maior teor de lipídeo se deu na diluição 1:4, diferindo das demais diluições. Os teores de lipídeos encontrados nos extratos em pó de gergelim foram superiores aos reportados por Silva e Almeida (2016), que obtiveram teores de 42,27, 41,94 e 40,29% nos extratos em pó de amendoim nas diluições 1:2, 1:4 e 1:6, respectivamente, e por Obatoye *et al.* (2014) em “leite de soja” em pó (21,05%).

Em todos os extratos avaliados não houve diferença estatística nos teores de cinzas, porém o maior teor foi obtido na diluição 1:4 no período de 72 h, e o menor na diluição 1:2 no período de 48 h. Para “leite de soja”, Obatoye *et al.* (2014) encontraram valor de 4,70% no teor de cinzas.

Com relação à cor, o parâmetro L* no período de 24 h e 48 h não apresentou diferença estatística entre os valores. O maior teor de L* foi obtido na diluição 1:4 em 72 h, e este valor diferiu das demais diluições no mesmo período de tempo. Silva e Almeida (2016), nos extratos em pó de amendoim sem pele, reportaram valores de 76,68, 77,08 e 81,40 nas formulações 1:2, 1:4 e 1:6, respectivamente, sendo estes superiores aos determinados para os extratos de gergelim no presente trabalho. Piotr Turkiewicz *et al.* (2020) reportaram valores de L* variando entre de 89,17 a 93,49 em suco em pó de marmelo japonês por liofilização e utilizando diferentes concentrações de inulina e maltodextrina. Esses foram bem superior ao suco fresco sem aditivo (62,71) e aos obtidos nos extratos em pó de gergelim. Observa-se que a utilização

dos aditivos certamente interferiu no aumento dos valores desse parâmetro, tornando os pós muito claros.

Os maiores valores de a^* foram obtidos no período de 48 h em todas as diluições, sendo o maior valor obtido em 1:2. Nos períodos de 24 e 72 h, não houve diferença estatística entre as diluições 1:2 e 1:4. Já no parâmetro b^* , houve diferença estatística no tempo de 24h entre as diluições 1:2 e 1:4. No tempo de 48 h, o valor de b^* em 1:4 diferiu estatisticamente das demais diluições, 1:2 e 1:6.

Os extratos apresentaram alta solubilidade, os valores não revelaram diferença estatística entre as diluições para cada período de tempo. No tempo de 48h, os valores diferiram dos períodos de 24 e 72 h, nas três diluições. Silva; Almeida (2016) determinaram nos extratos em pó de amendoim sem pele nas formulações 1:2, 1:4 e 1:6 valores de 21,33, 27,07 e 38,13%, verificando o aumentando da solubilidade com o aumento da diluição, tendo também uma tendência em termos numéricos e, em menor proporção, o aumento desse parâmetro nos tempos de 24 e 48h no gergelim em pó.

6.3.3. Armazenamento do extrato liofilizado de gergelim despeliculado

Na tabela 6.3, estão apresentados os valores médios das características físico-químicas relativos ao armazenamento de 180 dias do extrato em pó de gergelim despeliculado na diluição de 1:2 (gergelim:água) e liofilizado por um período de 24h.

Tabela 6.3. Valores médios das características físico-químicas avaliadas no extrato em pó de gergelim na diluição 1:2 durante o armazenamento.

Avaliações	Período de Armazenamento (Dias)						
	0	30	60	90	120	150	180
Teor de água (%)	0,34 f	0,57 e	1,07 d	1,43 c	1,62 b	1,64 b	1,81 a
A_w	0,198 g	0,338 f	0,382 e	0,402 d	0,425 c	0,442 b	0,475 a
Lipídeos (%)	56,83 e	61,60 d	66,37 c	66,52 c	68,54 bc	70,07 ab	71,60 a
Proteínas (%)	28,21 ab	27,42 bc	28,71 a	27,47 bc	26,84 cd	27,72 bc	26,40 d

Cinzas (%)	3,87 a	3,85 ab	3,46 cd	3,34 cd	3,55 bc	3,22 d	3,38 cd
Solubilidade (%)	96,56 a	93,32 b	92,50 b	91,68 b	93,37 b	85,92 c	86,65 c
H (%)	1,78 ab	1,90 a	1,76 ab	1,55 d	1,59 cd	1,73 bc	1,38 e
CF (mgGAE.100g ⁻¹)	142,37 a	133,83 bc	134,53 bc	135,23 b	135,75 b	135,29 b	132,63c
L*	65,67 c	65,21 cd	64,74 d	67,22 b	68,52 a	65,82 c	64,66 d
a*	- 2,97d	- 1,48c	- 0,02b	0,12a	- 0,11a	- 0,11a	- 0,11a
b*	12,41 bc	12,40 bc	12,39 bc	13,69 a	12,61 b	12,12 bc	11,90 c

Teor de água: MG = 1,20995%; dms = 0,16481; CV = 4,88%; A_w: MG = 0,38029%; dms = 0,00537; CV = 0,51%; Lipídeos: MG = 65,93447%; dms = 2,66771; CV = 1,45%; Proteínas: MG = 27,54069%; dms = 0,93048; CV = 1,21%; Cinzas: MG = 3,52359%; dms = 0,31220; CV = 3,18%; solubilidade: MG = 91,43023%; dms = 2,29114; CV = 0,90%; H - Higroscopicidade: MG = 1,67000%; dms = 0,16609; CV = 3,57%; CF - Compostos fenólicos: MG = 135,66088%; dms = 2,21394; CV = 0,59%; L*: MG = 65,97628%; dms = 0,64507; CV = 0,35%; a*: MG = 0,70369%; dms = 0,08043; CV = 4,10%; b* = MG = 12,50261%; dms = 0,58893; CV = 1,69%.

O teor de água aumentou gradativamente durante o armazenamento, diferindo estatisticamente entre todos os pontos avaliados, com exceção do período entre 120 e 150 dias. Esse resultado foi satisfatório pelo fato de os valores terem se mantido baixos. Silva e Almeida (2016) reportaram valores que variaram entre 2,08% e 2,62% ao longo de 180 dias de armazenamento para extrato em pó de amendoim sem pele, sendo superiores aos obtidos neste trabalho. Oliveira *et al.* (2015), avaliando a estabilidade da polpa de mandacaru em pó seca por aspersão com temperatura do ar de 170 °C e formulada com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE), reportaram teores de água de 6,07% e 6,77% no início do armazenamento e de 12,30% e 13,09% ao final dos 50 dias de armazenamento, com DE de 10 e 14, respectivamente, valores esses superiores aos obtidos para o extrato em pó de gergelim.

A atividade de água (A_w) é um dos fatores que mais influenciam nos processos metabólicos e, conseqüentemente no armazenamento de produtos alimentícios. Os valores para atividade de água aumentaram e alcançaram valor de 0,475 aos 180 dias de armazenamento, porém os mesmos estão abaixo do valor limitante mínimo para a multiplicação dos microrganismos, que é de 0,60 e, conseqüentemente, para a produção de toxinas que é, geralmente, maior do que aquela necessária para o crescimento microbiano (FRANCO;

LANDGRAF, 2005 e ALDRIGUE *et al.*, 2002). Oliveira *et al.* (2015) também avaliaram a atividade de água na polpa de mandacaru e encontraram valores de atividade de água de 0,337 aos 30 dias de armazenamento, sendo este semelhante ao verificado neste trabalho no mesmo período de tempo. Silva e Almeida (2016) reportaram para extratos em pó de amendoim valores de atividade de água de 0,193 no início do armazenamento e de 0,274 ao final de 180 dias de armazenamento, inferiores aos encontrados nos extratos em pó de gergelim ao longo do armazenamento.

Houve uma concentração nos teores de lipídeos ao longo dos 180 dias de armazenamento, porém não havendo diferença entre os períodos de 60 e 120 dias, 120 e 150 dias e 150 e 180 dias, uma vez que, do tempo inicial até o final do armazenamento, o aumento foi de 25,99%. Silva e Almeida (2016), para o extrato em pó de amendoim sem pele, reportaram valores de 43,03% e 41,84%, no início e no final do armazenamento (180 dias), respectivamente, observando um comportamento diferente do apresentado para o extrato em pó de gergelim. Os mesmos autores reportaram para proteínas teores de 25,41% e 24,68%, respectivamente, no início e aos 180 dias de armazenamento, sendo estes inferiores aos obtidos para o pó de gergelim em todos os períodos de armazenamento. Esse parâmetro apresentou diferenças estatísticas ao longo do período de armazenamento, porém, em termos de valores absolutos, os valores se mantiveram próximos.

Os valores médios das cinzas diferiram do período inicial para o período de 180 dias do armazenamento, em termos absolutos os valores ficaram próximos. Obatoye *et al.* (2014) encontraram conteúdo de cinzas de 3,60% em leite de soja em pó, superior ao encontrado para o extrato em pó de gergelim no final do armazenamento.

Não houve diferença estatística entre os valores de solubilidade no período dos 30 aos 120 dias de armazenamento, reduzindo aos 150 dias e se mantendo sem diferença estatística até o final do armazenamento. O pó avaliado apresenta alta solubilidade, mesmo ao final dos 180 dias de armazenamento. A higroscopicidade não diferiu estatisticamente até os 60 dias de armazenamento e, ao fim, alcançou um valor médio de 1,38%, inferior ao reportado por Silva *et al.* (2018) para o extrato em pó de amendoim sem pele, cujo valor médio foi de 5,3881%, sendo este superior aos encontrados neste trabalho.

Os teores de compostos fenólicos foram 142,37 (mg de GAE.100g⁻¹), no início do armazenamento, e reduziram ao longo do armazenamento, atingindo 132,63% no final dos 180

dias, sendo que não houve diferença significativa entre os períodos de 30 e 150 dias. Silva *et al.* (2018), avaliando extratos em pó de amendoim com e sem pele, reportaram valores de compostos fenólicos de $4,37 \pm 2,94 \pm 0,10$ (mg GAE g⁻¹), respectivamente, sendo superiores aos obtidos para o extrato em pó de gergelim.

O parâmetro L* apresentou valor de 66,67 no início do armazenamento, oscilando e, aos 180 dias, o valor foi de 64,66. Silva e Almeida (2016) reportaram valores de 78,42 e 76,33, no início e no fim do armazenamento (180 dias) do extrato em pó de amendoim sem pele. Considerando os valores absolutos, os parâmetros de cor diferiram pouco ao longo do armazenamento, principalmente os parâmetros L* e b*, não havendo, portanto, alterações significativas.

Os valores de a* aumentaram ao longo do armazenamento, não havendo diferença entre os períodos de 90 e 180 dias. Os valores tenderam mais para neutralidade. O parâmetro b* apresentou pequena variação ao longo do armazenamento em termos de valores absolutos, sendo 11,90 o valor aos 180 dias de armazenamento. Valores positivos de b* tendem mais para a coloração amarela. Giri *et al.* (2017), avaliando a qualidade do pó de bebida de soja obtido por secagem em *spray drying*, reportaram valores de 13,31 e 13,67 para pó de bebida de soja ultrafiltrada e pó de bebida de soja evaporada, respectivamente, próximos aos reportados neste trabalho.

6.4. CONCLUSÃO

O extrato em pó liofilizado na diluição de 1:2 em um tempo de 24 h obteve o maior teor de proteínas (28,02%), além de um maior rendimento (33,27%). O material também apresentou umidade e atividade de água baixas, parâmetros de grande importância que favorecem a conservação do produto, além de alta solubilidade, característica importante para alimentos em pó.

O pó armazenado, no geral, apresentou estabilidade ao final do armazenamento, o teor de água e a atividade de água mantiveram-se baixos, considerando o produto seguro microbiologicamente. Também no que se refere aos parâmetros cor e proteína as alterações foram mínimas. O pó apresentou alta solubilidade e baixa higroscopicidade, além de ter

mantido quantidade significativa de compostos fenólicos, sendo, portanto, indicado para ser produzido e utilizado na indústria de alimentos.

6.5. REFERÊNCIAS

ALDRIGUE, M.L.; MADRUGA, M. S.; FIOREZE, R.; LIMA, A.W.O.; SOUSA, C.P. **Aspecto da ciência e tecnologia de alimentos**. João Pessoa: Editora UFPB, 2002.

ALMEIDA, F. A. C.; QUEIROGA, V. P.; GONDIM, T. M. S.; MORAES, J. S.; ALBUQUERQUE, E. M. B. Processo de despliculação de sementes de gergelim. In: QUEIROGA, V. P. **Gergelim orgânico: Tecnologia de produção**. Campina Grande: AREPB, 2017. Cap. 9, p. 136-151.

ANTIGO, J. L. D., STAFUSSA, A. P., DE CASSIA BERGAMASCO, R., & MADRONA, G. S. Chia seed mucilage as a potential encapsulating agent of a natural food dye. **Journal of Food Engineering**, 2020.

BIGONIYA, P., NISHAD, R., & SINGH, C. S. Preventive effect of sesame seed cake on hyperglycemia and obesity against high fructose-diet induced Type 2 diabetes in rats. **Food Chemistry**, v.133, n.4, p. 1355–1361, 2012.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos químicos e físico-químicos para análises de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 1022 p.

DACANAL, G. C.; MENEGALLI, F. C. **Experimental study and optimization of the agglomeration of acerola powder in a conical fluid bed**. **Powder Technology**, v. 188, n. 3, p. 187-194, 2009.

FEITOSA, R. M.; SILVA, R. C. S.; AMADEU, L. T. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Modelos matemáticos na predição do comportamento higroscópico para pó do mix de batata yacon e suco de lima. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, n.2, p. 319-324, 2017.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2005.

GIRI, S. K.; MANGARAJ, S.; SINHA, L. K.; TRIPATHI, M. K. Quality of spray dried soy beverage powder as affected by drying and feed parameters. **Nutrition & Food Science**, v. 47, 2017.

MORAES, J. DE S. Desenvolvimento e avaliação de um protótipo para despelicular sementes de gergelim. **Tese**– Campina Grande, 2018. 105f.

OBATOYE, A.O.; OGUNWOLU, S.O.; IDOWU, M.A., Quality evaluation of chocolate produced using soy-cowmilk. **Nutrition & Food Science**, v. 44, n. 1, p. 57 – 63, 2014.

PIOTR TURKIEWICZ, I., WOJDYŁO, A., TKACZ, K., LECH, K., MICHALSKA-CIECHANOWSKA, A., & NOWICKA, P. The influence of different carrier agents and drying techniques on physical and chemical characterization of Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) microencapsulation powder. **Food Chemistry**, v.323, 2020.

OLIVEIRA, A. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; BRITO, J. G. Estabilidade da polpa do *Cereus jamacaru* em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.2, p.147-153, 2015.

QUEIROGA, V. P. et.al. Avaliação da qualidade das sementes de gergelim submetidas aos processos de despelicação manual, físico e mecânico. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.14, n.4, p.307-315, 2012.

RUCKMANI, A.; METI, V.; VIJAYASHREE, R.; ARUNKUMAR, R.; KONDA, V. R.; PRABHU, L.; Madhavi, E.; DEVI, S. Anti-rheumatoid activity of ethanolic extract of *Sesamum indicum* seed extract in Freund's complete adjuvant induced arthritis in Wistar albino rats. **Journal of Traditional and Complementary Medicine**, v. 8, n. 3, p. 377–386, 2018.

SILVA, E. R.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B.; Arriel, N. H. C.; Silva, A. C.; Ribeiro, S. M. R. Capacidade antioxidante e composição química de grãos integrais de gergelim creme e preto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 46, n. 7, p. 736-742, 2011.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, L. M. M.; ALMEIDA, F. A. C. **Extratos em pó de amendoim liofilizado**. In: Almeida *et al.* Tecnologias desenvolvidas para o aproveitamento do amendoim. Campina Grande: Arepb, 2016. Cap. 3. p. 59-92.

SILVA, L. M. DE M.; ALMEIDA, F. DE A C.; SOUSA, F. C.; CASTRO, D. S.; MOREIRA, I. S.; LIMA, J. P.; FIGUEIREDO NETO, A. Chemical and Physical Characterization of Peanut Powder Extracts. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 4, 2018.

WU, M.-S., AQUINO, L. B. B., BARBAZA, M. Y. U., HSIEH, C.-L., DE CASTRO-CRUZ, K. A., YANG, L.-L., & TSAI, P.-W. (2019). Anti-Inflammatory and Anticancer Properties of

Bioactive Compounds from *Sesamum indicum* L.—A Review. **Molecules**, v.24, n.24, p. 4426, 2019.

7. ARTIGO 2 - PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PÓS LIOFILIZADOS DE CAJÁ E UMBU

RESUMO

O cajá e umbu são frutos apreciáveis e com crescente demanda na região Nordeste do Brasil. São utilizados principalmente na forma de polpas, sucos e sorvetes e apresentam grande potencial econômico. Produtos liofilizados possuem alto valor agregado por manter boa parte de suas características nutricionais. O objetivo deste trabalho foi produzir e caracterizar pós de cajá e umbu por liofilização, utilizando diferentes concentrações de maltodextrina. As polpas foram preparadas em cinco formulações quanto à adição da maltodextrina, sendo de 0, 10, 20, 25 e 30% para a de cajá e de 0, 10, 15, 20 e 30% para a de umbu. Em seguida foram congeladas e liofilizadas em liofilizador modelo L101 à pressão menor que 170 μ Hg e temperatura de (-50 $^{\circ}$ C +/- 3 $^{\circ}$ C) sob vácuo. Foi realizada a caracterização físico-química das polpas integrais e dos pós de cajá e umbu, quando foram determinados o rendimento dos pós (%), teor de água (%), aw, proteína (%), lipídeos (%), cinzas (%), ácido ascórbico (mg de ácido ascórbico.100g⁻¹), SS ($^{\circ}$ Brix), pH, acidez titulável (%), relação SS/AT, cor (L*, a* e b*), solubilidade (%) e higroscopicidade (%). Apenas na formulação com 30% de maltodextrina os teores de água dos pós foram inferiores a 5%, como preconiza a legislação para frutas liofilizadas. A menor aw também foi obtida nessa formulação, além do aumento da solubilidade e redução da higroscopicidade que são fatores que favorecem a qualidade e conservação dos pós, sendo estes mais adequados para a produção de produtos alimentícios.

Palavras-chave: *Spondias mombim* L., *Spondias tuberosa*, secagem, frutas, análises físico-químicas, maltodextrina.

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF LYOPHILIZED POWDER OF CAJÁ AND UMBU

ABSTRACT

Cajá and umbu are appreciable fruits with increasing demand in the Northeast region of Brazil, they are used mainly in the form of pulps, juices and ice cream and have great economic potential. Lyophilized products have high added value for maintaining a good part of their nutritional characteristics. The objective of this work was to produce and characterize cajá and umbu powders by lyophilization, using different concentrations of maltodextrin. The pulps were prepared in five formulations for the addition of maltodextrin, with 0, 10, 20, 25 and 30% for cajá and 0, 10, 15, 20 and 30% for umbu. Then they were frozen and lyophilized in a model L101 lyophilizer at a pressure lower than 170 μ Hg and a temperature of (-50 $^{\circ}$ C +/- 3 $^{\circ}$ C) under vacuum. The physical-chemical characterization of the whole pulps and of the cajá and umbu

powders was carried out, where the yield of the powders (%), water content (%), aw, protein (%), lipids (%), ash (%), ascorbic acid (mg of ascorbic acid.100g⁻¹), SS (°Brix), pH, titratable acidity (%), SS / AT ratio, color (L *, a * and * *), solubility (%) and hygroscopicity (%). Only in the formulation with 30% of maltodextrin the water content of the powders was below 5%, as recommended by the legislation for freeze-dried fruits. The lowest aw was also obtained in this formulation, in addition to increasing solubility and reducing hygroscopicity, which are factors that favor the quality and conservation of powders, which are more suitable for the production of food products.

Keywords: *Spondias mombim* L., *Spondias tuberosa*, drying, fruits, physico-chemical analysis, maltodextrin.

7.1. INTRODUÇÃO

A fruticultura no Nordeste brasileiro constitui-se em atividade econômica bastante promissora, devido ao sabor e ao aroma exótico de seus frutos e a sua enorme diversificação. A cajazeira (*Spondias mombim* L.) é nativa de florestas úmidas em grande parte do norte da América do Sul, embora seja incerto se as populações da Mata Atlântica do Brasil são nativas. É amplamente cultivada em regiões tropicais úmidas (MITCHELL; DALY, 2015). O fruto do cajá é muito apreciado e consumido na região Nordeste do Brasil, possui valor comercial e contribui com a renda de pequenos e médios produtores da região. É consumido principalmente na forma de polpas, sucos, sorvetes e geleias e tem grande potencial econômico e de crescimento nos mercados interno e externo.

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), espécie nativa do semiárido brasileiro, destaca-se por sua importância socioeconômica, fornecendo frutos e túberas ricas em água e nutrientes, de múltiplos usos, além de folhas usadas como alimento para os animais. Os frutos do umbuzeiro são coletados de forma extrativista e participam significativamente do agronegócio regional, tanto pelo consumo *in natura* quanto sob a forma processada, sendo de grande importância socioeconômica, principalmente para as populações rurais do semiárido Brasileiro, possuindo grande potencial de exploração (BATISTA, *et al.* 2015).

Produtos alimentícios em pó vêm sendo cada vez mais estudados e desenvolvidos, uma vez que apresentam características como a alta estabilidade, ampliando assim seu período de armazenamento, fácil manuseio e redução de custos com transporte. Vários produtos em pó de frutos foram desenvolvidos e avaliados, sendo alguns polpa de laranja (PACHECO *et al.*, 2019),

suco de noni (ZHANG *et al.*, 2020), suco de goiaba (BENAVIDES-MORÁN *et al.*, 2020), suco de abacaxi (JIMENEZ-SÁNCHEZ *et al.*, 2019), suco de acerola e seriguela (RIBEIRO *et al.*, 2019).

Vários métodos de secagem são utilizados na obtenção desses alimentos em pó, dentre eles, a liofilização. De acordo com Orrego *et al.* (2008), a liofilização consiste em um processo de secagem por sublimação com a finalidade de reduzir as perdas dos compostos responsáveis pelo sabor e aroma dos alimentos, que normalmente ocorrem durante os processos de secagem convencionais. Vieira *et al.* (2012) afirmam que alimentos liofilizados possuem alto valor agregado pela retenção de grande parte de seus nutrientes, uma vez que empregam baixas temperaturas em seu processamento.

Para a obtenção de pós de certos alimentos, é necessário que se faça uso de aditivos que auxiliem nesse processo, a maltodextrina é muito utilizada na indústria. De acordo com Damodaran *et al.* (2010), as maltodextrinas, como são conhecidas industrialmente, são produtos obtidos da hidrólise incompleta de dispersões de amidos cozidos, na presença de ácidos ou enzimas, produzindo assim as misturas de malto-oligossacarídeos. Elas são classificadas de acordo com sua equivalência em dextrose (DE), que é seu poder redutor como um percentual do poder redutor da D-glicose pura (dextrose), e são mensuráveis e menor que 20. As maltodextrinas são insípidas, praticamente sem sabor, sendo excelentes contribuintes para o corpo e o volume de sistemas alimentícios.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi produzir e caracterizar pó de cajá e umbu por liofilização, utilizando diferentes concentrações de maltodextrina.

7.2. MATERIAL E MÉTODOS

7.2.1. Local de condução do experimento e obtenção dos pós liofilizados

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em parceria com o Laboratório de Processamento de Alimentos do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Os frutos de cajá foram adquiridos de produtor no município de João Pessoa através de parceria com a Estação Experimental José Irineu Cabral, pertencente à Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária (EMPAER). Os frutos de cajá foram selecionados, lavados e sanitizados, em seguida despulpados em despulpadeira de aço inoxidável e as polpas foram congeladas até o momento de sua utilização. Foram utilizadas polpas de umbu adquiridas em uma cooperativa localizada no município de Afogados de Ingazeira, Pernambuco, Brasil. Inicialmente, as polpas integrais foram avaliadas quanto aos parâmetros físico-químicos. Em seguida, foram preparadas em cinco formulações quanto à adição do adjuvante de secagem maltodextrina, em que foram utilizados os percentuais de 0, 10, 20, 25 e 30% para a polpa de cajá e 0, 10, 15, 20 e 30% para a polpa de umbu. As polpas formuladas foram acondicionadas em formas plásticas de polietileno e congeladas por 24 h, em seguida transferidas para bandejas de alumínio e levadas novamente ao congelamento em freezer a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 h e, então, submetidas ao processo de liofilização por um período de 72 h, sendo realizada em liofilizador modelo L101 à pressão menor que $170\text{ }\mu\text{Hg}$ e temperatura de $(-50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C})$ sob vácuo. Os pós foram acondicionados em embalagens laminadas e armazenados à temperatura ambiente até o momento das análises físico-químicas para a escolha da melhor formulação para a obtenção dos pós.

7.2.2. Rendimento e Caracterização das polpas e dos pós de cajá e umbu com diferentes concentrações de maltodextrina

O rendimento dos pós foi realizado através da divisão da massa do pó liofilizado pela massa inicial (polpa) multiplicado por cem. O teor de água foi determinado por meio de secagem direta em estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, utilizando 5 g de amostra para polpa e 2 g da amostra para o pó. O teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl e o teor de cinzas foi determinado em mufla a $550\text{ }^{\circ}\text{C}$, conforme Brasil (2008). A atividade de água (a_w) foi obtida por leitura direta no equipamento AquaLab modelo 3TE, com temperatura controlada de $25,0 \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. A determinação do teor de lipídeos foi realizada utilizando a metodologia descrita por Bligh e Dyer (1959). O teor de ácido ascórbico foi determinado segundo a metodologia descrita na AOAC (2010), modificada por Benassi e Antunes (1998). O teor de Sólidos Solúveis (SS) foi determinado através de um refratômetro “Wya Abbe Refractometer” acoplado com

temperatura de 20 °C, de acordo com AOAC (2010). O potencial hidrogeniônico (pH) foi medido utilizando-se um potenciômetro digital e a acidez Titulável (AT) determinada por titulometria, conforme Brasil (2008). A Relação SS/AT foi obtida através da razão dos índices SS por AT (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A Cor foi mensurada em um colorímetro MiniScan HunterLab XE Plus, com a determinação no modo CIE L*, a* e b*, em que o valor L* corresponde à luminosidade, o quão claro e quão escuro é o produto analisado, o valor de a* corresponde à escala do verde ao vermelho e o valor de b* corresponde à escala do azul ao amarelo. A solubilidade dos pós foi determinada segundo a metodologia descrita por Dacanal e Menegalli (2009). A higroscopicidade dos pós foi determinada de acordo com o método proposto por Goula e Adamopoulos (2010).

7.2.3. Análise estatística

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado composto por cinco tratamentos, sendo utilizadas concentrações de maltodextrina de 0, 10, 20, 25 e 30% para a polpa de cajá e 0, 10, 15, 20 e 30% para a de umbu, utilizando 3 repetições por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa computacional Assistat versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016)

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.3.1. Caracterização físico-química das polpas de cajá e umbu

Na tabela 7.1, estão apresentados os valores médios das características físico-químicas obtidas na polpa de cajá. O teor de água da polpa foi inferior ao reportado por Sousa *et al.* (2016), que encontraram valores de 89,02% para polpa de cajá. Para atividade de água, esses autores obtiveram valor de 0,98, semelhante ao obtido neste trabalho.

Tabela 7.1. Médias das características físico-químicas da polpa de cajá.

Parâmetros avaliados	Média ± desvio padrão	CV (%)
Umidade (%)	86,84 ± 0,106	0,122
Atividade de água	0,986 ± 0,001	0,059
Proteína (%)	0,84 ± 0,012	1,473
Lipídeos (%)	0,41 ± 0,018	4,33
Cinzas (%)	0,59 ± 0,018	3,104
Ácido Ascórbico (mg de ácido ascórbico.100 g ⁻¹ de polpa)	8,82 ± 0,045	0,510
Sólidos Solúveis (°Brix)	11,2 ± 0,200	1,786
pH	2,93 ± 0,006	0,197
AT (%)	1,09 ± 0,011	0,972
SS/AT	10,27 ± 0,222	2,157
Cor (parâmetro L*)	54,47 ± 0,070	0,129
Cor (parâmetro a*)	24,66 ± 0,075	0,304
Cor (parâmetro b*)	54,10 ± 0,091	0,168

As quantidades de proteína, lipídeos e cinzas foram superiores às apresentadas na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011) que é de 0,6%, 0,2% e 0,4%, respectivamente. De acordo com a TACO, a polpa de cajá congelada contém apenas traços de vitamina C, sendo que a polpa de cajá avaliada apresentou 8,82 mg de ácido ascórbico.100 g⁻¹ de polpa. O teor de ácido ascórbico varia de acordo com as condições de cultivo, armazenamento e processamento, podendo ser empregado como índice de qualidade dos alimentos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Rodrigues *et al.* (2018), avaliando a qualidade de frutos de cajá, reportaram conteúdo de SS de 15,42% e valor de acidez de 2,08 g 100g⁻¹ nos frutos no estágio de maturação totalmente amarelo, classificados de acordo com a cor da casca, sendo estes superiores aos obtidos na polpa avaliada. Carvalho *et al.* (2017) determinaram em 17 matrizes de cajazeiras valores de pH da polpa variando entre 2,26 e 2,93 e de acidez entre 1,08 e 1,78 (% ácido cítrico), estando o valor obtido na polpa de cajá avaliada no presente trabalho dentro destes intervalos. Os mesmos autores obtiveram valor médio de 8,50 para a relação SS/AT, inferior ao valor obtido na polpa de cajá. Uma maior relação de SS/AT consiste em um fator determinante na qualidade de polpas, favorecendo o consumo do fruto fresco ou processado.

