



Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia Química
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO- QUÍMICAS E FUNCIONALIDADE DE BAGAÇOS DE FRUTAS TROPICAIS DESIDRATADOS EM LEITO DE JORRO

Kátia Cristina Borges

Orientadora: Profa. Dra. Roberta Targino Pinto Correia

Co-Orientadora: Prof. Dra. Maria de Fátima Dantas de Medeiros

Natal / RN

Fevereiro / 2011

KÁTIA CRISTINA BORGES

**ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E
FUNCIONALIDADE DE BAGAÇOS DE FRUTAS
TROPICAIS DESIDRATADOS EM LEITO DE JORRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química, sob orientação da Profa. Dra. Roberta Targino Pinto Correia e co-orientação da Profa. Dra. Maria de Fátima Dantas de Medeiros.

Natal / RN
Fevereiro / 2011

Catálogo da Publicação na Fonte.
UFRN / CT / PPGEQ
Biblioteca Setorial “Professor Horácio Nicolas Solimo”.

Borges, Kátia Cristina.

Estudo das características físico-químicas e funcionalidade de bagaços de frutas tropicais desidratados em leito de jorro / Kátia Cristina Borges. - Natal, 2011.
138 f.: il.

Orientadora: Roberta Targino Pinto Correia.

Co-orientadora: Maria de Fátima Dantas de Medeiros.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Química. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

1. Secagem - Frutas tropicais - Dissertação. 2. Bagaço – Desidratação – Secador de leito de jorro - Dissertação. 3. Frutas tropicais – Características físico-químicas - Funcionalidade - Dissertação. 4. Atividade antioxidante – Dissertação. 5. Compostos fenólicos totais - Dissertação. I. Correia, Roberta Targino Pinto. II. Medeiros, Maria de Fátima Dantas de. III. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. IV. Título.

RN/UF/BSEQ

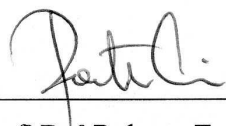
CDU 66.047.8:634.6(043.3)

Kátia Cristina Borges

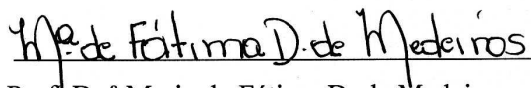
Estudo das características físico-químicas e funcionalidade de bagaços de frutas tropicais desidratados em leite de jorro

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - PPGEQ, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

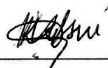
Aprovada em 15 de Fevereiro de 2011



Prof^a Dr^a Roberta Targino Pinto Correia
Orientadora - UFRN



Prof^a Dr^a Maria de Fátima D. de Medeiros
Co-orientadora - UFRN



Prof^a Dr^a Kátia Nicolau Matsui
Membro Interno - UFRN



Prof^a Dr^a Maria Inés Genovese
Membro Externo - USP

BORGES, Kátia Cristina - Estudo das características físico-químicas e funcionalidade de bagaços de frutas tropicais desidratados em leito de jorro. Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Área de concentração: Engenharia e Tecnologia de Alimentos. Natal/RN, Brasil.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª Roberta Targino de Pinto Correia (DEQ - UFRN).

Co-orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria de Fátima Dantas de Medeiros (DEQ – UFRN).

Resumo: As frutas possuem importantes compostos bioativos, dentre eles os compostos fenólicos. O cultivo de frutas tropicais é um importante segmento produtivo do Nordeste Brasileiro, mas sua industrialização gera resíduos sólidos como có-produtos da atividade, passíveis de gerar impacto ambiental. Tendo em vista o reconhecido conteúdo bioativo de frutas e seus có-produtos, objetivou-se estudar o bagaço desidratado da acerola (*Malpighia glabra L.*), cajá-umbu (*Spondia ssp*), jambolão (*Syzygium cumini*) e pitanga (*Eugenia uniflora*) obtidos em secador de leito de jorro. A partir disso, foi analisada a composição físico-química, solubilidade e aspecto microfotográfico dos bagaços secos. Além disso, foi avaliada a concentração de compostos bioativos, atividade antioxidante e atividade inibitória contra as enzimas α -amilase e α -glicosidase do extrato aquoso e extratos etanólicos (70%, 80% e 100% v/v) preparados a partir dos bagaços desidratados, bem como suas correlações. Os pós de fruta apresentaram elevado teor de compostos fenólicos (606,04 a 3074,6 mg GAE eq/100 g amostra), antocianinas (478,7 mg/100 g para jambolão) e ácido ascórbico (2748,03 mg/100 g), bem como expressiva atividade antioxidante medida pelo método DPPH (14,27 a 36,30 μ g Trolox eq/g amostra). Os extratos foram capazes de expressar inibição da α -amilase de moderada a alta (23,97% a 76,58%) e expressiva inibição da α -glicosidase, cujo máximo de 99,32% foi alcançado pelos extratos etanólicos 70% da pitanga. Foi observada correlação positiva entre o teor fenólico e atividade antioxidante (0,97 para acerola), antocianinas (0,95 para jambolão), inibição da α -amilase (0,99 para jambolão) e inibição da α -glicosidase (0,93 para pitanga) e dessas duas últimas com a atividade antioxidante para todos os frutos estudados. Os dados apresentados demonstram que os resíduos desidratados constituem valioso material de estudo para aplicações como ingredientes funcionais.

Palavras-chave: Bagaços de frutas tropicais, secador de leito de jorro, extratos fenólicos, antioxidantes, α -amilase, α -glicosidase.

BORGES, Kátia Cristina – Physical-chemical characterization and functionality of dried tropical fruit wastes obtained by using the spouted bed drier. Master' Degree Dissertation. UFRN, Graduate Program in Chemical Engineering. Area: Food Engineering and Technology. Natal/RN, Brazil.

Abstract

Fruits are rich sources of bioactive compounds, including phenolic compounds. Tropical fruit cultivation is an important productive segment in Brazilian Northeast. Its industrialization generates solid wastes as co-products, with potential environmental impact. Considering the recognized bioactive content of fruit and its derivatives, this research has the objective of investigating acerola (*Malpighia glabra L.*), cajá-umbu (*Spondia ssp*), jambolan (*Syzygium cumini*) and pitanga (*Eugenia uniflora*) dried wastes obtained by spouted bed drier. It was analyzed the physical-chemical composition, solubility and microphotographic aspect of these dried wastes. Besides this, it was also evaluated the bioactive content, antioxidant activity and inhibitory activity against α -amylase and α -glycosidase enzymes of water and ethanol (70%, 80% e 100% v/v) extracts prepared from fruit dried wastes, as well as their possible correlations. The dried fruit wastes showed high phenolic (606.04 to 3074.6 mg GAE eq/100 g sample), anthocyanin (478.7 mg/100 g for jambolan) and ascorbic acid (2748.03 mg/100 g for acerola) contents, as well as high antioxidant DPPH activity (14.27 a 36.30 μ g Trolox eq/g sample). The extracts exhibited moderate to high α -amylase inhibition (23.97% a 76.58%) and high α -glycosidase inhibition, which 99.32% peak was reached for ethanol 70% pitanga extracts. It was also observed great positive correlation between phenolic content and DPPH activity (0.97 for acerola), anthocyanin (0.95 for jambolan) and α -glycosidase inhibition (0.98 for acerola). The α -glycosidase inhibition also correlated well with the antioxidant activity for all fruit extracts. The results show that these dried fruit wastes are valuable material for further applications as functional ingredients.

Keywords: Tropical fruit wastes, spouted bed drier, phenolic extracts, antioxidants, amylase, glycosidase.

Ser feliz é reconhecer que vale a pena viver
Apesar de todos os desafios,
Incompreensões e períodos de crise.
Ser feliz é deixar de ser vítima dos problemas
E se tornar um autor da própria história.
É atravessar desertos fora de si,
Mas ser capaz de encontrar um oásis
No recôndito da sua alma.

É agradecer a Deus a cada manhã pelo milagre da vida.
Ser feliz é não ter medo dos próprios sentimentos.
É saber falar de si mesmo.
É ter coragem para ouvir um “não”.
É ter segurança para receber uma crítica,
Mesmo que injusta.

Pedras no caminho?
Guardo todas, um dia vou
Construir um castelo...

Fernando Pessoa

DEDICATÓRIA

À professora Dra. Roberta Targino Pinto Correia
pelo empenho a mim dedicado e incentivo
ao longo das minhas atividades acadêmicas.

AGRADECIMENTOS

Deus, como o ser maior do universo, guiou meus passos, iluminou meus pensamentos, deu-me saúde, tenacidade e sabedoria para que eu soubesse discernir o que foi imposto a mim durante esta jornada. A ele, o meu incomensurável agradecimento.

Minha gratidão aos meus pais, João Alexandre Borges e Maria de Lourdes dos Santos Borges, pelo carinho e dedicação dispensados a mim em todos os momentos da minha vida;

Ao meu irmão, Iury pelo carinho e admiração;

Ao meu namorado, José Gomes Netto, que sempre me encorajou a enfrentar a luta acirrada do dia-a-dia, fazendo com que eu conciliasse os meus afazeres diários com responsabilidade e determinação;

Aos professores e amigos Dr. Edson Leandro de Oliveira e Dr. Dinarte Aéda da Silva, deixo meu reconhecimento pelo carinho e empenho a mim dispensados.

Faço questão de ressaltar o desempenho dos professores Dr. Gustavo Adolfo Saavedra Pinto, Dr. Emerson Moreira Aguiar, Dra. Márcia Regina da Silva Pedrini e Dra. Gorete Ribeiro de Macêdo os quais me receberam de forma afetiva, dando-me a oportunidade de realizar algumas análises em seus laboratórios.

Levo meu sincero agradecimento às professoras Renata Alexandra Moreira das Neves, Claudia Souza Macedo, Ana Heloneida de Araújo Morais, Maria Inés Genovese e Katia Nicolau Matsui pela gentil colaboração na avaliação deste trabalho.

Não poderia esquecer aqueles que estiveram comigo na sala de aula em busca de informações coesas e coerentes, elaborando as mais diversas atividades. Dentre elas algumas que nos deixávamos atônics para não dizer apavorados. A vocês: Juliana, Graciana, Luiz, Fabrício, Joselisse, Marcelo, Nathalia, Bruna, Carol, Evellin, Karen, Lívia, Rosane e Rogéria meu afetuoso abraço e votos de sucesso profissional;

A Chico, Taynah e Thaise, meu reconhecimento pela colaboração no desempenho das secagens.

As amigas do laboratório de Tecnologia de Alimentos, Adja, Josilma, Uliana, Fátima, Erly, Ana Luiza, Andréia, Suelane, Petrucia e Patricia meu agradecimento pelo carinho, amizade e horas de descontração.

Existem tantos outros amigos que tiveram uma participação vital ao longo deste trabalho; são àquelas do meu ciclo de amizade que estiveram sempre ao meu lado. Com muito carinho, agradeço a vocês: Olívia, Virginia, Karina, Alison, Rangner, Marta, Ivan, Assis, Denise, Débora, Prazeres, Maria, Iracema e João Batista.

Não poderia deixar de agradecer à Bina pelo seu amor incondicional, lealdade e companheirismo e por me fazer sorrir nos momentos em que eu estava estressada.

Aos funcionários do PPGEQ, principalmente, a Marzinha e Medeiros, pela disponibilidade e carinho.

À Capes, por viabilizar esta pesquisa, através da concessão da bolsa de estudo.

Meu agradecimento a Paulo, proprietário da Empresa Delícia da Fruta, pela doação dos bagaços utilizados no experimento.

Minha gratidão à professora Maria de Fátima Dantas de Medeiros pela orientação, amizade e ensinamentos que no cumprimento do dever empenhou-se para que eu absorvesse de forma coerente o que me estava sendo passado; e a única forma de recompensá-la é levar minhas preces a Deus pedindo a ele que continue abençoando-a.

É com veemente apreço e mais elevada estima que agradeço à professora e amiga Dra. Roberta Targino Pinto Correia, pela amizade, cumplicidade, orientação e pela credibilidade dispensada a mim, apoiando-me sempre e incentivando-me nas minhas atividades acadêmicas desde a graduação, as quais foram decisivas para o ingresso no Mestrado e conseqüentemente, no Doutorado. Ao mesmo tempo em que agradeço-lhe, também exalto suas qualidades intelectuais, ressaltando seu lado humanitário (amiga e portadora de uma incomensurável simplicidade), dando àqueles que a rodeiam um tratamento igualitário, o que é raro no mundo atual. Sou eternamente grata. Hoje gostaria de ter o dom dos grandes poetas para expressar meus sentimentos, mas como não o tenho, deixo meu imensurável agradecimento, pedindo a Deus que continue iluminando seus passos, fazendo muito mais por você, ampliando seus conhecimentos, dando-lhe muita saúde, paz e sabedoria ao longo de toda a sua existência.

Obrigada!

Sumário

Folha de rosto

Resumo

Abstract

Agradecimentos

Lista de figuras

Lista de tabelas

Lista de abreviaturas e siglas

1-INTRODUÇÃO	02
2-OBJETIVOS	06
2.1-Objetivo Geral	06
2.2-Objetivos Específicos	06
3- ASPECTOS TEÓRICOS	08
3.1- Acerola (<i>Malpighia puniceifolia</i>)	09
3.2- Cajá- Umbu (<i>Spondias ssp</i>)	11
3.3- Jambolão (<i>Syzygium cumini</i>)	14
3.4- Pitanga (<i>Eugenia uniflora L</i>)	16
3.5- Compostos bioativos	17
3.5.1- Compostos fenólicos	17
3.5.1.1- Flavonóides	21
3.5.2- Fatores que podem influenciar a presença de compostos fenólicos em frutas	27
3.5.3- Ácido ascórbico	29
3.6- Estratégias de aproveitamento de compostos bioativos em resíduos de frutas (cascas, peles e sementes)	31
3.6.1- Secador de leite de jorro	32
3.6.2-Produtos desidratados de frutas	35
3.7-Funcionalidade dos compostos fenólicos	37
3.7.1-Atividade antioxidante	37
3.7.1.1-Determinação da capacidade antioxidante	40

3.7.2- Atividade antienzimática	41
4-MATERIAL E MÉTODOS	47
4.1 Material	47
4.1.1-Matéria prima	47
4.2- Método	49
4.2.1- Ensaio de secagem	50
4.2.2 - Caracterização físico-químicas dos pós	53
4.2.2.1- pH	54
4.2.2.2-Acidez total titulável (ATT).....	54
4.2.2.3-Umididade	54
4.2.2.4-Atividade de água (a_w).....	55
4.2.2.5-Resíduo por incineração (cinzas)	55
4.2.2.6-Proteínas	55
4.2.2.7- Gordura	56
4.2.2.8- Açúcares	56
4.2.2.9- Fibra em detergente neutro (FDN) e Fibra em detergente ácido (FDA)	57
4.3- Característica física dos pós	58
4.3.1- Solubilidade	58
4.3.2- Fotomicrografia do pó	58
4.4- Ensaio de funcionalidade	59
4.4.1- Determinação dos compostos bioativos	59
4.4.1.1-Obtenção dos extratos	59
4.4.1.2-Determinação dos compostos fenólicos totais (CFT)	60
4.4.1.3- Ácido ascórbico	61
4.4.1.4- Teor de antocianinas	62
4.4.2- Atividade antioxidante	63
4.4.2.1- Teste do radical 1,1 - Difenil-2-picrilhidrazil (DPPH)	63
4.4.3-Atividade antienzimática	64
4.4.3.1- Atividade inibitória da enzima α -amilase (E.C. 3.2.1.1)	64
4.4.3.2- Determinação de inibição da α -glicosidase	65
4.5- Análises estatísticas	66
5- RESULTADO E DISCUSSÃO	68
5.1-Ensaio de secagem	68

5.2-Characterização físico-química dos bagaços desidratados de acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão em leite de jorro	70
5.2.1-pH e acidez	71
5.2.2-Umidade, atividade de água (a_w) e cinzas	73
5.2.3-Proteínas e gorduras	75
5.2.4- Açúcares	76
5.2.5- Fibra em detergente neutro (FDN) e Fibra em detergente ácido (FDA)	77
5.3- Característica física dos pós	78
5.3.1- Solubilidade e fotomicrografias dos pós	78
5.4- Compostos bioativos	81
5.4.1- Compostos fenólicos (CFT)	81
5.4.2- Teor de Antocianinas	83
5.4.3- Teor de ácido ascórbico e o impacto do processamento	85
5.5- Atividade antioxidante	88
5.6- Atividade antienzimática	90
5.7- Correlação linear entre os parâmetros estudados	93
6-CONCLUSÃO	98
7-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100

Lista de Figuras

Figura 3.1: Acerola (<i>Malpighia emarginata</i> DC).	09
Figura 3.2: Cajá-umbu maduro (<i>Spondias ssp</i>)	11
Figura 3.3: Jambolão maduro (<i>Syzygium cumini</i>)	14
Figura 3.4: Fruta da pitangueira (<i>Eugenia uniflora</i> L).....	16
Figura 3.5.: Estrutura química de um fenol simples	17
Figura 3.6: Síntese da rota do ácido chiquímico e do ácido malônico	18
Figura 3.7: Quantificação de compostos fenólicos totais pelo reagente de Folin- Ciocalteu	20
Figura 3.8: Estrutura característica dos flavonóides	21
Figura 3.9: Representação estrutural de antocianina	24
Figura 3.10: Alteração de cor das antocianinas em função de pH	26
Figura 3.11: Fatores intrínsecos e extrínsecos que podem influenciar o acúmulo de compostos fenólicos nos vegetais	28
Figura 3.12: Mecanismo de conversão do ácido ascórbico (AA) a ácido dehidroascórbico (DHA)	30
Figura 3.13: Representação esquemática do secador leito de jorro.....	34
Figura 3.14: Reação do radical livre DPPH• com um antioxidante	41
Figura 3.15: Estrutura do mecanismo de ação da α -amilase	44
Figura 4.1: Bagaços das frutas acerola (a), cajá-umbu (b), pitanga (c) e jambolão (d)	48
Figura 4.2: Fluxograma experimental da pesquisa.....	49
Figura 4.3: Secador de Leito de Jorro	50
Figura 4.4: Pós obtidos a partir dos bagaços da acerola (a), umbu-cajá (b), pitanga(c) e jambolão (d).....	53

Figura 4.5: Obtenção dos extratos	60
Figura 5.1: Fotomicrografias dos pós dos bagaços da acerola (a), cajá-umbu (b), pitanga (c) e jambolão (d).	80

Lista de tabelas

Tabela 3.1: Composição química do cajá-umbu de três variedades.....	13
Tabela 3.2: Classe dos compostos fenólicos em vegetais	19
Tabela 3.3: Principais classes de flavonóides.....	22
Tabela 3.4: Principais antocianinas em frutas	25
Tabela 5.1: Desempenho de secagem dos bagaços de acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão.	68
Tabela 5.2: Resultados das análises físico-químicas dos bagaços desidratados de acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão em leite de jorro.....	71
Tabela 5.3: Solubilidade em água, diâmetro e comprimento de partículas dos bagaços desidratados da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão	79
Tabela 5.4: Teor de compostos fenólicos totais dos extratos de bagaços desidratados da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão	82
Tabela 5.5: Teor de antocianinas nos extratos dos bagaços desidratados da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão.....	84
Tabela 5.6: Concentração de ácido ascórbico (AA) dos resíduos de acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão antes e após a desidratação e respectivas perdas durante a secagem	86
Tabela 5.7: Atividade antioxidante dos pós dos bagaços da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão pelo método DPPH•.....	88
Tabela 5.8: Atividade inibitória dos extratos dos pós dos bagaços da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão frente a enzima α -amilase	90
Tabela 5.9: Atividade inibitória dos extratos dos bagaços desidratados da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão frente à enzima α -glicosidase	92

Tabela 5.10: Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre os teores de CFT, antocianinas, atividade antioxidante e atividade antienzimática dos extratos	93
---	----

Lista de abreviaturas e siglas

- AA - Ácido áscórbico
- AAT - Atividade antioxidante
- ATT - Acidez total titulável
- AGE - Ácido gálico equivalente
- AR - Açúcares redutores
- ART - Açúcares redutores totais
- a_w - Atividade de água
- BHA - Butil-hidroxianisol
- BHT - Butil-hidroxitolueno
- CFT - Compostos fenólicos totais
- DM - Diabettes melittus
- DNS - Ácido 3,5-dinitrosalicílico
- DPPH - 2,2 difenil–difetil–2-picrilhidrazil
- ETOH- Etanol
- FDA - Fibra em detergente ácido
- FDN - Fibra em detergente neutro
- GAE- Ácido gálico equivalente
- HAT - Transferência de átomo de hidrogênio (do inglês “Hydrogen Atom Transfer”)
- IBRAF - Instituto Brasileiro de Frutas
- OMS- Organização Mundial da Saúde
- PAL - Fenilalanina amônia-liase
- PEAD- Polietileno alta densidade
- PG - Propil galato
- pH - Potencial hidrogeniônico
- EROS - Espécies reativas de oxigênio
- SET - Transferência de elétrons (do inglês “Single Electron Transfer”)
- TBHQ - Terc-butil hidroquinona

Capítulo 1
INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF, 2009), o Brasil é um dos três maiores produtores frutícolas, com produção superior a 43 milhões de toneladas em 2008, perdendo apenas para China e Índia. Esses números representam cerca de 5% da produção mundial, da qual aproximadamente 53% é destinada ao mercado de frutas processadas e 47% ao mercado de frutas frescas.

O Brasil, sobretudo a região Nordeste, passa por um intenso processo de profissionalização na fruticultura visando maior produção e melhor qualidade dos frutos, já que a sazonalidade impõe que as indústrias diversifiquem seu mix de produção, possibilitando o abastecimento constante de produtos no mercado (IBRAF, 2009). No entanto, em resposta a essa atividade, além dos produtos principais (como sucos, polpas, néctares e óleos essenciais), quantidades consideráveis de co-produtos - cascas, peles, sementes e bagaços - são gerados, os quais apesar de muitas vezes serem descartados, ainda, são fontes de vitamina C, flavonóides e outros compostos bioativos (MANTOVANI et al., 2004; LOUSADA, et al., 2006; CORREIA et al., 2007; PELIZER et al., 2007). A esse respeito, autores como Kondo et al (2002) e Bashir e Abu-Goukh (2003), asseguram que cascas e sementes de frutas são ricas em compostos fenólicos (BALASUNDRAM et al., 2006), provavelmente, devido a função que as cascas exercem na defesa da fruta e das sementes como elementos que asseguram a propagação da espécie.

Estudos apontam que o consumo regular de frutas proporciona efeitos benéficos para a manutenção da saúde e prevenção de doenças (WOLFE et al., 2003; HANNUM, 2004; VALLS BELLÉS et al., 2005; CERQUEIRA et al., 2007; ZIBADI et al., 2007; KOK et al., 2008). Essa ação parece ser decorrente de compostos bioativos presentes nesses alimentos, dentre os quais estão os compostos fenólicos. Esses elementos têm sido alvo de intensa pesquisa, devido aos consistentes indícios de sua capacidade antioxidante (KRIS-ETHERTON et al., 2002; LIN et al., 2005; CERQUEIRA et al., 2007; MELO et al., 2008; GENOVESE et al., 2008; RANILLA et al., 2010), ou seja, a capacidade de retardar ou inibir a oxidação de lipídios e outras moléculas, evitando o início ou propagação das reações em cadeia de oxidação. Esses compostos, em virtude

de sua propriedade de oxirredução, seqüestram e/ou neutralizam os radicais livres quelando o oxigênio triplete ($3O_2$) e singlete ($1O_2$) ou decompondo peróxidos (DEGÁSPARI et al., 2004; PRIOR et al., 2005; VALLS BELLÉS et al., 2005). De acordo com Li et al. (2009), mais de 300.000 artigos científicos sobre antioxidantes foram publicados entre 1980 e 2008, o que revela a importância e o interesse da comunidade científica sobre o assunto. Além disso, são apontados como eficientes inibidores de enzimas (CORREIA et al., 2004a, 2004b; KWON et al., 2008), antihipertensivos (KWON et al., 2006, 2007) e antimicrobianos (PUUPPONEN-PIMIÄ et al., 2005; CEVALLOS-CASALS et al., 2006; VAQUERO et al., 2007), dentre outras propriedades.

Existem várias estratégias possíveis para o melhor aproveitamento do conteúdo bioativo das frutas e de seus resíduos. Dentre elas, podemos citar o enriquecimento fenólico por via biotecnológica (CORREIA et al., 2004a, 2004b), obtenção de extratos (MBAVENG et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009) ou produção de material desidratado. Dentre os diversos secadores passíveis de utilização, o secador com partículas inertes tem-se mostrado como alternativa ao secador *spray dryer*, tendo em vista que fornece produtos de qualidade similar a custos significativamente inferiores (MEDEIROS et al., 2001). As taxas de transferência de calor e massa e o baixo custo de montagem e manutenção deste secador frente aos secadores tradicionais justificam o interesse e os estudos desenvolvidos sobre a secagem de pastas e suspensões no leite de jorro. Nesse tipo de secador, a atomização da pasta ou suspensão sobre o leite reveste as partículas inertes com uma fina camada de material e à medida que o processo progride, a película se torna frágil, fragmentando-se devido aos efeitos de colisões interpartículas. O pó despreendido é arrastado e recolhido em ciclone.

Diante do exposto e devido à crescente importância atribuída aos compostos bioativos nos últimos anos, objetivou-se nesta pesquisa estudar as características e funcionalidade de bagaços da acerola (*Malpighia glabra L.*), cajá-umbu (*Spondia ssp*), jambolão (*Syzygium cumini*) e pitanga (*Eugenia uniflora*) desidratados em secador de leite de jorro. Inicialmente os pós foram avaliados do ponto de vista físico-químico e posteriormente a presença de compostos bioativos de interesse foi investigada. A partir disso, a aplicação funcional desses materiais como inibidores enzimáticos *in vitro* foi estudada, levando-se em consideração os resultados obtidos para a concentração fenólica e atividade antioxidante.

Dessa forma, o trabalho encontra-se dividido em **sete** capítulos, iniciando pela presente seção, **Introdução**. No capítulo 2 são apresentados os **objetivos** do trabalho, seguido do capítulo 3, onde os **Aspectos Teóricos** relacionados às características físico-químicas, processo de secagem e funcionalidade dos bagaços das frutas regionais são apresentados, com ênfase nas aplicações dos compostos fenólicos como antioxidantes e inibidores enzimáticos. O capítulo 4, **Material e Métodos**, descreve a metodologia experimental empregada ao longo da pesquisa, ao passo que os resultados são apresentados e discutidos no capítulo 5 seguinte, **Resultados e Discussão**. O capítulo 6 aponta as principais **Conclusões** do estudo, o qual é finalizado pelo capítulo 7 onde as **Referências Bibliográficas**, fonte de consulta para o desenvolvimento do trabalho de pesquisa, são apresentadas.

Capítulo 2
OBJETIVOS

2 Objetivos

2.1 Geral

Estudar as características físico-químicas e funcionalidade de bagaços da acerola (*Malpighia glabra L.*) cajá-umbu (*Spondia ssp*), jambolão (*Syzygium cumini*) e pitanga (*Eugenia uniflora*) desidratados em secador de leito de jorro.

2.1.2 Específicos

- Avaliar o desempenho de secagem, no que diz respeito à eficiência de produção dos pós, retenção e perdas de sólidos no secador;
- Caracterizar os pós quanto ao pH, acidez total titulável (ATT), umidade, atividade de água, proteínas, gorduras, teor de resíduo mineral, açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ART), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA);
- Avaliar a solubilidade em água dos pós obtidos;
- Mensurar os teores de vitaminas C do material antes e depois da secagem, com o intuito de avaliar as perdas durante o processo.
- Determinar a concentração dos compostos fenólicos totais (CFT) dos extratos aquosos e etanólicos;
- Determinar o teor de antocianinas dos extratos;
- Avaliar a capacidade antioxidante dos extratos aquosos e etanólicos;
- Investigar a capacidade inibitória dos extratos fenólicos sobre as enzimas α -amilase e α -glucosidase;
- Avaliar a relação existente entre a concentração de compostos fenólicos, atividade antioxidante e inibição enzimática.

Capítulo 3
ASPECTOS TEÓRICOS

3. ASPECTOS TEÓRICOS

Segundo o Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF), o Brasil é um dos três maiores produtores de frutas do mundo. Atualmente a produção brasileira está voltada para frutas tropicais, subtropicais e temperadas, graças a sua extensão territorial, posição geográfica, solo e condições climáticas.

No Brasil, é possível encontrar os mais variados tipos de frutas ao longo do ano. São 500 variedades de frutíferas comestíveis das quais 220 espécies provém da Amazônia (IBRAF, 2009). São apreciadas e consumidas devido, principalmente, à sua riqueza organoléptica, além de apresentar em sua composição compostos bioativos de grande valor, particularmente, compostos fenólicos, carotenóides e ácido ascórbico (LIMA et al., 2002; PALLET, et al., 2005; HOFFMANN-RIBANI et al., 2009).

Dentre as regiões brasileiras, o Nordeste se destaca por oferecer uma gama de frutas com sabores, cores e odores diferenciados, cujo plantio está adaptado às condições do seu clima e solo. Incluem frutas aquosas, sumarentas ou carnudas destinadas à produção de sucos, ricas em gordura ou amidonadas, além de uma grande variedade de frutas coloridas de sabor exótico as quais podem ser consumidas na forma *in natura* ou processada.

No entanto, grande número de frutas tropicais ainda não é aproveitado em seu máximo potencial. Esse é o caso do cajá-umbu e da pitanga, que apesar de serem frutas com características e sabores marcantes, ainda não foram suficientemente estudadas. O jambolão, por sua vez, apesar de sua pigmentação intensa e características organolépticas de grande aceitação, praticamente não é aproveitado, a não ser para o consumo *in natura*. Em período de safra, grandes volumes de jambolão são desperdiçados, sem que qualquer tipo de processamento seja aplicado a essa fruta. A acerola, ao contrário das outras frutas aqui consideradas, é processada em volumes consideráveis, já que o Brasil atualmente é um dos principais exportadores (MOREIRA et al., 2009).

3.1 Acerola (*Malpighia emarginata* DC)

De acordo com Vendramini e Trugo (2000), a acerola é originária da América Central, mas se propagou por grande parte da América do Sul, incluindo o Brasil. Apesar de conhecida há muitos anos, o seu cultivo em escala comercial data de meados dos anos 80. Em 1993, o Brasil já ocupava o primeiro lugar em área plantada e na produção dessa fruta (CARVALHO e MANICA, 1993), característica que se mantém até os dias atuais, já que o Brasil é considerado um dos maiores produtores, consumidores e exportadores de acerola em nível mundial, sobretudo na forma de suco e purê (ROSSO et al., 2008; MOREIRA et al., 2009).

Pertencente à família *Malpighiaceae*, até recentemente era conhecida pelos termos *Malpighia glabra* L. e *Malpighia puniceifolia* L., mas após uma recente reclassificação taxonômica resultou na determinação do nome *Malpighia emarginata* DC., como o atual nome científico da planta (MEZADRI et al., 2008). É um fruto carnoso, ovóide, variando na forma, tamanho e peso (**Figura 3.1**).



Figura 3.1. Acerola (*Malpighia emarginata* DC).

Fonte: Arquivo pessoal (2010).

O teor de vitamina C e outras características de qualidade da fruta, tais como coloração, peso, tamanho, teor de sólidos solúveis totais e pH, são afetados pela variabilidade genética dos pomares e sofrem influência de fatores como precipitações pluviais, temperatura, altitude, adubação, irrigação e a ocorrência de pragas e doenças (VENDRAMINI E TRUGO, 2000; MEZADRI et al., 2008).

Seu elevado teor de vitamina C (ROSSO e MERCADANTE, 2007; MEZADRI et al., 2008; MOREIRA et al., 2009) atraiu o interesse de pesquisadores, produtores e empresários do agronegócio que passaram a investir suas ações não somente em culturas já consolidadas como o abacaxi, a banana, a laranja, o caju e coco (NOGUEIRA et al., 2002).

Estudos recentes comprovam a existência de compostos fenólicos e pigmentos naturais na acerola (ROSSO e MERCADANTE, 2005, 2007; ROSSO et al., 2008), além de propriedades antioxidantes comprovadas através dos métodos DPPH• (1,1-difenil-2-picrilhidrazil), ABTS+• [2,2'-azino-bis (3-etil-benzolona-6-sulfonato)] e ORAC (capacidade de absorção do radical oxigênio) (MEZADRI et al. 2008). Vendramini e Trugo (2004) identificaram a presença de compostos fenólicos na acerola e dividiram-nos em dois grupos: fenólicos antociânicos os quais incluem malvidina-3,5-diglicosilada, cianidina-3-monoglicosilada e pelargonidina, e fenólicos não antociânicos (ácido clorogênico, ácido caféico, ácido coumárico, ácido ferúlico, quercetina e caempferol). Por outro lado, Hanamura et al. (2005) estabeleceram a caracterização de polifenóis isolados da acerola proveniente do estado de Pernambuco, empregando a técnica de ressonância magnética nuclear (RMN) e identificaram duas antocianinas majoritárias, a cianidina-3- α -O-ramnosídeo e a pelargonidina-3- α -O-ramnosídeo, além de um flavonóide não antociânico, a quercetina-3- α -O-ramnosídeo.

Lima et al. (2005) determinaram o conteúdo de compostos fenólicos totais e carotenóides totais em acerola em três estágios de maturação em duas estações diferentes. Os compostos fenólicos totais foram quantificados em termos de equivalente de catequina, e os teores no estágio maduro, em base úmida, variaram de 896 a 1888 mg/100 g (estação seca) e de 841 a 1653 mg/100 g (estação de chuvas). Para esses autores, tanto os frutos de acerola quanto seus derivados possuem potencial valor como ingredientes alimentícios funcionais.

3.2 Cajá- Umbu (*Spondias ssp.*)

A cajazeira-umbu (*Spondias ssp.*), árvore frutífera nativa do semi-árido nordestino da família *Anacardiaceae*, apresenta característica de plantas xerófitas e encontra-se disseminada de forma desorganizada no Brasil, principalmente no Nordeste (NARAIN et al., 2007). É considerada um híbrido natural entre o umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) e a cajazeira (*Spondias lutea*), cujo fruto é uma excelente fonte de pró-vitamina A e apresenta maior teor do que o encontrado em outras frutas como caju, goiaba e alguns cultivares de mamão e manga (RODRIGUEZ-AMAYA e KIMURA, 1989). Ainda segundo os autores, o conteúdo total de carotenóides no cajá é de 25,8 $\mu\text{g/g}$, sendo a β -criptoxantina o principal pigmento, representando 64% do total. Outros carotenóides com atividade vitamínica também foram encontrados nessa fruta tais como: α -caroteno, β -caroteno e criptoflavina.

O cajá-umbu (**Figura 3.2**) é um fruto tipo drupa (camada de polpa na parte externa e caroço na parte central), arredondado de coloração amarelo-alaranjada quando maduro. Possui casca fina e lisa e caroço grande, branco, suberoso e enrugado localizado na parte central do fruto, no interior do qual se encontram os lóculos, que podem ou não conter uma semente (LIMA et al., 2002; CARVALHO et al., 2008).



Figura 3.2: Cajá-umbu maduro (*Spondias ssp.*).

Fonte: Arquivo pessoal (2010).

Sua exploração ocorre de maneira extrativista e sua propagação é feita, tradicionalmente, pelo método vegetativo assexuado, ou seja, através de estacas (estaquia), uma vez que seus frutos apresentam cerca de 90% dos endocarpos desprovidos de sementes o que torna inviável a sua propagação sexual (CARVALHO et al., 2008, SANTOS et al., 2008).

Apesar da variabilidade fenotípica entre indivíduos da cajazeira-umbu é possível encontrar características agronômicas favoráveis para a formação de pomares comerciais (CARVALHO et al., 2008), dada a qualidade sensorial que possui (aroma, sabor e palatabilidade), considerável teor de vitamina C, carboidratos (LIMA et al., 2002) e substâncias biologicamente ativas, principalmente compostos fenólicos e pigmentos, tais como: flavonóides amarelos, polifenóis e carotenóides, constituindo assim uma fonte potencial de antioxidantes naturais para a dieta humana (SOUZA, 2008). Além de apresentar um rendimento médio de 55% a 72% de polpa, possui potencial aproveitamento tanto *in natura* quanto processado, na elaboração de sorvetes, sucos, néctares e polpas congeladas (NORONHA et al., 2000; LIMA et al., 2002; LIRA JÚNIOR et al., 2005; VIANA et al., 2009).

