

UFRRJ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

TESE DE DOUTORADO

**PROCESSAMENTO DE CAROÇOS DE AÇAÍ (*Euterpe*
oleracea Mart.) PARA A EXTRAÇÃO DE INULINA.**

Elaine Cristina de Souza Lima

2015



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS**

**Processamento de caroços de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)
para a extração de inulina.**

ELAINE CRISTINA DE SOUZA LIMA

Sob a orientação do Professor
Armando Ubirajara Oliveira Sabaa Srur

Co-orientação da professora
Edna Ribeiro dos Santos

Tese de Doutorado submetida ao
Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos,
Área de Concentração em Tecnologia
de Alimentos.

Seropédica, 2015

664.8047

L732p

Lima, Elaine Cristina de Souza, 1986-

T

Processamento de caroços de açaí
(Euterpe oleracea Mart.) para extração
de inulina / Elaine Cristina de Souza
Lima. - 2015.

102 f.: il.

Orientador: Armando Ubirajara
Oliveira Sabaa Srur.

Tese (doutorado) - Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso
de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos.

Bibliografia: f. 80-102.

1. Açaí - Semente - Processamento -
Teses. 2. Açaí - Teses. 3. Alimentos -
Teor fibroso - Teses. 4. Inulina -
Teses. I. Srur, Armando U.O. Sabaa
(Armando Ubirajara Oliveira Sabaa),
1945- II. Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro. Curso de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

ELAINE CRISTINA DE SOUZA LIMA

Tese submetida como requisito para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de Concentração em Tecnologia de Alimentos.

TESE APROVADA EM 21/01/2015.

Armando Ubirajara Oliveira Sabaa Srur, Dr UFRJ
(Orientador)

Edna Ribeiro dos Santos, Dra UNIAN
(Co-Orientadora)

Márcia Barreto da Silva Feijó, Dra UFF/PESAGRO
(Membro titular)

Thadia Turon da Silva, Dra UFRJ
(Membro titular)

Kátia Cilene Tabai, Dra UFRRJ
(Membro Titular)

Marisa Fernandes Mendes, Dra UFRRJ
(Membro Titular)

À Deus, Santa Paulina e a todos que estiveram ao meu lado, incentivando, apoiando e fazendo com que a realização deste sonho fosse possível, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me ajudou, guiou, confortou e me deu forças para continuar, mesmo quando tudo parecia perdido. Obrigada por tornar esse sonho possível,

À Santa Paulina, obrigada por me confortar e me impulsionar sempre. Crer em ti, me deu forças e coragem para seguir,

À minha mãe Nanci, que não tenho palavras para agradecer. Tudo o que sou e tenho é graças a Ela, que se doou inteiramente, vivendo comigo todos os meus sonhos. O seu amor ilumina todos os meus caminhos. Essa conquista, mãe, é sua, afinal sem você nada disso teria sido possível,

À minha irmã Veronica, minha sobrinha Beatriz e minha prima Gabi, pelo incentivo, carinho e compreensão nos momentos de ausência,

Ao professor orientador Dr. Sabaa pela amizade, compreensão, carinho, respeito, incentivo, oportunidade, confiança, dedicação e ensinamentos. Durante esses anos foi mais que um mestre, foi um pai, que sempre, mas sempre esteve ao meu lado, tornando o impossível, possível. Meu mestre, meu pai, meu amigo, meu anjo, o meu muito obrigada,

À minha co-orientadora e amiga professora Dra. Edna Ribeiro dos Santos pela confiança, carinho, todo incentivo e por ser mais que uma mestre, uma amiga, irmã de coração.

À professora Dra. Márcia, pela dedicação, carinho e ensinamentos,

À Professora Dra. Erika Nunes, pela paciência, ajuda, carinho e atenção sempre,

Ao Professor Mário Geraldo, pelo auxílio, paciência e todas as soluções. O meu muito obrigada!

Às minhas amigas irmãs Luciana Moura, Carolina Croccia, Claudia Coelho, Barbara Giordano, Kelly Nascimento, Luciana Trajano e Thadia Turon por toda a atenção, carinho, apoio e confiança nestes anos juntas,

Aos meus eternos amigos de trabalho Andrea, Aline, Etiene, Cris, Nicolas, Ricardo e Patrícia, sem vocês não teria graça. Obrigada pelo incentivo, carinho e amizade. Nos momentos de desespero vocês estavam lá, dando força. Obrigada pela ajuda, pela troca de conhecimentos e, principalmente, pela amizade,

Aos queridos padres Anderson Monteiro, Thiago Azevedo, Marco Lázaro e Delfino Araújo, pela torcida e pelo grande incentivo. Obrigada pelo carinho e pela amizade,

Às minhas pupilas Jéssyca Araújo, Raissa Ribeiro, Lívia Braga, Gabriela Leal, Thayanne, Samira Zanon, Jessica Quitéria, Noemia Rodrigues, Maria Luiza, Joyce Tavares e Patrícia Fernandes,

À eterna Papera, Gabrielle Papera, por sua confiança e sua amizade. Sem você esse trabalho não teria sido concluído. Sem você não haveria T18! Sem você, as análises e o caminho de volta para casa seriam sem graça. Esse trabalho também é seu, menina!

À aluna Natali Silva, pela paciência, admiração e toda a ajuda nas análises. O meu super obrigada!

Aos meus amigos e alunos, Thiago Zamith e Gustavo Augusto (Augusto César), que fizeram de momentos tensos, momentos felizes, sempre me ajudando nas análises,

Aos amigos Clitor Fernandes, Denise Perdomo, Andrea Mello, Ana e todos os colegas da turma de doutorado,

À minha grande amiga Monica Mano, pelo carinho, amor, amizade e cuidado. Obrigada por cada palavra de incentivo, por toda ajuda, pela sua admiração. Você certamente fez e faz muita diferença na minha vida. Te amo!

À toda equipe do Laboratório do Instituto de Nutrição – UFRJ, em especial a Maria Teresa C. Simões, por todo apoio e carinho durante as análises,

À toda equipe do Laboratório de Alimentos da IFRJ – Campus Maracanã, em especial a Prof^o Lourdes e a querida técnica Catarina.

Ao Amigo André Coelho pela presteza, atenção e conselhos. Não há palavras que possam expressar a minha gratidão.

Ao Amigo Caio Silva pela ajuda nas análises em um momento de desespero. Obrigada por toda ajuda, carinho e paciência.

A todos do laboratório de Microscopia Eletrônica do Instituto de Materiais, pela parceria nas análises,

A todos do Laboratório de Análise de Micotoxológicas da UFSM, pela parceria nas análises,

A professa Dra. Caroline Dellinghausen Borges, da UFPel pela orientação e atenção nas análises de cor das amostras,

Ao Dr. Robert Smith por sua imensa presteza e atenção,

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em especial ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo importante aprendizado,

Aos amigos, que compartilharam comigo os anos de estudo e as expectativas, pela paciência e compreensão por minhas ausências,

À Capes e a Faperj pelo importante apoio financeiro concedido a este projeto,

A todos que direta ou indiretamente contribuíram na realização deste trabalho, o meu muito obrigada!

*"Nunca, jamais desanimes, embora venham ventos
contrários..."
(Santa Paulina)*

RESUMO

LIMA, E.C.S. **Processamento de caroços de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) para a extração de inulina.** Seropédica: UFRRJ, 2015. 102f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.

A população mundial encontra-se em crescimento e o Brasil já possui em torno de 204.000.000.00 de habitantes. Esse incremento populacional leva ao aumento proporcional das necessidades de alimentos, no entanto, mesmo sendo um país com condições edafoclimáticas variáveis que propiciam o cultivo de centenas de vegetais e a criação de diversas espécies de animais para atender às crescentes necessidades dietéticas do homem, deve-se considerar a necessidade do aproveitamento racional e eficiente desses recursos. O açaí é uma fruta que vem se destacando no mercado nacional e internacional como o alimento com maior potencial antioxidante. Estima-se que mais de 93% dessa fruta sejam resíduos, portanto, o seu aproveitamento é importante e necessário. Atualmente, as fibras alimentares são consideradas funcionais, pois são responsáveis pela melhora das funções do intestino grosso por meio da redução do tempo de trânsito, pelo aumento de umidade e da frequência das fezes, basicamente pela diluição do conteúdo e pelo fornecimento de substrato fermentável à microbiota entérica. Por conseguinte, as características de fermentabilidade, massa/volume e capacidade de reter água contribuem para a prevenção de doenças, principalmente o câncer de cólon. Em função da importância do consumo de fibras e da geração de grande quantidade de resíduos de açaí, o objetivo desse estudo foi avaliar as propriedades nutricionais, tecnológicas e funcionais da Farinha de Caroços de Açaí (FCA) e, a partir dessa biomassa, desenvolver tecnologia de extração e purificação de inulina. Os caroços de açaí foram lavados em água potável e desidratados em estufa ventilada a 60°C por 40 horas. Posteriormente, foram transformados em farinha com auxílio de moinho de facas. Para a extração de inulina, a partir da FCA, foi elaborado um extrato aquoso, que passou por sucessivas etapas de centrifugação e filtração com álcool, acetona e água, até a obtenção de um precipitado que foi liofilizado. Esse precipitado foi avaliado através de determinações químicas, físicas e físico-químicas com auxílio de HPLC, MEV e RMN. Os resultados obtidos mostraram que a FCA é rica em fibras e compostos fenólicos. Apresenta ainda uma composição de ácidos graxos, como a presença dos ômega 3, 6 e 9. Possui também grande capacidade de absorção de água e gordura, no entanto, baixa capacidade de solubilidade em água, podendo ser uma alternativa para diminuição de gordura de produtos. Em relação ao precipitado, os resultados mostraram que além de inulina e sacarose existem compostos fenólicos, ácidos graxos saturados e insaturados. Essas respostas permitem concluir que a metodologia de extração de inulina utilizada para raízes e tubérculos pode não ser adequada para sementes, uma vez que a composição dessas porções é diferente e pode se solubilizar nos solventes utilizados, dificultando sua precipitação, além de que o estágio de maturação do vegetal pode influenciar na presença e concentração desse oligofrutossacarídeo. Tanto a FCA quanto o precipitado obtido neste estudo podem ser interessantes do ponto de vista tecnológico e nutricional para serem utilizados em produtos da dieta alimentar.

Palavras-chave: semente, farinha, alimento funcional, fibras, resíduos

ABSTRACT

LIMA, E.C.S. **Açaí seeds processing (*Euterpe oleracea* Mart .) for inulin extraction** Seropédica: UFRRJ, 2015. 102f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.

The world population is growing and Brazil already has around 204.000.000.00 inhabitants. This population growth leads to proportional increase in food needs, however, even as a country with varying climate conditions that favor the cultivation of many types of vegetables and the creation of several animal species to meet the growing dietary needs of man, it should consider the need for rational and efficient use of these resources. Acai is a fruit that has been highlighted in the national and international market as a food with high antioxidant potential. It is estimated that more than 93% of this fruit residues are, therefore, Açaí's use is important and necessary. Currently, the dietary fibers are considered functional, since they are responsible for the improvement of the functions of the large intestine by reducing the transit time at increased humidity and the frequency of stools, primarily by dilution of the content and providing the fermentable substrate to the enteric "microbiota". Therefore, the characteristics of fermentability, mass / volume and water holding capacity contribute to the prevention of diseases, especially colon cancer. Because of the importance of fiber consumption and the generation of large amount of acai waste, the aim of this study was to evaluate the nutritional properties, technological and functional Lumps of acai flour (FCA), and from this biomass, develop extraction technology and purification of inulin. The açaí pits were washed in clean water and dried in a ventilated oven at 60 ° C for 40 hours. Later, they were transformed into flour with help of a knife mill. For the extraction of inulin from the FCA, an aqueous extract was prepared, which passed through successive stages of centrifugation and filtration with alcohol, acetone and water until obtaining a precipitate which was lyophilized. This precipitate was evaluated through chemical, physical and physical-chemical analysis with HPLC aid, SEM and NMR. The results showed that the FCA is rich in fibers and phenolic compounds. It also has fatty acids, omega 3, 6 and 9. It also has large capacity to absorb water and fat, however, it was possible to note a low solubility capacity in water, may be an alternative to lowering fat product . In relation to the precipitate, the results showed that addition of inulin and sucrose are phenolic compounds, acids saturated and unsaturated fatty. These responses showed that the inulin extraction methodology for root crops may not be suitable for seed, since these portions composition are different and It can be solubilized in the solvents that are used in the process, making it difficult to precipitate, and the stage of vegetable maturation can influence the presence and concentration of oligofrutossacarídeo. Both the FCA and the precipitate obtained in this study can be interesting technological and nutritional to be used in the dietary products.

Keywords: acai, seed, flour, inulin, functional food, residue.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química da farinha de caroço de açaí.....	37
Tabela 2. Análises físicas e físico-químicas da FCA	37
Tabela 3. Perfil de minerais da farinha do caroço de açaí e % IDR.....	39
Tabela 4. Teor de aminoácidos da FCA, padrão de aminoácidos estabelecidos e cômputo químico de aminoácidos da FCA em relação a proteína padrão da FAO (1985).....	41
Tabela 5. Composição em ácidos graxos da FCA	42
Tabela 6. Composição em fibras insolúveis.....	43
Tabela 7. Capacidade antioxidante em % de DPPH consumido de diferentes concentrações do extrato de caroço do açaí após 15, 30 e 60 minutos de reação com DPPH	44
Tabela 8. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da FCA	45
Tabela 9. Médias dos resultados das características tecnológicas da FCA	48
Tabela 10. Quantidade (%) da amostra retida nas peneiras na análise granulométrica da FCA	49
Tabela 11. Análise microbiológica da farinha de caroço de açaí e padrão estabelecido pela legislação para farinhas.....	49
Tabela 12. Matriz dos 20 tratamentos para a extração de inulina a partir da FCA	53
Tabela 13. Médias dos modelos de acordo com o rendimento de inulina	54
Tabela 14. Teste para a falta de ajuste do modelo de extração de inulina	54
Tabela 15. Análise de Variância dos resultados de rendimento do processo de extração para o modelo quadrático	54
Tabela 16. Diagnóstico estatístico do modelo quadrático estudado para a extração da FCA	55
Tabela 17. Médias dos modelos de acordo com o rendimento de inulina a partir da FCA. Lambda=zero	57

Tabela 18. Análise de Variância dos resultados de rendimento do processo de extração para o modelo quadrático. Lambda=zero	58
Tabela 19. Diagnóstico estatístico modelo quadrático, lambda igual a zero	58
Tabela 20. Diagnóstico estatístico modelo quadrático, lambda igual a zero	59
Tabela 21. Otimização do processo de extração de inulina a partir dos caroços de açaí	62
Tabela 22. Composição química da farinha de caroço de açaí	63
Tabela 23. Determinações físicas e físico-químicas da inulina.....	64
Tabela 24. Médias dos resultados das características tecnológicas das inulinas comerciais e da obtida a partir da FCA	64
Tabela 25. Avaliação da cor pelos parâmetros L^* , a^* e b^*	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Palmeiras do Açaizeiro.....	7
Figura 2. Cacho de Frutos do açaizeiro.....	8
Figura 3. Fruto do açaizeiro removidos dos cachos.....	8
Figura 4. Principais usos do açaizeiro	9
Figura 5. Destino do caroço de açai	11
Figura 6. Frutos e sementes de açai	11
Figura 7. Classificação dos frutanos segundo a estrutura química	14
Figura 8. Estrutura química da inulina	15
Figura 9. Principais efeitos dos AGCC	18
Figura 10. Ação da inulina na prevenção da osteoporose	21
Figura 11. Ponto triplo das substâncias	23
Figura 12. Etapas do processamento de obtenção da FCA	26
Figura 13. Etapas do processamento da FCA	27
Figura 14. Etapas de extração de inulina a partir do caroço de açai	33
Figura 15. Micrografia da FCA	47
Figura 16. ¹³ C-MAS RMN da FCA.....	51
Figura 17. ¹ H-dissociado ¹³ C-MAS da FCA	51
Figura 18. Cromatograma do padrão inulina	52
Figura 19. Cromatograma da amostra da inulina obtida a partir da FCA	52
Figura 20. Normal plot de resíduos	56
Figura 21. Resíduos versus tratamento	56
Figura 22. Análise da melhor transformação do modelo	57
Figura 23. Gráfico da probabilidade normal dos resíduos	59
Figura 24. Valores previstos versus valores observados para a extração da inulina a partir da FCA	60

Figura 25. Gráfico Outlier $\lambda=0$	60
Figura 26. Superfície de resposta para rendimento de inulina em temperatura, concentração de caroço e tempo aquecimento	61
Figura 27. Superfície de resposta ajustado para rendimento de inulina em função da temperatura, concentração de caroço e tempo de aquecimento	62
Figura 28. Fotomicrografia obtidas por MEV do precipitado obtido a partir da extração aquosa da FCA	67
Figura 29. Fotomicrografia obtidas por MEV da inulina padrão	68
Figura 30. Cromatograma do padrão de frutose	69
Figura 31. Cromatograma do padrão de glicose	70
Figura 32. Cromatograma do padrão de sacarose.....	70
Figura 33. Cromatograma do padrão de inulina hidrolisado	70
Figura 34. Cromatograma de precipitado hidrolisado obtida a partir da FCA	71
Figura 35. Espectro de RMN ^{13}C inulina padrão	73
Figura 36. Espectro RMN ^1H amostra precipitada a partir da FCA, solvente CDCl_3 ...	73
Figura 37. Espectro de RMN ^{13}C da amostras acetilada do precipitado obtido a partir da FCA, Solvente acetona d_6 e gotas de MEOD	75
Figura 38. Estrutura molecular da sacarose.....	75
Figura 39. Espectro HMQCGP ^1H e ^{13}C da amostras acetilada do precipitado obtido a partir da FCA, solvente metanol deuterado	76

LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

AA	Absorção em Água
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
a.C	Antes de Cristo
AACC	<i>Association of Official Analytical Chemistry</i>
AG	Absorção em Gordura
AGCC	Ácido Graxo de Cadeia Curta
AH	Antioxidante
ANOVA	Análise de Variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
B.U	Base Úmida
C	Carbono
CDCL3	Clorofórmio Deuterado
CE	Capacidade Espumante
CLAE	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
CPMAS	Cross Polarization Magic Angle Spinning
CT	Colesterol Total
DEAE	Dietilaminoetil-celulose
DMSO	Dimetilsulfóxido
Dr.	Doutor
DPPH	2,2-difenil-1-picril-hidrazil
DVC	Doenças Cardiovasculares
EE	Expansão de Espuma
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FA	Fibra Alimentar
FAO	Food and Agriculture Organization
FAT	Fibra Alimentar Total
FCA	Farinha de Carvão de Açai
FDA	Food and Drug Organization
FDs	Fibras Dietéticas
Fe	Ferro

FOS	Frutooligossacarídeos
GL	Graus de Liberdade
H	Hidrogênio
ha	Hectare
HCl	Ácido Clorídrico
HMQ.CGP	Heteronuclear Multiple Quantum Correlation
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
HLPC/UV	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com Detecção de Ultravioleta
HRMAS	High Resolution Magic Angle Spinning
IAL	Instituto Adolfo Lutz
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDR	Ingestão Recomendada para Adultos
IFCA	Inulina da Farinha de Carvão de Açai
INJC	Instituto de Nutrição Josué de Castro
IP	Inulina Padrão
ISA	Índice de Solubilidade em Água
Kg	Quilograma
LAPAL	Laboratório de Processamento de Alimentos
LDL	Lipoproteína de baixa densidade
m	Metro/Massa/Molar
MAPA	Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária
MAS	<i>Magic Angle spinning</i>
MEOD	Metanol Deuterado
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
mg	Miligrama
Min.	Mínimo
mL	Mililitro
N	Normalidade
NaOH	Hidróxido de Sódio
NEPA/UNICAMP	Núcleo de Pesquisas em Alimentação
NMP	Número Mais Provável
Nº	Número
O	Oxigênio

P	Peso
PE	Propriedade Emulsificante
pH	Potencial Hidrogênio Iônico
POF	Pesquisa de Orçamento Familiar
Prof	Professor
PTN	Protein
RDA	Recommended Dietary Allowances
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RJ	Rio de Janeiro
RMN	Ressonância Magnética Nuclear
SAGRI/PA	Secretária de Estado da Agricultura do Pará
SEBRAE	Serviço de Apoio as Micro e Pequenas Empresas
SQ	Soma dos Quadrados
SUFRAMA	Superintendência da Zona Franca de Manaus
TACO	Tabela de Composição de Alimentos
Ton	Tonelada
UFC	Unidade Formadora de Colônias
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
v	Volume

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo geral	2
1.2 Objetivos específicos	2
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Resíduos Agroindustriais	3
2.2 Transformação de resíduos agroindustriais em alimentos	4
2.3 Açaí	7
2.3.1 Caroço do açaí	10
2.4 Fibras Dietéticas e Oligossacarídeos	12
2.5 Inulina	15
2.5.1 Definição	15
2.5.2 Propriedades químicas e físico-químicas da inulina	16
2.5.2.1 Solubilidade	16
2.5.2.2 Poder adoçante	17
2.5.3 Propriedades funcionais da inulina	18
2.5.3.1 Inulina e Doenças Cardiovasculares	19
2.5.3.2 Inulina e Diabetes <i>mellitus</i>	19
2.5.3.3 Inulina e Câncer	20
2.5.3.4 Inulina e Constipação	20
2.5.3.5 Inulina e Osteoporose	21
2.6 Processo de obtenção da inulina	21
2.7 Liofilização	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Matéria-prima	26
3.2 Produção da farinha de caroço de açaí	26
3.3 Caracterização da matéria prima	27
3.4 Características tecnológicas das farinhas de açaí	30
3.5 Análises microbiológicas da FCA	31
3.6 Extração da Inulina	32
3.7 Otimização do processo de extração da inulina	32
3.7.1 Planejamento experimental	32
3.7.2 Rendimento mássico dos diferentes tratamentos de extração de inulina	34
3.8 Caracterização do precipitado de inulina obtido a partir do melhor tratamento e inulina comercial	35
3.8.1 Concentração de inulina	35
3.8.2 Caracterização da inulina por hidrólise com ácido cítrico	35
3.8.3 Caracterização química, física e físico-química da inulina obtida a partir da FCA	35
3.8.4 Cor	35
3.8.5 Ressonância magnética Nuclear (RMN)	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 Caracterização física, química e físico-química da matéria prima	37

4.1.1 Umidade	37
4.1.2 Carboidratos	38
4.1.3 Minerais	38
4.1.4 Proteínas	40
4.1.5 Lipídeos	41
4.1.6 Fibras Alimentares (FA).....	43
4.1.7 Acidez, pH e atividade de água	44
4.1.8 Potencial Antioxidante da FCA.....	44
4.1.9 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	47
4.2 Características tecnológicas da farinha de caroço de açaí.....	47
4.3 Características microbiológicas.....	49
4.4 Ressonância Magnética Nuclear na FCA	50
4.5 Testes iniciais para a extração de inulina a partir do caroço de açaí.....	52
4.6 Extração de inulina a partir da FCA	52
4.7 Caracterização física, química e físico-química das Inulinas comerciais e a da obtida a partir da FCA	63
4.8 Características tecnológicas das Inulinas comerciais e a da obtida da FCA	64
4.9 Cor Inulina comercial e a obtida a partir da CA.....	65
4.10 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da inulina comercial e da precipitado obtida a partir da FCA.	66
4.11 Cromatografia Líquida e Ressonância Magnética Nuclear dos Precipitados obtidos por extração aquosa da FCA e inulina padrão.	69
5 CONCLUSÕES.....	78
6 SUGESTOES	79
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

1 INTRODUÇÃO

Apesar de fazer parte da dieta do povo paraense há mais de um século, o açaí é a fruta brasileira que vem ganhando destaque nos últimos anos, não só no mercado nacional, mas também no internacional, em virtude do seu sabor, consistência, aparência e potencial nutricional e funcional de sua polpa, rica em proteínas, fibras, lipídios, vitaminas C, B1 e B2 e os minerais, fósforo, ferro e cálcio. Além desses nutrientes, possui expressiva quantidade de antocianina, um potente antioxidante natural, com inúmeras funções na prevenção de doenças, como o câncer.

Atualmente, além de ser usado na alimentação, o açaí tem sido utilizado na indústria de cosméticos para produção de cremes, xampus e outros produtos de beleza de grande aceitação, inclusive no mercado internacional.

No processo fabril para obtenção da polpa de açaí, as sementes são descartadas, muitas vezes sem nenhuma utilidade prática e destinação econômica adequada. Normalmente, são amontoadas próximo ao estabelecimento industrial ou jogadas nos rios e lixões sem tratamento algum.

O aproveitamento de resíduos da agroindústria é importante e se faz necessário, não só para diminuir o impacto ambiental, mas porque pode servir como alternativa para agregar valores ao agronegócio, gerando renda e emprego, assim como os produtos gerados dessa atividade podem contribuir para combate à fome e carências nutricionais específicas.

Alguns trabalhos mostram o uso de pequenas quantidades de caroços de açaí para confecção de biojóias e outros artesanatos. Também merecem destaque as pesquisas relacionadas com a transformação da porção lignocelulósica dessa semente em etanol.

Apesar dessas pesquisas citadas, trabalhos relacionados com identificação de substâncias do conteúdo orgânico e mineral da biomassa das sementes dos frutos do açaizeiro têm sido motivos de vários estudos com vista à caracterização e o seu aproveitamento parcial ou total. O rastreamento da constituição dessa semente já demonstrou a presença de carboidratos, lipídeos, proteína, minerais, fibras insolúveis e solúveis, entre outras.

As fibras solúveis têm importância na área de alimentos em função de propriedades tecnológicas à indústria, nutricionais e funcionais para dieta alimentar. Em relação às propriedades tecnológicas, melhoram a viscosidade dos alimentos com reflexo nas propriedades reológicas. Sob os aspectos nutricionais são consideradas funcionais, já que interferem na absorção de carboidratos e lipídeos, muito importantes para os diabéticos e hipercolesterolêmicos. Inúmeras substâncias estão incluídas nessa categoria, com destaque para a inulina.

A inulina é um carboidrato de reserva, de configuração molecular complexa, sintetizado por uma grande variedade de plantas. É um frutoligossacarídeo, pertence ao grupo das frutanas, sendo resistente à ação hidrolítica das enzimas salivar e intestinal e ao suco gástrico, atingindo o cólon de forma intacta, sendo, por isso, considerada uma fibra solúvel, com importantes propriedades nutricionais e funcionais, pois diminui os níveis séricos de colesterol e glicose, aumenta a absorção de cálcio e o volume do lúmen intestinal, além de exercer efeito modulador da microbiota intestinal.

A literatura consultada mostra que a inulina pode ser obtida tecnologicamente de chicória (*Chicorium intybus*), yacon (*Smallanthus sonchifolius*), alho (*Alliums ativum*) e alcachofra de Jerusalém (*Helianthus tuberosus*). Apesar de não ser fabricada no país atualmente, as indústrias de alimentos funcionais têm introduzido a inulina adquirida no mercado internacional em seus produtos, tornando-os prebióticos.

Considerando que no processo fabril para obtenção do açaí cada tonelada de frutos processados pode gerar até 930 kg de caroços, o presente estudo visa ao aproveitamento desse resíduo agroindustrial, com a finalidade de obtenção de inulina, com inúmeras propriedades benéficas para a saúde humana, agregando valor ao agronegócio do fruto, uma vez que o caroço é resíduo.

1.1 Objetivo geral

- Elaboração da farinha de caroço de açaí, um resíduo agrícola, para extração de inulina, agregando, portanto, valor ao agronegócio do açaí.

1.2 Objetivos específicos

- Elaborar farinha a partir dos caroços de açaí.
- Avaliar o potencial antioxidante da Farinha de Caroço de Açaí (FCA).
- Determinar metodologia de extração de inulina a partir de caroços de açaí.
- Avaliar as características físicas, químicas, físico-químicas e microbiológicas da farinha de caroço de açaí, inulina comercial e inulina obtida através do melhor processo.
- Determinar as propriedades tecnológicas da farinha de caroço de açaí, da inulina comercial e a obtida por extração aquosa seca por liofilização.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resíduos Agroindustriais

Resíduos são tudo aquilo que sobra de um processo de exploração ou produção, de transformação ou utilização, sendo também considerado toda substância, material ou produto destinado por seu proprietário ao abandono (QUIRINO, 2004).

A Norma Brasileira 10.004 de 1987 define resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos como os materiais resultantes da atividade industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de limpeza (ABNT, 1987).

Pelizeret; Pontire; Moraes (2007) estabeleceram a diferença entre resíduos e lixo, pois este último não possui nenhum tipo de valor, correspondendo ao que deve apenas ser descartado. No entanto, os resíduos possuem valor econômico agregado, por possibilitarem reaproveitamento, agregando valor ao próprio processo produtivo.

O grande desenvolvimento socioeconômico e a evolução dos hábitos de vida, que resultam em consumo excessivo conduzem ao uso indiscriminado dos recursos e à geração de grandes volumes de resíduos (ZENI; PENDRAK, 2006).

Milhares de toneladas de resíduos provenientes de atividades agroindustriais são gerados devido a novas tecnologias e ao aumento do mercado consumidor (SCHIEBER; STINTIZING; CARLE, 2001; GRAMINHA et al., 2008).

Para Aquarone; Lima; Borzani (1975), a finalidade primária do processo industrial é a transformação da matéria-prima em produto, que agrega valor e se obtém lucro. No entanto, são gerados além do produto primário, outros materiais, os subprodutos, que podem possuir valor comercial.

A geração de resíduos e subprodutos é inerente a qualquer setor produtivo, contudo, foi a partir do século XX que houve o crescimento da conscientização ecológica com o aumento da produção de bens e serviços, crescimento econômico, igualdade social e sustentabilidade ambiental (FARINAS et al., 2008).

Devido a grande preocupação com o meio ambiente, vários segmentos de mercado estão sendo mobilizados para aplicação de política ambiental que diminua os impactos negativos à natureza. Destacam-se as revisões realizadas pelos órgãos fiscalizadores nas resoluções ligadas a resíduos, tais como a RDC 306/04, da ANVISA (BRASIL, 2004) e a RE 388/05 do CONAMA (BRASIL, 2005) que classificam e propõem tratamentos e forma de manipulação e de descartes dos resíduos de serviços de saúde.

Em 2010, entrou em vigor a lei federal de número 12.305/10, que apresentou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Essa lei propõe que os governos nas esferas municipais e estaduais tracem planos para a redução de resíduos, reciclagem, reutilização e outras formas sustentáveis, visando à redução dos rejeitos domésticos, industriais, hospitalares e de limpeza (BRASIL, 2010).

No Brasil, os resíduos que mais se destacam em relação à quantidade produzida são cascas, palha e farelo de arroz; palha e farelo de trigo; bagaço de cana; folha de mandioca;

bagaço de laranja, tortas de oleaginosas, cascas e caroços do processamento de frutas e hortaliças (SCHIEBER; STINTIZING; CARLE, 2001; GRAMINHA et al., 2008; LIMA, 2011).

Estudos mostram que os resíduos agroindustriais são bastante utilizados na elaboração de meios de produção considerados alternativos e viáveis. A maioria destes apresenta elevado valor nutricional, que pode ser assimilado por diversos microrganismos produtores de metabólitos de valor industrial, reduzindo assim, os custos de produção de inúmeros compostos de alto valor agregado, além da redução do poder poluente desses efluentes (NOVAKI et al., 2010; MURUGAN et al., 2011; STROPARO et al., 2012).

A população mundial encontra-se em crescimento e o Brasil possui, de acordo com o último censo demográfico, cerca de duzentos e quatro milhões de habitantes (IBGE, 2014). Esse incremento populacional levou ao aumento proporcional das necessidades de alimentos, no entanto, mesmo sendo um país com condições edafoclimáticas favoráveis, propiciando o cultivo de grande diversidade de espécies vegetais e a criação de diversos tipos de animais para atender às crescentes necessidades dietéticas do homem, há a necessidade do aproveitamento racional e eficiente desses recursos (CAPOBIANCA et al., 2002).

Segundo Gondim et al. (2005) e FAO (2014) apesar de ser um dos maiores produtores e exportadores de produtos agrícolas do mundo e de alguns produtos manufaturados, como suco de laranja, açúcar e outros, um dos maiores problemas enfrentados pelo Brasil é a fome. Portanto, o aproveitamento de resíduos surge como uma alternativa no combate a fome, pois através de folhas, talos, cascas e sementes é possível diminuir os gastos com a alimentação, melhorar o aporte nutricional da dieta do brasileiro, adicionando-se as possibilidades de agregar valores aos agronegócios, diminuir o desperdício e proteger o meio ambiente.

Dados da FAO (2014) apontam que 47 milhões de pessoas sofrem com a fome nos países da América Latina e Caribe. Para reverter esse quadro o objetivo é, até 2015, reduzir o desperdício e as perdas de alimentos, pois esse é um dos únicos caminhos capazes de contribuir para a superação da meta do milênio e ajudar a erradicar a fome nessas regiões.

2.2 Transformação de resíduos agroindustriais em alimentos

Algumas pesquisas atuais têm sugerido diferentes formas de aproveitamento de resíduos agroindustriais para a alimentação humana.

Santos; Storck; Fogoça (2014) utilizaram a farinha da casca de limão para elaboração de biscoitos com propriedades antioxidantes. A adição da farinha de casca de limão aos biscoitos aumentou significativamente os teores de polifenóis e atividade antioxidante. Portanto, o uso de casca de limão na fabricação de farinha para produção de biscoitos foi uma alternativa não somente para evitar o descarte desse resíduo pelas empresas produtoras de sucos, como para enriquecer nutricionalmente vários produtos.

Dourado et al. (2014) elaboraram biscoitos com adição de farinha de bagaço de maçã e verificaram sua aceitabilidade sensorial e composição química teórica. Os resultados mostraram que a farinha de bagaço de maçã pode ser considerada um ingrediente em potencial para ser utilizada em biscoitos e similares, podendo ser oferecidos aos consumidores com ampla expectativa de aceitação no mercado.

Nascimento et al. (2014) utilizaram resíduos agroindustriais para produção de tanase por *Aspergillus* sp isolado do solo da caatinga de Pernambuco. Os resultados encontrados por esses autores mostraram que a utilização de rejeitos agroindustriais para a obtenção de

bioprodutos de alto valor agregado surge como uma alternativa viável na produção de metabólicos com alto potencial biotecnológico.

Storck et al. (2013) avaliaram a composição de folhas, talos, cascas e sementes de vegetais, para elaboração de preparações dietéticas. Determinaram a composição centesimal e de fenólicos totais das partes e, nas preparações, a análise sensorial. Considerando a importância econômica e nutricional do aproveitamento dessas partes, usualmente desprezadas de verduras e frutas, concluíram através da composição nutricional, que poderiam direcionar melhor seu uso na preparação de várias receitas, enriquecendo nutricionalmente as mesmas.

Piovesana; Bueno; Klayn (2013) elaboraram e avaliaram a aceitabilidade de biscoitos enriquecidos com aveia e farinha de bagaço de uva. A farinha de bagaço de uva foi produzida como alternativa à produção do grande volume deste resíduo gerado pela indústria vitivinícola e representou uma ótima fonte de fibras e antioxidantes naturais de baixo custo. Os biscoitos produzidos apresentaram características sensoriais muito apreciáveis.

Com o objetivo de estudar os resíduos, que não são utilizados pela indústria de alimentos nem pela população, Veronezi; Jorge (2012) estudaram o conteúdo nutricional das sementes de abóbora e propuseram formas de utilização das mesmas, contribuindo assim para aumentar as fontes viáveis de matéria-prima, diminuir os custos operacionais das indústrias e desenvolver novos produtos alimentícios, visto que são fontes de proteínas, lipídios, fibras, substâncias funcionais, além de vitaminas e minerais.

Ambrósio-Ugri; Ramos (2012), tendo em vista a conscientização atual da sociedade, devido à procura por alimentos mais saudáveis e benéficos à saúde, estudaram a utilização de farinha da casca de maracujá na elaboração de barras de cereais. A farinha de casca de maracujá é um resíduo proveniente do processamento dos frutos para a produção de suco e quando adicionada à formulação de alimentos funcionais, como as barras de cereais, confere características sensoriais e aumentam o valor agregado ao produto.

Martim et al. (2012) elaboraram e avaliaram sensorialmente a aceitação de bolo acrescido de suco de resíduos de abacaxi (cascas, talos, coroas e miolo de abacaxi) visando à suplementação do teor de fibras na dieta alimentar. No bolo elaborado com suco da casca de abacaxi houve acréscimo de 38% de fibras solúveis, 56% de fibra insolúvel e foi bem aceito pelos consumidores. Verificou-se que um alimento elaborado através do aproveitamento de resíduo do abacaxi, sobretudo de suas cascas, foi bem aceito, além de contribuir para o enriquecimento nutricional da dieta. O bolo elaborado se constituiu em um produto barato, de fácil preparação e de boa aceitabilidade, com teores de fibra maiores que o bolo convencional.

Ayala-Zavala et al. (2011) realizaram uma interessante revisão sobre as possíveis aplicações dos subprodutos de frutas e hortaliças exóticas, fontes de compostos bioativos como os fenólicos, carotenoides, vitaminas e fibras dietéticas. Esses compostos podem ser usados pela indústria de alimentos como antioxidantes, evitando o escurecimento e oxidação lipídica e como ingredientes de alimentos funcionais, concentrado proteico, antimicrobianos, fibra dietética, espessantes, aromatizantes e corantes.

Lima et al. (2011) elaboraram uma farinha de mandioca (*Manihot esculenta*) adicionada de concentrado proteico obtido das folhas de mandioca. Os autores observaram que é possível aproveitar essa biomassa, aumentar e melhorar a qualidade proteica da farinha de mandioca, um produto tradicional da alimentação do brasileiro e basicamente energético, além de diminuir o desperdício de folhas que normalmente são abandonadas nos locais de cultivos dessa raiz.

Boekel et al. (2011) elaboraram uma farinha mista extrusada de arroz (*Oryza sativa*), soja (*Glycine max*) e resíduo de laranja-pêra (*Citrus sinensis* Osbeck) como fonte de fibra alimentar. Os resultados obtidos mostraram que o aproveitamento do subproduto da laranja na elaboração da farinha mista extrusada apresentou excelente composição química, sendo fonte de fibras solúveis, fibras insolúveis, ferro, manganês e cobre, assim como alto teor de zinco para adultos saudáveis e crianças de 4 a 6 anos, ou seja, grupo de maior risco para anemia ferropriva.

Vidal et al. (2011) elaboraram um concentrado proteico de filés de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). Os resultados mostraram alto conteúdo de proteínas e agregação de valor a um material de descarte, trazendo contribuição para a redução da poluição ambiental e oferecendo uma alternativa para uso alimentar.

Melo et al. (2011) avaliaram o teor de compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e a composição fenólica de três resíduos gerados por agroindústrias brasileiras: bagaço de uva Isabel (*Vitis labrusca*), bagaço de uva Verdejo (*Vitis vinifera*) e bagaço de goiaba (*Psidium guajava*). Os resultados obtidos mostraram que os resíduos agroindustriais analisados, em especial os vinícolas, apresentaram grande quantidade de compostos bioativos, dentre os quais compostos fenólicos, potenciais fontes naturais de substâncias bioativas que poderiam ser utilizadas nas preparações de refeições, sobremesas ou pela indústria de alimentos.

Cruz et al. (2011) demonstraram o enriquecimento proteico dos resíduos da fruticultura através da fermentação em estado sólido, com auxílio do *Aspergillus niger*. Após o período de 168 horas de fermentação, foi observada a elevação nos teores de proteína bruta para todos os resíduos estudados, sendo possível efetuar a transformação desses rejeitos em produtos proteicos, menos calóricos e com alto valor agregado.

Naves et al. (2010) verificaram a influência dos processamentos térmicos sobre os nutrientes e propriedades funcionais das sementes da abóbora *Cucurbita maxima*, um resíduo com elevado teor proteico e óleo. Esses autores concluíram que os processamentos acarretaram diferença significativa apenas nos teores de K, Mn, Fe e solubilidade do nitrogênio; e que as sementes apresentam potencial para serem incorporadas, provavelmente, em alimentos que requeiram elevada taxa de absorção de óleo.

Abud; Narain (2009) estudaram a composição dos resíduos desidratados de polpa acerola (*Malpighia puniceifolia* L.), umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), goiaba (*Psidium guajava*) e maracujá (*Passiflora edulis*) e a sua incorporação em biscoitos. Foram obtidos produtos com alto teor de fibra e baixo valor calórico. Sensorialmente, os biscoitos com 10% de farinha de resíduos foram os preferidos.

