



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE DOUTORADO EM ENGENHARIA DE
PROCESSOS



CLÁUDIA GOUVEIA RODRIGUES

OBTENÇÃO DE AÇÚCAR LÍQUIDO DE ALGAROBA E ESTUDO DE
FATORES ANTINUTRICIONAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA
FARINHA OBTIDA DO RESÍDUO SÓLIDO

Campina Grande - PB
2016

CLÁUDIA GOUVEIA RODRIGUES

OBTENÇÃO DE AÇÚCAR LÍQUIDO DE ALGAROBA E ESTUDO DE FATORES ANTINUTRICIONAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA FARINHA OBTIDA DO RESÍDUO SÓLIDO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de doutor em Engenharia de Processos.

Área de Concentração: Desenvolvimento de Processos

Orientadores: Prof. Dr. Mario Eduardo R. M. Cavalcanti Mata

Prof. Dra. Maria Elita Martins Duarte

Campina Grande - PB
2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

R696o Rodrigues, Cláudia Gouveia.
Obtenção de açúcar líquido de algaroba e estudo de fatores antinutricionais e atividade antioxidante da farinha obtida do resíduo sólido / Cláudia Gouveia Rodrigues. – Campina Grande, 2016.
148f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2016.

"Orientação: Prof. Dr. Mario Eduardo R. M. Cavalcanti Mata, Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte".

Referências.

1. Açúcar - Algaroba. 2. Açúcar Líquido. 3. Farinhas - Extração - Resíduos. I. Mata, Mario Eduardo R. M. Cavalcanti. II. Duarte, Maria Elita Martins. III. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande (PB). IV. Título.

CDU 664.1:582.736.1(043)

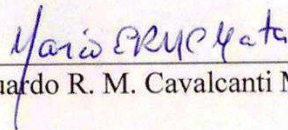
PARECER DA BANCA

CLÁUDIA GOUVEIA RODRIGUES

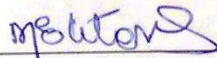
OBTENÇÃO DE AÇÚCAR CRISTALIZADO DE ALGAROBA E ESTUDO DE
FATORES ANTINUTRICIONAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA
FARINHA OBTIDA DO RESÍDUO SÓLIDO

Aprovado em 30 de junho de 2016

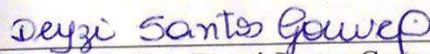
BANCA EXAMINADORA



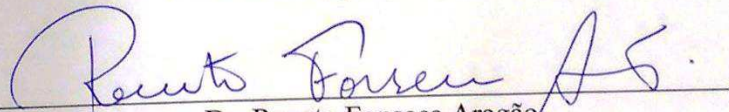
Prof. Dr. Mario Eduardo R. M. Cavalcanti Mata - Orientador



Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte - Orientadora



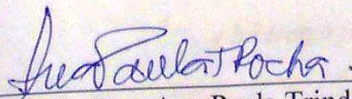
Profa. Dra. Deyzi Santos Gouveia



Dr. Renato Fonseca Aragão



Dra. Severina de Sousa



Profa. Dra. Ana Paula Trindade Rocha

***"Tudo tem o seu tempo determinado,
e há tempo para todo propósito debaixo do céu."***

Eclesiastes 3:1

*Ao meu pai,
Grande pesquisador e entusiasta da algaroba,
Dedico*

Agradecimentos

A Deus, por seu amor, por estar sempre ao meu lado, me escutando, me acolhendo, me dando forças para lutar e conquistar meus objetivos.

Aos meus amados pais, Clóvis e Genilza, exemplos de seres humanos, de família, dedico o que sou hoje a eles, e agradeço a Deus por pais tão especiais.

A Carlos Alberto, meu querido esposo, amigo, companheiro, pai, por toda a dedicação e paciência comigo e com nossos filhos, que mesmo nas horas mais difíceis esteve ao meu lado apoiando e compartilhando de todos os momentos difíceis e também os felizes.

Aos meus filhos lindos, João Victor e Lucas Emmanuel, meus principais motivos de lutar e persistir na conquista dos meus sonhos.

Aos meus irmãos, Clóvis e Claudiana, por toda ajuda durante esse longo tempo de caminhada.

Aos meus orientadores, Dr. Mario Eduardo e Dra. Maria Elita, sempre dispostos a ajudar, agradeço pelas orientações e ensinamentos durante toda essa caminhada do doutorado.

Aos meus amigos e colegas de profissão, em especial, Larissa, Deyzi, Angela Tribuzy, Renata, Marcelo Muniz, Ana Carla, Wilma, Gislêanea, Alinne Gouveia, Alline Sousa, Herbert, Ana Raquel, Fabiola, Jacinete, Maristela e os alunos de graduação que me ajudaram nessa caminhada, Sérgio, Jaime, Erica, Taissa, Alessandra, Marília e Elisabete, agradeço de coração toda ajuda para que esse trabalho fosse concluído.

Aos colegas do doutorado que se tornaram amigos que levarei para toda vida, em especial, Valdefran, Mônica e Gilmara, pessoas especiais que tive a felicidade de conviver por esses quatro anos.

Aos membros da banca, por todas as contribuições ao longo da pesquisa, ajudando na melhoria desta tese.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo suporte financeiro e a coordenação de Engenharia de Processos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	V
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE ABREVIATURA E SÍMBOLOS.....	IX
RESUMO.....	XI
ABSTRACT	XII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo geral.....	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 A algarobeira	4
2.2 As vagens	5
2.2.1 Composição física, química e físico-química das vagens de algaroba	6
2.3 Fatores antinutricionais	7
2.4 Compostos fenólicos	9
2.5 Atividade antioxidante	10
2.6 Açúcar	11
2.6.1 Considerações gerais	11
2.6.2 Tipos de açúcares	13
2.6.3 Açúcar líquido	14
2.7 Clarificação do caldo.....	15
2.8 Reologia	17
2.9 Secagem	21
2.10 Aproveitamento dos resíduos sólidos para obtenção de farinha	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Local do experimento.....	25
3.2 Obtenção do açúcar líquido de algaroba	26
3.2.1 Matéria-prima.....	26
3.2.2 Seleção e limpeza	26
3.2.3 Caracterização da matéria-prima.....	26

3.2.3.1	Caracterização física.....	26
3.2.3.2	Caracterização química	27
3.2.3.3	Caracterização físico-química	28
3.2.3.4	Determinação dos fatores antinutricionais	29
3.2.3.5	Obtenção do extrato.....	29
3.2.3.6	Determinação do conteúdo de fenólicos totais.....	30
3.2.3.7	Estudo cromatográfico dos compostos fenólicos	30
3.2.4	Fragmentação	30
3.2.5	Hidratação	31
3.2.6	Extração e prensagem	31
3.2.7	Filtração.....	32
3.2.8	Clarificação do caldo bruto	32
3.2.8.1	Análises dos caldos bruto e clarificados.....	33
3.2.9	Concentração do caldo para obtenção do açúcar líquido	34
3.2.10	Otimização do processo de obtenção do açúcar líquido de algaroba.....	34
3.2.11	Caracterização do açúcar líquido de algaroba.....	35
3.2.11.1	Análises químicas e físico-químicas do açúcar líquido.....	35
3.2.11.2	Comportamento reológico do açúcar líquido de algaroba.....	35
3.2.11.3	Análise sensorial do açúcar líquido de algaroba	36
3.2.11.4	Avaliação microbiológica dos bolos tipo cupcake	38
3.2.11.5	Caracterização dos bolos tipo cupcakes fabricados com açúcar líquido de algaroba	39
3.3.	Obtenção da farinha do resíduo de algaroba	40
3.3.1	Cinética de secagem do resíduo sólido	40
3.3.2	Moagem.....	41
3.3.3	Peneiramento.....	42
3.3.4	Farinha.....	42
3.3.4.1	Caracterização física e química.....	42
3.3.4.2	Determinação de antinutrientes	42
3.3.4.3	Obtenção dos extratos das farinhas dos resíduos	43
3.3.4.4	Determinação do conteúdo de Fenólicos Totais.....	43
3.3.4.5	Determinação da atividade antioxidante	43
3.4	Aplicação da farinha do resíduo na fabricação de bolo	44

3.4.1	Processo de elaboração do bolo tipo cupcake	44
3.4.2	Caracterização física, química e físico-química.....	45
3.4.3	Avaliação microbiológica dos bolos tipo cupcake.....	45
3.4.4	Avaliação sensorial dos bolos tipo cupcake	45
3.5	Análise estatística	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1	Matéria-prima.....	47
4.1.1	Caracterização física das vagens	47
4.1.2	Caracterização química e físico-química das vagens.....	48
4.1.3	Fatores antinutricionais das vagens.....	50
4.1.4	Rendimento do extrato e quantificação dos fenólicos totais.....	51
4.1.5	Quantificação dos compostos fenólicos por CLAE	52
4.2	Caracterização dos caldos antes e após clarificação	54
4.3	Otimização do processo de clarificação do caldo de algaroba.....	56
4.4	Açúcar líquido	61
4.4.1	Caracterização física e química.....	61
4.4.2	Comportamento reológico.....	64
4.4.3	Aplicação do açúcar líquido de algaroba em bolo tipo <i>cupcake</i>	68
4.4.3.1	Caracterização do bolo com adição de açúcar líquido de algaroba.....	68
4.4.3.2	Análise microbiológica do bolo adicionado de açúcar líquido	71
4.4.3.3	Análise sensorial do bolo adicionado de açúcar líquido	71
4.5	Resíduo sólido	73
4.5.1	Cinética de secagem.....	74
4.5.2	Granulometria	77
4.6	Farinhas	79
4.6.1	Caracterização física e química das farinhas	79
4.6.2	Antinutricionais.....	81
4.6.3	Fenólicos totais e atividade antioxidante das farinhas	82
4.7	Bolo com farinha residual de algaroba.....	84
4.7.1	Caracterização física dos cupcakes	85
4.7.2	Caracterização química e físico-química dos bolos	89
4.7.3	Caracterização microbiológica dos bolos.....	90
4.7.4	Análise sensorial dos bolos	90

5 CONCLUSÕES.....	94
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	96
7 REFERÊNCIAS.....	97
APÊNDICE A	118
APÊNDICE B.....	121
APÊNDICE C	123
ANEXO A.....	124
ANEXO B	125
ANEXO C.....	127

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 -	A algarobeira (<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC	04
Figura 2.2 -	As vagens de algaroba	05
Figura 2.3 -	Vagens de várias espécies do gênero <i>Prosopis</i> . <i>P. pubescens</i> (A); <i>P. glandulosa</i> var. <i>torreyana</i> (B); <i>P. kuntzei</i> (C); <i>P. articulata</i> (D); <i>P. flexuosa</i> (E); <i>P. nigra</i> (F); <i>P. alba</i> (G); <i>P. glandulosa</i> var. <i>glandulosa</i> oriunda do Novo México (H); <i>P. tamarugo</i> (I); <i>P. glandulosa</i> var. <i>glandulosa</i> oriunda do Texas EUA (J); e <i>P. juliflora</i> (K).....	06
Figura 2.4 -	Classificação dos fluidos de acordo com seu comportamento reológico.....	18
Figura 2.5 -	Comportamento reológico dos fluidos não newtonianos independentes do tempo.....	19
Figura 2.6 -	Comportamento reológico dos fluidos não newtonianos dependentes do tempo.....	20
Figura 3.1 -	Fluxograma do processo desenvolvido na pesquisa.....	25
Figura 3.2 -	Prensa hidráulica manual utilizada para extração do caldo das vagens de algaroba.....	31
Figura 3.3 -	Obtenção do açúcar líquido de algaroba utilizando o evaporador rotativo.....	34
Figura 3.4 -	Análise de textura nos cupcakes.....	39
Figura 3.5 -	Micro moinho utilizado para trituração do resíduo seco de algaroba.....	41
Figura 4.1 -	Perfil HPLC para extrato hidroalcoólico das vagens de algaroba.....	52
Figura 4.2 -	Diagrama de Pareto para taninos.....	60
Figura 4.3 -	Superfície de resposta para taninos em função das variáveis temperatura e pH.....	60
Figura 4.4 -	Gráfico da taxa de deformação (s^{-1}) versus viscosidade aparente (mPa.s) para o açúcar líquido de algaroba a 70°Brix nas temperaturas de 0, 6, 11, 16, 21 e 26°C.....	65
Figura 4.5 -	Gráfico da taxa de deformação (s^{-1}) versus tensão de cisalhamento (mPa) para o açúcar líquido de algaroba a 70°Brix nas temperaturas de 0, 6, 11, 16, 21 e 26°C.....	65
Figura 4.6 -	Relação da taxa de deformação (s^{-1}) versus tensão de cisalhamento (mPa) para o açúcar líquido de algaroba a 70°Brix nas temperaturas de 0, 6, 11, 16, 21 e 26°C descritas pelos modelos de (a) Herschel-Bulkley e (b) Ostwald-de-Waelle.....	67
Figura 4.7 -	Alturas dos cupcakes elaborados com diferentes proporções de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum	68
Figura 4.8 -	Perfil sensorial dos cupcakes elaborados com diferentes proporções de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum.....	72
Figura 4.9 -	Índice de aceitabilidade quanto aos atributos de aparência, cor, aroma, sabor e textura obtido pelos cupcakes elaborado com diferentes proporções de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum.....	73
Figura 4.10 -	Valores experimentais e estimados da razão de teor de água em função do tempo para a secagem do resíduo de algaroba às temperaturas de secagem de 40° a 60°C, de acordo com o modelo de Page.....	75
Figura 4.11 -	Valores experimentais e estimados da razão de teor de água em função do tempo para a secagem do resíduo de algaroba às temperaturas de secagem de 40° a 60°C, de acordo com o modelo de Cavalcanti Mata.....	76

Figura 4.12 -	Valores experimentais e estimados da razão de teor de água em função do tempo para a secagem do resíduo de algaroba às temperaturas de secagem de 40° a 60°C, de acordo com o modelo de Henderson & Pabis.....	76
Figura 4.13 -	Valores experimentais e estimados da razão de teor de água em função do tempo para a secagem do resíduo de algaroba às temperaturas de secagem de 40° a 60°C, de acordo com o modelo de Midilli et al.....	77
Figura 4.14 -	Farinha residual de algaroba a 115 mesh obtida a 50°C.....	78
Figura 4.15 -	Dimensões dos bolos tipo cupcake elaborados com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba seco a 50°C em substituição à farinha de trigo.....	85
Figura 4.16 -	Índice de aceitabilidade quanto aos atributos de aparência, cor, aroma, sabor e textura obtido pelos cupcakes elaborado com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba seco a 50°C em substituição a farinha de trigo.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Matriz de planejamento fatorial $2^2 + 3$ pontos centrais, da obtenção do açúcar líquido de algaroba.....	35
Tabela 3.2 - Modelos matemáticos utilizados para representação dos dados reológicos do açúcar líquido de algaroba a 70°Brix.....	36
Tabela 3.3 - Formulações de bolo tipo cupcake elaborado com e sem adição do açúcar de algaroba.....	37
Tabela 3.4 - Modelos de equações testados com os resultados da secagem a 40, 50 e 60°C.....	41
Tabela 3.5 - Formulações de bolo tipo cupcake elaborados com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba seco a 50°C em substituição à farinha de trigo.....	44
Tabela 4.1 - Valores médios das dimensões físicas das vagens de algaroba.....	47
Tabela 4.2 - Parâmetros de cor para as vagens de algaroba.....	48
Tabela 4.3 - Composição química e físico-química das vagens de algaroba.....	49
Tabela 4.4 - Valores médios de ácido fítico e taninos das vagens de algaroba.....	50
Tabela 4.5 - Teores de compostos fenólicos em vagens de algaroba (<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.) expressos em mg de composto por 100g de matéria seca.....	53
Tabela 4.6 - Composição física, química e físico-química do caldo de algaroba antes e após testes com clarificantes.....	54
Tabela 4.7 - Matriz de planejamento fatorial $2^2 + 3$ pontos centrais e os resultados obtidos para os ensaios de concentração do caldo na obtenção do açúcar líquido de algaroba.....	56
Tabela 4.8 - Parâmetros da análise de variância para as variáveis de respostas Tan e ART da concentração do caldo na obtenção do açúcar líquido de algaroba a 95% de confiança.....	57
Tabela 4.9 - Parâmetros da análise de variância para as variáveis de respostas Tan e ART da concentração do caldo na obtenção do açúcar líquido de algaroba a 90% de confiança.....	59
Tabela 4.10 - Composição física e química do açúcar líquido de algaroba.....	62
Tabela 4.11 - Viscosidade aparente (mPa.s) do açúcar líquido de algaroba a 70°Brix em diferentes velocidades de rotação (rpm) e temperaturas de 0, 6, 11, 16, 21 e 26°C.....	64
Tabela 4.12 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadrados médios (DQM) dos modelos reológicos ajustados aos gráficos do açúcar líquido de algaroba.....	66
Tabela 4.13 - Parâmetros de cor para a crosta e miolo dos bolos tipo cupcake elaborado com diferentes proporções de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum.....	69
Tabela 4.14 - Valores obtidos para os parâmetros de textura para os bolos tipo cupcake elaborado com diferentes proporções de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum.....	69
Tabela 4.15 - Teor de água e atividade de água dos bolos tipo cupcake elaborado com diferentes proporções de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum.....	70

Tabela 4.16 - Resultados das análises microbiológicas dos cupcakes elaborados com diferentes proporções de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum.....	71
Tabela 4.17 - Aceitação média quanto aos atributos de aparência, cor, aroma, sabor, textura, aceitação global e intenção de compra obtida pelo cupcakes elaborado com diferentes proporções de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum.....	71
Tabela 4.18 - Coeficientes dos quatro modelos analisados, coeficientes de determinação (R^2) e desvio quadrado médio (DQM), da secagem do resíduo de algaroba, para as diferentes temperaturas.....	74
Tabela 4.19 - Rendimento em percentual (%) das farinhas obtidas nas peneiras para as três temperaturas de secagem 40, 50 e 60°C respectivamente.....	78
Tabela 4.20 - Parâmetros de cor para as farinhas dos resíduos da algaroba com granulometria 115 mesh nas três temperaturas de secagem 40, 50 e 60°C respectivamente.....	79
Tabela 4.21 - Composição química (g/100g) e valor valórico (kcal) das farinhas dos resíduos da algaroba com granulometria 115 mesh nas três temperaturas de secagem 40, 50 e 60°C respectivamente.....	80
Tabela 4.22 - Valores médios de ácido fítico e taninos nas farinhas de resíduos.....	81
Tabela 4.23 - Conteúdo de fenólicos totais (TPC) expresso em mg.GAE/100g de amostra seca e capacidade antioxidante determinada através dos métodos FRAP e DPPH• expresso em $\mu\text{mol Tx/g}$ de amostra seca.....	83
Tabela 4.24 - Parâmetros de cor para a crosta dos bolos tipo cupcake elaborado com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba seco a 50°C em substituição a farinha de trigo.....	86
Tabela 4.25 - Parâmetros de cor para o miolo dos bolos tipo cupcake elaborado com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba seco a 50°C em substituição a farinha de trigo.....	86
Tabela 4.26 - Valores obtidos para os parâmetros de textura para os bolos tipo cupcake elaborado com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba seco a 50°C em substituição a farinha de trigo.....	87
Tabela 4.27 - Composição química e físico-química para os bolos tipo cupcake elaborado com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba seco a 50°C em substituição a farinha de trigo.....	89
Tabela 4.28 - Resultados das análises microbiológicas para os cupcakes elaborados com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba seco a 50°C em substituição a farinha de trigo.....	90
Tabela 4.29 - Aceitação média quanto aos atributos de aparência, cor, aroma, sabor, textura, aceitação global e intenção de compra obtida pelo cupcakes elaborado com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba seco a 50°C em substituição a farinha de trigo.....	91

LISTA DE ABREVIATURA E SÍMBOLOS

$\dot{\gamma}$	Taxa de cisalhamento ou deformação (s^{-1})
ANOVA	Análise de Variância
AR	Açúcares redutores
ART	Açúcares redutores totais
B, C, D, N1, N2, K1	Constantes dos modelos
CLAE	Cromatografia líquida de alta eficiência
DNS	Ácido 3,5-dinitro salicílico
DPPH	2,2-difenil-1-picril-hidrazila
DQM	Desvio quadrado médio
EAG	Equivalente de ácido gálico
EtOH	Etanol
FAAS	Espectrometria de Absorção Atômica no modo chama
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
ICP-MS	Espectrômetro de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado
K, A, A1, A2, A3	Constantes dos modelos
Kc, Kh, Km e Kp	Índices de consistência
Koc, Koh e Kom	Constantes dos modelos reológicos
NMP	Número mais Provável
nh, nm e np	Índices de comportamento reológico
R²	Coefficiente de determinação
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RPM	Rotação por minuto
RX	Razão de água
TPA	Análise de perfil de textura
TPTZ	2,4,6 – Tri (2-piridil) – 1,3,5 - triazina
Trolox	6- hidroxil-2,5,7,8-tetrametilcroman-2- ácido carboxílico
Tx	Trolox
UFC	Unidade formadora de colônias
UNICA	União da Indústria de Cana de Açúcar
UV	Ultra violeta

VHP	Very Hight Polarization
X	Teor de água (%)
Xe	Teor de água de equilíbrio (%)
Xo	Teor de água inicial (%)
τ	Tensão de cisalhamento (Pa)
η	Viscosidade (mPa.s)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE DOUTORADO EM ENGENHARIA DE
PROCESSOS



RESUMO

Esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de obter o açúcar líquido a partir das vagens de algaroba e o resíduo proveniente da extração foi transformado em farinhas para fins alimentícios. As vagens de algaroba utilizadas no processo apresentaram 9,86 g/100g de proteínas, 39,53 g/100g de açúcares totais, são pobres em fenólicos totais (247,77 mg/100g), possui os antinutrientes ácido fítico (0,36 g/100g) e taninos (1,37 g/100g) em baixas concentrações, dentre os compostos fenólicos identificados o ácido salicílico (207,24 mg/100g), ácido vanílico (138,16 mg/100g) e o flavonol miricetina (124,34 mg/100g) foram os de maior concentração nas vagens *in natura*. As vagens foram sanitizadas, trituradas, hidratadas na proporção 1:2 vagens: água, submetidas a 60°C por mais de três horas e posteriormente prensadas para extração do caldo bruto de algaroba. O caldo extraído das vagens foi submetido a testes com clarificantes convencionais, óxido de cálcio, ácido fosfórico e polímero aniônico, e o teste que combinou o uso dos três agentes clarificantes foi o que obteve os melhores resultados para a quantidade de açúcares totais e redução de taninos sendo o processo otimizado através de um planejamento experimental 2² com três pontos centrais tendo como variáveis independentes a temperatura de evaporação e o pH do caldo e como respostas a concentração de taninos e ART. O açúcar líquido de algaroba foi obtido utilizando um evaporador rotativo acoplado a uma bomba a vácuo até atingir 70°Brix. A melhor condição de obtenção do açúcar líquido de algaroba foi temperatura de 65°C e pH 6,5. O processo de obtenção do açúcar líquido de algaroba a 70°Brix apresentou rendimento médio de 25 g de açúcar líquido para cada 100 mL de caldo extraído com teor de sólidos solúveis inicial de 16°Brix. Sua cor é marrom com tom avermelhado ($L^* = 23,17$; $a^* = 0,13$; $b^* = -0,82$), possui 49,33% de açúcares redutores totais, possui comportamento dilatante confirmado através dos modelos matemáticos Herschel-Bulkley e Ostwald-deWaele. Sua aplicação em cupcakes em concentrações de 0, 10 e 20% de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum resultou em diferença na cor dos miolos, na mastigabilidade, mas sensorialmente, não houve diferença significativa entre as formulações. O resíduo da extração do caldo foi submetido a cinética de secagem nas temperaturas de 40, 50 e 60°C e os modelos aplicados de Page, Cavalcanti Mata, Midilli et al. e Henderson e Pabis, representam o processo de secagem, apresentando R² e DQM satisfatórios. Após a secagem os resíduos foram triturados no micro moinho de facas e submetidos ao peneiramento. A farinha de 115 mesh foi a que obteve o maior percentual entre as farinhas de fins alimentícios, nas três temperaturas de secagem. Elas apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) na cor, com menores valores de teor de água (2,79 g/100g) e lipídios (6,35 g/100g) e maiores valores de proteínas (21,26 g/100g), taninos (0,94 g/100g) e ácido fítico (2,71 g/100g) para a farinha obtida a 60°C. Todas as farinhas possuem baixo teor de fenólicos totais e baixa atividade antioxidante. A farinha de 115 mesh obtida a 50°C foi adicionada a cupcakes em substituição da farinha de trigo convencional nas concentrações de 0, 10 e 20% de farinha de resíduo resultando em diferenças significativas para a altura dos cupcakes, a cor dos miolos e todos os parâmetros de textura estudados. Na composição nutricional não houve diferença significativa. Na avaliação sensorial, os cupcakes foram todos aceitos com escores acima de 6,5 para todos os atributos sensoriais.

Palavras-chave: algaroba, açúcar líquido, *Prosopis juliflora*, farinha



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE DOUTORADO EM ENGENHARIA DE
PROCESSOS



ABSTRACT

This work was developed with the purpose of obtaining liquid sugar from mesquite pods and the residue from the extraction was made into flour for food purposes. The mesquite pods used in the process showed 9.86 g/100g of protein, 39.53 g/100g of total sugars, are low in total phenolics (247.77 mg/100 g), has the anti-nutrients phytic acid (0.36 g/100g) and tannins (1.37 g/100g) at low concentrations among the phenolic compounds identified salicylic acid (207.24 mg/100g), vanillic acid (138.16 mg / 100g) and flavonol kaempferol (124.34 mg/100g) had the highest concentration in the pods in natura. The pods were sanitized, crushed, hydrated in the ratio 1: 2 to Pod: water, subjected to 60 ° C over three hours and then pressed to extract the raw broth mesquite. The broth extracted from pods were subjected to tests with conventional clarifiers, calcium oxide, phosphoric acid and the anionic polymer, and the test that combined use of the three fining agents is what achieves the best results for the amount of total sugars and reduced tannins and the optimized process through an experimental design 22 with three central points having as independent variables the evaporation temperature and the pH of the broth and answers as the concentration of tannins and ART. The liquid mesquite sugar was obtained using a rotary evaporator attached to a vacuum pump. The best condition for obtaining a liquid mesquite sugar was 65°C and pH 6.5. The process of obtaining liquid mesquite sugar 70°Brix showed an average yield of 25g of liquid sugar per 100 mL broth extracted with an initial soluble solids content of 16°Brix. Its color is brown with reddish hue ($L^* = 23.17$, $a^* = 0.13$, $b^* = -0.82$), owns 49.33% of total reducing sugars, dilatant behavior has confirmed through mathematical models Herschel -Bulkley and Ostwald-deWaelle. Its application in cupcakes at concentrations of 0, 10 and 20% of net mesquite sugar replacing regular sugar resulted in differences in the color of the brain, the chewiness but sensuously, there was no significant difference between the formulations. The residue from extraction of the broth was subjected to drying kinetics at temperatures of 40, 50 and 60°C and the applied models Page Cavalcanti Wood, et al Midilli. and Henderson and Pabis represent the drying process, with R^2 and DQM satisfactory. After drying the waste ground in micro slicer and subjected to screening. The flour 115 mesh was the one with the highest percentage among the food purposes of flour, the three drying temperatures. They differ significantly ($p \leq 0.05$) in color with lower water content values (2.79 g/100 g) and lipids (6.35 g /100g) and higher protein levels (21.26 g/100g), tannins (0.94g/100g) and phytic acid (2.71 g/100g) for the flour obtained at 60°C. All meals have low content of phenolics and low antioxidant activity. A flour 115 mesh obtained at 50°C was added to cupcakes replacing the conventional flour at concentrations of 0, 10 and 20% resulting residue flour in significant differences in the height of cupcakes, the color of the brain and all studied the texture parameters. In nutritional composition there was no significant difference. In sensory evaluation, the cupcakes were all accepted with scores above 6.5 for all sensory attributes.

Keywords: mesquite, liquid sugar, *Prosopis juliflora*, flour

1 INTRODUÇÃO

O processo de crescimento acelerado da população mundial, principalmente em países em desenvolvimento desperta, nas autoridades e pesquisadores do mundo inteiro, grande preocupação com relação ao aproveitamento racional dos recursos naturais disponíveis nessas áreas, para viabilizar, técnico e economicamente, a geração de novas tecnologias de produtos alimentícios. Ante este propósito a FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), vem dando prioridade e incentivando à expansão de culturas de rápido crescimento, fácil adaptação, alta resistência à seca e múltiplas aplicações (SILVA, 2009).

A algarobeira (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) se enquadra perfeitamente dentro desse perfil e aponta como uma das alternativas viáveis em todas as regiões áridas e semiáridas do planeta.

A vagem é, indubitavelmente, o principal produto da algarobeira, em termos de valor econômico e social, visto que no período de seca se constitui em uma das alternativas para alimentação de humanos, animais domésticos e silvestres, em diversos países.

Considerando a grande quantidade de vagens desperdiçadas no campo durante o período de safra, o elevado potencial nutritivo e suas diversas aplicações no meio rural, mecanismos de caráter inovador deverão ser desenvolvidos e capazes de ser operacionalizados em pequenas propriedades rurais que viabilizem o aproveitamento racional e sustentável da algaroba, na geração de emprego e renda.

As vagens da algarobeira são doces, aromáticas, nutritivas e energéticas em função do elevado teor de açúcares existentes em seu interior. A polpa representa 56% do fruto e contém cerca 46,69% de açúcares totais, dos quais 96% são sacarose e os 4% restantes, de glicose e frutose, entre outros. Esses altos índices de sacarose, além de tornarem os frutos mais apreciados e palatáveis, viabilizam diversos processos tecnológicos e biotecnológicos para obtenção de produtos diferenciados em função do baixo índice glicêmico, em particular açúcar natural (SILVA, 2009).

Os resíduos orgânicos estão relacionados com problemas ambientais e de saúde pública; logo, o estudo dos mecanismos que visam à sua utilização, evita a deposição desses materiais no meio ambiente e minimiza os impactos ambientais, possibilitando, desta forma, o desenvolvimento de tecnologias limpas, autossustentáveis e inovadoras, que atendam às necessidades atuais da sociedade moderna.

Autores como Silva (2009) e Muniz (2009) aproveitaram, em seu estudo, para obtenção de aguardente e bioetanol de algaroba, respectivamente, o resíduo para obtenção de farinhas e as utilizaram para confeccionar produtos alimentares como pães e bolos, concluindo que esses produtos se caracterizavam por conter baixo teor de lipídios e teor considerável de proteínas. Entretanto, estudos realizados até o momento relatam que existem alguns componentes nas vagens, conhecidos como fatores antinutricionais que tornam alguns nutrientes indisponíveis para absorção pelo organismo.

Além desses compostos a investigação de substâncias antioxidantes em resíduos alimentares também é importante para avaliar a qualidade nutricional desses resíduos tendo em vista que, em geral, leguminosas, tendem a possuir substâncias antioxidantes, como os compostos fenólicos. Tais compostos, além de atuarem na captura dos radicais livres, podem estar envolvidos em outros mecanismos fisiológicos que estimulam a atividade das enzimas antioxidantes ou como sinalizadores celulares que ativam e/ou inibem a expressão de algumas enzimas relacionadas com o processo cancerígeno (WANASUNDARA e SHAHIDI, 2005).

Tendo em vista a importância de utilização dos recursos provenientes da região semiárida e de estudos que auxiliem esse uso, desenvolveu-se o presente estudo que transformou o elevado teor de açúcares disponíveis nas vagens, em um produto com propriedades nutricional, funcional e sensorial e com qualidade, além de caracterizar o resíduo proveniente desse processo inserindo-se, assim, no circuito de mercado dos produtos oriundos da exploração racional da algaroba.

1.1 Objetivo geral

Obter o açúcar líquido, estudar os fatores antinutricionais e avaliar a atividade antioxidante da farinha obtida do resíduo de produção.

1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os fatores físicos, químicos, físico-químicos, antinutricionais e perfil fenólico da matéria-prima (vagens);
- Estudar o processo de clarificação no caldo bruto de algaroba e determinar o melhor método de clarificação;
- Estudar os parâmetros para obtenção do açúcar líquido de algaroba e determinar o rendimento industrial do processo;
- Otimizar o processo de obtenção do açúcar líquido com o uso de clarificantes;
- Estudar o comportamento reológico do açúcar líquido;
- Caracterizar os fatores químicos, físico-químicos, microbiológicos e sensoriais do açúcar líquido;
- Estudar os parâmetros para obtenção da farinha residual de algaroba obtida do resíduo do processo de obtenção de açúcar;
- Aplicar modelos na cinética de secagem da farinha residual da algaroba e verificar o que melhor se ajusta;
- Caracterizar os fatores químicos e físico-químicos da farinha residual de algaroba;
- Investigar os fatores antinutricionais e a atividade antioxidante da farinha residual de algaroba;
- Adicionar a farinha residual de algaroba na formulação de produto alimentício (cupcake) e caracterizar os fatores físicos, químicos, físico-químicos, microbiológicos e sensoriais do produto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A algarobeira

A algarobeira pertencente ao gênero *Prosopis*, família *Leguminosae*, subfamília *Mimosoideae*; é uma leguminosa com arbustos de tamanho médio ou árvores de grande porte, com alta resistência à seca e rápido crescimento. Possui a característica de se desenvolver em regiões secas, onde dificilmente outras plantas poderiam sobreviver (PEREZ; MORAES, 1991). BARROS (1981) classificou botanicamente a algarobeira cultivada no Nordeste como sendo da espécie: *Prosopis juliflora* (Sw.) DC ilustrada na Figura 2.1.



Figura 2.1 – A algarobeira (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC
Fonte: Silva, 2009

Azevedo (1960) relata que, no Brasil, sua introdução é datada a partir de 1942, em Serra Talhada, Pernambuco, com sementes oriundas do deserto do Piura, no Peru; seu cultivo foi incentivado por J.B. Griffing, diretor da Escola Superior de Agricultura de Viçosa em Minas Gerais. Azevedo (1955) cita, ainda, mais duas introduções que foram feitas uma em Angicos, Rio Grande do Norte, em 1947, e outra com sementes advindas do Peru, e em 1948, com sementes oriundas do Sudão.

No período de seca a algarobeira se conserva verdejante e com alta produção de vagens que, em muitas situações, é a única alternativa de alimentação para os rebanhos e para as construções rurais. As espécies do gênero *Prosopis* apresentam grande resistência à seca, à salinidade e tem alta capacidade de fixar nitrogênio ao solo (SILVA, 2009).

De acordo Gil (2008) e Campelo (1987), a algarobeira é ótima opção para o semiárido nordestino; do seu tronco e ramas obtém-se a madeira, carvão, lenha, tintura e gomas; a partir

dos seus frutos são produzidos alimentos e álcool e de suas flores é extraído o mel; como forrageira ela atua no melhoramento do pasto e no reflorestamento dos terrenos impróprios para a lavoura enquanto sua copa oferece uma área de sombra apreciada por animais e moradores da região.

2.2 As vagens

Vagens do gênero *Prosopis* são comuns em regiões semiáridas do Hemisfério Ocidental e foram, durante muitos anos, o alimento básico para os povos indígenas da América do Norte e da América do Sul, antes da chegada dos europeus (FELKER et al., 2013). No Brasil, as vagens encontradas são da espécie *Prosopis juliflora* (Sw.) DC, também conhecidas por algaroba, nome dado devido à sua semelhança com os frutos da alfarroba (*Ceratonia siliqua*) leguminosa esta existente na região do Mediterrâneo e que se chama algarrobo em espanhol (GOMES, 1961).

As algarobas, ilustradas na Figura 2.2, são descritas como vagens em forma lomento drupáceo, alongadas, retas ou curvas e, em alguns casos, em espiral, indeiscente, de 10 a 30 cm de comprimento; podem ser plana ou cilíndrica quando maduras e contêm 12-20 sementes; o pericarpo é coreáceo, cor de palha ao vermelho - roxo. O mesocarpo é carnudo, acurado ou fibroso cujo sabor é macio e doce. O endocarpo é dividido em pequenos compartimentos que envolvem as sementes dispostas em uma linha ventral (CONAZA, 1994; BUKART, 1976).

A Figura 2.3 ilustra a diversidade morfológica das várias espécies encontradas na América e que são rotineiramente utilizadas na alimentação humana.



Figura 2.2 – As vagens de algaroba
Fonte: Silva, 2009

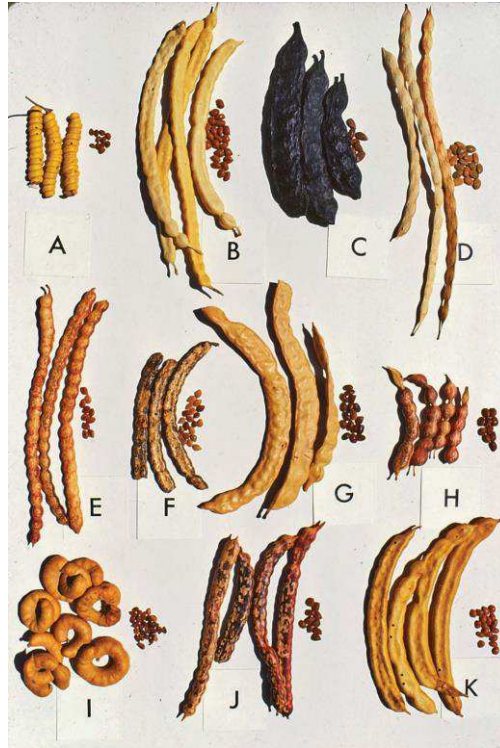


Figura 2.3 – Vagens de várias espécies do gênero *Prosopis*. *P. pubescens* (A); *P. glandulosa* var. *torreyana* (B); *P. kuntzei* (C); *P. articulata* (D); *P. flexuosa* (E); *P. nigra* (F); *P. alba* (G); *P. glandulosa* var. *glandulosa* oriunda do Novo México (H); *P. tamarugo* (I); *P. glandulosa* var. *glandulosa* oriunda do Texas EUA (J); e *P. juliflora* (K)

Fonte: FELKER et al., (2013)

2.2.1 Composição física, química e físico-química das vagens de algaroba

Nos últimos anos diversos estudos foram publicados com informações sobre a composição física, química e físico-química das vagens da algarobeira demonstrando claramente sua importância para a geração de novas fontes renováveis de alimentos, combustíveis e diversos produtos em várias regiões do planeta (SILVA, 2009; RODRIGUES, 2011).

Em relação às características físicas das vagens, o comprimento médio reportado por Figueiredo et al. (2004) foi de 21,90 cm, valor este próximo do encontrado por Silva (2009) de 21,44 cm e superior ao relatado por Rodrigues (2011) de 19,98 cm. O peso médio das vagens varia entre 8,00 g a 11,10 g, encontrados por Rodrigues (2011) e Silva (2009) respectivamente. As vagens apresentam cor amarelo-opaco (RODRIGUES, 2011) quando maduras, caracterizadas pelo discreto murchamento resultante da perda de água durante o amadurecimento.

As vagens possuem composição química semelhante às de outras leguminosas, exceto a soja, por possuir teor de gordura mais elevado (SILVA, 2007); a quantidade de extrato etéreo das vagens relatado não ultrapassa 4% em base úmida. Elas são ricas em carboidratos, proteínas e minerais. A polpa do fruto maduro representa cerca de 56% do fruto e contém 60% de açúcares dos quais 96% são sacarose (GRADOS e CRUZ, 1996) o que justifica seu sabor adocicado. Possuem, também, alto teor de carboidratos (açúcares e fibras); Silva (2009) estudando vagens inteiras, reportou o percentual de 44,27% de açúcares totais e 16% de fibra bruta, este último próximo ao encontrado por Braga et al. (2009) que encontraram, analisando vagens de algaroba trituradas, 17,2%.

O conteúdo proteico das vagens é de cerca de 10% de proteína bruta (CAMPOS, 1980; ARRUDA, 1994; SILVA, 2009) quantidade inferior à encontrada em grãos de soja e feijão. Mesmo as proteínas sendo consideradas de boa qualidade, elas possuem limitações em aminoácidos essenciais, tais como lisina, treonina, metionina e cisteína (SILVA et al., 1990).

LIMA (1987) analisando vagens inteiras de algaroba, verificou que ela possui altos teores de ferro e fósforo, superiores aos encontrados na farinha de milho integral e na farinha de mandioca. A composição mineral das vagens é composta de minerais como cálcio, magnésio, fósforo, sódio, potássio, ferro, zinco, cobre, manganês, cobalto e selênio (FIGUEREIDO et al., 2004).

A quantidade de açúcares contidas nas vagens é de suma importância para este estudo. Silva (2009) obteve, em estudo de caracterização química das vagens de algaroba de cinco mesorregiões semiáridas do estado da Paraíba obteve 36 a 43% de açúcares não redutores de um total de cerca de 46% de açúcares totais, reforçando ainda mais sua importância como mais um recurso natural disponível e abundante, possível ser utilizado como fonte de matéria-prima para diversos produtos que geram riqueza e desenvolvimento, em destaque processos que necessitem de grande quantidade de carboidratos (CAMPOS, 1980; SILVA, 2009). Souza e Correia (2015) utilizaram a farinha integral das vagens de algaroba nas formulações de barras de cereais obtendo respostas positivas, independente do percentual de farinha de algaroba utilizado.

2.3 Fatores antinutricionais

O termo fator antinutricional, tem sido usado para descrever compostos ou classes de compostos presentes numa extensa variedade de alimentos de origem vegetal que, quando

consumidos, reduzem o valor nutritivo dos alimentos. Eles interferem na digestibilidade, absorção ou utilização de nutrientes e, se ingeridos em altas concentrações, podem acarretar em efeitos danosos à saúde (GRIFFITHS et al., 1998). Geralmente são compostos termolábeis e se destroem pelo calor, durante o cozimento dos alimentos. Devido o consumo dos alimentos vegetais ser habitualmente cru, existe maior preocupação em estudos que mensurem a quantidade presente das substâncias antinutricionais nos alimentos de origem vegetal.

O estudo para quantificação desses compostos em vegetais de uso convencional e não convencional, torna-se essencial a fim de determinar se são prejudiciais ou não na quantidade em que são encontrados. A presença desses fatores antinutricionais tem sido rediscutida, em função de descobertas recentes que evidenciam o potencial de algumas substâncias em exercer funções benéficas ao organismo humano (SILVA & SILVA, 1999; LOPES et al, 2009). Proll et al. (1998) reportam que, em geral, as leguminosas podem conter fatores antinutricionais e outras substâncias nocivas à saúde, dentre as quais se destacam o ácido fítico e os taninos.

