

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ESTUDO DO ALBEDO DE MARACUJÁ E DE SEU APROVEITAMENTO
EM BARRA DE CEREAIS

Fernando César Akira Urbano Matsuura

Engenheiro Agrônomo

Profa. Dra. Hilary Castle de Menezes

Orientadora

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Alimentos, na área de Tecnologia de Alimentos.

Campinas – São Paulo

2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

M429e Matsuura, Fernando César Akira Urbano
Estudo do albedo de maracujá e de seu aproveitamento
em barra de cereais / Fernando César Akira Urbano Matsuura.
– Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: Hilary Castle de Menezes
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.*Passiflora*. 2.Subprodutos. 3.Composto tóxico. 4.Fibras.
5.Aproveitamento industrial. I.Menezes, Hilary Castle de.
II.Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de
Engenharia de Alimentos. III.Título.

cars-fea

BANCA EXAMINADORA

Profa Dra. Hilary Castle de Menezes

Universidade Estadual de Campinas
Orientadora

Prof. Dr. João Nunes Nogueira

Universidade de São Paulo
Membro

Profa. Dra. Maria Luzenira de Souza

Universidade Federal do Acre
Membro

Profa. Dra. Marisa de Nazaré Hoelz Jackix

Universidade Estadual de Campinas
Membro

Pesq. Dra. Shirley Aparecida Garcia Berbari

Instituto de Tecnologia de Alimentos
Membro

Profa. Dra. Maria Cecília de Figueiredo Toledo

Universidade Estadual de Campinas
Membro

Pesq. Dra. Maria Eugênia Marques de Almeida

Instituto de Tecnologia de Alimentos
Membro

Dedico esta tese a:

Marília Ieda da Silveira Folegatti e Guilherme Folegatti.

Mário Noritoshi Matsuura, Edair Urbano Matsuura e Daniela Mitie Urbano Matsuura,
Yohichi Matsuura e Shizuko Matsuura.

Ofereço esta tese a:

Hilary Castle e João Nunes,

Paulo Cantarelli, Marília Oeterrér e Cláudio Gallo,

Paulo Teruo, Hiroko, Mitiko, Maria e Vinícius Noritoshi,

Ricardo Luís e Dário Eloy,

Marcelo Henrique, Rodrigo, Flávio, Anderson, Marcelo, Thomas, Adrian, Gabriel e Renato.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Profa. Hilary Castle de Menezes, pela amizade, confiança e orientação de uma vida.

Ao Prof. João Nunes Nogueira, pela amizade, orientação e oportunidade de meu primeiro estágio na área de alimentos.

À UNICAMP, pela oportunidade de utilizar toda sua infra-estrutura para a consolidação de meu conhecimento.

À Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da UNICAMP, por permitir meu contato com professores com sólido conhecimento e técnicos preparados, que contribuíram com meu crescimento profissional e pessoal.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), pela oportunidade concedida e por contribuir com o crescimento profissional de seus colaboradores.

À Fundação de Amparo à Pesquisa (FAPESP), por fornecer os recursos financeiros para a execução deste projeto, como auxílio à pesquisa, e contribuir na realização de tantos outros projetos de diversos pesquisadores, professores e estudantes.

Aos Laboratórios de Bromatologia e Microbiologia de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, pelo apoio e colaboração em etapas importantes deste projeto.

Aos componentes da banca examinadora, Prof. Dr. João Nunes Nogueira, Profa. Dra. Maria Cecília de Figueiredo Toledo, Pesq. Dra. Maria Eugênia Marques de Almeida, Profa. Dra. Maria Luzenira de Souza, Profa. Dra. Marisa de Nazaré Hoelz Jackix e Pesq. Dra. Shirley Aparecida Garcia Berbari, pelas sugestões apresentadas e pelos comentários sobre este trabalho.

À Marília Ieda da Silveira Folegatti, por seu companheirismo, apoio e incentivo em todos os momentos.

Aos Profs. Nelson Horacio Pezoa Garcia e Marisa de Nazaré Hoelz Jackix, pela amizade, ensinamentos e colaborações realizados ao longo de vários anos.

Ao Prof. Ricardo Luís Cardoso, pela amizade, incentivo e confiança.

Aos Profs. Fernando L. Trindade Rêgo, Maria P. Spinola Miranda e Lígia Regina Radomille Santana, pela amizade, carinho e apoio.

Às Profas. Rosemary D. Sales Carvalho, Clícia C. Leite e Eliete S. Bispo, pela disposição, atenção e inestimável apoio.

À Profa. Débora Queiróz Tavares, pelos ensinamentos, colaboração e gentileza.

Aos Profs. Yoon Kil Chang, Maria Isabel Rodrigues, Fernanda P. Collares, Arnaldo Y. Kuaye e Flávia M. Netto, pelas contribuições.

À Ana E. Koon, pelos vários anos de amizade, paciência, incentivo e colaborações diversas.

Às empresas SL Cereais e Alimentos, Corn Products, Dulcini, Bunge Alimentos, Duas Rodas Industrial, pela doação de ingredientes usados na elaboração das barras desta Tese e pela contribuição a diversas outras pesquisas realizadas pelas Universidades brasileiras.

Aos funcionários da FEA: Priscila Huewes, Alessandra, Alice, Ana Lourdes, Dirce, Yara, Carla, Rafael, Marlene, Tânia, Sônia, Cosme, Jaime, Marli, Creuza, Sueli, Cláudia, Geraldo, Zé, Maria do Carmo, Marçal, Ricardo, Denir, pelas colaborações.

Aos funcionários da Faculdade de Farmácia da UFBA: Jaqueline, Maria de Fátima, Sandra, Gildonei, Margarete, Diva, Tatiane, Fernanda, Matilde, Patrícia, Sônia e Raimunda, pelo apoio.

Ao pessoal do laboratório e da FEA: Adriana, Daniela, Alessandra, Gabriela, Paulo, Simony, Silvia, Rafaela, Kathleen, Juliana, Guta, Priscila Efraim, Rosângela, Luciane, Gisele, Kelly, Alessandra L., Fernanda V., Pedro, Olivier, Daniel, Leonard, Fernanda H., Maristela, Sabrina e Marcos, pelo coleguismo, solidariedade, conversas e auxílio.

Ao Rogério I. Outsubo, pela força e apoio.

Às demais pessoas que colaboraram direta ou indiretamente para o planejamento e execução deste projeto.

ÍNDICE

	<i>página</i>
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ANEXOS	xv
RESUMO GERAL	xvi
GENERAL SUMMARY	xviii
INTRODUÇÃO GERAL	1
 CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA GERAL	 5
1. Maracujá	6
1.1 Generalidades e características do maracujá	6
1.2 Casca do maracujá	6
2. Fibra na alimentação humana	7
2.1 Conceito da fibra alimentar	7
2.2 Importância da fibra alimentar	8
2.3 Recomendações de ingestão de fibra alimentar na dieta	11
3. Glicosídeos cianogênicos	12
3.1 Generalidades	12
3.2 Ocorrência	12
3.3 Biossíntese e degradação	14
3.4 Funções na planta	16
3.5 Toxicidade ao ser humano	17
3.6 Glicosídeos cianogênicos em <i>Passiflora edulis</i>	19
3.7 Processos para eliminação de glicosídeos cianogênicos e de outros compostos cianogênicos das plantas	20
4. Aproveitamento de alguns resíduos de alimentos de origem vegetal	24
5. O produto alimentício barra de cereais	27
6. Referências bibliográficas	28
 CAPÍTULO 2 – EFEITO DA TRITURAÇÃO E IMERSÃO EM ÁGUA NA REDUÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS CIANOGENICOS DO ALBEDO DE MARACUJÁ AMARELO	 45
Resumo	46
Summary	47
Introdução	48
Material e métodos	51

Resultados e Discussão	52
Conclusões	57
Referências bibliográficas	57
 CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FORMAS DE PROCESSAMENTO, ENVOLVENDO O COZIMENTO, NA ELIMINAÇÃO DOS COMPOSTOS CIANOGENICOS DO ALBEDO DE MARACUJÁ AMARELO	 61
Resumo	62
Summary	64
Introdução	66
Material e métodos	68
Resultados e Discussão	72
Conclusões	82
Referências bibliográficas	82
Anexos	85
 CAPÍTULO 4 – COMPOSIÇÃO E PROPRIEDADES FÍSICAS E FUNCIONAIS DO ALBEDO DE MARACUJÁ AMARELO	 87
Resumo	88
Summary	89
Introdução	90
Material e métodos	92
Resultados e Discussão	93
Conclusões	103
Referências bibliográficas	103
 CAPÍTULO 5 - USO DE ALBEDO DE MARACUJÁ NA ELABORAÇÃO DE BARRA DE CEREAIS	 111
Resumo	112
Summary	113
Introdução	114
Material e métodos	116
Resultados e Discussão	120
Conclusões	130
Referências bibliográficas	131
 CONCLUSÕES GERAIS	 137

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Revisão Bibliográfica

	<i>página</i>
Figura 1. Biossíntese dos glicosídeos cianogênicos (setas pontilhadas são vias alternativas), segundo Tapper e Reay (1973) e McFarlane e outros (1975).	15
Figura 2. Cianogênese da prunasina.	16
Figura 3. Mecanismo de detoxificação pela ação da rodanase e formação de tiocianato, de acordo com Tewe e Iyayi (1989).	18

CAPÍTULO 3

Avaliação de diferentes formas de processamento, envolvendo o cozimento, na eliminação dos compostos cianogênicos do albedo de maracujá amarelo

	<i>página</i>
Figura 1. Fluxogramas do processamento do albedo de maracujá amarelo para a eliminação dos compostos cianogênicos dos experimentos 1, 2, 3 e 4.	70
Figura 2. Gráficos de superfície de resposta dos teores de compostos cianogênicos totais (CCT) e glicosídeos cianogênicos (GC) do albedo de maracujá amarelo submetido ao processo de imersão em salmoura seguido de cozimento em ebulição por 10 minutos em pressão atmosférica.	81

CAPÍTULO 4

Composição e propriedades físicas e funcionais do albedo de maracujá amarelo

	<i>página</i>
Figura 1. Viscosidade aparente e curvas de escoamento, a 37°C, de extratos aquosos de suspensão de fibras de albedo de maracujá amarelo não tratado – EAM-NT (a, b), e tratado para a redução do teor de compostos cianogênicos – EAM-T (c, d).	97

- Figura 2. Cinética enzimática da hidrólise do amido *in vitro* usando α -amilase pancreática porcina (165 U/g de amido) em pH neutro a 37°C. Proporção amido : fibra alimentar total de 10 : 2,5. REF: amido; AAM-NT: amido + fibra de albedo de maracujá não tratado; AAM-T: amido + fibra de albedo de maracujá tratado para a redução do teor de compostos cianogênicos. 99
- Figura 3. Micrografias óticas da casca de maracujá amarelo. Foto A: glóbulos de polifenóis nas células do albedo; corante fast green; aumento 312,5x. Foto B: glóbulos de polifenóis nas células do albedo (pericarpo) e do epicarpo; corante fast green; aumento 312,5x. Foto C: glóbulos de polifenóis nas células do albedo próximos a feixe vasculares; corante fast green; aumento 312,5x. Foto D: células do albedo com fibras da parede celular coradas; corante azul de toluidina; aumento 312,5x. 102

CAPÍTULO 5

Uso de albedo de maracujá na elaboração de barra de cereais

- | | <i>página</i> |
|--|---------------|
| Figura 1. Fluxograma das operações de processamento das barras de cereais. | 117 |
| Figura 2. Gráfico ternário de contorno das variáveis flocos de arroz (F ARROZ), flocos de aveia (F AVEIA) e albedo de maracujá tratado (A MAR) em relação à intenção de compra das barras elaboradas. Escala estruturada de cinco pontos (1 = certamente não compraria, 5 = certamente compraria) | 127 |
| Figura 3. Gráfico ternário de contorno das variáveis flocos de arroz (F ARROZ), flocos de aveia (F AVEIA) e albedo de maracujá tratado (A MAR) em relação à dureza das barras elaboradas. Escala do ideal estruturada de nove pontos (1= extremamente menor que o ideal, 5 = ideal, 9 = extremamente maior que o ideal). | 128 |

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Efeito da trituração e imersão em água na redução do teor de compostos cianogênicos potenciais do albedo de maracujá amarelo

página

Tabela 1. Teores médios de compostos cianogênicos totais (CCT), glicosídeos cianogênicos (GC) e compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG) em albedo de maracujá amarelo de diferentes tamanhos submetido ao processo de imersão em água.	53
Tabela 2. Análise de variância dos efeitos do tamanho da partícula e do tempo de imersão em água nos teores de compostos cianogênicos totais (CCT), glicosídeos cianogênicos (GC) e compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG) do albedo de maracujá amarelo.	54
Tabela 3. Teores médios de compostos cianogênicos em albedo de maracujá triturado* submetido ao processo de imersão em água, com ou sem adição de conservante**, para a avaliação da ação microbiana contaminante e enzimática endógena.	55
Tabela 4. Análise de variância dos efeitos da adição de conservante e do tempo de imersão em água nos teores de compostos cianogênicos totais (CCT), glicosídeos cianogênicos (GC) e compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG) do albedo de maracujá amarelo.	56

CAPÍTULO 3

Avaliação de diferentes formas de processamento, envolvendo o cozimento, na eliminação dos compostos cianogênicos do albedo de maracujá amarelo

página

Tabela 1. Valores do teor de compostos cianogênicos totais (CCT) dos albedos de maracujá amarelo submetidos a testes preliminares de processamento.	72
---	----

Tabela 2. Teores médios de compostos cianogênicos em albedo de maracujá amarelo submetido aos processos de congelamento, diferentes tempos de cozimento e trocas de água durante o processo.	74
Tabela 3. Análise de variância dos efeitos do congelamento, tempo de cozimento e troca de água nos teores de compostos cianogênicos totais (CCT), glicosídeos cianogênicos (GC) e compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG) do albedo de maracujá amarelo.	75
Tabela 4. Teores médios de compostos cianogênicos em albedo de maracujá amarelo submetido ao processo de cozimento sob pressão.	76
Tabela 5. Análise de variância dos efeitos da proporção de água e albedo e do tempo de processo nos teores de compostos cianogênicos totais (CCT), glicosídeos cianogênicos (GC) e compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG) do albedo de maracujá amarelo submetido ao processo de cozimento sob pressão.	77
Tabela 6. Teores médios de compostos cianogênicos em albedo de maracujá amarelo submetido ao processo de cozimento em pressão atmosférica seguido de lavagem com água quente.	78
Tabela 7. Análise de variância dos efeitos do tempo de cozimento e da proporção de água e albedo usada na lavagem do albedo nos teores de compostos cianogênicos totais (CCT), glicosídeos cianogênicos (GC) e compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG) do albedo de maracujá amarelo submetido ao processo de cozimento em pressão atmosférica seguido de lavagem com água quente.	78
Tabela 8. Teores médios de compostos cianogênicos em albedo de maracujá amarelo submetido aos processos de imersão em salmoura e cozimento em pressão atmosférica.	79

CAPÍTULO 4

Composição e propriedades físicas e funcionais do albedo de maracujá amarelo

	<i>página</i>
Tabela 1. Composição centesimal do albedo de maracujá amarelo (em base seca).	94
Tabela 2. Composição da fibra do albedo de maracujá amarelo (em base seca).	95
Tabela 3. Propriedades físicas do albedo de maracujá amarelo desidratado.	96
Tabela 4. Efeito da fibra do albedo de maracujá amarelo na velocidade da difusão de glicose.	98
Tabela 5. Teores de compostos cianogênicos e de taninos e valores de inibição da atividade de tripsina no albedo de maracujá amarelo.	100
Tabela 6. Valores dos parâmetros de cor objetiva ¹ L*, a*, b* do albedo de maracujá amarelo desidratado.	101

CAPÍTULO 5

Uso de albedo de maracujá na elaboração de barra de cereais

	<i>página</i>
Tabela 1. Formulação básica utilizada para a elaboração das barras de cereais.	118
Tabela 2. Delineamento experimental para as misturas, seguindo planejamento simplex, de três componentes no processo de elaboração da barra de cereais com albedo de maracujá amarelo tratado*.	119
Tabela 3. Composição e características do albedo de maracujá amarelo tratado*, flocos de aveia e flocos de arroz utilizados nas misturas para a elaboração das barras de cereais.	121
Tabela 4. Composição centesimal das barras de cereais com albedo de maracujá amarelo tratado* (em base seca).	122
Tabela 5. Teor de pectina das barras de cereais com albedo de maracujá amarelo tratado*.	123

Tabela 6. Características físicas, físico-químicas e químicas das barras de cereais com albedo de maracujá amarelo tratado*.	124
Tabela 7. Propriedades da textura das barras de cereais com albedo de maracujá amarelo tratado*.	125
Tabela 8. Avaliação dos atributos sensoriais ¹ e da intenção de compra ² das barras de cereais com albedo de maracujá amarelo tratado*.	126
Tabela 9. Análises físicas, químicas e físico-químicas das barras de cereais com albedo de maracujá tratado* durante o armazenamento**.	129
Tabela 10. Análises microbiológicas das barras de cereais com albedo de maracujá tratado* durante o armazenamento**.	129
Tabela 11. Avaliação sensorial e de intenção de compra das barras de cereais com albedo de maracujá tratado* durante o armazenamento**.	130

LISTA DE ANEXOS

CAPÍTULO 3

Avaliação de diferentes formas de processamento, envolvendo o cozimento, na eliminação dos compostos cianogênicos do albedo de maracujá amarelo

página

- Anexo 1. Tratamentos do experimento 4 (imersão do albedo branqueado em salmoura, seguido de cozimento em pressão atmosférica por 10 min em água em ebulição), definidos por delineamento composto central, acrescentando-se três pontos centrais e dois pontos axiais por variável. 85

ESTUDO DO ALBEDO DE MARACUJÁ E DE SEU APROVEITAMENTO EM BARRA DE CEREAIS

RESUMO GERAL

Existem consideráveis perdas de produtos agrícolas nas diversas etapas da cadeia produtiva, desde a produção no campo até o momento de consumo, passando pela elevada geração de resíduos no processamento agroindustrial de produtos animais e vegetais. Estima-se que o aproveitamento das matérias-primas vegetais não ultrapasse 80% a 85% e que os resíduos gerados possam chegar a até 30%. Além da preservação ambiental, o aproveitamento desses resíduos abrange questões econômicas e sociais. O Brasil é um grande produtor mundial de maracujá, principalmente o amarelo, e o albedo, resíduo do consumo “in natura” e do processamento, representa 12% a 32% da fruta. Os resíduos das frutas e hortaliças comumente podem conter fibras, vitaminas, minerais, substâncias fenólicas e flavonóides, entre outros, que podem ser benéficos à saúde humana, mas também podem possuir compostos tóxicos e antinutricionais que necessitam ser eliminados antes do uso. Pesquisas sobre os resíduos vegetais do processamento agroindustrial têm envolvido o tratamento dos resíduos; a extração de componentes específicos dos resíduos, como a pectina e o óleo das sementes do maracujá; e o aproveitamento integral dos resíduos em produtos alimentícios, como o uso de fibras da polpa de laranja em produtos de panificação e de casca de melancia para a produção de pickles e cristalizado. O objetivo deste trabalho foi o de incrementar as informações sobre o albedo do maracujá e sugerir seu aproveitamento integral na elaboração de um produto alimentício de conveniência com frutas, disponibilizando um processo para a eliminação de seus compostos cianogênicos; determinar a composição e as propriedades físicas e funcionais do albedo; e obter o produto barra de cereais, adicionado do albedo de maracujá tratado, com maior teor de pectina, satisfatória aceitação sensorial, seguro e estável. O albedo de maracujá amarelo foi submetido a diversas formas de processamento para a eliminação dos compostos cianogênicos; caracterizado por análises da composição (sólidos solúveis totais; pH; acidez total titulável; composição centesimal; minerais – cálcio, potássio e ferro; teor e composição da fibra alimentar; teor de pectina; compostos

cianogênicos; inibição de tripsina; e taninos), das propriedades físicas (índices de absorção de água, de solubilidade em água e de absorção de óleo; volume de intumescimento; tamanho de partícula; viscosidade; cor objetiva) e funcionais (índice de retardamento na difusão de glicose e digestibilidade de amido, ambos *in vitro*) e por microscopia ótica da estrutura celular; e utilizado, após tratamento para a eliminação de compostos cianogênicos, na elaboração das barras de cereais. Este trabalho mostrou a interessante composição do albedo, principalmente quanto ao conteúdo de fibras, como a pectina, que conferem boas propriedades físicas e funcionais a esse resíduo; a presença de compostos cianogênicos no albedo de maracujá amarelo, que necessitam ser eliminados para o uso desse resíduo; algumas formas de processamento para a eliminação dos compostos cianogênicos do albedo, envolvendo o cozimento, e as baixas ações das enzimas endógenas e dos microrganismos contaminantes nesse processo; e a possibilidade de aproveitamento do albedo tratado na elaboração de barras de cereais.

Palavras-chave: *Passiflora*, subproduto, composto tóxico, fibra, aproveitamento industrial

STUDY OF PASSION FRUIT ALBEDO AND ITS INDUSTRIAL USE IN CEREAL BARS

GENERAL SUMMARY

Along the various stages of the productive chain, considerable losses of agricultural products occur, from the production in the field to the moment of consumption, with a considerable production of waste products during the agro-industrial processing of animal and vegetable products. It is estimated that the exploitation of vegetable raw materials never exceeds 80% to 85% and that the waste can reach 30%. In addition to environmental preservation, the exploitation of these waste materials also touches on economic and social aspects. Brazil is one of the greatest World producers of passion fruit, mainly the yellow variety, and the albedo, a waste product of both "in nature" consumption and processing, represents from 12% to 32% of the fruit. Fruit and vegetable waste usually contains fibres, vitamins, minerals and phenolic and flavanoid substances, amongst others, which could be beneficial to human health but which may also contain toxic and anti-nutritional compounds, which must be removed before use. Research on agro-industrial vegetable processing waste has involved treatment of the waste; the extraction of specific components from the residues, such as pectin and the seed oil from passion fruit waste; and the total exploitation of the waste in food products, such as the use of orange pulp fibres in bakery products and the use of water melon skin in the production of pickles and crystallized fruit. The objective of this work was to increment the information on passion fruit albedo and suggest its total exploitation in a convenience food product with fruits, making available a process for eliminating its cyanogenic compounds; determining the composition and physical and functional properties of the albedo; and obtaining a safe and stable cereal bar product with addition of the treated passion fruit albedo, presenting a high pectin content and satisfactory sensory acceptance. The passion fruit albedo was submitted to various forms of processing aiming at eliminating the cyanogenic compounds. It was characterised by being submitted to a component analysis (total soluble solids; pH; total titratable acidity; proximate composition; calcium, potassium and iron contents; composition and content of food fibre; pectin content; cyanogenic compounds; trypsin inhibition and tannin content). It was also

submitted to an analysis of its physical properties (water absorption index, water solubility index, oil absorption index, swelling index, particle size, viscosity, objective colour evaluation) and to an analysis of its functional properties (*in vitro* determination of the glucose diffusion retardation index and starch digestibility index). It was also submitted to an optical microscope analysis of the cellular structure and used, after treatment for the elimination of the cyanogenic compounds, in the elaboration of a cereal bar. The study showed an interesting composition of the albedo, principally with respect to the fibre contents, such as pectin, which confer good physical and functional properties on the residue. It was also analysed with respect to the presence of cyanogenic compounds, which must be removed before use, and some forms of processing studied, aimed at eliminating the cyanogenic compounds from the albedo, including cooking, the weak action of endogenous enzymes and that of microbial contaminants. The possibility of exploiting the treated albedo in the elaboration of a cereal bar was also studied.

Key words: *Passiflora*, by-product, toxic compound, fibre, industrial use

INTRODUÇÃO GERAL

O aumento da preocupação e das ações envolvendo o combate à pobreza e a miséria e a conservação ambiental tem crescido no Brasil nos últimos anos. Ações relacionadas com a diminuição do desperdício de alimentos e o aproveitamento dos resíduos do processamento agroindustrial abrangem questões econômicas e sociais e contribuem para a preservação ambiental. Esforços para a criação de parcerias agroindústria e comunidade local poderiam resultar na formação de associações para a utilização e processamento dos resíduos agrícolas, contribuindo com o desenvolvimento social. Por outro lado, esse aproveitamento dos resíduos, que são poluentes, contribuiria também na conservação ambiental (SCHAUB; LEONARD, 1996; THASSITOU; ARVANITO-YANNIS, 2001), colaborando para a preservação dos recursos naturais e promovendo a maximização do aproveitamento energético aplicado.

Existem consideráveis perdas de produtos agrícolas nas diversas etapas da cadeia produtiva, desde as operações envolvidas na produção agrícola até o momento de consumo pela população. Durante a produção, pode-se citar as perdas provocadas pelo manejo inadequado da plantação, principalmente na colheita, falta de aplicação de técnicas na pós-colheita, inadequada conservação dos alimentos e não aproveitamento dos descartes e resíduos do beneficiamento e processamento agroindustrial. No consumo, a falta do hábito de consumo de alimentos na forma integral e o desconhecimento do valor nutritivo das diversas partes contribuem para o desperdício e acúmulo de resíduos (DARIS et al., 2000).

Há uma grande geração de resíduos no processamento agroindustrial de produtos animais e vegetais. Estima-se que o aproveitamento das matérias-primas vegetais não ultrapasse 80% a 85% durante o processamento (LARRAURI; CEREZAL, 1993) e que os resíduos gerados possam chegar a até 30% (SCHAUB; LEONARD, 1996). Cascas, sementes, cilindros centrais, aparas, bagaços, membranas e vesículas são alguns dos resíduos do processo agroindustrial.