Carvalho et al. (2009) caracterizaram o concentrado e isolado proteico extraído de sementes de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), um fruto típico e muito apreciado da região amazônica, com grande potencial para a industrialização. O seu valor econômico atualmente está baseado na comercialização da polpa que corresponde a 35 % do peso do fruto. No entanto, apesar das sementes apresentarem valor nutritivo, ainda são totalmente descartadas. Os resultados mostraram que essa porção proporcionou a obtenção de 31,18 % de concentrado com 64,33 % de proteína. O aproveitamento das sementes de cupuaçu poderia ser uma alternativa para combate à desnutrição proteica, para agregar valores nesse agronegócio e uma forma de minimizar impactos ambientais gerados pelo descarte inadequado destes resíduos.

Alexandrino et al. (2007) estudaram o aproveitamento dos resíduos de laranja gerados após remoção do suco como substrato para a obtenção de enzimas hidrolíticas e oxidativas

envolvidas na degradação de materiais lignocelulósicos. Após análises, os autores observaram que é possível aproveitar os resíduos de laranja para produção de importantes enzimas a menor custo em relação à tecnologia atual.

Glória; D'arce (2000) extraíram a proteína da torta de castanha do Pará (*Bertholletia excelsa*). Quando as castanhas estão quebradas ou apresentam “defeitos”, são rejeitadas pelo mercado externo e descartadas. Alternativamente, podem servir de matéria-prima para extração de óleo, devido a sua riqueza lipídica constituída de ácidos graxos poli-insaturados. Como regra geral, o óleo é obtido da prensagem da castanha e ao resíduo dessa extração dá-se o nome de torta. Os autores observaram que é possível e viável a obtenção de concentrado e isolado proteicos de torta de castanha do Pará desengordurada, com, respectivamente, 59,3 % e 81,6 % de proteína (N x 5,46) em base seca.

2.3 Açaí

O açaizeiro (*Euterpe oleracea*, Mart.) é uma palmeira típica da Amazônia (Figura 1), de ocorrência natural nos estados do Pará, Amapá, Maranhão e leste do Amazonas (SUFRAMA, 2003). Produz frutos pequenos, arredondados e coloração roxa em função da presença de pigmentos naturais denominados de antocianinas (Figura 2 e 3). A propagação pode ser feita por sementes ou por brotação da base do estípite (CALZAVARA, 1987; PINHEIRO, 1986; TATENO, 2001). Essa é uma palmeira totalmente aproveitada pelos habitantes: raízes, estipes, folhas, inflorescência e frutos (Figura 4). No entanto, destacam-se dois produtos comercializados: os frutos e o palmito (JARDIM; ANDERSON, 1987).

As folhas do açaizeiro são compostas e pinadas com arranjo espiralado de 40 a 80 pares de folíolos. A inflorescência do tipo cacho possui flores estaminadas e pistiladas. A disposição das flores é ordenada em tríades, de tal forma que cada flor feminina fica ladeada por duas flores masculinas. O fruto do açaizeiro é uma drupa globosa, de 1 a 2 cm de diâmetro e peso médio de 1,5 gramas. O epicarpo, dependendo do tipo, é roxo ou verde quando maduros. O mesocarpo, que juntamente com o epicarpo corresponde a 7% do fruto, envolve o endocarpo volumoso e duro, responsável pela forma do fruto, e contém a semente em seu interior. Popularmente o que chamam de semente é o pirênio, pois a semente é ainda envolvida pelo endocarpo. A semente apresenta na maturação um endosperma sólido do tipo ruminado e um embrião pequeno, mas desenvolvido (NASCIMENTO, 2008).



Figura 1. Palmeiras do Açaizeiro. a) Touceira de palmeiras de Açaizeiro, b) Cachos dos frutos do açaizeiro. Fonte: Mania de Amazônia (2015).



Figura 2. Cacho de Frutos do açazeiro. Fonte: Mania de Amazônia (2015).



Figura 3. Fruto do açazeiro debulhados dos cachos. Fonte: Acervo pessoal (2015).

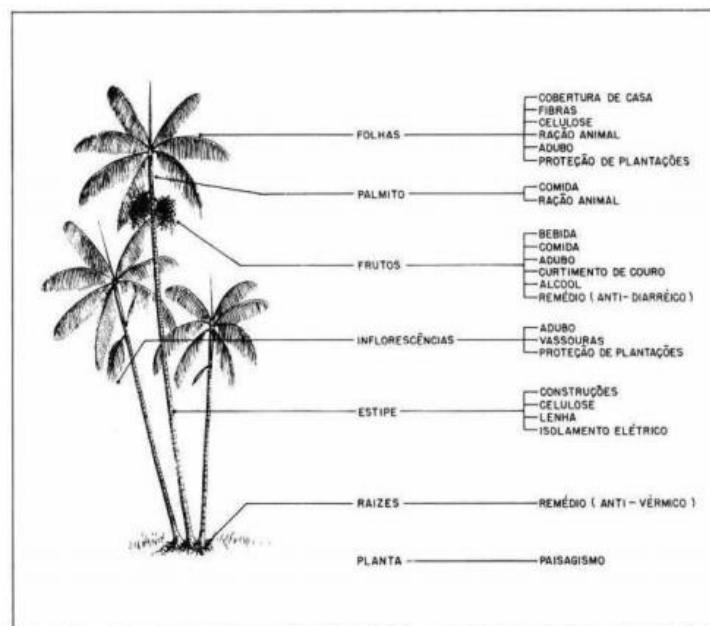


Figura 4. Principais usos do açajeiro. Fonte: Jardim e Anderson (1987).

A produção nacional de frutos ou coquilhos de espécimes nativos da palmeira açai, em 2012, totalizou 851.829 toneladas, sendo o Estado do Pará o principal produtor, com 87,4 % da produção nacional. Nesse estado, encontram-se 17 dos 20 maiores municípios produtores de frutos de açajeiros nativos do país e, juntamente com três municípios do Maranhão respondem por 82,7% da produção nacional de frutos de açai nativo (IBGE, 2014; SAGRI, 2014).

Em 2010, as vendas para o mercado externo da polpa de açai atingiram o montante de US\$ 18,6 milhões, correspondendo a 65,5 % do total da pauta de exportação de sucos do Estado. Em 2012 foram exportados mais de 6 mil toneladas de polpa de Açai, correspondendo a mais de US\$ 17 milhões. Estima-se que apenas 10 % da produção é exportada para outros países, sendo que 60 % é consumido no próprio estado do Pará e 30 % em outros estados da federação (SAGRI, 2014).

Enquanto o Estado do Pará se destaca como o maior produtor do fruto, a Região Metropolitana de Belém é a maior consumidora da polpa do açai. O consumo da polpa do açai faz parte do hábito alimentar do paraense, sendo relacionada como item complementar ou básico das refeições diárias, principalmente entre as famílias de baixa renda, mas também faz parte da mesa dos mais privilegiados economicamente que consomem açai logo após as suas refeições. Ela é principalmente consumida com farinha de mandioca ou tapioca, acompanhadas de peixe, camarão ou carne seca (GUIMARÃES et al., 2004).

A forma mais comum de consumo do fruto do açajeiro no Brasil é como polpa acrescida de água, denominada açai. Em 100 g dessa polpa há aproximadamente 2,37 g de proteínas; 5,96 g de gorduras; 50 mg de cálcio; 33 mg de fósforo e 0,9 mg de ferro (SUFRAMA, 2003). A polpa de açai contém alto teor de óleo, cerca de 53% em base seca, sendo considerada como excelente fonte de ácidos graxos essenciais. Segundo Nascimento et al. (2008), o óleo de açai contém entre 68 % a 71 % de ácidos graxos monoinsaturados e de 7,7 % a 10,6 % de ácidos graxos poli-insaturados.

A região norte é a maior consumidora de açai e seu consumo ocorre, em geral, combinado com outros alimentos regionais ou, ainda, na forma de sorvetes, cremes, mingaus, geleias e licores. No sudeste, o açai é consumido de forma diferente da praticada na região norte, onde são adicionados a cereais, polpa de frutas, xarope de guaraná, frutas secas,

amêndoas e carboidratos de assimilação rápida para compensar sua deficiência em açúcares simples (OLIVEIRA et al., 1999; POF, 2009, CONAB, 2014).

Segundo a Secretaria de Agricultura do estado do Pará – SAGRI (2014) no mercado nacional, Rio de Janeiro e São Paulo já consomem cerca de 650 toneladas/mês de polpa e mais de 1.000 toneladas/mês, na forma de *mix* com guaraná e granola, e o total comercializado para outros estados alcançando cerca de 40 mil toneladas / ano. Em termos locais, o consumo também é expressivo, em função do hábito alimentar da população, sendo comercializados diariamente, somente na Região Metropolitana de Belém, cerca de 470 mil litros de açaí por dia, em mais de 3.000 pontos de venda, no período da safra.

A Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) (2008-2009) destacou o consumo médio *per capita* de açaí de 3g/dia. O levantamento mostrou ainda que homens consomem 17,6 % mais que mulheres.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, através da Instrução Normativa n ° 01 de 7 de Janeiro de 2000 (BRASIL, 2000), definiu que polpa de açaí e o açaí são produtos extraídos da parte comestível do fruto do açaizeiro (*Euterpe oleracea*, Mart.) após amolecimento através de processos tecnológicos adequados. Pode ser classificado de acordo com a adição ou não de água e seus quantitativos em: a) polpa de açaí é a polpa extraída dos frutos dos açaizeiros, sem adição de água, por meios mecânicos e sem filtração, podendo ser submetido a processo físico de conservação; b) Açaí grosso ou especial (tipo A): polpa extraída com adição de água e filtração, apresentando acima de 14 % de sólidos totais e uma aparência muito densa; c) Açaí médio ou regular (tipo B): polpa extraída com adição de água e filtração, apresentando acima de 11 a 14 % de sólidos totais e uma aparência densa. d) Açaí fino ou popular (tipo C): polpa extraída com adição de água e filtração, apresentando de 8 a 11 % de sólidos totais e uma aparência pouco densa.

Bastos; Lima; Sabaa-Srur (2010) analisaram a composição das polpas fina, média e grossa de açaí. Os resultados obtidos mostram que a polpa com maior umidade foi a fina (90,40 %), enquanto a polpa grossa apresentou menor umidade (74,94 %) e conseqüentemente, maior quantidade de sólidos totais. O teor de cinzas encontrado (0,74 %) foi semelhante entre as polpas média e grossa, e na polpa fina este valor (0,59 %) foi significativamente menor. A quantidade de fibras insolúveis encontrada foi de 3,19; 4,64 e 6,27 % para as polpas fina, média e grossa, respectivamente. Os teores de proteínas foram próximos para as polpas média (1,18 %) e grossa (1,20 %) e para a polpa fina o conteúdo proteico foi de 0,78 %.

2.3.1 Caroço do açaí

Segundo o IBGE (2014), no processo fabril para obtenção da polpa do açaí, 93% do total produzido é resíduo, ou seja, ainda sem destinação econômica adequada, amontoado em torno do estabelecimento industrial (Figuras 5) ou jogado nos rios e lixões sem nenhum tratamento. Portanto, existe uma demanda considerável para o desenvolvimento de processos visando ao aproveitamento de tais resíduos.

O resíduo gerado no processo de despulpamento do açaí corresponde a mais de 90% do volume dos frutos produzidos, sendo composto por caroços e camadas mais grossas. Ainda que correspondam a materiais lignocelulósicos, estes rejeitos muitas vezes são dispostos de maneira ilícita no meio ambiente, tornando-se poluentes quando descarregados às margens de mananciais, sendo responsáveis pela redução das taxas de oxigênio dissolvido na água e pela

eutrofização (LIMA JUNIOR, 2007; MARTINS et al., 2009; MARANHO et al., 2012; PEREIRA; RODRIGUES JUNIOR, 2013).

O caroço (Figura 6) é uma semente oleaginosa, formada por um pequeno endosperma sólido ligado a um tegumento que na maturidade é rico em celulose (53,20 %), hemicelulose (12,26 %) e lignina (22,30 %) (RODRÍGUEZ-ZÚÑIGA et al., 2008).



Figura 5. Destino do caroço de açai, Belém-PA. Fonte: Acervo pessoal (2015).

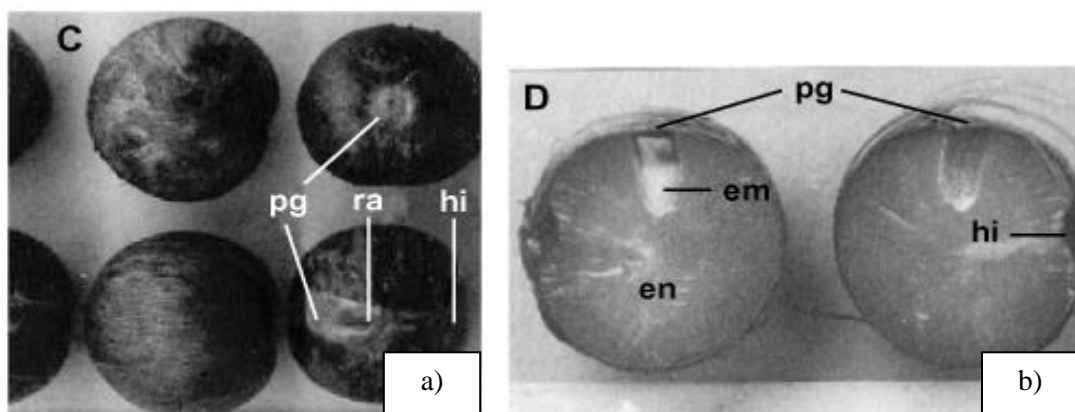


Figura 6. Frutos e sementes de açai. A: sementes sem fibras; B: detalhe da posição do embrião na semente. Legenda: em- embrião; en – endosperma; hi – hilo; pg – poro germinativo; Ra – rafé. Fonte: Aguiar; Mendonça (2003).

A polpa do açai equivale a 7 % da massa total do fruto, sendo 93 % correspondente a caroços de açai, o qual possui grande potencial para geração de vapor utilizada no processo fabril ou para geração de energia elétrica, bem como na compostagem de adubo orgânico e na fabricação de bijuterias. Já a amêndoa torrada serve para a preparação de uma bebida sabor

café, no enriquecimento de alimentos e na indústria farmacêutica (XAVIER, 2005; GOMES; VERAS; ALVES, 2009).

Elacher et al. (2014) avaliaram a utilização do caroço de açaí triturado fresco na formulação de substrato para a produção de mudas de hortaliças brássicas (couve-flor, repolho e couve, por exemplo). Esse substrato não se mostrou promissor, pois ocasiona maior mortalidade, menor crescimento e desenvolvimento das mudas. Entretanto, a utilização do resíduo após processos de compostagem, carbonização e pré-fermentação pode ser suficiente para propiciar a estabilização e aproveitamento do material, com consequente formação de substrato próprio para a produção de mudas.

Silva et al. (2014) avaliaram o uso do caroço de açaí como possibilidade de desenvolvimento sustentável do meio rural, da agricultura familiar e de eletrificação rural no estado do Pará. Os resultados destacaram o poder calorífico dessas sementes e a viabilidade de sua utilização, promovendo uma solução aos problemas de falta ou escassez de energia elétrica, inclusive nas atividades domésticas; de panificadores industriais e demais indústrias que utilizam lenha.

Pereira; Rodriguez Junior (2013) realizaram estudos com o objetivo de produzir carvão ativado com o caroço de açaí para ser utilizado em velas de filtro simples, auxiliando no processo de tratamento da água para consumo humano. Os autores observaram que a utilização do novo carvão ativado é uma forma eficiente de tratamento da água para consumo humano, auxiliando na prevenção de inúmeras doenças e contribuindo para uma melhor qualidade de vida da população local.

Farinas et al. (2008) avaliaram a viabilidade da utilização do caroço de açaí como substrato da fermentação em estado sólido para a produção de enzimas de interesse industrial. Os resultados obtidos apontaram a produtividade em função do acréscimo de fontes indutoras de carbono e nitrogênio, demonstrando que com uma adequada formulação das mesmas é possível viabilizar a utilização do caroço de açaí como substrato para a produção de enzimas.

Gomes et al. (2009) avaliaram a substituição do feno *coast cross* por caroço de açaí (0, 5, 10, e 15 %) em diferentes níveis na dieta sobre o desempenho de ovinos. Os pesquisadores observaram que a substituição do feno *coast cross* pelo caroço do açaí promoveu aumento no consumo de todos os componentes da dieta, bem como, melhorou o desempenho dos animais, sem comprometer a conversão alimentar.

Rodrigues et al. (2006) observaram que as sementes de açaí apresentam excelente capacidade antioxidante, sendo as prociadinas as maiores responsáveis por essa capacidade, no entanto, muitos compostos antioxidantes não foram identificados.

Cunha (2005) destacou que os caroços (endocarpos e amêndoas) do açaí, após decomposição são empregados como matéria orgânica, sendo considerados como ótimo adubo para o cultivo de hortaliças e plantas ornamentais.

As possíveis utilizações para o caroço de açaí, considerando-se a quantidade gerada no processo fabril para a obtenção da polpa e por corresponder à maior porção do fruto, ainda são insignificantes e outras formas de utilização devem ser pesquisadas. Este resíduo contém material orgânico e mineral importante, que com o uso de tecnologia adequada, pode ser convertido em produtos comerciais ou matérias-primas para processos secundários, como a produção de inulina.

2.4 Fibras Dietéticas e Oligossacarídeos

A importância da alimentação para a boa saúde e o desenvolvimento humano já era enfatizada na Antiguidade: “deixe o seu alimento ser o seu remédio e o seu remédio ser seu

alimento”, afirmou Hipócrates (460 a.C – 377 a.C). Em todo o mundo, para prevenir doenças e promover saúde, entidades recomendam a ação de uma dieta rica em fibras dietéticas (FDs) (ROBERFROID, 1993; CUPPARI, 2007, BRASIL, 2014).

Trowell; Burkitt (1986) definiram fibras como resíduos de células vegetais que não são digeridos na parte superior do tubo digestivo humano. São compostos de celulose, oligossacarídeos, pectina, goma e ceras. Segundo Chimoff; Simms (2008), essa definição foi ampliada, podendo ser classificada como todo polissacarídeo armazenado em células do vegetal.

Roberfroid (1993) definiu fibra dietética como uma grande variedade de substâncias que resistem à hidrólise pelas enzimas alimentares do sistema digestório humano, mas são fermentadas pela microflora intestinal.

As fibras alimentares (FA) são derivadas em especial das paredes celulares de vegetais e compreendem a celulose, hemiceluloses, substâncias pécticas e hidrocolóides – gomas e mucilagens. Outros componentes considerados como fibra alimentar são a lignina (componente não carboidrato das paredes celulares), amido e os oligossacarídeos resistentes. As FA são divididas em duas frações: solúvel em água com efeitos sobre a absorção de alguns nutrientes, principalmente de glicose e lipídeos no intestino delgado; e a insolúvel em água, vagarosa e incompletamente fermentada e com efeitos mais pronunciados no intestino grosso (FAO, 1997; AACC, 2000).

Sabe-se que as FA são responsáveis pela melhora das funções do intestino grosso por meio da redução do tempo de trânsito, pelo aumento de peso e da frequência das fezes, pela diluição do conteúdo do intestino grosso, pelo fornecimento de substrato fermentável à microbiota, normalmente, presente no intestino. Por conseguinte, as características de fermentabilidade, massa/volume e capacidade de reter água contribuem para a capacidade da fibra de melhorar as funções do intestino grosso, prevenindo o ressecamento do bolo fecal e, conseqüentemente, a formação de fecalomas, umas das mais frequentes causas de irritação da mucosa entérica que pode culminar com o câncer de cólon (CUPPARI, 2007).

As fibras, principalmente as solúveis, são também importantes, pois apresentam como principal característica a viscosidade, que pode aumentar a excreção de ácidos biliares e promover a diminuição da absorção de lipídeos e glicose, sendo de suma importância para indivíduos diabéticos e os que apresentam dislipidemia (CUPPARI, 2007).

Roberfroid; Slavin (2000) definiram oligossacarídeos como carboidratos com baixo grau de polimerização (2 a 20) e, conseqüentemente, baixos pesos moleculares. Sendo o ponto divisor entre os oligo e os polissacarídeos, o grau de polimerização igual a 10. No entanto, não há razão química ou fisiológica para essa divisão. Além disso, existe uma série de substâncias que possuem misturas de polímeros com diferentes comprimentos de cadeia, linear ou ramificada, que geralmente cruzam esse limite artificial entre poli e oligossacarídeos, os quais variam enormemente em composição química e efeitos fisiológicos.

Para Carabin; Flamm (1999), o termo frutano é usado para os oligos e polissacarídeos de ocorrência natural nas plantas e se refere a carboidratos nos quais uma ou mais ligações de frutossil-frutose constituem a maioria das ligações. Os frutanos são lineares ou polímeros de frutose ramificados, que são agrupados por dois tipos de ligações: β (2→1) encontrado em frutanos do tipo inulina ou β (2→6) visto em frutano do tipo levano.

Segundo Quinteros (2000), os frutanos podem ser classificados, de acordo com sua estrutura, em três grupos: inulinas, levanos e graminanos (Figura 7).

Os oligossacarídeos que mais se destacam são os não-digeríveis (*non digestible oligosaccharides* - NDO), pois são resistentes à hidrólise enzimática no processo digestivo, chegando intactos ao intestino, onde são fermentados por bactérias intestinais, apresentando efeito prebiótico, sendo considerados os mais importantes os frutooligossacarídeos (FOS) (ROBERFROID, SLAVIN, 2000; ROBERFROID, GIBSON, DELZENNE, 1993).

De acordo com Hartemink et al. (1997), os FOS são oligossacarídeos de ocorrência natural, principalmente, em produtos de origem vegetal. Esses compostos apresentam cerca de um terço do poder adoçante da sacarose e são pouco calóricos. Têm solubilidade maior que a da sacarose, não cristalizam, não precipitam e não deixam sensação de areia ou secura na boca. São degradados durante a maioria dos processos de aquecimento, mas podem ser hidrolisados em frutose, em condições muito ácidas e em exposição prolongadas ao binômio tempo/ temperatura (BORNET, 1994; YUN, 1996).

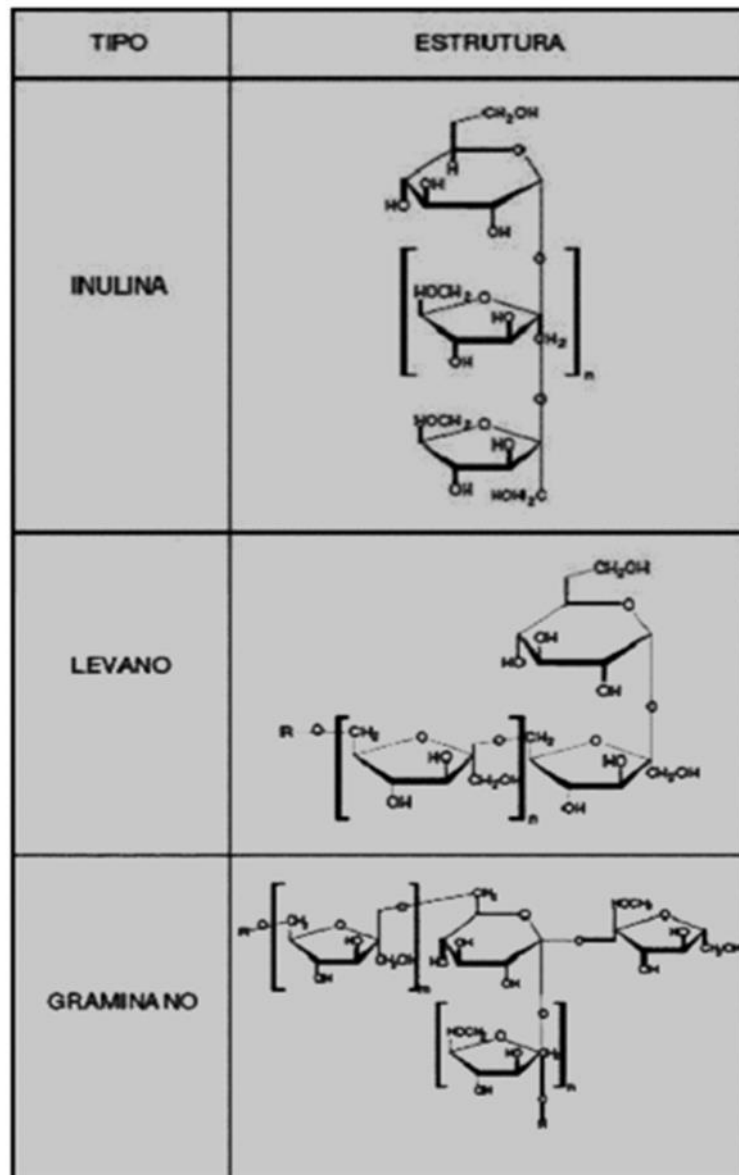


Figura 7. Classificação dos frutanos segundo a estrutura química. Fonte: Quinteros (2000).

2.5 Inulina

2.5.1 Definição

A inulina é um importante carboidrato de reserva em plantas, pertencente ao grupo das frutanas, sintetizada por uma grande variedade de plantas, aproximadamente 36.000 espécies, que representam 10 famílias (ROBERFROID, 1993; GIBSON et al., 1995 e GIBSON; ROBERFROID, 1993). É um frutoligossacarídeo resistente, ou seja, carboidrato complexo de configuração molecular que o torna resistente à ação hidrolítica das enzimas salivar e intestinal, atingindo o cólon de forma intacta (BAHIA, 2005).

Sua estrutura é composta por uma mistura de oligômeros (glicose e frutose) de diferentes graus de polimerização, constituídos de subunidades de frutose (2 a 150) ligadas a uma glicose terminal. As unidades de β -D-frutofuranosil são mantidas entre si por ligações do tipo β (2 \rightarrow 1) e possuem uma molécula de glicose na porção inicial de cada cadeia linear de frutose, a qual é unida por uma ligação tipo (α 1 \rightarrow β 2), como na molécula de sacarose (ROBERFROID, 1993; GIBSON et al., 1995).

Os tipos de inulina encontrados nos vegetais variam de acordo com as diferentes espécies, condições climáticas e ciclo de crescimento (LEITE, 2001), representados na Figura 08.

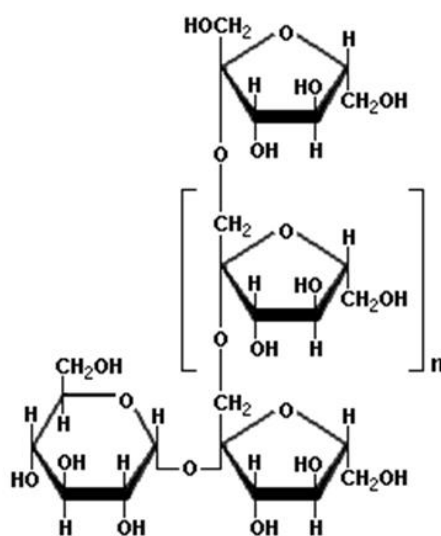


Figura 8. Estrutura química da inulina. Fonte: Roberfroid (1993).

Quando a inulina é hidrolisada por ação de ácidos ou enzimas, produz oligômeros lineares, que são GF_n (glicose-frutose), onde n representa o número de unidades frutofuranosil obtidas pela hidrólise, e F_m, que é constituída apenas por frutose, onde m representa o número de unidades frutofuranosil obtidas. Os valores de n e m variam entre 2 e 9 (ROBERFROID, 1993; DE BRUYN et al., 1992).

Esses oligômeros de inulina (GF_n e F_m) apresentam propriedades físico-químicas muito semelhantes, embora se verifique a presença de grupo terminal de frutose redutor, os produtos tipo F_m são redutores, enquanto os GF_n são não-redutores. Oligômeros de frutose são denominados de fruto-açúcar, frutoligossacarídeos (FOS) ou, de forma simplificada, oligofrutoses (ROBERFROID, 1993).

A inulina é um carboidrato largamente encontrado nas plantas que podem apresentar hidrólise da inulina endógena em moléculas de menor grau de polimerização, o que permite a sobrevivência dessas plantas durante o inverno em regiões frias e moderadamente frias, e atua na sua osmorregulação (CARPITA; KAMABUS; HOUSLEY, 1989).

As principais fontes de inulina são: raiz de chicória (*Cichorium intybus* L.), alho (*Allium sativum* L), batata yacon (*Polymnia sonchifolia*), alcachofra de Jerusalém (*Helianthus tuberosus* L.), raiz barba de bode (*Tragopogon porrifolius* L.), tubérculos de dália (*Dahlia spp*), aspargo (*Asparagus officinalis* L.) e alho poró (*Allium porrum*) (SILVA et al., 2007). A única espécie vegetal que tem sido até agora utilizada industrialmente para a extração do frutano inulina pertence à família *Compositae*, como, por exemplo, a *Cichorium intybus*, popularmente conhecido como chicória (ROBERFROID, 2002). Essas principais fontes não são encontradas no Brasil, portanto, existe a necessidade de se obter novas fontes a partir de alimentos brasileiros.

2.5.2 Propriedades químicas e físico-químicas da inulina

2.5.2.1 Solubilidade

Fontana et al. (1994) enfatizaram que a solubilidade da inulina é influenciada diretamente pela temperatura, sendo aproximadamente 6 % a 10 °C, e a 90 °C é de 35 %, o que dificulta seu emprego à temperatura ambiente. É pouco solúvel em água abaixo de 50 °C.

A inulina apresenta a capacidade de ligar-se a água na proporção (v/p) de 2:1 (água: inulina). A inulina em solução aquosa tem o ponto de congelamento menor que o da água e o ponto de fusão, maior (HAULY; MOSCATTO, 2002).

Segundo Leite (2001), a capacidade de dispersabilidade em água pode ser melhorada com auxílio de açúcar ou amido.

A inulina sofre separação de fases ao ser resfriada, originando uma fase precipitada mais viscosa, e uma fase sobrenadante, de menor viscosidade, pois apresenta uma solubilidade de acordo com a temperatura (LEITE, 2001).

Kim; Faqih; Wang (2001) estudaram a solubilidade da inulina comercial (Raftiline) em água sob diferentes concentrações (5 a 40 %) e temperaturas que variaram de 25 a 90 °C. Esses autores observaram que a 25 °C, a inulina era praticamente insolúvel em água. Em temperatura de 50 °C, a solubilidade foi de apenas 1,2 %. No entanto, com o aumento da temperatura acima 50 °C, a solubilidade aumentou e atingiu 4 % (90 °C).

Hébette; Delcour; Koch (1998) mostraram que soluções concentradas de inulina (30-45 % em peso), quando resfriadas sob velocidades de 0,25 °C/min ou 1 °C/min de 96 °C até 20 °C, formavam suspensões de material semicristalino em água. Os autores observaram que a cristalização da inulina acontecia em duas fases separadas. Na primeira, ocorreu a cristalização de parte da inulina, sob temperaturas mais elevadas. Na segunda, essa cristalização era visualizada quando a solução atingia temperaturas mais baixas. Os autores propuseram que esses fracionamentos se devem ao fato de as cadeias longas apresentarem solubilidade menor que as curtas e, portanto, cristalizam mais rápido e também a temperaturas mais elevadas, durante a cristalização dinâmica.

Gruhn (1994) observou que quando o nível de inulina alcançava 30 % de sólidos na solução, iniciava o processo de gelificação sob resfriamento por 30 a 60 minutos. Quando o conteúdo de inulina era aumentado, o gel precisava de menos tempo para ser formado, sendo praticamente instantâneo quando o nível de sólidos em solução está entre 40 – 45 %. Esse gel

era cremoso e se assemelhava à textura da gordura ao toque e sua consistência depende principalmente da concentração de inulina entre outros fatores.

Nissess (1999) constatou que devido às cadeias mais longas, a inulina possui a capacidade de formar microcristais quando misturada com água e leite. Esses microcristais interagem entre si para formar uma mistura cremosa e macia promovendo a sensação de presença de gordura. A inulina tem sido utilizada com sucesso como substituto da gordura em recheios prontos, sobremesas congeladas e molhos.

Bott et al. (2004) verificaram que a variação da temperatura em solução aquosa de inulina promoveu alteração suave na taxa de cristalização de formação do gel, por isso, sugeriram que os mecanismos responsáveis pela gelificação da inulina e pelas propriedades do gel resultante são equivalentes aos da estruturação da gordura em óleo. Nesses casos, as partículas primárias são formadas por cristalização, sendo que os detalhes do processo de cristalização determinam a força mecânica que será alcançada pelas partículas cristalizadas; as pequenas partículas primárias têm essa função.

Hébette; Delcour; Koch (1998) estudaram os processos dinâmico e isotérmico de cristalização de soluções de inulina contendo 35 e 45 % (v/p) preparadas com solução tampão pH 8,0. Na cristalização dinâmica, as soluções foram preparadas à temperatura de 96 °C e resfriadas até 20 °C, à taxa de 1 °C/min. Na cristalização isotérmica, esse resfriamento ocorreu até as temperaturas de 65 ou 77 °C, sob as quais a solução foi mantida durante 12 horas.

Kim; Faqih; Wang (2001) estudaram a formação de gel a partir de soluções de inulina em água através de dois mecanismos – indução por cisalhamento e indução térmica. Os autores observaram que os géis produzidos por cisalhamento sob baixas taxas de deformação (250 rpm) só ocorreram para concentrações da solução superiores a 25 % e apresentaram textura arenosa devido à agregação das partículas maiores de inulina. No entanto, quando foi aplicada taxa de deformação elevada (5.000 rpm), houve maior dispersão das partículas de inulina e o gel formado apresentou textura mais suave, similar à da manteiga. Nesse caso, houve formação de gel para soluções com concentrações superiores a 15 %.

2.5.2.2 Poder adoçante

A inulina, além de não ser cariogênica, fornece entre 30-50% da doçura da sacarose e contribui para melhorar a viscosidade de produtos lácteos e a umectância de produtos de panificação, além de diminuir o ponto de congelamento de sobremesas congeladas, fornecer crocância a biscoitos com baixo teor de gordura e agir como aglutinante em barras de cereais a base de granola. Desse modo, exerce o mesmo papel que a sacarose, mas tem as vantagens de apresentar menor valor calórico, atuar como fibras e proporcionar outras propriedades tecnológicas e nutricionais em alimentos (WEIDMANN; JAGER, 1997).

Esse carboidrato é utilizado em combinação com adoçantes de alta intensidade em substituição à sacarose, fornecendo um perfil de doçura bem balanceado e mascarando o sabor residual de alguns edulcorantes, como por exemplo, o aspartame (WEIDMANN; JAGER, 1997).

O valor calórico das substâncias obtidas da fermentação da inulina e oligofrutoses foi estimado em 1-3 kcal/g (BERNIER; PASCAL, 1990).

2.5.3 Propriedades funcionais da inulina

A inulina é considerada um prebiótico, fonte que permite modificações específicas na composição e/ ou na atividade da microbiota gastrointestinal, conferindo benefícios à saúde do hospedeiro associado à modulação de sua microbiota (ROBREFOID, 2001; EL-NAGAR et al., 2002; FAO/AGNS, 2007; AKIN; AKIN; KIRMACI., 2007; BOSI et al., 2013; MAESTRI et al., 2014).

Borges (1997) e Maestri et al. (2014) mostraram que os efeitos benéficos da inulina assemelham-se àqueles atribuídos às fibras, ou seja, diminuem os níveis séricos de colesterol e glicose, aumentam a absorção de cálcio e o volume do lúmen intestinal, além de exercerem efeito modulador da microbiota intestinal. Porém, não possuem os efeitos físicos da fibra, tais como: aumento na viscosidade, ligação com a água e efeito espessante.

Destaca-se também a ação positiva da inulina nas doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), principalmente neoplasias, doenças cardiovasculares e cerebrovasculares, diabetes, artrite reumatóide e osteoporose e no que tange ao sistema imunológico (VIGGIANO, 2005).

As ações benéficas da inulina devem-se à sua ação como fibra alimentar solúvel e a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) por meio da fermentação de bactérias do cólon. Estes ácidos graxos apresentam diversos efeitos benéficos ao organismo humano (FORTES, 2005; DONATTO; PALANCH; CAVAGLIERI, 2006; BOLIVAR RAMIREZ et al., 2013), como apresentado na Figura 09.

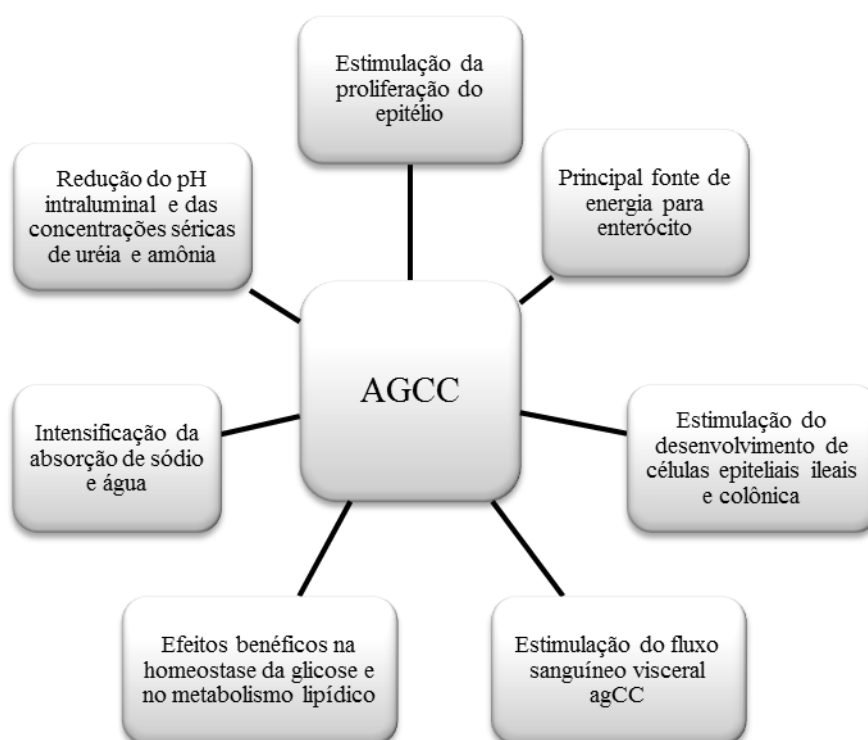


Figura 9. Principais efeitos dos AGCC. Adaptado de Fortes (2005)

Segundo Roberfroid (2000), uma dose de 3 a 5 g por dia de inulina seria suficiente para promover os efeitos benéficos à saúde. Brasil (2008) estabeleceu o requisito mínimo para que um produto possa ser considerado fonte em inulina, ou seja, alimento funcional. A porção do produto pronto para consumo deve fornecer, no mínimo, 3 g de inulina se o alimento for

sólido (em 100g) ou 1,5 mL (em 100 mL) se o alimento for líquido. Enquanto os valores duplicados como quantidades mínimas em 100 g ou 100 mL para que o alimento seja considerado “Alto Teor”.

2.5.3.1 Inulina e Doenças Cardiovasculares

As doenças cardiovasculares (DCV) englobam a doença arterial coronária, o acidente vascular cerebral, a doença arterial periférica, a doença renal e a insuficiência cardíaca congestiva, constituindo-se na principal causa de morte do mundo industrializado (WHO, 2006).

Por ser classificada como fibra solúvel, a inulina efetivamente diminui o colesterol sérico e as concentrações do colesterol LDL, que tem papel central na patogênese da aterosclerose, podendo contribuir na proteção contra doenças coronárias (ANDERSON, 1990).

Essa ação sobre a diminuição do colesterol é decorrente de sua propriedade de formar gel, a diminuição da absorção de ácidos biliares e a ação dos ácidos graxos de cadeia curta produzidos na fermentação sobre a função hepática (ANDERSON, 1990).

Fortes (2005) e Passos; Park (2003) em seus estudos comprovaram que a administração de FOS na dose única de 11,5 g/dia e de 8 g/dia, por 5 semanas, em 46 pacientes hiperlipidêmicos, levou a redução em 6 mmHg da pressão diastólica.

Silva et al. (2007) realizaram estudos com indivíduos cujos níveis de lipídios séricos encontravam-se levemente alterados. Os autores observaram que 18 g/dia de inulina, promoveu reduções de 8,7 % e de 14,4 % nas concentrações séricas de colesterol total (CT) e de lipoproteína de baixa densidade (LDL-c), respectivamente.

2.5.3.2 Inulina e Diabetes *mellitus*

Diabetes *mellitus* é uma doença crônica que vem crescendo em prevalência e incidência, sendo considerado um dos problemas mais importantes de saúde pública mundial, afetando cerca de 2 a 5 % da população (HERNÁNDEZ et al., 2000).