O valor médio da luminosidade (L^*) foi superior aos determinados por Sousa *et al.* (2017) em seis amostras de polpa de cajá em que os valores variaram entre 35,10 e 47,31. Os autores obtiveram para a^* valores variando entre 5,46 e 8,46 e para b^* valores entre 18,44 e 28,90, bem inferiores aos obtidos neste trabalho, no qual as polpas se revelaram com colorações tendendo ao vermelho e amarelo mais intenso. A cor é um atributo importante de qualidade nos produtos destinados ao processamento, sua intensidade é importante em sucos por ser mais atrativa para o consumidor (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Na tabela 2, estão apresentados os valores médios das características físico-químicas da polpa de umbu. O teor de água foi inferior ao obtido por Silva *et al.* (2018), cujo teor foi de 89,46% e a atividade de água semelhante à obtida por Carvalho *et al.* (2015) em polpas de umbu (0,99). Estes resultados foram condizentes para esse tipo de produto.

Tabela 7.2. Médias das características físico-químicas da polpa de umbu.

Parâmetros avaliados	Média \pm desvio padrão	CV (%)
Umidade (%)	88,05 \pm 0,755	0,86
Atividade de água	0,987 \pm 0,000	0,000
Proteínas (%)	0,50 \pm 0,016	3,125
Lipídeos (%)	0,26 \pm 0,012	4,628
Cinzas (%)	0,41 \pm 0,006	1,41
Ácido Ascórbico (mg de ácido ascórbico.100 g ⁻¹ de polpa)	2,86 \pm 0,078	2,720
Sólidos Solúveis (°Brix)	10,73 \pm 0,115	1,076
pH	2,93 \pm 0,061	2,080
AT (%)	3,93 \pm 0,101	2,58
SS/AT	2,73 \pm 0,086	3,15
Cor (parâmetro L)	54,44 \pm 0,023	0,042
Cor (parâmetro a)	-6,74 \pm 0,203	3,011
Cor (parâmetro b)	30,44 \pm 0,156	0,511

O teor de proteína obtido foi igual ao apresentado na TACO (2011), que é de 0,50% e ligeiramente inferior ao reportado por Bastos *et al.* (2016) para polpa de umbu comercial, cujo valor foi 0,68%. O teor de lipídeos obtido foi superior ao contido na TACO (2011), que é de 0,1% e inferior ao determinado por Ribeiro *et al.* (2019) em polpa fresca de umbu, cujo valor foi 6,00%. Os autores reportaram para cinzas valor de 2,21, sendo superior ao da polpa avaliada.

O teor de ácido ascórbico obtido foi inferior ao reportado por Bastos *et al.* (2016), ao caracterizar polpa de umbu comercial, cujo valor foi 5,47 mg.100g⁻¹. Os autores obtiveram valores médios de sólidos solúveis de 8,5 °Brix e de pH de 2,42, sendo estes inferiores aos obtidos na polpa de umbu avaliada. Dutra *et al.* (2017) reportaram valores de sólidos solúveis variando de 6,27 a 10,22 °Brix e pH de 2,34 a 2,40 em frutos de umbu, inferiores aos determinados na polpa caracterizada neste trabalho. Estes mesmos autores também obtiveram valores médios de acidez variando de 1,84 a 2,91%, também inferiores ao valor obtido para a polpa de umbu avaliada. A relação SS/AT na polpa de umbu foi baixa, porém superior aos valores obtidos por Lima *et al.* (2018) em três marcas de polpa de umbu, que foram 1,42, 1,43 e 1,71. Geralmente, a acidez de frutos é reduzida com o amadurecimento e a relação SS/AT é uma das maneiras mais empregadas para a avaliação do sabor, sendo mais significativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Santos *et al.* (2017), ao avaliarem polpa de umbu em diferentes estádios de maturação, reportaram valor de L* de 41,17 no estágio maduro, inferior ao determinado na polpa de umbu que revelou tonalidade mais clara. No mesmo estágio de maturação, os autores determinaram valores de a* e b* de -2,27 e 24,70, respectivamente, sendo a* superior e b* inferior ao valor determinado na polpa avaliada neste trabalho, na qual predominou a coloração verde.

7.3.2. Rendimento e caracterização físico-química dos pós das polpas de cajá e umbu liofilizadas com diferentes concentrações de maltodextrina

Na tabela 7.3, encontram-se o rendimento e os valores médios das características físico-químicas dos pós da polpa de cajá obtidos por liofilização e formulados com diferentes concentrações de maltodextrina.

Tabela 7.3. Rendimento e Caracterização físico-química dos pós liofilizados de cajá com diferentes concentrações de maltodextrina.

Parâmetros avaliados	Concentração de maltodextrina (%)				
	0	10	20	25	30
Rendimento (%)	13,43	19,74	28,41	29,37	31,59
Umidade (%)	18,99 a	11,57 b	7,09 c	5,33 d	4,27 e
Atividade de água	0,38 a	0,34 a	0,37 a	0,19 b	0,12 c

Proteína (%)	6,29 a	3,52 b	2,44 c	2,42 c	1,76 d
Lipídeos (%)	2,03 a	1,99 a	1,29 b	1,22 b	1,47 b
Cinzas (%)	3,05 a	1,98 b	1,56 cd	1,71 c	1,50 d
Ácido Ascórbico (mg de ácido ascórbico.100 g ⁻¹ de polpa)	34,01 b	43,61 a	34,59 b	34,19b	30,76 b
pH	2,90	2,93	2,97	3,00	3,03
AT (%)	6,91 a	4,05 c	3,20 d	4,64 b	4,12 c
L*	61,26 e	65,62 d	70,85 c	73,39 b	74,62 a
a*	19,66 a	17,23 b	14,16 c	13,05 d	12,40 e
b*	62,47 a	57,58 b	50,66 c	43,57 d	41,66 e
Solubilidade (%)	73,13 c	75,28 c	80,71 b	81,64 b	86,39 a
Higroscopicidade (%)	27,49 a	21,45 b	18,74 c	16,09 d	16,45 d

Umidade: MG = 9,45119 %; DMS = 0,77272; CV = 3,04 %; Atividade de água: MG = 0,28053%; DMS = 0,04819; CV = 6,39 %; Proteína: MG = 3,28476%; DMS = 0,51531; CV = 5,83%; Lipídeos: MG = 1,60146%; DMS = 0,40367; CV = 9,37%; Cinzas: MG = 1,95939%; DMS = 0,18500; CV = 3,51%; Ácido Ascórbico: MG = 35,43260%; DMS = 4,61959; CV = 4,85%; AT: MG = 4,58491%; DMS = 0,15020; CV = 1,22%; L*: MG = 69,14867%; DMS = 0,70683; CV = 0,38%; a*: MG = 15,29800%; DMS = 0,19537; CV = 0,47 %; Solubilidade: MG = 79,43071%; DMS = 4,21374; CV = 1,97%; Higroscopicidade: MG = 20,04467%; DMS = 0,45260; CV = 0,84%. As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observou-se que houve um aumento significativo no rendimento dos pós das polpas de cajá liofilizadas na medida em que se aumentou a concentração de maltodextrina, fator que favorece a produção de pós na indústria de processamento de alimentos.

O teor de água reduziu em 77,51% com o aumento da concentração de maltodextrina na concentração de 30% comparando com o pó sem o aditivo, alcançando um valor inferior a 5% e atendendo à legislação para frutas liofilizadas (BRASIL, 1978). Oliveira *et al.* (2014), ao caracterizarem pós de cajá obtidos por liofilização, obtiveram teores médios de água de 2,05 e 0,65% no pó de cajá integral e no pó adicionado de 17% de maltodextrina, respectivamente, inferiores aos obtidos no presente trabalho. Essa diferença pode ter ocorrido pela quantidade de material utilizada no equipamento, ou mesmo pelo seu modelo e capacidade. Sousa *et al.* (2016) reportaram valor médio de 5,85% em polpa de cajá em pó obtida por liofilização formulada com 25% de maltodextrina, ligeiramente superior ao determinado neste trabalho na mesma concentração. Esses autores obtiveram valores de a_w de 0,30 no pó da polpa de cajá integral, inferior ao obtido no pó com 0% de maltodextrina, e de 0,28, 0,26 e 0,20 nos pós formulados

com 15, 20 e 25% de maltodextrina, respectivamente, estando este último valor próximo ao obtido na polpa de cajá na mesma concentração. Não houve diferença estatística nos valores de a_w nos pós formulados com 0, 10 e 20% de maltodextrina, e nas concentrações de 25 e 30% houve redução dos valores. Os valores para a_w mantiveram-se abaixo de 0,6, que é o valor da a_w limitante para o desenvolvimento microbiano (FRANCO e LANDGRAF, 1996).

Houve a concentração dos teores de proteína, lipídeos e cinzas no processo de liofilização que, com a adição da maltodextrina, são reduzidos, porém ainda se mantiveram superiores aos da polpa *in natura* (Tabela 1). Os teores de cinzas foram superiores aos reportados por Sousa *et al.* (2016) que obtiveram 0,65% na polpa de cajá integral liofilizada e 0,59, 0,48 e 0,37% nos pós de cajá por liofilização formulados com 15, 20 e 25% de maltodextrina, respectivamente. O maior teor de cinzas na polpa integral liofilizada no presente trabalho sugere que o material analisado possui um maior conteúdo de minerais. O teor de ácido ascórbico também foi concentrado no processo de liofilização, porém não houve diferença estatística com a adição do adjuvante de secagem, com exceção da concentração de 10% de maltodextrina.

Oliveira *et al.* (2014) reportaram valores de pH de 2,65 e 2,63 no pó da polpa de cajá integral e adicionado de 17% de maltodextrina, respectivamente, sendo inferiores aos obtidos neste trabalho em todas os pós de cajá avaliados. Para acidez, os autores obtiveram valor de 9,11% no pó da polpa integral, superior ao obtido no pó de cajá sem o aditivo e 3,18% com 17% de maltodextrina, próximo ao obtido no pó de cajá com 20%.

O processo de liofilização e a adição de maltodextrina implicou no aumento de L^* , sendo os valores obtidos dos pós com maltodextrina superiores aos determinados por Freitas *et al.* (2018), ao avaliarem pó de cajá obtido por secagem em camada de espuma em quatro temperaturas em que obtiveram valores de 63,02, 64,93, 45,56 e 45,61 nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, respectivamente, observando, portanto, que o processo utilizado de secagem utilizado pelos autores resultou em polpas mais escuras com o aumento da temperatura empregada. Esses autores observaram aumento nos valores de a^* e redução nos valores de b^* com o aumento da temperatura de secagem, atingindo, respectivamente, 15,90 e 29,73 na temperatura de 80 °C. Nos pós avaliados no presente trabalho, houve redução no valor de a^* e aumento no valor de b^* com o processo de liofilização

sem utilização do aditivo, porém, com a adição da maltodextrina, houve uma redução nos valores destes parâmetros quando os pós perderam um pouco da tonalidade amarela.

Os valores médios da solubilidade aumentaram gradativamente com a concentração da maltodextrina, alcançando 86,39% quando adicionado 30% do adjuvante de secagem, sendo um aumento de 18,13% quando comparado com o pó sem aditivo. A higroscopicidade diminuiu com a adição do adjuvante de secagem, alcançando uma redução de 59,84% no pó formulado com 30% de maltodextrina, não diferindo, porém, do pó com 25% do aditivo, nessas concentrações de maltodextrina o pó é considerado higroscópico de acordo com a classificação de Gea Niro Research Laboratory (2003), em que o valor de referência utilizado é de 15,1 – 20. A solubilidade e higroscopicidade são parâmetros de grande importância para produtos em pó, uma vez que determinam e influenciam diretamente na qualidade e funcionalidade desse tipo de produto.

Na tabela 4, encontram-se o rendimento e os valores médios das características físico-químicas dos pós da polpa de umbu obtidos por liofilização formulados com diferentes concentrações de maltodextrina.

Tabela 7.4. Rendimento e Caracterização físico-química dos pós liofilizados de umbu com diferentes concentrações de maltodextrina.

Parâmetros avaliados	Concentração de maltodextrina (%)				
	0	10	15	20	30
Rendimento (%)	12,48	19,62	22,42	24,97	30,04
Umidade (%)	16,50 a	8,99 b	8,14 bc	5,35 bc	3,39 c
Atividade de água	0,32 a	0,29 b	0,32 a	0,31 a	0,07 c
Proteínas (%)	6,59 a	3,99 b	2,17 c	0,87 e	1,50 d
Lipídeos (%)	1,19 a	0,92 b	0,77 bc	0,87 bc	0,67 c
Cinzas (%)	2,71 a	1,64 b	1,63 b	1,40 b	1,02 c
Ácido Ascórbico (mg de ácido ascórbico.100 g ⁻¹ de polpa)	16,92 a	15,02 a	9,05 b	7,91 b	4,52 c
pH	2,77	2,87	2,91	2,95	3,04
AT (%)	9,15 a	5,71 b	4,25 c	4,14 c	3,24 d
L*	65,39 e	70,71 d	72,60 c	74,51 b	90,14 a
a*	6,50 a	3,70 b	2,90 c	2,59 d	-3,36 e
b*	39,08 a	31,36 b	29,91 c	27,45 d	19,43 e

Solubilidade (%)	75,30 b	80,33 a	81,77 a	83,38 a	82,44 a
Higroscopicidade (%)	18,74 a	18,71 a	17,61 b	16,63 c	14,90 d

Umidade: MG = 8,47387 %; DMS = 4,81206; CV = 21,11%; Atividade de água: MG = 0,26153 %; DMS = 0,01338; CV = 1,90 %; Proteína: MG = 3,49973 %; DMS = 0,45783; CV = 4,86 %; Lipídeos: MG = 0,88376%; DMS = 0,24337; CV = 10,24%; Cinzas: MG = 1,68305%; DMS = 0,24488; CV = 5,41%; Ácido Ascórbico: MG = 10,68461%; DMS = 2.10933; CV = 7.34%; pH: MG = 2.90733%; DMS = 0,01203; CV = 0.15%; AT: MG = 5.29756%; DMS = 0,11537; CV = 0,81%; L*: MG = 74,67067%; DMS = 0,60707; CV = 0,30%; a*: MG = 3,92167%; DMS = 0,09247; CV = 0,90%; b*: MG = 29,44333%; DMS = 0,41056; CV = 0,52%; Solubilidade: MG = 80,64507%; DMS = 4,46991; CV = 2,06%; Higroscopicidade: MG = 17,31733%; DMS = 0,66008; CV = 1,42%. As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que há um aumento considerável no rendimento dos pós de umbu, aumentando a concentração de maltodextrina, atingindo 140,71% quando utilizado 30% do adjuvante de secagem e comparando com a polpa liofilizada sem o aditivo.

O teor de água do pó de umbu obtido da formulação com 30% de maltodextrina não diferiu das formulações com 15 e 20% e o mesmo sofreu uma redução de 79,45% comparado com a formulação sem o aditivo. Apenas no pó formulado com 30% do aditivo se obteve um teor de água inferior a 5%, valor estabelecido pela legislação para frutas liofilizadas (BRASIL, 1978). Souza *et al.* (2020), avaliando suco de umbu em pó utilizando secagem por *spray dryer* e maltodextrina 10-DE em diferentes condições de secagem, obtiveram teores de água variando de 2,05% a 4,32%, estando o teor obtido no pó de umbu com 30% de maltodextrina dentro deste intervalo. Os autores obtiveram para atividade de água valores variando entre 0,12 e 0,23, inferiores aos obtidos nos pós de umbu em todas as formulações, com exceção da de 30%, cujo valor obtido foi 0,07. Com o uso do aditivo, houve a redução da a_w , tendo a formulação com 30% diferido estatisticamente das demais. Os pós apresentaram valores de a_w abaixo de 0,6 que é o valor da a_w limitante para o desenvolvimento microbiano (FRANCO e LANDGRAF, 1996), sendo seguros para o consumo.

Os teores de proteína, lipídeos, cinzas e ácido ascórbico também reduziram com a adição da maltodextrina, porém as médias dos valores desses parâmetros em todas as formulações ainda se mantiveram maiores do que na polpa integral (Tabela 2). Barroso *et al.* (2017) reportaram na polpa de umbu liofilizada com 20% de maltodextrina teores de 4,70% de proteínas, superior ao valor obtido no pó de umbu avaliado na mesma concentração, e de 0,82% de lipídeos e de 1,35% de cinzas, sendo estes inferiores aos obtidos no pó de umbu avaliado neste trabalho na mesma concentração do aditivo. Os mesmos autores obtiveram teores de ácido

ascórbico de 22,66 mg.100g⁻¹ (mg de ácido ascórbico em 100g) nos pós de umbu liofilizados com 20% de maltodextrina, sendo superior ao valor obtido para o pó de umbu avaliado nesta mesma concentração. Mesmo com a redução nos teores de ácido ascórbico causada, possivelmente, pela adição da maltodextrina, o pó com 30% do aditivo ainda apresentou maior teor deste constituinte quando comparado com a polpa integral.

Os valores de pH aumentaram com o aumento da concentração do adjuvante de secagem e a acidez reduziu significativamente, porém, nas concentrações de 15 e 20% do aditivo, os valores não diferiram estatisticamente. Carvalho *et al.* (2017), avaliando pó de umbu-cajá elaborado com polpa de umbu-cajá, leite de cabra e diferentes concentrações de maltodextrina por *spray dryer*, obtiveram valores de pH variando de 3,15 a 3,20, inferiores aos obtidos para o pó de umbu avaliado. Esses autores obtiveram valor de acidez de 4,56 no pó formulado com 10% de maltodextrina e valores variando de 3,84 a 3,92 com 20%, inferiores aos obtidos nos pós de umbu nas mesmas concentrações de maltodextrina. Conegero *et al.* (2017) reportaram valor de pH de 3,12 em pó de polpa de mangaba formulada com 30% de maltodextrina, superior ao determinado no pó da polpa de umbu formulada com a mesma concentração do aditivo e de acidez titulável de 3,04%, um pouco inferior.

Os valores da luminosidade (L*) aumentaram com o uso do aditivo, tornando os pós mais claros, havendo diferença estatística entre as médias. O valor médio do pó da polpa sem maltodextrina foi inferior aos reportados por Santos *et al.* (2016) em pós de polpas de umbu-cajá obtidos por liofilização, utilizando 10, 20 e 30% de goma arábica na formulação da polpa, cujos valores foram 76,36, 78,23 e 80,14, respectivamente, sendo estes inferiores ao determinado no pó de umbu formulado com 30% de maltodextrina. Os mesmos autores reportaram para o pó da polpa de umbu-cajá formulada com 30% de goma arábica, valores de 4,68 e 25,31 para a* e b*, respectivamente, superiores aos valores obtidos no pó de umbu com 30% de maltodextrina, cujos valores de a* e b* reduziram com o aditivo, tornando a coloração dos pós com tendência para a cor verde e ocorrendo a perda da cor amarela.

A solubilidade dos pós aumentou com o acréscimo da concentração de maltodextrina, porém não houve diferença entre as formulações contendo o aditivo, no entanto, comparando com o pó sem o aditivo, o aumento foi de 9,48% no pó com 30% de maltodextrina. Os valores médios da higroscopicidade reduziram com o aumento da concentração de maltodextrina, porém não houve diferença estatística entre o pó obtido da polpa integral e o pó da polpa

adicionada de 10% do aditivo. Apenas os valores das médias dos pós obtidos das formulações com 15, 20 e 30% diferiram estatisticamente. Souza *et al.* (2020) reportaram valores de higroscopicidade variando entre 13,62 e 22,92% em sucos de umbu em pó por *spray dryer*, utilizando maltodextrina 10-DE e diferentes condições de secagem, estando neste intervalo os valores obtidos nos pós de umbu avaliados. Na concentração de 30% de maltodextrina, o pó apresentou higroscopicidade inferior a 15%, sendo considerado um produto ligeiramente higroscópico, de acordo com a classificação de Gea Niro Research Laboratory (2003).

7.4. CONCLUSÃO

Os pós de cajá e umbu formulados com 30% de maltodextrina se mostraram mais adequados para a formulação e produção de produtos alimentícios, uma vez que apenas nessa concentração alcançaram-se teores de água inferiores a 5%, como preconiza a legislação para frutas liofilizadas. A menor atividade de água também foi obtida nos pós com 30% de maltodextrina, sendo esse parâmetro de fundamental importância no armazenamento e conservação. O aumento da solubilidade e a redução da higroscopicidade também contribuem na qualidade e conservação dos pós, sendo a concentração de 30% a que mais favorece esses fatores. Os pós dos frutos de cajá e umbu podem ser utilizados como ingredientes na formulação de alimentos como mixes ou na reconstituição de sucos das frutas, sendo a formulação com 30% de maltodextrina a mais adequada para esta finalidade.

7.5. REFERÊNCIAS

AOAC. Association of Official Analytical Chemists (2010) **Official Methods of Analysis**. 18^a. ed 3^a Review. Washington: USA

BARROSO, A. J. R.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, L. M. M. Desenvolvimento de mixes com extrato em pó de amendoim despeliculizado: mix de amendoim com mangaba e mix de amendoim com umbu. 1. ed. Beau Bassin: **Novas Edições Acadêmicas**, v. 1, 2017. 101p.

BASTOS, J. S.; MARTINEZ, E. A.; SOUZA, S. M. A. Características físico-químicas da polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) comercial: efeito da concentração. **Journal of Bioenergy and Food Science**. v. 3, n. 1, p. 11-16, 2016.

BATISTA, F. R. C.; SILVA, S. M.; SANTANA, M. F. S.; CAVALCANTE, A. R. **O umbuzeiro e o Semiárido brasileiro**. Campina Grande, PB: INSA – Instituto do Semiárido Brasileiro, 2015, 72 p.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1998.

BENAVIDES-MORÁN, A.; CUBILLOS, A.; GÓMEZ, A. Spray drying experiments and CFD simulation of guava juice formulation. **Drying Technology**, v. 38, p. 1-16, 2020.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**. v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – CNNPA nº12, de 24 de julho de 1978. **Normas Técnicas Especiais Relativas a Alimentos e Bebidas. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1978.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos químicos e físico-químicos para análises de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 1022 p.

CARVALHO, A. V.; NOGUEIRA, J. G.; MATTIETTO, R. A. Elaboração e caracterização de estruturados de umbu. 1ª ed, **Embrapa Amazônia Oriental**, Pará, 2015, 26p.

CARVALHO, A. V.; CHAVES, R. P. F.; ALVES, R. M. Caracterização física e físico-química de frutos em matrizes de cajazeira no estado do Pará. **Embrapa Amazônia Oriental**, Pará, 2017. 22p.

CARVALHO, C. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; GURJÃO, F. F. Caracterização do pó de umbu-cajá com leite de cabra e maltodextrina obtido pelo método de secagem em *spray dryer*. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 11, p. 37-42, 2017.

CONEGERO, J.; RIBEIRO, L. C.; COSTA, J. M. C.; MONTEIRO, A. R. G. Stability of ‘mangaba’ pulp powder obtained by freeze drying. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 645-650, 2017.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. (2005) **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

DACANAL, G. C.; MENEGALLI, F. C. Experimental study and optimization of the agglomeration of acerola powder in a conical fluid bed. **Powder Technology**, v. 188, p. 187-194, 2009.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. Trad. Brandelli *et al.* 4 ed. Porto Alegre: Artmed. 2010.

DUTRA, F. V.; CARDOSO, A. D.; MORAIS, O. M.; VIANA, A. E. S.; MELO, T. L.; CARDOSO JÚNIOR, N. S. Características físicas e químicas de acessos de umbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arr. Cam). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, p. 814-822, 2017.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005.

FREITAS, B. S. M.; CAVALCANTE, M. D.; CAGNIN, C.; SILVA, R. M. DA.; PLÁCIDO, G. R.; OLIVEIRA, D. E. C. DE.; Physical-chemical characterization of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) foam-mat drying at different temperatures. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 22, n. 6, p. 430-435, 2018.

GEA Niro Research Laboratory. **Gea Niro analytical methods**. 2006.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovat Food Science Emerg Technol**. v. 11, p. 342-351, 2010.

JIMENEZ-SÁNCHEZ, D. E.; CALDERÓN-SANTOYO, M.; HERMAN-LARA E, GASTON-PEÑA, C.; LUNA-SOLANO, G.; RAGAZZO-SÁNCHEZ, J. A. Use of native agave fructans as stabilizers on physicochemical properties of spray-dried pineapple juice. **Drying Technology**, v. 38, p. 293-303, 2019.

LIMA, L. L. A.; SILVA, A. M. O. E.; FERREIRA, I. M.; NUNES, T. P.; CARVALHO, M. G. Néctar misto de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) e mangaba (*Hancornia Speciosa* Gomes): elaboração e avaliação da qualidade. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 21, p. 1-8, 2018.

MITCHELL, J. D.; DALY, D. C. A revision of *Spondias* L. (Anacardiaceae) in the Neotropics. **PhytoKeys**, v. 55, p. 1-92, 2015.

OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 1059-1064, 2014.

ORREGO, A. C. E. **Congelación y Liofilización de Alimentos**. 1 ed. Manizales, Caldas, Colombia, 2008. 172p.

PACHECO, C.; GARCÍA-MARTÍNEZ, E.; MORAGA, G.; PIÑA, J.; NAZARENO, M. A.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Development of dried functional foods: Stabilization of orange pulp powder by addition of biopolymers. **Powder Technology**, v. 362, p. 11-16, 2019.

RIBEIRO, C. M. C. M.; MAGLIANO, L. C. S. A.; COSTA, M. M. A.; BEZERRA, T. K. A.; SILVA, F. L. H.; MACIEL, M. I. S. Optimization of the spray drying process conditions for acerola and seriguela juice mix. **Food Science and Technology**, v. 39, p. 48-55, 2019.

RODRIGUES, E. N. S.; SILVA, S. M.; BULHÕES, T. L.; MELO, R. S.; SOUSA, A. S. B.; LIMA, R.P.; MENDONÇA, R. M. N. Mudanças na qualidade durante a maturação de frutos de cajazeiras. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 39, p. 254-263, 2018.

SANTOS, E. H. F.; FIGUEIREDO NETO, A.; DONZELI, V. P. Aspectos físico-químicos e microbiológicos de polpas de frutas comercializadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, p. 1-9, 2016.

SANTOS, R. T. S.; LIMA, A. S.; CASTRO, C. D. P. C.; RYBKA, A. C. P.; ASSIS, J. S.; BIASOTO, A. C. T. Avaliação físico-química da polpa de umbu em diferentes estádios de maturação. Trabalho apresentando no XX Encontro Nacional e VI Congresso Latino Americano de Analistas de Alimentos, Hangar Convenções & Feiras da Amazônia, Belém, de 13 a 16 de agosto de 2017. 2017.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, A. S. DA.; SANTANA, L. R. R. DE.; BSPO, E. S.; LOPES, M. V. (2018) Use of Umbu (*Spondias tuberosa* arr. Camara) pulp for preparation of diet cereal bar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. v. 40, n. 2, p. 1-11, 2018.

SOUSA, F. C.; SILVA, L. M. M.; CASTRO, D. S.; MOREIRA, I. S.; ROCHA, A. P. T. Caracterização do cajá *in natura*, formulado e liofilizado. Trabalho apresentado no III Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, Rafain Palace Hotel & Convention Center, Foz do Iguaçu, 29 de agosto a 1 de setembro de 2016. 2016

SOUSA, A. S.; SOARES, K. M. P.; GÓIS, V. A.; FREIRE, B. C. F. Qualidade microbiológica e físico-química de polpas de umbu-cajá e cajá comercializadas em Mossoró, RN. **Higiene alimentar**, v. 31, p. 42-46, 2017.