O ácido fítico e seus sais representam uma classe complexa de compostos de ocorrência natural formados durante o processo de maturação de sementes e grãos de cereais (MAGA, 1982; TORRE et al. 1991). Sgarbieri (1987) atribui a variação da quantidade de ácido fítico presente nos alimentos de origem vegetal a diversos fatores, como o tipo da planta, parte ou órgão que será analisado, tipo de adubação e estágio de maturação.

Nas sementes de leguminosas o ácido fítico contém aproximadamente 70% do conteúdo de fosfato, sendo estruturalmente integrado com proteínas e/ou minerais, na forma de complexos, tornando indisponível para o ser humano e os animais monogástricos (ZHOU & ERDMAN, 1995). Os efeitos dos fitatos sobre a disponibilidade dos minerais dependem de diversos fatores, tais como a concentração dos fitatos nos alimentos, sua capacidade de complexação com os minerais, o teor de proteínas e a presença de outras substâncias quelantes, como taninos e ácido oxálico que podem competir na reação de complexação com os minerais (DOMÍNGUEZ et al., 2002). Entretanto, na literatura se reporta que o ácido fítico, em baixas doses, também tem efeitos positivos sobre a saúde, como sua ação protetora contra o câncer de cólon, reduz a formação de pedras nos rins, ação antioxidante e atua na prevenção de doenças cardiovasculares (SZKUDELSKI, 1997; JARIWALLA, 2001; HELBIG et al., 2008).

Nas leguminosas, outra substância natural presente considerada antinutricional amplamente estudada, se refere aos taninos (DESHPANDE & CHERYAN, 1985; DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010; FENNEMA et al., 2010). Esses são compostos químicos polifenólicos de alto peso molecular, presentes nos vegetais que possuem a distinta capacidade

de união a proteínas e outras macromoléculas, tornando-as indisponíveis para absorção do organismo. São classificados em hidrolisáveis (ácido gálico) e condensados (catequina e leucoantocianidina) (KHANBABAEE & REE, 2001; VÁZQUEZ-FLORES et. al, 2012). Segundo Deshpande&Cheryan (1985) os taninos de origem flavonoide são os polifenóis predominantemente encontrados em leguminosas e cereais.

Conforme Bressani et al. (1982) o efeito dos taninos na digestibilidade das proteínas das leguminosas é relativamente pequeno, influenciando apenas 7% da digestibilidade verdadeira enquanto o inibidor de tripsina chega a influenciar 25% da digestibilidade das proteínas. Esta reação química de que os taninos têm de precipitar proteínas, quando acontece na saliva a reação com as proteínas ali presentes (SOARES et al., 2011), causa a sensação de adstringência que sentimos em certos alimentos e bebidas de origem vegetal (CALA et al., 2011).

É importante ressaltar que, na dieta ocidental, é difícil chegar a doses que possam ser prejudiciais à saúde tendo em vista que a alimentação não possui grandes quantidades de taninos presentes e que técnicas de processamento também contribuem para a degradação desses compostos, reduzindo seu efeito negativo (BARBERÁN & ESPÍN, 2001; PRIOR & GU, 2005).

Apesar dos efeitos negativos associados ao consumo de taninos, algumas pesquisas relatam efeitos benéficos desses antinutrientes à nossa saúde, como redução do colesterol sérico e triglicérido, prevenção de câncer de cólon e especialmente ação antioxidante (HELBIG et al., 2008).

2.4 Compostos fenólicos

Atualmente, os compostos fenólicos estão sendo largamente estudados em virtude do seu poder antioxidante. Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas e, quimicamente, são definidos como substâncias que possuem anel aromático com uma ou mais hidroxilas na sua estrutura, incluindo seus grupos funcionais. Possuem estrutura variável e, com isto, são multifuncionais (ÂNGELO & JORGE, 2007).

Eles são divididos em três grandes grupos, segundo Ribéreau-Gayon (1968): pouco distribuídos na natureza, polímeros e largamente distribuídos na natureza. Na família dos compostos fenólicos pouco distribuídos na natureza se encontram os fenóis simples, o pirocatecol, a hidroquinona e o resorcinol. No grupo dos polímeros são alguns fenólicos que não se apresentam na forma livre nos tecidos vegetais; esta família engloba as ligninas e os taninos, este último presente nas leguminosas, em particular nas espécies do gênero *Prosopis*

(GÁLAN et al., 2008; ÂNGELO & JORGE, 2007). Na família dos compostos largamente distribuídos na natureza estão os fenólicos encontrados geralmente em todo reino vegetal, que são os flavonoides (antocianinas, flavonois e seus derivados) e ácidos fenólicos (ácidos benzoico, cinâmico e seus derivados) e cumarinas (ÂNGELO & JORGE, 2007).

Em relação aos benefícios nos vegetais, são essenciais no crescimento e na reprodução, além de atuarem como agente antipatogênico e contribuir na pigmentação (SHAHIDI & NACZK, 1995), em alimentos contribuem para a conservação, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa. Quando consumidos na alimentação humana e animal, estudos reportam sua atuação na prevenção do estresse oxidativo e na atividade anticarcinogênica (NAMIKI, 1990; ÂNGELO & JORGE, 2007; ROCHA et al., 2011).

2.5 Atividade antioxidante

Nos últimos anos os estudos científicos reportam evidências do papel chave dos radicais livres e outros oxidantes como grandes responsáveis pelo envelhecimento e pelas doenças degenerativas associadas ao envelhecimento, como câncer, doenças cardiovasculares, catarata, declínio do sistema imune e disfunções cerebrais (ATOUI, 2005; BARREIROS et al., 2006). De forma geral, denominam-se antioxidantes as substâncias que, presentes em concentrações baixas, comparadas ao substrato oxidável, retardam significativamente ou inibem a oxidação do substrato (BREWER, 2011; HALLIWELL, 2000).

Com a divulgação de estudos que estão comprovando a eficácia dos antioxidantes frente a diversos fatores, a importância da alimentação saudável com base na ingestão de alimentos e bebidas de origem vegetal, tornou-se mais popular nos dias atuais (BARREIROS et al., 2006). Resultantes do metabolismo secundário dos vegetais, os antioxidantes possuem larga aplicação nos setores farmacêutico, cosmético e nutricional, e servem como aditivos naturais em alimentos, atribuição esta que tem ganhado relevância crescente pois os antioxidantes sintéticos usados pela indústria de alimentos, como o BHA (butilhidroxianisol), o BHT (butilhidroxitolueno) e o TBHQ (terc-butilhidroquinona) estão sendo estudados quanto às suas doses de segurança e toxicidade (BALASUNDRAM et al., 2006).

Várias plantas da flora semiárida com propriedades fitoquímicas e farmacológicas já foram identificadas mas no mercado ainda não são encontrados produtos derivados desses materiais que, geralmente, têm seu uso restrito à alimentação animal; portanto, o estudo da presença desses compostos e sua quantificação se tornam um diferencial para avaliação completa do potencial dos frutos da algarobeira e fonte de alimentação humana como mais

uma alternativa para desenvolvimento de processos tecnológicos (CARTAXO et al., 2010; SOUZA & CORREIA, 2015).

Os estudos atuais também apontam um interesse particular dos pesquisadores por resíduos agroindustriais, como fonte de substâncias antioxidantes a fim de substituir os sintéticos utilizados atualmente. As reações de oxidação não são de interesse exclusivo das indústrias alimentícias, na medida em que influenciam a produção de outros bens oxidáveis, como cosméticos, farmacêuticos e plásticos (OLIVEIRA et al., 2009). Dentre os resíduos estudados são citados os resíduos das viniculturas (LAFKA et al., 2007), das cascas das mangas (AJILA et al., 2007; AJILA & RAO, 2008), do bagaço e pedúnculo do caju (BROINIZI et al., 2007) e das farinhas de resíduos de acerola, maracujá e abacaxi (DE OLIVEIRA, 2009), todos possuem elevados potenciais antioxidantes.

2.6 Açúcar

2.6.1 Considerações gerais

Açúcares, como sacarose e glicose, juntamente com polissacarídeos, como amido e celulose, são os principais componentes do grupo de substâncias chamadas carboidratos (COULTATE, 2004). Os carboidratos constituem mais de 90% da matéria seca das plantas. Logo, são abundantes, amplamente disponíveis e de baixo custo. Os carboidratos são componentes frequentes em alimentos, podendo ser tanto componentes naturais como adicionados como ingredientes (FENNEMA, 2010).

O termo carboidrato sugere uma composição elementar composta basicamente de carbono, oxigênio e hidrogênio porém a maioria dos compostos de carboidratos naturais produzidos por organismos vivos não apresenta fórmula empírica simples. Ao invés disto, sua maioria é formada por oligossacarídeos ou polímeros de açúcares simples e modificados (FENNEMA, 2010).

Dentre os carboidratos simples os monossacarídeos, a D-glicose é o mais abundante, também conhecido como combustível celular (DUTRA DE OLIVEIRA, 1998). Existem outros monossacarídeos que também são importantes em alimentos, como a D-frutose conhecido como açúcar da fruta e a D-galactose conhecida como açúcar do leite (BOBBIO, 1992).

Quanto aos oligossacarídeos, são polímeros compostos de resíduos de monossacarídeos unidos por ligações glicosídicas, em número que variam de duas até aproximadamente dez

unidades e que poucos são de ocorrência natural; dentre esses os mais importantes são: a maltose, a lactose, a sacarose e a dextrina. A maltose, também conhecida como açúcar do malte, é um açúcar redutor composto de duas unidades de glicose. Pouco utilizada como adoçante brando para alimentos, ela é produzida pela hidrólise do amido com a enzima β -amilase, durante a malteação dos grãos, em particular da cevada e soja (BOBBIO, 1992; FENNEMA, 2010).

Outro dissacarídeo influente é a lactose (d-glicose e d-galactose), encontrada no leite de forma livre; é a principal fonte primária de carboidratos para o desenvolvimento de mamíferos e sua absorção depende da hidrólise realizada pela enzima lactase produzida pelo organismo ou adicionada aos alimentos, para facilitar a digestão da lactose (BOBBIO, 1992; FENNEMA, 2010; DA CUNHA, 2015). Mas dentre todos os oligossacarídeos, a sacarose é considerada, sem dúvida, o dissacarídeo mais importante, tanto pela quantidade e frequência com que é encontrado na natureza, como por sua importância na alimentação humana. Formado por uma unidade D-glicose e uma unidade D-frutose é conhecido popularmente como açúcar da cana (BOBBIO, 1992; FENNEMA, 2010).

O açúcar é um alimento popular na dieta e fornece energia fácil, sendo o Brasil o maior produtor mundial, segundo a FAO (2015). Do ponto de vista tecnológico, o açúcar no seu estado cristalino contribui, de forma expressiva, para a aparência e a textura de muitos produtos alimentícios, como confeitos, biscoitos e bolos. Sua forma líquida é ingrediente significativo em cremes à base de chocolate ou em outras guloseimas, pois são responsáveis pelo controle da textura desses alimentos. A solução aquecida de sacarose, xarope de glicose e água após resfriada, resulta em uma massa com aparência vítrea no seu exterior e no interior (miolo) uma maciez resultante do teor de água retido em sua massa (COULTATE, 2004).

O açúcar do tipo mais rústico é o açúcar mascavo e pode ser obtido a partir do beneficiamento de meios cristalizáveis da cana-de-açúcar, beterraba e a partir de outros vegetais. Sua obtenção é através de um processo muito conhecido e de maneira rural que produzem não somente o açúcar mas também melado e rapadura, utilizando equipamentos simples, em pequenas propriedades rurais onde a mão-de-obra geralmente é familiar (NATALINO, 2006).

Industrialmente, são fabricados vários tipos de açúcares; no Brasil se destaca o açúcar destinado diretamente ao consumo humano e o direcionado ao setor da indústria alimentícia. A menor parcela do açúcar brasileiro é destinada ao mercado interno (37%); é do tipo cristal branco e demerara e distribuído para as indústrias de atacado e varejo. No caso do mercado externo o açúcar exportado é o tipo Very High Polarization (VHP), utilizado como insumo no

processo de refinação. O mercado de açúcar atende ao comércio atacadista que, por conseguinte, distribuirá o produto para o comércio varejista e indústria de alimentos que, por fim, destinará o produto ao consumidor final (MACHADO, 2012).

2.6.2 Tipos de açúcares

Vários tipos de açúcares são encontrados no mercado, tanto na forma sólida como na forma líquida. Os principais tipos de açúcares produzidos no Brasil de acordo com Vieira (2007) e Brasil (2005) são:

- ✓ *Demerara ou bruto* – Produto de cor escura, que não passou pelo refino. É um tipo de açúcar em cujo processo de fabricação não se sulfitou o caldo e cuja massa cozida não sofreu lavagem na centrífuga, conservando intacta a película de mel que envolve seus cristais.
- ✓ *Very high polarization (VHP)* – Mais claro do que o demerara, apresenta cristais amarelados e é utilizado como matéria-prima para outros processos. O processo de fabricação do caldo é mínimo ou nenhum, a massa cozida passa por lavagem reduzida na centrífuga. É o tipo mais exportado pelo Brasil.
- ✓ *Cristal* – Denominação de todos os açúcares brancos produzidos diretamente pela usina de açúcar. É fabricado com base em um caldo sulfitado por meio de um processo em que os cristais são lavados na centrifugação e secos em secadores.
- ✓ *Açúcar refinado granulado* – Puro, sem corantes, sem umidade ou empedramento, com cristais bem definidos e grãos uniformes, o açúcar refinado granulado é muito utilizado na indústria farmacêutica, em confeitos, xaropes de excepcional transparência e mistura seca, em que são importantes o aspecto visual, o escoamento rápido e a solubilidade.
- ✓ *Açúcar refinado amorfo* – Com baixa cor, dissolução rápida, grãos finos e brancura excelente, o refinado amorfo é utilizado no consumo doméstico, em misturas sólidas de dissolução instantânea, bolos e confeitos, caldas transparentes e incolores.
- ✓ *Glaçúcar* – Conhecido como açúcar de confeitiro, tem grânulos bem finos, cristalinos, e é produzido diretamente na usina, sem refino. Destina-se à indústria alimentícia, que o utiliza em massas, biscoitos, confeitos e bebidas.
- ✓ *Xarope invertido* – É o produto obtido a partir da hidrólise da sacarose resultando em uma solução com diferentes concentrações de glicose e frutose, reunindo assim, alta solubidade da frutose e difícil cristalização da glicose, influenciando na atividade de água do produto e

consequentemente, ampliação da vida de prateleira. É utilizado em frutas em calda, sorvetes, balas e caramelos, licores, geléias, biscoitos e bebidas carbonatadas.

✓ *Açúcar orgânico* – Produto de granulação uniforme, sem nenhum aditivo químico, tanto na fase agrícola como na industrial. Pode ser do tipo claro ou dourado. Seu processamento segue princípios internacionais da agricultura orgânica e é anualmente certificado pelos órgãos competentes. Na produção do açúcar orgânico, todos os fertilizantes químicos são substituídos por um sistema integrado de nutrição orgânica para proteger o solo e melhorar suas características físicas e químicas. Evitam-se doenças com o uso de variedades mais resistentes e combatem-se pragas, como a broca-da-cana, com seus inimigos naturais – vespas, por exemplo.

2.6.3 Açúcar líquido

A fabricação do açúcar é um processo que envolve uma série de operações para obtenção do produto final. No Brasil, a matéria-prima é exclusivamente a cana-de-açúcar; todavia, em países em que a cana não se desenvolve, a matéria-prima é a beterraba (TORRES, 2007).

A Resolução-RDC nº 271, de 22 de setembro de 2005, estabelece que o regulamento técnico para açúcares e produtos para adoçar, define açúcar como sendo a sacarose obtida a partir do caldo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*) ou de beterraba (*Beta alba L.*). São também considerados açúcares os monossacarídeos e demais dissacarídeos, podendo-se apresentar em diversas granulometrias e formas de apresentação.

As diferenças encontradas nos processos de fabricação de açúcar decorrem da forma de condução do processo, que sofre alterações de acordo com o tipo de açúcar que se deseja produzir. No país, os açúcares mais fabricados em escala industrial são o açúcar cristal branco e o açúcar demerara. Segundo dados estatísticos da UNICA (União da Indústria de Cana-de-Açúcar) referentes a safra 2014/2015, a produção nacional de açúcar concentra 90% na região Centro-Sul, destacando-se o estado de São Paulo, responsável por 62% da produção nacional. Em relação à região Norte-Nordeste, responsável pela produção de 10%, os estados de Alagoas e Pernambuco concentram 82% desta produção e o estado da Paraíba participa apenas com 0,4% da produção nacional.

O processo básico de fabricação de açúcar pode ser definido em: operações preliminares, extração, purificação, concentração, cristalização e centrifugação. As etapas de recepção e seleção compreendem a escolha e seleção da matéria-prima a ser utilizada. Segundo Seymour

et al., (1993) os frutos se tornam, durante o amadurecimento, mais palatáveis, em razão do desenvolvimento de sabores específicos como, por exemplo; os açúcares solúveis, cujos mais comuns nos frutos são a frutose, glicose e sacarose. A escolha da maturação certa para extração do caldo gera alto rendimento agrícola e rendimento agroindustrial compensador (NOBREGA, 2007).

Dentre as etapas de fabricação do açúcar pode-se destacar, como primordial para obtenção de um produto de boa qualidade, a clarificação. Seu objetivo é remover impurezas coloidais que se mantêm em suspensão no caldo. Para isto são utilizados agentes químicos e produtos auxiliares de decantação, dependendo do tipo de açúcar a ser produzido; esses produtos alteram a reação do meio provocando floculação e coagulação de coloides (CASTRO, 2007; NOBREGA, 2007).

De acordo com Castro (2007) a concentração do caldo para obtenção do açúcar líquido é realizada por evaporação até o teor de sólidos solúveis desejado que pode variar de 65 a 75°Brix.

Na indústria e em pequenas propriedades rurais, no caso da cana-de-açúcar o caldo clarificado é concentrado em tachos aquecidos a vapor ou em tachos com aquecimento a fogo direto. No processo, o uso de ácidos de grau alimentar é opcional para obter um produto com maior concentração de açúcar redutor proveniente da hidrólise da sacarose evitando a formação de cristais durante o armazenamento. O produto resultante é chamado de melado (SILVA & SILVA, 2003; BRASIL, 2005).

2.7 Clarificação do caldo

A clarificação é a operação unitária de separação que visa eliminar partículas em suspensão de um líquido. O processo de clarificação para a retirada de impurezas dissolvidas é uma técnica bastante utilizada, principalmente no tratamento da água (BATALHA, 1977). Em caldos para fabricação de açúcar, a clarificação é a remoção dos não-açúcares, impurezas presentes no caldo misto, as quais se encontram na forma solúvel, coloidal e insolúvel em suspensão. Portanto, deve-se conhecer as impurezas do caldo do ponto de vista químico para que seja conduzida de maneira que as perdas de sacarose por inversão e destruição dos açúcares redutores permaneçam em um nível mínimo durante o processo subsequente de recuperação do açúcar, (OITICICA et al., 1975; CHEN & CHOU, 1993).

Quando a clarificação é deficiente, o caldo retém impurezas que se vão acumulando à medida que o caldo é concentrado, incorporando-se ao açúcar prejudicando, desta forma, sua qualidade. Essas impurezas, além de diminuir o rendimento do açúcar, são higroscópicas, levando à inversão de sacarose no produto final, já estocado, e desclassificando completamente o açúcar (FAVERO et al., 2014).

Caldos extraídos de vegetais para fins alimentícios é uma maneira de evitar desperdícios quando não se tem um consumo imediato daquela matéria-prima, além de agregar valor ao que poderia ser subestimado seu uso, como ocorre no caso das vagens de algaroba (*Prosopis juliflora*) em que seu caldo é extraído e utilizado para obtenção de aguardente e etanol (SILVA, 2009; ASQUIERI et al., 2009).

Os principais constituintes responsáveis pela turbidez e cor do caldo são as proteínas, os coloides (polissacarídeos), minerais na forma de sais, pigmentos naturais, pectina e compostos resultantes de reações químicas no caldo, sendo a maioria desses compostos removida durante o processo de clarificação. O processo de clarificação atua na remoção desses constituintes indesejáveis a fim de melhoria tecnológica dos processos de concentração desses caldos, redução da sua adstringência e a diminuição do uso de conservadores químicos, aumentando o rendimento e a qualidade do produto final (CIANI et al., 2005; ABDULLAH et al., 2007; UMEBARA, 2010).

A clarificação de caldos no Brasil, em particular a da cana-de-açúcar, é realizada por dois tipos de processos principais: adição de cal e aquecimento para açúcares, como o mascavo e adição de dióxido de enxofre para açúcar cristal branco. Para produtos destinados à exportação, em virtude da proibição do uso do dióxido de enxofre, faz-se uso do gás ozônio e do dióxido de carbono (FAVERO et al., 2014).

No caso de frutas a maioria das bebidas processadas industrialmente é clarificada durante a produção a fim de evitar a turbidez indesejável e sedimentos no produto final (PINELO et al., 2010; SANTI et al., 2014). A clarificação de sucos pode se dar por meio de processos físicos, químicos e bioquímicos ou, então, uma associação entre eles para se obter melhores resultados (DE OLIVEIRA et al., 2010). Os processos mais utilizados consistem no uso de enzimas (pectinase e celulase), agentes clarificantes, tais como bentonita e o colágeno, filtração por membranas, centrifugação e associação de dois ou mais desses processos (KEMPKA et al. 2013; ONGARATTO & VIOTTO, 2015).

2.8 Reologia

A reologia é a ciência que estuda a deformação e o escoamento da matéria, ou seja, estuda a forma que os materiais respondem a aplicação de uma determinada tensão ou deformação (TABILO-MUNIZAGA & BARBOSA-CÁNOVAS, 2005; TONELI et al. 2005).

Todos os materiais possuem propriedades reológicas, logo a reologia por ser um tema multidisciplinar pode ser aplicada em diversas áreas de estudo, que dentre elas, podemos citar as engenharias de materiais, mecânica, de alimentos, química e civil, em outras áreas de também grande importância temos a geologia e a indústria farmacêutica (WOOD et al., 2001; TONELI et al. 2005; PACHECO et al., 2007; CHORILLI, et al., 2007).

O conhecimento das propriedades reológicas dos alimentos, no estudo de processos na área de engenharia, torna-se necessário para uma série de aplicações como controle e dimensionamento de processos industriais (como cálculo de vazões, seleção de bombas, determinação de perda de carga em tubulações, em operações unitárias), conhecimento da estrutura física do produto formulado, determinação da funcionalidade de um ingrediente no desenvolvimento de um produto, testes de tempo-de-prateleira, avaliação da textura dos alimentos para correlacioná-la à análise sensorial, escolha de embalagens, testes de controle de qualidade, dentre outras funcionalidades (HOLDSWORTH, 1993; TONELI et al., 2005; DE MOURA et al., 2005; AUGUSTO et al., 2012).

Dentre os parâmetros reológicos de importância na indústria alimentícia, a viscosidade definida como sendo a resistência interna do fluido ao escoamento, dependente da temperatura e composição química do material e é o parâmetro mais estudado para fluidos líquidos (TONELI et al., 2005). Esse termo, viscosidade é comumente utilizado para fluidos Newtonianos, enquanto para fluidos não newtonianos o termo mais apropriado a se utilizar é viscosidade aparente, a qual depende somente da magnitude da taxa de deformação ou da tensão de cisalhamento (SCREMIN, 2007).

A classificação mais geral dos fluidos leva em consideração a Lei de Isaac Newton, que em sua abordagem matemática (Equação 2.1) demonstra que a força requerida por unidade de área (F/A) é diretamente proporcional ao gradiente de velocidade do fluido entre um sistema de placas (dv/dx), tendo como elemento de proporcionalidade um coeficiente que é igual à viscosidade (η). A força por unidade de área é conhecida como tensão de cisalhamento (σ) (Equação 2.2) e o gradiente de velocidade é conhecido como taxa de cisalhamento ($\dot{\gamma}$) (RAO, 1999; FERREIRA et al., 2005).

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{dv}{dx} \quad (2.1)$$

$$\eta = \frac{\sigma}{\dot{\gamma}} \quad (2.2)$$

De acordo com essa lei, os fluidos que apresentam uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento, ou seja, a viscosidade mantém-se constante com a variação na taxa de cisalhamento são classificados como fluidos newtonianos e os fluidos que não apresentam uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento, isto é, os valores da viscosidade mudam com a variação nos valores da taxa de cisalhamento são chamados de não newtonianos e a viscosidade é considerada aparente, podendo aumentar ou diminuir, de acordo com as características de cada fluido (FERREIRA et al., 2005). Os fluidos não newtonianos são divididos em independentes e dependentes do tempo (RAO, 1999). A classificação dos fluidos de acordo com seu comportamento reológico está representada na Figura 2.4 e as curvas que descrevem esse comportamento estão representadas na Figura 2.5 e Figura 2.6.

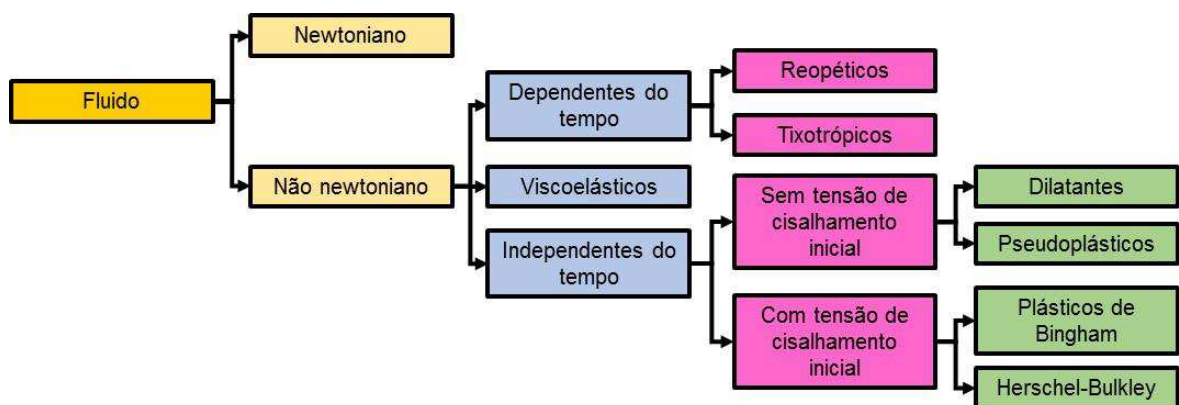


Figura 2.4 – Classificação dos fluidos de acordo com seu comportamento reológico

De acordo com essa classificação os fluidos sem tensão inicial são aqueles que não necessitam de uma tensão de cisalhamento inicial para começarem a escoar. Fazem parte desse grupo a maioria dos fluidos não newtonianos. Dividem-se em pseudoplásticos e dilatantes.

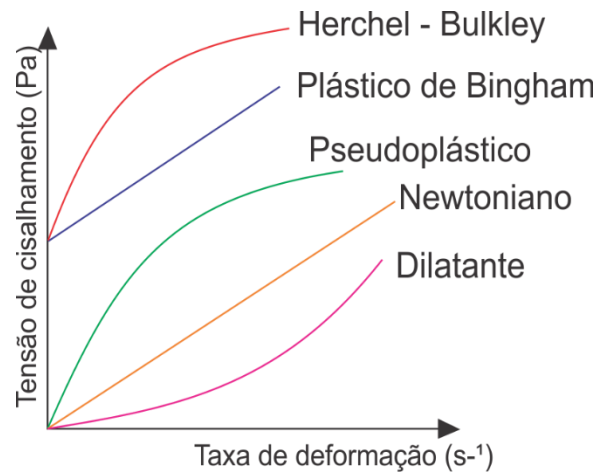


Figura 2.5 – Comportamento reológico dos fluidos não newtonianos independentes do tempo
 Fonte: Adaptado de Bourne (2002)

Os fluidos pseudoplásticos são aqueles que, em repouso, apresentam suas moléculas em um estado desordenado, e quando submetidas a uma tensão de cisalhamento, suas moléculas tendem a se orientar na direção da força aplicada. E quanto maior esta força, maior será a ordenação e, conseqüentemente, menor será a viscosidade aparente. São exemplos desse tipo de fluidos a maioria das polpas de frutas (VIDAL et al., 2006; PEREIRA et al., 2012; QUERIDO et al., 2013), alguns estudos reportam iogurtes (CUNHA et al., 2008; MATHIAS et al., 2013) e sucos concentrados (BRANCO & GASPARETTO et al., 2003; DA SILVA et al., 2005; DA SILVA et al., 2013). Nos fluidos dilatantes ocorre o inverso, a viscosidade aparente aumenta com o aumento da taxa de deformação (BHATTACHARYA, 1999; FERREIRA et al., 2005), são exemplos as soluções de amido gelatinizado (COUTINHO & CABELLO, 2005), o óleo de milho (CORZO & SÁNCHEZ, 2008) e o mel de abelha (RAO, 1999).

Em relação aos fluidos dependentes do tempo eles podem ser reopéticos ou tixotrópicos. Nos fluidos tixotrópicos ocorre o decréscimo da viscosidade aparente com o tempo de cisalhamento, a uma condição constante de temperatura e taxa de deformação. Já os fluidos reopéticos apresentam comportamento inverso, aumentando a viscosidade aparente com o tempo de cisalhamento. Nesses fluidos, as mudanças no comportamento reológico com o tempo devem-se provavelmente às mudanças estruturais no fluido. No entanto, após o repouso, tendem a retornar à condição inicial de viscosidade. Grande parte dos fluidos alimentícios como pastas de frutas e vegetais, “ketchup”, mostarda e comida de bebê apresentam comportamento tixotrópico (TONELI et al., 2005).

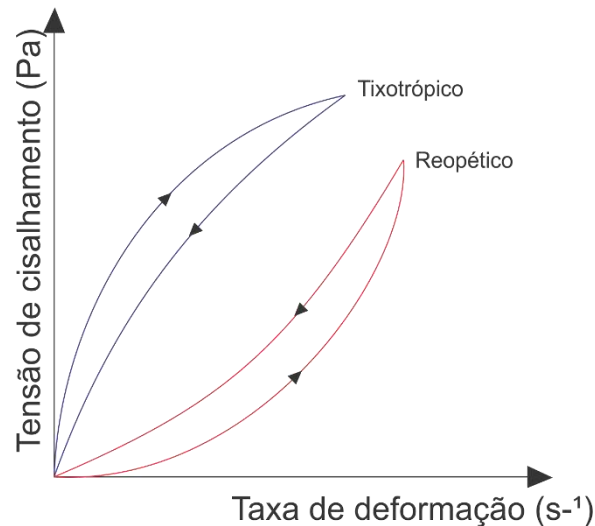


Figura 2.6 – Comportamento reológico dos fluidos não newtonianos dependentes do tempo

Fonte: Adaptado de Schramm (2000)

Um caso particular de fluidos não newtonianos que não apresentam relação com o tempo, são os fluidos que exibem algumas características de sólidos, chamados de viscoelásticos. Eles apresentam propriedades viscosas e elásticas associadas. Quando cessa a tensão de cisalhamento o material tende a sua posição de repouso, ocorrendo uma certa recuperação da deformação. Os alimentos que exibem esse comportamento são amido, gelatinas, queijos, clara de ovo e soluções de polímeros (VIDAL, 2000).

Esse comportamento dos fluidos pode ser visualizado através de modelos matemáticos que relacionam as propriedades reológicas tensão de cisalhamento e taxa de deformação, com grandezas práticas, como por exemplo concentração de um determinado ingrediente, grau de maturação, temperatura do processo, entre outros. Logo, são de grande importância no desenvolvimento de tecnologias e produtos em várias áreas (VIDAL, 2000; TONELI et al., 2005). Dentre os modelos, os mais utilizados são de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Bingham, Casson, Herschel-Bulkley e MizrahiBerk.

Na literatura atual diversos estudos relatam o comportamento reológico de fluidos alimentícios com utilização desses modelos empíricos e na sua grande maioria são classificados como pseudoplásticos (FARAONI et al., 2013; BEZERRA et al., 2013; DE SOUSA et al., 2014).

2.9 Secagem

A secagem é definida como sendo uma das mais antigas e conhecidas operações unitárias sendo bastante aplicada em diversos seguimentos industriais, entretanto, como envolve simultaneamente a transferência de calor e massa acompanhada por transformações bioquímicas no material, é considerada uma das operações mais complexas, devido a dificuldade de descrever os fenômenos envolvidos (BROD, 2003; MUJUMDAR & LAW, 2010)

Com base nos mecanismos de transferência de calor, a secagem é classificada em direta (convecção), indireta ou contato (condução), radiante (radiação) e secagem dielétrica ou microondas (radiofrequência) caracterizadas por uma cinética ao longo do tempo, compreendida por três períodos, onde são analisadas as curvas de evolução do teor de água do material, de sua temperatura e da velocidade do ar de secagem. Dentre estas, a mais comum é a secagem convectiva, correspondendo a mais de 85% dos secadores industriais, podendo ser natural ou forçada, onde o calor sensível é transferido para o material seco através do ar pré-aquecido, que passa pelo o sólido, evaporando a água (PARK et al., 2007; SAHNI e CHAUDHURI, 2012).

O processo de secagem de alimentos é uma das práticas mais antigas de conservação, mas industrialmente só foi adotada a partir da metade do século XX (GREENSMITH, 1998). É considerada o mais intenso processo de energia do grande processo industrial.

É uma operação que apresenta diversas vantagens tais como a redução dos custos industriais como transporte, embalagem e estocagem, além de proporcionar ao mercado consumidor, alimentos fora do seu período de safra com vida de prateleira longa, como é o caso das frutas secas. Devido a isto, o interesse da classe científica em pesquisar mecanismos que visem otimizar processos de secagem para uma melhor eficiência energética e assim favorecer o desenvolvimento sustentável para a perspectiva global de energia (KUDRA, 2004; KUMAR et al., 2014).

Dentre os diversos processos de secagem existentes na literatura, os processos aplicados em matérias-primas de origem vegetal podem ser enquadrados em dois grupos: secagem natural ou ao sol e artificial ou desidratação, entre estes tem-se vários como por exemplo, secagem por atomização (spray drier), em leito de jorro, em estufas, em camada de espuma e liofilização (BAG et al. 2011).

Com a coleta dos dados durante o processo de perda de água realizado é possível entender o processo de secagem desse produto. Uma das maneiras de se obter o teor de água de um determinado material é através das isotermas de sorção (PAGLARINI et al., 2013).

As isotermas de sorção são representações gráficas que descrevem, em um teor de água específico, a relação de equilíbrio de uma quantidade de água sorvida por componentes do produto e a pressão de vapor ou umidade relativa, a uma dada temperatura. Esta relação é complexa e depende da composição química do produto (PARK & NOGUEIRA, 1992).

A partir das isotermas de sorção é possível o conhecimento do comportamento do produto ao longo do processo e a estimativa do tempo de secagem, uma vez que a modelagem do processo é de grande importância para o desenvolvimento e a otimização dos secadores, além de possibilitar a padronização do processo (LUIZ, 2012).

Vários modelos matemáticos podem ser utilizados para descrever o processo de secagem e ajudar na sua otimização, seja na descoberta das melhores condições de obtenção de um produto ou auxiliando na projeção de equipamentos (LUIZ, 2012), correlacionando os dados experimentais das isotermas de sorção obtidos. De acordo com Akipinar (2006) os modelos existentes devem ser testados para cada produto e para as condições de secagem específicas, dentre os modelos podemos citar como os mais utilizados na literatura científica: Lei de Fick (teórica), Page (semi tórica), Cavalcanti Mata (semi tórica), Henderson e Pabis (semi empírica), Lewis (semi empírica) e Midilli et al. (empírica).

2.10 Aproveitamento dos resíduos sólidos para obtenção de farinha

O termo "resíduos alimentares" se refere aos resíduos orgânicos originados do preparo da alimentação humana, seja ele na cozinha da residência ou em qualquer outro tipo de estabelecimento (VIANA et al., 2006).

Segundo Demajorivic (1995) resíduos sólidos se diferenciam do termo lixo porque, enquanto este último não possui nenhum tipo de valor já que é aquilo que deve ser apenas descartado, aqueles possuem valor econômico agregado por possibilitarem reaproveitamento no próprio processo produtivo.

A produção industrial, seja ela de pequeno ou grande porte tem, como consequência, a produção de resíduos sólidos, o que acarreta em muitas responsabilidades e constitui um dos problemas mais sérios da atualidade, por se encontrar associada diretamente à qualidade ambiental e à saúde pública. Apesar da complexidade das questões, existem várias alternativas de destinação correta e reaproveitamento dos materiais (DE SALES et al., 2015).

Os resíduos podem conter muitas substâncias de alto valor. Segundo Laufenberg, et al. (2003) se for empregada uma tecnologia adequada, este material pode ser convertido em produtos comerciais ou matérias-primas para processos secundários. Os resíduos são transformados em farinhas que, posteriormente, são caracterizadas e utilizadas em formulações de alimentos.

A indústria de alimentos produz uma série de resíduos com alto valor de utilização. Inúmeros estudos utilizando-se resíduos industriais do processamento de alimentos têm sido realizados com o objetivo de seu aproveitamento. A forma mais convencional é na transformação desses resíduos em farinhas para agregar valor nutricional e funcional (PELIZER, PONTIERI, MORAES, 2007).

O termo “alimento funcional” é utilizado para determinado alimento, se for demonstrado que o mesmo pode afetar benéficamente uma ou mais funções-alvo no corpo, além de possuir efeitos nutricionais adequados, de maneira que seja tanto relevante para o bem-estar e à saúde quanto para a redução do risco de uma doença (ROBERFROID, 2002). Não são considerados medicamentos pois os princípios responsáveis pelos efeitos benéficos não são extraídos do alimento (COSTA & TUPINAMBÁ, 2005).

Em geral, farinhas obtidas de resíduos agroindustriais possuem grande quantidade de fibras. As fibras alimentares são consideradas componentes funcionais devido à importância da sua presença na alimentação de pacientes com dietas enterais. Dentre as aplicações na nutrição clínica, citam-se o gerenciamento da função do intestino, a intensificação de sua integridade e a função absorptiva, a manutenção da barreira intestinal, a normalização da microflora intestinal, redução nos níveis de pressão arterial, diminuição do apetite e redução no risco de doenças coronárias (BAXTER, et al., 2000; CATALANI, et al., 2003; BERNAUD & RODRIGUES, 2013).

A utilização de resíduos em alimentos, particularmente em produtos de panificação, é bastante estudada nos últimos anos. Dentre os produtos de panificação os bolos se destacam com grande participação na mesa do consumidor. Na indústria e no comércio de bolos os desafios consistem na redução de custos, no aumento da prateleira vida e no controle de qualidade do produto. Na pesquisa o desafio é obter produtos com uso de ingredientes com alto valor nutritivo e agregar valor a subprodutos na indústria de alimentos possibilitando a mudança de produção pequena para grande escala (MOSCATTO, PRUDENCIO-FERREIRA & HAULY, 2004, WILDERJANS et al., 2013).

Definir de forma objetiva o que seria bolo, é difícil devido às diferentes definições atribuídas por diversas partes do mundo que vão desde os ingredientes principais até os tipos de bolo existentes. Essencialmente, os bolos são produtos à base de farinha, açúcar, ovos, gordura e fermento, não sendo regra sua utilização podendo, assim, ser substituído ou retirado da formulação. Eles são relativamente densos com miolo macio e sabor doce e possuem teor de água final variando entre 20% e 40% sendo, assim, inferiores aos de pão mas maiores do que os dos biscoitos (EL-DASH & CAMARGO, 1982; BENNION & BAMFORD, 1997; WILDERJANS et al., 2013).

No cenário atual a consciência para a ingestão de refeições balanceadas como forma de prevenção e para o tratamento de problemas de saúde oriundos de hábitos alimentares inadequados vem sendo reportada em vários estudos (SOARES et al., 2014; THOMAS & FRANZ, 2015). No universo da panificação, dentre os ingredientes mais usuais a gordura, a farinha e o açúcar vêm, recentemente, recebendo atenção nos estudos para reduzi-los ou substituí-los nas formulações (EL-DASH & CAMARGO, 1982; WILDERJANS et al., 2013), por ingredientes que agregam valor nutricional e funcional como as fibras e outros constituintes importantes a alimentação humana, melhorando o funcionamento do organismo e atuando na prevenção de diversas patologias (GUIMARÃES et al., 2010; AMORIM, 2014).

Além do valor nutricional, os estudos de análises sensoriais reportam a viabilidade da produção desses produtos (AMORIM, 2014). Farinhas residuais utilizadas em produtos de panificação, tais como farinha da entrecasca da melancia em bolos (GUIMARÃES et al., (2010), farinha residual de algaroba em pães de forma (SILVA, 2009), farinhas de bagaço de maçã e laranja em pães de mel (MACAGNAN et al., 2014), farelo de mandioca em pães de forma (CASTIGLIONI et al., 2014) e farinha da casca do maracujá em bolos (MIRANDA et al., (2013), obtiveram escores satisfatórios em avaliações sensoriais para os produtos elaborados em relação aos produtos convencionais, agregando valor aos resíduos, contribuindo para a redução de impactos ambientais favorecidos por resíduos agroindustriais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia de Alimentos - LEA, da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, em parceria com os Laboratórios de Bioquímica de Alimentos do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos PPGCTA/UFPB; Laboratório de Engenharia de Alimentos LEA do DEA/CT/UFPB; Laboratórios de Tecnologia de Alimentos do CTDR/UFPB; Laboratórios de Produtos Fermento Destilados e de Biotecnologia e Certificação de Qualidade de Cachaça de Alambique do DEQ/CT/UFPB e com o Laboratório de Combustíveis e Materiais LACOM/DQ/CCEN. Foi utilizada, também, a parceria existente com as usinas de produção de açúcares (Usina São João e Monte Alegre), situadas no litoral do estado da Paraíba. O fluxograma das etapas desenvolvidas neste trabalho está na Figura 3.1, abaixo.