Os mecanismos que as fibras exercem sobre a secreção e o metabolismo da insulina, não estão totalmente esclarecidos, mas sabe-se que uma dieta rica em fibras em animais aumenta a expressão do gene pro-glucagon e a secreção dos peptídeos derivados do glucagon, incluindo o Glucagon-like peptide-1 com capacidade de diminuir as taxas de esvaziamento gástrico, promover a inibição da secreção de glucagon e redução da utilização da glicose hepática, além de diminuir a quantidade de insulina exógena para o metabolismo da glicose (MASSIMINO et al., 1998; PASSOS; PARK, 2003).

Devido à presença de inulina na batata yacon e as evidências dos efeitos dessa no diabetes, estudos têm sido realizados, como o de Genta et al. (2009), que avaliaram os efeitos do xarope de yacon ingerido durante 120 dias. Os resultados mostraram benefícios em mulheres obesas, em pré-menopausa e com resistência a insulina, amostragem utilizada no experimento.

Rocha; Oliveira; Amorim (2013) avaliaram o efeito da inulina sob o perfil glicêmico de ratos com diabetes induzida. Os autores comprovaram que apesar de muitos autores afirmarem que a inulina atua na prevenção e no tratamento do DM 2, concluíram que esta não

deve ser utilizada como forma de tratamento isolado para o DM 2, podendo seus efeitos serem benéficos quando associada ao alimento.

2.5.3.3 Inulina e Câncer

A influência protetora e inibitória da inulina no desenvolvimento de câncer e crescimento de tumor vem sendo muito discutida há décadas (ROBERFROID, 1991). Esse prebiótico estimula seletivamente o crescimento de bifidobactérias e mantém em níveis baixos de microrganismos patogênicos como os bacteróides, clostrídios ou coliformes contribuindo assim na prevenção de câncer de cólon (GIBSON; ROBERFROID, 1995).

Os estudos mostraram que a administração de inulina promove aumento das bifidobactérias fecais, as quais diminuem o pH devido ao aumento da produção de ácido láctico, criando, portanto, um ambiente desfavorável para as bactérias patogênicas. Esse ambiente pode ainda inibir a modulação de enzimas bacterianas, como b-glicuronidase, capazes de converter procarcinógenos em carcinógenos (KULKARNI; REDDY, 1994; GIBSON; ROBERFROID, 1995; GIBSON et al., 1995).

Estudos mostraram que o consumo de inulina por ratos pode promover aumento na produção de macrófagos que são capazes de matar células cancerosas (COOPER; CARTER, 1986) e também aumentar a capacidade de detoxificação do fígado, com aumento significativo de glutathion-S-transferase e glucoronil transferase, ou seja, enzimas que exercem ação contra os produtos carcinogênicos (ROLAND; RABOT; UGON-BAUDON, 1996).

Outra hipótese para explicar mais um efeito benéfico da inulina seria o aumento dos níveis séricos de glutamina. Isso seria possível devido à fermentação da inulina e consequente produção de ácidos graxos de cadeia curta, os quais servem de substrato para a mucosa colônica, poupando dessa forma a glutamina, que é o substrato preferencial para o sistema linfático. Este, por sua vez, relaciona-se diretamente com as funções de defesa intestinais podendo, assim, melhorar o sistema imune sob várias circunstâncias (OLIVEIRA et al., 2006).

Garcia-Peris et al. (2012) estudaram o efeito do mix de inulina e fruto-oligossacarídeo (FOS) nos *lactobacillus* e *bifidobacterium* da microbiota intestinal de pacientes que estavam recebendo radioterapia. Os resultados mostraram que a radioterapia diminuiu significativamente os microrganismos da flora intestinal, no entanto, essa diminuição pode ser minimizada com a administração de inulina e FOS.

2.5.3.4 Inulina e Constipação

Em função da baixa ingestão de frutas e hortaliças, consequentemente ausência de fibras, inúmeros indivíduos sofrem com constipação, em especial as crianças (MAHAN; ESSOTT-STUMP, 2005). Além da prisão de ventre, outras enfermidades têm sido relacionadas como hemorróidas, diverticulite, câncer de cólon e de reto (LAJOLO et al., 2001).

A inulina promove uma influência na função intestinal pelo aumento da frequência das evacuações e amolecimento das fezes, particularmente em pacientes constipados (GIBSON; ROBERFROID, 1995). Essa ação na constipação deve-se à produção de AGCC, pelas bifidobactérias, que acelera o peristaltismo intestinal e, também, pelo aumento do bolo fecal (FORTES, 2006).

2.5.3.5 Inulina e Osteoporose

A osteoporose é definida como doença caracterizada pela perda de massa óssea e deterioração microestrutural do tecido ósseo, levando a maior fragilidade e o consequente aumento no risco de fraturas (WHO, 2006).

O consumo de inulina está relacionado com o aumento da absorção de cálcio, pois a diminuição do pH luminal promove aumento da concentração de minerais ionizados, e consequentemente ocorre elevação da solubilidade do cálcio e subseqüente estímulo a difusão passiva e ativa, provendo, portanto, efeitos sobre a prevenção da osteoporose (LOBO, 2004; CAPRILES; ARÉAS, 2012; NETTO CARDOSO et al.; 2012). O resumo das ações da inulina na prevenção da osteoporose está apresentado na Figura 10.

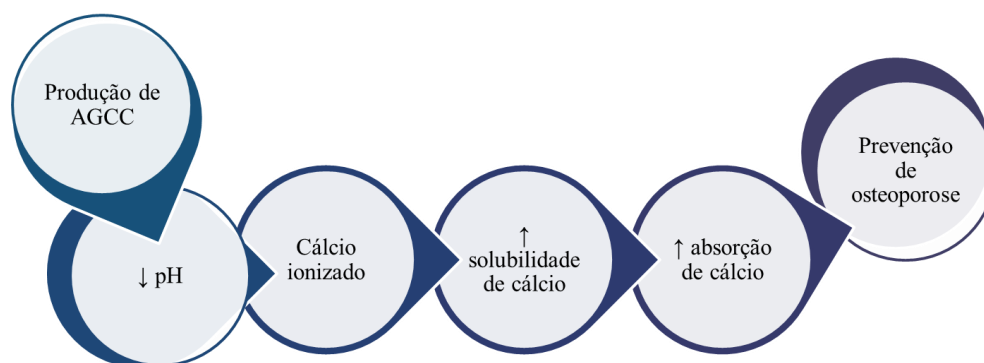


Figura 10. Ação da inulina na prevenção da osteoporose. Fonte: Lobo, 2004.

2.6 Processo de obtenção da inulina

Segundo Laurenzo; Navia; Neiditch (1999) tradicionalmente a extração de inulina em tubérculos está baseada em métodos que incluem lavagem, fatiamento ou moagem dos tubérculos; extração de inulina com água; tratamento do extrato com dióxido de carbono e cal; filtragem e recuperação da inulina por precipitação ou evaporação.

A importância do desenvolvimento de processos de extração de inulina de plantas é uma das maiores limitações enfrentadas pela indústria nos dias atuais: uma plantação inteira de raízes deve ser colhida e processada, em até dois meses, antes que as cadeias de inulina se quebrem em cadeias de frutose, diminuindo assim suas características tecnológicas e propriedades funcionais (LAURENZO; NAVIA; NEIDITCH, 1999)

Carvalho et al. (1998) extraíram frutanas (inulina) de raízes de *Vernonia herbacea*. As raízes foram fatiadas e fervidas em solução de etanol 80 % por 3 minutos para desnaturação enzimática. Posteriormente, colocadas em água à 80 °C por 15 minutos e centrifugadas por 15 minutos. O resíduo passou novamente pelos processos de fervura e centrifugação, e então submetido a duas extrações em água por 30 minutos a 60 °C. O sobrenadante foi concentrado, congelado, descongelado e centrifugado por 20 minutos a 5 °C.

Park et al. (2000), de acordo com as características de solubilidade em água, dependentes da temperatura, propuseram uma metodologia para obtenção de um concentrado de inulina a partir de raízes de chicória, utilizando a técnica de abaixamento de temperatura e

posterior separação física. Nesse processo, a inulina foi extraída das raízes de chicória por difusão em água quente. O extrato foi então filtrado e concentrado por evaporação. Posteriormente, concentrado e congelado. Após descongelamento dos extratos, foi realizada a separação física entre as fases sobrenadantes (líquida) e precipitadas (semelhante a um creme), obtidas pelo abaixamento de temperatura do extrato.

Leite (2001) avaliou o processo proposto em Park et al. (2000) e verificou que o congelamento do extrato líquido de inulina à temperatura de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi mais eficiente do que o resfriamento do extrato a $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou o congelamento do mesmo a $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$, o qual pode ser levado ao atomizador para a obtenção do produto em pó.

Franck (2002) produziu um extrato de inulina a partir de raízes de chicória. A extração foi realizada por difusão em água quente, seguido de processos de purificação, e posterior evaporação e secagem em *spray-dryer*.

Park et al. (2003) propuseram um processo de obtenção de inulina e seus subprodutos a partir de tubérculos. As etapas do processo foram extração da inulina das raízes secas, filtração da suspensão obtida, filtração com filtro de manta, obtenção dos sólidos, ultrafiltração ou separação por membranas, submissão das suspensões a um processo de concentração, secagem ou cristalização do concentrado, submissão do sólido grosso proveniente da etapa de filtração aos processos de obtenção do pó da raiz seca pobre em inulina.

Oliveira et al. (2004) determinaram as melhores condições e parâmetros de extração de inulina da raiz de chicória através do processo por difusão em água quente. Os resultados obtidos mostraram que a extração de inulina aumentava numa dependência linear com o aumento da temperatura do banho, da relação água-raiz e da interação temperatura/relação água-raiz. A extração de inulina de raízes de chicória diminuía numa dependência quadrática com o aumento da temperatura do banho e da relação água-raiz.

Cataldo et al. (2005) avaliaram a extração de inulina da raiz de chicória pelo processo de extração supercrítica. Os experimentos indicaram que o melhor resultado para a extração foi alcançado a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 150 bar.

López-Molina et al. (2005) extraíram a inulina da alcachofra utilizando uma solução aquosa. O extrato foi filtrado, concentrado por ultrafiltração, e posteriormente submetido a um processo de precipitação à baixa temperatura (-24 a $16\text{ }^{\circ}\text{C}$), seguido de centrifugação por 15 a 45 minutos. Os resultados obtidos evidenciaram uma tendência ao aumento da massa de inulina precipitada com o aumento do tempo de precipitação e decréscimo da temperatura, independente da velocidade e tempo de centrifugação. A precipitação de inulina apresentou rendimento máximo após 12 horas a $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Toneli et al. (2006) observaram que o congelamento do extrato concentrado de inulina, à temperatura de $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$, seguido pelo descongelamento à temperatura ambiente e centrifugação à velocidade de 10.000 rpm durante 15 minutos, resultou em um processo com grande concentração de inulina.

Silva et al. (2008) aperfeiçoaram o processo de extração aquosa a partir da raiz de chicória desidratada visando maximizar simultaneamente a concentração de soluto na solução e de inulina no extrato seco. Os resultados obtidos mostraram que o processo de extração aquosa da inulina de chicória, a partir da raiz desidratada, forneceu rendimentos elevados para temperaturas entre 70 e $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a razão água:substrato entre 4:1 e 6:1, respectivamente..

Galante (2008) realizou uma modelagem e simulação do processo de extração de inulina a partir do alho (*Allium sativum* L. var. chonan) em batelada para diferentes temperaturas. Foram testados dois modelos para a isoterma de extração, modelo de Freundlich

e Langmuir. Verificaram que o processo de extração da inulina foi governado pelo mecanismo de difusão no interior da partícula, justificando os longos tempos de extração observados experimentalmente.

2.7 Liofilização

A liofilização também conhecida como criosecagem (*freeze-drying*), é um tipo especial de desidratação por sublimação ou transformação direta do gelo do alimento em vapor d'água, sem passar pelo estado de água líquida (IBARZ; BARBOSA-CÁNOVAS, 1999; ORDÓÑEZ et al., 2005; GAVA, 2008). Como nesse processo são utilizadas baixas temperaturas, as características químicas, nutritivas e sensoriais do produto final são preservadas, e muito similares às do produto fresco (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Baruffaldi; Oliveira (1998) afirmam que líofilo significa “amigo do solvente”, o que define com fidelidade as características dos produtos liofilizados: altamente higroscópicos e de fácil dissolução na água. Destaca ainda, que o primeiro produto liofilizado foi o vírus da raiva, em 1911.

Dependendo das condições de temperatura e de pressão, toda substância pode se apresentar sob um dos três estados de agregação: sólido, líquido ou gasoso. No entanto, em um sistema de coordenadas cartesianas, sob determinadas condições de temperatura e pressão, podem coexistir três fases, conhecida como “ponto triplo”, indicado na Figura 11 (GAVA, 2008).

Quando a temperatura e a pressão são mantidas mais baixas que a do ponto triplo, a fase líquida deixa de existir e a substância passa diretamente do estado sólido para o estado gasoso e vice-versa. Como o ponto triplo da água corresponde a temperatura de 0°C e pressão de 4,7 mmHg, todo processo de liofilização deve ser feito em condições de temperatura e pressão inferiores a estas do ponto triplo (GAVA, 2008).

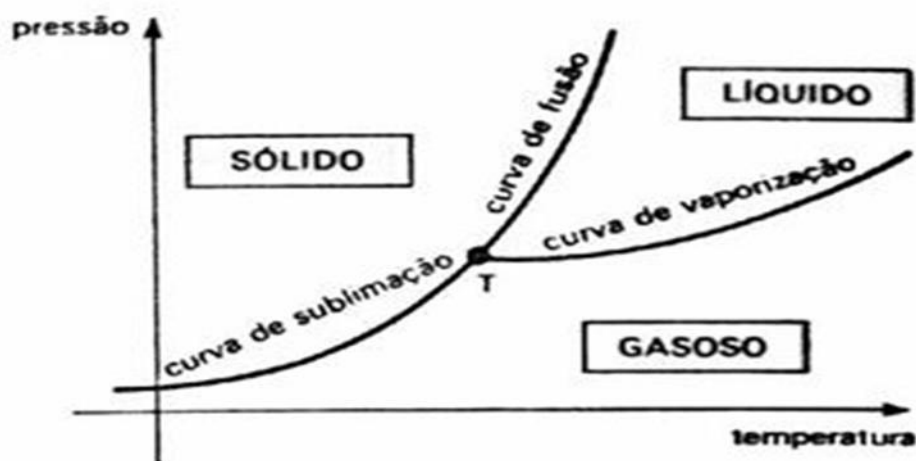


Figura 11. Ponto triplo das substâncias. Fonte: adaptado GAVA, 2008.

O processo de liofilização apresenta uma série de vantagens: produtos com estrutura preservada, fáceis de dissolver, fáceis de (re) hidratar; reduzidas alterações sensoriais e

nutricionais; manutenção da atividade em materiais sensíveis como os microrganismos probióticos; e pode ser considerado um processo não poluidor, pois a quantidade de água residual é baixa (1 a 3%) (MARQUES, 2008; ORDÓÑEZ et al., 2005; FELLOWS, 2006 e PEREDA, 2005).

A liofilização também apresenta desvantagens: é um processo caro, em função de o equipamento apresentar alto custo e do grande custo energético; processo muito demorado; e produtos com grande higroscopicidade (MARQUES, 2008; ORDÓÑEZ et al., 2005; FELLOWS, 2006 e PEREDA, 2005).

Atualmente, novas tecnologias que permitam processar o alimento na forma de pó têm sido empregadas, fazendo com que o consumidor tenha acesso a qualquer período do ano ao alimento, como leite, as frutas e hortaliças e outros (IBARZ; BARBOSA-CÁNOVAS, 1999), que mantenham ao máximo as características sensoriais e nutricionais dos produtos (TOLDRA, 2003), que seja um processo altamente eficiente, aumentando significativamente o tempo de prateleira do produto e diminuindo a demanda por espaço físico para sua armazenagem (MARTINS et al., 2012).

Spagnol et al. (2005) avaliaram a viabilidade e sobrevivência de bactérias lácticas em iogurtes liofilizados, visando a elaboração de um pó de cultura para fabricação de iogurtes. Após análises físicas, químicas e microbiológicas concluiu-se que a liofilização de iogurtes permite obter bactérias lácticas viáveis. Além de fácil reconstituição do produto, possibilitando assim, o seu uso como culturas para a produção de iogurte.

Cavalcanti et al. (2005) avaliaram os efeitos da liofilização sobre as características químicas e sensoriais de graviola. Os resultados obtidos mostraram que o processo de liofilização é capaz de conservar grande parte das características do fruto *in natura*. Em relação ao perfil nutricional, os valores foram alterados em função da concentração do produto.

Tattini Jr; Parra; Pitombo (2006) verificaram a influência da taxa de congelamento no comportamento físico-químico e estrutural durante o processo de liofilização em albumina bovina. Os pesquisadores observaram que a albumina liofilizada com taxa de congelamento de 2,5 °C/min apresentou maior alteração estrutural quando comparada à albumina liofilizada com taxa de congelamento de 30 °C/min.

Meneses; Torres; Sabaa Srur (2008) estudaram as características da polpa de açaí congelada. Diante dos resultados obtidos na avaliação da composição nutricional da polpa de açaí liofilizada, os autores concluíram que a liofilização é uma excelente alternativa de conservação da polpa de açaí, pois é capaz de manter os componentes nutricionais encontrados na mesma.

Oliveira et al. (2010) estudaram o processo de obtenção de polpa ubaia (fruta levemente agridoce, originária da Floresta Amazônica) desidratada por liofilização. Após análises químicas, físicas e físico-químicas da ubaia, *in natura* e desidratada, os pesquisadores concluíram que o processo de liofilização não afetou significativamente as características originais dessa polpa.

Caspirano Sobrinho et al. (2011) avaliaram a influência do processo de liofilização na composição química, perfil de aminoácidos e atividade de água apresentados pelo filé de sardinha (*Opisthonem aoglinum*) laje. Os resultados obtidos demonstraram que a liofilização foi um método eficiente, pois manteve as concentrações dos aminoácidos essenciais, promoveu a diminuição da atividade de água e manteve a textura do produto. Portanto, apesar desse processo de secagem ser considerado caro, compensa o seu investimento, pois prolonga o armazenamento do produto, permite que as características físicas do pescado liofilizado

mantenham-se similares as características físicas do produto fresco após o processo de liofilização, sendo uma boa opção em períodos de entressafra.

Martins et al. (2012) estudaram a liofilização como alternativa de conservação para o leite humano. Amostras de leite humano procedentes do Banco de Leite da cidade de Taubaté-São Paulo foram submetidas à liofilização e analisadas quanto ao teor de proteínas, lipídeos, glicídios e cálcio. Os resultados mostraram que o processo de liofilização como técnica de conservação é muito favorável, pois manteve as características nutricionais, permitiu condições favoráveis para reconstituição do leite, inibiu a contaminação microbiológica e garantiu armazenamento do produto a temperatura ambiente.

Portanto, em virtude da importância do aproveitamento de resíduos agroindustriais, em especial do açaí, uma fruta de grande consumo devido suas propriedades nutricionais e funcionais, esse estudo tem como objetivo elaborar uma farinha com os caroços de açaí; avaliá-la quanto as suas características químicas, físicas, físico-químicas, microbiológicas, tecnológicas e funcionais, determinar uma metodologia de extração para a inulina, agregando assim valor ao agronegócio do açaí.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Matéria-prima

Os caroços de açaí foram fornecidos por uma propriedade agrícola do Estado do Pará, de frutos que foram despulpados na própria unidade agrícola. Depois de secos ao sol foram enviados, acondicionados em caixas de papelão, para o Laboratório de Processamento de Alimentos (LAPAL) do Instituto de Nutrição Josué de Castro (INJC) – UFRJ.

3.2 Produção da farinha de caroço de açaí

Inicialmente, os caroços de açaí foram higienizados em água potável e desidratados em estufa ventilada a 60 °C por 40 horas. Secos, foram triturados em moinho de facas (TECNAL TE-360) e a farinha obtida foi acondicionada em sacos plásticos constituídos de nylon e polietileno, com alta proteção ao vapor d'água e oxigênio atmosférico. Após fechados a vácuo foram rotulados e estocados sob refrigeração (Figuras 12 e 13)

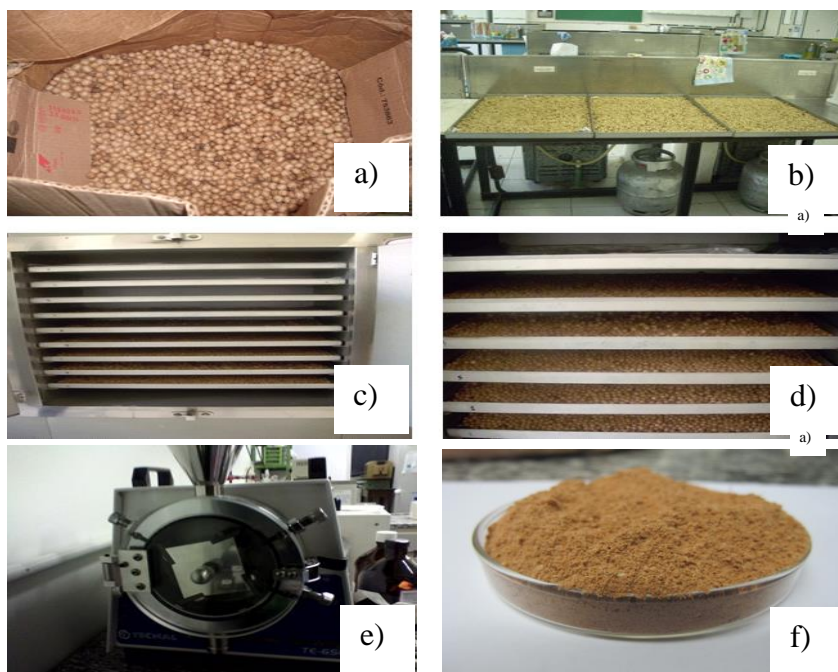


Figura 12. Etapas do processamento de obtenção da FCA. a) recepção dos caroços de açaí. b) disposição em bandejas. c) e d) secagem em estufa ventilada. e) Moagem. f) Farinha de caroço de açaí.

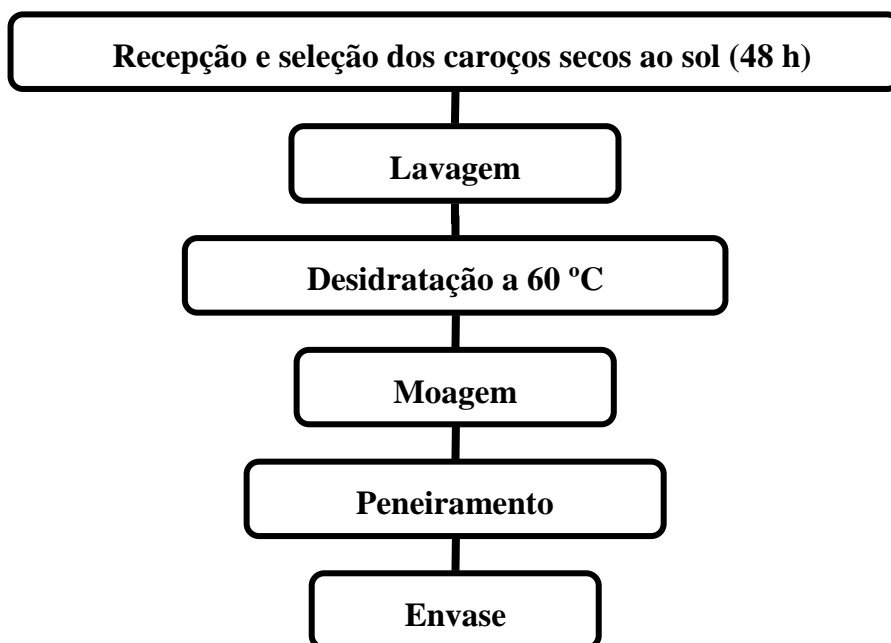


Figura 13. Etapas de Processamento da Farinha de Caroço de Açaí

3.3 Caracterização da matéria prima.

Foram realizadas as seguintes análises em sextuplicata na farinha do caroço do açaí, as análises foram realizadas no laboratório de processamento de alimentos da UFRJ, na Embrapa-Agroindústria de Alimentos RJ, laboratório de Ressonância Magnética Nuclear UFRRJ, laboratório de alimentos do Instituto Federal de Educação campus Maracanã e Nilópolis, laboratório de microscopia eletrônica UFRJ.

- **Umidade** - a umidade foi determinada por gravimetria e consistiu das pesagens das farinhas de caroços em pesa-filtros previamente tarados e aquecidos em estufa a 105°C até a obtenção de pesos constantes, conforme recomendações dos Métodos físico-químicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (SÃO PAULO, 2008). Os resultados foram expressos em g de umidade/100 g de amostra.
- **Atividade água** - determinada em medidor de atividade de água *Aqualab*, modelo Series 3 TE;
- **Extrato etéreo** – foi determinado pelo método de Soxhlet com éter etílico, conforme recomendações dos Métodos físico-químicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (SÃO PAULO, 2008). Os resultados foram expressos em g de lipídios totais / 100 g de amostra.
- **Proteína bruta** - os teores de nitrogênio total foram determinados através do método de micro-Kjeldahl, conforme recomendações dos Métodos físico-químicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (SÃO PAULO, 2008). O conteúdo de nitrogênio encontrado em cada amostra foi multiplicado por 5,75 para definir o percentual de proteína bruta (AACC, 1995). Os resultados foram expressos em g de proteína total ou bruta / 100 g de amostra.
- **Resíduo mineral fixo (cinzas)** - as amostras foram previamente carbonizadas em chapas aquecidas e posteriormente submetidas à incineração. As cinzas foram

determinadas após ignição de toda matéria orgânica em mufla aquecida a 550°C, conforme recomendações dos Métodos físico-químicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (SÃO PAULO, 2008). Os resultados foram expressos em g de cinzas / 100 g de amostra.

- **Fibra total (solúvel e insolúvel)** - as frações de fibra alimentar foram determinadas segundo as recomendações dos Métodos físico-químicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (SÃO PAULO, 2008). Os resultados de ambas as determinações foram expressos em g de fibra solúvel ou insolúvel / 100 g de amostra.
- **Glicose, Celulose, Hemicelulose e Lignina** – Foram determinadas de acordo com as metodologias estabelecidas por Sluiter et al. (2005); Ververis et al., (2007).
- **Carboidratos** – a determinação dos carboidratos totais foi calculada pela diferença entre 100 e a soma do conteúdo de proteínas, gorduras, fibra alimentar, umidade e cinzas, realizadas através do método por cálculo (por diferença) (BRASIL/ANVISA, 2001).
- **Valor Calórico** – foi determinado de acordo com a fórmula: $(4 \times C) + (9 \times G) + (4 \times P)$, onde C = carboidratos; G = lipídios e P = proteínas, usando, portanto, os fatores de Atwater (BRASIL/ANVISA, 2001).
- **Acidez total titulável** - acidez total foi determinada por titulação com solução de NaOH 0,1 M em presença de fenolftaleína e os resultados expressos em g de NaOH/100 g da amostra, conforme recomendações dos Métodos físico-químicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (SÃO PAULO, 2008).
- **pH** – foi mensurado com auxílio de potenciômetro com ajuste automático de temperatura, devidamente padronizado com soluções tampões pH 7 e pH 4, conforme recomendações dos Métodos físico-químicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (SÃO PAULO, 2008).
- **Perfil de Aminoácidos** - As amostras foram desengorduradas com hexano e hidrolisadas em ampolas de vidro com 1mg de proteína/mL de HCl 6N, seladas sob N₂ e vácuo e deixados em estufa de secagem (Fanem, Brasil) por 22 horas a 105 °C. Alíquotas do hidrolisado foram pipetadas e levadas para a evaporação do ácido, em dessecador sob vácuo constante por 12 horas, com sílica recém ativada. As amostras foram ressuspensas em HCl 20 mM, tampão borato (pH 8,8) e logo depois foi adicionada uma solução de AMQ (carbamato de 6-aminoquinolil- N-hidroxisuccinimidila), sendo que a reação foi completada com aquecimento a 55 °C por 10 minutos. As amostras já derivatizadas foram, então, transferidas para frascos de injetor automático e analisadas por cromatografia líquida de alta eficiência. O cromatógrafo utilizado foi Waters Alliance 2695 (Waters, Estados Unidos da América), com detectores de fluorescência 2475 e de arranjo de fotodiodos 2996 (PDA) em linha. Utilizou-se uma coluna Nova-Pak® C18, 3,9 × 150 mm, de 4 mm (Waters, Estados Unidos da América), a 37 °C. Foi feito um gradiente ternário, composto por tampão acetato (pH 5,05), acetonitrila e água. Os cromatogramas foram extraídos no PDA a 254 nm, enquanto o detector de fluorescência foi ajustado em 250 nm e 395 nm como comprimento de excitação e emissão, respectivamente, sendo 40 minutos o tempo de corrida (PORTE, 2006; PORTE et al., 2010).
- **Perfil de Minerais** - foi realizado por espectrofotometria de massa com plasma indutivamente acoplado no modo semi-quantitativo, com auxílio do equipamento ELAN 6000 da Perkin Elmer-Sciex (AOAC, 2012).

- **Perfil de ácidos graxos** - A fração lipídica foi extraída pelo método de Bligh e Dyer (1959) e submetidas à saponificação e metilação, de acordo com a metodologia de Joseph e Ackman (1992). Os ésteres de ácidos graxos obtidos foram quantificados em um cromatógrafo gasoso CG INTECROM G-8000 (FDI), com auxílio de uma coluna capilar de sílica fundida, CP – Sil 88 100m x 0,25mm, 0,20µm (espessura do filme ou ID), e com as seguintes condições cromatográficas: detector de ionização de chamas a 260 °C, split (1:50); H2 a 1 mL/min – 12 psi (gás de arraste); N2 a 30 mL/min - gás make-up; Programação de rampa (forno): 140 °C (5min) – eleva-se a 5°C/min até 240°C – permanece em 240 °C (40min), procedimentos na metodologia preconizada por Mazalli e Bragagnolo (2007).
- **Antocianinas totais** – consistiu em efetuar leitura espectrofotométrica do extrato em tampão pH 1,0 e pH 4,5, baseou-se na sensibilidade desses compostos ao pH. Elevou-se o pH para 4,5 estabeleceu-se condições em que as antocianinas praticamente não apresentem coloração, com menor absorção de energia. Por outro lado, abaixou-se o pH para em torno de 1,0, para que os pigmentos exibissem coloração intensa. A diferença de absorvância foi observada espectrofotometricamente, por diferença direta, estimando a fração real de antocianina presente (FULEKI e FRANCIS, 1968).
- **Análise de cianidina-3-O-glicosídeo e cianidina-3-O-rutenosídeo** – A extração foi realizada na FCA usando um extrator acelerado por solvente (EAS) e metanol a 100 °C e 10,3 pressão MPascal. Os extratos obtidos foram analisados quanto a cianidina-3-O-glicosídeo e cianidina-3-O-rutenosídeo utilizando o método de cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas sequencial (CL- MS / MS) (DUPUREUR et al. 2012).
- **Atividade antioxidante pelo método de captura do radical ABTS•+ [2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolin)-6- sulfônico]** - A atividade antioxidante equivalente ao Trolox foi determinada de acordo com procedimento proposto por Re et al., (1999), com modificações. Inicialmente, foi feito o radical ABTS+, a partir da reação de ABTS 7 mM com persulfato de potássio 140 mM, depois de homogeneizados foram armazenados à temperatura ambiente e na ausência de luz, por 16 h. Transcorrido esse tempo, a solução foi diluída em etanol até a obtenção de uma solução com absorvância de 0,70 nm (±0,02). Para realizar as análises, foi adicionada alíquota de 30 µL de cada diluição do extrato para tubos de ensaio com 3,0 mL do radical ABTS•+ e homogeneizado em agitador de tubos. Realizou-se a leitura (734 nm) após 6 minutos da mistura e utilizar o álcool etílico, como branco, para calibrar o espectrofotômetro. Como solução padrão, utilizou-se o antioxidante sintético Trolox nas concentrações de 100 a 2000 mM em etanol. Os resultados foram expressos em mM de Trolox por grama de amostra (ALVES et al., 2013).
- **Atividade antioxidante**– a metodologia utilizada para determinação da atividade total foi a adaptada do descrito por Rufino et al., 2007; Sánchez-Moreno et al., 1998; e Brand-Williams et al.,1995. Em resumo, foram preparados extratos das amostras utilizando metanol a 80 % a 70 °C por 10 minutos, sendo homogeneizados e filtrados, em repetida operação e posteriormente concentrados em rotavapor a 40° por 15 minutos. A absorvância foi medida a 517 nm após 15, 30 e 60 minutos de reação (Absamostra). A partir dos valores obtidos foi calculada a percentagem de DPPH• consumido, obtida segundo a equação 1:

Equação 1.
$$\%DPPH \bullet = \frac{100 - [(Abs_{amostra} - Abs_{branco}) \times 100]}{Abs_{controle}}$$

- **Fenólicos Totais** – A determinação de fenólicos totais na FCA seguiu a metodologia descrita por Singleton; Rossi (1965). Uma alíquota 500 µL foi misturada a 2,5 ml do reagente Folin Ciocalteau 10 %, foi mantida em repouso em temperatura por 2 minutos, depois acrescentou-se 2ml de solução de carbonato de sódio, os tubos foram homogeneizados em vórtex e levados ao banho-maria a 50°C por 15 minutos. Em seguida, foram levados ao banho de gelo por 30 segundos e, a absorbância foi mensurada a 760 nm. O tempo entre a adição da solução Folin e a leitura do espectro não ultrapassou 30 minutos. O conteúdo de fenólicos totais foi calculado por meio de curva-padrão de ácido gálico. Os resultados foram expressos em g/100g de ácido gálico de amostra em base seca (b.s.).
- **Microscopia Eletrônica de Varredura** – Uma pequena porção da FCA foi retirada e levada ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) para análise da microestrutura. O microscópio utilizado para visualização das amostras foi o MEV JSM – 6460LV – *Scanning electron microscope*. Foram avaliadas as imagens geradas pelos elétrons secundários, acelerados a uma tensão de 5 kV. As imagens foram capturadas na forma digital (TONELLI et al., 2008).
- **Ressonância Magnética Nuclear** – Para a análise utilizou-se um espectrômetro NMR Bruker Avance DRX300, equipado com uma Sonda 7 mm CPMAS. A FCA foi moída até obter-se um pó fino com 500 µm. Foi colocada num rotor de 7 mm e centrifugada a 5 kHz. A frequência de operação foi 300,13 MHz para próton e 75,48 MHz para o carbono (DIXON et al. 1982).

3.4 Características tecnológicas das farinhas de açaí

Foram determinadas as seguintes análises em triplicata:

- **Índice de solubilidade em água (ISA)** - foi determinado conforme método descrito por Anderson et al. (1969), que consistiu em transferir alíquota da amostra para tubo de centrifuga contendo 30 mL de água destilada. Os conteúdos foram misturados num agitador por 30 min. Após completar a mistura os tubos foram centrifugados a 2.300 rpm por 10 min. O sobrenadante foi transferido para uma placa de petri previamente pesada que depois de seca até peso constante a 100 °C, onde foram determinados os sólidos solúveis. O ISA foi calculado em relação a 100 g de amostra.
- **Absorção de água (AA)** - foi mensurada, segundo o método descrito por Sosulski (1962) que consistiu em transferir amostras para tubos de centrífuga de 50 mL contendo 30 mL de água destilada. O sistema foi agitado por 30 segundos e deixado em repouso por 10 min. Em seguida centrifugado a 2.300 rpm por 25 min, e o sobrenadante esgotado. Após isso, o tubo foi inclinado para baixo (ângulo de 15 a 20°), numa estufa a 50 °C com circulação de ar, durante 25 min.
- **Absorção de gordura (AG)** - foi determinada, conforme método de Dench; Rivas; Caygill (1981). Amostras foram transferidas para tubos de centrífuga contendo óleo de soja na proporção de 1:6 (m:v). Os conteúdos foram misturados durante 30 segundos, deixados em repouso por 30 min e centrifugado a 3.000 rpm por 25 min. O excesso de

óleo foi drenado e o tubo invertido por 30 min. AG foi determinado por gravimetria e o resultado expresso como g de óleo retido em relação a 100 g de amostra.

- **Capacidade Emulsificante (CE)** - foi determinada, segundo o método de Dench; Rivas; Caygill (1981). As amostras foram suspensas em água destilada na proporção 1:16 (m:v) e o pH da suspensão ajustado para 7,0 com NaOH ou HCl. Depois de ser agitada por 15 min, o pH da suspensão foi verificado e ajustado novamente, quando necessário, e o volume final completado para 50 mL. Na suspensão foram adicionados 50 mL do óleo de soja e misturados à máxima velocidade por 3 min, usando-se batedor Mixer. A emulsão obtida foi dividida entre dois tubos de centrífuga e centrifugada a 3.000 rpm por 5 min (1.300 G). A CE foi calculada pela Equação 2.

Equação 2.
$$\%CE = \frac{(\text{Altura da camada emulsificante} \times 100)}{\text{Altura total do fluido}}$$

- **Expansão de Espuma (EE)** - Alíquotas de farinha, foram suspensas em água destilada na proporção 0,9:30 (m:v) e agitada à máxima velocidade com Mix Walita durante 3,5 min. A mistura foi imediatamente transferida para uma proveta de 100 mL, sendo determinados os volumes de espuma e de líquido coletado no fundo da proveta, em diferentes tempos (0, 30, 60 e 120 min), conforme metodologia estabelecida por Wang; Caballero-Córdoba; Sgarbieri (1992). O cálculo da expansão de espuma, expresso em percentagens (Equação 3), foi realizado, conforme o método descrito por Lawhon; Cater; Matil (1972):

Equação 3.
$$\%EE = \frac{(V. \text{após a agitação} - V. \text{antes da agitação}) \times 100}{V. \text{antes da agitação}}$$

- **Granulometria** - foi realizada utilizando-se jogo de cinco peneiras com 20, 42, 48, 60 e 150 mesh, ABNT (2002). Alíquotas de 100 gramas de amostra foram colocadas em peneiras previamente taradas e levadas ao agitador por 10 minutos. Após esse período as peneiras foram pesadas, fornecendo as porcentagens retidas de farinha em cada faixa granulométrica, conforme a AOAC (2012).

3.5 Análises microbiológicas da FCA

Para o estudo da qualidade higiênico-sanitária da farinha de caroço de açaí foram realizadas pesquisas de *Salmonella* sp, contagem de coliformes à 35°, coliformes a 45°, estafilococos coagulase positiva e *Bacillus cereus* segundo *Compendium of Methods for the Microbial Examination of Foods* (BRASIL, 2003). Apesar de não existir padrões para Farinha de Caroço de Açaí, as interpretações dos resultados foram realizadas com base na RDC/ANVISA nº12/2001, Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos, para o grupo 2, onde estão incluídas as farinhas tradicionalmente utilizadas na alimentação (BRASIL, 2001).

3.6 Extração da Inulina

A extração de inulina foi realizada de acordo com metodologia previamente testada no Laboratório de Processamento de Alimentos (LAPAL) INJC/UFRJ, adaptada de Haully et al. (1992), Fontana et al. (1994) e Grzybowski (2008). Figura 14.

FCA previamente preparada foi homogeneizada em liquidificador comercial L-40 Mondial com água destilada. A suspensão foi aquecida e sob agitação de 2.500 rpm, o pH foi ajustado entre 6,5 e 7,0 com solução tampão de fosfato (pH = 7). Em seguida a suspensão foi clarificada através de filtrações sucessivas, à vácuo em filtro de algodão para retenção das fibras celulósicas insolúveis e posteriormente em camada de terra diatomácea.

No filtrado foi adicionado gotas de tolueno como bacteriostático e fungistático, e armazenado em câmara fria (-18° C) durante 72 h para a precipitação da fração polidispersa de maior massa molecular. A amostra foi então centrifugada e o sobrenadante da centrifugação foi tratado com dois volumes de etanol anidro para a precipitação (temperatura de 8° C) da fração de menor massa molecular.

Os dois precipitados adicionados de acetona (dois volumes) foram centrifugados e reunidos constituindo a inulina bruta (pó de coloração creme clara) que redissolvida em água quente foi rapidamente filtrada (à vácuo) através de uma camada de DEAE-celulose para a retenção de pigmentos coloridos, heteroxilanas ácidas e quaisquer outros componentes de caráter aniônico ou passíveis de adsorção em celulose derivatizada.

O percolado foi reprecipitado com dois volumes de etanol anidro, centrifugado e a massa de inulina congelada e posteriormente seca em liofilizador, constituindo então a inulina purificada (pó esbranquiçado). A inulina resultante foi passada por um tamiz ABNT/ASTM 2002 e armazenada em frascos de vidro.