Alguns estudos comentam sobre sua composição físico-química e características funcionais. Carvalho et al. (2008), ao analisar cajá-umbu de 18 municípios do estado da Bahia, obtiveram pesos médios do fruto 13,5 a 27,2 g, casca de 4,7 a 8,6 g e polpa de 8,6 a 19,1 g, além de teores de vitamina C variando entre 4,0 a 16,4 mg/100 g de polpa. Os resultados apontam variabilidade fenotípica dentre diferentes populações e entre a mesma população de cajá-umbu, o que não deve ser apenas reflexo de efeitos ambientais, mas indícios de origem genética distintas, provavelmente, em decorrência de uma reprodução sexuada.

Viana et al. (2009) estudaram a composição química de três variedades do cajá-umbu (Suprema, Preciosa e Embrapa) colhidas na região de Itaberaba-BA. Observaram além da elevada acidez do fruto, a presença de carotenóides e vitamina C, conforme descrito na **Tabela 3.1**. Segundo os autores, a variedade Suprema apresentou maior rendimento em polpa, no entanto a variedade Embrapa apresentou maior conteúdo de vitamina C e de carotenóides totais, características que a tornam mais interessante para o consumo *in natura*.

Narain et al. (2007) estudando o perfil de compostos volatéis formadores de aroma em cajá-umbu em duas fases de maturação (semi-maduro e maduro), encontraram diferenças quantitativas nos compostos, com destaque para β -cariofileno e 2-hexanol que reduziram suas concentrações com a maturação (22,15% semi- maduro e 14,08% maduro; 18,56% semi-maduro e 14,95% maduro, respectivamente). Também, a concentração do 2-metil butanal, conhecido por apresentar característica picante na fruta *in natura*, aumentou de 19,26% semi-maduro para 28,35% na fase de maturação. Por outro lado, Silva (2008) analisando o teor de flavonóides em vários genótipos do cajá-umbu encontrou valores que variaram de 8,10 mg/100 g a 49,92 mg/100 g, com média geral de 27,76 mg/100 g.

Tabela 3.1. Composição química do cajá-umbu de três variedades.

Composição química	Variedades		
	Suprema	Preciosa	Embrapa
Umidade (g/100 g de amostra)	89,07	88,70	84,93
pH	2,42	2,41	2,23
Acidez total titulável (g de ácido cítrico/100 g de polpa)	2,48	2,72	4,43
Sólidos solúveis totais (°Brix)	10,88	10,75	14,67
Proteína (g/100 g de amostra)	0,66	0,67	0,71
Açúcares redutores (g de glicose/100 g)	2,24	2,27	5,23
Açúcares redutores totais (g de glicose/100 g)	6,52	6,44	7,90
Cinzas (g/100 g de amostra)	0,44	0,49	0,64
Vitamina C (mg/100 g de amostra)	13,52	12,84	16,98
Carotenóides (μ g/ g de amostra)	7,19	7,16	11,21
Rendimento (g/100 g de fruto)	71,07	69,00	63,61

Fonte: Dados compilados da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical (2009).

3.3 Jambolão (*Syzygium cumini*)

É um fruto pertencente à família *Myrtaceae*, a qual representa uma das maiores famílias da flora brasileira. Diversas espécies frutíferas pertencem a esta família, mas seu plantio em escala comercial ainda é inexpressivo e depende da domesticação por meio de técnicas agrônômicas (SOUZA e LORENZI, 2005).

Espécie exótica originária da Índia e cultivada em vários países, é conhecida também como jamelão, azeitona preta, cereja, jalão, kambol, jambú, azeitona-do-nordeste, ameixa roxa, murta, baga de freira, guapê, jambuí, azeitona-da-terra, entre outros nomes (MAZZANTI et al., 2003; VIZZOTTO e FETTER, 2009). Na época da safra, grande parte é desperdiçada, em virtude da alta produção por árvore, da curta vida útil da fruta *in natura* e, principalmente, por falta de seu aproveitamento processado.

É caracterizada como fruto pequeno, de forma ovóide, coloração roxa quando madura (**Figura 3.3**), pele fina, lustrosa e aderente.



Figura 3.3 Jambolão maduro (*Syzygium cumini*).
Fonte: Arquivo pessoal (2010).

Sua polpa é carnosa e envolve um caroço grande e único. O fruto apresenta em torno de 88% de água, 10,7% de carboidratos totais, 1% de açúcares redutores, 0,28% de fibra alimentar, 0,34% de cinzas, 0,30% de lipídeos, 0,67% proteínas, 5,91% de acidez (expressa em ácido cítrico), 9,0°Brix e pH de 3,9. Dentre os minerais e as

vitaminas encontradas nesta fruta destaca-se o fósforo e Vitamina C (VIZZOTTO e FETTER, 2009).

Segundo a literatura, a casca, semente e folha do jambolão são freqüentemente utilizadas na medicina popular como fitoterápico por apresentar compostos com ação antioxidante, anti-diurética, anti-hipertensiva, anti-inflamatória e efeito importante sobre a glicemia (GROVER et al., 2000; MAZZANTI et al., 2003; SHIDHAR et al., 2005; BRITO et al. 2007; VIZZOTTO e FETTER, 2009). Pode ser administrado na forma de diferentes preparados como extratos aquosos (chá) ou decocção (PEPATO et al., 2001). Também existem relatos do uso do extrato das sementes para tratar problemas erupções cutâneas, boca, garganta, intestinos e úlceras do trato geniturinário infectados por *Candida albicans* (CHANDRASEKARAN e VENKATESALU, 2004).

No que diz respeito à presença de compostos bioativos, Veigas et al. (2007) comprovaram a existência de elevados teores de antocianinas. Esses resultados sugerem que a atividade antioxidante do extrato do jambolão, aliado ao forte potencial corante do mesmo, com características desejáveis de solubilidade e estabilidade, poderiam estimular a incorporação de extrato como aditivo natural para ser empregado em alimentos e em formulações farmacêuticas.

3.4 Pitanga (*Eugenia uniflora* L)

A pitanga é um fruto nativo das regiões Sul e Sudeste do Brasil. Seu cultivo se encontra difundido por diversos países, podendo ser encontrada no sul dos Estados Unidos, nas ilhas do Caribe e em alguns países asiáticos (BEZERRA et al., 2000; VIZZOTTO, 2008).

No Brasil, a Região Nordeste é a única a explorar comercialmente essa fruta, (VIZZOTTO, 2008), destacando-se o estado de Pernambuco como um dos principais produtores, com produção estimada entre 1.300 e 1.500 toneladas/ano (FURTADO et al., 2003). Segundo Glass (1997), o primeiro plantio em escala comercial ocorreu no município de Bonito, Agreste de Pernambuco, pelas indústrias alimentícias Maguary,

que implantou 10 hectares com essa cultura, em diferentes idades e estágios de desenvolvimento.

A pitanga (**Figura 3.4**) é uma fruta tipo baga, globosa, com sete a dez sulcos longitudinais de 1,5 a 5,0 cm de diâmetro, que possui aroma característico intenso e sabor doce e ácido. Possui em média 77% de polpa e 23% de semente, é rica em vitaminas A, C e do complexo B, apresentando também cálcio, ferro e fósforo (GLASS, 1997; BEZERRA et al., 2000).



Figura 3.4 Fruta da pitangueira (*Eugenia uniflora* L.).

Fonte: Arquivo pessoal (2010).

No processo de maturação, o epicarpo passa de verde para amarelo, alaranjado, vermelho, vermelho-escuro, podendo chegar até quase negro (BEZERRA et al., 2000). Entretanto, no Brasil não se conhecem variedades perfeitamente definidas de pitangueiras, sendo comum encontrar frutos de coloração que variam desde o alaranjado, vermelho escuro até o roxo (LIMA e MELO 2000, 2002).

No que se refere aos teores de antocianinas e carotenóides, Lopes (2005), ao estudar pitangas com coloração avermelhada, encontrou teor de antocianinas totais de $1,54 \pm 0,24 \text{ mg}/100 \text{ g}$ enquanto que Lima et al. (2000) encontraram antocianinas totais de $0,62 \pm 0,11 \text{ mg}/100 \text{ g}$ em pitangas vermelho-alaranjadas. Para os autores, o elevado teor de carotenóides totais ($121,71 \pm 0,87 \mu\text{g}/\text{g}$) indica que a pitanga é uma importante fonte de compostos pro-vitamínicos A e antioxidantes. O teor desses compostos é maior em

pitangas maduras do que semi-maduras e estão concentrados na película da fruta, ou seja, na casca, sendo encontrados em menores concentrações na polpa (MATSUMURA et al. 2000; LIMA et al., 2002).

Várias pesquisas abordam a variedade de compostos secundários, ou fitoquímicos, nas folhas da pitangueira, como flavonóides, terpenos, taninos, antraquinonas e óleos essenciais (LIMA et al., 2006; VIZZOTTO, 2008). Com relação às atividades terapêuticas, suas folhas, têm sido referenciadas como eficientes no tratamento de diversas enfermidades com ação antiinflamatória (SCHAPOVAL et al., 1994), diabetes (ARAI et al., 1999; MATSUMURA et al., 2000), atividade diurética (CIRQUEIRA et al., 2005), cardiovascular (LEE et al., 2000; CONSOLINI et al., 2002) e antioxidante (REYNERTSON et al., 2005), além de atividade antimicrobiana (GONÇALVES et al., 2005) e antifúngica (LIMA et al., 2006).

3.5 COMPOSTOS BIOATIVOS

3.5.1 Compostos fenólicos.

Os compostos fenólicos ou polifenóis são definidos como estruturas químicas que possuem um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos (**Figura 3.5**), constituindo um amplo e complexo grupo, com aproximadamente 10.000 estruturas conhecidas (BRAVO, 1998; MARTINEZ-VALVERDE et al., 2000; TAIZ e ZEIGER, 2004).

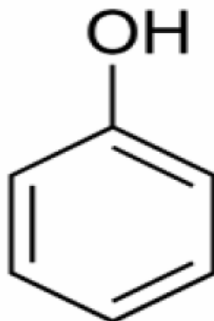


Figura 3.5. Estrutura química de um fenol simples.
Fonte: Taiz e Zeiger (2004).

Nos vegetais, os compostos fenólicos são resultantes do metabolismo secundário, produzidos em função de sua defesa em resposta ao ataque de fungos, bactérias, herbívoros, contra danos mecânicos, radiação UV, infecções dentre outros (STRUBE et al., 2005; RANDHIR E SHETTY, 2004; NACZK E SHAHIDI, 2004). Sua síntese ocorre através de duas rotas biogênicas: via do ácido chiquímico, a partir de carboidratos (eritrose-4-fosfato e fosfoenolpiruvato), e via do acetato-polimalato, a qual se inicia com a acetil-coenzima A e a malonil-coenzima A (TAIZ e ZEIGER, 2004) (**Figura 3.6**). A origem biogênica determina o padrão de substituição do composto fenólico resultante, sendo que pela via do ácido chiquímico obtêm-se compostos com grupos hidroxilas em posição *orto*, os quais são formados a partir do ácido cinâmico. A via acetato-polimalato origina compostos com grupos hidroxilas dispostos em posição *meta* (BRAVO, 1998; TAIZ e ZEIGER, 2004).

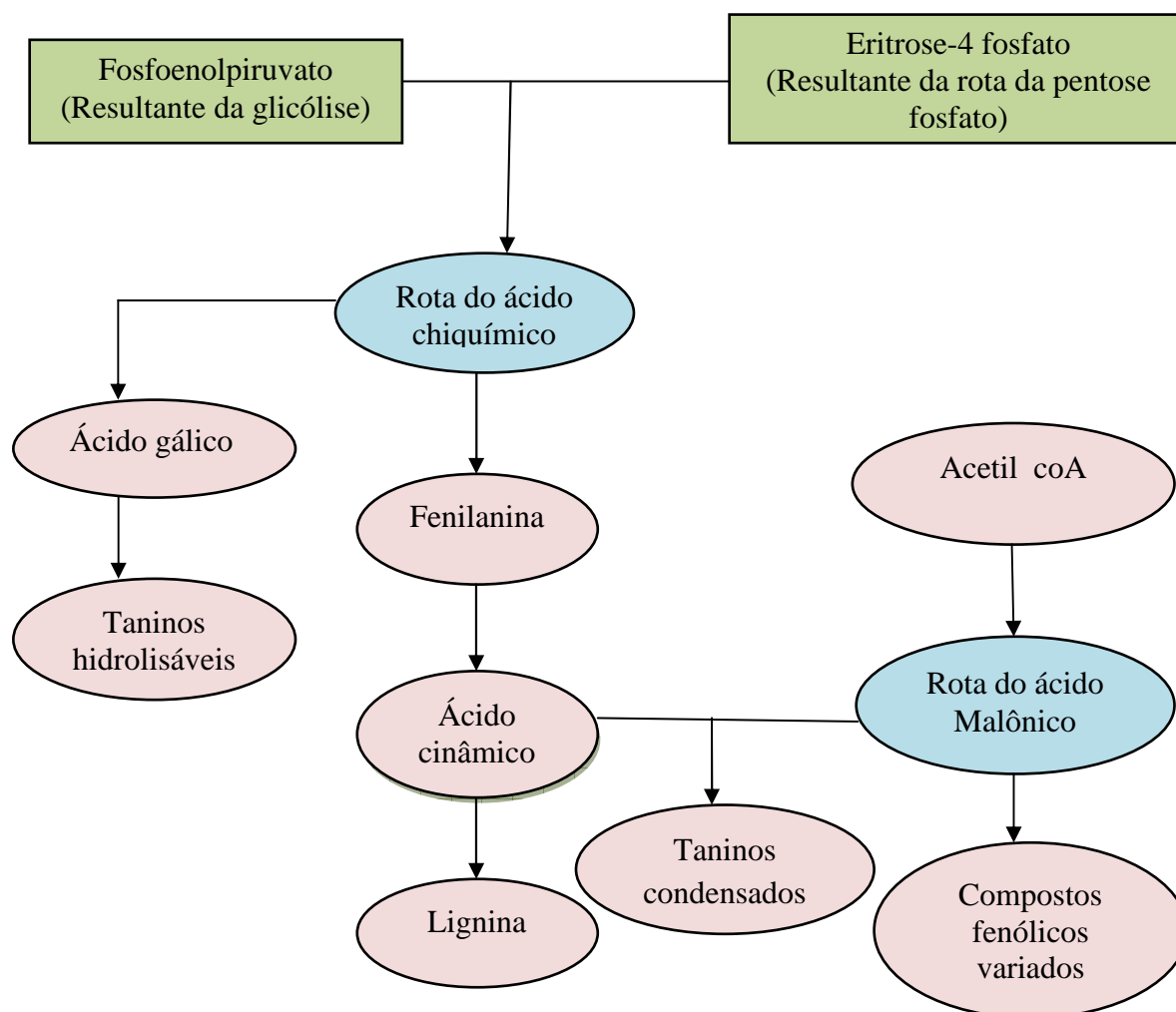


Figura 3.6: Síntese da rota do ácido chiquímico e do ácido malônico.

Fonte: Taiz e Zeiger (2004)

A diversidade estrutural desses compostos deve-se à grande variedade de combinações que ocorre na natureza, de modo que são categorizados em várias classes de acordo com o tipo do esqueleto principal que constitui o anel benzênico e com a cadeia substituinte (**Tabela 3.2**).

A maior parte dos compostos fenólicos não é encontrada no estado livre na natureza, mas sob a forma de ésteres ou de heterosídeos (PÉREZ-JIMÉNEZ, 2007), sendo, portanto, solúveis em água e em solventes orgânicos polares. Além disto, possuem, em geral, características ácidas, podendo ser isolados através de sua solubilidade em soluções fracamente básicas como, por exemplo, em solução de carbonato de sódio (CARVALHO et al., 2003).

Tabela 3.2: Classe de compostos fenólicos encontrados em vegetais.

Classe	Estrutura
Fenólicos simples, benzoquinonas	C6
Ácidos hidroxibenzóicos	C6–C1
Acetofenol, ácidos fenilacéticos	C6–C2
Ácidos hidroxicinâmicos, fenilpropanóides	C6–C3
Nafitoquinonas	C6–C4
Xantonas	C6–C1–C6
Estilbenos, antoquinonas	C6–C2–C6
Flavonóides, isoflavonóides	C6–C3–C6
Lignanas, neolignanas	(C6–C3) _n
Biflavonóides	(C6–C3) ₂
Ligninas	(C6–C3) _n
Taninos condensados	(C6–C3–C6) _n
Taninos hidrolisáveis	(C6–C1) _n

Fontes: Vatter et al. (2005); Balasundram et al. (2006).

Em virtude de sua natureza química, esses compostos atuam de várias formas: como agentes redutores, interrompendo a cadeia da reação de oxidação através da doação de elétrons ou de hidrogênio aos radicais livres, convertendo-os em produtos termodinamicamente estáveis, ou complexando metais, componentes iniciadores da oxidação lipídica (BRAVO, 1998; VILLANO et al., 2007; ARAÚJO, 2008). No entanto, a atividade mais importante atribuída aos compostos fenólicos está associada à remoção de radicais livres (ARAÚJO, 2008).

A determinação do conteúdo fenólico é influenciada pelas características químicas dos compostos presentes, método e tempo de extração, condições de armazenamento, metodologia de ensaio, padrão utilizado e o tipo de solvente empregado (NACZK e SHAHIDI, 2006; PEREZ-JIMÉNEZ, 2007).

Dentre os solventes orgânicos utilizados para extrair compostos bioativos destacam-se soluções aquosas, soluções de etanol, metanol e acetona, em diferentes concentrações, cuja eficiência de extração depende da polaridade dos compostos fenólicos presentes na amostra, assim como do grau de polimerização e da interação com outros constituintes, como açúcares (frutose e sacarose), ácido ascórbico, proteínas, dentre outros (PRIOR et al., 2005; NACZK e SHAHIDI, 2006).

De maneira geral, os métodos de análises visam à determinação de compostos fenólicos totais, quantificação individual e/ou de um grupo ou classe de compostos fenólicos. A quantificação dos compostos fenólicos totais pela metodologia que emprega o reagente de Folin-Ciocalteu baseia-se na redução dos ácidos fosfotungstíco ($H_3PW_{12}O_{40}$) e fosfomolibdico ($H_3PMo_{12}O_{40}$), presentes no reagente de Folin-Ciocalteu, pelos fenólicos presentes na amostra a óxido de tungstênio (W_8O_{23}) e óxido de molibdênio (Mo_8O_{23}) em meio alcalino (**Figura 3.7**).

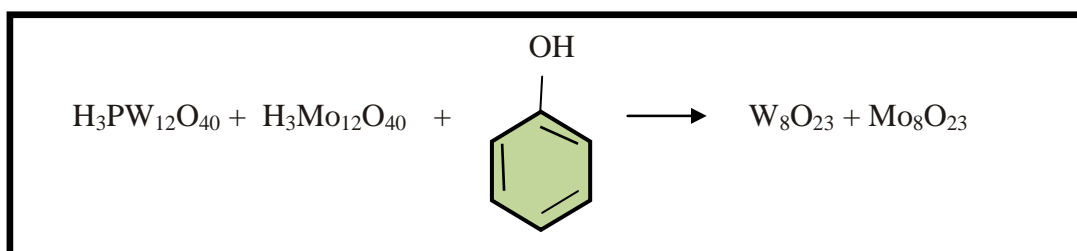


Figura 3.7: Quantificação de compostos fenólicos totais pelo reagente de Folin-Ciocalteu. **Fonte:** Adaptado de Singleton et al (1999).

Um fator importante a ser considerado neste método é a escolha do padrão já que o intuito é correlacionar a intensidade da cor à concentração de fenóis presentes na amostra. Os resultados são interpolados em uma curva de calibração construída a partir de uma solução padrão, normalmente ácido gálico ou catequina e o resultado final expresso em equivalentes dessas substâncias (PEREZ-JIMÉNEZ, 2007). Outros padrões também podem ser utilizados, tais como ácido clorogênico, caféico, vanílico e protocatecuico, o que dificulta a comparação dos resultados (PRIOR et al., 2005; VILLANO et al., 2005).

3.5.1.1 Flavonóides

Os flavonóides formam um grupo extenso, pelo grande número de constituintes naturais e ampla distribuição no reino vegetal. Sob o ponto de vista químico, são compostos de baixo peso molecular, consistindo em 15 átomos de carbono, organizados na configuração C6–C3–C6 (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007), com dois anéis aromáticos, denominados anéis A e B, unidos por três carbonos que formam um anel heterocíclico (**Figura 3.8**), denominado anel C (MERKEN et al., 2000; TAIZ e ZEIGER, 2004; LIU, 2004; SEABRA et al., 2006).

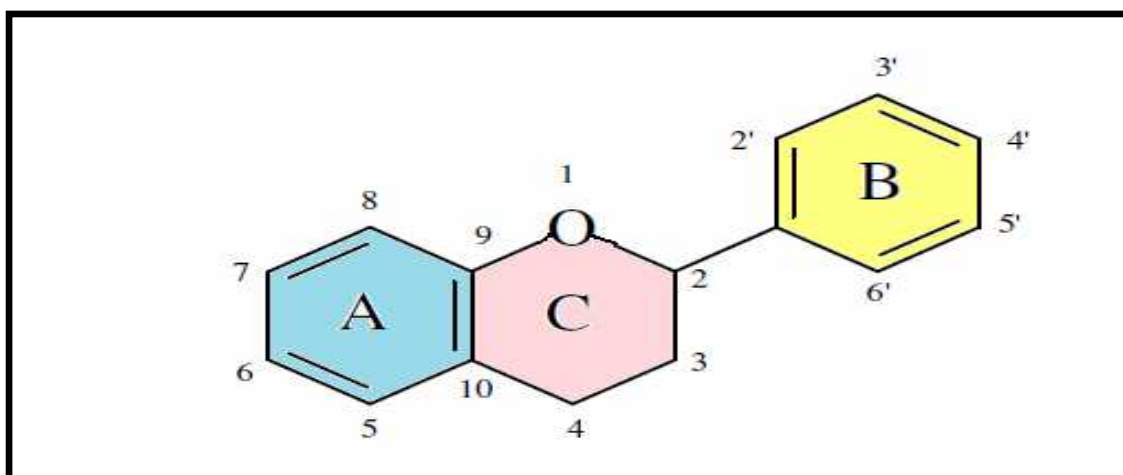
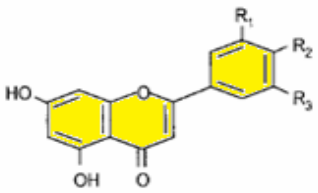
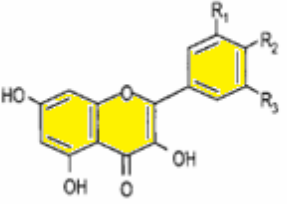


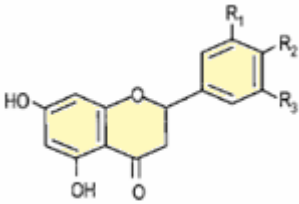
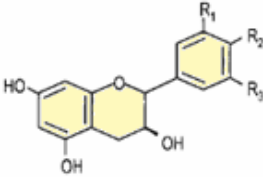
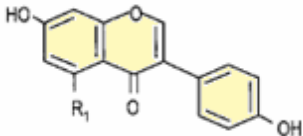
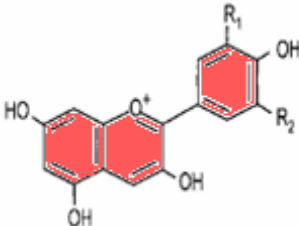
Figura 3.8. Estrutura característica dos flavonóides. **Fonte:** Balasundram et al. (2006).

São compostos com origem biossintética mista, ou seja, o anel A resulta da via do acetato e, por isso, tem um esquema de substituição alternado característico, com hidroxilas nas posições 5 e 7. Os anéis B e C são provenientes da via do chiquimato, sendo habitualmente hidroxilados nas posições 3', 4' e 5' (SOARES, 2002; TAIZ e ZEIGER, 2004; BALASUNDRAM et al., 2006).

Os flavonóides são classificados com base no grau de oxidação e no padrão de substituição do anel central C. Neste grupo encontram-se os flavonóis, flavonas, flavanonas, flavanóis (ou catequinas), isoflavonas e antocianidinas, os quais diferem entre si pelo número e posição das hidroxilas e metoxilas presentes nos anéis aromáticos, conforme apresentado na **Tabela 3.3** (SOARES et al., 2002; TAIZ e ZEIGER, 2004; SEABRA et al., 2006; BALASUNDRAM et al., 2006; RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

Tabela 3.3: Principais classes de flavonóides.

Fórmula Estrutural-Classe	Exemplos	Características	Ocorrência
<p>Flavonas</p> 	<p>Apigenina; R1=H; R2=OH Luteolina; R1=R2=OH</p>	<p>Apresenta grupo ceto em C₂, ligação dupla entre C₃-C₄ e ausência de 3-OH.</p>	<p>Normalmente de coloração amarela, pode ser encontrada principalmente, em ervas e cereais.</p>
<p>Flavonóis</p> 	<p>Caempferol R2=OH; R1=R3=H Quercetina R1=R2=OH; R3=H Miricetina R1=R2=R3=OH</p>	<p>Apresentam ligação dupla entre C₂-C₃, um grupo ceto em C₄, e presença de 3-OH.</p>	<p>Geralmente de coloração amarela. Presente em maior frequência nos vegetais.</p>
Fórmula Estrutural-Classe	Exemplos	Características	Ocorrência
<p>Flavanona</p>			

 <p>Narigenina R1=H; R2=OH Eriodictiol R1=R2=OH Hesperetina R1=OH; R2=OCH3</p>		<p>Apresenta C₃ saturado e grupo ceto em C4.</p>	<p>Geralmente é incolor ou ligeiramente amarelo. Presente abundantemente em cítricos.</p>
<p>Flavanóis</p>  <p>Catequina R1=R2=OH; R3=H Epicatequina R1=R3= H; R2=OH Epigalocatequina R1=H;R2=R3=OH</p>		<p>Apresenta C₃ saturado, presença de grupo ceto em C₂ e ausência de 3-OH.</p>	<p>Normalmente é incolor. Presentes em frutas e chás (verde e preto).</p>
<p>Isoflavonas</p>  <p>Daidzeína R1=H Genisteína R1=OH</p>		<p>Difere estruturalmente, dos demais flavonóides por apresentar o anel B, ligado a C₃.</p>	<p>Apresenta-se incolor. Encontrado quase que exclusivamente em leguminosas, particularmente na soja.</p>
<p>Antocianidinas</p>  <p>Cianidina R1=OH; R2=H Malvidina R1=R2=OCH3</p>		<p>Caracterizado pela presença do íon flavílio e 3-OH.</p>	<p>Apresenta-se nas cores - vermelha, azul e roxa. Presentes em vegetais, frutos e flores.</p>

Fonte: Adaptado de Birt et. al. (2001); Hassimotto (2005), Balasundram et al.,(2006).

Os flavonóides estão presentes em frutas, folhas, sementes e em outras partes da planta na forma de glicosídeos ou agliconas (VALLS BELLÉS et al., 2005) e exercem funções distintas nos vegetais, incluindo pigmentação e defesa. De acordo com Taiz e Zeiger (2004), os grupos hidroxilas e açúcares aumentam a solubilidade dos flavonóides

Kátia Cristina Borges

em água, enquanto que outros substituintes tais como éteres metílicos ou unidades isopentil tornam os flavonóides lipofílicos (hidrofóbicos).

Dentre as classes de flavonóides mencionadas, as antocianinas constituem os principais pigmentos naturais responsáveis pela coloração vermelha, azul e púrpura de flores, frutos e vegetais. São encontradas na natureza como glicosídeos de antocianidinas (**Figura 3.9**) e podem ser aciladas com ácidos orgânicos ou alifáticos tais como cumárico, caféico, ferúlico, p-hidroxibenzóico, acético, malônico, succínico, oxálico e ácido málico (VARGAS e LÓPEZ, 2003; RIBEIRO e SARAVALLI, 2007). Entre as antocianidinas que ocorrem naturalmente na natureza, destacam-se a perlagonidina, cianidina, delphinidina, peonidina e malvidina, como sendo as mais comuns em alimentos (**Tabela 3.4**), as quais diferem entre si pelo número e posição dos açúcares (pentoses, metilpentoses e hexoses) e pela presença e natureza de ácidos esterificados na molécula do açúcar. Na maioria dos casos os açúcares ligam-se na posição O-3 podendo também ocorrer ligações em O-5 e O-7 (RIBEIRO e SARAVALLI, 2007).

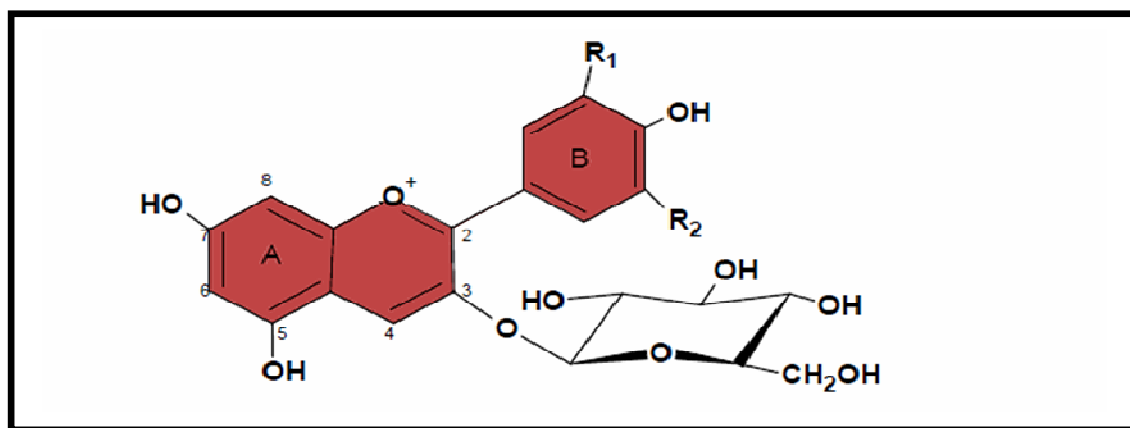


Figura 3.9. Representação estrutural de antocianina. **Fonte:** Adaptado de Vargas e López (2003) e Ribeiro e Seravalli (2007).

Tabela 3.4. Principais antocianinas em frutas.

Antocianidina	R1	R2	Ocorrência
Pelargonidina	H	H	Morango, amora, acerola
Cianidina	OH	H	Jaboticaba, framboesa
Delfinidina	OH	OH	Berinjela, Mirtilo
Peonidina	OCH ₃	H	Cereja, uva
Malvidina	OCH ₃	OCH ₃	Uva, acerola

Fonte: Adaptado de Vargas e López (2003) e Ribeiro e Seravalli (2007).

Em função da diversidade estrutural, as antocianinas podem assumir diferentes colorações, o que condicionam sua aplicação na indústria de alimentos. O aumento do número de grupos hidroxilas tende a acentuar sua cor para o azul, e o aumento de metoxilas para o vermelho (RIBEIRO e SARAVALLI, 2007). Por serem pigmentos instáveis, sofrem interferências de diversos fatores, destacando-se a temperatura, o valor do pH, enzimas e possíveis ligações com outras substâncias químicas.

No entanto, o pH é o fator que mais influencia a coloração das antocianinas, visto que, em função de sua acidez ou alcalinidade, estas podem apresentar estruturas distintas (LEE et al., 2005; RIBEIRO e SARAVALLI, 2007). Em meios ácidos e neutros, segundo Ribeiro e Saravalli (2007) podem existir quatro formas estruturais de antocianinas em equilíbrio (**Figura 3.10**): o cátion flavílio (AH⁺), a base quinoidal (A), a pseudobase ou carbinol (B) e a chalcona (C). Em condições ácidas (pH inferior a 3), a antocianina existe primariamente na forma de cátio flavílio (AH⁺) de cor vermelha. Elevando-se o pH ocorre a rápida perda do próton para produzir as formas quinoidais (A), azuis ou violetas. Em paralelo, ocorre a hidratação do cátion flavílio (AH⁺), gerando a pseudobase incolor ou carbinol (B) que atinge o equilíbrio lentamente com a chalcona incolor (C).

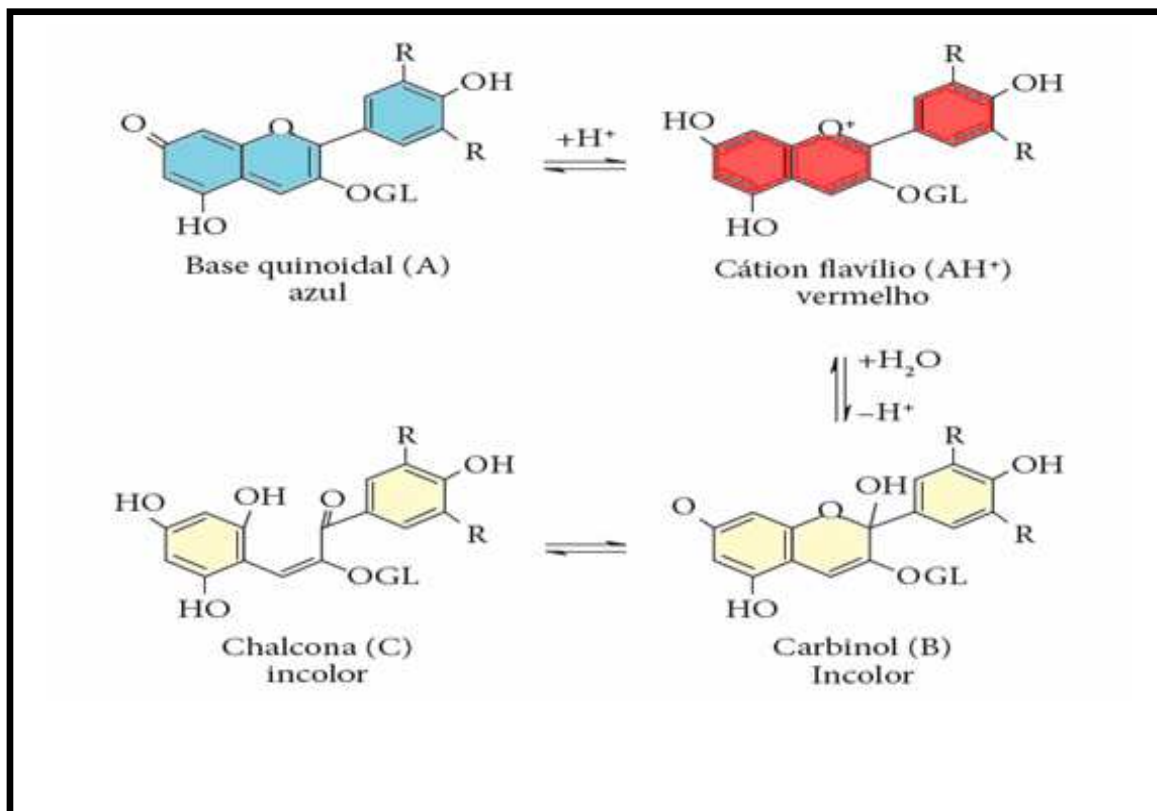


Figura 3.10. Alteração de cor das antocianinas em função de pH.

Fonte: Adaptado de Ribeiro e Saravalli (2007).

As antocianinas são pigmentos naturais com atividade antioxidante (KUSKOSKI et al, 2004). Todavia, a presença da vitamina C em associação às antocianinas pode causar a degradação de ambas, com a descoloração do pigmento e a perda de atividade antioxidante das antocianidinas e da vitamina C (LIMA et al., 2003; RIBEIRO e SARAVALLI, 2007).

A existência de vários trabalhos envolvendo esta classe de metabólitos confirma o interesse econômico sobre os flavonóides (SORIA et al., 2007; TORRAS-CLAVERIA et al., 2007). Além de sua importância como pigmentos, apresentam atividade biológica reconhecida, tais como atividade antitumoral (quercetina), antiinflamatória (apigenina), antioxidante (rutina e resveratrol), antiviral (isoflavonas), entre outras (HUNG et al., 2002; KOWALSKI et al., 2005; MOSCATELLI et al., 2006; SEXTON et al., 2006; ANDRES et al., 2007; CLAVIN et al., 2007; EDWARDS et al., 2007; MARZOUK et al., 2007).