As frutas e hortaliças possuem diversos componentes de efeito benéfico na manutenção da saúde e na prevenção de doenças (LUXIMON-RAMMA et al., 2003; ARUOMA, 1994), como fibras, vitaminas, minerais, substâncias fenólicas e flavonóides, que comumente também estão presentes nos resíduos. As fibras agem no metabolismo do colesterol e lipídeos (KRITCHEVSKY, 1987:

MIETTINEN, 1987; NORMAND et al., 1987; REISER, 1987; STARK; MADAR, 1994), na efetividade da absorção de nutrientes, como da glicose (REISER, 1987; VINIK; JENKINS, 1988; JOHNSON, 1990), no trânsito gastro-intestinal (WRICK et al., 1983), no metabolismo hormonal feminino (GORBACH; GOLDIN, 1992) e na absorção de metais pesados (BORYCKA; ZUCHOWSKI, 1998). Por outro lado, alguns resíduos também podem conter substâncias tóxicas e fatores antinutricionais, como compostos cianogênicos e inibidores de proteases, geralmente envolvidos em funções biológicas da planta, como os mecanismos de defesa e proteção (VETTER, 2000).

Pesquisas sobre os resíduos vegetais do processamento agroindustrial têm envolvido o tratamento dos mesmos para a eliminação de compostos tóxicos ou antinutricionais, como de compostos cianogênicos em sementes de damasco (BRIMER et al., 1993; NOUT et al., 1995; TUNÇEL et al., 1995; TUNÇEL et al., 1998), a extração de componentes específicos dos resíduos, como a pectina e o óleo das sementes do maracujá (JAGENDRA, 1980), e o aproveitamento integral dos resíduos em produtos alimentícios, como o uso de casca de laranja e de casca de tomate como espessante em produtos enlatados (SPEIRS et al., 1980), de fibras da polpa de laranja em produtos de panificação (SHAHER; ZABIK, 1978; SONOGLI; MORETTO, 1995; MAGNO, 1996; CÉSPEDES, 1999; MELLO et al., 2000) e de casca de melancia para a produção de pickles e cristalizado (MADHURI; DEVI, 2003).

As barras de cereais consistem em produtos que, atualmente, utilizam uma diversidade de ingredientes e atendem a vários segmentos de consumidores (PALAZZOLO, 2003) comumente preocupados com a saúde (BOWER; WHITTEN, 2000). Essa variedade de atributos sensoriais, principalmente de sabor, e a procura de benefícios à saúde parecem permitir a esse produto a realização de testes variados de novos ingredientes alimentícios nutritivos e funcionais, como a produção de barras utilizando farelo de trigo e milho (AZLYN et al., 1989), farelo de aveia e farinha de trigo e tritcale (ONWULATA et al., 2000) e fibra de tremoço (CLARK; JOHNSON, 2002). Além disso, as alterações na rotina diária de parte da população têm provocado um considerável aumento na demanda e na ampliação do desenvolvimento dos produtos de conveniência, prontos para consumo (TETTWEILLER, 1991; PALAZZOLO, 2003).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de maracujá, produzindo, aproximadamente, 478 mil toneladas anuais de maracujá (IBGE, 2004), sendo a quase totalidade de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener), utilizado principalmente para a fabricação de suco e no consumo “*in natura*” (MATSUURA; FOLEGATTI, 1999). Os resíduos do processamento de maracujá amarelo na produção de suco são a casca, o albedo e as sementes, que correspondem a cerca de 40% a 60% da massa total da fruta, sendo 12% a 32% somente de albedo (WHITTAKER, 1972; LIPITOA; ROBERTSON, 1977; SJOSTROM; ROSA, 1977; MARTINS et al., 1985; MACHADO et al., 2003).

O albedo do maracujá possui, principalmente, elevado teor de fibras, como de pectina (2,0% a 3,0%, em base úmida) (OTAGAKI; MATSUMOTO, 1958; LIMA, 1971/1972; MARTINS et al., 1985; PONTES et al., 1986; HODGSON; KERR, 1991; HOLANDA, 1991; MACHADO et al., 2003). Porém, o albedo também possui compostos cianogênicos (SPENCER; SEIGLER, 1983; CHASSAGNE et al., 1996; CHASSAGNE; CROUZET, 1998) e inibidores de protease (HASHIGUCHI et al., 1993).

Algumas pesquisas sobre o aproveitamento do albedo do maracujá mostraram a extração e caracterização de sua pectina (LIMA, 1971/1972; JAGENDRA, 1980; HOLANDA, 1991), a produção de “chutney” e doces (COLLADO et al., 1989) e seu uso integral na produção de geléia (LIRA FILHO, 1995; LIRA FILHO; JACKIX, 1996).

Neste trabalho, a adição de albedo de maracujá desidratado na elaboração de barra de cereais provocará a incorporação de pectina ao produto, possibilitando o aproveitamento deste resíduo do processamento de maracujá que é descartado, e, provavelmente, não alterará substancialmente os atributos sensoriais do produto.

O objetivo deste trabalho foi o de incrementar as informações sobre o albedo do maracujá e sugerir seu aproveitamento integral na elaboração de um produto alimentício de conveniência com frutas, disponibilizando um processo para a eliminação de seus compostos cianogênicos; determinar a composição e as propriedades físicas e funcionais do albedo; e obter o produto barra de cereais, adicionado do albedo de maracujá tratado, com maior teor de pectina, satisfatória aceitação sensorial, seguro e estável.

CAPÍTULO 1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA GERAL

1. Maracujá

1.1 Generalidades e características do maracujá

O Brasil é um grande produtor mundial de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). Dentre outras espécies cultivadas no país, pode-se citar a *Passiflora edulis* Sims e *Passiflora alata* Dryand, denominadas, respectivamente, de maracujá roxo e doce (CUNHA; KRAMPE, 1999; CUNHA et al., 2004). No país, a fruta é utilizada principalmente para o consumo “in natura” e fabricação de sucos (CARDOSO et al., 1999). Os principais produtos elaborados com maracujá são sucos (simples e concentrado), néctar, geléia e licor (MATSUURA; FOLEGATTI, 1999; MATSUURA; FOLEGATTI, 2004). O suco de maracujá amarelo possui cor amarela, é aromático e tem sabor ácido e agradável (MATSUURA et al., 1999), sendo um dos sucos mais produzidos no Brasil, juntamente com os de laranja, caju e uva.

O maracujá amarelo tem frutos com formato arredondado, ovalado ou ovóide, com peso variando de 52,5 g a 153,4 g, diâmetro de 4,9 cm a 7,8 cm, comprimento de 5,4 cm a 10,4 cm (MELETTI et al., 1992). Possui aproximadamente um terço de seu peso em suco, sendo o restante, casca, albedo e sementes, considerados como resíduo industrial (WHITTAKER, 1972). O fruto de maracujá amarelo apresenta casca com espessura variando de 0,5 cm a 4,0 cm e contém 200 a 300 sementes (SILVA; SÃO JOSÉ, 1994).

1.2 Casca do maracujá

Otagaki e Matsumoto (1958) analisaram a composição da casca de maracujá amarelo desidratada (16,8% de umidade) e encontraram valores de 4,6% de proteínas, 0,30% de extrato etéreo, 25,7% de fibra bruta e 20,0% de pectina.

Martins e outros (1985) também determinaram a composição da casca de maracujá amarelo. O teor de umidade encontrado foi de 78,73%, proteínas de 2,28%, extrato etéreo de 0,51%, cinzas de 1,61%, fibras de 4,35%, cálcio de 10,98 mg/100g, fósforo de 36,36 mg/100g e ferro de 3,20 mg/100g. Outros autores encontraram teores que variaram de 78,73% a 85,96% de umidade, 1,46% a

2,28% de proteína, 0,38% a 0,65% de extrato etéreo, 4,8% a 12,5% de carboidratos, 1,02% a 1,61% de cinzas, 4,35% a 8,85% de fibras e 2,3% a 2,7% de pectina (LIMA, 1971/1972; PONTES et al., 1986; HOLANDA, 1991).

Pruthi (1963) citou a presença de compostos fenólicos na casca de maracujá roxo (umidade de 78,43% a 85,24%) com teores de 1,78% a 2,47%. Spencer e Seigler (1983) identificaram a presença e analisaram a quantidade de glicosídeos cianogênicos em frutos de maracujá amarelo, tendo encontrado teores de 169 ppm e 115 ppm em suco e casca de frutos maduros, respectivamente. Chassagne e outros (1996) também analisaram esses compostos tóxicos em frutos de maracujá amarelo e obtiveram 173 ppm no suco e 366 ppm na casca. Ambos os trabalhos relataram a influência do estágio de maturação na quantidade destes compostos nos frutos, que, de acordo com Spencer e Seigler (1983), é menor conforme o fruto torna-se mais maduro.

2. Fibra na alimentação humana

2.1 Conceito de fibra alimentar

Antes da década de 70, as fibras alimentares não eram consideradas nutrientes e não era reconhecida sua importância para a manutenção da saúde. Passada mais de uma década e com o aumento do conhecimento científico, verificou-se o valor nutricional da fibra, cuja deficiência pode ter efeitos adversos à saúde (CLEMENS, 2001).

Clemens (2001) comentou que as discussões passadas sobre fibra alimentar pela *Food and Drug Administration* (FDA) não eram relacionadas com sua função fisiológica ou sua importância alimentar. Na metade da década de 70, o conhecimento científico permitiu a Burkitt, Painter e Trowell concluírem que o termo “fibra alimentar” incluía todas as substâncias não digeridas por todas as enzimas digestivas do homem. Posteriormente, na década de 90, Gibson, Roberfroid e outros proferiram a definição de fibra alimentar que também incluiu materiais não constituintes da parede celular de plantas. O mesmo autor ainda comentou que, como muitos materiais não digeríveis de plantas, isto é, certos

polissacarídeos e mucilagens, não estavam associados à sua parede celular, muitos pesquisadores recomendaram que a definição de fibra alimentar fosse expandida para abranger certos tipos de substâncias, incluindo oligossacarídeos não digeríveis.

Raupp (1994) também comentou que a fibra alimentar poderia ser definida como todo resíduo alimentar resistente à digestão pelas enzimas gastro-intestinais ou à hidrólise pelas enzimas de origem microbiana e/ou vegetal, ou ainda, à combinação destes três procedimentos hidrolíticos. Reassaltou ainda a inclusão dos oligossacarídeos rafinose, estaquiose e verbascose como fibra alimentar e que, apesar das tentativas de uniformização da definição, as divergências ainda persistiam.

Mais recentemente, a *American Association of Cereal Chemists* (AACC) definiu fibra alimentar como sendo: parte comestível de plantas ou carboidratos análogos que são resistentes à digestão e absorção no intestino delgado com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. Fibra alimentar inclui polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias de plantas associadas. Fibra alimentar promove efeitos fisiológicos benéficos, incluindo efeito laxante, e/ou atenuação do colesterol e da glicose no sangue (AACC, 2000; AACC, 2001).

2.2 Importância da fibra alimentar

O reconhecimento do valor nutritivo das fibras alimentares tem crescido acentuadamente nos últimos 40 anos devido a uma melhor caracterização da estrutura física e natureza química destas substâncias (DAVIDSON; MCDONALD, 1998).

Entretanto, apesar dos diversos trabalhos realizados em todo o mundo, os mecanismos de ação das fibras alimentares nas funções fisiológicas e metabólicas do corpo ainda não estão completamente compreendidos (GUILLON et al., 2000). A maior descoberta é que não somente a quantidade, mas também o tipo de fibra alimentar influencia a resposta fisiológica, apesar da ênfase que permanece a respeito da quantidade ingerida (GUILLON et al., 2000; MALKKI, 2001).

As propriedades físicas e químicas das fibras alimentares podem provocar respostas locais e sistêmicas no corpo humano. Estas propriedades estão relacionadas com a origem, o processamento e a forma pela qual a fibra é

ingerida. As respostas locais correspondem ao efeito direto que ocorre como resultado da presença da fibra no trato gastro-intestinal, enquanto a resposta sistêmica relaciona-se ao efeito metabólico que ocorre como uma resposta ao efeito local da fibra (DAVIDSON; MCDONALD, 1998; GUILLON et al., 2000).

As principais fibras alimentares são os polissacarídeos da parede celular de plantas superiores (celulose, hemiceluloses e substâncias pécicas), lignina, hidrocolóides de extratos marinhos (carragena, alginatos), de origem microbiana (goma xantana e gelana), de exsudados de plantas (goma arábica, karaya e tragacante), de extrato de sementes (goma guar, locusta e de psyllium), extratos de raízes (fibra konjac), pectina e celulose modificadas (pectinas de alto e baixo grau de metoxilação e carboximetilcelulose), amidos resistentes e oligossacarídeos (fruto-oligossacarídeos e rafinose, estaquiase e verbascose) (GUILLON et al., 2000). Cada tipo de fibra pode ser caracterizado pelo seu açúcar residual e pela natureza da ligação entre eles (DAVIDSON; MCDONALD, 1998).

Os efeitos mais amplamente reconhecidos das fibras alimentares relacionam-se a sua função no trato gastro-intestinal. Os efeitos laxante e na saúde do trato gastro-intestinal são os benefícios primários, principalmente das fibras insolúveis, que podem reduzir os riscos de surgimento de doenças gastro-intestinais (WRICK et al., 1983; GAZZANIGA; LUPTON, 1987; TROCK et al., 1990; GORBACH; GOLDIN, 1992; STARK; MADAR, 1994; OHR, 2004). As fibras alimentares diminuem a pressão intra-luminal necessária para a evacuação, devido a maior umidade do bolo fecal; favorecem a motilidade gastro-intestinal e diminuem o tempo de trânsito intestinal, protegendo o trato da exposição prolongada a substâncias tóxicas, que podem ser carcinogênicas; aumentam o bolo fecal, diluindo as substâncias indesejáveis e reduzindo seus efeitos potenciais, e promovem o aumento da multiplicação microbiana, que possibilita o uso de compostos nitrogenados não aproveitados e a formação de ácidos graxos de cadeia curta, como o ácido butírico, utilizados por colônias da mucosa, conseqüentemente contribuindo para o equilíbrio do ecossistema do lúmen do cólon, protegendo sua integridade e evitando danos (WRICK et al., 1983; GAZZANIGA; LUPTON, 1987; TROCK et al., 1990; CUMMINGS, 1992; DAVIDSON; MCDONALD, 1998; GUILLON et al., 2000).

Os efeitos metabólicos das fibras alimentares no organismo humano, provocados principalmente pelas fibras solúveis, incluem a diminuição da taxa e da efetividade da absorção de nutrientes, como a glicose (REISER, 1987; VINIK; JENKINS, 1988; JOHNSON, 1990; ANDERSON; AKANJI, 1992; MONTONEN et al., 2003), os lipídeos e o colesterol – hipolipidemia e hipocolesterolemia (VAHOUNY; CASSIDY, 1985; SCHENEEMAN, 1986; KRITCHEVSKY, 1987; MIETTINEN, 1987; NORMAND et al., 1987; REISER, 1987; JENKINS et al., 1992; STARK; MADAR, 1994; GARICA DIEZ, 1996; OHR, 2004). Além da moderação da resposta dos níveis de insulina posprandial (BRAATHEN et al., 1991); regulação do apetite (DAVIDSON; MCDONALDS, 1998); redução dos riscos de surgimento de doenças cardiovasculares e das mamas (SIMONS et al., 1987; GORBACH; GOLDIN, 1992; LA VECCHIA et al., 1997; JENKINS et al., 1998; MERCHANT et al., 2003; Ohr, 2004) e redução da absorção de metais pesados e compostos tóxicos (REDDY; SPILLER, 1992; BORYCKA; ZUCHOWSKI, 1998). Slaterry e outros (2004) relataram a diminuição da incidência de câncer no reto associada à ingestão de vegetais, frutas, grãos integrais e fibras, que é mais acentuada em pessoas com mais de 65 anos de idade.

As fibras alimentares solúveis diminuem a absorção de glicose no intestino delgado, reduzindo seu nível no sangue. O mecanismo de redução da absorção de glicose envolve o aumento do tempo para o esvaziamento estomacal, a maior dificuldade do contato do alimento com as enzimas digestivas no estômago e no intestino delgado, o retardamento do transporte da glicose para a superfície de absorção intestinal e a formação de uma camada na superfície de absorção intestinal que dificulta a difusão da glicose e, também, do colesterol (EDWARDS et al., 1988; LUND et al., 1989; MALKKI, 2001). Observou-se que a ingestão de refeições com alto teor de carboidratos contendo fibras alimentares solúveis resultou em picos de glicose no sangue mais baixos e menores áreas das curvas de glicose no sangue, que estão associadas à diminuição da resposta de insulina posprandial (RANGANATHAN et al., 1994; DAVIDSON; MCDONALDS, 1998).

A diminuição da reabsorção dos ácidos biliares no intestino delgado provocado pelas fibras alimentares reduz os níveis de colesterol no sangue devido ao uso do colesterol sérico e do fígado na síntese dos ácidos biliares, provocando um efeito hipocolesterolêmico (SCHENEEMAN, 1986; MALKKI, 2001). A ligação

dos sais biliares com as fibras alimentares no intestino tem efeito significativo na absorção dos lipídeos e no metabolismo do colesterol (ANDERSON et al., 1991; DAVIDSON; MCDONALDS, 1998). A ingestão de fibras alimentares também dificulta a emulsificação e a hidrólise dos lipídeos, resultando no aumento de gordura ingerida eliminada pelas fezes (MALKKI, 2001) e na redução do risco da hiperlipidemia posprandial, que é associada ao aumento do risco de aterosclerose (SIMONS et al., 1987).

As fibras alimentares também têm efeito na saciedade, em decorrência, primeiramente, da distensão das fibras no estômago e, depois, do aumento da secreção do hormônio intestinal colecistoquinina, que diminui a velocidade do esvaziamento gástrico (LIDDLE et al., 1985; MOSSNER et al., 1992; HEINI et al., 1998; HOWARTH, 2001; MALKKI, 2001).

As fibras alimentares têm uma capacidade significativa de aumentar o bolo fecal devido a sua capacidade de absorção de água e de seu impacto na proliferação microbiana (CUMMINGS, 1985). Apesar das fibras solúveis, como a pectina, terem uma enorme capacidade de absorção de água e de aumentarem a massa microbiana, por serem um substrato para os microrganismos no intestino grosso, as fibras insolúveis têm um efeito mais pronunciado no aumento do bolo fecal, por manterem sua estrutura no cólon (STEPHENS, 1985).

Estudos comprovaram a relação dos níveis de estradiol, um derivado do estrógeno, com a incidência de câncer mamário, mostrando que períodos mais longos de exposição ao estrógeno parecem aumentar o risco deste tipo de câncer. As fibras alimentares ingeridas parecem alterar a concentração sérica de estradiol, pois, provavelmente, ligam-se ao estrógeno no lúmen intestinal, aumentando sua perda nas fezes e, portanto, não permitindo a sua reabsorção (GORBACH; GOLDIN, 1992; KANEDA et al., 1997; LA VECCHIA et al., 1997). Freeman (1992) também relatou o possível efeito de ligação das fibras alimentares com compostos carcinogênicos no trato gastro-intestinal humano.

2.3 Recomendações de ingestão de fibra alimentar na dieta

De acordo com Anderson e outros (1990), em geral, a recomendação de ingestão diária de fibra alimentar na dieta é de 20 a 35 gramas (10 a 13 gramas por 1000 kcal de alimento consumido), sendo aproximadamente um terço de fibras

solúveis. Já a ADA (*American Dietetic Association*) recomenda consumo de 20 a 35 gramas de fibra alimentar por dia, sendo 5 a 10 gramas de fibra solúvel (OHR, 2004). O Conselho Nacional de Educação Nutricional da Inglaterra, assim como Prosky e Devries (1992), também recomendam uma ingestão de 30 gramas por dia (12 gramas por 1000 kcal de alimento ingerido).

3. Glicosídeos cianogênicos

3.1 Generalidades

Os glicosídeos cianogênicos consistem em produtos resultantes do metabolismo secundário natural das plantas. Estes compostos são formados por uma aglicona do tipo α -hidroxinitrila unida por uma β -ligação a uma molécula de açúcar (na maioria das vezes, D-glicose) (VETTER, 2000).

A distribuição dos glicosídeos cianogênicos (GCs) no reino vegetal é relativamente ampla, já que pelo menos 2.500 espécies produzem estes compostos, sendo a maioria pertencente às famílias Fabaceae, Rosaceae, Linaceae, Compositae e outras (VETTER, 2000). Segundo McMahon e outros (1995), apesar da maioria das plantas produzir uma pequena quantidade de cianeto associada à produção de etileno, cerca de 12.000 espécies de plantas produzem quantidades consideráveis de compostos cianogênicos.

Segundo Jones (1998), nos primórdios da domesticação das plantas para cultivo, as espécies que continham compostos cianogênicos seriam relativamente livres do ataque de pragas, doenças e herbívoros, além de possuírem boas qualidades nutricionais, sendo, portanto, ideais para o plantio pelos primeiros agricultores. A cianogênese também é conhecida em animais, mas restrita aos artrópodos (centípedos, milípedos e insetos), fungos e bactérias, onde os compostos cianogênicos podem ser originados da via de descarboxilação oxidativa da glicina (POULTON, 1990).

3.2 Ocorrência

Existem aproximadamente 75 glicosídeos cianogênicos documentados, que são derivados O- β -glicosídeos da α -hidroxinitrila, que dependendo do aminoácido

precursor podem ser aromáticos, alifáticos ou ciclopentenóides naturais. A maioria são monossacarídeos cianogênicos nos quais a molécula instável cianohidrina é estabilizada por uma ligação glicosídica a um resíduo simples de açúcar. Alternativamente, nos dissacarídeos cianogênicos (amigdalina, vicianina, linustatina) ou trissacarídeos (xerantina), duas ou três moléculas de açúcar, respectivamente, são envolvidas na estabilização. Derivados sulfatados, malonil e acilados de glicosídeos cianogênicos (GCs) também são conhecidos (POULTON, 1990).

Os GCs podem ser agrupados de acordo com a natureza química dos substituintes (grupos alifáticos, aromáticos ou com α -hidroxinitrila livre). Alguns exemplos de GCs com substituintes alifáticos são a linamarina, lotaustralina, aciapetalina, triglochinina, deidaclina e ginocardina, com substituintes aromáticos são a prunasina, amigdalina, lucumina, vicianina, sambunigrina, durrina, taxifilina e zierina, e com α -hidroxinitrila livre é a p-glicosiloximandelonitrila (TAPPER; REAY, 1973).

Alguns destes GCs são mais conhecidos devido à importância econômica das espécies vegetais a que pertencem, como a linamarina em *Manihot esculenta*, *Linum usitatissimum* e *Trifolium repens*, durina em espécies de *Sorghum*, amigdalina em plantas rosáceas, lotaustralina em *Lotus corniculatus*, etc. A linamarina e a lotaustralina têm a maior distribuição no reino vegetal, sendo encontradas nas famílias Compositae, Euphorbiaceae, Linaceae, Papaveraceae e Fabaceae (Leguminosae). A prunasina também tem uma distribuição ampla em seis famílias, Polypodiaceae, Myrtaceae, Rosaceae, Saxifragaceae, Scrophulariaceae e Myoporaceae. Sambunigrina, vicianina e amigdalina, que são bastante relacionadas à prunasina, têm sido encontradas, respectivamente, em três famílias, Caprifoliaceae, Mimosaceae e Oleaceae, duas, Polypodiaceae e Fabaceae, e uma, Rosaceae (POULTON, 1990). O padrão mais comum é a distribuição de um GC em uma ou duas famílias, sendo o contrário também verdadeiro, com cada família geralmente apresentando um ou dois GCs característicos. A maioria das famílias das espécies que produzem GCs (em quantidades apreciáveis) são angiospermas da classe das dicotiledôneas (VETTER, 2000).

3.3 Biossíntese e degradação

O controle genético da cianogênese não tem um único mecanismo, com as plantas mostrando variação na quantidade de ácido cianídrico produzido. A produção de ácido cianídrico (HCN) depende da biossíntese de GCs e da existência de enzimas de degradação (VETTER, 2000). Variações também podem ocorrer em plantas e genótipos individuais, dependendo de fatores fisiológicos e ecológicos, como os decorrentes do aumento de adubação nitrogenada (CARADUS; FORDE, 1996; PEDERSON et al., 1996). Diferentes variedades de uma espécie também podem possuir variáveis quantidades de GCs, como é o caso da mandioca (WHEATLEY et al., 1993). Em algumas sementes de espécies da família Sapiadaceae, o HCN pode resultar da hidrólise de cianolipídeos (POULTON, 1990).