3.7 Otimização do processo de extração da inulina

3.7.1 Planejamento experimental

Para avaliar a influência das variáveis de processo sobre a produção de inulina, os ensaios experimentais foram realizados de acordo com o planejamento fatorial, incluindo 6 pontos centrais (nível 0) repetidos, 8 pontos fatoriais representados pelo vértice do cubo e 6 pontos axiais, totalizando 20 ensaios (Quadro 1), onde as variáveis estudadas foram proporção solvente/substrato, temperatura de cocção da FCA e tempo, sendo o solvente a água.

- Variável 1: proporção de solvente/substrato, volume de água para g de amostra de FCA. Foram avaliadas as proporções de 8:1; 4:1 e 2:1.
- Variável 2: temperatura de extração da inulina. Foram avaliadas as temperaturas de 60, 80 e 100°C.
- Variável 3: tempo de manutenção na temperatura pré-estabelecida durante a extração da inulina. Foram avaliados os tempos 10, 20 e 30 min.

As respostas analisadas foram os rendimentos mássicos de precipitação de sólidos. Para cada tratamento foi utilizada 100 g de FCA.

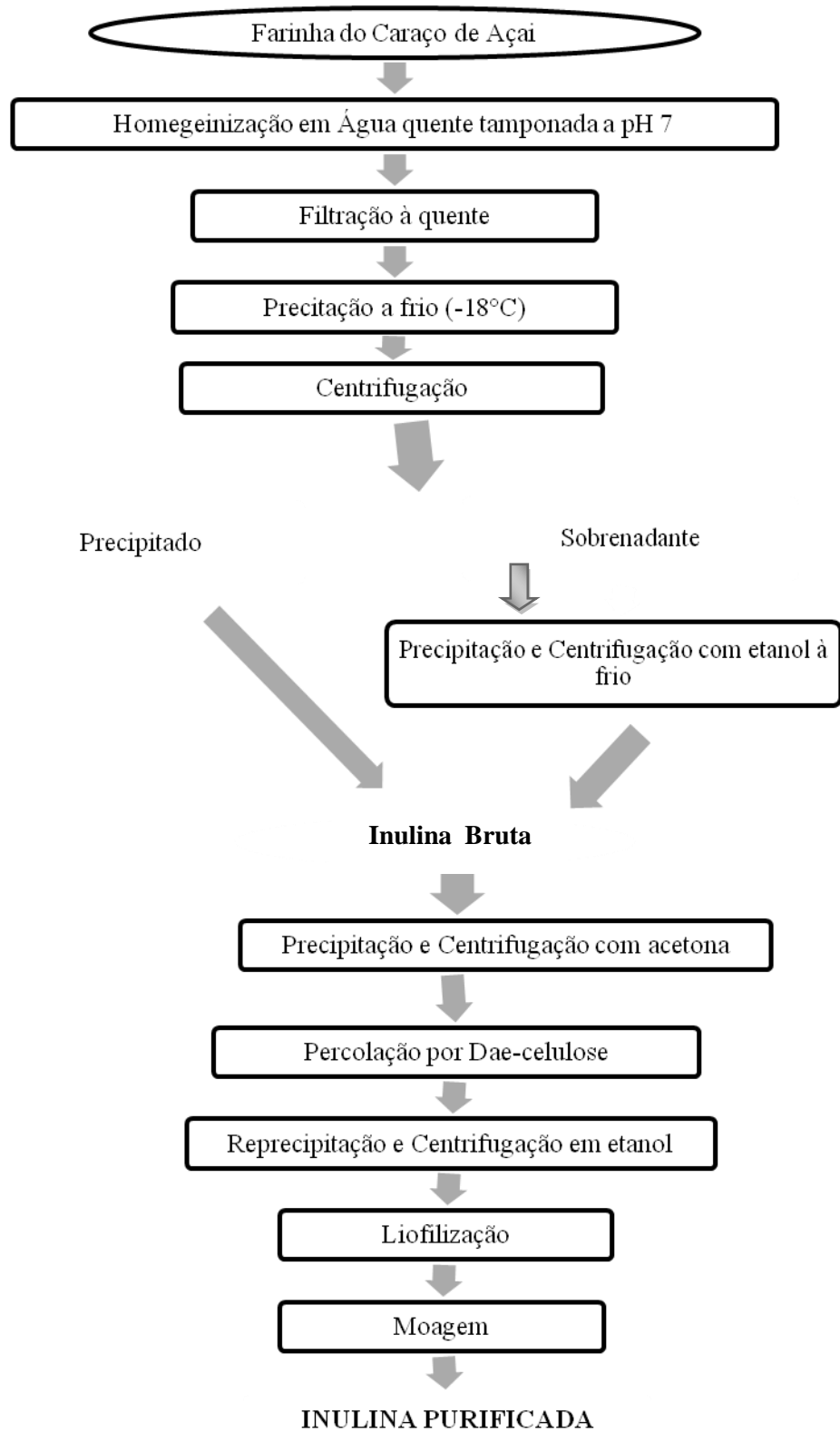


Figura 14. Etapas de extração de inulina a partir do caroço de açáí.

A análise dos efeitos da concentração de solvente e da temperatura de precipitação sobre as respostas foram realizadas através da metodologia de superfície de respostas no programa Designer Expert. As variáveis que apresentaram $p < 0,05$ foram consideradas significativas.

Quadro 1. Planejamento experimental da extração de inulina a partir do caroço de açaí (níveis codificados).

TRATAMENTOS	TEMPERATURA (°C)	CONCENTRAÇÃO (ÁGUA: FCA)	TEMPO (Min)
1	60	08:01	10
2	100	08:01	10
3	60	02:01	10
4	100	02:01	10
5	60	08:01	30
6	100	08:01	30
7	60	02:01	30
8	100	02:01	30
9	60	04:01	20
10	100	04:01	20
11	80	08:01	20
12	80	02:01	20
13	80	04:01	10
14	80	04:01	30
15	80	04:01	20
16	80	04:01	20
17	80	04:01	20
18	80	04:01	20
19	80	04:01	20
20	80	04:01	20

3.7.2 Rendimento mássico dos diferentes tratamentos de extração de inulina

Os precipitados de inulina obtidos nos diferentes ensaios foram caracterizados de acordo com o rendimento mássico calculado como a razão entre a massa total de sólidos no precipitado e a massa total de sólidos no extrato concentrado que foi levado à centrífuga. Cada tratamento foi obtido a partir de 100 g de FCA.

3.8 Caracterização do precipitado de inulina obtido a partir do melhor tratamento e inulina comercial

Após determinadas as melhores condições do processo (solvente/substrato e temperatura de extração) foi realizada a obtenção de inulina. No produto obtido e na inulina comercial (padrão SIGMA) foram avaliadas a concentração de inulina e as propriedades químicas e tecnológicas.

3.8.1 Concentração de inulina

As análises de concentração de inulina foram realizadas no Instituto Federal de Educação do Rio de Janeiro, campus Nova Iguaçu, através da cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), em sistema cromatográfico Waters, com coluna Aminex HPX-87C (250 mm X 4 mm), detector de índice de refração Waters, modelo 10 A, bomba para CLAE Waters modelo M-45. A fase móvel utilizada foi água a 0,3 mL/min, com um volume injetado de 20 µL. A temperatura da coluna foi de 80 °C e a do detector de 40 °C. As análises foram realizadas em triplicata.

A quantificação foi baseada no padrão de inulina preparado com a amostra de inulina obtida de raízes de chicória e fornecidas pela SIGMA.

3.8.2 Caracterização da inulina por hidrólise com ácido cítrico.

As hidrólises cítricas foram realizadas com soluções de inulina a 5% (m/v), de acordo com Grzybowski (2008). Foram pesadas 250 mg de inulina e diluídas em ¾ da quantidade final (5 mL) de água destilada. Para completar o volume foram utilizadas duas soluções de ácido cítrico (10 % e 1 %), até atingir o pH desejado (faixa de 1,75 a 3,25). A seguir, as soluções foram levadas ao banho-maria com temperatura de 80 °C e tempo de hidrólise de 30 minutos. Os hidrolisados cítricos foram analisados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), conforme descrito no item 3.8.3

3.8.3 Caracterização química, física e físico-química da inulina obtida a partir da FCA

As análises de umidade, atividade de água, extrato etéreo, proteínas, cinzas, fibras, antocianina, microscopia eletrônica de varredura, acidez e pH foram realizadas, conforme descrito no item 3.3. As propriedades tecnológicas da inulina foram caracterizadas conforme metodologias descritas no item 3.4

3.8.4 Cor

A cor foi determinada utilizando-se um colorímetro Minolta CR 400. No padrão C.I.E $L^*a^*b^*$, a coordenada L^* expressa o grau de luminosidade da cor medida ($L^* = 100 =$ branco; $L^* = 0 =$ preto), a coordenada a^* expressa o grau de variação entre o vermelho (+60) e o verde (-60) e a coordenada b^* expressa o grau de variação entre o azul (-60) e o amarelo (+60). Os valores a^* e b^* foram utilizados para calcular o ângulo Hue [$\arctan(b^*/a^*)$] e o Croma [$(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$].

3.8.5 Ressonância magnética Nuclear (RMN)

Os espectros de Ressonância Magnética Nuclear de Hidrogênio (RMN ^1H) e de Carbono (RMN ^{13}C) foram obtidos em espectrômetro Bruker Advance II 9,4 T (500 MHz para ^1H e 100 MHz para ^{13}C). Os solventes utilizados foram água deuterada (D_2O), CDCl_3 (clorofórmio deuterado), DMSO (dimetil sulfoxido) e MEOD (metanol deuterado) como referência interna foi usado o tetrametilsilano (TSM). Os deslocamentos químicos (δH) são indicados em ppm e as constantes de acoplamento (J) em Hertz (Hz).

Acetilação das amostras: As amostras padrão e a obtida a partir da FCA foram acetiladas através da adição de piridina e anidrido acético, a solução foi deixada em repouso por 24h. Após esse período adicionou-se água destilada gelada no funil de decantação e extraiu-se com clorofórmio três vezes. Lavou-se a solução clorofórmica com ácido clorídrico 10%, três vezes, seguido de água destilada. A solução foi seca com sulfato de sódio anidro e após evaporação do solvente em evaporador rotativo sob vácuo obtiveram-se os resíduos dos produtos acetilados (ALVES et al., 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização física, química e físico-química da matéria prima.

Os resultados da composição física, química e físico-química proximal da farinha de caroço de açaí (FCA) encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Composição química da farinha de caroço de açaí.

Determinações	FCA±DP
Umidade (g/100g)	3,85±0,01
Cinzas (g/100g)	1,58±0,03
Proteína (g/100g)	3,03±0,06
Lipídeos (g/100g)	2,19±0,08
Carboidratos totais (g/100g)	26,66±2,87
Glicose (g/100g)	0,09±0,02
Fibra Solúvel Total(g/100g)	0,86±0,02
Fibra Insolúvel Total (g/100g)	62,13±1,19
Valor energético total (kcal)	137,27±11,28
DP-desvio padrão	

Tabela 02. Análises físicas e físico-químicas da FCA.

Determinações	FCA
Atividade de água	0,47±0,00
Acidez Total Titulável (meqNaOH%)	0,01±0,00
pH	5,80±0,06
Sólidos Solúveis Totais (SST)	19,94±0,00

4.1.1 Umidade

O caroço de açaí apresentou umidade de 35,98±0,092 g/100g de amostra, enquanto que a da FCA foi de 3,85 %, ou seja, aproximadamente 10 vezes menor. Valor este que está de acordo com a legislação brasileira, que estabelece até 15 % de umidade para farinhas comerciais como margem de segurança durante a estocagem (BRASIL, 1998).

4.1.2 Carboidratos

Em relação ao teor de carboidratos, a FCA apresenta-se como fonte de carbono (26,66 %), valor inferior aos encontrados por Teixeira et al. (2006) 48 %, para semente de açaí e ao encontrado por Paes; Chaimsohn (2014) 66, 95 % para sementes de juçara. Portanto, acredita-se que a semente de açaí possa ser utilizada na compostagem ou na produção de adubos (PEREIRA; RODRIGUES JUNIOR, 2013).

4.1.3 Minerais

Para o teor de cinzas (1,58 %) observou-se um valor superior ao encontrado por Paes; Chaimsohn (2014) que foi de 0,59 %.

Pereira; Rodrigues Junior (2013) citaram outras opções; esses autores produziram carvão ativado com sementes de açaí que apresentou grande eficiência no tratamento de água, com a vantagem de baixo custo de produção, gerando uma alternativa para o aproveitamento desses caroços.

Na Tabela 3 está disposto o perfil de minerais da farinha do caroço de açaí e a porcentagem de Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos saudáveis, segundo a FAO (2001) e Brasil (2005).

A farinha de caroço de açaí apresenta altos teores de manganês, ferro e cobre, ou seja, mais de 30 % da IDR para adultos e pode ser considerada fonte em magnésio, cálcio, níquel e zinco, já que atinge mais de 15 % da IDR para adultos (BRASIL, 2012), desde que sejam realizados estudos para comprovarem a biodisponibilidade desses minerais para os seres humanos.

Sabe-se que o ferro é um componente essencial para a vida vegetal e animal (BEARD; DAWSON; PIÑERO, 1996), sendo um mineral importante para a manutenção da homeostase orgânica, pois participa de processos celulares vitais, tais como, transporte de oxigênio, produção de energia através do metabolismo oxidativo, produção e deposição de peróxidos, crescimento celular a partir da síntese de ácidos nucleicos, síntese de neurotransmissores cerebrais, metabolismo das catecolaminas, co-fator em reações enzimáticas, hormônios de ação sistêmica, defesa imune e em outros processos metabólicos (GARCÍA-CASAL et al., 1998).

García-Casal (2005) enfatizam que a deficiência de ferro é a carência nutricional de maior incidência no mundo. A maioria dos casos ocorre em países em desenvolvimento, onde as condições sanitárias e nutricionais são inadequadas, afetando principalmente certos grupos etários, nos quais os requerimentos ou as perdas fisiológicas de ferro estão aumentados, como no caso de crianças, adolescentes, mulheres em idade reprodutiva e gestantes.

Estudos relacionados à avaliação dos impactos nutricionais de frutos da Amazônia, objetivando a prevenção e/ou recuperação de processos carências, dentre eles a anemia ferropriva têm sido constantes (YUYAMA et al., 2011). No entanto, ensaios experimentais com ferro oriundo do açaí têm demonstrado que esse mineral não é biodisponível (YUYAMA et al., 2002; TOAIRI et al., 2005).

Tabela 3. Perfil de minerais da farinha do caroço de açaí e % IDR para adultos saudáveis maiores de 19 anos.

Mineral	Quantidade mg ou mcg/100g A.s	% IDR
B (mg)	1,501	7,51
Na (mg)	6,059	0,25
Mg (mg)	86,132	28,71
K (mg)	685,913	*
Ca (mg)	131,615	16,45
V (mg)	0,002	0,12
Cr (mcg)	0,065	0,03
Mn (mg)	58,726	1174,51
Fe (mg)	30,369	126,54
Co (mg)	0,006	*
Ni (mg)	0,181	18,07
Cu (mg)	2,128	70,93
Zn(mg)	2,464	16,43
Se (mcg)	0,058	0,08
Mo (mcg)	0,016	0,01
I (mcg)	0,060	0,04

* recomendação não estabelecida pela FAO (2001) e BRASIL (2005). A.s – Amostra seca

A FCA também apresentou expressiva quantidade de manganês (58,73 mg%), componente de enzimas envolvidas no metabolismo dos carboidratos, lipídios e proteínas. Deficiências de manganês podem ocasionar déficit de crescimento, anormalidades ósseas, redução ou interrupção da atividade reprodutiva, ataxia de recém-nascido e anormalidades no metabolismo de lipídeos e carboidratos (MCDOWELL, 1999).

O caroço de açaí também apresenta alto teor de cobre (2,13 mg%). Segundo McDoweell (1999), a deficiência em cobre pode ocasionar anemia microcítica e hipocrômica, perda e/ou redução de apetite.

Na FCA merece destaque o teor de cálcio presente, em 100 g de farinha há aproximadamente 131,6 mg desse mineral. Sabe-se que o consumo adequado de cálcio durante a vida é importante para a saúde dos ossos. Esse mineral é necessário para o desenvolvimento ósseo durante o crescimento e para a manutenção da integridade do esqueleto durante toda a vida adulta. A concentração de cálcio é importante determinante do risco de osteoporose pós-menopausa e influi sobre a quantidade de massa esquelética adquirida durante a infância e adolescência (MAHAN; ESSOTT-STUMP, 2005).

Comparando os resultados do presente estudo e os do encontrado por YUYAMA et al, (2011) observou-se valores aproximados de sódio e zinco e teores maiores de cálcio, potássio e ferro para sucos de açaí provenientes de diferentes ecossistemas da Amazônia.

Siqueira; Mendes; Arruda (2007) afirmaram que as fontes minerais oriundas de produtos vegetais, em decorrência da grande concentração de fitatos, interfere na absorção dos minerais, no entanto, mais estudos devem ser realizados objetivando garantir o fornecimento adequado de minerais e otimizar os efeitos benéficos do fitato como

hipoglicemiante, anticancerígeno e antioxidante e, portanto, a prevenção de doenças crônicas, como câncer, diabetes, acidentes cardiovasculares e doenças associadas ao estresse oxidativo.

Benevides et al. (2011) ressaltam que a presença de fatores antinutricionais nos vegetais pode promover sensivelmente a diminuição da disponibilidade biológica dos aminoácidos essenciais e minerais, além de poder causar irritações e lesões da mucosa gastrointestinal, interferindo assim, na seletividade e eficiência dos processos biológicos.

4.1.4 Proteínas

O teor proteico encontrado na FCA neste trabalho foi de $3,03 \pm 0,06$ %, valor menor do que os encontrados por Rodrigues (2010) (5,93 %) e por Paes; Chaimsohn (2014) (5,46%) para semente de açaí. Também este valor foi menor quando comparado a outras farinhas de origem vegetal, como de abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) (8,35 %); de goiaba (*Psidium guajava*) (8,47 %); de maracujá (*Passiflora edulis*) (12,36 %); de sementes de jaca (*Artocarpus heterophyllus*) (10,55 %), de farelo de resíduo de manga (*Mangifera indica*) (3,87%), de cascas de soja (*Glycine max*) (11,95 %); de sementes de acerolas (*Malpighia punicifolia* L) (16,94 %) e farelo de arroz (*Oryza sativa* L.) (13,74 %) (ROCHA JÚNIOR; VALADARES FILHO; BORGES, 2002, MOREIRA et al., 2006; BORGES; BONILHA; CODEIRO, 2006; LOUSADA JUNIOR et al., 2006; AGUIAR et al., 2010).

Comparando os resultados da FCA com os obtidos por Roesler et al. (2007), em seu estudo com frutas do cerrado, a semente de açaí apresenta maior conteúdo de proteínas do que a semente de banha (*Swartzia Langsdorffii*) (2,67 %), e menor teor do que a semente de cagaita (*Eugenia dysenterica*) (4,42%), semente de araticum (*Annona crassiflora* Mart.) (9,62 %), semente de lobeira (*Solanum lycocarpum*) (13,41).

Gomes et al. (2009) estudaram a adição de caroço de açaí em rações de ruminantes, e observaram que essa adição favoreceu a estabilidade no coeficiente de todos os componentes estudados (matéria seca, matéria orgânica, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, carboidratos não-fibrosos, nutrientes digestíveis totais), exceto para o teor de proteínas.

Na Tabela 4 são mostrados os cálculos químicos de aminoácidos da FCA em relação à proteína padrão da FAO (1985).

A FCA não pode ser considerada boa fonte de aminoácidos, pois possui níveis inferiores aos requeridos pela FAO (1985) para adultos, apresentando cálculo químico inferior a 100% para todos os aminoácidos. Somente o perfil de aminoácidos, no entanto, não evidencia a qualidade de uma proteína, tendo que ser consideradas também a digestibilidade da proteína e a biodisponibilidade de seus aminoácidos (ORTEGA-FLORES et al., 2003).

Quando comparada com a farinha de semente de abóbora (*Cucurbita máxima*), a FCA apresentou inferior perfil de aminoácidos, visto que a primeira revelou deficiência apenas para lisina, aminoácidos sulfurados metionina e cisteína (TINOCO et al., 2012).

Tabela 4. Teor de aminoácidos da FCA, padrão de aminoácidos estabelecidos (g aa/100g de proteína) e cômputo químico de aminoácidos da FCA em relação a proteína padrão para adultos da FAO (1985).

Aminoácido (g/100g de Proteína)	FCA	FAO	Cômputo Químico ¹	Aminoácido (g/100g de Proteína)	FCA	FAO	Cômputo Químico ¹
Essenciais				Não Essenciais			
Leucina	0,25	6,61	0,04	Ác. Glutâmico	1,17	-	-
Lisina	0,28	5,80	0,05	Arginina	0,65	-	-
Fenilalanina	0,22	6,3	0,03	Ác. Aspártico	0,43	-	-
Tirosina	0,07	-	-	Glicina	0,21	-	-
Valina	0,25	3,50	0,07	Serina	0,02	-	-
Histidina	0,13	1,90	0,07	Prolina	0,22	-	-
Isoleucina	0,12	2,80	0,04	Alanina	0,18	-	-
Metionina	0,03	2,2	0,01				
Metionina + Cistina	0,06	3,40	0,02				

¹Cômputo químico = $\frac{\text{g de aminoácido essencial da proteína teste}}{\text{g de aminoácido essencial da proteína padrão}}$, com base na FAO (1985).

4.1.5 Lipídeos

O teor de lipídeos da FCA (2,19 %) é maior do que das sementes de banha (0,45 %), sementes de cagaita (0,49 %) e semente de jaca (1,13 %) e menor do que as sementes de araticum (15,91 %), sementes de lobeira (3,73 %) e sementes de acerola (3,92 %) (ROESLER et al., 2007; AGUIAR et al., 2010).

Na Tabela 5 tem-se a composição em ácidos graxos da porção lipídica da FCA constituída de 16 ácidos graxos, no qual, pode ser observado a predominância dos ácidos graxos saturados mirístico (29,68 %), palmítico (15,22 %) e láurico (12,83 %) e dos ácidos graxos insaturados oléico (20,38 %) e linoléico (16,36 %).

O teor de C14:0 foi superior aos dos óleos de algodão (0,68 %), de girassol (0,07 %) e de palma (0,07 %). A quantidade de oléico (18:1) de 20,38 % também foi maior do que do óleo de algodão (*Gossypium hirsutum* L) (16,26 %), no entanto, menor que dos óleos de girassol (*Helianthus annuus*) (26,99 %), de abacate (*Persea americana*) (53,4 %), de caroços de uva (*Vitis sp*) (31,9 %), de palma (*Opuntia Cochenillifera*) (42,09 %) e de azeite de oliva (*Olea europaea* L) (55 a 83 %). A concentração de linoléico de 16,35 % foi maior que dos óleos de palma (8,67 %) e do de abacate (13,2 %), e menor que dos óleos de girassol (60,48 %), de algodão (53,68 %), de milho (*Zea mays*) (52,20 %), de soja (55,26 %) e do azeite de

oliva (3,5 a 21 %) (SILVA et al., 2012; CODEX, 2003; CORSINI et al., 2008; JORGE et al, 2009; TANGO, CARVALHO; SOARES, 2004; AGUIAR et al, 2010)

Essa composição está próxima à encontrada no óleo da polpa de açaí em que predomina o ácido oléico (56,2 %), seguido de ácido linoleico (11,5 %) e linolênico (0,8 %), além dos ácidos graxos saturados, o palmítico (24,1 %) e o esteárico (1,6 %), totalizando cerca de 27,5 % de ácidos graxos saturados (LUBRANO et al., 1994; SCHAUSS et al., 2006; NASCIMENTO et al., 2008; PACHECO-PALENCIA; TALCOTT; MERTENS-TALCOTT, 2008).

Tabela 5. Composição de ácidos graxos da FCA.

Composição em ácidos graxos	Quantidade (% m/m)
C10:0 cáprico	0,23
C12:0 láurico	12,83
C14:0 mirístico	29,68
C16:0 palmítico	15,22
C16:1 palmitoléico	0,34
C17:0 margárico	0,26
C17:1 cis-10-heptadecenóico	0,15
C18:0 esteárico	1,72
C18:1 oléico	20,38
C18:2 linoléico	16,35
C18:3 linolênico	0,48
C20:0 araquídico	0,28
C20:1 eicosenóico	0,35
C22:0 behênico	0,35
C22:1 erúcico	1,08
C24:0 lignocérico	0,20
Saturados	60,77
Monoinsaturados	22,30
Poliinsaturados	16,83
Relação w6:w3	34,01

w6:w3 – ômega 3: ômega 6

Embora o ácido graxo oléico (20,38 %) seja de importância nutricional, deve-se destacar a presença do ácido linoléico (16,35 %), considerado essencial (ROGEZ, 2000). Estudos demonstram que a ingestão de ácido graxo linoléico e oléico está associado a redução dos riscos de doenças cardiovasculares (DJOUSSE et al., 2001; RASTOGI et al., 2004).

Os ácidos graxos das famílias w-6 e w-3 competem pelas enzimas envolvidas nas reações de dessaturação e alongamento da cadeia. Embora essas enzimas tenham maior afinidade pelos ácidos da família w-3, a conversão do ácido alfa-linolênico em ácidos graxos de cadeia polinsaturada é fortemente influenciada pelos níveis de ácido linoléico na dieta. As razões de 2:1 a 3:1 w6:w3 têm sido recomendadas por alguns autores. O presente óleo apresenta excessiva quantidade de ômega 6, quando comparado aos óleos de arroz, milho, soja, canola, oliva e abacate.

Em relação à proporção de ácidos graxos saturados e insaturados, o óleo extraído do caroço de açaí apresenta maior saturação do que os óleos provenientes de semente de acerola, algodão, milho, soja e semente de abacate (NASCIMENTO et al., 2008, MARTIN et al., 2009; SILVA et al., 2012).

4.1.6 Fibras Alimentares (FA)

Sabe-se que as FAs são responsáveis pela melhora das funções do intestino grosso por meio da redução do tempo de trânsito, pelo aumento de peso e da frequência das fezes, pela diluição do conteúdo do intestino grosso, pelo fornecimento de substrato fermentável à microbiota, normalmente, presente no intestino. Por conseguinte, as características de fermentabilidade, massa/volume e capacidade de reter água contribuem para a capacidade da fibra de melhorar as funções do intestino grosso, propriedades que previnem o câncer de cólon (CUPPARI, 2007). Dentre as fibras destacam-se as fibras insolúveis que são pouco fermentáveis e captam pouca água. São constituídas pela celulose, hemicelulose tipo B e lignina (OLIVEIRA; MARCHINI, 2008). Segundo Cukier et al. (2005), essas fibras são como antioxidantes, devido a sua capacidade de excreção de algumas substâncias, como por exemplo, o colesterol.

Com base na portaria nº 54 (BRASIL, 2012), do Ministério da Saúde, para um produto pronto, sólido, ser considerado alto teor de fibras deve conter no mínimo 6 g de fibra/100g do produto. A FCA pode ser considerada fonte em fibras, pois em 100 g de produto há aproximadamente 63 % dessa fração, sendo 0,86 g de fibras solúveis e 62,13 g de fibras insolúveis, teor muito relevante, em função das propriedades funcionais dessas fibras.

O teor de fibra bruta encontrado na FCA (63 %) é superior ao encontrado em farinhas como a de fruta pão (*Artocarpus altilis*) (4,26 %); semente de jaca (29,10 %); semente de acerola (26,54 %); farelo de soja (6,18 %); milho moído (2,06 %) e farelo de trigo (*Triticum vulgare*) (7,24%) (ZAMBOM et al., 2001; MOREIRA et al., 2006; SANTOS, 2009; BORGES; BONILHA; CODEIRO, 2006; AGUIAR et al., 2010).

A FCA apresentou teor de celulose de 5,47 g%, de hemicelulose, 33,25 g% e lignina de 23,41 g%. Esses valores estão próximos ao do farelo de trigo, o qual apresenta um teor de 36 a 40 g%, sendo fonte de fibra comumente recomendado por nutricionistas devido a esse elevado teor (POSSAMAI, 2005) (Tabela 6).

Tabela 6. Composição em fibras insolúveis.

Determinações	FCA±DP
Fibra Insolúvel Total (g/100g)	62,13±1,19
Celulose (g/100g)	5,47±1,15
Hemicelulose (g/100g)	33,25±1,55
Lignina (g/100g)	23,41±0,16
DP-desvio padrão	

Araujo; Menezes; Tamazini (2009) analisaram os teores de fibras solúveis e insolúveis em couve-flor, tomate, inhame, abóbora, canela e agrião, observaram que a maioria dos alimentos estudados apresentaram maiores conteúdos de fibras insolúveis, exceto a couve-flor.

4.1.7 Acidez, pH e atividade de água

De acordo com a Tabela 2 observou-se que a farinha obtida apresenta-se com baixa acidez ($0,01 \pm 0,00$ meq NaOH%) e pH próximo a neutralidade $5,80 \pm 0,06$. A atividade de água também foi considerada baixa, fato este importante para a qualidade e segurança de farinhas. Esse pH de 5,80 demonstra que esses produtos enquadram-se na faixa de pH (2,0 e 8,5) em que os mofos e leveduras se multiplicam com facilidade (SANTANGELO, 2006).

Como a FCA é um produto ainda não comercializado e consumido, não existem legislações para a mesma. Comparando a FCA com a farinha de mandioca, observou-se que essa nova farinha esteve de acordo com a Legislação Brasileira (máximo de 2,0 mL NaOH N/100 g (BRASIL, 1978). O teor de acidez elevado pode indicar falta de higiene no processo ou fermentação da mesma (CEREDA; VILPOUX, 2003).

Em relação à atividade de água, a_w , tem sido considerada como uma propriedade fundamental no controle de qualidade de alimentos (ALZAMORA, 1984), uma vez que expressa o teor de água que se encontra no estado livre. Segundo Fonseca e Cantarelli (1984), é importante observar que os microrganismos têm seu desenvolvimento condicionado à existência de água disponível, expressa em atividade de água. A a_w (0,47) da FCA está próxima das encontradas por Ferreira Neto; Figueiredo; Queiroz (2005) que variou de 0,38 a 0,49, em farinhas de mandioca tradicionalmente produzidas e consumidas no Brasil.

4.1.8 Potencial Antioxidante da FCA

Os resultados foram expressos como a capacidade de sequestrar/reduzir o radical DPPH em porcentagem (Tabela 7) (ARBOS et al., 2010). A Tabela 7 apresenta os valores de redução do DPPH conforme a diluição. Na Tabela 8 estão dispostos os dados de compostos fenólicos e antioxidantes da FCA.

Tabela 7. Capacidade antioxidante em % de DPPH consumido de diferentes concentrações do extrato caroço do açaí após 15, 30 e 60 minutos de reação com DPPH.

Extrato mg/mL	%DPPH consumido		
	Tempo (minutos)		
	15	30	60
1	86,33±0,11	86,25±0,22	85,72±0,50
0,1	94,91±0,11	94,94±0,44	94,39±0,51
0,01	94,36±0,45	94,87±0,42	94,04±0,78

Não houve diferença estatística entre os tempos e as concentrações estudadas.

Os resultados expressos na Tabela 7 mostram que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tempos e a concentração do extrato analisado, no entanto, observou-se maior eficiência no sequestro do radical livre na concentração de 0,1 mg/mL de extrato e no tempo de 30 min. Na Tabela 8 estão dispostos os valores médios de compostos fenólicos e atividade antioxidante da FCA.

Nos extratos metanólicos obtidos com a FCA não foram detectados cianidina 3-O-glucosídeo e cianidina 3-O-rutenosídeo, estando esses resultados de acordo com os obtidos por Smith et al., (2012). As análises dessas cianidinas foram realizadas, pois a literatura aponta sendo essas as encontradas nas polpas de açaí estudadas (GALLORI et al., 2004).

Tabela 8. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da FCA.

Análises	Resultados
Antocianina Total (mg/100g)	2,8±0,1
Fenólicos Totais (mg ac. gálico /100g)	8966,5±38,0
Atividade Antioxidante (µmol Trolox/g)	456,6±27,0
Capacidade Antioxidante (%DPPH consumido) ¹	94,9±0,4

DPPH 30 min, concentração extrato 0,1 mg/mL

Na polpa de açaí madura, os teores de antocininas variam de 78,8 a 80,4 mg/100g (KUSKOSKI et al., 2005; CASTREJON et al., 2008; CRUZ, 2009). Portanto, o teor de antocianinas da FCA (2,84) pode ser considerado baixo em relação a polpa do fruto, mas o valor foi próximo ao encontrado por Cruz (2009) em polpa de açaí verde (2,5%). Já os fenólicos totais da FCA (8966,5±38,0 mg. ac.galico/100g) foram superiores aos encontrados na polpa de açaí por Cruz (2009), no entanto, menores do que os encontrados por Santos et al., (2008) para a polpa de açaí integral congelada (36190,64 mg ac.galico/100g) e maiores do que os obtidos por Kuskoski et al. (2005), em seu estudo com polpa de açaí (136,80 mg/100g). Jorge et al. (2009) estudaram a atividade antioxidante de extratos de semente de maracujá. Esses autores encontraram valores de compostos fenólicos de 42,93 mg g⁻¹, valor esse inferior ao encontrado para a FCA.

Jardini; Mancini Filho (2007) avaliaram a atividade antioxidante das sementes de romã e observaram maior conteúdo de compostos fenólicos nas sementes do que na polpa desse fruto. Esse dado parece ser um dado importante, pois sabe-se que as sementes são as partes não utilizadas da fruta para alimentação humana.

O teor de fenólicos totais da FCA também foi superior aos encontrados em algumas frutas como a ananás (*Ananas comosus*) (21,7 mg/100g), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) (20,5 mg/100g), maracujá (20,0 mg/100g), amora preta (*Rubus fruticosu*) (118,9 mg/100g), uva (117 mg/100g), polpa de açaí (136 mg/100g), acerola (580 mg/100g), manga (544, 9 mg/100g), sapoti (*Manilkara zapota*) (13,5 mg/100g), abacaxi (38,1 mg/100g), ata (*Annona squamosa* L.) (81,7 mg/100g), graviola (*Annona muricata* L.) (54,8 mg/100g), mamão (*Carica papaya* L.)(53,2 mg) e umbu (*Spondias tuberosa*) (44,6 mg/100g) (KUSKOSKI et al., 2005; SOUZA et al., 2007).

Os compostos fenólicos são os maiores responsáveis pela atividade antioxidante nos frutos e a quantidade desses compostos está intimamente ligada às condições edafoclimáticas onde são cultivados essas matrizes e aos fatores como a maturação, a espécie, as práticas de cultivo, origem geográfica, o estágio de crescimento, as condições de colheita, de armazenamento e processamento (HEIM; TAGLIAFERRO; BOBILYA, 2002, SOARES et al., 2008; VIEIRA, 2009).

As polpas de frutas como a amora, açaí, uva, goiaba, analisados pelo método DPPH, mostraram que os compostos fenólicos contribuem para a atividade antioxidante, apresentando correlação direta (LIMA, 2012), conforme comprovado por Silva et al. (2007) que estudaram espécies amazônicas e obtiveram correlação entre os polifenóis e os antioxidantes.

A capacidade antioxidante da FCA, expressa em consumo de DPPH, apontou esse produto para uma excelente fonte de antioxidantes (94,9±0,4). No entanto, essa capacidade

antioxidante pode ser considerada menor quando comparada com as das polpas de acerola, bacuri, caja, caju, goiaba e tamarindo (VIEIRA et al., 2011).

Guimarães et al. (2013) encontraram no extrato de semente de açaí elevado potencial antioxidante na redução do radical DPPH, com redução máxima a partir da concentração de 25 mcg/mL do extrato de semente de açaí, e com IC₅₀ de 13,88 mcg/mL.

Vieira et al. (2011) estudaram os conteúdos de fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro* de polpas de frutas tropicais e observaram que os extratos aquosos de bacuri (*Platonia insignis*) (4.700,24), tamarindo (*Tamarindus indica* L.) (2.193,79) e caja (*Spondias lutea* L.) (535,53) foram os que apresentaram maior capacidade antioxidante.

Sabe-se que a comparação dos resultados da atividade antioxidante, determinada pelo método DPPH, é limitada. Segundo Sharma; Bhat (2009) não é possível comparar os dados provenientes de laboratórios que usam diferentes protocolos para o ensaio com DPPH, pois a diversidade das condições de reação causa grandes variações do IC₅₀. Apesar disso, muitos trabalhos fazem comparação para avaliar essa atividade em muitas espécies vegetais. Quando se comparou os resultados obtidos nesta pesquisa foram encontrados valores inferiores em relação aos dados de Jorge et al., (2009), que observou a capacidade antioxidante da semente de maracujá correspondente a 113,41 µg mL⁻¹.

A capacidade antioxidante de resíduos de polpas de frutas, utilizando o radical livre DPPH foi estudada por Sousa; Vieira; Lima (2011) e observaram valores superiores para goiaba (556,39), acerola (386,46), abacaxi (7486,5), graviola (978,09), bacuri (7528,0) e cupuaçu (325,21) quando comparada a FCA.

Alonso et al. (2002) e Balestro et al. (2011) pesquisaram a recuperação de compostos antioxidantes dos resíduos da indústria de vinho, assim como de outras indústrias e concluíram que pode representar um avanço significativo na manutenção do equilíbrio do meio ambiente, em virtude da grande quantidade de resíduos gerados, os quais apresentam sérios problemas de armazenamento, de transformação ou de eliminação, em termos ecológicos e econômicos, por conterem compostos nutricionais e/ou funcionais, importantes para dietas e/ou rações. Cataneo et al. (2008) analisaram a capacidade antioxidante determinada pelo método de ABTS em resíduos de uva. Observaram valores de 463,46 µmol TEAC/g na variedade PINOT GRIS e de 98,92 µmol TEAC/g na variedade Couderc 13.

Em estudo realizado por Guimarães et al. (2013) foi observado efeito antioxidante em extrato de semente de açaí na inibição da proliferação da linhagem de adenocarcinoma de mama humano, com modulação do ciclo celular, indicado portanto, como um potencial extrato bioativo para a utilização na prevenção de patologias como o câncer.

Em relação aos diversos tipos de resíduos de frutas e hortaliças pode-se observar que a FCA apresentou atividade antioxidante de 456,6 µmol Trolox/g, valor esse superior ao encontrado no baguaçu, jambolão, polpa de uva, polpa de goiaba, polpa de amora, polpa de morango e polpa de acerola (KUSKOSKI et al., 2006).

Cataneo et al. (2008) também estudaram a capacidade antioxidante que foi determinada pelo método de ABTS em resíduos de uva. Observaram valores de 463,46 µmol TEAC/g na variedade PINOT GRIS e de 98,92 µmol TEAC/g na variedade Couderc 13.

Balestro et al. (2011) estudaram a utilização de bagaço de uva e de maçã (*Lepidium meyenii*) como antioxidante para aplicação em barras de cereais. Os pesquisadores observaram valores de TEAC de 332,6; 52,8 e 24,4 para farinhas de bagaço de uva escura, uva branca e maçã, respectivamente.

Sousa; Vieira; Lima (2011) pesquisaram a capacidade antioxidante total equivalente ao trolox, em resíduos de polpas de frutas. Observaram maiores valores no extrato

hidroalcoólico de goiaba ($0,421 \text{ mM.g}^{-1}$), acerola ($0,743 \text{ mM.g}^{-1}$), graviola ($0,136 \text{ mM.g}^{-1}$), bacuri ($0,0735 \text{ mM.g}^{-1}$) e cupuaçu ($0,240 \text{ mM.g}^{-1}$).

4.1.9 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Na Figura 15 visualiza-se na superfície da FCA, pequenos corpos poliédricos que variam de 1 a $50 \mu\text{m}$, os quais são carregados eletronicamente, distinguindo-se da matriz principal pelo grande contraste. Com base no conteúdo de fibras encontrado por análises químicas, sugere-se que sejam fibras, em especial celulose ou lignina.

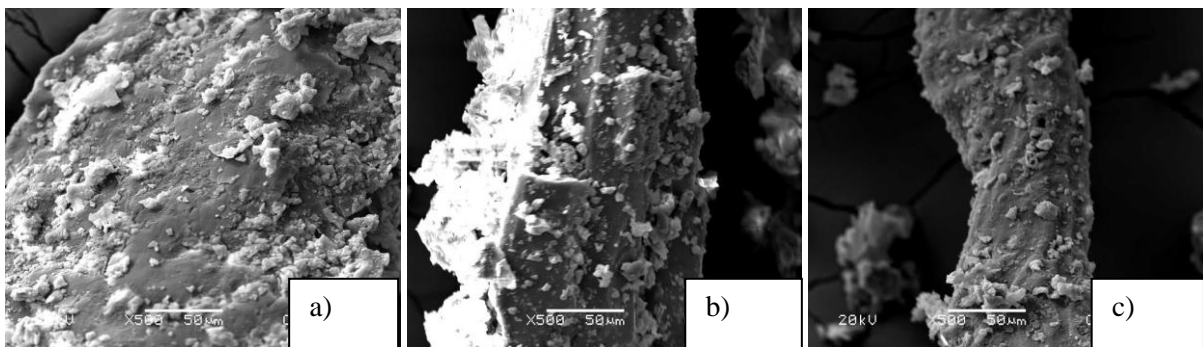


Figura 15. Micrografia da Farinha de Caróço de Açai (FCA)

Lima Junior (2007), em seu estudo sobre a fibra de caroços de açai observou nas análises de MEV, que as seções transversais estiveram próximas das seções originais, tendo sofrido pouca deformação em função do corte, fato também observado no presente estudo.