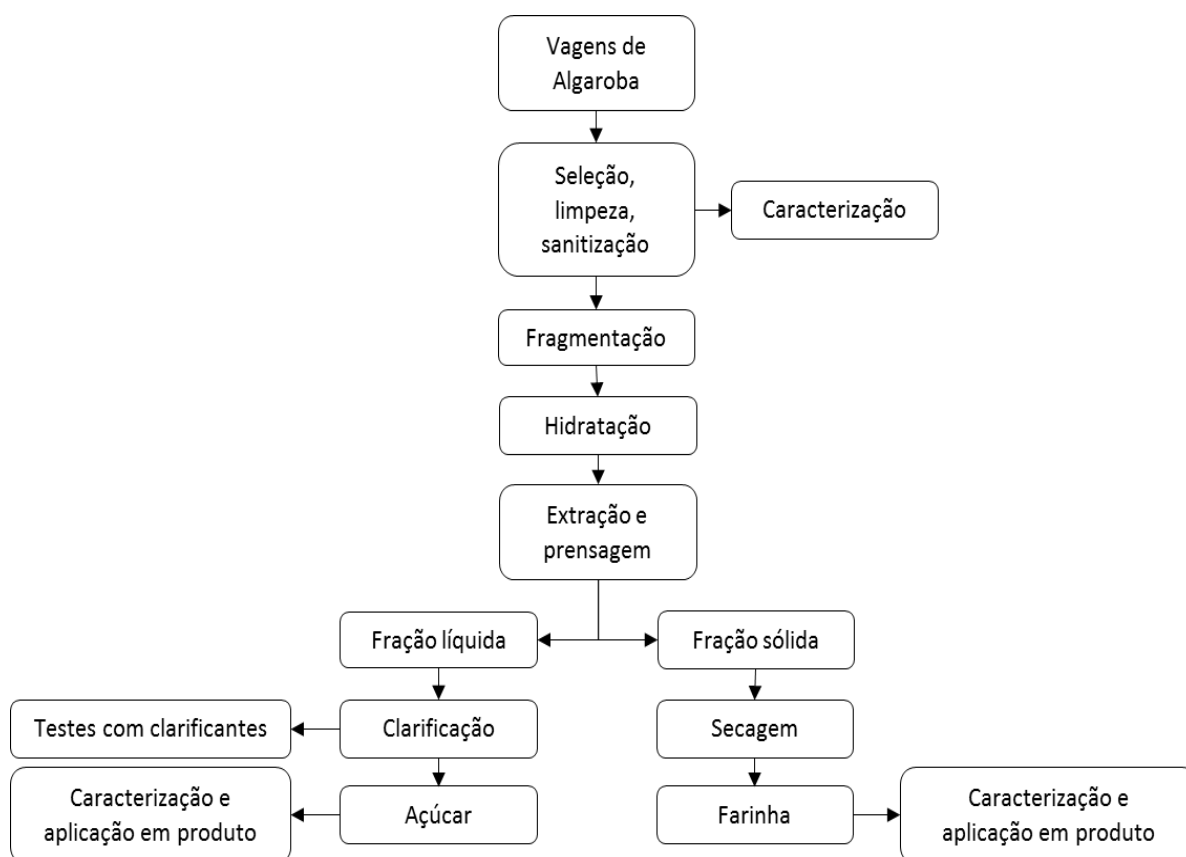


Figura 3.1 - Fluxograma do processo desenvolvido na pesquisa

3.2 Obtenção do açúcar líquido de algaroba

3.2.1 Matéria-prima

As vagens maduras da algarobeira (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) utilizadas foram adquiridas nos municípios de Serra Branca, Sumé, São João do Cariri, Livramento e Boa Vista, situadas na região semiárida do estado da Paraíba.

3.2.2 Seleção e limpeza

As vagens coletadas foram selecionadas descartando-se as que estavam danificadas e que apresentavam ataques por insetos, fungos e roedores; também foram descartados outros interferentes tais como galhos, pedras e areia.

3.2.3 Caracterização da matéria-prima

3.2.3.1 Caracterização física

As análises físicas foram realizadas com vinte vagens escolhidas aleatoriamente com a realização de duas medidas em pontos distintos em cada fruto.

Dimensões

O comprimento, a largura e a espessura das vagens foram determinados com auxílio de um paquímetro da marca Mitutoyo com precisão de 0,1 mm e os resultados expressos em milímetros (mm).

Massa úmida

A massa úmida foi determinada por pesagem individual de cada fruto em balança semianalítica e os resultados expressos em gramas (g).

Cor

Os parâmetros de cor foram determinados com o auxílio do colorímetro, o qual expressa a cor em parâmetros: L^* (corresponde à claridade ou luminosidade); a^* (define a transição da cor verde ($-a^*$) para a cor vermelha ($+a^*$) e b^* (representa a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$), e quanto mais distante do centro (0), mais saturada é a cor.

3.2.3.2 Caracterização química

As análises químicas foram realizadas em triplicata a fim de evitar erros de instrumentação e manipulação.

Composição centesimal

A determinação do teor de água foi realizada por gravimetria após secagem total da amostra em estufa regulada a 105°C por 24 horas. As cinzas foram determinadas por gravimetria após incineração do material em mufla a 550°C. O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método micro Kjeldahl, utilizando-se fator de multiplicação de 6,25 para sua transformação em proteína (BRASIL, 2008). O extrato etéreo foi extraído e quantificado com base no método de Bligh & Dyer (1959). Os resultados de cinzas, proteínas e extrato etéreo, foram expressos em base seca.

A quantidade de carboidrato total e o valor calórico das vagens de algaroba foram obtidos através das equações 3.1 e 3.2 (CREPALDI et al., 2001).

$$C \text{ (g/100g)} = 100 - [\text{teor de água} + \text{cinzas} + \text{extrato etéreo} + \text{proteína}] \quad (3.1)$$

$$\text{Energia (kcal.100 g}^{-1}\text{)} = [4 (\text{proteína} + \text{carboidrato}) + 9 (\text{extrato etéreo})] \quad (3.2)$$

Açúcares Redutores e Totais

Os açúcares redutores (AR) foram determinados Segundo Miller (1959) utilizando-se o ácido 3,5 – dinitrossalicílico. Na determinação dos açúcares redutores totais (ART) fez-se necessário fazer, inicialmente, a inversão da sacarose da amostra diluída e posteriormente seguir

o método de DNS. A quantificação dos açúcares não redutores foi realizada por diferença entre a quantidade total de açúcares e os açúcares redutores.

Acidez titulável

Foi determinada segundo metodologia descrita na AOAC (2005) mediante titulação com NaOH a 0,1 N, sendo expressa em porcentagem.

3.2.3.3 Caracterização físico-química

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata a fim de evitar erros de instrumentação e manipulação.

Sólidos Solúveis

Foram determinados por refratometria manual utilizando-se um refratômetro de campo da marca ATAGO n° 01, com escala 0 a 32°Brix de acordo com metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008).

pH

O índice de pH foi obtido por potenciômetro, calibrado com tampões de pH 7,0 e pH 4,0, segundo a metodologia descrita pela AOAC (2005).

Razão: Sólidos solúveis e acidez titulável

Foram obtidos mediante divisão dos índices de sólidos solúveis por acidez titulável.

3.2.3.4 Determinação dos fatores antinutricionais

Ácido Fítico

Para determinação do teor de ácido fítico, inicialmente as amostras foram desengorduradas com éter de petróleo e lavadas com ácido clorídrico a 2,4% em triplicata. O extrato obtido foi adicionado de 2,9 mL de água destilada e 1 mL do reagente de Wade recentemente preparado (0,03% $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ + 0,3% de ácido sulfossalicílico) em um tubo de Falcon de 15 mL, sendo em seguida centrifugados a 5500 rpm, a 10°C por 10 min. A curva analítica foi construída (0 a 100 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de ácido fítico), preparada pela diluição de 20 mg/mL de solução mãe de ácido fítico com água destilada. A leitura das amostras e padrões foram realizadas em espectrofotômetro UV-vis (modelo UV-2550, Shimadzu) a 500 nm, utilizando água destilada como branco. Os resultados foram expressos em g de ácido fítico por 100 g de amostra seca (XU; CHANG, 2009).

Taninos

A determinação dos taninos foi realizada segundo o método da AOAC (2005), por espectrofotometria, baseado na redução do fosfotungstomolibidico (Folin-Dennis). Pesou-se 5g da amostra em 400 mL água deionizada e levou-se ao aquecimento durante 30 min. Após resfriamento, transferiu para balão volumétrico de 500 mL e completou-se o volume para depois filtrar e retirar uma alíquota de 5 mL, adicionado 5 mL do reagente de Folin-Dennis e 10 mL de solução de carbonato de sódio saturada. Os resultados foram quantificados após 30 min de revelação da cor, e submetidas à leitura em espectrofotômetro a 760 nm. Foi utilizada uma curva padrão de ácido tânico de grau analítico. Os resultados foram expressos em g de ácido tânico por 100 g de amostra seca.

3.2.3.5 Obtenção do extrato

Foi obtido o extrato aquoso/etanólico da vagem com a finalidade de se caracterizar quanto ao teor de fenólicos e quanto a atividade antioxidante.

O extrato foi obtido a partir de 10 g de vagem misturado a 100 mL de uma solução de água deionizada e etanol na proporção 1:1 e homogeneizada em incubadora TE – 420 a

temperatura média de 28°C, sob agitação por 4 h a 200 rpm. Em seguida foi submetido a centrifugação a 15000 rpm por 15 minutos, sendo o sobrenadante filtrado à vácuo e seco em estufa de circulação de ar a 40°C por até 24 horas.

3.2.3.6 Determinação do conteúdo de fenólicos totais

A análise dos teores de fenólicos totais nos extratos aquoso/etanólico da vagem foi realizada, em triplicata, pelo método espectrofotométrico, utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu (SINGLETON E ROSSI, 1965), com modificações. Inicialmente, uma alíquota de 300 µL do extrato produzido, foi transferida para tubos de ensaio os quais foram adicionadas 60 µL do reagente Folin-Ciocalteu juntamente com uma alíquota de 2460 µL de água destilada e agitada por 60 segundos. Em seguida foi adicionado uma alíquota de 180 µL solução de Na₂CO₃ a 15% e agitada novamente por mais 30 segundos. A mistura reacional foi deixada em repouso, 30 minutos, a temperatura de 45°C, na ausência de luz. A leitura da absorbância a 760 nm foi registrada empregando-se um espectrofotômetro UV-*vis* da Shimadzu, modelo UV-2550. Uma curva padrão com ácido gálico nas concentrações de 1; 2,5; 5; 10; 15 e 20 µg/mL foi obtida nas mesmas condições. Os resultados foram expressos em mg de EAG (equivalente de ác.gálico) por 100g de matéria seca (mg EAG.g⁻¹de matéria seca).

3.2.3.7 Estudo cromatográfico dos compostos fenólicos

Foi utilizado Cromatografia líquida de alta eficiência de fase reversa para analisar os compostos fenólicos, usando o módulo de separação (LC-20 AT, *Shimadzu Corporation*, Japão) equipado com uma coluna C18 (SUPELCOSIL™ LC-PAH HPLC Column, 250 x 4,6 mm, tamanho de partícula 5 µm, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA) e um detector UV-VISÍVEL (Rheodyne, EUA). As amostras foram eluídas em um sistema gradiente que consiste nas seguintes fases móveis: solvente A (2% de ácido acético, v/v) e solvente B (acetonitrila: metanol, 2:1, v/v), em fluxo constante de 1 mL / min. A temperatura da coluna foi mantida a 40 °C, volume de injeção foi de 20 µL e leitura em 280 nm (PRASAD et al., 2009).

3.2.4 Fragmentação

Após sanitizadas as vagens foram fragmentadas manualmente partindo-se as vagens em tamanhos de 1,5 cm ±0,5 com a finalidade de aumentar a área de contato entre a água e as

vagens de algaroba facilitando assim extração dos açúcares que se encontravam no interior das vagens.

3.2.5 Hidratação

As vagens já fragmentadas foram submetidas a hidratação na proporção 1:2 m/v (1 kg de vagem para 2 litros de água) na temperatura de $60 \pm 5^\circ\text{C}$. Após três horas em repouso a mistura (água + vagem) foi submetida a prensagem, seguida de uma reidratação com a água resultante da primeira prensagem com a finalidade de remover os açúcares remanescentes nas vagens (SILVA, 2009).

3.2.6 Extração e prensagem

As vagens fragmentadas e hidratadas foram prensadas utilizando-se um sistema de prensa hidráulica manual e se aplicando uma força de 15 toneladas composta de um cilindro em aço inox perfurado, medindo 36 cm de altura x 26 cm de diâmetro interno, conforme observado na Figura 3.2. O caldo foi coletado em um balde previamente sanitizado e a torta (vagens prensadas) foi retirada para posterior secagem e obtenção da farinha do resíduo.



Figura 3.2 - Prensa hidráulica manual utilizada para extração do caldo das vagens de algaroba

Fonte: Foto de própria autoria

3.2.7 Filtração

A fração líquida foi submetida a uma filtração em peneira de Nylon fina, para se retirar os sólidos em suspensão, homogeneizados e distribuídos em recipientes plásticos com capacidade de 500 mL e armazenados em freezer em temperatura média de -15°C.

3.2.8 Clarificação do caldo bruto

O caldo bruto foi submetido a três testes de clarificação visando retirar impurezas e substâncias que interferem na cor e na turbidez. Foram utilizadas as principais substâncias aplicadas em clarificação de caldo de cana-de-açúcar, que são o óxido de cálcio (CaO), o ácido fosfórico de grau alimentício e o polímero aniônico, combinados com mudanças de temperatura e pH. Os testes foram adaptados da metodologia de Garcia & Carlixto (2000).

Teste 1- Caleagem e polímero aniônico

No caldo bruto de algaroba foi realizada a correção do pH para pH 7,0 com leite de cal (solução de água e óxido de cálcio) a 7,5% e submetido à temperatura de 60°C permanecendo nesta temperatura por 10 minutos; em seguida, foi adicionada, ao caldo caleado, uma solução de polímero aniônico da marca Eng Flok® 0,1% na proporção de 1mL de polímero para cada 150 mL de caldo. O caldo ficou em repouso para decantação e posteriormente foi filtrado e armazenado para análise.

Teste 2 – Caleagem, ácido fosfórico

No caldo bruto de algaroba foi adicionado ácido fosfórico na proporção de 1:75 e em seguida corrigido seu pH para 7,0 com leite de CaO a 7,5%; em sequência, o caldo foi submetido à temperatura de 60°C e permaneceu nesta temperatura durante 10 minutos. O caldo ficou em repouso para decantação e posteriormente foi filtrado e armazenado para análise.

Teste 3 – Ácido fosfórico, caleagem e polímero aniônico a 60°C

Ao caldo bruto de algaroba foi adicionado ácido fosfórico concentrado na proporção de 1:75 para ácido:caldo. O pH foi corrigido com leite de cal a 7,5% para 7,0; em seguida, o caldo

foi submetido à temperatura de 60°C, por 10 minutos; por fim, foi adicionada ao caldo, uma solução de polímero aniônico da marca Eng Flok® 0,1% na proporção de 1:150 para polímero:caldo. O caldo ficou em repouso para decantação e posteriormente foi filtrado e armazenado para análise.

3.2.8.1 Análises dos caldos bruto e clarificados

No caldo clarificado foram realizadas análises para quantificar a diferença dos parâmetros em relação ao caldo bruto. Os parâmetros analisados foram: acidez titulável, pH, cinzas, sólidos solúveis totais e turbidez segundo os métodos recomendados pela ICUMSA – *International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis* (2004).

Os minerais presentes no caldo bruto foram quantificados a partir das cinzas, através de um espectrômetro de fluorescência de raios-X por energia dispersiva, do modelo Shimadzu EDX-720.

A cor do caldo foi determinada em colorímetro Color Quest XE (Hunter Lab, Estados Unidos) segundo a metodologia utilizada para as vagens de algaroba *in natura*, descrita no item 3.2.3.1 deste trabalho e para verificar diferença entre as amostras em relação à cor determinou-se ΔE^* obtido pela equação 3.3 abaixo:

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (3.3)$$

Em que ΔL^* , Δa^* e Δb^* são obtidos através da diferença entre a leitura b^* da amostra antes e depois do tratamento (MINOLTA, 1994).

A determinação de açúcares redutores e totais foi realizada segundo a metodologia utilizada para as vagens de algaroba *in natura* descrita no item 3.2.3.2 deste trabalho (MILLER, 1959).

A determinação dos taninos foi realizada segundo o método da AOAC (2005), por espectrofotometria, baseado na redução do fosfotungstomolibidico (Folin-Dennis).

O caldo que obteve o menor resultado para taninos e a menor perda de açúcares redutores totais após os testes descritos no item 3.2.8, foi submetido à otimização do processo de obtenção do açúcar líquido.

3.2.9 Concentração do caldo para obtenção do açúcar líquido

A concentração do caldo filtrado consiste na evaporação da água diminuindo gradativamente o volume do líquido cada vez mais denso, até chegar na faixa entre 65 e 75°Brix. Para obtenção do açúcar de algaroba foi escolhido o caldo que obteve os melhores resultados nos testes com clarificantes.

O caldo clarificado e filtrado foi concentrado no evaporador rotativo Solab SL126 (Figura 3.3) sob vácuo no balão submerso em banho maria com temperatura previamente ajustada e definida no planejamento experimental, no qual permaneceu até a obtenção do produto na concentração desejada de 70° Brix.



Figura 3.3 – Obtenção do açúcar líquido de algaroba utilizando-se o evaporador rotativo

Fonte: Foto de própria autoria

3.2.10 Otimização do processo de obtenção do açúcar líquido de algaroba

Com o objetivo de otimizar o processo de obtenção do açúcar líquido de algaroba foram realizados um planejamento experimental fatorial e a análise de variância para avaliar os efeitos das variáveis, temperatura e pH e a influência dessas variáveis nos níveis de taninos e açúcares redutores totais (ART) no produto final. Foi aplicado, para tal, o planejamento experimental 2^2 , com três repetições no ponto central totalizando sete ensaios.

Na Tabela 3.1 se encontra a matriz de planejamento com seus níveis reais e codificados das variáveis de entrada: Temperatura (60, 65 e 70°C) e pH (6, 6,5 e 7) criada para avaliar a influência dessas variáveis sobre o percentual de taninos e ART. Para cada variável de entrada foram fixados dois números de níveis, um nível inferior (-), um superior (+) e um ponto central

(0) que é a média algébrica dos níveis inferior e superior. A escolha dos níveis reais para as variáveis de entrada baseou-se em ensaios preliminares. Para todos os ensaios foi determinado o rendimento de obtenção do produto final a partir do volume de caldo utilizado para o processo.

Tabela 3.1 - Matriz de planejamento fatorial $2^2 + 3$ pontos centrais, da obtenção do açúcar líquido de algaroba

Ensaio	Variáveis codificadas		Variáveis reais	
	T	pH	T (°C)	pH
1	-1	-1	60	6,0
2	+1	-1	70	6,0
3	-1	+1	60	7,0
4	+1	+1	70	7,0
5	0	0	65	6,5
6	0	0	65	6,5
7	0	0	65	6,5

3.2.11 Caracterização do açúcar líquido de algaroba

3.2.11.1 Análises químicas e físico-químicas do açúcar líquido

No açúcar líquido foram realizadas as análises de teor de água, cinzas, açúcar redutor, açúcar redutor total, Brix, cor e taninos, de acordo com a metodologia descrita para caldo no, item 3.3.5.3.

3.2.11.2 Comportamento reológico do açúcar líquido de algaroba

O comportamento reológico foi determinado a partir de leituras de viscosidade aparente, torque, tensão de cisalhamento e taxa de deformação em viscosímetro da marca Brookfield, modelo LV – DVII, fabricado por Brookfield Engineering Laboratories, Inc., E.U.A, utilizando-se um Spindle nº25, nas temperaturas de 0, 6, 11, 16, 21 e 26°C, nas velocidades de rotação de 10, 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180 e 200 rpm, com leituras realizadas após transcorridos os primeiros 15 segundos de cisalhamento.

Modelos reológicos

Os dados experimentais obtidos de tensão de cisalhamento e da taxa de deformação, foram ajustados pelos modelos reológicos de Casson, Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk e Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), apresentados na Tabela 3.2, a seguir. Os coeficientes dessas equações foram obtidos mediante a realização de uma análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, utilizando-se o programa computacional Statistica versão 10.0®.

Como parâmetro de avaliação do melhor modelo que se ajustou aos dados experimentais, utilizaram-se o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrado médio (DQM), calculados por meio da equação 3.4.

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum(RX_{exp} - RX_{pre})^2}{N}} \quad (3.4)$$

Em que:

RX_{exp} = razão de água obtida experimentalmente;

RX_{pre} = razão de água predita pelo modelo matemático;

N = número de observações ao longo do experimento.

Tabela 3.2 - Modelos matemáticos utilizados para representação dos dados reológicos do açúcar líquido de algaroba a 70°Brix

Equação	Modelo
$\tau^{1/2} = K_{oc} + K_c \dot{\gamma}^{1/2}$	Casson
$\tau - \tau_{oh} = K_h \dot{\gamma}^{n_h}$	Herschel-Bulkley
$\tau^{1/2} = K_{om} + K_m \dot{\gamma}^{n_m}$	Mizrahi-Berk
$\tau = K_p \cdot (\dot{\gamma})^{n_p}$	Ostwald-de-Waelle (Lei da potência)

Onde: τ - tensão de cisalhamento (Pa); $\dot{\gamma}$ - taxa de deformação (s^{-1}); K_c , K_h , K_m e K_p são os índices de consistência; K_{oc} , K_{oh} e K_{om} são constantes dos modelos e n_h , n_m e n_p são os índices de comportamento reológico

3.2.11.3 Análise sensorial do açúcar líquido de algaroba

A análise sensorial do açúcar líquido de algaroba foi realizada substituindo-se parcialmente o açúcar convencional pelo produto obtido na formulação de bolo. Para facilitar a forma de apresentação das amostras submetidas ao teste de aceitação sensorial, optou-se em elaborar os bolos em porções individuais, também denominados por cupcake.

Os cupcakes formulados com açúcar líquido de algaroba foram codificados, A1 (cupcakes somente com açúcar demerara convencional), A2 (cupcakes com substituição de 10% açúcar demerara por açúcar líquido de algaroba) e A3 (cupcakes com substituição de 20% açúcar demerara por açúcar líquido de algaroba). Os ingredientes utilizados para elaboração dos bolo tipo cupcake elaborados com e sem adição de açúcar de algaroba, estão dispostos na Tabela 3.3.

O processo de elaboração dos bolos consistiu, inicialmente, na mistura em velocidade 8 durante 3 minutos dos ingredientes: ovo, margarina e açúcar, com auxílio da batedeira planetária (Arno). Posteriormente foram adicionados a farinha, o leite em pó, água e fermento químico seco e misturados delicadamente, utilizando-se o batedor fuet. A massa do bolo foi dividida em porções de 15g e colocados em forma de papel manteiga para bolo tipo cupcake; em seguida, a massa foi assada em forno pré-aquecido (15 minutos/180°C) por 30 minutos.

Tabela 3.3 - Formulações de bolo tipo cupcake elaborado com e sem adição do açúcar líquido de algaroba

Ingredientes (%)	A1	A2	A3
Farinha de trigo convencional	100	100	100
Açúcar demerara	90	81	72
Açúcar de algaroba	0	9	18
Margarina	73	73	73
Ovo	45	45	45
Leite em pó	4,5	4,5	4,5
Água	65	65	65
Fermento químico seco	3	3	3

A1, A2 e A3: Referem-se às formulações sem adição de açúcar líquido de algaroba, com adição 10 e 20% de açúcar líquido de algaroba, respectivamente. A quantidade de água utilizada em cada formulação foi diferente e proporcional à capacidade de absorção de água pela mistura de farinhas, sendo suficiente para homogeneização e manutenção da mesma viscosidade entre as massas cruas. Porcentagem dos ingredientes em relação a 100% do peso total da farinha

Testes de aceitação e de intenção de consumo

Os bolos elaborados foram submetidos, 1 hora após o processamento, aos testes sensoriais de aceitação por escala hedônica (165/IV) e de intenção de consumo (167/IV), de acordo com a metodologia recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz – IAL (BRASIL, 2008).

Os testes sensoriais foram conduzidos com 60 provadores, não treinados, de ambos os gêneros, e as amostras foram servidas de forma monádica, em forminhas descartáveis próprias

para cupcake, codificados com três dígitos aleatórios, acompanhadas de ficha de avaliação, Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo B) e um copo com água mineral (FARIA; YOTSUYANAGI, 2002).

Os provadores foram orientados a fazer uso da água entre uma amostra e outra. As amostras foram avaliadas quanto aos atributos: aparência, aroma, sabor, cor, textura e aceitação global, utilizando-se uma escala hedônica de 9 pontos, com escores variando de 9 (gostei extremamente) até 1 (desgostei extremamente), conforme descrito na ficha de avaliação sensorial (Anexo A). O critério adotado para aceitação dos cupcakes foi a obtenção de médias iguais ou superiores a 6,0 (BÁRCENAS; ROSELL, 2006).

Para a avaliação da intenção de consumo os provadores utilizaram uma escala de pontos com escores variando de 5 (consumiria) até 1 (jamais consumiria).

Como a pesquisa envolve seres humanos, o teste foi realizado com aprovação prévia do Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos, para atender às exigências éticas e científicas dispostas na Resolução 196, de 10 de outubro de 1996 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 1996).

Índice de aceitabilidade

O índice de aceitabilidade foi determinado com base nos dados obtidos no teste de aceitação por escala hedônica. Considerando-se o escore máximo alcançado por cada produto analisado como 100%, este índice foi o escore médio das notas atribuídas pelos provadores na escala hedônica, em percentual. Um produto com índice de aceitabilidade igual ou maior que 70% é considerado aceito pelos provadores (TEIXEIRA et al, 1987).

3.2.11.4 Avaliação microbiológica dos bolos tipo cupcake

As análises microbiológicas dos cupcakes foram realizadas no Laboratório de Microbiologia – CTDR/UFPB. As determinações, foram quanto à presença de *Coliformes* a 45°C, *Estafilococos coagulase-positiva*, *Salmonella sp* e *B. cereus*, segundo o item 18 A, da RDC nº 12 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001). As análises seguiram as técnicas descritas pela metodologia proposta pela Instrução Normativa 62 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2003).

3.2.11.5 Caracterização dos bolos tipo cupcakes fabricados com açúcar líquido de algaroba

As análises físicas de cor e textura foram realizadas com cinco amostras escolhidas aleatoriamente.

As análises de teor de água e atividade de água foram realizadas em triplicata a fim de evitar erros de instrumentação e manipulação.

Textura

Para avaliação da textura dos cupcakes utilizou-se o Texturômetro CT3 Texture Analyser Brookfield, com probe cilíndrico de acrílico com 38 mm de diâmetro e 20 mm de altura conectado a uma haste longa de metal. Foram realizadas as medidas no centro de cada bolo em temperatura ambiente, nas seguintes condições: velocidade pré-teste 2,0 mm/s, velocidade do teste 1,7 mm/s, velocidade pós-teste 1,0 mm/s, distância 25% e força de 0,10 N conforme ilustra a Figura 3.4. Foram avaliados os seguintes parâmetros de textura: dureza, medida em Newton (N), coesividade, elasticidade, adesividade (Ns) e gomosidade (N) (ESTELLER et al., 2006).



Figura 3.4 - Análise de textura nos cupcakes

Fonte: Foto de própria autoria

Cor

A cor dos cupcakes (crosta e miolo) foi determinada por meio do sistema de leitura de três parâmetros L^* , a^* e b^* fornecidos pelo colorímetro Color Quest XE (Hunter Lab, Estados Unidos).

Teor de água e atividade de água

A metodologia para determinação do teor de água foi a mesma utilizada para as vagens *in natura* e estão descritas no item 3.2.3.2 deste trabalho.

A atividade de água (A_w) foi realizada com auxílio do equipamento Aqualab, com infravermelho, seguindo as recomendações da AOAC (2005).

3.3. Obtenção da farinha do resíduo de algaroba

3.3.1 Cinética de secagem do resíduo sólido

A secagem do resíduo foi realizada em uma estufa com circulação de ar instalada no Laboratório de Engenharia de Alimentos na UFCG, utilizando-se o método de camadas finas com a finalidade de estudar o comportamento do resíduo em diferentes temperaturas, preservando as características originais da matéria-prima.

Durante o processo de secagem foi monitorado a perda de massa através de pesagens periódicas com intervalos de 5, 10, 15, 20, 30 e 60 min, até peso constante. O teor de água inicial foi determinado pelo método padrão da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por período de 24 h, de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008).

As temperaturas de secagem foram de 40°C , 50°C e 60°C com três repetições. No início do experimento os intervalos entre as pesagens foram de 5 minutos e no término foi de uma hora. O término da secagem foi atingindo quando houve repetição da massa na pesagem entre duas pesagens consecutivas. Por fim, foi retirada uma pequena amostra de cada bandeja para determinação do teor de água final da amostra seca, conforme metodologia descrita por Brasil (2005).

A determinação da cinética de secagem foi realizada submetendo-se os dados experimentais expressos na forma de razão de teor de água (RX) calculados pela equação 3.5 e aplicados nos modelos matemáticos descritos na Tabela 3.4, a seguir.

$$RX = \frac{X - X_e}{X_o - X_e} \quad (3.5)$$

Em que:

RX = razão de teor de água (adimensional);

X_e = Teor de água de equilíbrio (base seca):

X = Teor de água (base seca);

X_o = Teor de água inicial (base seca).

Tabela 3.4 - Modelos de equações testados com os resultados da secagem a 40, 50 e 60°C

Equação	Referências
$RX = \exp(k t^n)$	Page
$RX = A_1 \exp(-k_1 t^{N_1}) + A_2 \exp(-k_2 t^{N_2}) + A_3$	Cavalcanti Mata
$RX = A \exp(k t)$	Henderson e Pabis
$RX = A \exp(-k t^n + B t)$	Midilli et al.

Onde: RX = Razão de teor de água (adimensional); $K, A, A_1, A_2, A_3, B, C, D, N_1, N_2, k_1$ = parâmetros que dependem da natureza do produto; t = tempo (min)

Obtiveram-se os coeficientes dessas equações mediante o ajuste dos dados experimentais realizando-se uma análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton e se utilizando o programa computacional Statistica versão 10.0®. Estimaram-se valores dos parâmetros em função da variável independente temperatura do ar de secagem e teor de água de equilíbrio da amostra. Como parâmetro de avaliação do melhor modelo que se ajustou aos dados experimentais foram utilizados o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrado médio (DQM), calculados por meio da equação 3.4 descrita no item 3.2.11.2.

3.3.2 Moagem

As farinhas obtidas nas secagens foram moídas no micro moinho de facas tipo hélice marca Biofoco Modelo BF2 MMH 27000 (Figura 3.5) de capacidade 360 cm³ e rotação de até 27000 rpm, até o material ficar visivelmente uniforme para posterior peneiramento.



Figura 3.5 - Micro moinho utilizado para trituração do resíduo seco de algaroba

Fonte: Foto de própria autoria

3.3.3 Peneiramento

As farinhas moídas foram submetidas ao peneiramento com peneiras da série de Tyler da marca Granutest[®]. Uma mostra de 100g foi agitada durante 10 minutos, na vibração média e as frações obtidas anotadas. Foram utilizadas as peneiras de abertura 0,841 mm (20mesh), 0,500 mm (35mesh), 0,250 mm (60mesh), 0,177 mm (80mesh), 0,149 mm (100mesh) e 0,125 mm (115 mesh).

3.3.4 Farinha

Neste trabalho foram caracterizadas as farinhas obtidas com a malha de 115 mesh para as três temperaturas de secagem a fim de obter resultados que, posteriormente, possam ser úteis em processos tecnológicos.

3.3.4.1 Caracterização física e química

Cor

Os parâmetros de cor da farinha do resíduo foram obtidos utilizando-se o colorímetro Color Quest XE (Hunter Lab, Estados Unidos) segundo a metodologia descrita no item 3.2.3.1 para determinação da cor das vagens de algaroba *in natura*. Foram realizadas cinco leituras.

Composição centesimal

As metodologias para determinação da composição centesimal foram as mesmas utilizadas para as vagens *in natura* e estão descritas no item 3.2.3.2 deste trabalho.

3.3.4.2 Determinação de antinutrientes

A metodologia de determinação de ácido fítico e taninos na farinha do resíduo foi a mesma utilizada para as vagens de algaroba *in natura* descrita no item 3.2.3.4 deste trabalho.

3.3.4.3 Obtenção dos extratos das farinhas dos resíduos

Foram obtidos extratos aquoso/etanólico das farinhas dos resíduos secos nas três temperaturas com a finalidade de se caracterizar quanto ao teor de fenólicos e quanto a atividade antioxidante. A metodologia adotada para obtenção desses extratos foi a mesma utilizada para as vagens de algaroba *in natura* descrita no item 3.2.3.5 deste trabalho.

3.3.4.4 Determinação do conteúdo de Fenólicos Totais

A determinação dos fenólicos totais na farinha do resíduo foi a mesma utilizada para as vagens de algaroba *in natura* descrita no item 3.2.3.6 deste trabalho.

3.3.4.5 Determinação da atividade antioxidante

Método de sequestro de radicais livre DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila)

A atividade antioxidante foi determinada através da capacidade dos antioxidantes presentes nas amostras em sequestrar o radical estável DPPH•, de acordo com Rufino et al. (2007), com modificações. Em triplicata, alíquotas da amostra (90 µL) foram misturadas com 210 µL etanol e 270 µL da solução de DPPH• (47,2 µg.mL⁻¹ em EtOH) nos tubos de ensaio protegidos por luz. Após 30 minutos foi efetuada a leitura a 517nm, em espectrofotômetro UV-vis da Shimadzu, modelo UV-2550. Uma curva controle utilizando 6- hidroxil-2,5,7,8-tetrametilcroman-2- ácido carboxílico (Trolox) foi preparada (100 µM, 500 µM, 1.000 µM, 1.500 µM e 2.000 µM.). Os resultados foram expressos em (µg mol Tx/g de amostra).

Método de redução do ferro - FRAP

O ensaio do FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*), em português significa poder do antioxidante em reduzir o ferro) é baseado na capacidade de um antioxidante em reduzir o Fe³⁺ para Fe²⁺. Seguindo a metodologia de Rufino et al., (2006), com algumas modificações. Preparou-se a solução do reagente FRAP, combinando-se 26 mL de tampão acetato 0,3 M, uma alíquota de 2,5 mL da solução TPTZ a 10 mM e 2,5 mL de solução aquosa de cloreto férrico 20 mM. A partir das soluções dos extratos das farinhas dos resíduos (1 mg.mL⁻¹) preparou-se

em tubos de ensaio em triplicata. Em ambiente escuro, adicionou-se 90 μL de amostra em cada tubo e acrescentou-se 270 μL de água destilada. Em seguida adicionou-se 2,7 mL do reagente FRAP. Após homogeneização, os tubos foram mantidos em banho-maria a 37°C. O espectrofotômetro foi calibrado com o reagente FRAP e as leituras da absorbância foram realizadas após 30 minutos da mistura, em 595 nm. Uma curva controle utilizando 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-ácido carboxílico (Trolox) foi preparada (100 μM , 500 μM , 1.000 μM , 1.500 μM e 2.000 μM). Os resultados foram expressos em ($\mu\text{mol Tx/g}$ de amostra).

3.4 Aplicação da farinha do resíduo na fabricação de bolo

Com a finalidade de avaliar a aceitação da farinha residual da algaroba proveniente da extração do caldo foi utilizada a farinha de granulometria de 115 mesh seca a 50°C, que dentre as obtidas resultou no maior rendimento entre as farinhas de grau alimentício na cinética de secagem, e substituiu parcialmente a farinha de trigo na formulação de bolo. Para facilitar a forma de apresentação das amostras submetidas ao teste de aceitação sensorial, optou-se em elaborar os bolos em porções individuais, também denominado por cupcake.

3.4.1 Processo de elaboração do bolo tipo cupcake

Os ingredientes que foram utilizados para elaboração do bolo tipo cupcake com substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo da algaroba estão dispostos na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Formulações de bolo tipo cupcake elaborado com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba seco a 50°C em substituição à farinha de trigo

Ingredientes (%)	F1	F2	F3
Farinha de trigo convencional	100	90	80
Açúcar demerara	90	90	90
Farinha do resíduo de algaroba	0	10	20
Margarina	73	73	73
Ovo	45	45	45
Leite em pó	4,5	4,5	4,5
Água	65	65	65
Fermento químico seco	3	3	3

F1, F2 e F3: Referem-se às formulações elaboradas com 0%, 10% e 20% de farinha de resíduo algaroba, respectivamente. A quantidade de água utilizada em cada formulação foi diferente e proporcional a capacidade de absorção de água pela mistura de farinhas, sendo suficiente para homogeneização e manutenção da mesma viscosidade entre as massas cruas. Porcentagem dos ingredientes em relação a 100% do peso total da farinha

Fonte: Elaboração do autor

Inicialmente, os ingredientes ovo, margarina e açúcar foram misturados, em velocidade 8 durante 3 minutos, com auxílio da batedeira planetária (Arno). Posteriormente, foram adicionadas as farinhas nas proporções determinadas para cada formulação (F1, F2, F3), leite em pó, água e fermento químico seco e misturados delicadamente, utilizando o batedor fuet. A massa do bolo foi dividida em porções de 15g e colocados em forma de papel manteiga para bolo tipo cupcake. Em seguida, a massa foi assada em forno pré-aquecido (30 minutos/180°C) por 15 minutos (180 °C).

3.4.2 Caracterização física, química e físico-química

As análises físicas de cor e textura foram realizadas com cinco amostras escolhidas aleatoriamente. As análises químicas e físico-químicas foram realizadas em triplicata a fim de evitar erros de instrumentação e manipulação.

Para avaliação da textura e cor dos cupcakes utilizou-se a mesma metodologia adotada para os cupcakes com adição do açúcar líquido de algaroba, descritas no item 3.3.11.5 deste trabalho.

As metodologias para determinação da composição centesimal, acidez e pH foram as mesmas utilizadas para as vagens in natura e estão descritas no item 3.2.3.2 e 3.2.3.3 deste trabalho.

A atividade de água (A_w) foi determinada com a mesma metodologia adotada para os cupcakes com adição do açúcar líquido de algaroba, descritas no item 3.2.11.5 deste trabalho.

3.4.3 Avaliação microbiológica dos bolos tipo cupcake

As análises microbiológicas dos cupcakes foram as mesmas realizadas com os cupcakes elaborados para o teste sensorial do açúcar de algaroba descrito no item 3.3.11.4.

3.4.4 Avaliação sensorial dos bolos tipo cupcake

A avaliação sensorial consistiu em testes de aceitação e de intensão de consumo e determinação do índice de aceitabilidade que foram realizados através da mesma metodologia aplicada para os cupcakes elaborados para o teste sensorial do açúcar de algaroba descrito no item 3.3.11.3.

Aos entrevistados foi fornecido juntamente com a ficha de avaliação sensorial outro questionário (Anexo C) composto por questões sobre a identificação do grupo avaliado.

3.5 Análise estatística

Os resultados obtidos nas determinações analíticas, instrumentais e sensoriais das vagens, açúcar líquido e farinha, foram expressos como média \pm desvio padrão por Análise de Variância (ANOVA) e se aplicou o teste de Tukey, considerando-se $p \leq 0,05$. Todos os cálculos foram efetuados através do programa Assistat 7.0 (SILVA, 2013).

No planejamento experimental para avaliar estatisticamente a influência das variáveis independentes no açúcar líquido de algaroba utilizou-se o software Statistica versão 7.0, aplicado à regressão linear e à análise de variância. Na regressão linear os efeitos principais e as interações entre eles foram obtidos na matriz de planejamento e analisados estatisticamente pela ANOVA.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, os resultados e a discussão são relativos à caracterização das vagens de algaroba envolvendo os fatores físicos, químicos, físico-químicos, antinutricionais e perfil fenólico da matéria-prima (vagens); em seguida, são relatados os parâmetros para obtenção do açúcar líquido de algaroba e sua caracterização.

Estudou-se, na sequência, a cinética de secagem da farinha de algaroba proveniente do resíduo da prensagem recebendo este material uma trituração. Por fim, é feita uma análise para escolha da melhor farinha de algaroba sendo confeccionados cupcakes com diferentes concentrações da farinha residual, os quais são submetidos a testes sensoriais.

4.1 Matéria-prima

4.1.1 Caracterização física das vagens

Os valores médios das dimensões físicas das vagens de algaroba coletadas no Cariri Paraibano se encontram na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Valores médios das dimensões físicas das vagens de algaroba

	Dimensões			MU(g)
	C (mm)	L (mm)	E (mm)	
Vagens	200 ± 16,5	12,4 ± 1,2	7,4 ± 1,1	9,60 ± 1,25

C – Comprimento; L – largura; E – espessura; MU – massa úmida

Estudos que descrevem as características morfológicas das vagens de algaroba são escassos na literatura. Neste estudo, as vagens apresentaram comprimento médio de 200 mm, semelhante ao reportado por Silva (2009), de 214,4 mm, provenientes do mesmo local de coleta deste trabalho.

Em relação à massa úmida, Figueiredo et al. (2004) e Silva (2009) mensuraram resultados superiores, 10,50 g e 11,10 g respectivamente, quando estudaram vagens provenientes da mesma região da coleta deste estudo.

Em relação a outras espécies também pesquisadas, a *Prosopis alba* tem dimensões físicas na mesma ordem de grandeza e são semelhantes à espécie estudada, possuindo comprimento

de 170 ± 33 mm e massa úmida de $5,51 \pm 1,49$ g (SCIAMMARO; FERRERO; PUPPO, 2015), ambos inferiores ao reportado para as vagens de algaroba na literatura.

As dimensões físicas de frutos, embora sejam bastante utilizadas como índice de maturidade, podem variar largamente com as condições edafoclimáticas; no entanto, o conhecimento de tais parâmetros se torna imprescindível para classificação e obtenção de produtos uniformes e desenvolvimento de tecnologias que venham a otimizar processos tecnológicos (HULME, 1970; KAYS, 1997). Na Tabela 4.2 estão dispostos os parâmetros de cor para as vagens de algaroba.

Tabela 4.2 - Parâmetros de cor para as vagens de algaroba

	Parâmetros de Cor				
	L*	a*	b*	c	H
Vagens	71,36±2,65	3,25±1,10	34,01±2,23	34,18±2,26	84,59±1,77

*L** - corresponde à claridade ou luminosidade; *a** - define a transição da cor verde (*-a**) para a cor vermelha (*+a**); *b** - representa a transição da cor azul (*-b**) para a cor amarela (*+b**); *c* - cromaticidade e *H* - é o ângulo de cor onde 0° = vermelho, 90° = amarelo, 180° = verde, 270° = azul

As vagens de algaroba presentes no Cariri Paraibano possuem epicarpo coreáceo amarelo-claro; normalmente são achatadas e mais ou menos curvas, com ligeira depressão entre elas (SILVA, 2009), o que pode ser confirmado com os resultados encontrados para o parâmetro *L** que, em associação com os parâmetros *a** e *b** no espectro de cor, resulta em um amarelo pálido, resultado de um discreto murchamento das vagens devido à perda de água durante seu amadurecimento.