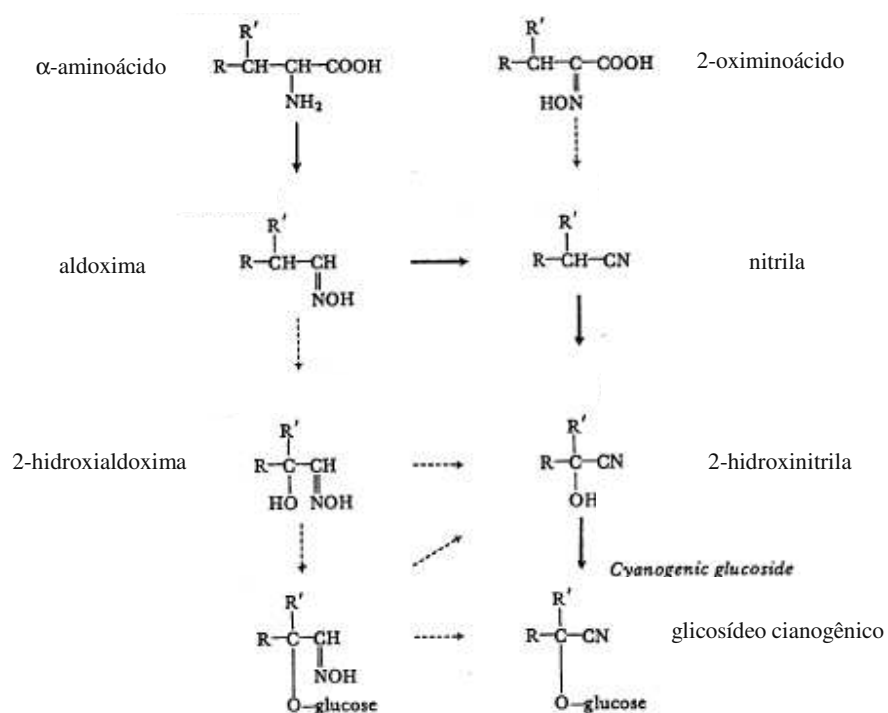
A cianogênese não significa somente a síntese ou presença de um GC, mas também envolve as etapas de hidrólise enzimática para produzir HCN livre e outros compostos (VETTER, 2000).

Os precursores biossintéticos dos GCs são diferentes L-aminoácidos (L-valina para a linamarina, L-isoleucina para a lotaustralina e L-fenilalanina para a prunasina), que são hidroxilados a N-hidroxil-aminoácidos e convertidos a aldoximas, que se transformam em nitrilas (Figura 1). Estes últimos são hidroxilados a α -hidroxinitrilas e então são glicosilados a GCs (TAPPER; REAY, 1973; MCFARLANE et al., 1975). Poulton (1990) também citou como aminoácidos precursores frequentes a tirosina e a leucina.

A produção de cianeto a partir da prunasina ocorre em um processo de duas etapas envolvendo a deglicosilação da prunasina e a quebra da prunasina a uma mandelonitrila, para formar benzaldeído e cianeto (Figura 2). Estas reações são catalisadas por uma β -glicosidase (prunasina liase) e por hidroxinitrila-liase, respectivamente (JOHNE, 1991). Como a mandelonitrila pode ser decomposta enzimaticamente ou espontaneamente, tem-se assumido que a atividade de prunasina lyase é a etapa limite da reação (McMahon et al., 1995).

As β -glicosidases de algumas plantas são menos específicas e atuam sobre diferentes substratos, tendo uma ação mais generalista em comparação a outras (YEOH; YEOH, 1994). Entretanto, a maioria das plantas tem β -glicosidases com

especificidade de substrato (VETTER, 2000). Exemplos de β -glicosidades específicas são as da taxifilina (*Triglochin maritima*), trigloquinina (*Alocasia macrorrhiza*, *Triglochin maritima*), vicianina (*Davallia trichomanoides*, *Vicia angustifolia*), durrina (*Sorghum bicolor*), amigdalina (*Prunus serotina*) e prunasina (*P. serotina*), ao contrário das linamarases do linho (*Linum usitatissimum*) e *Hevea brasiliensis* (POULTON, 1990).



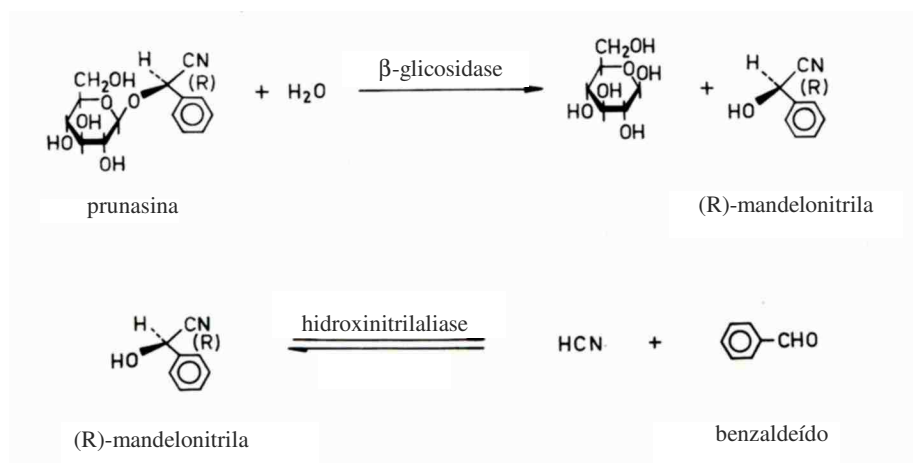
Fonte: Vetter (2000)

Figura 1. Biossíntese dos glicosídeos cianogênicos (setas pontilhadas são vias alternativas), segundo Tapper e Reay (1973) e McFarlane e outros (1975).

A distribuição e a atividade dos GCs e das enzimas β -glicosidases podem variar entre as plantas e os diferentes órgãos e tecidos de uma mesma planta, além de poderem existir diferenças nos níveis de β -glicosidase em tecidos

específicos de um mesmo órgão da planta, como é o caso da linamarase e linmarina da mandioca (BRADBURY et al., 1991).

A compartimentalização nos tecidos celulares dos GCs e das enzimas envolvidas em sua hidrólise previnem a hidrólise em larga escala nos tecidos intactos da planta (VETTER, 2000), com a hidrólise dos GCs ocorrendo em alta taxa após o tecido vegetal ser rompido por herbívoros, por ataques de fungos ou por meios mecânicos (POULTON, 1990). A atividade da enzimas β -glicosidases sobre os GCs também pode ser controlada por inibidores endógenos, evitando-se a hidrólise desses glicosídeos (MIDIO; MARTINS, 2000).



Fonte: John (1991)

Figura 2. Cianogênese da prunasina

3.4 Funções nas plantas

Experimentos têm mostrado a relação dos GCs com alguns processos fisiológicos das plantas, como a germinação, produção de etileno e respiração (KENDE, 1989; HASEGAWA et al., 1994; ESASHI et al., 1996; MARUYAMA et al.,

1996). Uma das mais prováveis funções biológicas dos GCs em algumas plantas corresponde a sua ação no mecanismo de defesa contra patógenos e insetos (NAHRSTED, 1985; VETTER, 2000). Entretanto, há trabalhos que demonstram a eficácia dos GCs nesta função, como os de Bellotti e Arias (1992) e Ellbusry e outros (1992), e outros que não, como o de Brattsen e outros (1983). Outros experimentos mencionam a possibilidade dos GCs e cianolipídeos servirem como compostos de estoque de nitrogênio (SELMAR et al., 1988; SELMAR et al., 1990).

3.5 Toxicidade ao ser humano

Em relação aos efeitos em animais e humanos, pode-se afirmar que todos os glicosídeos cianogênicos oferecem potencial perigo à saúde devido à produção de HCN por hidrólise (espontânea ou enzimática). Em animais, a toxicidade aos GCs das plantas difere conforme a sensibilidade da espécie animal, a dose do composto na planta e a taxa de produção de HCN a partir dos GCs, entre outros (VETTER, 2000).

Segundo Poulton (1990), a primeira descrição sobre cianogênese em plantas foi feita em 1803 e, provavelmente, a mais antiga e uma das melhores descrições do envenenamento humano provocado por compostos cianogênicos de plantas foi feita por Davidson e Stevenson em 1884, segundo Montgomery (1969). Este envenenamento ocorreu nas Ilhas Maurício, devido à ingestão de *Phaseolus lunatus*, conhecido localmente como “veneno d’ Achery”. Os sintomas clínicos foram confusão mental, paralisia muscular e disfunção respiratória, precedidas por dores abdominais e vômito, como ocorre em envenenamentos provocados por cianeto inorgânico.

Outros envenenamentos por compostos cianogênicos de plantas foram relatados por diversos autores e citados por Montgomery (1969), como os provocados por *Sorghum*, por bambú, amêndoas amargas, caroço de pêssego e mandioca. Poulton (1990) também citou intoxicações provocadas por feijão lima. Várias mortes por intoxicação aguda também são relatadas.

Devido ao poderoso efeito citotóxico dos compostos cianogênicos e ao grave problema do envenenamento agudo, existe uma constante e inevitável especulação sobre os danos provocados por uma ingestão contínua em baixas concentrações destes compostos. O consumo de mandioca tem sido reportado

como causador de uma série de doenças neurológicas e endocrinológicas em vários países da África, em locais onde os processamentos não são realizados de forma adequada para a remoção da maioria dos compostos cianogênicos (TEWE; IYAYI, 1989). A dose letal de HCN para humanos foi estimada entre 0,5 mg/kg e 3,5 mg/kg de peso corpóreo (MONTGOMERY, 1969). Assan (1988) citou o risco de intoxicação aguda com doses acima de 1 mg/kg de peso corpóreo.

O ácido cianídrico é rapidamente absorvido pelo trato gastrointestinal e produz sintomas característicos conforme a ingestão em doses sub-letais e letais. A ingestão em doses letais resulta em morte, devido à condição anóxica provocada pela inibição da citocromo oxidase pelo cianeto. Quando doses sub-letais de cianeto são consumidas, a inibição da respiração celular pode ser revertida, devido às trocas respiratórias ou pelo processo de detoxificação, cujo caminho bioquímico mais conhecido é o da reação com tiosulfato para a formação de tiocianato (Figura 3), que é excretado pela urina (TEWE; IYAYI, 1989, EMINEDOKI et al., 1994). Segundo Assan (1988), o tiocianato inibe a absorção de iodo pela tireóide, tendo-se verificado casos de bócio em países como o Zaire, onde o aporte de iodo à população é insuficiente e há alto consumo de alimentos ricos em compostos cianogênicos (mandioca, por exemplo).

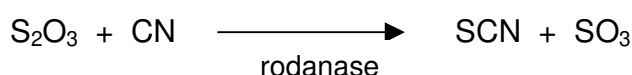


Figura 3. Mecanismo de detoxificação pela ação da rodanase e formação de tiocianato, de acordo com Tewe e Iyayi (1989).

Apesar do mecanismo de detoxificação, resíduos de cianeto, provenientes de mandioca e de outras plantas cianogênicas, têm sido relatados como responsáveis pela etiologia de algumas doenças, como a neuropatia atáxica

tropical, Konzo e bócio (EKPECHI, 1966; OSUNTOKUN, 1970; TEWE; IYAYI, 1989; DELANGE et al., 1994; MUZEMBE; NOIRFALISE, 1994).

3.6 Glicosídeos cianogênicos em *Passiflora edulis*

A cianogênese ocorre em mais de 100 famílias de plantas (POULTON, 1990). Espécies da família Passifloraceae têm sido reconhecidas como cianogênicas (SPENCER; SEIGLER, 1983). Frutas imaturas do gênero são frequentemente tóxicas e algumas, por exemplo, *Passiflora adenopoda* DC, têm-se mostrado fatais (SAENZ; NASSAR, 1972). *Passiflora edulis* foi primeiramente reportada como cianogênica por Rosenthaler em 1919, conforme Spencer e Seigler (1983).

Spencer e Siegler (1983) avaliaram quantitativamente a capacidade cianogênica de *Passiflora edulis* e tentaram identificar os glicosídeos cianogênicos presentes nos frutos, tendo encontrado teores de cianeto variando de 6,5 mg a 59,4 mg de HCN / 100 g de fruto fresco, variando de nível sub-tóxico a cerca de três a seis vezes o tóxico - conforme Moran (1954), que considera o conteúdo de HCN de 20 mg / 100 g tóxico, e Bolhuis (1954), que considera 10 mg / 100 g tóxico para o caso de mandioca. No maracujá amarelo, este teor diminuiu em frutos maduros, caindo para um nível sub-tóxico somente depois da abscisão do fruto. O glicosídeo cianogênico identificado foi a prunasina [2(R)-(β-D-glucosil-oxi)-2-fenilacetonnitrila)], tanto para os frutos de *Passiflora edulis* como para *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener.

Os mesmos autores também compararam o conteúdo de cianeto na polpa comestível (arilo) e no albedo (pericarpo) do maracujá amarelo em vários estágios de desenvolvimento, não se verificando uma diferença significativa entre os níveis de cianeto entre o arilo e o pericarpo em frutos verdes, e observando-se um declínio aparentemente mais rápido durante o desenvolvimento do arilo em relação ao pericarpo, mas com uma retenção maior de cianeto no arilo quando os frutos encontram-se maduros.

Chassagne e outros (1996) identificaram, além da prunasina, outros glicosídeos cianogênicos em *P. edulis* e *P. edulis* f. *flavicarpa*, como amigdalina e sambunigrina, tendo citado que a prunasina parece ser o mais importante glicosídeo cianogênico na casca (285 mg/kg em *P. edulis* f. *flavicarpa*), e a

amigdalina (31 mg/kg em *P. edulis*) e outros glicosídeos não identificados (99 mg/kg em *P. edulis* f. *flavicarpa*) no suco. A sambunigrina foi encontrada no suco e na casca (de 0,4 mg/kg no suco de *P. edulis* a 15,5 mg/kg na casca de *P. edulis* f. *flavicarpa*). O suco de *P. edulis* f. *flavicarpa* conteve, em base fresca, 56,4 mg/kg de prunasina, 14,4 mg/kg de amigdalina, 3,2 mg/kg de sambunigrina e 99,6 mg/kg de outro glicosídeo não identificado, enquanto a casca possuiu 286,9 mg/kg de prunasina, 15,7 mg/kg de sambunigrina, 1,4 mg/kg de amigdalina e 62,1 de outro glicosídeo não identificado. Chassagne e Crouzet (1998) identificaram, em *P. edulis*, o outro glicosídeo não identificado em trabalho realizado por Chassagne e outros (1996) como sendo um glicosídeo cianogênico β -rutinosídeo [(R)-mandelonitrila α -L-ramnopiranosil- β -D-glicopiranosídeo].

De acordo com Spencer e Siegler (1983), todas as partes dos frutos verdes de maracujá, exceto as sementes, são tóxicas. Os frutos maduros também retêm significativas quantidades de compostos cianogênicos, mas, como o conteúdo cai durante a maturação, a prática de colheita dos frutos no solo favorece a redução destes compostos nos frutos destinados ao processamento. O processamento atual, que tritura os tecidos da planta, mistura os compostos cianogênicos com a β -glicosidase, que os hidrolisa, liberando a maioria do HCN produzido para a atmosfera. Entretanto, esses pesquisadores orientam para um monitoramento dos níveis de compostos cianogênicos durante o processamento.

3.7 Processos para eliminação de glicosídeos cianogênicos e de outros compostos cianogênicos das plantas

Nambisan (1994) relatou a retenção de 75% de compostos cianogênicos em raízes de mandioca cozidas em pedaços de aproximadamente 50 g, enquanto em pedaços de 25 g e 5 g foi de 50% e 25%, respectivamente, com cianohidrinás e cianetos livres presentes em muito baixa concentração (3% a 6% do total), e que o simples branqueamento por imersão de pedaços finos em água em ebulição por 5 a 10 minutos reduziu o teor de glicosídeos cianogênicos em 50%.

Nambisan e Sundaresan (1985) comentaram sobre a perda de glicosídeos cianogênicos em raízes de mandioca ser provocada pela sua solubilização na água.

Nambisan (1994) também reportou sobre a influência do volume de água usado no cozimento, afirmando que a perda por lixiviação dos compostos passa de 30% para 75% quando aumenta-se o volume de água de 1:1 para 1:5 (proporção raiz : água), e que a troca de água de cozimento também favorece a redução destes compostos, sendo comum trocas por duas ou três vezes para mandioca brava, dispensável para mandioca mansa. Ratificou também, a falta de ação da enzima linamarase na redução dos glicosídeos cianogênicos durante o processo de cozimento, devido à sua inativação.

Nambisan e Sundaresan (1985) avaliaram a perda de compostos cianogênicos em raízes de mandioca pela secagem artificial e natural ao sol (40°C, 40% U.R.), demonstrando a retenção de 50% e 65% de glicosídeos em chips de 10 mm e 3 mm, respectivamente, secos a 50°C, e de 60% e 80%, a 70°C, enquanto na secagem solar, a retenção foi de 33% e 58%, acompanhada pelo aumento na formação de cianohidrinias e cianetos livres. Meuser e Smolnik (1980) obtiveram perdas de 80% em 2 horas e quase total em cerca de 8 horas e 90% em 2 horas e quase total em cerca de 6 horas em chips de mandioca desidratados a 40°C e 60°C, respectivamente, e, tam bém, de aproximadamente 50% em polpa de raiz de mandioca liofilizada ou desidratada por “flash drying”.

Nambisan e Sundaresan (1985) e Vasconcelos e outros (1990) afirmaram que a trituração e esmagamento das raízes de mandioca seguidos da secagem solar é o mais efetivo método de remoção de compostos cianogênicos, com retenções de apenas 1,5% a 3,2%. A efetividade deste processo é devido à completa ruptura das células, provocando o máximo contato entre enzima e substrato, proporcionando perdas superiores a 95% de glicosídeos cianogênicos (NAMBISAN, 1994). Oke (1994) comentou que a fermentação por imersão em água parece ser o mais efetivo método de remoção de compostos cianogênicos em raízes de mandioca, citando perdas lineares após 12 horas e de 90% a 100% em 3 dias, sendo o processo ainda mais eficiente se as raízes forem primeiramente raladas. O mesmo autor também comentou sobre a hidrólise dos glicosídeos cianogênicos pela ação de linamarase endógena e de β -glicosidases microbianas durante o processo de fermentação.

Nambisan (1994) relatou as baixas perdas, de 14%, 17% e 13%, provocadas pelos processos de forneamento, branqueamento a vapor e fritura da

mandioca, respectivamente, provocadas pelas altas temperaturas dos processos (acima de 100°C), que evitam a quebra enzimática dos glicosídeos cianogênicos.

Oke (1994) salientou a ineficiência do uso de apenas um método, como cozimento, fritura e secagem direta, para a eliminação de compostos cianogênicos em mandioca, observando que os processos tradicionais sempre tendem a combinar um ou dois métodos eficientes de eliminação com um outro menos eficiente. Afirmou, também, que utilizando-se os métodos tradicionais de remoção de compostos cianogênicos de mandioca (como quando a raiz de mandioca é descascada e ralada, fermentada e submetida a secagem solar ou com calor moderado) permite-se a obtenção de produtos seguros, independente da variedade utilizada.

Tunçel e outros (1995) estudaram a eliminação de compostos cianogênicos em sementes de damasco (*Prunus armeniaca*), avaliando o efeito do tamanho da partícula e da imersão em água, na degradação dos GCs (amigdalina e prunasina) e na liberação dos compostos na água, e do efeito do cozimento na remoção dos compostos cianogênicos não-glicosídicos. Confirmaram a atuação da β -glicosidase endógena e verificaram uma maior velocidade de degradação dos GCs nas partículas finas (< 1 mm), que não possuíam GCs após 0,5 hora de imersão em água a 30°C, enquanto partículas de tamanho médio (2-3 mm), somente após 6 horas, e grande (4-5 mm), após 22 horas.

No mesmo trabalho, os autores mencionados variaram o tempo de imersão em água (4 e 22 horas) das partículas (2-4 mm) de semente de damasco e a temperatura da água (25°C e 35°C), tendo observado maior diminuição dos GCs quando usada água de imersão com temperatura de 35°C. Entretanto, os compostos cianogênicos não-glicosídicos permaneceram estáveis durante o período de imersão, da mesma forma que reportado por Mlingi e outros (1993) com mandioca.

Na avaliação do tempo de cozimento (0, 5, 15 e 30 minutos) a 100°C das sementes de damasco trituradas, Tunçel e outros (1995) verificaram grandes reduções dos compostos cianogênicos não-glicosídicos após 5 minutos. Entretanto, a remoção foi incompleta mesmo após 30 minutos, com a fração glicosídica permanecendo estável nos tempos de cozimento prolongados aplicados.

Esses mesmos autores concluíram que a redução do tamanho da partícula das sementes de damasco e a imersão em água causaram considerável redução do total de compostos cianogênicos, resultando em um acúmulo de compostos cianogênicos não-glicosídicos na semente e na água de imersão, mas que, apesar das grandes reduções, nenhum dos tratamentos resultou em sementes com teor tão baixo como o de farinha de mandioca e de gari, mesmo depois do cozimento. Sugeriram a remoção dos GCs usando processo microbiológico e dos compostos cianogênicos não-glicosídicos por secagem do “bolo” de sementes

Tunçel e outros (1998) avaliaram a degradação dos glicosídeos cianogênicos de sementes de damasco (*Prunus armeniaca*) com diferentes tamanhos de partícula por enzimas, endógena (β -glucosidase) e adicionada (pectinase), e por meio de tratamento térmico. Verificaram que o tamanho de partícula menor (< 2 mm) aumentou a degradação dos glicosídeos e a necessidade de uma quantidade muito elevada de enzima adicionada para degradar totalmente os compostos tóxicos. Observaram, também, que o tratamento térmico das sementes de damasco por imersão em água a 100°C durante 20 minutos inativou a atividade da β -glucosidase endógena.

Brimer e outros (1993) avaliaram a capacidade de diferentes microrganismos, 29 bactérias lácticas, 21 leveduras e 25 fungos, de degradar amigdalina por hidrólise, tendo observado um máximo de degradação de 27%, 98% e 99%, respectivamente. Nout e outros (1995) utilizaram os microrganismos citados por Brimer e outros (1993), com capacidade de degradação superior a 95% (*Hanseniaspora valbyensis*, *Endomyces fibuliger*, *Mucor circinelloides* e *Penicillium nalgiovense*), para testar sua ação em sementes de damasco (*Prunus armeniaca*), verificando satisfatória atividade apenas da levedura *Endomyces fibuliger* que reduziu o teor de amigdalina em aproximadamente 96% depois de 48 horas de incubação a 27°C. Entretanto, Tuncel e outros (1998) avaliaram a adição dos microrganismos *Candida guilliermondii* LU 120, *Endomyces fibuliger* LU 677 e *Aspergillus niger* LU 1500 para degradar os glicosídeos cianogênicos em sementes de damasco, não tendo obtido resultados significativos nessa redução.

4. Aproveitamento de alguns resíduos de alimentos de origem vegetal

A falta do hábito do consumo de alimentos na forma integral, o processamento e o desconhecimento do valor nutritivo das diversas partes das plantas geram desperdícios e resíduos (DARIS et al., 2000).

Há uma grande geração de resíduos no processamento agroindustrial de frutas e hortaliças. Estima-se que o aproveitamento dessas matérias-primas não ultrapasse 80% a 85% durante o processamento agroindustrial (LARRAURI; CEREZAL, 1993) e que os resíduos gerados possam chegar a até 30% (SCHAUB; LEONARD, 1996). As cascas, bagaços, membranas, vesículas, sementes e aparas são alguns dos resíduos do processo. Além de representarem um desperdício, os resíduos são poluentes cujo tratamento e/ou aproveitamento contribuem para a preservação ambiental (SCHAUB; LEONARD, 1996; THASSITOU; ARVANITOYANNIS, 2001).

Os resíduos de alimentos vegetais e animais, segundo o estado em que se apresentam, suas condições e características, podem ser classificados como resíduos “in natura”, resultantes do beneficiamento dos alimentos; resíduos eliminados durante o processamento de alimentos; e resíduos de alimentos já processados. Os resíduos resultantes do beneficiamento de alimentos surgem durante o preparo destes, na sua conversão em produtos alimentícios. Pertencem a esta classe os resíduos que não integram os produtos como seus componentes e que por esse motivo necessitam ser deles excluídos (EVANGELISTA, 1994).

As frutas e hortaliças possuem diversos componentes de efeito benéfico na manutenção da saúde e na prevenção de doenças (ARUOMA, 1994; LUXIMONRAMMA et al., 2003), como fibras, vitaminas, minerais, substâncias fenólicas e flavonóides, que comumente também estão presentes nos resíduos. Por outro lado, alguns resíduos também podem conter substâncias tóxicas e fatores antinutricionais, como compostos cianogênicos e inibidores de proteases, geralmente envolvidos em funções biológicas da planta, como os mecanismos de defesa e proteção (VETTER, 2000).

Os resíduos do processamento de maracujá amarelo para a produção de suco são a casca, o albedo e as sementes, que quando aproveitados, são utilizados para a alimentação animal (MATSUURA et al., 1999). Otagaki e

Matsumoto (1958), Ariki e outros (1977) e Medina (1980) mostraram seu uso em rações de vacas, porcos e frangos de corte.

Alguns trabalhos determinaram a proporção do resíduo em relação à fruta. Pruthi (1963) encontrou valores de 47,6% a 78,0% de casca e de 15,1% a 44,6% de semente em maracujás, enquanto Sjostrom e Rosa (1977) encontraram 11,7% e 31,5% e Lipitoa e Robertson (1977) de 19,0% a 20,0% e 26,0% a 31,0% de casca e semente, respectivamente, em maracujá amarelo.

Pesquisas envolvendo o aproveitamento dos resíduos do maracujá têm sido realizadas. Algumas mostraram a extração e caracterização da pectina do albedo do maracujá (LIMA, 1971/1972; JAGENDRA, 1980; HOLANDA, 1991). Jagendra (1980) obteve um rendimento de 15% de pectina (em base seca), com grau de gelificação de 150 e conteúdo de metoxilação de 7,0%. Fernandes e Maia (1985) extraíram e desidrataram a pectina do albedo e a utilizaram na produção de geléias, concluindo ser viável o seu emprego. Jagendra (1980) e Melo e Andrade (1996) estudaram a viabilidade do uso do óleo da semente de maracujá amarelo na alimentação humana.