Acredita-se que as propriedades dos flavonóides relacionados com a saúde humana estejam fundamentadas, principalmente, na sua atividade antioxidante, atuando como seqüestradores de radicais livres (RICE-EVANS, MILLER e PAGANGA, 1996 e 1997; PRIOR e CAO, 2000) e quelantes de metais capazes de catalisar a peroxidação de lipídeos (VALLS BELLÉS et al., 2005).

O mecanismo de absorção dos flavonóides ainda não está completamente elucidado e apesar das controvérsias, alguns autores apontam que as formas biologicamente ativas destes compostos não são aquelas encontradas naturalmente no vegetal, como por exemplo, os glicosídeos ou agliconas, mas sim metabólitos e formas conjugadas destes compostos, absorvidos no intestino (SPENCER et al., 2000 e 2001; DAY E WILLIAMSON, 2003; WALLE et al. 2003; VALLS BELLÉS et al., 2005). Estes autores sugerem a atuação dos flavonóides como mediadores, através da interação com proteínas específicas, fundamentais na cascata intracelular.

3.5.2 Fatores que podem influenciar a presença de compostos fenólicos em frutas

As frutas constituem uma das principais fontes de compostos fénolicos (MELO et al., 2008; FALLER e FIALHO, 2009). Fatores intrínsecos (cultivar, variedade, estágio de maturação) e extrínsecos (condições ambientais, cultivo e manejo) podem influenciar o teor e a composição destes constituintes, conforme mostra **Figura 3.11** (LEONG e SHUI, 2002; GOBBO-NETO e LOPES, 2007; MELO et al., 2008). Altos índices de precipitação pluviométrica, alta umidade relativa do ar acompanhada por exposição elevada de luz UV-B sobre os tecidos dos frutos são condições positivas na produção de flavonóides e flavonas devido à ativação dos genes responsáveis por sua rota de síntese (SCHULTZ, 2002; TAIZ e ZEIGER, 2004).

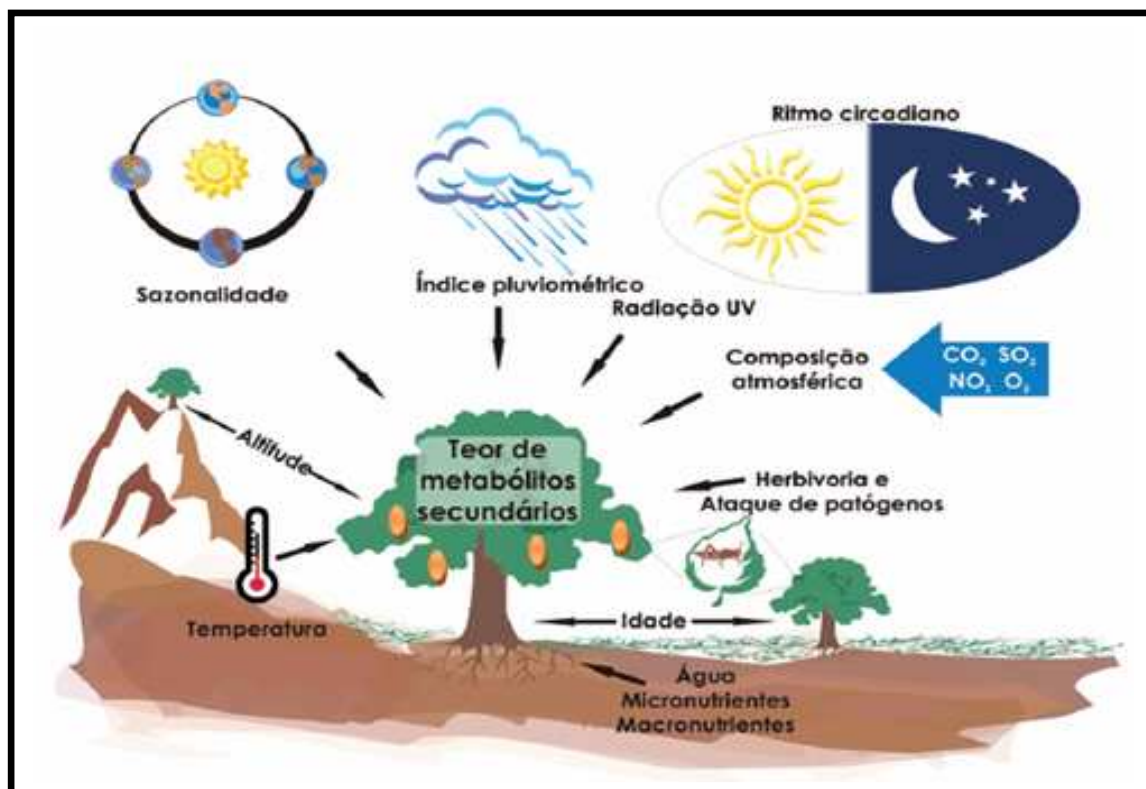


Figura 3.11: Fatores intrínsecos e extrínsecos que podem influenciar o acúmulo de compostos fenólicos nos vegetais. **Fonte:** Adaptado de Gobbo-Neto e Lopes (2007).

Neste contexto, Rivero et al. (2001) fazem importante relato a respeito da resposta metabólica de compostos fenólicos em culturas de tomates submetidos à situação de estresse pelo calor. Segundo os autores, as cultivares de tomates apresentaram aumento significativo na concentração fenólica, bem como da atividade de fenilalanina amônia-liase (PAL), enzima associada à síntese de fenilpropanóides, quando semeados a 35°C. Ainda segundo os autores, existe correlação positiva entre a atividade da PAL e concentração de fenóis solúveis, sugerindo que os vegetais podem direcionar seu metabolismo para acúmulo de compostos fenólicos em função da ativação da enzima PAL, em resposta à situação de estresse ocasionada pelo cultivo em temperaturas diferentes da temperatura ótima de crescimento (15 °C e 22 °C).

Da mesma forma, Assunção e Mercadante (2003) ao estudarem o efeito da variedade e localização geográfica da concentração de compostos bioativos presentes em cajus provenientes das regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, encontraram valores superiores de vitamina A, vitamina C e carotenóides totais ($p < 0,0001$) tanto para os cajus vermelhos quanto para os amarelos, oriundos da região Nordeste. Segundo os

autores, esse fato está relacionado à síntese mais elevada de β -criptoxantina nos frutos da região Nordeste em resposta a situação ao estresse térmico.

Castro et al. (2005) analisaram a influência de variações sazonais do ambiente físico, frente ao estado hídrico foliar, trocas gasosas, atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL), teores de fenóis e taninos totais em murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. ex A. Juss). Relataram que o potencial hídrico foliar não apresentou variações sazonais significativas, indicando que as plantas estavam em condições hídricas similares, nas estações seca e chuvosa. No entanto, a atividade enzimática da PAL, respondeu diretamente às variações ambientais, apresentando maior atividade nas estações seca e chuvosa, sugerindo com isso que o estresse hídrico ou térmico aumenta a atividade enzimática da fenilalanina amônia-liase (PAL), ativando, conseqüentemente, os mecanismos de defesa e produção de metabólitos secundários nas plantas sob condições de estresse.

Por outro lado, Singh e Pal (2008), ao avaliar o efeito da concentração fenólica de diferentes cultivares de goiaba frente ao armazenamento em atmosfera controlada, observaram diminuição dos fenólicos totais nos frutos após 30 dias de armazenamento sob condições normais (25-28°C), quando comparados aos do momento da colheita, e maior conteúdo de compostos fenólicos totais, nos frutos submetidos a diferentes concentrações de CO₂ e O₂ quando comparados aos frutos controles, mantidos por 30 dias a 8°C.

3.5.3 Ácido ascórbico

A vitamina C compreende duas formas químicas distintas: o ácido ascórbico (AA) e sua forma oxidada, o ácido desidroascórbico (DHA) (**Figura 3.12**). O primeiro é a principal forma biologicamente ativa da vitamina C, estando envolvido em funções biológicas e bioquímicas do organismo humano.

O ácido ascórbico (**Figura 3.12a**) é instável e facilmente oxidado de modo reversível a ácido desidroascórbico (DHA), pela retirada de dois elétrons (**Figura 3.12b**) (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007; BACIA et al., 2010). Esse possui de 60 a 100% da atividade biológica do ácido L-ascórbico. As reações de oxidação podem

continuar e o ácido L-desidroascórbico ser transformado pela compressão irreversível do anel lactônico em ácido 2,3-dicetogulônico (**Figura 3.12c**), sem atividade biológica (UDDIN et al., 2002; SILVA, 2003; FONTANNAZ et al., 2005, ARAÚJO, 2008, KLOBITZ et al., 2007; BARCIA et al., 2010).

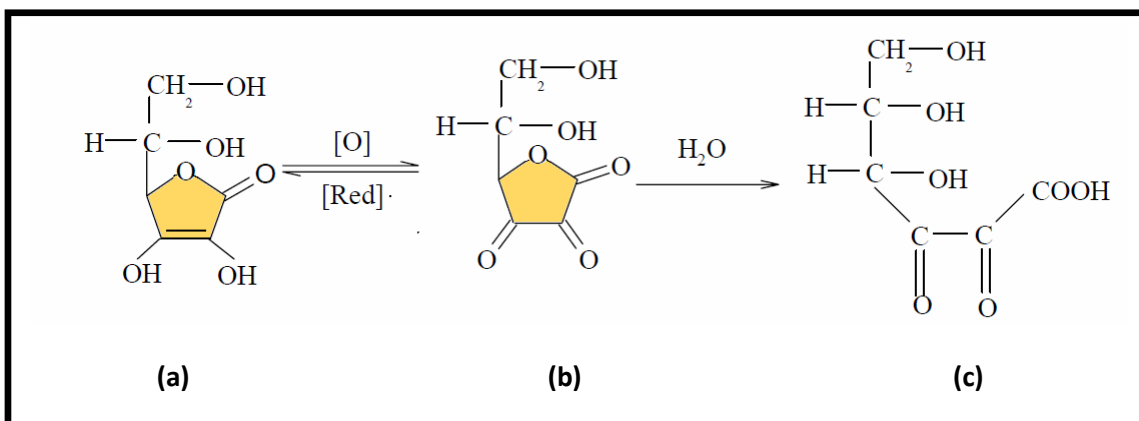


Figura 3.12: Mecanismo de conversão do ácido ascórbico (AA) a ácido dehidroascórbico (DHA). Fonte: Adaptado de Hernández et al. (2006) e Araujo (2008).

Dentre as funções biológicas importantes atribuídas à vitamina C está à ação antioxidante, síntese de lipídios e proteínas, metabolismo de carboidratos. Além disso, atua como co-fator em várias reações enzimáticas essenciais, como, por exemplo, na hidroxilação da prolina, indispensável para a formação e manutenção do colágeno (VANUCHI e JORDÃO JÚNIOR, 2000; GARDNER et al., 2000; FRANKE et al., 2004; EMADI-KONJIN et al., 2005).

A vitamina C não é sintetizada pelo organismo humano, sendo indispensável sua ingestão através da dieta (AGUIAR, 2001). É encontrada abundantemente em frutas e vegetais e, em menor quantidade, em produtos cárneos e leite de vaca *in natura* (AGUIAR, 2001; FRANKE et al., 2004; HERNÁNDEZ et al., 2006). Algumas frutas tropicais apresentam elevado teor nutricional por serem excelentes fontes de ácido ascórbico. Como exemplo cita-se a acerola, considerada como umas das fontes mais ricas em ácido ascórbico conhecidas, apresentando teores de 1.000 mg/100 g, 1.836,8 mg/100 g, 1.239,6 mg/100 g de matéria fresca (CHITARRA e CHITARRA, 2005; ARAUJO et al., 2007; MOURA et al., 2008), respectivamente. Todavia, valores

superiores aos da acerola foram relatados por Alves et al. (2002) em frutos de camu-camu (2.061 mg/100 g de polpa) e por Barcia et al. (2010) no fruto mirtilo (1.959 mg/100 g de polpa).

Vale ressaltar que teor de ácido ascórbico varia em função das condições de crescimento, estágio de maturação e tratamento pós-colheita, sendo acumulada durante o desenvolvimento das frutas na planta. Após a colheita, o acúmulo é menor ou decresce. Geralmente, o ácido ascórbico presente em frutas é mais estável que em vegetais, em razão da acidez mais elevada das frutas (CHITARRA e CHITARRA, 2005; RIBEIRO e SERAVALLI, 2007). Como exemplo, Hernández et al. (2006) estudando as frutas tropicais manga, laranja, banana, mamão e abacaxi, relataram teores variados de ácido ascórbico em diferentes estágios de maturação (maduro, semi-maduro e verde).

3.6 Estratégias de aproveitamento de compostos bioativos em resíduos de frutas (cascas, peles e sementes)

O aproveitamento de partes não comestíveis de frutas tropicais, além de ser uma estratégia inovadora com potencial para minimizar os problemas ambientais causados pela disposição inadequada de co-produtos e resíduos (SOUZA e CORREIA 2010), pode ser uma alternativa para o máximo aproveitamento dos compostos bioativos presentes, já que se sabe que as cascas, peles e sementes contêm quantidade relevante de compostos bioativos, além de serem fontes de antioxidantes naturais (KONDO et al., 2002; BASHIR e ABU-GOUKH, 2003; LAPORNIK, et al, 2005).

O potencial antioxidante de co-produtos e resíduos da indústria de alimentos já foi observado. Como exemplo, Wolfe et al. (2003) encontraram valores mais elevados de compostos fenólicos nas cascas (588,9 e 500,2 mg de ácido gálico equivalentes/100 g de cascas) em comparação as polpas (83,2 e 13,7 mg de ácido gálico equivalentes/100 g polpa) em duas variedades de maçãs. Soong e Barlow (2004) relatam que os fenólicos totais de sementes de várias espécies de frutos, como manga, abacate, jaca e tamarindo, apresentam teores de fenólicos superiores em 70% quando comparados às polpas. Ajila et al. (2007) observaram elevada atividade antioxidante em extratos provenientes da

casca de manga, sugerindo o uso das cascas de manga como alimento nutracêutico e funcional. Da mesma forma, Caetano et al. (2009) detectaram a elevada ação antioxidante de extratos obtidos a partir de resíduo agroindustrial de acerola, com destaque para o extrato hidroacetônico, o qual se mostrou mais eficiente em seqüestrar o radical DPPH.

Considerando a importância das frutas e seus resíduos sólidos, várias estratégias já foram testadas para o melhor aproveitamento do conteúdo bioativo desses produtos, incluindo a produção de ácidos orgânicos (KUMAR et al., 2003), proteínas (CORREIA et al., 2007), enzimas (ZHENG e SHETTY, 2000; BOTELLA et al., 2007; SOUZA et al., 2010), enriquecimento fenólico (CORREIA et al., 2004a, 2004b) e obtenção de produtos de alto valor agregado, tais como biofármacos (SCHILLBERG et al., 2005; DANIELL, 2006). Além dessas, a obtenção de extratos aquosos consiste em uma opção de menor custo, sendo atualmente alvos de pesquisas como método alternativo no isolamento de compostos fenólicos (JAYAPRAKASHA et al., 2001; MBAVENG et al., 2008; CAETANO et al., 2009).

A obtenção de produtos de fruta desidratados é uma opção bastante estudada. Por sua versatilidade e praticidade de consumo e comercialização, e já chama atenção a grande oferta de pós de fruta na rede mundial de computadores (*internet*), para os quais se atribui poderes medicinais e terapêuticos. Muitas vezes, esses pós são produzidos sem nenhum controle ou critério científico, sobretudo no que diz respeito à avaliação do produto. O processo de obtenção envolve passagem de ar aquecido com umidade relativa controlada, estratégia que pode ser obtida através da secagem em leito de jorro, técnica utilizada no presente estudo e abordada a seguir.

3.6.1 Secador de leito de jorro

O secador do tipo leito de jorro, conforme apresentado por Mathur e Epstein (1974), foi desenvolvido por Mathur e Gishler (1955) visando à secagem de grãos de trigo. Hoje ocupa lugar de destaque nos processos envolvendo contato entre partículas sólidas e fluídas, com aplicações importantes na secagem de matérias granulares, pastas e suspensões (MEDEIROS, 2001).

Conforme Schneider e Bridgwater (1993), os primeiros estudos sobre secagem de pastas e suspensões em leito de jorro foram realizados por REGER et al. (1967), na antiga União Soviética, para secagem de lacas e tintas. Desde então, vem sendo utilizada na secagem de diversos tipos de materiais, tais como feijão (MEDEIROS, 2004), leite de cabra (MEDEIROS et al., 2007; MEDEIROS, 2010; MELO et al., 2010), polpa de frutas (MEDEIROS, 2001; LIMA et al., 2008; SOUZA, 2009), bagaços de frutas tropicais (LIMA, 2001; SOUZA, 2010), leveduras (ROCHA et al., 2008) e sementes (ALMEIDA e ROCHA, 2008; ROCHA et al., 2009).

O leito de jorro convencional, como empregado por Mathur e Gishler (1955), é constituído de uma base cônica conectada a uma coluna cilíndrica, com jato de fluido injetado por um orifício de entrada, localizado na extremidade inferior. O leito é formado pela penetração da corrente de gás através das partículas sólidas, cuja circulação dar-se início quando a vazão do gás é suficiente para provocar o movimento ascendente destas partículas a níveis acima do leito. Uma região central de alta porosidade ($\epsilon > 0,7$) denominada de jorro é formada, e as partículas são arrastadas pneumáticamente, formando no topo uma fonte de sólidos os quais se espalham radialmente. A região anular é caracterizada pela baixa porosidade ($\epsilon < 0,6$) e pelo movimento descendente dos sólidos, cujo comportamento assemelha-se ao de um leito deslizante, conforme mostrado esquematicamente na **Figura 3.13**

Embora as partículas possam voltar ao longo da interface jorro-anel, a maior parte retorna pela região inferior da base tronco-cônica, onde inverte o sentido do movimento, deslocando-se ascendentemente, caracterizando assim o movimento cíclico dos sólidos (MEDEIROS, 2001).

Atualmente, dentre os secadores convectivos empregados na secagem de pastas e suspensões destaca-se o secador em leito de jorro com partículas inertes. Este secador tem a vantagem de exibir altas taxas de transferência de calor e massa, permitindo a obtenção de produtos com granulometria fina e uniforme em menor tempo de contato, o que contribui para a qualidade do produto desidratado.

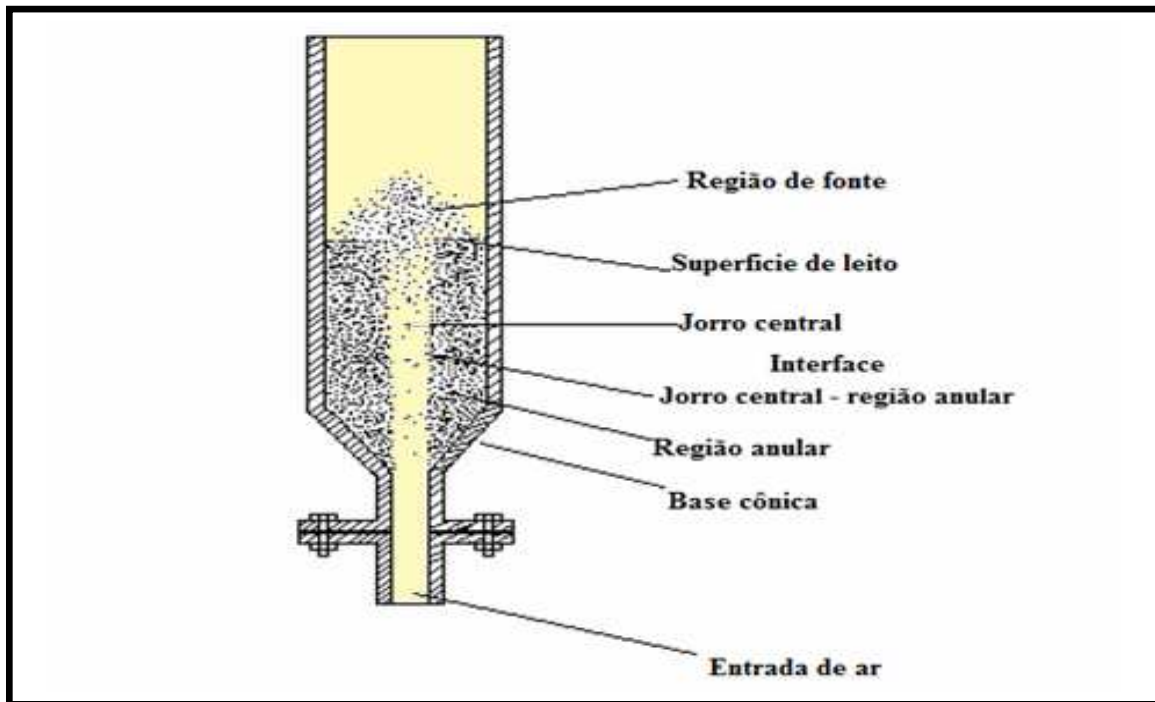


Figura 3.13. Representação esquemática do secador leite de jorro.
Fonte: Medeiros, (2001).

No secador de leite de jorro a atomização da suspensão ou pasta sobre o leite reveste as partículas inertes com uma fina camada de material. Na medida em que seca, a película se torna frágil, fragmentando-se na forma de pó devido aos efeitos das colisões interpartículas. O pó arrastado pela corrente de ar é separado no ciclone conectado ao secador. No entanto, muitas vezes as baixas taxas de remoção da película promovem a acumulação do material no leite. Essa acumulação é considerada como um grave problema, chegando até mesmo a inviabilizar a utilização do leite de jorro na secagem de diversos materiais (MEDEIROS et al., 2001).

Dessa forma, vários estudos buscam conhecimento mais detalhado sobre o efeito físico causado pela presença de pastas e suspensões durante a secagem em leite de jorro. São abordados os parâmetros de variações fluidodinâmicos nesse secador, tais como queda de pressão, velocidade de jorro mínimo e taxa de circulação das partículas, já que esses itens refletem diretamente sobre a estabilidade do leite e na eficiência do processo de secagem.

3.6.2 Produtos desidratados de frutas

Os primeiros estudos sobre secagem de polpa de frutas no leito de jorro foram desenvolvidos por Hufenussler e Kachan (1985). Os autores estudaram a desidratação de purê de banana, analisando a qualidade do pó obtido no secador leito de jorro em relação ao obtido em secadores *spray* e a vácuo. Concomitante a isso, realizaram avaliação sensorial, na qual o sabor do purê reconstituído foi comparado com o purê original e com o produzido em secadores de tambores rotativos. Os resultados obtidos comprovaram que o pó obtido no secador de leito de jorro atendia aos padrões de conservação exigidos pela legislação (inferior a 3% de umidade) e que o sabor do purê reconstituído não diferia do original a um nível de 5% de significância, nível esse não atingido pelo purê reconstituído com o pó de banana obtido no secador rotativo. Posteriormente, Kachan e Chiapetta (1988) pesquisaram a desidratação da pasta de tomates, também em leito de jorro, e obtiveram resultados satisfatórios para conservação do produto desidratado nos ensaios de secagem a 80°C.

Como consequência de estudos anteriores, muitas pesquisas relacionadas com a secagem de polpa de frutas vêm sendo apresentadas e ampliadas nos últimos anos. Medeiros et al. (2001) avaliaram a desidratação de polpas de frutas tropicais em leito de jorro, analisando a escoabilidade do leito em relação as interferências das concentrações de sólidos insolúveis (representados, na grande maioria, pelas fibras presentes nas polpas), gorduras, sólidos totais e açúcares redutores. Durante a secagem, foram verificadas modificações nos parâmetros de escoabilidade. Conforme os autores, para todos os polímeros estudados, os maiores ângulos de repouso foram encontrados depois da adição das polpas, sugerindo que a composição das frutas interfere na secagem. Dentre as frutas estudadas, a polpa de acerola e a polpa de abacate foram as que promoveram melhor escoabilidade.

Medeiros (2001) estudou a influência da composição química das polpas de cajá, abacate, manga, seriguela, pinha e cajá-manga sobre a secagem em leito de jorro. Com base nos resultados obtidos, a autora afirma que a composição química influencia a fluidodinâmica do leito, de maneira que altos teores de gordura, amido e pectina favorecem a secagem e a produção de pó, enquanto elevados teores de açúcares redutores promovem o inverso. Em relação à qualidade do produto desidratado, foi

comprovada a preservação de sua composição, entretanto foram observadas consideráveis perdas de vitamina C, inerentes aos processos de secagem.

Lima (2001), com a finalidade de obter um produto desidratado rico em fibras, avaliou a secagem em leito de jorro de bagaços agroindustriais da manga, caju e abacaxi. Segundo a autora a melhor eficiência no leito de jorro foi alcançada na secagem do bagaço de abacaxi, a qual foi superior a 90%.

Gurgel et al. (2005) analisaram a produção de farinha de milho enriquecida com polpa e bagaço de abacaxi, leite e açúcar, a partir da secagem da mistura em leito de jorro com partículas inertes poliestireno de baixa densidade. A eficiência de produção foi baixa, em torno de 20%, entretanto as farinhas obtidas apresentaram qualidade similar às encontradas no mercado.

Costa et al. (2007) investigaram a elaboração de pós alimentícios obtidos a partir da casca e bagaço de abacaxi por desidratação em estufa a vácuo sob temperatura de 65°C. Os autores apontam que os pós obtidos são ricos em fibras e vitamina C, sugerindo que os mesmos podem ser utilizados como ingredientes em outros sistemas alimentares.

Souza (2009), a partir de dados preditos por Medeiros (2001), também observou em seu estudo a influência da composição de algumas frutas tropicais (manga, umbu, seriguela) na eficiência de produção do pó. Os resultados mostraram que existe influência isolada dos teores de gordura e açúcares redutores. Além do efeito combinado desses constituintes no desempenho da secagem em leito de jorro. Foi identificado que os açúcares redutores prejudicam o desempenho do leito de jorro, influenciando os parâmetros fluidodinâmicos e a produção de pó. Por outro lado, a gordura favorece o desempenho do jorro, visto que diminui a retenção de sólidos no leito, promovendo a estabilidade e aumentando a eficiência de produção dos produtos desidratados.

A composição dos pós obtidos a partir dos resíduos de caju e goiaba secos em estufa de circulação de ar a $60 \pm 5^\circ\text{C}$ por 16 horas foram investigados por Costa et al. (2009). O pó do resíduo de goiaba mostrou-se especialmente rico em fibras (40,98%) e proteína (11,47%), ao passo que o pó de resíduo de caju apresentou notável teor de açúcares redutores (30,60%). Além disso, os autores observaram teores consideráveis de ácido ascórbico para os pós de goiaba (38,33 mg/100 g) e caju (19,57 mg/100 g), apesar das esperadas perdas de ácido ascórbico promovidas pela desidratação.

Melo (2010) avaliou a influência da mistura de polpas de cajá em diferentes proporções (10%, 20% e 30%) ao leite de cabra e submetida à secagem. Segundo a autora, para todas as concentrações estudadas houve variação no comportamento do leite, sugerindo que a composição química do cajá influencia a fluidodinâmica do leite de jorro.

3.7 Funcionalidades dos compostos fenólicos

3.7.1 Atividade antioxidante

A busca por novos antioxidantes naturais é crescente. Pesquisas apontam que o consumo de substâncias antioxidantes na dieta pode ocasionar ação protetora efetiva contra os processos oxidativos que ocorrem naturalmente no organismo.

Doenças crônicas como câncer, arteriosclerose, artrite, diabetes, e doenças cardiovasculares podem estar relacionadas aos danos causados por espécies reativas ao oxigênio (ERO). As substâncias EROS apresentam várias formas de oxigênio ativado, entre as quais se incluem os denominados radicais livres. Estas moléculas têm um elétron livre para se ligar a qualquer outro elétron, e por isso são extremamente reativas (SOARES, 2002; LIU, 2004; ZHANG et al., 2010). São continuamente produzidas durante os processos fisiológicos e atuam como mediadores para a transferência de elétrons em várias reações bioquímicas, desempenhando funções relevantes no metabolismo. Por serem produzidos mediante modificações químicas de proteínas, lipídeos, carboidratos e moléculas de DNA, geram uma variedade de conseqüências biológicas, incluindo lesão tecidual, mutação, carcinogênese, comprometimento do sistema imunológico, doenças e morte celular e envelhecimento do corpo (WALLACE, 2002; BRENNAN e PAGLIARINI, 2001; HALLIWELL e GUTTERIDGE, 2007; WOLFE et al., 2008).

As várias formas de EROS também podem ser formadas a partir de fontes exógenas produtoras de radicais livres, tais como fumaça do tabaco, radiações

ionizantes, solventes orgânicos e pesticidas (VALLS BELLÉS et al., 2005; HALLIWELL e GUTTERIDGE, 2007). Acredita-se que a introdução de antioxidantes por meio da dieta alimentar poderá auxiliar os mecanismos endógenos de defesa, ou seja, os mediadores de oxiredução, tais como superóxido dismutase, catalase, peroxidase e metaloproteínas (BRENNA e PAGLIARINI, 2001; HALLIWELL e GUTTERIDGE, 2007; WOLFE et al., 2008).

Assim, o conceito clássico de antioxidante define-o como agente responsável pela inibição e redução das lesões causadas pelos radicais livres nas células (ZHANG et al., 2010), cujo mecanismo de ação ocorre mesmo em baixas concentrações retardando ou inibindo as taxas de oxidação (ARUOMA, 2003; HALLIWELL e GUTTERIDGE, 2007). Com base em suas funções, esses compostos atuam em diferentes níveis, incluindo o controle de substratos oxidativos, controle de pró-oxidantes e inativação de radicais livres (MCCLEMENTS e DECKER, 2000).

Muitos são os mecanismos através dos quais os antioxidantes em alimentos podem exercer suas ações. Na percepção de Prior et al. (2005), Pérez-Jiménez (2007), Araújo (2008) e Zhang et al. (2010), os compostos antioxidantes atuam interrompendo a cadeia reativa através da transferência de um átomo de H (*Hydrogen Atom Transfer*, HAT) ou de doação de elétrons ou transferência de um elétron (*Single Electron Transfer*, SET) aos radicais livres convertendo-os em produtos termodinamicamente estáveis e/ou reagindo com os radicais livres, formando o complexo lipídio-antioxidante que pode reagir com outro radical livre. Retardam a etapa de iniciação da autoxidação por meio de diferentes mecanismos incluindo complexação de metais, seqüestro de oxigênio, decomposição de hidroperóxidos para formar espécie não radical ou desativação de oxigênio singlete.

Sabe-se que a presença de compostos fenólicos, tais como flavonóides, além das já conhecidas vitaminas C, E e carotenóides, contribuem para os efeitos benéficos de frutas e verduras (GORINSTEIN et al., 2000; SILVA et al., 2004; AJAIKUMAR et al., 2005; KUSKOSKI et al., 2006; WOLFE et al., 2008).

Na opinião de Rice-Evans et al. (1997), Sroka e Cisowski (2003) e Araújo (2008), a capacidade antioxidante dos compostos fenólicos se deve, principalmente, as suas propriedades redutoras, cuja intensidade da ação antioxidante exibida por estes fitoquímicos é diferenciada e depende, fundamentalmente, do número e posição de hidroxilas presentes em sua molécula (VILLAÑO et al., 2005; SIQUETE et al., 2006).

Esforços são vistos no sentido de identificar e purificar novos compostos com atividade antioxidante oriundos de fontes naturais, que possam atuar sozinhos ou sinergicamente com outros aditivos, substituindo ou restringindo a utilização de antioxidantes sintéticos, tais como o butil-hidroxianisol (BHA), butil-hidroxitolueno (BHT), terc-butil hidroquinona (TBHQ) e o propil galato (PG), largamente utilizados pela indústria de alimentos, cosméticos e medicamentos (SOARES, 2002; CHEUNG et al., 2003; ANDRADE-WARTHA, 2007; ARAÚJO, 2008).

Todavia, devido à complexidade da composição das frutas e tendo em vista que os antioxidantes não atuam separadamente (CERQUEIRA et al., 2007), a interação entre eles pode fazer com que a determinação da capacidade antioxidante, individualmente, seja menos efetiva do que o estado antioxidante total (PRIOR e CAO, 1999; ROMBALDI, 2006). Nesse sentido, alguns estudos vêm sendo desenvolvidos a fim de entender a sinergia entre compostos fenólicos e a atividade antioxidante.

Por exemplo, Sun et al. (2002) e Liu (2004) encontraram relação direta entre o conteúdo fenólico e atividade antioxidante ($R^2=0,9788$, $p < 0,01$) ao estudarem 11 frutas. No entanto, observaram também que a combinação de quatro frutas - laranja, maçã, uva e mirtilo – leva a maior atividade antioxidante do que seria esperado pela soma das atividades antioxidantes individuais. Segundo Liu (2004), a dose média efetiva (EC50) de cada fruta após a combinação foi cinco vezes menor que a EC50 de cada fruta sozinha, sugerindo efeitos sinérgicos entre os compostos fenólicos totais e atividade antioxidante nas frutas misturadas.

Breda et al. (2005) analisaram o efeito da dependência da dose de uma mistura de quatro vegetais (couve-flor, cenoura, ervilha e cebola) e o efeito individual de cada um deles em modulação de expressão gênica de cólon. Segundo os autores, a mistura foi capaz de modular genes que não foram significativamente modulados por um vegetal específico, sugerindo que alimentos contendo diferentes misturas de fitoquímicos tem efeito sinérgico e inibitório sobre a expressão gênica.

Ainda, Lin et al. (2005) analisaram a atividade antimicrobiana de extratos de oregano e morango, individualmente e misturados em diferentes concentrações, contra o patógeno *Vibrio parahaemolyticus*. Os resultados indicaram maior atividade antimicrobiana nos extratos misturados em relação aos individuais (4,6 unidades de redução da fase lag em relação ao controle).

Wolfe et al. (2008) ao estudarem 25 tipos de frutas dentre elas morango, uva, maçã, pêra, abacaxi, amora e mirtilo, também encontraram indícios da sinergia entre o teor de compostos fenólicos e a atividade antioxidante celular ($p < 0,05$), fato relacionado com os teores de antocianinas e flavonóides presentes nas diferentes frutas.

3.7.1.1 Determinação da capacidade antioxidante

Em decorrência da diversidade química desses compostos, muitos ensaios vêm sendo desenvolvidos e aprimorados para avaliar a capacidade antioxidante em frutas e vegetais. Estes ensaios diferem em relação ao mecanismo de reação, espécies-alvo, condições em que ocorre a reação e na forma de expressar os resultados (OLIVEIRA et al., 2009). Alguns determinam a habilidade do antioxidante em seqüestrar espécies reativas geradas no meio da reação (ANTOLOVICH et al., 2002; VILLANO et al., 2005 e 2007; SIQUETE et al., 2006). Outros avaliam a eficiência do antioxidante em inibir a peroxidação lipídica por meio da quantificação dos produtos da reação - dienos conjugados e hidroperoxidos; quantificação dos produtos da decomposição da peroxidação lipídica, ou mensuração da inibição da oxidação do lipídio do sistema pelo antioxidante a ser testado (BRAVO, 1998; FRANKEL e MEYER, 2000; ARAÚJO, 2008).

Além da estrutura química, o tipo de solvente e o método de extração utilizado também influenciam a eficiência antioxidante dos compostos fenólicos (NACZK e SHAHIDI, 2004; WU et al., 2004; LIYANA-PATHIRANA e SHAHIDI, 2005; MUKHOPADHYAY et al., 2006; PÉREZ-JIMÉNES et al., 2006; SU et al., 2007). Dentre os métodos que determinam a habilidade dos antioxidantes em seqüestrar radicais, destacam-se aqueles que envolvem substâncias cromógenas de natureza radicalar, simulando as espécies reativas de oxigênio, onde o desaparecimento da cor ocorre de forma proporcional à concentração de antioxidantes (ARENA et al., 2001), dos quais os mais utilizados são o método do radical DPPH• (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) e ABTS+• [2,2'-azino-bis(3-etil-benzolona-6-sulfonado)]. Estes métodos, por serem práticos, rápidos e sensíveis, são amplamente empregados (ARNAO, 2000).