A micrografia da Figura 15 a, revela aglomerados de microfibrilas, constituídas de cadeia polimérica de celulose linear, apresentando, superfícies heterogêneas e cobertas com células do parênquima de forma irregular (MARTINS; MATTOSO; PESSOA, 2005). Lima Junior (2007) propôs que essa estrutura seja característica de uma lignocelulósica interna, simplificada, da fibra de açai.

4.2 Características tecnológicas da farinha de caroço de açai

Na Tabela 9 estão dispostas as médias dos resultados das características tecnológicas da farinha de caroço de açai. Esses valores indicam que a FCA apresenta tanto capacidade de absorção em gordura ($82,77 \% \text{ b.s.}$), quanto em água ($164 \% \text{ b.s.}$). De acordo com Cheftel; Cuq; Lorient (1989), a absorção em água é um parâmetro importante numa bebida, uma vez que boa solubilidade inicial permite uma dispersão rápida e completa das proteínas, conduzindo a um sistema coloidal finamente disperso com estrutura macroscópica homogênea e textura suave.

Atualmente, discutem-se muito os fatores intrínsecos dos alimentos que interferem na absorção e solubilidade em água. Segundo Nath; Rao (1981) a presença das proteínas são as que influem nesses índices. Tais autores constataram a existência de uma conformação de proteína, que pode permitir que os sítios ligantes sejam estericamente disponíveis para a interação com as moléculas de água. O impedimento estérico desses sítios pode resultar em baixos valores de AA.

Tabela 9. Médias dos resultados das características tecnológicas da farinha de caroço de açaí.

Determinações (% b.s.)	FCA±DP
Absorção em água (AA)	164,0±4,20
Índice de Solubilidade em água (ISA)	9,74±0,46
Sólidos Solúveis (SS)	9,49±0,28
Capacidade Emulsificante (CE)	81,27±5,56
Absorção em Gordura (AG)	82,77±0,66
Expansão Espuma (EE)	Ns

b.s. base seca. ns – não houve formação de espuma. DP-desvio padrão.

A AA é uma propriedade relevante para aplicações em produtos cárneos, pães, bolos, sopas, doces e molhos, segundo Cheftel; Cuq; Lorient (1989). Valores altos de AA são importantes para ajudar a manter a umidade e consistência dos mesmos, portanto, quanto a esse parâmetro, a FCA seria uma opção para enriquecer tais alimentos.

Conforme Dench; Rivas; Caygill (1981), a Absorção de Gordura (AG) varia em função do número de grupos lipofílicos expostos na proteína. Cheftel; Cuq; Lorient (1989) constataram que, as interações proteína-lipídio que existem nos sistemas alimentares, não envolvem ligações covalentes, e sim, interações hidrofóbicas entre as cadeias alifáticas apolares de lipídios e as regiões apolares da proteína. O mecanismo de AG é atribuído, principalmente, à retenção física do óleo pela proteína. A modificação química de proteína pode aumentar ou diminuir a AG.

Altos valores de AG são desejáveis em produtos com extensores de carne para melhorar a sua sensação na boca, assim como em produtos viscosos como sopas, queijos processados e massas. Portanto, considerando a AG, a FCA pode ser recomendada para serem usadas nestes produtos (CHEFTEL; CUQ; LORIENT, 1989),

Por outro lado, McWatters; Holmes (1979) verificaram que a máxima capacidade emulsificante (CE) não foi necessariamente associada com os altos níveis de nitrogênio solúvel em água. Assim, Nakai (1983) reportou que as propriedades emulsificantes (PE) não dependiam unicamente da solubilidade de proteína, mas também do balanço hidrofílico-lipofílico da proteína em particular, que segundo Wang; Fernandes; Cabral (2000), a CE estava mais relacionada com a solubilidade da proteína, enquanto que a PE dependia mais de sua estrutura, explicando-se portanto, os resultados encontrados no presente trabalho, no qual não foi verificada a correlação direta entre ISA (índice de solubilidade em água) e PE.

Cheftel; Cuq; Lorient (1989) constataram que a CE é uma propriedade considerada importante para as aplicações em produtos cárneos, extensores de carne, sopas, molhos, queijos processados, maioneses, cremes, produtos de chocolataria e de panificação. Dessa forma, a FCA pode ser desejável para o preparo desses produtos.

A propriedade espumante da FCA não foi significativa, ou seja, não houve formação de espumas. De acordo com Cheftel; Cuq; Lorient (1989) a PE está diretamente ligada a quantidade e a estrutura da proteína. Portanto, devido à baixa concentração proteica, a FCA não apresentou propriedade espumante.

Os resultados referentes à granulometria da FCA encontram-se na Tabela 10. A maior porção da farinha (34%) ficou retida na peneira de 20 mesh, mostrando que possui ainda partículas grossas, com diâmetro médio superior a 850 µm.

. O tamanho de partícula do alimento após a moagem constitui aspecto importante no preparo de massas alimentícias e demais derivados, tendo em vista que uma maior

uniformidade da granulometria permite a elaboração de um produto final de melhor qualidade sensorial, principalmente, textura, sabor e aspecto visual, pois o alimento absorve água de forma homogênea resultando no cozimento uniforme da massa. Para a utilização da FCA na adição de iogurtes, bombons, bolos e tortas, deve-se dar prioridade para as farinhas retidas na peneira de 300 µm, ou seja, a farinha com partículas mais finas, no entanto, para a elaboração de extratos pode-se utilizar toda a farinha obtida.

Tabela 10. Quantidade (%) de amostra retida nas peneiras na análise granulométrica da Farinha de Caroço de Açaí

Abertura (mesh)	µm	Quantidade (%)
20	850	34
42	355	23
48	300	18
60	250	10
150	106	11
-	Fundo	3

4.3 Características microbiológicas

Com o objetivo de assegurar a saúde dos consumidores, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estabeleceu Critérios e Padrões Microbiológicos para Alimentos através da Portaria n° 451 (BRASIL, 1997) e através da RDC n° 12 (BRASIL, 2001).

A RDC n° 12 de 2001, estabeleceu os padrões microbiológicos sanitários para farinhas, cujos limites para coliformes a 45 °C, *Bacillus cereus* e *Salmonella spp.* são de 10² NMP g⁻¹, 3x10³ NMP g⁻¹ e ausência em 25 g, respectivamente.

Apesar de não haver uma legislação específica para a FCA, a farinha elaborada neste estudo apresentou excelente qualidade microbiológica, atendendo às legislações brasileiras supracitadas, como apresentado na Tabela 11.

Considera-se a pesquisa de Coliformes Totais um procedimento presuntivo para a detecção de Coliformes Termotolerantes. Uma vez que o resultado para os Totais for negativo, para Termotolerantes o valor corresponde é expresso como < 3 NMP/100g.

Tabela 11. Análise microbiológica da farinha de caroço de açaí e padrão estabelecido pela legislação para farinhas.

Análises	FCA	Legislação
Coliformes a 35°C ⁽¹⁾ (NMP/g)	< 3,2x10 ⁴	-
Coliformes a 45°C ⁽¹⁾ (NMP/g)	< 10	<10 ²
Estafilococos coagulase positiva	<10 ²	-
<i>Salmonella</i> ⁽¹⁾ (em 25g)	Ausência	Ausência
<i>B. Cereus</i> (NMP/g)	<10 ²	<3 x 10 ³

(¹) Resolução RDC 12 (BRASIL, 2001).

A presença de coliformes é considerada como indicador de condições de higiene insatisfatórias na produção e/ou manipulação do alimento. O número elevado de coliformes pode não significar contaminação direta com material fecal, mas sim manipulação inadequada, como higiene do manipulador, transporte e acondicionamento inadequados (CHITÉ et al., 2006). Na FCA a concentração de coliformes detectada foi inferior a 3 NMP/g, estando dentro do padrão exigido pela Resolução RDC nº 12 (BRASIL, 2001), que é de 103 NMP/g para a farinha .

O *Bacillus cereus* é largamente distribuído na natureza, sendo o solo o seu reservatório natural. A contaminação por esses microrganismos constitui, não somente uma importante causa de deterioração, mas também está associada à ocorrência de dois tipos de síndrome, devido à ingestão de alimentos contaminados com cepas patogênicas produtoras de toxinas, uma emética e outra diarreica (FRANCO; LANDGRAF, 2007). No presente estudo, a FCA apresentou-se de acordo com a legislação vigente.

As *Salmonellas sp.* são bactérias gram-negativas, não esporuladas, patogênicas e não fermentadoras de lactose. As infecções causadas por *Salmonella spp.* ocorrem geralmente, devido ao consumo de alimentos ou água contaminados com células viáveis (ROITMAM; TRAVASSOS; AZEVEDO, 1998). Estudos destacam as bactérias do gênero *Salmonellas* entre os agentes patogênicos mais frequentemente encontrados em surtos de toxinfecção de origem alimentar, tanto em países desenvolvidos, como em países em desenvolvimento (AVILA; GALLO, 1996). Na FCA, não foi detectada a presença de *Salmonella*.

4.4 Ressonância Magnética Nuclear na FCA

Os espectros de Ressonância Magnética Nuclear de Hidrogênio H¹-desacoplado C¹³-MAS (*Magic Angle Spinning*) CPMAS (polarização cruzada com rotação em torno do ângulo mágico) realizados na FCA estão dispostos nas Figuras 16 e 17.

Os espectros de MAS proporcionaram picos com mais intensidade produzidos em decorrência à presença de átomos de carbonos alifáticos, no entanto, os espectros CPMAS apresentaram melhor sensibilidade e resolução para os outros picos. Nas Figuras 16 e 17 pode-se observar picos devido a C = O (172 ppm), C = C (104-153 ppm), glicosídica (56-104 ppm) e carbonos alifáticos (14-34 ppm). No entanto, observou-se picos com tamanhos relativamente diferentes em função da característica glicosídica da amostra, devido à presença de celulose e hemicelulose detectadas também nas análises químicas de fibras e na microscopia eletrônica de varredura do presente estudo. Os picos de carbono glicosídicos são maiores, quando comparados com os outros picos.

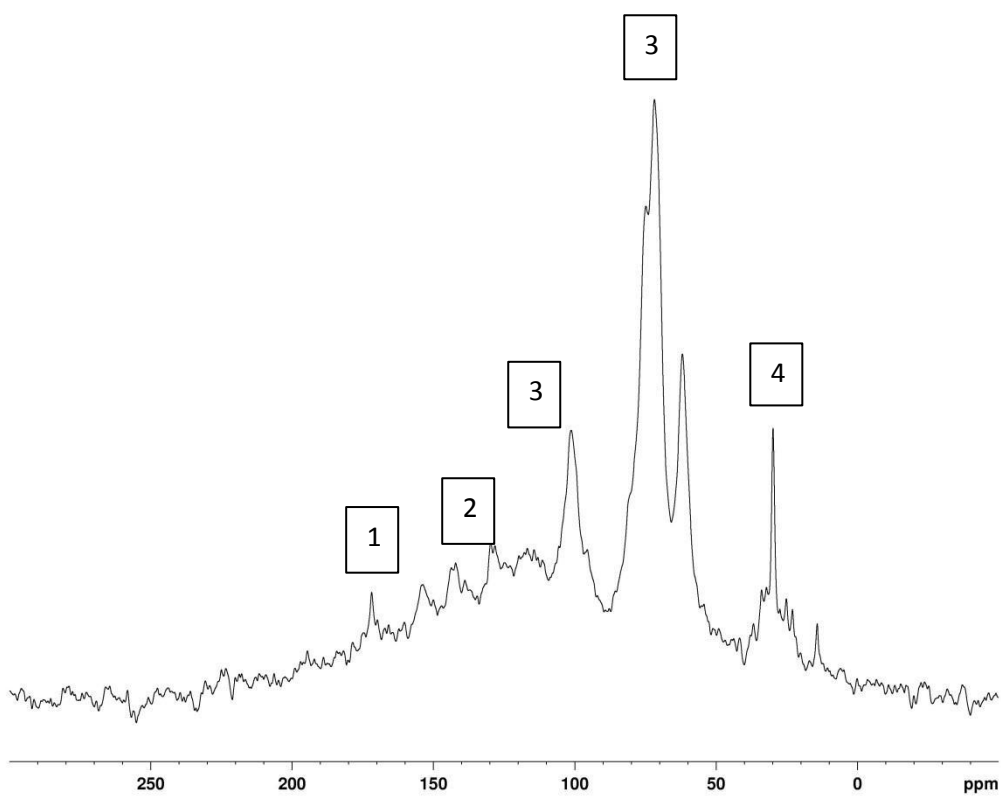


Figura 16. ^{13}C MAS RMN da FCA. 1 (C = O), 2 (C = C), 3 (glicosídeo C-O), e 4 carbonos alifáticos).

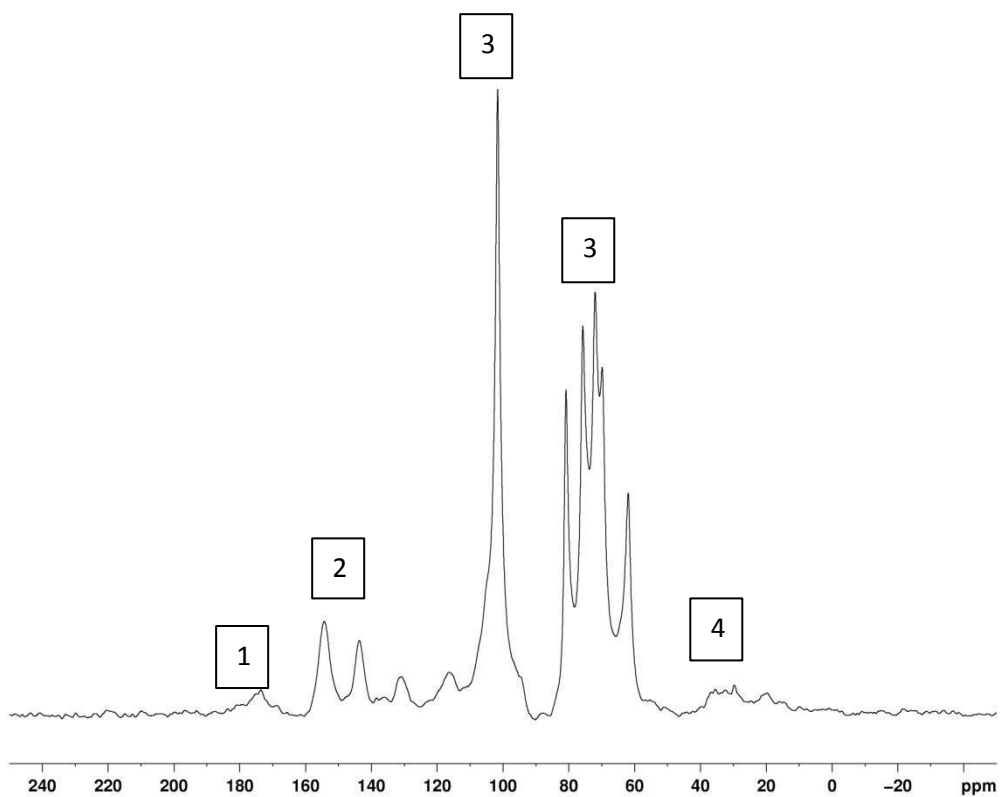


Figura 17. ^1H -dissociado ^{13}C MAS RMN da FCA. 1 (C=O), 2 (C=C), 3 (glicosídeo C-O), e 4 (carbono alifático).

4.5 Testes iniciais para a extração de inulina a partir do caroço de açaí

Para a definição do processo de extração de inulina, testes foram realizados, a fim de confirmar se o processo pré-estabelecido foi capaz de extrair a inulina. Os cromatogramas a seguir (Figuras 18 e 19) indicaram um único pico nítido de inulina no tempo de retenção de 6,95 minutos, tempo de retenção próximo aos encontrados na literatura.

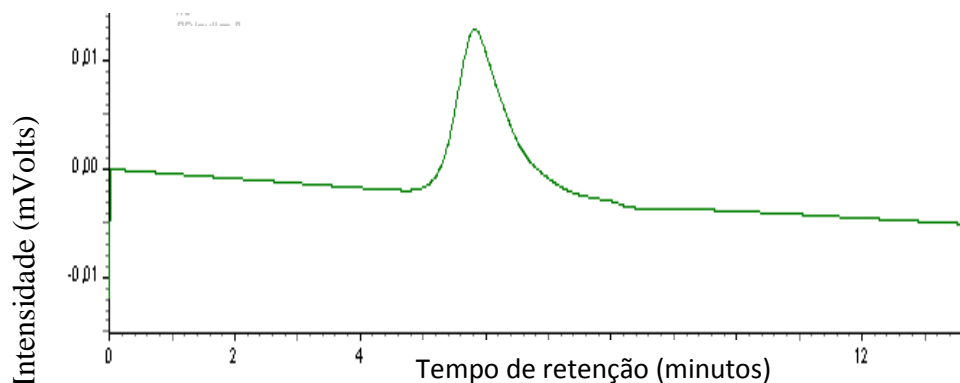


Figura 18. Cromatograma do padrão de inulina (Sigma).

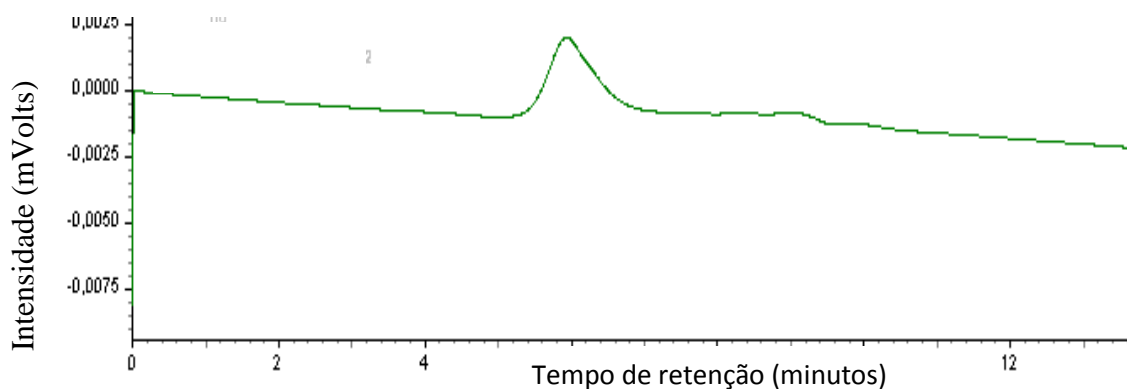


Figura 19. Cromatograma da amostra da inulina obtida a partir da FCA.

4.6 Extração de inulina a partir da FCA

A Tabela 12 apresenta a matriz dos 20 tratamentos para a extração de inulina a partir da FCA.

Tabela 12. Matriz dos 20 tratamentos para a extração de inulina a partir da FCA.

Tratamento	Rendimento (g/1000g de FCA)
1	0,21
2	0,38
3	1,20
4	0,04
5	0,05
6	0,20
7	0,14
8	0,24
9	3,22
10	3,74
11	0,90
12	1,20
13	0,21
14	0,42
15	4,76
16	1,48
17	3,17
18	2,11
19	1,26
20	2,69

Com base nos dados obtidos foi possível observar que os tratamentos 15, 10, 9, 17, 20 e 18, apresentaram os maiores rendimentos, respectivamente, com variações de 0,003 a 4,76 g por 1000 g de FCA. Esses resultados foram submetidos ao tratamento estatístico para otimização do processo.

Inicialmente, para a análise estatística dos resultados de rendimento do processo foi adotado a resposta de lambda igual a 1, ou seja, resposta esperada igual a obtida, com modelo analisado o cúbico, no entanto, as respostas obtidas (Tabela 13) indicaram que esse tratamento não foi o mais adequado ao experimento, havendo portanto, a indicação do quadrático, pois F calculado foi igual a 10,75 e p igual a 0,0025 (Tabela 13), levando então a rejeição da hipótese, com valor de p , menor que do que 0,01, indicando que os tratamentos influenciaram no rendimento mássico de inulina (CALADO; MONTGOMERY, 2003).

A análise estatística para falta de ajuste do modelo (Tabela 14), mostrou que o modelo quadrático apesar de ser o mais indicado, $p=0,9921$, necessitava ser ajustado, em função do erro obtido, pois apresentou alguns valores $p > F$, maiores do que 0,0005, ou seja, insignificantes. A Tabela 15 mostra os resultados obtidos da análise de variância (ANOVA). O valor de $p=0,0275$, maior que 0,005 indicou, juntamente com o valor de F de 3,67, que o modelo estudado foi significativo.

Tabela 13. Médias dos modelos propostos de acordo com o rendimento de inulina.

Fonte	Soma de Quadrado (SQ)	Graus Liberdade (GL)	Quadrado Médio (QM)	F Calc	P
Média	38,09	1	38,09		
Linear	0,22	3	0,073	0,031	0,9925
2FI	0,47	3	0,16	0,053	0,9830
<u>Quadrático</u>	<u>28,93</u>	<u>3</u>	<u>9,64</u>	<u>10,75</u>	<u>0,0018</u>
Cúbico	0,51	4	0,13	0,091	0,9820
Residual	8,46	6	1,41		
Total	76,68	20	3,83		

Tabela 14. Teste para a falta de ajuste do modelo de extração de inulina

Fonte	Soma de Quadrado (SQ)	Graus Liberdade (GL)	Quadrado Médio (QM)	F Calc	P
Linear	30,08	11	2,73	1,65	0,3032
2FI	29,61	8	3,70	2,23	0,1961
<u>Quadrático</u>	<u>0,68</u>	<u>5</u>	<u>0,14</u>	<u>0,082</u>	<u>0,9921</u>
Cúbico	0,17	1	0,17	0,10	0,7640
Erro Puro	8,30	5	1,66		

Tabela 15. Análise de Variância (ANOVA) dos resultados de rendimento do processo de extração para o modelo de quadrático.

Fonte	Soma de Quadrado (SQ)	Graus Liberdade (GL)	Quadrado Médio (QM)	F Calc	P
	29,62	9	3,29	3,67	0,0275
A	5,26E+00	1	5,26E+00	5,86E+00	0,9405
B	0,12	1	0,12	0,13	0,7254
C	0,098	1	0,098	0,11	0,7484
A2	3,49	1	3. b b 49	3,89	0,0768
B2	4,67	1	4,67	5,20	0,0458
C2	11,42	1	11,42	12,72	0,0051
AB	0,24	1	0,24	0,27	0,6175
AC	0,19	1	0,19	0,22	0,6519
BC	0,034	1	0,034	0,038	0,8486
Resíduo	8,97	10	0,90		
Falta de Ajuste	0,68	5	0,14	0,082	0,9921
Erro Puro	8.30	5	1.66		

Temperatura (A), Concentração de Caroço (B) e Tempo de Aquecimento (C).

Na Tabela 16, Figuras 20 e 21, observou-se que T15 (4,096) mostrou o residual de 2,27, sendo portanto, os resultados obtidos diferentes dos esperados. Nessa mesma tabela

observa-se ainda, que o T15 foi um ponto central, com as condições de processos repetidas. O modelo indicou que esse valor pode ser um erro, pois estão distantes dos demais resultados de rendimentos obtidos. No entanto, em se tratando de um experimento, esse ponto deve ser considerado, uma vez que o seu rendimento foi alto quando comparado aos outros tratamentos.

Tabela 16. Diagnóstico estatístico do modelo quadrático estudado para a extração de FCA.

Tratamentos	Valor real	Valor esperado	Residual	Leverage	Estudo Residual	Distância de Cook	Influência atípica	Corrida
1	0,21	0,20	5,54E+00	0,793	0,013	0,000	0,012	11
2	0,38	0,19	0,18	0,793	0,429	0,070	0,410	14
3	1,20	0,90	0,30	0,793	0,708	0,192	0,689	5
4	0,039	0,19	-0,16	0,793	-0,361	0,050	-0,345	1
5	0,050	-0,17	0,22	0,793	0,518	0,103	0,498	7
6	0,20	0,44	-0,24	0,793	-0,551	0,117	-0,531	12
7	0,14	0,26	-0,12	0,793	-0,272	0,028	-0,259	6
8	0,24	0,18	0,062	0,793	0,144	0,008	0,136	16
9	3,22	3,64	-0,42	0,491	-0,616	0,037	-0,596	20
10	3,74	3,59	0,15	0,491	0,217	0,005	0,206	19
11	0,90	1,08	-0,18	0,491	-0,260	0,007	-0,248	2
12	1,20	1,29	-0,094	0,491	-0,139	0,002	-0,132	10
13	0,21	0,55	-0,34	0,491	-0,502	0,024	-0,482	4
14	0,42	0,35	0,070	0,491	0,103	0,001	0,098	15
15	4,76	2,49	2,27	0,118	2,551	0,087	4,096 *	9
16	1,48	2,49	-1,01	0,118	-1,137	0,017	-1,156	3
17	3,17	2,49	0,69	0,118	0,773	0,008	0,756	17
18	2,11	2,49	-0,38	0,118	-0,427	0,002	-0,409	18
19	1,26	2,49	-1,23	0,118	-1,383	0,026	-1,458	13
20	2,69	2,49	0,20	0,118	0,230	0,001	0,218	8

De acordo com a Figura 19, o resíduo do T15 apesar de significativamente superior aos outros tratamentos encontrou-se dentro da faixa de erro previsto. A Figura 20 indica que a utilização do modelo com lambda igual a 1, prevê o descarte desse tratamento.

Com base nos resultados obtidos pelas análises estatísticas e na necessidade de manutenção do T15, o modelo estatístico sugerido foi ajustado para lambda igual a zero (Figura 22). De acordo com a equação:

Equação 4. Natural Log: $Y = \ln(Y+K)$. Sendo $(Y+K) = 0$

Nesse ajuste a faixa considerada de rendimento foi de 0,039 a 4,75605, ou seja, o T15 não foi desconsiderado. De acordo com a Tabela 17, pode-se observar que os valores de F foram mais significativos e p foi menor que 0,0001.

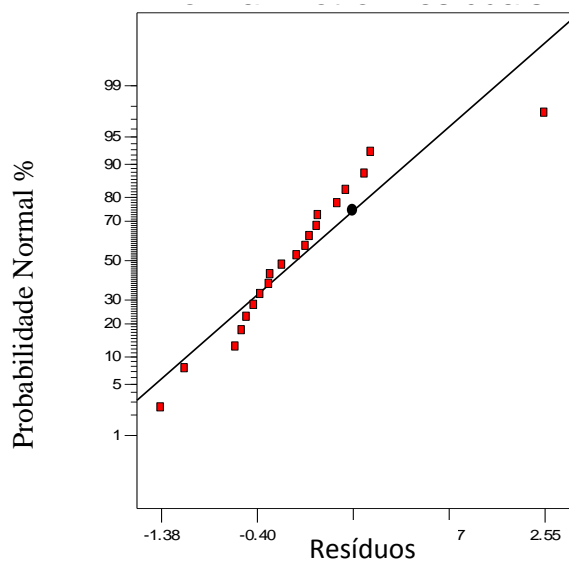


Figura 20. Normal Plot de resíduos.

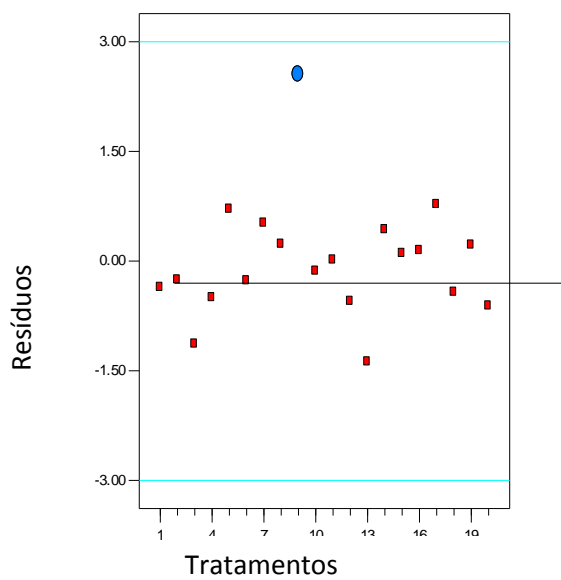


Figura 21. Resíduos *versus* tratamento.

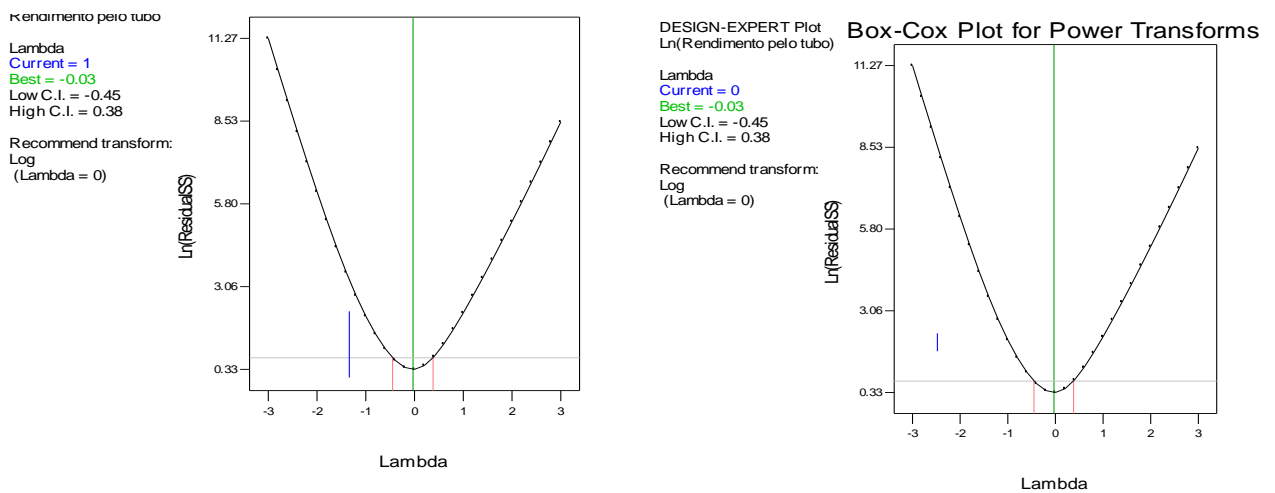


Figura 22. Análise da melhor transformação do modelo. a) Lambda igual a 1. b) Lambda igual a 0.

Tabela 17. Médias dos modelos de acordo com o rendimento de inulina a partir da FCA. Lambda=zero

Fonte	Soma de Quadrado (SQ)	Graus Liberdade (GL)	Quadrado Médio (QM)	F Calc	P
Média	3,54	1	3,54		
Linear	0,45	3	0,15	0,061	0,9798
2FI	6,18	3	2,06	0,81	0,5116
<u>Quadratico</u>	<u>29,94</u>	<u>3</u>	<u>9,98</u>	<u>31,02</u>	<u>< 0,0001</u>
Cubico	1,99	4	0,50	2,43	0,1588
Residual	1,23	6	0,20		
Total	43,32	20	2,17		

A Tabela 18 destacou que o modelo quadrático é significativo, pois F-valor foi igual a 12,63, com probabilidade de 0,02% de erros. Os valores de "P > F" menores que 0,0500 indicaram que não houve diferença significativa. Neste caso, B2, C2, AB, AC foram significativos. Quando existem muitos modelos que não são significativos ($p < 0,10$) é necessário ajustar o modelo, portanto, a "falta de ajuste de valor de F" de 1,62 mostra que não foi significativo em relação ao erro puro e que a adequação do modelo foi de 11,505, permitiu sua utilização espacial.

De acordo com os coeficientes estimados apresentados na Tabela 19, as equações foram obtidas para que os parâmetros estudados pudessem ser analisados. Na Tabela 20 estão dispostos os valores encontrados com base nas fórmulas obtidas. A Figura 23 permitiu afirmar que os resíduos obedeceram à distribuição normal, ou seja, não houve nenhum tratamento excluído.

Tabela 18. Análise de Variância (ANOVA) dos resultados de rendimento do processo de extração para o modelo de quadrático. Lambda=zero

Fonte	Soma de Quadrado (SQ)	Graus Liberdade (GL)	Quadrado Médio (QM)	F Calc	P
	36,57	9	4,06	12,63	0,0002
A	0,059	1	0,059	0,18	0,6782
B	0,095	1	0,095	0,30	0,5982
C	0,29	1	0,29	0,91	0,3627
A2	0,38	1	0,38	1,18	0,3024
B2	1,91	1	1,91	5,95	0,0349
C2	12,01	1	12,01	37,32	0,0001
AB	2,96	1	2,96	9,20	0,0126
AC	2,84	1	2,84	8,84	0,0140
BC	0,38	1	0,38	1,17	0,3044
Resíduo	3,22	10	0,32		
Falta de ajuste	1,99	5	0,40	1,62	0,3036
Erro Puro	1,23	5	0,25		

A – Temperatura; B – Concentração de Carvão e C – Tempo.

Tabela 19. Diagnóstico estatístico para o modelo quadrático, lambda igual a zero.

Fatores	Coeficiente Estimado	GL	Erro Padrão	Estimativa por Intervalo (95%)	
				Limite Inferior	Limite Superior
Média	0,86	1	0,19	0,42	1,29
A-TEMPERATURA	-0,077	1	0,18	-0,48	0,32
B-CONCENTRAÇÃO DE CAROÇO	0,098	1	0,18	-0,30	0,50
C-TEMPO	-0,17	1	0,18	-0,57	0,23
A2	0,37	1	0,34	-0,39	1,13
B2	-0,83	1	0,34	-1,60	-0,072
C2	-2,09	1	0,34	-2,85	-1,33
AB	-0,61	1	0,20	-1,06	-0,16
AC	0,60	1	0,20	0,15	1,04
BC	0,22	1	0,20	-0,23	0,66
AB	-0,61	1	0,20	-1,06	-0,16
AC	0,60	1	0,20	0,15	1,04
BC	0,22	1	0,20	-0,23	0,66

Temperatura (A), Concentração de Carvão (B) e Tempo de Aquecimento (C).

Tabela 20. Diagnóstico estatístico do modelo quadrático, lambda igual a zero para os tratamentos de extração de inulina a partir da FCA.

Tratamentos	Valor real	Valor esperado	Residual	Leverage	Estudo Residual	Distância de Cook	Influencia atípica	Corrida
1	-1,56	-1,34	-0,22	0,793	-0,852	0,278	-0,839	11
2	-0,98	-1,47	0,49	0,793	1,918	1,411	2,288	14
3	0,18	-0,36	0,55	0,793	2,123	1,728	2,717	5
4	-3,24	-2,93	-0,32	0,793	-1,233	0,583	-1,270	1
5	-3,00	-3,31	0,31	0,793	1,201	0,553	1,232	7
6	-1,61	-1,05	-0,56	0,793	-2,155	1,781	-2,793	12
7	-1,97	-1,46	-0,50	0,793	-1,950	1,458	-2,350	6
8	-1,43	-1,64	0,21	0,793	0,820	0,258	0,805	16
9	1,17	1,30	-0,13	0,491	-0,333	0,011	-0,317	20
10	1,32	1,15	0,17	0,491	0,414	0,017	0,396	19
11	-0,11	-0,076	-0,029	0,491	-0,072	0,000	-0,068	2
12	0,18	0,12	0,062	0,491	0,153	0,002	0,145	10
13	-1,57	-1,06	-0,50	0,491	-1,247	0,150	-1,287	4
14	-0,87	-1,41	0,54	0,491	1,328	0,170	1,388	15
15	1,56	0,86	0,70	0,118	1,322	0,023	1,380	9
16	0,39	0,86	-0,47	0,118	-0,876	0,010	-0,865	3
17	1,15	0,86	0,30	0,118	0,562	0,004	0,542	17
18	0,75	0,86	-0,11	0,118	-0,207	0,001	-0,197	18
19	0,23	0,86	-0,63	0,118	-1,177	0,019	-1,203	13
20	0,99	0,86	0,13	0,118	0,252	0,001	0,240	8

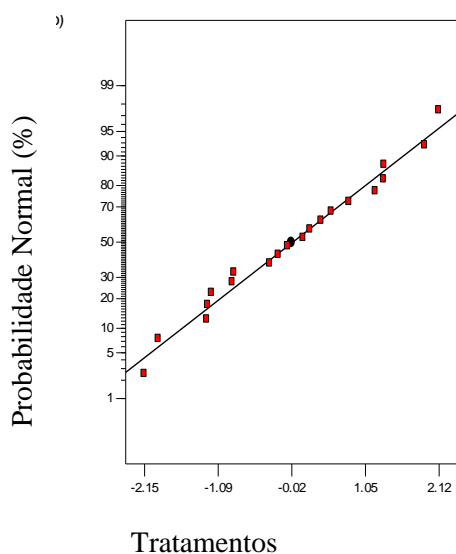


Figura 23. Gráfico da probabilidade normal dos resíduos.

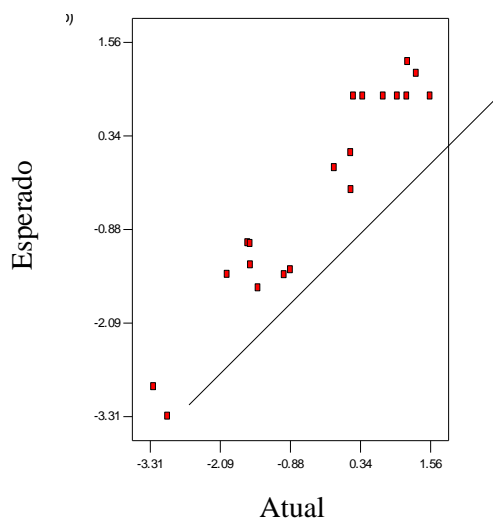


Figura 24. Valores previstos versus valores observados para a extração de inulina a partir da FCA.

Os valores previstos *versus* os valores observados podem ser visualizados na Figura 24, confirmando que o modelo proposto descreve bem os dados experimentais, visto que os pontos estão próximos à linha reta (CALADO e MONTGOMERY, 2003). Na Figura 25 também foi observado que os resultados obtidos foram próximos, não havendo valores atípicos diferentemente de como ocorreu, quando foi utilizado o lambda igual a 1.

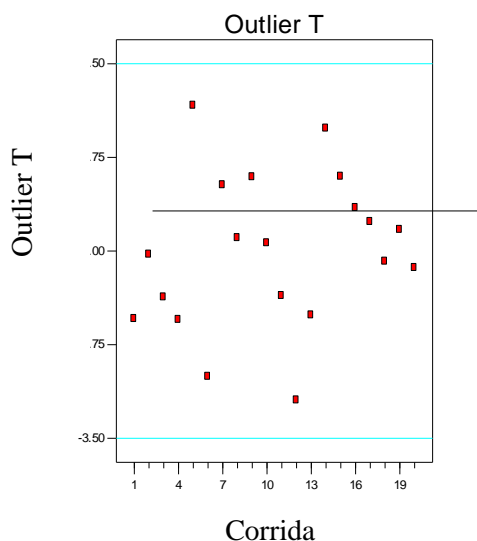


Figura 25. Gráfico Outlier. Lambda=0. Fonte: Autor, 2015.

Os gráficos 26 e 27 (gráficos de superfície de resposta) mostram que os maiores rendimentos foram obtidos em temperatura de 80 °C, concentração de caroço de 12 % e tempo de aquecimento de 20 minutos. Todos os resultados e gráficos mostraram que o

modelo quadrático, com lambda igual a zero foi ideal, havendo, portanto, interação entre temperatura, concentração e tempo, sendo possível otimizar o processo de extração de inulina de acordo com a realidade de execução do mesmo.

Para a obtenção de inulina a partir da FCA, faz-se necessário dobrar o volume de etanol e acetona a fim de precipitá-la, portanto, quanto maior o volume de água utilizado no início da extração, maiores serão as quantidades de etanol e acetona, aumentando o custo e o tempo para a obtenção desse frutooligossacarídeo.

Outro ponto importante para a otimização do processo é a temperatura, visto que em as mais elevadas, como 80 e 100 °C favoreceram a obtenção de inulinas visualmente mais escuras, em função do provável processo de caramelização que ocorrem nos carboidratos, o que pode influir diretamente na aceitação do produto final.