Collado e outros (1989) estudaram a produção de “chutney” e doces com albedo de maracujá, sendo o “chutney” comparável ao de manga e os doces aromatizados com suco de limão e maracujá, os mais aceitos sensorialmente. Lira Filho (1995) e Lira Filho e Jackix (1996) estudaram a utilização direta da casca do maracujá amarelo, como fonte de pectina, na produção de geléia, obtendo produtos de boa qualidade sensorial e com viabilidade técnica de uso.

Jordão e Bonas (1996) desidrataram e trituraram o albedo de maracujá, produzindo um pó fino, e o utilizaram também na elaboração de geléia, resultando em um produto de boa aceitação.

Cardoso e outros (1998), Andrade e Sabaa-Srur (1999) e Ribeiro e outros (2000) estudaram o aproveitamento do albedo de maracujá na elaboração de compotas, analisando diferentes concentrações de açúcar no produto final, adição de suco de maracujá à calda e as modificações durante o armazenamento, concluindo sobre seu potencial de utilização. Cardoso e outros (1997) e Matsuura e outros (1999) também estudaram o uso da casca de maracujá amarelo, com o albedo, no processamento de cristalizado, resultando em produtos de boa

aceitação sensorial. Entretanto, todos estes estudos não avaliaram os compostos cianogênicos presentes no albedo.

Vários estudos sobre o aproveitamento de outros resíduos agroindustriais vegetais e testes de sua aplicação têm sido realizados, principalmente, como ingrediente alimentício, e alguns destes trabalhos são citados a seguir. Sonogli e Moretto (1995) e Mello e outros (2000) avaliaram o uso de farinha de casca de banana em produtos de panificação. Shafer e Zabik (1978), Dourgherty e outros (1988) e Gould e outros (1989) relataram o uso de fibras de palha de trigo e cascas de aveia, em substituição parcial à farinha de trigo, na elaboração de pães, bolos e biscoitos. Magno (1996) realizou estudos de adição de polpa de laranja, como fonte de fibra, na elaboração de pães, obtendo produto com boa qualidade tecnológica, com 2,5% de polpa de laranja desidratada em sua formulação. Céspedes (1999) avaliou a adição de polpa de laranja extrusada na produção de biscoitos tipo “cookie”, resultando em produto de boa qualidade tecnológica, com substituição de até 15% da farinha de trigo pela polpa.

Algumas outras formas de utilização dos resíduos vegetais também foram investigadas, como o uso de fibras da polpa de laranja (SHAFER; ZABIK, 1978; SONOGLI; MORETTO, 1995; MAGNO, 1996; CÉSPEDES, 1999; MELLO et al., 2000) e de bagaço de maçã (CHEN et al., 1988; WANG; THOMAS, 1989; CARSON et al., 1994; WASZCZYNSKYJ et al., 2001) em produtos de panificação; de casca de melancia para a produção de pickles e cristalizado (MADHURI; DEVI, 2003); de resíduos da jaca para a elaboração de bebidas (JACOB JOHN; NARASIMHAM, 1993); de casca de laranja e de tomate como espessante em produtos enlatados (Speirs et al., 1980); de talos de vegetais (acelga, brócolis, couve, couve-flor e espinafre) para a elaboração de sopas (COUTO et al., 2003); e de casca de maçã e bagaços de cana, laranja, limão e uva como fontes de carbono para a produção de ácidos e aromas (TRAN; MITCHELL, 1995; UENOJO et al., 2003).

Azlyn e outros (1989) também obtiveram barras com alto teor de fibra bem aceitas sensorialmente, produzidas pelo emprego de farelo de trigo e milho. Clark e Johnson (2002) estudaram o enriquecimento de barras de cereais com fibra de tremoço e verificaram a redução da aceitação sensorial global dos produtos elaborados.

5. O produto alimentício barra de cereais

Nestes últimos anos, tem ocorrido um considerável aumento na demanda e no desenvolvimento de produtos de preparo rápido ou prontos para consumo, devido às alterações na rotina diária de parte da população.

“Snacks” são produtos fáceis de consumir, prontamente disponíveis, de pequeno tamanho, requisitando pouco ou nenhum preparo para o consumo, como é o caso das barras de cereais (TETTWEILLER, 1991). Até pouco tempo atrás, o valor nutritivo dos “snacks” era pouco considerado, entretanto, a tendência de crescimento de consumo de alimentos nutritivos e naturais tem levado a indústria a ampliar o desenvolvimento desses produtos, por exemplo, por meio de uso de novos ingredientes, elaborando produtos que tenham um bom aporte de carboidratos, proteínas, vitaminas, minerais e fibras, e com um bom balanço de calorias (TETTWEILER, 1991; ESTÉVEZ et al., 1995).

As barras de cereais foram introduzidas há mais de uma década como uma alternativa saudável de produto de confeitaria, ao mesmo tempo em que os consumidores demonstravam interesse em aumentar os cuidados com a saúde e a dieta (BOWER; WHITTEN, 2000). Estes produtos foram inicialmente desenvolvidos com alto teor de fibra e baixo teor de gordura para preencher uma lacuna de mercado onde os biscoitos e as barras de confeitaria eram vistos como uma forma de “snack” pouco saudável (BOUSTANI; MITCHELL, 1990). Os ingredientes tradicionais incluem cereais, frutas, nozes e chocolate, sendo que a introdução desse último prejudicou a imagem saudável do produto.

As barras de cereais apresentam formato retangular e pequeno tamanho, que com o passar dos anos tem se modificado, passando de um produto “duro” e crocante para um produto “macio” e mastigável, e atualmente também oferecido coberto com chocolate (MURPHY, 1995).

De acordo com Boustani e Mitchell (1990) e Bower e Whitten (2000), os consumidores associam as barras a produtos saudáveis e tem no sabor a principal razão de compra. Os atributos sensoriais de aroma, gosto, textura e aparência também foram citados como importantes para influenciar a intenção de compra dos consumidores.

O mercado de barras de cereais tem aumentado bastante nos últimos anos (ESCOBAR et al., 1994; PALAZZOLO, 2003), principalmente devido à tendência de consumo de alimentos saudáveis com alto teor de fibra e baixo teor de gordura.

No início da década de 90, os principais consumidores de barras eram os atletas. Atualmente, o consumo também é feito por não atletas e observa-se a produção de barras para segmentos de mercado específicos. Barras contendo vitaminas e minerais específicos para mulheres; barras formuladas visando à saúde da próstata do homem; barras para diabéticos, que estabilizam o nível de açúcar do sangue; e barras que auxiliam no combate à osteoporose, são exemplos das novas barras produzidas para segmentos específicos (MERMELSTEIN, 2002; PALAZZOLO, 2003).

6. Referências bibliográficas

AACC. AACC Board holds midyear meeting. **Cereal Foods World**, v.45, n.7, p.325, 2000.

AACC. The definition of dietary fiber. **Cereal Foods World**, v.46, n.3, p.112-129, 2001.

ANDERSON, J. W.; AKANJI, A. O. treatment of diabetes with high fiber diets. In: SPILLER, G. A. (ed.) **Dietary fiber in human nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 1992, p.443-470.

ANDERSON, J. W.; DEAKINS, D. A.; FLOORE, T. L.; SMITH, B. M.; WHITIS, S. R. Dietary fiber and coronary heart disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.29, n.2, p.95-147, 1990.

ANDERSON, J. W.; FLOORE, T. L.; BAZEL, G. P. Hypocholesterolemic effects of different bulk-forming hydrophilic fibers as adjuncts to dietary therapy in mild to moderate hypercholesterolemia. **Archives of Internal Medicine**, v.151, p. 1597-1602, 1991.

ANDRADE, J. M. de; SABAA-SRUR, A. U. O. Estudo tecnológico da compota da casca do maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) cv. amarela. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 3, 1999. Campinas. **Resumos...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1999. p.161.

ARIKI, J.; TOLEDO, P. R.; RUGGIERO, C.; OLIVEIRA, J. C. de Aproveitamento de cascas desidratadas e sementes de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) na alimentação de frangos de corte. **Científica**, v.5, n.3, p.340-343, 1977.

ARUOMA, O. I. Nutrition and health aspects of free radicals and antioxidants. **Food Chemistry and Toxicology**, v.32, p.671-683, 1994

ASSAN, R. Pancréatite tropicale diabétogène. **Diabete et Metabolisme**, v.14, p.299-312, 1988

AZLYN, K.L.; TOMA, R.B.; KOVAL, J.E.; CHRISTOPHER, S. Formulation and sensory evaluation of a low calorie fiber bar. **Journal of Food Science**, v.54, n.3, p.727-729, 1989.

BELOTTI, A. C.; ARIAS, B. The possible role of HCN on the biology and feeding behaviours of the cassava burrowing bug (*Cyrtomenus hergi*, Froeschner). In: ROCA, W. M.; THRO, A. M. (eds.) **Proceedings of the first international scientific meeting of the Cassava Biotechnology Network**, Cartagena: CIAT, p.406-409, 1992

BOLHUIS, G. G. The toxicity of cassava roots. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.2, p.176-185, 1954

BORYCKA, B.; ZUCHOWSKI, J. Metal sorption capacity of fibre preparations from fruit pomace. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v.7/48, n.1, p.67-76, 1998.

BOUSTANI, P.; MITCHELL, V. W. Cereal bars: a perceptual, chemical and sensory analysis. **British Food Journal**, v.92, n.5, p.17-22, 1990.

BOWER, J. A.; WHITTEN, R. Sensory characteristics and consumer liking for cereal bar snack foods. **Journal of Sensorial Studies**, v.15, n.3, p.327-345, 2000.

BRAATHEN, J. T.; WOOD, P. J.; SCOTT, F. W.; RIEDEL, K. D.; POSTE, L. M.; COLLINS, M. W. Oat gum lowers glucose and insulin after an oral glucose load. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 53, n.6, p.1425-1430, 1991.

BRADBURY, J. H.; EGAN, S. V.; LYNCH, M. J. Analysis of cyanide in cassava using acid hydrolysis of cyanogenic glucosides. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.55, p.277-290, 1991

- BRATTSEN, L. B.; SAMUELIAN, J. H.; LONG, K. Y.; KINCAID, S. A.; EVANS, K. Cyanide as a feeding stimulant for the southern armyworm, *Spodoptera eridania*. **Ecological Entomology**, v.8, p.125-132, 1983
- BRIMER, L.; TUNÇEL, G.; NOUT, M. J. R. Simple screening procedure for microorganisms to degrade amygdalin. **Biotechnology Techniques**, v.7, p.683-687, 1993
- CARADUS, J. R.; FORDE, M. B. Characterization of white clover populations collected from the Caucasus and high altitude regions of eastern Turkey. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.43, p.143-155, 1996
- CARDOSO, C. E. L.; SOUZA, J. S.; LIMA, A. A.; COELHO, E. F. Aspectos econômicos. In: LIMA, A. A. (ed.) **O cultivo do maracujá**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 1999. p.109-117.
- CARDOSO, R. L.; MATSUURA, F. C. A. U.; MACHADO, S. S. Casca de maracujá em calda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15, 1998. Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1998. p.589.
- CARDOSO, R. L.; MATSUURA, F. C. A. U.; MACHADO, S. S. Processamento e avaliação de casca de maracujá cristalizada. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 2, 1997. Campinas. **Resumos...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1997. p.134.
- CARSON, K. J.; COLLINS, J. L.; PENFIELD, M. P. Unrefined, dried apple pomace as a potential food ingredient. **Journal of Food Science**, v.59, n.6, p.1213-1215, 1994.
- CÉSPEDES, M. A. L. **Otimização do processo de extrusão da polpa de laranja: modificação das propriedades funcionais e sua aplicação como fonte de fibra alimentar**. Campinas, 1999. 163p. Dissertação (doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- CHASSAGNE, D.; CROUZET, J. A cyanogenic glycoside from *Passiflora edulis* fruits. **Phytochemistry**, v.49, n.3, p.757-759, 1998
- CHASSAGNE, D.; CROUZET, J. C.; BAYONOVE, C. L.; BAUMES, R. L. Identification and quantification of passion fruit cyanogenic glycosides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, n.12, p.3817-3820, 1996.

- CHEN, H.; RUBENTHALER, G. L.; LEUNG, H.; BARANOWSKI, J. D. Chemical, physical and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. **Cereal Chemistry**, v.65, n.3, p.244-247, 1988.
- CLARK, R.; JOHNSON, S. Sensory acceptability of foods with added lupin (*Lupinus angustifolius*) kernel fiber using pre-set criteria. **Journal of Food Science**, v.67, n.1, p.356-362, 2002.
- CLEMENS, R. A. Redefining fiber. **Food Technology**, v.55, n.2, pg.100, 2001.
- COLLADO, L.S.; LIM, M.; MABESA, L. B. Food production from passion fruit (*Passiflora* sp.) rind. **Philippine Technology Journal**, v.14, n.1-2, p.65-70, 1989.
- COUTO, S. M.; DERIVI, S. C. N.; MENDEZ, M. H. M. Utilização tecnológica de subprodutos da indústria de vegetais. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 5, 2003. Campinas. **Resumos...** Campinas: Unicamp, 2003. 1 CD.
- CUMMINGS, J. H. Cancer and the large bowel. In: TROWELL, H.; BURKHITT, D.; KEATON, H. **Fibre, fibre-depleted foods and disease**. London: Academic Press, 1985, p.161-190.
- CUMMINGS, J. H. The effect of dietary fiber on fecal weight and composition. In: SPILLER, G. A. (ed.) **Dietary fiber in human nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 1992, p.263-350.
- CUNHA, M. A. P.; BARBOSA, L. V.; FARIA, G. A. Botânica. In: LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. (eds.) **Produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p.13-36.
- CUNHA, M.A P. da; KRAMPE, R. Espécies do gênero *Passiflora*. In: LIMA, A. de A. (cord.) **O cultivo do maracujá**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. p.18-25.
- DARIS, D.; JACQUES, R.; VALDUGA, E. Avaliação de características físico-químicas e sensoriais de doces em pasta elaborados com polpa e/ou casca de banana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17, 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000, v.1, p.3.14.
- DAVIDSON, A.; STEVENSON, T. Poisoning by pois d'Archery (*Phaseolus lunatus*, L.). **Practitioner**, v.32, p.435-439, 1884

- DAVIDSON, M. H.; McDONALD, A. Fiber: forms and functions. **Nutrition Research**, v.18, n.4, p.617-624, 1998.
- DELANGE, F.; EKPECHI, L. O.; ROSLING, H. Cassava cyanogenesis and iodine deficiency disorders. **Acta Horticulturae**, v.375, p.289-293, 1994
- DOUGHERTY, M.; SOMBKE, R.; IRVINE, J.; RAO, C. S. Oat fibers in low calorie breads, soft-type cookies and pasta. **Cereal Foods World**, v.33, n.5, p.424-427, 1988.
- EDWARDS, C. A.; JOHNSON, I. T.; READ, N. W. Do viscous polysaccharides slow absorption by inhibiting diffusion or convection? **European Journal of Clinical Nutrition**, v.42, n.4, p.307-312, 1988.
- EKPECHI, O. E. Pathogenesis of endemic goitre in Eastern Nigeria. **British Journal of Nutrition**, v.21, p.537-541, 1966
- ELLSBURY, M. M.; PEDERSON, G. A.; FAIRBROTHER, T. E. Resistance to foliar feeding hipergine weevils (Coleoptera, Curculionidae) in cyanogenic white clover. **Journal of Economic Entomology**, v.85, p.2467-2472, 1992
- EMINEDOKI, D. G.; MONANN, M. O.; ANOSIKE, E. O. Thyocyanate levels of mainly dietary origin in serum and urine from a human population sample in Port Harcourt, Nigeria. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.46, p.277-285, 1994
- ESASHI, Y.; MARUYAMA, A.; SASAKI, S.; TANI, A.; YOSHIYAMA, M. Involvement of cyanogens in the promotion of germination of cocklebur seeds in response to various nitrogenous compounds, inhibitors of respiratory (respiration) and ethylene. **Plant and Cell Physiology**, v.37, p.545-549, 1996
- ESCOBAR, B.; ESTÉVEZ, A. M.; VÁSQUEZ, M.; CASTILLO, E.; YAÑES, E. Barras de cereales maní y amaranto dilatado: composición química y estabilidad en almacenamiento acelerado. **Archivos Latinoamericanos de Nutrition**. v.44, n.1, p.36-40, 1994.
- ESTÉVEZ, A. M.; ESCOBAR, B.; VÁSQUEZ, M.; CASTILLO, E.; ARAYA, E.; ZACARÍAS, I. Cereal and nut bars, nutritional quality and storage stability. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.47, p.309-317, 1995.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2ed., Rio de Janeiro: Ed. Atheneu, 1994. 652p.
- FERNANDES, Z. de F.; MAIA, G. A. Aproveitamento dos resíduos industriais do maracujá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE

ALIMENTOS, 8, 1985. Itabuna. **Resumos...** Itabuna: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos / Ceplac, 1985. v.1. p.90.

FREEMAN, H. J. effects of dietary fiber on fecal-luminal mutagenic activities. In: SPILLER, G. A. (ed.) **Dietary fiber in human nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 1992, p.413-418.

GARICA DIEZ, F.; GARCIA MEDIIVILLA, V.; BAYON, J. E.; GONZALEZ GALLEGU, J. Pectin feeding influences fecal bile acid excretion, hepatic bile acid and cholesterol synthesis and serum cholesterol in rats. **Journal of Nutrition**, v.126, n.7, p.1766-1771, 1996.

GAZZANIGA, J. M.; LUPTON, J. R. Dilution effect of dietary fiber sources: an in vivo study in the rat. **Nutrition Research**, v.7, p.1261-1268, 1987.

GORBACH, S. L.; GOLDIN, B. R. Nutrition and the gastrointestinal microflora. **Nutritional Reviews**, v.50, p.378-381, 1992.

GOULD, M. J.; JASBERG, B. K.; DEXTER, L. B.; HSU, J. T.; LEWIS, S. M.; FAHEY, G. C. High-fiber, noncaloric flour substitute for baked foods. Properties of alkaline peroxide treated lignocelulose. **Cereal Chemistry**, v.66, n.3, p.201-205, 1989.

GUILLON, F.; CHAMP, M.; THIBAUT, J. F. Dietary fibre functional products. In: GIBSON, G. R.; WILLIAMS, C. M. (eds.) **Functional foods: concept to product**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p.315-364.

HASEGAWA, R.; TADA, T.; TORII, Y.; EASHI, Y. Presence of beta-cyanoalanine synthase in unimbibed dry seeds and its activation by ethylene during pregermination. **Physiologia Plantarum**, v.91, p.141-146, 1994

HASHIGUCHI, T.; INAI, M.; OHKUBO, M. Proteinase inhibitor in passion fruit. **Journal of Japanese Society of Nutrition and Food Science**, v.46, n.5, p.409-415, 1993.

HEINI, A. F.; LARA-CASTRO, C.; SCHNEIDER, H.; KIRK, K. A.; CONSIDINE, R. V.; WEINSIER, R. L. Effect of hydrolyzed guar fiber on fasting and postprandial satiety hormones: a double-blind, placebo-controlling trial during controlled weight loss. **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders**, v.22, n.9, p.906-909, 1998.

HODGSON A. S.; KERR, L. H. Tropical fruit products. In: WALTER, R. H (ed.) **The chemistry and technology of pectin**. New York: Academic Press, 1991. p.67-86

HOLANDA, H. D. de **Obtenção de um material pectínico a partir do resíduo (casca) de maracujá amarelo**. João Pessoa, 1991. 96p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Paraíba.

HOWARTH, N. C.; SALTZMAN, E.; ROBERTS, S. B. Dietary fiber and weight regulation. **Nutrition Reviews**, v.59, n.5, p.129-139, 2001.

IBGE. Produção agrícola municipal. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 jul. 2004.

JACOB JOHN, P.; NARASIMHAM, P. Processing and evaluation of carbonated beverage from jackfruit waste (*Artocarpus heterophyllus*). **Journal of Processing and Preservation**, v.16, p.373-380, 1993

JAGENDRA, P. Pectin and oil from passion fruit waste. **Fiji Agricultural Journal**, v.42, n.1, p.45-48, 1980.

JENKINS, D. J. A.; KENDALL, C. W. C.; RANSOM, T. P. P. Dietary fiber , the evolution of the human diet and coronary heart disease. **Nutrition Research**, v.18, n.4, p.633-652, 1998.

JENKINS, D. J. A.; SPADAFORA, P. J.; JENKINS, A. L.; RAINEY-MACDONALD, C. G. Fiber in the treatment of hyperlipidemia. In: SPILLER, G. A. (ed.) **Dietary fiber in human nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 1992. p.419-438.

JOHNE, S. Cyanogenic plants. In: RIZK, A. M. (ed.) **Poisonous plant contamination of edible plants**. Boca Raton: CRC Press, 1991. p.65-93.

JOHNSON, I. T. The biological effects of dietary fibre in the small intestine. In: SOUTHGATE, D. A. T.; WALDRON, K.; JOHNSON, I. T.; FENWICK, G. R. (eds.) **Dietary fibre: chemical and biological aspects**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1990. p.151-163.

JONES, D. A. Why are so many food plants cyanogenic? **Phytochemistry**, v.47, n.2, p.155-162, jan. 1998

JORDÃO, P. R.; BONAS, D. S. O. Aproveitamento da casca do maracujá como subproduto da extração do suco para a fabricação de pectina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14, 1996. Curitiba. **Resumos...** Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1996. p.348.

KANEDA, N.; NAGAT, C.; KABUTO, M.; SHIMIZU, H. Fat and fiber intakes in relation to serum estrogen concentration in premenopausal japanese women. **Nutrition and Cancer**, v.27, n.3, p.279-283, 1997.

- KENDE, H. Enzymes of ethylene biosynthesis. **Plant Physiology**, v.91, p.1-4, 1989
- KRITCHEVSKY, D. Dietary fibre and lipid metabolism. **International Journal of Obesity**, v.11, p.33-43, 1987.
- LA VECCHIA, C.; FERRARONI, M.; FRANCESCHI, S.; MEZZETTI, M.; DECARLI, A.; NEGRI, E. Fibers and breast cancer risk. **Nutrition and Cancer**, v.28, n.3, p.264-269, 1997.
- LARRAURI, J. A.; CEREZAL, P. Caracterización de los residuos de diferentes variedades de mango. **Alimentaria**, v. 242, p.89-91, 1993
- LIDDLE, R. A.; MORITA, E. T.; CONRAD, C. K.; WILLIAMS, J. A. Regulation of gastric emptying in humans by cholecystokinin. **Journal of Clinical Investigation**, v.77, n.3, p.992-996, 1986.
- LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. (eds.) **Produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 396p.
- LIMA, D. C. de Extração da pectina do maracujá. **Coletânea do ITAL**, v.4, p.63-69, 1971/72.
- LIPITOA, S.; ROBERTSON, G. L. The enzymatic extraction of juice from yellow passion fruit pulp. **Tropical Science**, v.19, n.2, p.105-112, 1977.
- LIRA FILHO, J. F. de **Utilização da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Degener) na produção de geléia**. Campinas, 1995. 132p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- LIRA FILHO, J. F. de; JACKIX, M. N. H. Utilização da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Degener) na produção de geléia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15, 1996. Brasília. **Resumos...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1996. v.1, p.22.
- LUND, E. K.; GEE, J. M.; BROWN, J. C.; WOOD, P. J.; JOHNSON, I. T. Effect of oat gum on the physical properties of the gastrointestinal contents and on the uptake of D-galactose and cholesterol by rat small intestine *in vitro*. **British Journal of Nutrition**, v.62, n.1, p.91-101, 1989.

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

MACHADO, S. S.; CARDOSO, R. L.; MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S. Caracterização física e físico-química de frutos de maracujá amarelo provenientes da região de Jaguaquara, Bahia. **Magistra**, v.15, n.2, especial, p.229-233, 2003.

MADHURI, P.; DEVI, K. Value addition to watermelon fruit waste. **Journal of Food Science and Technology**, v.40, n.2, p.222-224, 2003.

McFARLANE, I. J.; LEES, E. M.; CONN, E. E. The *in vitro* biosynthesis of dhurrin, the cyanogenic glucoside of *Sorghum bicolor*. **Journal of Biological Chemistry**, v.250, p.4708-4713, 1975.

MAGNO, C. de P. R. S. **Efeito da adição da polpa de laranja nas características reológicas da massa e na qualidade tecnológica do pão**. Campinas, 1996. 126p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

MALKKI, Y. Physical properties of dietary fiber as keys to physiological functions. **Cereal Foods World**, v.46, n.5, p.196-199, 2001.

MARTINS, C. B.; GUIMARÃES, A. C. L.; PONTES, M. A. N. **Estudo tecnológico e caracterização física, físico-química e química do maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.) e seus subprodutos**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1985. 23p. (Relatório de pesquisa, 4).

MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.; MACHADO, S. S. **Aproveitamento da casca (albedo) do maracujá amarelo como “doce” cristalizado**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. 2p. (Comunicado técnico, 65).

MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S. Produtos. In: LIMA, A. de A. (coord.) **O cultivo do maracujá**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. p.103-108.

MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S. Processamento. In: LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. (eds.) **Produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p.305-322.