O primeiro é baseado na redução do radical DPPH• na presença de antioxidante doador de hidrogênio através de uma reação de transferência de elétrons (PRIOR et al., 2005) e, tem sido considerado como um dos mais representativos para o emprego em modelos de radicais na avaliação da capacidade de remoção de radicais livres (ESPIN et al., 2000; GENOVESE et al., 2008). A solução metanólica do DPPH• de coloração púrpura absorve luz no comprimento de onda de 517 nm. Por ação de um antioxidante ou uma espécie radicalar (R•), o DPPH• é reduzido formando 2,2-difenilpicril-hidrazina (DPPH-H). Nesta reação, a solução metanólica de DPPH•, inicialmente de coloração violeta escuro, torna-se clara (**Figura 3.14**) e o grau desta descoloração, que é monitorada espectrofotometricamente, indica a habilidade do antioxidante em sequestrar o radical livre.

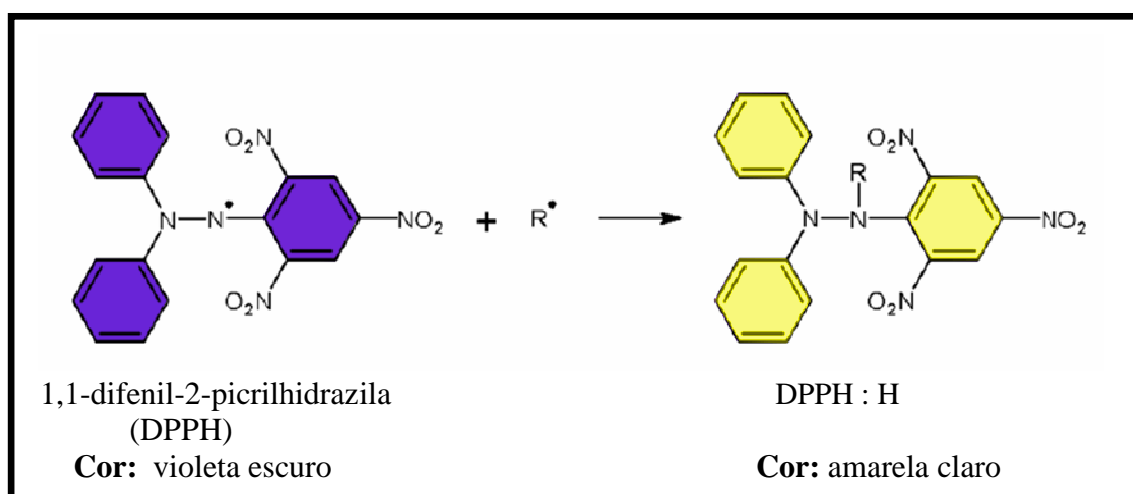


Figura 3.14. Reação do radical livre DPPH• com um antioxidante.

Fonte: Adaptado Rufino et al. (2007) e Pisoschi et al. (2009).

Os resultados podem ser expressos em porcentagem de seqüestro de radicais, por porcentagem de DPPH• remanescente no meio reacional (MOLYNEUX et al., 2004; HUANG et al., 2005; RIVERO-PEREZ et al., 2007) ou em equivalentes de uma substância padrão (ARNAO, 2000; PRIOR et al., 2005; DUARTE-ALMEIDA, 2006; GENOVESE et al., 2008).

3.7.2 Atividade antienzimática

A busca por aproveitar o potencial funcional dos produtos naturais tem se intensificado, e dentro desse contexto, os extratos vegetais vêm ganhando destaque à medida que se correlaciona sua composição química com suas propriedades biológicas.

Estudos apontam a presença de inibidores de α -amilase e α -glicosidade em frutas, hortaliças e vegetais comumente, consumidos pela população. Sendo assim, existe a hipótese de que a ingestão desses alimentos poderia ser potencialmente benéfica no controle dos estágios primários de doenças como a diabetes tipo 2.

A Diabetes mellitus (DM) é uma desordem metabólica de etiologia múltipla caracterizada por uma hiperglicemia crônica e distúrbios no metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas, resultado da deficiência de secreção de insulina e na falta de sensibilidade do receptor à produção deste hormônio (ABESUNDARA et al., 2010; WHO, 2009).

O relatório fornecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que existam 240 milhões de pessoas diabéticas em todo o mundo, o que significa 6% da população mundial. A organização projeta que a população mundial de doentes diabéticos vai aumentar até 2025 em mais de 50% (GUIDONI et al., 2009; WHO, 2009). Esse cenário é explicado em parte por dietas desprovidas de fibras naturais e ricas em alimentos com elevado teor açúcares e gordura, associadas ao sedentarismo (POPKIN, 2002; JOHNS e EYZAGUIRRE, 2006).

Essa doença pode ocorrer sob duas formas. A diabetes tipo 1 é caracterizada por deficiência de insulina, uma vez que o pâncreas não produz ou produz insulina em pouca quantidade em decorrência da destruição das células β (GROSS et al., 2002). A diabetes tipo 2, por sua vez, é caracterizada pela secreção inadequada de insulina em relação aos níveis de glicose no sangue e redução do estímulo da insulina na captação da glicose, tanto nos tecidos periféricos (tecidos adiposos, músculos, etc.) quanto nas células beta β (GROSS et al., 2002; NOTKINS, 2002; WHO, 2009). Essa doença pode levar a complicações microvasculares, as denominadas triopatias diabéticas - neuropatia, retinopatia e nefropatia - as quais são resultados de estresse oxidativo geradas pela hiperglicemia, acarretando em danos celular, seguido pela peroxidação

lipídica e inativação de proteínas. Também podem ocorrer complicações macrovasculares, tais como enfarte do miocárdio, acidente vascular cerebral e hipertensão (BROWNLEE, 2005; SATO et al., 2006; AL-AZZAWIE e ALHAMADINI, 2006).

Uma das características do estágio inicial dessa doença crônica são picos glicêmicos após as refeições, a hiperglicemia pós-pandrial. A exposição prolongada a níveis elevados de glicose após as refeições reflete efeitos adversos sobre órgãos e tecidos (OLIVEIRA et al., 2008), além de causar danos às células β , responsáveis pela produção e liberação de insulina, contribuindo para a diminuição progressiva deste hormônio (YAMAMOTTO et al., 2008). Assim, uma das estratégias para uma melhor convivência dos estágios iniciais da diabetes tipo 2 consiste na diminuição da hiperglicemia pós-pandrial, retardando a quebra e absorção da glicose através da inibição das enzimas α -amilase e α -glicosidade (MATSUI et al., 2001; ABESUNDARA et al., 2004; KWON et al., 2006, ALI et al., 2008; RANILLA et al., 2010).

Nesse ponto é importante ressaltar as diferenças conceituais entre α -amilase e α -glicosidase, considerando a importância destas como enzimas-chave para o metabolismo de carboidratos. A α -amilase (EC 3.2.1.1) está presente na saliva e no suco pancreático e participa da digestão do amido, hidrolisando as ligações glicosídicas α -1,4 (**Figura 3.15**) entre moléculas adjacentes de glicose, tanto na amilose como na cadeia reta da amilopectina (ABESUNDARA et al., 2004; KOBLITZ et al., 2008).

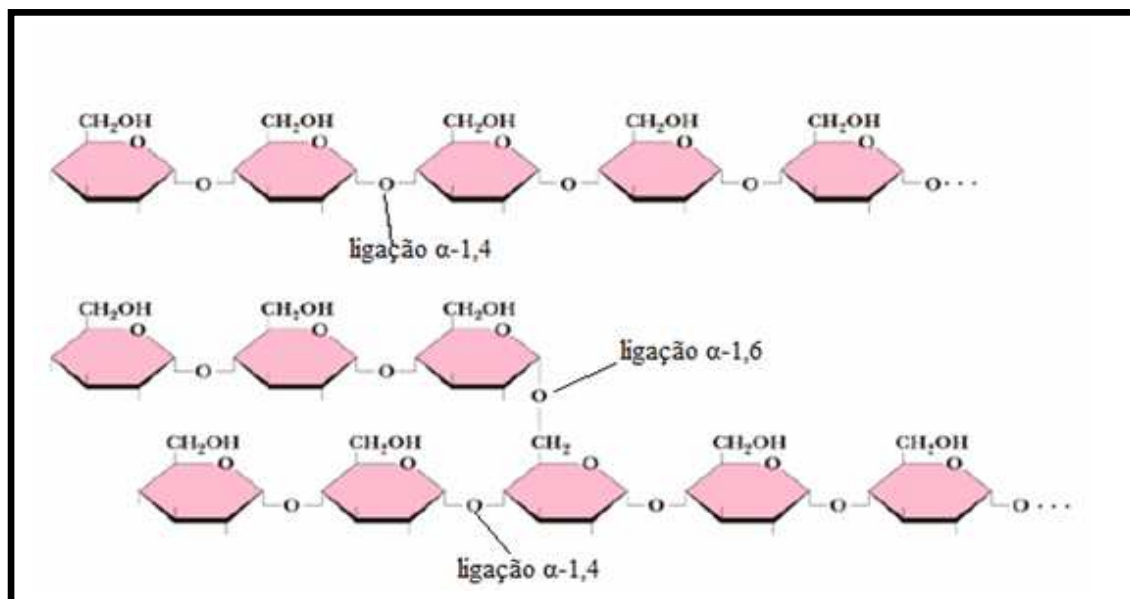


Figura 3.15: Estrutura do mecanismo de ação da α -amilase.

Fonte: Adaptado de Koblitz et al. (2008).

Alguns autores como Kim et al. (2000), Bailey (2003) e Ranilla et al. (2010) acreditam que uma forte inibição da α -amilase pancreática poderá ocasionar distensão abdominal, flatulência e, possivelmente, diarreia, resultado da fermentação bacteriana de carboidratos não digeridos à nível do cólon. Por sua vez, a enzima α -glicosidase (EC 3.2.1.20) está ligada à membrana localizada no epitélio do intestino delgado, participa da catálise e clivagem da glicose a partir de dissacarídeos e oligossacarídeos (ABESUNDARA et al., 2004), cuja inibição total ou parcial, reduz a taxa de digestão de carboidrato da dieta pelo bloqueio da digestão do amido no intestino, reduzindo assim os picos glicêmicos pós-prandiais (LEFÉBVRE e SCHEEN, 1999; KIM et al. 2005; WANNMACHER, 2010).

Resultados experimentais demonstram que extratos vegetais, além da elevada capacidade antioxidante, possuem propriedades antidiabéticas e antihipertensivas (KWON et al, 2006; APOSTOLIDIS et al., 2010; RANILLA et al., 2010). Poderiam, assim, ser usados de forma eficaz com expectativa de mínimos efeitos colaterais, em contraste aos fármacos comerciais como acarbose e miglitol (KWON et al, 2006).

Diferentes mecanismos são evidenciados nos vegetais para reduzir níveis de glicose (NEGRI, 2005). Alguns exibem propriedades semelhantes aos fármacos

pertencentes à classe das sulfoniluréias, à exemplo as glibencamidas e glimepiridas, em que a atividade hipoglicêmica ocorre através da estimulação do aumento na produção e secreção da insulina pelas células- β pancreáticas como observado no tratamento com *Enicostemma littoral* e *Blume* (MAROO et al., 2002), *Gmelina asiatica* Linn. (KASIVISWANATH et al., 2005) e em extratos de sementes da *Eugenia jambolana*, *Trigonella foenum graecum* e frutos da *Momordica charantia* (YADAV et al., 2010). Outros melhoram a ação periférica da insulina, similar às metformina, pertecente ao grupo das biguanidas, o que leva ao aumento significativo do estímulo da insulina a disponibilizar glicose para consumo tecidual, diminuindo a concentração de glicose no sangue (XIE et al., 2005; NAGARAJAN et al., 2005).

Rohn et al. (2002) observaram a ação inibitória dos compostos fenólicos ácido caféico, ácido clorogênico, ácido ferúlico, ácido gálico, ácido quínico e p-benzoquinona, frente as enzimas α -amilase, tripsina e lisozima. Segundo os autores, os experimentos *in vitro* mostraram que a inibição enzimática apresenta correlação positiva com a concentração fenólica e depende da estrutura de cada composto.

Correia (2004) investigando extratos fenólicos produzidos por fermentação semi-sólida do resíduo de abacaxi encontrou ação inibidora da α -amilase. Segundo a autora, essa atividade pode estar relacionada ao tipo de composto presente nos extratos, e não apenas a quantidade de compostos fenólicos presentes na amostra. Essa opinião é compartilhada por Cheplick et al. (2010) que, ao analisarem cultivares de morango, também encontraram potencialidade para inibir a α -glicosidase, assim como inibição moderada para a α -amilase. Segundo os autores, a moderada inibição amilolítica também é ligada a estrutura específica dos compostos fenólicos.

Por outro lado, Apostolidis et al. (2006a) avaliaram a atividade inibitória da α -glicosidase de iogurtes a base de leite de soja enriquecidos com frutas. Os iogurtes enriquecidos com mirtilo demonstraram maior efetividade em inibir a α -glicosidase, para os autores, essa atividade está correlacionada com o teor de compostos fenólicos.

Em outro estudo, Apostolidis et al. (2006b) investigaram a ação antienzimática de extratos de amoras individualmente e combinados com orégano em diferentes concentrações. Encontraram efeitos sinérgicos entre o teor de compostos fenólicos e atividade inibitória da α -glicosidase e α -amilase, observando também maior efetividade da inibição enzimática nos extratos combinados. Segundo os autores, os resultados

apontam para a possibilidade desses extratos serem utilizados no controle da diabetes tipo 2 e na hipertensão.

Randhir e Shetty (2007) utilizando a técnica de biocultivo com feijões (*mung beans*) observaram inibição da α -amilase, a qual mostrou correlação positiva com a alta concentração de fenólicos. Mai e Chuyen (2007) investigaram extratos aquosos de botões florais da *Eugenia operculata* Roxb. *in vitro* e *in vivo*, os quais também apresentaram efeitos inibitórios sobre α -glicosidase, maltase e sacarase, sendo considerados pelos autores um material promissor para prevenção e controle de diabetes.

Kwon et al. (2008) observaram o efeito do chá preto e de alguns vinhos tintos sobre a atividade da α -glicosidase. Nesse estudo também houve correlação entre a concentração de compostos fenólicos e capacidade antioxidante dos extratos. Pinto et al. (2008), analisando os fenólicos presentes nos extratos aquosos de morangos cultivados no Brasil, observaram alta atividade inibitória da α -glicosidase, enquanto que a α -amilase apresentou inibição moderada.

Chethan et al. (2008) investigaram a capacidade inibitória exercida pelos extratos fenólicos do cereal *Eleusine coracana* (*millet*). Os autores relataram a importância de poder dispor de elementos comestíveis de baixo custo para o controle de patologias crônicas como a diabetes, mal que vêm aumentando de forma crescente na população. Vale ressaltar que cada fitoquímico fenólico tem seu modo próprio de ação contra um alvo específico (VATTEM, et al., 2005), que pode ser em função da atividade antioxidante clássica ou pela capacidade em modular a fisiologia celular.

CAPÍTULO 4
MATERIAL E MÉTODOS

4. Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida nos Laboratórios de Particulados, Tecnologia de Alimentos, Engenharia Bioquímica e Nutrição Animal localizados na Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, além da Unidade EMPRAPA Agroindústria Tropical localizada em Fortaleza, CE.

4.1 Material

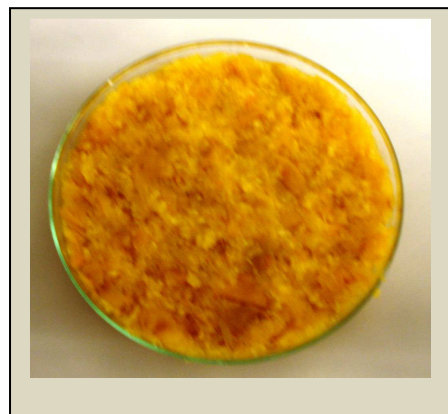
4.1.1 Matéria prima

O material composto pela polpa residual, peles e sementes (doravante denominado simplesmente como bagaço) da acerola (*Malpighia glabra L.*) e umbu-cajá (*Spondia ssp*) utilizados no experimento (**Figura 4.1a e 4.1b**) foram fornecidos pela unidade de produção de polpas de frutas Delícia da Fruta localizada em Natal, RN. Esse material foi obtido como co-produto do processo de fabricação das polpas de fruta. As frutas jambolão (*Syzygium cumini*) e pitanga (*Eugenia uniflora*) foram adquiridas no comércio local e o material composto pela polpa residual, peles e sementes, foi produzido em laboratório (**Figura 4.1c e 4.1d**) de forma a simular o processo de obtenção do co-produto da polpa de fruta, tendo em vista que essas frutas não são processadas de maneira regular, dificultando a aquisição do seu resíduo agroindustrial.

Para a formação do lote de partida, os bagaços das frutas foram recolhidos ou preparados ao longo de diversos dias, homogeneizados, embalados em recipientes plásticos de 100 mL, armazenados em freezer doméstico e utilizados para posterior secagem.



(a) Acerola (*Malpighia glabra* L.)



(b) Cajá-umbu (*Spondia* ssp)



(c) Pitanga (*Eugenia uniflora*)



(d) Jambolão (*Syzygium cumini*)

Figura 4.1: Bagaços das frutas acerola (a), cajá-umbu (b), pitanga (c) e jambolão(d).

Fonte: Arquivo pessoal (2010).

4.2 Métodos

A metodologia experimental do trabalho é apresentada de forma esquemática a seguir na **Figura 4.2**.

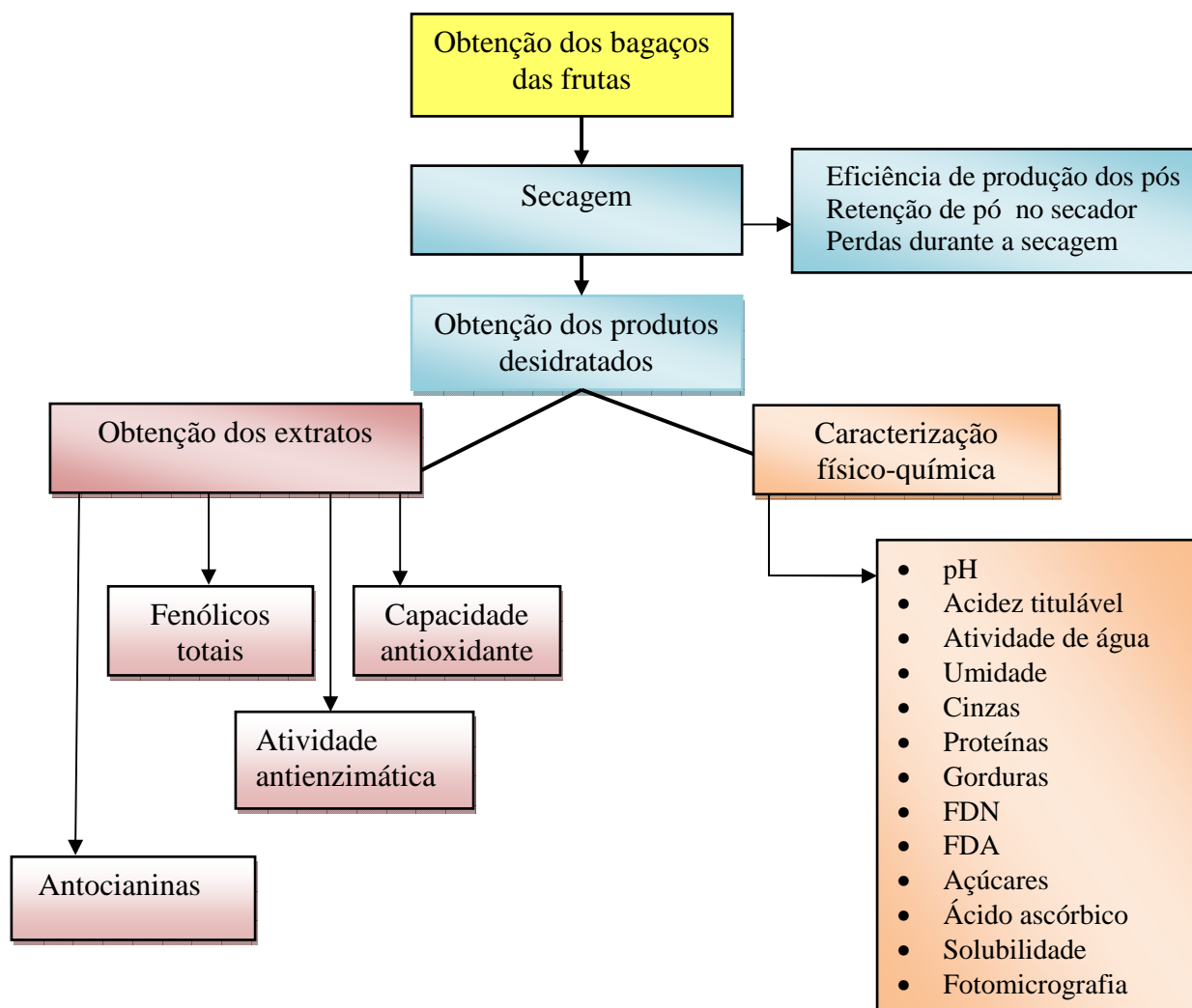


Figura 4.2. Fluxograma experimental da pesquisa.

4.2.1 Ensaios de Secagem

A secagem foi conduzida em secador de leito de jorro de formato cônico-cilíndrico, construído em aço inoxidável com visores em acrílico, conforme ilustrado na **Figura 4.3**. Com base na estabilidade do secador foi empregado como material inerte 2,5 kg de polietileno de alta densidade (PEAD), devidamente caracterizado quanto à densidade real e aparente, diâmetro médio, esfericidade e ângulo de deslizamento (962 kg/m³; 680 kg/m³; 3,87 x 10⁻³ e 0,86) respectivamente. Para todos os ensaios foram realizadas medições da velocidade do ar na saída do ciclone, diferença de pressão, temperaturas do ar na entrada e na saída do secador e altura da fonte e do leito estático do jorro.

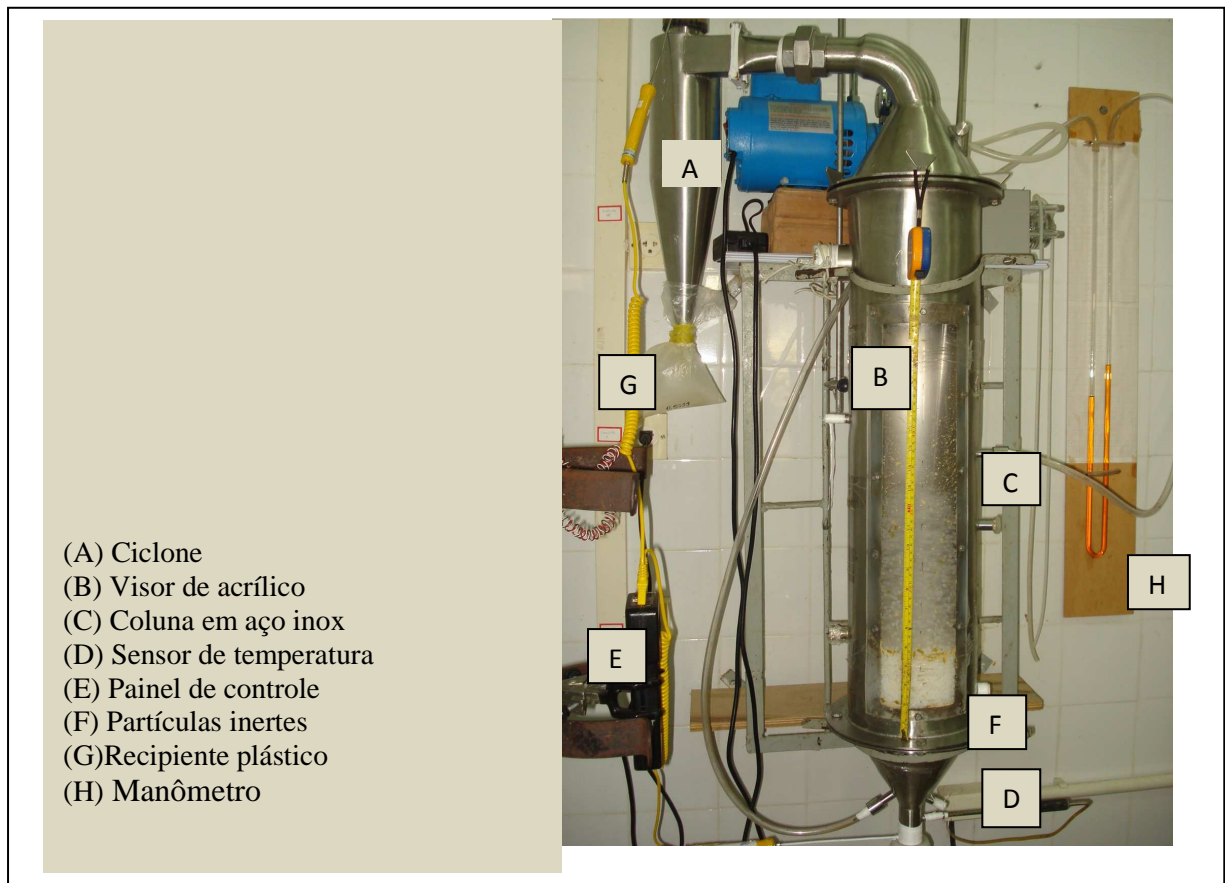


Figura 4.3. Secador de leito de jorro. **Fonte:** Arquivo pessoal (2010).

O leito consiste de uma base cônica, com ângulo incluído de 60°, altura de 13 cm e diâmetro de entrada 3 cm. A coluna cilíndrica tem 18 cm de diâmetro e altura de 72 cm. O ar de secagem foi fornecido ao sistema por um soprador de ar e aquecido em trocador de calor. O controle de aquecimento foi realizado através de um controlador e um sensor de temperatura localizado abaixo da placa distribuidora de ar, na base cônica da coluna. A regulagem da vazão de ar foi realizada por uma válvula globo e a medição através de anemômetro digital. A queda de pressão no leito foi acompanhada pelo manômetro diferencial em U. A umidade relativa na saída do leito foi medida por termohigrômetro e um ciclone *Lapple* construído em aço inoxidável com 10 cm de diâmetro de coluna e altura de 40 cm promoveu a separação e recolhimento dos pós em recipientes plásticos.

Com base em testes preliminares de secagem, a velocidade do ar foi fixada em 1,8 m/s e a temperatura de 60°C. O jorro foi alimentado em bateladas com aproximadamente 60g de amostra (bagaço).

Inicialmente realizou-se a pesagem do material inerte e dos bagaços, de forma que 2,1 kg de material inerte foram primeiramente inseridos no secador e 400 g do mesmo material foram misturados a 60 g do bagaço e, posteriormente, adicionados ao secador. O soprador era acionado e após 20 minutos de secagem era desligado, em seguida 400 g da carga era retirada e misturada a nova batelada de bagaço (60 g) a ser alimentada ao secador. Após mistura e realimentação, o soprador era acionado e a secagem prosseguia. Esse procedimento foi repetido para cada alimentação sendo realizadas em média de quatro a oito alimentações com tempo de secagem de 20 minutos, mantendo-se um intervalo de 10 a 15 minutos entre cada alimentação. Ao final de cada experimento, procedia-se a pesagem do leito para quantificação da quantidade de material retido no secador.

A produção dos pós foi avaliada ao término de cada ensaio de secagem. Antes de se efetuar nova alimentação, o pó recolhido no ciclone era pesado e ao final determinava-se o somatório das massas produzidas em cada alimentação. Amostras do pó eram recolhidas para determinação do teor de umidade.

O rendimento, ou eficiência de produção de pó, definida pela razão entre a massa de sólidos presentes no pó produzido (coletado no ciclone) e a massa de sólidos

presentes no bagaço alimentado ao secador foi calculada conforme descrito por Medeiros (2001), através da **Equação 1**.

$$Eficiência (\%) = \left[\frac{(1 - u_{pó}) \times m_{pó \text{ produzida}}}{(1 - u_{bag.}) \times m_{rbag. \text{ alimentado}}} \right] \times 100 \quad (1)$$

Onde,

$u_{pó}$ = umidade do pó;

$u_{bag.}$ = umidade do bagaço antes da secagem;

$m_{pó}$ = massa do pó (quantidade de pó produzido durante a secagem);

$m_{bag.}$ = massa do bagaço (quantidade do bagaço usado na secagem).

A retenção de material no leito definida como a razão entre a massa de sólidos presente no material retido no leito e a massa de sólidos presente no bagaço alimentado ao secador foi calculada conforme descrito por Medeiros (2001), através da **Equação 2**.

Nestes cálculos foi considerada a umidade do pó retido no leito igual à umidade do pó coletado.

$$Retenção (\%) = \left[\frac{m_{ret} \times (1 - u_{pó})}{m_{bag} (1 - u_{bag})} \right] \times 100 \quad (2)$$

Onde,

m_{ret} = massa retida (quantidade de pó retido no secador);

m_{bag} = massa total do bagaço utilizada na secagem.

$u_{pó}$ = umidade do pó;

u_{bag} = umidade bagaço antes da secagem.

As perdas foram quantificadas pela diferença expressa na **Equação 3**.

$$Perdas (\%) = 100 - Eficiência - Retenção \quad (3)$$

4.2.2 Caracterização físico-química dos pós

Os bagaços desidratados da acerola (**Figura 4.4a**), cajá-umbu (**Figura 4.4b**), pitanga (**Figura 4.4c**) e jambolão (**Figura 4.4d**) foram submetidos à análise de pH, acidez total titulável (ATT), atividade de água (a_w), umidade, teor de resíduo mineral, proteína, gordura, açúcares, fibras em detergente neutro (FDN), fibras em detergente ácido (FDA), solubilidade e vitamina C. Todas as análises foram realizadas em triplicata, empregando-se os métodos analíticos descritos a seguir.



(a) Pó da acerola (*Malpighia glabra L.*)



(b) Pó do cajá-umbu (*Spondia ssp*)



(c) Pó da pitanga (*Eugenia uniflora*)



(d) Pó do jambolão (*Syzygium cumini*)

Figura 4.4: Pó da acerola (a), cajá-umbu (b), pitanga (c) e jambolão (d) obtidos a partir da secagem em leito de jorro **Fonte:** Arquivo pessoal (2010).

4.2.2.1 pH

O pH foi determinado conforme método N° 017/IV (IAL, 2008), utilizando-se o potenciômetro digital DMPH-2 da marca (DIGIMED, Brasil) previamente calibrado com solução tampão. Para diluição dos pós foram tomadas alíquotas de 1g das amostras diluídas em 10 mL de água destilada.

4.2.2.2 Acidez total titulável (ATT)

A acidez total titulável, expressa em % de ácido cítrico, foi determinada por titulometria com solução de hidróxido de sódio 0,1 N, conforme metodologia específica para frutas e produtos derivados de frutas, método N° 310/IV (IAL, 2008).

4.2.2.3 Umidade

A determinação da umidade das amostras foi realizada gravimetricamente conforme método 313/IV (IAL, 2008). Para isso, foram pesadas 2 g de amostra e transferidas para cadinhos previamente tarados e secos. Os cadinhos de porcelana foram colocados em estufa a 70°C, retirados e repesados, até peso constante. Para esse estudo o tempo foi de aproximadamente 6 horas. A umidade foi determinada pela **Equação 4:**

$$Umidade (\%) = \left[\frac{(\text{peso do cadinho} + \text{amostra inicial}) - (\text{repeso})}{(\text{peso da amostra inicial})} \right] \times 100 \quad (4)$$

4.2.2.4 Atividade de água (a_w)

Foi determinada em Analisador de Atividade de Água S3TE (Aqualab, EUA) utilizando-se cubetas plásticas apropriadas. A determinação da umidade relativa de equilíbrio foi identificada, quando transcorrido o tempo necessário para a estabilização da mesma.

4.2.2.5 Resíduo por incineração (cinzas)

O teor de cinzas foi avaliado conforme procedimento experimental descrito pelo método 018/IV (IAL, 2008). Os cadinhos remanescentes da determinação de umidade foram incinerados em mufla a 550-570° C. Após o período de seis horas, os cadinhos foram retirados e seus pesos avaliados. O teor de resíduo por incineração foi calculado mediante a **Equação 5**:

$$\text{Cinzas (\%)} = \left[\frac{(\text{re peso} - \text{peso do cadinho})}{(m_{\text{amostra}})} \right] \times 100 \quad (5)$$

4.2.2.6 Proteína

O teor de proteína foi determinado pelo método de Kjeldahl de acordo com Silva (2002). Essa análise foi realizada em três etapas. Inicialmente, as amostras de 200 mg dos pós foram digeridas (Bloco digestor de nitrogênio CT 351/352, Tecnal, Brasil) em ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,02 N. Em seguida, foram destiladas (Bloco digestor de nitrogênio CT351/352, Tecnal, Brasil) utilizando hidróxido de sódio (NaOH) 40% e,

finalmente, foi feita a titulação com metaborato de amônio $\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$ com o ácido clorídrico (HCl) 0,01 N. O teor de nitrogênio foi calculado através da **Equação 6** e para a conversão de nitrogênio total em teor de proteína utilizou-se o fator 6,25.

$$\text{Nitrogenio (\%)} = \left[\frac{(\text{titulação} \times \text{fator ácido} \times \text{normalidade} \times \text{constante})}{(\text{peso da amostra (mg)})} \right] \quad (6)$$

4.2.2.7 Gordura

A determinação foi feita pelo método Soxlet através de extração com éter de petróleo, seguida da remoção por evaporação do solvente. O procedimento experimental adotado seguiu o método 032/IV (IAL, 2008).

4.2.2.8 Açúcares

Os teores de açúcares foram dosados pelo método do ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) baseado no método descrito por Miller (1959) com algumas modificações. Inicialmente, foi feita diluição de 0,5 g da amostra em 100 mL de água destilada e, em seguida filtrada. A partir disto, para análise de açúcares redutores totais (ART), alíquotas de 1 mL da diluição foram colocadas em tubos de ensaios com adição de 1 mL de ácido clorídrico (HCl), em seguida homogeneizados e submetidos a banho-maria a 80°C por 15 minutos e, posteriormente, resfriados em banho de gelo. Para neutralização utilizou-se 3 mL de solução de hidróxido de sódio NaOH 1N. Para a determinação de açúcares redutores (AR), alíquotas de 1 mL foram transferidas para tubos de ensaio contendo 1 mL do ácido DNS. Os tubos de ensaio foram submetidos a banho-maria em água fervente por cinco minutos. Depois de resfriados, 8 mL de água destilada foram

adicionadas às amostras e submetidas à leitura em espectrofotômetro a 540 nm. Os resultados foram calculados a partir da curva padrão preparada com concentrações de glicose.

4.2.2.9 Fibra em detergente neutro (FDN) e Fibra em detergente ácido (FDA)

A determinação do teor de fibra foi realizada por duas análises distintas: fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), conforme metodologia descrita por Silva (2002).

Para FDN, 0,5 g de amostra foram transferidos para recipiente apropriado, previamente esterilizado e tarado. O material foi acondicionado em determinador de fibra (ANKOM, Brasil) no qual se procedeu a digestão em meio fechado contendo solução de FDN sob aquecimento (100°C) e agitação, por aproximadamente 60 minutos. Após a retirada da solução, as amostras foram submetidas a enxágüe com água destilada quente durante cinco minutos, quando então foram retiradas, escorridas e deixadas imersas em acetona por três a cinco minutos. A secagem das amostras foi feita em estufa de ar forçado a 65°C por 12 horas. Em seguida, após, atingirem a temperatura ambiente, foram novamente pesadas (amostra + recipiente). Para a determinação de FDA, procedeu-se da mesma forma, utilizando, no entanto, solução de FDA para digestão. Os teores de FDN ou FDA foram calculados de acordo com a **equação 7**.

$$FDN \text{ ou } FDA (\%) = \left[\frac{(\text{recipiente} + \text{amostra}) - (\text{recipiente corrigido})}{(\text{peso da amostra})} \right] \times 100 \quad (7)$$

4.3 Característica física dos pós

4.3.1 Solubilidade

Foi determinado pelo método descrito por Eastman e Moore (1994) e modificado por Cano-Chauca et al. (2005). O método consiste em adicionar 1g da amostra em 100 mL de água destilada sob agitação de 2500 rpm por cinco minutos. Em seguida, a solução foi transferida para um tubo e centrifugada a 2600 rpm por cinco minutos. Uma alíquota do sobrenadante (20 mL) foi transferida para pesa-filtro, previamente pesado e submetida à secagem em estufa a 70°C. O percentual de solubilidade foi calculado a partir da diferença entre o peso final e o inicial do material no pesa-filtro conforme a **Equação 8**.

$$\text{Solubilidade (\%)} = \left[\frac{(4 - 2) \times (100 + 1)}{(3 - 2) \times 1} \right] \quad (8)$$

Onde,

(1) = Massa do pó;

(2) = Massa do pesa filtro vazio;

(3) = Massa do pesa filtro + amostra;

(4) = Massa do pesa filtro + amostra depois da secagem.