O gráfico de superfície de resposta mostrou que é possível manter o rendimento próximo ao maior obtido com os resultados reais, mantendo a temperatura de 60 °C, quando foi usada a concentração próxima a 31 % e tempo e de 20 minutos.

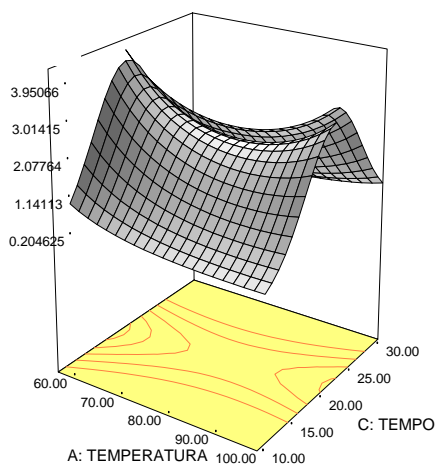


Figura 26. Superfície de resposta para rendimento de inulina em função da Temperatura (X=A), Concentração de Carço (Fator=B) e Tempo de Aquecimento (Y=C). Log10.

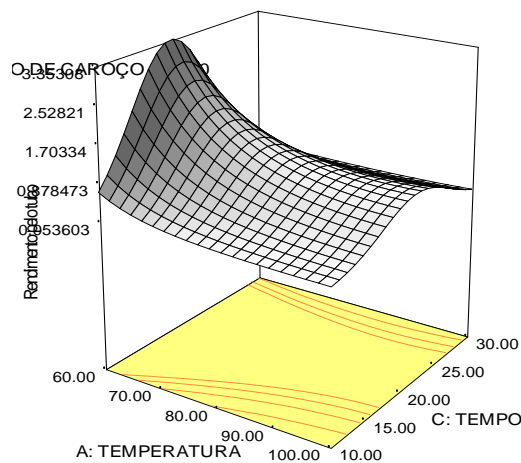


Figura 27. Superfície de resposta ajustado para rendimento de inulina em função da Temperatura (X=A), Concentração de Carço (Fator=B) e Tempo de Aquecimento (Y=C). Otimização do processo temperatura de 60 °C e Concentração de Carço de 31 %. Log10.

Para a otimização do processo utilizou-se os resultados obtidos e calculados no programa *designer expert* e a problematização da realidade de extração do processo, portanto, adotou-se as faixas temperatura de 80 a 60°C, concentração de caroço 12 a 80 % e tempo de 10 a 30 minutos, com meta de rendimento de inulina próximo a 5 g/1000 g (4,77±0,07). A solução estaticamente proposta encontra-se na Tabela 21.

Tabela 21. Otimização do Processo de Extração de Inulina a partir do caroço de açaí.

Tratamento Otimizado	Temperatura (°C)	Concentração de Caroço	Tempo (Min)	Rendimento esperado
1	60,00	38,65	18,36	4,51918
2	60,00	38,80	18,42	4,51877
3	60,00	39,30	18,91	4,48958
4	60,00	39,27	19,76	4,34195

O rendimento do processo de extração de inulina da FCA pode ser considerado baixo, em virtude de outras fontes apresentarem maiores concentrações dessa substância. Considerando que a enorme proporção de 93 % do açaí é composta por sementes, a utilização desse resíduo para produção de um ingrediente alimentício de maior valor comercial torna-se importante. Sabendo que 1000 g de inulina custam em média R\$ 184,00 no mercado externo, estima-se que a produção de inulina a partir da FCA poderia render aproximadamente 1 milhão e 600 mil reais/ano.

Carioca et al. (1988) extraíram inulina de alcachofra na porção de 8 g de inulina, em 4 etapas, durante 30 dias. Nogueira (2002) alcançou rendimento de 0,70 g % de inulina em pó, a

partir da chicória. Já Cataldo et al. (2005) encontraram rendimento menor que 10 % quando extraíram inulina da chicória com dióxido de carbono supercrítico. Oliveira et al. (2005) estudaram a extração de inulina a partir de chicória e encontraram rendimento mássico de 0,90%. Toneli (2006) extraiu inulina úmida das raízes de chicória, e observou rendimento de aproximadamente 61 %. Silva et al. (2008) otimizaram a extração de inulina também de raízes de chicória; os resultados encontrados mostraram rendimento de 36g em 100g de amostra.

4.7 Caracterização física, química e físico-química das Inulinas comerciais e a da obtida a partir da FCA

A composição física, química e físico-química proximal da inulina extraída a partir da FCA e do padrão de inulina encontram-se nas Tabelas 22 e 23.

Os resultados obtidos mostraram que houve diferença estatística ($p < 0,05$) para valor energético total, umidade, cinzas e carboidratos. Essas diferenças obtidas podem ser explicadas por não adequação do método de extração de inulina, a partir de farinha de caroço de açaí quando comparadas a outras fontes vegetais, com métodos de extração já estabelecidos (CARVALHO et al., 1998; LEITE, 2001; FRANCK, 2002; OLIVEIRA et al., 2004; SILVA et al., 2008; GRZYBOWSKI, 2008).

As cinzas ou resíduo mineral fixo representa toda a matéria inorgânica presente na amostra (SÃO PAULO, 2008), portanto, o processo de extração aquosa, em meio neutro, pode ter promovido a precipitação de minerais além de carboidratos.

Com o aumento do teor de cinzas conseqüentemente houve a diminuição do conteúdo de carboidratos e valor energético total, no entanto, as duas amostras são diferentes, e o precipitado obtido nesse estudo não pode ser considerado totalmente purificado.

As análises de pH, acidez e atividade de água mostraram que não houve diferença estatística ao nível de 5 % de significância (Tabela 23).

Tabela 22. Composição química da inulina padrão e da obtida a partir da FCA.

Determinações	Inulina Padrão (sigma)±DP	Inulina da FCA±DP
Umidade (g/100g)	8,92±0,4 ^a	6,90±0,1 ^b
Cinzas (g/100g)	2,58±0,1 ^b	23,96±1,2 ^a
Proteína (g/100g)	0,00±0,0 ^a	0,00±0,0 ^a
Lipídeos (g/100g)	0,00±0,0 ^a	0,00±0,0 ^a
Carboidratos (g/100g)	88,57±0,0 ^a	68,41±0,3 ^b
Valor energético total (Kcal)	354,27±1,1 ^a	273,65±0,2 ^b

Letras iguais na mesma linha indicam que não houve diferença estatística ao nível de 5 %. DP=desvio padrão.

Tabela 23. Determinações físicas e físico-químicas da inulina padrão e da obtida a partir da FCA.

Determinações	Inulina Padrão (sigma) ±DP	Inulina da FCA±DP
Atividade de água	0,59±0,0 ^a	0,65±0,0 ^a
Acidez Total Titulável (meqNaOH%)	0,05±0,0 ^a	0,05±0,0 ^a
pH	8,20±0,0 ^a	8,10±0,0 ^a

Letras iguais na mesma linha indicam que não houve diferença estatística ao nível de 5 %. DP=desvio padrão.

4.8 Características tecnológicas das Inulinas comerciais e a da obtida da FCA

Na Tabela 24 estão dispostas as médias dos resultados das características tecnológicas das Inulinas comerciais e a da obtida a partir da FCA.

A Inulina comercial e o precipitado obtido a partir da FCA mostraram excelente absorção de gordura, pouca capacidade emulsificante e nenhuma expansão de espuma. Esses resultados refletem a composição dos produtos, ou seja, baixo teor de proteínas (NATH; RAO, 1981).

A inulina comercial não apresentou absorção de água no teste realizado. Aproximadamente, 0,1 g de inulina foram totalmente dispersos em 4 mL de água destilada. Já o precipitado obtido na quantidade de 0,05 g em 4 mL de água apresentou retenção de água. Esses resultados demonstram que os precipitados são diferentes.

Tabela 24. Médias dos resultados das características tecnológicas das Inulinas comerciais e a da obtida a partir da FCA

Determinações (% b.s.)	Inulina Padrão (sigma) ±DP	Inulina da FCA±DP
Absorção em água (AA)	0,0±0,0 ^b	273,0±5,67 ^a
Índice de Solubilidade em água (ISA)	45,69±2,4 ^b	53,55±0,6 ^a
Capacidade Emulsificante (CE)	8,64±0,4 ^a	8,33±0,0 ^a
Absorção em Gordura (AG)	467,27±4,6 ^b	582,4±3,14 ^a
Expansão Espuma (EE)	Ns	Ns

DP=desvio padrão. ns – não houve formação de espuma.

Letras iguais na mesma linha indicam que não houve diferença estatística ao nível de 5%.

A alta absorção de gordura é importante do ponto de vista tecnológico, permitindo que a mesma seja utilizada como substituto de gordura (NINESS, 1999). Segundo Kinsella (1976) e Wang et al. (2005), altos valores de absorção de gordura são desejáveis para melhorar a sensação dos produtos na boca.

As duas amostras estudadas apresentaram excelente capacidade de absorver gordura, no entanto, o precipitado obtido por extração aquosa da FCA apresentou maior capacidade de absorver gordura, podendo, portanto, ser incorporado a produtos para diminuição do conteúdo de gordura, permitindo assim sua utilização no desenvolvimento de produtos com baixo valor calórico, uma atual exigência do mercado. Exemplos de produtos são hambúrgueres, patês, requeijões, iogurtes, mortadelas e outros.

Bartozolo; Quadros (2007) elaboraram iogurtes para fins especiais, adicionado de inulina, ou seja, um iogurte com baixo valor calórico, em função da adição de inulina. Rensis et al., (2008) estudaram a adição de inulina em iogurtes batidos e observaram uma redução de 89% de gordura total.

Gomes; Penna (2010) caracterizaram requeijões cremosos adicionados de soja e inulina e observaram uma redução do teor de gordura quando comparada a requeijões tradicionais, sem a utilização desses ingredientes que apresentam grande capacidade de absorção de gordura.

Souza et al. (2010) verificaram a viabilidade da adição de cepas probióticas em margarinas, suplementadas com inulina. Essa adição mostrou que a margarina, um produto oleoso, poderia ser uma matriz para a adição de probióticos e inulina.

Oliveira et al. (2012) elaboraram um iogurte de leite de cabra desnatado com a adição de inulina e observaram que a incorporação da inulina, promoveu o aumento do teor de fibras, diminuição do conteúdo de lipídeo e boa aceitação e apropriadas características sensoriais para cor, aroma, textura e sabor.

Bernadino Filho; Oliveira; Gomes (2012) desenvolveram um hambúrguer bovino com a adição de diferentes porcentagens de inulina e observaram que adição de inulina promoveu a redução do conteúdo de gordura e aumentou a absorção de água, sem prejudicar suas características sensoriais, além de produzir um produto com boas propriedades funcionais.

4.9 Cor Inulina comercial e a obtida a partir da CA

Na Tabela 25, estão apresentados os valores referentes às análises de luminosidade (L^*) e as coordenadas de cromaticidade a^* e b^* , além do ângulo Hue e Chroma.

Tabela 25. Avaliação da cor pelos parâmetros L^* , a^* e b^* nas inulinas.

Inulina	$L^* \pm DP$	$a^* \pm DP$	$b^* \pm DP$	Hue $\pm DP$	Chroma $\pm DP$
Comercial	23,09 \pm 0,01	-0,52 \pm 0,04	1,72 \pm 0,01	-1,28 \pm 0,01	6,49 \pm 0,01
Da FCA	13,14 \pm 0,07	1,80 \pm 0,06	5,27 \pm 0,01	1,24 \pm 0,01	62,20 \pm 0,22

DP= desvio padrão. ângulo Hue [$\arctan(b^*/a^*)$] e o Chroma [$(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$].

As medições de coloração são expressas em termos de valor L^* (variação de preto a branca), ângulo Hue (mostra a localização da cor em um diagrama, onde 0° representa valor vermelho puro, 90° representa amarelo puro, 180° o verde puro e 270° o azul) e chroma (intensidade ou saturação de cor, sendo definido pela distância do ângulo hue no centro do diagrama tridimensional) (CARVALHO et al., 1990).

A Tabela 25 mostra que a inulina comercial, considerada a padrão neste estudo apresenta coloração diferente do precipitado obtido por extração aquosa da FCA. A amostra proveniente da FCA apresenta maiores valores a^* , b^* , ângulos hue e Chroma, indicando uma coloração mais distante do branco, portanto, mais escura.

Em geral, considera-se uma farinha branca aquela que possui valor de L^* superior a 93, de a^* próximo à zero e b inferior a 8 (ORTOLAN; HECKTHEUER; MIRANDA, 2010). Dessa forma a inulina comercial, pode ser considerada branca, mais do que o precipitado obtido pela FCA.

A amostra IFCA por ser proveniente da FCA, um fruto com elevado conteúdo de antocianinas poderia apresentar coloração mais avermelhada em função da presença desses compostos, no entanto, os resultados obtidos nesse estudo mostraram que não. O conteúdo de antocianina (por pH diferencial) da FCA pode ser considerado muito baixo e as análises em HPLC do precipitado e dessa farinha mostraram que não há quantidades significativas desses compostos encontrados no açai.

Outra possível explicação seria a ocorrência do processo de caramelização dos carboidratos presentes na FCA, no entanto, as melhores temperaturas para o processo de extração foram baixas, e em curto período de tempo.

4.10 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da inulina comercial e da precipitado obtida a partir da FCA.

Na Figura 28 estão dispostos as fotomicrografias do precipitado obtido a partir da FCA, enquanto a Figura 29, as fotomicrografias da inulina padrão comercial.

As fotomicrografias revelam que as duas amostras analisadas apresentam consideráveis diferenças, apesar de mostrarem também algumas semelhanças, como se pode observar nas Figuras 28 e 29. A amostra do precipitado FCA mostrou maior rugosidade, sendo uma amostra mais heterogênea, mas que também não se assemelha com as características lignino-celulósica da FCA (Figura 28).

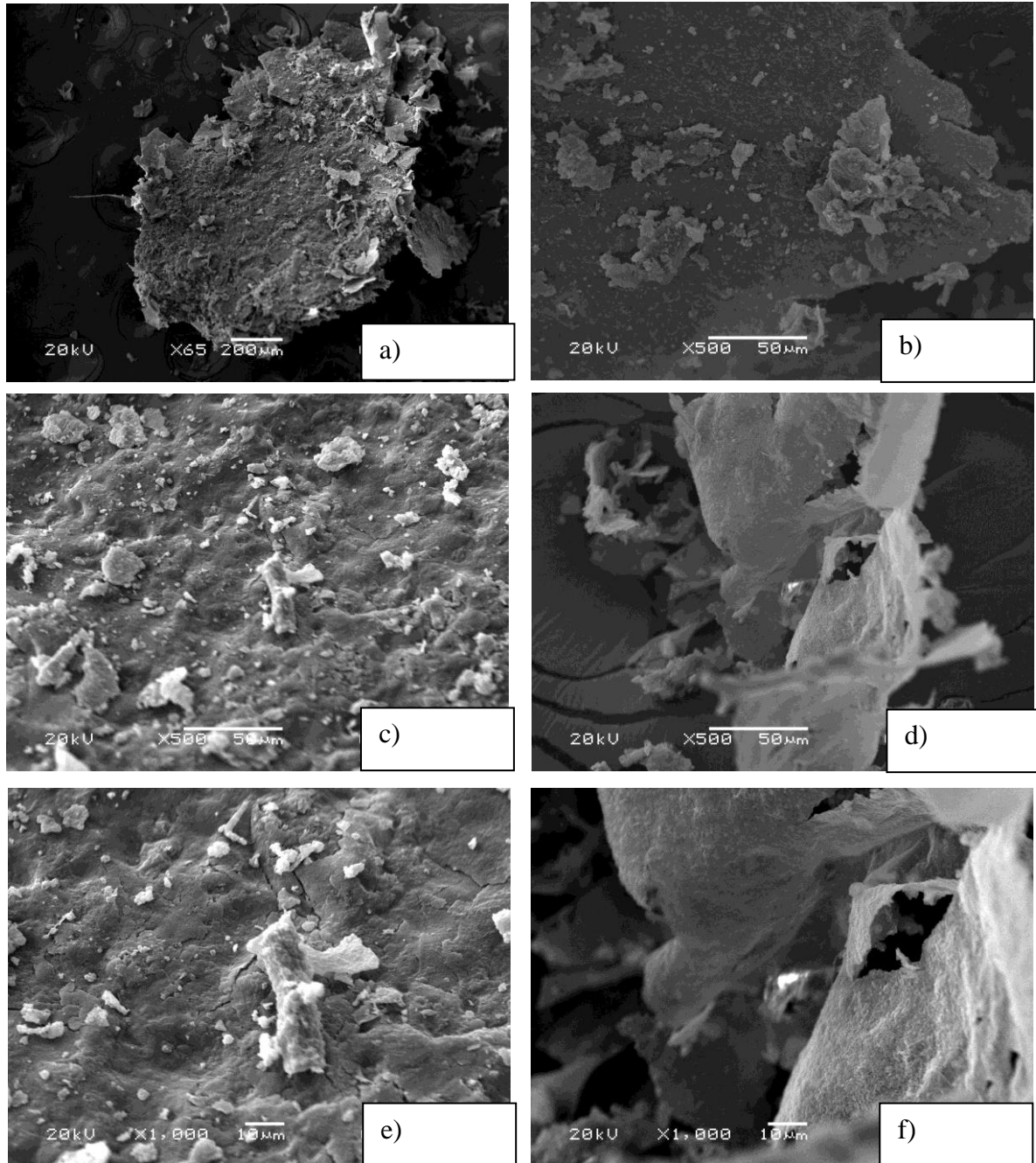


Figura 28. Fotomicrografia obtidas por MEV do precipitado obtido a partir da extração aquosa da FCA.

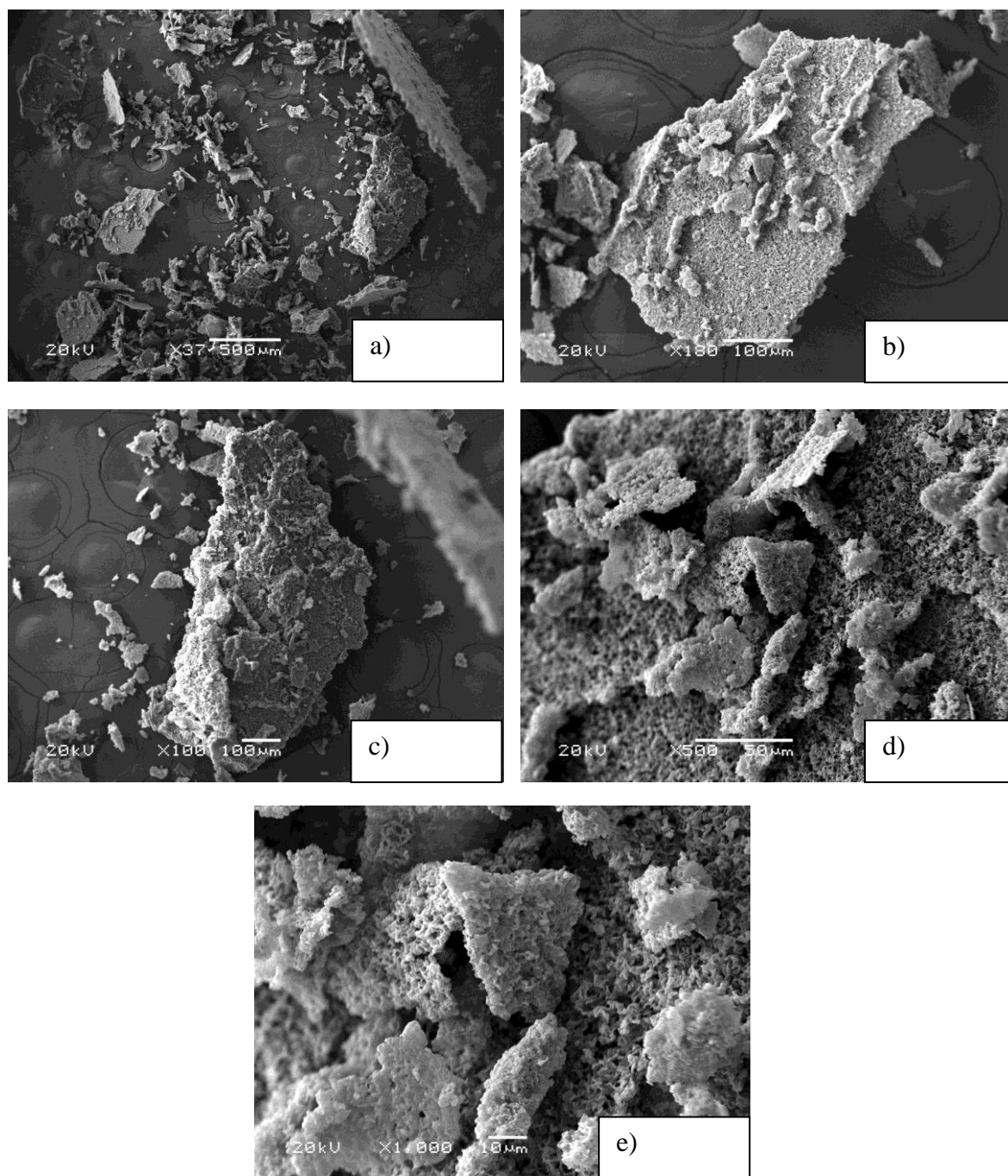


Figura 29. Fotomicrografia obtidas por MEV da Inulina Padrão.

As imagens da Figura 29 estão de acordo com as imagens obtidas por Tonelli et al. (2008), que revelam em sua maior extensão, uma superfície lisa, em sua maioria, com esferas de diferentes diâmetros. Segundo Ronkart et al. (2006), as amostras de inulina se mostram diferentes de acordo com a umidade relativa e a atividade de água. À medida que se aumenta a atividade de água ocorre a aglomeração dessa fibra. As fotomicrografias 30 indicam uma possível presença de estrutura fibrosa, resistente ao processo digestivo e bacteriano (PUMAR et al., 2008).

4.11 Cromatografia Líquida e Ressonância Magnética Nuclear dos Precipitados obtidos por extração aquosa da FCA e inulina padrão.

Após as primeiras análises por cromatografia líquida, em função dos picos de frutose, glicose e sacarose, estruturas tradicionalmente creditadas a frutooligosacarídeo, acreditava-se que seria inulina no precipitado obtido a partir da FCA evidenciada nos cromatogramas das Figuras 30 a 34.

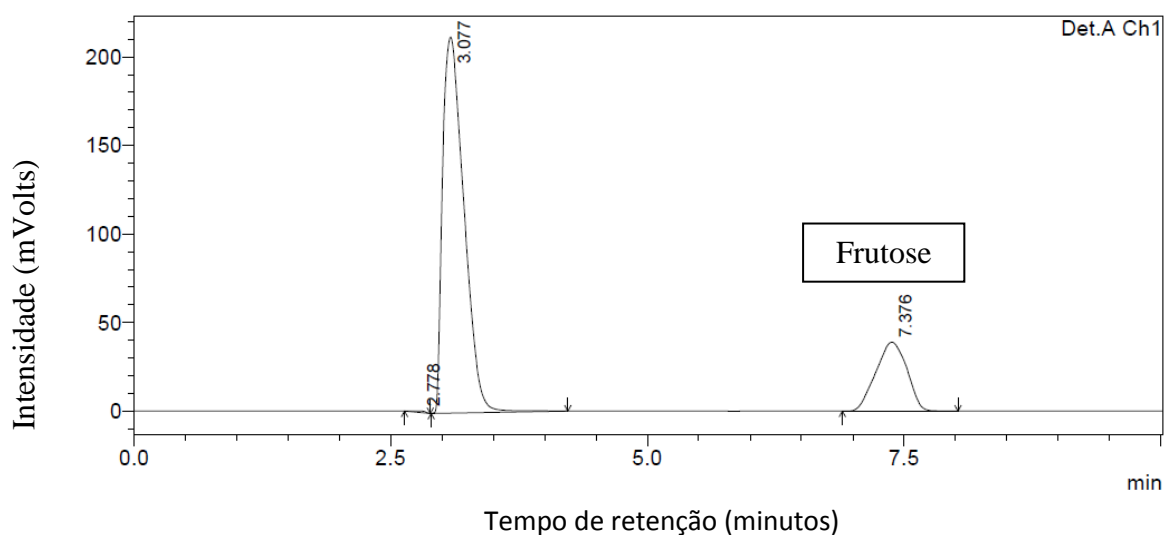


Figura 30. Cromatograma do Padrão de Frutose (Sigma). Fonte: Autor, 2015.

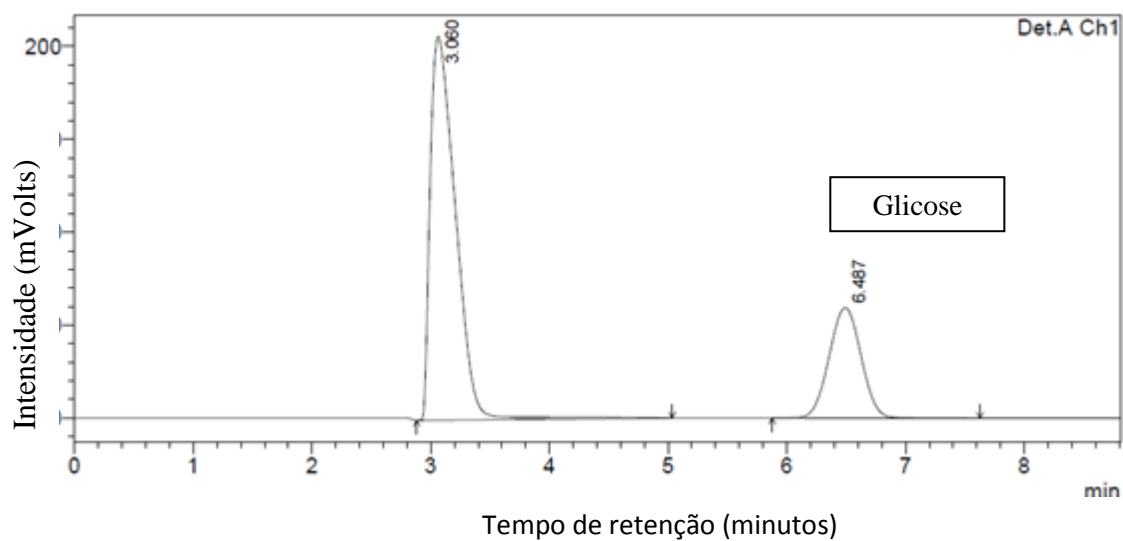


Figura 31. Cromatograma do Padrão de Glicose (Sigma).

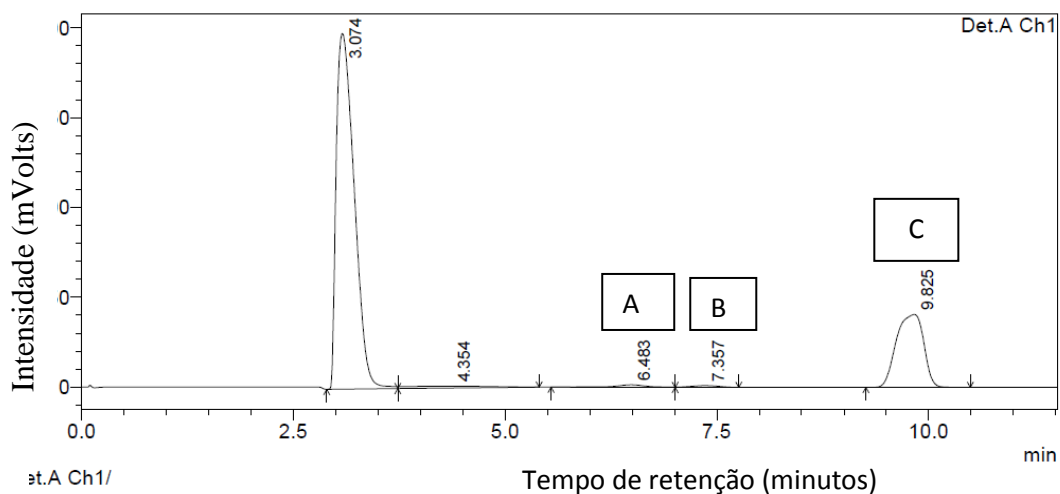


Figura 32. Cromatograma do Padrão de Sacarose (Sigma). A- frutose, B – glicose e C – Sacarose.

Portanto, as Figuras 18 e 19 podem não ter correspondido à realidade de composição do precipitado, havendo necessidade da análise de cromatografia em todos os precipitados obtidos do delineamento experimental, o que foi inviável nesse trabalho, em especial ao rendimento mássico. Ou, os picos observados podem não corresponder à inulina, ou mesmo podem ter ocorrido outros problemas no processo, equipamentos de mensuração ou manuseio do mesmo. Em virtude da dificuldade de reprodução da metodologia de identificação da

inulina usando como fase móvel a água, optou-se por hidrolisar a mesma com o intuito de liberar a glicose e frutose, identificando os picos das mesmas, detectando-se indiretamente a presença de inulina, a qual é formada por unidades de frutose unidas a uma glicose terminal (GRZYBOWSKI, 2008). Quando foi utilizada como fase móvel a água, nos cromatogramas obtidos, os picos dos padrões de glicose, sacarose, inulina e frutose saíram sobrepostos, dificultando a identificação dessas porções.

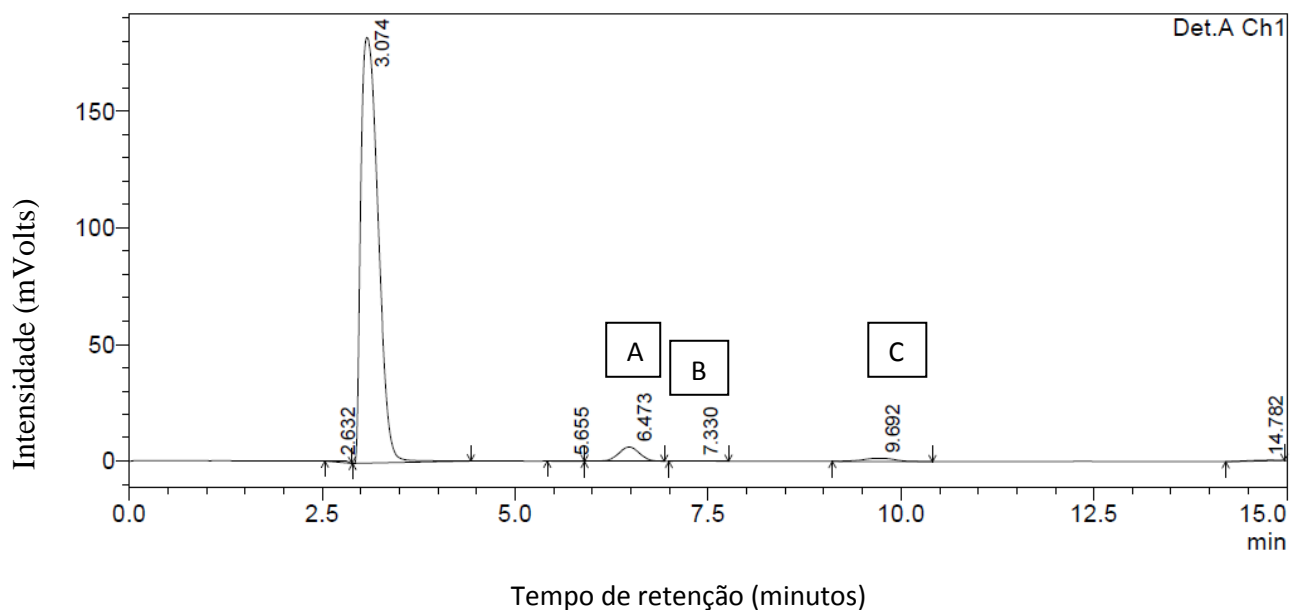


Figura 33. Padrão de Inulina (Sigma) hidrolisado. A- frutose, B – glicose e C – Sacarose.

Na Figura 33 é possível notar o perfil cromatográfico dos produtos de hidrólise cítrica da inulina padrão (SIGMA, nº I2255) e a predominância de frutose (3,2%), componente majoritário da inulina, no entanto, foram verificados picos menores de glicose (0,1%), sacarose (0,7%) e outros produtos com graus de polimerização (GP) diferentes (GP <18), pois produtos com GP maiores são menos perceptíveis, uma vez que a detecção é bem menos sensível para essas condições cromatográficas (GRZYBOWSKI, 2008). Esses gráficos permitem concluir que a hidrólise cítrica dos precipitados da FCA não formou muitos frutooligossarídeos, mas sim, liberou frutose, o monossacarídeo predominante da inulina nativa.

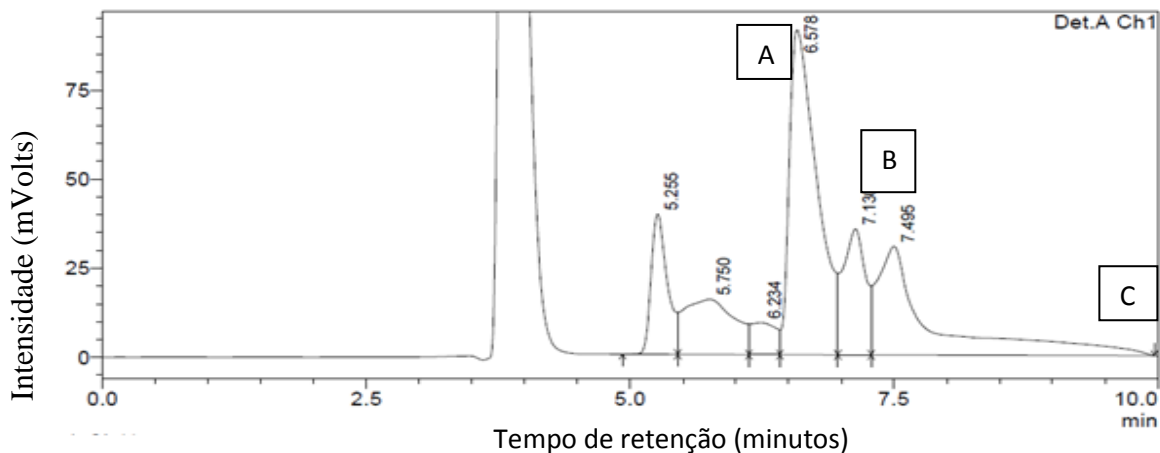


Figura 34. Precipitado hidrolisado obtido a partir da FCA. A- frutose, B – glicose e C – Sacarose.

O precipitado obtido a partir da extração aquosa da FCA, de acordo com a Figura 34, mostrou assim como a inulina padrão, picos de frutose, glicose e FOS. A frutose foi predominante, no entanto, em concentrações menores aos valores encontrados na amostra padrão. Outros picos de FOS foram identificados, demonstrando que a hidrólise ocorreu de forma diferenciada a da amostra padrão, e que a amostra extraída da FCA não é completamente pura, podendo nela haver outras substâncias que foram detectadas pelo método de cromatografia.

A inulina padrão (SIGMA, nº I2255) e o precipitado obtido da FCA foram analisados por RMN. No entanto, devido a dificuldade da solubilidade do precipitado obtido a partir da FCA, em Dimetil-sulfóxido (DMSO) e clorofórmio deuterado (CDCL₃), água e metanol, não foi possível obter espectros adequados, em especial para os precipitados obtidos. Os espectros obtidos estão representados nas Figuras 35 (¹³C RMN - inulina padrão, solvente DMSO).

A presença de inulina no padrão (SIGMA, nº I2255), foi determinada por análise de RMN-¹³C, a análise do espectro apresentou sinais correspondentes aos carbonos de unidade de frutose. O C1 é visto em 61,9 ppm, C2 que se encontra-se ligado possui um deslocamento químico de 103,7 ppm, o C3 é visto em 77 ppm, o C4 em 74,6 ppm, C5 em 82 ppm e finalmente C6 aparece em 62,5 ppm. Esses sinais são característicos das unidades anídras e interligadas de frutose ou β-D-fructofuranose (FONTANA et al., 1994; YANG et al., 2011). Sinais dos carbonos correspondentes à unidade de glicose não foram encontrados, provavelmente devido a estrutura da inulina padrão ser constituída somente de unidades de frutose unidas entre si, ou devido a proporção de frutose e glicose (OLIVEIRA et al., 2012; CERANTOLA et al., 2004).

Esses resultados estão de acordo com os estudos de Oliveira et al. (2012), Cerantola et al. (2004), Fontana et al. (2002) e Yang et al. (2011), que determinaram os deslocamentos químicos para inulina ou frutooligossarídeos.

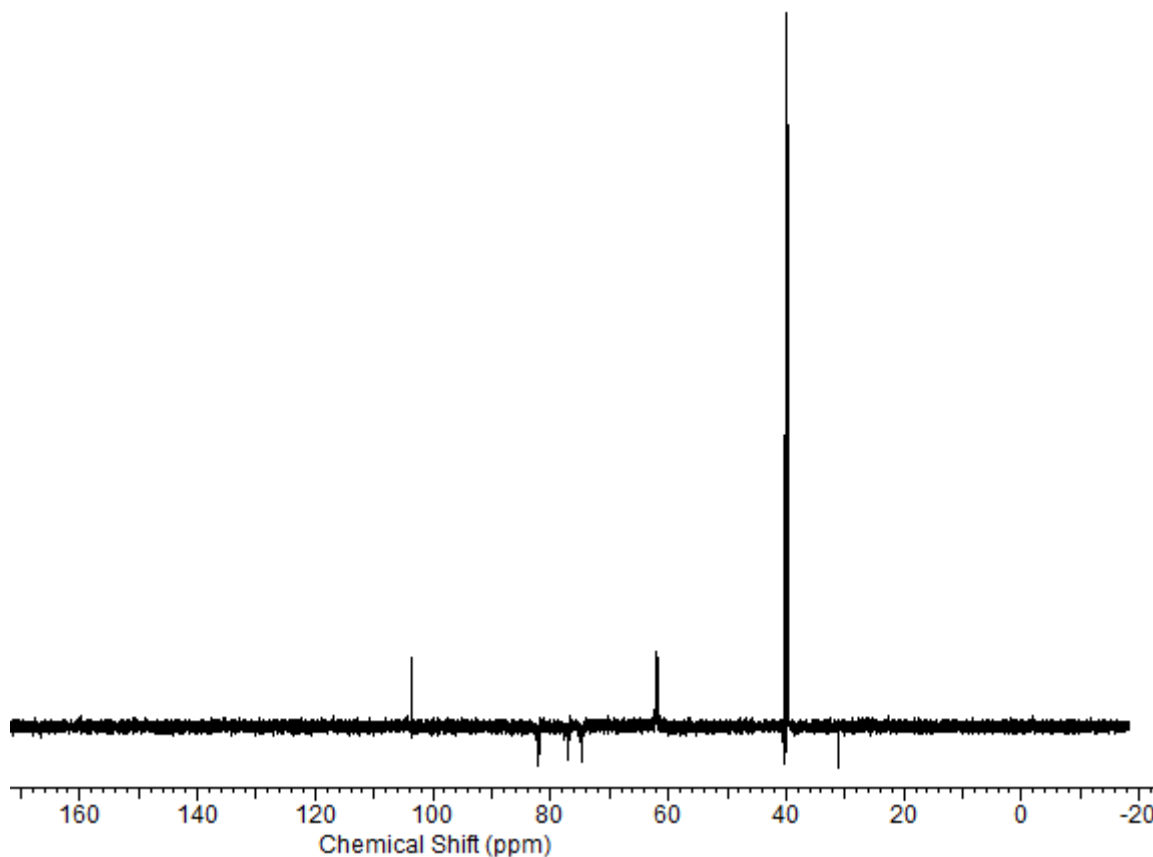


Figura 35. Espectro de ressonância magnética nuclear - ^{13}C de inulina padrão (SIGMA, nº I2255),. A- C2, B- C3, C4 e C5; C – 6. Fonte: Autor, 2015.

A partir da comparação do espectro de hidrogênio do presente estudo com os resultados obtidos por Yang et al. (2011), pode-se observar a presença de hidrogênios e confirmar a presença de inulina. H1 – 3,51, H3 – 4,08 ppm, H4 – 3,80 ppm, H5 – 4,05 ppm e H6 – 3,63 ppm, em função da presença de unidade de β -frutofuranose.

Em virtude da não solubilidade da amostra obtida a partir da FCA foi necessário realizar a acetilação da mesma, cujos espectros obtidos estão apresentados na Figura 36-38.

Os picos de A-E encontrados na Figura 36 são semelhantes aos encontrados na FCA, e remetem a ácidos graxos, A – 0,89 ppm, B- 4,14 e 4,28 ppm; C – 2,02 ppm; D – 2,35 ppm e E – 2,75 ppm.