McMAHON, O. E.; WHITE, W. L. B.; SAYRE, R. T. Cyanogenesis in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of Experimental Botany**, v.46, p.731-741, 1995

MEDINA, J. C. Subprodutos. In: MEDINA, J. C. et al. **Maracujá: da cultura ao processamento e comercialização**. Campinas: ITAL, 1980. p.145-148 (Série frutas tropicais, 9).

MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D.; PINTO-MAGLIO, C. A. F.; MARTINS, F. P. Caracterização de germoplasma de maracujazeiro (*Passiflora* sp). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.14, n.2, p.157-162, 1992.

MELLO, E. T. Aproveitamento da casca da banana nanica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17, 2000. Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000, v.1, p.11.115.

MELO, H. C. de; ANDRADE, A. R. D. Caracterização do óleo da semente de maracujá para fins alimentícios. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15, 1996. Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas. Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1996, v.1, p.260.

MERCHANT, A. T.; HU, F. B.; SPIEGELMAN, D.; WILLETT, W. C.; RIMM, E. B.; ASCHERIO, A. Dietary fiber reduces peripheral arterial disease risk in men. **Journal of Nutrition**, v.133, n.11, p.3658-3663, 2003.

MERMELSTEIN, N. H. Developing foods to meet the needs of women. **Food Technology**, v.56, n.1, p.40, 42-45, 55, 2002.

MEUSER, F.; SMOLNIK, H. D. Processing of cassava to *gari* and other foodstuffs. **Starch / Starke**, v.32, p.116-122, 1980

MIDIO, A. F.; MARTINS, D. I. **Toxicologia de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2000. 295p.

MIETTINEM, T. A. Dietary fiber and lipids. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.45, p.1237-1242, 1987.

MLINGI, N. V.; ASSEY, V. D.; SWAI, A. B. M.; McLARTY, D. G.; KARLEN, H.; ROSLING, H. Cyanide exposure from cassava consumption in northern Tanzania. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v.44, p.137-144, 1993.

MONTGOMERY, R. D. Cyanogens. In: LIENER, I. W. (ed.) Toxic constituents of plant foodstuffs. New York: Academic Press, 1969, p.143-157

MONTONEN, J.; KNEKT, P.; JARVINEN, R.; AROMAA, A.; REUNANEN, A. Whole grain and fiber intake and the incidence of type 2 diabetes. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.77, n.3, p.622-629, 2003.

MORAN, E. A. Cyanogenetic compounds in plants and their significance in animal industry. **American Journal of Veterinary Research**, v.15, n.54, p.171-176, 1954

MOSSNER, J.; GRUMANN, M.; ZEEH, J.; FISCHBACH, W. Influence of various nutrients and their mode of application on plasma cholecystokinin bioactivity. **Clinical Investigator**, v.70, n.2, p.125-129, 1992.

MURPHY, P. Countlines and cereal bar. In: JACKSON, E. B. (ed.) **Sugar confectionery manufacture**. London: Blackie Academic & Professional, 1995. p.287-297

MUZEMBE, K. F.; NOIRFALISE, A. Impregnation cyanuree risque alimentaire. **Cerevisia and Biotechnology**, v.19, n.3, p.46-53, 1994

NAHRSTEDT, A. Cyanogenic compounds as protecting agents for organisms. **Plant Syst. Evol.**, v.150, p.35-47, 1985

NAMBISAN, B. Evaluation of the effect of various processing techniques on cyanogen content reduction in cassava. **Acta Horticulturae**, n.375, p.193-201, 1994

NAMBISAN, B.; SUNDARESAN, S. Effect of processing on the cyanoglucosides in cassava. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.36, p.1197-1203, 1985

NORMAND, F. L.; ORY, R. L.; MOD, R. R. Binding of bile acids and trace minerals by soluble hemicelluloses of rice. **Food Technology**, v.41, n.2, p.86-90, 1987.

NOUT, M. J. R.; TUNÇEL, G.; BRIMER, L. Microbial degradation of amygdalin of bitter apricot seeds (*Prunus armeniaca*). **International Journal of Food Microbiology**, v.24, n.3, p.407-412, jan. 1995

OHR, L. M. Fortifying with fiber. **Food Technology**, v.58, n.2, p.71-75, 2004.

OKE, O. L. Eliminating cyanogens from cassava through processing: Technology and tradition. **Acta Horticulturae**, n.375, p.163-174, 1994

ONWULATA, C. I.; KONSTANCE, R. P.; STRANGE, E. D.; SMITH, P. W.; HOLSINGER, V. H. High-fiber snacks extruded from triticale and wheat formulations. **Cereal Foods World**, v.45, n.10, 2000.

OSUNTOKUN, B. O. Cassava diet and cyanide metabolism in Wistar rats. **British Journal of Nutrition**, v.24, p.377-381, 1970

OTAGAKI, K. K.; MATSUMOTO, H. Nutritive values and utility of passion fruit byproducts. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.6, n.1, p.64-67, 1958.

PALAZZOLO, G. Cereal bars: they're not just for breakfast anymore. **Cereal Foods World**, v.48, n.2, p.70-72, 2003.

PEDERSON, G. A.; FAITBROTHER, T. E.; GREENE, S. L. Cyanogenesis and climatic relationships in US white clover germplasm collection and core subset. **Crop Science**, v.36, p.427-433, 1996.

PONTES, M. A. N.; HOLANDA, L. F. F.; ORIÁ, H. F.; BARROSO, M. A. T. Estudo dos subprodutos do maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Degener). I – Características físico-químicas das cascas e sementes. **Boletim do CEPPA**, v.4, n.2, p.32-39, 1986.

POULTON, J. E. Cyanogenesis in plants. **Plant Physiology**, v.94, p.401-405, 1990

PROSKY, L.; DEVRIES, J. **Controlling dietary fiber in food products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 161p.

PRUTHI, J. S. Physiology, chemistry and technology of passion fruit. **Advances in Food Research**, v.12, p.203-283, 1963. Publishing, 1985.

RANGANATHAN, S.; CHAMP, M.; PECHARD, C.; BLANCHARD, P.; NGUYEN, M.; COLLONA, P.; KREMPF, M. Comparative study of acute effects of resistant starch and dietary fibers on metabolic indexes in men. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.59, n.4, p.879-883, 1994.

RAUPP, D. da S. **Caracterização nutricional da fibra alimentar solúvel e insolúvel do feijão “Carioca 80 SH” em dietas experimentais com ratos**. Campinas, 1994. 147p. Tese (doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

REEDY, B. S.; SPILLER, G. A. Modification by dietary fiber of toxic or carcinogenic effects. In: SPILLER, G. A. (ed.) **Dietary fiber in human nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 1992, p.501-508.

REISER, S. Metabolic effects of dietary pectins related to human health. **Food Technology**, v.41, n.2, p.91-99, 1987.

RIBEIRO, P. C. do N. Uso de uma tecnologia tradicional para o aproveitamento da casca do maracujá amarelo na produção de doces em calda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17, 2000. Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000, v.1, p.11.34.

SAENZ, J. A.; NASSAR, M. Toxic effect of the fruit of *Passiflora adenopoda* D. C. on humans: phytochemical determination. **Revista de Biologia Tropical**, v.20, n.1, p.137-140, 1972

SCHAUB, S. M.; LEONARD, J. J. Composting: an alternative waste management option for food processing industries. **Trends in Food Science & Technology**, v.7, p.263-268, 1996

SCHENEEMAN, B. O. Dietary Fiber: physical and chemical properties, methods of analysis and physiological effects. **Food Technology**, v.40, n.2, p.104-110, 1986.

SELMAR, D.; GROCHOLEWSKI, S.; SIEGLER, D. S. Cyanogenic lipids: utilization during seedling development of *Ungnadia speciosa*. **Plant Physiology**, v.93, p.631-636, 1990

SELMAR, D.; LIEBEREI, R.; BIEHL, B. Mobilization and utilization of cyanogenic glycosides. The linustatin pathway. **Plant Physiology**, v.86, p.711-716, 1988

SHAFER, M. A.; ZABIK, M. E. Dietary fiber sources for baked products: comparison of wheat bran and other cereal brans in layer cake. **Journal of Food Science**, v.45, n.3, p.375, 1978.

SILVA, A. C. da; SÃO JOSÉ, A. R. Classificação botânica do maracujazeiro. In: SÃO JOSÉ, A. R. **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste Baiano, 1994. p1-5.

SIMONS, L. A.; DWYER, T.; SIMONS, J. BERNSTEIN, L.; MOCK, P.; POONIA, N. S.; BALASUBRAMANIAM, D.; BARON, D.; BRANSON, J.; MORGAN, J.; ROY, P. Chylomicrons and chlomicon remnants in coronary artery disease: a case-control study. **Atherosclerosis**, v.65, p.181-189, 1987.

SJOSTROM, G.; ROSA, J. L. L. Estudos sobre as características físicas e composição química do maracujá amarelo cultivado no município de Entre Rios-BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 4, 1977. Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1977. p. 265-273.

SLATERRY, M. L.; CURTIN, K. P.; EDWARDS, S. L.; SCHAFFER, D. M. Plant foods, fiber, and rectal cancer. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.79, n.2, p.274-281, 2004.

SONOGLI, M.; MORETTO, E. Aproveitamento de casca de banana (*Musa cavendishii* L.) como farinha para panificação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ANALISTAS DE ALIMENTOS, 9, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ALIMENTOS, 1, 1995. João Pessoa. **Resumos...** João Pessoa. Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1995. p.11.

SPEIRS, C. I.; BLACKWOOD, G. C.; MITCHELL, J. R. Potential use of fruit waste containing in vivo de-esterified pectin as a thickener in canned products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.31, p.1287-1294, 1980

SPENCER, K. C.; SEIGLER, D. S. Cyanogenesis of *Passiflora edulis*. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, v.31, n.4, p.794-796, 1983

STARK, A.; MADAR, Z. Dietary fiber. In: GOLDBERG, I. (ed.) **Functional foods**. New York: Chapman & Hall, 1994. p.183-201.

STEPHENS, A. Constipation. In: TROWELL, H.; BURKHITT, D.; KEATON, H. **Fibre, fibre-depleted foods and disease**. London: Academic Press, 1985, p.133-144.

TAPPER, B. A.; REAY, P. F. Cyanogenic glycosides and glucosinolates. In: BUTLER, C. W.; BAILEY, R. W. (eds.) **Chemistry and Biochemistry of Herbage**, 1., Academic Press: New York, p.447-476, 1973.

TETTWEILER, P. Snack food worldwide. **Food Technology**, v.45, n.2, p.58-62, 1991.

TEWE, O. O.; IYAYI, E. A. Cyanogenic glycosides. In: CHEEKE, P. R. (ed.) **Toxicants of plant origin: Glycosides**. v.II, Boca Raton: CRC Press, 1989, p. 44-60

THASSITOU, P. K.; ARVANITOYANNIS, I. S. Bioremediation: a novel approach to food waste management. **Trends in Food Science & Technology**, v.12, p.185-196, 2001.

TRAN, C. T.; MITCHELL, D. A. Pineapple waste – a novel substrate for citric acid production by solid-state fermentation. **Biotechnology Letters**, v.17, n.10, p.1107-1110, 1995

TROCK, B.; LANZA, E.; GREENWALD, P. Dietary fiber, vegetables and colon cancer: critical review and analyses of the epidemiological evidence. **Journal of National Cancer Institute**, v.82, p.650-661, 1990.

TUNÇEL, G.; NOUT, J. R.; BRIMER, L. Degradation of cyanogenic glycosides of bitter apricot seeds (*Prunus armeniaca*) by endogenous and added enzymes as affected by heat treatments and particle size. **Food Chemistry**, v.63, n.1, p.65-69, 1998

TUNÇEL, G.; NOUT, M. J. R.; BRIMER, L. The effects of grinding, soaking and cooking on the degradation of amygdalin of bitter apricot seeds. **Food Chemistry**, v.53, p.447-451, 1995

UENOJO, M.; PASTORE, G. M. Utilização de resíduos de processamento de agroindústrias para a produção de aromas frutais. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 5, 2003. Campinas. **Resumos...** Campinas: Unicamp, 2003. 1 CD

VAHOUNY, G. V.; CASSIDY, M. M. Dietary fibers and absorption of nutrients. **Proceedings of Society of Experimental Biologic Medicine**, v.180, p.432-446, 1985.

VASCONCELOS, A. T.; TWIDDY, D. R.; WESTBY, A.; REILLY, P. J. A. Detoxification of cassava during *gari* preparation. **International Journal of Food Science and Technology**, v.25, p.198-203, 1990

VETTER, J. Plant cyanogenic glycosides. **Toxicon**, v.38, p.11-36, 2000.

VINIK, A. I.; JENKINS, D. J. A. Dietary fiber in management of diabetes. **Diabetes Care**, v.11, p. 160-173, 1988.

WANG, H. J.; THOMAS, R. L. Direct use of apple pomace in bakery products. **Journal Food Science**, v.54, n.3, p.618-620, 639, 1989.

WASZCZYNSKYJ, N.; WILLE, G. M. F. C.; PROTZEK, E. C.; FREITAS, R. J. S.; PENTEADO, P. T. P. S. Elaboração de produtos alimentícios com fibra. Experiência do Brasil. In: LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. **Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud**. São Paulo: Livraria Varela, 2001. p.267-276.

- WHEATLEY, C. C.; ORREGO, J. I.; SANCHEZ, T.; GRANADOS, E. Quality evaluation of the cassava core collection at CIAT. In: ROCA, W. M.; THRO, A. M. (eds.) **Proceedings of the first international scientific meeting of the Cassava Biotechnology Network**, Cartagena: CIAT, p.255-264, 1992
- WHITTAKER, D. E. Passion fruit: agronomy, processing and marketing. **Tropical Science**, v.14, n.1, p.59-77, 1972.
- WRICK, K. L.; ROBERTSON, J. B.; VAN SOEST, P. J.; LEWIS, B. A.; RIVERS, J. M.; ROE, D. A.; HACKLER, L. R. The influence of dietary fiber source on human intestinal transit and stool output. **Journal of Nutrition**, v.113, p.1464-1479, 1983.
- YEOH, H. H.; YEOH, Y. C. Some properties of β -glicosidades from tropical plant species. **Phytochemistry**, v.35, p.1391-1393, 1994.

CAPÍTULO 2

EFEITO DA TRITURAÇÃO E IMERSÃO EM ÁGUA NA REDUÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS CIANOGENICOS DO ALBEDO DE MARACUJÁ AMARELO

Artigo a ser enviado para publicação na Revista:

Revista Brasileira de Toxicologia

RESUMO

A importância dos compostos funcionais presentes em alguns resíduos vegetais tem ampliado as pesquisas para viabilizar seu aproveitamento na alimentação humana. O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá, com cerca de 478 mil toneladas anuais, sendo a quase totalidade de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener), utilizado principalmente para o consumo “in natura” e fabricação de suco, gerando resíduos, como o albedo (pericarpo). O albedo corresponde de 12% a 32% da massa do maracujá amarelo maduro, contendo, em base seca, cerca de 20% de pectina, uma fibra solúvel que possui propriedades benéficas à saúde humana. Pesquisas mostraram a presença de compostos cianogênicos nos frutos de maracujá, tendo sido identificados glicosídeos cianogênicos como a prunasina, amigdalina e sambunigrina. A capacidade cianogênica do maracujá, analisada por alguns autores, pode variar de 6,5 a 59,4 mg por 100 g da fruta “in natura”, com os menores teores encontrados em frutos maduros. Estudos mais recentes relataram teores de 366,1 mg de glicosídeos cianogênicos por kg de casca de maracujá amarelo. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da trituração e da imersão em água na redução do teor de compostos cianogênicos do albedo de maracujá amarelo. Foram utilizados frutos de maracujá amarelo maduros obtidos de produtor comercial, com pelo menos 85% da casca com cor amarela. O efeito da trituração foi estudado utilizando-se três tamanhos de partícula e o efeito da imersão do albedo em água (proporção 1:3) foi avaliado por seis dias em condição ambiente (temperatura média de 28,5°C). Avaliou-se, indireta mente, a ação da microbiota contaminante e das enzimas endógenas na degradação dos glicosídeos cianogênicos. Foram analisados os teores de compostos cianogênicos totais (CCT), glicosídeos cianogênicos (GC) e compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG). Nas condições deste experimento, observou-se baixa ação dos microrganismos contaminantes e praticamente ausência de ação de enzimas endógenas na degradação dos glicosídeos cianogênicos durante todo o período de imersão, independentemente do tamanho da partícula do albedo, e a alta concentração remanescente de CCT. O estudo de outras formas de processamento, como o cozimento, é recomendado, visando à redução do teor de compostos cianogênicos do albedo de maracujá amarelo para seu aproveitamento integral na alimentação humana.

Palavras-chave: *Passiflora*, resíduo, glicosídeo cianogênico, cianeto, detoxificação.

EFFECT OF GRINDING AND SOAKING ON THE REDUCTION OF CYANOGENIC COMPOUNDS IN THE ALBEDO OF YELLOW PASSION FRUIT

SUMMARY

The importance of the functional compounds present in some plant residues has increased the amount of research on their use in human feeding. Brazil is the largest World producer of passion fruit, annually producing about 478 thousand tonnes, almost all of the yellow variety (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener), mostly used for fresh consumption and juice production, producing residues such as the albedo (pericarp). The albedo represents from 12% to 32% by weight of the mature yellow passion fruit, containing about 20% pectin on a dry weight basis, this being a soluble fibre with beneficial properties for human health. Research has shown the presence of cyanogenic compounds in passion fruit, cyanogenic glycosides having been identified, such as prunasin, amigdalín and sambunigrín. According to some authors, the cyanogenic capacity of passion fruit can vary from 6.5 to 59.4 mg/100g fruits *in nature*, the lower values being found in the mature fruits. More recent studies reported contents of 366.1 mg cyanogenic glycosides per kg yellow passion fruit skin. The objective of this research was to evaluate the effect of grinding and of soaking in water on the reduction of cyanogenic compounds in yellow passion fruit albedo. Yellow passion fruits were obtained from a commercial producer with at least 85% of the skin already yellow. The effect of grinding was evaluated using three particle sizes, and the effect of soaking in water (proportion 1:3) evaluated for 6 days at room temperature (average temperature 28.5°C). The actions of the natural microbial flora and endogenous enzymes in the degradation of the cyanogenic glycosides were indirectly evaluated. The contents of total cyanogenic compounds (TCC), cyanogenic glycosides (CG) and non-glycosidic cyanogenic compounds (NGCC) were determined. Under the conditions of the experiment, very limited action by the microbial flora was observed and virtually none by the endogenous enzymes in the degradation of the cyanogenic glycosides throughout the immersion period, independent of albedo particle size, and the high remaining concentration of TCC. The study of other forms of treatment such as cooking is recommended, aimed at reducing the content of the cyanogenic compounds of the yellow passion fruit albedo, to enable its use in human feeding.

Key-words: *Passiflora*, residue, cyanogenic glycoside, cyanide, detoxification.

INTRODUÇÃO

O aproveitamento dos resíduos da indústria de frutas tem sido realizado costumeiramente pela sua utilização na alimentação animal. Entretanto, a importância dos compostos funcionais presentes em alguns resíduos e a valorização do consumo de alimentos de forma integral têm favorecido a ampliação de pesquisas para viabilizar seu uso na alimentação humana.

O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá, produzindo cerca de 478 mil toneladas anuais (IBGE, 2004; LIMA; CUNHA, 2004), sendo a quase totalidade de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener), utilizado principalmente para o consumo “in natura” e fabricação de suco e (CARDOSO et al., 1999), gerando resíduos como a casca (epicarpo), o albedo (pericarpo) e as sementes que, quando aproveitados, são utilizados na alimentação animal.

O albedo corresponde de 12% a 32% da massa do maracujá amarelo maduro (LIPITOA; ROBERTSON, 1977; SJOSTROM; ROSA, 1977; MACHADO et al., 2003), contendo, em base seca, cerca de 20% de pectina (LIMA, 1971/1972; PONTES et al., 1986), que é uma fibra com propriedades benéficas à saúde humana (SCHENEEMAN, 1986; REISER, 1987; STARK; MADAR, 1994). Porém, também contêm compostos tóxicos, como os cianogênicos (SPENCER; SIEGLER, 1983; CHASSAGNE et al., 1996; CHASSAGNE; CROUZET, 1998).

A cianogênese ocorre em mais de 100 famílias de plantas, entre as quais a Passifloraceae (SPENCER; SEIGLER, 1983; POULTON, 1990). Frutas verdes de gêneros da Passifloraceae são frequentemente tóxicas e algumas espécies, como, por exemplo, a *Passiflora adenopoda* DC., têm-se mostrado fatais (SAENZ; NASSAR, 1972, apud SPENCER; SEIGLER, 1983). A espécie *Passiflora edulis* foi primeiramente reportada como cianogênica por Rosenthaler em 1919 (SPENCER; SEIGLER, 1983).

A prunasina, amigdalina, sambunigrina e um β -rutinosídeo [(R)-mandelonitrila α -L-ramnopiranosil- β -D-glicopiranosídeo] são glicosídeos cianogênicos identificados na fruta de maracujá (SPENCER; SIEGLER, 1983; CHASSAGNE et al., 1996; CHASSAGNE; CROUZET, 1998). A capacidade cianogênica, encontrada por Spencer e Siegler (1983), variou de 6,5 a 59,4 mg de HCN em 100 g da fruta fresca de maracujá, enquanto Chassagne e outros (1995)

encontraram, em base fresca, no suco de *P. edulis* f. *flavicarpa* 56,4 mg/kg de prunasina, 14,4 mg/kg de amigdalina, 3,2 mg/kg de sambunigrina e 99,6/kg mg de outro glicosídeo não identificado, e na casca 286,9 mg/kg de prunasina, 15,7 mg/kg de sambunigrina, 1,4 mg/kg de amigdalina e 62,1 mg/kg de outro glicosídeo não identificado.

Bolhuis (1954) e Moran (1954) consideraram tóxicas as partes das plantas com teor de compostos cianogênicos de 20 mg e 10 mg em 100 g (base úmida), respectivamente. O *Codex Alimentarius Commission* - CAC (1988) recomendou um teor máximo aceitável de 10 ppm em farinha de mandioca.

De acordo com Spencer e Siegler (1983), todas as partes da fruta verde de maracujá, exceto as sementes, são tóxicas e as frutas maduras retêm significativas quantidades de compostos cianogênicos, que diminuem durante a maturação e, provavelmente, com o processamento, que tritura os tecidos da planta e coloca em contato os compostos cianogênicos com a enzima β -glicosidase. Entretanto, orientam para um monitoramento dos níveis destes compostos durante o processamento.

A maioria das plantas tem β -glicosidases com especificidade de substrato (VETTER, 2000). Exemplos de β -glicosidades específicas são as da durrina (*Sorghum bicolor*), amigdalina (*Prunus serotina*) e prunasina (*P. serotina*), ao contrário das linamarases do linho (*Linum usitatissimum*) e *Hevea brasiliensis* (POULTON, 1990). A atividade das enzimas β -glicosidades podem variar na planta (BRADBURY et al., 1991). A compartimentalização dos glicosídeos cianogênicos e das enzimas envolvidas em sua hidrólise nos tecidos celulares previnem a hidrólise intensa nos tecidos intactos da planta (VETTER, 2000). A hidrólise dos glicosídeos cianogênicos ocorre em alta taxa após o tecido vegetal ser rompido por herbívoros, por ataques de fungos ou por meios mecânicos (POULTON, 1990). A atividade da enzimas β -glicosidases sobre os GCs também pode ser controlada por inibidores endógenos, evitando-se a hidrólise desses glicosídeos (MIDIO; MARTINS, 2000).

Tunçel e outros (1995) avaliaram o efeito da trituração e da imersão em água de sementes de damasco (*Prunus armeniaca*), resíduo do processamento da fruta, e observaram consideráveis reduções dos compostos cianogênicos,

entretanto, os produtos obtidos não foram considerados seguros para o consumo humano. Dufour (1994) e Westby e Choo (1994) verificaram a diminuição dos teores de compostos cianogênicos durante a imersão em água com fermentação de raízes de mandioca. Oke (1994) comentou sobre a hidrólise dos glicosídeos cianogênicos em raízes de mandioca imersas em água, provocada por linamarase endógena e β -glicosidases microbianas.

Tunçel e outros (1998) avaliaram a degradação dos glicosídeos cianogênicos de sementes de damasco por enzimas, endógena (β -glicosidase) e adicionada (β -glicosidase e pectinase), e observaram uma degradação de 50% dos glicosídeos cianogênicos provocada pela ação da enzima endógena e a necessidade de elevada concentração de β -glicosidase adicionada para a degradação, que foi maior nas sementes trituradas em partículas menores (< 2 mm). Verificou-se também que a ação da pectinase foi insignificante.

Brimer e outros (1993) avaliaram a capacidade de diferentes microrganismos, 29 bactérias lácticas, 21 leveduras e 25 fungos, de degradar amigdalina por hidrólise, tendo observado degradações de 27%, 98% e 99%, respectivamente. Nout e outros (1995) utilizaram os microrganismos citados por Brimer e outros (1993) com capacidade de degradação superior a 95% (*Hanseniaspora valbyensis*, *Endomyces fibuliger*, *Mucor circinelloides* e *Penicillium nalgiovense*) para testar sua ação em sementes de damasco, e verificaram satisfatória atividade apenas da levedura *Endomyces fibuliger*, que reduziu em cerca de 97% o teor de amigdalina após 48 horas de incubação a 27°C. Entretanto, Tunçel e outros (1998) também testaram a adição dos microrganismos *Candida guilliermondii* strain LU 120, *Endomyces fibuliger* LU 677 e *Aspergillus niger* LU 1500 para degradar os glicosídeos cianogênicos em sementes de damasco, não tendo obtido resultados significativos nessa redução.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da trituração e da imersão em água na redução do teor de compostos cianogênicos do albedo de maracujá amarelo.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Foram utilizados maracujás amarelos maduros, com pelo menos 85% da casca amarela, obtidos de produtor comercial. A etapa de preparação do material (descascamento manual dos frutos, corte ou trituração do albedo e acondicionamento nos recipientes de imersão) durou cerca de três horas. O corte do albedo foi realizado com cortador doméstico de legumes e a trituração em liquidificador doméstico.