4.3.2 Fotomicrografia do pó

As fotomicrografias foram obtidas com o equipamento óptico Olympio BX51M (Olympus Optical, EUA) utilizando o menor grau de aumento. As imagens foram analisadas para avaliar o diâmetro e comprimento das partículas dos pós dos bagaços das frutas.

4.4 Ensaios de funcionalidade

4.4.1 Determinação do teor de compostos bioativos

4.4.1.1 Obtenção dos extratos

Amostras de 1g do material desidratado foram submetidas à extração seqüencial em três etapas. Inicialmente, as amostras foram mantidas sob agitação constante por 20 minutos em 40 mL do solvente com posterior filtração. Na segunda e terceira etapas, os resíduos foram homogeneizados em 30 mL do solvente por mais 20 minutos. Os filtrados das três etapas de extração foram combinados e o volume aferido para 100 mL, conforme esquema experimental mostrado na **Figura 4.5**. Os solventes utilizados neste estudo foram água (H₂O) e Etanol (ETOH) em diferentes concentrações - ETOH 100% (v/v), ETOH 80% (v/v) e ETOH 70% (v/v).

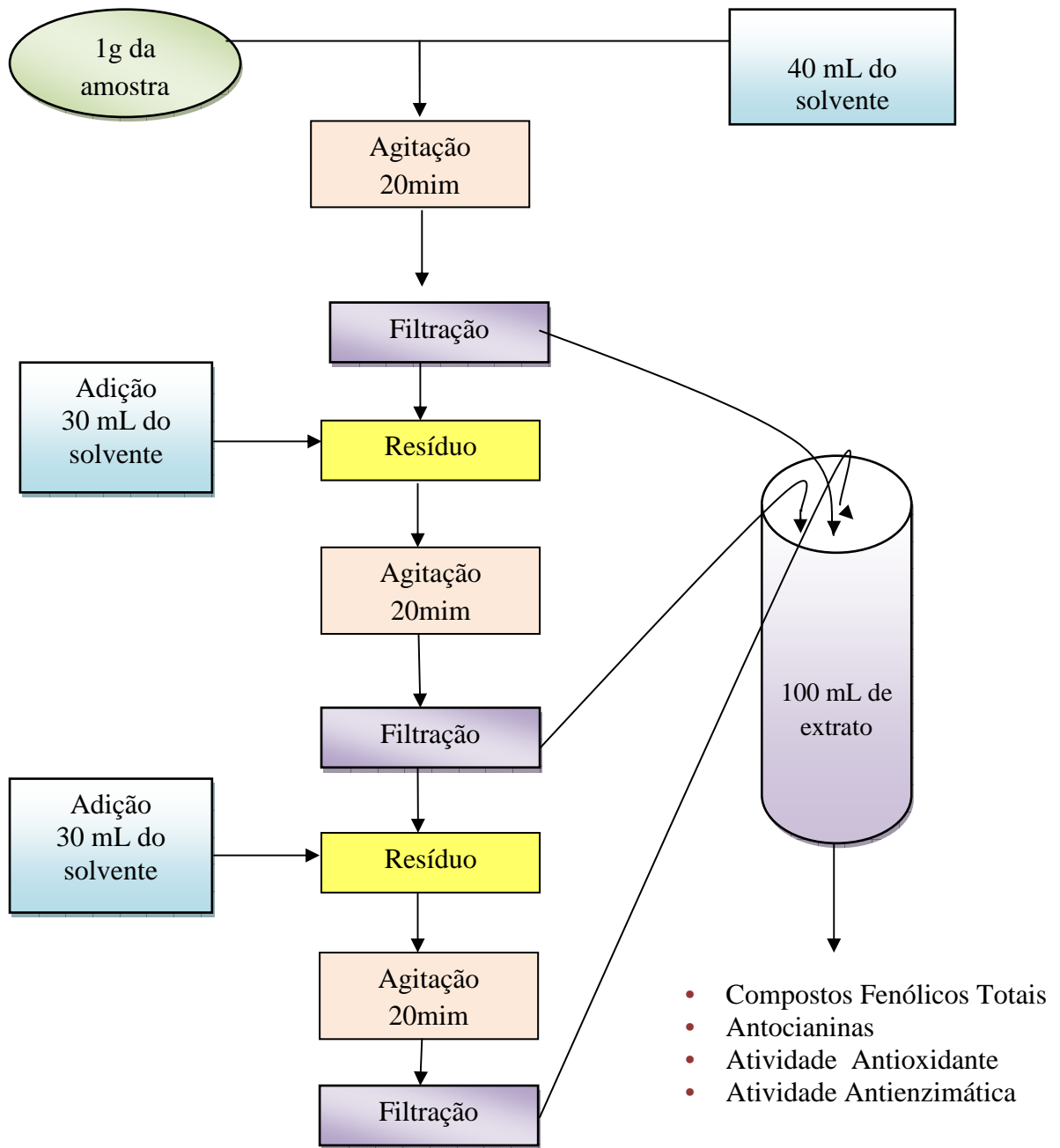


Figura 4.5. Obtenção dos extratos utilizados no experimento.

4.4.1.2 Determinação dos compostos fenólicos totais (CFT)

A quantificação de compostos fenólicos foi determinada de acordo com Shetty et al. (1995) adaptado por Correia (2004). Alíquotas de 1 mL do extrato foram transferidas para tubos de ensaio, aos quais adicionou-se nesta seqüência: 1 mL de solução etanol 95%, 5 mL de água destilada e 0,5 mL de reagente Folin-Ciocalteau 1N. De imediato, ocorreu homogeneização. Transcorridos cinco minutos, adicionou-se 1 mL de solução carbonato de sódio 5% (p/v), seguindo-se nova homogeneização. Os tubos de ensaio foram mantidos em câmara escura por 60 minutos, ao final dos quais foram, mais uma vez, homogeneizados. As amostras tiveram suas absorbâncias medidas no comprimento de onda 625 nm contra branco, consistindo de solução etanol 95%. Foi utilizada curva de calibração construída a partir de diferentes concentrações de ácido gálico, com o propósito de converter as absorbâncias e expressar os resultados em miligramas de ácido gálico equivalente (GAE eq) por 100 g de peso fresco da amostra (mg GAE eq/100 g amostra).

4.4.1.3 Ácido ascórbico (AA)

O teor de ácido ascórbico (AA) foi avaliado nas amostras desidratadas pelo método titulométrico do 2,6-diclorofenol-indofenol (método 967.21, AOAC, 1990), utilizando ácido oxálico/amostra na proporção 10:1 (p/p). A solução titulante (solução de Tillmans) foi preparada a partir de 42 mg de bicarbonato de sódio em 50 mL de água destilada e 50 mg do reagente 2,6-diclorofenol indofenol diluídos até volume final de 200 mL. As misturas preparadas a partir das amostras foram tituladas com a solução 2,6-diclorofenol-indofenol até o aparecimento de coloração rosa. A quantidade de ácido ascórbico (mg/100 g) foi calculada a partir da **Equação 9**.

$$\text{Ácido ascórbico, } \frac{mg}{100g} = \left(\frac{V \times F \times 100}{m_{amostra}} \right) \quad (9)$$

onde,

V= volume da solução de Tillmans gasto na titulação;

F= fator da solução de Tillmans;

m_{amostra} = massa da amostra utilizada.

As perdas do ácido ascórbico dos produtos em pó, foram calculadas através da **Equação 10**.

$$\text{Perdas de vit C (\%)} = 100 - \left[\frac{(100 \times \text{teor de vit. C do pó})}{(\text{teor da vit C do bagaço})} \right] \quad (10)$$

4.4.1.5 Teor de antocianinas

O teor de antocianinas totais foi determinado nos extratos pelo método da diferença de pH, conforme descrito por Giusti e Wrosltad (2001). Inicialmente preparou-se duas soluções tampão, uma solução de cloreto de potássio 0,025 M (pH = 1) e uma solução de acetato de sódio 0,4 M (pH= 4,5). Foram adicionados 1,6 mL da correspondente solução tampão a 0,4 mL do extrato de forma a se obter densidade óptica na faixa de 0,100-1,200, a 510nm e efetivadas as medidas em máximos de absorção na região visível a 700nm. O teor de antocianinas foi calculado de acordo com a **Equação 11**:

$$\text{Teor de antocianina, } \frac{\text{mg}}{\text{g}} = [(A_{510} - A_{700})]_{\text{pH}1} - [(A_{510} - A_{700})]_{\text{pH}4,5} \times (PM \times FD \times 1000 \times \epsilon^{-1}) \quad (11)$$

Onde,

A_{510} = absorvância das amostras lidas a 510 nm;

A_{700} = absorvância das amostras lidas a 700 nm;

PM = peso molecular da cianidina 3-glicosídeo (449,2 g/mol);

FD = fator de diluição;

ϵ = absorvância molar (26900).

4.4.2 Atividade antioxidante

4.4.2.1 Teste do radical 1,1 – Difenil-2-picrilhidrazil (DPPH)

A atividade antioxidante através da redução do radical estável DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) foi determinada segundo descrito por Brand Williams et al. (1995) e modificada por Duarte-Almeida et al. (2006). Para isso, foi preparada solução metanólica de DPPH• 40 mg/mL de forma a apresentar aproximadamente 0,6-0,7 de absorvância em 517 nm de comprimento de onda. As determinações foram realizadas em microplaca de poliestireno com 96 cavidades (TPP, Suíça). Em cada cavidade das microplacas foram adicionados 200 μ L da solução de DPPH• e 40 μ L do extrato. Para construir a curva padrão, foram adicionados 200 μ L da solução de DPPH• e 40 μ L das soluções com concentração conhecida de Trolox entre 20 μ L e 2500 μ L.

As leituras das absorvâncias foram realizadas após 25 minutos de reação em espectrofotômetro de microplaca ThermoPlate Reader (Bio-Rad Laboratories, EUA) a 25°C. A capacidade antioxidante da amostra foi calculada em relação à atividade do antioxidante sintético Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-acido carboxílico)

nas mesmas condições, e os resultados expressos em micromoles equivalentes de Trolox por grama de amostra ($\mu\text{mol Trolox eq./g amostra}$).

4.4.3 Atividade antienzimática

4.4.3.1 Atividade inibitória da enzima α -amilase (E.C. 3.2.1.1)

Este ensaio foi baseado no método cromogênico descrito por Ali et al. (2006). Foi preparada solução 0,5 mg/mL da enzima α -amilase pancreática suína (E.C. 3.2.1.1), tipo VI-A, Sigma Aldrich, Brasil) dissolvida em tampão fosfato 0,2 M (pH 6,9). O substrato usado na reação foi amido de batata 0,5 % (m/v), também dissolvido em tampão fosfato 0,2 M. Neste ensaio, 40 μL de extrato, 160 μL de água destilada e 400 μL da solução de amido 0,5% foram colocados em tubos de Eppendorf e incubados a 25°C por três minutos. Em seguida, a reação foi iniciada com adição de 200 μL da solução enzimática e transcorridos três minutos, alíquotas de 200 μL foram retiradas e adicionadas em outro tubos Eppendorf contendo 100 μL de solução DNS os quais foram transferidos para banho-maria a 85°C por 15 minutos. As amostras tiveram suas absorbâncias medidas no comprimento de onda 540 nm contra o branco (solução enzimática substituída por água destilada) e o controle (40 μL de extrato substituído pelo tipo de solvente utilizado na obtenção inicial do extrato, representando 100% da atividade enzimática). A atividade inibitória da α -amilase foi expressa em porcentagem de inibição e calculada conforme a **Equação 12**:

$$\text{Inibição (\%)} = \left[\frac{(A_{\text{controle}} - A_{\text{amostra}} - A_{\text{branco}})}{(A_{\text{controle}})} \right] \times 100 \quad (12)$$

Onde,

Acontrole = absorvância do controle

Aamostra = absorvância da amostra

Abranco = absorvância do controle

4.4.3.2 Determinação de inibição da α -glicosidase.

Este ensaio foi baseado no método cromogênico descrito por Ranilla et al. (2010). Alíquota de 50 μ L de extrato, 50 μ L tampão fosfato de potássio 0,1 M (pH 6,9) e 100 μ L de solução α -glicosidase (1U/mL) foram incubados em microplacas de poliestireno com 96 cavidades (TPP, Suíça) a 25°C por 10 minutos. Após a pré-incubação, foi adicionado 50 μ L de solução (5mM) p-nitrofenil- α -D-glicopiranosídeo, e em seguida foi feita a primeira leitura (tempo 0). Transcorridos cinco minutos, procedeu-se nova leitura. As leituras das absorvâncias antes e após a incubação foram realizadas a 405 nm em espectrofotômetro de microplaca ThermoPlate Reader (Bio-Rad Laboratories, EUA) e comparados com o controle em que 50 μ L de extrato foi substituído por 50 μ L tampão fosfato de potássio 0,1 M (pH 6,9). A atividade inibitória da α -glicosidase foi expressa em porcentagem de inibição e calculada conforme a **Equação 13:**

$$Inibição(\%) = \left[\frac{(\Delta A_{controle} - \Delta A_{amostra})}{(\Delta A_{controle})} \right] \times 100 \quad (13)$$

Onde,

$\Delta A_{controle}$ = Diferença da absorvância do controle lidas no tempo 5 min e 0 min

$\Delta A_{amostra}$ = Diferença da absorvância da amostra lidas no tempo 5 min e 0 min

4.5. Análises estatísticas

Neste estudo, todas as análises foram realizadas em triplicata, a exceção do teste de inibição da α -glicosidase e α -amilase, que foram determinadas em octuplicata. Todos os resultados são apresentados como média \pm desvio padrão. Para comparação das médias, foi realizada análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey, com auxílio do software Statistica [®] 7.0. A correlação entre os resultados foi calculada a partir do coeficiente de correlção de Pearson. O nível de significância considerado para a diferença entre as médias foi de 5 % ($p < 0,05$).

Capítulo 5
Resultados e discussão

5. Resultados e discussão

5.1 Ensaio de secagem

Na **Tabela 5.1** são apresentados os resultados referentes ao desempenho dos ensaios de secagem dos bagaços da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão. Vale ressaltar que o desempenho foi avaliado em relação à eficiência, a qual representa as taxas acumulativas de produção de pó referente às massas alimentadas, à retenção que significa a fração de sólidos retidos no leito e às perdas que correspondem ao material fino não separado no ciclone e arrastado pelo ar e ao material disperso nas paredes do equipamento.

Tabela 5.1 Desempenho da secagem dos bagaços da acerola, cajá-umbu, pitanga, jambolão.

Bagaço das frutas	Nº de Ensaio	Ur (%)	Nº de bateladas	Eficiência (%)	Retenção (%)	Perdas (%)	Upó (%)
Acerola	01	73,1	5	21,26	26,97	51,77	7,20
	02	74,9	8	30,39	17,97	51,64	7,20
Cajá-umbu	01	57,3	3	49,32	23,26	27,42	7,30
	02	60,7	8	75,71	9,98	14,31	7,30
Pitanga	01	73,0	4	56,15	11,66	32,19	8,31
	02	56,0	8	55,83	9,10	35,07	8,01
Jambolão	01	79,7	5	14,45	57,87	27,68	9,31
	02	54,1	8	27,60	28,99	43,41	9,31

Ur= umidade relativa do ar, Upó= umidade dos pós após a secagem.

Conforme os resultados mostrados na **Tabela 5.1**, a secagem dos bagaços do cajá-umbu e da pitanga se destacaram por apresentarem as maiores eficiências de produção de pó, superiores a 50%, valor considerado alto quando comparado a secagem em polpas *in natura* (MEDEIROS, 2001). Esses valores também são superiores aos obtidos na secagem em leito de jorro em misturas de polpas de frutas formuladas por Souza (2009), cuja eficiência esteve compreendida na faixa entre 35,6% a 52,3%.

As maiores eficiências de produção de pó podem ser decorrentes do maior teor de gordura (**Tabela 5.2**, apresentada a seguir) presente nos bagaços de cajá-umbu e pitanga quando comparado aos demais. Todavia, o bagaço de pitanga mostrou maior teor de açúcares (**Tabela 5.2**) quando comparado aos demais bagaços. Para alguns autores a exemplo, Medeiros (2001) e Souza (2009), o teor elevado de açúcares, principalmente os redutores, influencia negativamente a produção de pó de frutas em leito de jorro com partículas inertes. Em virtude da característica pegajosa dos açúcares, pode ocorrer a formação de aglomerados de partículas, que compromete a fluidodinâmica do leito de jorro e a eficiência de produção na secagem. Essa tendência não foi observada aqui, o que leva a crer que o efeito combinado de outros constituintes tais como amido, pectina, gordura e proteína, tenha favorecido as condições de secagem, melhorando o desempenho fluidodinâmico do jorro e elevado a eficiência na produção de pó dos bagaços avaliados.

É importante destacar que ao se repetir os experimentos com maior número de bateladas, a eficiência de produção tende a aumentar. Este resultado foi observado na secagem de todos os bagaços e concorda com as observações de diversos autores sobre a tendência de aumento e estabilização da produção à medida que o processo entra em regime estacionário. Em contrapartida, a fração de sólidos retidos no leito tende a diminuir e estabilizar, sendo maior na secagem dos bagaços com menor teor de gordura.

A secagem do bagaço do cajá-umbu, o qual possui elevado teor de FDN e FDA (**Tabela 5.2**) quando comparado aos demais bagaços não sofreu influência deste constituinte sobre a retenção de sólidos e produção de pó. O mesmo comportamento foi encontrado por Medeiros (2001), quando analisou o efeito do teor de fibras na secagem de polpas de frutas em leito de jorro. Para a faixa de concentração de fibras estudada pela autora não foi observada qualquer influência deste constituinte sobre o desempenho da secagem e comportamento fluidodinâmico do secador de leito de jorro.

Entretanto, a influência do teor de gordura presente nos bagaços de pitanga e cajá-umbu sobre a retenção de sólido foi evidenciada nesse estudo. Conforme justifica Martinez (1995) e Medeiros (2001), a formação de regiões de baixo impacto mecânico sobre a superfície das partículas, reduz a dureza do material depositado sobre elas, o que, por conseguinte, facilita a quebra da partícula aderida e o arraste do pó.

Conforme apresentado na **Tabela 5.1**, as perdas variaram entre 14,31% e 51,77%, com maiores perdas observadas para a secagem do bagaço de acerola e do jambolão. As perdas de material aderido ao equipamento, geralmente, estão associadas à presença de constituintes que geram maior interação eletrostática entre o pó e as paredes do secador. Sugere-se mais uma vez a influência da composição físico-química sobre o material que se desprende das partículas inertes e não é arrastado, o que levaria à baixa eficiência na produção de pó. Por outro lado, as perdas também são decorrentes da elutriação do material mais fino não recolhido no ciclone. Aparentemente, os pós provenientes dos bagaços de jambolão e pitanga apresentaram granulometria mais fina, o que justifica as elevadas perdas de material na secagem dos mesmos.

Em relação à umidade dos produtos, destaca-se a boa reprodutibilidade dos experimentos e o maior teor de água observado no pó do jambolão. A variação na umidade relativa do ar ambiente não interferiu no processo, uma vez que o aquecimento do ar a 60°C minimizou possíveis efeitos da umidade do ar sobre o desempenho da secagem.

5.2 Caracterização físico-química dos pós obtidos dos bagaços da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão.

A **Tabela 5.2** apresenta os resultados referentes aos valores médios e desvios-padrão da composição físico-química dos pós da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão. A composição físico-química abrange uma variedade de características que diferenciam constituintes individuais, os quais definem a qualidade final dos produtos obtidos de fontes naturais.

Tabela 5.2. Resultados das análises físico-químicas dos bagaços desidratados de acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão em leite de jorro.

Determinações	Bagaços desidratados das frutas			
	Acerola	Cajá-umbu	Pitanga	Jambolão
pH	3,64±0,04 ^a	4,17±0,01 ^b	2,97±0,01 ^b	3,81±0,01 ^a
Acidez total titulável (%)	1,18±0,02 ^b	0,99±0,01 ^a	1,12±0,01 ^b	1,21±0,02 ^b
Atividade de água	0,45±0,02 ^b	0,36±0,02 ^a	0,46±0,06 ^b	0,46±0,01 ^b
Umidade (%)	8,53± 1,10 ^a	11,4±0,41 ^b	8,30±0,51 ^a	9,66±0,30 ^b
Cinzas (%)	6,88±0,29 ^a	5,91±0,83 ^a	7,49±0,70 ^b	6,09±0,52 ^a
Proteína bruta (%)	9,45±0,38 ^c	5,38±0,22 ^b	10,68±0,08 ^d	3,76±0,08 ^a
Gordura (%)	0,48±0,44 ^a	1,19±0,34 ^b	1,36±0,051 ^b	0,390±0,53 ^a
AR (%)	3,42±0,02 ^b	2,01±0,04 ^a	3,70±0,06 ^d	3,59±0,02 ^c
ART (%)	9,02±0,04 ^b	7,90±0,04 ^a	12,3±0,02 ^d	10,8±0,01 ^c
FDA (%)	4,21±0,18 ^c	10,80±0,36 ^d	3,11±0,25 ^b	2,58±0,15 ^a
FDN (%)	13,45±0,51 ^a	28,31±1,07 ^c	16,03±0,54 ^b	16,65±0,12 ^b

a,b,c,d. Letras diferentes sobrescritas na mesma linha indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

AR= Açúcares redutores, ART= Açúcares redutores totais, FDA=Fibra detergente ácido, FDN= Fibra detergente neutro.

5.2.1 pH e Acidez

O pH do alimento, além de influenciar na palatabilidade, constitui um dos fatores determinantes para o crescimento e desenvolvimento dos micro-organismos (CHITARRA e CHITARRA, 2005; GAVA, 2007). Segundo os autores antes referidos e ainda Ribeiro e Seravali (2007), os alimentos se classificam em relação à acidez em

função do pH da seguinte maneira: alimentos pouco ácido ($\text{pH} > 4,5$), alimentos ácidos

(pH entre 4,5 e 4,0) e os ditos bastante ácidos (pH < 4,0). Assim com base nessa classificação, os pós de acerola, pitanga e jambolão caracterizam-se como produtos bastante ácidos e o pó do bagaço do cajá-umbu como produto ácido.

De maneira geral, os valores encontrados na análise do pH estão na faixa esperada (pH 3,0 a 4,5) para frutas *in natura* (GAVA, 2007). O pó do bagaço de acerola (pH 3,64) mostrou equivalência ao encontrado por Souza et al. (2001) para o pó da polpa da acerola (pH 3,22) seco em estufa de circulação à 70°C e por Gomes et al. (2002) para o pó da polpa da acerola (pH 3,82) obtido em secador de leite de jorro a 70°C. O valor de pH 3,81 para o pó do bagaço do jambolão foi inferior ao obtido por Miliagato et al. (2007) que relataram, para o fruto inteiro do jambolão seco em estufa de circulação de ar a 45°C, pH de 4,09. O pH 4,17 obtido para o pó do bagaço do cajá-umbu é superior ao relatado por Silva et al. (2005), que obtiveram pH 3,02 para o pó da polpa de cajá-umbu desidratado em estufa de circulação de ar a 70°C, e se assemelha ao pH do pó do bagaço de maracujá (pH 4,17) encontrado por Costa et al. (2008), seco em estufa a vácuo a 65°C.

Quanto à acidez titulável, os valores estão dentro dos limites preconizados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000) para polpas de frutas *in natura*, o qual estabelece valor mínimo de acidez para a polpa de acerola de 0,80%, para pitanga 0,92% e cajá 0,90%.

Como pode ser observado na **Tabela 5.2**, o pó do bagaço do cajá-umbu apresentou menor teor de acidez ($p < 0,05$) em relação aos pós da acerola, pitanga e jambolão. Valores superiores ao encontrado neste estudo para o pó do bagaço da acerola (1,18%) foram relatados por Menezes et al. (2009), ao obterem acidez de 7,68% e 8,50%, no pó da acerola verde desidratada em estufa de circulação de ar a 70°C e liofilizados, respectivamente. Essa diferença se explica pelos diferentes estágios das frutas consideradas nos estudos, que influenciam sobremaneira a acidez do mesmo.

O pó do bagaço da pitanga apresentou acidez de 1,12% valor superior ao obtido por Oliveira et al. (2006) tanto no pó da fruta integral (0,73%) quanto no formulado com 15% de maltodextrina (0,74%). Da mesma maneira, Soares et al. (2001) encontraram valor de acidez sete vezes maior (10,21%) no pó da polpa de acerola após o processo de secagem em estufa de circulação de ar, quando comparado a polpa *in natura* (1,41%). Para os autores a elevada concentração no pó é garantia do sabor ácido

característico do fruto, quando o pó for submetido à reconstituição ou utilizado como suplemento alimentar.

Com base na literatura consultada, é perceptível a discordância entre os autores no que concerne ao valor ou faixa de pH e acidez de pós de fruta após o processo de secagem. Diante disso, é importante ressaltar diferenças conceituais entre titulação ácida (acidez) e pH. A titulação ácida é a medida da capacidade tamponante da amostra entre o pH e o ponto de viragem da fenolftaleína. Logo, qualquer componente presente nas amostras que possua capacidade tamponante na faixa indicada anteriormente, deverá contribuir para sua titulação ácida. O pH, por sua vez, é o logaritmo do recíproco da concentração hidrogeniônica o qual é fortemente influenciado pela dissociação dos ácidos em solução. Isso significa dizer que para uma mesma concentração, um ácido forte (muito dissociado) e um ácido fraco (fracamente dissociado) apresentariam o mesmo valor de acidez titulável, mas diferente pH. Nesse sentido, Ferreira (2002) afirma que não existe uma relação perfeita entre acidez e pH, pois isso significaria que todas as amostras teriam as mesmas capacidades tamponante. Assim levando em consideração que a acidez decresce na maioria das frutas tropicas com o avanço da maturação, já que os ácidos orgânicos voláteis e não voláteis estão entre os constituintes celulares e são usados no ciclo de Krebs durante o processo respiratório e na conversão em açúcar (CHITARRA e CHITARRA, 2005), maior será a variação do pH para uma mesma quantidade de ácido quanto maior for o teor de sólidos na fruta. Vale também ressaltar que o declínio na acidez no fruto ocorre de acordo com a variedade da cultivar assim como o estágio de maturação, o que reflete no produto obtido a partir da fruta de origem (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

5.2.2 Umidade, atividade de água e cinzas

A umidade, assim como a atividade de água (a_w), consiste em parâmetros importantes na avaliação do estado de conservação de um alimento. Os teores de umidade representam a quantidade total de água, ao passo que a atividade de água é um índice do teor de água livre do alimento, disponível para o crescimento microbiano e para as reações químicas e bioquímicas (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007). Os

resultados obtidos para os pós encontram-se dentro da faixa estabelecida para alimentos secos e estáveis do ponto de vista microbiológico, uma vez que apresentaram a_w inferior a 0,6 e umidade menor que 25%, faixa considerada mínima para o desenvolvimento de micro-organismos (GAVA, 2007).

Os valores médios da atividade de água nos pós dos bagaços da acerola, pitanga e jambolão apresentaram-se semelhantes entre si (**Tabela 5.2**) e diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) do pó do bagaço do cajá-umbu. Todavia, apresentaram valores superiores aos reportados por Alexandre et al. (2007) que produziram pó da pitanga pelo processo de secagem em camada de espuma a 70°C com a_w igual a 0,2338.

O valor médio de umidade do pó do bagaço da pitanga foi 8,3%, semelhante ao encontrado por Oliveira et al. (2006) para polpa em pó de pitangas integral (8,12%) e formulada com 15% de maltodextrina (7,64%) secas em *spray dryer* a 80°C.

A umidade do pó do cajá-umbu (11,4%) foi superior ao obtido por Silva (2005) no estudo da polpa de cajá em pó (2,34%) desidratado em secador por aspersão com adição de 15% de maltodextrina. Aproxima-se, no entanto ao determinado por Costa et al. (2008) no pó do bagaço de maracujá (10,23%) e por Menezes et al. (2009) para pó da acerola verde liofilizada (11,37%).

O percentual de umidade do pó do bagaço da acerola (8,53%) foi superior aos resultados mostrados por Soares et al. (2001) em pó de polpa de acerola secas em estufa de circulação de ar à 70°C (7,24%), mas inferior aos valores obtidos após 90 dias de armazenamento (12,3%). Esse acréscimo no teor de umidade durante o armazenamento foi justificado em função da embalagem utilizada não ser permeável ao vapor de água e amostra apresentar comportamento hidrofóbico.

Os percentuais de cinzas variaram entre 5,91% e 7,49% e não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os pós dos bagaços da acerola (6,88%), jambolão (6,09%) e cajá-umbu (5,91%). Conforme mostra a **Tabela 5.2**, o pó do bagaço da pitanga apresentou teor superior aos demais ($p < 0,05$), o que pode ser reflexo da menor quantidade de água presente na amostra, além do teor de minerais em decorrência da presença significativa de sementes nesse tipo de bagaço, refletindo em maior concentração de resíduo mineral após a incineração. Entretanto, todos os pós apresentaram valores maiores do que os determinados por autores como Ascheri et al. (2006), ao estudarem bagaço de jabuticaba fermentado (1,35%) e fresco (3,49%), secos

em estufa de recirculação à 60°C e Costa et al. (2007) para o pó da casca (2,03%) e bagaço de abacaxi (2,15%).

5.2.3 Proteína e Gordura

O teor de proteína dos quatro pós investigados apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre si (**Tabela 5.2**). A pitanga (10,68%) e acerola (9,45%) apresentaram os maiores percentuais, seguidos do cajá-umbu (5,38%) e jambolão (3,76%).

De acordo com os dados obtidos, todos os pós exibiram percentuais elevados de teor protéico, quando comparados aos teores obtidos na polpa *in natura* relatados por alguns autores. Como exemplo, Soares et al. (2001) obtiveram teores de 1,25% na polpa da acerola, Oliveira et al. (2006) teores de 0,56% na polpa integral de pitanga e 0,12% na polpa de pitanga formulada com 15% de maltodextrina. Por fim, Vizzotto e Fetter (2009) encontraram teor de 0,67% para polpa do jambolão. Além da inevitável concentração de sólidos ocasionada pela remoção da água através do processo de secagem, resultando em maior teor nos produtos secos quando comparados aos *in natura*, esse fato pode ser explicado em função das sementes presentes nos bagaços, tendo em vista que estas possuem níveis mais elevados de proteínas em relação à polpa da fruta.

O conteúdo protéico obtido neste estudo para o bagaço da acerola (9,45%) foi similar ao determinado por Soares et al. (2001) em pós da polpa da acerola (9,05%) obtidos em estufa de circulação a 70°C. O pó do bagaço de pitanga foi superior ao encontrado previamente por Oliveira et al. (2006) em pó de pitanga integral (2,17%) e formulada com 15 % de maltodextrina (2,17%).

De maneira geral, a proteína dos pós incluídos no presente estudo também foram superiores aos obtidos para pós de cascas (3,27%) e bagaço (3,18%) de abacaxi (COSTA et al., 2008) e pós de bagaço de cajú (1,16%), maracujá (0,96%) e goiaba (1,16%), (COSTA et al., 2009).

Os teores de gordura encontrados nos pós dos bagaços da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão estão situados na faixa esperada para polpas de frutas *in natura* (0,1 a 1,0%) (TACO, 2006; CECCHI, 2007). Observa-se que, mesmo após a desidratação,

os produtos desidratados apresentaram baixos teores de gordura, tendência esperada quando se trata da maioria dos frutos. Segundo Cecchi (2007), nas frutas, a gordura é o constituinte de menor proporção, exceto o abacate que possui 26% de gordura em sua composição.

Valores superiores aos obtidos aqui foram determinados por Soares et al. (2001) no pó da polpa de acerola (4,18%), seca em estufa de circulação ar à 70°C. Previamente, Costa et al. (2008) identificaram teor de 1,60% em pós de cascas de abacaxi, seco em estufa a vácuo a 65°C e Costa et al. (2009) encontraram valores de 6,99%, 3,33% e 10,23% em pós de bagaço de caju, goiaba e casca de maracujá, respectivamente.

5.2.4 Açúcares

Sabe-se que as frutas em geral são ricas em açúcares redutores, sobretudo glicose e frutose. Apesar de cada fruto possuir suas particularidades, em geral, os teores de açúcares aumentam com o tempo de maturação (KOBBLITZ et al., 2007) pela degradação de polissacarídeos ou por meio de processos biossintéticos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O conteúdo de açúcares redutores (AR) e açúcares redutores totais (ART) dos quatro pós estudados diferiram entre si ($p < 0,05$). O pó de pitanga destacou-se por apresentar valores de AR e ART superiores aos demais. O percentual aqui encontrado é próximo ao observado anteriormente por Oliveira et al. (2006) em pó de polpa de pitanga (11,48%) e formulada com 15% de maltodextrina (14,40%), mas inferior ao reportado por Soares et al. (2001), no pó da polpa de acerola (43,22%) obtido em estufa de circulação de ar. Essa diferença significativa pode ser explicada em função das condições manejo, solo, cultivar, época de colheita e período de maturação.

Em relação aos teores de ART, Costa et al. (2009) observaram em seus estudos teores inferiores aos aqui encontrados para o bagaço de goiaba (5,31%) e casca de maracujá (8,30%). Enquanto Costa et al. (2008) encontraram valores de 37,33% em cascas e 36,05% em bagaços de abacaxi.

Vale ressaltar que em produtos em pó, um dos fatores relevantes diz respeito à capacidade dos pós alimentícios em absorver água do meio. A maior ou menor

facilidade de absorção de água está relacionada com a quantidade de açúcares redutores presentes nas amostras, tendo em vista que os açúcares são responsáveis por interações fortes com a molécula de água em função de sua polaridade (JAYA e DAS, 2004). Dessa forma, sugere-se que quanto maior o teor de açúcar, maior será a higroscopicidade do produto. Esse aspecto tem importância prática, sobretudo no que diz respeito às condições de comercialização desses produtos em pó.

5.2.5 Fibra em detergente neutro (FDN) e Fibra em detergente ácido (FDA)

Apesar das fibras não possuírem valor nutritivo, sua determinação também se julga importante em produtos alimentares, uma vez que suas estruturas e características desempenham diferentes funções fisiológicas no trato gastrintestinal. Trata-se das porções pouco digeríveis da parede celular, sendo que a fibra em detergente ácido (FDA) é constituída, basicamente, de lignocelulose, ou seja, lignina mais celulose, enquanto a fibra em detergente neutro (FDN) compreende frações de celulose, hemicelulose e lignina. A diferença entre essas duas frações (FDA e FDN) pode ser considerada uma estimativa do teor de hemicelulose na amostra (CECCHI, 2007).

Conforme a **Tabela 5.2**, todos os pós apresentaram diferenças estatísticas entre si ($p < 0,05$), destacando-se o cajá-umbu, por apresentar os maiores teores de FDA e FDN, em relação aos demais. O valor de FDA da acerola é próximo ao apontado por Soares et al. (2001), no pó da polpa de acerola (4,82%), seca em estufa de circulação a 70 °C.

Resultados superiores aos encontrados na presente pesquisa foram reportados em outros estudos com resíduos *in natura* oriundos de processamento de frutas tropicais. Por exemplo, Lousada Júnior (2006) obtiveram valores de FDA e FDN, respectivamente de 54,70% e 71,87% em resíduo da acerola composto basicamente por sementes e uma pequena porcentagem de fruto descartado. Costa et al. (2009) também reportaram valores de fibra elevados em pós de bagaços de goiaba (39,56%), o que se deve a grande concentração de sementes desse tipo de bagaço. Souza e Correia (2010) também relataram teores elevados de FDA e FDN, respectivamente, em pó de resíduos

agroindustrial de goiaba (16,79% e 35,06%) e abacaxi (54,22% e 62,19%), secos em estufa de circulação a 80°C.

Apesar da inexistência de uma legislação federal específica para produtos desidratados, a Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1998) por meio da Resolução Normativa nº 27, implantou o regulamento técnico referente à informação nutricional complementar, a qual estabelece que o alimento pode ser considerado fonte de fibra alimentar quando apresentar no produto finalizado 3 g/100 g de fibras (alimentos sólidos) e 1,5 g/100 mL de fibras (líquidos), enquanto o dobro deste conteúdo consistirá num alimento com elevado conteúdo de fibra alimentar.