SOUZA, M. M. B.; SANTOS, A. M. P.; CONVERTI, A.; MACIEL, M. I. S. Optimisation of umbu juice spray drying, and physicochemical, microbiological and sensory evaluation of atomised powder. **Journal of Microencapsulation**, v. 37, p. 230-241, 2020.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4 ed. revisada e ampliada. Campinas, SP: UNICAMP, 2011. 161 p.

VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 50-58, 2012.

ZHANG, C.; ADA KHOO, S. L.; CHEN, X. D.; QUEK, S. Y. Microencapsulation of fermented noni juice via micro-fluidic-jet spray drying: Evaluation of powder properties and functionalities. **Powder Technology**, v. 361, p. 995-1005, 2020.

8 - ARTIGO 3 - ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM SEMENTE E EXTRATOS EM PÓ DE GERGELIM POR LIOFILIZAÇÃO

RESUMO

O gergelim é uma oleaginosa importante difundida no mundo, seu óleo tem importância no mercado mundial e suas sementes são consumidas diretamente ou incorporadas em diversos produtos alimentícios. Os compostos fenólicos presentes no gergelim possuem atividade antioxidante e podem ser aliados a uma alimentação saudável e, conseqüentemente, na prevenção de inúmeras doenças. O objetivo deste trabalho foi obter o teor dos compostos fenólicos totais, avaliar a atividade antioxidante e identificar e quantificar compostos fenólicos presentes em sementes despelculadas de gergelim e em seu extrato em pó por liofilização. As sementes foram despelculadas mecanicamente e o extrato em pó foi obtido utilizando a liofilização. Foram determinados o teor de compostos fenólicos totais pelo método de Folin e Ciocalteu, a identificação e quantificação dos compostos fenólicos por Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) e a atividade antioxidante foi determinada por FRAP E DPPH. O ácido cafeico foi o de maior concentração nas sementes e nos extratos de gergelim em pó. Com relação à classe dos flavonoides, os que mais se destacaram foram a quercetina, seguido da mirecetina, tanto nas sementes quanto nos extratos em pó. O extrato em pó obteve uma considerável concentração dos compostos fenólicos e também a maior atividade antioxidante, demonstrando a qualidade do produto em pó obtido em termos de composição de compostos bioativos.

Palavras-chave: *Sesamum indicum*, compostos fenólicos, atividade antioxidante, propriedades funcionais, bioativos

ABSTRACT

Sesame is an important oilseed widespread in the world, its oil is important in the world market and its seeds are consumed directly or incorporated into various food products. The phenolic compounds present in sesame have antioxidant activity and can be combined with a healthy diet and, consequently, with threats of diseases. The objective of this work was to obtain the content of the total phenolic compounds, to evaluate the antioxidant activity and to quantify the phenolic compounds present in the depelculated sesame seeds and in its powder extract by freeze drying. As seeds were mechanically dehulled and extracted into powder, they were used

using lyophilization. The phenolic compounds of the Folin and Ciocalteu method were defined or theoretically defined, an identification and quantification of phenolic compounds by high-performance liquid chromatography (HPLC) and an antioxidant activity used by FRAP AND DPPH. Coffee acid was the largest concentrate in powdered sesame seeds and extracts. Regarding the class of flavonoids, the ones that stood out the most were quercetin, followed by mirecetin, the same amounts in powder extracts. The powder extract used is a concentration of phenolic compounds and also the greatest antioxidant activity, demonstrating the quality of the powder product applied in terms of the composition of bioactive compounds.

Keywords: *Sesamum indicum*, phenolic compounds, antioxidant activity, functional, bioactive properties.

8.1.INTRODUÇÃO

É crescente o interesse pelo consumo de alimentos com propriedades funcionais e que impliquem diretamente na prevenção de doenças e manutenção da saúde. Há grande importância no combate aos radicais livres, moléculas extremamente reativas e que implicam no desenvolvimento de inúmeras doenças. Os compostos fenólicos presentes no gergelim por suas atividades antioxidantes podem ser aliados na prevenção de doenças como diabetes, obesidade, (BIGONIYA *et al.*, 2012), hipertensão e câncer (NAMIKI, 2007), e no tratamento de artrite reumatoide (RUCKMANI *et al.*, 2018).

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) pertence à família *Pedaliaceae* e é uma oleaginosa importante. A produção do seu óleo ocupa o oitavo lugar no mercado mundial de petróleo. Suas sementes são consumidas diretamente ou incorporadas na produção de inúmeros produtos alimentícios (BODOIRA *et al.*, 2017).

Sementes de gergelim contêm vários compostos fenólicos, como os ácidos ferúlico, vanílico, cinâmico e p-cumárico, considerados compostos bioativos antioxidantes, entre outros (MOHDALY *et al.*, 2013; BEN OTHMAN *et al.*, 2015). MEKKY, *et al.* (2019), avaliando o gergelim desengordurado (resíduo), reportaram um total de 112 metabólitos que foram caracterizados na torta (resíduo) de gergelim, dentre eles 86 compostos fenólicos.

Produtos alimentícios em pó de vegetais em geral estão cada vez mais sendo estudados e desenvolvidos, uma vez que proporcionam mais praticidade, variedade de sabores e concentração de certos nutrientes, além de reduzir custos com armazenamento e transporte,

ocupando menos espaço e não necessitando de sistemas de refrigeração. O extrato em pó de gergelim pode ser consumido diluído em água, sucos ou adicionado em diversos alimentos, agregando valor nutricional e econômico.

A liofilização vem sendo empregada e já foi relatado seu uso em inúmeros alimentos de origem vegetal, como kiwi (CHAKRABORTY *et al.*, 2020), manga (AFONSO *et al.* (2019), mangaba (CONEGERO, *et al.* (2017), amendoim (SILVA *et al.*, 2018) e resíduo de amendoim (BARROSO *et al.* 2019). Vários métodos de secagem vêm sendo empregados em alimentos, porém a liofilização se destaca por ser um método que utiliza baixas temperaturas e proporciona uma maior conservação dos constituintes dos alimentos.

Este estudo teve como objetivo quantificar os compostos fenólicos totais, avaliar a atividade antioxidante e o perfil de compostos fenólicos presentes em sementes despeliculadas de gergelim e em seu extrato em pó por liofilização.

8.2. MATERIAL E MÉTODOS

8.2.1. Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). As sementes de gergelim (Cultivar Anahí) foram fornecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Algodão - Campina Grande, PB.

8.2.2. Despeliculação e Elaboração dos extratos em pó por liofilização

O gergelim foi despeliculado em máquina desenvolvida no LAPPA. Antes, as sementes foram imersas em água a 90 °C por 3 minutos e, em seguida, inseridas no protótipo que operou

em uma rotação de 245 rpm em um ângulo de 45 °C por 7 minutos (MORAES, 2018). As sementes foram secas em estufa a 40 °C por um período de 8 horas, limpas em soprador e manualmente. Posteriormente, o extrato aquoso foi obtido na concentração (grão: água) de 1:2, acondicionado em formas plásticas de polietileno e congelado por 24 h, em seguida transferido para bandejas de alumínio e levado novamente ao congelamento em freezer a -18 °C por 72 h. Logo após, foi submetido ao processo de liofilização por um período de 24 h, obtendo-se o extrato em pó.

8.2.3. Obtenção dos extratos fenólicos

As sementes de gergelim e o extrato de gergelim em pó foram desengordurados de acordo com metodologia descrita por Bligh e Dyer (1959), utilizando-se uma massa de 2,5 g da amostra e adicionando uma mistura de solvente constituído de 10 mL de clorofórmio e 20 mL de metanol. Em seguida, a mistura foi agitada em agitador magnético por 30 minutos. Após completa homogeneização, foi adicionado mais 10 mL de clorofórmio e 10 mL da solução de sulfato de sódio a 1,5%, seguida de agitação por 5 minutos. A solução com a amostra foi transferida para um funil de separação, no qual ocorreu a formação do sistema bifásico, e obtida a separação da amostra desengordurada.

A partir das amostras desengorduradas, foram obtidos os extratos na proporção 1:10 (amostra/solvente-metanol 50%) à temperatura ambiente sob agitação mecânica (Incubadora TE-420) por 3 horas, em seguida centrifugados a 6000 RPM a 25 °C por 10 minutos, filtrados à vácuo e submetidos à secagem com circulação de ar a 40 °C por um período de 15 horas. Os extratos secos foram adicionados de metanol a 50% na proporção (5mg/ml) e armazenados sob refrigeração até o momento da análise.

8.2.4. Compostos fenólicos totais

Foram determinados a partir do método de Folin e Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006) com modificações. Foi pesado 0,5 g da amostra e adicionados 50 mL de água destilada,

deixando-os em repouso por 30 minutos e filtrando em seguida para a obtenção do extrato. Foram adicionadas em tubos de ensaio alíquotas que variaram de 400 –500 μL , e completado o volume para 2.125 μL , completado com água destilada seguido da adição de 125 μL do reagente folin ciocalteau. As misturas permaneceram em repouso por 5 minutos e, após o tempo de reação, foram adicionados 250 μl de carbonato de sódio a 20%, seguido de agitação e repouso em banho-maria a 40 °C, por 30 minutos. Após resfriamento, realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 765 nm. A curva padrão foi preparada com ácido gálico e os resultados foram expressos em (mg de GAE.100g⁻¹).

8.2.5. Atividade antioxidante pelo poder redutor do ferro – FRAP

A capacidade antioxidante de redução do ferro foi determinada pelo método FRAP (RUFINO *et al.*, 2006), com adaptações. Na ausência de luz, o reagente FRAP foi preparado com tampão acetato 300 mmol.L⁻¹ (pH 3,6), 2,4,6-tris (2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ) 10 mmol.L⁻¹ em uma solução de HCl 40 mmol.L⁻¹ e FeCl₃ 20 mmol.L⁻¹. Uma alíquota adequada do extrato foi transferida para um tubo de ensaio e adicionado 0,27 mL de água ultrapura e 2,7 mL do reagente FRAP. A mistura foi agitada e mantida em banho-maria a 37 °C durante 30 minutos. Após o resfriamento até temperatura ambiente, amostras e padrões foram lidos a 595 nm UV-vis da Shimadzu, modelo UV-2550 (Kyoto, Japão). A curva padrão foi traçada usando sulfato de ferro II em concentrações que variaram entre 500-2000 $\mu\text{mol.L}^{-1}$. Os resultados foram expressos em μmol sulfato ferroso.g⁻¹.

8.2.6. Identificação e quantificação dos compostos fenólicos

As análises cromatográficas foram realizadas em um cromatógrafo líquido de alto desempenho (HPLC) Shimadzu (Kyoto, Japão), equipado com um injetor automático Rheodyne 7125i e um detector UV/VIS. As colunas utilizadas foram uma coluna Shimadzu LC-18 (25 cm x 4,6 mm, 5 μm particle size, da Supelco, Bellefonte, PA) e uma pré-coluna C-18 ODS Shimadzu. Para a identificação dos compostos fenólicos, as amostras foram eluídas com um sistema gradiente que consiste em solvente A (2% ácido acético, v/v) e solvente B (acetonitrila:metanol, 2:1, v/v), utilizados como fases móveis, com um fluxo de 1 mL/minuto.

A temperatura da coluna foi mantida a 25 °C e o volume de injeção foi de 20 µL. O sistema de gradiente iniciou-se a partir de 90% A a 0 minuto, 88% A em 3 minutos, 85% A em 6 minutos, 82% A em 10 minutos, 80% A em 12 minutos, 70% A em 15 minutos, 65% A em 20 minutos, 60% A em 25 minutos, 50% A em 30-40 minutos, 75% A em 42 minutos e 90% A em 44 minutos. A corrida cromatográfica total foi de 50 minutos. Os picos dos compostos fenólicos foram monitorizados a 280 nm. O *software* Labsolutions (Shimadzu) foi usado para controlar o sistema de LC-UV e de processamento de dados.

Os compostos fenólicos foram identificados por meio da comparação dos tempos de retenção com os padrões de ácidos fenólicos e flavonoides, sendo quantificados em concentrações de mg.mL⁻¹ a partir de curvas de calibração e os cromatogramas foram registrados no *software* Labsolutions Data System.

8.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 8.1, estão apresentados os valores médios de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante pelos métodos de FRAP das sementes despelculadas de gergelim e dos extratos em pó de gergelim despelculado.

Tabela 8.1. Atividade Antioxidante em sementes e extratos em pó de gergelim despelculado.

Análises	Semente de gergelim	Extrato em pó de gergelim
Compostos fenólicos totais (mg de GAE.100g ⁻¹)	102,41	142,37 ± 0,00
Atividade antioxidante – FRAP (µmol Sulf Fer/mg) ou (mmol Sulf Fer/g)	1,72 ± 0,00	1,85 ± 0,00

O teor de compostos fenólicos totais é utilizado como um indicador da atividade antioxidante dos alimentos. Das *et al.* (2015), avaliando um produto derivado do gergelim (mel

de gergelim), reportaram teores de compostos fenólicos totais de 28,9 mg de GAE.100g⁻¹, inferiores aos teores obtidos nos extratos em pó de gergelim (142,37 mg de GAE.100g⁻¹). Mekky *et al.* (2019), avaliando gergelim desengordurado, reportaram teor de 1,9 mg de GAE / g (190 mg de GAE.100g⁻¹) de extrato, superior ao observado no extrato em pó de gergelim. Kermani *et al.* (2019), avaliando a influência do estresse hídrico no conteúdo de polifenólicos em sementes de gergelim, obtiveram valores variando de 7,6 a 33,4 mg de GAE /g do extrato seco, superiores aos obtidos no presente trabalho, tanto para sementes quanto para os extratos em pó de gergelim. Chen *et al.* (2020), ao avaliar seis amostras de gergelim cru, reportaram valores que variaram de 121,66 a 432,48 mg / GAE 210 100 g de massa seca, intervalo em que se enquadram os valores obtidos no presente trabalho. Silva *et al.* (2018), avaliando extrato de amendoim em pó com pele e sem pele, reportaram teores de compostos fenólicos totais de 4,37 e 2,94 mg de GAE g⁻¹, respectivamente, superiores aos obtidos no pó de gergelim despeliculado.

A atividade antioxidante avaliada por FRAP mostrou a maior capacidade de redução do ferro nos extratos em pó (1,85 µmol Sulf Fer/mg), embora não seja grande a diferença comparada com semente (1,72 µmol Sulf Fer/mg). Das *et al.* (2015) observaram valor de 2,75x10⁶ µM/L (2,75 µM/mg) no mel de gergelim, pouco superior aos obtidos nas sementes e nos extratos de gergelim em pó. Dravie *et al.* (2016) obtiveram valores de Frap entre 0,208 a 0,408 em sementes de gergelim, utilizando diferentes solventes na extração, sendo inferiores aos obtidos no presente trabalho para sementes e extratos em pó de gergelim. Tais diferenças nos teores podem se dar pelo método de extração utilizado ou mesmo pela cultivar.

Na tabela 8.2, estão apresentados compostos fenólicos presentes na semente e no extrato em pó de gergelim despeliculado por liofilização.

Tabela 8.2. Perfil de compostos fenólicos em sementes em pó de gergelim despeliculado.

Compostos fenólicos µmol (µg /g)	Semente de gergelim despeliculada	Extrato em pó de gergelim
Ac p Cumárico	89,8965 ± 3,62	404,82 ± 0,00

Ac Siríntrico	16,0405 ± 0,23	202,41 ± 0,00
Ac Trans cinâmico	40,534 ± 2,35	1214,46 ± 0,00
Ac Vanílico	60,40 ± 1,10	2024,1 ± 0,00
Ac Felútrico	22,113 ± 0,19	1185,755 ± 3,825448
Ac Cafeico	171,78 ± 3,67	5172,955 ± 3,825448
Miricetina	101,066 ± 4,751758	2942,945 ± 4,532554
Quercetina	698,884 ± 3,00	15990,39 ± 0,00
Naringenina	51,677 ± 2,46	1214,46 ± 0,00
Kampferol	70,763 ± 3,152282	2226,51 ± 0,00

Observa-se que há uma concentração considerável na quantidade dos compostos fenólicos dos extratos em pó quando comparados com a semente. O composto encontrado em maior quantidade nas sementes despelculadas e nos extratos em pó foi a quercetina, seguido do ácido cafeico. No extrato em pó de gergelim, a quercetina quantificou quase 23 vezes e o ácido cafeico 30 vezes a mais do que a semente.

A Mirecetina foi o terceiro composto em maior quantidade tanto na semente quanto no extrato em pó, sendo 29 vezes maior no pó. O quarto composto em maior quantidade na semente foi o ácido p Cumárico, já no extrato em pó foi o Kampferol. Observou-se que o aumento na concentração dos compostos no extrato em pó liofilizado é bem particular para cada composto, diferindo nos compostos avaliados.

Kermani *et al.* (2019), avaliando os compostos fenólicos de dois genótipos de sementes de gergelim em regimes de irrigação diferentes, reportaram valores variando de 32 a 37,2 µg/g de quercetina, sendo bem inferiores aos obtidos na semente e extrato de gergelim e observaram variação de 66,5 a 147,5 µg/g de ácido cafeico, sendo estes também inferiores aos obtidos no presente trabalho para semente e extrato de gergelim. Esses autores reportaram valores variando de 81,4 a 99,0 µg/g de teores de ácido p-cumárico, intervalo em que se enquadra o valor para a sementes de gergelim avaliada nesse trabalho (89,90 µg/g). Eles observaram que o teor desse composto nas sementes de cor branca foi 4,2 vezes superior do que as sementes pretas. Já para o ácido ferútrico eles observaram que os teores variaram de 47 a 132,8 µg/g, bem superiores aos

da semente do gergelim, que foi 22,11 $\mu\text{g/g}$, segundo composto em menor quantidade na semente avaliada nesse trabalho, sendo que o mesmo apresentou uma quantidade considerável no extrato (1185,76 $\mu\text{g/g}$).

Chen *et al.* (2020) obtiveram um teor de ácido ferúlico variando entre 4,44 e 18,79 mg/100g de massa seca (44,4 e 187,9 $\mu\text{g/g}$), sendo estes superiores aos obtidos na semente de gergelim, já para quercetina os teores ficaram compreendidos no intervalo entre 1,78 e 18,15 mg/100g (17,8 e 181,5 $\mu\text{g/g}$), bem inferiores aos obtidos nas sementes de gergelim. Os mesmos autores obtiveram teores de ácido p-cumárico variando de 0,18 a 3,60 mg/100g de massa seca (1,8 a 36 $\mu\text{g/g}$) e para o ácido cafeico de 0,42 a 1,56 mg/100 g (4,2 a 15,6 $\mu\text{g/g}$), bem inferiores ao determinado na semente de gergelim despeliculada.

Dutra *et al.* (2017), avaliando polpa de seriguela, reportaram teor de mirecetina de 22,36 mg.100g⁻¹ (223,6 $\mu\text{g/g}$), superior ao teor na semente de gergelim (101,07 $\mu\text{g/g}$) e inferior ao teor no extrato em pó (2942,95 $\mu\text{g/g}$). Os mesmos autores, avaliando polpa de seriguela, reportaram teor de 9,07 mg.100g⁻¹ (90,7 $\mu\text{g/g}$), superior aos teores nas sementes e inferior aos nos extratos em pó.

Dentre os compostos identificados, o Ac Siríngico apresentou menores teores nas sementes e nos extratos em pó, 16,04 e 202,41 $\mu\text{g/g}$, respectivamente.

Lin *et al.* (2016), avaliando grão de amêndoa, reportaram teores de Kampferol de 0,02 mg/g (20 $\mu\text{g/g}$) e Dutra *et al.* (2017) reportaram para polpa de mangaba um teor de 1,19 mg.100g⁻¹ (11,90 $\mu\text{g/g}$), inferiores aos reportados para a semente (70,76 $\mu\text{g/g}$) e extrato em pó do gergelim (2226,51 $\mu\text{g/g}$).

O teor de Naringenina na semente foi 51,68 $\mu\text{g/g}$ e no extrato foi 23,5 vezes maior (1214,46 $\mu\text{g/g}$), sendo superiores aos reportados por Lin *et al.* (2016), avaliando grão de amêndoa 0,28 mg/g (28 $\mu\text{g/g}$). Esses autores observaram que, utilizando o processo de torrar a amêndoa desengordurada em diferentes temperaturas e tempo, houve uma tendência na redução dos teores dos compostos na maioria dos tempos e temperaturas empregados, ao contrário do que ocorre quando se utiliza a liofilização, como utilizado na obtenção do extrato em pó de gergelim, quando há uma concentração nos compostos fenólicos.

O ácido vanílico na amêndoa, avaliada por Lin *et al.* (2016), apresentou teor de 0,94 mg/g (94,00 $\mu\text{g/g}$), sendo superior ao teor na semente de gergelim (60,40 $\mu\text{g/g}$) e inferior ao teor no extrato em pó (2024,1 $\mu\text{g/g}$). Dutra *et al.* (2017) reportaram em polpa de seriguela teor

de ácido Trans cinâmico de $1,97 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ($19,7 \mu\text{g/g}$), inferior ao teor na semente de gergelim ($40,53 \mu\text{g/g}$), tendo o extrato em pó uma concentração quase 30 vezes a mais que a semente.

8.4. CONCLUSÃO

A atividade antioxidante foi maior no extrato em pó do que na semente.

As sementes de gergelim bem como os extratos em pó possuem quantidades consideráveis de compostos fenólicos, sendo o ácido cafeico o de maior concentração nas sementes e nos extratos.

Com relação à classe dos flavonoides, os que mais se destacaram foram a quercetina, seguido da mirecetina, tanto nas sementes quanto nos extratos em pó.

Observou-se que houve uma grande concentração dos compostos fenólicos nos extratos em pó por de liofilização, demonstrando a eficiência do método e a qualidade em termos de composição de bioativos no produto gerado a partir da semente de gergelim.

8.5. REFERÊNCIAS

AFONSO, M. R. A., RODRIGUES, B. K. M., COSTA, J. M. C. DA, RYBKA, A. C. P., & WURLITZER, N. J. **Microstructure and flow properties of lyophilized mango pulp with maltodextrin.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, n. 2, p. 133–137, 2019.

BARROSO, A. J. R.; SILVA, H. A.; ALMEIDA, F. DE A. C.; SILVA, S. N.; DA SILVA, P. B.; BRITO, K. D.; ALMEIDA, R. D.; GOMES, J. P. Uso de resíduo do extrato aquoso de amendoim na elaboração de bolo sem glúten. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 4, p. 3327-3340, 2019.

BEN OTHMAN, S.; KATSUNO, N; KANAMARU, Y.; YABE, T. Water-soluble extracts from defatted sesame seed flour show antioxidant activity *in vitro*. **Food chemistry**, v. 175, p. 306-314, 2015.

BIGONIYA, P.; RAVI NISHAD, CHANDRA SHEKHAR SINGH. DEPARTMENT OF PHARMACOLOGY, RADHARAMAN COLLEGE OF PHARMACY, RATIBAD, BHOPAL,

MP, India. Preventive effect of sesame seed cake on hyperglycemia and obesity against high fructose-diet induced Type 2 diabetes in rats. **Food Chemistry**, v. 133, p. 1355–1361, 2012.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Halifax, v.37, n.8, p. 911-917, 1959.

BODOIRA, R.; VELEZ, A.; ANDREATTA, A. E.; MARTÍNEZ, M.; MAESTRI, D. Extraction of bioactive compounds from sesame (*Sesamum indicum* L.) defatted seeds using water and ethanol under sub-critical conditions. **Food Chemistry**. 2017.

CHAKRABORTY, N., CHAKRABORTY, R., & SAHA, A. K. Fortified and freeze-dried kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*): quality and sensory assessment. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, 2020.

CHEN, Y.; LIN, H.; LIN, M.; ZHENG, Y.; CHEN, J. Effect of roasting and *in vitro* digestion on phenolic profiles and antioxidant activity of water-soluble extracts from sesame, **Food and Chemical Toxicology**. 2020.

CONEGERO, J., RIBEIRO, L. C., COSTA, J. M. C. DA, & MONTEIRO, A. R. G. (2017). Stability of “mangaba” pulp powder obtained by freeze drying. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.9, p.645-650, 2017

DAS, A.; DATTA, S.; MUKHERJEE, S.; BOSE, S.; GHOSH, S.; DHAR, P. Evaluation of antioxidative, antibacterial and probiotic growth stimulatory activities of *Sesamum indicum* honey containing phenolic compounds and lignans. **LWT - Food Science and Technology**, v. 61, p. 244-250, 2015.

DRAVIE, E. E.; KORTEI, N. K.; ESSUMAN, E. K.; TETTEY, C. O.; BOAKYE, A. A.; HUNKPE, G. Antioxidant, phytochemical and physicochemical properties of sesame seed (*Sesamum indicum* L.). **Scientific African**. 2020.

DUTRA, R. L. T., DANTAS, A. M., MARQUES, D. DE A., BATISTA, J. D. F., MEIRELES, B. R. L. DE A., DE MAGALHÃES CORDEIRO, Â. M. T., MAGNANI, M. BORGES, G. DA S. C. **Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolic compounds in frozen pulps of Brazilian exotic fruits exposed to simulated gastrointestinal conditions. Food Research International**, v. 100, p. 650–657, 2017.

KERMANI, S. G.; SAEIDI, G.; SABZALIAN, M. R.; GIANINETTI, A. Drought stress influenced sesamin and sesamol content and polyphenolic components in sesame (*Sesamum indicum* L.) populations with contrasting seed coat colors. **Food Chemistry**, v. 289, p. 360–368, 2019.

LIN, J.-T., LIU, S.-C., HU, C.-C., SHYU, Y.-S., HSU, C.-Y., & YANG, D.-J. Effects of roasting temperature and duration on fatty acid composition, phenolic composition, Maillard reaction degree and antioxidant attribute of almond (*Prunus dulcis*) kernel. **Food Chemistry**, v. 190, p. 520–528, 2016.

MEKKY, R. H.; ABDEL-SATTAR, E.; SEGURA-CARRETERO, A.; CONTRERAS, M. DEL M. Phenolic Compounds from Sesame Cake and Antioxidant Activity: A New Insight for Agri-Food Residues' Significance for Sustainable Development. **Foods**, v. 8, p. 432, 2019.

MOHDALY, A. A. A.; HASSANIEN, M. F. R.; MAHMOUD, A.; SARHAN, M. A., & SMETANSKA, I. **Phenolics Extracted from Potato, Sugar Beet, and Sesame Processing By-Products. International Journal of Food Properties**, v. 16, n. 5, p. 1148–1168, 2013.

MORAES, J. DE S. Desenvolvimento e avaliação de um protótipo para despelicular sementes de gergelim. **Tese**– Campina Grande, 2018. 105f.

NAMIKI, M. Nutraceutical Functions of Sesame: A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 47 n. 7, p. 651–673, 2007.

RUCKMANI, A.; METI, V.; VIJAYASHREE, R.; ARUNKUMAR, R.; KONDA, V. R.; PRABHU, L.; MADHAVI, E.; DEVI, S. Anti-rheumatoid activity of ethanolic extract of *Sesamum indicum* seed extract in Freund's complete adjuvant induced arthritis in Wistar albino rats. **Journal of Traditional and Complementary Medicine**, v. 8, p. 377–386, 2018.

RUFINO, M. D. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S. DE, MORAIS, S. M. DE, SAMPAIO, C. D. G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., SAURA-COLIXTO, F. D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP). **Comunicado Técnico Embrapa**, v. 125, p. 1–4, 2006.

RUFINO, M. D. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S. DE, MORAIS, S. M. DE, SAMPAIO, C. D. G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., SAURA-COLIXTO, F. D. Metodologia Científica : Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. **Comunicado Técnico Embrapa**, v. 127, p. 1–4, 2007.

SILVA, L. M. DE M.; ALMEIDA, F. DE A. C.; SOUSA, F. C. DE S.; DE CASTRO, D. S.; MOREIRA, I. DOS S.; LIMA, J. P.; FIGUEIREDO NETO, A. Chemical and Physical Characterization of Peanut Powder Extracts. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 4, 2018.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, p. 3-5, 2006.