Métodos

Delineamento experimental

As variáveis estudadas foram o tamanho de partícula do albedo (cortado em 1,20 cm x 1,20 cm x 0,47 cm ou triturados em partículas de 2,10 mm e 0,92 mm) e o tempo de imersão (0 h, 6 h, 24 h, 48 h, 72 h e 144 h) dos albedos em água, na proporção de 1 albedo : 3 água, em temperatura ambiente. Dezoito tratamentos foram definidos através de um delineamento fatorial.

O efeito das ações microbiana e enzimática na diminuição dos compostos cianogênicos potenciais foram estudadas, utilizando-se albedo triturado, com tamanho de partícula de 0,92 mm, submetido à imersão em água à temperatura ambiente, na proporção de 1 albedo : 3 água, com aplicação das variáveis tempo de imersão (0 h, 6 h, 24 h, 48 h, 72 h e 144 h) e da adição ou não de um conservante (timol 0,20% - p/v) na água de imersão. Doze tratamentos foram definidos através de um delineamento fatorial.

Análises físicas, físico-químicas e químicas

Os maracujás utilizados foram submetidos à avaliação visual da porção amarela da casca e o albedo e o suco foram analisados quanto ao pH, teor de acidez total titulável, de sólidos solúveis totais e de umidade (AOAC, 2000) para caracterizar o seu estágio de maturação. Os albedos processados foram submetidos às análises de compostos cianogênicos, cujo método envolveu hidrólise ácida com ácido sulfúrico e reação de cor usando os ácidos isonicotínico e barbitúrico (BRADBURY et al., 1994), e distribuição de tamanho das partículas (KIMBALL; KERTESZ, 1952).

Análises estatísticas

Os resultados dos teores de compostos cianogênicos do estudo dos processos envolvendo o corte ou trituração do albedo e o tempo de imersão e das ações microbiana e enzimática foram submetidos à análise de variância (GOMES, 1987) para a avaliação de cada efeito. Os resultados das demais análises foram submetidos à análise estatística descritiva (GOMES, 1987).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maracujás utilizados apresentaram, em média, 97,0% da casca com cor amarela e suco e albedo com pH de 2,9 e 4,6; 15,1°Brix e 4,8°Brix; 3,63% e 0,39% de acidez total titulável (expressa em ácido cítrico), respectivamente.

Os resultados mostraram efeito significativo ($p \leq 0,01$) do tempo de imersão sobre os teores de compostos cianogênicos totais (CCT), glicosídeos cianogênicos (GC) e compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG). O efeito do tamanho da partícula não se mostrou significativo ($p > 0,01$), entretanto o efeito da interação dos fatores foi significativo ($p \leq 0,01$) para os teores de GC e CCNG (Tabelas 1 e 2).

O processo de imersão do albedo em água provocou a perda de parte dos glicosídeos cianogênicos, entretanto, apesar do efeito significativo do tempo de imersão, os teores finais de CCT e GC no albedo mantiveram-se elevados (superiores a 85,4 mg/kg e 72,7 mg/kg, respectivamente). O maior tempo de imersão do albedo resultou na diminuição dos teores de GC do albedo e no aumento dos de CCNG, provocados pela hidrólise dos GC. Tunçel e outros (1995), trabalhando com sementes de damasco imersas em água, encontraram altos teores finais de CCT (cerca de 20% do teor inicial), entretanto, ocorreu uma degradação mais rápida e intensa dos GC e os teores finais mais elevados foram dos CCNG. Mlingi e outros (1993), estudando a linamarina em mandioca, observaram a estabilidade dos CCNG em imersão das raízes em água em condições naturais. Dufour (1994), avaliando as mudanças no teor de CCT das raízes de mandioca submetidas ao processo de imersão, na produção de farinha

de mandioca por populações indígenas da Amazônia, encontrou reduções de aproximadamente 90% destes compostos após seis dias de imersão em água.

Tabela 1. Teores médios de compostos cianogênicos totais (CCT), glicosídeos cianogênicos (GC) e compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG) em albedo de maracujá amarelo de diferentes tamanhos submetido ao processo de imersão em água.

Tratamento	Variável independente		Variável dependente (resposta)		
	Tamanho da partícula	Tempo de imersão (h)	CCT (mg/kg)	GC (mg/kg)	CCNG (mg/kg)
Controle			117,0	111,7	5,2
Triturado ou cortado	G	sem	113,0	105,8	7,2
Triturado ou cortado	M	sem	113,2	105,4	7,9
Triturado ou cortado	F	sem	112,7	106,4	6,4
1	G	0	114,5	109,3	5,2
2	G	6	99,1	93,8	5,3
3	G	24	101,4	95,1	6,3
4	G	48	92,4	81,9	10,5
5	G	72	87,9	74,8	13,1
6	G	144	86,7	72,7	14,0
7	M	0	100,5	94,3	6,2
8	M	6	98,1	92,4	5,6
9	M	24	98,7	90,5	8,2
10	M	48	98,6	90,4	8,2
11	M	72	95,0	84,9	10,1
12	M	144	88,7	77,4	11,4
13	F	0	98,9	92,5	6,4
14	F	6	98,5	92,0	6,5
15	F	24	95,7	89,3	6,4
16	F	48	93,9	83,2	10,7
17	F	72	92,5	82,3	10,3
18	F	144	85,4	73,0	12,4

Média de três repetições

Tamanho da partícula: G (grande): 1,20 cm x 1,20 cm x 0,47 cm, M (média): 2,10 mm, F (fina): 0,92 mm

Imersão em água sob condição ambiente com proporção de albedo e água de 1:3

Neste experimento, o tamanho da partícula de albedo não influenciou significativamente ($p > 0,01$) os teores de CCT e de GC do albedo imerso em água, diferentemente dos estudos com raízes de mandioca e semente de damasco (WESTBY; CHOO, 1994; TUNÇEL et al., 1998). Bainbridge e outros (1998) observaram a relação direta entre a remoção de compostos cianogênicos e o balanço entre o grau de rompimento do tecido e a taxa de secagem. Tunçel e outros (1995) verificaram que sementes de damasco trituradas em partículas menores apresentaram mais rápida degradação dos glicosídeos cianogênicos.

Nas partículas do albedo de maracujá amarelo imersas, ocorreu uma baixa ação de hidrólise dos glicosídeos cianogênicos e, provavelmente, as condições e a proporção de água e albedo não permitiram uma maior difusão dos compostos cianogênicos para a água de imersão, pois segundo Nambisan e Sundaresan (1985), a perda de glicosídeos cianogênicos pode ocorrer por sua solubilização na água.

Tabela 2. Análise de variância dos efeitos do tamanho da partícula e do tempo de imersão em água nos teores de compostos cianogênicos totais (CCT), glicosídeos cianogênicos (GC) e compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG) do albedo de maracujá amarelo.

Fonte de variação	QM	gl	F
<i>CCT:</i>			
Tamanho da partícula (1)	89,50	2	2,52
Tempo de imersão (2)	272,21	5	7,69**
Interação 1x2	82,44	10	2,33*
Resíduo	35,39	36	
<i>GC:</i>			
Tamanho da partícula (1)	94,22	2	3,57*
Tempo de imersão (2)	619,48	5	23,45**
Interação 1x2	108,93	10	4,12**
Resíduo	26,41	36	
<i>CCNG:</i>			
Tamanho da partícula (1)	2,67	2	1,92
Tempo de imersão (2)	74,72	5	53,70**
Interação 1x2	4,58	10	3,29**
Resíduo	1,39	36	

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

Adicionou-se o conservante timol para inibir o desenvolvimento e a ação dos microrganismos sobre o albedo imerso em água e permitir a avaliação isolada da ação das enzimas endógenas do albedo na degradação dos glicosídeos cianogênicos. No albedo imerso sem conservante, pode-se avaliar a ação conjunta dos microrganismos contaminantes e das enzimas endógenas. Os resultados demonstraram não haver efeito significativo ($p \leq 0,01$) da adição do

conservante nos teores de CCT e GC do albedo durante os seis dias de imersão em água em condições ambiente (temperatura média de 28,5°C) (Tabelas 3 e 4), demonstrando não ocorrer diferença na degradação dos glicosídeos cianogênicos entre o albedo submetido à ação isolada das enzimas endógenas e conjunta destas enzimas com as dos microrganismos contaminantes.

Tabela 3. Teores médios de compostos cianogênicos em albedo de maracujá triturado* submetido ao processo de imersão em água, com ou sem adição de conservante**, para a avaliação da ação microbiana contaminante e enzimática endógena.

Tratamento	Adição de conservante	Tempo de imersão (h)	Compostos cianogênicos		
			CCT (mg/kg)	GC (mg/kg)	CCNG (mg/kg)
Controle			79,4	74,3	5,1
1	sem	0	48,8	42,8	6,0
2	sem	6	39,3	33,7	5,6
3	sem	24	37,3	31,8	5,5
4	sem	48	38,1	32,9	5,2
5	sem	72	39,8	33,7	6,1
6	sem	144	37,0	28,4	8,6
7	com	0	41,9	37,5	4,4
8	com	6	38,2	33,5	4,7
9	com	24	37,9	33,3	4,6
10	com	48	39,6	34,1	5,4
11	com	72	38,4	32,7	5,7
12	com	144	41,5	36,3	5,2

Média de três repetições.

* Tamanho da partícula: 0,92 mm. ** Timol 0,20% (p/v) na água de imersão

CCT: compostos cianogênicos totais; GC: glicosídeos cianogênicos; CCNG: compostos cianogênicos não glicosídicos

A ação enzimática endógena do albedo de maracujá amarelo mostrou-se significativa durante o processo de corte ou trituração e foi muito baixa durante o período de imersão em água. O teor de GC remanescente permaneceu elevado no albedo imerso. Testes preliminares realizados também haviam mostrado reduções próximas a 50% do teor de CCT em albedo ralado e triturado (dimensões inferiores a 0,1 cm x 0,1 cm x 0,1 cm) e deixado em repouso por oito horas em condição ambiente (29°C).

Tabela 4. Análise de variância dos efeitos da adição de conservante e do tempo de imersão em água nos teores de compostos cianogênicos totais (CCT), glicosídeos cianogênicos (GC) e compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG) do albedo de maracujá amarelo.

Fonte de variação	QM	gl	F
<i>CCT:</i>			
Adição do conservante (1)	1,82	1	0,22
Tempo de imersão (2)	45,86	5	5,46**
Interação 1x2	21,65	5	2,58
Resíduo	8,40	24	
<i>GC:</i>			
Adição do conservante (1)	4,62	1	0,58
Tempo de imersão (2)	51,74	5	6,47**
Interação 1x2	27,60	5	3,45*
Resíduo	7,99	24	
<i>CCNG:</i>			
Adição do conservante (1)	12,25	1	52,12**
Tempo de imersão (2)	2,97	5	12,64**
Interação 1x2	2,33	5	9,91**
Resíduo	0,235	24	

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

Tunçel e outros (1998), avaliando a degradação dos glicosídeos cianogênicos de sementes de damasco pela ação de enzimas endógenas e por enzimas adicionadas, como pectinases e β -glicosidases microbianas e vegetais, verificaram consideráveis teores de GC remanescentes (50%), após a ação de enzimas endógenas em partículas finas da semente, e que somente altas concentrações de β -glicosidase adicionada poderiam provocar elevada conversão dos GC em CCNG. Comentaram ainda sobre a possibilidade de ocorrer uma baixa afinidade da enzima pelo substrato e de outras potenciais limitações, como a ausência de outras enzimas degradantes da parede celular e inibições por mecanismo de *feed-back*, influenciando o processo de degradação dos glicosídeos cianogênicos.

Os resultados mostraram uma baixa ação dos microrganismos contaminantes na degradação dos glicosídeos cianogênicos do albedo, que aumentou o teor de CCNG, que são estáveis quando imersos em água em condição ambiente conforme Mlingi e outros (1993), semelhante ao ocorrido com

sementes de damasco, trituradas em partículas de 2 mm a 4 mm, imersas em água (na proporção de 1:3) a 25°C (TUNÇEL et al., 1995). Tunçel e outros (1998), adicionando microrganismos específicos, também não obtiveram degradações significativas em sementes de damasco, enquanto Nout e outros (1995) verificaram que apenas um microrganismo testado provocou elevada degradação da amigdalina presentes em sementes de damasco após incubação por 48 horas a 27°C. A aplicação de outros processos, como o cozimento, poderia possibilitar a remoção dos CCNG (TUNÇEL et al., 1995) e a hidrólise dos GC, diminuindo o teor de CCT do albedo.

CONCLUSÕES

- A imersão do albedo em água em temperatura ambiente diminuiu pouco e lentamente o teor de compostos cianogênicos totais (máximo de 24,3%) e de glicosídeos cianogênicos (máximo de 33,5%), não sendo suficientemente reduzido ao final do período (teores inferiores a 10 ppm), independentemente do tamanho da partícula;
- Ocorreu uma baixa ação de microrganismos contaminantes e de enzimas endógenas na degradação dos glicosídeos cianogênicos durante todo o período de imersão do albedo em água (144 h).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho, como auxílio à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (A.O.A.C). **Official methods of analysis**. 17.ed. Arlington: AOAC, 2000.

BAINBRIDGE, Z.; HARDING, S.; FRENCH, L.; KAPINGA, R.; WESTBY, A. A study of the role of tissue disruption in the removal of cyanogens during cassava root processing. **Food Chemistry**, v.62, n.3, p.291-297, 1998.

BOLHUIS, G. G. The toxicity of cassava roots. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.2, p.176-185, 1954

BRADBURY, J. H.; EGAN, S. V.; LYNCH, M. J. Analysis of cyanide in cassava using acid hydrolysis of cyanogenic glucosides. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.55, p.277-290, 1991

BRADBURY, J. H.; BRADBURY, M. G.; EGAN, S. V. Comparison of methods of analysis of cyanogens in cassava. **Acta Horticulturae**, v.375, p.87-96, 1994

BRIMER, L.; TUNÇEL, G.; NOUT, M. J. R. Simple screening procedure for microorganisms to degrade amygdalin. **Biotechnology Techniques**, v.7, p.683-687, 1993

CARDOSO, C. E. L.; SOUZA, J. S.; LIMA, A. A.; COELHO, E. F. Aspectos econômicos. In: LIMA, A. A. (ed.) **O cultivo do maracujá**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 1999. p.109-117.

CHASSAGNE, D.; CROUZET, J. A cyanogenic glycoside from *Passiflora edulis* fruits. **Phytochemistry**, v.49, n.3, p.757-759, 1998

CHASSAGNE, D.; CROUZET, J. C.; BAYONOVE, C. L.; BAUMES, R. L. Identification and quantification of passion fruit cyanogenic glycosides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, n.12, p.3817-3820, 1996.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION (CAC). **Report of the Eighth Session of the Codex Coordinating Committee for Africa**. Cairo: FAO/WHO, 1988

DUFOUR, D. L. Cassava in Amazonia: lessons in utilization and safety from native peoples. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.375, p.175-182, november 1994

GOMES, F. P. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. 3.ed. Piracicaba: Potafos, 1987, 162p.

IBGE. Produção agrícola municipal. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 jul. 2004.

KIMBALL, L. B.; KERTESZ, Z. I. Pratical determination of size distribution of suspended particles in macerated tomato products. **Food Technology**, v.6, n.2, p.68-71, 1952.

LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. (eds.) **Produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 396p.

LIMA, D. C. de Extração da pectina do maracujá. **Coletânea do ITAL**, v.4, p.63-69, 1971/72.

LIPITOA, S.; ROBERTSON, G. L. The enzymatic extraction of juice from yellow passion fruit pulp. **Tropical Science**, v.19, n.2, p.105-112, 1977.

MACHADO, S. S.; CARDOSO, R. L.; MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S. Caracterização física e físico-química de frutos de maracujá amarelo provenientes da região de Jaguaquara, Bahia. **Magistra**, v.15, n.2, especial, p.229-233, 2003.

MIDIO, A. F.; MARTINS, D. I. **Toxicologia de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2000. 295p.

MLINGI, N. V.; ASSEY, V. D.; SWAI, A. B. M.; McLARTY, D. G.; KARLEN, H.; ROSLING, H. Cyanide exposure from cassava consumption in northern Tanzania. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v.44, p.137-144, 1993.

MORAN, E. A. Cyanogenetic compounds in plants and their significance in animal industry. **American Journal of Veterinary Research**, v.15, n.54, p.171-176, 1954.

NAMBISAN, B.; SUNDARESAN, S. Effect of processing on the cyanoglucosides in cassava. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.36, p.1197-1203, 1985

NOUT, M. J. R.; TUNÇEL, G.; BRIMER, L. Microbial degradation of amygdalin of bitter apricot seeds (*Prunus armeniaca*). **International Journal of Food Microbiology**, v.24, n.3, p.407-412, 1995

OKE, O. L. Eliminating cyanogens from cassava through processing: Technology and tradition. **Acta Horticulturae**, n.375, p.163-174, 1994

PONTES, M. A. N.; HOLANDA, L. F. F.; ORIÁ, H. F.; BARROSO, M. A. T. Estudo dos subprodutos do maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Degener). I – Características físico-químicas das cascas e sementes. **Boletim do CEPPA**, v.4, n.2, p.32-39, 1986.

POULTON, J. E. Cyanogenesis in plants. **Plant Physiology**, v.94, p.401-405, 1990

REISER, S. Metabolic effects of dietary pectins related to human health. **Food Technology**, v.41, n.2, p.91-99, 1987.

SAENZ, J. A.; NASSAR, M. Toxic effect of the fruit of *Passiflora adenopoda* D. C. on humans: phytochemical determination. **Revista de Biologia Tropical**, v.20, n.1, p.137-140, 1972

SCHENEEMAN, B. O. Dietary Fiber: physical and chemical properties, methods of analysis and physiological effects. **Food Technology**, v.40, n.2, p.104-110, 1986.

SJOSTROM, G.; ROSA, J. L. L. Estudos sobre as características físicas e composição química do maracujá amarelo cultivado no município de Entre Rios-BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 4, 1977. Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1977. p. 265-273.

SPENCER, K. C.; SEIGLER, D. S. Cyanogenesis of *Passiflora edulis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.31, n.4, p.794-796, 1983.

STARK, A.; MADAR, Z. Dietary fiber. In: GOLDBERG, I. (ed.) **Functional foods**. New York: Chapman & Hall, 1994. p.183-201.

TUNÇEL, G.; NOUT, M. J. R.; BRIMER, L. The effects of grinding, soaking and cooking on the degradation of amygdalin of bitter apricot seeds. **Food Chemistry**, v.53, p.447-451, 1995.

TUNÇEL, G.; NOUT, M. J. R.; BRIMER, L. Degradation of cyanogenic glycosides of bitter apricot seeds (*Prunus armeniaca*) by endogenous and added enzymes as affected by heat treatments and particle size. **Food Chemistry**, v.63, n.1, p.65-69, 1998.

VETTER, J. Plant cyanogenic glycosides. **Toxicon**, v.38, p.11-36, 2000

VINIK, A. I.; JENKINS, D. J. A. Dietary fiber in management of diabetes. **Diabetes Care**, v.11, p. 160-173, 1988.

WESTBY, A.; CHOO, B. K. Cyanogen reduction during lactic fermentation of cassava. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.375, p.209-215, 1994.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FORMAS DE PROCESSAMENTO, ENVOLVENDO O COZIMENTO, NA ELIMINAÇÃO DOS COMPOSTOS CIANOGENICOS DO ALBEDO DE MARACUJÁ AMARELO

Artigo a ser enviado para publicação na Revista:

Food Science and Technology International

RESUMO

A falta de aproveitamento dos resíduos de alimentos consiste em desperdício e contribui para a degradação do meio ambiente. Resíduos agroindustriais, como o albedo de maracujá, possuem compostos nutricionais e funcionais de interesse, entretanto, podem conter compostos indesejáveis, inclusive tóxicos, que dificultam sua utilização na alimentação humana. O Brasil produz aproximadamente 478 mil toneladas por ano de maracujá, principalmente do amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). O albedo do maracujá é um resíduo da produção de suco, corresponde a aproximadamente 20-25% do fruto e caracteriza-se pelo seu alto teor de pectina, mas, também possui glicosídeos cianogênicos, como a prunasina, amigdalina e sambunigrina. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar diferentes formas de processamento do albedo de maracujá amarelo, envolvendo o cozimento, visando eliminar seus compostos cianogênicos. Foram utilizados maracujá amarelos maduros com pelo menos 85% da casca com coloração amarela. Avaliou-se os processamentos do albedo por cozimento em pressão atmosférica (em diferentes tempos, com trocas de água durante o processo e congelamento ou não do albedo antes do cozimento) – experimento 1 (E1); cozimento sob pressão (em diferentes tempos) – experimento 2 (E2); cozimento em pressão atmosférica (em diferentes tempos), seguido de lavagem com água quente corrente (com diferentes proporções de água quente e albedo) – experimento 3 (E3); imersão do albedo branqueado em salmoura (em diferentes proporções de salmoura e albedo e com diferentes tempos de imersão), seguido de cozimento em pressão atmosférica – experimento 4 (E4). Foram analisados os teores de compostos cianogênicos totais (CCT), glicosídeos cianogênicos (GC) e compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG) dos albedos. O congelamento do albedo cortado de maracujá amarelo antes do cozimento em pressão atmosférica, o tempo de cozimento e as trocas de água no processo no E1; a proporção de água e albedo e o tempo de cozimento sob pressão no E2; e o tempo do cozimento em pressão atmosférica no E3 mostraram efeito significativo ($p \leq 0,01$) sobre os teores de CCT, GC e CCNG. No E4, o processamento provocou elevada redução dos teores de compostos cianogênicos, diminuindo os CCT em 96,7% e os GC em 97,4%. Nas condições deste trabalho, concluiu-se que todos os processamentos aplicados no albedo de maracujá amarelo maduro provocaram

reduções nos seus teores de compostos cianogênicos totais, entretanto apenas alguns tratamentos diminuíram estes teores a níveis inferiores a 10 ppm, e que o processamento por imersão do albedo branqueado em salmoura seguida de cozimento em pressão atmosférica mostrou-se o mais eficaz para a eliminação desses compostos.

Palavras-chave: *Passiflora*, resíduo, composto tóxico, cianeto, fruta.

EVALUATION OF THE DIFFERENT FORMS OF PROCESSING INVOLVING COOKING IN THE ELIMINATION OF CYANOGENIC COMPOUNDS FROM YELLOW PASSION FRUIT ALBEDO

SUMMARY

The lack of exploitation of food residues represents waste and contributes to environmental degradation. Agro-industrial residues such as passion fruit albedo possess nutritional and functional compounds of interest but may also contain undesirable or even toxic compounds, making it difficult to use them for human consumption. Brazil produces approximately 380 thousand tonnes of passion fruit per year, mostly the yellow variety (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). The passion fruit albedo is a residue from juice production, corresponding to about 20-25% of the fruit by weight and is characterised by a high pectin content, although it also contains cyanogenic glycosides, such as prunasin, amigdalín and sambunigrín. The objective of this study was to evaluate different ways of processing the yellow passion fruit albedo by way of cooking, aiming to eliminate the cyanogenic compounds. Mature yellow passion fruits were used with at least 85% of the skin already yellow. The following processing methods were evaluated: experiment 1 (E1) – cooking at atmospheric pressure for different times with various water changes, with and without prior freezing of the albedo; experiment 2 (E2) – cooking under pressure for different times; experiment 3 (E3) – cooking at atmospheric pressure for different times, followed by washing with running hot water using different proportions of hot water/albedo; experiment 4 (E4) – immersion of the blanched albedo in saline solution using different saline/albedo proportions and different immersion times followed by cooking at atmospheric pressure. The processed albedo samples were analysed for: total cyanogenic compounds (CCT), cyanogenic glycosides (GC) and non-glycosidic cyanogenic compounds (CCNG). In E1, freezing of the cut albedo before cooking at atmospheric pressure, the cooking time and the water changes were shown to significantly ($p \leq 0.01$) affect the CCT, GC and CCNG levels; in E2 the water/albedo proportion and the cooking time under pressure had a similar effect; and in E3 it was the cooking time at atmospheric pressure. In E4, the process resulted in elevated reductions in the levels of cyanogenic compounds, decreasing the CCT

by 96.7% and the GC by 97.4%. Under the conditions of this study it was concluded that all the processes applied to the mature yellow passion fruit albedo resulted in reductions in the levels of total cyanogenic compounds, although only some treatments reduced these contents to levels below 10 ppm. The most efficient way of eliminating these compounds was by immersion of the blanched albedo in saline solution followed by cooking at atmospheric pressure.

Key words: *Passiflora*, residue, toxic compound, cyanide, fruit.

INTRODUÇÃO

A falta do hábito de consumo de alimentos na forma integral, o processamento e o desconhecimento do valor nutritivo das diversas partes acabam por gerar desperdícios e resíduos (DARIS et al., 2000). Parte desses resíduos poderia ser aproveitada, contribuindo para o desenvolvimento e redução de poluentes.