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que os pós dos bagaços da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão apresentaram consideráveis teores de fibras, sugerindo sua potencial utilização para o enriquecimento de outros alimentos.

5.3 Caracterização física dos pós

5.3.1 Solubilidade e Fotomicrografias dos pós

Produtos alimentícios em pó são cada vez mais utilizados pelas indústrias de alimentos, em função da versatilidade e benefícios que proporcionam, como a redução significativa dos custos de transporte, embalagem, conservação e armazenamento (COSTA et al., 2003; VISSOTO, 2006), uma de suas importantes propriedades físicas é a solubilidade a qual se relaciona com a estabilidade de mistura e pode ser definida como sendo a capacidade de se manter em mistura homogênea com a água (ORDÓNEZ et al., 2007). Além dessa, a distribuição e morfologia das partículas são também relevantes, uma vez que podem auxiliar na definição do produto, assim como nos parâmetros de produção.

A **Tabela 5.3** apresenta os valores médios das percentagens das solubilidades dos pós, bem como o diâmetro e comprimentos das partículas obtidos a partir da análise das fotomicrografias.

Os valores médios de solubilidade nos pós dos bagaços da acerola, pitanga e jambolão apresentaram-se semelhantes entre si (**Tabela 5.3**), sendo o pó de cajá-umbu

mais solúvel que os demais ($p < 0,05$). Esse achado coincide com o fato do pó de cajá-umbu possuir maior teor de FDN ($p < 0,05$), que pode indicar a presença importante de compostos fibrosos solúveis nesse tipo de pó. O valor observado por Souza (2009) para o pó do mix (seriguela, umbu e manga) formulada (60,15%) se assemelha aos obtidos nesse estudo para o cajá-umbu.

Tabela 5.3 Solubilidade em água, diâmetro e comprimento de partículas dos bagaços desidratados da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão.

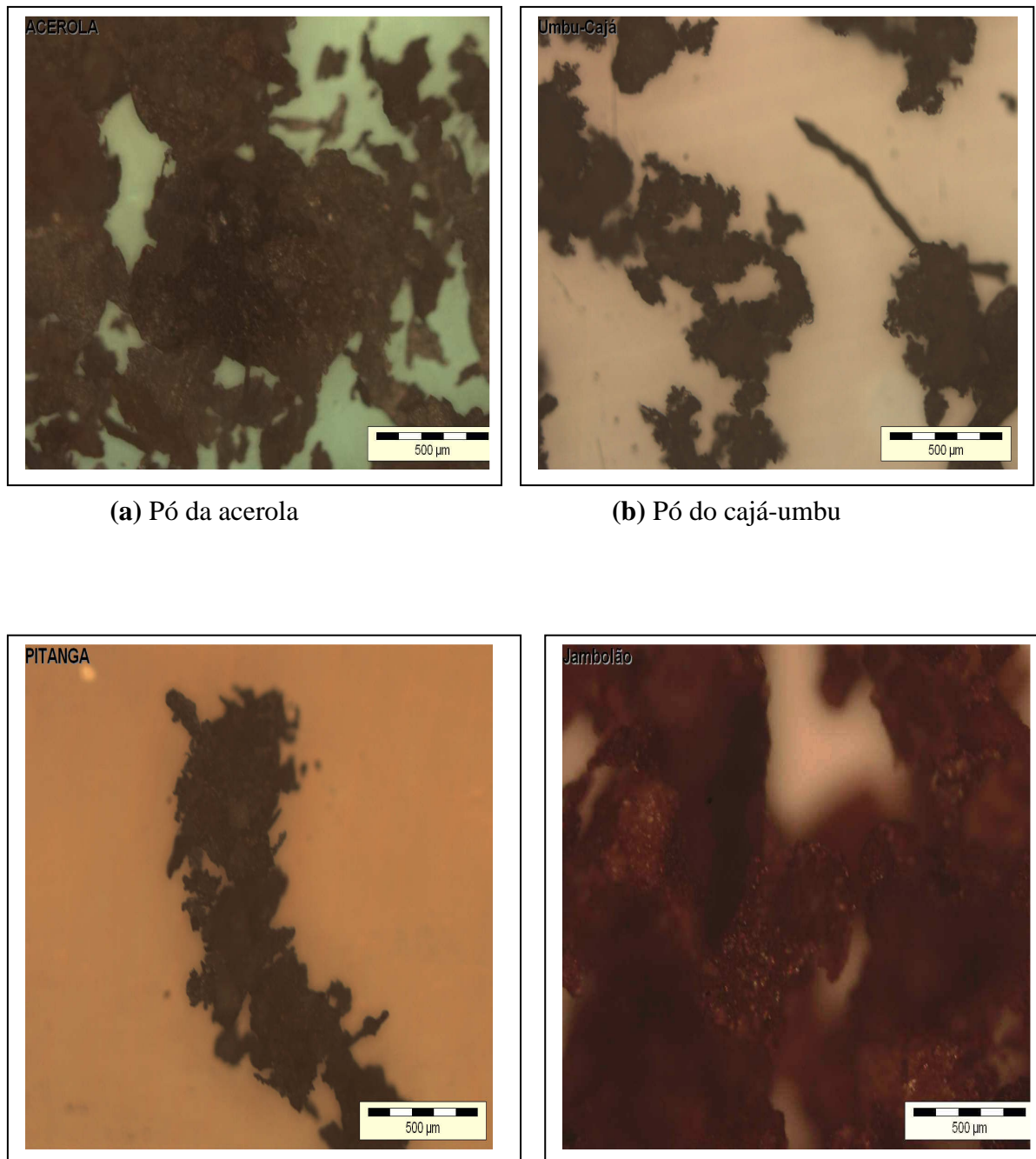
Pó dos bagaços	Solubilidade (%)	Fotomicrografias (morfologia)	
		Diâmetro (μm)	Comprimento (μm)
Acerola	43,87 \pm 0,03 ^a	365,2	685,3
Cajá-umbu	57,08 \pm 0,02 ^b	432,1	591,8
Pitanga	42,40 \pm 0,01 ^a	229,3	701,5
Jambolão	44,53 \pm 0,01 ^a	405,1	670,8

a,b,c,d. Letras diferentes sobrescritas na mesma coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Cano-Chauca et al. (2005), ao estudarem o pó de mangas desidratadas em *spray dryer*, verificaram que a solubilidade dos pós sem adição de celulose atingiu valores próximos a 90%, enquanto a adição de celulose na composição dos pós provocava diminuição na solubilidade. Teores médios de solubilidade variando entre 90,97% e 96,92% foram verificados por Moreira (2007) em pós microencapsulados de resíduos de acerola.

Na tentativa de conhecer os aspectos morfológicos dos pós obtidos, foram realizadas suas fotomicrografias. Os pós da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão apresentaram diferentes organização estrutural nas regiões apical, mediana e basal, assim como características morfológicas, tais como simetria e tamanhos variados (**Figura 5.1**). Diferenças que podem está interligada com a composição físico-química de cada uma das frutas analisadas.

A morfologia dos pós é variável. Apresentam diâmetro médio de partículas entre 229,2 μm a 432,1 μm e comprimento desde 591,1 μm a 701,1 μm (**Tabela 5.3**).



(a) Pó da acerola

(b) Pó do cajá-umbu

Figura 5.1. Fotomicrografias dos bagaços desidratados da acerola (a), cajá-umbu (b), pitanga (c) e jambolão (d).

O pó do bagaço da acerola (**Figura 5.1a**) apresentou partículas de formato oval, com duas camadas sobrepostas de forma prolongada e alongada no sentido apical. Quanto ao do cajá-umbu (**Figura 5.1b**) visualizou-se um número maior de partículas

sobrepostas na superfície. Esse fato pode está associado ao maior teor de FDN encontrado neste pó em relação aos demais (**Tabela 5.2**).

Por outro lado, o pó do bagaço da pitanga (**Figura 5.1c**) demonstrou leve grau de aglomeração entre as partículas menores, o que pode ser reflexo da quantidade AR e ART (**Tabela 5.2**) presente na amostra, tendo em vista a característica pegajosa dos açúcares, possibilitando a formação de aglomerados (MEDEIROS, 2001).

Para o pó do bagaço do jambolão (**Figura 5.1d**) foi evidenciado maior número de partículas com aspecto enrugado e partículas pequenas com formato côncavo/convexo, aderidas a superfícies.

5.4 Compostos bioativos

5.4.1 Compostos fenólicos totais (CFT)

Os teores de compostos fenólicos totais dos extratos dos pós dos bagaços da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão, encontram-se na **Tabela 5.4**. Todos os pós exibiram elevado teor de compostos fenólicos, com destaque para a acerola que apresentou concentração superior em todos os tipos de extrato ($p < 0,05$), seguido pelo jambolão, pitanga e cajá-umbu.

O conteúdo fenólico aqui determinado foi superior ao relatado por Hassimotto et al. (2005) para película e polpa de frutas. Nesse estudo, foram encontrados valores de 583 mg GAE/100 g para a polpa de jambolão, 861 mgGAE/100 g para polpa de acerola, 309 mgGAE/100 g para película de maçã, 428 mgGAE/100 g e 420 mgGAE/100 g para película de goiaba branca e vermelha, respectivamente. Os autores ressaltam que os valores obtidos nas peles das frutas estudadas foram até quatro vezes superiores aos encontrados nas polpas, achado justificado em função da proteção que a película da fruta exerce sobre os frutos contra os raios ultravioletas. Maior concentração de CFT em cascas de frutas, quando comparados as polpas foi identificado previamente por Wolfe et al. (2003), ao estudarem cascas e polpas de maçã. Da mesma maneira, esse

comportamento foi identificado por Araujo et al (2010), ao determinarem a concentração fenólica em polpas e casca de cajá-umbu.

Tabela 5.4. Teor de compostos fenólicos totais dos extratos de bagaços da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão desidratados em leite de jorro.

Pó dos bagaços	Compostos Fenólicos Totais (mg GAE eq/100 g amostra)			
	Extrato Aquoso	Extrato ETOH 100%	Extrato ETOH 80%	Extrato ETOH 70%
Acerola	2865,7 ± 24,0 ^{a,A}	2399,5 ± 19,1 ^{b,A}	2809,3 ± 19,1 ^{a,A}	3074,6 ± 12,1 ^{c,A}
Cajá-umbu	1351,6 ± 4,5 ^{a,C}	676,5 ± 13,6 ^{b,D}	606,04 ± 14,7 ^{c,C}	1448,3 ± 6,8 ^{d,C}
Pitanga	1376,0 ± 19,1 ^{a,C}	1014,4 ± 7,0 ^{b,C}	1918,6 ± 6,8 ^{c,B}	3073,9 ± 10,9 ^{d,A}
Jambolão	2583,9 ± 5,4 ^{a,B}	1686,0 ± 4,2 ^{b,B}	2783,7 ± 9,2 ^{c,A}	2880,7 ± 6,1 ^{c,B}

a,b,c,d. Letras diferentes sobrescritas na mesma linha indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey (p<0,05).

A,B,C,D. Letras diferentes sobrescritas em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey (p<0,05).

Observa-se que o processo de extração utilizando solvente com diferentes polaridades (água e etanol) em concentrações diversas possibilitou a extração de compostos fenólicos em quantidades variadas. De maneira geral, os extratos etanólicos a 70% (v/v) exibiram os maiores conteúdos fenólicos quando comparados aos extratos aquosos e etanólicos a 100% (v/v) e 80% (v/v), sobretudo para a pitanga.

Essa diferença significativa entre o conteúdo fenólico total dos extratos sugere a influência do solvente utilizado frente ao perfil dos fitoquímicos presentes nas amostras. Por apresentarem diferentes graus de polimerização, os fenólicos são extraídos de acordo com a sua solubilidade no solvente orgânico puro ou diluídos (LEONG e SHUI, 2002). Segundo Pellegrini et al. (2007) e Melo et al. (2008), a solubilidade em determinado solvente é característica peculiar do fitoquímico, o que justifica a inexistência de um procedimento universal de extração em função da diversidade estrutural e sensibilidade dos compostos fenólicos as condições de extração.

Essa mesma tendência foi constatada por Lapornik et al. (2005) ao determinarem maior teor de compostos fenólicos em extratos etanólicos a 70% dos bagaços de uva

(1.044 mg/L), groselha vermelha (884,1 mg/L) e preta (6.135,7 mg/L) quando comparados aos extratos aquosos (178,3 mg/L, 696,4 mg/L e 3.219,2 mg/L).

Por outro lado, no estudo desenvolvido por Rockenbach et al. (2008) com bagaço de uva da variedade Ancelota e Tannat, as maiores concentrações foram alcançadas após extração com acetona 50% (v/v) e 70% (v/v). Araújo et al. (2010) também observaram maior concentração fenólica em extratos acetônicos, após extração seqüenciada com metanol e água, efetuada sob agitação por 3 períodos de 20 minutos, em cascas e polpas de cajá-umbu. Vale ressaltar que para utilização em alimentos, esse tipo de extrato não possui aplicação.

Concentrações de CFT semelhantes às encontradas na presente pesquisa foram reportadas por Rufino et al. (2010) em frutas tropicas processadas com casca, pele e polpa, utilizando processo de extração seqüenciada com solventes de diferentes polaridade (metanol+água, acetona+água, metanol+água e água) e quatro ciclos de extração. No estudo foi analisado o teor de CFT do jambolão (1.117 mgGAE/100 g), bacuri (1.365 mgGAE/100 g), uvaia (1.930 mgGAE/100 g), muruci (2380 mgGAE/100 g) e jaboticaba (3.584 mgGAE/100 g), dentre outras. Os valores encontrados por esses autores para acerola (10.280 mgGAE/100 g), no entanto, são bastante superiores aos mostrados aqui, o que pode ser explicado em função da variedade da cultivar, processo de extração e solvente utilizado.

Vasco et al. (2008) apresentaram uma possível classificação segundo o teor fenólico de cada fruta. Após estudarem 17 tipos de frutas, encontraram valores que variaram de 26 a 2100 mgGAE/100 g, classificando-as como sendo de alta concentração fenólica (>1000 mgGAE/100 g), intermediária (200 a 460 mgGAE/100 g) e baixa concentração (<100 mgGAE/100 g). Baseado nisso, podemos afirmar que todos os extratos, com exceção do extrato cajá-umbu 100% ETOH e 80 % ETOH, enquadram-se como extratos de elevada concentração fenólica.

5.4.2 Antocianinas totais

Os teores de antocianinas totais dos pós dos bagaços da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão são apresentados na **Tabela 5.5**. Dentre os pós analisados,

destacam-se o jambolão e acerola por apresentarem as máximas concentrações de antocianinas, quando comparados ao cajá-umbu e pitanga.

Apesar de serem pigmentos instáveis e facilmente degradados pela temperatura durante a etapa de processamento (BOBBIO e BOBBIO, 2001; MALACRIDA e MOTTA, 2005), os produtos desidratados aqui obtidos, contêm teores relevantes de antocianina, por exemplo, o teor de antocianinas totais mostrado para jambolão é superior ao apresentado por Rufino et al. (2010) na polpa do jambolão processada com casca e pele (93,3 mg/100 g) e por Kuskoski et al. (2006) na polpa do jambolão (111,2 mg/100 g).

Tabela 5.5. Teor de antocianinas nos extratos dos bagaços da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão desidratados em leite de jorro.

Pó dos bagaços	Teor de Antocianinas (mg/100 g amostra)			
	Extrato Aquoso	Extrato ETOH 100%	Extrato ETOH 80%	Extrato ETOH 70%
Acerola	138,4±0,01 ^{aA}	104,2±0,01 ^{bA}	239,3±0,01 ^{cA}	270,4±0,01 ^{dA}
Cajá-umbu	1,95 ±0,03 ^{aB}	5,57±0,03 ^{bB}	21,72±0,02 ^{cB}	23,12±0,04 ^{cB}
Pitanga	1,67±0,02 ^{aC}	38,71±0,01 ^{bC}	37,32±0,01 ^{bC}	11,14±0,01 ^{cC}
Jambolão	377,0±0,01 ^{aD}	348,4±0,01 ^{bD}	478,7±0,01 ^{cD}	396,6±0,01 ^{dD}

a,b,c,d. Letras diferentes sobrescritas na mesma linha indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey (p<0,05).

A,B,C,D. Letras diferentes sobrescritas em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey (p<0,05).

Segundo Bobbio e Bobbio (2001), a presença de açúcar favorece as perdas de coloração. Analisando a **Tabela 5.2**, o teor de açúcares encontrado no bagaço da pitanga foi maior quando comparado aos demais bagaços, enquanto os menores teores foram verificados no cajá-umbu. Justificando a opinião de Ribeiro e Seravalli (2007), quando afirmam que o teor de antocianina pode estar associado ao tipo e posição do açúcar e não apenas a quantidade presentes nas amostras.

Ainda assim, a média geral do teor de antocianina encontrados aqui foi superior

ao reportado por Lima et al. (2000) e por Lima et al. (2005) em polpas de pitanga roxa (22,50 mg 100 g⁻¹ e 16,23 mg/100 g⁻¹), respectivamente e semelhantes ao relatado por Teixeira et al. (2008) os quais avaliaram também pelo método do pH diferencial, dez fontes naturais de antocianinas dentre elas, a casca de berinjela (56,75 mg/100 g), polpa e casca do sabugueiro (221,45 mg/100 g).

Na presente pesquisa foram observadas variações importantes entre os resultados dos diferentes extratos. De forma geral, mais uma vez, as maiores concentrações foram encontradas para os extratos etanólicos a 70%, exceto para o cajá-umbu, em que as maiores concentrações de antocianinas foram obtidas nos extratos etanólicos 100 % (v/v) e 80% (v/v).

Os resultados apontam diferenças importantes no teor de antocianinas causadas pelo solvente empregado na extração. Torna-se mais evidente na acerola e jambolão os quais apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre todos os extratos analisados. O valor médio encontrados no extrato aquoso da acerola foi quase duas vezes menor ao obtido no extrato etanólico a 70%. Considerando que a água e o etanol 70% possuem pH distintos, presume-se que essa diferença esteja relacionada à configuração estrutural das antocianinas que, em meio aquoso apresentam número reduzidos de ligação duplas conjugadas o que ocasiona perda de coloração. Segundo Ramos et al. (2000) e Moreira (2007), as ligações duplas são responsáveis pelo aumento nos máximos de absorção, através da protonação do cátion *flavilium*.

5.4.3. Teor de ácido ascórbico e o impacto do processamento

A **Tabela 5.6** apresenta os resultados de ácido ascórbico para os quatro pós de frutas analisados no estudo. A média do teor de ácido ascórbico (AA) obtido para o pó dos bagaços do cajá-umbu, pitanga e jambolão foi significativamente inferior ($p < 0,05$) a da acerola, o que reflete a superioridade do teor desse nutriente na acerola, mesmo após a desidratação ($p < 0,05$).

Tabela 5.6. Concentração de ácido ascórbico (AA) dos bagaços de acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão antes e após a desidratação e respectivas perdas durante a secagem.

Bagaços	Ácido ascórbico (AA)		
	Bagaço antes da secagem (mg/100 g)	Bagaço após a secagem (pó) (mg/100 g)	Perdas (%)
Acerola	3088,12±5,79	2748,03±29,1 ^a	11,01
Cajá-umbu	30,37±0,21	24,83±0,43 ^c	18,24
Pitanga	37,49±0,001	18,56±3,19 ^{c,d}	50,49
Jambolão	105,39±0,18	62,21±0,82 ^b	40,97

a,b,c,d. Letras diferentes sobrescritas na mesma coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

O elevado teor de ácido ascórbico encontrado para a acerola está de acordo com relatos prévios da literatura que apontam o fruto como uma das mais ricas fontes naturais conhecidas de ácido ascórbico (MEZADRI et al., 2008). Esse resultado pode também explicar, em parte, o alto conteúdo de CFT encontrado para a acerola (**item 5.2.1**), tendo em vista que o ácido ascórbico é capaz de reduzir o reagente Folin-Ciocalteaus, gerando falsos resultados positivos para o conteúdo fenólico (Genovese et al., 2008).

O teor de ácido ascórbico do pó de jambolão (62,21 mg/100 g) é praticamente o dobro do que foi previamente mostrado por Luximon-Ramma et al. (2003) para frutos frescos de jambolão (31,90 mg/100 g). É também superior quando comparado ao cajá-umbu (24,77 mg/100 g, $p < 0,05$), pitanga (17,02 mg/100 g, $p < 0,05$) e algumas variedades de mirtilo (23,7-56,6 mg/100 g) (PANDE e AKOH, 2010).

Os pós de pitanga e cajá-umbu têm níveis de ácido ascórbico próximos aos resultados encontrados para pós de caju e goiaba (COSTA et al., 2009) e maiores que aqueles apontados para várias frutas tropicais encontradas no Equador (VASCO et al., 2008).

O ácido ascórbico é conhecido por ser um nutriente lábil, que pode ser degradado por um número de fatores, dentre eles pH, teor de umidade, oxigênio, temperatura e presença de metais (GREGORY, 1996). Esse composto bioativo é uma das vitaminas hidrossolúveis mais importantes e que tem seu papel em diversos

processos fisiológicos, tais como recuperação de tecidos e na assimilação de ferro e aminoácidos (GÜÇLÜ et al., 2005).

Os pós de pitanga e jambolão apresentaram as maiores perdas percentuais (50,49% e 40,97%, respectivamente) de ácido ascórbico ocasionadas pela secagem. Para acerola e cajá-umbu, as perdas foram menores e próximas a 15%. No caso específico da acerola, que apresentou as menores perdas dentre os pós estudados, a significativa concentração de nutrientes promovida pela secagem e o nível de ácido ascórbico do produto final caracterizam o pó de acerola como uma valiosa fonte de ácido ascórbico.

Segundo Kaya et al. (2010), os parâmetros da secagem influenciam essas perdas. Ao analisar as variações de ácido ascórbico decorrente da secagem de fatias de kiwi, os autores verificaram que, ao aumentar a temperatura do ar de secagem, as perdas de vitamina C são maiores, ao passo que se consegue diminuir esse prejuízo elevando a umidade relativa do ar.

Menezes et al. (2009), analisando o teor de ácido ascórbico em polpas de acerola *in natura* e nos pós desidratados, constataram redução no teor de AA de 33,47% para o pó liofilizado e 49,52% para o pó seco em estufa de circulação à 70°C. Por outro lado, Gomes et al. (2002) obtiveram elevação de 340% no teor de (AA) no pó da polpa da acerola formulada com 10% de maltodextrina (81,91 mg/100 g) em relação a polpa *in natura* (18,54 mg/100 g). Essa tendência também foi observada no estudo previamente desenvolvido por Sousa Jr. (2010), fazendo uso do bagaço de acerola e secagem em leite de jorro com partículas inertes e materiais encapsulantes (maltodextrina e goma de cajueiro). Segundo o autor, os pós obtidos nos ensaios de secagem a 70°C com maiores percentuais de encapsulantes apresentaram menores perdas de vitamina C que aqueles observados para os pós obtidos a partir da secagem do bagaço *in natura* a 60°C.

De acordo com Uddin et al. (2002), o mecanismo de degradação do ácido ascórbico tem sido bastante estudado. Esse processo pode acontecer por diversos caminhos, os quais originam diferentes produtos de decomposição. Considerando que muitos parâmetros podem influenciar a cinética de degradação da vitamina C, torna-se difícil estabelecer uma relação precisa precursor-produto, já que vários mecanismos de decomposição podem atuar simultaneamente.

5.5 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante dos bagaços da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão foram avaliados pelo método de redução do radical estável DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), conforme apresentado na **Tabelas 5.7**.

Observa-se atividade antioxidante expressiva para todos os extratos. O pó de cajá-umbu mostrou-se inferior aos demais ($p < 0,05$) para todos os extratos analisados. O pó do jambolão, acerola e pitanga apresentaram valores de DPPH similares, sobretudo para os extratos etanólicos a 70% e 100% ($p > 0,05$).

Tabela 5.7 Atividade antioxidante dos extratos dos bagaços desidratados em leite de jorro da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão pelo método DPPH•.

Pó dos bagaços	Atividade antioxidante ($\mu\text{g Trolox eq/g amostra}$)			
	Extrato aquoso	ETOH 100%	ETOH 80%	ETOH 70%
Acerola	30,08 \pm 2,84 ^{a, A}	35,37 \pm 0,71 ^{b, A}	34,52 \pm 0,76 ^{c, C}	34,39 \pm 0,90 ^{c, A}
Cajá-umbu	17,89 \pm 3,15 ^{a, C}	14,27 \pm 2,18 ^{b, B}	24,14 \pm 0,99 ^{c, D}	27,12 \pm 3,12 ^{d, B}
Pitanga	28,34 \pm 1,75 ^{a, B}	35,37 \pm 0,80 ^{b, A}	35,50 \pm 0,79 ^{b, B, C}	35,32 \pm 0,87 ^{b, A}
Jambolão	34,58 \pm 0,99 ^{a, A}	36,10 \pm 0,70 ^{b, A}	36,30 \pm 0,88 ^{b, A, B}	35,86 \pm 1,032 ^{c, A}

a,b,c,d. Letras diferentes sobrescritas na mesma linha indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

A,B,C,D. Letras diferentes sobrescritas em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

De acordo com Rufino et al. (2010), as frutas apresentam naturalmente em sua composição diversos compostos com atividade antioxidante com diferentes capacidades de sequestro de radicais livres e, conseqüentemente, capazes de exibir essa atividade a maiores ou menores taxas.

A utilização de solvente com polaridades diferentes (água e etanol) e concentrações distintas possibilitou variação na capacidade do sequestro do DPPH•, com tendências diferentes para cada uma das frutas estudadas. Isso demonstra que a atividade antioxidante também depende de alguns fatores tais como propriedades coloidais, condições e etapas de oxidação, formação e estabilidade dos radicais

(ROCKENBACH et al., 2008), bem como do tipo de composto antioxidante presente em cada fruto ou extrato. Segundo Pérez-Jiménez e Saura-Calixto (2006), as diferenças observadas na atividade antioxidante, quando se utiliza diferentes solventes extratores, podem ser maiores se a amostra analisada for um alimento, levando em consideração que estes representam uma matriz complexa de diferentes componentes, que podem estabelecer, entre si e com os solventes, várias e distintas interações.

Lapornik et al. (2005) observaram maior atividade antioxidante em extratos etanólicos a 70% de bagaço de uva (4,3%), groselha vermelha (5,5%) e preta (43,0%) quando comparados aos extratos aquosos (1,2%, 4,5% e 15,1%). Da mesma forma, Infante et al. (2008) observaram que os extratos etanólicos a 70% das frutas abacaxi, manga, goiaba e acerola apresentaram maior conteúdo fenólico quando comparados aos extratos aquosos. Em outro estudo, Melo et al. (2008) ao analisarem a capacidade antioxidante de várias frutas brasileiras, verificaram que os extratos acetônicos da acerola, caju, pinha e goiaba exibiram forte capacidade de seqüestrar o radical DPPH• (superior a 70%), contrariamente ao demonstrado por Caetano et al. (2009), quando analisaram a capacidade antioxidante do extrato da acerola utilizando como solvente extrator etanol, metanol e acetona e encontraram níveis de 93,78%, 65,86% e 52,99%, respectivamente.

Estudos recentes relatam valores relevantes de capacidade antioxidante utilizando misturas de solventes (70 metanol: 30 água: 5 ácido acético). Por exemplo, Genovese et al. (2008) verificaram em polpas de frutas exóticas teores para o cambuci (9,0 µg Trolox eq/g amostra), jaracatia (4,4 µg Trolox eq/g amostra), araçá-boi (1,8 µg Trolox eq/g amostra), valores esses inferiores aos aqui apontados.

De modo geral, os resultados obtidos aqui corroboram com outros estudos, quando sugerem que as frutas, bem como seus resíduos podem ser consideradas boas fontes de compostos bioativos e de antioxidante fenólicos. Esse achado é importante, já que essas substâncias são apontadas como capazes de reduzir e até mesmo inibir danos ocasionados pelo *stress* oxidativo, no qual as células estão, continuamente, expostas (VALL-BELLÉS et al. 2005).

Nesse sentido, Shetty e Walhqvist (2004) e Vatterm e Shetty (2005) fazem importante relato para explicar a ação dos compostos fenólicos. Conforme o mecanismo proposto pelos autores, os compostos fenólicos, além de exercerem relevante atividade antioxidante, estimulariam a redução dos danos celulares pela estimulação da via das

pentoses-fosfato através de receptores de membranas. Ainda segundo os autores, a estimulação dessa via resultaria no aumento de espécies redutoras na forma de NADPH, além de outros precursores, que unidos levariam à eficiente resposta antioxidante.

5.6 Atividade antienzimática

Estudos demonstram a presença de inibidores de enzimas digestivas em frutas e vegetais (ALI et al., 2006; GONÇALVES et al., 2010), comumente, consumidas pela população. Essa reconhecida capacidade inibitória levanta a hipótese de que esses alimentos possam atuar no gerenciamento dos primeiros estágios da diabetes tipo 2, mais precisamente através do controle da hiperglicemia pós-pandrial, recurso que serviria de alternativa para atenuar os efeitos colaterais provocados pelos inibidores sintéticos (PINTO et al., 2010).

Deste modo, extratos dos pós dos bagaços de acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão foram avaliados quanto o potencial inibitório das enzimas α -amilase (**Tabela 5.8**) e α -glucosidade (**Tabela 5.9**).

Tabela 5.8. Atividade inibitória dos extratos dos bagaços desidratados em leite de jorro da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão frente à enzima α -amilase.

Pó dos bagaços	Inibição α -amilase (%)			
	Extrato aquoso	ETOH 100%	ETOH 80%	ETOH 70%
Acerola	44,93 \pm 0,26 ^{a,A}	30,77 \pm 1,88 ^{b,A}	33,90 \pm 0,46 ^{b,A}	29,86 \pm 1,2 ^{b,A}
Cajá-umbu	35,42 \pm 0,30 ^{a,B}	38,24 \pm 0,38 ^{b,B}	32,86 \pm 4,3 ^{a,A}	42,24 \pm 1,1 ^{c,B}
Pitanga	23,97 \pm 1,0 ^{a,C}	36,67 \pm 1,2 ^{b,C}	53,12 \pm 0,39 ^{c,B}	71,16 \pm 0,74 ^{d,C}
Jambolão	53,59 \pm 0,32 ^{a,D}	36,20 \pm 1,79 ^{b,C}	55,56 \pm 1,2 ^{a,C}	76,58 \pm 0,30 ^{c,D}

a,b,c,d. Letras diferentes sobrescritas na mesma linha indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

A,B,C,D. Letras diferentes sobrescritas em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Todos os extratos exibiram teores de inibição enzimática para α -amilase entre 20% e 50%, com exceção do extrato etanólico 70% (v/v) para pitanga (71,16%) e jambolão (76,58%), os quais apresentaram percentuais de inibição superiores ($p < 0,05$) aos demais. Sugere-se que nessa concentração, o solvente seja capaz de extrair compostos com alta atividade antiamilolítica, sejam eles fenólicos ou não, o que resultou na elevada inibição observada. Além disso, sabe-se que dentre os bagaços das frutas incluídas no estudo o jambolão apresenta maior sensação adstringente, o que pode está relacionado com a presença de taninos na fruta *in natura*. Esse fato pode ter influenciado a atividade antiamilolítica do pó do bagaço do jambolão (**Tabela 5.8**), haja vista que o teor de taninos está associado à inibição de enzimas digestivas, dentre elas α -amilase (SANTOS-BUELGA et al., 2000). Assim é de se esperar que extratos contendo maiores teores de taninos sejam inibidores enzimáticos mais eficientes (MCDUGAL et al., 2005). Desse modo, atribuir aos taninos apenas efeitos antinutricionais, poderá induzir a interpretações errôneas, uma vez que esses compostos quando presentes na dieta alimentar em quantidades adequadas poderá apresentar efeitos benéficos.

Sabendo que o tratamento terapêutico da diabetes tipo 2 é baseado na redução do nível de glicose no sangue, ou seja, pela redução da quebra e absorção da glicose, através da inibição enzimática. Espera-se que o alimento ingerido propicie inibição moderada da α -amilase e elevada inibição da α -glicosidase, evitando assim, o desconforto abdominal ocasionado pela presença do amido não digerível no colón (PINTO et al, 2010). Vale ressaltar que após analisar os valores reportados na literatura, no presente trabalho, os teores de inibição enzimática entre 30% e 50% são considerados com sendo valores moderados de inibição.

Diferenças significativas ($p < 0,05$) também foram evidenciadas quanto à capacidade inibitória da α -glicosidase dos pós (**Tabela 5.9**), comportamento esperado tendo em vista as peculiaridades de cada fruta estudada, as quais possuem teor e tipos diferentes de compostos bioativos, influenciados pelo grau de maturação, espécie e genótipo (LEONG e SHUI, 2002; GOBBO-NETO e LOPES, 2007; MELO et al., 2008).

Tabela 5.9. Atividade inibitória dos extratos dos pós dos bagaços da acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão frente a enzima α -glicosidase.

Pó dos bagaços	Inibição α -glicosidase (%)			
	Extrato aquoso	ETOH 100%	ETOH 80%	ETOH 70%
Acerola	29,88 \pm 0,63 ^{a,A}	98,82 \pm 0,63 ^{b,A}	48,93 \pm 0,46 ^{c,A}	49,83 \pm 3,10 ^{c,A}
Cajá-umbu	10,29 \pm 3,20 ^{a,B}	62,88 \pm 1,7 ^{b,B}	64,86 \pm 1,9 ^{c,A}	81,16 \pm 0,14 ^{d,B}
Pitanga	98,20 \pm 0,06 ^{a,C}	96,43 \pm 1,02 ^{b,C}	98,90 \pm 0,39 ^{a,B}	99,32 \pm 0,02 ^{a,C}
Jambolão	97,95 \pm 0,70 ^{a,D}	96,15 \pm 0,12 ^{b,C}	98,28 \pm 1,27 ^{c,C}	98,35 \pm 1,08 ^{c,D}

a,b,c,d. Letras diferentes sobrescritas na mesma linha indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

A,B,C,D. Letras diferentes sobrescritas em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Dentre os pós analisados, mais uma vez, o jambolão e a pitanga se destacaram por apresentar o maior percentual de inibição ($p < 0,05$) sob a enzima α -glicosidase para todos os tipos de extratos estudados. As antocianinas presentes nesses pós podem influenciar sua atividade inibitória, já que para Matsui et al., (2001), extratos que contém em sua composição antocianinas aciladas parecem ser mais eficientes inibidores enzimáticos.

Ainda, sabe-se que alguns compostos fenólicos presentes em frutas aparecem na forma de derivados glicosilados (ROMERO et al., 2008). Dessa forma, o tipo de açúcar e posição da glicosilação desses compostos podem também estar envolvidos nas diferenças observadas. Para Kim et al. (2002), compostos glicosilados podem se ligar a α -glicosidase elevando a ação dessa enzima, gerando maior ou menor efeito inibitório sob a ação das α -glicosidases.

Analisando a relação entre os extratos aquosos e etanólicos, de modo geral, os primeiros apresentaram baixa porcentagem de inibição para a α -amilase e o segundo significativa inibição para a α -glicosidase. Essa tendência também foi observada por Cheplick et al. (2010) ao investigarem diferentes cultivares de morangos quanto a inibição das enzimas α -amilase e α -glicosidase, utilizando água e etanol como solvente

extrator. Os autores observaram que os extratos aquosos apresentaram as menores percentagens de inibição para α -amilase, enquanto os extratos etanólicos demonstraram maiores inibição para α -glicosidase.

Segundo o autor antes referido, a inibição enzimática é reflexo de propriedades específicas dos compostos fenólicos, e não apenas da quantidade presente na amostra. Opinião compartilhada por Correia et al. (2004), ao investigar amostras de resíduo agroindustrial bioprocessado de abacaxi e goiaba.

5.7 Correlação linear entre os parâmetros estudados

Na **Tabela 5.10** estão apresentados os valores referentes aos coeficientes de correlação de Pearson entre o teor de compostos fenólicos, teor de antocianinas, atividade antioxidante e atividade antienzimática, obtidos nos extratos dos bagaços desidratados da acerola, cajá-umbu, pitanga e jabolão. Nessa análise, foram considerados os valores dos quatro tipos de extratos (aquoso, etanólico 70%, 80% e 100%) em conjunto. Para melhor visualização, os valores absolutos de correlação acima de 0,7 estão marcados em negrito.