4.1.2 Caracterização química e físico-química das vagens

A composição química das vagens utilizadas para a obtenção do açúcar e conseqüentemente, da farinha residual, está disposta na Tabela 4.3.

As vagens de algaroba utilizadas no processamento possuem teor de água médio de 16,57 g/100g diferente do encontrado na literatura que reporta 7,8% para vagens de *Prosopis alba* na Argentina (SCIAMMARO; FERRERO; PUPPO, 2015) e semelhante ao determinado por Alves (2008) e Silva (2009) que, ao estudar vagens de *Prosopis juliflora* oriundas da mesma região, obtiveram valores semelhantes aos do presente estudo. A quantidade de cinzas foi inferior ao apresentado por Mahgoub et al. (2005) e Cabral Jr et al. (2006) que, respectivamente, foram 4,00% e 4,95% quando analisaram vagens de algaroba. A variação entre os estudos na

quantidade de teor de água e minerais pode ser atribuída às características do solo e clima do local de origem das vagens (FENNEMA et al., 2010).

Tabela 4.3 - Composição química e físico-química das vagens de algaroba

Composição	Vagens de algaroba
Teor de água (g/100g)	16,57 ± 0,34
Cinzas (g/100g)	3,55 ± 0,06
Lipídios (g/100g)	3,01 ± 0,12
Proteínas (g/100g)	9,86 ± 0,45
Carboidratos totais (g/100g)	67,02 ± 0,52
Açúcares totais (g/100g)	39,53 ± 0,77
Açúcares redutores (g/100g)	36,78 ± 0,69
Açúcares não redutores (g/100g)	2,75 ± 0,21
Acidez Titulável (%)	0,68 ± 0,03
Energia (kcal/100g)	334,61 ± 1,85
Sólidos Solúveis	54,14 ± 0,27
pH	5,78 ± 0,25
SS/AT	79,33 ± 3,58

Os valores de lipídios, proteínas e cinzas estão em base seca

A quantidade de lipídios encontrada nas vagens de 3,01 g/100g é superior ao relatado no estudo de Mahgoub et al. (2005) de 2,6 g/100g e por Cabral et al. (2006) que foi de 0,94g por 100g de vagem seca.

Os carboidratos totais (67,02 g/100g) e as proteínas (9,86g/100g) são compostos majoritários na composição química das vagens. Essas quantidades são consideradas fatores positivos para seu uso em processos fermentativos (ALVES, 2008; SILVA, 2009) e como fonte proteica vegetal em substituição parcial ou total da proteína de origem animal na dieta humana e animal (REZENDE et al., 2015). Na literatura a quantidade de proteínas nas vagens de algaroba provenientes de diferentes locais, varia de 9% a 17%, estando esta determinação no presente estudo dentro dessa faixa (MAHGOUB et al. 2005; ALVES, 2008; BRAGA et al., 2009; SILVA, 2009; FELKER et al., 2013; OBEIDAT & SHDAIFAT, 2013). AYAZ (2007), encontraram, estudando vagens de alfarroba (*Ceratonia siliqua L.*), que é outra leguminosa das regiões semiáridas apenas 4,45 g/100g m.s. de proteínas, quantidade inferior à encontrada nas vagens do gênero *Prosopis*.

A quantidade de açúcares totais presentes nas vagens analisadas (39,53 g/100g) é considerada alta e, comparando-a com outras espécies do gênero *Prosopis*, pode-se notar que se trata de uma característica das vagens a presença de grande quantidade de açúcares, variando de 31% para vagens norte-americanas de *P. glandulosa* e *P. velutina*, de 46-48% para *P. pallida* do Peru e de 59% para *P. alba* da Argentina. Esta diferença entre as espécies pode ser explicada

devido às diferentes espessuras do mesocarpo açucarado em que, dentre as espécies citadas, a que possui maior espessura média é a *P. alba* (5,7 cm) (FELKER et al., 2013; SCIAMMARO; FERRERO; PUPPO, 2015).

Outra determinação capaz de prever a doçura de um fruto é a razão de sólidos solúveis e acidez titulável que, para as vagens de algaroba, resultou em uma razão SS/AT considerada alta para vegetais o que caracteriza se tratar de um fruto doce. Entretanto, os autores Takeoka e Felker observaram, em estudos com espécies do gênero *Prosopis*, que a espécie *P. juliflora* foi a que continha maior acidez, justificando o fato de ser mais amarga quando comparada com as espécies *Prosopis alba* e *P. pallida* (FELKER et al., 2013).

4.1.3 Fatores antinutricionais das vagens

Os valores de ácido fítico e taninos, expressos em g/100 g de matéria seca, estão dispostos na Tabela 4.4 a seguir.

Tabela 4.4 - Valores médios de ácido fítico e taninos das vagens de algaroba

Substâncias antinutricionais	Vagens de algaroba
Ácido fítico (g/100g)	0,36 ± 0,06
Taninos (g/100g)	1,37 ± 0,01

A quantidade de ácido fítico encontrada nas vagens de algaroba, 0,36 g/100g m.s. pode ser considerada baixa quando comparada com outros alimentos que compõem os pilares da alimentação brasileira, tais como grãos de soja, que possuem 1,1 a 2,4 g/100 g de m.s. (MOREIRA et al. (2012), ou grãos de feijão, com 0,71 g/100g (SILVA et al., 2011), ou milho, com 1,02 g/100g m.s. (LAZARTE et al., 2015), feijão branco com 0,67 g/100g m.s. (ISRAR et al., 2013), espinafre cozido com 3,66 g/100g e acelga cozida com 3,14 g/100g (SOTELO et al., 2010).

Outra substância considerada antinutriente e presente em leguminosas, são os taninos. No presente estudo foi encontrado 1,37% de taninos em vagens de algaroba *in natura*. BENEVIDES et al. (2013) reportaram, em estudo sobre a influência do branqueamento para reduzir os taninos, 0,47% para feijão verde e 0,65% para feijão andu, relatando a redução de até 7,43% para feijão verde quando submetido ao branqueamento. Além do tratamento térmico os autores também citam, como eficiente na redução desse antinutriente, o armazenamento em salmora ácida por até 180 dias.

Em estudo com feijão comum durante 180 dias, os pesquisadores Delfino & Canniatti-Brazaca (2010) observaram redução de taninos durante o armazenamento, por seis meses, em temperatura ambiente, relatando como sendo comum a redução de alguns compostos químicos durante esse tipo de armazenamento.

Na literatura não constam, até o presente trabalho, estudos que quantifiquem o ácido fítico e os taninos nas vagens de algaroba. Diante de vários estudos de cunho científico que se mostraram eficazes na redução desses antinutrientes, os autores ressaltam a importância de se aplicar tais técnicas de processamento visto que o mesmo pode tornar indisponíveis, nutricionalmente, alguns minerais e aminoácidos (SILVA e SILVA, 1999; DEL-VECHIO et al., 2005; SOTELO et al., 2010).

4.1.4 Rendimento do extrato e quantificação dos fenólicos totais

O rendimento do extrato hidroalcoólico das vagens de algaroba, foi de 57,84%. Este rendimento pode ser justificado pelo fato da polpa das vagens de algaroba possuir compostos solúveis em água, como os açúcares redutores e não redutores, além de fibras e proteínas que, aliadas, a temperatura, tendem a se dissolver mais facilmente em água do que em solventes apolares. A utilização da mistura de solventes foi escolhida devido a estudos que comprovam a eficácia na extração de compostos fenólicos vegetais uma vez que a natureza química dos compostos fenólicos é variada e composta por cadeias simples a altamente polarizadas (ANDREO & JORGE, 2006; FERNÁNDEZ-AGULLÓ et al., 2013; DA SILVA, et al., 2016).

O teor de fenólicos totais obtido a partir do extrato, foi de $247,77 \pm 1,66$ mg EAG/100g de matéria seca, menor que o relatado por Sciammaro (2015) ao determinar, a partir de extrato (acetona:água) (1:1) o teor de fenólicos totais das partes que compõem as vagens de *Prosopis alba*, reportando 270 mg EAG/100g m.s. na polpa das vagens. O autor também relata que não houve diferença significativa na quantidade de fenólicos totais entre polpa, semente e a cápsula que guarda a semente.

Os autores Vasco, Ruales, & Kamal-Eldin (2008) classificam os vegetais em três categorias quanto ao conteúdo de fenólicos totais, considerando baixa para teores menores que 500 mg GAE / 100 g m. s., médio para faixa de 500 a 2.500 mg GAE / 100 g m.s. e elevado teor de fenólicos totais para concentrações maiores que 2500 mg GAE / 100 g m.s. De acordo com esta classificação as vagens de algaroba possuem baixo teor de fenólicos totais.

O teor de fenólicos totais das vagens de algaroba é inferior ao reportado para polpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) de 923,34 mg EAG/ 100 g m.s. (DA SILVA et al., 2014) e para as vagens de alfarroba (*Ceratonia siliqua* L.) de 1351 mg GAE/100 g de m.s. utilizando um extrato hidroalcoólico (AYAZ, 2007); ambas possuem características parecidas com as vagens de algaroba.

Até o presente estudo não foi encontrada, na literatura, a quantificação dos fenólicos totais em vagens de algaroba (*Prosopis juliflora*).

4.1.5 Quantificação dos compostos fenólicos por CLAE

Os compostos fenólicos identificados no extrato hidroalcoólico da polpa das vagens de algaroba (*Prosopis juliflora* Sw DC), seu tempo de retenção e a concentração estão dispostos na Figura 4.1 e na Tabela 4.5. Foram identificados 18 compostos fenólicos com base no tempo de retenção correspondente aos padrões existentes.

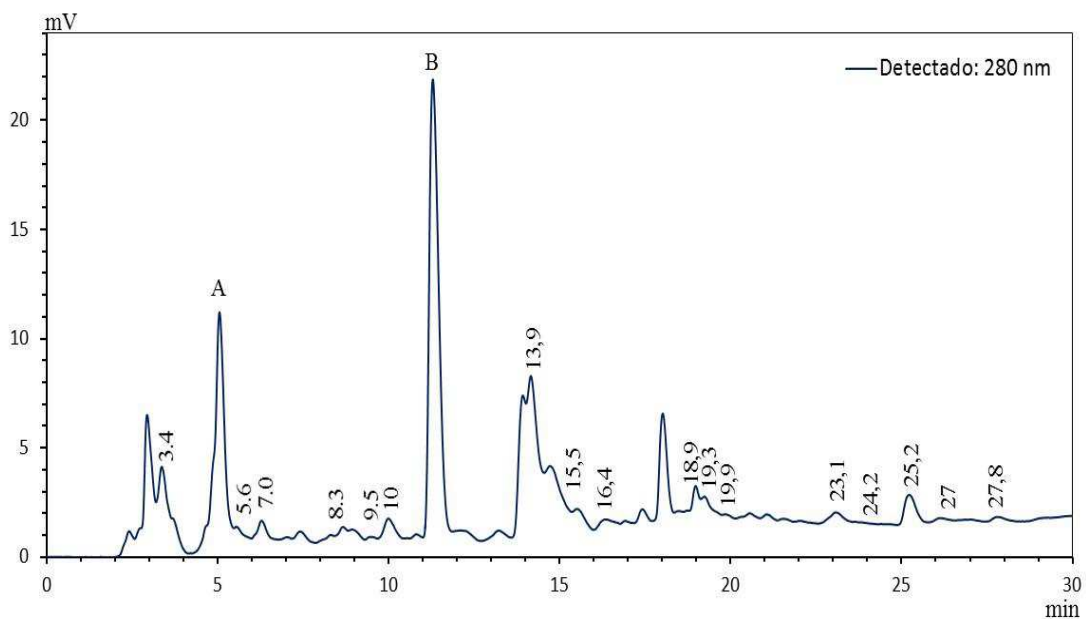


Figura 4.1 - Perfil HPLC para extrato hidroalcoólico das vagens de algaroba

Tempo de retenção (min) (t_R): Ác. Gálico = 3,4; Ác. 3,4-dihroxibenzóico = 5,6; Catequina = 7,0; Ác. Hidroxibenzóico = 8,3; Ác. Vanílico = 9,5; Ác. Siríngico = 10; Ác. Cumárico = 13,9; Ác. Sinápico e Ác. Felúrico = 15,5; Ác. Elágico = 16,4; Miricetina = 18,9; Ác. Salicílico = 19,3; Resveratrol = 19,9; Quercetina = 23,1; Ác. t-cinâmico = 24,2; Naringenina = 25,2; Hespertina = 27 e Kaempferol = 27,8

Com base nos resultados dos compostos identificados no extrato hidroalcoólico da polpa da vagem de algaroba, pode-se destacar os ácidos salicílico, vanílico e a miricetina, como

flavonoide majoritário; entretanto, é possível visualizar na Figura 4.1, dois picos (A e B) sem identificação, sendo um deles o componente detectado em maior concentração (B), que, devido à ausência do padrão, não foi detectado.

Tabela 4.5 - Teores de compostos fenólicos em vagens de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) expressos em mg de composto por 100g de matéria seca

Composto	mg de composto/100g
Ác. 3,4- diroxibenzóico	41,45
Ác. 4-Hidroxibenzoico	41,45
Ác. p-Cumárico	69,08
Ác. Salicílico	207,24
Ác. Sinápico	96,71
Ác. Siríngico	41,45
Resveratrol	27,63
Ác. t-cinâmico	13,82
Ác. Vanílico	138,16
Ác. Felúrico	82,90
Ác. Elágico	96,71
Miricetina	124,34
Quercetina	82,90
Naringenina	27,63
Kaempferol	41,45
Catequina	55,26
Hespertina	27,63
Ác. Gálico	13,82

Dentre os 18 compostos detectados os compostos que se destacaram foram Ác. Salicílico > Ác. Vanílico > Miricetina > Ác. Sinápico > Ác. Felúrico > Quercetina > Ác. p-Cumárico > Catequina com concentrações de 207,24; 138,16; 124,34; 96,71; 82,90; 82,90 e 69,08 mg/100g de matéria seca, respectivamente.

O ácido salicílico composto identificado por CLAE em maior quantidade nos extratos das vagens de algaroba, representou 16,85% dos compostos fenólicos identificados. Na literatura estudos atribuem, ao ácido salicílico, a regulação da via de formação dos flavonoides, sendo considerado como um fito-hormônio ativador das reações de defesa da planta além de, também, estar envolvido na ativação de genes relacionados às respostas de estresses bióticos e abióticos, tais como a seca, o frio, o calor, a salinidade e a radiação UV (CURTIS et al., 2004; PENG e JIANG, 2006; NAMEDO, 2007), o que explica o ácido salicílico como composto fenólico em maior quantidade nas vagens de algaroba. Atualmente existem, na literatura, diversos estudos de utilização do ácido salicílico como antioxidante com resultados positivos

na qualidade pré e pós colheita de frutas e legumes (ASGHARI e AGHDAM, 2010; KRAJNC, KRISTL e IVANCIC, 2011; SUN et al. 2012).

Dentre os flavonoides destacou-se a miricetina, classificada como flavonol; está entre os compostos mais estudados pois é considerada um poderoso antioxidante (BIANCHI et. al., 1999; LAKO et al., 2007) com capacidade superior à dos flavonoides conjugados, como a quercetina-3-glicosídica, quercetina e rutina (NOROOZI et al., 1998) sua presença também é atribuída aos estresses abióticos e bióticos que a planta suporta. Possui ação anti-inflamatória e efeitos anti-cancerígenos (BIN e CHOI, 2012) e, neste estudo, correspondeu a 10,11% do total de fenólicos quantificados. Outros estudos com o perfil de fenólicos totais presentes nas vagens de algaroba não foram encontrados na literatura, até o término do presente estudo.

4.2 Caracterização dos caldos antes e após clarificação

O caldo bruto extraído das vagens de algaroba foi apenas filtrado e analisado. Frações do mesmo caldo foram clarificadas e caracterizadas posteriormente. Os resultados estão dispostos na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Composição física, química e físico-química do caldo de algaroba, antes e após testes com clarificantes

Composição	Caldo bruto	CC1	CC2	CC3
Sólidos totais (%)	17,57 ± 0,03 ^a	17,26 ± 0,04 ^b	17,59 ± 0,03 ^a	16,44 ± 0,03 ^c
Cinzas (g/100g)	0,79 ± 0,00 ^a	0,73 ± 0,01 ^b	0,75 ± 0,01 ^b	0,59 ± 0,01 ^c
Turbidez (NTU)	540	423,3	260,3	423,3
ART (g/100g)	12,48 ± 0,54 ^a	10,91 ± 0,54 ^{ab}	10,60 ± 0,54 ^b	12,17 ± 0,94 ^{ab}
AR (g/100g)	2,20 ± 0,05 ^c	2,39 ± 0,11 ^b	2,6 ± 0,05 ^a	2,26 ± 0,00 ^{bc}
Acidez (%)	5,90 ± 0,11 ^a	2,07 ± 0,11 ^c	2,07 ± 0,11 ^c	2,72 ± 0,00 ^b
Sólidos Solúveis	16,5 ± 0,00 ^a	16,07 ± 0,12 ^b	15,47 ± 0,06 ^c	16,07 ± 0,12 ^b
pH	5,30 ± 0,02 ^c	7,70 ± 0,01 ^b	7,86 ± 0,02 ^a	7,87 ± 0,05 ^a
Taninos (%)	1,46 ± 0,02 ^a	1,37 ± 0,01 ^b	1,44 ± 0,01 ^a	1,33 ± 0,02 ^c
ΔE*	-	0,50	1,73	0,40

CC1 – Caldo clarificado com leite de cal e polímero aniônico, CC2 - Caldo clarificado com leite de cal e ácido fosfórico e CC3 - Teste 3 – Caldo clarificado com ácido fosfórico, leite de cal e polímero aniônico. ART – Açúcares redutores totais e AR – açúcares redutores. Letras iguais na mesma linha indicam variação não-significativa entre as formulações (p<0,05) pelo teste de Tukey

O caldo bruto de algaroba apresentou quantidades elevadas de minerais. Em relação aos macrominerais, foram detectados cálcio (57,94 mg. 100mL⁻¹), potássio (456,29mg. 100 mL⁻¹) e fósforo (16,35 mg. 100 mL⁻¹). Em relação aos microminerais, o caldo apresentou ferro (0,49 mg. 100 mL⁻¹), cobre (238,17 µg. 100 mL⁻¹), zinco (1313, 34 µg. 100 mL⁻¹) e níquel (163,32

$\mu\text{g. } 100 \text{ mL}^{-1}$). Este perfil mineral aliado, a alta concentração de açúcares (SILVA, 2009), nos permite incluir o caldo bruto das vagens de algaroba como potencial fonte para processos biotecnológicos.

Nogueira et al. (2009) reportaram, ao analisar 14 tipos de caldos de cana-de-açúcar, os macrominerais: cálcio (14 a 31 $\text{mg.}100\text{mL}^{-1}$), potássio (7,1 a 42 $\text{mg.}100\text{mL}^{-1}$), magnésio (9,4 a 17 $\text{mg.}100\text{mL}^{-1}$) e (1,9 a 3,7 $\text{mg.}100\text{mL}^{-1}$) para fósforo e os microminerais: ferro (0,06 a 2,9 $\text{mg. } 100 \text{ mL}^{-1}$), cobre (40 a 450 $\mu\text{g. } 100 \text{ mL}^{-1}$), manganês (250 a 630 $\mu\text{g. } 100 \text{ mL}^{-1}$) e zinco (60 a 140 $\mu\text{g. } 100 \text{ mL}^{-1}$) sendo apenas magnésio e manganês não detectados no caldo bruto de algaroba.

A clarificação resultou em diferença significativa entre o caldo bruto e os clarificados em relação ao do teor de sólidos totais, cinzas, acidez, sólidos solúveis, pH e taninos ($p < 0,05$). Em relação aos açúcares, os testes 1 e 2, que correspondem ao Caldo clarificado com leite de cal e polímero aniônico e Caldo clarificado com leite de cal e ácido fosfórico, respectivamente, resultaram em possível transformação de açúcares não redutores em açúcares redutores, devido à diminuição dos Açúcares Redutores Totais (ART) e ao aumento dos Açúcares Redutores (AR).

Quantitativamente, a redução da cor foi pouco percebida (ΔE^*) entre os testes, sendo o maior valor atribuído ao Caldo clarificado com leite de cal e ácido fosfórico (teste 2), refletindo também na turbidez, reduzindo-a mais de 50%; entretanto, não houve redução significativa dos taninos, potencial interferente de cor e sabor em alimentos (ARAPITSAS, 2012; CHEYNIER, 2012). Em estudo sobre a influência da maturação na cor de caldo de cana, Qudsieh (2002), atribuiu o fato aos taninos e à sua reação com a enzima polifenoxidase (PPO) durante o amadurecimento dos colmos de cana-de-açúcar.

Estudo de clarificação do melado das vagens de *Prosopis pallida* foi realizado por García & Carlixto (2000), que obtiveram melhores resultados quando conjugaram hidróxido de cálcio (leite de cal) a 7,5% com sulfato de alumínio a 8% seguido do uso de uma coluna de vidro contendo uma resina aniônica marca Purolite A-400. Os autores ainda relatam uma redução do total de polifenóis de 92,9%.

Diante dos resultados obtidos para os três testes de clarificação no presente estudo, a maior redução de taninos de 8,9% foi obtida com o caldo clarificado com ácido fosfórico, leite de cal e polímero aniônico (teste 3); entretanto, para o ΔE^* não foram observados valores expressivos entre os testes. Em relação à turbidez, ocorreu diminuição quando o caldo foi clarificado com leite de cal e ácido fosfórico (teste 2), havendo perda de açúcares, visualizado pela redução dos Açúcares redutores totais. Portanto, o método escolhido para ser otimizado através

do planejamento experimental foi o caldo clarificado com ácido fosfórico, leite de cal e o polímero aniônico (teste 3), aliado a temperatura de evaporação e pH, a fim de maximizar a redução de interferentes de cor, como os taninos.

4.3. Otimização do processo de clarificação do caldo de algaroba

Tendo em vista buscar a melhor combinação dos parâmetros de obtenção do açúcar foram realizados ensaios variando temperatura de evaporação e pH dos caldos. Na Tabela 4.7 está a matriz de planejamento com duas variáveis de entrada (independentes) e suas respectivas respostas (dependentes), obtidas a partir dos sete experimentos realizados de forma aleatória com as combinações dos níveis estudados.

Tabela 4.7 - Matriz de planejamento fatorial $2^2 + 3$ pontos centrais os resultados obtidos para os ensaios de concentração do caldo na obtenção do açúcar líquido de algaroba

Ensaio	T (°C)	pH	Respostas	
			Taninos (%)	ART (%)
1	-1	-1	4,237	48,248
2	+1	-1	4,036	45,789
3	-1	+1	4,800	47,174
4	+1	+1	3,728	46,022
5	0	0	3,975	49,552
6	0	0	4,205	48,978
7	0	0	3,980	49,448

Ao término dos ensaios os rendimentos foram $25,40 \pm 0,28$; $22,80 \pm 0,57$; $25,32 \pm 0,17$; $25,56 \pm 0,06$; $23,05 \pm 0,78$; $24,90 \pm 0,14$ e $25,40 \pm 0,28$ g de açúcar líquido de algaroba para cada 100 mL de caldo obtido a 16°Brix.

No Apêndice A1 e A2 tem-se os efeitos significativos e não significativos, os erros padrão, os coeficientes t e o grau de significância estatística (p) da temperatura e pH, sobre os taninos e os açúcares redutores totais (ART) durante o processo de obtenção do açúcar líquido de algaroba. A média dos ensaios e a temperatura são marcadas em negrito indicando que são significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Verifica-se que a temperatura (°C) foi a variável que influenciou significativamente no aumento dos taninos. Em relação ao ART, não houve influência das variáveis, de forma significativa, em nível de 95% de confiança.

Em relação à influência da variável temperatura sobre a concentração de taninos, observa-se que o valor do efeito estimado foi negativo (-0,6370), ou seja, possui efeito decrescente sobre a resposta quando passa do nível -1 para o nível +1, implicando dizer que, quanto maior a temperatura menor será a concentração de taninos. Quanto à interação temperatura (°C) x pH, não foi significativa, pois apresentou um $p > 0,05$.

A partir dos dados experimentais foi possível obter os modelos matemáticos empíricos codificados da regressão para o ajuste linear das variáveis dependentes: taninos (tan) e açúcares redutores totais (ART) em função das variáveis independentes: temperatura (T) e (pH), para 95% de confiança.

Os modelos obtidos estão dispostos nas equações 4.1 e 4.2 e determinam os efeitos das variáveis independentes e a interação entre elas sendo os valores, em negrito, os fatores estatisticamente significativos.

$$\mathbf{Tan (\%)} = \mathbf{4,1371} - \mathbf{0,3185} T + 0,0637 \text{ pH} - 0,2177 \text{ TpH} \quad (4.1)$$

$$\mathbf{ART (\%)} = \mathbf{47,887} - 0,9027 T - 0,2101 \text{ pH} + 0,3270 \text{ TpH} \quad (4.2)$$

Para cada variável de resposta representada nas Equações 4.1 e 4.2, a significância estatística foi determinada pela análise de variância (ANOVA) utilizada para comprovar a significância estatística em nível de 95% do modelo matemático. Os resultados da análise de regressão são mostrados na Tabela 4.8 e a Anova completa dos modelos está no Apêndice A.

Tabela 4.8 - Parâmetros da análise de variância para as variáveis de respostas Tan e ART da concentração do caldo na obtenção do açúcar líquido de algaroba a 95% de confiança.

Parâmetros	R ²	Regressão		Falta de ajuste	
		Fcal	Ftab	Fcal	Ftab
Taninos (tan)	89,5	42,71	6,61	1,50	9,55
ART	25,9	1,75	6,61	38,74	9,55

De acordo com a Tabela 4.8, acima, os coeficientes de variação (R²) a 95% de confiança encontrados foram 89,5% para taninos e 25,9% para ART, este último considerado muito baixo. Em relação aos valores de F, nota-se que a razão entre F calculado e o F tabelado para as variáveis taninos e ART foi 6,46; 0,26, respectivamente, sendo significativo e preditivo o modelo linear apenas para a variável taninos pois a razão entre F calculado e F tabelado foi maior que 4 (RODRIGUES e IEMMA, 2009).

Em relação ao teste F para a falta de ajuste, também se pode avaliar se os modelos estão ou não bem ajustados aos dados experimentais; ao contrário do teste F para regressão, valores da razão maiores que 1, significam falta de ajuste. Para o modelo de taninos a razão entre os valores de F da falta de ajuste resultou em 0,16, demonstrando, portanto, que há um ajuste satisfatório do mesmo aos dados experimentais obtidos.

Como o modelo linear para açúcares redutores totais (ART) não foi satisfatório para 95% de confiança, foi realizada nova regressão para ajuste linear para nível de confiança de 90%.

No Apêndice A3 e A4 tem-se os efeitos significativos e não significativos, os erros padrão, os coeficientes t e o grau de significância estatística (p) da temperatura e pH, sobre os taninos e os açúcares redutores totais (ART) durante o processo de obtenção do açúcar líquido de algaroba. A média dos ensaios, a temperatura e a interação, são marcadas em negrito, indicando que são significativos a 90% de confiança ($p \leq 0,1$). Verifica-se que a temperatura (°C) foi a variável que influenciou significativamente o aumento dos taninos. Em relação ao ART, apenas a média dos ensaios foi significativa a 90% de confiança.

Quanto à influência da variável temperatura sobre a concentração de taninos, observa-se que o valor do efeito estimado foi negativo (-0,6370), ou seja, possui efeito decrescente sobre a resposta quando passa do nível -1 para o nível +1, implicando dizer que, quanto maior a temperatura menor será a concentração de taninos. Com relação à interação temperatura (°C) x pH, foi significativa pois apresentou $p = 0,0668 < 0,1$.

A partir dos dados experimentais foi possível obter os modelos matemáticos empíricos codificados da regressão para o ajuste linear das variáveis dependentes: taninos (tan) e açúcares redutores totais (ART) em função das variáveis independentes: temperatura (T) e (pH), para 90% de confiança.

Os modelos obtidos estão dispostos nas equações 4.3 e 4.4 e determinam os efeitos das variáveis independentes e a interação entre elas sendo os valores em negrito os fatores estatisticamente significativos.

$$\mathbf{Tan (\%)} = \mathbf{4,1371} - \mathbf{0,3185} T + 0,0637 \text{ pH} - \mathbf{0,2177} \text{ TpH} \quad (4.3)$$

$$\mathbf{ART (\%)} = \mathbf{47,887} - 0,9027 T - 0,2101 \text{ pH} + 0,3270 \text{ TpH} \quad (4.4)$$

Conforme realizado na regressão anterior a 95% de confiança para cada variável de resposta representada nas Equações 4.3 e 4.4, foi realizada uma Anova para verificar a significância estatística utilizada de 90% do modelo matemático cujos os resultados da análise

de regressão são mostrados na Tabela 4.9, a seguir, e a Anova completa dos modelos está no Apêndice A.

Tabela 4.9 - Parâmetros da análise de variância para as variáveis de respostas Taninos e Açúcares Redutores Totais (ART) da concentração do caldo na obtenção do açúcar líquido de algaroba em nível de 90% de confiança

Parâmetros	R ²	Regressão		Falta de ajuste	
		Fcal	Ftab	Fcal	Ftab
Taninos (tan)	89,5	17,09	4,32	3,22	5,54
ART	25,9	1,75	4,06	38,74	5,46

Com a realização da nova regressão os coeficientes de variação R² se mantiveram constantes. Em relação ao teste F, a variável taninos apresentou razão entre F calculado e F tabelado maior que 4; logo, o modelo é significativo e preditivo mas para a variável Açúcares Redutores Totais (ART) o teste F resultou em 0,43, valor este que o define como não significativo estatisticamente (p<0,1), o que nos permite afirmar que apesar de diminuir o nível de confiança do modelo matemático para os Açúcares Redutores Totais – ART, o mesmo não se ajusta aos resultados experimentais obtidos e que as variáveis independentes não apresentaram diferenças significativas na quantidade de açúcares redutores totais.

Devido ao fato da variável dependente ART não se ajustar aos modelos nos níveis de regressão estimados, optou-se por utilizar apenas o modelo matemático com 90% de confiança para a variável taninos; portanto, a equação polinomial de primeira ordem (4.5) para a variável taninos, ajustada aos dados observados possui apenas influência da temperatura de evaporação e da interação T x pH, em que os menores valores de temperatura resultam, quase sempre, nos maiores valores de percentual de taninos encontrados.

$$\text{Tan (\%)} = 4,1371 - 0,31825 T - 0,2178 T\text{pH} \quad (4.5)$$

A Figura 4.2 ilustra o gráfico de Pareto e os efeitos significativos para a variável taninos, a nível de 90% de confiança.

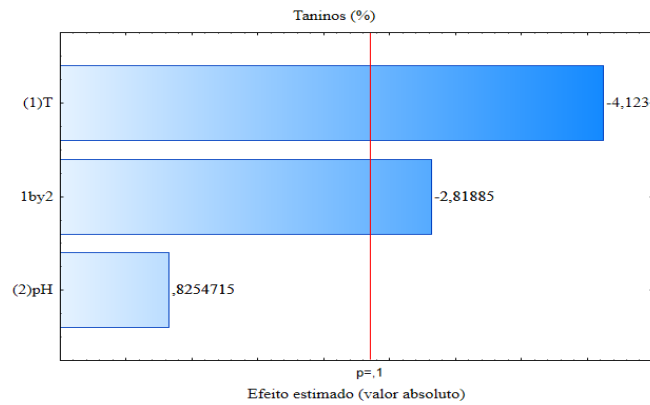


Figura 4.2 – Diagrama de Pareto para taninos

Por meio do diagrama de Pareto observa-se que a temperatura foi o efeito que mais influenciou na concentração de taninos, fato que pode ser verificado pelo fator absoluto de (4,1235), seguido da interação temperatura x pH com valor absoluto de 2,8188; ambos sinalizam que, sempre que a temperatura diminui, a concentração de taninos aumenta. A variável pH não ultrapassou a linha vermelha; logo, não foi significativa.

Logo diante do modelo matemático encontrado ser significativo estatisticamente e preditivo em nível de 90% de confiança para a variável taninos, possibilitando a construção da superfície de resposta (Figura 4.3) para visualização e escolha das melhores faixas de processo que resultem em se obter um produto final com menor percentual de taninos.

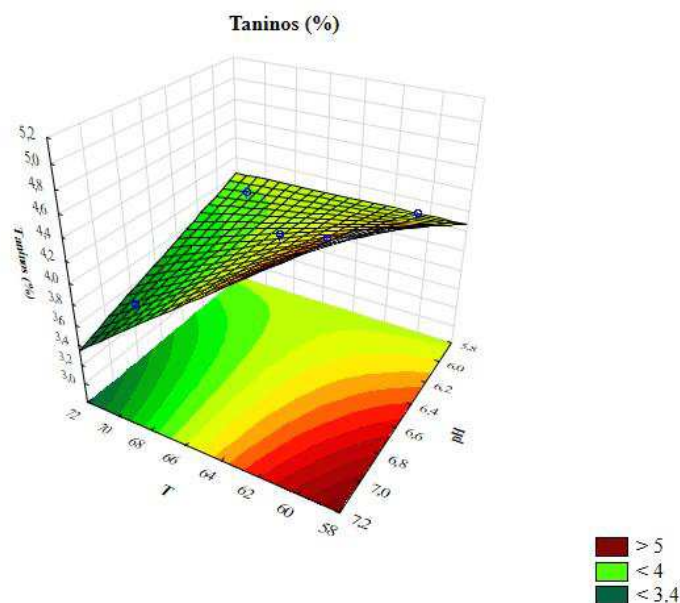


Figura 4.3 – Superfície de resposta para taninos em função das variáveis temperatura e pH

Observando o gráfico de superfície de resposta do percentual de taninos em função da temperatura e pH, constata-se que quanto maior o pH aliado a baixas temperaturas maior será a quantidade de taninos no produto final obtido nas condições descritas na metodologia deste estudo (Figura 4.3). No caso do presente estudo a finalidade era obter as condições que minimizassem a concentração desse interferente (taninos) no produto final. A faixa de pH em torno da neutralidade aliada a temperaturas acima de 72°C, é visualizada no gráfico como sendo as melhores condições para minimizar as concentrações de taninos, tornando a clarificação mais eficiente.

Outras condições, porém, foram consideradas para a escolha das condições de trabalho devido à composição química do caldo utilizado, o qual contém uma quantidade considerável de açúcares não redutores, sacarose e de açúcares redutores, glicose e frutose que, aliada a altas temperaturas, pode acarretar em interferentes no produto final decorrentes da Reação de Maillard. Autores como (KNERR et al., 2001; NASCIMENTO et al., 2015) atribuem o fato de que compostos com alto teor de açúcares submetidos a altas temperaturas e em meio de alcalino (pH>7) favorecem a reação de Maillard, gerando compostos indesejáveis no processo de clarificação como alguns compostos fenólicos, melanoidinas e acrilamidas resultando na cor persistente marrom escuro (PACHECO et al., 2012; CADERBY et al., 2013; ELBASHIR et al., 2014).

Ante os resultados obtidos e das considerações reportadas na literatura pesquisada, optou-se em obter o produto final deste trabalho nas condições do ponto central que foram de temperatura de 65°C e pH 6,5.

4.4 Açúcar líquido

Do planejamento experimental com sete ensaios foi escolhida a combinação de temperatura e pH que obteve melhor resultado para caracterização física, química e análise sensorial com vista à aplicação em bolo tipo cupcake.

4.4.1 Caracterização física e química

Os resultados obtidos para a caracterização do açúcar líquido de algaroba estão dispostos na Tabela 4.10, a seguir.

Tabela 4.10 - Composição física e química do açúcar líquido de algaroba

Composição	Açúcar líquido de algaroba
Química	
Sólidos totais (%)	65,24 ± 0,13
Cinzas (g/100g)	4,14 ± 0,01
ART (g/100g)	49,33 ± 0,49
AR (g/100g)	12,42 ± 0,52
Sólidos Solúveis (°Brix)	70
Taninos (%)	4,05 ± 0,12
Física	
Densidade (kg/L)	1,22 ± 0,01
L*	23,17 ± 0,10
a*	0,13 ± 0,01
b*	-0,82 ± 0,02

O processo de obtenção resultou em um produto com densidade final de 1,22 kg/L e um rendimento de 25 g de açúcar líquido para cada 100 mL de caldo extraído com teor de sólidos solúveis inicial de 16°Brix. Neste estudo o término da concentração do produto foi estabelecido quando o mesmo atingiu o teor de sólidos solúveis de 70°Brix.

Dentre os produtos comerciais atualmente consumidos e que possuem características próximas às do açúcar líquido de algaroba, citam-se o mel de abelha e o melado de cana-de-açúcar. Para ambos os produtos existem legislação brasileira que estabelece padrões de qualidade (BRASIL, 1978; BRASIL, 2000). Entretanto há, na literatura científica, produtos obtidos de fontes adversas e que não possuem padrões de qualidade; devido a este fato, pesquisadores utilizam padrões de qualidade de produtos com características semelhantes as do presente, na legislação esse foi o caso do presente estudo.

O teor de sólidos totais e de sólidos solúveis encontrado no açúcar líquido foi de 65,25 g/100g e 70°Brix, respectivamente, valores abaixo do reportado por Guilherme et al. (2009), em estudo com melado bruto de algaroba (*Prosopis juliflora*) de 74,58% e 71,10°Brix. Produtos similares foram estudados por Quispe et al. (2014) que analisaram quatro marcas comerciais de algarobina, provenientes de vagens de *Prosopis pallida*, reportando teor de sólidos solúveis de 74,5 a 80°Brix e teores de água que variaram entre 20 e 29%.

Em busca de fontes alternativas para obtenção de melados, Da Silveira et al. (2011) obtiveram rendimento de 15% obtendo melado proveniente do sorgo granífero sacarino (*Sorghum biolor* (L) Moench); entretanto, o teor de sólidos solúveis final deste melado foi de 17,17°Brix, bem abaixo do presente estudo.

A quantidade de cinzas presente no açúcar líquido de algaroba (4,14%) foi semelhante à reportada por Quispe et al. (2014) para uma das amostras de algarobina comercial analisada (4,10%) produzida no Noroeste do Peru. A legislação brasileira vigente para produtos oriundos de cana determina que o máximo de cinzas seja de 6% (BRASIL, 1978) para concentrados açucarados estando, assim, o produto dentro dos padrões nacionais em comparação com os produtos de cana-de-açúcar. Este percentual de cinzas sinaliza o açúcar líquido como possível fonte de minerais destacando-se o cálcio, o potássio, o fósforo, o ferro e o zinco, conforme relatado na quantificação dos minerais presentes no caldo bruto de algaroba no item 4.2 do presente estudo e no estudo em melado de algaroba, por Guilherme et al. (2009).

O total de açúcares no açúcar líquido de algaroba foi de 49,33%, sendo 24% desse percentual composto por açúcares redutores, em especial a glicose, conforme relatado em outro estudo (BRAVO et al., 1998) quando obtiveram melado bruto de algaroba. Dentre os açúcares não redutores as vagens de algaroba possuem alta quantidade de sacarose (FIGUEIREDO et al., 2004; SILVA, 2009; FELKER et al., 2013) resultando, conseqüentemente, em um percentual final de sacarose alto no produto final. Bravo et al. (1998) reportam de 27 a 34% de sacarose em melados obtidos das vagens da *Prosopis pallida* também conhecidas popularmente como algarobina (PASIECZNIK, 2001; FELKER et al., 2013).

Atualmente não se tem, no Brasil, legislação que estabeleça limites para produtos em substituição ao açúcar que não seja oriundo da cana-de-açúcar ou da beterraba. A quantidade de açúcares totais deste estudo está próxima à do estabelecido na legislação brasileira, de 50% para melado de cana-de-açúcar (BRASIL, 1978). Em estudo de fontes alternativas para obtenção de xaropes, Da Silveira et al. (2011) obtiveram, em estudo sobre melado de sorgo sacarino no produto final, apenas 22,92% de açúcares totais. Entretanto, Gabsi et al. (2013) ao obter xarope de tâmaras (*Phoenix dactylifera L.*) reportaram 79% de açúcares totais. Em mel de abelhas o conteúdo de açúcares totais pode chegar a 78%, composto, quase em sua totalidade, por glicose e frutose (SILVA et al., 2008; CARVALHO, 2009; OROIAN et al., 2016).

Dentre as substâncias interferentes na qualidade do produto final a quantidade de taninos representa um desafio mediante ao paladar tendo em vista que o mesmo interfere de maneira negativa. Após a concentração do caldo tratado obteve-se um produto final com 4,05% de taninos, superior ao reportado por Borges (2004) de 1,63% ao obter melado de algaroba com Brix final de 75%. A forma de obtenção do produto e as condições edafoclimáticas do local de origem da matéria-prima justificam essas diferenças entre um produto e outro (SILVA e SILVA, 1999; MONTEIRO et al., 2005).

Em relação à cor, o açúcar líquido de algaroba apresentou cor marrom, com tom avermelhado e com mais luminosidade ($L^* = 23,17$) quando comparado com outros produtos derivados de vagens do gênero *Prosopis*, $L^* = 6,66$ (BRAVO et al., 1998) e $L^* = 15,76$ (GARCÍA & CARLIXTO, 2000). Ao se comparar com produtos conhecidos, os meis de abelha são em geral, mais claros porém possuem uma variação de seus parâmetros de cor. Oroian (2012) reportou, ao caracterizar meis de abelha, valores de L^* variando de 24 a 57, a^* entre -0,6 e 7,9 e b^* oscilando de 2,3 a 16,6, o que permite afirmar que existem meis com coloração bem próxima à do presente estudo (L^* , a^* , $b^* = 24; -0,6; 2,3$). A variação acima citada foi justificada pelo autor como sendo devido à flora e ao conteúdo de fenólicos totais, atribuindo aos meis mais escuros, maior teor de fenólicos totais ($82,7 \pm 3,3$ mg de AG/100 g de mel).

4.4.2 Comportamento reológico

Na Tabela 4.11 estão os valores obtidos com análise de variância da viscosidade aparente (mPa.s) nas temperaturas de 0, 6, 11, 16, 21 e 26°C, em função das nove velocidades de rotação (rpm) representadas na Figura 4.4.