Resíduos agroindustriais de alimentos, como o albedo de maracujá, possuem compostos nutricionais e funcionais de interesse, entretanto, podem conter compostos tóxicos, que dificultam sua utilização na alimentação humana.

O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá (IBGE, 2004), sendo as espécies de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener), maracujá roxo (*Passiflora edulis* Sims) e maracujá doce (*Passiflora alata* Dryand) cultivadas comercialmente (LIMA; CUNHA, 2004). O consumo de maracujá gera resíduos como a casca (epicarpo), o albedo (pericarpo) e as sementes que praticamente não são aproveitados.

O albedo de maracujá amarelo corresponde, em média, a aproximadamente 20% do fruto maduro (LIPITOA; ROBERTSON, 1977) e possui alto teor de pectina, com até 20% em base seca (OTAGAKI; MATSUMOTO, 1958; PONTES et al., 1986), que tem efeitos benéficos à saúde humana (REISER, 1987; SPILLER, 1992). Entretanto, também possui compostos cianogênicos (SPENCER; SIEGLER, 1983; CHASSAGNE et al., 1996 e CHASSAGNE; CROUZET, 1998).

Os glicosídeos cianogênicos prunasina, amigdalina, sambunigrina e um β -rutinosídeo [(R)-mandelonitrila α -L-ramnopiranosil- β -D-glicopiranosídeo] foram identificados na fruta de maracujá (SPENCER; SIEGLER, 1983; CHASSAGNE et al., 1996 e CHASSAGNE; CROUZET, 1998). A capacidade cianogênica encontrada por Spencer e Siegler (1983), variou de 6,5 mg a 59,4 mg de HCN em 100 g da fruta fresca de maracujá (65 ppm a 594 ppm).

A distribuição dos glicosídeos cianogênicos (GCs) no reino vegetal é relativamente ampla, com cerca de 12.000 espécies de plantas produzindo compostos cianogênicos (MCMAHON et al., 1995). A maioria das famílias das espécies que produzem GCs em quantidades apreciáveis são angiospermas da classe das dicotiledôneas (VETTER, 2000).

Diversos pesquisadores já realizaram estudos envolvendo a redução dos compostos cianogênicos em diferentes espécies vegetais, incluindo os processos de cozimento, imersão em água, forneamento, fritura e desidratação.

Nambisan (1994) relatou as baixas diminuições nos teores de compostos cianogênicos da mandioca, de 14%, 17% e 13%, provocadas pelos processos de forneamento, branqueamento a vapor e fritura, respectivamente, e informou sobre a retenção de 25% e 75% de compostos cianogênicos pelo processo de cozimento de raízes de mandioca de 5 g e 50 g, respectivamente, com cianoidrinas e cianetos livres presentes em muito baixa concentração (3% a 6% do total). Também citou a redução de 50% do teor de glicosídeos cianogênicos pelo branqueamento de pedaços finos de raiz imersos em água em ebulição durante 5 a 10 minutos.

Nambisan (1994) também comentou sobre a influência do volume de água usada no cozimento de raízes de mandioca, afirmando que a perda por diluição dos compostos cianogênicos pode passar de 30% para 75% quando aumenta-se a proporção raiz : água de 1:1 para 1:5 e que a troca de água de cozimento também favorece a redução desses compostos, sendo comum trocas por duas ou três vezes para a mandioca brava, dispensável para a mandioca mansa. Nambisan e Sundaresan (1985) comentaram que a perda de glicosídeos cianogênicos no cozimento das raízes de mandioca é provocada pela sua solubilização na água.

Oke (1994) salientou a ineficiência do uso de apenas um método para a eliminação adequada de compostos cianogênicos em mandioca, observando que os processos tradicionais sempre tendem a combinar um ou dois métodos eficientes de eliminação com outro menos eficiente.

Tunçel e outros (1995) estudaram a eliminação de compostos cianogênicos de sementes de damasco, que podem possuir concentrações iniciais de glicosídeos cianogênicos, amigdalina e prunasina, de 50 a 150 $\mu\text{Mol CN/g}$ na base seca (TUNÇEL et al., 1990; FEMENIA et al., 1995), através da ação do cozimento. Na avaliação do tempo de cozimento (0, 5, 15 e 30 minutos) a 100°C, verificaram consideráveis reduções dos teores de compostos cianogênicos não-glicosídicos após 5 minutos, entretanto, remoção equivalente à ocorrida no processamento de farinha de mandioca (até 10 ppm – *Codex Alimentarius Comission*, CAC, 1988)

não foi obtida após 30 minutos, devido à estabilidade dos glicosídeos cianogênicos.

Este trabalho teve como objetivo avaliar diferentes formas de processamento do albedo de maracujá amarelo, envolvendo o cozimento, visando eliminar seus compostos cianogênicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Foram utilizados maracujás amarelos maduros, com pelo menos 85% da casca amarela, obtidos de produtor comercial. O corte do albedo foi realizado em aparelho cortador de legumes provido de navalha com formato de quadrado. O congelamento do albedo cortado foi realizado em *freezer* doméstico (-18°C).

Métodos

Delineamento experimental

As formas de processamento, envolvendo o cozimento, e as variáveis avaliadas nos experimentos foram: Experimento 1 - Cozimento do albedo em pressão atmosférica - variáveis estudadas: tempo (0 min, 15 min, 30 min, 60 min e 120 min em água em ebulição), trocas de água durante o cozimento (0 e 2) e congelamento antes do cozimento do albedo (sem e com); Experimento 2 - Cozimento do albedo sob pressão (em panela de pressão doméstica) - variáveis estudadas: tempo (0 min, 5 min, 10 min e 15 min em água em ebulição) e proporção água e albedo (20:1 e 40:1, em peso); Experimento 3 - Cozimento do albedo em pressão atmosférica, seguido de lavagem com água quente corrente - variáveis estudadas: tempo (15 min e 30 min em água em ebulição), proporção de água quente e albedo usado na lavagem (20:1 e 60:1, em peso); Experimento 4 - Imersão do albedo branqueado em salmoura, seguido de cozimento em pressão atmosférica por 10 min em água em ebulição - variáveis estudadas: proporção da quantidade de salmoura e albedo (3:1 até 17:1, em peso) usada na imersão e tempo de imersão na salmoura (19 h até 53 h), apresentado no Anexo 1.

Os tratamentos dos três primeiros experimentos de processamento foram definidos através de delineamento fatorial, enquanto no quarto, utilizou-se de um delineamento Composto Central, acrescentando-se 3 pontos centrais e dois pontos axiais por variável (BARROS NETO et al., 1995).

Processamento

Testes preliminares foram realizados para avaliar o processamento do albedo de maracujá amarelo maduro na eliminação dos compostos cianogênicos, envolvendo operações de corte (0,5 cm x 0,5 cm x 0,4 cm) ou trituração (partículas inferiores a 0,2 cm x 0,2 cm x 0,2 cm), imersão em água (por 0 e 3 dias, proporção de 1 albedo : 2 água) em condição ambiente (28-30°C) e cozimento em pressão atmosférica (ebulição por 10, 20 e 30 minutos, usando a proporção em peso de 1 albedo : 10 água) sem e com trocas de água (1 e 2).

Os fluxogramas das operações de processamento do albedo de maracujá amarelo dos quatro experimentos definitivos são apresentados na Figura 1.

Todos os frutos utilizados foram lavados (em água clorada a 50 ppm por 20 minutos), descascados manualmente e cortados em quadrados de dimensões 0,8 cm x 0,8 cm.

No experimento 1, o albedo cortado, seguido de congelamento ou não e descongelamento ao ar em temperatura ambiente, foi colocado em água (proporção em peso de 1 albedo : 10 água) e cozido à temperatura de ebulição. Após o cozimento, o albedo foi esfriado em água corrente na proporção em peso de 1 albedo : 20 água.

No experimento 2, o albedo cortado foi colocado em água e cozido em panela de pressão doméstica. Após o cozimento, o albedo foi esfriado em água corrente na proporção em peso de 1 albedo : 20 água.

No experimento 3, o albedo cortado foi cozido (1 albedo : 10 água) e, em seguida, colocado em um recipiente plástico perfurado para a lavagem com água quente (60°C) durante 20 minutos (vazão 500 ml/min). Ao final, esfriou-se com água corrente na proporção em peso de 1 albedo : 20 água.

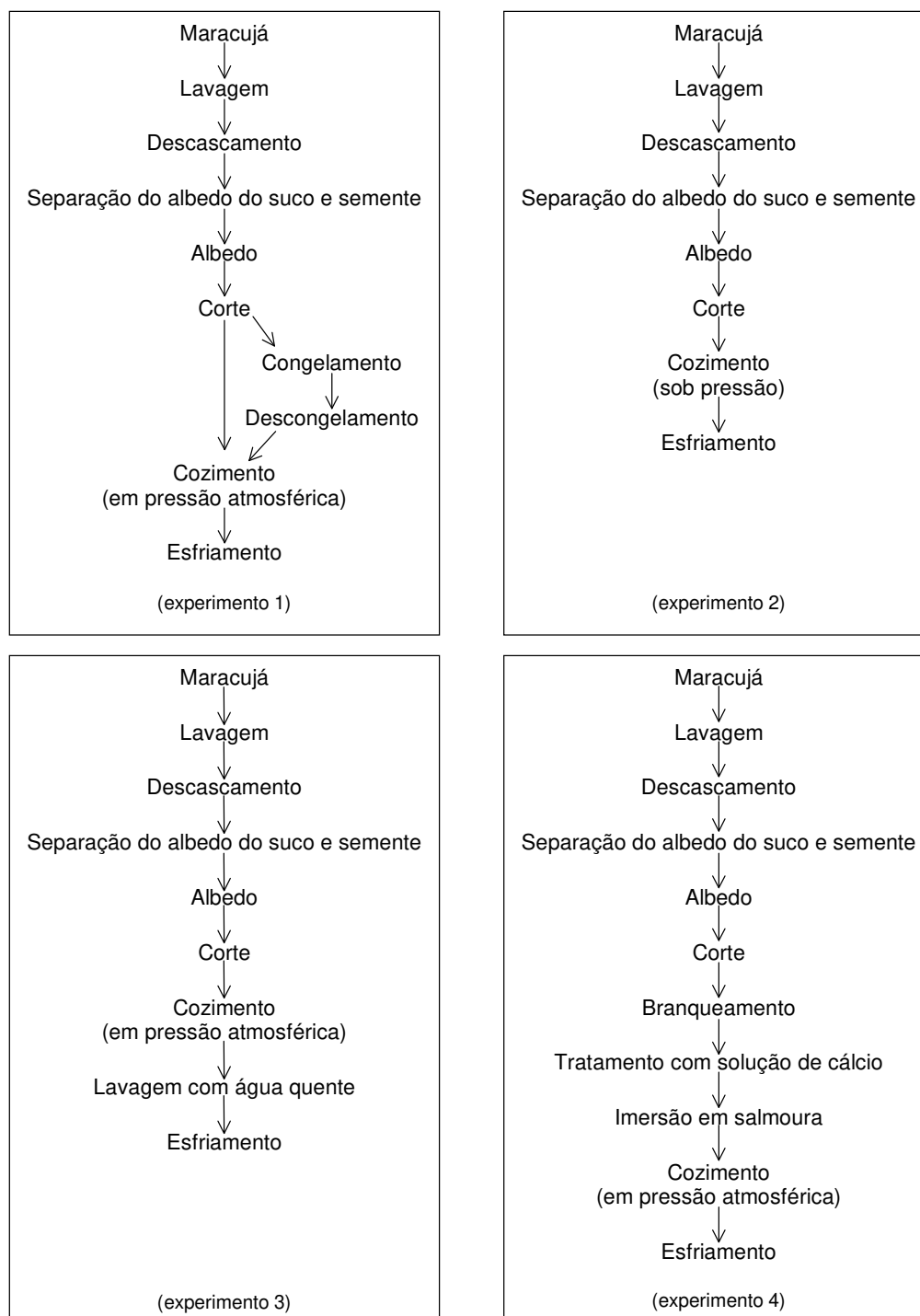


Figura 1. Fluxogramas do processamento do albedo de maracujá amarelo para a eliminação dos compostos cianogênicos dos experimentos 1, 2, 3 e 4.

No experimento 4, o albedo cortado foi submetido a branqueamento por imersão em água em ebulição por três minutos (1 albedo : 10 água, em peso), seguido de esfriamento com água corrente na proporção em peso de 1 albedo : 20 água; tratamento com cálcio em solução com cloreto de cálcio 1% (em relação ao peso de albedo), na proporção em peso de 1 albedo : 10 solução, a 45°C por 20 minutos; imersão em solução de salmoura 10,0% (p/v) adicionada de 0,2% de cloreto de cálcio (em relação ao peso do albedo) em temperatura ambiente; cozimento por 10 minutos (1 albedo : 10 água, em peso) em pressão atmosférica, seguido de esfriamento com água corrente na proporção em peso de 1 albedo: 20 água.

Análises físicas, físico-químicas e químicas

A caracterização do estágio de maturação dos frutos de maracujá amarelo foi realizada por uma avaliação visual da porção amarela da casca e análises de pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e umidade (AOAC, 2000) do albedo e do suco. Os albedos processados foram analisados quanto ao teor dos compostos cianogênicos, cujo método envolveu hidrólise ácida com ácido sulfúrico e reação de cor usando os ácidos isonicotínico e barbitúrico (BRADBURY et al., 1994).

Análises estatísticas

Os resultados dos teores de compostos cianogênicos das variáveis dos processamentos foram submetidos à análise de variância (GOMES, 1987). No quarto experimento, os resultados dos compostos cianogênicos foram submetidos a uma análise de regressão, calculando-se inicialmente uma equação polinomial, avaliando sua falta de ajuste, e a significância de cada parâmetro. Um modelo preditivo foi ajustado considerando-se apenas os parâmetros com $p \leq 0,05$ e gráficos de Superfície de Resposta foram traçados (BARROS NETO et al., 1995).

Os resultados das demais análises foram submetidos à análise estatística descritiva (GOMES, 1987).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Testes preliminares avaliaram o processamento do albedo de maracujá amarelo maduro na eliminação dos compostos cianogênicos, envolvendo operações de corte ou trituração em diferentes tamanhos de partículas, imersão em água por diferentes períodos de tempo em condição ambiente (28-30°C) e cozimento em pressão atmosférica por diferentes tempos com trocas de água. O teor de compostos cianogênicos totais (CCT) do albedo controle foi de 92,7 mg/kg. Os teores de CCT nos albedos processados são apresentados na Tabela 1. Constatou-se a influência do tamanho de partícula, do tempo de cozimento em ebulição em pressão atmosférica, das trocas de água de cozimento e do tempo de imersão em água na diminuição dos CCT do albedo. Provavelmente, a redução dos CCT no albedo ralado ocorreu devido a sua maior superfície específica, permitindo uma maior lixiviação e diluição dos compostos para a água, pois ensaios anteriores mostraram a baixa ação dos microrganismos contaminantes e das enzimas endógenas sobre os glicosídeos cianogênicos do albedo.

Tabela 1. Valores do teor de compostos cianogênicos totais (CCT) dos albedos de maracujá amarelo submetidos a testes preliminares de processamento.

Teste	Tempo de imersão em água ¹ (dias)	Tempo de cozimento ² (min)	Trocas de água (nº)	CCT (mg/kg)
Albedo cortado*:				
1	0	10	1	22,6
2	0	20	1	13,4
3	0	30	0	20,1
4	0	30	2	8,8
5	3	10	1	7,5
6	3	20	1	5,9
7	3	30	0	6,7
8	3	30	2	4,2
Albedo ralado**:				
1	0	---	---	20,1
2	3	---	---	0,8

Média de duas repetições

¹ Proporção de albedo e água de 1:2, temperatura ambiente (28°C a 30°C); ² Proporção de albedo e água de 1:10.

* Dimensões de 0,5 cm x 0,5 cm x 0,4 cm; ** Dimensões inferiores a 0,2 cm x 0,2 cm x 0,2 cm

Os frutos de maracujá amarelo utilizados no experimento de cozimento do albedo em pressão atmosférica (1), e para os demais experimentos (2, 3 e 4), apresentaram, em média e respectivamente, 99,0% e 89,0% da casca com cor amarela, sucos com pH de 2,93 e 2,86; 14,7°Brix e 13,1°Brix; 3,10% e 3,74% de acidez total titulável (expressa em ácido cítrico) e albedos com pH de 4,64 e 4,24; 5,1°Brix e 4,8°Brix; 0,40% e 0,42% de acidez total titulável (expressa em ácido cítrico).

O albedo desses frutos utilizados também tiveram 87,5 mg/kg e 115,6 mg/kg de compostos cianogênicos totais, 81,3 mg/kg e 113,2 mg/kg de glicosídeos cianogênicos (GC) e 6,2 mg/kg e 2,0 mg/kg de compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG), respectivamente.

No experimento 1, a influência do congelamento do albedo de maracujá amarelo cortado, do tempo e das trocas de água no cozimento mostraram efeitos significativos ($p \leq 0,01$), inclusive de suas interações, sobre os teores de CCT, GC e CCNG (Tabelas 2 e 3).

A operação de congelamento, anterior ao cozimento, provavelmente provocou o rompimento das células do albedo, favorecendo a lixiviação e diluição dos compostos cianogênicos durante o cozimento, principalmente dos glicosídeos cianogênicos, do interior das células e, portanto, diminuindo os teores destes compostos no albedo, pois é certo que o congelamento lento provoca a formação de grandes cristais de gelo que prejudicam a estrutura celular (BARRUFFALDI; OLIVEIRA, 1998).

No processo de cozimento, o aumento do tempo do processo reduziu consideravelmente os teores de todos os compostos cianogênicos do albedo. O tempo de cozimento, associado à temperatura do processo, além de promoverem uma alteração da estrutura celular do albedo, provocaram a hidrólise dos glicosídeos cianogênicos e a volatilização do ácido cianídrico produzido nas reações (NAMBISAN, 1994; TUNÇEL et al., 1995). A perda de glicosídeos cianogênicos também foi provocada pela sua solubilização na água durante o cozimento (NAMBISAN; SUNDARESAN, 1985).

Tabela 2. Teores médios de compostos cianogênicos em albedo de maracujá amarelo submetido aos processos de congelamento, diferentes tempos de cozimento e trocas de água durante o processo.

Tratamento	Variável independente			Variável dependente (resposta)		
	Estado do albedo cortado (N / CD)*	Tempo de cozimento (min)	Troca de água (n°)	CCT (mg/kg)	GC (mg/kg)	CCNG (mg/kg)
Controle				87,5	81,3	6,2
1	N	0	0	67,6	63,2	4,4
2	N	15	0	54,3	50,6	3,7
3	N	30	0	34,2	31,0	3,1
4	N	60	0	31,2	28,5	2,7
5	N	120	0	19,5	17,0	2,5
6	N	0	2	64,4	60,3	4,1
7	N	15	2	54,2	50,8	3,4
8	N	30	2	39,7	36,5	3,2
9	N	60	2	18,6	16,0	2,6
10	N	120	2	8,1	6,1	2,0
11	CD	0	0	73,2	69,4	3,8
12	CD	15	0	56,8	54,0	2,8
13	CD	30	0	34,8	32,3	2,5
14	CD	60	0	24,6	22,1	2,5
15	CD	120	0	18,7	16,0	2,7
16	CD	0	2	58,5	55,3	3,2
17	CD	15	2	40,9	37,8	3,1
18	CD	30	2	25,5	23,0	2,5
19	CD	60	2	15,7	13,4	2,3
20	CD	120	2	4,8	2,8	2,0

Média de três repetições

* Estado do albedo cortado utilizado no cozimento: N: albedo natural, CD: albedo congelado e descongelado
CCT: compostos cianogênicos totais; GC: glicosídeos cianogênicos; CCNG: compostos cianogênicos não glicosídicos

Albedo cortado: dimensões de 0,8 cm x 0,8 cm x 0,39 cm

Cozimento em água em ebulição com proporção de albedo e água de 1:20.

As trocas de água durante o cozimento proporcionam um maior volume de água em contato com o albedo, possibilitando uma maior diluição dos compostos cianogênicos do interior das células, conforme considerações de Nambisan (1994). Este processo foi favorecido por uma maior permeabilidade e rompimento celular, que, provavelmente, ocorreu com o congelamento lento do albedo e durante o período de cozimento.

Neste processamento, verificou-se uma redução de 90,7% e 94,5% nos teores de compostos cianogênicos totais e de 92,5% e 96,5% nos de glicosídeos cianogênicos nos albedos de maracujá amarelo cortados não congelados e congelados, submetidos ao cozimento em água em ebulição por 120 minutos, com duas trocas de água, respectivamente. Os albedos tratados possuíram 8,1 mg/kg e 4,8 mg/kg de CCT e 6,1 mg/kg e 2,8 mg/kg de GC, respectivamente. Estes teores de CCT encontram-se abaixo do teor máximo permitido de 10 ppm para farinha de mandioca (CAC, 1988).

Tabela 3. Análise de variância dos efeitos do congelamento, tempo de cozimento e troca de água nos teores de compostos cianogênicos totais (CCT), glicosídeos cianogênicos (GC) e compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG) do albedo de maracujá amarelo.

Fonte de variação	QM	gl	F
<i>CCT:</i>			
Congelamento (1)	219,65	1	50,39**
Tempo de cozimento (2)	5567,59	4	1277,31**
Trocas de água (3)	1068,50	1	245,13**
Interação 1x2	21,63	4	4,96**
Interação 1x3	250,51	1	57,47**
Interação 2x3	49,34	4	11,32**
Interação 1x2x3	54,12	4	12,41**
resíduo	174,35	40	
<i>GC:</i>			
Congelamento (1)	172,72	1	39,55**
Tempo de cozimento (2)	5254,68	4	1203,40**
Trocas de água (3)	1005,32	1	230,23**
Interação 1x2	20,96	4	4,80**
Interação 1x3	249,69	1	57,18**
Interação 2x3	44,79	4	10,25**
Interação 1x2x3	55,75	4	12,76**
resíduo	174,66	40	
<i>CCNG:</i>			
Congelamento (1)	2,81	1	81,64**
Tempo de cozimento (2)	4,59	4	133,20**
Trocas de água (3)	0,96	1	27,90**
Interação 1x2	0,36	4	10,43**
Interação 1x3	0,001	1	0,02
Interação 2x3	0,22	4	6,47**
Interação 1x2x3	0,11	4	3,13*
resíduo	1,38	40	

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

Nos experimentos 2 e 3, os processos de cozimento do albedo sob pressão e em pressão atmosférica seguido de lavagem com água quente reduziram significativamente os teores de compostos cianogênicos (Tabelas 4 a 7).

No experimento 2, os fatores proporção de água e albedo e tempo do cozimento mostraram efeito significativo ($p \leq 0,01$) sobre os teores de compostos cianogênicos totais (CCT), glicosídeos cianogênicos (GC) e compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG) (Tabelas 4 e 5), enquanto no experimento 3, apenas o tempo de cozimento provocou este mesmo efeito (Tabela 6 e 7).

As condições de cozimento sob pressão permitiram considerável redução dos teores de compostos cianogênicos em pouco tempo (cinco minutos), devido à maior hidrólise provocada pelo calor associado ao aumento da pressão, e também o albedo cozido por 15 minutos reteve teores significativamente menores que o cozido por 5 minutos na mesma proporção em peso de 1 albedo : 20 água. Da mesma forma, o aumento da proporção de água em relação ao albedo favoreceu uma maior solubilização dos glicosídeos cianogênicos (NAMBISAN, 1994). Nesse processo, as reduções dos CCT e GC chegaram a 90,9% e 91,5%, respectivamente, entretanto, os teores residuais foram ligeiramente superiores a 10 ppm em todos os tratamentos avaliados.

Tabela 4. Teores médios de compostos cianogênicos em albedo de maracujá amarelo submetido ao processo de cozimento sob pressão.

Processo / Tratamento	Variável independente		Variável dependente (resposta)		
	Tempo de cozimento (min)	Proporção de água e albedo no cozimento	CCT (mg/kg)	GC (mg/kg)	CCNG (mg/kg)
Controle			115,6	113,6	2,0
Cozimento sob pressão:					
1	5	20:1	17,7	15,9	1,9
2	15	20:1	12,1	11,3	0,8
3	5	40:1	11,3	10,5	0,8
4	15	40:1	10,5	9,6	0,8

Média de três repetições

CCT: compostos cianogênicos totais; GC: glicosídeos cianogênicos; CCNG: compostos cianogênicos não glicosídicos

Albedo cortado: dimensões de 0,8 cm x 0,8 cm x 0,45 cm

Tabela 5. Análise de variância dos efeitos da proporção de água e albedo e do tempo de processo nos teores de compostos cianogênicos totais (CCT), glicosídeos cianogênicos (GC) e compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG) do albedo de maracujá amarelo submetido ao processo de cozimento sob pressão.