Tabela 5.10 Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre o teor de CFT, antocianinas, atividade antioxidante e atividade antienzimática dos extratos da acerola, cajá-umbu, pitanga e jabolão.

Extratos	CFT X DPPH	CFT X Antocianina	CFT X Amilase	CFT X Glicosidase	DPPH X Amilase	DPPH X Glicosidase
Acerola	0,97	0,62	0,23	-0,98	0,96	0,65
Cajá-umbu	- 0,69	-0,72	-0,65	-0,63	0,98	0,67
Pitanga	- 0,68	0,74	-0,20	0,93	0,85	0,75
Jabolão	0,92	0,95	0,99	0,96	0,82	0,90

CFT: compostos fenólicos totais; DPPH: atividade antioxidante medida pelo método DPPH.

É notável a elevada correlação positiva observada entre todos os parâmetros considerados para os extratos de jabolão. Isso permite inferir que os fenólicos

encontrados nesse tipo de fruto são potentes antioxidantes e inibidores enzimáticos, além de possuírem considerável fração constituída por compostos antociânicos.

A acerola, por sua vez, ao exibir elevada correlação positiva entre a capacidade antioxidante determinada pelo método DPPH e os teores de fenólicos totais determinados pelo método Folin-Ciocalteu, parece conter potentes fenólicos antioxidantes ($r=0,97$). Para essa fruta, a atividade antioxidante parece ser decisiva para a inibição amilolítica ($r=0,96$), tendência também observada para os outros três grupos.

Os extratos do cajá-umbu, no entanto, apresentaram valores de correlação negativos entre o teor de fenólicos totais e sua atividade antioxidante, antienzimática e teor antociânico, mas a atividade antioxidante mostrou interferir de maneira positiva tanto na inibição amilolítica ($r=0,98$), quanto para a α -glicosidase ($r=0,67$).

No caso dos extratos de pitanga, fica evidente a importante relação existente entre a capacidade antioxidante medida pelo método DPPH e a atividade inibitória frente às enzimas α -amilase ($r=0,85$) e α -glicosidase ($r=0,75$), essa última também fortemente correlacionada ($r=0,93$) com o teor fenólico total dos extratos.

Para Rufino et al. (2010), as frutas, naturalmente, possuem em sua composição diversos compostos com atividade antioxidante com diferentes capacidades de seqüestro de radicais livres. Sugere-se assim, que variações no perfil dos compostos fenólicos possam resultar em distinta resposta antioxidante.

Por sua vez, Apostolidis et al. (2006b), analisando iogurtes de soja acrescido de morango, pêssigo e mirtilo, observaram que iogurtes contendo morango apresentaram maior teor de CFT e maior capacidade inibitória para α -glicosidase. Tendência similar é apresentada por McCue et al. (2005) ao observar correlação positiva entre o teor fenólico e a atividade inibitória da α -glicosidase, o que condiz com os resultados apresentados no presente estudo para pitanga e jambolão.

Ainda segundo McCue et al. (2005), os extratos que demonstraram maior atividade antioxidante exibiram também maior atividade antiamilolítica, superior inclusive à atividade contra a glicosidase. Esse achado está de acordo com o que foi observado aqui, tendo em vista a expressiva correlação observada entre atividade antioxidante e atividade inibitória da α -amilase ($r=0,96$, $0,98$, $0,85$ e $0,82$, respectivamente para acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão). No caso da relação existente entre atividade antioxidante e atividade antiglicosidase, os dados dos extratos do jambolão ($r=0,90$) e pitanga ($r=0,75$) apresentaram-se fortemente correlacionados,

enquanto os extratos da acerola e cajá-umbu demonstraram correlação moderada na ordem de $r=0,65$ e $r=0,67$, respectivamente.

Essa tendência também foi observada por Gonçalves et al. (2010) ao avaliarem a capacidade inibitória enzimática de frutas, tais como bacuri, uxi, camu-camu, graviola entre outras. Segundo os autores, o camu-camu, além de exibir elevado teor de CFT e atividade antioxidante, apresentou também atividade antienzimática frente às enzimas α -amilase e α -glicosidase.

No entanto, dentre as amostras analisadas, é possível perceber que não existe uma relação clara entre o teor de compostos fenólicos e ação inibitória amilolítica, explicitada pelos valores de correlação baixos, e até mesmo negativos, entre CFT e amilase, observados na acerola, cajá-umbu e pitanga. Em se tratando da acerola, essa diferença pode ser explicada, possivelmente, pelo elevado teor de ácido ascórbico, o que teria fornecido dados de CFT falsamente elevados (**item 5.4.1**). Isso se deve ao fato do ácido ascórbico, após doar os dois hidrogênios redutores, se tornar passível de receber elétrons por sua natureza oxidante, gerando o radical ascorbila (BORS e BOETINNER, 1997).

Também é possível que outros compostos, além dos fenólicos, possam agir sinergisticamente ou antagonicamente, contribuindo para a atividade antioxidante a maiores ou menores taxas. Por exemplo, Sun et al. (2002) e Liu (2004) encontraram relação direta entre o conteúdo fenólico e atividade antioxidante ($R^2=0,9788$, $p < 0,01$) de 11 diferentes frutas. Nesse estudo, os autores observaram que a combinação de algumas dessas frutas proporciona maior atividade antioxidante do que seria esperado pela soma das atividades antioxidantes individuais. Da mesma forma, Wolfe et al. (2008) também verificaram indícios de sinergia entre o teor de CFT e atividade antioxidante ao estudarem diferentes tipos de frutas, fato associado com os teores de antocianinas e flavonóides presente nas frutas analisadas.

Capítulo 6
Conclusão

6. Conclusão

Os bagaços desidratados de cajá-umbu e pitanga apresentaram maior eficiência de secagem em leito de jorro em relação aos pós de acerola e jambolão. Foi evidente a influência da composição química na produção dos pós, já que o teor de gordura contribuiu para maior eficiência de produção e menor retenção de sólidos no secador. Por sua vez, a concentração de fibras não interferiu no desempenho da secagem.

Todos os bagaços desidratados apresentaram elevados teores de fibra e proteína, além de reduzido teor de gordura. Os bagaços desidratados de acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão também demonstraram serem ricas fontes de compostos fenólicos de expressiva atividade antioxidante. Teores importantes de antocianinas foram detectados, sobretudo nos extratos da acerola e jambolão. O bagaço desidratado da acerola se destacou por sua concentração de ácido ascórbico e, apesar das inevitáveis perdas provenientes da secagem, esse bagaço demonstrou ser valiosa fonte desse composto bioativo. No que diz respeito à atividade antienzimática, praticamente todos os extratos exibiram moderada inibição enzimática para α -amilase, além de elevada inibição para α -glicosidase.

Analisando em conjunto, os dados apresentados neste trabalho evidenciam o valor bioativo e funcional dos bagaços de acerola, cajá-umbu, pitanga e jambolão. Os pós dessas frutas, abundantemente, encontradas no Nordeste mostraram ser ricas fontes de fitoquímicos naturais, com potencial utilização para o controle dos estágios iniciais da hiperglicemia pós-prandial, característica da diabetes tipo 2. Estudos complementares precisam ser conduzidos de forma a averiguar a aplicação desses produtos como ingredientes funcionais, de forma que esses dados possam servir de consulta para futuros estudos com outras frutas tropicais.

Capítulo 7
Referências bibliográficas

7. Referências bibliográficas

ABESUNDARA K.J.M.; MATSUI, T.; MATSUMOTO, K. α -Glicosidase inhibitory activity of some Sri Lanka plant extracts, one of which, *Cassia auriculata*, exerts a strong antihyperglycemic effect in rats comparable to the therapeutic drug acarbose. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, p. 2541-2545, 2004.

AGUIAR, L.P.; β -caroteno, vitamina C e outras características de qualidade de acerola, caju e melão em utilização no melhoramento genético. 2001, 87 f. **Dissertação** (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

ALI, H.; HOUGHTON, P.J.; SOUMYANATH, A. α -Amylase inhibitory activity of some Malaysian plants used to treat diabetes; with particular reference to *Phyllanthus amaru*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 107, p. 449–455, 2006.

AL-AZZAWIE, H.F.; ALHAMDANI, M.S.S. Hypoglycemic and antioxidant effect of oleuropein in alloxan-diabetic rabbits. **Life Science**, v.78, p. 1371-1377, 2006.

ALMEIDA, C.; E ROCHA, S. C. S. Eficiência do processo de recobrimento de sementes de brócolis recobertas com polímero em leito de jorro. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 2, p. 305-314, 2008.

ALVES, R.L; FILGUEIRAS, H.A.C.; MOURA, C. F. H.; ARAÚJO, N. C. C.; ALMEIDA, A.S. Camu-Camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh): A Rich Natural Source of Vitamin C. **Proceeding Interamerica Society Tropical**, v. 46, p.11-13, 2002.

ALVES, R. E.; BRITO, E. A.; RUFINO, M. S. M.; SAMPAIO, C. G. Antioxidant activity measurement in tropical fruits: A case study with acerola. **Acta Horticulturae**, 773, 299–305, 2008.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

AJILA, C. M.; BHAT, S. G.; PRASADA RAO, U. J. S. Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. **Food Chemistry**, v. 102, n. 4, p. 1006-1011, 2007.

ALEXANDRE, H.V.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M. Isotermas de adsorção de umidade de pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, n.1, 2007.

AOAC. **Official Methods of Analysis** of AOAC.1 15th ed.Vol. II. Association of Official Analytical Chemist. Washington, D.C. USA. pp: 829-830, 1990.

AJAIKUMAR, K.B.; The inhibition of gastric mucosal injury by *punica granatum* l. (pomegranate) methanolic extract. **Limerick**, v. 96, n1/2, p.171-176, 2005.

ANDRADE-WARTHA, E. R.S. Propriedades antioxidantes de clones do pendúculo de caju (*Anacardium occidentale* L.: efeito sobre a lipoperoxidação e enzimas participantes do sistema antioxidante de defesa do organismo animal.2007. 111p. **Tese (Doutorado)** - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo.

ANDRES, A.; DONOVAN, S.M.; KUHLENSCHMIDT, T.B.; KUHLENSCHMIDT, M.S. Isoflavones at concentrations present in soy infant formula inhibit rotavirus infection in vitro. **Journal of Nutrition**, University Park, v.137, n.9, p.2068-2073, 2007.

ANTOLOVICH, M.; PRENZLER, P.D.; PATSALIDES, E.; McDONALD, S.; ROBARDS, K. Methods for testing antioxidant activity. **Analyst**, v. 127, n.1, p. 183-198, 2002.

APOSTOLIDIS, E.; KWON, Y.I.; SHETTY, K. Potential of select yogurts for diabetes and hypertension management. **Journal of Food Biochemistry**, v.91, p1-24, 2006a.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

APOSTOLIDIS, E.; KWON, Y.; SHETTY, K. Potential of cranberry-based herbal synergies for diabetes and hypertension management. **Journal Clinical Nutrition**, v.15, p.433–441, 2006b.

ARNAO, M.B. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. **Trends in Food Science e Technology**, v.11, p. 419–421, 2002.

ARAI, I.; AMAGAYA, S.; KOMATSU, Y.; OKADA, M.; HAYASHI, T.; KASAI, M.; ARISAWA, M.; MOMOSE, Y. Improving effects of extracts of *Eugenia uniflora* on hyperglycemia and hypertriglyceridemia in mice. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 68, p. 307-314, 1999.

ARAÚJO, P.G.L.; FIGUEIREDO, R.W.; ALVES, R.E.; MAIAS, G.A.; PAIVA, J.R. β -caroteno, ácido ascórbico e antocianinas totais em polpas de frutos de aceroleira conservada por congelamento durante 12 meses. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.1, p. 104-107, 2007.

ARAÚJO, J.M.A. Química de Alimentos: Teoria e prática. **Antioxidante**. 4^a Ed. Atual.- Viçosa, MG: Ed.UFV, 2008.

ARAÚJO, C.R.; SILVA, R.C.O.; NASCIMENTO, J.D.N.; CURVÊLO, A.C.; MACIEL, M.I.S.; LIMA, V.L.G.; SILVA, C.G.M.; MELO, E.A. Frutos de cajá-umbuzeiras (*spondias* spp): polifenóis totais e capacidade de sequestro do radical DPPH. X JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – **JEPEX**, UFRPE, 2010.

ARUOMA, O.I. Methodological considerations for characterizing potential antioxidant actions of bioactive components in plant foods. **Mutation Research**, v. 9, n. 20, p. 523-524, 2003.

ASCHERID, P.R.; ASCHERI, J.L.M.; CARVALHO, C.W.P. Caracterização da farinha de bagaço de jaboticaba e propriedades funcionais dos extrusados, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n.4, p. 897-905, 2006.

ASSUNÇÃO, R. B.; MERCADANTE, R.Z. Carotenoids and ascorbic acid from cashew apple (*Anacardium occidentale* L.): variety and geographic effects. **Food Chemistry**, v. 81, p. 495-502, 2003.

BAILEY, C.J: **New approaches to the pharmacotherapy of diabetes**. In: Textbook of Diabetes, Vol. 2, 3rd ed. (Pickup JC, William G, eds.). Blackwell Science Ltd., Oxford, p. 73.1–73.21, 2003.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agrindustrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v. 99, n.1, p 191-203, 2006.

BARCIA, M. T. ; JACQUES, A. C.; PERTUZATTI, P. B.; ZAMBIAZI, R.C. Determination by HPLC of ascorbic acid and tocopherols in fruits **Ciências Agrárias**, v. 31, n. 2, p. 381-390, 2010.

BASHIR, H. A.; ABU-GOUKH, A. A. Compositional changes during guava fruit ripening. **Food Chemistry**, v. 80, n.4, p. 557-563, 2003.

BEECHER, G. Overview of dietary flavonoids: nomenclature, occurrence and intake. **Journal of Nutrition**, v. 133, n.10, p. 3248-3254, 2003.

BEZERRA, J. E. F.; SILVA JÚNIOR, J. F ; LEDERMAN, I. E. **Pitanga** (*Eugenia uniflora* L.). FUNEP, p. 16-28, 2000.

BIRT, D.F.; HENDRICH, S.; WANG, W. Dietary agents in cancer prevention: flavonóides and isoflavonoids. **Pharmacology and Therapeutics**, v.90, p. 157-177, 2001.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 2.ed. São Paulo : Varela, 2001.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

BORS, N.; BUETTNER, G.R. **The vitamin C radical and its reactions in vitamin C.** In: health and disease, ed. by L. Packer and J. Fuch Marcel Dekker, CHAPTER 4, P.70-94, 1997.

BOTELLA, C.; DIAZ, A.; ORY, I. de; WEBB, C.; BLANDINO, A. Xylanase and pectinase production by *Aspergillus awamori* on grape pomace in solid state fermentation. **Process Biochemistry**, v.42, p.98-101, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 27 de 13/01/1998 – **Regulamento Técnico** Referente à Informação Nutricional Complementar.

BRASIL. Instrução Normativa nº 1 de 7 de janeiro de 2000 do Ministério de Agricultura e Abastecimento. Aprova regulamento técnico geral para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF., 10 jan. 2000. Seção 1, p. 54-58.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT – Food Science and Technology**, 28, p.25–30, 1995.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutrition significance. **Nutrition Reviews**, v 56, n.11, p 317-333, 1998.

BREDA, V.; AGEN, E.V.; SANDEN, S.V.; BURZYKOWSKI, T. ; KIENHUIS, A.S. Vegetables Affect the Expression of Genes Involved in Anticarcinogenic Processes in the Colonic Mucosa of C57Bl/6 Female Mice¹. **The Journal of Nutrition**, v. 135, p. 1879 –1888, 2005.

BRENNA, O.V.; PAGLIARINI, E. Multivariate analyses of antioxidant power and polyphenolic composition in red wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p. 4841-4844, 2001.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

BRITO, F. A.; LIMA, L. A.; RAMOS, M. F. S.; NAKAMURA, M. J.; MACHADO, S. C. C.; SIANI, A. C.; HENRIQUES, M. G. M. O.; SAMPAIO, A. L. F. Pharmacological study of anti-allergic activity of *Syzygium cumini* (L.) Skeels. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 40, p. 105-115, 2007.

BROWNLEE, M. The Pathobiology of Diabetic Complications A Unifying Mechanism. **American Diabetes Association**, v.54, p. 1615-1625, 2005.

CAETANO, A.C.S.; MELO, E.A.; LIMA, V.L.A.G.; MACIEL, M.I.S.; ARAUJO, C.R. Extração de antioxidantes de resíduos agroindustriais de acerola. **Brazilian Journal of Food and Technology**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 155-160, 2009.

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

CARVALHO, R.I.N de; MANICA, I. *Acerola*: Composição e armazenamento de frutos. **Cadernos de Horticultura**, Porto Alegre: UFRGS, v.1, p.1-7, 1993.

CARVALHO, J.C.T.; GOSMANN, G.; SCHENKEL, E.P. Compostos fenólicos simples e heterosídicos. In: SIMÕES, C.M.O., SCHENKEL, E.P., GOSMAN, G., MELLO, J.C.P., MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia – da planta ao medicamento**. 4ªed. Porto Alegre/Florianópolis, p.343-561. 2003.

CARVALHO, P. C. L.; RITZINGER, SOARES FILHO, R.; W.S.; LEDO, C. A.S. Características morfológicas, físicas e químicas de frutos de populações de umbu-cajazeira no estado da Bahia, **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 140-147, 2008.

CASTRO, A.H.F. Avaliação sazonal da atividade da fenilalanina amônia-liase e dos teores de fenóis e taninos totais em *Byrsonima verbascifolia* Rich. ex A. Juss.: uma espécie medicinal do cerrado. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.7, p. 45-55, 2005.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 2007.

CERQUEIRA, F.M.; MEDEIROS, M. H. G.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p.441-449, 2007.

CEVALLOS-CASALS, B. A.; BYRNE, D.; OKIE, W. R.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Selecting new peach and plum genotypes rich in phenolic compounds and enhanced functional properties. **Food Chemistry**, v. 96, p. 273-280, 2006.

CHANDRASEKARAN. M.; VENKATESALU. V. Antibacterial and antifungal activity of *Syzygium jambolanum* seeds. **Journal of Ethnopharmacology**. v.91, p. 105-108, 2004.

CHEPLICK, S.; KWON, Y; BHOWMIK, P.; SHETTY, K. Phenolic-linked variation in strawberry cultivars for potential dietary management of hyperglycemia and related complications of hypertension. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 404-413, 2010.

CHETHAN, S.; SREERAMA, Y.N.; MALLESHI, N.G. Mode of inhibition of finger millet malt amylases by the millet phenolics. **Food Chemistry**, v.111, n.1, p. 187-191, 2008.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, p. 171-328, 2005.

CIRQUEIRA, R.T.; ALVES, M.J.Q.F. Efeitos hipotensor e diurético dos extratos aquosos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) e jabolão (*Eugenia jambolana* Lam.) em ratos normotensos anestesiados. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.7, n.2, p.86-91, 2005.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

CONSOLINI, A.E. ; BALDINI, O.A.N. ; AMAT, A.G. Pharmacological basis for the empirical use of *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) as antihypertensive. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 66, p. 33-39, 1999.

CONSOLINI, A. E.; SARUBBIO, M. G. Pharmacological effects of *Eugenia uniflora* (Myrtaceae) aqueous crude extract on rat's heart. **Journal of Ethnopharmacol**, Limeric.v. 81, p. 57-63, 2002.

COSTA,J.M.C.; FELIPE, É.M. F.; MAIA, G. A.;BRASIL,I.M.; HERNANDEZ,F.F.H. Comparação dos parâmetros físico-químicos e químicos de pós alimentícios obtidos de resíduos de abacaxi, **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.2, p.228-232, 2007.

COSTA,J.M.C.; UCHOA, A.M.A.; MAIA,G.A.; SILVA,E.M.C.; ARVALHO,A.F.F.U.; MEIRA,T.R. Parâmetros Físico-Químicos, Teor de Fibra Bruta e Alimentar de Pós Alimentícios Obtidos de Resíduos de Frutas Tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v.15, n.2, p.58-65, 2008.

COSTA, J.; FELIPE, E.;,MAIA, G.;.HERNANDEZ, F.; Brasil, I. Production and characterization of the cashew apple (*anacardium occidentale* l.) and guava (*psidium guajava* l.) fruit powders. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 33, p. 299–312, 2009.

CLAVIN, M.; GORZALCZANY, S.; MACHO, A.; MUÑOZ, E.; FERRARO, G.; ACEVEDO, C.; MARTINO, V. Anti-inflammatory activity of flavonoids from *Eupatorium arnottianum*. **Journal of Ethnopharmacology**, v.112, n.3, p.585-589, 2007.

CORREIA, R. T. P. Estudo do cultivo semi-sólido de *Saccharomyces cerevisiae* e *Rhizopus oligosporus* em resíduo de abacaxi. 2004.163f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

CORREIA, R.T.P.; MCCUE, P.; MAGALHÃES, M.M.A.; MACÊDO, G.R.; SHETTY, K. Production of phenolic antioxidants by the solid-state bioconversion pineapple waste mixed with soy flour using *Rhizopus oligosporus*. **Process Biochemistry**, v.39, p.2167-2172, 2004a.

CORREIA, R.; MCCUE, P.; MAGALHÃES, M.; MACEDO, G. SHETTY, K. Phenolic antioxidant enrichment of soy flour-supplemented guava waste by *Rhizopus oligosporus*-mediated solid state bioprocessing. **Journal of Food Biochemistry**, v.28, p. 408-418, 2004b.

CORREIA, R.; MAGALHÃES, M.; MACEDO, G. Protein enrichment of pineapple waste with *Saccharomyces cerevisiae* by solid state processing. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v.66, p. 259-262, 2007.

DANIELL, H. Production of biopharmaceuticals and vaccines in plants via the chloroplast genome. **Biotechnology Journal**, v.1, p. 1071-1079, 2006.

DAY, A. J.; WILLIAMSON, G. Absorption of quercetin glycosides. In: RICE-EVANS, C.; PACKER, L. **Flavonoids in health and disease**. New York: Marcel Dekker, p.310-412, 2003.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, v. 5, n. 1, p. 33-40, 2004.

DONADIO, L. C.; MORO, F.V.; SERVIDONE, A. A. **Pitanga**. In: Frutas Brasileiras. Novos Talentos, Jaboticabal, p.240-243, 2002.

DONOVAN, J. L.; WATERHOUSE, A. L. Bioavailability of flavanol monomers. In: RICE-EVANS, C.; PACKER, L. **Flavonoids in health and disease**. New York: Marcel Dekker, p.413-440, 2003.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

DUARTE-ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R. J. dos; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH•. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

EDWARDS, R.L.; LYON, T.; LITWIN, S.E.; RABOVSKY, A.; SYMONS, J.D.; JALILI, T. Quercetin reduces blood pressure in hypertensive subjects. **Journal of Nutrition**, v.137, n.11, p.2405-2411, 2007.

EMADI-KONJIN, P.; VERJEE, Z.; LEVIN, A.V.; ADELI, K. Measurement of intracellular vitamin C levels in human lymphocytes by reverse phase high performance liquid chromatography (HPLC). **Clinical Biochemistry**, v.38, p.450-456, 2005.

ESPIN, J.C.; RIVAS,C.S.; WICHERS,H.J.; VIGUERA,C.G. Anthocyanin-based natural colorants: A new source of antiradical activity for foodstuff. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.48, p.1588-1592, 2000.

FALLER, A.L.K. ; FIALHO, E. Disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v.43, n. 2, p. 211- 218, 2009.

FERREIRA, C.L. Acidez em leite e produtos lácteos: Aspectos fundamentais. **Caderno Didático 53-Ciências exatas e Tecnológicas**, Universidade Federal de Viçosa, 1ª edição, p.11-17, 2002.

FERREIRA, C.L.L.F. Produtos lácteos fermentados: aspectos bioquímicos e tecnológicos. **Caderno Didático 43-Ciências exatas e Tecnológicas**, Universidade Federal de Viçosa, 3ª edição, p. 68-75, 2005.

FIUZA, T.S.; REZENDE, M.H.; SABÓIA-MORAIS, S.M.T.; BARA, M.T.F.; LEONICE M. F.; PAULA, J.R. Caracterização farmacognóstica das folhas de *eugenia uniflora*. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v.2, p.21-31, 2008.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

FONTANNAZ, P.; KILINÇ, T.; HEUDI, O. Determination of total vitamin C in a wide range of fortified food products. **Food Chemistry**, v.94, p.626-631, 2006.

FRANKE, A.A.; CUSTER, L.J.; ARAKAKI, C.; MURPHY, S.P. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**. v.17, p.1-35, 2004.

FRANKEL, E.N.; MEYER, A.S. Review. The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, p.1925-1941, 2000.

FURTADO, B. F.; CORRÊA, P. C.; SILVA, F. S. da. Efeito do estágio de maturação no comportamento mecânico de frutos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, **Anais...** Goiânia: SBEA, Goiânia, 2003.

GAVA, A.J.; SILVA, C.A.B.; FRIAS, J.R.G.; **Tecnologia de alimentos princípios e aplicações**. Nobel, p.26-93, 2007.

GARDNER, P.T.; WHITE, T.A.C.; MCPHAIL, D.B.; DUTHIE, G.G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolic to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chemistry**, v.68, p.471-474, 2000.

GENOVESE, M.L.; PINTO, M.S.; GONÇALVES, A.E.S.; LAJOLO, F.M. Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. **Food Science and Technology International**, p. 207-214, 2010.

GIUSTI, M.; WROLSTAD, R.E. **Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy**. New York: John Wiley e Sons. (Current Protocols in Food Analytical Chemistry), 2001.

GLASS, V. Pitangueira. **Globo Rural**, v.12, n.143, p.63-65, 1997.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó, **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n.2, p.157-165, 2002.

GOMES, P.M.A.; FIGUEIRÊDO,R.M.F.; QUEIROZ,A.J.M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.3, 2004.

GONÇALVES, A.L.; ALVES FILHO, A.; MENEZES, H. Estudo comparativo da atividade antimicrobiana de extratos de algumas árvores nativas. **Arquivos do instituto biológico**, v.72, n.3, p.353-358, 2005.

GONÇALVES, A. E. S. S. ;LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Chemical Composition and Antioxidant/Antidiabetic Potential of Brazilian Native Fruits and Commercial Frozen Pulps, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 4666–4674, 2010.

GREGORY, J.F. **Vitamins**. In: O.R. Fennema, Editor. Food Chemistry (3rd ed.), Marcel Dekker, New York, p. 531–616, 1996.

GROVER, J.K.; VATS, V.; RATHI, S. S. Anti -hyperglycemic effect of Eugenia jambolana and Tinospora cordifolia in experimental diabetes and their key metabolic enzymes involved in carbohydrate metabolism. **Journal of Ethnopharmacology**, v.73, p.461-470, 2000.

GROSS, J.L; SILVEIRO,S.P.; CAMARGO,J.L.; REICHELTA,A.J.; AZEVEDO,M.J. Diabetes Mellito: Diagnóstico, Classificação e Avaliação do Controle Glicêmico, **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v.46, n.1, 2002.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

GUIDONI, C.M; OLIVERA,C.M.X.; FREITAS,O.; PEREIRA,L.R.L. Assistência ao diabetes no Sistema Único de Saúde: análise do modelo atual. **Brazilian Journal Pharmaceutical**, v.45, n.1, 2009.

GÜÇLÜ K, SÖZGEN K, TÜTEM E, ÖZYÜREK M, APAK R. Spectrophotometric determination of ascorbic acid using copper (II)-neocuproine reagent in beverages and pharmaceuticals. **Talanta**. v.65, p.1226-1232, 2005.

GURGEL, A. R.; PEDRINI, M. R. S.; MAGALHÃES, M. M. A.; LEITE, P. R. G.; NETO, A. J. S.; MEDEIROS, M. F. D. Enriched flour production process using spouted bed of inert particles. **Anais do ENPROMER**, Rio de Janeiro – RJ, p. 214, 2005.

HALLIWELL, B. Review: vitamin C and genomic stability. **Mutation Research**, v.475, p.29-15, 2001.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. Free Radical Biology and Medicine Oxford: **Oxford University Press**. 4th ed., p.750-830, 2007.

HANAMURA, T.; HAGIWARA, T.; KAWAGISHI, H. Structural and functional characterization of polyphenols isolated from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**. v. 69, n. 2, p. 280-286, 2005.

HANNUM S.M. Potential impact of strawberries on human health: a review of the science. **Review in Food Science and Nutrition**, v. 44, p. 1–17, 2004.

HASLAM, E. Vegetable tannins – lessons of a phytochemical lifetime. **Phytochemistry**, v. 68, n.22-24, p. 2173-2721, 2007.

HASSIMOTTO, N.M.A.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.8, p.2928-2935, 2005.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

HERNÁNDEZ, Y.; LOBO, M. G.; GONZÁLEZ, M. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. **Food Chemistry**, v. 96, p. 654–664, 2006.

HOFFMANN-RIBANI R, HUBER, L.; RODRIGUEZ-AMAYA ,D. Flavonols in fresh and processed Brazilian fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.22, n.4, p.263-268, 2009

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R.L. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n.6, p.1841-1856, 2005.

HUNG, L.M.; SU, M.J.; CHU, W.K.; CHIAO, C.W.; CHAN, W.F.;CHEN, J.K. The protective effect of resveratrols on ischaemiareperfusion injuries of rat hearts is correlated with antioxidant efficacy, **Journal of Pharmacology**, v.135, n. 7, p.1627-1633, 2002.

HUFENUSSLER, M.; KACHAN, G.C. Secagem de purê de banana em um secador de leite de jorro. In: Encontro sobre Escoamento em Meios Porosos, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, v.2, p.340-354, 1985.

IAL - INSTITUTO ADOLF LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz**. 3ª ed. São Paulo. v.1, 533p. 2008.

IBRAF - INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS, Disponível em: <www.ibraf.org.br> Acesso em: 09.09.2009.

INFANTE, J.; PRADO, A.; MORENO, I.A.M.; ALENCAR, S.M. Atividade antioxidante de frutas tropicais submetidas a diferentes solventes de extração. **Relatório interno**, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP, Piracicaba-SP p.1-8, 2008.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powders properties. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 125-134, 2004.

JAYAPRAKASHA, G.K; SINGH, R.P; SAKARIAH. K.K. Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models in vitro. **Food Chemistry**, v. 73, p. 285-290, 2001.

JOHNS, T.; EYZAGUIRRE, P.B. Linking biodiversity, diet and health in policy and practice. In Symposium on Wild-gathered plants: basic nutrition, health and survival. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 65, p. 182-189, 2006.

KACHAN, G. C.; CHIAPPETTA, E. Desidratação de pasta de tomate em um secador em leito de jorro. **Anais...** 8º Congresso Brasileiro de Engenharia Química, São Paulo, Brasil. v.2, p. 510 - 523, 1988.

KAYA, A.; AYDIN,O.; KOLAYL, S. Drying conditions on the vitamin C (ascorbic acid) content of Hayward kiwifruits (*Actinidia deliciosa* Planch). **Food and Bioproducts Processing**, v.8, n.2, p. 165-173, 2010.

KASIVISWANATH, R.; RAMESH, A.; KUMAR, K.E.; Hypoglycemic and antihyperglycemic effect of *Gmelina asiatica* Linn. in normal and in alloxan induced diabetic rats. **Biology and Pharmaceutic Bulletin**, v.28, p. 729-732, 2005.

KIM, J.S.; KWON, C.S.; SON, K.H. Inhibition of alfa glucosidase and amylase by luteolin, a flavonoid. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v.64, n.11, p. 2458-2461, 2000.

KIM, D.O.; LEE, K.W.; LEE, H.J.; LEE, C.H. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.3713-3717, 2002.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

KIM, Y-M.; JEONG, Y-K.; WANG, M-H.; LEE, E-Y.; RHEE, H-I. Inhibitory effect of pine extract on α -glucosidase activity and postprandial hyperglycemia. **Nutrition**, v. 21, p. 756-761, 2005.

KOK,T.M.; BREDA,S.G.VAN. ; MANSON,M.M. Mechanisms of combined action of different chemopreventive dietary compounds. A review. **European Journal of Nutrition**, v.47, supl.2, p 51–59, 2008.

KONDO, S.; TSUDA, K.; MUTO, N.; UEDA, J. Antioxidative activity of apple skin or flesh extracts associated with fruit development on selected apple cultivars. **Scientia Horticulturae**, v.96, p.177-185, 2002.

KOWALSKI, J.; SAMOJEDNY, A.; PAUL, M.; PIETSZ, G.; WILCZOK, T. Effect of apigenin kaempferol and resveratrol on the expression of interleukin-1beta and tumor necrosis factor-alpha genes in J774.2 macrophages. **Pharmacological Reports**, v.57, n.3, p.390-394, 2005.

KUMAR, D.; JAIN, V. K.; SHANKER, G.; SRIVASTAVA, A. Citric acid production by solid state fermentation using sugarcane bagasse. **Process Biochemistry**, v.38, 1731-1738, 2003.

KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; GARCÍA-PARILLA,M.C.; TRONCOSO, A.M.; FETT,R. Atividade antioxidante de pigmentos antocianicos, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.4, 2004.

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

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

Capítulo 7: Referências bibliográficas

KRIS-ETHERTON, P.; HECKER, K.; BONANOME, A.; COVAL, S.; BINKOSKI, A.; HILPERT, K.; GRIEL, A.; ETHERTON, T. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **The American Journal of Medicine**, v.113, n.9B, p. 71S-88S, 2002.

KWON, Y.; VATTEM, D.; SHETTY, K. Clonal herbs of *Laminaceae* species against diabetes and hypertension. **Ásia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v.15, n.1, p. 107-118, 2006.

KWON, Y.; APOSTOLIDIS, E.; KIM, Y.; SHETTY, K. Health benefits of traditional corn, beans and pumpkin: *in vitro* studies for hyperglycemia and hypertension management. **Journal of Medicinal Food**, v.10, n.2, p. 266-275, 2007.

KWON, Y. I.; APOSTOLIDIS, E.; SHETTY, K. In vitro studies of eggplant (*Solanum melongena*) phenolics as inhibitors of key enzymes relevant for type 2 diabetes and hypertension. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 2981–2988, 2008.

LAPORNIK, B.; PROSEK, M.; WONDRA, A.G.; Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. **Journal of Food Engineering**, n. 71, p.214–222, 2005.

LEFÈBVRE, P.; SCHEEN, A. Glucose metabolism and the postprandial state. **Journal of Clinical Investigation**, v.29, n. 2, p.1-6, 1999.

LEE, M-H.; CHIOU, J-F.; YEN, K-Y.; YANG, L-L. EBV DNA polymerase inhibition of tannins from *Eugenia uniflora*. **Cancer Letters**, v.154, p.131-136, 2000.

LEE, J.; DURST, R. W.; WROLSTAD, R. E. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. **Journal AOAC International**, v. 88, n. 5, p. 1269-1278, 2005.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

LEONG, L.P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruit in Singapore markets. **Food Chemistry**, v.76, p.69-75, 2002.

LI, X.J.; JI, H.F.; ZHANG, H.Y. Natural inspirations for antioxidant drug discovery. **Drug Discovery Today**, v.14, p. 910-912, 2009.

LIMA, V. L. A. G. de; MÉLO, E. A.; LIMA, L. S.; NASCIMENTO, P. P. Estudo comparativo das características físico-químicas de duas seleções de pitanga (*Eugenia uniflora* L.). In: XVII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. **Anais...** Fortaleza, p. 5-22, 2000.

LIMA, V.L.A.G de; MÉLO, E. de A.; LIMA, L. dos S.; NASCIMENTO, P.P. do. Caracterização físico-química e sensorial de pitanga roxa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.22, p.382-385, 2000

LIMA, L.M. O. Estudo do aproveitamento de bagaço de frutas tropicais, visando à extração de fibras. 2001.108f. **Tese** (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

LIMA, V. L. A. G. de; MÉLO, E. A.; LIMA, D. E. S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, p. 447-450, 2002.

LIMA, V.L.A.G.; MELO, E.A.; MACIEL, M.I.S.; LIMA, D.E.S. Avaliação do teor de antocianinas em polpa de acerola congelada proveniente de 12 frutos de diferentes aceroleiras (*Malpighia emarginata* DC.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 101-103, 2003.