9. ARTIGO 4 - ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E PERFIL DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM POLPAS DE CAJÁ E UMBU

RESUMO

Os frutos de cajá e umbu são ricos em nutrientes e possuem compostos fenólicos que, devido à ação antioxidante promovida por estes, são associados a uma alimentação saudável bem como à prevenção de várias doenças. O objetivo deste trabalho foi avaliar o conteúdo de compostos fenólicos totais, a atividade antioxidante e identificar e quantificar os compostos fenólicos presentes nas polpas de cajá e umbu. Os compostos fenólicos totais foram determinados a partir do método de Folin-Ciocalteu. A atividade antioxidante foi realizada pelo poder redutor do ferro – FRAP e pelo sequestro do radical livre – DPPH. A identificação e a quantificação dos compostos fenólicos foram realizadas em um cromatógrafo líquido de alta eficiência (CLAE). As polpas de cajá e umbu apresentaram bom conteúdo de compostos fenólicos totais, sendo superior na polpa de cajá (141,23 mg de GAE.100g⁻¹). A polpa de cajá também apresentou uma maior atividade antioxidante nos dois métodos utilizados. Foram identificados dez compostos fenólicos na polpa de cajá e treze na polpa de umbu, sendo que os teores dos compostos em comum nas duas polpas ocorreram em maior quantidade na polpa de umbu.

Palavras-chave: *Spondias mombin*, *Spondias Tuberosa*, fenólicos, antioxidantes.

ABSTRACT

Cashew and Umbu fruits are rich in nutrients and have phenolic compounds that due to the antioxidant action promoted by them, they are associated with a healthy diet as well as the prevention of various diseases. The objective of this work was to evaluate the content of total phenolic compounds, the antioxidant activity and to identify and quantify the phenolic compounds present in the cashew and umbu pulps. The total phenolic compounds were determined from the Folin-Ciocalteu method, the antioxidant activity was performed by the iron reducing power - FRAP and the free radical sequestration - DPPH. The identification and quantification of phenolic compounds was performed in a high performance liquid chromatograph (HPLC). The cashew and umbu pulps had a good content of total phenolic compounds, being higher in the cashew pulp (141.23 mg of GAE.100g⁻¹). Cashew pulp also presented a higher antioxidant activity in the two methods used. Ten phenolic compounds were identified in the cashew pulp and thirteen in the umbu pulp, that the contents of the compounds in common in the two pulps occurred in greater quantity in the umbu pulp.

Keywords: *Spondias mombin*, *Spondias Tuberosa*, phenolic, antioxidants.

9.1. INTRODUÇÃO

As frutas estão associadas a uma alimentação saudável, uma vez que apresentam constituintes nutricionais com benefícios reconhecidos para a saúde. O cajá (*Spondias mombim*) e o umbu (*Spondias Tuberosa*) são frutos exóticos e de grande aceitação e demanda na Região Nordeste do Brasil, além de apresentarem promissoras perspectivas de crescimento nos mercados nacional e internacional.

Os compostos fenólicos presentes em frutos de cajá e umbu apresentam propriedades funcionais e estão intimamente ligados à prevenção de inúmeras doenças devido à ação antioxidante que os mesmos possuem. O consumo dessas frutas pode ser uma alternativa na redução do risco de tais doenças.

Stafussa *et al.* (2018) avaliaram compostos bioativos de 44 frutas brasileiras tradicionais e exóticas, entre elas cajá e umbu, e reportaram bom conteúdo de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante considerável. Ribeiro *et al.* (2019), avaliando compostos bioativos em polpa, casca e semente do umbu, obtiveram conteúdo relevante de nutrientes e compostos bioativos, tornando não só a polpa, como também semente e casca, ingredientes potenciais para o desenvolvimento de novos produtos na indústria de alimentos. Brito *et al.* (2018), em seus estudos, observaram que o suco de cajá possui atividades gastroprotetoras e de cicatrização de úlceras e que estão correlacionadas à sua ação anti-secretora, sugerindo sua exploração comercial como um alimento funcional.

Considerando a riqueza de nutrientes nos frutos de cajá e umbu bem como a aceitação e perspectivas de mercado, o objetivo deste trabalho foi avaliar o conteúdo de compostos fenólicos totais, a atividade antioxidante e o perfil de compostos fenólicos presentes nas polpas desses frutos.

9.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em parceria com o Núcleo de Pesquisa e Extensão do Laboratório de Combustíveis e Materiais

(NDE-LACOM) e os Laboratórios de físico-química do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento regional da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Os frutos de cajá foram adquiridos de produtor no município de João Pessoa através de parceria com a Estação Experimental José Irineu Cabral, pertencente à Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária (EMPAER). Os frutos de cajá foram selecionados, lavados e sanitizados, em seguida despulpados em despulpadeira de aço inoxidável e congelados até o momento de sua utilização. Foram utilizadas polpas de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), adquiridas em uma cooperativa localizada no município de Afogados de Ingazeira, PE.

9.2.1 Compostos fenólicos totais

Foram determinados a partir do método de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006) com modificações. Foi pesado 1,0 g da amostra e adicionados 50 mL de água destilada, deixando-os em repouso por 30 minutos e filtrando em seguida para a obtenção do extrato. Foram adicionadas em tubos de ensaio alíquotas de 800 μ L do extrato e completado o volume para 2.125 μ L com água destilada seguido da adição de 125 μ L do reagente Folin-Ciocalteu. Após um repouso de 5 minutos, foram adicionados 250 μ l de carbonato de sódio a 20%, seguido de agitação e repouso em banho-maria a 40 °C, por 30 minutos. Após resfriamento, realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 765 nm. A curva padrão foi preparada com ácido gálico e os resultados foram expressos em (mg de GAE.100g⁻¹ da amostra).

9.2.2. Obtenção dos extratos fenólicos para determinação da atividade antioxidante e para identificação e quantificação dos compostos fenólicos

Foram obtidos os extratos a partir das polpas de cajá e umbu na proporção 1:10 (amostra/solvente-metanol 50%) à temperatura ambiente sob agitação mecânica (Incubadora TE-420) por 3 horas, em seguida centrifugados a 6000 RPM a 25 °C por 10 minutos, filtrados à vácuo e submetidos à secagem com circulação de ar a 40 °C por um período de 15 horas. Os extratos secos foram adicionados de metanol a 50% na proporção (5mg/ml) e armazenados sob refrigeração até o momento da análise.

9.2.3. Atividade antioxidante pelo poder redutor do ferro – FRAP

A capacidade antioxidante de redução do ferro foi determinada pelo método FRAP (RUFINO *et al.*, 2006), com adaptações. Na ausência de luz, o reagente FRAP foi preparado com tampão acetato 300 mmol.L⁻¹ (pH 3,6), 2,4,6-tris (2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ) 10 mmol.L⁻¹ em uma solução de HCl 40 mmol.L⁻¹ e FeCl₃ 20 mmol.L⁻¹. Uma alíquota adequada do extrato foi transferida para um tubo de ensaio e adicionado 0,27 mL de água ultrapura e 2,7 mL do reagente FRAP. A mistura foi agitada e mantida em banho-maria a 37 °C durante 30 minutos. Após o resfriamento até temperatura ambiente, amostras e padrões foram lidos a 595 nm UV-vis da Shimadzu, modelo UV-2550 (Kyoto, Japão). A curva padrão foi realizada usando sulfato de ferro II em concentrações que variaram entre 500-2000 µmol.L⁻¹. Os resultados foram expressos em µmol sulfato ferroso.g⁻¹.

9.2.4. Atividade antioxidante pelo sequestro do radical livre - DPPH

A atividade de eliminação de radicais livres dos extratos foi determinada com base no método DPPH (RUFINO *et al.*, 2007), com modificações. Uma alíquota adequada do extrato foi adicionada em 3,0 mL de solução diluída de DPPH em etanol (0,0236 mg.mL⁻¹), agitada e incubada durante 30 minutos no escuro. A absorbância das amostras e padrões foram medidos a 517 nm UV-vis da Shimadzu, modelo UV-2550 (Kyoto, Japão). A curva padrão foi realizada com Trolox (100-2000 µmol.L⁻¹ em etanol). Os resultados foram expressos em µmol equivalente Trolox (TE).g⁻¹ do extrato.

9.2.5. Identificação e quantificação dos compostos fenólicos

As análises cromatográficas foram realizadas em um cromatógrafo líquido de alta eficiência (HPLC) Shimadzu (Kyoto, Japão), equipado com um injetor automático Rheodyne 7125i e um detector UV/VIS. As colunas utilizadas foram uma coluna Shimadzu LC-18 (25 cm x 4,6 mm, tamanho da partícula de 5µm, da Supelco, Bellefonte, PA) e uma pré-coluna C-18 ODS Shimadzu. Para a identificação dos compostos fenólicos, as amostras foram eluídas com

um sistema gradiente que consiste em solvente A (2% ácido acético, v/v) e solvente B (acetonitrila:metanol, 2:1, v/v), utilizados como fases móveis, com um fluxo de 1 mL/minuto. A temperatura da coluna foi mantida a 25 °C e o volume de injeção foi de 20 µL. O sistema de gradiente iniciou-se a partir de 90% A a 0 minuto, 88% A em 3 minutos, 85% A em 6 minutos, 82% A em 10 minutos, 80% A em 12 minutos, 70% A em 15 minutos, 65% A em 20 minutos, 60% A em 25 minutos, 50% A em 30-40 minutos, 75% A em 42 minutos e 90% A em 44 minutos. A corrida cromatográfica total foi de 50 minutos. Os picos dos compostos fenólicos foram monitorizados a 280 nm. O *software* Labsolutions (Shimadzu) foi usado para controlar o sistema de LC-UV e de processamento de dados.

Os compostos fenólicos foram identificados por meio da comparação dos tempos de retenção com os padrões de ácidos fenólicos e flavonoides, sendo quantificados em concentrações de mg.mL⁻¹ a partir de curvas de calibração e os cromatogramas foram registrados no *software* Labsolutions Data System.

9.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 9.1, estão apresentados os valores médios de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante pelos métodos de FRAP e DPPH das polpas de cajá e umbu.

Tabela 9.1. Compostos fenólicos e atividade antioxidante de polpas de cajá e umbu.

Análises	Polpa de cajá	Polpa de umbu
Compostos fenólicos totais (mg de GAE.100g ⁻¹)	141,23 ± 2,20	69,35 ± 1,60
Atividade antioxidante – FRAP (µmol Sulf Fer/mg) ou (mmol Sulf Fer/g)	9,70 ± 0,60	3,23 ± 0,12
Atividade antioxidante – DPPH (µmol Tx/g)	124,33 ± 0,58	22,50 ± 0,00

A polpa de cajá apresentou um maior teor de compostos fenólicos quando comparada com a polpa de umbu. Os valores foram superiores e inferiores, respectivamente, aos obtidos por Stafussa *et al.* (2018) em polpa de cajá (134,22 mg/ 100 g) e em polpa de umbu (216,74 mg/ 100 g).

A polpa de cajá também apresentou uma maior atividade antioxidante do que a polpa de umbu, de acordo com os valores obtidos nos dois métodos utilizados. Stafussa *et al.* (2018), utilizando DPPH, reportaram para polpa de cajá uma atividade antioxidante de 1271,88 $\mu\text{mol} /100 \text{ g}$ (12,7188 $\mu\text{mol} /\text{g}$) inferior à obtida na polpa avaliada no presente trabalho; e, para a polpa de umbu, 2425,96 $\mu\text{mol} /100 \text{ g}$ (24,2596 $\mu\text{mol} /\text{g}$), um pouco superior ao valor obtido na polpa de umbu avaliada.

Dutra *et al.* (2017), utilizando o método de DPPH, obtiveram valores de 1.907,56 $\mu\text{mol} /100 \text{ g}$, 4.985,65 $\mu\text{mol} /100 \text{ g}$, 5.066,93 $\mu\text{mol} /100 \text{ g}$ para mangaba, seriguela e umbu-cajá, respectivamente, sendo estes inferiores aos obtidos para a polpa de cajá avaliada e sendo o valor obtido para a polpa de umbu mais próximo ao valor para polpa de mangaba avaliada por esses autores. Estes mesmos autores, utilizando FRAP, obtiveram valores de 1870,30 $\mu\text{Mol Fe}^{+2} 100 \text{ g}^{-1}$ (1,8703 $\mu\text{Mol Fe}^{+2} 100 \text{ mg}^{-1}$), 1271,50 $\mu\text{Mol Fe}^{+2} 100 \text{ g}^{-1}$ (1,2715 $\mu\text{Mol Fe}^{+2} 100 \text{ mg}^{-1}$), 1141,96 $\mu\text{Mol Fe}^{+2} 100 \text{ g}^{-1}$ (1,14196 $\mu\text{Mol Fe}^{+2} 100 \text{ mg}^{-1}$), para as polpas de mangaba, umbu-cajá e siriguela, apresentando estas uma atividade antioxidante inferior às obtidas nas polpas de cajá e umbu avaliadas neste trabalho.

Na tabela 9.2, estão apresentados os perfis de compostos fenólicos presentes nas polpas de cajá e umbu.

Tabela 9.2. Identificação e quantificação dos compostos fenólicos por HPLC presentes nas polpas de cajá (*Spondias mombin*) e umbu (*Spondias tuberosa*).

Compostos fenólicos $\mu\text{mol} (\mu\text{g} /\text{g})$	Popa de cajá	Polpa de umbu
Ácidos fenólicos		
Ac 3,4 diroxibenzoico	8,964 \pm 0,00	59,328 \pm 2,907623
Ac4 Hidroxibenzoico	17,928 \pm 0,00	59,328 \pm 2,907623

Ac p Cumárico	4,482 ± 0,00	-
Ac Salicílico	12,3255 ± 1,5846	31,536 ± 0,865499
Ac Sinápico	6,723 ± 0,00	50,56 ± 2,421134
Ac Vanílico	29,133 ± 0,00	194,24 ± 0,00
Ac Cafeico	44,82 ± 0,00	310,784 ± 0,00
Ac Gálico	2,241 ± 0,00	-
Ac Siríngico	-	51,498 ± 2,508815
Ac Trans cinâmico	-	19,424 ± 0,00
Ac 2,5 dihidroxibenzoico	-	1801,372 ± 3,082986
Favonoides		
Rutina	5,6025 ± 1,5846	58,272 ± 0,00
Catequina	17,928 ± 3,1692	90,264 ± 4,038994
Miricetina	-	77,696 ± 0,00
Crisina	-	97,12 ± 0,00

Observou-se que o composto em maior concentração na polpa de cajá foi o ácido cafeico, seguido do ácido vanílico. Na polpa de umbu, o ácido em maior quantidade foi o Ac 2,5 dihidroxibenzoico, seguido do ácido cafeico e do vanílico. Dos ácidos identificados nas polpas avaliadas, oito estão presentes tanto na polpa de cajá quanto na polpa de umbu, sendo a polpa de umbu a que apresentou maiores teores para estes ácidos.

Dutra *et al.* (2017) reportaram teor de ácido vanílico de 29,12 mg 100 g⁻¹ (291,2 µg/g) de matéria seca em polpa de umbu-cajá, sendo superior aos obtidos para as polpas de cajá e umbu avaliadas. Esses autores obtiveram, para o ácido p-hidroxibenzoico, um teor de 110,2 mg 100 g⁻¹ (1102 µg/g) e de 187,09 29,12 mg 100 g⁻¹ (1870,9 µg/g) para polpas de seriguela e umbu-cajá, sendo estes inferior e superior, respectivamente, ao teor do Ac 2,5 dihidroxibenzoico presente na polpa de umbu avaliada.

Bennemann *et al.* (2018), avaliando os compostos fenólicos em farinhas de resíduos de produção vinícola desidratados em estufa e em liofilizador, obtiveram teores de catequinas variando entre 4,81 a 73,55 g 100 g⁻¹ e de rutina entre 7,44 a 46,88 g 100 g⁻¹.

Coelho (2015), avaliando extrato da farinha da casca de umbu e utilizando diferentes solventes, reportou valor de 44 mg/Kg (44 µg/g) de ácido siríngico, sendo este inferior ao valor obtido na polpa de umbu avaliada. O autor também reportou valores de rutina variando entre 12 a 598 mg/Kg (12 a 598 µg/g) e de miricetina variando de 8 a 12 mg/Kg (8 a 12 µg/g), inferiores ao obtido na polpa de umbu. Ola *et al.* (2015) sugeriram que o flavonoide rutina possui potencial atividade antioxidante, efeito antiapoptótico e suporte neurotrófico na retina de ratos diabéticos. Saklani *et al.* (2016) demonstraram em ratos os efeitos da rutina no salvamento do miocárdio no diabetes mellitus, efeito atribuído aos antioxidantes e anti-inflamatórios da rutina.

Seraglio *et al.* (2018) identificaram e quantificaram compostos fenólicos em acerola durante a maturação, sendo o ácido cafeico o mais abundante nos estádios de maturação identificados como menos maduro e maduro com teores de 276,21 e 291,00 µg /g, respectivamente, sendo inferiores ao obtido na polpa de umbu avaliada, e no estágio maduro os autores obtiveram teor de 2,94 µg /g, inferior aos obtidos nas polpas de cajá e umbu avaliadas. Os autores obtiveram teores de ácido gálico variando de 1,12 a 1,54 00 µg /g e de ácido salicílico variando entre 1,09 e 1,17 µg /g, inferiores aos obtidos nas polpas avaliadas. Já para o ácido p-cumárico os teores variaram entre 6,13 e 9,50 µg /g, sendo pouco superiores aos obtidos no presente trabalho.

O ácido gálico e o ácido cafeico estão entre os componentes ativos responsáveis pelas ações anti-invasivas e antimetastáticas de vegetais dietéticos (WENG e YEN, 2012).

O Ac Sinápico foi detectado 7,5 vezes em maior quantidade na polpa de umbu quando comparado à quantidade do mesmo ácido na polpa de cajá. E o Ac Transcinâmico foi o composto em menor quantidade detectado na polpa de umbu. A crisina foi detectada apenas na polpa de umbu e, segundo Costa e Tupinambá (2005), esse flavonoide possui efeito contra a ansiedade.

9.4. CONCLUSÃO

As polpas de cajá e umbu apresentaram bom conteúdo de compostos fenólicos totais, sendo superior na polpa de cajá.

A polpa de cajá apresentou uma maior atividade antioxidante nos dois métodos utilizados quando comparada à polpa de umbu.

Foram identificados neste trabalho dez compostos fenólicos na polpa de cajá e treze na polpa de umbu, e os teores dos compostos em comum nas duas polpas ocorreram em maior quantidade na polpa de umbu.

Na polpa de cajá, os compostos que se destacaram pelo maior teor foi o ácido cafeico, seguido do ácido vanílico. Na polpa de umbu, o Ac 2,5 dihidroxibenzoico se destacou por sua concentração bem superior quando comparado com os demais compostos.

Desta forma, pode-se afirmar que as polpas de cajá e umbu são fontes de compostos fenólicos e que, por possuírem atividade antioxidante, podem ser considerados uma boa alternativa de consumo em uma alimentação saudável.

9.5. REFERÊNCIAS

BENNEMANN, G. D.; BOTELHO, R. V.; TORRES, Y. R.; CAMARGO, L. A.; KHALIL, N. M.; T. L. C. O.; SILVA, D. H. **Compostos bioativos e atividade antirradicalar em farinhas de bagaço de uvas de diferentes cultivares desidratadas em liofilizador e em estufa**. Campinas, v. 21, 2018.

BRITO, S. A.; BARBOSA, I. S.; ALMEIDA, C. L. F.; MEDEIROS, J. W.; SILVA NETO, J. C.; ROLIM, L. A.; SILVA, T. G.; XIMENES, R. M.; MENEZES, I. R. A.; CALDAS, G. F. R.; WANDERLEY, A. G. Evaluation of gastroprotective and ulcer healing activities of yellow mombin juice from *Spondias mombin* L. **PLoS ONE**, v. 13, n. 11, 2018.

COSTA A. M.; TUPINAMBÁ, D.D. O maracujá e suas propriedades medicinais - estado de arte. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 475-506, 2005.

DUTRA, R. L. T.; DANTAS, A. M.; MARQUES, D. A.; BATISTA, J. D. F.; MEIRELES, B. R. L. A.; CORDEIRO, A. M. T. M.; MAGNANI, M.; BORGES, G. S. C. Bioaccessibility and Antioxidant Activity of Phenolic Compounds in Frozen Pulps of Brazilian Exotic Fruits

Exposed to Simulated Gastrointestinal Conditions. **Food Research International**, v. 100, p. 650–657, 2017.

OLA, M. S.; AHMED, M. M.; AHMAD, R. *et al.* Neuroprotective Effects of Rutin in Streptozotocin-Induced Diabetic Rat Retina. **J. Mol Neurosci**, v. 56, p. 440-448, 2015.

RIBEIRO, L. O.; VIANA, E. S.; GODOY, R. L. O.; FREITAS, S. C.; FREITAS, S. P.; MATTA, V. M. Nutrients and bioactive compounds of pulp, peel and seed from umbu fruit. **Ciência Rural**, v.49, n.4, 2019.

RUFINO, M. D. S. M., ALVES, R. E., DE BRITO, E. S., MORAIS, S. M., SAMPAIO, C. D. G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., & SAURA-COLIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). **Comunicado Técnico Embrapa**, v. 125, p. 1–4, 2006.

RUFINO, M. D. S. M., ALVES, R. E., DE BRITO, E. S., DE MORAIS, S. M., SAMPAIO, C. D. G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., & SAURA-COLIXTO, F. D. Metodologia Científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico Embrapa**, v. 127, p. 1–4, 2007.

SAKLANI, R.; GUPTA, S. K.; MOHANTY, I. R.; KUMAR, B.; SRIVASTAVA, S.; MATHUR, R. Cardioprotective effects of rutin via alteration in TNF- α , CRP, and BNP levels coupled with antioxidant effect in STZ-induced diabetic rats. **Mol Cell Biochem**, v. 420, p. 65–72, 2016.

SERAGLIO, S. K. T.; SCHULZ, M.; NEHRING, P.; BETTA, F. D.; VALESE, A. C.; DAGUER, H.; GONZAGA, L. V.; FETT, R.; COSTA, A. C. O. Determinação de compostos fenólicos por lc-ms/ms e capacidade antioxidante de acerola em três estádios de maturação comestíveis. **Revista CSBEA**, v. 4, n. 1, p. 96, 2018.

SOUZA, M. I. Compostos Fenólicos e Atividade Antioxidante de Extratos da Casca do Umbu (*Spondias Tuberosa Arruda*) Obtidos por Diferentes Técnicas. **Tese (Doutorado)**, UFSC, Florianópolis - SC, 2015. 165p.

STAFUSSA, A. P.; MACIE, G. M.; RAMPAZZO, V.; BONA, E.; MAKARA, C. N.; DEMCZUK JUNIOR, B.; HAMINIUK, C. W. I. Bioactive compounds of 44 traditional and exotic Brazilian fruit pulps: phenolic compounds and antioxidant activity, **International Journal of Food Properties**, v. 21, n. 1, p. 106-118, 2018.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and viticulture**, p.3-5, 2006.

WENGA, C.-J.; YEN, G.-C. Chemopreventive effects of dietary phytochemicals against cancer invasion and metastasis: Phenolic acids, monophenol, polyphenol, and their derivatives. **Cancer Treatment Reviews**, v. 38, p. 76–87, 2012.

10. ARTIGO 5 - PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MIXES DE GERGELIM E FRUTOS LIOFILIZADOS

RESUMO

A crescente demanda por alimentos nutritivos, funcionais e que, ao mesmo tempo, ofereçam praticidade aos consumidores é cada vez mais notória. Produtos em pó, como mixes de frutos e vegetais, configuram-se como ótimas opções, uma vez que proporcionam riqueza nutricional, propriedades funcionais e variedade de sabores. São produtos de valor agregado e por sua estrutura instantânea possuem propriedade de preparo rápido, além de facilidade no armazenamento e transporte. O gergelim é rico em proteínas, lipídeos e compostos bioativos. Os frutos de cajá e umbu apreciados na região Nordeste do Brasil possuem grande potencial para a indústria de alimentos, onde já se processam produtos como polpas, sorvetes, néctares, sucos. O objetivo desse trabalho foi elaborar dois mixes com base no extrato em pó de gergelim, adicionado de extrato em pó de cajá e de umbu, e avaliar o comportamento dos mesmos em um período de 180 dias. O gergelim foi despelculado, e os extratos foram obtidos na proporção de gergelim: água (1:2) e liofilizados a $-55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, e as polpas dos frutos preparadas com 30% de maltodextrina 20DE e liofilizadas por 72 horas. Os mixes foram preparados com diferentes proporções de gergelim em pó e dos frutos em pó e avaliados quanto aos parâmetros físico-químicos (Teor de água (%), Aa (%), lipídeos (%), proteínas (%), cinzas (%), açúcares redutores (%), açúcares solúveis totais (%), solubilidade (%), higroscopicidade (%), compostos fenólicos ($\text{mg de GAE.100g}^{-1}$) e flavonoides (mg.100g^{-1}), Foi armazenado um mix de gergelim com cajá e outro com umbu por 180 dias e avaliados a cada 30 dias. Os mixes M1 e M3 apresentaram menores teores de água e atividade de água e maiores teores de lipídeos e proteínas e compostos fenólicos totais, comparando com M2 e M4, respectivamente, sendo mais favoráveis ao armazenamento. O armazenamento de 180 dias foi adequado para o armazenamento dos mixes, uma vez que manteve teores de umidade abaixo de 5% e a atividade de água numa faixa que não favorece o desenvolvimento de microrganismos, além de ter mantido o conteúdo nutricional, principalmente o teor de lipídeos, proteínas e compostos fenólicos, sendo observada pequena redução desses parâmetros. A solubilidade reduziu no armazenamento, porém os mixes mantiveram-se numa faixa intermediária. Em termos de valores absolutos, tanto em M1 quanto em M3, a higroscopicidade se manteve até o final do armazenamento com pequenas variações. Os mesmos podem ser considerados pós não higroscópicos, sendo, portanto, uma vantagem para o armazenamento.

Palavras-chave: liofilização, *sesamum indicum*, *Spondias mombim* L, *Spondias Tuberosa*, mix.

PRODUCTION AND STORAGE OF SESH MIXES AND LYOPHILIZED FRUITS

ABSTRACT

The growing demand for nutritious food, adapting and at the same time offering convenience to consumers is increasingly noticeable. Powdered products such as mixtures of fruits and vegetables are great options, as they provide nutritional wealth, adequate properties and various flavors. They are value-added products and due to their instant structure, they have quick preparation properties, besides being easy to store and transport. Sesame is rich in proteins, lipids and bioactive compounds. The cajá and umbu fruits appreciated in the Northeast region of Brazil have great potential for the food industry, where products such as pulps, ice cream, nectars, juices are already being processed. The objective of this work was to prepare two mixes based on sesame powder extract added with cajá and umbu powder extract and to evaluate their behavior over a period of 180 days. The sesame was depelliculated, and the extracts were obtained in the proportion of sesame: water (1: 2) and lyophilized at $-55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 24 hours, and as fruit pulps prepared with 30% maltodextrin 20DE and lyophilized for 72 hours. The mixes were prepared with different proportions of powdered sesame and powdered fruits and evaluation regarding the physical-chemical parameters (Water content (%), Aa (%), lipids (%), proteins (%), ash (%), reducing sugars (%), total soluble sugars (%), solubility (%), hygroscopicity (%), phenolic compounds (mg of GAE.100g⁻¹) and flavonoids (mg.100g⁻¹), A mix has been accumulated of sesame with cajá and another with umbu for 180 days and every 30 days. The mixtures M1 and M3 lower water and water activity levels and higher lipids and proteins and total phenolic compounds, compared with M2 and M4, respectively, being more favorable to storage. The 180-day storage was adequate for the storage of the mixes, since it kept moisture levels below 5% and the water activity in a range that does not favor the development of microorganisms in addition to maintaining the nutritional content, especially the content of lipids, proteins and phenolic compounds, where a small reduction in these parameters was observed. Solubility reduced in storage, however the mixes remained in an intermediate range. In terms of absolute values in both M1 and M3, hygroscopicity was maintained until the end of storage with small variations, which can be considered non-hygroscopic powders, thus being an advantage for storage.

Keywords: lyophilization, *sesamum indicum*, *Spondias mombim* L, *Spondias Tuberosa*, mix.

10.1. INTRODUÇÃO

A procura por alimentos que ofereçam praticidade e ao mesmo tempo sejam nutritivos e funcionais é cada vez mais crescente, e para isso pesquisas são realizadas com a finalidade de

oferecer produtos diferenciados que atendam às necessidades dos consumidores. Mixes de sementes, frutas e vegetais em geral vêm sendo estudados e avaliados com a finalidade de proporcionar alimentos mais ricos nutricionalmente e ao mesmo tempo que confirmam diversidade de sabores, além da praticidade.