De acordo com Guillén; Ruiz (2003), os picos entre 4,14-4,28 ppm são devidos a um ou dois grupos $-\text{CH}_2\text{O}-$ nos glicérideo e os picos de 5,20 – 5,26 ppm são provenientes de dois grupos $-\text{CHO}$ dos triglicérideos.

Luo et al. (2012) afirmam que existem picos de CH_3 (A – 0,89 ppm), CH_2CHCH_2 (C - 2,02 ppm), $\text{OCOCH}_2\text{CH}_2$ (D – 2,35 ppm) e $\text{CHCHCH}_2\text{CHCH}$ (E – 2,75 ppm). Os picos denominados como B referem-se aos Glicérideos- $\text{CH}_2\text{O}-$. A visualização desses compostos no material analisado é decorrente da solubilidade dos lipídeos em solventes orgânicos, como o clorofórmio. Os resultados obtidos no espectro 36 ressaltam que além da inulina, o processo de extração promoveu o carreamento de outros compostos, portanto, a metodologia de extração de inulina usada nesse estudo pode não ser adequada para a utilização em sementes,

provavelmente em raízes ou tubérculos, que segundo a literatura se mostrou eficaz, devido a composição química diferente entre sementes, raízes e tubérculos.

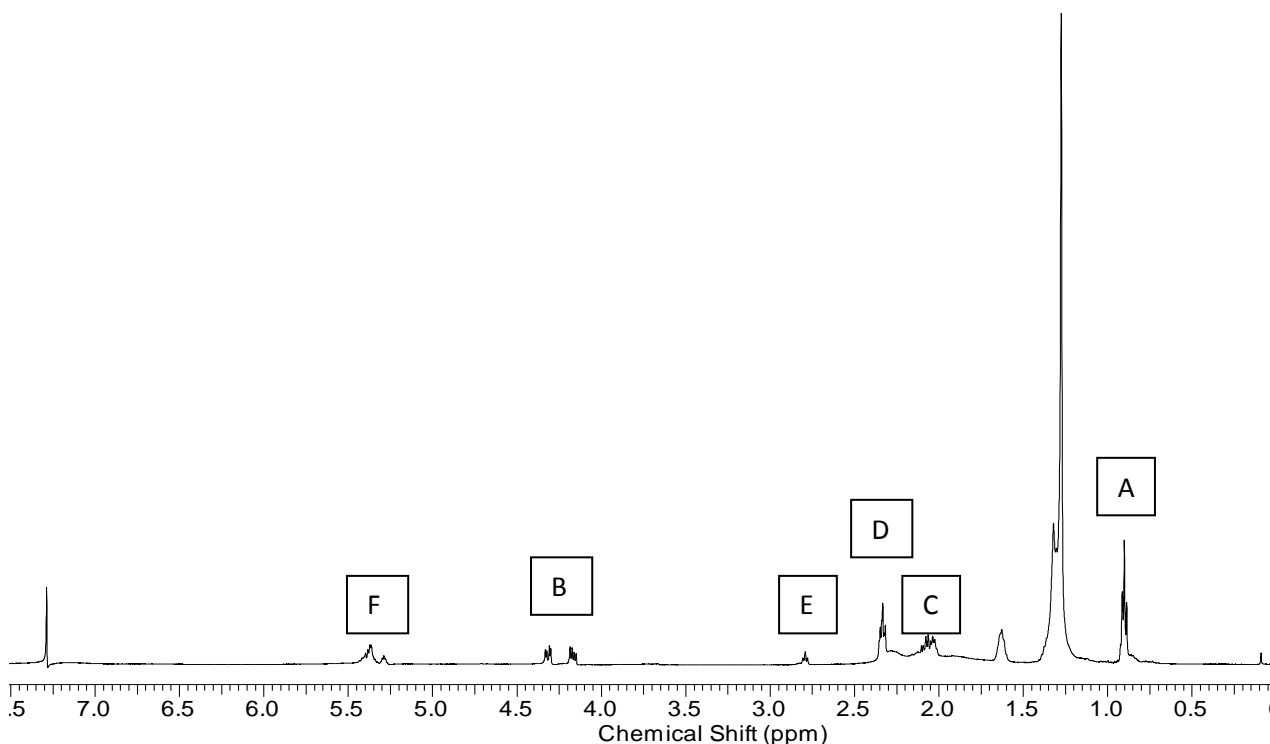


Figura 36. Espectro de RMN ^1H da amostra precipitada a partir da FCA, solvente CDCl_3 .

O espectro de RMN ^{13}C (500 MHz) em acetona d_6 +gotas de metanol d_4 do derivado obtido a partir da FCA acetilado, comparado aos dados da literatura de Yang et al. (2011), permitem propor a presença de sacarose com os outros componentes em menor quantidade, podendo ter beta-glucopiranosose e beta-frutopiranosose. No entanto, análises adicionais devem ser feitas para a conclusão segura da proposta (Figura 37)

Na Figura 37 foram identificados os sinais de CH (anomérico) - 89,9/91,4 ppm; CH - 68,6/68,3 ppm, 70,2/70,0 ppm, 75,7 ppm, 78,9; 74,8 ppm; CH_2 - 61,9 ppm, 62,9 ppm, 63,6 ppm; e C - 103,8. Foram identificados 8 sinais de acetilas, $\text{H}_3\text{C-COO}$: δ_{C} : 169,2-170,3 e δ_{CH_3} : 19,5-19,8. Esses sinais correspondem à estrutura molecular da sacarose (Figura 40).

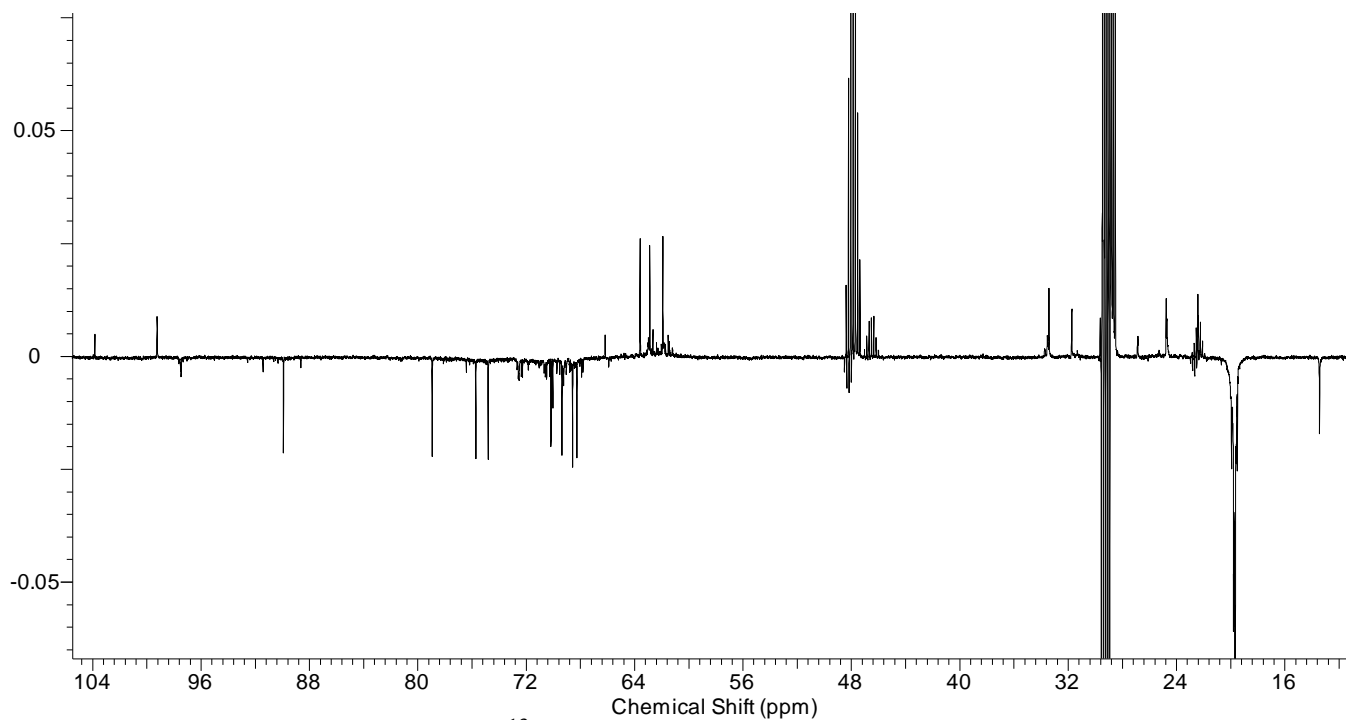


Figura 37. Espectro de RMN ^{13}C da amostra precipitada a partir da FCA acetilada, solvente acetona d_6 e gotas de MEOD.

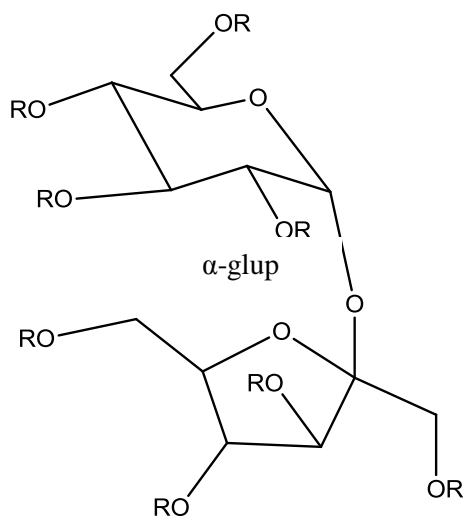


Figura 38. Estrutura molecular S $\beta\text{-frut}$

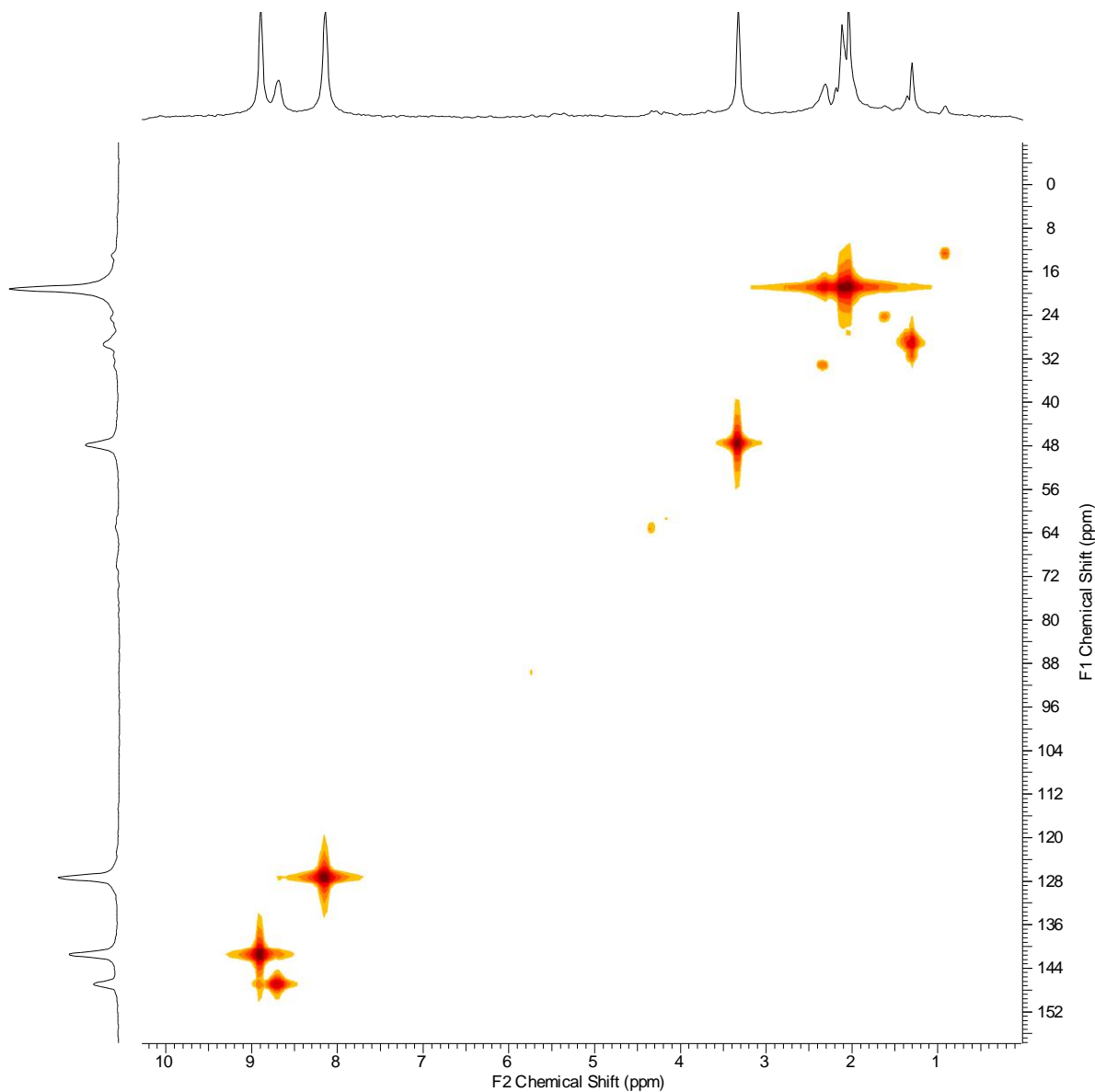


Figura 39. Espectros HMQCGP ^1H e ^{13}C (500 MHz) do precipitado acetilado obtido a partir da FCA, solvente metanol deuterado.

A Figura 39 mostrou os hidrogênios ligados aos seus respectivos carbonos. O hidrogênio que produziu pico a 1 ppm está ligado a um carbono que produziu pico a 12 ppm, podendo ser um grupo metil ou $-\text{CH}_3$ ligado a uma cadeia de $-(\text{CH}_2)_n$. Os hidrogênios que produzem picos a 1 a 3 ppm são ligados a um carbono que produz o pico a 30 ppm, devido a um grupo $-\text{CH}_3$, podendo estar ligado a um grupo fenil/fenólico. Os hidrogênios que produziram picos grandes a 2 ppm são ligados ao carbono que produziu pico a 18 ppm, devido a presença de $-(\text{CH}_2)_n$. A presença de um composto fenólico pode ser sugerida em

função das ligações de hidrogênio a 8,1 ppm com carbono a 128 ppm; hidrogênio a 8,7 ppm com carbono a 145 ppm; e hidrogênio a 9 ppm com carbono a 141 ppm (FONTANA et al., 2002; GUILLÉN; RUIZ, 2003; CERUKS et al., 2007; YANG et al., 2011; LUO et al., 2012).

Portanto, os resultados obtidos no presente estudo demonstraram que houve a extração de inulina juntamente com outras substâncias como lipídeos, outros carboidratos e compostos fenólicos. Conclui-se que o processo de extração utilizado até então para raízes e tubérculos não é adequado para a matriz encontrada na farinha de caroço de açaí, sendo necessários mais estudos de processo de extração ou mesmo a purificação desse processo utilizado.

Sabe-se que no metabolismo dos vegetais ocorrem modificações bioquímicas importantes. Metabólitos são transformados em outros, por isso recomenda-se que as raízes de chicória para extração de inulina devem ser colhidas e processadas em até dois meses, antes que as cadeias de inulina se fragmentem em cadeias de frutose, diminuindo assim suas características tecnológicas e propriedades funcionais. Essas transformações bioquímicas podem ser a explicação do aumento de carboidratos de formas diferentes da estrutura química da inulina encontradas no presente estudo. Os resultados não excluem a presença de inulina, um frutooligossacarídeo que pode encontrar-se em outra conformação química, que não tenham permitido sua identificação direta, segura. No entanto, a presença de frutose, glicose e sacarose indicam a presença da mesma.

O precipitado obtido com a inulina pode ser uma alternativa nutricional, como substituto de gorduras em produtos com alto teor dessa fração. A presença e quantificação desses compostos fenólicos necessitam de estudos adicionais, pois pode ser uma combinação com um valor nutricional superior aos compostos isolados.

5 CONCLUSÕES

A farinha de caroços de açaí apresentou altos teores de fibras, compostos fenólicos, contém ômega 3, 6 e 9, além de ser considerada fonte em minerais importantes, possui alta capacidade de absorção de água e gordura, e baixa solubilidade em água, podendo ser utilizado como ingredientes de bolos, tortas, pães e produtos cárneos, em substituição de óleos e gorduras nesses tipos de produtos.

A utilização da estufa ventilada a 60 °C proporcionou a obtenção de uma FCA segura do ponto de vista microbiológico, com base na legislação brasileira vigente para farinhas.

O processo utilizado para obtenção da FCA proporcionou um rendimento de 36% \pm 0,10 de farinha a partir dos caroços de açaí.

O planejamento experimental para a obtenção de inulina a partir das sementes de açaí proporciona um rendimento médio de 4,77 \pm 0,07 de precipitado por kg de FCA. Esse rendimento de forma isolada pode não ser considerado expressivo, porém deve ser considerado importante, visto que 93 % do açaí são resíduos na forma de sementes.

As análises químicas e físicas mostraram que o precipitado obtido contém mais cinzas, coloração mais escura que o padrão de inulina.

As análises de MEV mostraram diferenças quanto da estrutura da inulina obtida quando comparadas com o padrão da Sigma.

As análises de HPLC das amostras hidrolisadas mostraram que, tanto na amostra padrão quanto no precipitado obtido, são constituídos de glicose, frutose e sacarose, no entanto, em concentrações diferentes.

Houve grande dificuldade de solubilização das amostras oriundas dos precipitados da FCA, o que não permitiu que conclusões consistentes fossem realizadas.

O RMN mostrou a presença de carboidratos no precipitado, no entanto, uma concentração de ácidos graxos e compostos fenólicos também foram observados.

Sabe-se que é possível a extração de inulina da FCA, no entanto, a metodologia usada pode não ter sido adequada para sementes devido a estrutura e composição e talvez sejam, necessários novos métodos de extração e purificação que a literatura não aborda quando se trata de raízes e tubérculos.

A utilização da FCA e do precipitado obtido através dela, pode ser uma alternativa para agregar valor aos alimentos, permitir a utilização racional de um resíduo, gerar emprego e renda, além de uma alternativa para o combate à fome oculta.

Fazem-se necessários novos desafios com vistas ao aproveitamento das sementes do açaí de forma racional, objetivando agregar valores no agronegócio do açaí e minimizar os danos ambientais.

6 SUGESTÕES

- A FCA apresenta grande conteúdo de minerais, por isso é importante o estudo da biodisponibilidade dos mesmos.
- Os caroços de açaí na forma de farinha podem ser utilizados para melhorar características nutricionais, funcionais e tecnológicas de produtos, no entanto é importante o estudo toxicológico da mesma.
- Em virtude da composição dos caroços de açaí pode-se estudar a composição de *blends* oriundos de resíduos, com vistas à produção de carvão, etanol e adubos.
- Para purificar o precipitado obtido é importante realizar testes para desengordurar a FCA antes de submetê-la ao processo de extração de inulina.
- Em função das impurezas presentes na inulina obtida pode-se tentar o processo de recristalização do precipitado.
- Novos testes de solubilidade da fração precipitada necessitam ser realizados para que novas análises possam ser feitas, a fim de determinar o conteúdo presente no mesmo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the AACC**. 10th ed. St. Paul, 2000.
- ABNT NBR NM 27:2001. Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório, Rio de Janeiro, 2002.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos**. Brasília, 1987.
- ABUD, A. K.S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 12, n. 4, p. 257-265, out./dez. 2009.
- AGUIAR, M.O.; MENDONÇA, M.S. de. Morfo-anatomia da semente de Euterpe precatória Mart. (Palmae). **Revista brasileira de Sementes**, v.25, n.1, p. 37-42, 2003.
- AGUIAR, T.M.; RODRIGUES, F.S.; SANTOS, E.R.; SABAA-SRUR, A.U.O. Caracterização química e avaliação do valor nutritivo de sementes de acerola. **Nutrire**, São Paulo, SP, v. 35, n. 2, p. 91-102, ago. 2010.
- AKIN, M. B.; AKIN, M.S.; KIRMACI, Z. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. **Food Chemistry**, London, v. 104, n. 1, p. 93-99, 2007.
- ALEXANDRINO, A.M.; FARIA, H.G. de; SOUZA, C.G.M.; PERALTA, R.M. Aproveitamento do resíduo de laranja para a produção de enzimas lignocelulolíticas por *Pleurotus ostreatus* (Jack:Fr). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.2, p.364-368, 2007.
- ALONSO, A.M.; GUILLEN, D.A.; BARROSO, C.G.; PUERTAS, B.; GARCIA, A. Determination of antioxidant activity of wine byproducts and its correlation with polyphenolic content. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.50, n.21, p.5832-5836, 2002.
- ALVES, C.C.F.; CRANCHI, D.C.; CARVALHO, M.G.; SILVA, S.J. Triterpenos, esteróide glicosilado e alcalóide isolados de *Simira glaziovii*. **Floresta e Ambiente**, v.8, p.174-179, 2001.
- ALVES, A. M.; ALVES, M.S.O.; FERNANDES, T.O.; NAVES, R.V.; NAVES, M. M. V. Caracterização física e química, fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa e resíduo de gabioba. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 35, n. 3, p. 837-844, Setembro 2013.

ALZAMORA, S.M. Preconservacion de frutas por métodos combinados. **In:** Congreso Mundial de Tecnologia de Alimentos, 1984, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: [s.n.], 1984.

AMBRÓSIO-UGRI, M.C.; RAMOS, A.C.H. Elaboração de barra de cereais com substituição parcial de aveia por farinha da casca de farinha da casca de maracujá. **Revista Tecnológica Maringá**, v. 21. p. 69-76, 2012.

ANDERSON, J.W. Dietary fiber and human healthy. **Horticulture Science** v.25, p.1488-1495, 1990.

ANDERSON, R.A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIFFIN, JR. E.L. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion-cooking. **Cereal Science Today**, St Paul, v.14, n.1, p.4-12, Jan. 1969.

AOAC. Association of Official Analytical Chemistrys. **Official methods of analysis**. 15th ed. Washington v.2, 1.278p.,1990.

AOAC. Association of Official Analytical Chemistrys. **Official methods of analysis**. 19th ed. Washington , 2012. 3000p.

AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; BORZANI, W. **Biotechnologia: tópicos de microbiologia industrial**. São Paulo: Edgar Blucher, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1975.

ARAÚJO, E.M.; MENEZES, H.C.; TOMAZINI, J.M. Fibras solúveis e insolúveis de verduras, tubérculos e canela para uso em nutrição clínica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.29, n.2, p.401-406, abr.-jun. 2009.

ARBOS, K.A.; FREITAS, R. J. S. de; STERTZ, S.C.; DORNAS, M.F. Atividade antioxidante e teor de fenólicos totais em hortaliças orgânicas e convencionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.2, p.501-506, 2010.

AVILA, C.R. de; GALLO, C.R. Pesquisa de Salmonella spp. em Leite Cru, Leite Pasteurizado Tipo C e Queijo “Minas Frescal” Comercializados no Município de Piracicaba - SP. **Science Agriculture**, v. 53, n.1, p.159-163, jan./abr. 1996.

AYALA-ZAVALAA, J.F; VEGA-VEGAA, V.; ROSAS-DOMÍNGUEZA, C.; PALAFOX-CARLOSA, H.; VILLA-RODRIGUEZA, J.A.; WASIM SIDDIQUIB, MD.; DÁVILA-AVIÑAA,J.E.; GONZÁLEZ-AGUILA, G.A. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, v.44, n.7, p.1866-1874, 2011.

BAHIA, M. P. **Produção de Iogurte Prebiótico com Plano APPCC e Análise Sensorial**. 2005, 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) -- Faculdades Associadas de Uberaba, Uberaba, 2005.

BALESTRO, E.A.; SANDRI, I.G.; SANDRI, I.G.; FONTANA, R.C.F. Utilização de bagaço de uva com atividade antioxidante na formulação de barra de cereais. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.2, p.203-209, 2011.

- BARTOZOLO, E.Q.; QUADROS, M.H.R. Aplicação de inulina e sucralose em iogurte. **Revista Brasileira de Tecnologia**, v. 01, n. 01: p. 37-47, 2007.
- BARUFFALDI, R., OLIVEIRA, M.N. de. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. 317p.
- BASTOS, M. L.A.; LIMA, E.C.S.; SABAA-SRUR, A.U.O. Composição nutricional de diferentes polpas de açaí (*Euterpe oleracea*). **In:** II Congresso Brasileiro de Processamento de Frutas e Hortaliças, 2010, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: SBPFH, 2010.
- BEARD, J.H; DAWSON, H.; PIÑERO, D.J. Iron metabolism: a comprehensive review. **Nutrition Reviews**, Washington, v. 54, n. 10, p. 295-317, 1996.
- BENEVIDE, C.M.J.; SOUZA, M.V.; SOUZA, R.D.B.; LOPES, M.V. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v.18, n.2, p.67-79, 2011.
- BERNIER, J.J.; PASCAL, G. Valuer énergétique despolyols sucres-alcools. **The new England journal of medicine**, v.26, p.231-238, 1990.
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BOEKEL, S.V.; COUTO, M.A.P; ASCHERI, J.L.R; SABAA SRUR, A.U.; LIMA, E.C.S.L.Elaboração de farinha mista extrusada de arroz, soja e resíduo de laranja-pêra como fonte de fibra alimentar. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 23, n. 4, p. 243-251, out./dez., 2011.
- BOLIVAR RAMIREZ, N.; SEIFFERT, W.Q.; VIEIRA, F.N.; MOURIÑO, J.L.P.; JESUS, G.F.A.; FERREIRA, G.S.; ANDREATTA, E.R. Dieta suplementada com prebiótico, probiótico e simbiótico no cultivo de camarões marinhos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília , v. 48, n. 8, Aug. 2013.
- BORGES, V.C. Oligossacarídeos x fibras alimentares. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 4, p. 161-164, 1997.
- BORGES, S.L.; BONILHA, C.C.; CORDEIRO, M. Sementes de jaca (*Artocarpus integrifolia*) e de abóbora (*Curcubita moschata*) desidratadas em diferentes temperaturas e utilizadas como ingredientes em biscoitos tipo cookie. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 3, p. 317-321, 2006.
- BORNET, F.R. Undigestible sugars in food products. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.59, n.3, Suppl, p.763-769, 1994.
- BOSI, M.G.; BERNABE, B.M.; DELLA LUCIA, S.M.; ROBERTO, C.D. Bebida com adição de soro de leite e fibra alimentar prebiótica. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.48, n.3, p. 339-341, 2013.
- BOTT, A.; ERLE, U.; VREEKER, R., AGTEROF, W. G. M. Influence of crystallization conditions on the large deformation rheology of inulin gels. **Food Hydrocolloids**. v.18, n.4, p. 547-556. 2004.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensm-Wiss Technology**, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Decreto nº 12.486, de 20 outubro de 1978. Aprova Normas Técnicas Especiais Relativas a Alimentos e Bebidas. **Diário Oficial da União**, São Paulo, SP, p.201 out 1978.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. MAPA, Instrução Normativa nº 1, de 7 jan. 2000, Seção I, p. 54-58. Aprova os Regulamentos Técnicos para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpas e sucos de frutas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 6, 10 jan. 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. MAPA. Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. **Diário Oficial da União**; Brasília, DF, 18 set 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Portaria nº 451, de 19 de setembro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico Princípios Gerais para o Estabelecimento de Critérios e Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da União**; Brasília, DF, 19 set 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001: Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 10 jan 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução RDC n.360, de 23 de dezembro de 2003. A Diretoria Colegiada da ANVISA/MS aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. **Diário Oficial da União**; Brasília, DF, 26 de dez 2003b.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. RDC n.º 269, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 23 de set 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos. IX - Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas. Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm>. Acesso em 13 de dezembro de 2014. **Diário Oficial da União**; Brasília, DF, jun 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução nº 54. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**; Brasília, DF, 13 de nov 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 358 de 29 de abril de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 2005. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 04 mai 2005b.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei 12305/10 | Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Constitui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em:

<<http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/1024358/politica-nacional-de-residuos-solidos-lei-12305-10>>. Acesso de 04 de dezembro de 2014.

CATANEO, C.B.; CALIARI, V. GONZAGA, L.V.; KUSKOSKI, E.M.; FETT, R. Atividade antioxidante e conteúdo fenólico do resíduo agroindustrial da produção de vinho. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 29, n.1, p. 93-102, 2008.

CALADO, V.; MONTGOMERY, D. C. **Planejamento de Experimentos Usando o Statística**. E-Papers Serviços Editoriais, Rio de Janeiro, 2003.

CALZAVARA, B.B. G. **Açaizeiro**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1987. 6p. (Recomendações Básicas, 3).

CAO, L.; WANG, W.; YANG, C.; YANG, Y.; DIANA, J.; YAKUPITIYAGE, A.; LUO, Z.; LI, D. Application of microbial phytase in fish feed. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 40, p. 497-507, 2007.

CAPOBIANCA, J. P. R. et al. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p.

CAPRILES, V.D.; AREAS, J.A.G. Frutanos do tipo inulina e aumento da absorção de cálcio: uma revisão sistemática. **Revista de Nutrição**, v.25, n.1, p.147-159, 2012.

CARABIN, I.G.; FLAMM, W.G. Evaluation of safety of inulin and oligofructose as dietary fiber. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, n. 30, p. 268-282, 1999.

CARIOCA, J.O.B., ALMEIDA, F.A.G., ARORA, H.L., SELVAM, P., FIGUEIRÓ, S.D. Extração e hidrólise de inulina a partir da alcachofra de Jerusalém (*Helianthus tuberosus* L.). **Ciência Agrônômica**, v. 19, n. 1, p. 61-66, 1988.

CARPITA, N.C.; KAMABUS, J.; HOUSLEY, T.L. Linkage structure of fructans and fructan oligomers from *Triticum aestivum* and *Fistulina hepatica*. **Journal Plant Physiology**, v.134, p.162-168, 1989.

CARVALHO, A. V.; PEZOA-GARCÍA, N. H.; AMAYA-FARFAN, J; WADA, J. K. A. Caracterização de concentrado e isolado proteico extraído de sementes de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*, Schum). **Brazilian Journal Food Technology**, v. 12, n. 1, p. 01-08, jan./mar. 2009.

CARVALHO, A.V. **Extração, concentração e caracterização físico-química e funcional das proteínas de semente de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum)**. 2004, 75f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2004.

CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M.; CARVALHO, P. R. N.; MORAES, R. M. **Análises Químicas de Alimentos (Manual Técnico)**. Campinas: Biblioteca do ITAL, 1990.

CARVALHO, M.A.M. de; PINTO, M.M.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L. Inulin production by *Vernonia herbacea* as influenced by mineral fertilization and time of harvest. **Revista Brasileira de Botânica**, v.21, n.3, 1998.

CAPISTRANO SOBRINHO, D.C; PEREIRA, A.C.S.C.; PRADO, J.P.S.; MOTTA, A. L.Y.; BOLELTER, J.F.; CAVALHEIRO, J.M.O. Composição química e avaliação do processo de liofilização do filé de sardinha-laje (*Opisthone maoglinum*). **Revista de biologia e farmácia**, v. 5, n. 2, p. 50-7, 2011.

CASTREJÓN, A.J.D.R.; EICHHOLZ, I.; ROHN, S.; KROH, L. e HUYSKENS-KEIL,S. Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*, L.). **Food Chemistry**, v. 109, p. 564-572, 2008.

CATALDO L.F.; SILVA, C.A.; MENDES, M.F.; NOGUEIRA, R.I.; FREITAS, S.P. Extração de inulina a partir da raiz de chicória (*Chicorium intybus* L.) usando dióxido de carbono supercrítico. **In.** VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica 1/6, 2005.

CAVALCANTI MATTA, M.E.; DUARTE, M.E.M.; ALSELMO, G.C.S., RODRIGUES, E.; GUEDES, M.A.; CAVALCANTI, A.S.R.R.M.; OLIVEIRA, C.CA., Obtenção de graviola em pó pelo processo de liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, Especial, v.7, n.2, p.165-172, 2005.

CÉRANTOLA, S.; KERVAREC, N.; PICHON, R.; MAGNÉ, C.; BESSIERES, M.A; DESLANDES, F. NMR characterisation of inulin-type fructooligosaccharides as the major water-soluble carbohydrates from *Matricaria maritima* (L.). **Carbohydrate Research**. v.339, n14, p.: 2445–2449, 2004.

CEREDA, M.P; VILPOUX, F. **Tecnologias, uso e potencialidades de tuberosas amiláceas**. São Paul:Fndção Cargil, 2003.71 p

CERUKS, M.; ROMOFF, P.; FÁVERO, O.A.; LAGO, J.H.G.. Constituintes fenolicos polares de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Química Nova**, v.30, p.597-599, 2007.

CHEFTEL, J.C.; CUQ, J.L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentarias**. Zaragoza: Acribia, 1989. 346p.

CHISTÉ, R.C.; COHEN, K.O.; MATHIAS, E.A.; RAMOS JÚNIOR, A.G.A. Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n.4, p.861-864, 2006.

CODEX ALIMENTARIUS, CAC/RCP p.1-1969 Rev. 4 – 2003. Disponível em: <<http://www.codexalimentarius.net>>. Acesso em 29 de dezembro de 2014.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_02_10_16_52_17_acaifrurojaneiro.pdf>. Acesso em 29 de dezembro de 2014.

COOPER, P. D.; CARTER, M. The anti-melanoma activity of inulin in mice. **Molecular Immunology**, 23, p.903-908, 1986.

CORSINI, M.S.; JORGE, N.; MIGUEL, A.M.R.O.; VICENTE, E. Perfil de ácidos graxos e avaliação da alteração em óleos de fritura. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 956-961, 2008.

CRUZ, A.P.G. **Avaliação do efeito da extração e da microfiltração do açaí sobre sua composição e atividade antioxidante.** 2009, 88f. Dissertação. Dissertação (Mestrado) – UFRJ/ IQ/ Programa de Pós graduação em Bioquímica, 2009.

CRUZ, E.A., MELO, M.C., SANTANA, N.B., FRANCO, M., SANTANA, R.S.M., SANTOS, L.S., et al. Produção de Alfa-Amilase por *Aspergillus niger* em Resíduo de Cascas de Mandioca. **UNOPAR Cient Ciênc Biol Saúde**, v.13, n.4, p. 245-9, 2011.

CUKIER, C. et al. **Nutrição baseada na fisiologia dos órgãos e sistemas. São Paulo: Sarvier, 2005.**

CUNHA, G.M. **AÇAÍ Unidade de Acesso a Mercados.** SEBRAE. Disponível em: <www.sebrae.org.br>. Acesso em 28 de dezembro de 2014.

CUPPARI, L. **Guia de medicina ambulatorial e hospitalar: nutrição clínica no adulto.** 2. ed. São Paulo: Manole, 2007, p. 288-299.

DE BRUYN, A.; ÁLVAREZ, A.P.; SANDRA, P.; DE LEENHEER, L. Isolation and identification of O-b-D fructofuranosyl-(2-1)-O-b-D-fructosuranosyl-(2-1)-Dfructose, a product of the enzymic hydrolysis of the inulin from *Cichorium intybus*. **Carbohydrate Research**, v.235, 303-308, 1992.

DECH, J.E; RIVAS, R.N.; CAYGILL, J.C. Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) flour and two protein isolates. **Journal Science Food Agriculture**, v.32, n.6, p.557-564, June 1981.

DIXON, W.T.; SCHAEFER, J.; SEFCIK, M.D.; STEJSKAL, E.O.; MCKAY, R.A., 1982. Total suppression of sidebands in CPMAS C-13 NMR. **Journal of Magnetic Resonance**, v. 49, p.341–345, 1982.

DJOUSSE, L. S. C; PANKOU, J. S.; ECKFELDT, J. H.; FOLSOM, A. R.; HOPKINS, P. N.; PROVINCE, M. A.; HONG, Y.; ELLISON, R. C. Relation between dietary linolenic acid and coronary artery disease in the national heart, lung, and blood institute family heart study. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Houston, v. 74, n. 5, p. 612-619, 2001.

DONATTO, F.F.; PALANCH, A.; CAVAGLIERI, C.R. Fibras Dietéticas: efeitos terapêuticos e no exercício. **Saúde Revista**, Piracicaba, v.8, n.20, p.65-71, 2006.

DOURADO, C.P.; TOZATTI, P.T.; SYOSKI, J.; FREITAS, D.C.; NOVELLO, D.; BEZERRA, J.R.M.V. Biscoito adicionado de farinha de bagaço de maçã: caracterização química e sensorial. **Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde**, v. 4, n. 1, p. 17-25, 2014.

DUPUREUR, C.M.; SABAA-SRUR, A.U.O.; TRAN, K.; SHEJWALKER, P.S.; SMITH, R.E. ORAC values and anthocyanin content of Brazilian and Floridian açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Natural Products Journal**, v.2, p.99-103, 2012.

ELACHER, W.A.; OLIVEIRA, F.L.; SILVA, D.M.N.; QUARESMA, M.A.L.; CHRISTO, B.F. Caróço de açaí triturado fresco na formulação de substrato para a produção de mudas de hortaliças brássicas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 2014.

EL-NAGAR, C. G.; TUDORICA, C. M.; KURI, V. ; BRENNAN, C. S. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 55, n. 2, p. 89-93, 2002.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Energy and Protein Requeriments**. FAO Nutrition Meetings Report Series 724, and WHO Technical Report Series, 724. 1985.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Year book production**. v. 51. 1997

FAO. Food and Agriculture Organization. 2001. Human Vitamin and Mineral Requirements. **In: Report 7^a Joint FAO/WHO Expert Consultation**. Bangkok. Thailand. 286p.

FAO. Food and Agriculture Organization. 2007. Food safety risk analysis guide: A guide for national food safety authorities **Food and Nutrition** , n.87, FAO/WHO, 2007.

FAO. Food and Agriculture Organization. 2009. **Alimentos perdidos e desperdiçados na américa latina e caribe**. <<http://www.fao.org/3/a-i3942s.pdf>>. Acesso em 20 de maio de 2014.

FAO. Food and Agriculture Organization. 2014. **O Estado da Segurança Alimentar e Nutricional no Brasil**. Disponível em: <https://www.fao.org.br/download/SOFI_p.pdf>. Relatório, 2014. Acesso em 29 de dezembro de 2014.

FARINAS, C.S.; LEMO, V.; FABIOLA, U.; NETO BERTTUCCI;COURI, S. **Avaliação de diferentes resíduos agroindustriais como substratos para a produção de celulases por fermentação semi-sólida**. /São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. 13 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, ISSN 22), 2008.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática**. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.

FERREIRA NETO, C.J.; FIGUEIREDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M. Avaliação sensorial e da atividade de água em farinha de mandioca temperada. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.4,p.795-802, 2005.

BERNADINO FILHO, R.; OLIVEIRA, C.P.; GOMES, Q.O. **Elaboração de hambúrguer bovino adicionado de inulina como ingrediente funcional prebiótico e substituto de gordura**. Mossoró, out-dez. 2012. Disponível em: <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1758/pdf_528> Acesso em: 20 agosto 2014

FONSECA, H.; CANTARELLI, P.R. Princípios e métodos gerais de conservação de alimentos pelo controle da umidade, por preservativos e por radiações: embalagens. **In: CAMARGO, R.; FONSECA, H. Tecnologia dos produtos agropecuários: alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984. p. 97-112.

FONTANA, J.D. Hidrólise fosfórica de amidos. **Revista da Propriedade Industrial** - 1617. INPI. Brasil. PI-0002001-0: 132 p. 2002.

FONTANA, J.D.; BARON, M.; DINIZ, A.C.P.;FRANCO, V.C. Microbial Inulinase Secretion Using Chemically-Modified Inulins. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.45-6, Spr, p.257-268. 1994.

FONTANA, J.D.; ROGELIN, R.; KAISS, J.; HAULY, M.C.O.; FRANCO, V. C.; BARON, FORTES, R.C. Alimentos prebióticos: Efeitos bifidogênicos dos frutooligossacarídeos e da inulina no organismo humano. **Rev SBRAFH**, v.2, n.9, p.16-23, 2006.

FORTES, RC. Os frutooligossacarídeos, a inulina e suas implicações na indústria de alimentos. **Nutrição Brasil**, v.4, n.1, p.52-61, 2005.

FRANCK, A. Technological functionality of inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition**, v.87, n.2, p.287-291, 2002.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M.; **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2007. 182p.

FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. Quantitative Methods for Anthocyanins. **Journal of Food Science**, v.33, p.72–77. 1968

GALANTE, R.M. **Extração da inulina do alho (*Allium sativum* L. var. Chonan) e simulação dos processos em batelada e em leito fixo**. 2008. 112p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2008.

GALLORI, S.; BILIA, A.; BERGONZI, M.; BARBOSA, W.; e VINCIERI, F. Polyphenolic constituents of fruit pulp of *Euterpe oleracea* Mart. (Açaí palm). **Chromatographia**, v.59, p.739-743, 2004.