LIMA. E.D.P.A.; LIMA. C.A.A.; ALDRIGUE. M.L.Z.; GONDIM. P. J. S. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*spondias spp*) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.2, 2002.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; PRAZERES, F. G.; MUSSER, R. S.; LIMA, D. E. S. Total phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. **Food Chemistry**, v. 90, n. 4, p. 565–568, 2005.

LIMA, I.O.; OLIVEIRA, R.A.G.; LIMA, E.O.; FARIAS, N.M.P.; SOUZA, E.L.; Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre espécies de *Candida*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 16, n.2, p197-201, 2006.

LIMA, L. M. R.; MORAIS, V. L. M.; ALSINA, O. L. S. Correlação Empírica para a Circulação de Sólidos na Secagem de Polpa de Frutas em Leito de Jorro. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 17, 2008, Recife. **Anais...**, Engenharia Química: Energia e Novos Desafios, 2008.

LIN, Y. T.; LABBE, R. G.; SHETTY. K. Inhibition of *Vibrio parahaemolyticus* in seafood systems using oregano and cranberry phytochemical synergies and lactic acid. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.6, p. 453 - 458, 2005.

LIU,R.H. Potential Synergy of Phytochemicals in Cancer Prevention: Mechanism of Action. **Journal of Nutrition**, v. 134, p. 3479-3485, 2004.

LIYANA-PATHIRANA, C.; SHAHIDI, F. Optimization of extraction of phenolic compounds from wheat using response surface methodology. **Food Chemistry**, v. 93, n. 1, p. 43-56, 2005.

LOPES, A. S. Pitanga e acerola: Estudo de processamento, estabilidade e formulação de néctar misto. 2005, 193f. **Tese** (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

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

LUXIMON-RAMMA, A.; BAHORUN, T.; CROZIER, A. Antioxidant actions and phenolic and vitamin C contents of common Mauritian exotic fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.83, p.496-502, 2003.

MAI, T.T.; CHUYEN, N.V. Anti-hyperglycemic activity of anaqueous extract from flower buds of *Cleistocalyx operculatus* (Roxb.) Merr and Perry. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry** v.71, p. 69-76, 2007.

MALACRIDA, C.R.; MOTTA,S. Compostos fenólicos totais e Antocianinas em suco de uva. **Ciência eTecnologia de Alimentos**, v.25,n. 4,p. 659-664, 2005.

MAKKAR, H.P.S. Effect and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. **Small Ruminant Research** , v.49, p.241-256, 2003.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition.**, v. 79, n.5, p. 727-47, 2004.

MANTOVANI, J. R.; CORRÊA, M. C. M.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; NATALE, W. Uso fertilizante de resíduo da indústria processadora de goiabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 339-342, 2004.

MAROO, J.; VASU, V.T.; AALINKEEL, R.; GUPTA, S.; Glucose lowering effect of aqueous extract of *Enicostemma littorale* Blume in diabetes: a possible mechanism of action. **Journal of Ethnopharmacology**, 81, p. 317-320, 2002.

MARTINEZ,O.L.A.; BRENNAM, J.G.; NIRAJAM, K. “Estudio del Secado de Alimentos en um Secador de Fuente com Partículas Inertes”, **I Congresso Ibero Americano de Alimentos**, 72-81, 1995.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M. J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 50, n. 1, p. 5-18, 2000.

MARZOUK, M.S.; SOLIMAN, F.M.; SHEHATA, I.A.; RABEE, M.; FAWZY, G.A. Flavonoids and biological activities of *Jussiaea repens*. **Natural Products Research**, v.21, n.5, p.436-443, 2007.

MATHUR, K. B., GISHLER, P. E. A technique for contacting gases with coarse solid particles. **AIChE**, v. 1, p. 157- 171, 1955.

MATHUR, K. B., EPSTEIN, N. **Spouted Beds**. New York: Academic Press, p. 300 – 304, 1974.

MATSUI, T.; UEDA, T.; OKI, T.; SUGITA, K.; TERAHARA, N.; MATSUMOTO, K. α -glucosidase inhibitory action of natural acylated anthocyanins. 1. Survey of natural pigments with potent inhibitory activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n.4, p. 1948-1951, 2001.

MATSUMURA, T.; KASAI, M.; HAYASHI, T.; ARISAWA, M.; MONOSE, Y.; ARAI, I.; AMAGAYA, S.; KOMATSU, Y. α -glucosidase inhibitors from paraguayan natural medicine, Ñangapity, the leaves of *Eugenia uniflora*. **Pharmaceutical Biology**, v.38, p 302-307, 2000.

MAZZANTI, C. M.; SCHOSSLER, D. R.; FILAPPI, A.; PRESTES, D.; BALZ, D.; MIRON, V.; MORSCH, A.; SCHETINGER, M. R. C.; MORSCH, V. M.; CECIM, M. Estudo da casca de *Syzygium cumini* no controle de glicemia e estresse oxidativo de ratos normais diabéticos. **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, p. 1062-1065, 2003.

MBAVENG, A.; NGAMENI, B.; KUETE, V.; SIMO, I.; AMBASSA, P.; ROY, R.; BEZABIH, M.; ETOA, F.; NGADJUI, B.; ABEGAZ, B.; MEYER, J.; LALL, N.; BENG, V. Antimicrobial activity of the crude extracts and five flavonoids from the

twigs of *Dorstenia barteri* (*Moraceae*). **Journal of Ethnopharmacology**, v.116, n. 3, p. 483-489, 2008.

MCCLEMENTS, D.J.; DECKER,E.A. Lipid Oxidation in Oil-in-Water Emulsions:Impact of Molecular Environment on Chemical Reactions in Heterogeneous Food Systems. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 8,p. 1270-1282, 2000.

MCCUE, P.; KWON, Y.I.; SHETTY, K. Anti-amylase, anti-glucosidase and anti-angiotensin-converting enzyme potential of selected foods. **Journal of Food Biochemistry**, v.29, p.278–294, 2005.

MCDOUGALL GJ, SHPIRO F, DOBSON P, SMITH P, BLAKE A, STEWART D: Different polyphenolic components of soft fruits inhibit α -amylase and α -glucosidase. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.53, p.2760-2766, 2005.

MEDEIROS, M.F.D. Influência da composição química dos materiais no desempenho do processo de secagem de polpas de frutas em leito de jorro. Campinas. 2001, 233p. **Tese** (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

MEDEIROS, M.; ALSINA, O.; ROCHA, S.; JERÔNIMO, C.; MATA, A.; MEDEIROS, U.; FURTUNATO, A. Escoabilidade de leitões de partículas inertes com polpa de frutas tropicais. Efeitos na secagem em leito de jorro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.35, p. 475-480, 2001.

MEDEIROS, U.K.L. Estudo da secagem do feijão verde (*Vigna Unguilata L. walp*) – Análise experimental do processo combinado leito-fixo/leito de jorro. 2004. 120p. **Dissertação** (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN.

MEDEIROS, U.K.L.; MARCIANO, L.A.; NASCIMENTO, R.J.A.; PASSOS, M.L.; MEDEIROS; M.F.D. Efeito das condições de processo no desempenho da secagem de leite de cabra em secador de leito de jorro com partículas inertes. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, 33, 2007, Aracaju. **Anais...**, 2007.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim do SBCTA**. Campinas: v.36, n. 1, p. 1 – 11, 2002.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 2, p.193-201, 2008.

MELO, K.S.; NASCIMENTO, M.A.; GOMES, W.C.; CABRAL, S.B.; ROCHA, A.T. Fluidodinâmica de leite de jorro com leite de cabra e polpa de cajá. **Revista Verde**, v.5, n.4, p. 61 – 67, 2010.

MENEZES, A.R.J.; SILVA JÚNIOR, A.; CRUZ, H.L.L.; ARAUJO, D.R.; SAMPAIO, D.D. Estudo comparativo do pó da acerola verde (*malphigia emarginata* d.c) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.11, n.1, p.1-8, 2009.

MERKEN, H.M.; BEECHER, G.R. Measurement of food flavonoids by high-performance liquid chromatography: a review. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.48, n. 3, p. 577-99, 2000.

MEZADRI, T.;VILLAÑO, D.;FERNÁNDEZ-PACHÓN, M.;GARCÍA-PARRILLA, M.; TRONCOSO, A. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.21, n.4, p. 282-290, 2008.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicilic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, p.426-428. 1959.

MIGLIATO,K.F.;, MOREIRA, R.R.D. ; MELLO, J. C.P.;. SACRAMENTO, L.V.S.; CORRÊA,M.A.; SALGADO, H. R.N. Controle da qualidade do fruto de *Syzygium cumini* (L.) Skeels. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n.1, p. 94-101, 2007.

MOLYNEUX, P. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant. **Journal of Science and Technology**, v. 26, 211-219, 2004.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U.P.; ARAÚJO, E. L.; AMORIM, E.L.C. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v.28, n.5, 2005.

MOREIRA, G. E. G.; Obtenção e caracterização de extrato microencapsulado de resíduo agroindustrial de acerola. 2007, 72 f, **Dissertação** (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Natal – RN.

MOREIRA. G.E.G. ; COSTA . M. G. M. ; SOUZA. A. C. R.; BRITO. E. S. ; MEDEIROS. M. F. D. ; AZEREDO. H. M.C. Physical properties of spray dried acerola pomace extract as affected by temperature and drying aids. **Food Science and Technology**, v. 42, p. 641–645, 2009.

MORENO-VELÁZQUEZ, D.; SAUCEDO-VELOZ, C.; ARÉVALO-GALARZA, L.; PEÑA-VALDIVIA, C. B.; SOTO-HERNÁNDEZ, M.; CRUZ-LAGUNAS, B. Cambios bioquímicos, biofísicos y fisiológicos durante el crecimiento y maduración del fruto de ilama (*Annona diversifolia* Saff.). **Agrociência**, v. 42, p. 407-414, 2008.

MOSCATELLI, V.; HNATYSZYN, O.; ACEVEDO, C.; MEGÍAS,J.; ALCARAZ, M.J.; FERRARO, G. Flavonoids from *Artemisia copa* with anti-inflammatory activity. **Planta Médica**, Berlim, v.72, n.1, p.72-74, 2006.

MOURA, C.F.H.; ALVES, R.E.; FIGUEIREDO, R.W; PAIVA,J.R. Avaliações físicas e físico-químicas de frutos de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C), **Ciência agronômica**, v. 38, 52-57, 2008.

MUJUMDAR, A. S. “**Innovation and globalization in drying R e D**”. In: 15th International Drying Symposium (IDS 2006), Budapest, Hungary. Gödöllo: *Szent István*, Vol. A, p. 3-17, 2006.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography**, v.1054, p. 95-111, 2004.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analysis. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v.41, n.5, p. 1523-1542, 2006.

NARAIN, N.; GALVÃO, M.S.; MADRUGA, M.S. Volatile compounds captured through purge and trap technique in caja-umbu (*Spondias* sp.) fruits during maturation. **Food Chemistry**, v.102, p. 726-731, 2007.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V. de; BURITY, H. A.; SILVA JÚNIOR, J. F. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 463-470, 2002.

NORONHA, A.S. N.; CARDOSO, E. A.; DIAS, N. S. Características físico-químicas de frutos de umbu-cajá *Spondias* sp. provenientes dos pólos Baixo-Jaguaribe (CE) e Assu-Mossoró (RN). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.2, p.91-96, 2000.

NOTKINS, A.B. Immunologic and Genetic Factors in Type 1 Diabetes. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 277, n. 6, p. 43545-43548, 2002.

OLIVEIRA, F.M.N.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M. Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.8, n.1, p.25-33, 2006.

OLIVEIRA, C.N.; COSTA, R.G.; RIBEIRO, L.R. Obesidade abdominal associada à fatores de risco à saúde em adultos. **Saúde e Ambiente**, v. 3, n.1, p. 34-43, 2008.

OLIVEIRA, A. C.; VALENTIM, I. B.; SILVA, C.A; BECHARA, E. J. H.; 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, p. 469–475, 2009.

PALLET. D.; CABRAL.L.; MATTA.V.; PEZOA-GARCÍA. N.H.; MENEZES.H.C.; ABREU. F.A.P.; DORNIER. M.; REYNES. M. Aplicação da tecnologia de membranas no processamento de sucos de frutas brasileiras. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 427-437, 2005.

PELLEGRINI, N.; COLOMBI,B.SALVATORE,S.;BRENNNA,O.V.;GALAVERNA,G.; BIANCHI, M.; BENNETT, R.N.; BRIGHENTI,F. Evaluation of antioxidant capacity of some fruit and vegetable foods:efficiency of extraction of a sequence of solvents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.87, p.103-111, 2007.

PELIZER, L. H., PONTIERI, M. H., MORAES, I. O. Utilização de Resíduos Agro-Industriais em Processos Biotecnológicos como Perspectiva de Redução do Impacto Ambiental. **Journal Technology Management**, v. 02, p.118-127, 2007.

PELÚZIO, M.C.G.; OLIVEIRA, V.P. Vitaminas antioxidantes. In: COSTA, N.M.B.; ROSA, C O.B. **Alimentos Funcionais**. Viçosa; Folha de Viçosa, p.102-188, 2006.

PEPATO, M.T.; FOLGADO, V.B.B.; KETTELHUT, I.C .; BRUNETTI, I.L. Lack of antidiabetic effect of a Eugenia jambolana leaf decoction on rat streptozotocin diabetes. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**. v. 34 n.3,p. 389-395, 2001.

PEREZ-JIMENEZ,J.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. **Food Research International**, v. 39, p.791-800, 2006.

PEREZ-JIMENEZ, J. Metodologia para la evolucion de ingredientes funcionales antioxidante: efecto de fibra antioxidante de uvaen status antioxidante y parâmetros de riesgo cardiovascular em humanos. **Tesis** (Doctoral) - Programa de Doctorado em Ciencia y Tecnologia de los Alimentos, 244p. 2007.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

PEREZ-JIMENEZ, J.; ARRANZ,S.; TABERNERO,M.; DIAZ-RUBIO,M.H.; SERRANO, J., GON, I.; SAURA-CALIXTO, F. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. **Food Research International**, v. 41p.274–285, 2008.

PINTO, M. S.; KWON, Y-I.; APOSTOLIDIS, E.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; SHETTY, K. Functionality of bioactive compounds in brazilian strawberry (*Fragaria x ananassa* duch.) cultivars: evaluation of hyperglycemia and hypertension potential using in vitro models. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p.4386-4392, 2008.

PINTO, M. S.; GHAEDIAN, R.; SHINDE, R.; SHETTY,K. Potential of Cranberry Powder for Management of Hyperglycemia Using In Vitro. **Journal of Medicinal Food**, v. 13, n.5, p.1036–1044, 2010.

PRIOR, R. L.; CAO, G. In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 27, p.1173-1181, 1999.

PRIOR, R.L.; CAO, G. Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables: diet and health implications. **Hort Science**, v.35, p.588-592, 2000.

PRIOR, R.L.; WU,X.; SCHAICH,K. Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p.4290-4302, 2005.

PISOSCHI, A.M.; CHEREGI, M.C.; DANET, A.F. Total Antioxidant Capacity of Some Commercial Fruit Juices: Electrochemical and Spectrophotometrical Approaches, **Molecules**, v.14, 480-493, 2009.

POPKIN, B.M. An overview of the nutrition transition and its health implications: the Bellagio meeting. **Public Health Nutrition**. v.5, p.93–103, 2002.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

PUUPPONEN-PIMIÄ, R.; NOHYNEK, L.; ALAKOMI, H.; OKSMAN-CALDENTEY, K. Bioactive Berry compounds - novel tools against human pathogens. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.67, n.1, p. 8-18, 2005.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006.

RAMOS, L. A.; LUPETTI, K.O.; CAVALHEIRO, E.T.G.; FATIBELLO-FILHO, O. Utilização Do Extrato Bruto de Frutos de *Solanum Nigrum L.* **Eclética Química**, v. 25, p. 229-240, 2000.

RANDHIR, R.; LIN, Y-T.; SHETTY, K. Stimulation of phenolics, antioxidant and antimicrobial activities in dark germinated mung bean sprouts in response to peptide and phytochemical elicitors. **Process Biochemistry**, v. 39, p. 637-646, 2004.

RANDHIR, R.; SHETTY, K. Mung beans processed by solid-state bioconversion improves phenolic content and functionality relevant for diabetes and ulcer management. **Innovative Food Science Emerging Technologies**, v.8, n. 2, p. 197-204, 2007.

RANILLA, L.G.; , KWON, Y.-IN.; APOSTOLIDIS, E.; SHETTY, K. Phenolic compounds, antioxidant activity and in vitro inhibitory potential against key enzymes relevant for hyperglycemia and hypertension of commonly used medicinal plants, herbs and spices in Latin America. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 4676- 4689, 2010.

REGER, E. O.; ROMANKOV, P. O. ; RASHKOVSKAYA, N. B. **Drying of paste-like materials on inert bodies in a spouting bed**, Zh. Prikl. Khim. (Leningrad), v. 40, n. 10, p. 2189 - 2191, 1967, In: Strumillo, C.; Markowski, A.; Kaminski, W. Modern developments in drying of pastelike materials. *Advances in Drying*. V. 2 Mujundar A. S. (ed). Editorial Mc Graw Hill, 1983.

REYNERTSON, K. A.; BASILE, M.J.; KENNELLY, E.J. Antioxidant Potential of Seven Myrtaceous Fruits. **Ethnobotany Research & Applications**, v. 3, p.25-35, 2005.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A.G. **Química de alimentos**. Água. 2ª Ed. São Paulo: Blucher, p. 2-27, 2007.

RICE-EVANS, C.; NICOLAS, J.; MILLER, J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology and Medicine**, v.20, p.933-956, 1996.

RICE-EVANS, C.A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends Plant Science**. v. 2, n. 4, p. 152-159, 1997.

RIVERO, R.M.; RUIZ, J.M.; GARCIA, P. C.; LOPEZ-LEFEBRE, R.S . Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants, **Plant Science**, v. 160, p. 315–321, .2001.

RIVERO-PEREZ, M.D.; MUNIZ, P.; GONZALEZ-SANJOSE, M.L. Antioxidant profile of red wines evaluated by total antioxidant capacity, scavenger activity, and biomarkers of oxidative stress methodologies. **Journal Agriculture Food Chemistry**. 2007, 55, 5476-5483.

ROCKENBACH, I.I.; SILVA, G.S.; RODRIGUES, E.; KUSKOSKI, E.M.; FETT, R. Solvent Influence on total polyphenol content, anthocyanins, and antioxidant activity of grape (*Vitis vinifera*) bagasse extracts from Tannat and Ancelota - different varieties of *Vitis vinifera* varieties. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, p. 238-244, 2008.

ROCHA, A. P. T.; ALSINA, O. L. S.; SILVA, V. S.; SILVA, F. L. H. da. Cinética de produção de levedura seca em leito de jorro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p. 81-86, 2008.

ROCHA, A. P. T., SILVA, O. S., ALSINA, O. L. S. Caracterização física de grânulos de quebra-pedra para uso em leito de jorro. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 4, n.1, p. 31-37, 2009.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B., KIMURA, M., Carote-nóides e valor nutritivo de vitamina A em cajá (*Spondias lutea* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.9, n.2, p.148-162, 1989.

ROHN, S.; RAWEL, M.; KROLL, J. Inhibitory effects of plant phenols on the activity of selected enzymes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n. 12, p. 3566-3571, 2002.

ROSSO, V.; MERCADANTE, A. Carotenoid composition of two Brazilian genotypes of acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) from two harvests. **Food Research International**, v.38, n. 8-9, p. 1073-1077, 2005.

ROSSO, V., MERCADANTE, A. The high ascorbic acid content is the main cause of the low stability of anthocyanin extracts from acerola. **Food Chemistry**, V. 103, n. 3, p 935-943, 2007.

ROSSO, V.; HILLEBRAND, S.;MONTILLA, E.;BOBBIO, F.;WINTERHALTER, P.; MERCADANTE, A. Determination of anthocyanins from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) and açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) by HPLC–PDA–MS/MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.21, n.4, p. 291-299, 2008.

ROMERO, A.L.; FONTANA,A.;SILVA,C.C.;SOUZA,M.C. Atividade antiproliferativa de *Sloanea garckeana* K. Schum. **Química Nova**, v. 31, n.. 6, p. 1359-1361, 2008.

ROSS, J.A, KASUM, C.M. Dietary flavonoids: Bioavailability, Metabolic Effects, and Safety. **Annual Review of Nutrition**, v. 22, p. 19-34, 2002.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre abts. Fortaleza: Emprapa Agroindustria Tropical, - **Comunicado Técnico**, n, 127, 2007.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996–1002, 2010.

SATO, K.L.; MIGLIACIO, V. CARMO, J.M.; OLIVETI, M.C.; FERREIRA, R.S.; FAZAN, V.P.S. Diabetes como modelo de neuropatia autônoma. **Medicina Ribeirão Preto**, v. 39, n.1, p. 28-38, 2006.

SANTOS-BUELGA, C.; SCALBERT, A. Proanthocyanidins and tanninlike compounds—nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p.1094-1117, 2000.

SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. Inter-relações genéticas entre espécies do gênero spondias com base em marcadores AFLP. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 30, n. 3, p. 731-735, 2008.

SCHNEIDER, T.; BRIDGWATER, J. The stability of wet spouted beds. **Drying Technology**, v.11, n.2, p. 277-301. 1993.

SCHAPOVAL, E. E. S.; SILVEIRA, S. M. MIRANDA, ; M. L.; ALICE, C. B.; HENRIQUES, A. T. Evaluation of some pharmacological activities on *Eugenia uniflora* L. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 44, p. 137-142, 1994.

SCHILLBERG, S.; TWYMAN, R.M.; FISCHER, R. Opportunities for recombinant antigen and antibody expression in transgenic plants—technology assessment. **Vaccine**, v. 23, p. 1764–1769, 2005.

SCHULTZ, V. **Fitoterapia Racional**: Um guia de fitoterapia para as ciências da saúde. Barueri. Ed. Manole, p. 300-386, 2002.

SEABRA, R.M.; ANDRADE, P.B.; VALENTÃO, P.; FERNANDES, E.; CARVALHO, F.; BASTOS, M.L. Antioxidant compounds extracted from several plant

materials. In: Fingerman M, Nagabhushanam R, editors. Biomaterials from aquatic and terrestrial organisms. Enfield (NH) USA: **Science**; p. 115-174, 2006.

SEXTON, E.; VAN THEMSCHE C.; LEBLANC, K., PARENT, S.;LEMOINE, P.; ASSELIN, E. Resveratrol interferes with AKT activity and triggers apoptosis in human uterine cancer cells. **Molecular Cancer**, Londres, v. 5, n.45, p.1-13, 2006.

SHETTY K, WAHLQVIST ML. A Model for the role of the proline-linked pentose-phosphate pathway in phenolic phytochemical biosynthesis and mechanism of action for human health and environmental applications. **Journal of Clinical Nutrition**. v. 13, p. 1-24,2004.

SHETTY,K. Role of proline-linked pentose phosphate pathway in biosynthesis of plant phenolics for functional food and environmental applications: **A review**.v.39,p.789-804, 2004.

SHIDHAR, S. B.; SHEETAL, U. D.; PAI, M. R. S. M.; SHASTRI, M. S. Preclinicalevaluation of the antiabetic effect of *Eugenia jambolona* seed Power in streptozotocin-diabetic rats. **Brazilian Journal Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 48, n. 3, p. 436-468, 2005.

SILVA, D.J.; Queiroz, A.C. **Análise de Alimentos** (métodos químicos e biológicos). 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 235p.2002.

SILVA, R.N.G.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M.;GALDINO,P.O. Storage of umbu-cajá powder. **Ciência Rural**, v.35, n.5, 2005.

SILVA, L. R. Qualidade e atividade antioxidante de frutos de genótipos de umbu-cajazeiras (*spondias* sp.) oriundos da microrregião de Iguatu, CE. 2008, 135f. **Tese** (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba. Areia – PB.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R.M. Analysis of total phenols and other oxidantion substrates and antioxidants by means Folin Ciocalteu reagent. **Methods of Enzymology**, v.299, p.152-178, 1999.

SINGHANIA, R.; PATEL, A.; SOCCOL, C.; PANDEY, A. Recent advances in solid-state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, v.44, p. 13-18, 2009.

SINGH, S. P.; PAL, R. K.. Controlled atmosphere storage of guava (*Psidium guajava* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 47, n. 3, p. 296-306, 2008.

SIQUETE, C. PAIVA-MARTINS.; LIMA,J.C.; REIS,S. Antioxidant profile of dihydroxy-and trihydroxyphenolic acids: a structure-activity relationship study. **Free Radical Research**, v. 40, p.433-442, 2006.

SOARES,E.C.; OLIVEIRA, F.G.S.; MAIA, G.A.; MONTEIRO, J.C. S.; SILVA JR. A.; FILHO, M. S.S. Desidratação da polpa de acerola (*malpighia emarginata* d.c.) pelo processo "foam-mat," **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21,n.2, 2001.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**. v. 15, n.1, p. 71-81, 2002.

SOONG, Y-Y.; BARLOW, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, v.88, p.411–417, 2004.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: um guia ilustrado para Identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 599-640, 2005.

SOUSA, F.C.F, MELO, C.T.V.; CITÓ, M.C.O.; FÉLIX, F.H.C.; VASCONCELOS S.M.M.; FONTELES, M.M.F.; BARBOSA-FILHO, J.M.; VIANA.; G.S.B. Plantas medicinais e seus constituintes bioativos: Uma revisão da bioatividade e potenciais

Capítulo 7: Referências bibliográficas

benefícios nos distúrbios da ansiedade em modelos animais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, p. 642-654, 2008.

SOUZA, J.S.; Secagem de misturas de polpas de frutas tropicais em leite de jorro. 2009, 178 f. **Tese** (Doutorado)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Natal – RN, 2009.

SOUZA, B. A. A.; CORREIA R. T. P.; Biotechnological Reuse of Fruit Residues as Rational Strategy for Agro-industrial resources. **Journal of Technology Management e Innovation**. V.5, n.2, p. 1-9, 2010.

SOUZA, R. L. A. DE. ; OLIVEIRA, L. DE S. C.; SILVA, F. L. H.; AMORIM, B.C. Caracterização da poligalacturonase produzida por fermentação semi-sólida utilizando-se resíduo do maracujá como substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.9, 2010.

SOUZA-JÚNIOR, F.E. Recuperação de compostos funcionais presente no resíduo agroindustrial de acerola mediante microencapsulação por atomização em leite de jorro. 2010, 97 f. **Monografia** (Conclusão de curso Engenharia Químico) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal – RN, 2010.

SORIA, E.A.; EYNARD, A.R.; QUIROGA, P.L.; BONGIOVANNI, G.A. Differential effects of quercetin and silymarin on arsenite-induced cytotoxicity in two human breast adenocarcinoma cell lines. **Life Sciences**, v.81, n.17-18, p.1397-1402, 2007.

SPENCER, J.P.E.; CHAUDRY, F.; PANNALA, A. S.; SRAI, S. K.; DEBNAM, E.; RICE-EVANS, C. Decomposition of cocoa procyanidins in the gastric milieu. **Biochemical and biophysical Research communications**, v. 271, p. 236-241, 2000.

SPENCER, J. P. E.; JEREMY, P.E. SPENCER, CHROETER, H. S.; RECHNER, A.R.; C. RICE-EVANS. Bioavailability of flavan-3-ols and procyanidins: gastrointestinal tract influences and their relevance to bioactive forms in vivo. **Antioxidants and Redox Signaling**, v.3, 1023-1039, 2001.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

SROKA, Z.; CISOWSKI, W. Hydrogen peroxide scavenging, antioxidant and antiradical activity of some phenolic acids. **Food and Chemical Toxicology**, v. 41, p.753-758, 2003.

STRUBE, M.; DRAGTETD, L.O.; LARSEN, P.; LARSTEN, J.C. Naturally Occuring Antitumourigens. In: RABAH, T.M.; KHALIL, I.E.; HOWARD, L. Effect of ascorbic acid and dehydration on concentrations of total phenolics, antioxidant capacity, anthocyanins, and color in fruits. **Journal of agriculture and Food Chemistry**, v.53, p. 444-447, 2005.

SU, L.; YIN, J.J.; CHARLES, D.; ZHOU, K. MOORE, J.; YU, L.L. Total phenolic contents, chelating capacities, and radical-scavenging properties of black peppercorn, nutmeg, rosehip, cinnamon and oregano leaf. **Food Chemistry**, v. 100, n. 3, p. 990-997, 2007.

SUN, J.; CHU, Y.-F.; WU, X. ; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of fruits. **Journal agriculture of Food Chemistry**, v. 50, p.7449-7454, 2002.

TACO, **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - 2ª Edição**, NEPA-UNICAMP, p.114, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, p.449-484, 2004.

TORRAS-CLAVERIA, L.; JAUREQUI, O.; BASTIDA, J.; CODINA, C.; VILADOMAT, F. Antioxidant Activity and Phenolic Composition of Lavandin (Lavandula x intermedia Emeric ex Loiseleur) Waste. **Journal Agricultural of Food Chemistry**, v.55, n.21, p.8436-8443, 2007.

TEIXEIRA, L. N.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, F. A. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Revista Ceres**, 55, n.4, p. 297-304, 2008.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

UDDIN, M.; HAWLADER, M.; LING, L.; MUJUMDAR, A. Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. **Journal of Food Engineering**, v.51, n.1, p.21-26, 2002.

WANNMACHER, L. Uso racional de medicamentos. Antidiabéticos orais: Comparativo entre diferentes intervenções. Disponível em www.opos.org.br/medicamentos. Acesso 22 de agosto de 2010.

WALLE, T.; WALGREN,R.A.; U. WALLE,K.; GALIJATOVIC, A.; VAIDYANATHAN,J.B. Understanding the bioavailability of flavonoids through studies in Caco-2 cells. In: RICE-EVANS, C.; PACKER, L. **Flavonoids in health and disease**. New York: Marcel Dekker, p.349-362, 2003.

WALLACE, S.S. Biological consequences of free radical-damaged DNA bases. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 33, n.1, p. 1-14, 2002.

WOLFE, K.; WU, X.; LIU, R.H. Antioxidant activity of apple peels. **Journal Agriculture of Food Chemistry**, v 51, p. 609-614, 2003.

WOLFE, K.L.; KANG,X.; HE, X.DONG,M.;ZHANG,Q.; LIU, R.H.Cellular antioxidante activity of common fruits. **Journal Agriculture of Food Chemistry**, v .56, p.8418-8426, 2008.

WHO, World Health Organisation Consultation. **Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications.**: Diagnosis and classification of diabetes mellitus. Relatório da Organização Mundial de Saúde, 2009.

WU, X.; GU, L.; HOLDEN,J.; HAYTOWITZ, D.B.; GEBHARDT, S.E.; BEECHER,G.; PRIOR,R.L. Development of a database for total antioxidant capacity in foods: a preliminary study. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 17, p. 407-422, 2004.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

VALLS-BELLÉS, V.; FRANCH, P.C.; SAN-JOSÉ, G.M.L.; RODRÍGUEZ, L.M. Biodisponibilidad de los flavonoides de la cerveza. **Efecto antioxidante “in vivo”**. Madrid, Centro de Información Cerveza y Salud, p. 6-107, 2005.

VANUCH, H.; JORDÃO JÚNIOR, A.F. Vitaminas hidrossolúveis. In: MANACH, J.S.; DUTRA-DE-OLIVEIRA, E. **Ciências Nutricionais**, Savier, p.190-207, 2000.

VARGAS, F.D.; LÓPEZ, O.P. **Natural colorants for food and nutraceutical uses**, Boca Raton, p.169-285, 2003.

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.

VAQUERO, M. J. R.; ALBERTO, M. R.; NADRA, M. C. M. Antibacterial effect of phenolic compounds from different wines. **Food Control**, v. 18, p. 93-101, 2007.

VATTEM, D.A.; SHETTY, K. Biological functionality of ellagic acid: a review. **Journal of Food Biochemistry**, v. 29, p. 234–266, 2005.

VENDRAMINI, A.; TRUGO, L. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, v.1, n.2, p. 195-198, 2000.

VENDRAMINI, A.L.; TRUGO, L.C. Phenolic compounds in Acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v.15, n.5, p.664-668, 2004.

VELÁZQUEZ, E.; TOURNIER, H.A.; BUSCHIAZZO, P.M de.; SAAVEDRA, G.; SCHINELLA, G.R. Antioxidant activity of Paraguayan plants extracts. **Fitoterapia**, v.74, p.91-97, 2003.

VIANA, E. S. ; OLIVEIRA, L. A. ; Sousa, M.R. ; Silveira, A. P.P. ; LEAL, L. R. S. Caracterização de frutos de umbu-cajazeira para consumo in natura e processado. In:

Capítulo 7: Referências bibliográficas

XVI Encontro Nacional e II Encontro Latino Americano de Analista de Alimentos, 2009, Belo Horizonte. **ENAAL XVI Encontro Nacional e II Congresso Latino Americano de Analistas de Alimentos, 2009.**

VIEGAS, J. M.; NARAYAN, M. S.; LAXMAN, P. M.; NEELWARNE, B. Chemical nature, stability and bioefficacies of anthocyanins from fruit peel of *Syzygium cumini*. **Food Chemistry**, v. 105, p. 619- 627, 2007.

VILLAÑO, D.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M.S.; TRONCOSO,A.M.; GARCÍA-PARRILLA,M.C. Comparison of antioxidant activity of wine phenolic compounds and metabolites in vitro. **Analytica Chimica Acta**, v. 538, p. 391-398, 2005.

VILLAÑO, D.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M.S.; TRONCOSO,A.M.; GARCÍA-PARRILLA,M.C. Radical scavenging ability of polyphenolic compounds towards DPPH free radical. **Talanta**, v. 71, p.230-235, 2007.

VISSOTTO,F.Z.; MONTENEGRO,F.M.; SANTOS,J.M.; OLIVEIRA,S.J.R. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n.3, p.666-671, 2006.

VIZZOTTO, M. Pitanga: Uma fruta especial. **Criar e plantar**, v. 12, n.2, 2008.

VIZZOTTO, M.; FETTER, M. R. Jambolão: O poderoso antioxidante. **Cultivar**, 2009.

YAMAMOTO, M.; YAMATO, E.; TOYODA, S.; TASHIRO, F.; IKEGAMI, H.; YODOI, J.; MIYAZAKI, J. Transgenic expression of antioxidant protein thioredoxin in pancreatic beta cells prevents progression of type 2 diabetes mellitus, **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 10, n.1, p.:43-49. 2008.

Capítulo 7: Referências bibliográficas

YILDIRIM, A.; MAVI, A.; KARA, A.A. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. **Journal Agriculture of Food Chemistry**, v.49, n.8, p. 4083-4089, 2001.

YONATHAN, M.; ASRES, K.; ASSEFA, A.; BUCAR, F. In vivo anti-inflammatory and anti-nociceptive activities of *Cheilanthes farinosa*. **Journal of Ethnopharmacology**, v.108, n.3, p.462- 470, 2006.

YOON, M.S.; LEE, J.S.; CHOI, B.; JEONG, Y.; LEE, C.; PARK, J.; MOON, Y.; SUNG, S.; LEE, S.K.; CHANG, Y.H.; CHUNG, H.Y.; PARK, Y. Apigenin inhibits immunostimulatory function of dendritic cells: Implication of immunotherapeutic adjuvant. **Molecular Pharmacology**, v.70, n.3, p.1033-1044, 2006.

XIE, J.T.; WANG, C.Z.; WANG, A.B.; WU, J.; BASILA, D.; YUAN, C.S. Antihyperglycemic effects of total ginsenosides from leaves and stem of *Panax ginseng*. **Acta Pharmacol Sin**, v. 26, p. 1104-1110, 2005.

ZIBADI, S.; FARID, R.; MORIGUCHI, S.; LU, Y.; FOO, L.; TEHRANI, P. Oral administration of purple passion fruit peel extract attenuates blood pressure in female spontaneously hypertensive rats and humans. **Nutrition Research**, v. 27, p.408-416, 2007.

ZHANG, H-Y.; CHEN, L-L.; LI, X-J.; ZHANG, J. Evolutionary inspirations for drug discovery. **Trends in pharmacological Sciences**, v.20, p. 1-6, 2010.

ZHENG, Z.; SHETTY, K. Cranberry processing waste for solid state fungal inoculants production. **Process Biochemistry**, v.33, n.8, p.323-329, 2000.