O alto conteúdo de água em sucos de frutas e outras bebidas ocasiona a rápida deterioração, microbiana e enzimática, de tais produtos. Por isso, a secagem desse tipo de alimento vem sendo empregada no sentido de preservar a integridade e qualidade por um período de tempo maior. Hoje, há uma grande variedade de bebidas em pó produzidas comercialmente com sabores diferentes no mercado (ANTÚNEZ *et al.*, 2017). A estrutura instantânea dos produtos em pó fornece um caráter de pronto para beber a esses produtos comerciais e de valor agregado (RATNANINGRUM *et al.*, 2015).

A liofilização, método de secagem por sublimação, operado sob vácuo e baixas temperaturas, configura a melhor opção para desidratar frutas e vegetais, a fim de manter um conteúdo otimizado de biocompostos nos produtos finais. É amplamente usada para produzir produtos alimentícios de alto valor agregado devido à retenção máxima da qualidade dos alimentos quando comparada a outras técnicas de secagem. É considerado o método de secagem padrão ou de referência na maioria dos estudos (BHATTA *et al.*, 2020). Estudos utilizando esse método foram realizados com extratos de amendoim (SILVA E ALMEIDA, 2016), mixes de amendoim com mangaba e umbu (BARROSO *et al.*, 2017), e polpa de manga em pó (COSTA *et al.*, 2019), constatando sua eficiência. A liofilização tem maior eficiência ao ser comparada com spray, congelamento, vácuo e técnicas de secagem por convecção para processamento de recursos proteicos (DEHNAD *et al.*, 2016). É uma técnica conveniente para alimentos sensíveis ao calor para armazenamento a longo prazo (AKBAS *et al.*, 2017).

A maltodextrina vem sendo muito utilizada como adjuvante de secagem na obtenção de pós de frutos por liofilização. Galmarini *et al.* (2011) sugerem que, para manter a qualidade de frutas liofilizadas, deve-se considerar a utilização de adjuvantes de secagem, como a maltodextrina com diferentes dextroses equivalente (DE). Além de permitir obtenção de pós menos higroscópicos, esse aditivo pode produzir pó “solto”, de fácil manuseio e com boa qualidade (MOSQUERA *et al.*, 2012).

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma cultura oleaginosa valiosa que contém vários compostos bioativos nutricionalmente ricos, com base em suas propriedades medicinais e

farmacológicas. Além de lignanas e tocoferóis, o gergelim é uma fonte importante de fitoesteróis, fitatos, ácidos graxos poli-insaturados e peptídeos bioativos (PATHAK, 2019). O gergelim é altamente valorizado como ingrediente de alimentos funcionais (MA *et al.*, 2020).

Frutos de cajá (*Spondias mombim* L.) e umbu (*Spondias Tuberosa*) são muito apreciados na região Nordeste do Brasil. O cajá (*Spondias mombim* L.) é nativo do sul do México até o sul do Paraguai, e possivelmente nativo do LESTE do Brasil, amplamente cultivado nos trópicos úmidos. O umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) é nativo do Brasil, possui distribuição no Nordeste do Brasil e é cultivado no sudeste do país (MITCHELL E DALLY, 2015). Os frutos de cajá e umbu são normalmente consumidos *in natura* ou na forma de polpas, sucos, néctares e sorvetes, possuindo grande potencial para indústria de alimentos.

A forma de exploração do cajá ainda é extrativista, mesmo assim tem participação crescente na comercialização de frutos das regiões Norte e Nordeste, principalmente para as agroindústrias de polpa. Sua atual produção, considerando a grande demanda, não atende às necessidades do mercado interno, que fica ainda muito restrito às regiões Norte e Nordeste. Existem, portanto, amplos mercados interno e externo a serem explorados (SANTOS-SEREJO *et al.*, 2009). Os frutos do umbuzeiro são coletados de forma extrativista e participam significativamente do agronegócio regional, tanto pelo consumo *in natura* quanto sob a forma processada, sendo de grande importância socioeconômica, principalmente para as populações rurais do Semiárido Brasileiro. Os frutos do umbuzeiro apresentam apelo exótico para mercados de outras regiões do Brasil, como sul e sudeste, e também para o mercado externo, o que de certa forma pode incentivar o aumento da produção (BATISTA *et al.* 2015).

Considerando o grande potencial e riqueza nutricional e funcional das sementes de gergelim e dos frutos de cajá e umbu, o presente trabalho teve como objetivo elaborar dois mixes com base no extrato em pó de gergelim adicionado de extrato em pó de cajá e de umbu e avaliar o comportamento dos mesmos em um período de 180 dias.

10.2. METODOLOGIA

10.2.1. Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

10.2.2. Obtenção das matérias-primas

Foram utilizadas sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.) fornecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Algodão - Campina Grande, PB. Os frutos de cajá (*Spondias mombim*) foram adquiridos de produtor do município de João Pessoa através de parceria com a Estação Experimental José Irineu Cabral, localizada no município de João Pessoa, pertencente à Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária – EMPAER. Eles foram lavados e sanitizados em água clorada na diluição de 200 ppm por um período de dez minutos, com posterior enxague, e despulpados em despulpadeira de aço inoxidável. Já a polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) foi adquirida em uma cooperativa localizada no município de Afogados de Ingazeira – PE. Em seguida, as polpas foram acondicionadas em embalagens de polietileno e congeladas até o momento de sua utilização.

10.2.3. Elaboração das formulações para liofilização

O gergelim foi despeliculado em máquina desenvolvida no LAPPA. Antes, as sementes foram imersas em água a 90 °C por 3 minutos e, em seguida, inseridas no protótipo que operou em uma rotação de 245 rpm em um ângulo de 45 °C por 7 minutos (MORAES, 2018). As sementes foram secas em estufa a 40 °C por um período de 8 horas, limpas em soprador e manualmente. Posteriormente, o extrato aquoso foi obtido na concentração (grão: água) de 1:2. Os extratos foram acondicionados em formas plásticas de polietileno e congelados por 24 h, em seguida transferidos para bandejas de alumínio e levados novamente ao congelamento em freezer a -18 °C por 72 h e, logo após, submetidos ao processo de liofilização por um período de 24 h. As polpas de cajá e umbu foram formuladas com 30% de maltodextrina e submetidas

à liofilização por 72 h. A secagem por liofilização foi realizada em liofilizador modelo L101 à pressão menor que 170 μ Hg, temperatura de (-55 °C +/- 3 °C) sob vácuo.

Com os pós obtidos foram formulados quatro mixes: M1 (60%Gergelim:40%cajá); M2 (50%Gergelim:50%cajá); M3 (60%Gergelim:40%umbu); M4 (50%Gergelim:50%umbu). Os mixes foram acondicionados em embalagens laminadas e armazenados em BOD à temperatura ambiente de 25 °C por 180 dias.

10.2.4 Caracterização e armazenamento dos mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu

O teor de água foi determinado por meio de secagem direta em estufa a 105 °C, utilizando 2 g da amostra para o pó. O teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl e o teor de cinzas foi determinado em mufla a 550 °C, conforme Brasil (2008). A atividade de água (a_w) foi obtida por leitura direta no equipamento AquaLab modelo 3TE, com temperatura controlada de 25,0 \pm 0,5 °C. A determinação do teor de lipídeos foi realizada utilizando a metodologia descrita por Bligh e Dyer (1959). O teor de Açúcares Redutores foi determinado utilizando o ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS) de acordo com a metodologia descrita por Miller (1959). O teor de Açúcares Solúveis Totais foi determinado pelo método da antrona de acordo com Yemn; Willis (1954). A solubilidade (S) dos pós foi determinada segundo a metodologia de Dacanal e Menegalli (2009) com modificações, quando foi pesado aproximadamente 0,5 g de pó em um recipiente contendo 50 mL de água destilada à temperatura de 25° C, sob agitação, mantendo a altura do vórtice de 30 mm. Após 1 minuto de agitação, a solução foi rapidamente filtrada e o filtro, que continha as partículas não dissolvidas, foi seco em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C, durante 24 h. O resultado foi calculado a partir da fração de material não dissolvido, de acordo com a equação:

$$S (\%) = Mr \frac{Mr}{Mi} \times 100$$

Onde:

Mr - Massa retida no filtro

Mi - massa inicial

A higroscopicidade foi determinada de acordo com o método proposto por Goula e Adamopoulos (2010), com algumas modificações. As amostras em pó (± 1 g) foram pesadas em cápsulas de vidro, colocadas em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75 %) a 25 °C por sete dias, com posterior pesagem dos pós. O resultado foi expresso em g de umidade por 100 g de massa seca da amostra (g/100g). O cálculo foi realizado de acordo com a equação:

$$H(\%) = (Mf - Mi) \times 100$$

Mf - Massa final

Mi - Massa inicial

Os compostos fenólicos totais foram determinados a partir do método de Folin e Ciocalteu, descrito por Waterhouse (2006) com modificações. Foi pesado 0,5 g da amostra e adicionados 50 mL de água destilada, deixando-os em repouso por 30 minutos e filtrando em seguida para a obtenção do extrato. Foram adicionadas em tubos de ensaio alíquotas que variaram de 400 –500 μ L, e completado o volume para 2.125 μ L, completado com água destilada e seguido da adição de 125 μ L do reagente folin ciocalteu. As misturas permaneceram em repouso por 5 minutos e, após o tempo de reação, foram adicionados 250 μ l de carbonato de sódio a 20%, seguido de agitação e repouso em banho-maria a 40 °C, por 30 minutos. Após resfriamento, realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 765 nm. A curva padrão foi preparada com ácido gálico e os resultados foram expressos em (mg de GAE.100g⁻¹).

Os flavonoides foram determinados conforme metodologia descrita por Francis (1982), onde 1 g da amostra foi pesada em tubo âmbar e em seguida adicionados 10 mL de solução etanol-HCl preparada na proporção de 85:15 (v/v). Para o preparo da solução, utilizou-se etanol a 95% e HCl a 1,5 N. Após a adição da solução de etanol-HCl no tubo, eles foram agitados e refrigerados por 24 h. Foi realizada a filtração do material em algodão e completado o volume para 10ml. Em seguida, foi realizada a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 374 nm. Os resultados foram expressos em mg.100g⁻¹.

10.3. RESULTADOS

10.3.1. Caracterização dos mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu

A tabela 10.1 apresenta os valores médios dos mixes M1 (60%Gergelim:40%Cajá) e M2 (50%Gergelim:50%Cajá). Os dois mixes apresentaram um teor de umidade baixo, sendo que M1 foi um pouco inferior que M2, demonstrando uma secagem eficiente dos pós. Archaina *et al.* (2017), avaliando suco em pó de groselha seca por *spray-dryer*, reportaram valor de 2,68% para o teor de umidade, inferior aos encontrados para M1 e M2. Os mesmos autores reportaram valor de atividade de água de 0,153, sendo este inferior aos valores encontrados para os dois mixes de gergelim e cajá. Barroso *et al.* (2017) reportaram para mix em pó de amendoim com mangaba por processo de liofilização teor de umidade de 3,55%, superior aos encontrados para M1 e M2, e para atividade de água valor de 0,247, inferior aos valores para M1 e M2.

Tabela 10.1. Valores médios dos mixes de gergelim e cajá. M1 (60%Gergelim:40%Cajá), M2 (50%Gergelim:50%Cajá).

	M1	CV (%)	M2	CV (%)
Teor de água (%)	2,87 ± 0,191	0,066	3,10 ± 0,143	0,046
Aa	0,28 ± 0,010	0,034	0,283 ± 0,005	0,018
Lipídeos (%)	41,01 ± 1,794	0,044	35,68 ± 1,841	0,052
Proteínas (%)	17,08 ± 0,287	0,017	15,05 ± 0,122	0,008
Cinzas (%)	2,68 ± 0,037	0,014	2,41 ± 0,027	0,011
Açúcares Redutores (%)	14,39 ± 0,142	0,010	18,59 ± 0,171	0,009
Açúcares Totais (%)	49,69 ± 0,000	0,000	56,29 ± 8,7E-15	1,55E-16
Solubilidade (%)	67,30 ± 0,890	0,013	52,82 ± 1,281	0,024
Higroscopicidade (%)	4,38 ± 0,072	0,016	5,05 ± 0,035	0,007
Compostos fenólicos (mg de GAE.100g-1)	164,00 ± 0,175	0,001	152,26 ± ,466	0,003
Flavonoides (mg/100g)	0,30 ± 0,000	0,000	0,26 ± 0,020	0,078

O teor de lipídeos em M1 foi superior a M2 em 14,94%. Barroso *et al.* (2017), em mix em pó de amendoim com mangaba, encontraram valor de 33,97%. Embora este seja um produto rico em lipídeos, o valor foi inferior aos encontrados para M1 e M2. Silva e Almeida (2016) reportaram teores de lipídeos variando entre 21,80% e 42,27% em extratos em pó de amendoim sem pele na proporção do extrato de 1:2 (amendoim:água), com concentrações diferentes de maltodextrina. Os autores observaram a influência desse aditivo nos teores desse componente. Quanto maior a concentração de maltodextrina menor a de lipídeos, confirmando o comportamento semelhante na comparação de M1 com M2, uma vez que a concentração desse aditivo é maior em M2, que contém maior quantidade do pó de cajá e que é formulado com a maltodextrina.

O teor de proteínas foi superior em M1 em 13,49%, comparando com M2, sendo este parâmetro de grande importância na avaliação desse tipo de produto. Dantas *et al.* (2018), avaliando a influência das condições do *spray-dryer* nas propriedades de uma bebida de abacate em pó, reportaram valores médios entre 1,89% e 3,34%. Os autores sugeriram que a maltodextrina utilizada nas formulações manteve os teores desse nutriente após o processo utilizado.

Os teores de cinzas também foram superiores em M1, sugerindo um maior teor de conteúdo mineral. Chakraborty *et al.* (2020), avaliando kiwi liofilizado e otimizado com desidratação osmótica, reportaram valor médio de teor de cinzas de 3,92g/100g. Para um mix de kiwi com farinha de arroz e de aveia, além de outros ingredientes, o valor foi de 7,88g/100g, sendo estes superiores aos encontrados para M1 e M2.

Em M2, os teores de açúcares redutores e totais foram 29,18% e 13,28% maiores do que M1, respectivamente. Dantas *et al.* (2018), avaliando a influência das condições do *spray-dryer* nas propriedades de uma bebida de abacate em pó, reportaram valores entre 23,45g/100g e 66,95g/100g para açúcares redutores, sendo estes superiores aos encontrados para M1 e M2. Chakraborty *et al.* (2020) reportaram valor de açúcares totais de 56,78 g/100g para kiwi liofilizado, semelhante ao encontrado em M2, e 41,48 g/100g para um mix de kiwi utilizando também farinha de arroz e de aveia, inferior ao encontrado em M1.

A solubilidade foi 14,90% superior em M2 comparado a M1. Archaina *et al.* (2017) reportaram valor de 94,25% para o suco em pó de groselha, superior aos valores encontrados

em M1 e M2. Silva e Almeida (2016), avaliando extrato em pó de amendoim liofilizado sem pele na proporção de 1:2 (amendoim:água), reportaram valores de 21,33% para o extrato sem adição de maltodextrina e 53,67% para o extrato formulado com uma concentração de 30% desse aditivo, constatando a funcionalidade da maltodextrina no aumento desse parâmetro.

A higroscopicidade em M2 (5,05%) foi maior do que em M1 (4,38%), e foram encontrados valores inferiores aos reportados por Archaina *et al.* (2017) no suco de groselha em pó (14,46g de água adsorvida/ 100g de matéria seca). A maltodextrina influencia reduzindo a higroscopicidade dos pós (Behera *et al.*, 2010), porém M1, que apresentou menor concentração de maltodextrina, teve menor higroscopicidade do que M2, e isso certamente ocorreu porque a umidade do pó de gergelim utilizado na formulação possui umidade bem inferior à do pó do fruto de cajá em pó.

O teor de compostos fenólicos totais foi 7,71% maior em M1 (164,00 mg gallic acid/100 g), superior ao reportado por Archaina *et al.* (2017), avaliando suco em pó de groselha (116,87 mg gallic acid/100 g). O teor de flavonoides também foi superior em M1 (0,30 mg/ 100g). Silva *et al.* (2018), avaliando extrato em pó de amendoim com e sem pele, reportaram teores de flavonoides de 0,1812 e 0,1336 miligramas de catequina equivalente a g^{-1} da amostra (mg CE g^{-1}).

Na tabela 10.2, encontram-se os valores médios dos mixes de gergelim e umbu M3 (60%Gergelim:40%umbu) e M4 (50%gergelim:50%umbu). Os valores médios dos teores de água de M3 e M4 foram bem próximos, assim como os valores da atividade de água, sendo pouco superiores em M4. Barroso *et al.* (2017) reportaram valores médios de teores de umidade para mix de amendoim e umbu de 4,60%, superior aos teores em M3 e M4. Os mesmos autores obtiveram valores para atividade de água de 0,319 em mix de amendoim e umbu, superiores aos valores obtidos para M3 e M4. Jimenez-Sánchez, D. E. *et al.* (2018) avaliaram manga em pó seca por *spray-dryer* e formulada com combinações diferentes de frutanos e maltodextrina e obtiveram teores de umidade variando de 0,76% e 1,63% e de atividade de água variando de 0,1303 a 0,1634, inferiores aos de M3 e M4.

Tabela 10.2. Valores médios dos mixes de gergelim e umbu M3 (60%Gergelim:40%umbu) e M4 (50%gergelim:50%umbu).

	M3	CV (%)	M4	CV(%)
Teor de água (%)	2,56 ± 0,217	0,085	2,65 ± 0,040	0,015
Aa	0,251 ± 0,004	0,017	0,252 ± 0,006	0,024
Lipídeos (%)	35,74 ± 0,217	0,006	29,82 ± 0,428	0,014
Proteínas (%)	17,69 ± 0,352	0,020	16,29 ± 0,149	0,009
Cinzas (%)	2,45 ± 0,056	0,023	2,21 ± 0,079	0,036
Açúcares Redutores (%)	13,04 ± 0,051	0,004	16,82 ± 0,051	0,003
Açúcares Totais (%)	59,70 ± 0,070	0,001	39,92 ± 0,069	0,002
Solubilidade (%)	67,51 ± 1,771	0,026	58,03 ± 1,381	0,024
Higroscopicidade (%)	4,00 ± 0,053	0,013	4,66 ± 0,119	0,026
Compostos fenólicos (mg de GAE.100g ⁻¹)	165,03 ± 0,176	0,001	96,01 ± 0,176	0,002
Flavonoides (mg/100g)	0,34 ± 0,007	0,022	0,65 ± 0,030	0,046

Com relação ao teor de lipídeos, M3 apresentou valor 19,85% superior a M4. Nos dois mixes, os teores desse constituinte foram superiores aos encontrados por Barroso *et al.* (2017) em mix de amendoim e umbu (31,32%).

O teor de proteína também foi superior em M3 (17,69%), sendo superior ao reportado por Pourahmad e Khorramzadeh (2015) em bebida em pó de soja preparada com proporção eritritol e isomalte (100:0) e adoçada com 90% de estévia (17,08%).

Os teores de cinzas foram pouco superiores em M3 (2,45%). Barroso *et al.* (2017) reportaram valor de 1,35% em umbu liofilizado com 15% de maltodextrina.

M3 obteve o menor teor de açúcares redutores e o maior teor de açúcares totais em comparação com M4. Santos *et al.* (2016), avaliando polpa em pó de umbu-cajá por liofilização, reportaram teores de açúcares redutores de 14,20% formulada com concentração de 30% de goma arábica, superior ao valor de M3 e inferior ao de M4. Pourahmad e Khorramzadeh (2015)

reportaram teores de açúcares totais variando de 38,26 g/100g a 41,84 g/100g para bebida em pó de soja, preparada com proporções de eritritol e isomalte e adoçada com estévia, inferiores aos encontrados em M3 e M4, essa diferença provavelmente se deve ao fato de que os autores mencionados utilizaram adoçantes naturais.

A solubilidade de M4 foi 13,44% maior do que a de M3. Barroso *et al.* (2017) reportaram valor de 72,01% em mix de amendoim com umbu, e Cavalcante *et al.* (2018) reportaram um valor de 62,46% de solubilidade para polpa de graviola em pó obtida por secagem em *spray-dryer*, sendo estes superiores aos encontrados para M3 e M4. A maior solubilidade em M4 pode ser atribuída à propriedade de alta solubilidade da maltodextrina em água (CANO-CHAUCA *et al.*, 2005).

A higroscopicidade de M4 foi 16,5% superior do que M3, embora os dois apresentem uma baixa higroscopicidade. Os dois mixes apresentaram valores inferiores aos reportados por Cavalcante *et al.* (2018) em polpa de graviola em pó (10,01 g/100g). Silva *et al.* (2018) reportaram valores de 4,88% e 5,38% para extratos de amendoim em pó com e sem pele, respectivamente.

Os valores médios dos teores de compostos fenólicos em M3 foram bem superiores (71,89%) comparados ao M4. Silva *et al.* (2018) reportaram valores de 4.37 e 2.94 mg GAE g⁻¹ para extratos de amendoim em pó com e sem pele, respectivamente. Os teores de flavonoides em M4 foram superiores a M3, sendo esta diferença de 91,18%.

10.3.2. Armazenamento dos mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu

A partir da caracterização dos mixes de gergelim e cajá e dos mixes de gergelim e umbu, foram selecionados dois mixes, os mixes M1 e M3, os quais foram armazenados por um período de 180 dias. A seleção foi realizada com base nos parâmetros avaliados, sendo considerados principalmente os teores de proteínas e lipídeos, que foram superiores nos mixes escolhidos devido à riqueza desses nutrientes no gergelim e à higroscopicidade que, quanto menor, mais favorece o armazenamento dos pós e o teor de compostos fenólicos totais.

Na tabela 5.3, encontram-se os valores médios das características do Mix 1 (60%Gergelim:40%Cajá) ao longo de 180 dias de armazenamento. O teor de umidade variou ao longo do armazenamento e se manteve sem diferença estatística dos 120 aos 180 dias. Em

termos de valores absolutos, esse parâmetro teve um aumento pequeno, observando a boa conservação do produto no que se refere a esse parâmetro. Os valores ao longo do armazenamento se mantiveram bem inferiores ao valor máximo estabelecido na Resolução-rdc nº 272, de 22 de setembro de 2005 para produtos de vegetais secos ou desidratados (12%), e para produtos de frutas secos ou desidratados (25%). Barroso *et al.* (2017), avaliando mix de amendoim e mangaba e de amendoim e umbu, reportaram valor de 3,55% e 4,14% no início do armazenamento e de 5,29% e 5,12% aos 120 dias de armazenamento, respectivamente, estando esses valores superiores aos encontrados neste trabalho ao final de 180 dias de armazenamento.

Tabela 10.3. Valores médios das características avaliadas no Mix 1 (60%Gergelim:40%Cajá) durante o armazenamento.

Avaliações	Período de Armazenamento (Dias)						
	0	30	60	90	120	150	180
Teor de Umidade (%)	2,76 d	2,78 d	3,31 c	4,04 a	3,74 ab	3,56 bc	3,64 b
Aa	0,280 e	0,326 d	0,351 c	0,365 bc	0,374 b	0,370 bc	0,402 a
Lipídeos (%)	41,01 a	41,48 a	41,95 a	41,86 a	41,55 a	40,71 a	36,30 b
Proteínas (%)	17,08 a	16,81 a	17,26 a	16,76 a	16,70 a	16,73 a	17,31 a
Cinzas (%)	2,68 a	2,50 ab	2,50 ab	2,49 ab	2,30 bc	2,45 bc	2,26 c
Acúcares Redutores (%)	19,96 a	19,66 b	19,36 c	16,98 d	15,88 e	15,48 f	16,07 e
Açúcares Totais (%)	49,69 a	46,31 c	47,44 bc	48,56 ab	42,85 d	38,29 f	40,18 e
Solubilidade (%)	67,30 a	65,57 ab	62,44 bc	62,49 bc	59,21 cd	57,96 d	58,73 cd
Higroscopicidade (%)	4,38 a	4,57 a	4,58 a	4,32 a	4,30 a	3,54 c	3,91 b
Compostos fenólicos (mg de GAE.100g-1)	164,00 a	144,98 b	143,69 c	142,40 d	139,92 e	134,44 f	128,31 g
Ácido ascórbico	17,07 a	14,83 b	14,13 bc	13,56 bcd	12,58 de	12,94 cde	11,80 e
L*	69,27 a	66,22 b	63,17 d	62,72 de	64,58 c	63,03 de	62,34 e

a*	- 1,89 e	- 1,14 d	- 0,57 c	- 0,28 b	- 0,11 a	- 0,10 a	- 0,10 a
b*	32,94 a	30,69 b	28,44 cd	28,13 d	29,41 c	28,70 cd	28,39 d

Teor de umidade (%): MG = 3.40388; dms = 0.32524; CV% = 3.43; Aa: MG = 0.35257; dms = 0.01937; CV% = 1.97; Lipídeos (%):MG = 40.69596; dms = 3.40123; CV% = 3.00; Proteína: MG = 16.95106; dms = 0.79112; CV% = 1.67; Cinzas: MG = 2.45294; dms = 0.22422; CV% = 3.28; Açúcares Redutores: MG = 17.62642; dms = 0.27214; CV% = 0.55; Açúcares Totais: MG = 44.76161; dms = 1.65292; CV% = 1.32; Solubilidade: MG = 61.95833; dms = 4.28419; CV% = 2.48; Higroscopicidade (%):MG = 4.22643; dms = 0.32924; CV% = 2.79; Compostos fenólicos: MG = 142.53393; dms = 0.60450; CV% = 0.15; Ácido ascórbico: MG = 13.84269; dms = 1.39580; CV% = 3.62 L*: MG = 64.47642; dms = 0.78524; CV% = 0.44; a*: MG = 0.59839; dms = 0.06053; CV% = 3.63; b*: MG = 29.52849; dms = 1.01063; CV% = 1.23

Para a atividade de água, houve um aumento gradativo ao longo do armazenamento, sendo que, entre os 90 e 150 dias, não houve diferença estatística entre os valores. Em todos os períodos, os valores se mantiveram abaixo de 0,6, que é o valor da Aa limitante para o desenvolvimento microbiano (FRANCO e LANDGRAF, 1996). Barroso *et al.* (2017) reportaram valor de 0,247 e 0,319 no início do armazenamento para mix de amendoim e mangaba e amendoim e umbu, respectivamente, sendo intermediário a estes o valor encontrado no presente trabalho no início do armazenamento (0,280). Esses autores reportaram valores de 0,439 e 0,476 ao final dos 120 de armazenamento, para os mixes mencionados.

O teor de lipídeos se manteve sem diferença estatística até os 150 dias de armazenamento, reduzindo aos 180 dias. Barroso *et al.* (2017) reportaram valor médio de lipídeos de 33,38% e 33,18% no início e no final de 120 dias de armazenamento para o mix de amendoim e mangaba, sendo esses inferiores aos encontrados neste trabalho para o mix de gergelim e cajá.

O teor de proteína não apresentou diferença estatística durante todo o período de armazenamento. Pourahmad e Khorramzadeh (2015), avaliando uma bebida em pó de soja preparada com proporções diferentes de eritritol, isomalte e estévia, reportaram valores de proteínas entre 14,19% e 17,08%, sendo este último próximo aos reportados para mix de gergelim e cajá.

O teor de cinzas não apresentou diferença estatística até os 90 dias de armazenamento, nem dos 90 aos 150 dias, reduzindo para 2,26% ao final dos 180 dias.

Os açúcares redutores diferiram entre todos os períodos avaliados, com exceção dos 120 e 180 dias, reduzindo 19,49% do início até o final do armazenamento. Alexandre *et al.* (2014),

avaliando pitanga em pó, observaram neste componente uma redução de 6,45% em 60 dias de armazenamento, superior à observada para M1 no mesmo período (3,01%). Os mesmos autores observaram uma redução de 3,5% nos teores de açúcares totais ao final de 60 dias de armazenamento em relação ao início, sendo inferior à observada para o M1 no mesmo período de armazenamento (4,74%) e a redução ao final dos 180 dias de armazenamento foi de 19,14%.

A solubilidade não apresentou diferença estatística dos 30 aos 90 dias de armazenamento, e dos 120 aos 180 dias de armazenamento. O valor no final do armazenamento foi de 58,73%. Barroso *et al.* (2017), avaliando a interação da embalagem e do tempo de armazenamento para os mixes de amendoim com mangaba e amendoim com umbu, reportaram valor de 72,01% no início e 59,37% aos 120 dias de armazenamento, sendo este último bem próximo ao reportado neste trabalho no mesmo período de armazenamento (59,21%).