Tabela 4.11 - Viscosidade aparente (mPa.s) do açúcar líquido de algaroba a 70°Brix em diferentes velocidades de rotação (rpm) e temperaturas de 0, 6, 11, 16, 21 e 26°C

Velocidade de rotação (RPM)	Temperaturas (°C)					
	0	6	11	16	21	26
10	191,95 ^{eA}	120 ^{eB}	48 ^{eC}	nd	nd	nd
15	607,9 ^{dA}	367,9 ^{dB}	176 ^{dC}	112 ^{dCD}	64 ^{eD}	32 ^{dD}
30	1048 ^{cA}	639,9 ^{cB}	351,9 ^{cC}	255,9 ^{cD}	144 ^{dE}	96 ^{cE}
60	1256 ^{bA}	763,8 ^{bB}	435,9 ^{bC}	319,9 ^{bD}	184 ^{cE}	132 ^{bF}
90	1322 ^{abA}	807,85 ^{abB}	461,25 ^{abC}	338,6 ^{abD}	199,95 ^{bE}	141,3 ^{abF}
120	1356 ^{abA}	827,8 ^{abB}	473,9 ^{aC}	349,9 ^{abD}	206 ^{abE}	146 ^{aF}
150	1372,5 ^{aA}	838,2 ^{abB}	481,5 ^{aC}	353,5 ^{aD}	208 ^{abE}	148,8 ^{aF}
180	1382,5 ^{aA}	842,5 ^{abB}	485,2 ^{aC}	354,6 ^{aD}	209,3 ^{aE}	149,3 ^{aF}
200	1358 ^{abA}	825,4 ^{abB}	481,1 ^{aC}	353,9 ^{aD}	208,8 ^{aE}	148,8 ^{aE}

nd – não detectado com spindle n°25. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se, na Tabela 4.11, que houve diferença significativa ao nível de 5%, na mesma velocidade de rotação e diferentes temperaturas. Também foi observado que, à medida que se aumentou a velocidade de rotação com a temperatura constante, a viscosidade aparente aumentou significativamente até 90 rpm mantendo-se constante para a mesma temperatura.

De acordo com a Tabela 4.11 e a Figura 4.4, para uma taxa de deformação fixa, tem-se que a viscosidade aparente, definida como sendo a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, diminui com o aumento da temperatura. Comportamento observado também por Gabsi et al. (2013) ao analisar xarope de tâmaras a 83°Brix, por Swami e Wagh (2013) em estudo com polpas de frutas e por Guilherme et al. (2007) em estudo com melado de algaroba (*Prosopis juliflora*) a 71°Brix em que a viscosidade aparente diminuiu de 3300 mPa.s (20°C) para 950 mPa.s (30°C) na rotação de 60rpm.

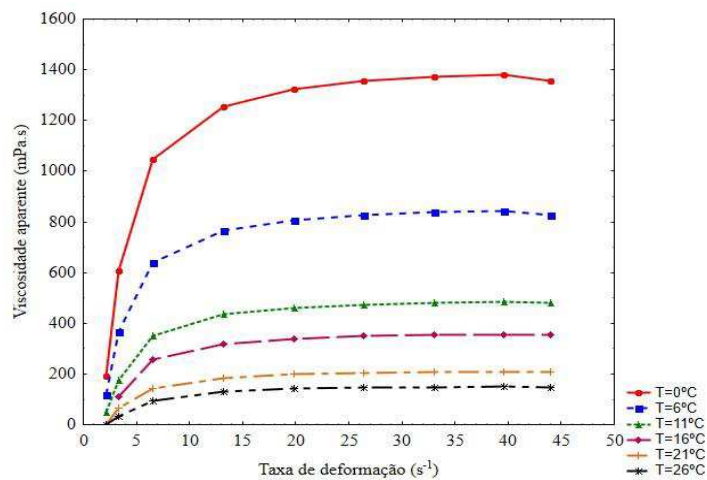


Figura 4.4 - Gráfico da taxa de deformação (s^{-1}) versus viscosidade aparente (mPa.s) para o açúcar líquido de algaroba a 70°Brix nas temperaturas de 0, 6, 11, 16, 21 e 26°C

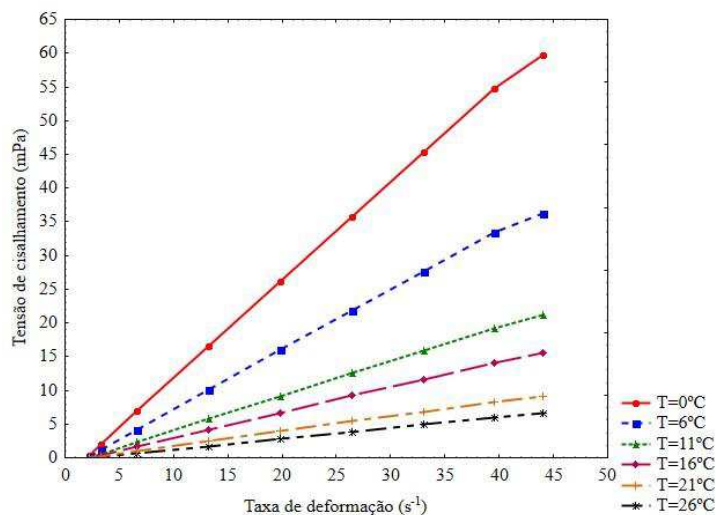


Figura 4.5 - Gráfico da taxa de deformação (s^{-1}) versus tensão de cisalhamento (mPa) para o açúcar líquido de algaroba a 70°Brix nas temperaturas de 0, 6, 11, 16, 21 e 26°C

Na Tabela 4.12 se encontram os parâmetros dos modelos reológicos de Casson, Herschel-Bulkley, Ostwald-de-Waele e Mizrahi-Berk, ajustados à caracterização reológica do açúcar líquido de algaroba (Figura 4.5), para cada temperatura estudada, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2) e os desvios quadrados médios (DQM).

Tabela 4.12 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadrados médios (DQM) dos modelos reológicos ajustados aos gráficos do açúcar líquido de algaroba

Parâmetros						
Modelo	Temp. (°C)	K_{oc}	K_c	R^2 (%)	DQM	
Casson	0	-0,551627	1,260598	99,93	0,7968	
	6	-0,421009	0,982342	99,92	0,5127	
	11	-0,385695	0,757502	99,94	0,2666	
	16	-0,341946	0,650997	99,92	0,2216	
	21	-0,283576	0,503260	99,92	0,1288	
	26	-0,260205	0,428386	99,91	0,0994	
Herschel-Bulkley		K_{oh}	K_h	n_h	R^2 (%)	DQM
	0	1,707301	-3,35851	0,956404	99,99	0,2943
	6	1,064651	-2,10497	0,950430	99,99	0,2071
	11	0,570403	-1,20052	0,971121	99,99	0,0724
	16	0,441780	-0,98982	0,958498	99,99	0,0370
	21	0,251326	-0,57975	0,968192	99,99	0,0309
26	0,179401	-0,43934	0,969117	99,99	0,0302	
Mizrahi & Berk		K_{om}	K_m	n_m	R^2 (%)	DQM
	0	-2,68981	2,662476	0,361184	99,99	0,2687
	6	-2,21482	2,167163	0,353709	99,99	0,1765
	11	-1,65724	1,586614	0,362880	99,99	0,0721
	16	-1,65447	1,522847	0,344079	99,99	0,0583
	21	-1,33028	1,198173	0,341384	99,99	0,0257
26	-1,31148	1,136745	0,323781	99,99	0,0183	
Ostwald-de-Waele		K_p	n_p	R^2 (%)	DQM	
	0	0,987958	1,089685	99,88	1,0650	
	6	0,608657	1,086569	99,87	0,6712	
	11	0,324639	1,108675	99,87	0,3802	
	16	0,236306	1,111051	99,85	0,3076	
	21	0,134326	1,121053	99,84	0,1840	
26	0,092216	1,131503	99,82	0,1418		

Para o açúcar líquido de algaroba todos os modelos apresentaram coeficientes de determinação (R^2) acima 0,99 e desvios quadráticos médios menores que 1, com exceção da temperatura 0°C de Ostwald-de-Waele. Dentre os modelos Herschel-Bulkley e Mizrahi & Berk reportaram os melhores ajustes, por apresentarem R^2 igual a 99,99 e desvios quadráticos médios menores que 0,3; entretanto, o parâmetro K_{om} (modelo Mizrahi & Berk) apresentou valores negativos para todas as temperaturas estudadas, o que é inaceitável considerando-se o

significado físico do parâmetro; logo, não é adequado para descrever o comportamento reológico do açúcar líquido de algaroba; pelo mesmo motivo, descartou-se o modelo de Casson.

Os modelos matemáticos que descrevem o reograma do açúcar líquido de algaroba (Figura 4.5) são os de Herschel-Bulkley e Ostwald-deWaele. Observa-se que ocorreu diminuição do parâmetro K_{oh} e K_p (índice de consistência) com o aumento da temperatura enquanto os valores de n_p (índice de comportamento do fluido) foram bem próximos a 1 (Herschel-Bulkley) e maiores que 1 (Ostwald-deWaele) confirmando as características de um fluido dilatante (TONELI et al., 2005) comportamento este visualizado também na Figura 4.4, na faixa de taxa de deformação de 0 a $20s^{-1}$; a partir deste ponto, todavia, a viscosidade aparente não varia significativamente ($p>0,05$) para a mesma temperatura.

Bravo et al. (1998) observaram, estudando xaropes de vagens de *Prosopis pallida*, comportamento não-newtoniano e pseudoplástico, com teores de sólidos solúveis maiores que 75°Brix , apresentando diminuição da viscosidade sempre que se aumentou a taxa de deformação, o que diverge do presente estudo.

Na Figura 4.6 estão plotados os resultados experimentais de tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação do açúcar líquido de algaroba a 70°Brix nas temperaturas de 0, 6, 11, 16, 21 e 26°C , descritas pelos modelos Herschel-Bulkley e Ostwald-de-Waele, modelos esses que melhor representam o reograma do açúcar líquido de algaroba.

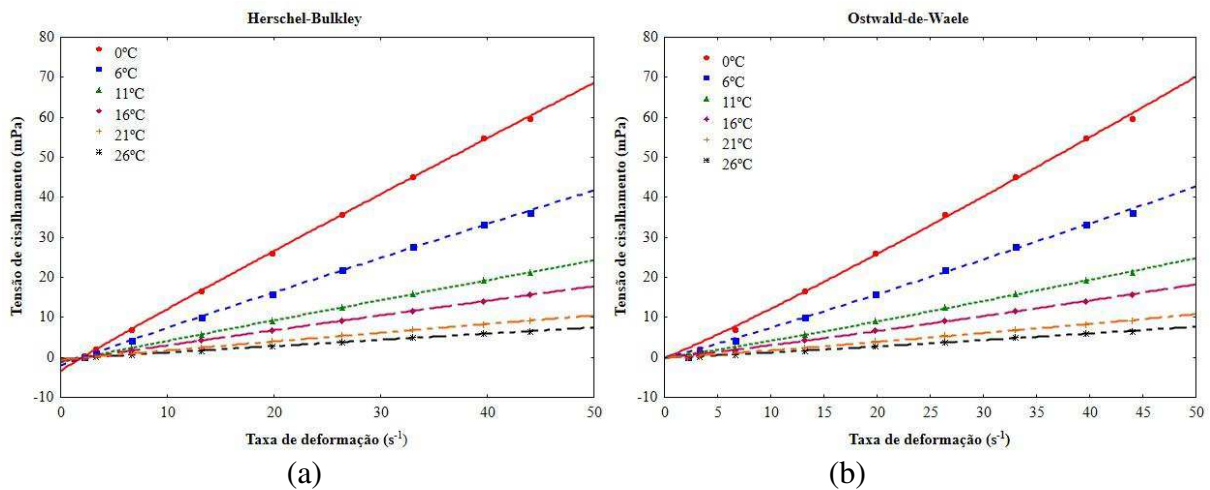


Figura 4.6 - Relação da taxa de deformação (s^{-1}) *versus* tensão de cisalhamento (mPa) para o açúcar líquido de algaroba a 70°Brix nas temperaturas de 0, 6, 11, 16, 21 e 26°C descritas pelos modelos de (a) Herschel-Bulkley e (b) Ostwald-de-Waele

4.4.3 Aplicação do açúcar líquido de algaroba em bolo tipo *cupcake*

Os resultados da caracterização dos cupcakes estão dispostos nas Figuras 4.7 a 4.9 e nas Tabelas 4.13 a 4.16.

4.4.3.1 Caracterização do bolo com adição de açúcar líquido de algaroba

A Figura 4.7 ilustra as alturas dos cupcakes produzidos sem adição de açúcar líquido de algaroba e com adição de açúcar líquido.

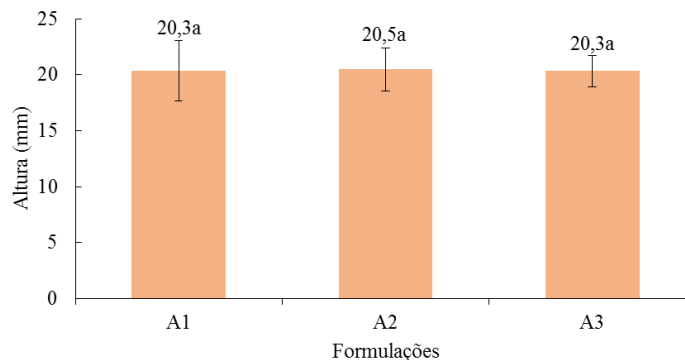


Figura 4.7 - Alturas dos cupcakes elaborados com diferentes proporções de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum

Ao analisar a Figura 4.7 verifica-se que os cupcakes não diferiram estatisticamente na altura, o que permite afirmar que a substituição do açúcar comum por açúcar líquido na proporção de até 20% não influenciou no crescimento dos bolos.

Barbosa e Silva (2015) verificaram, ao substituir o açúcar convencional por solução conjunta de sucralose a 1%, e goma xantana a 1,5%, redução no volume específico dos bolos como resultado da deficiência de expansão da massa durante o assamento. Semelhante comportamento foi relatado por esses autores, quando utilizaram os adoçantes sucralose e acessulfame K em substituição ao açúcar comum, concluindo que todas essas combinações afetam negativamente a estrutura final do produto.

Em relação à cor dos cupcakes, os valores obtidos para os parâmetros de cor das três formulações estão na Tabela 4.13.

Nota-se, em relação à luminosidade (L^*) da crosta dos cupcakes, que a introdução de açúcar líquido de algaroba não resultou em diferença significativa entre as amostras; apenas os parâmetros a^* e b^* diferiram em relação à formulação controle, significativamente.

Tabela 4.13 - Parâmetros de cor para a crosta e miolo dos bolos tipo cupcake elaborado com diferentes proporções de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum

Formulação	Parâmetros de cor da crosta		
	L*	a*	b*
A1	54,72 ± 2,83 ^a	16,14 ± 0,83 ^a	36,62 ± 1,19 ^a
A2	53,36 ± 1,83 ^a	8,05 ± 0,07 ^b	32,31 ± 0,48 ^c
A3	53,93 ± 1,29 ^a	10,62 ± 2,9 ^b	34,19 ± 0,88 ^b
Formulação	Parâmetros de cor do miolo		
	L*	a*	b*
A1	73,90 ± 0,77 ^a	1,79 ± 0,18 ^c	23,10 ± 0,52 ^c
A2	60,24 ± 1,70 ^b	3,14 ± 0,60 ^a	28,49 ± 1,11 ^b
A3	60,22 ± 2,08 ^b	2,73 ± 0,17 ^b	30,35 ± 0,39 ^a

L - corresponde à claridade ou luminosidade; a - define a transição da cor verde (-a) para a cor vermelha (+a); b - representa a transição da cor azul (-b) para a cor amarela (+b). A1, A2 e A3: Referem-se às formulações elaboradas com 0%, 10% e 20% de açúcar líquido de algaroba, respectivamente. Letras iguais na mesma coluna indicam variação não-significativa entre as formulações (p<0,05) pelo teste de Tukey

Para os miolos, a luminosidade (L*) diminuiu com o acréscimo do açúcar líquido de algaroba e os parâmetros a* e b* permite confirmar o aumento do tom vermelho no produto final. Comportamento semelhante foi observado por Akbulut e Bilgiçli (2009) ao substituírem totalmente o açúcar convencional por xarope de frutas como damasco, uva e melancia com Brix variando entre 70 – 80°Brix, ocorrendo diferença significativa em nível de 5% de probabilidade para todos os parâmetros de cor, ressaltando também a perda da luminosidade nas formulações com os xaropes de frutas.

Na Tabela 4.14 estão dispostos os resultados dos parâmetros de textura para as três formulações de bolo tipo cupcake.

Tabela 4.14 - Valores obtidos para os parâmetros de textura para os bolos tipo cupcake elaborado com diferentes proporções de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum

Parâmetros	A1	A2	A3
Firmeza (N)	8,98 ± 0,03 ^b	9,68 ± 0,37 ^a	9,06 ± 0,19 ^b
Coabilidade	0,55 ± 0,00 ^b	0,56 ± 0,02 ^{ab}	0,60 ± 0,03 ^a
Mastigabilidade (N.mm)	1,80 ± 0,05 ^{ab}	1,70 ± 0,31 ^b	2,29 ± 0,18 ^a
Elasticidade	0,37 ± 0,01 ^b	0,31 ± 0,06 ^{ab}	0,42 ± 0,01 ^a
Adesividade (mJ)	0,0005 ± 0,0001 ^a	0,0006 ± 0,0001 ^a	0,0002 ± 0,0001 ^b
Gomosidade (N)	4,91 ± 0,04 ^b	5,41 ± 0,05 ^{ab}	5,47 ± 0,36 ^a

A1, A2 e A3: Referem-se às formulações elaboradas com 0%, 10% e 20% de açúcar líquido de algaroba, respectivamente. Letras iguais na mesma linha indicam variação não-significativa entre as formulações (p<0,05) pelo teste de Tukey

Em relação aos parâmetros texturiais, a formulação controle (A1) apenas diferiu da formulação (A2) para a firmeza dos cupcakes. Comparando com a formulação de maior

percentual de substituição do açúcar (A3), a formulação controle foi diferente significativamente para coesividade, elasticidade e gomosidade.

Esteller et al. (2004) atribuem a alteração da firmeza da massa a qualquer mudança realizada na proporção dos ingredientes, comportamento observado por Schirmer et al. (2012) que, ao formular bolos com a substituição da sacarose por polidextrose em concentrações que variaram de 0 a 100% de substituição, reportaram que a firmeza e a coesividade dos bolos diminuíram à medida que se aumentava a concentração de polidextrose na massa.

Quando se analisa a influência da concentração do açúcar líquido de algaroba, formulações A2 e A3, nos parâmetros texturiais, pode-se afirmar que apenas a mastigabilidade foi maior para os cupcakes com 20% de açúcar líquido de algaroba (A3), resultado que refletiu na adesividade, diminuindo-a em relação às outras formulações.

O teor de água utilizado nas formulações das massas dos cupcakes está relacionado com a composição química do composto e sua capacidade de absorção de água. Schirmer et al. (2012) reportaram, em análise de textura das massas cruas dos bolos, valores maiores de firmeza para as formulações que continham polidextrose; neste estudo foram determinados o teor de água e a atividade de água dos cupcakes após forneamento cujos resultados estão dispostos na Tabela 4.15.

Tabela 4.15 - Teor de água e atividade de água dos bolos tipo cupcake elaborado com diferentes proporções de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum

Composição	A1	A2	A3
Teor de água (g/100g)	17,76 ± 0,03 ^a	15,52 ± 0,38 ^b	16,84 ± 0,52 ^a
Atividade de água	0,79 ± 0,00 ^a	0,79 ± 0,02 ^a	0,77 ± 0,01 ^a

A1, A2 e A3: Referem-se às formulações elaboradas com 0%, 10% e 20% de açúcar líquido de algaroba, respectivamente. Letras iguais na mesma linha indicam variação não-significativa entre as formulações ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

O teor de água da formulação controle (A1) não diferiu da formulação que continha mais açúcar líquido de algaroba (A3); entretanto, diferiu da formulação A2. Os valores reportados estão abaixo do valor do reportado por Esteller et al., (2006) como sendo o ideal para bolos a serem comercializados e atribui, como esperado, o teor de água em torno de 30% para bolos industrializados.

Em relação à atividade de água dos cupcakes, não houve diferença significativa entre as amostras, demonstrando que as formulações necessitaram, no ato da homogeneização da massa, da mesma quantidade de água.

4.4.3.2 Análise microbiológica do bolo adicionado de açúcar líquido

Os resultados das análises microbiológicas dos cupcakes submetidos à análise sensorial, estão dispostos na Tabela 4.16, a seguir.

Tabela 4.16 – Resultados das análises microbiológicas dos cupcakes elaborados com diferentes proporções de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum

Parâmetro	Resultados para as formulações		
	A1	A2	A3
<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)	1,0 x 10 ² est.	1,0 x 10 ² est.	1,0 x 10 ² est.
Coliformes a 45°C (NMP/g)	< 3,0	< 3,0	< 3,0
<i>Salmonella</i> sp. em 25g	Ausência	Ausência	Ausência
Estaf. coag. positiva (UFC/g)	1,0 x 10 ² est.	1,0 x 10 ² est.	1,0 x 10 ² est.

De acordo com a RDC nº 12 de 02/01/2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, os cupcakes estavam dentro dos padrões estabelecidos para os microrganismos *Bacillus cereus* (10³ UFC/g), Coliformes a 45 °C (10² NMP/g), *Salmonella* sp (ausência) e *Estafilococos coagulase-positiva* (5 x 10² UFC/g).

4.4.3.3 Análise sensorial do bolo adicionado de açúcar líquido

A análise sensorial realizada contou com 60 avaliadores não treinados; 65% do gênero feminino e 35% do gênero masculino com idades entre 16 e 60 anos. Os resultados quanto aos atributos sensoriais, estão dispostos na Tabela 4.17, representados graficamente na Figura 4.8, a seguir.

Tabela 4.17 - Aceitação média quanto aos atributos de aparência, cor, aroma, sabor, textura, aceitação global e intenção de compra obtidas pelo cupcakes elaborado com diferentes proporções de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum

Formulação	Formulações		
	A1	A2	A3
Aparência	7,8 ± 1,0 ^a	7,5 ± 1,2 ^a	7,8 ± 1,1 ^a
Cor	7,4 ± 1,6 ^a	7,7 ± 0,9 ^a	7,8 ± 0,9 ^a
Aroma	6,4 ± 1,9 ^b	7,2 ± 1,3 ^a	7,5 ± 1,3 ^a
Sabor	7,3 ± 1,3 ^a	7,5 ± 1,4 ^a	7,2 ± 1,3 ^a
Textura	7,3 ± 1,2 ^a	7,5 ± 1,7 ^a	7,3 ± 1,5 ^a
Aceitação Global	7,5 ± 1,0 ^a	7,6 ± 1,1 ^a	7,6 ± 0,9 ^a
Intenção de compra	4,2 ± 1,0 ^a	4,2 ± 0,9 ^a	4,2 ± 0,8 ^a

A1, A2 e A3: Referem-se às formulações elaboradas com 0%, 10% e 20% de farinha de resíduo algaroba, respectivamente. Letras iguais na mesma linha indicam variação não-significativa entre as formulações (p<0,05) pelo teste de Tukey

As amostras oferecidas aos provadores somente foram diferentes significativamente quanto ao atributo aroma sendo os maiores escores atribuídos aos cupcakes que continham o açúcar líquido de algaroba.

Akbulut & Bilgiçli (2009) obtiveram, estudando a substituição total do açúcar convencional por xaropes de frutas como damasco, uva e melancia com Brix variando entre 70 a 80°Brix, respostas satisfatórias e superiores em relação à formulação controle, para todos os atributos.

Testes sensoriais foram realizados anteriormente com produtos açucarados de vagens de algaroba; entretanto, no estudo de Guilherme et al. (2007) ao realizar testes sensoriais oferecendo o melado de algaroba espalhado em fatia de pão torrado, os escores ficaram no intervalo de rejeição (<5,0) para todos os atributos e a intenção de compra em “possivelmente não iria comprar”. Todavia, Borges (2004) obteve resultados satisfatórios quando aplicou, em substituição ao açúcar comum, o melado de algaroba em sorvetes, entre provadores com idade de 11 a 23 anos, obtendo escores acima de 7 para todos os atributos sensoriais e intenção de que “possivelmente compraria o produto”.

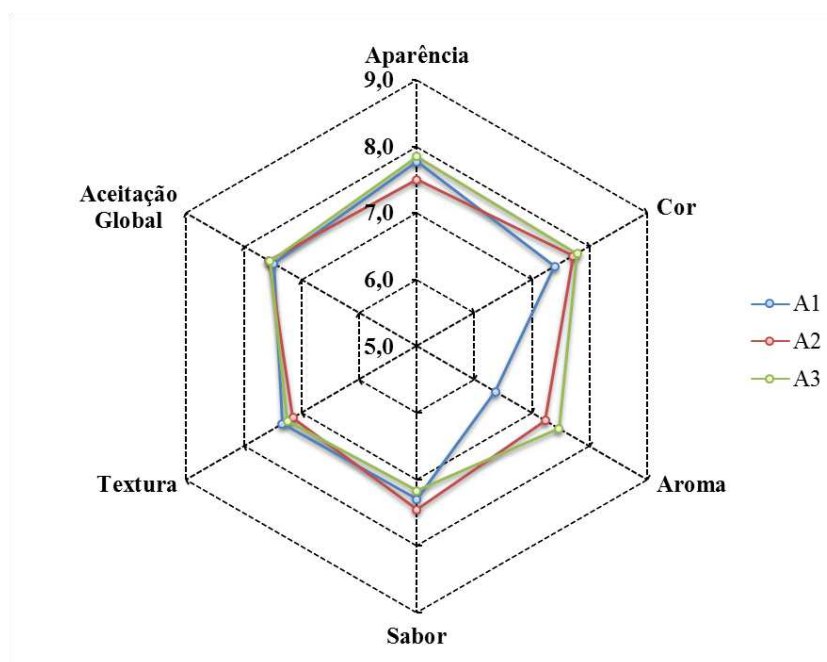


Figura 4.8 - Perfil sensorial dos cupcakes elaborados com diferentes proporções de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum

A1, A2 e A3: Referem-se às formulações elaboradas com 0%, 10% e 20% de açúcar líquido de algaroba, respectivamente

O perfil sensorial, ilustrado na Figura 4.8, permite visualizar que apenas o atributo aroma apresentou distanciamento dos pontos referentes às formulações, confirmando a análise estatística dos resultados.

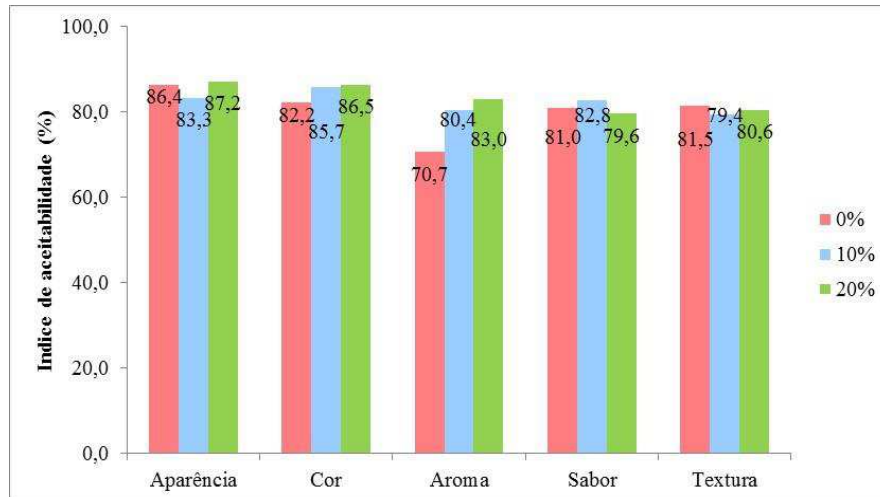


Figura 4.9 - Índice de aceitabilidade quanto aos atributos de aparência, cor, aroma, sabor e textura obtido pelos cupcakes elaborados com diferentes proporções de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum.

A1, A2 e A3: Referem-se às formulações elaboradas com 0%, 10% e 20% de açúcar líquido de algaroba, respectivamente

Devido ao fato de não apresentar diferença entre as formulações, pode-se verificar que os índices de aceitabilidade, ilustrados na Figura 4.9, das amostras, foram próximos, com exceção do atributo aroma. Os resultados dos índices de aceitabilidade para as formulações que continham o açúcar líquido de algaroba, foram considerados satisfatórios e maiores que 79%. O fato de não apresentar diferença significativa a nível de 5% entre as formulações do presente estudo, possibilita o uso com percentuais maiores em produtos, a fim de investigar até que concentração do açúcar líquido de algaroba será sensorialmente aceito.

4.5. Resíduo sólido

Da prensagem das vagens intumescidas para obtenção do caldo de algaroba, resultou uma torta, gerando um resíduo sólido úmido com teor de água médio de $39,50 \pm 1,06$ %, carboidratos totais de $45,30 \pm 1,52$ % e teores em base seca de proteínas, cinzas e lipídios de $10,84 \pm 1,29$, $1,86 \pm 0,16$ e $2,50 \pm 0,07$ %, respectivamente. O resíduo sólido úmido foi armazenado congelado em potes de polipropileno até o momento da secagem.

4.5.1 Cinética de secagem

A secagem ocorreu nas temperaturas adotadas de 40, 50 e 60°C com teores de água iniciais, em média, de 40% b.u.

A perda de água ocorreu de forma mais lenta na menor temperatura, 40°C, resultando em um tempo de secagem de 20 h (1200 min) e para as temperaturas de 50 e 60°C os tempos gastos foram 13 h (780 min) e 10 h (600 min) respectivamente, tornando significativa a influência da temperatura na redução do tempo de secagem. Este comportamento também foi observado na secagem de outros resíduos, tais como grãos residuais de urucum (SANTOS et al., 2013), bagaço do maracujá-amarelo (MENEZES et al., 2013) e casca de mandioca, resultantes de extração de amido (VILHALVA et al., 2012).

No equilíbrio, os teores finais de água foram de 5,30; 4,98 e 3,16% b.s. respectivamente, para as temperaturas de 40, 50 e 60°C, podendo-se notar que os valores de X_e reduziram à medida que se tinha o aumento da temperatura do ar de secagem. O produto resultante da secagem foi um resíduo seco, com baixos teores de água, cor amarelo-pálida e estrutura quebradiça, o que facilitou a trituração no micro moinho de facas.

Na Tabela 4.18 estão os parâmetros e coeficientes de determinação (R^2) e do desvio quadrado médio (DQM), para os modelos ajustados à cinética de secagem do resíduo de algaroba seco sob diferentes temperaturas.

Tabela 4.18 - Coeficientes dos quatro modelos analisados, coeficientes de determinação (R^2) e desvio quadrado médio (DQM), da secagem do resíduo de algaroba, para as diferentes temperaturas

Parâmetros								
Page	K			n			R^2 (%)	DQM
40°C	0,0024			1,0649			99,92	0,0145
50°C	0,0050			1,0764			99,91	0,0149
60°C	0,0164			0,9531			99,87	0,0163
Cavalcanti Mata	A_1	K_1	N_1	A_2	N_2	A_3	R^2 (%)	DQM
40°C	0,4833	0,0017	1,1345	0,4833	1,1345	0,0144	99,95	0,0116
50°C	0,4103	0,0034	1,1578	0,5512	1,1561	0,0189	99,97	0,0092
60°C	0,4975	0,0160	0,9610	0,4975	0,9610	0,0054	99,88	0,0160
Herdenson & Pabis	A			k			R^2 (%)	DQM
40°C	1,0070			0,0035			99,90	0,0172
50°C	1,0132			0,0073			99,88	0,0171
60°C	0,9864			0,0132			99,86	0,0170
Midilli et al.	A	k	n	B		R^2 (%)	DQM	
40°C	0,9805	0,0017	1,1299	0,000010		99,95	0,0117	
50°C	0,9841	0,0039	1,1254	0,000014		99,95	0,0111	
60°C	1,0020	0,0165	0,9521	0,000005		99,87	0,0161	

De acordo com os resultados obtidos observa-se que, para as diferentes condições de secagem adotadas, todos os modelos matemáticos ajustados aos valores observados resultaram em coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99 e valores de DQM menores que 1, indicando uma representação satisfatória da secagem (MOHAPATRA E RAO, 2005; CORRÊA et al., 2010). Esta análise também pode ser obtida ao se observar os gráficos que representam os valores observados com os valores estimados da razão do teor de água, em função do tempo (Figuras 4.10 a 4.13).

Em relação ao modelo de Page, o coeficiente k , que tem relação direta com o coeficiente de difusão, aumentou com o aumento da temperatura de secagem. De acordo com Corrêa et al. (2010) o parâmetro “ k ” tende a aumentar visto que maiores temperaturas acarretam maiores taxas de secagem, chegando ao teor de água de equilíbrio em menor tempo de submissão do produto ao ar de secagem. Sousa et al. (2006) reportaram, estudando a secagem do farelo de mamona (*Ricinus communis L.*), com temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C e espessuras de camada de 1, 3 e 5 cm e Alexandre et al. (2013), ao secar cascas de abacaxi nas temperaturas 40, 50 e 60°C, também reportaram que o modelo de Page apresentou melhor ajuste aos dados experimentais.

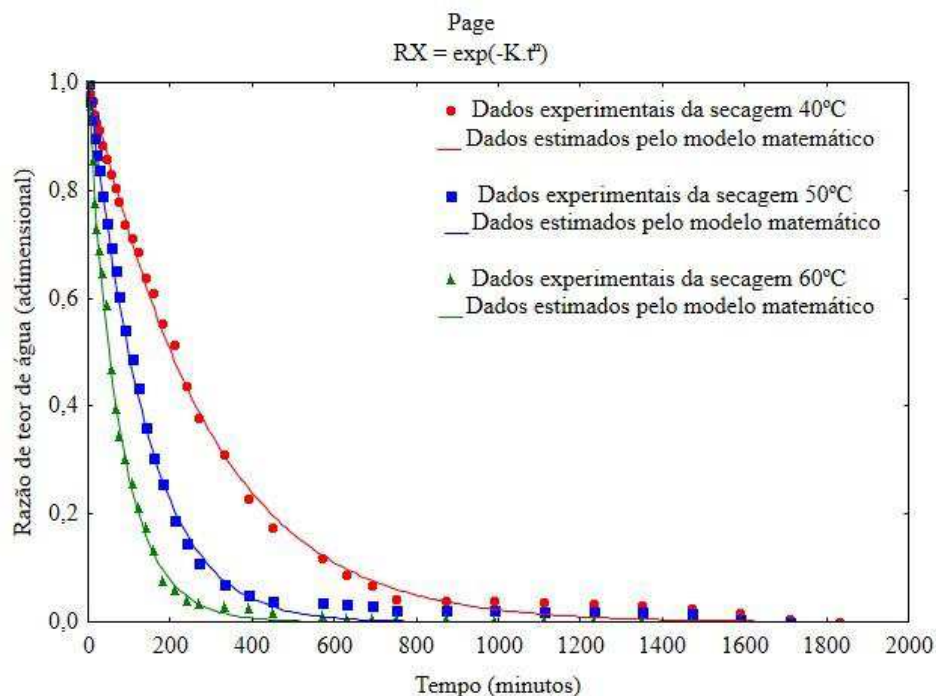


Figura 4.10 - Valores experimentais e estimados da razão de teor de água em função do tempo, para a secagem do resíduo de algaroba nas temperaturas de secagem de 40° a 60°C, de acordo com o modelo de Page

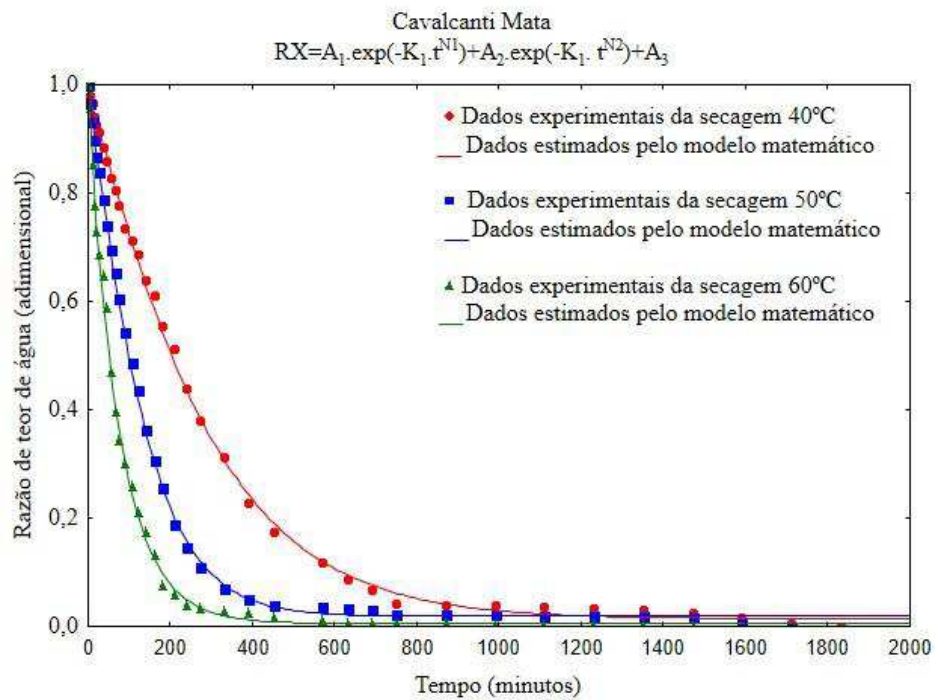


Figura 4.11 - Valores experimentais e estimados da razão de teor de água em função do tempo, para a secagem do resíduo de algaroba nas temperaturas de secagem de 40° a 60°C, de acordo com o modelo de Cavalcanti Mata

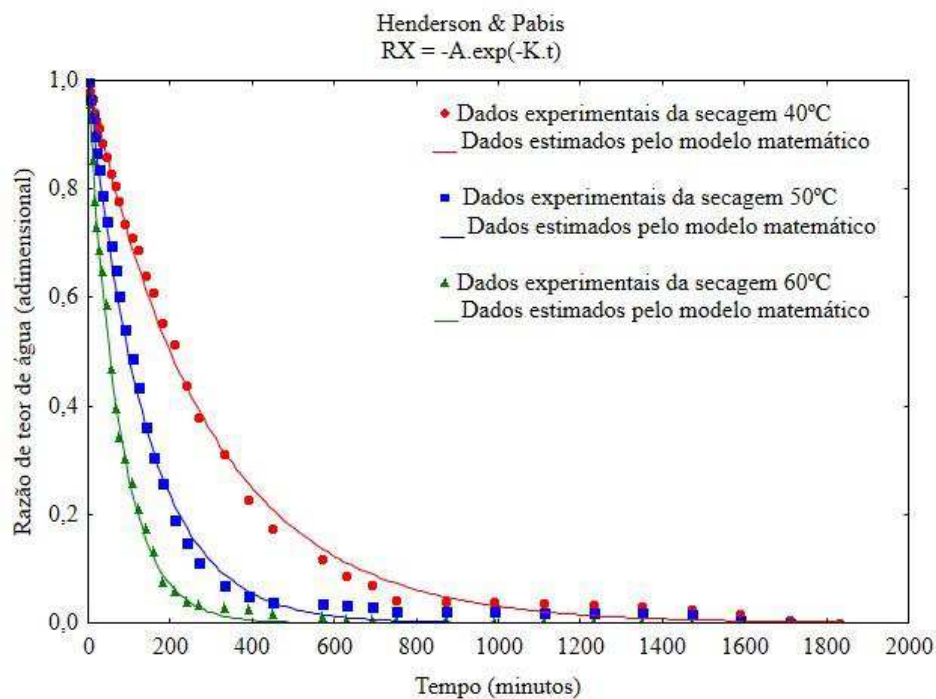


Figura 4.12 - Valores experimentais e estimados da razão de teor de água em função do tempo, para a secagem do resíduo de algaroba nas temperaturas de secagem de 40° a 60°C, de acordo com o modelo de Henderson & Pabis

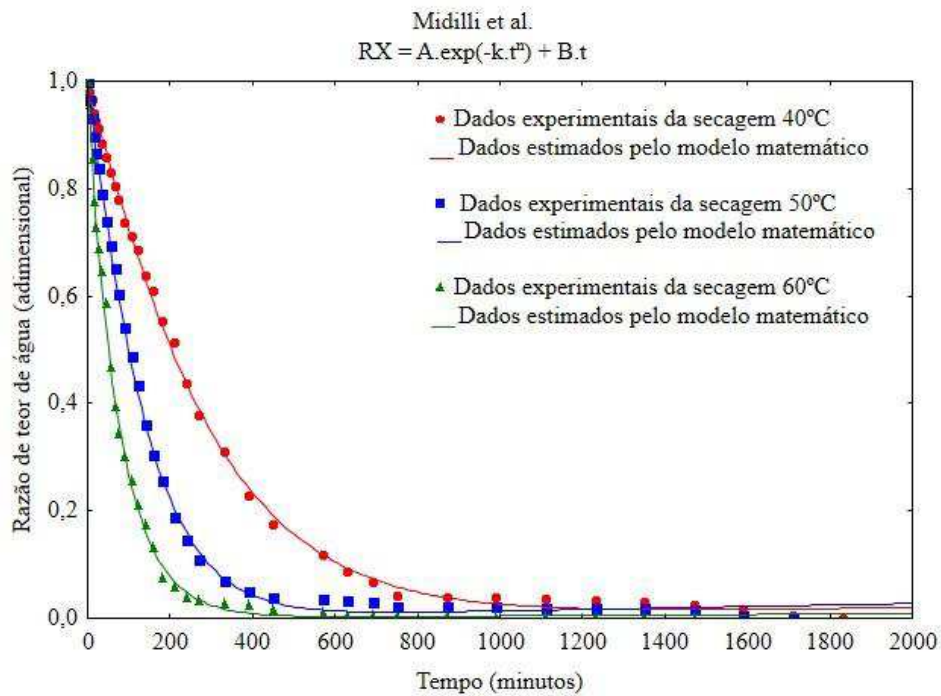


Figura 4.13 - Valores experimentais e estimados da razão de teor de água em função do tempo, para a secagem do resíduo de algaroba, nas temperaturas de secagem de 40° a 60°C, de acordo com o modelo de Midilli et al.

As análises da distribuição dos resíduos para as três temperaturas de secagem com ajustes dos quatro modelos matemáticos utilizados estão dispostas no Apêndice B, Figuras B1 a B4. Os quatro modelos utilizados apresentaram aleatoriedade na distribuição dos resíduos confirmando o ajuste satisfatório desses modelos para descrever a cinética de secagem do resíduo de algaroba, nas condições estudadas.