GARCÍA-CASAL, M. N. La deficiencia de hierro como problema de salud pública. **Anales Venezolanos de Nutrición**, v.8, p.45-8, 2005.

GARCIA-CASAL, M.N; LAYRISSE, M.; SOLANO, L.; BARON, M.A.; ARGUELLO F.; LLOVERA, D. et al. Vitamin A and beta-carotene can improve nonheme iron absorption from rice, wheat and corn by humans. **Journal of Nutrition**, v.128, n.3, p.646-50, 1998.

GARCÍA-PERIS, C.; VELASCO1, M. A.; LOZANO, Y.; MORENO, L. PARON1, C. ; UERDA1, I.; BRETÓN1, M.; CAMBLOR1, J. GARCÍA-HERNÁNDEZ, F.; Efecto de una mezcla de inulina y fructo-oligosacárido sobre la microflora intestinal de lactobacillus y bifidobacterium de pacientes que reciben radioterapia; un ensayo aleatorio, a doble ciego y controlado con placebo. **Nutrición hospitalaria**, v.27, n.6, p. 1908 -1915, 2012.

GAVA, A.J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 2008. 284p.

GENTA, S.; CABRERA, W.; HABIB, N.; PONS, J.; CARILLO, I.M.; GRAU, A.; SANCHEZ, S. Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. **Clinical Nutrition**, v.28, n.2, p.182-187, 2009.

GIBSON, G.R. BEATTY, E.R.; WANG, X.; CUMMINGS, J.H. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. **Gastroenterology**, v.108, p.975-982, 1995.

GIBSON, G.R.; ROBERFROID, M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota – introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, v. 125, p.1401-1412, 1993.

GIBSON, G.R.; ROBERFROID, M.B.. Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Introducing the concept of Prebiotics. **Jornal of Nutrition**, v.125, pág. 1401-1412, 1995.

GLORIA, M.M; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.. Concentrado e isolado proteico de torta de castanha do pará: obten o e caracteriza o química e funcional. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.2, p. 240-245, 2000.

GOEL, G.; PUNIYA, A.K.; AGUILAR, C.N.; SINGH, K. Interaction of gut microflora with tannins in feeds. **Natur wissen schaften**, n.92, p. 497-503, 2005.

GOMES, D.I.; V RAS, R.M.L.; ALVES, K.S.; DETMANN, E.; RIBEIRO, V. C. A. S.; OLIVEIRA, L. R. S.; BARBOSA, C. V. **Avalia o do caroço de açaí sobre a digestibilidade de ovinos recebendo dietas com diferentes níveis de substitui o do feno coarctos**. ZOOTEC – 2009. FZEA/USP – ABZ.  guas de Lindóia- SP, 2009.

GOMES, D.I.; ALVES, K.S.; V RAS, R.M.L.; DETMANN, E.; SILVA, V.C.A.; OLIVEIRA, L.R.S.; BARCELOS, S.S. **Utiliza o do caroço de açaí em diferentes níveis na dieta sobre o desempenho de ovinos em crescimento**.  guas de Lindóia/SP. FZEA/USP-ABZ, 2009.

GOMES, R.G.; PENNA, A.L.B. Characterization of requeijão cheese potentially prebiotic by the addition of inulin and soy protein. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 28, n.2, p. 289-302, 2010.

GONDIM, J. A. M. et al. Composi o centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 825-827, 2005.

GRAMINHA, E.B.N.; GONÇALVES, A. Z. L.; PIROTA, R.D.P.B.; BALSALOBRE, M.A.A.; DA SILVA, R.E. Enzyme production by solid-state fermentation: application to animal nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 144, p. 1-22, 2008.

GRUHN, E. Inulin-dietary fiber from chicory and fructose syrups processed thereof. **Food Process**, v.6, p.7, 1994.

GRZYBOWSKI, A. **Hidrólise Parcial C trica ou Fosf rica de Inulina para Obten o de Fruto-oligossacarídeos (FOS)**. 2008, 78f. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Gradua o em Ciências Farmacêuticas (Mestrado). Curitiba – PR, 2008.

GUERROU , J.L; DOUILLARD, R.; CEREDA, M.P.; CHIARELLO, M.D. As proteínas de folhas de mandioca: aspectos fisiológicos, nutricionais e importância tecnológica. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 14, n. 2, p. 133-148, jul./dez. 1996

GUILLÉN, M.D.; RUIZ, A. 1H nuclear magnetic resonance as a fast tool for determining the composition of acyl chains in acylglycerol mixtures. **European Journal Lipid Science Technololy**, v.105, p.502–507, 2003.

GUIMARÃES, J.C.; BRAND, C.; ROCHA, A.P.M; MOURA, R.S.; TEODORO, A.J. Efeito antioxidante do extrato de semente de açaí (*Euterpe oleracea*) na proliferação, ciclo celular e apoptose em linhagem cancerígena de mama humano. **In: 2º Congresso Nacional da SBAN.** 13 a 16 de Agosto de 2013, Foz do Iguaçu/PR, 2013.

GUIMARÃES, L.A.; SANTOS, T.M.; RODRIGUES, D.M.; FRAHAN, B.H. A Produção e comercialização do açaí no município de Abaetetuba, Pará. **In: Mário Augusto Gonçalves Jardim; Leila Mourão; Monica Grossmann. (Org.). Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). Possibilidades e limites para o desenvolvimento sustentável no estuário amazônico.** Belém: MCT/Museuparaense Emílio Goeldi, v. 1, p. 11-26, 2004.

HARTEMINK, R.; VANLAERE, K.M.J.; ROMBOUTS, F.M. Growth of enterobacteria on fructo-oligosaccharides. **Journal of Applied Microbiology**, Wageningnen, v.383, p.367-374, 1997.

HAULY, M. C. D. O.; MOSCATTO, J.A. Inulina e Oligofrutoses: uma revisão sobre propriedades funcionais, efeito prebiótico e importância na indústria de alimentos. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológica**, v.23, n.1, p.105-118. 2002.

HAULY, M.C.O.; BRACHT, A.; BECK, R.; FONTANA, J.D. Fructose and fructoseanhydrides from Dahlia inulin. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.34/35. 1992."

HÉBETTE, C.L.M., DELCOUR, J. A., KOCH, M. H. J. Complex melting of semicrystalline chicory (*Cichoriumintybus* L.) root inulin. **Carbohydrate research**. Netherlands. v. 310, n. 1-2, p. 65-75. 1998.

HEIM, K.E.; TAGLIAFERRO, A.R.; BOBILYA, D.J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure - activity relationships. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.13, p.572-84, 2002.

HERNÁNDEZ CISNEROS F.; DÍAZ SEGUI D.; SARDIÑAS MONTES DE OCA, O.; MARTÍNEZ CABRERA, N. Programa piloto municipal mejorar la calidad de la vida del diabético. Resultados sobre mortalidad, complicaciones y costos en la diabetes mellitus. **Revista Cubana de Medicina General Integral**. La Habana. v. 16, n. 3, p. 27-232, mai/jun., 2000.

IBARZ, A.; BARBOSA-CANOVAS, G. V. Deshidratación y Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos, Lancaster, Basel, 1999.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, IBGE, v. 24, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **O açaí**. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_02_10_16_52_17_acaifrutojaneiro.pdf. Acesso em 29 de dezembro de 2014.

JARDIM, M.A.G.; ANDERSON, A.B. Manejo de populações nativas de açaizeiro no estuário amazônico resultados preliminares. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 15, p.1-18, dez. 1987.

JARDINI, F.A.; MANCINI, J. Avaliação da atividade antioxidante em diferentes extratos da polpa e sementes da romã (*Punica granatum*, L.). **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.43, n.1, 2007.

JORGE, N., MACRIDA, C.R.; ANGELO, P.M.; ANDREO, D. Composição centesimal e atividade antioxidante do extrato de sementes de maracujá (*Passiflora edulis*) em óleo de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.4, p.380-385, 2009.

JOSEPH, J.D.; ACKMAN, R.G. Capillary column gas chromatographic method for analysis of encapsulated fish oils and fish oil ethyl esters Collaborative study. **Journal of AOAC International**, Arlington, v. 75, n. 3, p. 488 506, 1992.

KIM, Y.; FAQIH, M.N.; WANG, S.S. Factors affecting gel formation of inulin. **Carbohydrate Polymers**. v.46, n.2, p. 135-145. 2001.

KINSELLA, J.E. Functional properties of food proteins: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 7, p. 219-280, 1976.

KLINGER, A.C.K.; TOLEDO, G.S.P; SILVA, L.P.; MASCHKE, F.; CHIMAINSKI, M.; SIQUEIRA, L. Bagaço de uva como ingrediente alternativo no arraçamento de coelhos em crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.9, p.1654-1659, set, 2013.

KULKARNI, N.; REDDY, B. S. Inhibitory effect of bididobacteriumlongum cultures on the azoxymethane – induced aberrant crypt foci formation and fecal bacterial b-glucuronidase. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v.207, p.278- 283, 1994.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; MORALES, M. T.; FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1283-1287, jul./ago. 2006..

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, G. A.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI FILHO, J; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante em pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p. 726-732, 2005.

LAJOLO, F. M.; CALIXTO, F. S.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. **Fibra dietética em Iberoamérica: Tecnología y salud**. São Paulo: Varela, 2001. 472p.

LAURENZO, K. S.; NAVIA, J. L.; NEIDITCH, D. S. Preparation of inulin products, **USA Patent**, n.5,986,365, Oct. 19, 1999.

LAWHON, J.T.; CATER, C.M.; MATIL, K.F. A comparative study of the whipping potential of an extract from several oilseed flours. **Cereal Science Today**, v.17, p.240-294, 1972.

LEITE, J. T. C. **Obtenção de extrato de inulina de chicória (Cichoriumintybus) por abaixamento de temperatura e secagem por spray dryer**. Campinas, 2001. 112p. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

LIMA, C.P.; CUNICO, M.M.; MIYAZAKI, C.M.S.; MIGUEL, O.G.; CÔCCO, L.C.; YAMAMOTO, C.I.; MIGUEL, M.D. Conteúdo polifenólico e atividade antioxidante dos

frutos da palmeira Juçara (*Euterpe edulis* Martius). **Revista brasileira de plantas medicinais**, Botucatu , v. 14, n. 2, 2012.

LIMA JÚNIOR, U.M. **Fibras da Semente do Açaizeiro (*Euterpe Oleracea* Mart.): Avaliação Quanto ao Uso como Reforço de Compósitos Fibrocimentícios**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

LIMA, E.C.S. **Caracterização de farinha de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) com concentrado proteico de folhas de mandioca obtido por precipitação isoelétrica**. 2011, 82f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Seropédica, Rio de Janeiro, 2011.

LOBO, A.R. **Efeito dos frutanos (frutooligossacarídeos) na biodisponibilidade de cálcio e magnésio em ratos**. 2004, 58f. Dissertação (mestrado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas e Nutrição experimental, 2004.

LOPEZ-MOLINA, D.; NAVARRO-MARTINEZ, M. D.; MELGAREJO, F. R.; HINER, A. N. P.; CHAZARRA, S.; RODRIGUEZ-LOPEZ, J. N. Molecular properties and prebiotic effect of inulin obtained from artichoke (*Cynarascolymus* L.). **Phytochemistry**, v.66, p.1476-1484, 2005.

LOUSADA JÚNIOR, J. E.; COSTA, J. M. C. da; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 37, n. 1, p. 70-76, 2006

LUBRANO, C.; ROBIN, J. R.; KHAIAT, A. Fatty acids, sterol and tocopherol composition of oil from the fruits mesocarp of six palm species in French Guiana. **Oleagineux**, v.49, p. 59-65, 1994.

LUO, J.; BECNEL, J.; NICHOLS, C.D.; NÄSSEL, D.R. (Distinguishing components in Brazilian açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) and in products obtained in the USA by using NMR. **Natural Products Journal**, v.2, p. 86-94,2012.

McWATTERS, K. H.; HOLMES, M. R. Influence of moist heat on solubility and emulsification properties of soy and peanut flours. **Journal of Food Science**, v. 44, n. 3, p. 774-776, 1979.

MAESTRI, B.; HERERRA, L.; SILVA, N.K.; RIBEIRO, D.H.B.; CHAVES, A.C.S.D. Avaliação do impacto da adição de inulina e de maçã em leite fermentado probiótico concentrado. **Brazilian Journal Food Technology**, v.17, n.1, p. 58-66, 2014.

MAHAN, K. L.; ESCOTT-STUMP, S. Krause: **Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**. 11ª ed. São Paulo, Roca, 2005.

MANIA DE AMAZONIA, 2014. **Imagens açazeiro**. Disponível em:<<http://www.maniadeamazonia.com.br/fotos.asp>>. Acesso: 29 de dezembro de 2014.

- MARANHO, Á.S.; PAIVA, A.V de. Produção de Mudanças de *Physocalymma scaberrium* em Substratos Compostos por Diferentes Porcentagens de Resíduo Orgânico de Açaí. **Revista Floresta**, v.42, n.2, p.399-408, 2012.
- MARQUES, L.G. **Liofilização de frutas tropicais**. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos – SP, 2008.
- MARTIM, J.G.P.; MATTA JUNIOR, M.D.M.; ALMEIDA, M.A.; SPOTO, M.H.; Avaliação sensorial de bolo com resíduo de casca de abacaxi para suplementação do teor de fibras. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.14, n.3, p.281-287, 2012.
- MARTIN, C.A.; ALMEIDA, V.V.; RUIZ, M.R.; VISENTAINER, J.E.L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 6, Dec. 2006.
- MARTINS, M.A.; MATTOSO, L.H.C.; PESSOA, J.D.C. Comportamento Térmico da Fibra do Açaí. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.4, Jaboticabal, 2009.
- MASSIMINO, S.P.; MCBURNEY, M.I.; FIELD, C.J.; THOMSON, B.R.; POSPISIL, L.; KEELAN, M. et al. Fermentable fiber increases GLP-1 secretion and improves glucose homeostasis despite increased intestinal glucose transport capacity in healthy dogs. **Journal of Nutrition**, v. 128, n.1, p.786-93, 1998.
- MAZALLI, M.R.; BRAGAGNOLO, N. Validation of two methods for fatty acids analysis in eggs. **Lipids**, v.42, p.483-490, 2007
- McDOWELL, L.R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil**. 3. ed. Bannochburn, IL: IMC – Agrico Feed Ingredients, 1999. 92p.
- MENEZES, E.M.S.; TORRES, A.T.; SABAA SRUR, A.U. Valor nutricional da polpa de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) liofilizada. **Acta Amazônica**, v.38, n.2, p. 311-316, 2008.
- MELO, P.S; BERGAMASCHI, K.B.; TIVERON, A.P.; MASSARIOLI, A.P.; OLDONI, T.L.C.; ZANUS, M.C.; PEREIRA, G. E.; ALENCAR, S. M. de. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, v.4, n.6, p.1088-1093, 2014.
- MOREIRA, D.K.T. ; SILVA, Z.R. ; CARVALHO, A.V. ; MARTINS, L.H.S. ; OLIVEIRA, J. A. R. de . Obtenção e caracterização físico-química da farinha de fruta-pão. **In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia De Alimentos, 20., Curitiba. Anais...** Curitiba: UFPR, 2006. 1 CD-ROM, 2006.
- MURUGAN, S.; ARNOLD, D.; PONGIYA, U. D.; NARAYANAN, P. M. Production of xylanase from *Arthrobacter* sp. MTCC 6915 using saw dust as substrate under solid state fermentation. **Enzyme Research**, v. 2011, p. 1-7, 2011.
- NAKAI, S. Structure; function relationships of food proteins with an emphasis on the importance of protein hydrophobicity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 31, n. 4, p. 676-683, 1983.

- NASCIMENTO, K.B.M.; MARTINS; A.G.R.; TAKAKI, G.M. Utilização de resíduos agroindustriais para produção de tanase por *aspergillus sp* isolado do solo da caatinga de Pernambuco, brasil. **e-xacta**, Belo Horizonte, v. 7 n. 1, p. 95-103, 2014.
- NASCIMENTO, R. J. S. do; COURI, S.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. P. Composição em ácidos graxos do óleo da polpa de açaí extraído com enzimas e com hexano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.2, p. 498-502, 2008.
- NATH, J.P.; RAO, M.S.N. Functional properties of guar proteins. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, n.4, p. 1255-1259, July/Aug. 1981.
- NAVES, L.P.; CORRÊA, A.D.; ABREU, C.M.P.; SANTOS, C.D. Nutrientes e propriedades funcionais em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) submetidas a diferentes processamentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30 (Supl.1), p.185-190, 2010.
- NETTO, C.C.; VIEIRA, V.C.R. CORREIA ; CAZARIN, C.B. ; AGELLON, S. ; WEILER, H. ; MAROSTICA, M. R., JR. Effects of the fructooligosaccharides (fos) and inulin on bone metabolism of the skeletally mature female rats. **Alimentos e Nutricao**, Oct-Dec, v.23, n.4, p.515-6, 2012.
- NINESS, K. R. Inulin and oligofuctose: what are they? **Journal of Nutrition**, v. 129, n. 7S, p. 1402s-1406s, 1999.
- NOGUEIRA, R.I. Processo de obtenção de inulina de chicória (*Cichorium intybus*) em pó. Tese [Doutorado em Engenharia Agrícola]. Campinas (SP): Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campina, Campinas; 2002.
- NOVAKI, L.; HASAN, S.D.M.; KADOWAKI, M.K.; ANDRADE, D. Produção de invertase por Fermentação em estado sólido a partir de farelo de soja. **Engevista**, Niterói, v. 12, p. 131-140, Dezembro 2010.
- OLIVEIRA, R.J; RIBEIRO, L.R.; SILVA, A.F.; MATUO, R.; MANTOVANI, M.S Evaluation of antimutagenic activity and mechanisms of action of β -glucan from barley, in CHO-k1 and HTC cell lines using the micronucleus test. **Toxicology in Vitro**, v.20, p.1225-1233, 2006.
- OLIVEIRA, E.N.A. de; SANTOS, D. da C.; SOUSA, F.C. de; MARTINS, J.N.; OLIVEIRA, S.P.A. de. Obtenção de ubaia desidratada pelo processo de liofilização. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 04, n. 02: p. 235-242, 2010.
- OLIVEIRA, R.A.; PARK, K.J.; CHIARATO, M.; PARK, K.J. NOGUEIRA, R.J. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.6, n.2, p.140, 2004.
- OLIVEIRA, E.G.; PAZ, N.F.; BUDDE, E.R.; CRAVERO, A.P.; RAMÓN, A.N. Using inulin in the formulation of non-fat goats' milk yogurt. **Diaeta**, v.30, n.140, p. 25, 2012.
- OLIVEIRA, J.E.D; MARCHINI, J.S. **Ciências nutricionais: aprendendo a aprender**. 2ª ed. São Paulo: Sarvier, 2008.

OLIVEIRA, M. E. B.; BASTOS, M. S. R.; FEITOSA, T.; BRANCO, M. A. A. C. e SILVA, M. G. G. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.3, p.326-332, 1999.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: Componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, v. 1, 2005. 294p.

ORTEGA-FLORES, C.I.; COSTA, M.A.I.; CEREDA, M. P.; PENTEADO, M. V. C. Avaliação da qualidade protéica da folha desidratada de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Sociedade Brasileira de Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 47-59, jun. 2003.

ORTOLAN, F.; HECKTHEUER, L. H.; MIRANDA, M. Z. Efeito do armazenamento à baixa temperatura (-4 °C) na cor e no teor de acidez da farinha de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.1, p.55-59, 2010

PACHECO-PALENCIA, L. A.; TALCOTT, S.T.; MERTENS-TALCOTT, S. Absorption and biological activity of phytochemical-rich extracts from açai (*Euterpe oleracea*) pulp and oil in vitro. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n.10, p. 3593-3600, 2008.

PAES, S.A.; N, CHAIMSOH, P.F. Caracterização da semente, determinação da capacidade antioxidante e antocianinas da polpa o fruto da Palmeira Juçara (*Euterpe edulis* Martius). **In: 12.º CONEX – Apresentação Oral – Resumo Expandido**. Disponível em: <<http://sites.uepg.br/conex/anais/artigos/271-1646.1-RV-mo.pdf>>. Acesso em 11 de novembro de 2014.

PARK, K.J. ; PARK, T.H.K.B. ; PARK, K.J.B ; NOGUEIRA, R.I ; LEITE , J.T.C **Processos de obtenção de concentrado e inulina por abaixamento de temperaturas para razão física**. BR Patente PI 0 3867-9. 1 ago. 2000

PARK, K.J.; BROD, F.P R ; ARK, T.H K B ; PARK, K.J B ; NOGUEIRA, R.I ; CORNEJ , F.E P ;CABRAL, L.M C ; OURI, S.M.V. **Processo e obtenção de inulina e subprodutos a partir de tubérculos**. BR n. PI 03 1 92-5 (Patente Requerida). 10 abril 2003.

PASSOS, L. M. L.; PARK, Y. K. Frutooligossacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 385-90, 2003.

PELIZER, H.L; PONTIERI H.M; MORAES O.I. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. São Paulo: **Journal of Technology management & Innovation**, v. 2, 2007.

PEREDA, J.A.O. **Tecnologia de alimentos**. Porto Alegre - RS: ArtMed, 2005.

PEREIRA, E. N.; RODRIGUES JUNIOR, V. C. **Carvão do caroço de açai (*Euterpe oleracea*) ativado quimicamente com hidróxido de sódio (NaOH) e sua eficiência no tratamento de água para o consumo**. 2013. 24 p. Relatório do Projeto de Pesquisa do Prêmio Jovem Cientista. Moju – PA. 2013.

PINHEIRO, C.V.B. **Germinação de sementes de palmeiras: revisão bibliográfica**. Teresina: EMBRAPA. UEPAE, 1986. 102p.

PIOVESANA, A.; BUENO, M.M.; KLAJN, V.M. Elaboração e aceitabilidade de biscoitos enriquecidos com aveia e farinha de bagaço de uva. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 68-72, jan./mar. 2013

POF- Pesquisa de Orçamentos Familiares. **POF 2008-2009**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_medidas/default.shtm>. Acesso em 29 de dezembro de 2014.

PORTE, A.; REZENDE, C.M.; ANTUNES, O.A.C.; MAIA, L. H. Redução de aminoácidos em polpas de bacuri (*Platonia insignis* Mart), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Willd ex-Spreng Schum) e murici (*Byrsonima crassifolia* L.) processado (aquecido e alcalinizado). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 3, p. 573-578, 2010.

PORTE, A. **Produção de substâncias voláteis via reações de Maillard**. 2006. 212 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós- Graduação em Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

POSSAMAI, T.N. **Elaboração do pão de mel enriquecido com fibra alimentar e sua caracterização físico-química, microbiológica e sensorial**. 2005. Dissertação – (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

PUMAR, M.; FREITAS, M.C.J.; CERQUEIRA, P.M.Y.; SANTANGELO, S. B. Avaliação do efeito fisiológico da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima*, L.) no trato intestinal de ratos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, suppl. p. 7-13, 2008.

QUINTEROS, E.T.T. **Produção com tratamento enzimático e avaliação do suco de yacon**. 2000. 96 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

QUIRINO, W.F. **Briquetagem de Resíduos Ligno-celulósicos**. Laboratório de Produtos Florestais – LPF/IBAMA. Brasília, 2004.

RASTOGI, T.; REDDY, K.S.; VAZ, M.; SPIEGELMAN, D.; PRABHAKARAN, D.; WILLETT, W. C.; STAMPFER, M. J.; ASCHERIO, A. Diet and risk of ischemic heart disease in India. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Houston, v. 79, n. 4, p. 582-592, 2004.

RE, R; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, New York, v.26, p.1231–1237, 1999.

RENSIS, C.M.V.B. ; SOUZA, P.F.F. Sensorial analysis of light yoghurt with dietary fibers. **FAZU em Revista**, Uberaba, n. 5, p.68-72, 2008.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Proteínas. Química de alimentos**. 2. ed. , p. 85, São Paulo: Blucher 2007.

ROBERFROID, M.B. Prebiotics: the concept revisited. **Journal of Nutrition**, v.137 (Sup 3), p.S830-S837, 2007.

- ROBERFROID, M.B. Dietary modulation of experimental neoplastic development: role of fat and fibre content and caloric intake. **Mutation Research**, v.259, p.351-362, 1991
- ROBERFROID, M. Dietary fiber, inulin and oligofructose: a review comaring their physiological effects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v. 33, n.2, p. 103-148. 1993.
- ROBERFROID, M.; DELZENNE, N.; COUSSEMENT, P.; VAN LOO, J. Prevention of mammary carcinogenesis and breast cancer treatment. **USA Patent number** v.5,n.721, p.345. February 24, 1998.
- ROBERFROID, M.; GIBSON, G.R.; DELZENNE, N. The biochemistry of oligofructose, a nondigestible fiber: an approach to calculate its caloric value. **Nutrition Reviews**. v.51, n.5, p.137-146, 1993.
- ROBERFROID, M.; SLAVIN, J. Nondigestible oligosaccharides. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v.40, n.6, p.461-480. 2000
- ROBERFROID, M.B. Functional foods: concepts and application to inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition**, v.87 (Sup. 2), p.139-S143, 2002.
- ROCHA JÚNIOR, V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M. Determinação do valor energético de alimentos para ruminantes. **In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD ROM, 2002.
- ROCHA, M.A., OLIVEIRA, V.P; AMORIM, W.L.A. Efeitos da inulina sobre o perfil glicêmico em ratos induzido ao Diabetes Mellitus tipo 2. **Revista Científica da Faminas**, v. 9, n. 1, 2013.
- RODRIGUES, R.B.; LICTENTHALER, R.; ZIMMERMANN, B.F.; PAPAGIONNOPOULOS, M.; FABRICIUS, H.; MARX, F. Total Oxidant Scavenging Capacity of *Euterpe oleracea* Mart. (Açaí) Seeds and Identification of Their Polyphenolic Compounds. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.54, n.12, p.4162-4167, 2006.
- RODRIGUES, B.S. **Resíduo da agroindústria como fonte de fibras para elaboração de pães integrais**. 2010. 98 p. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba – SP. 2010.
- RODRÍGUEZ-ZÚÑIGA, U.F; FARINAS, C.S.; BERTUCCI NETO, V. ; LEMO, V. Produção de Complexos Lignocelulíticos em Substratos Derivados de Resíduos Agroindustriais por Fermentação Semi-sólida. **In: Workshop de Biotálise e Biotransformação**, 4., 2008, São Carlos. Livro de resumos... São Carlos, SP: Instituto de Química de São Carlos, 2008. p. 107. resumo expandido.
- ROESLER, R.; MALTA, L.G.; CARRASCO, L.C.; HOLANDA, R.B.; SOUZA, C.A.S.;PASTORE, G.M. Atividade Antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.1, p.53-60, jan.-mar., 2007.
- ROGEZ, H. **Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação**. Belém: EDUFPA, 2000. 313p.

- ROITMAN, I., TRAVASSOS, L.R. E AZEVEDO, J.L. **Tratado de Microbiologia** (volume 1). São Paulo: Manole, 1998
- ROLAND, N.; RABOT, S.; UGON-BAUDON, L. (1996) Modulation of the biogenical effects of glucosinates by inulin and oat fibre in gnotobiotic rats inoculated with a whole human flora. **Food and Chemistry and Toxicology**, v.34, p.671-677, 1996.
- RONKART, S.; BLECKERA, C.; FOUGNIESC, C.; VAN HERCKC, J.C.; WOUTERSD, J., PAQUOT, M. Determination of physical changes of inulin related to sorption isotherms: An X-ray diffraction, modulated differential scanning calorimetry and environmental scanning electron microscopy study. **Carbohydrate Polymers**, v.63, n.2, p. 210-217, 2006.
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. **Comunicado técnico – metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa, 2007. 4 p.
- SAGRI. Secretaria do Estado de Agricultura. **Qualidade do Açaí**. 2014. Disponível em: <<http://www.sagri.pa.gov.br/>>. Acesso em 28 de dezembro de 2014.
- SAGRI. Secretaria do Estado de Agricultura. 2009. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_02_01_08_11_54_conjunturaacaijaneiro2011..pdf>. Acesso em 28 de dezembro de 2014.
- SANCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J.A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal Science Food Agriculture**, 76: 270-276, 1998.
- SANTANGELO, S.B. **Utilização da farinha de semente de abóbora (Cucurbita máxima, L) em panetone**. 2006. 84p. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006.
- SANTOS, C.T. **Flour of the pit of jack fruit: physiochemical characterization and functional properties**. Itapetinga-BA: UESB, 2009, 73p. (Dissertation - Master's degree in Engineering of Processes of Foods).
- SANTOS, D.S.D.; STORCK, C.R.; FOGAÇA, A.O. Biscoito com adição de farinha de casca de limão. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências da Saúde, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 123-135, 2014.
- SÃO PAULO - IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4a ed., 1º Ed. Digital, v.1, São Paulo – SP, 2008, 1020p.
- SCHAUSS, G.A.; WU, X.; PIOR, R.L.; OU, B.; PATEL, D.; HUANG, D.; KABABICK, J.P. Phytochemical and Nutrient Composition of the Freeze-Dried Amazonian Palm Berry, *Euterpe oleraceae* Martius (Acai). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 54, n. 22, p. 8598-8603, 2006.
- SCHIEBER, A.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds – recent developments. **Trends in Food Science and Technology**, v. 12, p. 401-413, 2001.

- SHARMA, O.; BHAT, T. DPPH antioxidant assay revisited. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 113, n. 4, p. 1202-1205, 2009.
- SILVA, L.F.O. et al. Variação na qualidade do azeite em cultivares de oliveira. **Bragantia**, v.71, n.2, p.202-209, 2012.
- SILVA, A.S.S.; HASS, P., SARTORI, N.T.; ANTON, A.A., FRANCISCO A. Frutooligossacarídeos: fibras alimentares ativas. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v.25, n.2, p. 295-304, 2007.
- SILVA, E.M. et al. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region. **Food Chemistry**, v.101, p.1012-8, 2007.
- SILVA, I.T.; ALMEIDA, A.C.; MONTEIRO, J.H.A. SILVA, I.M.O.; ROCHA, B.R.P. **Uso do caroço de açaí como possibilidade de desenvolvimento sustentável do meio rural, da agricultura familiar e de eletrificação rural no estado do Pará**. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2004/PDF/Agrener/Trabalho%2059.pdf>>. Acesso em 2 de maio de 2014.
- SILVA, J.S.; SOARES, E.; SILVA, P.S.L. Determinação da qualidade e do teor de sólidos solúveis nas diferentes partes do fruto da pinheira (*Annonas quamosa* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.2, p.562-564, Jaboticabal, 2002.
- SILVA, V.P.L; COURI, S.; GOMES, F.S.; NOGUEIRA, R.S.; FREITAS, S.P. Otimização do processo de extração aquosa de inulina de agroindustrial de chicória. **Revista Brasileira de Tecnologia**, v. 2, n. 1 : p. 115-122, 2008.
- SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetry of Total phenolics with phosphomolybdic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.16, p.144 - 153, 1965.
- SIQUEIRA, E.M.A.; MENDES, J.F.R.; ARRUDA, S.F. Biodisponibilidade de minerais em refeições vegetarianas e onívoras servidas em restaurante universitário. **Revista de Nutrição**. Campinas, v.20, n.3, p. 229-237, maio/jun. 2007.
- SLUITER, A.; HAMES, B.; RUIZ, R.; SCARLATA, C.; SLUITER, J.; TEMPLETON, D. Determination of structural carbohydrates and lignin in biomass. **NREL**, 14 p. 2005.
- SMITH, R. E.; EAKER, J.; TRAN, K.; GOERGER, M.; WEI, W.; SABAA-SRUR, A.U.O.; MENESES, E.M.S. Insoluble solids in Brazilian and Floridian açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Natural Products Journal**, v.2, p.95-98, 2012.
- SOARES, M.; WELTER, L.; KUSKOSKI, E. M.; GONZAGA, L.; FETT, R. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas nicágara e isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 1, p.059-064, Março 2008.
- SOSULSKI, F.W. The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats. **Cereal Chemistry**, St. Paul. v. 39, n. 4, p. 344-350, July 1962.
- SOUSA, M.S.B.; VIEIRA, L, M; S; LIMA, A. Total phenolics and in vitro antioxidant capacity of tropical fruit pulp wastes. **Braz. Journal Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 202-210, jul./set. 2011

SOUZA, T.J.T.; APEL, M.A.; BORDIGNON, S.; MATZENBACHER, N.I., ZUANAZZI, J.A.S.; HENRIQUES, A.T. Composição química e atividade antioxidante do óleo volátil de *Eupatorium polystachyum* DC. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.17, p.368-372, 2007.

SOUZA, C.H.; BATISTA, C.H.; GIOIELLI, L.A.; SAAD, S.M.I. **Desenvolvimento de margarina probiótica e simbiótica: viabilidade do probiótico no produto e resistência in vitro**. 2010. 208f. Tese (doutorado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2010.

SOUZA, V.C. 2011. 67 fl. **Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2011.

SPAGNOL, C.; FERRO, D.M.; SOARES, D.; KONSKI, T.F.; CUCHI, L.; OLIVERA, W.X.; SILVEIRA, S.M. Aplicação da liofilização na obtenção de microrganismos viáveis para a elaboração de iogurtes. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. Concórdia, v. 7, n 2, p. 243-253, Jul/Dez 2005.

STORCK, C.R.; NUNESI, G.L.; OLIVEIRA, B.B.; BASSO, C. Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.3, p.537-543, mar, 2013.

STROPARO, E.C.; BEITEL, S.M.; VILELA RESENDE, J.; KNOB, A. et al. Seleção de fungos filamentosos e de resíduos agroindustriais para a produção de enzimas de interesse biotecnológico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 6, p.2267- 2278, 2012.

SUFRAMA. 2003. **Projeto potencialidades regionais estudo de viabilidade econômica açaí. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior Superintendência da Zona Franca de Manaus**, 2003.

TANGO, J.S.; CARVALHO, L.C.R., SOARES, N.B. Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.1, p.17-23, 2004.

TATENO, M.C.N. **Exportação do açaí sob forma de bebida natural e energética: apontando o mercado Alemão**. 2001. 32f. Belém-PA. Centro de ensino superior do Pará. Monografia (Curso de Habilitação em Comercio Exterior). 2001.

TATTINI JR, V.; PARRA, D.F.; PITOMBO, R.N.M. Influência da taxa de congelamento no comportamento físico-químico e estrutural durante a liofilização da albumina bovina. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n.1, p.121-136, 2006,

TEXEIRA, B.L. et al. **Compostagem: Lixo orgânico urbano e resíduo da agroindústria do açaí**. Embrapa Amazônia Oriental, Albras, 1. ed. Belém: Albras. 2006. 21-23 página.

TINOCO, L.P.N.; PORTE, A. PORTE, H.L.M.; GODOY, R.L.O. PACHECO, S. Perfil de Aminoácidos de Farinha de Semente de Abóbora. **Revista Unopar Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v.14, n.3, p.149-53, 2012.

- TOAIARI, S.; YUYAMA, L.K.O.; AGUIAR, J. P. L.; SOUZA, R. 2005. Bioavailability of açai iron (*Euterpe oleracea* Mart.) and manioc floor fortified with iron for rats. **Revista de Nutrição**, v.18, n.3, p.291-299, 2005.
- TOLDRÁ, F. Muscle foods: water, structure and functionality. **Food Science Technology International**, v.9, n. 3, p. 173-177, 2003.
- TONELI, J.T.L; PARK, K.J; MURR, F.E.X.; NEGREIROS, A.A. Optimization of a physical concentration process for inulin. **Journal of Food Engineering**. Oxford, v. 80, n. 3, p. 832-838, 2006.
- TONELI, J.T.C.L. **Processos de separação física e secagem de inulina obtida a partir de raiz de chicória (*Cichorium intybus* L.)**. Campinas, 2006. 177p. Tese (doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- TONELI, J.T.C.L.; PARK, K.J.; MURR, F.E.X.; NEGREIROS, A.A. Efeito da umidade sobre a microestrutura da inulina em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.1, p. 122-131, jan.-mar. 2008.
- TROWELL, H.; BURKITT, D. Physiological role of dietary fiber: a ten-year review. **Journal of Dentistry for Children**, v.6, n.9, p.444-447, 1986.
- VERONEZI, C.M.; JORGE, N. Aproveitamento de sementes de abóbora (*Cucurbita sp*) como fonte alimentar. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.14, n.1, p.113-124, 2012.
- VERVERIS, C.; GEORGHIOU, K.; DANIELIDIS, D.; HATZINIKOLAOU, D.G.; SANTAS, P.; SANTAS, R.; CORLETTI, V. Cellulose, hemicelluloses, lignin and ash content of some organic materials and their suitability for use as paper pulp supplements. **Bioresource Technology**, v.98, p.296–301, 2007.
- VIDAL, J.M.A.; RODRIGUES, M.C.P.; ZAPATA, J.F.F.; VIEIRA, J.M.M. Concentrado proteico de resíduos da filetagem de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*): caracterização físico-química e aceitação sensorial. **Revista de Ciências Agrônômicas.**, v. 42, n.1, p 92-99, 2011.
- VIEIRA, L. M. **Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de polpas de frutos tropicais**. Monografia (obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos) Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI. Curso de graduação em Tecnologia de alimentos. Teresina, PI, 2009.
- VIEIRA, L.M.; SOUSA, M.S.B.; MANCINI-FILHO, J.; DE LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 3, p. 888-897, Setembro 2011.
- VIGGIANO, C.E. A segunda era de ouro da nutrição: alimentos funcionais. **Revista Nutrição Profissional**, São Paulo, n. 1, p. 12-20, mai/jun. 2005.
- WAITZBERG, D.N. **Dieta, nutrição e câncer**. 1.ed. São Paulo: Atheneu, 2004.

WANG, S. H.; OLIVEIRA, M.F.; COSTA, P.S.; ASCHERI, J.L.R; ROSA, A.G. Farinhas de trigo e soja pré-cozidas por extrusão para massas de pizza. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 389-395, 2005.

WANG, S.H.; CABALLERO-CORDOBA, G.M.; SGARBIERI, V.C. Propriedades funcionais de misturas de farinhas de trigo e soja desengordurada, pré-tratadas por microondas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 14-25, jan./jun. 1992.

WANG, S.H.; CABRAL, L.C.; FERNANDES, S.M. Bebidas à base de extrato hidrossolúvel de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 73-77, maio/ago. 1997.

WEIDMANN, M.; JAGER, M. Synergistic sweeteners. **Food Ingredients International**, p.51-56, nov-dez., 1997.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Cardiovascular diseases**. WHO, 2006. Disponível em < http://www.who.int/topics/cardiovascular_diseases/es/index.html> Acesso em 17 nov. 2014.

XAVIER, C. **Açaí**. Presidente da FAEPA - Federação da Agricultura do Estado do Pará. 2005

YANG, ZHEN-MIN; YI, YONG-TAO; GAO, CHUAN-CHUAN; FAN, JIAN-QIANG, HU, JUN; ZHAO, MING-YUE. Isolation and Identification of a Water-soluble Polysaccharide from *Morinda officinalis*. **Natural Product Research and Development**, v.23, n.3, p.1-5, 2011.

YUN, J.W. Fructooligosaccharides: occurrence, preparation and applications. **Enzymes and Microbial Technology**, v.19, n.2, p.107-117,1996

YUYAMA, L.K.O.; AGUIAR, J.P.L.; SILVA FILHO, D.F.; YUYAMA, K.; VAREJÃO, M.J.; FÁVARO, D.I.T.; VASCONCELLOS, M.B.A.; PIMENTEL, S.A.; CARUS, M.S.F. Caracterização físico-química do suco de açaí de *Euterpe precatoria* Mart. oriundo de diferentes ecossistemas amazônicos. **Acta Amazônica**, v.41, n.4, p. 545-55, 2011.

YUYAMA, L.K.O.; ROSA, R.D.; AGUIAR, J.P.L.; NAGAHAMA, D.; ALENCAR, F. H.; YUYAMA, K.; CORDEIRO, G.W.O.; MARQUES, H.O. 2002. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) and camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) (Mc Vaugh). Do they possess antianemia action? **Acta Amazônica**, v.32, n.4, p:625-633, 2002.

ZAMBOM, M.A.; SANTOS, G.T.; MODESTO, E.C.; ALCADE, C.R.; GONÇALVES, G. D.; SILVA, D. C.; SILVA, K. T.; FAUSTINO, J. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 4, p. 937-943, 2001.

ZENI, G.; PENDRAK, I.P. **Bionconversão de celulose em proteína utilizando a levedura *Cândida utilis* e o fungo *Pleurotus ostreatus***. Ponta Grossa: Trabalho de conclusão de curso apresentado á Universidade Federal Tecnológica do Paraná, 2006.