Para M1, a higroscopicidade não apresentou diferença estatística até os 120 dias, decrescendo nos dois últimos períodos de armazenamento. Jimenez-Sánchez *et al.* (2018), avaliando sucos de manga e abacaxi em pó formulados com concentrações diferentes de maltodextrina e frutanos e obtidos por *spray-dried*, concluíram que a maltodextrina é um estabilizador eficiente da redução da higroscopicidade do material seco, e que, após o armazenamento de dois meses, os valores aumentaram menos do que quando utilizada a combinação da maltodextrina com frutanos. Esses autores obtiveram valores de higroscopicidade para manga em pó de 17,5% e 20,9% e para abacaxi em pó de 16,9% e 19,5%, e formulados com 10% de maltodextrina, no início e final de dois meses de armazenamento, respectivamente. Esse comportamento difere do apresentado para os mixes de gergelim e pode ser justificado pela concentração do aditivo empregado e método de secagem utilizado.

O teor de compostos fenólicos decresceu ao longo do armazenamento, apresentando diferença estatística entre os períodos, porém, em termos de valores absolutos, as médias se apresentam muito próximas entre os 30 e 120 dias de armazenamento. Pourahmad e Khorramzadeh (2015), avaliando uma bebida em pó de soja preparada com eritritol e isomalte (50:50) e estévia 80% e 90%, reportaram valores de 177mg de GAE /100g e 88,28mg de GAE /100g, respectivamente.

Para os teores de ácido ascórbico, não houve diferença estatística dos 30 aos 90 dias de armazenamento, nem dos 120 aos 180 dias de armazenamento. Barroso *et al.* (2017) reportaram valores de 139,39 e de 73,71 mg/100g de ácido ascórbico no início e no final dos 120 dias de

armazenamento para o mix de amendoim com mangaba, respectivamente, sendo esta redução de 47,12%. Já no mix de gergelim e cajá a redução nesse parâmetro foi de 20,57% para o mesmo período de armazenamento.

O parâmetro L^* reduziu ao longo do armazenamento, caracterizando tendência de escurecimento no produto, não havendo diferença estatística entre os períodos 60, 90 e 150 dias. Barroso *et al.* (2017) também reportaram a redução nos valores de L^* , de 77,91 para 72,14, desde o início aos 120 dias de armazenamento de mix de amendoim com mangaba.

Os valores de a^* se mantiveram na faixa negativa, havendo um aumento dos valores e não havendo diferença estatística entre os 120 e 180 dias de armazenamento. Barroso *et al.* (2017) reportaram valor de a^* de 1,11 e de 2,96 no início e aos 120 dias de armazenamento do mix de amendoim com mangaba.

Os valores de b^* sofreram uma redução, perdendo um pouco a tonalidade mais amarelada e não havendo diferença estatística entre os períodos 60, 90, 150 e 180 dias de armazenamento. Barroso *et al.* (2017) reportaram valores de 24,83 e 28,20 que aumentaram do início aos 120 dias de armazenamento.

A tabela 10.4 apresenta os valores médios dos mixes M3 (60%gergelim: 40%umbu) durante o período de 180 dias de armazenamento. O teor de umidade aumentou ao longo do armazenamento, diferindo estatisticamente entre os períodos avaliados. Barroso *et al.* (2017), avaliando mix de amendoim e umbu, reportaram valores de teor de umidade de 4,14% e de 5,12% no início e no final do armazenamento de 120 dias, respectivamente. Estes foram superiores aos do mix de gergelim e umbu durante os 180 dias de armazenamento. Os mesmos autores reportaram valores de atividade de água de 0,319 e 0,476 no início e ao fim de 120 dias de armazenamento, respectivamente, também superiores aos encontrados para o mix de gergelim e umbu nos mesmos períodos de tempo avaliados. Esse parâmetro aumentou ao longo do armazenamento e diferiu estatisticamente entre os períodos com exceção do período entre 120 e 150 dias. Porém, os valores se apresentam em uma faixa de segurança, ou seja, menor do que 0,6, valor de A_a limitante para a multiplicação dos microrganismos.

Tabela 10.4. Valores médios das características avaliadas no Mix 3 (60%Gergelim: 40%Umbu) durante o armazenamento.

Avaliações	Período de Armazenamento (Dias)						
	0	30	60	90	120	150	180
Teor de Umidade (%)	2,43 f	2,71e	3,35 c	3,55 b	3,70 a	3,56 b	3,03 d
Aa	0,25 f	0,34 e	0,35 d	0,36 c	0,38 b	0,38 b	0,40 a
Lipídeos (%)	42,23 a	41,55 a	40,94 a	40,33 ab	38,34 b	35,87 c	35,74 c
Proteínas (%)	17,69 a	16,59 b	16,54 b	17,02 ab	16,83 b	16,96 ab	16,84 b
Cinzas (%)	2,45 a	2,54 a	2,45 a	2,17 b	2,44 a	2,40 a	2,38 a
Acúcares Redutores (%)	13,04 d	13,47 a	13,31 b	13,15 c	13,41 a	12,82 e	13,26 b
Açúcares Totais (%)	59,70 a	49,52 b	49,16 bc	48,80 c	41,77 d	38,01 f	39,34 e
Solubilidade (%)	67,51 a	59,89 b	60,80 b	60,75 b	59,44 b	56,09 b	57,25 b
Higroscopicidade (%)	4,00 a	4,01 a	3,91 a	3,63 b	3,53 b	3,52 b	3,52 b
Compostos fenólicos (mg de GAE.100g-1)	165,03 a	146,10 b	139,08 c	131,15 e	134,03 d	124,23 g	129,11 f
Ácido ascórbico	4,77 a	4,50 b	3,15 e	3,05 f	3,03 g	3,64 c	3,55 d
L*	67,27 a	66,40 b	65,52 c	64,19 d	62,34 e	60,84 f	60,17 g
a*	3,65 a	2,44 b	1,23 c	0,99 d	0,86 e	0,84 e	0,83 e
b*	17,21 a	16,77 b	16,34 c	16,69 b	16,26 c	15,87 d	15,70 d

Teor de umidade (%):MG = 3.18972; dms = 0.06195; CV% = 0.70; Aa: MG = 0.35176; dms = 0.01070; CV% = 1.09; Lipídeos (%): MG = 39.28829; dms = 2.42066; CV% = 2.21; Proteínas (%):MG = 16.92531; dms = 0.78119; CV% = 1.66; Cinzas: MG = 2.40464; dms = 0.19777; CV% = 2.95; Acúcares Redutores (%):MG = 13.20819; dms = 0.09647; CV% = 0.26; Açúcares Totais (%):MG = 46.61274; dms = 0.46884; CV% = 0.36; Solubilidade (%):MG = 60.24716; dms = 6.20101; CV% = 3.69; Higroscopicidade (%): MG = 3.73286; dms = 0.19539; CV% = 1.88; Compostos fenólicos: MG = 138.51803; dms = 1.48085; CV% = 0.38; Ácido ascórbico: MG = 3.67044; dms = 0.01169; CV% = 0.11; L*: MG = 63.81837; dms = 0.38309; CV% = 0.22; a*: MG = 1.54850; dms = 0.08790; CV% = 2.04; b*: MG = 16.40616; dms = 0.25493; CV% = 0.56.

O teor de lipídeos não apresentou diferença estatística do período inicial até os 90 dias de armazenamento, e houve uma redução de 15,37% do tempo 0 até o final do período de armazenamento. Barroso *et al.* (2017) observaram uma pequena redução nos teores desse nutriente para o mix de amendoim e umbu, tendo obtido valores de 32,86% e de 32,27%, no início e em 120 dias de armazenamento, respectivamente.

Os teores de proteínas não apresentaram diferença estatística dos 30 aos 180 dias de armazenamento, e a variação do início ao fim do armazenamento de 4,80%, pouco superior à variação obtida no extrato em pó de amendoim sem pele avaliado por Silva e Almeida (2016), no mesmo período de armazenamento, foi de 2,87%.

O teor de cinzas praticamente não sofreu variação, com exceção do período de 90 dias, que diferiu dos demais. Os açúcares redutores sofreram pequenas variações ao longo do armazenamento em termos de valores absolutos. Não houve diferença entre os períodos de 30 e 120 dias de armazenamento. Os valores de açúcares totais sofreram redução ao longo dos 180 dias, não havendo diferença entre os períodos de 30 e 60 dias e entre os 60 e 90 dias.

A solubilidade reduziu nos primeiros 30 dias e, a partir desse período, não houve diferença estatística entre os valores. Barroso *et al.* (2017) observaram uma redução de 17,55% na solubilidade para mixes de amendoim com mangaba e amendoim com umbu, avaliando a interação da embalagem e do tempo de armazenamento em 120 dias de armazenamento, sendo superior ao valor para o mix de gergelim e umbu, que foi de 11,95%. A higroscopicidade não apresentou diferença significativa até os 60 dias de armazenamento, reduzindo aos 90 dias e se mantendo sem diferir até o final do armazenamento. Todos os pós avaliados apresentaram higroscopicidade abaixo de 10%, sendo considerados, portanto, como não higroscópicos, de acordo com a classificação do GEA Niro Research Laboratory (2010).

Os compostos fenólicos sofreram redução nos seus teores ao longo do período de armazenamento, tendo uma perda de 21,77% ao final do armazenamento. Os teores de ácido ascórbico diferiram estatisticamente entre os períodos estudados. A redução foi de 25,58% ao final do armazenamento. Oliveira *et al.* (2015), avaliando polpa de mandacaru em pó formulada com 10% e 14% de maltodextrina e utilizando secagem por aspersão, observaram redução nos teores de ácido ascórbico de 23,41% e 26,57%, respectivamente, ao final de 50 dias de armazenamento.

Os valores de L^* reduziram gradativamente do início até o final do armazenamento, diferindo entre si, demonstrando uma tendência de escurecimento com o tempo. Oliveira *et al.* (2015), avaliando polpa de mandacaru em pó formulada com 10% e 14% de maltodextrina e utilizando secagem por aspersão, observaram uma redução dos valores de L^* de 24,50% e de 23,06% ao final de 50 dias de armazenamento, sendo essas reduções bem superiores ao que foi observado no M3, ao longo de 180 dias de armazenamento (10,55%). Essa diferença provavelmente é influenciada pelo tipo secagem utilizada. Barroso *et al.* (2017), para mix de amendoim e umbu, reportaram valores de L^* de 79,39% e de 76,28% no início e ao final de 120 dias de armazenamento, respectivamente. Esses valores foram superiores aos do mix de gergelim e umbu, porém a redução foi de 3,92% ao longo do armazenamento. Os mesmos autores observaram tendência na redução dos valores de a^* , de 1,03 para 1,49, no início e no fim dos 120 dias de armazenamento, respectivamente. Para o mix de gergelim com umbu, os valores desse parâmetro também reduziram, porém não houve diferença estatística dos 120 aos 180 dias de armazenamento. Os valores de b^* tiveram uma redução de 8,77% ao final dos 180 dias de armazenamento. Barroso *et al.* (2017) não observaram diferença estatística entre os valores desse parâmetro até os 90 dias de armazenamento, reduzindo e diferindo estatisticamente ao final de 120 dias de armazenamento.

10.4. CONCLUSÃO

Os mixes M1 e M3 apresentaram menores teores de água e atividade de água e maiores teores de lipídeos e proteínas e compostos fenólicos totais, comparando com M2 e M4, respectivamente, sendo mais favoráveis ao armazenamento.

O armazenamento de 180 dias foi adequado para a conservação dos mixes, uma vez que manteve teores de umidade abaixo de 5% e a atividade de água numa faixa que não favorece o desenvolvimento de microrganismos, além de ter mantido o conteúdo nutricional, principalmente o teor de lipídeos, proteínas e compostos fenólicos, quando foi observada pequena redução desses parâmetros.

A solubilidade reduziu no armazenamento, porém os mixes mantiveram-se numa faixa intermediária. Em termos de valores absolutos, tanto em M1 quanto em M3, a higroscopicidade

manteve-se até o final do armazenamento com pequenas variações. Esses dois produtos podem ser considerados pós não higroscópicos, sendo, portanto, uma vantagem para o armazenamento.

10.5. REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, H. V.; DE FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; DE OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunicata Scientiae Bom Jesus**, v. 5, n. 1, p. 83-91, 2014.

AKBAS, E.; KILERCIOGLU, M.; ONDER, O. N.; KOKER, A.; SOYLER, B.; OZTOP, M. H. Wheatgrass juice to wheat grass powder: Encapsulation, physical and chemical characterization. **Journal of Functional Foods**, v. 28, p. 19–27, 2017.

ANTÚNEZ, L.; VIDAL, L.; SALDAMANDO, L.; GIMÉNEZ, A.; ARES, G. Comparison of consumer-based methodologies for sensory characterization: Case study with four sample sets of powdered drinks. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 56, p. 149-163, 2017.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. USA, 18a ed, 3ª Review, Washington, 2010. 1094 p.

ARCHAINA, D.; LEIVA, G.; SALVATORI, D.; SCHEBOR, C. Physical and functional properties of spray-dried powders from blackcurrant juice and extracts obtained from the waste of juice processing. **Food Science and Technology International**, v. 24, n. 1, p. 78–86, 2017.

BARROSO, A. J. R.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, L. M. M. Desenvolvimento de mixes com extrato em pó de amendoim despelculizado: mix de amendoim com mangaba e mix de amendoim com umbu. 1. ed. Beau Bassin: **Novas Edições Acadêmicas**, v. 1. 2017. 101p.

BATISTA, Fabiane Rabelo da Costa. **O umbuzeiro e o semiárido brasileiro** / Fabiane Rabelo da Costa Batista, Silvanda de Melo Silva, Maristela de Fátima Simplício de Santana, Antônio Ramos Cavalcante. Campina Grande: INSA, 2015. 72p., il.

BHATTA, S.; JANEZIC, T. S.; RATTI, C. Freeze-Drying of Plant-Based Foods. **Foods**. 2020.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Halifax, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos químicos e físico-químicos para análises de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 1022p.

BRASIL. **Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de fruta e cogumelos comestíveis. D.O.U. - Diário Oficial da

União; Poder Executivo, de 23 de setembro de 2005 ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

CANO-CHAUCA, M., STRINGHETA, P.C., RAMOS, A.M., CAL-VIDAL, J., 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. In. **Food Sci. Emerg. Technol**, v. 6, n. 4, p. 420–428, 2005.

CAVALCANTE, C. E. B.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Hygroscopic behaviour of spray dried soursop pulp powder. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 21, 2018.

CHAKRABORTY, N., CHAKRABORTY, R., & SAHA, A. K. Fortified and freeze-dried kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*): quality and sensory assessment. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, 2020.

COSTA, L. O.; LARA JUNIOR, J. M.; DA COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A.; RODRIGUES, S.; WURLITZER, N. J. Stability and microstructure of powdered pulp of the Palmer mango obtained by the process of lyophilisation. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 2, p. 251-258, 2019.

DACANAL, G. C.; MENEGALLI, F. C. Experimental study and optimization of the agglomeration of acerola powder in a conical fluid bed. **Powder Technology**, v. 188, n. 3, p. 187-194, 2009.

DANTAS, D., PASQUALI, M.A., CAVALCANTI-MATA, M., DUARTE, M.E., LISBOA, H.M. Influence of Spray Drying Conditions on the Properties of Avocado Powder Drink, **Food Chemistry**, 2018.

DEHNAD, D., JAFARI, S.M., AFRASIABI, M. Influence of drying on functional properties of food biopolymers: From traditional to novel dehydration techniques. **Trends Food Sci. Technol**, v. 57, p. 116–131, 2016.

DURIGON, A.; ZOTARELLI, M. F.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Estudo da produção de tomate em pó por refractance window e por liofilização. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. **Anais**. Florianópolis - SC: Cobeq, 2014. v. 1.

FRANCO B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. 182p.

GALMARINI, M. V.; BAREN, C.; ZAMORA, M. C.; CHIRIFE, J.; LIRA, P. D. L.; BANDONI, A. Impact of trehalose, sucrose and/or maltodextrin addition on aroma retention in freeze dried strawberry puree. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n. 7, p. 1337-1345, 2011.

GEA - Niro Research Laboratory. (2010). **Gea Niro analytical methods**. Disponível em: <<http://www.niro.com/methods>>. Acesso em: 30 de jul. de 2016.

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.

JIMENEZ-SANCHEZ, D.; CALDERON-SANTOYO, M.; ORTIZ-BASURTO, R. I.; BAUTISTA-ROSALES, P. U.; RAGAZZO-SANCHEZ, J. A. Effect of maltodextrin reduction and native agave fructans addition on the physicochemical properties of spray-dried mango and pineapple juices. **Food Science and Technology International**, v. 0, n. 0, p. 1–14 2018.

MA, X.; LI, J.; CUI, X.; LI, C.; WANG, Z. Dietary supplementation with peptides from sesame cake alleviates Parkinson's associated pathologies in *Caenorhabditis elegans*. **Journal of Functional Foods**, v. 65, 2020.

MITCHELL, J.D.; DALY, D.C. A revision of Spondias L. (Anacardiaceae) in the Neotropics. **PhytoKeys**, v. 55, p. 1–92, 2015.

MORAES, J. DE S. Desenvolvimento e avaliação de um protótipo para despelicular sementes de gergelim. **Tese– Campina Grande**, 2018. 105 f.

MOSQUERA, L. H.; MORAGA, G.; NAVARRETE, N. M. Critical water activity and critical water content of freeze-dried strawberry powder as affected by maltodextrin and arabic gum. **Food Research International**, v. 47, n. 2, p. 201-206, 2012.

OLIVEIRA, A. DA S.; DE FIGUEIRÊDO R. M. F.; QUEIROZ, A. J. DE M.; DE BRITO, J. G. Estabilidade da polpa do *Cereus jamacaru* em pó durante o armazenamento. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.19, n.2, p.147–153, 2015.

PATHAK, N., BHADURI, A., RAI, A.K. Sesame: Bioactive compounds and health benefits, in: Mérillon, J.M., Ramawat, K. (Eds.), **Bioactive molecules in food, Reference series in phytochemistry**, Springer, Cham, p. 181–200, 2019.

POURAHMAD, R.; KHORRAMZADEH, D. Physicochemical and organoleptic properties Of drinking powder containing soy milk powder, Stevia, isomalt and erythritol. **Journal of Food Processing and Preservation**, 2016. ISSN 1745-4549.

RATNANINGRUM, D., BUDIWATI, T.A., KOSASIH, W., PUDJIRAHARTI, S. Sensory and physicochemical evaluation of instant ginger drinks fortified with DFA III. **Procedia Chem**, v. 16, p. 177–183, 2015.

SANTOS – SEREJO, J. A.; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V.; COELHO, Y. da S. (Ed.). **Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. 509p., il. color.

SILVA, L. M. DE M.; ALMEIDA, F. DE A. C. Extratos em Pó de Amendoim Liofilizado. In:

Almeida, Francisco de Assis Cardoso. **Tecnologias desenvolvidas para o aproveitamento do amendoim** / Organizadores, Francisco de Assis Cardoso Almeida, Jaime José da Silveira Barros Neto, Esther Maria Barros de Albuquerque, Bruno Adelino de Melo. – Campina Grande: AREPB, 2016. 150 f., il. color.

SILVA, L. M. DE M.; ALMEIDA, F. DE A. C.; SOUSA, F. C. DE S.; DE CASTRO, D. S.; MOREIRA, I. DOS S.; LIMA, J. P.; FIGUEIREDO NETO, A. Chemical and Physical Characterization of Peanut Powder Extracts. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 4, 2018.

11. ARTIGO 6 - RECONSTITUIÇÃO E ANÁLISE SENSORIAL DOS MIXES DE GERGELIM E FRUTAS LIOFILIZADOS

RESUMO

A demanda por produtos nutritivos e que ofereçam praticidade é crescente e tem despertado interesse por parte de pesquisadores e pelas indústrias de alimentos para o desenvolvimento de produtos alimentícios em pó. Para isso, a liofilização configura-se como um método eficiente e vem sendo utilizada no desenvolvimento de produtos vegetais em pó. O objetivo deste trabalho foi avaliar sensorialmente mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu. Os mixes foram reconstituídos em duas diluições, sendo 1:6 e 1:8 (mix em pó:água). Foi realizado o teste de aceitação através da escala hedônica estruturada de nove pontos (9 = gostei muitíssimo e 1 = desgostei muitíssimo) e a intenção de compra com um painel composto por 85 provadores. O extrato em pó de gergelim foi obtido a partir do extrato aquoso na proporção de 1:2 (gergelim:água) e os pós de cajá e umbu foram obtidos a partir das polpas formuladas com 30% de maltodextrina, em seguida submetidos à liofilização à pressão menor que 170 μ Hg e à temperatura de (-55 °C +/- 3 °C) sob vácuo. Foram elaborados um mix de gergelim e cajá e outro de gergelim e umbu, utilizando as proporções de 60% de extrato em pó de gergelim e 50% dos pós obtidos dos respectivos frutos. Eles foram submetidos à análise microbiológica para a garantia da segurança do consumo dos produtos. Em seguida, foi realizada a avaliação sensorial dos mixes. Os mixes foram reconstituídos nas diluições 1:6 e 1:8 e submetidos à análise sensorial adoçados de 20% de mel. Em todos os parâmetros avaliados, obtiveram-se médias acima de 5. Para os mixes na diluição 1:8, foram obtidas as maiores médias nos parâmetros avaliados e a intenção de compra foi superior aos mixes na diluição 1:6. Os resultados podem ter sido influenciados por diversos fatores, como o hábito de alimentação dos provadores, o fato de ter sido realizado com um painel não treinado e por ser um produto novo, no qual é utilizado o gergelim que não é habitualmente consumido na forma de uma bebida, porém essas limitações podem ser vencidas adicionando um maior percentual de frutos nos mixes e com a adição de outros tipos de adoçantes naturais, por exemplo, aproveitando dessa maneira os nutrientes e sabores dos frutos adicionados sem abrir mão dos inúmeros benefícios do gergelim e de sua qualidade nutricional e energética.

Palavras-chave: liofilização, proteína vegetal, oleaginosa, mix, *Sesamum indicum*, *Spondias mombin*, *Spondias Tuberosa*.

ABSTRACT

The demand for nutritious and practical products is growing and has attracted interest from researchers and the food industry for the development of powdered food products. For this, a freeze-drying is configured as an efficient method and has been used in the development of powdered vegetable products. The objective of this work was to sensorially evaluate mixtures

of sesame and cajá and sesame and umbu. The mixes were reconstituted in two dilutions, 1: 6 and 1: 8 (powder mix: water). An acceptance test was carried out using the nine-point structured hedonic scale (9 = very liked and 1 = very disgusted) and purchase intention with a panel composed of 85 tasters. The sesame powder extract was included from the aqueous extract in the proportion of 1: 2 (sesame: water) and the cajá and umbu powders were removed from the pulps formulated with 30% maltodextrin, then lyophilization occurs at a pressure of less than 170 μ Hg and a temperature of (-55 °C +/- 3 °C) under vacuum. A mix of sesame and cajá and another mix of sesame and umbu were made using of 60% of sesame powder extract and 50% of the post-fruits followed by the microbiological analysis to guarantee the safe consumption of the products and then the sensory evaluation of the mixtures was carried out. The mixtures were reconstituted dilution 1: 6 and 1: 8 and subjected to sensory analysis sweetened with 20% honey. All parameters obtained averages above 5. For mixes in the 1: 8 dilution, the highest averages were obtained in the parameters issued and the purchase intention was higher than the mixes in the 1: 6 dilution. The results may have been influenced by several factors such as the tasters' eating habits, the fact that it was performed with an untrained panel and because it is a new product in which sesame is used which is not usually consumed in the form of a drink, however these limitations can be overcome adding a higher percentage of fruits in the mixes and with the addition of other types of natural sweeteners, for example, taking advantage of the nutrients and flavors of the lost fruits without giving up the numerous benefits of sesame and its nutritional and energetic quality.

Keywords: lyophilization, vegetable protein, oilseed, mix, *Sesamum indicum*, *Spondias mombin*, *Spondias Tuberosa*.

11.1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por produtos nutritivos e que oferecem praticidade aos consumidores tem sido notória e tem despertado o interesse das indústrias na produção e desenvolvimento desse tipo de produto. Os produtos em pó de vegetais e frutos estão inseridos nesse nicho de mercado, uma vez que apresentam uma maior concentração de nutrientes e são de fácil preparo e utilização.

O gergelim (*Sesamum indicum*) é rico em nutrientes como lipídeos e proteínas, apresenta consideráveis teores de compostos fenólicos e é considerado um alimento energético e funcional. Seus extratos em pó se configuram como excelente alternativa para a formulação e produção de mixes com frutos, agregando valor nutricional e possibilitando e estimulando o consumo dessa semente.

O cajá (*Spondias mombim* L.) e umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) são frutos de grande aceitação e consumo na região Nordeste do Brasil e com grande potencial econômico e

de expansão no mercado interno e externo. Mattietto *et al.* (2010) afirmam que os frutos de cajá possuem acentuado aroma e são ricos em carotenoides, responsáveis pela intensa coloração amarela da polpa, apresentam também apelo funcional bastante significativo, por possuírem um elevado teor de taninos, que faz com que a polpa do fruto ganhe destaque como provável antioxidante natural. Utilizado na fabricação de sucos, sorvetes, geleias, polpas congeladas e consumo *in natura*, desperta o interesse não apenas para o mercado regional, mas também para outros locais do país (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

No umbu, é importante destacar a presença de compostos bioativos e sua contribuição para a saúde do consumidor. Entre estes compostos, destacam-se aqueles de natureza fenólica, incluindo alguns pigmentos, como a clorofila e carotenoides. A exploração do umbu é feita de forma extrativista, constituindo uma importante fonte de renda complementar e de mão-de-obra familiar para as comunidades do Semiárido brasileiro. Os principais produtos fabricados a partir dos seus frutos são a polpa para suco, a geleia e o doce (BATISTA *et al.* 2015).

Os Mixes de produtos em pó vêm sendo desenvolvidos e cada vez mais os métodos de obtenção e armazenamento desses produtos vêm sendo estudados. A liofilização configura-se em um método eficaz na obtenção e conservação de produtos em pó.

Silva *et al.* (2018) afirmam que, na conservação de alimentos, a liofilização destaca-se por preservar principalmente os compostos bioativos e componentes nutricionais, conservando o aroma e sabor característicos dos produtos naturais por meio da manutenção dos compostos aromáticos voláteis. Os produtos liofilizados são mais estáveis à temperatura ambiente, além de terem seu peso e volume reduzidos, reduzindo, dessa forma, custos com embalagens, armazenamento e transporte.

Na obtenção de certos produtos em pó, é necessário que se faça uso de alguns aditivos, como a maltodextrina, este adjuvante de secagem que é muito utilizado e eficiente na obtenção de frutos em pó. A avaliação sensorial é de extrema importância em produtos novos e desenvolvidos com tecnologias diversas, uma vez que constitui um parâmetro a ser considerado na inserção desses alimentos no mercado.

Diante dessas considerações, o objetivo do presente trabalho foi realizar a avaliação sensorial dos mixes em pó de gergelim e cajá e de gergelim e umbu reconstituídos com diferentes diluições por meio da análise de aceitabilidade e intenção de compra.

11.2. MATERIAL E MÉTODOS

11.2.1. Local de condução do experimento

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em parceria com o Laboratório de Microbiologia do departamento de Nutrição do Centro de Ciências da Saúde (CCS) e de Análise Sensorial do Centro de Tecnologia (CT) e do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

11.2.2. Obtenção dos mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu

O gergelim foi despeliculado em máquina desenvolvida no LAPPA. Antes, as sementes foram imersas em água a 90 °C por 3 minutos. Em seguida, foram inseridas no protótipo que operou em uma rotação de 245 rpm em um ângulo de 45 °C por 7 minutos (MORAES, 2018). As sementes foram secas em estufa a 40 °C por um período de 8 horas, limpas em soprador e manualmente. Posteriormente, o extrato aquoso foi obtido na concentração (grão: água) de 1:2. Os extratos foram acondicionados em formas plásticas de polietileno e congelados por 24 h, em seguida transferidos para bandejas de alumínio e levados novamente ao congelamento em freezer a -18 °C por 72 h e, logo após, submetidos ao processo de liofilização por um período de 24 h. As polpas de cajá e umbu foram formuladas com 30% de maltodextrina e submetidas à liofilização por 72 h. A secagem por liofilização foi realizada em liofilizador modelo L101 à pressão menor que 170µHg, temperatura de (-55 °C +/- 3 °C) sob vácuo. Em seguida, os produtos foram acondicionados em embalagens laminadas e armazenados à temperatura ambiente até o momento das formulações dos mixes. Foram elaborados um mix de gergelim e cajá e outro de gergelim e umbu, utilizando as proporções de 60% de extrato em pó de gergelim e 50% dos pós obtidos dos respectivos frutos.