4.5.2 Granulometria

Os resultados da granulometria das amostras analisadas estão na Tabela 4.19. Dentre as malhas analisadas a que apresentou o percentual maior, cerca de 70% para as três temperaturas, foi o que ficou retido na peneira de 20 mesh. Este material é composto de sementes e suas cápsulas, que não foram trituradas pelo micro moinho de facas. Em relação às outras malhas, cerca de 30%, as que possuem características adequadas para processamentos alimentícios, devido à sua semelhança com farinhas convencionais, são as farinhas de 60, 80, 100 e 115 mesh que corresponderam totais de 8,2; 6,24 e 8,7% para as temperaturas de 40, 50 e 60°C respectivamente.

Tabela 4.19 - Rendimento em percentual (%) das farinhas obtidas nas peneiras para as três temperaturas de secagem 40, 50 e 60°C respectivamente

Peneira Tyler (mesh)	Rendimento (%) para as temperaturas de secagem (°C)		
	40	50	60
>20	72,15 ± 0,31 ^a	70,77 ± 0,20 ^b	67,42 ± 0,23 ^c
20	14,05 ± 0,48 ^b	16,15 ± 0,58 ^a	17,26 ± 0,16 ^a
35	5,60 ± 0,46 ^b	6,83 ± 0,61 ^a	6,63 ± 0,33 ^{ab}
60	3,11 ± 0,20 ^a	2,07 ± 0,40 ^b	2,68 ± 0,21 ^{ab}
80	0,59 ± 0,05 ^a	0,60 ± 0,02 ^a	0,69 ± 0,05 ^a
100	0,29 ± 0,04 ^b	0,34 ± 0,04 ^{ab}	0,43 ± 0,06 ^a
115	4,21 ± 0,54 ^a	3,23 ± 0,30 ^b	4,88 ± 0,19 ^a

Letras diferentes na mesma linha para um mesmo componente indicam diferença estatística pelo teste de Tukey (P<0,05)

Em relação às temperaturas de secagem, houve diferença significativa para quase todas as farinhas podendo-se destacar que os maiores rendimentos observados nas farinhas de menores granulometrias foram reportados para os resíduos secos a 60°C, o que pode ser justificado devido ao seu menor teor de água resultando em maior facilidade de trituração. Silva (2009), ao utilizar moinho de facas na trituração de resíduo de algaroba, reportou melhores resultados que o do presente estudo, para farinhas obtidas das malhas de 60 (6,68% e 5,49%), 80 (3,15% e 2,36%) e 100 mesh (8,47% e 5,98%) nas temperaturas de 50 e 60°C, respectivamente. Os maiores percentuais de rendimento foram obtidos para as farinhas com granulometria de 115 mesh, ilustradas na Figura 4.14.

**Figura 4.14** – Farinha residual de algaroba a 115 mesh obtida a 50°C

Fonte: Foto de própria autoria

4.6 Farinhas

4.6.1. Caracterização física e química das farinhas

Os resultados das determinações físicas, físico-químicas e químicas das farinhas analisadas, estão dispostos nas Tabelas 4.20 a 4.23.

Tabela 4.20 - Parâmetros de cor para as farinhas dos resíduos da algaroba com granulometria 115 mesh nas três temperaturas de secagem 40, 50 e 60°C, respectivamente

	Parâmetros de Cor		
	L*	a*	b*
F40	72,07 ± 0,75 ^b	2,50 ± 0,09 ^b	19,32 ± 0,74 ^a
F50	74,32 ± 0,34 ^a	2,40 ± 0,09 ^b	19,58 ± 0,26 ^a
F60	69,54 ± 0,53 ^c	3,70 ± 0,04 ^a	19,96 ± 0,07 ^a

L - corresponde à claridade ou luminosidade; *a* - define a transição da cor verde (*-a*) para a cor vermelha (*+a*); *b* - representa a transição da cor azul (*-b*) para a cor amarela (*+b*). F40 – Farinha do resíduo de algaroba seca a 40°C, F50 – Farinha do resíduo de algaroba seca a 50°C e F60 – Farinha do resíduo de algaroba seca a 60°C. Letras diferentes na mesma coluna para um mesmo componente indicam diferença estatística pelo teste de Tukey (P<0,05)

Dentre os parâmetros de cor (Tabela 4.20) observa-se que houve diferença significativa devido às temperaturas, somente em relação aos parâmetros L* e a*. A luminosidade (L*) foi maior para a farinha seca a 50°C e menor para a farinha seca à temperatura de 60°C, o que permite afirmar que, com o aumento da temperatura (acima de 50°C) houve um escurecimento do produto, o que também pode ser confirmado em virtude do aumento significativo, a nível de 5%, do parâmetro a*. Este comportamento pode ser explicado, devido a exposição do resíduo por longo tempo na temperatura de secagem de 60±3°C, favorecendo a reação de Maillard, que ocorre em temperaturas acima de 50°C na presença de açúcares e proteínas do resíduo, contribuindo para o escurecimento (FERREIRA e PENA, 2010; COIMBRA et al., 2011).

Em relação à composição química, Tabela 4.21, o teor de água final foi menor para a farinha proveniente da secagem a 60°C e não houve diferença significativa entre os teores de água final das farinhas secas a 40 e 50°C. Analisando os resultados de lipídios pôde-se observar diminuição significativa (p<0,05) à medida que se aumentou a temperatura de secagem, o que pode ser justificado pela degradação desses compostos em razão do aumento da temperatura (FENNEMA et al., 2010).

Tabela 4.21 - Composição química (g/100g) e valor Calórico (kcal) das farinhas dos resíduos da algaroba, com granulometria 115 mesh, nas três temperaturas de secagem 40, 50 e 60°C respectivamente

Composição	F40	F50	F60
Teor de água	5,48 ± 0,17 ^a	5,15 ± 0,20 ^a	2,79 ± 0,09 ^b
Lipídios	9,02 ± 0,08 ^a	7,20 ± 0,10 ^b	6,35 ± 0,17 ^c
Proteínas	12,73 ± 0,15 ^c	15,93 ± 0,60 ^b	21,26 ± 0,05 ^a
Carboidratos totais	70,23 ± 0,03 ^a	68,96 ± 0,81 ^b	67,06 ± 0,24 ^c
Cinzas	2,49 ± 0,03 ^b	2,76 ± 0,02 ^a	2,54 ± 0,06 ^b
Valor calórico	413,19 ± 1,16 ^a	404,40 ± 0,37 ^c	410,46 ± 0,75 ^b

F40 – Farinha do resíduo de algaroba seca a 40°C, F50 – Farinha do resíduo de algaroba seca a 50°C e F60 – Farinha do resíduo de algaroba seca a 60°C. Letras diferentes na mesma linha para um mesmo componente indicam diferença estatística pelo teste de Tukey (P<0,05). Os valores de lipídios, proteínas e cinzas estão em base seca

Storck et al. (2013) verificaram, ao analisar farinhas provenientes de resíduos de laranja, acerola, uva e maçã, que para todas as farinhas quanto menor a granulometria, maior também o teor de lipídios, comportamento que pode justificar a diferença quando se comparam os resultados obtidos das farinhas residuais de algaroba deste estudo, com os reportados na literatura, por Silva (2009) que relata 1,44% e por Muniz (2009) que reporta 2,79% de lipídios, ambos encontrados em farinha residual de algaroba a 80 mesh.

De forma inversa, o teor de proteínas aumentou à medida que a temperatura de secagem subiu 10°C, culminando 21,26% em base seca para a farinha de 115 mesh seca a 60°C, o que pode ser explicado devido ao resíduo seco a 60°C apresentar teor de água final menor, tornando o material mais quebradiço e facilitando sua trituração no micro moinho de facas, ocorrendo possivelmente, a quebra de algumas sementes e, em contrapartida, a liberação do seu conteúdo rico em proteínas, cerca de 55-60% (KATHIRVEL E KUMUDHA, 2011; FELKER et al., 2013), agregando-se ao conteúdo proteico final da farinha.

O potencial das vagens para obtenção de farinhas de várias espécies de *Prosopis* tem sido alvo de várias pesquisas recentes. Em estudo com utilização da farinha de algaroba na formulação de barras de cereal, Souza e Correia (2015) obtiveram 9,29% de proteínas na farinha integral de algaroba com granulometria de 28 mesh. Felker et al. (2013) reuniram o conteúdo de proteínas de várias farinhas provenientes de espécies do gênero *Prosopis*, em que os teores de proteínas variaram de 6,81 a 11,2 g/100g para *P. glamorosa* e *P. alba*, respectivamente. Os mesmos autores ainda relatam que, ao comparar o conteúdo proteico das sementes e das vagens em relação à composição de aminoácidos, esta última é de melhor qualidade reportando como aminoácidos limitantes apenas a metionina e a cisteína.

A busca de alternativas para enriquecimento nutricional e a preocupação com o destino de resíduos alimentares, têm despertado, nos pesquisadores, estudar o uso desses resíduos em forma de farinhas. Fiorda et al., (2013) obtiveram a 55°C, farinha do bagaço de mandioca com quantidade de proteínas (1,97%), lipídios (2,37%), cinzas (1,81%), em base seca, bem inferiores aos relatado neste trabalho para as três farinhas obtidas; entretanto, o teor de carboidratos de 84,85% é bem superior sendo atribuída, pelos autores, a quantidade de amido ainda na amostra.

Storck et al. (2013) relataram, analisando resíduos de frutas provenientes de uma indústria de suco, que farinhas obtidas na temperatura média de 50°C e com granulometria inferior a 250 mm, possuem teor de proteínas, lipídios, cinzas e carboidratos para resíduos de acerola, laranja, maçã e uva, que favorecem o enriquecimento ou suplementação de preparações alimentícias. Dentre os valores reportados se destaca o conteúdo proteico de 12,1 g/100g e 15,6 g/100g para resíduo de acerola e uva, respectivamente.

4.6.2 Antinutricionais

Os antinutricionais, ácido fítico e taninos, foram quantificados para as farinhas de resíduo de 115 mesh obtidas nas três temperaturas de secagem e os resultados expressos em g/100g de farinha em base seca estão na Tabela 4.22 a seguir.

Tabela 4.22 - Valores médios de ácido fítico e taninos nas farinhas de resíduos

Fatores	F40	F50	F60
Antinutricionais			
Ácido fítico (g/100g)	0,25 ± 0,02 ^c	0,52 ± 0,02 ^b	0,94 ± 0,02 ^a
Taninos (g/100g)	1,07 ± 0,01 ^b	1,04 ± 0,01 ^c	2,71 ± 0,02 ^a

F40 – Farinha do resíduo de algaroba seca a 40°C, F50 – Farinha do resíduo de algaroba seca a 50°C e F60 – Farinha do resíduo de algaroba seca a 60°C. Letras diferentes na mesma linha para um mesmo componente indicam diferença estatística pelo teste de Tukey (P<0,05)

Os teores de ácido fítico das farinhas diminuíram de maneira significativa com o aumento da temperatura de secagem. Em relação aos taninos, o aumento também ocorreu, mas somente para a farinha seca a 60°C. Este aumento de fitatos e taninos na farinha seca a 60°C, é devido ao fato de, provavelmente, a quebra das sementes durante a moagem tornando assim a composição interna da semente disponível na farinha. Em estudo com sementes da espécie *Prosopis africana*, Proll et al. (1998) reportaram 1,25% de fitatos e 0,25% de taninos, semelhante ao encontrado por Moraes et al. (2010) para sementes de linhaça para fitatos (1,23%).

O estudo de resíduos agroindustriais como fontes alternativas de alimentos, vem despertando a necessidade de estudos desses compostos. Leal et al. (2010) encontraram, em estudo com multimisturas compostas por farelo de trigo, fubá, pó de folha de mandioca e pó de casca de ovo, valores para o teor de ácido fítico entre 1,37 e 2,76%, atribuindo esta variação entre as amostras à concentração de farelo de trigo presente. Os mesmos autores ainda ressaltam a importância de se estabelecer limite de tolerância visto que o uso dessas multimisturas muitas vezes está associado à desnutrição infantil.

De Oliveira et al. (2016) obtiveram, ao utilizar sabugo de milho para obtenção de farinha a 80°C, um produto com teor de fitatos de 0,51g/100g de farinha, próximo ao reportado neste estudo. Fukuji et al. (2008) ressaltaram, ao estudar híbridos de milho e seus derivados, a importância de investigação do ácido fítico como antioxidante e reportou valores que variaram de 8 a 0,07% de ácido fítico, para o germe e o endosperma, respectivamente.

Outros pesquisadores analisaram o gênero *Prosopis* na obtenção de farinhas para fins alimentícios e reportaram seus compostos antinutricionais. Galán et al. (2008) reportaram ao estudar farinha integral das vagens de algaroba (*Prosopis juliflora*) seca a 50°C, 1,42 g/100g para fitatos e 0,49 g/100g para taninos. Cardozo et al. (2010) encontraram, em estudo com farinhas de vagens secas a 50°C de *Prosopis alba* e *Prosopis nigra*, 1,19 e 1,39% de ácido fítico, respectivamente. Ambos os estudos com resultados superiores ao reportado neste estudo para farinha do resíduo de algaroba seco a 50°C de 0,52 g de ácido fítico para cada 100g de farinha em base seca.

4.6.3 Fenólicos totais e atividade antioxidante das farinhas

As farinhas residuais de algaroba foram submetidas à elaboração do extrato hidroalcológico e apresentaram rendimentos baixos, menores que 20% (Tabela 4.23). Apesar do baixo rendimento, escolheu-se um extrato binário devido à sua eficácia, pois ocorre aumento da solubilidade de compostos fenólicos na mistura de etanol e água, sendo o etanol o solvente com menor viscosidade e maior poder de penetração no vegetal (JAYAPRAKASHA, GIRENNAVAR & PATIL, 2008).

Tabela 4.23 - Conteúdo de fenólicos totais (TPC) expresso em mg.GAE/100g de amostra seca e capacidade antioxidante determinada através dos métodos FRAP e DPPH• expresso em $\mu\text{mol Tx/g}$ de amostra seca

Extrato	Rendimento do extrato (%)	Fenólicos Totais (mg GAE/100g)	Atividade Antioxidante	
			DPPH• ($\mu\text{mol Tx/g}$)	FRAP ($\mu\text{mol Tx/g}$)
F40	17,7	351,60 \pm 0,47 ^a	11,11 \pm 0,27 ^a	6,09 \pm 0,54 ^a
F50	15,1	281,75 \pm 2,15 ^b	7,95 \pm 0,38 ^c	3,52 \pm 0,20 ^b
F60	19,5	357,54 \pm 3,56 ^a	8,97 \pm 0,09 ^b	2,87 \pm 0,39 ^b

F40 – Farinha do resíduo de algaroba seca a 40°C, F50 – Farinha do resíduo de algaroba seca a 50°C e F60 – Farinha do resíduo de algaroba seca a 60°C. GAE – Equivalente de ácido gálico. Letras diferentes na mesma coluna para um mesmo componente indicam diferença estatística pelo teste de Tukey (P<0,05). Resultados de TPC, FRAP e DPPH expressos em base seca

O conteúdo de fenólicos totais presentes nas farinhas residuais nas três temperaturas de secagem apresentou maiores concentrações nas temperaturas de 40 e 60°C. Estudos sobre a degradação de fenólicos totais em farinhas são escassos na literatura. Teh et al. (2015) ao estudar a influência da temperatura de secagem no teor de fenólicos totais de sementes de cacau concluíram que com o aumento da temperatura diminuiu o teor de fenólicos totais, comportamento também observado por Ahmed et al. (2010) em estudo com farinha de batata doce (*Ipomoea batatas* L. Lam), reportando relação direta dos fenólicos totais com a temperatura de secagem.

É importante ressaltar que os valores encontrados para fenólicos totais podem divergir de estudo para estudo, com base nas influências que os mesmos podem sofrer de fatores adversos como maturação, posição geográfica, forma de cultivo, armazenamento, forma de processamento da farinha e solvente extrator, entre outros (SOARES et al., 2008). Entretanto, até o presente momento o teor de fenólicos totais e a atividade antioxidante em farinha residual de algaroba, não foram citados na literatura; todavia, já existem estudos científicos para farinhas provenientes de vagens inteiras de outras espécies do gênero *Prosopis*. Souza e Correia (2015) reportaram, ao obter farinha das vagens de algaroba obtida a 70°C e com 28 mesh, o teor de fenólicos totais de 339,01 mg GAE/100g de farinha utilizando extrato aquoso. Cardozo et al. (2010) observaram, ao obter extratos aquoso e alcoólico de farinhas provenientes de vagens de *Prosopis alba* e *Prosopis nigra* que maior extração e quantificação de fenólicos foram atribuídas ao extrato aquoso, em média 400 mg GAE/100g. Todavia, ao estudar a farinha obtida dos cotilédones das vagens de *Prosopis alba*, Cattaneo et al. (2016), mensuraram teor de fenólicos totais de 1150 mg GAE/100g, bem superior ao encontrado no mesocarpo das vagens.

Ambos os estudos relatam valores superiores aos encontrados no presente trabalho, para farinhas residuais.

A atividade antioxidante proveniente dos compostos fenólicos vem despertando, na comunidade acadêmica, o interesse em quantificar esses compostos em produtos derivados de resíduos alimentares. Pereira et al. (2013) enco, ntraramao estudar farinha residual de acerola obtida a 60°C, diferença nos teores de fenólicos totais quanto ao extrato analisado, cuja menor extração foi para o extrato aquoso (61,97 mg GAE/100g amostra) seguido do alcoólico (66,91 mg GAE/100g amostra), sendo a melhor quantificação para o hidroalcoólico (88,38 mg GAE/100g amostra). Jacques et al. (2014) encontraram 439 mg GAE/100g amostra seca em farinha de bagaço de uva obtida a 70°C proveniente de vinícolas, teor maior do que o reportado para farinha de casca de limão de 376,3 mg GAE/100g de farinha (DOS SANTOS et al., 2016). Estudos como esses citados, só reforçam a importância de caracterizar esses subprodutos e expor os resultados na literatura, a fim de ressaltar a importância do aproveitamento total desses alimentos.

Existem muitos métodos que diferem em termos de seus princípios de ensaio, das condições experimentais e da presença de antioxidantes particulares refletindo, assim, na variação do potencial antioxidante total (PRIOR et al., 1998). O método DPPH estima a capacidade do extrato para extinguir o radical livre DPPH, enquanto que o teste de FRAP se baseia no potencial de redução de substâncias antioxidantes (CORREIA et al., 2012). Os extratos das farinhas residuais foram submetidos aos métodos DPPH e FRAP, apresentando melhores resultados para o DPPH; entretanto, em ambos a atividade antioxidante foi baixa (WONG et al., 2006; WOJDYŁO, 2007). Alta atividade antioxidante foi relatada por Urdaneta et al. (2014) e por Cardozo et al. (2010) ao estudar farinhas integrais de *Prosopis alba* e *Prosopis nigra*, destacando melhor potencial antioxidante para extratos aquosos.

Em relação à diferença significativa entre as farinhas, constatou-se diminuição na capacidade antioxidante, em ambos os métodos, como aumento da temperatura de secagem, fato este possivelmente justificado devido à degradação e volatilização de antioxidantes em temperaturas elevadas (FENNEMA et al., 2010).

4.7 Bolo com farinha residual de algaroba

Os cupcakes formulados com farinha residual de algaroba foram codificados, F1 (cupcakes elaborados com farinha de trigo convencional), F2 (cupcakes com substituição de

10% da farinha de trigo convencional por farinha residual de algaroba) e F3 (cupcakes com substituição de 20% da farinha de trigo convencional por farinha residual de algaroba). Os resultados das determinações físicas, físico-químicas, químicas e sensoriais estão dispostos nas Tabelas 4.24 a 4.28.

4.7.1 Caracterização física dos cupcakes

Os cupcakes, após forneamento, foram submetidos à determinação de suas dimensões, análises de cor da crosta e dos miolos e determinação da textura, visando analisar possíveis diferenças entre as formulações.

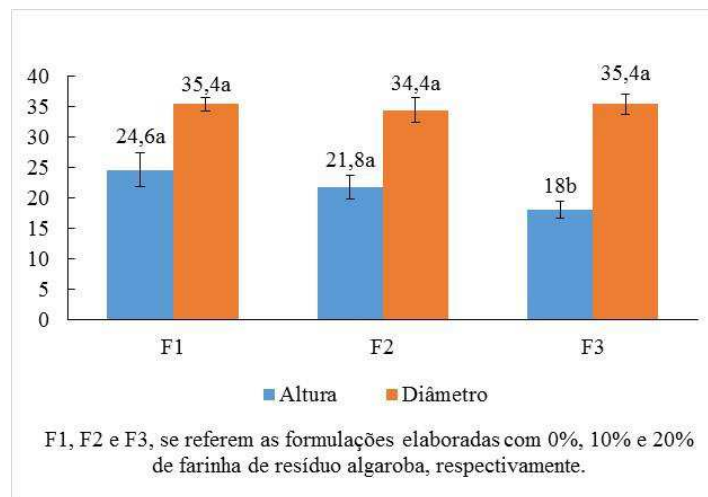


Figura 4.15 - Dimensões dos bolos tipo cupcake elaborados com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba, em substituição à farinha de trigo, seca a 50°C

A adição de farinha residual de algaroba resultou em diferença significativa no crescimento dos cupcakes (Figura 4.15), apenas quando se utilizou um percentual de 20%, que resultou em 25% de redução, quando comparada com a formulação controle. Esta redução pode ter sido devida à possível concentração de fibras que possui a farinha do resíduo de algaroba interferindo, assim, na formação da expansão da estrutura proteica da massa, comportamento semelhante ao encontrado por Andrade et al. (2015). Wang et al. (2002) atribuem, à adição de fibras, o efeito negativo na qualidade final de produtos panificados, tais como redução de volume, aumento da firmeza, escurecimento da massa e, em alguns casos mudanças no sabor. Em relação ao diâmetro, não houve diferença entre as formulações em virtude da limitação desta dimensão, pela forma utilizada.

Tabela 4.24 - Parâmetros de cor para a crosta dos bolos tipo cupcake elaborados com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba seco a 50°C em substituição à farinha de trigo

Formulação	Parâmetros de Cor		
	L	a	B
F1	54,72 ± 2,83 ^a	16,14 ± 0,83 ^a	36,62 ± 1,19 ^a
F2	55,24 ± 2,90 ^a	14,30 ± 1,50 ^a	36,36 ± 0,86 ^a
F3	54,43 ± 2,45 ^a	15,31 ± 1,86 ^a	36,33 ± 0,63 ^a

L - corresponde à claridade ou luminosidade; *a* - define a transição da cor verde (-*a*) para a cor vermelha (+*a*); *b* - representa a transição da cor azul (-*b*) para a cor amarela (+*b*). F1, F2 e F3: Referem-se às formulações elaboradas com 0%, 10% e 20% de farinha de resíduo algaroba, respectivamente. Letras iguais na mesma coluna indicam variação não-significativa entre as formulações ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

A coloração da crosta dos cupcakes para todas as formulações, foi uniforme, não apresentando diferença significativa em relação aos parâmetros de luminosidade L^* , a^* e b^* ; logo, a substituição parcial da farinha de trigo por farinha residual de algaroba não alterou a cor externa dos cupcakes. Em estudo com substituição parcial da farinha de trigo, em bolos, por farinha da casca de maracujá, Miranda et. al. (2013) observaram uniformidade na cor das crostas dos bolos, reportando um escurecimento sempre que ocorreu o aumento da concentração da farinha de casca de maracujá.

As mudanças em relação aos parâmetros de cor, foram perceptíveis nos miolos dos cupcakes, conforme resultados da Tabela 4.25.

Tabela 4.25 - Parâmetros de cor para o miolo dos bolos tipo cupcake elaborados com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba seco a 50°C em substituição à farinha de trigo

Formulação	Parâmetros de Cor		
	L	A	B
F1	73,90 ± 0,77 ^a	1,79 ± 0,18 ^c	23,10 ± 0,52 ^b
F2	69,00 ± 2,25 ^b	2,75 ± 0,38 ^b	27,13 ± 0,71 ^a
F3	62,56 ± 3,42 ^c	4,13 ± 0,40 ^a	27,80 ± 1,62 ^a

L - corresponde à claridade ou luminosidade; *a* - define a transição da cor verde (-*a*) para a cor vermelha (+*a*); *b* - representa a transição da cor azul (-*b*) para a cor amarela (+*b*). F1, F2 e F3: Referem-se às formulações elaboradas com 0%, 10% e 20% de farinha de resíduo algaroba, respectivamente. Letras iguais na mesma coluna indicam variação não-significativa entre as formulações ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

Os miolos dos cupcakes perderam luminosidade de forma significativa à medida que houve o aumento do percentual de farinha residual de algaroba. Esta diminuição dos valores de L^* indica menor refletância da luz, traduzindo-se em bolo com coloração mais escura. A cor das farinhas residuais contribuiu para esta mudança de coloração dos miolos, o que pode ser verificado pelos aumentos significativos ($p < 0,05$) dos parâmetros a^* e b^* para as formulações F2 e F3 em relação a F1. Maiores valores de a^* indicam coloração mais escura e valores altos

para b^* são indicativos de amostras com forte coloração amarelada ou dourada (ESTELLER et al., 2006).

Estudos recentes também relatam a mudança de parâmetros de cor, de forma semelhante à ocorrida neste estudo, para os miolos de bolos quando ocorre a substituição por farinhas residuais relatando perda de luminosidade e diferença nos parâmetros a e b (WANG et al., 2002; ESTELLER et al., 2006; SOUZA et. al., 2013; BÁLSAMO et. al., 2016).

Os cupcakes foram submetidos à análise de perfil de textura (TPA) e as curvas estão ilustradas no Apêndice D; os parâmetros avaliados a partir das curvas texturais estão na Tabela 4.26, a seguir.

Tabela 4.26 - Valores obtidos para os parâmetros de textura em bolos tipo cupcake elaborados com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba seco a 50°C em substituição à farinha de trigo

Parâmetros	F1	F2	F3
Firmeza (N)	2,74 ± 0,04 ^b	3,32 ± 0,35 ^a	3,77 ± 0,14 ^a
Coesividade	0,72 ± 0,03 ^a	0,73 ± 0,05 ^a	0,78 ± 0,03 ^a
Mastigabilidade (N.mm)	1,80 ± 0,05 ^c	2,46 ± 0,13 ^b	2,72 ± 0,09 ^a
Elasticidade	0,91 ± 0,01 ^a	0,94 ± 0,02 ^a	0,94 ± 0,01 ^a
Adesividade (mJ)	0,0004 ± 0,0002 ^a	0,0011 ± 0,0002 ^b	0,0003 ± 0,0001 ^a
Gomosidade (N)	1,97 ± 0,03 ^c	2,59 ± 0,03 ^b	2,85 ± 0,05 ^a

F1, F2 e F3: Referem-se às formulações elaboradas com 0%, 10% e 20% de farinha de resíduo algaroba, respectivamente. Letras iguais na mesma linha indicam variação não-significativa entre as formulações ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

A análise dos resultados de textura aponta para valores baixos de firmeza; logo, maior maciez, para os miolos dos cupcakes. À medida que foi realizada a substituição da farinha de trigo por farinha residual de algaroba, ocorreu aumento significativo na firmeza entre o cupcake controle e os que continham a farinha residual; logo, a formulação F3 contém uma massa mais firme, mais resistente à compressão e que necessita de maior salivação e mastigação (WANG et al., 2002; ESTELLER et al., 2006), refletindo significativamente nos resultados de firmeza e gomosidade.

Neste estudo, a quantidade de água foi acrescida no processamento dos cupcakes, conforme a massa necessitava para mistura e incorporação eficiente dos outros ingredientes. Observou-se que, à medida que se aumentou o percentual de farinha residual de algaroba foi necessária mais água ser acrescida à massa, o que permite afirmar que a massa se tornou mais pesada com a adição da farinha. Isto pode ser atribuído ao aumento da quantidade de proteínas e fibras provenientes da farinha residual. Pode-se verificar que a gomosidade aumentou significativamente com a adição e aumento do percentual de farinha residual de algaroba, o que

é coerente, pois ela quantifica a força requerida para desintegrar um alimento até estar pronto para deglutição (SZCZESNIAK, 1998).

A mastigabilidade também seguiu o mesmo comportamento da firmeza e gomosidade; entretanto, a coesividade e a elasticidade não diferiram entre as amostras, sendo um pouco maior a coesividade para os cupcakes que continham 20% de farinha residual de algaroba. Andrade et al. (2015) observaram, ao substituir a farinha de trigo por farinha residual de taro (*Colocasia esculenta*) aumento significativo na firmeza dos bolos sempre que se aumentava a concentração da farinha residual; entretanto, a elasticidade se manteve estatisticamente igual à do controle que continha apenas farinha de trigo convencional.

Bitencourt et al. (2014) verificaram, ao testar três percentuais de substituição de farinha de trigo convencional por farinha de semente de abóbora, em bolos, que apenas o percentual de 30% aumentou a firmeza dos bolos. Esteller et al. (2006) afirmam, em estudo para substituição do fermento químico tradicional por uma mistura em pó de cupuaçu e kefir, que a adição de kefir e cupuaçu à massa aumentou a firmeza dos bolos; entretanto, a mastigabilidade não foi alterada para os bolos com adição de cupuaçu e kefir, ao contrário do que ocorre com os cupcakes do presente estudo que diferiram significativamente ($p < 0,05$).

Outro parâmetro relevante é a adesividade de massas que é influenciada pelo aumento no teor de água da massa, presença de sacarose, tempo de estocagem, embalagem e ingredientes com propriedades umectantes conferindo, ao produto final, uma massa pegajosa (ESTELLER et al., 2004). Neste estudo os valores encontrados para a adesividade dos cupcakes são bastante baixos, não diferindo entre a amostra controle (F1) e a amostra (F3) que continha mais farinha residual, o que permite afirmar que a adição de mais farinha residual não influenciou, apesar de produtos oriundos da algaroba possuírem a facilidade de ganhar água (ALMEIDA et al., 2003).

De Oliveira et al. (2015) observaram, ao estudar a influência da substituição da farinha de trigo convencional por farinha residual de Baru (*Brazilian Almond*), após extração de óleo associada com goma xantana para obtenção de bolos livres de glúten, um aumento médio da firmeza de 3,5 vezes e diminuição da coesividade e elasticidade em de 38 e 30%, respectivamente. Esta diferença significativa foi atribuída ao aumento das fibras, à ausência do glúten e à diminuição de carboidratos, principalmente o amido que, juntamente com o glúten e a proteína do ovo, desempenha papel decisivo na qualidade da massa final do bolo (WILDERJANS et al., 2013).

4.7.2 Caracterização química e físico-química dos bolos

Tabela 4.27 - Composição química e físico-química para os bolos tipo cupcake elaborados com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba seco a 50°C em substituição à farinha de trigo

Composição	F1	F2	F3
Teor de água (g/100g)	17,76 ± 0,03 ^c	24,14 ± 0,14 ^a	22,78 ± 0,24 ^b
Lipídios (g/100g)	19,69 ± 0,67 ^a	19,72 ± 0,57 ^a	19,80 ± 0,07 ^a
Proteínas (g/100g)	9,03 ± 0,04 ^a	9,13 ± 0,05 ^a	9,17 ± 0,09 ^a
Carboidratos totais (g/100g)	51,67 ± 0,62 ^a	44,95 ± 0,28 ^c	46,26 ± 0,34 ^b
Cinzas (g/100g)	1,86 ± 0,01 ^a	2,05 ± 0,26 ^a	1,99 ± 0,04 ^a
Energia (kcal/100g)	419,97 ± 3,39 ^a	393,84 ± 4,17 ^b	399,93 ± 0,54 ^b
Acidez (%)	0,39 ± 0,00 ^c	0,59 ± 0,00 ^b	1,39 ± 0,01 ^a
pH	7,77 ± 0,01 ^a	7,44 ± 0,01 ^b	7,07 ± 0,03 ^c
Atividade de água	0,79 ± 0,00 ^c	0,86 ± 0,00 ^a	0,85 ± 0,00 ^b

F1, F2 e F3: Referem-se às formulações elaboradas com 0%, 10% e 20% de farinha de resíduo algaroba, respectivamente. Letras iguais na mesma linha indicam variação não-significativa entre as formulações ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. Lipídios, Carboidratos totais, Proteínas e Cinzas foram expressos em base seca

O teor de água e a atividade de água das formulações aumentou de forma significativa com a adição da farinha residual de algaroba, fato relacionado, possivelmente, relacionado ao teor de fibras presentes na farinha residual. Autores como Torbica et al. (2010) atribuem, em especial às fibras insolúveis, presentes no alimento, o poder de retenção de água, mesmo depois da cocção. Gutkoski et al. (2011) reportam, para bolos formulados com diferentes tipos de farinha de trigo, valores de atividade de água variando entre 0,85 a 0,89, semelhantes ao deste trabalho.

Para bolos, o teor de água está abaixo do esperado visto que, em bolos industrializados, estão em torno de 30%. Água em excesso aumenta a atividade microbiana e deixa as massas “grudentas”, cabendo ao fabricante, portanto, o controle do teor de umidade incluindo embalagens que protejam o produto da oxidação da gordura e perda de aroma e sabor (ESTELLER et al., 2006).

A quantidade de proteínas, lipídios e cinzas, em base seca, não diferiu estatisticamente entre as formulações com e sem a farinha residual; entretanto, houve redução de 5% no valor calórico e de 10,5% de carboidratos totais. Souza et al. (2013) reportaram, ao utilizar farinhas de casca de mandioca e farinha de arroz em bolos, na proporção 1:1, 8,6 g/100g de proteínas em base seca, valor próximo ao encontrado nos cupcakes deste estudo. A redução do valor calórico e dos carboidratos também foi observada por Miranda et al. (2013) quando elaboraram bolos com até 14% de farinha da casca do maracujá em substituição à farinha de trigo e por

Chinma et al. (2014), que avaliaram bolos com misturas de farinha de trigo e farinha de moringa germinada (*Moringa oleifera*) nas proporções de até 3:2.

O pH e a acidez dos cupcakes após forneamento, diferiram estatisticamente entre as formulações sendo o menor valor de acidez, maior de pH, para a formulação controle e comportamento inverso para a formulação que continha 20% de farinha residual. Este aumento da acidez e redução do pH, à medida que se substitui a farinha de trigo por farinha residual de algaroba, pode ser em decorrência da formação de ácidos voláteis provenientes da farinha durante o processo de forneamento das massas. Comportamento semelhante para acidez e pH foi citado por Guimarães et al. (2010) em suas formulações de bolos com/sem farinha da entrecasca da melancia e por Andrade et al. (2015) em bolos com/sem farinha desmucilada de taro.

4.7.3 Caracterização microbiológica dos bolos

Tabela 4.28 – Resultados das análises microbiológicas para os cupcakes elaborados com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba seco a 50°C em substituição à farinha de trigo

Parâmetro	Resultados para as formulações		
	F1	F2	F3
<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)	1,0 x 10 ² est.	1,0 x 10 ² est.	1,0 x 10 ² est.
Coliformes a 45°C (NMP/g)	< 3,0	< 3,0	< 3,0
<i>Salmonella</i> sp. em 25g	Ausência	Ausência	Ausência
Estaf. coag. positiva (UFC/g)	1,0 x 10 ² est.	1,0 x 10 ² est.	1,0 x 10 ² est.

De acordo com a RDC nº 12 de 02/01/2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, os cupcakes estavam dentro dos padrões estabelecidos para os microrganismos *Bacillus cereus* (10³ UFC/g), Coliformes a 45 °C (10² NMP/g), *Salmonella* sp (ausência) e *Estafilococos coagulase-positiva* (5 x 10² UFC/g), passível de ser atribuído ao processo de sanitização, a secagem à qual a farinha foi submetida, ao forneamento dos bolos e à adoção de boas práticas de fabricação.

4.7.4 Análise sensorial dos bolos

A análise sensorial foi realizada com 58 avaliadores não treinados, 62,3% eram do gênero feminino e 37,7% do gênero masculino, com idades entre 16 e 60 anos. Quando questionados sobre a frequência de consumo de bolo, 44% relataram consumir uma vez por semana, 14,3%

consomem duas a três vezes por semana e 22,3% consomem uma vez a cada quinze dias. Morais et al. (2014) e Dias et al. (2014) reportaram, ao realizar pesquisa de mercado, 54% e 56%, respectivamente, para o consumo, uma vez por semana de bolo, resultados superiores aos presente estudo.

Em relação ao consumo de bolos industrializados, 69,8% dos entrevistados relataram não consumir este tipo de produto, optando por produtos vendidos em padarias (72,6%) e fabricados de forma artesanal.

Na Tabela 4.29 estão dispostos os resultados quanto aos atributos sensoriais analisados para as formulações de cupcakes elaborados com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba, em substituição à farinha de trigo.

Tabela 4.29 - Aceitação média quanto aos atributos de aparência, cor, aroma, sabor, textura, aceitação global e intenção de compra obtida para cupcakes elaborados com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba, seca a 50°C, em substituição à farinha de trigo

Atributos	Formulações		
	F1	F2	F3
Aparência	7,8 ± 1,0 ^a	7,4 ± 1,6 ^a	6,5 ± 1,6 ^b
Cor	7,4 ± 1,6 ^a	7,3 ± 1,6 ^a	6,6 ± 1,6 ^b
Aroma	6,5 ± 1,7 ^a	6,9 ± 1,5 ^a	6,7 ± 1,8 ^a
Sabor	7,3 ± 1,3 ^{ab}	7,5 ± 1,3 ^a	6,8 ± 1,7 ^b
Textura	7,3 ± 1,2 ^a	7,4 ± 1,3 ^a	6,6 ± 1,6 ^b
Aceitação Global	7,4 ± 1,2 ^a	7,5 ± 1,0 ^a	7,0 ± 1,3 ^a
Intenção de compra	4,2 ± 1,0 ^{ab}	4,3 ± 0,9 ^a	3,8 ± 1,1 ^b

F1, F2 e F3: Referem-se às formulações elaboradas com 0%, 10% e 20% de farinha de resíduo algaroba, respectivamente. Letras iguais na mesma linha indicam variação não-significativa entre as formulações ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

Todos os cupcakes foram considerados aceitos (escore acima de 6) (Tabela 4.29), sendo que os cupcakes F1 e F2 obtiveram escores entre 7 (gostei moderadamente) e 8 (gostei muito), com exceção para o atributo aroma, com escore entre 6 e 7. A formulação com 20% de farinha de resíduo de algaroba apresentou escores menores, entre 6 e 7, gostei ligeiramente e moderadamente, respectivamente. Não houve diferenças significativas entre a formulação F1 e F2 em relação a todos os parâmetros sensoriais, indicando as possibilidades de se substituir até 10% da farinha de trigo convencional por farinha residual de algaroba ou testar teores acima de 10% e abaixo de 20% nos cupcakes.

Os escores atribuídos à cor dos cupcakes, quando analisados juntamente com os parâmetros encontrados para cor da crosta e do miolo dos cupcakes (Tabelas 4.25 e 4.26), permitem atribuir a diminuição do escore, de 7 para 6 na formulação F3 ao escurecimento do

miolo do cupcake, conforme se pode observar com diminuição significativa ($p < 0,05$) do parâmetro L e aumento dos parâmetros a e b, reportados anteriormente. Esta diminuição do escore devida à mudança de cor, pode ser atribuída à analogia que o avaliador faz entre bolos mais escuros e bolos que assaram demais, refletindo também nos escores do atributo aparência. Chinma et al. (2014) verificaram, em seu estudo, que avaliaram bolos com adição de farinha de moringa germinada (*Moringa oleifera*), que a substituição de até 40% da farinha de trigo não resultou em diferenças significativas para os atributos sensoriais de cor, textura, sabor e aroma, reportando valores acima de 6,7 para todos os atributos.

Nesta pesquisa, quando questionados sobre a intenção de compra dos cupcakes, os escores variaram de 3 a 4, sendo “talvez consumiria” para formulação F3 e “possivelmente consumiria” para formulações F1 e F2; entretanto, estatisticamente não houve diferença significativa entre as formulações F2 e F3 em relação a F1 ($p < 0,05$).

A utilização de farinha residual de algaroba em bolos foi reportada por Muniz et. al. (2015) que obteve resultados satisfatórios, escore acima de 7, para todos os atributos analisados com bolos que continham 35% de farinha residual de algaroba de 60 e 80 mesh em substituição à farinha de trigo convencional. Os autores ainda relatam que não houve diferença significativa entre as duas granulometrias da farinha na avaliação sensorial do bolo, sendo essas maiores que a utilizada na fabricação dos cupcakes deste trabalho, que foram de 115 mesh, o que permite afirmar que a farinha residual de algaroba quanto mais fina, mais acentuado será o sabor característico da matéria-prima no produto final.

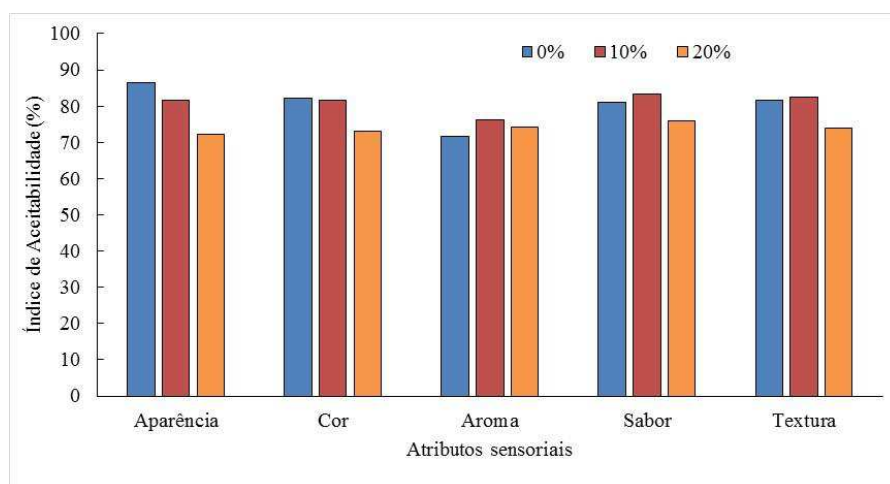


Figura 4.16 - Índice de aceitabilidade quanto aos atributos de aparência, cor, aroma, sabor e textura obtidos pelos cupcakes elaborados com diferentes proporções de farinha do resíduo de algaroba, seco a 50°C, em substituição à farinha de trigo.

De modo geral, os resultados sensoriais reportam que os cupcakes da formulação F2 foram bem aceitos em todos os atributos sensoriais, em relação à formulação (F3), o que também pode ser visualizado na Figura 4.16 que ilustra os índices de aceitabilidade em relação aos atributos (todos acima de 70%), para as formulações F1 e F2. Sousa et al. (2014) elaboraram bolos com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de semente de goiaba e relatam resultados também satisfatórios para os índices de aceitabilidade, reportando até 90% para a concentração de 5% de farinha de semente de goiaba.