11.2.3. Avaliação microbiológica

Foram realizadas análises de coliformes a 35 e 45 °C, bolores e leveduras e salmonela, de acordo com a Resolução-RDC nº 12 (BRASIL, 2001).

11.2.3.1. Coliformes a 35 °C e coliformes a 45 °C

Para a determinação dos coliformes, foi utilizada a técnica dos tubos múltiplos (Técnica do Número Mais Provável – NMP), seguindo-se a metodologia da APHA (2001).

11.2.3.2. Bolores e leveduras

Os bolores e leveduras foram quantificados pela técnica de contagem em meio de cultura ágar padrão (*Plate Count Agar - PCA*), incubados em placas de petri a 30 °C por 72 h, segundo metodologia descrita pelo APHA (2001).

11.2.3.3. Salmonella

A pesquisa de Salmonella foi realizada inicialmente pesando 25 g da amostra adicionada em 225 ml de caldo lactosado, e seguida a metodologia da APHA (2001).

11.2.4. Reconstituição dos mixes em pó em diferentes diluições

Os mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu foram reconstituídos em duas diferentes diluições, sendo as proporções utilizadas 1:6 (mix em pó de gergelim com o fruto:água) e 1:8 (mix em pó de gergelim com o fruto:água). As diluições foram definidas com base em testes preliminares e os dois mixes reconstituídos nas duas diluições foram submetidos a análises sensoriais adicionados de 20% de mel.

11.2.5. Análise sensorial

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e aprovado com o número do parecer 079078/2018. Vencida esta etapa, a análise sensorial foi realizada nos laboratórios de análise sensorial do CTDR e do CT pertencentes à Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

As amostras dos extratos reconstituídos foram submetidas ao painel, adoçadas com mel, sendo a proporção de 20%, sem adição de outros ingredientes, à temperatura de cerca de 10 °C. Os extratos foram servidos em copos de plástico descartáveis incolor, em volumes de cerca de 50 mL, todos codificados com três dígitos aleatórios. Foi disponibilizada água mineral para os provadores e bolacha de água e sal, para evitar possíveis interferências de gostos residuais entre as avaliações entre uma amostra e outra.

Os mixes (bebidas) foram avaliados sensorialmente, através dos atributos aparência, cor, aroma e sabor, utilizando-se escala hedônica estruturada de nove pontos (9 = gostei muitíssimo e 1 = desgostei muitíssimo) por uma equipe composta por 85 provadores não treinados. Todos os provadores receberam todas as orientações necessárias e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Para avaliar a intenção de compra do consumidor, foi utilizada uma escala estruturada mista de cinco pontos, com escores variando de 1 (certamente não compraria) a 5 (certamente compraria o produto), conforme Dutcosky (2013).

11.2.6. Análise estatística

Os resultados da análise sensorial foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey à probabilidade ($p \leq 0,05$), utilizando o programa computacional ASSISTAT 7.7 (AZEVEDO e SILVA, 2016).

11.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

11.3.1. Análise microbiológica

Na tabela 11.1, estão apresentados os resultados das análises microbiológicas realizadas nos mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu, bem como o padrão estabelecido pela

resolução RDC 12/2001 da ANVISA, cujos grupos de alimentos utilizados foram o nº 1 item d e o nº 13 item a.

Tabela 11.1. Resultado das análises microbiológicas dos mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu.

Microrganismo	Resultado	Padrão*
Mix de cajá		
Coliformes a 35 °C (NMP/g)	0,0	---
Coliformes a 45 °C (NMP/g)	0,0	10 ² /g
Contagem em placas de bolores e leveduras (UFC/g)	0,0	---
Pesquisa de <i>Salmonella</i> sp/ 25g	Ausência	Ausência
Mix de umbu		
Coliformes a 35 °C	0,0	
Coliformes a 45 °C	0,0	10 ² /g
Contagem em placas de bolores e leveduras (UFC/g)	0,0	---
Pesquisa de <i>Salmonella</i> sp/ 25g	Ausência	Ausência

*Ministério da Saúde – ANVISA – Resolução RDC Nº 12, 02 de janeiro de 2001.

Os resultados das análises microbiológicas foram satisfatórios, demonstrando a qualidade microbiológica dos mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu e revelando boas condições higiênico-sanitárias no processamento. Para este tipo de produto, a resolução estabelece padrões para coliformes a 45 °C e para *Salmonella* sp e os mixes avaliados se enquadraram dentro dos padrões estabelecidos.

A pesquisa de coliformes fecais ou de *E. coli* fornece, com maior segurança, informações sobre as condições higiênicas do produto e melhor indicação da eventual presença de enteropatógenos. Os bolores e leveduras também podem ser responsáveis pela deterioração de alimentos desidratados e armazenados em condições inadequadas. A presença desses microrganismos pode se configurar em problema de saúde pública devido à produção de micotoxinas pelos bolores. A salmonella é considerada um microrganismo patogênico, podendo

ser responsável por infecções alimentares causadas pela ingestão de alimentos contendo células viáveis deste patógeno (FRANCO e LANDGRAF, 1996).

De acordo com os resultados microbiológicos, as amostras avaliadas oferecem segurança para o consumo humano, atendendo à legislação vigente por meio da resolução RDC 12/2001 da ANVISA (BRASIL, 2001).

11.3.2. Análise sensorial

Na tabela 11.2, estão apresentados os valores médios dos atributos sensoriais avaliados nos mixes de gergelim e cajá nas diluições 1:6 (extrato em pó do mix:água) e 1: 8 (extrato em pó do mix:água).

Tabela 11.2. Valores médios dos atributos sensoriais dos mixes de cajá em duas diluições.

Diluições	Aparência	Aroma	cor	Sabor	Impressão global
1:6	5,20000 ^a	6,02353 ^a	5,57647 ^a	5,45882 ^b	5,62353 ^b
1:8	5,24706 ^a	6,23529 ^a	5,51765 ^a	6,01177 ^a	6,05882 ^a
Média	5,22353	6,12941	5,54706	5,73529	5,84118
Dms	0,45121	0,47581	0,42287	0,50518	0,41155

Os valores das médias para aparência, aroma e cor, nas duas diluições estudadas, não diferiram estatisticamente, sendo que os provadores se mostraram indiferentes para os atributos aparência e cor, enquanto, para aroma, os provadores disseram ter gostado ligeiramente dos dois mixes independente da diluição. Para os parâmetros de sabor e impressão global, houve diferença estatística nos resultados das médias entre as duas diluições, tendo o mix na diluição 1:8 obtido melhores avaliações. Moura Neto *et al.* (2015) obtiveram, em duas amostras de suco de cajá em pó reconstituído, valores médios de 4,62 e 4,52 para o atributo aparência, sendo inferiores aos obtidos no mix de gergelim e cajá nas duas diluições avaliadas. Para cor, reportaram valores médios de 5,64 e 5,32, próximos aos obtidos no presente trabalho. Os mesmos autores obtiveram, para o atributo aroma, valores médios de 7,68 e 7,66, superiores aos obtidos nas duas diluições do mix de gergelim e cajá.

Barroso *et al.* (2017) obtiveram, em mixes de amendoim com mangaba formulados com diferentes proporções de pó de amendoim e mangaba, notas variando de 6,2 a 6,3 para o atributo aparência, e de 5,9 a 6,0 para cor, superiores às notas obtidas para o mix de gergelim com cajá. Para o aroma, os autores reportaram notas de 5,9 a 6,4, intervalo em que se enquadram os valores obtidos para o mix de gergelim e cajá avaliado. Para o sabor, obtiveram notas entre 4,6 e 5,3, inferiores aos obtidos no presente trabalho. Schiassi *et al.* (2020), avaliando um suco misto formulado com diferentes concentrações de morango, amora, framboesa vermelha e água de coco verde natural além de sucralose, obtiveram notas médias para aceitação geral variando entre 4,85 e 6,83, estando as notas obtidas para o mix de gergelim e cajá nas duas diluições dentro deste intervalo.

Na figura 11.1, estão apresentadas as médias obtidas para intenção de compra do mix de gergelim e cajá em duas diluições.

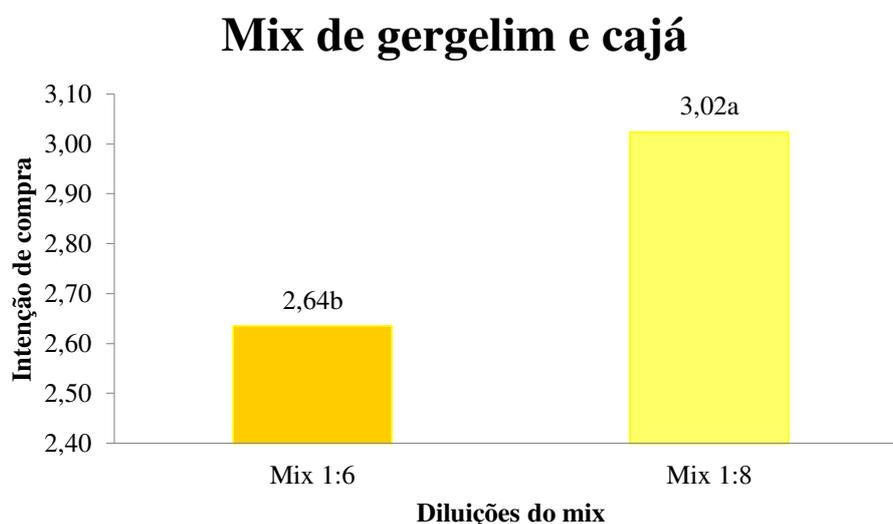


Figura 11.1. Intenção de compra do mix de gergelim e cajá

Observou-se que as notas médias entre as duas diluições do mix de gergelim e cajá diferiram estatisticamente, tendo o mix na diluição 1:8 apresentado maior média para intenção de compra, sendo maior do que o valor 3 da escala utilizada que corresponde à “Talvez comprasse, talvez não comprasse”.

Pourahmad e Khorramzadeh (2016), avaliando uma bebida em pó com leite de soja e diferentes proporções de stevia, isomalt e eritritol, obtiveram, para a maioria das características, notas classificadas como de médio a bom, e as médias das notas da aceitação geral das amostras variaram de 2,80 a 3,80, em uma escala de 5 pontos, estando neste intervalo a média do mix de gergelim e cajá na diluição 1:8.

Na tabela 3, estão apresentados os valores médios dos atributos sensoriais dos mixes de umbu em duas diluições, e observa-se que não houve diferença estatística entre as diluições avaliadas quanto à aparência, ao aroma e à cor. Quanto ao sabor e à impressão global, as amostras diferiram estatisticamente, sendo os maiores valores médios atribuídos ao mix de umbu na diluição 1:8.

Tabela 11.3. Valores médios dos atributos sensoriais dos mixes de umbu em duas diluições.

Diluições	Aparência	Aroma	cor	Sabor	Impressão global
1:6	5,24706 ^a	5,72941 ^a	5,55294 ^a	5,15294 ^b	5,44706 ^b
1:8	5,32941 ^a	5,78824 ^a	5,55294 ^a	5,85882 ^a	5,90588 ^a
Média	5,28824	5,75882	5,55294	5,50588	5,67647
Dms	0,45071	0,43868	0,40847	0,50260	0,41261

Barroso *et al.* (2017), avaliando mix de amendoim com umbu em diferentes concentrações dos pós, obtiveram notas entre 6,1 e 6,2 para o atributo aparência, de 5,9 a 6,2 para cor, superiores às notas obtidas para o mix de gergelim e umbu avaliado nas duas diluições. Os mesmos autores obtiveram notas de 5,2 a 5,6 para aroma e de 3,9 a 4,1 para o sabor, inferiores às obtidas para o mix de gergelim e umbu. Dionísio *et al.* (2018), avaliando a aceitação global de uma bebida de caju e yacon, obtiveram notas oscilando entre 6,27 e 6,41, ficando entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” na escala hedônica de nove pontos. Essas notas foram superiores às obtidas para mix de gergelim e umbu para impressão global, tendo o mix na diluição 1:8 ficado mais próximo desses resultados. Curi *et al.* (2017), avaliando amostras de suco misto com diferentes proporções de laranja, abacaxi e caqui, obtiveram notas para aceitação geral variando de 5,12 a 6,78, intervalo que abrange as notas obtidas para a impressão global nos dois mixes avaliados neste trabalho e nas duas diluições testadas.

O fato de que as análises tenham sido realizadas com uma equipe não treinada certamente influenciou nos resultados, não propiciando maiores notas, já que é um produto novo que tem grande concentração de gergelim na sua formulação, uma oleaginosa que habitualmente é consumida de outras formas que não a proposta neste trabalho, mas que apresenta grande potencial para ser utilizada nesse tipo de produto e de ser sugerida e introduzida nos hábitos alimentares dos consumidores.

Na figura 11.2, estão apresentadas as médias obtidas para intenção de compra do mix de gergelim e umbu em duas diluições.

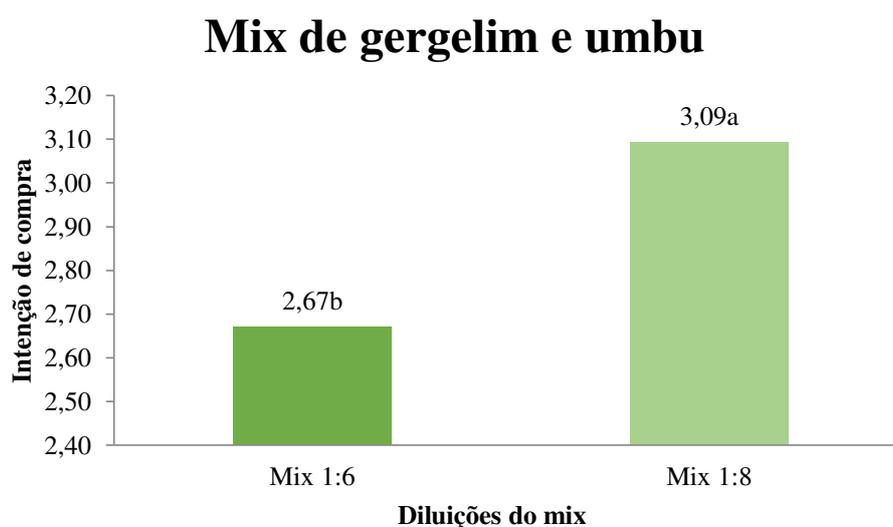


Figura 11.2. Intenção de compra do mix de gergelim e umbu

O maior valor obtido para intenção de compra para o mix de gergelim e umbu foi na diluição 1:8, sendo superior ao valor correspondente ao da escala utilizada no teste realizado que corresponde à “Talvez comprasse, talvez não comprasse”.

Hunaldo *et al* (2020), avaliando néctar misto de maracujá, couve folha e farinha de linhaça, obtiveram nota 3,27, próxima às notas obtidas para os dois mixes avaliados neste trabalho na diluição 1:8. Lima *et al.* (2018), avaliando néctar misto de umbu e mangaba em diferentes proporções, obtiveram, para intenção de compras, notas variando entre 3,00 e 4,00, estando, portanto, a nota para o mix de gergelim e umbu na diluição 1:8 neste intervalo. As formulações avaliadas por estes autores continham açúcar cristalizado, fato que pode ter

favorecido a melhor aceitação de algumas das formulações, já que o consumo de açúcar é muito presente no hábito de muitos consumidores.

No entanto, os produtos propostos neste trabalho, por serem formulados apenas com o pó de gergelim e as polpas em pó dos frutos adicionadas de maltodextrina, embora adoçados com mel no momento da análise, obtiveram notas intermediárias, correspondendo à “talvez comprasse, talvez não comprasse”.

Embora a maltodextrina seja um tipo de açúcar, seu uso foi necessário para obtenção dos pós dos frutos, e é importante ressaltar que seu consumo deve ser moderado pelos consumidores em geral e evitado pelos diabéticos, embora a quantidade no produto final seja considerada pequena. Porém, os mixes desenvolvidos são produtos ricos em nutrientes importantes como proteínas, lipídeos, compostos fenólicos, além de ter propriedades funcionais e ser energético.

11.4. CONCLUSÃO

Os mixes de gergelim e cajá e de gergelim e umbu apresentaram maiores médias na diluição 1:8, sendo o atributo sabor e a impressão global os de maiores diferenças entre as duas diluições avaliadas.

Com relação à intenção de compra, as notas atribuídas foram bem semelhantes, comparando as diluições iguais dos dois mixes.

Em todos os parâmetros avaliados, obtiveram-se médias acima de 5, e esse resultado é influenciado por diversos fatores, como o hábito de alimentação dos provadores, o fato de ter sido realizado com um painel não treinado e por ser um produto novo no qual é utilizado o gergelim, que não é habitualmente consumido na forma de uma bebida. Porém, essas limitações podem ser vencidas com um maior percentual de frutos nos mixes e com a adição de outros tipos de adoçantes naturais, por exemplo, aproveitando, dessa maneira, os nutrientes e sabores dos frutos adicionados sem abrir mão dos inúmeros benefícios do gergelim e de sua qualidade nutricional e energética.

Também é importante que se incentive o consumo de gergelim em formulações diversas como os mixes apresentados, uma vez que esses produtos mistos oferecem benefícios nutricionais somados, além de diversidade de sabores.

11.5. REFERÊNCIAS

APHA–American Public Health Association. **Compendium of methods for the Microbiological Examination of Foods**. 4ed. Washington, 2001. 676p.

BARROSO, A. J. R.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, L. M. M. Desenvolvimento de mixes com extrato em pó de amendoim despeliculizado: mix de amendoim com mangaba e mix de amendoim com umbu. 1. ed. Beau Bassin: **Novas Edições Acadêmicas**, v. 1, 2017. 101p.

BATISTA, F. R. C.; SILVA, S. M.; SANTANA, M. F. S.; CAVALCANTE, A. R. **O umbuzeiro e o Semiárido brasileiro**. Campina Grande, PB, Editora: INSA – Instituto do Semiárido Brasileiro, 2015. 72p.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 12, 2 de janeiro de 2001. **Regulamento Técnico Sobre os Padrões Microbiológicos para Alimentos**. Brasília, DF, p.1-49, 2001.

CURI, P. N., ALMEIDA, A. B. de, TAVARES, B. de S., NUNES, C. A., PIO, R., PASQUAL, M., & SOUZA, V. R. DE. Optimization of tropical fruit juice based on sensory and nutritional characteristics. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 2, p. 308–314, 2017.

DIONISIO, A. P.; WURLITZER, N. J.; PINTO, C. O.; GOES, T. DE S.; M. DE F. B.; ARAÚJO, I. M. DA S. Processamento e estabilidade de uma bebida de caju e yacon durante o armazenamento sob refrigeração. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 21, 2018.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 4. ed. Curitiba: Champagnat – Pucpress, 2013. 531p.

FRANCO B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. 182p.

HUNALDO, V. K. L.; HOLANDA, J. L. S. L. DE; FREITAS, A. C. DE; SANTOS, L. H. DOS; XAVIER, T. A. L.; FONTENELE, M. A.; SECCADIO, L. L.; GOMES, P. R. B. Elaboração e avaliação sensorial de néctar misto de maracujá (*passiflora edulis*), couve de folha (*brassicaoleracea*) e farinha de linhaça (*linumusitatissimum* l.). **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 4, p. 19859-19867, 2020.

LIMA, L. L. DE A., OLIVEIRA E SILVA, A. M., FERREIRA, I. M., NUNES, T. P., & CARVALHO, M. G. DE. Néctar misto de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) e mangaba (*Hancornia Speciosa* Gomes): elaboração e avaliação da qualidade. *Brazilian Journal of Food Technology*, **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 21, 2018.

MATTIETO, R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. de. Caracterização física e físico-química dos frutos de cajazeira (*Spondia mombin* L.) e de suas polpas obtidas por dois tipos de extrator. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 13, n. 3, p. 156-164, 2010.

MORAES, J. DE S. Desenvolvimento e avaliação de um protótipo para despelicular sementes de gergelim. **Tese**– Campina Grande,2018. 105 f.

MOURA NETO, L. G. D., ROCHA, É. M. D. F. F., AFONSO, M. R. A., RODRIGUES, S., & COSTA, J. M. C. D. (2015). *Physicochemical and sensory evaluation of yellow mombin (spondias mombin l.) atomized powder*. *Revista Caatinga*, 28(4), 244–252. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 244 – 252, 2015.

OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.1059-1064, 2014.

POURAHMAD, R.; KHORRAMZADEH, D. Physicochemical and organoleptic properties Of drinking powder containing soy milk powder, Stevia, isomalt and erythritol. **Journal of Food Processing and Preservation**, 2016.

SCHIASSI, M.C.E., SOUZA, V.R.D., LAGO, A.M.T., CAMPOS, L.G., QUEIROZ, F., Fruits From The Brazilian Cerrado Region: Physico-Chemical Characterization, Bioactive Compounds, Antioxidant Activities, And Sensory Evaluation, **Food Chemistry**, 2017.

SILVA, L. M. M.; ALMEIDA, F. A. C.; SOUSA, F. C.; CASTRO, D. S.; MOREIRA, I. S.; LIMA, J. P.; FIGUEIREDO NETO, A. Chemical and physical characterization of peanut powder extracts. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 4, p. 323 –334, 2018.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

12. ARTIGO 7 - UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DO EXTRATO AQUOSO DE GERGELIM NA FORMULAÇÃO DE BOLOS SEM GLÚTEN E SEM LACTOSE

RESUMO

É de extrema importância que seja realizado o aproveitamento dos resíduos gerados na indústria de alimentos, de forma a aproveitar o potencial alimentício que, muitas vezes, estes apresentam e para que sejam evitados o desperdício e os danos ao meio ambiente. O objetivo deste trabalho foi utilizar o resíduo liofilizado gerado no processo do extrato aquoso de gergelim na formulação de bolos sem glúten e sem lactose. Foram avaliados os resíduos *in natura* do extrato aquoso do gergelim, e o liofilizado quanto ao teor de água (%), atividade de água, proteína (%), lipídeos (%), cinzas (%) e compostos fenólicos totais (mg GAE.100g⁻¹). Foram formulados quatro bolos, sendo uma formulação padrão, utilizando farinha de milho, e três com 50, 60 e 70% do resíduo liofilizado em substituição da farinha de milho utilizada no padrão. Os bolos foram avaliados, com exceção dos compostos fenólicos, quanto aos mesmos parâmetros avaliados nos resíduos e durante um período de armazenamento de seis dias, sendo realizadas as análises a cada dois dias. Observou-se que o resíduo liofilizado apresentou um baixo teor de água (2,81%) e atividade de água (0,122), sendo estes parâmetros importantes para a conservação do produto, além dos conteúdos de proteína (23,78%), lipídeo (53,65%), cinzas (2,75%) e compostos fenólicos 164,44 mg GAE.100g⁻¹, que resultaram em mais de duas vezes maior do que o resíduo *in natura*. Os bolos contendo o resíduo também apresentaram conteúdos consideráveis de proteínas e lipídeos quando comparados à formulação padrão, sendo F4 a formulação mais rica nesses componentes, 9,69% de proteínas e 36,13% de lipídeos. Ao final do armazenamento, houve pequena redução dos teores, porém ainda com conteúdo expressivo desses nutrientes. Com isso, o resíduo do extrato aquoso do gergelim configura-se como uma matéria-prima altamente rica em nutrientes importantes na dieta, como as proteínas e lipídeos, e os bolos formulados apresentam-se como uma alternativa de um alimento mais saudável e nutritivo quando comparados aos bolos tradicionais, podendo ainda serem consumidos por pessoas que preferem as proteínas de origem vegetal, os intolerantes à lactose e pelos celíacos.

Palavras-chave: resíduo, bolo, liofilização, *Sesamum indicum* L.

ABSTRACT

It is of extreme importance that the waste generated in the food industry be used in order to take advantage of the food potential it often presents and to avoid waste and damage to the

environment. The objective of this work was to use the freeze-dried residue generated in the process of aqueous sesame extract in the formulation of gluten-free and lactose-free cakes. The in natura residues of the aqueous sesame extract and the lyophilized were evaluated for water content (%), water activity, protein (%), lipids (%), ash (%) and total phenolic compounds (mg GAE.100g⁻¹). Four cakes were formulated, one standard formulation using corn flour and three with 50, 60 and 70% of the lyophilized residue in substitution of the corn flour used in the standard. The cakes were evaluated, with the exception of phenolic compounds, for the same parameters evaluated in the residues and during a storage period of six days, and the analyses were performed every two days. It was observed that the freeze-dried residue presented a low water content (2.81%) and water activity (0.122), being these important parameters for the conservation of the product, besides the contents of protein (23.78%), lipid (53.65%), ash (2.75%) and phenolic compounds 164.44 mg GAE.100g⁻¹ that resulted in more than twice as much as the residue in natura. The cakes containing the residue also presented considerable contents of proteins and lipids when compared to the standard formulation, being F4 the richest formulation in these components, 9.69% of proteins and 36.13% of lipids, and at the end of the storage there was a small reduction in the contents, but still with expressive content of these nutrients. With this, the residue of the aqueous extract of sesame is configured as a raw material highly rich in important nutrients in the diet as the proteins and lipids and the cakes formulated present themselves as an alternative of a healthier and nutritious food when compared to the traditional cakes, still being able to be consumed by people who prefer the proteins of vegetable origin, the lactose intolerants and the coeliacs.

Keywords: residue, cake, freeze-drying, *Sesamum indicum* L.

12.1. INTRODUÇÃO

O aproveitamento dos resíduos gerados do processamento de alimentos pela indústria é de extrema importância para evitar o desperdício e se faz necessário a fim de que não se gerem danos ao meio ambiente. Os resíduos normalmente são muitas vezes ricos em constituintes importantes para a alimentação humana e podem ser utilizados no desenvolvimento e enriquecimento de novos produtos alimentícios.

Considerando essas questões, vários trabalhos têm sido desenvolvidos com o objetivo de aproveitar esses resíduos e o máximo potencial que apresentam. Barroso *et al.* (2019) utilizaram o resíduo do extrato aquoso de amendoim na elaboração de bolo sem glúten e observaram que este apresentou conteúdo significativo de proteínas e lipídeos, favorecendo o

enriquecimento nutricional de produtos na indústria de alimentos e obtiveram boa aceitação dos bolos formulados. Albuquerque *et al.* (2016) utilizaram o extrato aquoso do amendoim na elaboração de bolos funcionais com o objetivo também de servir como alternativa para pessoas com intolerância à lactose e elas obtiveram boa aceitação do produto.

Silva *et al.* (2018) utilizaram o resíduo do umbu-cajá na elaboração de *cupcake* e obtiveram boa aceitação quando utilizado até 20% do resíduo em substituição da farinha de trigo, que é utilizada nos bolos normalmente. Resíduos como a fibra de caju e casca de banana verde também foram aproveitados na formulação de bolos e avaliados por Morais *et al.* (2018) e Türker *et al.* (2016), respectivamente.

O resíduo gerado do processamento do extrato aquoso das sementes de gergelim constitui-se como alternativa viável no desenvolvimento de produtos por ser extremamente rico em nutrientes essenciais na dieta humana. A partir desse resíduo, pode-se obter uma farinha que pode ser utilizada na obtenção de produtos como os de panificação. Uma opção de utilização é a formulação de bolos sem glúten e sem lactose, que hoje apresentam grande demanda por cada dia mais as pessoas estarem desenvolvendo alergias ao glúten, proteína da farinha de trigo que é a base dos ingredientes utilizados nos produtos de panificação. Além de beneficiar os intolerantes à lactose, que está presente nos bolos produzidos utilizando o leite nos seus ingredientes.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo utilizar o resíduo liofilizado gerado do processamento do extrato aquoso de gergelim na obtenção de bolos sem glúten e sem lactose.

12.2. MATERIAL E MÉTODOS

12.2.1. Local de condução do experimento e obtenção dos resíduos do extrato aquoso do gergelim

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em parceria com os Laboratórios de Processamento e Físico-química do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Foram utilizadas sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.) da cultivar BRS Anahí, fornecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Algodão – Campina Grande, PB.

As sementes foram despelculadas em um protótipo despelculador de gergelim desenvolvido no LAPP por MORAES (2018). O resíduo utilizado foi gerado a partir da extração aquosa na proporção de 1:2 (água:semente) das sementes despelculadas, cujo extrato aquoso foi utilizado para obtenção de extratos em pó.