Os resultados sensoriais do presente estudo estão de acordo com Guimarães et al. (2010), Wang et. al. (2014) e Campbell et. al. (2016), que afirmaram que a substituição parcial da farinha de trigo convencional por farinhas de produtos não convencionais, quando utilizados em pequenos percentuais, melhora a qualidade nutricional de produtos alimentícios, podendo, inclusive melhorar a sua palatabilidade, tornando-os mais aceitos pelos consumidores quando comparados com as formulações tradicionais.

5 CONCLUSÕES

- ✓ As vagens de algaroba possuem cor amarelo-pálido ($L^* = 71,36$; $a^* = 3,25$; $b^* = 34,01$); são ricas em carboidratos (67,02 g/100g), proteínas (9,86 g/100g) e pobres em fenólicos totais (247,77 g/100g); entretanto, possuem os antinutrientes ácido fítico (0,36 g/100g) e taninos (1,37 g/100g) em baixas concentrações na polpa *in natura*.

- ✓ Dentre os 18 compostos fenólicos detectados, os com maiores concentrações nas vagens de algaroba são os ácidos salicílico (207,24 mg/100g) e vanílico (138,16 mg/100g) e o flavonol miricetina (124,34 mg/100g).

- ✓ O caldo extraído das vagens de algaroba contém alta quantidade de açúcares totais (12,48 g/100g) e possui quantidades expressivas de macrominerais como cálcio (57,94 mg/100mL) e potássio (456,29 mg/100mL) e de microminerais como ferro (0,49 mg/100mL) e zinco (1313,34 μ g/100mL).

- ✓ A clarificação mais eficiente em relação aos taninos foi a que utilizou os três agentes clarificantes combinados: Óxido de cálcio, ácido fosfórico de grau alimentício e polímero aniônico.

- ✓ O modelo matemático linear foi significativo e preditivo apenas para a variável taninos, nos níveis de 95 e 90% de confiança e apenas a temperatura de evaporação influenciou no processo.

- ✓ O processo otimizado para resultados mínimos de taninos indicou a faixa de pH em torno da neutralidade aliada a temperaturas acima de 72°C como sendo as melhores condições, que aliado a outros fatores reportados, escolheu-se o ponto central (65°C e pH 6,5) para desenvolver o produto final.

- ✓ O processo de obtenção do açúcar líquido de algaroba a 70°Brix apresentou rendimento médio de 25 g de açúcar líquido para cada 100 mL de caldo extraído com teor de sólidos solúveis inicial de 16°Brix.

- ✓ O açúcar líquido de algaroba possui cor marrom com tom avermelhado ($L^* = 23,17$; $a^* = 0,13$; $b^* = -0,82$), além de 49,33% de açúcares redutores totais.

- ✓ O açúcar líquido de algaroba apresentou comportamento dilatante, confirmado através dos modelos matemáticos Herschel-Bulkley e Ostwald-deWaelle.

- ✓ A aplicação do açúcar líquido de algaroba em cupcakes em concentrações de 0; 10 e 20% de açúcar líquido de algaroba em substituição ao açúcar comum, resultou em diferença na cor dos miolos, aumentando em relação ao tom vermelho com o aumento da concentração do açúcar líquido; na textura, apenas a mastigabilidade apresentou diferença entre as formulações. Sensorialmente, não houve diferença significativa entre as formulações.

- ✓ Todos os modelos aplicados, Page, Cavalcanti Mata, Midilli et al. e Henderson e Pabis, representam o processo de secagem do resíduo proveniente da extração, nas temperaturas de 40, 50 e 60°C.

- ✓ O peneiramento resultou em maior percentual entre as farinhas de fins alimentícios, para a granulometria de 115 mesh (4,21; 3,23; 4,88%) nas três temperaturas analisadas (40, 50, 60°C) respectivamente.

- ✓ As farinhas de 115 mesh apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) na cor e em todos os parâmetros nutricionais analisados, com menores valores de teor de água (2,79 g/100g) e lipídios (6,35 g/100g) e maiores valores de proteínas (21,26 g/100g) para a farinha obtida a 60°C. O teor de antinutrientes foi maior significativamente para esta farinha, com 0,94 g/100g em taninos e 2,71 g/100g de ácido fítico. Todas as farinhas possuem baixo teor de fenólicos totais; a atividade antioxidante das farinhas também foi baixa, em ambos os métodos utilizados.

- ✓ A aplicação da farinha do resíduo obtida a 50°C e 155 mesh contribuiu para o escurecimento dos cupcakes e mudança nos parâmetros de textura em relação à formulação controle; na composição nutricional não houve diferença significativa; na avaliação sensorial todos os cupcakes foram aceitos com escores acima de 6,5 para todos os atributos sensoriais.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- ✓ Testar outros clarificantes no caldo bruto de algaroba utilizadas em indústrias de suco concentrado;
- ✓ Investigar os compostos fenólicos das vagens utilizando outros solvents e métodos de extração;
- ✓ Obter o perfil de açúcares contidos nas vagens de algaroba;
- ✓ Testar outras concentrações do açúcar líquido de algaroba em produtos alimentícios;
- ✓ Investigar os compostos fenólicos e o perfil antioxidante do açúcar líquido de algaroba.

7 REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, A.G. L.; SULAIMAN, N.M.; AROUA, M.K.; MEGAT MOHD NOOR, M.J. Response surface optimization of conditions for clarification of carambola fruit juice using a commercial enzyme. **Journal of Food Engineering**, v. 81, p. 65–71, 2007.
- ABIMAPI. Associação brasileira das indústrias de biscoitos, massas alimentícias e pães e industrializados. **Anuário Abimapi 2015**. São Paulo, 2015. 78 p. Disponível em: <<http://www.abimapi.com.br/>>. Acesso em 25 mar. 2016.
- AHMED, M.; SORIFA, A. M.; EUN, J. B. Effect of pretreatments and drying temperatures on sweet potato flour. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, n. 4, p. 726-732, 2010.
- AJILA, C. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. **Food Chemistry**, v. 105, n. 3, p. 982-988, 2007.
- AJILA, C. M., RAO, U. P. Protection against hydrogen peroxide induced oxidative damage in rat erythrocytes by *Mangifera indica* L. peel extract. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 1, p. 303-309, 2008.
- AKBULUT, M; BILGICLI, N. Effects of different pekmez (fruit molasses) types used as a natural sugar source on the batter rheology and physical properties of cakes. **J. Food Proc. Eng.** v. 33, n.2, p. 272-286, 2009.
- AKPINAR, E. K.; BICER, Y.; CETINKAYA, F. Modelling of thin layer drying of parsley leaves in a convective dryer and under open sun. **Journal of Food Engineering**, London, v. 75, n. 03, p. 308-315, 2006.
- ALEXANDRE, H. V. et al. Cinética de secagem do resíduo de abacaxi enriquecido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 640-646, 2013.
- ALFREDO L. C. C. Caracterização do mel produzido por espécies de *Melipona* Illiger, 1806 (Apidae: Meliponini) da região nordeste do Brasil: 1. Características físico-químicas. **Quim. Nova**, v. 32, n. 2, p. 303-308, 2009.
- ALMEIDA, F.A.C.; SILVA, J.E; ARAUJO, M.E.R. Componentes Químicos e Estudo da Umidade de Equilíbrio em Vagens de Algaroba. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.5, n.1, p.43-50, 2003.
- ALVES, M. F. **Potencialidades biotecnológicas da algaroba (*Prosopis juliflora* Sw, DC) para produção de fermento biológico**. 2008. 142f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande.
- AMORIM, E. G. Elaboração alternativa de produtos a partir de resíduos alimentares. **Veredas Favip-Revista Eletrônica de Ciências**, v. 7, n. 1, p. 50-60, 2014.
- ANDRADE, Luan Alberto et al. Farinha desmucilada de taro utilizada na elaboração de bolos. **Científica**, v. 43, n. 3, p. 203-214, 2015.

- ANDREO, D., J., N. Antioxidantes naturais: técnicas de extração. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 24, n.2, p. 319–336. 2006.
- ANGELO, P.M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n.1, p. 1-9, 2007.
- AOAC INTERNATIONAL. **Official methods of analysis of AOAC International**. AOAC International, 2005.
- ARAPITSAS, Panagiotis. Hydrolyzable tannin analysis in food. **Food Chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1708-1717, 2012.
- ARRUDA, D.T. de. **Viabilidade técnico-econômica da produção de etanol e subproduto (Ração) a partir da algaroba no semi-árido da Paraíba**. 1994. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia de Produção, João Pessoa.
- ASGHARI, Mohammadreza; AGHDAM, Morteza Soleimani. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 10, p. 502-509, 2010.
- ASQUIERI, E. R.; SILVA, A. G. M.; CANDIDO, M. A. Aguardente de jabuticaba obtida da casca e borra da fabricação de fermentado de jabuticaba. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**[online]. 2009, v.29, n.4, p.896-904. ISSN 0101-2061. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612009000400030>.
- ATOUI, A.K., A. MANSOURI, G. BOSKOU, P. KEFALAS. Tea and herbal infusions: their antioxidant activity and phenolic profile. **Food Chemistry**, v. 89, p. 27–36, 2005.
- AUGUSTO, P. E.D.; IBARZ,A.; CRISTININI, M. Effect of high pressure homogenization (HPH) on the rheological properties of a fruit juice serum model. **Journal of Food Engineering**, v. 111, n.2, p. 474-477, 2012.
- AYAZ, Faik Ahmet et al. Determination of chemical composition of anatolian carob pod (*Ceratonia siliqua* L.): sugars, amino and organic acids, minerals and phenolic compounds. **Journal of Food Quality**, v. 30, n. 6, p. 1040-1055, 2007.
- AZEVEDO, G. Algaroba. Natal, RN: **SAFPA**. 1955. 13f.
- AZEVEDO, G. de “Algaroba”. Publicação. Rio de Janeiro: Ed. Serviço de Informação Agrícola. 843. **Ministério da Agricultura**. 1960. 34f.
- BAG, S. K.; SRIVASTAV, P. P.; MISHRA, H. N. Optimization of process parameters for foaming of bael (*Aegle marmelos* L.) fruit pulp. **Food Bioprocess Technology**, Oxford, v. 4, n.2, p. 1450-1458, 2011.
- BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v. 99, n. 1, p. 191-203, 2006.

- BÁLSAMO, E.; KAMINSKI, T.; BARROS, L. F.; MARTINI, N.O.; DUZAC T. E. Coloração de muffins adicionados de farinha de feijão de diferentes classes. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 7, n. 2, 2016.
- BARBERÁN, F., Y ESPÍN, J. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 81, p. 853-876, 2001.
- BARBOSA, AV de O.; DA SILVA, C. E. M. Estudo sobre os efeitos da substituição parcial do açúcar por sucralose e goma xantana nas propriedades reológicas das massas de bolos tipo esponja. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 3504-3511, 2015.
- BÁRCENAS, M. E.; ROSELL, C. M. Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: Low temperatures and HPMC addition. **J. Food Eng.**, v. 72, p. 92–99, 2006.
- BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 113-123, 2006.
- BARROS, N.A.M.T. de. **Efeito da substituição progressiva do melão por vagens de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC) na alimentação de ruminantes**. 1981. 97 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia.
- BATALHA, B. L. **Controle de qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais**. São Paulo –SP: CETESB, 1977, 198p.
- BAXTER, Y. C. et al. Critérios de decisão na seleção de dietas enterais. In: WAITZBERG, D. L. (Ed.). **Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica**. 3 ed. São Paulo: Atheneu, 2000. Cap. 41, p.659-676.
- BENEVIDES, C. D. J., SOUZA, R. D. B., SOUZA, M., & SILVA, M. Efeito do processamento sobre os teores de oxalato e tanino em maxixe (*Cucumis anguria* L.), jiló (*Solanum gilo*), feijão verde (*Vigna unguiculata* (L.) e feijão andu (*Cajanus cajan* (L.) Mill SP). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 24, n. 3, p. 321-327, 2013.
- BENNION, E. B., BAMFORD, G. S. T. **The technology of cake making**. 6th ed. London: Blackie Academic and Professional. 421 p. 1997.
- BERNAUD, F. S. R.; RODRIGUES, T. C. Fibra alimentar: ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo. **Brazilian Archives of Endocrinology and Metabolism**. v. 57, n. 6, p. 397-405, 2013.
- BHATTACHARYA, S. Yield stress and time-dependent rheological properties of mango pulp. **Journal of Food Science**, Chicago, v.64, n.6, p.1029-1033, 1999.
- BIANCHI, M. D. L. P., ANTUNES, L. M. G.; Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 123-130, 1999.

- BIN, H., CHOI, U. Myricetin inhibits adipogenesis in human adipose tissue-derived mesenchymal stem cells. **Food Science and Biotechnology**, v. 21, n. 5, p. 1391-1396, 2012.
- BITENCOURT, C., DUTRA, F. L. G., PINTO, V. Z., HELBIG, E., & BORGES, L. R. Elaboração de bolos enriquecidos com semente de abóbora: avaliação química, física e sensorial. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 32, n. 1, p. 19-32, 2014.
- BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à Química de Alimentos**. 2. ed. 1. reimpr. São Paulo: Varela, 1992. 233p.
- BORGES, I. F. **Obtenção e caracterização do melado de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.) e sua utilização em uma formulação alimentícia**. 2004. 96 f. Dissertação – Universidade Federal da Paraíba. PPGCTA. Ciência e Tec. de Alimentos. João Pessoa.
- BRAGA, A. P.; EZEQUIEL, J. M. B.; BRAGA, Z. C. A. C.; MENDONÇA JÚNIOR. A. F. Composição química e digestibilidade da vagem de algarobeira (*Prosopis juliflora*, (Sw) D.C.) submetida a diferentes tratamentos térmicos. **Caatinga**, v.22, n.1, p. 257-263, 2009.
- BRANCO, I. G.; GASPARETTO, C. A. Comportamento reológico de suco de laranja concentrado congelado. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 2, p. 173-178, 2003.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2003. Instrução Normativa 62, de 26 de agosto de 2003. Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. **Diário Oficial da União** Brasília, DF, 18 setembro, 2003. Seção I, 14-50.
- BRASIL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos Físico-Químicos para análise de Alimentos**. Brasília. IV ed. 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000. Estabelece o regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 out. 2000. Seção 1, p.16-17.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Cartilha. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 set 2004.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 271, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para Açúcares e Produtos para Adoçar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 set 2005. Seção 1.
- BRASIL. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução CNNPA nº 12, de 1978. Normas técnicas especiais de padrões de identidade e qualidade para os alimentos (e bebidas). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1978.
- BRASIL. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19/09/2001. Seção 1. p. 9.

- BRASIL. Resolução nº 196, de 10 de outubro de 1996. Estabelece os requisitos para realização de pesquisa clínica de produtos para saúde utilizando seres humanos. **Conselho Nacional de Saúde (CNS)**. Brasília, 10 out. 1996.
- BRAVO, L.; GRADOS, N.; SAURA-CALIXTO, F. Characterization of syrups and dietary fiber obtained from mesquite pods (*Prosopis pallida* L). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, n. 5, p. 1727-1733, 1998.
- BRESSANI, R.; ELIAS, L. G.; BRAHAM, J. E. Reduction of digestibility of legume proteins by tannins. **J. Plant Foods**, v. 4, p. 43-55, 1982.
- BREWER, M. S. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, n. 4, p. 221-247, 2011.
- BROD, F.P.R. **Avaliação de um secador vibro-fluidizado**. 2003. 336f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas.
- BROINIZI, P. R. B., ANDRADE-WARTHA, E. R. S. D., SILVA, A. M. D. O., NOVOA, A. J. V., TORRES, R. P., AZEREDO, H. M. C., MANCINI-FILHO, J. Evaluation of the antioxidant activity of phenolic compounds naturally contained in by-products of the cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 27, n. 4, p. 902-908, 2007.
- BURKART, A. A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae). **Journal of the Arnold Arboretum**, Cambridge, v.57, n.3, p. 219-249, 1976.
- CABRAL JR. C. R., MIRANDA E. C., AMORIM E. P. R., SILVA D. A., GUIMARÃES I. G., MIRANDA C. C. Conservação pós-colheita da vagem de *Prosopis juliflora* em Alagoas. **Arch. Zootec.** Nota breve. v. 55, n. 209, p. 117 – 120, 2006.
- CADERBY, E., BAUMBERGER, S., HOAREAU, W., FARGUES, C., DECLoux, M., & MAILLARD, M. N. Sugar cane stillage: a potential source of natural antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 47, p. 11494-11501, 2013.
- CALA, O., FABRE, S., PINAUD, N., DUFOURC, E., FOUQUET, E., LAGUERRE, M., PIANET, I. Towards a molecular interpretation of astringency: synthesis, 3d structure, colloidal state, and human saliva protein recognition of procyanidins. **Planta Med.** v. 11, p. 1116-1122, 2011.
- CAMPBELL, L.; EUSTON, S. R.; AHMED, M. A. Effect of addition of thermally modified cowpea protein on sensory acceptability and textural properties of wheat bread and sponge cake. **Food Chemistry**, v. 194, p. 1230-1237, 2016.
- CAMPELO, R. Algarobeira: alternativa para o semi-árido brasileiro. Maceió, AL: UFAL. 25f. (UFAL. Informe Técnico). 1987.
- CAMPOS, J. **Tabela para cálculos de rações**. Viçosa. UFV. 1980. 62f.
- CARDOZO, M. L., ORDOÑEZ, R. M., ZAMPINI, I. C., CUELLO, A. S., DIBENEDETTO, G., ISLA, M. I. Evaluation of antioxidant capacity, genotoxicity and polyphenol content of

- non conventional foods: Prosopis flour. **Food Research International**, v. 43, n. 5, p. 1505-1510, 2010.
- CARTAXO, S. L., DE ALMEIDA SOUZA, M. M., DE ALBUQUERQUE, U. P. Medicinal plants with bioprospecting potential used in semi-arid northeastern Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 131, n. 2, p. 326-342, 2010.
- CARVALHO, C. A. L. Caracterização do mel produzido por espécies de *Melipona Illiger*, 1806 (Apidae: Meliponini) da região nordeste do Brasil: 1. Características físico-químicas. **Quim. Nova**, v. 32, n. 2, p. 303-308, 2009.
- CASTIGLIONI, G. L., SOARES JÚNIOR, M. S., SOUZA, T. A. C., SILVA, F. A. D., CALIARI, M. Tamanho dos alvéolos e aceitação de pães de forma enriquecidos com farelo de mandioca. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 44, n. 2, p. 127-134, 2014.
- CASTRO, S. B. **Tecnologia do açúcar**. Ed. Universitária da UFPE. Recife, 2007. 382p.
- CATALANI, A.L.; KANG, E.M.S.; DIAS, M.C.G.; MACULEVICIUS, J. Fibras alimentares. **Rev. Bras. Nutr. Clin.**, v.18, p.178-182, 2003.
- CATTANEO, F., COSTAMAGNA, M. S., ZAMPINI, I. C., SAYAGO, J., ALBERTO, M. R., CHAMORRO, V., ISLA, M. I. Flour from *Prosopis alba* cotyledons: A natural source of nutrient and bioactive phytochemicals. **Food Chemistry**, v. 208, p. 89-96, 2016.
- CHEN, J.C.P.; CHOU, C. **Cane sugar handbook**. 12th ed. New York: John Wiley, 1993. 284 p.
- CHEYNIER, V. Phenolic compounds: from plants to foods. **Phytochemistry reviews**, v. 11, n. 2-3, p. 153-177, 2012.
- CHINMA, C. E., GBADAMOSI, K. B., OGUNSINA, B. S., OLOYEDE, O. O., & SALAMI, S. O. Effect of addition of germinated moringa seed flour on the quality attributes of wheat-based cake. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 38, n. 4, p. 1737-1742, 2014.
- CHORILLI, M., ZAGUE, V., SCARPA, M. V., LEONARDI, G. R. Influência da viscosidade do veículo na liberação in vitro da cafeína. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 4, n. 1, p. 52-60, 2007.
- CIANCI, F. C.; SILVA, L. F. M.; CABRAL, L. M. C. MATTA, V. M. Clarificação e concentração de suco de caju por processos com membranas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 25, n.3, p.579-583. [online]. 2005.
- COIMBRA, M. A., NUNES, C., CUNHA, P. R., GUINÉ, R. Amino acid profile and Maillard compounds of sun-dried pears. Relation with the reddish brown colour of the dried fruits. **European Food Research and Technology**, v. 233, n. 4, p. 637-646, 2011.
- CONAZA, **Aspectos técnicos y socioeconómicos delmezquite**. Saltillo. Coah, México, 1994.
- CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D.; CARVALHO, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades

termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v.57, p.595-601, 2010.

CORREIA, R. T., BORGES, K. C., MEDEIROS, M. F., GENOVESE, M. I. Bioactive compounds and phenolic-linked functionality of powdered tropical fruit residues. **Food Science and Technology International**, v. 18, n. 6, p. 539-547, 2012.

CORZO, O., & SÁNCHEZ, M. Estudio reológico del proceso de elaboración de aceite de maíz. **SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente**, v. 20, n. 3, p. 329-333, 2008.

COSTA, A. M.; TUPINAMBÁ, D. D.; FALEIRO, F. G. O maracujá e suas propriedades medicinais—estado da arte. Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. **Planaltina, DF: Embrapa Cerrados**, p. 475-506, 2005.

COULTATE, T. P. **Alimentos: a química de seus componentes** / T.P. Coultate; trad. Jeverson Frazzon et al. 3 ed. Artmed. Porto Alegre, 2004.

COUTINHO, A. P. C., & CABELLO, C. Caracterização reológica da fécula de mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 1, n. 1, p. 40-48, 2005.

CREPALDI, I. C., ALMEIDA-MURADIAN, L. D., RIOS, M. D. G., PENTEADO, M. V. C., SALATINO, A. Composição nutricional do fruto de licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p. 155-159, 2001.

CUNHA, T. M., DE CASTRO, F. P., BARRETO, P. L. M., BENEDET, H. D., PRUDÊNCIO, E. S. Avaliação físico-química, microbiológica e reológica de bebida láctea e leite fermentado adicionados de probióticos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 103-116, 2008.

CURTIS, H.; NOLL, U.; STORMANN, J.; SLUSARENKO, A.J. Broad-spectrum activity of the volatile phytoanticipin allicin in extracts of garlic (*Allium sativum* L.) against plant pathogenic bacteria, fungi and Oomycetes. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.65, n.2, p.79-89, 2004.

DA CUNHA, M. E. T., SUGUIMOTO, H. H., DE OLIVEIRA, A. N., SIVIERI, K., & DE REZENDE COSTA, M. Intolerância à lactose e alternativas tecnológicas. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde= Journal of Health Sciences**, v. 10, n. 2, 2015.

DA SILVA, C., GARCIA, V. S., FRANCISCATO, L. S. Extração assistida por ultrassom de compostos bioativos das cascas de lichia (*Litchi chinensis* Sonn.). **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 18, n. 1, p. 81-96, 2016.

DA SILVA, F. C., GUIMARÃES, D. H. P., GASPARETTO, C. A. Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 121-126, 2005.

DA SILVA, L. M. R., DE FIGUEIREDO, E. A. T., RICARDO, N. M. P. S., VIEIRA, I. G. P., DE FIGUEIREDO, R. W., BRASIL, I. M., & GOMES, C. L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398-404, 2014.

- DA SILVA, L. M. R., MAIA, G. A., DE SOUSA, P. H. M., AFONSO, M. R. A., DA COSTA GONZAGA, M. L., DO CARMO, J. S. Efeito da temperatura no comportamento reológico de néctares mistos de caju, manga e acerola. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient**, v. 11, n. Supl 1, p. S85-S93, 2013.
- DA SILVEIRA, D. C., DE FONTES, M. M., SILVA, B. A., DANTAS, J. P., & CAVALCANTI, M. T. Caracterização físico-químico do melado de sorgo granífero sacarino [*Sorghum biolor (L) moench*]. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 216-219, 2011.
- DE MOURA, S. C. S. R., FRANÇA, V. C. L.; LEAL, Á. M. C. B. Propriedades termofísicas de soluções-modelo similares a sucos: parte II. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 454-459, 2005.
- DE OLIVEIRA L. C., ARAÚJO F. H. O., MIRANDA I. O., SANTOS M. V. S., DOS SANTOS J. C. Avaliação da aplicabilidade de farinha de sabugo de milho no enriquecimento de produtos alimentícios. **Nutrição Brasil**, v. 15, n. 1, 2016.
- DE OLIVEIRA P. L. D. L., DE AGUIAR, L. A., DE OLIVEIRA, G. T., BOTELHO, R. B. A., IBIAPINA, M. D. D. F. P., DE LIMA, H. C., COSTA, A. M. Use of baru (*Brazilian almond*) waste from physical extraction of oil to produce gluten free cakes. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 70, n. 1, p. 50-55, 2015.
- DE OLIVEIRA, A. C., VALENTIM, I. B., SILVA, C. A., BECHARA, E. J. H., DE BARROS, M. P., MANO, C. M., GOULART, M. O. F. Total phenolic content and free radical scavenging activities of methanolic extract powders of tropical fruit residues. **Food Chemistry**, v. 115, n. 2, p. 469-475, 2009.
- DE OLIVEIRA, R. C., DE BARROS, S. T. D., GIMENES, M. L., ALVIM, F. A. F., WINTER, C. Comparison between centrifugation and microfiltration on the clarification of passion fruit juice. **Acta Scientiarum-Technology**, v. 32, n. 3, p. 271-278, 2010.
- DE SALES, P. F., BERTOLI, A. C., PINTO, F. M., MAGRIOTIS, Z. M. Produção, Caracterização e Aplicação do Carvão Ativado Obtido a partir do Sabugo de Milho: A Busca pelo Reaproveitamento de um Resíduo Agroindustrial. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 4, p. 1174-1188, 2015.
- DELFINO, R.A.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade protéica de feijão comum (*Phaseolus vulgaris L.*) cultivar Pérola. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.30, n.2, p.308-312, 2010.
- DEL-VECHIO, G.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D. Efeito do tratamento térmico em sementes de abóbora (*Cucurbita spp.*) sobre os níveis de fatores antinutricionais e/ou tóxicos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 2, p. 369-375, 2005.
- DEMAJORIVIC, J. Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos: as novas prioridades. **Revista de Adm. de Empresas**, 35 (3), pp. 88-93. 1995.
- DESHPANDE, S.S., CHERYAN, M. Evaluation of vanillin assay for tannin analysis of dry beans. **Journal of Food Science**, Chicago, v.50, n.4, p.905-910, 1985.

- DIAS L.F.; SCHMITZ, F. Z.; APLEVICZ, K.S. Aplicação de agentes químicos de crescimento em bolo de chocolate. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 12, n. 1, p. 338- 345, 2014.
- DOMÍNGUEZ, B. M.; GÓMEZ, M. V. I.; LEÓN, F. R. Ácido fítico, aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 52, n. 3, p. 219-231, 2002.
- DOS SANTOS, D. S. D.; STORCK, C. R.; DE OLIVEIRA FOGAÇA, A. Biscoito com adição de farinha de casca de limão. **Disciplinarum Scientia Saúde**, v. 15, n. 1, p. 123-135, 2016.
- DUTRA DE OLIVEIRA, J. E. **Ciências Nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 1998. 402p.
- ELBASHIR, A. A., OMAR, M. M. A., IBRAHIM, W. A. W., SCHMITZ, O. J., ABOUL-ENEIN, H. Y. Acrylamide analysis in food by liquid chromatographic and gas chromatographic methods. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v. 44, n. 2, p. 107-141, 2014.
- EL-DASH, A. A.; CAMARGO C. R. O. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio e Tecnologia, 1982. 400 p.
- EL-DASH, A.; GERMANI, R. Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinhas mistas na produção de bolos. Brasília: **EMBRAPA-SPI**, 1994. v. 7. 31 p.
- ESTELLER, M. S., AMARAL, R. L., LANNES, S. C. Effect of sugar and fat replacers on the texture of baked goods. **Journal of Texture Studies**, v. 35, p. 383-393, 2004.
- ESTELLER, M. S., ZANCANARO JUNIOR, O.; LANNES, S.C.S. Bolo de "chocolate" produzido com pó de cupuaçu e kefir. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 3, p. 447-454, 2006.
- FAO, IFAD. WFP. 2015. **The state of food insecurity in the world**, 2015.
- FARIA, E. V., YOTSUYANAGI, K. Técnicas de análise sensorial. In: **Técnicas de análise sensorial**. ITAL/LAFISE, 2002.
- FAVERO, D. M., HAMERSKI, F., DE AQUINO, A. D. Starch and ICUMSA color removal in sugarcane juice clarified by carbonatation. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 36, n. 4, p. 745-751, 2014.
- FELKER, P., TAKEOKA, G., DAO, L. Pod mesocarp flour of North and South American species of leguminous tree prosopis (mesquite): Composition and food applications. **Food Reviews International**, v. 29, n. 1, p. 49-66, 2013.
- FENNEMA, O. R.; PARKING, L. K.; DAMODARAN, S. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.
- FERNÁNDEZ-AGULLÓ, A., PEREIRA, E., FREIRE, M. S., VALENTÃO, P., ANDRADE, P. B., GONZÁLEZ-ÁLVAREZ, J., PEREIRA, J. Influence of solvent on the antioxidant and antimicrobial properties of walnut (*Juglans regia* L.) green husk extracts. **Industrial Crops and Products**, v. 42, n. 1, p. 126–132, 2013.

- FERREIRA, M. F. P., PENA, R. S. Estudo da secagem da casca do maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, n. 1, p. 15-28, 2010.
- FIGUEIREDO, A.A.; ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W. Produção de expandidos à base de farinha mista de algaroba e arroz e de algaroba e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19 - Estratégia para o Desenvolvimento, Recife, **Anais...** Recife: SBCTA, 2004. CD-Rom.
- FIGUEIREDO, M. P., CRUZ, P. G., COSTA, S. S., RODRIGUES, C. S., PEREIRA, L. G. R., FERREIRA, J. Q., IRMÃO, J. N. Fracionamento dos carboidratos e componentes nitrogenados do farelo e diferentes partes integrantes da vagem de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D. C.). **Rev. Bras. Saúde Prod. An.** v. 8, n.1, p. 24 – 31, 2007.
- FIORDA, F. A., JÚNIOR, M. S. S., DA SILVA, F. A., SOUTO, L. R. F., GROSSMANN, M. V. E. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Agricultural Research in the Tropics**, v. 43, n. 4, p. 408-416, 2013.
- FUKUJI, T. S., FERREIRA, D. L., SOARES, A. L., PRETE, C. E. C., IDA, E. I. Ácido fítico de híbridos de milho e alguns produtos industrializados. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 31-35, 2008.
- GABSI, K., TRIGUI, M., BARRINGTON, S., HELAL, A. N., TAHERIAN, A. R. Evaluation of rheological properties of date syrup. **Journal of food engineering**, v. 117, n. 1, p. 165-172, 2013.
- GALÁN A. G., CORRÊA A. D., ABREU C. M. P., BARCELOS M. F. P. Caracterización química de la harina del fruto de *Prosopis* spp. procedente de Bolivia y Brasil. **Arch Latinoam Nutr.** v. 58, n. 3, p. 309-315, 2008.
- GARCÍA, J. A.; CALIXTO, F. S. Evaluation of CIE-lab colour parameters during the clarification of a sugar syrup from Mesquite pods (*Prosopis Pallida* L.). **International Journal of Food Science & Technology**, v. 35, n. 4, p. 385-389, 2000.
- GIL, I. Algarrobo: El arbol de la vida. **Escuela IPEM**. Córdoba, Argentina. Disponível em: <<http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi98/Algarrobo/p114ac.htm>>. Acesso em 06 de maio de 2008.
- GOMES, R.P.A. **Algarobeira**. Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola 1961. 49 f.
- GRADOS, N., CRUZ, G. **La algarroba: Perspectivas de utilización industrial**. Serie de Química. Universidad de Piura, Piura, Peru, 1996. 2: 22f. (Série de química).
- GREENSMITH, M. **Practical dehydration**. 2ed. Flórida: CRC Press, 1998, 274p.
- GRIFFITHS, D. W.; BIRCH, A. N. E.; HILLMAN, J. R. Antinutritional compounds in the *Brassicaceae*: analysis, biosynthesis, chemistry and dietary effects. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Invergowrie, v. 73, n. 1, p. 1-18, 1998.
- GUILHERME, A. A., HONORATO, T. L., DORNELLES, A. S., PINTO, G. A. S., BRITO, E. S., RODRIGUES, S. Quality evaluation of mesquite (*Prosopis juliflora*) pods and cashew

- (*Anacardium occidentale*) apple syrups. **Journal of food process engineering**, v. 32, n. 4, p. 606-622, 2009.
- GUIMARÃES, R. R., FREITAS, M. C. J., SILVA, V. L. M. Simple cakes elaborated with flour of watermelon inner skin (*Citrullus vulgaris*, Sobral): chemical, physical, and sensory evaluation. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 30, n. 2, p. 354-363, 2010.
- GUTKOSKI, L., DURIGON, A., MAZZUTTI, S., CEZARE, K., & COLLA, L. Influência do tipo de farinha de trigo na elaboração de bolo tipo inglês. **Braz. J. Food. Technol. Preprint**, v. 14, n. 4, p. 275-282, 2011.
- HALLIWELL, B. Lipid peroxidation, antioxidants and cardiovascular disease: how should we move forward? **Cardiovascular Research**, v. 47, n.3, p. 410-418, 2000.
- HELBIG, E.; BUCHWEITZ, M. R. D.; GIGANTE, D. P. Analysis of hydrogen cyanide and phytic acid contents in feeding supplements: multimixture. **Revista de Nutrição**, v. 21, n. 3, p. 323-328, 2008.
- HOLDSWORTH, S. D. Rheological models used for the prediction of the flow properties of food products: a literature review. **Trans. I. Chem. E., Part. C**, p.139-78, 1993.
- HULME, A.C. (ed). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970.
- ISRAR, B., FRAZIER, R. A., GORDON, M. H. Effects of phytate and minerals on the bioavailability of oxalate from food. **Food chemistry**, v. 141, n. 3, p. 1690-1693, 2013.
- JACQUES, A., OLIVEIRA, F., HERNANDES, J., SILVA, E. Elaboração de farinha de uva utilizando bagaço da indústria vitivinícola: efeito sob os compostos fenólicos. In: **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química-COBEQ**. p. 4283-4287. 2014.
- JARIWALLA, R. J. Rice-bran products: phytonutrients with potential applications in preventive and clinical medicine. **Drugs under Experimental and Clinical Research**, v. 27, n. 1, p. 17-26, 2001.
- JAYAPRAKASHA, G. K., GIRENNAVAR, B., PATIL, B. S. Antioxidant capacity of pummelo and navel oranges: Extraction efficiency of solvents in sequence. **LWT-Food Science and Technology**, v. 41, n. 3, p. 376-384, 2008.
- KATHIRVEL, P.; KUMUDHA, P. Chemical composition of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC (mosquito bean). **Int. J. Appl. Biol. Pharma. Technol**, v. 2, p. 199-209, 2011.
- KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Exon Press, Athens, 531 p., 1997.
- KEMPKA, A. P., PRESTES, R. C., ALVIERO, T. Clarificação de suco de maçã de dois cultivares utilizando tratamento enzimático e colágeno hidrolisado. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.15, n.2, p.137-146, 2013.
- KHANBABAEE, K. E VAN REE, T. Tannins: Classification and definition. **Nat Prod Rep**. v. 18, n. 6, p. 641-649, 2001.

- KNERR, T., LERCHE, H., PISCHETSRIEDER, M., SEVERIN, T. Formation of a novel colored product during the Maillard reaction of D-glucose. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 49, n. 4, p. 1966-1970, 2001.
- KRAJNC, A. U., KRISTL, J., IVANCIC, A. Application of salicylic acid induces antioxidant defense responses in the phloem of *Picea abies* and inhibits colonization by *Ips typographus*. **Forest ecology and management**, v. 261, n. 3, p. 416-426, 2011.
- KUDRA, T. Energy aspects in drying. **Drying Technology**, v. 22, n. 5, p. 917-932, 2004.
- KUMAR, C., KARIM, M. A., JOARDDER, M. U. Intermittent drying of food products: A critical review. **Journal of Food Engineering**, v. 121, p. 48-57, 2014.
- LAFKA, T.; SINANOGLU, V.; LAZOS, E. S. On the extraction and antioxidant activity of phenolic compounds from winery wastes. **Food Chemistry**, v. 104, n. 3, p. 1206-1214, 2007.
- LAKO, J., TRENERRY, V. C., WAHLQVIST, M., WATTANAPENPAIBOON, N., SOTHEESWARAN, S., PREMIER, R. Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. **Food Chemistry**, v. 101, n. 4, p. 1727-1741, 2007.
- LAUFENBERG, G., KUNZ, B., NYSTROEM, M. Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept: (B) practical implementations. **Bioresource Technology**, v. 87, n. 2, p. 167-198, 2003.
- LAZARTE, C. E., CARLSSON, N. G., ALMGREN, A., SANDBERG, A. S., GRANFELDT, Y. Phytate, zinc, iron and calcium content of common Bolivian food, and implications for mineral bioavailability. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 39, p. 111-119, 2015.
- LEAL, A. S., GONÇALVES, C. G., VIEIRA, I. F. R., CUNHA, M. R. R., GOMES, T. Avaliação da concentração de minerais e dos fatores antinutricionais fitato e oxalato em multimisturas da Região Metropolitana de Belo Horizonte. **Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.**, v. 35, n. 2, p. 39-52, 2010.
- LIMA, D.F. Avaliação nutricional e bioquímica de *Prosopis juliflora* e seu aproveitamento na alimentação humana. In: Simpósio Brasileiro sobre algaroba, 2, Mossoró, RN, Brasil. **Coleção Mossoroense**. n. 357. f. 61-65. 1987.
- LOPES, C.O., DESSIMONI G.V., COSTA M.S., VIEIRA G, PINTO N.A.V. Aproveitamento, composição nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Alimentos e Nutrição**. v. 20, p. 669-675, 2009.
- LUIZ, M. R. **Estudo teórico e experimental de secagem de tomate (*Lycopersicon esculentum*)**. 2012. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, João Pessoa.
- MACAGNAN, F. T., DE MOURA, F. A., DOS SANTOS, L. R., BIZZANI, M., DA SILVA, L. P. Caracterização nutricional e resposta sensorial de pães de mel com alto teor de fibra alimentar elaborados com farinhas de subprodutos do processamento de frutas. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 32, n. 2, p. 201-210, 2014.

- MACHADO, S. S. **Tecnologia da fabricação do açúcar** / Simone Silva Machado. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. 56 p.
- MAGA, J.A. Phytate: its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington DC, v.30, n.1, p.1-9, 1982.
- MAHGOUB, O., KADIM, I. T., FORSBERG, N. E., AL-AJMI, D. S., AL-SAQRY, N. M., AL-ABRI, A. S., ANNAMALAI, K. Evaluation of Meskit (*Prosopis juliflora*) pods as a feed for goats. **Animal Feed Science and Technology**, v. 121, n. 3, p. 319-327, 2005.
- MALUCELLI, M., NOVELLO, D., ANDO, N., ALMEIDA, J., FREITAS, A. Avaliação e composição nutricional de nhoque tradicional enriquecido com farinha de resíduo de brócolis (*Brassica oleracea* var. Itálica). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 20, n. 4, p. 553-560, 2010.
- MATHIAS, T. R. D. S., ANDRADE, K. C. S., ROSA, C. L. D. S., SILVA, B. A. Rheological evaluation of different commercial yoghurts. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 1, p. 12-20, 2013.
- MENEZES, M.L., STRÖHER, A. P., PEREIRA, N.C., BARROS, T. D.S. Análise da cinética e ajustes de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço do maracujá-amarelo. **Engevista**, v. 15, n. 2, p. 176-186, 2013.
- MILLER, G. L. Utilização de reagente para a determinação de ácido dinitrossalicílico de açúcares redutores. **Analytical Chemistry**, v. 31, p. 426-428, 1959.
- MINOLTA C. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. New Jersey, 49 p. 1994.
- MIRANDA, A. A., CAIXETA, A., FLÁVIO, E. F., PINHO, L. Development and analysis of cakes enriched with passion fruit peel (*Passiflora Edulis*) flour as a fiber source. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 24, n. 2, p. 232, 2013.
- MOHAPATRA, D., RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of food engineering**, v. 66, n. 4, p. 513-518, 2005.
- MONTEIRO, J.M.; ARAUJO, E.L.; AMORIM, E.L.C.; ALBUQUERQUE, U.P. Taninos: uma abordagem da química a ecologia. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 892-896. 2005.
- MORAES, É. A., CARRARO, J. C. C., DANTAS, M. I. D. S., COSTA, N. M. B., RIBEIRO, S. M. R., MARTINO, H. S. D. Qualidade protéica e eficiência alimentar de farinhas integrais de linhaça obtidas de sementes cruas e submetidas a tratamento térmico. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, v. 69, n. 4, p. 525-530, 2010.
- MORAIS, E. F. D., MANIGLIA, E. B., OMAE, J. M., SOARES, L. F. F., MADRONA, G. S. Desenvolvimento e avaliação de bolo de alfarroba. **GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 4, n. 5, p. 1340-1350, 2014.
- MOREIRA, A. A., MANDARINO, J. M. G., NEVES-SOUZA, R. D., LEITE, R. S., OLIVEIRA, M. D. Teor de ácido fítico em cultivares de soja cultivados em diferentes regiões

- dos estados do Paraná e São Paulo. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v. 23, n. 3, p. 393-399, 2012.
- MORGUETE, E. M., BEZERRA, J. R. M. V., CÓRDOVA, K. R. V., RIGO, M. Elaboração de pães com adição de farelo de soja. **Ambiência Guarapuava (PR)** v.7 n.3 p. 481-488, 2011.
- MOSCATTO, J. A.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 634-640, out./dez. 2004.
- MUJUMDAR, A. S.; LAW, C. L. Drying technology: Trends and applications in postharvest processing. **Food and Bioprocess Technology**, v. 3, n. 6, p. 843-852, 2010.
- MUNIZ, B. M. **Processamento das vagens de algaroba (*Prosopis juliflora*) para produção de bioprodutos**. 2009. 145f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande.
- MUNIZ, M., da SILVA, F. L. H., GOMES, J., da SILVA, C. G., ALVES, M., QUEIROZ, V. D. S., LIMA, F. D. S. Elaboração, caracterização físico-química e sensorial de bolo formulado com farinha das vagens de algaroba. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 4412-4419, 2015.
- NAMEDO, A.G. Plant cell elicitation for production of secondary metabolites: A review. **Pharmacognosy Reviews**, v.1, p.69–79, 2007.
- NAMIKI M. Antioxidants/antimutagens in food. **Crit Rev Food Sci Nutr**. v. 29, n. 4, p. 273-300, 1990.
- NASCIMENTO, A. P. S., PINTO, A. L., FREITAS, J. M. S., DE SOUSA, F. C. Efeitos da relação tempo/temperatura e concentração/pH na reação de Maillard em diferentes açúcares. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 5, n. 1, p. 01-08, 2015.
- NASSU, R.T. Análise Sensorial de Carne: Conceitos e Recomendações. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, **Comunicado Técnico** - Embrapa Pecuária Sudeste, n. 79. 7 p. 2007.
- NATALINO, R. **Caracterização de açúcar mascavo aplicando análise das componentes principais a dados espectrométricos**. 2006. 52 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.
- NOBREGA, I. C. C. **Tecnologia da cana-de-açúcar e derivados: matéria-prima, moagem, tecnologia da cachaça/álcool e tecnologia do açúcar**. Apostila da Disciplina Tecnologia da cana-de-açúcar e derivados. Universidade Federal da Paraíba. 2007.
- NOGUEIRA, F. D. S., FERREIRA, K. S., JUNIOR, C., DE BARROS, J., PASSONI, L. C. Minerals in sugar cane syrup and cane juice. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 29, n. 4, p. 727-731, 2009.
- NOROOZI M, ANGERSON W.J., LEAN M.E. Effects of flavonoids and vitamin C on oxidative DNA damage to human lymphocytes. **Am J Clin Nutr**. v. 67, n. 6, p. 1210-1218, 1998.

- OBEIDAT, B. S.; SHDAIFAT, M. M. Partial substitution of barley grain with *Prosopis juliflora* pods in lactating Awassi ewes' diets: Effect on intake, digestibility, and nursing performance. **Small Ruminant Research**, v. 111, n. 1, p. 50-55, 2013.
- OITICICA, J. E. R.; BRAS, L. M. J.; CORREIA, M. M. M. **Manual de técnicas de laboratório e fabricação de açúcar de cana**. Coleção Canavieira, n.18, Rio de Janeiro, 1975.
- OLIVEIRA, A. C. et al. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 689-702, 2009.
- ONGARATTO, R. S.; VIOTTO, L. A. Effect of the enzymatic treatment on the viscosity and fiber and pectin contents of pitanga (*Eugenia uniflora* L.) juice. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 231-238, set. 2015.
- OROIAN, M., PADURET, S., AMARIEI, S., GUTT, G. Chemical composition and temperature influence on honey texture properties. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 431-440, 2016.
- PACHECO, M. D., CHRISTIAN, J. I., FENG, B. Study of Maillard reaction inhibitors for the sugar cane processing. **American Journal of Food Technology**, v. 7, n. 8, p. 470-478, 2012.
- PACHECO, R. C., FORCELLINI, F. A., KERN, V. M., GONÇALVES, A. L., IGARASHI, W. ROBERTO CS. Uma análise da pesquisa em engenharia e ciências mecânicas no Brasil a partir dos dados da Plataforma Lattes. **ABCM Engenharia, Rio de Janeiro**, v. 12, n. 1, p. 16-22, 2007.
- PARK, K.J.; NOGUEIRA, R.I. Modelos de ajuste de isotermas de sorção de alimentos. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.3, p.81-6, 1992.
- PASIECZNIK, N. M., FELKER, P., HARRIS, P. J., HARSH, L., CRUZ, G., TEWARI, J. C., MALDONADO, L. J. **The "Prosopis Juliflora"- "Prosopis Pallida" Complex: A Monograph**. Coventry: HDRA, 2001.
- PELIZER, L. H; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de Resíduos Agro-Industriais em Processos Biotecnológicos como Perspectiva de Redução do Impacto Ambiental. **J. Technol. Manag. Innov.**, v. 2, n. 1, p. 118-127, 2007.
- PENG, L.; JIANG, Y. Exogenous salicylic acid inhibits browning of fresh-cut Chinese water chestnut. **Food Chemistry**, v.94, n.4, p.535-540, 2006.
- PEREIRA, C. T. M. Obtenção, caracterização físico-química e avaliação da capacidade antioxidante in vitro da farinha de resíduo de acerola (*Malpighia glabra* L.). **Acta Tecnológica**, v. 8, n. 2, p. 50-56, 2014.
- PEREIRA, E. A., PEGORINI, D., GAZOLA, M. B., CANAN, C. Caracterização físico-química e reológica de polpa de frutas nativas ou exóticas do bioma floresta com araucária. In: **Sicite 2012**. 2012.

- PEREZ, S. C. J. A.; MORAES, J. A. P. V. Influência do estresse hídrico e do pH no processo germinativo da algarobeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 7, p. 981-988, 1991.
- PEREZ, S. C. J. D. A., DE MORAES, J. A. P. Efeito da cumarina e de sua interação com giberelina na germinação de *Prosopis juliflora* (SW) DC. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 9, p. 1493-1501, 1991.
- PINELO, M.; ZEUNER, B.; MEYER, A. S. Juice clarification by protease and pectinase treatments indicates new roles of pectin and protein in cherry juice turbidity. **Food and Bioproducts Processing**, v. 88, p. 259-265, 2010.
- PRASAD, K. N., YANG, B., YANG, S., CHEN, Y., ZHAO, M., ASHRAF, M., JIANG, Y. IDENTIFICATION of phenolic compounds and appraisal of antioxidant and antityrosinase activities from litchi (*Litchi sinensis* Sonn.) seeds. **Food Chemistry**, v. 116, n. 1, p. 1-7, 2009.
- PRIOR, R. L., CAO, G., MARTIN, A., SOFIC, E., MCEWEN, J., O'BRIEN, C., MAINLAND, C. M. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, n. 7, p. 2686-2693, 1998.
- PRIOR, R., GU, L. Occurrence and biological significance of proanthocyanidins in the American diet. **Phytochemistry**. v. 66, n. 18, p. 2264-2280, 2005.
- PROLL, J.; PETZKE, J.; EZEAGU, E.; METGES, C. C. Low nutritional quality of unconventional tropical crop seeds in rats. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 128, n. 11, p. 2014-2022, Nov. 1998.
- QUDSIEH, H. Y. M., YUSOF, S., OSMAN, A., RAHMAN, R. A. Effect of maturity on chlorophyll, tannin, color, and polyphenol oxidase (PPO) activity of sugarcane juice (*Saccharum officinarum* Var. Yellow Cane). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 6, p. 1615-1618, 2002.
- QUERIDO, A. F., SILVA, C., PELEGRINE, D., ALVES, G. L. Persimmon pulp and jelly: chemical characterization and rheological behavior. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 6, n. 2, p. 97-103, 2013.
- QUISPE, C., PETROLL, K., THEODULOZ, C., SCHMEDA-HIRSCHMANN, G. Antioxidant effect and characterization of South American *Prosopis* pods syrup. **Food Research International**, v. 56, p. 174-181, 2014.
- RAO, M. A. **Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications**. New York: Aspen Publishers, 1999.
- RIBÉREAU-GAYON P. **Les composés phénoliques des végétaux**. Paris: Dunod; 1968.
- ROBERFROID, M. B. Global view on functional foods: European perspectives. **British Journal of Nutrition**, v. 88, n. S2, p. S133-S138, 2002.
- ROBERFROID, M.B. Functional food concept and its application to prebiotics. **Digest Liver Dis.** v. 34, p. S105-S110, 2002.

- ROCHA, W. S.; LOPES, R. M.; SILVA, D. B.; VIEIRA, R. F.; SILVA, J. P.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1215-1221, dez, 2011.
- RODRIGUES, C. G. **Caracterização de propriedades físicas, físico-químicas e químicas das vagens de algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC.) em quatro estágios de desenvolvimento**. 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa.
- RODRIGUES, M.I.; IEMMA, A.F. **Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos**, Campinas, Cárita Editora, 2009.
- RUFINO, M. D. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S. DE, MORAIS, S. M. DE, SAMPAIO, C. D. G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., SAURA-COLIXTO, F. D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP). **Comunicado Técnico Embrapa**, n. 125, p. 1-4, 2006.
- RUFINO, M. D. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S. DE, MORAIS, S. M. DE, SAMPAIO, C. D. G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., & SAURA-COLIXTO, F. D. Metodologia Científica : Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. **Comunicado Técnico Embrapa**, n. 127, p. 1-4, 2007.
- SAHNI, E. K., CHAUDHURI, B. Contact drying: A review of experimental and mechanistic modeling approaches. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 434, n. 1, p. 334-348, 2012.
- SANTANA, F. C.; SILVA, J. V.; SANTOS, A. J. A. O.; ALVES, A. R.; WARTHA, E. R. S. A.; MARCELLINI, P. S.; SILVA, M. A. A. P. Desenvolvimento de biscoito rico em fibras elaborado por substituição parcial da farinha de trigo, por farinha da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulisflavicarpa*) e fécula de mandioca (*Manihotesculentacrantz*). **Alim. Nutr. Araraquara**, v. 22, n. 3, p 391-399, jul./set. 2011.
- SANTI, L., BERGER, M., BEYS DA SILVA, W. O. Pectinases e pectina: aplicação comercial e potencial biotecnológico. **Caderno Pedagógico**, v. 11, n. 1, 2014.
- SANTOS, QUEIROZ, A. J. D. M., FIGUEIRÊDO, R. M. F., OLIVEIRA, E. N. A. Cinética de secagem de farinha de grãos residuais de urucum. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 223-231, 2013.
- SCHIRMER, M., JEKLE, M., ARENDT, E., BECKER, T. Physicochemical interactions of polydextrose for sucrose replacement in pound cake. **Food Research International**, v. 48, n. 1, p. 291-298, 2012.
- SCIAMMARO, L. P., FERRERO, C., PUPPO, M. C. Agregado de valor al fruto de *Prosopis alba*. Estudio de la composición química y nutricional para su aplicación en bocaditos dulces saludables. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 114, n. 1, p. 115-123, 2015.
- SCREMIN, F.F. **Influência do estado de maturação e das etapas de processamento na reologia e caracterização físico-química da polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.)**

- pasteurizada.** 2007. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina – Centro Tecnológico. Santa Catarina.
- SEYMOUR,G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A.; SEYMOUR,G.B. **Biochemistry of fruit ripening.** London: Chapman & Hall,1993.
- SGARBIERI, V. C. **Alimentação e nutrição:** fator saúde e desenvolvimento. São Paulo: Almed. 1987. 387p.
- SHAHIDI F, NACZK M. **Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications.** Lancaster: Technomic; 1995.
- SILVA M, SILVA M. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Rev Nutr.** v. 12, n. 1, p. 21-32, 1999.
- SILVA, A. D., PEREIRA, T., COELHO, C. M. M., ALMEIDA, J. A. D., SCHMITT, C. Seed phytate and protein content in beans depending on the application of basalt powder. **Acta Scientiarum. Agronomy,** v. 33, n. 1, p. 147-152, 2011.
- SILVA, C. G. M. **Processo biotecnológico para conversão de algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) D.C.) em etanol.** 2007. 104 f. Tese (Doutorado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco - Centro de Ciências e Saúde. Recife.
- SILVA, C. G. **Otimização da fabricação da aguardente de algaroba e aproveitamento dos resíduos sólidos em produtos alimentares.** 2009. 235 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande - Centro de Ciências e Tecnologia. Campina Grande.
- SILVA, F. A. S. **Assistat 7.7 versão beta.** UFCG, Campina Grande, 2013.
- SILVA, F.C., CESAR, M.A.A., SILVA, C.A.B. Pequenas indústrias rurais de cana-de-açúcar: melado, rapadura e açúcar mascavo. EMBRAPA Informática Agropecuária, Campinas, SP (Brasil) 2003. 155 p.
- SILVA, L. F.; FARIAS, G. G. M.; LEITE, E. L.; NASCIMENTO, C. B. S.; LIMA, C. J.; NEGREIROS, A. N. M.; LIMA, D. F.; FLORES, H. *Prosopis juliflora* Pod Flour and Syrup Processing and Nutritional Evaluation. In: HABIT, M. A.; SAAVEDRA, Y. V. **The current state of knowledge on *Prosopis juliflora*.** Washington, FAO, p.405-418, 1990.
- SILVA, R. A., MAIA, G. A., SOUSA, P. H. M., COSTA, J. M. C. Composição e propriedades terapêuticas do mel de abelha. **Alimentos e Nutrição Araraquara,** v. 17, n. 1, p. 113-120, 2008.
- SINGLETON, V. L., ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture,** v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.
- SOARES, M. M., SILVA, L. O. L., CHEQUER, M. A. A., RODRIGUES, S. M., DIAS, C. A. Comportamentos supersticiosos e práticas comportamentais inadequadas no tratamento da hipertensão arterial sistêmica. **Psic., Saúde & Doenças,** Lisboa, v. 15, n. 2, p. 524-537, jun. 2014.

- SOARES, P. K., BRUNS, R. E., SCARMINIO, I. S. Statistical mixture design-Varimax factor optimization for selective compound extraction from plant material. **Analytica Chimica Acta**, v. 613, n. 1, p. 48-55, 2008.
- SOARES, S., VITORINO, R., OSÓRIO, H., FERNANDES, A., VENÂNCIO, A., MATEUS, N., AMADO, F., DE FREITAS, V. Reactivity of human salivary proteins families toward food polyphenols. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 59, n. 10, p. 5535-5547, 2011.
- SOTELO, A., GONZÁLEZ-OSNAYA, L., SÁNCHEZ-CHINCHILLAS, A., TREJO, A. Role of oxate, phytate, tannins and cooking on iron bioavailability from foods commonly consumed in Mexico. **International journal of food sciences and nutrition**, v. 61, n. 1, p. 29-39, 2010.
- SOUSA, E. C., DE LIMA, A., DE LIMA, R. M. T., FREITAS, P. A. P., DE SOUSA, M. A. M., DE ALBUQUERQUE THOMAZ, J. C., CARIOCA, J. O. B. Elaboração e aceitabilidade de produtos de panificação enriquecidos com semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó. **HOLOS**, v. 5, p. 199-210, 2014.
- SOUSA, M. B., PEDROZA, J. P., BELTRÃO, N. E. DE M., SEVERINO, L. S.; DANTAS, F. P. Cinética de secagem do farelo de mamona. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.8, p.135-146, 2006.
- SOUZA, R. L. A.; CORREIA, R. T. P. Caracterização físico-química e bioativa do Figo-da-Índia (*Opuntia ficus-indica*) e farinha de Algaroba (*Prosopis juliflora*) e avaliação sensorial de produtos derivados. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 24, n. 4, p. 369-377, 2015.
- SOUZA, T. A. C., JÚNIOR, M. S. S., CAMPOS, M. R. H., SOUZA, T. S. C., DIAS, T. D., FIORDA, F. A. Bolos sem glúten a base de arroz quebrado e casca de mandioca. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 717-128, 2013.
- STORCK, NUNES, G. L., DE OLIVEIRA, B. B., BASSO, C. Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. **Ciencia rural**, v. 43, n. 3, p. 537-543, 2013.
- SUN, B., YAN, H., ZHANG, F., WANG, Q. Effects of plant hormones on main health-promoting compounds and antioxidant capacity of Chinese kale. **Food Research International**, v. 48, n. 2, p. 359-366, 2012.
- SWAMI, S. B., THAKOR, N. S., WAGH, S. S. Effect of temperature on viscosity of kokum, karonda, mango pulp and cashew apple syrup. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v. 15, n. 4, p. 281-287, 2013.
- SZCZESNIAK, A.S. Sensory Texture Profiling Historical and Scientific Perspectives. **Food Technology**, v.52, n. 8, p.54- 57, 1998.
- SZKUDELSKI T. Phytic acid-its influence on organism. **J Anim Feed Sci**, v. 6, p. 427-438, 1997.
- TABILO-MUNIZAGA, G., BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Rheology for the food industry. **Journal of Food Engineering**, v. 67, n. 1, p. 147-156, 2005.

- TEH, Q. T. M., TAN, G. L. Y., LOO, S. M., AZHAR, F. Z., MENON, A. S., HII, C. L. The Drying Kinetics and Polyphenol Degradation of Cocoa Beans. **Journal of Food Process Engineering**, p.1-8, 2015.
- TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.M.; BARBETTA, P.A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987. 182 p.
- THOMAS, M. L., FRANZ, L. B. B. Importância da alimentação na prevenção de doenças cardiovasculares. **Salão do Conhecimento**, v. 1, n. 1, 2015.
- TONELI, J. T. C. L., MURR, F. E. X., PARK, K.J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, n. 2, p. 181-204, 2005.
- TORBICA, A.; HADNACEV, M.; DAPCEVIC, T. Rheological, textural and sensory properties of gluten free bread formulations based on rice and buckwheat flour. **Food Hydrocolloids**, Boca Raton, v. 24, n. 6-7, p. 626-632, 2010.
- TORRE, M.; RODRIGUEZ, A. R.; SAURA-CALIXTO, F. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 1, p. 1-22, 1991.
- TORRES, R. C. **Estudo do processo de cristalização do açúcar: modelagem e estratégias de controle**. 2007. 107f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.
- UMEBARA, T. **Microfiltração de caldo de cana: caracterização do caldo permeado e retentado** / Tiemi Umebara. - Curitiba, 2010.
- URDANETA, H., LEÓN, J., NÚÑEZ, L., PEREZ, R., URDANETA, C. *Prosopis juliflora* (leguminosae-mimosoideae) como ingrediente en el alimento para alevines de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*). **Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas**, v. 46, n. 4, p. 353-367, 2014.
- VASCO, C., RUALES, J., KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v. 111, n. 4, p. 816-823, 2008.
- VÁZQUEZ-FLORES, A. A., ÁLVAREZ-PARRILLA, E., LÓPEZ-DÍAZ, J. A., WALL-MEDRANO, A., DE LA ROSA, L. A. Taninos hidrolizables y condensados: Naturaleza química, ventajas y desventajas de consumo. **Tecnociencia**. v. 6, n. 2, p. 84-93, 2012.
- VIANA, E., SCHULZ, H. E., ALBUQUERQUE, R., NORONHA, A. B. Resíduos alimentares do lixo domiciliar: estudo do uso na alimentação de frangos de corte. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 203-211, 2006.
- VIDAL, J. R. M. B. **Comportamento reológico da polpa de manga (*Mangífera indica* L. Keitt)**. 2000. 159 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- VIDAL, J. R. M. B. SIERAKOWSKI, M. R., HAMINIUK, C. W. I., MASSON, M. L. Propriedades reológicas da polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) centrifugada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 955-960, 2006.
- VIEIRA, M. C. A. (Org.). Setor sucroalcooleiro brasileiro: evolução e perspectivas. **Banco Nacional de Desenvolvimento**. 2007. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/liv_perspectivas/07.pdf>. Acessado em 20 de novembro de 2012.
- VILHALVA, D. A. A., SOARES JÚNIOR, M. S., CALIARI, M., SILVA, F. A. D. Secagem convencional de casca de mandioca proveniente de resíduos de indústria de amido. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 331-339, 2012.
- WANASUNDARA, P.K.J.P.D., SHAHIDI F., **Antioxidants: Science, technology and applications**, in: F. Shahidi (Ed.), *Bailey's Industrial Oil and fat products*, 6th ed., John Wiley, Ney Jersey, 2005: p. 431-489.
- WANG J., ROSELL C.M., BARBER C.B. Effect of the addition of different fibres on wheat dough per-formance and bread quality. **Food Chemistry**, v. 79, n. 2, p. 221-226, 2002.
- WANG, L., WANG, C., CHANG, T., SHI, L., YANG, H., CUI, M. Effect of okara on the sensory quality of cake. **Research in Health and Nutrition**, v. 2, p. 1-4, 2014.
- WILDERJANS, E., LUYTS, A., BRIJS, K., DELCOUR, J. A. Ingredient functionality in batter type cake making. **Trends in Food Science & Technology**, v. 30, n. 1, p. 6-15, 2013.
- WOJDYŁO, A., OSZMIAŃSKI, J., CZEMERYYS, R. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. **Food Chemistry**, v. 105, n. 3, p. 940-949, 2007.
- WONG, C. C., LI, H. B., CHENG, K. W., CHEN, F. A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay. **Food Chemistry**, v. 97, n. 4, p. 705-711, 2006.
- WOOD, J. H., LACHMAN, L., LIEBERMAN, H., KANIG, J. Reologia farmacêutica. **Teoria e Prática na Indústria Farmacêutica**, v. 3, p. 210-253, 2001.
- XU, B.; CHANG, S. KC. Phytochemical profiles and health-promoting effects of cool-season food legumes as influenced by thermal processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 22, p. 10718-10731, 2009.
- ZHOU, J.R., ERDMAN, J.W. Phytic acid in health and disease. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.35, n.6, p.495-508, 1995.

APÊNDICE A

Tabela A1 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real para percentual de taninos a 95% de confiança.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t(3)	p
Média	4,137171	0,058392	70,85225	0,000006
Temperatura	-0,637045	0,154489	-4,12355	0,025857
pH	0,127527	0,154489	0,82547	0,469623
T x pH	-0,435482	0,154489	-2,81885	0,066802

Tabela A2 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real para percentual de ART a 95% de confiança.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t(3)	p
Média	47,88738	0,725505	66,00563	0,000008
Temperatura	-1,80543	1,919504	-0,94057	0,416314
pH	-0,42024	1,919504	-0,21893	0,840752
T x pH	0,65392	1,919504	0,34067	0,755813

Tabela A3 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real para percentual de taninos a 90% de confiança.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t(3)	p
Média	4,137171	0,058392	70,85225	0,000006
Temperatura	-0,637045	0,154489	-4,12355	0,025857
pH	0,127527	0,154489	0,82547	0,469623
T x pH	-0,435482	0,154489	-2,81885	0,066802

Tabela A4 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real para percentual de ART a 90% de confiança.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t(3)	p
Média	47,88738	0,725505	66,00563	0,000008
Temperatura	-1,80543	1,919504	-0,94057	0,416314
pH	-0,42024	1,919504	-0,21893	0,840752
T x pH	0,65392	1,919504	0,34067	0,755813

Tabela A5 - Análise de variância (ANOVA) do modelo linear de primeira ordem ajustado para percentual de taninos na concentração do caldo a 95% de confiança

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	TESTE F
Regressão	0,611734	1	0,611734	42,71
Resíduos	0,071601	5	0,01432	
Falta de ajuste	0,037095	2	0,017253	1,5
Erro puro	0,034506	3	0,011502	
Total	0,683335	6		
R²	0,89			
R² ajustado	0,15			

F_{tab} regressão (95%, 1, 5) = 6,61 e F_{tab} falta de ajuste (95%, 2, 3) = 9,55

*Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

Tabela A6 - Análise de variância (ANOVA) do modelo linear de primeira ordem ajustado para percentual de ART na concentração do caldo a 95% de confiança

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	TESTE F
Regressão	3,86378	1	3,86378	1,747
Resíduos	11,05349	5	2,210698	
Falta de ajuste	10,86650	2	21,733	38,741
Erro puro	0,18699	3	0,56097	
Total	14,91727	6		
R²	0,26			
R² ajustado	0,0431			

F_{tab} regressão (95%, 1, 5) = 6,61 e F_{tab} falta de ajuste (95%, 2, 3) = 9,55

*Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

Tabela A7 – Análise de variância (ANOVA) do modelo linear de primeira ordem ajustado para percentual de taninos na concentração do caldo a 90% de confiança

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	TESTE F
Regressão	0,611734	2	0,305867	17,09
Resíduos	0,071601	4	0,01790025	
Falta de ajuste	0,037095	1	0,037095	3,22
Erro puro	0,034506	3	0,011502	
Total	0,683335	6		
R²	0,89			
R² ajustado	0,30			

F_{tab} regressão (90%, 2, 4) = 4,32 e F_{tab} falta de ajuste (90%, 1, 3) = 5,54

*Valores tabelados de F a $p \leq 0,1$.

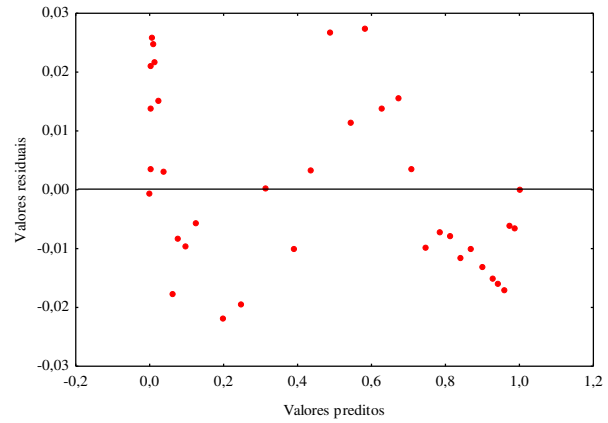
Tabela A8 - Análise de variância (ANOVA) do modelo linear de primeira ordem ajustado para percentual de ART na concentração do caldo a 90% de confiança

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	TESTE F
Regressão	3,86378	1	3,86378	1,747
Resíduos	11,05349	5	2,210698	
Falta de ajuste	10,86650	2	21,733	38,741
Erro puro	0,18699	3	0,56097	
Total	14,91727	6		
R²	0,26			
R² ajustado	0,0431			

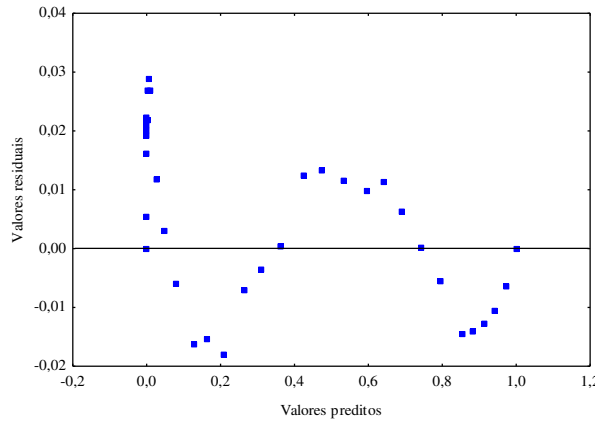
F_{tab} regressão (90%, 2, 4) = 4,32 e F_{tab} falta de ajuste (90%, 1, 3) = 5,54

*Valores tabelados de F a $p \leq 0,1$.

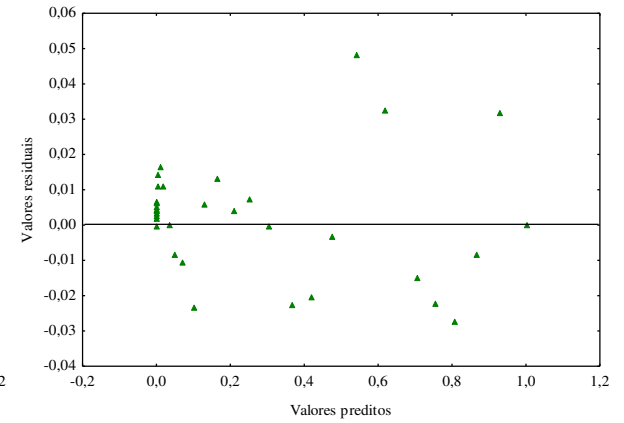
APÊNDICE B



(a)

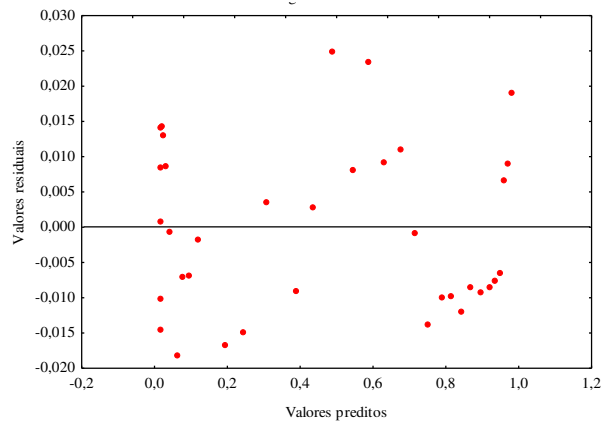


(b)

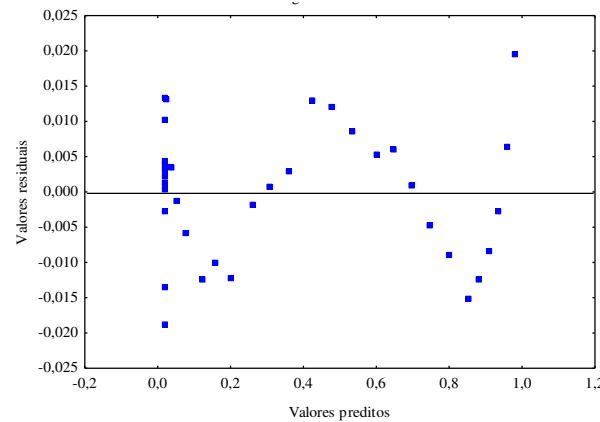


(c)

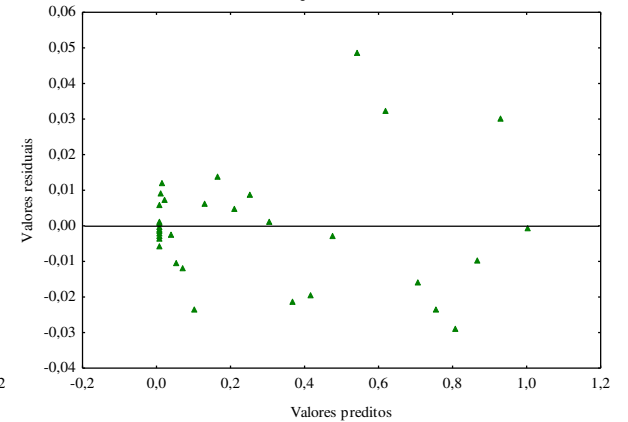
APÊNDICE B.1 - Gráficos dos valores preditos versus valores residuais para o resíduo de algaroba aplicando o modelo de Page nas temperaturas de secagem de (a) 40°C, (b) 50°C e (c) 60°C.



(a)

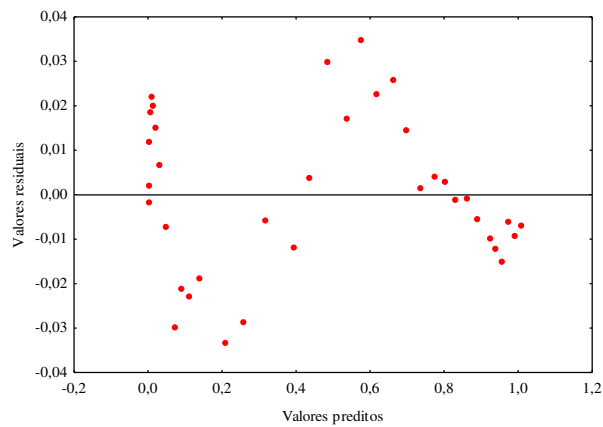


(b)

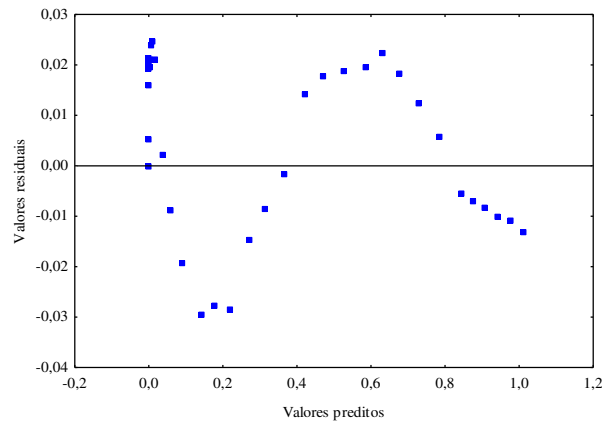


(c)

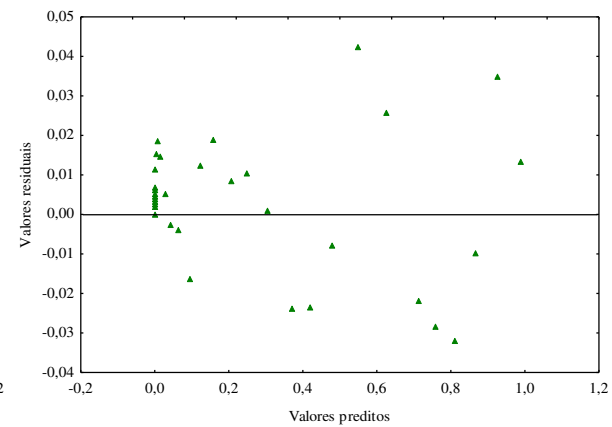
APÊNDICE B.2 - Gráficos dos valores preditos versus valores residuais para o resíduo de algaroba aplicando o modelo de Cavalcanti Mata nas temperaturas de secagem de (a) 40°C, (b) 50°C e (c) 60°C.



(a)

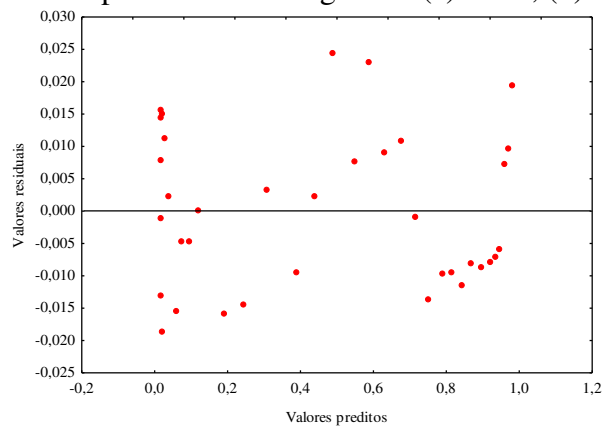


(b)

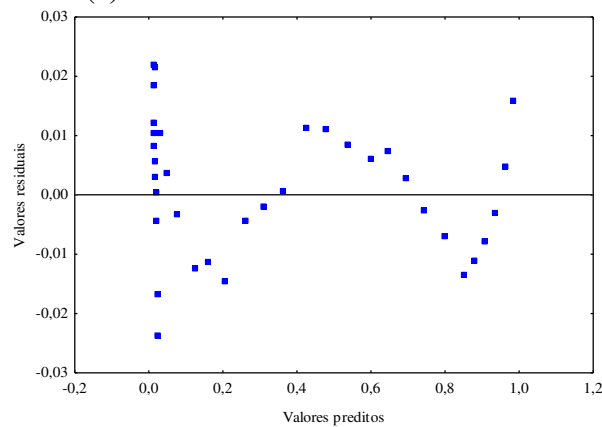


(c)

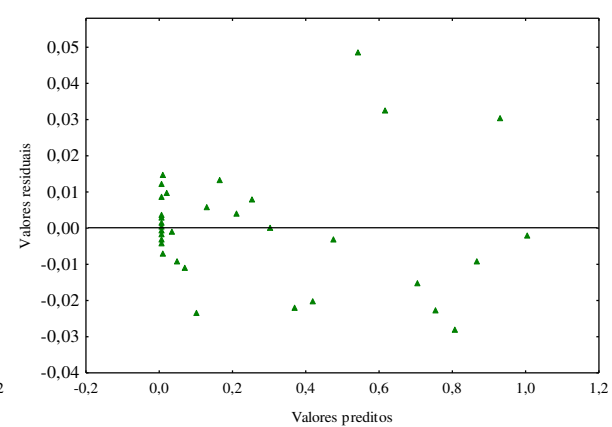
APÊNDICE B.3 - Gráficos dos valores preditos versus valores residuais para o resíduo de algaroba aplicando o modelo de Henderson & Pabis nas temperaturas de secagem de (a) 40°C, (b) 50°C e (c) 60°C.



(a)



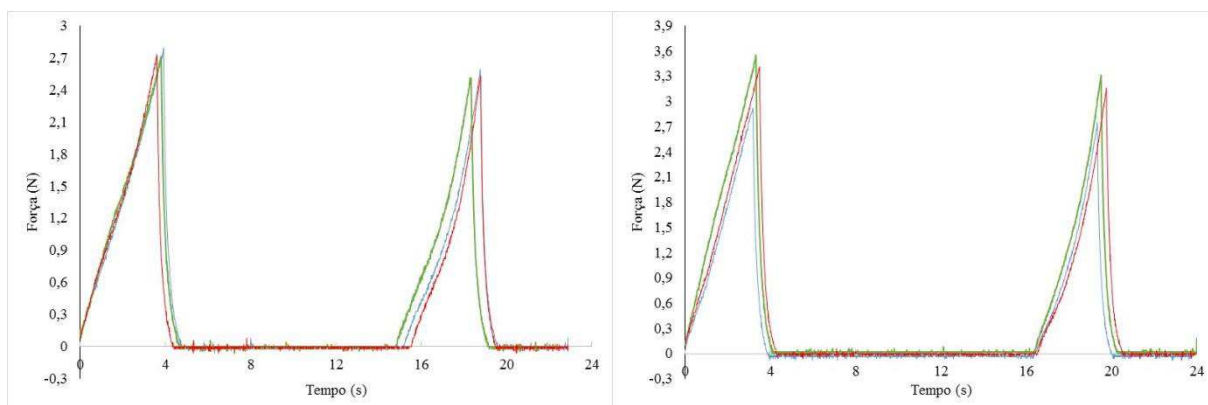
(b)



(c)

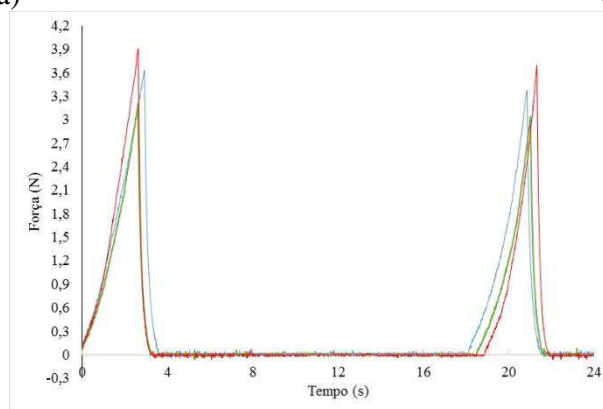
APÊNDICE B4 - Gráficos dos valores preditos versus valores residuais para o resíduo de algaroba aplicando o modelo de Midilli et al. nas temperaturas de secagem de (a) 40°C, (b) 50°C e (c) 60°C.

APÊNDICE C



(a)

(b)



(c)

APÊNDICE C - Curvas de TPA (análise do perfil de textura) dos bolos tipo cupcake elaborado somente com farinha de trigo convencional (a), com 10% de farinha residual de algaroba em substituição a farinha de trigo convencional (b) e com 20% de farinha residual de algaroba em substituição a farinha de trigo convencional (c).

ANEXO A

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

Nome: _____ Idade: _____

TESTE DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE BOLO TIPO CUPCAKE

Por favor, avalie a amostra de cupcake de acordo com as características citadas, usando a escala abaixo, indicando o quanto você **gostou** ou **desgostou** das amostras:

Características	Avaliação		
	Cod:	Cod:	Cod:
Aparência			
Cor			
Aroma			
Sabor			
Textura			
Aceitação global			

- (9) gostei extremamente
- (8) gostei muito
- (7) gostei moderadamente
- (6) gostei ligeiramente
- (5) nem gostei / nem desgostei
- (4) desgostei ligeiramente
- (3) desgostei moderadamente
- (2) desgostei muito
- (1) desgostei extremamente

Com base na escala abaixo, indique sua atitude ao encontrar esses bolos no mercado.

Avaliação		
Cod:	Cod:	Cod:

- (5) consumiria
- (4) possivelmente consumiria
- (3) talvez consumiria
- (2) possivelmente não consumiria
- (1) jamais consumiria

Comentários: _____

OBRIGADA!

ANEXO A - Ficha de avaliação utilizada no teste sensorial de aceitação

ANEXO B

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Senhor (a)

Esta pesquisa é sobre caracterização sensorial de bolo tipo cupcake elaborado com açúcar de algaroba proveniente da extração do caldo da algaroba e está sendo desenvolvida pela pesquisadora Cláudia Gouveia Rodrigues técnica do Curso de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação do(a) Prof(a) Mário Eduardo R. M. Cavalcanti Mata.

Os objetivos do estudo são avaliar a aceitação sensorial quanto aos atributos (aparência, aroma, sabor, cor, textura e aceitação global) dos produtos elaborados com açúcar de algaroba a fim de verificar a melhor formulação, comparando com um produto controle e avaliar a intenção de compra dos provadores quanto aos produtos elaborados.

A finalidade deste trabalho é contribuir para a utilização dos recursos provenientes da nossa região semiárida obtendo um produto com propriedades nutricional, funcional e sensorial, com qualidade e valor comercial reconhecido, além de reaproveitar o resíduo proveniente desse processo, inserindo-se assim, no circuito de mercado dos produtos oriundos da exploração racional da algaroba.

Solicitamos a sua colaboração para responder uma ficha de avaliação sensorial quanto aos atributos sensoriais com o objetivo de analisar sensorialmente as características do bolo tipo cupcake elaborado com derivados da algaroba e a intenção de compra deste produto, como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em publicações. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo. Informamos que essa pesquisa não oferece riscos, previsíveis, para a sua saúde.

Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o(a) senhor(a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo Pesquisador(a). Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano.

Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido(a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia desse documento.

Assinatura do Participante da Pesquisa
ou Responsável Legal

Contato do Pesquisador (a) Responsável:

Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor ligar para o a pesquisadora: Cláudia Gouveia Rodrigues

Endereço (Setor de Trabalho): Avenida dos Escoteiros, s/nº, Mangabeira VII. Distrito Industrial de Mangabeira, João Pessoa - PB, CEP 58058-600.

Telefone: (83) 988510170/ 32167947

Ou

Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba Campus I - Cidade Universitária - 1º Andar – CEP 58051-900 – João Pessoa/PB

☎ (83) 3216-7791 – E-mail: eticaccsufpb@hotmail.com

Atenciosamente,

Assinatura do Pesquisador Responsável

ANEXO C

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CENTRO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL

Nome: _____

Escolaridade: _____

QUESTIONÁRIO SOBRE O HÁBITO DE CONSUMO DOS JULGADORES

1- Gênero:

Masculino Feminino

2- Que sabor de bolo você mais consome?

Fofo Chocolate Mesclado

Outro. Qual? _____

3- Indique sua frequência de consumo de **bolo**:

Diariamente

2 a 3 vezes por semana

Uma vez por semana

Uma vez a cada 15 dias

Uma vez por mês

Nunca

4- Em qual refeição você prefere consumir bolo?

Café da manhã

Lanche

Jantar

5- Você costuma consumir bolo industrializado?

Não

Sim. Se sim, que marca você prefere? _____

6- Onde você prefere comprar bolo?

padaria supermercado

outro: _____