Os resíduos foram acondicionados em formas plásticas de polietileno e congelados por 24 h, em seguida transferidos para bandejas de aço inoxidável e levados novamente ao congelamento em freezer a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 h e, em seguida, submetidos ao processo de liofilização, em liofilizador modelo L101 à pressão menor que $170\mu\text{Hg}$ à temperatura de $(-55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C})$ sob vácuo.

12.2.2. Caracterização físico-química dos resíduos úmido e liofilizado do extrato aquoso do gergelim

Foi determinado o teor de água, por meio de secagem direta em estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, utilizando 5 g da amostra. O teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl e o teor de cinzas foi determinado em mufla a $550\text{ }^{\circ}\text{C}$, conforme Brasil (2008). A atividade de água (a_w) foi obtida por leitura direta no equipamento AquaLab modelo 3TE, com temperatura controlada de $25,0 \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. A determinação do teor de lipídeos foi realizada utilizando a metodologia descrita por Bligh e Dyer (1959).

12.2.3. Elaboração dos bolos formulados a partir do resíduo liofilizado de gergelim

Os bolos foram produzidos a partir do resíduo liofilizado do extrato aquoso de gergelim, utilizando as seguintes proporções: 50, 60 e 70% do resíduo adicionado de 50, 40 e 30%, respectivamente, de fubá e dos demais ingredientes descritos na tabela 1.

Tabela 12.1. Formulações para elaboração de bolos com resíduo liofilizado de gergelim (RLG) e fubá.

Ingredientes	F1		F2		F3		F4	
	%	Quant.	%	Quant.	%	Quant.	%	Quant.
RLG	-	-	50	60 g	60	72 g	70	84 g
Fubá	100	120 g	50	60 g	40	48 g	30	36 g
Açúcar mascavo	41,66	50 g						
Ovo	41,66	50 g						
Óleo de milho	41,66	50 ml						
Água	41,66	50 ml						
Sal	2,5	3,0 g						
Fermento	2,5	3,0 g						

F1 – Formulação padrão; F2, F3, F4 - Formulações com substituição parcial do fubá pelo resíduo de gergelim liofilizado. Porcentagem dos ingredientes calculada em relação a 100% do peso total do Resíduo do EAG e fubá.

As formulações foram preparadas misturando inicialmente os ovos, o açúcar e o óleo de milho. Foram batidos em batedeira por cinco minutos e, em seguida, adicionados a água, o sal, misturando novamente. Depois, foram adicionados o fubá e o resíduo liofilizado de gergelim e batido por mais cinco minutos. Por último, foi adicionado o fermento delicadamente e a massa foi distribuída em formas de silicone para porções de 50 g. Os bolos foram levados ao forno pré-aquecido a 180 °C por 25 minutos. Foram armazenados em embalagens laminadas e, logo em seguida, submetidos às avaliações físico-químicas.

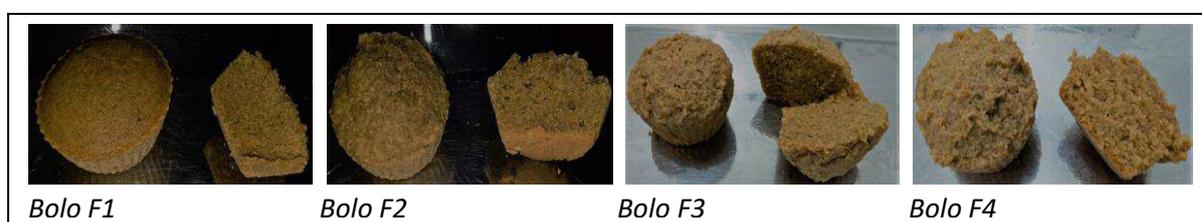


Figura 12.1 – Bolos padrão e formulados com o resíduo do gergelim.

12.2.4. Caracterização dos bolos formulados a partir do resíduo liofilizado de gergelim

Foram determinados o teor de água (%), a atividade de água (A_w), teor de proteínas (%), o teor de lipídeos (%) e o teor de cinzas (%), conforme metodologia descrita no item 2.2.

12.2.5. Análise estatística

Os dados obtidos dos bolos foram avaliados em um esquema fatorial, sendo 4 formulações e 4 tempos de armazenamento com três repetições. Foi utilizado como ferramenta o programa computacional Assistat versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

12.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

12.3.1. Caracterização físico-química do resíduo úmido e liofilizado do extrato aquoso do gergelim

Na tabela 12.2, estão apresentadas as médias das características físico-químicas dos resíduos úmido e liofilizado do extrato aquoso de gergelim.

Tabela 12.2. Médias das características físico-químicas dos resíduos úmido e liofilizado de gergelim.

	Teor de água (%)	Aa	Proteína (%)	Lipídeo (%)	Cinzas (%)	Compostos fenólicos
Resíduo úmido	55,01 a	0,998 a	11,12 b	25,32 b	1,01 b	73,79 b
Resíduo liofilizado	2,81 b	0,122 b	23,78 a	53,65 a	2,75 a	164,44 a
CV (%)	1,31	0,29	3,79	0,49	2,09	0,79

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Foi observada diferença significativa entre todos os parâmetros avaliados nos resíduos úmido e liofilizado. A redução significativa do teor de água e da atividade de água são primordiais nesse tipo de processo para a obtenção de produtos que sejam seguros microbiologicamente e que tenham uma maior vida de prateleira.

O teor de proteína do resíduo liofilizado mais do que duplicou em relação ao resíduo úmido, assim como o teor de lipídeos, cinzas e compostos fenólicos.

Barroso *et al.* (2019), avaliando o resíduo do extrato aquoso de amendoim em pó, obtiveram valor de 1,51 % no teor de água, e 1,75% para o teor de cinzas, inferiores aos obtidos para o resíduo de gergelim liofilizado. Os mesmos autores reportaram teor de lipídeos (43,82%), sendo este superior ao obtido para o resíduo úmido de gergelim e inferior ao resíduo liofilizado. E teor de proteína (30,36%) superior aos obtidos no resíduo úmido e liofilizado. Türker *et al.* (2016) obtiveram, para a farinha da casca da banana verde, teor de umidade de 2,83, semelhante ao obtido no resíduo liofilizado de gergelim e maior atividade de água (0,194). Os autores obtiveram valores de proteínas, lipídeos e cinzas bem inferiores aos do resíduo liofilizado, considerando a grande quantidade de carboidratos presentes na casca da banana.

12.3.2. Caracterização físico-química e armazenamento dos bolos formulados

Na tabela 12.3, estão apresentadas as médias dos parâmetros teor de água e atividade de água dos bolos avaliados em quatro tempos de armazenamento.

Tabela 12.3. Médias da interação das formulações com o tempo de armazenamento para o teor de água e atividade de água dos bolos formulados com resíduo de gergelim liofilizado.

Parâmetro	Formulações	Tempo (dias)			
		0	2	4	6
Teor de água (%)	F1	28,7521 aA	28,2083 bA	28,6371 bA	28,6562 bA
	F2	28,1773 aB	29,5804 aA	30,5475 aA	30,1833 aA
	F3	25,5198 bB	26,6368cAB	27,9087 bA	26,9625 cA
	F4	25,3223 bB	25,3470 cB	27,3762 bA	26,9001 cA
Atividade de Água	F1	0.9350 bA	0.9320 cB	0.9327 cB	0.9310 cB
	F2	0.9427 aB	0.9460 aA	0.9457 aA	0.9463 aA
	F3	0.9347 bB	0.9340 bB	0.9373 bA	0.9373 bA
	F4	0.9363 bA	0.9283 dC	0.9343 cB	0.9367 bA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observou-se que houve interação dos parâmetros avaliados de acordo com os tempos de armazenamento. No tempo inicial, não houve diferença entre F1 e F2 e nem entre F3 e F4 quanto ao teor de água, observando que uma maior percentagem do resíduo influenciou na redução desse parâmetro. Com relação à atividade de água, apenas F2 diferiu das demais formulações.

Na formulação 1, quanto ao teor de água, não houve diferença estatística entre os quatro tempos de avaliação. Quanto à atividade de água, o valor no tempo inicial diferiu dos demais, embora bem próximos em termos de valores absolutos. Na formulação 2, os valores dos teores de água aumentaram ao longo do armazenamento, sendo que não houve diferença do segundo até o quarto tempo, assim como na atividade de água. Na formulação 3, o teor de água no tempo inicial não diferiu aos dois dias de armazenamento, porém houve diferença entre os demais períodos, e a atividade de água não apresentou diferença entre 0 e dois dias de armazenamento nem entre quatro e seis dias de armazenamento. Na formulação 4, também não apresentou diferença entre os dois primeiros tempos de armazenamento nem entre os dois últimos. A atividade de água apresentou uma tendência de aumento ao longo do armazenamento, havendo diferença significativa entre os valores.

Silva *et al.* (2018), avaliando *cupcake* enriquecido com farinha do resíduo de umbucajá, obtiveram um teor de umidade de 19,13%, sendo inferior aos obtidos em todas as formulações. Barroso *et al.* (2019), avaliando bolos formulados com resíduo de extrato de amendoim e fécula de mandioca, reportaram valores médios para o teor de água, variando entre 32,02 e 34,72%, sendo estes superiores aos valores obtidos em F1, F2, F3 e F4 em todos os períodos de armazenamento. Albuquerque *et al.* (2016), avaliando diferentes formulações de bolos funcionais à base de extrato aquoso de amendoim, obtiveram valores de atividade de água variando entre 0,800 a 0,840, inferiores aos obtidos nos bolos formulados.

Esse tipo de produto possui o teor de água e a atividade de água elevados. Além de ser importante a utilização de uma embalagem adequada, é necessário que sejam bem monitorados no seu armazenamento para que seja garantida a conservação do produto e a segurança do consumidor.

Na tabela 12.4, estão apresentadas as médias dos parâmetros de proteína e lipídeos dos bolos avaliados em quatro tempos de armazenamento.

Tabela 12.4. Médias da interação das formulações com o tempo de armazenamento para o teor de proteínas e lipídeos dos bolos formulados com resíduo de gergelim liofilizado.

Parâmetro	Formulações	Tempo (dias)			
		0	2	4	6
Proteínas (%)	F1	4,0065 dAB	4,5260 dA	3,9633 dB	3,1194 dC
	F2	7,0883 cA	7,0529 cA	6,6743 cAB	6,3911 cB
	F3	8,1368 bA	8,3184 bA	7,9774 bA	7,1011 bB
	F4	9,6938 aA	9,4759 aA	9,7114 aA	8,1676 aB
Lipídeos (%)	F1	21,2205 dA	19,1672 dC	20,2703 dB	20,3829 dB
	F2	30,4903 cA	29,7143 cB	29,2458 cB	29,7677 bB
	F3	33,4462 bA	33,2974 bA	32,2482 bB	25,9786 cC
	F4	36,1347 aA	35,3364 aB	33,5078 aD	34,4945 aC

As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em todos os tempos de armazenamento, houve diferença significativa entre as formulações para o teor de proteínas, bem como para os lipídeos, sendo os maiores teores obtidos em F4. Ao longo do armazenamento, houve uma pequena tendência de redução nos teores de proteínas e lipídeos em cada formulação, porém com diferença significativa entre os tempos inicial e final.

Cruz *et al.* (2016), avaliando bolo de caneca formulado com farinha de banana verde com casca em substituição parcial da farinha de trigo, obtiveram teor de proteínas de 3,84% e de lipídeos de 0,40%. Barroso *et al.* (2019) reportaram valores médios para o teor de proteínas, variando entre 14,87 a 17,75%, superiores aos obtidos nos bolos formulados com o resíduo do gergelim. Os mesmos autores obtiveram teor máximo de lipídeos de 17,01%, inferior aos valores obtidos em todas as formulações e tempos de armazenamento. Os bolos formulados alternativamente com resíduos de gergelim e amendoim, por exemplo, são produtos ricos em

nutrientes como lipídeos e proteínas, podendo ser considerados alimentos nutritivos e energéticos, além de ser uma boa opção nutricional para celíacos.

Na tabela 12.5, estão apresentadas as médias dos valores de cinzas dos bolos avaliados em quatro tempos de armazenamento.

Tabela 12.5. Médias da interação das formulações com o tempo de armazenamento para o teor de cinzas dos bolos formulados com resíduo de gergelim liofilizado.

Parâmetro	Formulações	Tempo (dias)			
		0	2	4	6
Cinzas (%)	F1	1,2089 cB	0,9557 dC	1,2961 bA	0,9676 bC
	F2	1,4186 bA	1,1053 cB	1,3463 bA	1,0417 bB
	F3	1,5000 aA	1,4459 bAB	1,5006 aA	1,3852 aB
	F4	1,5480 aA	1,5386 aA	1,5737 aA	1,4087 aB

As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O teor de cinzas presente nas formulações aumenta à medida que se aumenta o teor do resíduo utilizado nas formulações, e esta característica se mantém ao longo dos seis dias de armazenamento. Os teores de cinzas estão relacionados ao conteúdo mineral presente no material, e os resultados obtidos podem sugerir um maior conteúdo mineral em F2, F3 e F4, quando comparados com a formulação padrão F1. Em termos de valores absolutos, os teores de cinzas foram próximos em cada formulação e tempos de armazenamento, porém há uma tendência de redução, comparando o início e o final do armazenamento. Barroso *et al.* (2019) também obtiveram valores próximos aos obtidos neste trabalho, variando entre 1,22 e 1,56%. Morais *et al.* (2018) elaboraram e caracterizaram *cupcake*, utilizando farinha de fibra de caju em substituição parcial da farinha de trigo e obtiveram teores de cinzas de 1,16% e de 1,12%. Quando utilizados 5 e 12% da fibra de caju nas formulações, respectivamente, esses teores foram um pouco inferiores à maioria dos teores obtidos nas formulações com resíduo do gergelim ao longo do armazenamento.

12.4. CONCLUSÃO

Observou-se que o resíduo liofilizado apresentou um baixo teor de água e atividade de água, sendo estes parâmetros importantes para a conservação do produto, além dos conteúdos de proteína, lipídeo, cinzas e compostos fenólicos, que resultaram em valores mais de duas vezes maior do que o resíduo *in natura*.

Os bolos contendo o resíduo também apresentaram conteúdos consideráveis de proteínas e lipídeos quando comparados à formulação padrão e ao final do armazenamento, havendo pequena redução dos teores, porém ainda com conteúdo expressivo desses nutrientes.

Com isso, o resíduo do extrato aquoso do gergelim se configura como uma matéria-prima altamente rica em nutrientes importantes na dieta, como as proteínas e lipídeos. Os bolos formulados apresentam-se como uma alternativa de um alimento mais saudável e nutritivo quando comparados ao padrão e aos bolos tradicionais, podendo ainda serem consumidos por pessoas que preferem as proteínas de origem vegetal, os intolerantes à lactose e pelos celíacos.

12.5. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. M. B. DE; ALMEIDA, F. A. C.; GOMES, J. P.; SANTOS, D. C. Elaboração de bolos funcionais a base de extrato aquoso de amendoim. **Tecnologias desenvolvidas para o aproveitamento do amendoim** / Organizadores, Francisco de Assis Cardoso Almeida, Jaime José da Silveira Barros Neto, Esther Maria Barros de Albuquerque, Bruno Adelino de Melo. – Campina Grande: AREPB, 2016. 150f., il. color.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 18^a. Ed. 3^a Review. Washington - USA, 2010.

BARROSO, AJR, SILVA, HA, ALMEIDA, FAC, SILVA, PB, BRITO, KD, ALMEIDA, RD. Use of residue of peanut exchange in the preparation of gluten free cake. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 4, p. 3327–3340, 2019.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Halifax, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos químicos e físico-químicos para análises de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 1022p.

CRUZ, A. C.; PIMENTEL, T. C.; KLOSOSKI, S. J. Pastel a la Taza con Harina de Banana Verde con Cáscara (*Musa sapientum*) como Sustituto Parcial de la Harina de Trigo:

Composición Química y Aceptación. **Revista de Ciencia y Tecnología: RECyT**, Argentina, n. 25, p. 42-47, 2016.

MORAES, J. DE S. Desenvolvimento e avaliação de um protótipo para despelicular sementes de gergelim. **Tese** – Campina Grande, 2018. 105 f.

MORAIS, E. C.; PATIAS, S. G. O.; COSTA, E. S.; SANDRI, D. O.; PICANÇO, N. F. M.; FARIA, R. A. P. G. Elaboração de *cupcake* adicionado de farinha de fibra de caju: caracterização físico-química e sensorial. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 9 n. 2, p. 1-14, 2018.

SILVA, D.; PAGANI, ALESSANDRA.; SOUZA, ROBERTO. Elaboração de *cupcake* adicionado de farinha de resíduo de umbu cajá: características sensoriais e químicas. **Revista Ciência (In) Cena**, Salvador – Bahia, v. 1, n. 7, 2018. ISSN 2317-0816.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

TÜRKER, B.; SAVLAK, N.; KAŞIKCI, M. B. Effect of Green Banana Peel Flour Substitution on Physical Characteristics of Gluten-Free Cakes. *Curr. Res. Nutr Food Sci Jour.* 1st International Multidisciplinary Conference on Nutraceuticals and Functional Foods. **Current Research in Nutrition and Food Science**, v. 4 n. 2, p. 197-204, 2016.

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: MIXES DE GERGELIM E FRUTAS LIOFILIZADOS E ELABORAÇÃO DE BOLO SEM GLÚTEN COM RESÍDUO DO GERGELIM

Pesquisador: POLYANA BARBOSA DA SILVA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 93741618.7.0000.5575

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.871.466

Apresentação do Projeto:

O projeto de pesquisa intitulado MIXES DE GERGELIM E FRUTAS LIOFILIZADOS E ELABORAÇÃO DE BOLO SEM GLÚTEN COM RESÍDUO DO GERGELIM, 93741618.7.0000.5575 e sob responsabilidade de POLYANA BARBOSA DA SILVA trata de experimento conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas a fim de Produzir e armazenar extratos em pó de gergelim, umbu e cajá por liofilização, e elaboração de dois mixes com estes produtos e um bolo utilizando o resíduo liofilizado do gergelim.

Objetivo da Pesquisa:

O projeto MIXES DE GERGELIM E FRUTAS LIOFILIZADOS E ELABORAÇÃO DE BOLO SEM GLÚTEN COM RESÍDUO DO GERGELIM tem por objetivo principal Produzir e armazenar os extratos em pó de gergelim, umbu e cajá obtidos por liofilização; elaboração de dois mixes com estes produtos e um bolo utilizando o resíduo liofilizado do gergelim.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos e benefícios do projeto de pesquisa foram especificados adequadamente.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto de pesquisa MIXES DE GERGELIM E FRUTAS LIOFILIZADOS E ELABORAÇÃO DE BOLO SEM GLÚTEN COM RESÍDUO DO GERGELIM é importante e os métodos especificados estão adequados à proposta do trabalho.

Endereço: Rua Sérgio Moreira de Figueiredo, s/n

Bairro: Casas Populares

CEP: 58.900-000

UF: PB

Município: CAJAZEIRAS

Telefone: (83)3532-2075

E-mail: cep@cfp.ufcg.edu.br

UFCG - CENTRO DE
FORMAÇÃO DE
PROFESSORES - CAMPUS DE



Continuação do Parecer: 2.871.466

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os documentos estão apresentados de forma adequada. O autor da pesquisa POLYANA BARBOSA DA SILVA redigiu e apresentou de forma correta os seguintes itens: Termo de Consentimento Livre e Espontâneo, folha de rosto, carta de anuência, cronograma, orçamento e demais documentos necessários à aprovação do projeto de pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Considerando o que foi exposto, sugerimos a APROVAÇÃO do projeto MIXES DE GERGELIM E FRUTAS LIOFILIZADOS E ELABORAÇÃO DE BOLO SEM GLÚTEN COM RESÍDUO DO GERGELIM, número 93741618.7.0000.5575 e sob responsabilidade de POLYANA BARBOSA DA SILVA.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1155448.pdf	26/07/2018 17:39:43		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termodeconsentimentoesclarecimento_TCLE.doc	26/07/2018 17:38:12	POLYANA BARBOSA DA SILVA	Aceito
Outros	Instrumentodecoletadedados.doc	10/07/2018 18:11:59	POLYANA BARBOSA DA SILVA	Aceito
Outros	TermodeCompromissodosPesquisadoresC.pdf	10/07/2018 18:10:12	POLYANA BARBOSA DA SILVA	Aceito
Outros	TermodeCompromissodeDivulgacaodosResultadosC.pdf	10/07/2018 18:08:19	POLYANA BARBOSA DA SILVA	Aceito
Cronograma	Cronogramac.docx	10/07/2018 18:03:47	POLYANA BARBOSA DA SILVA	Aceito
Orçamento	OrcamentofinanceiroPolyana.doc	15/06/2018 13:42:55	POLYANA BARBOSA DA SILVA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declaracaocompromisso.pdf	15/06/2018 13:36:53	POLYANA BARBOSA DA SILVA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	cartadeanuencia.pdf	13/06/2018 22:48:11	POLYANA BARBOSA DA SILVA	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto.pdf	13/06/2018 22:42:13	POLYANA BARBOSA DA SILVA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoPolyanacomitedeetica.docx	13/06/2018 21:59:39	POLYANA BARBOSA DA SILVA	Aceito

Endereço: Rua Sérgio Moreira de Figueiredo, s/n

Bairro: Casas Populares

CEP: 58.900-000

UF: PB

Município: CAJAZEIRAS

Telefone: (83)3532-2075

E-mail: cep@cfp.ufcg.edu.br

UFCG - CENTRO DE
FORMAÇÃO DE
PROFESSORES - CAMPUS DE



Continuação do Parecer: 2.871.466

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CAJAZEIRAS, 04 de Setembro de 2018

Assinado por:
Paulo Roberto de Medeiros
(Coordenador)

Endereço: Rua Sérgio Moreira de Figueiredo, s/n

Bairro: Casas Populares

CEP: 58.900-000

UF: PB

Município: CAJAZEIRAS

Telefone: (83)3532-2075

E-mail: cep@cfp.ufcg.edu.br

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Senhor (a) _____

As pesquisas envolvendo seres humanos são regidas pela Resolução CNS n.º 466/2012. Esta pesquisa trata-se do estudo: MIXES DE GERGELIM E FRUTAS LIOFILIZADAS E ELABORAÇÃO DE BOLO SEM GLÚTEN COM RESÍDUO DO GERGELIM, projeto desenvolvido na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, sob a orientação do professor Francisco de Assis Cardoso de Almeida.

O estudo se faz necessário para que seja avaliada a preferência do provador, quanto aos mixes de gergelim e frutas liofilizadas, quanto aos bolos produzidos à base de gergelim, um bolo substituindo parcialmente a farinha de trigo por resíduo em pó do extrato aquoso de gergelim e o outro que utiliza resíduo em pó do extrato aquoso de gergelim e fubá em substituição total da farinha de trigo.

Da pesquisa a se realizar, pode-se esperar alguns benefícios, como por exemplo, consumo de alimento saudável, tendo as sementes de gergelim óleo de elevada qualidade nutricional as quais são muito apreciadas como tempero e alimento energético, possui antioxidantes naturais e há evidências sobre o seu efeito anticarcinogênico, reduz o colesterol no sangue e inibe reações oxidantes nocivas que ocorrem no corpo. Os produtos apresentados são excelentes fontes de proteína de origem vegetal e podem substituir o leite animal ou a farinha de trigo beneficiando pessoas com intolerância a lactose e/ou que apresentem alguma restrição ao glúten (proteína do trigo), respectivamente.

O objetivo desta pesquisa é avaliar a aceitabilidade dos mixes e dos bolos produzidos a base de resíduo do extrato aquoso de gergelim em pó e farinha de fubá em substituição do trigo, buscando oferecer um produto que mantenha as melhores características sensoriais, como o sabor, e mais rico nutricionalmente.

A avaliação da Análise sensorial dos mixes e dos bolos será realizada por meio de teste de aceitação e de intenção de compra, utilizando escalas hedônica de 9 pontos, com variação de 9 (gostei muitíssimo) à 1 (desgostei muitíssimo) e estruturada de 5 pontos (5 = com certeza compraria e 1 = não compraria), respectivamente. Serão avaliados a aparência, aroma, sabor, doçura e textura (consistência) das amostras e ainda qual terá destaque na preferência global dos julgadores. A equipe sensorial será formada por julgadores não treinados. Serão realizadas análises físico-químicas e microbiológicas nos mixes e bolos, obtendo e fornecendo informações sobre as características nutricionais.

Solicitamos a sua colaboração na realização das análises sensoriais, como também sua autorização para que os resultados desta pesquisa possam ser apresentados em eventos e publicados em revistas científicas, sendo seu nome mantido em sigilo.

A produção dos mixes e bolos será realizada seguindo as normas de boas práticas de fabricação (BPF) e serão realizados testes microbiológicos nas amostras antes de serem servidas aos julgadores. Os possíveis riscos dessa pesquisa são reações alérgicas, engasgamento por parte dos participantes após a ingestão do produto, ou contaminação microbiológica.

Caso necessário, o pesquisador prestará assistência integral ao participante da pesquisa no que se referem às complicações e possíveis danos referentes à pesquisa.

Sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o (a) senhor (a) não é obrigado (a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo Pesquisador (a). Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano. O pesquisador (a) estará a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Este estudo não acarretará em despesa para o participante e este será ressarcido por quaisquer despesas que venham a ter com a participação no estudo. O participante receberá uma cópia firmada do TCLE (incluindo rubricas em todas as páginas e assinatura do coordenador da pesquisa).

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido (a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados.

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura da Testemunha

Seguem os telefones e o endereço do pesquisador responsável e do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP, onde você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação nele, agora ou a qualquer momento:

- **Responsável pelo Projeto:** Polyana Barbosa da Silva

Endereço do Pesquisador Responsável: Rua Capitão João Alves de Lira, 1305, Apt. 004 BL A, Bela Vista - Campina Grande – PB.

Telefone para contato: (83) 98803-4316.

E-mail: polyanabs@hotmail.com

- **Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro de Formação de Professores (CFP) - Campus de Cajazeiras da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).**

Endereço: Rua Sergio Moreira de Figueiredo, s/n, bairro: Casas Populares, Cajazeiras - PB; CEP: 58.900-000.

Horário de Funcionamento: de segunda-feira à sexta-feira, das 07:00 às 13:00 horas. **Telefone:** (83) 3532-2075. **E-mail:** cep@cfp.ufcg.edu.br

Assinatura do Pesquisador Responsável

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2020 004873 2

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - PB

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 05055128000176

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: AV. APRIGIO VELOSO, 882 - UNIVERSITÁRIO

Cidade: Campina Grande

Estado: PB

CEP: 58429900

País: Brasil

Telefone: (83) 2011601

Fax: (83) 21011601

Email: nitt@ufcg.edu.br

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): EXTRATO EM PÓ DE GERGELIM PARA USO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Resumo: A presente invenção refere-se a um produto alimentício obtido a partir do extrato aquoso do gergelim submetido a um processo de secagem, que pode ser liofilização, secagem em estufa, ou outro método com esta finalidade. O produto pode ser consumido na forma de uma bebida diluído em água, em proporção recomendada na embalagem, ou utilizado na produção de mixes adicionando frutos, ou na produção de outros alimentos, com a finalidade de enriquecê-los nutricionalmente, uma vez que o extrato em pó de gergelim é rico em compostos benéficos à saúde, como o alto teor de lipídeos, proteínas e compostos fenólicos, podendo ser considerado um alimento funcional, proporcionando um produto nutritivo e energético àqueles que buscam uma alimentação saudável.



Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2020 004882 1

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - PB

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 05055128000176

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: AV. APRIGIO VELOSO, 882 - UNIVERSITÁRIO

Cidade: Campina Grande

Estado: PB

CEP: 58429900

País: Brasil

Telefone: (83) 2011601

Fax: (83) 21011601

Email: nitt@ufcg.edu.br

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): Farinha do resíduo do extrato aquoso de gergelim

Resumo: A presente invenção refere-se a um produto alimentício proveniente do processo de obtenção do extrato aquoso de gergelim. Na obtenção do extrato aquoso do gergelim realiza-se a trituração das sementes despelculadas na proporção de uma parte de sementes para duas de água (1:2) e em seguida ocorre a separação utilizando uma peneira, obtendo o extrato aquoso do gergelim que pode ser utilizado para inúmeras finalidades incluindo para a produção do extrato do gergelim em pó. Desse processo é gerado um resíduo (massa retida na peneira) que é aproveitado na produção de uma farinha de alto valor nutricional e biológico, e de grande aplicabilidade na confecção de bolos, biscoitos, pães e outra diversidade de produtos na indústria alimentícia. A farinha é obtida pelo processo de secagem e acondicionada em embalagem adequada com o objetivo de manter as características do produto.