Fonte de variação	QM	gl	F
<i>CCT:</i>			
Proporção água e albedo (1)	31,68	1	207,78**
Tempo de cozimento (2)	48,40	1	317,38**
Interação 1x2	17,52	1	114,89**
resíduo	0,15	8	
<i>GC:</i>			
Proporção água e albedo (1)	22,14	1	168,16**
Tempo de cozimento (2)	37,10	1	281,78**
Interação 1x2	10,26	1	77,98**
resíduo	0,13	8	
<i>CCNG:</i>			
Proporção água e albedo (1)	0,85	1	68,27**
Tempo de cozimento (2)	0,75	1	60,00**
Interação 1x2	0,96	1	77,07**
resíduo	0,01	8	

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

No experimento 3, observou-se que a lavagem do albedo cozido com água quente proporcionou uma maior diminuição dos teores de compostos cianogênicos em comparação ao albedo não lavado (Tabelas 2 e 6), provavelmente, devido a um aumento do arraste desses compostos provocado pela passagem da água quente. Ratificou-se o efeito do aumento do tempo de cozimento na eliminação dos compostos cianogênicos (Tabelas 3 e 7). Entretanto, o uso de água quente em proporções superiores a 20 vezes ao de albedo não aumentou a redução dos compostos. Neste processo, as diminuições dos teores de CCT e GC, em tempo de cozimento prolongado (30 minutos), foram de 95,7% e 96,2%, respectivamente, com os teores finais inferiores a 10 ppm. Em experimentos futuros poderia ser avaliada a utilização de um tempo de cozimento mais baixo com posterior aplicação de água quente sob pressão, com maior vazão, buscando-se reduzir os teores de CCT para valores abaixo de 10 ppm, com menor comprometimento dos componentes termosensíveis e solúveis.

Tabela 6. Teores médios de compostos cianogênicos em albedo de maracujá amarelo submetido ao processo de cozimento em pressão atmosférica seguido de lavagem com água quente.

Processo / Tratamento	Variável independente		Variável dependente (resposta)		
	Tempo de cozimento ¹ (min)	Proporção de água e albedo na lavagem ²	CCT (mg/kg)	GC (mg/kg)	CCNG (mg/kg)
Controle			115,6	113,6	2,0
Cozimento em pressão atmosférica seguido de lavagem com água quente*:					
1	15	20:1	11,9	11,2	0,8
2	30	20:1	5,0	4,3	0,7
3	15	60:1	10,5	9,8	0,7
4	30	60:1	6,2	5,2	1,0

Média de três repetições

CCT: compostos cianogênicos totais; GC: glicosídeos cianogênicos; CCNG: compostos cianogênicos não glicosídicos

Albedo cortado: dimensões de 0,8 cm x 0,8 cm x 0,45 cm

¹ Proporção de albedo e água de 1:10 no cozimento ² Proporção de água quente e albedo usada na lavagem

* Lavagem com água quente por 20 minutos (vazão de 500 mL/min)

Tabela 7. Análise de variância dos efeitos do tempo de cozimento e da proporção de água e albedo usada na lavagem do albedo nos teores de compostos cianogênicos totais (CCT), glicosídeos cianogênicos (GC) e compostos cianogênicos não glicosídicos (CCNG) do albedo de maracujá amarelo submetido ao processo de cozimento em pressão atmosférica seguido de lavagem com água quente.

Fonte de variação	QM	gl	F
CCT:			
Tempo de cozimento (1)	94,64	1	701,04**
Proporção de água e albedo (2)	0,02	1	0,15
Interação 1x2	5,47	1	40,50**
resíduo	0,14	8	
GC:			
Tempo de cozimento (1)	98,04	1	668,46**
Proporção de água e albedo (2)	0,19	1	1,28
Interação 1x2	3,97	1	27,05**
resíduo	0,15	8	
CCNG:			
Tempo de cozimento (1)	0,03	1	1,64
Proporção de água e albedo (2)	0,08	1	4,55
Interação 1x2	0,12	1	6,55*
resíduo	0,02	8	

* p≤0,05; ** p≤0,01

No experimento 4, o processo de imersão em salmoura do albedo de maracujá cortado e branqueado, seguido de cozimento em pressão atmosférica por 10 minutos, provocou uma elevada redução dos teores de compostos cianogênicos. Os albedos de todos os tratamentos, exceto os do tratamento 8, tiveram teores de CCT inferiores a 10 ppm. O tratamento que empregou a imersão em salmoura na proporção de 15:1 (salmoura : albedo) durante 48 horas resultou na redução de 96,7% da quantidade de CCT e de 97,4% de GC (Tabela 8).

Tabela 8. Teores médios de compostos cianogênicos em albedo de maracujá amarelo branqueado submetido aos processos de imersão em salmoura e cozimento em pressão atmosférica.

Tratamento	Variável independente		Variável dependente (resposta)		
	Proporção de salmoura* e albedo na imersão	Tempo de imersão (h)	CCT (mg/kg)	GC (mg/kg)	CCNG (mg/kg)
Controle			115,6	113,6	2,0
Tratamentos:					
1	15:1	48	3,8 E g	3,0 F d	0,9 BCD
2	5:1	48	5,6 C cd	4,4 BC bc	1,3 A ab
3	15:1	24	4,9 D de	3,7 DE cd	1,2 AB abc
4	5:1	24	6,5 B b	5,0 B b	1,4 A a
5	10:1	36	4,7 D e	4,1 CD c	0,8 CD cde
6	10:1	36	4,5 D efg	4,2 CD c	0,7 CD de
7	10:1	36	4,6 D ef	4,5 BC bc	0,5 D e
8	3:1	36	10,0 A a	8,9 A a	1,3 A ab
9	10:1	19	5,9 C bc	5,0 B b	1,3 A ab
10	17:1	36	3,9 E fg	3,3 EF d	0,5 D e
11	10:1	53	3,9 E fg	3,0 F d	1,0 ABC

Média de três repetições

* Salmoura 10% (NaCl)

CCT: compostos cianogênicos totais; GC: glicosídeos cianogênicos; CCNG: compostos cianogênicos não glicosídicos

Albedo cortado: dimensões de 0,8 cm x 0,8 cm x 0,45 cm

Letras maiúsculas diferentes, na coluna, mostram diferença significativa entre os tratamentos a $p \leq 0,05$.

Letras minúsculas diferentes, na coluna, mostram diferenças significativas entre os tratamentos a $p \leq 0,01$.

Os maiores teores de CCT e GC dos albedos processados no experimento 4 foram dos albedos do tratamento 8, que diferiram ($p \leq 0,01$) dos demais tratamentos (Tabela 8). O tratamento 8 utilizou a menor proporção de salmoura e albedo (3:1).

Comparando-se os resultados, observou-se uma redução dos CCT e GC com o aumento da proporção de salmoura e albedo, provavelmente devido à maior lixiviação e diluição desses compostos provocado pelo maior volume de salmoura, conforme também observado por Nambisan e Sundaresan (1985) e Nambisan (1994). Da mesma forma, constatou-se a diminuição desses compostos com o prolongamento do tempo de imersão do albedo na salmoura.

As análises de variância dos modelos de regressão ajustados, obtidos a partir dos dados dos compostos cianogênicos totais e glicosídeos cianogênicos, no experimento 4, mostraram que ambos os modelos foram significativos ($p \leq 0,05$), os coeficientes de determinação foram de 0,8521 e 0,7437, respectivamente, tendo sido significativos para ambos a falta de ajuste, porém, considerada irrelevante, devido aos baixos erros experimentais (QM de 0,01 e 0,05, respectivamente). Entretanto, os modelos de regressão não se mostraram altamente significativos em ambos os casos (os F calculados foram 13,44 e 6,77, respectivamente, 3,1 vezes e 1,5 vez superiores ao F tabelado de 4,35), não permitindo o uso das equações para fins preditivos, mas possibilitando analisar a tendência da resposta na região estudada (Barros Neto et al., 1995).

Os modelos ajustados obtidos foram quadráticos:

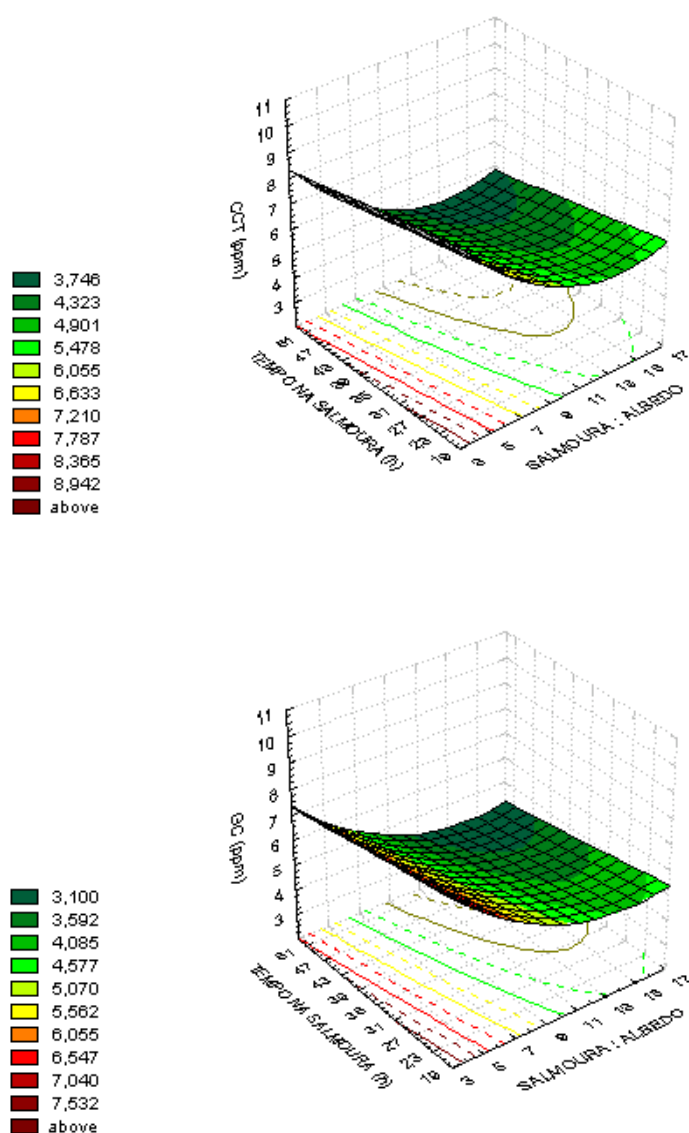
$$\text{CCT} = 13,43 - 1,11 X + 0,04 X^2 - 0,05 Y$$

$$\text{GC} = 11,20 - 0,88 X + 0,03 X^2 - 0,04 Y$$

onde X é a proporção de salmoura e albedo, expressa em número de vezes do volume de salmoura em relação à massa de albedo (3 a 17) e Y é o período de tempo do albedo na salmoura (19 horas a 53 horas).

Os modelos apresentaram efeito significativo das variáveis proporção de salmoura e albedo, com efeitos linear e quadrático, e do tempo em salmoura, com efeito linear (negativo).

Os gráficos de superfície de resposta (Figura 2) mostram a redução da concentração de compostos cianogênicos totais e glicosídeos cianogênicos com os aumentos da proporção de salmoura e albedo e do tempo de imersão do albedo na salmoura.



* Salmoura : albedo é a quantidade em volume de salmoura usada em relação à massa do albedo, expressa em número de vezes.

Figura 2. Gráficos de superfície de resposta dos teores de compostos cianogênicos totais (CCT) e glicosídeos cianogênicos (GC) do albedo de maracujá amarelo submetido ao processo de imersão em salmoura seguido de cozimento em ebulição por 10 minutos em pressão atmosférica.

CONCLUSÕES

- O cozimento do albedo em água em ebulição em pressão atmosférica por tempo bastante prolongado (120 minutos) reduziu os teores de compostos cianogênicos do albedo a níveis inferiores a 10 ppm. O congelamento do albedo antes do cozimento e as trocas de água favoreceram a redução dos compostos cianogênicos;
- O cozimento do albedo sob pressão diminuiu de forma mais rápida o teor de compostos cianogênicos, porém não a valores inferiores a 10 ppm;
- Um tempo de cozimento menos prolongado (30 minutos) foi necessário para uma redução dos teores de compostos cianogênicos do albedo a níveis inferiores a 10 ppm, quando o albedo cozido foi submetido em seguida a lavagem com água quente na proporção em peso de 1:20;
- O processo de imersão do albedo branqueado em salmoura seguida de cozimento em água em ebulição em pressão atmosférica provocou elevada redução dos teores de compostos cianogênicos, a maior entre os processos avaliados, mostrando-se o processamento mais eficaz para a eliminação desses compostos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho, como auxílio à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 17.ed. Arlington: AOAC, 2000.
- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1995. 299p.
- BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. Conservação de alimentos pelo emprego do frio. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. (eds.) **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. vol.3. São Paulo: Atheneu Editora, 1998. p.61-82

BRADBURY, J. H.; BRADBURY, M. G.; EGAN, S. V. Comparison of methods of analysis of cyanogens in cassava. **Acta Horticulturae**, v.375, p.87-96, 1994

CHASSAGNE, D.; CROUZET, J. A cyanogenic glycoside from *Passiflora edulis* fruits. **Phytochemistry**, v.49, n.3, p.757-759, 1998

CHASSAGNE, D.; CROUZET, J. C.; BAYONOVE, C. L.; BAUMES, R. L. Identification and quantification of passion fruit cyanogenic glycosides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, n.12, p.3817-3820, 1996.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION (CAC). **Report of the Eighth Session of the Codex Coordinating Committee for Africa**. Cairo: FAO/WHO, 1988

DARIS, D.; JACQUES, R.; VALDUGA, E. Avaliação de características físico-químicas e sensoriais de doces em pasta elaborados com polpa e/ou casca de banana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17, Fortaleza, 2000. **Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000, v.1, p.3.14.

FEMENIA, A.; ROSSELO, C.; MULET, A.; CANELLAS, J. Chemical composition of bitter and sweet apricot kernels. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, v.43, p.356-361, 1995

GOMES, F. P. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. 3.ed. Piracicaba: Potafos, 1987, 162p.

IBGE. Produção agrícola municipal. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 jul. 2004.

LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. (eds.) **Produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 396p.

LIPITOA, S.; ROBERTSON, G. L. The enzymatic extraction of juice from yellow passion fruit pulp. **Tropical Science**, v.19, n.2, p.105-112, 1977.

McMAHON, O. E.; WHITE, W. L. B.; SAYRE, R. T. Cyanogenesis in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of Experimental Botany**, v.46, p.731-741, 1995

NAMBISAN, B. Evaluation of the effect of various processing techniques on cyanogen content reduction in cassava. **Acta Horticulturae**, n.375, p.193-201, 1994

- NAMBISAN, B.; SUNDARESAN, S. Effect of processing on the cyanoglucosides in cassava. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.36, p.1197-1203, 1985
- OKE, O. L. Eliminating cyanogens from cassava through processing: Technology and tradition. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.375, p.163-174, 1994
- OTAGAKI, K. K.; MATSUMOTO, H. Nutritive values and utility of passion fruit byproducts. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.6, n.1, p.64-67, 1958.
- PONTES, M. A. N.; HOLANDA, L. F. F.; ORIÁ, H. F.; BARROSO, M. A. T. Estudo dos subprodutos do maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Degener). I – Características físico-químicas das cascas e sementes. **Boletim do CEPPA**, v.4, n.2, p.32-39, 1986.
- REISER, S. Metabolic effects of dietary pectins related to human health. **Food Technology**, v.41, n.2, p.91-99, 1987.
- SPENCER, K. C.; SEIGLER, D. S. Cyanogenesis of *Passiflora edulis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.31, n.4, p.794-796, 1983.
- SPILLER, G. A. (ed.) **Dietary fiber in human nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 1992. 648p.
- TUNÇEL, G.; NOUT, M. J. R.; BRIMER, L. The effects of grinding, soaking and cooking on the degradation of amygdalin of bitter apricot seeds. **Food Chemistry**, v.53, p.447-451, 1995.
- TUNÇEL, G.; NOUT, M. J. R.; BRIMER, L.; GOKTAN, D. Toxicological, nutritional and microbiological evaluation of tempe fermentation with *Rhizopus oligosporus* of bitter and sweet apricot seeds. **International Journal of Food Microbiology**, v.11, p.337-334, 1990
- VETTER, J. Plant cyanogenic glycosides. **Toxicon**, v.38, p.11-36, 2000

ANEXOS

Anexo 1. Tratamentos do experimento 4 (imersão do albedo branqueado em salmoura, seguido de cozimento em pressão atmosférica por 10 min em água em ebulição), definidos por delineamento composto central, acrescentando-se três pontos centrais e dois pontos axiais por variável.

Tratamento	<i>Variável independente codificada</i>		<i>Variável independente decodificada</i>	
	<i>Proporção de salmoura e albedo na imersão</i>	<i>Tempo de imersão (h)</i>	<i>Proporção de salmoura e albedo na imersão</i>	<i>Tempo de imersão (h)</i>
Controle				
Tratamentos:				
1	+1	+1	15:1	48
2	-1	+1	5:1	48
3	+1	-1	15:1	24
4	-1	-1	5:1	24
5	0	0	10:1	36
6	0	0	10:1	36
7	0	0	10:1	36
8	-1,41	0	3:1	36
9	0	-1,41	10:1	19
10	+1,41	0	17:1	36
11	0	+1,41	10:1	53

CAPÍTULO 4

COMPOSIÇÃO E PROPRIEDADES FÍSICAS E FUNCIONAIS DO ALBEDO DE MARACUJÁ AMARELO

Artigo a ser enviado para publicação na Revista:

Plant Foods for Human Nutrition

RESUMO

Há grande geração de resíduos no processamento agroindustrial de frutas e hortaliças, que possuem componentes com valor nutritivo e benéficos à saúde, como fibras, vitaminas, minerais e substâncias antioxidantes. Por outro lado, alguns resíduos podem conter compostos tóxicos e antinutricionais. Além do desperdício, os resíduos são poluentes cujo tratamento e/ou aproveitamento contribuem para a conservação ambiental. O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá, principalmente o amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener), usado para a fabricação de suco, sendo o albedo um dos resíduos do processamento. Este trabalho teve o objetivo de caracterizar o albedo de maracujá amarelo, submetendo-o a análises de composição e de propriedades físicas e funcionais. O albedo foi analisado para a sua caracterização, sendo também realizada a avaliação do albedo tratado em processamento, por imersão e aplicação de calor, para a redução dos compostos cianogênicos. O albedo de maracujá amarelo apresentou elevado teor de carboidratos, principalmente fibras, como pectina (27,8%, em base seca), consideráveis quantidades de minerais, como potássio e cálcio, e altos índices nas propriedades físicas avaliadas. O extrato aquoso das fibras do albedo mostrou um comportamento de fluido newtoniano. As fibras também provocaram o retardamento da difusão de glicose e a diminuição da digestibilidade do amido avaliados *in vitro*. Teores de compostos cianogênicos foram encontrados e a inibição da atividade de tripsina ocorreu. O processamento reduziu aproximadamente 94% do teor de compostos cianogênicos totais, diminuiu a inibição da atividade da tripsina e a quantidade de taninos, mas também provocou a perda de parte de componentes, como pectina, proteínas e potássio, e a concentração das fibras insolúveis. Além disso, o processamento modificou as propriedades físicas do albedo e sua ação na difusão da glicose e na digestibilidade do amido. Portanto, o albedo de maracujá amarelo apresentou elevado conteúdo de pectina, propriedades físicas e funcionais, como retardamento da difusão da glicose e diminuição da digestibilidade do amido, avaliados *in vitro*, entretanto, também possuiu compostos tóxicos, como compostos cianogênicos.

Palavras-chave: *Passiflora*, resíduo, subproduto, fibra, análise.

COMPOSITION AND PHYSICAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF YELLOW PASSION FRUIT ALBEDO

SUMMARY

A large amount of residues are produced during the agro-industrial processing of fruits and vegetables, which possess components of nutritional value beneficial to human health, such as fibres, vitamins, minerals and antioxidants. On the other hand, some residues contain toxic and/or anti-nutritional compounds. In addition to the waste, these residues are pollutants whose treatment and/or exploitation would contribute to environmental conservation. Brazil is one of the greatest producers of passion fruit, mostly the yellow variety (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener), which is used for juice production, and the albedo is one of the residues of this production. The objective of this study was to characterise the yellow passion fruit albedo, submitting it to compositional analyses and to the determination of its physical and functional properties. The albedo was analysed for its characterisation and the processed albedo, treated by immersion and heat treatment to reduce the cyanogenic compound content, was also evaluated. The yellow passion fruit albedo showed a high content of carbohydrates, mainly fibres such as pectin (mean of 27.8% on a dry weight basis), considerable amounts of minerals such as potassium and calcium and high indexes for the physical properties evaluated. The aqueous extract of the albedo fibres showed Newtonian behaviour. The fibres also retarded the diffusion of glucose and decreased starch digestion when evaluated *in vitro*. Cyanogenic compounds were also found to be present as also the inhibition of trypsin activity. Processing reduced the total cyanogenic compound content by approximately 94% and decreased the inhibition of trypsin activity and the quantity of tannins, but it also resulted in a partial loss of components such as pectin, proteins and potassium and decreased the concentration of insoluble fibres. In addition processing modified the physical properties of the albedo and its action on glucose diffusion and starch digestibility. Thus the yellow passion fruit albedo presented high pectin content and physical and functional properties, such as retarding glucose diffusion and decreasing starch digestibility when evaluated *in vitro*, although it also presented some toxic components such as cyanogenic compounds.

Key words: *Passiflora*, residue, by-product, fibre, analysis.

INTRODUÇÃO

Há grande geração de resíduos no processamento agroindustrial de frutas e hortaliças, estimando-se que o aproveitamento dessas matérias-primas não ultrapasse 80% a 85% durante o processamento agroindustrial (LARRAURI; CEREZAL, 1993). Os resíduos gerados possam chegar a até 30% (SCHAUB; LEONARD, 1996). As cascas, bagaços, membranas, vesículas, sementes e aparas são alguns dos resíduos do processo. Por outro lado, o desconhecimento do valor nutritivo das diversas partes e o hábito de consumo das pessoas aumentam os resíduos (DARIS et al., 2000). Além de representarem um desperdício, os resíduos são poluentes cujo tratamento e/ou aproveitamento contribuem para a conservação ambiental (SCHAUB; LEONARD, 1996; THASSITOU; ARVANITOYANNIS, 2001).

As frutas e hortaliças possuem diversos componentes de efeito benéfico na manutenção da saúde e na prevenção de doenças (ARUOMA, 1994; LUXIMONRAMMA et al., 2003), como fibras, vitaminas, minerais, substâncias fenólicas e flavonóides, que comumente também estão presentes nos resíduos. Por outro lado, alguns resíduos também podem conter substâncias tóxicas e fatores antinutricionais, como compostos cianogênicos e inibidores de proteases, geralmente envolvidos em funções biológicas da planta, como os mecanismos de defesa e proteção (VETTER, 2000).

No organismo humano, as fibras agem no metabolismo do colesterol e lipídeos (KRITCHEVSKY, 1987; MIETTINEN, 1987; NORMAND et al., 1987; REISER, 1987; STARK; MADAR, 1994), na efetividade da absorção de nutrientes, como na redução da absorção da glicose (REISER, 1987; VINIK; JENKINS, 1988; JOHNSON, 1990), no trânsito gastro-intestinal (WRICK et al., 1983), no metabolismo hormonal feminino (GORBACH; GOLDIN, 1992) e na absorção de metais pesados (BORYCKA; ZUCHOWSKI, 1998), colaborando na redução dos riscos de contrair doenças gastro-intestinais, cardiovasculares e das mamas (GAZZANIGA; LUPTON, 1987; ANDERSON et al., 1990; TROCK et al., 1990; GORBACH; GOLDIN, 1992). Por outro lado, substâncias fenólicas e algumas vitaminas têm mostrado importante função como agentes antioxidantes, prevenindo danos celulares provocados por altos níveis de radicais livres que levariam a desordens cardiovasculares, disfunções neurológicas e vários tipos de

câncer (JENNER, 1994; HAGERMAN et al., 1998; MESSINA et al., 1998). Entretanto, taninos têm sido tradicionalmente relatados como substâncias antinutricionais, devido ao seu efeito adverso na digestibilidade das proteínas, provocado pela sua habilidade em ligar-se às proteínas e precipitá-las, inclusive às enzimas digestivas (BRAVO, 1998).

O Brasil é um grande produtor mundial de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener) (LIMA; CUNHA, 2004), utilizado principalmente para a fabricação de suco e consumo “in natura” (CARDOSO et al., 1999; MATSUURA; FOLEGATTI, 1999). Os resíduos do processamento do suco correspondem a cerca de 40% a 60% da massa total do fruto de maracujá, sendo 12% a 32% somente de albedo (WHITTAKER, 1972; LIPITOA; ROBERTSON, 1977; SJOSTROM; ROSA, 1977; MARTINS et al., 1985).

O albedo do maracujá possui elevado teor de fibras, como a pectina (2,0% a 3,0%, em base úmida), além de outros carboidratos (4,8% a 12,5%), proteínas (1,4% a 2,3%), lipídeos (0,3% a 0,6%), carboidratos e minerais (1,0% a 1,6%) (OTAGAKI; MATSUMOTO, 1958; LIMA, 1971/1972; MARTINS et al., 1985; PONTES et al., 1986; HODGSON; KERR, 1991; HOLANDA, 1991; MACHADO et al., 2003). Compostos fenólicos em cascas de maracujá roxo variam de 1,8% a 2,5% (PRUTHI, 1963).

Outros resíduos, como os do processamento de manga, correspondem a 35% a 60% da massa total da fruta (24% a 31% de casca). A casca da manga possui alto teor de açúcares totais, 30% a 55%, e de proteínas, 1,3% a 8,8%, em base seca (LARRAURI; CEREZAL, 1993) e também 76,8% de fibras, com 36,3% de solúveis, em base seca, apresentando efeitos hipoglicêmicos, reduzindo a digestibilidade do amido e retardando a difusão de glicose (GOURGUE et al., 1992).

A polpa de laranja residual representa cerca de 25% da massa do suco processado e contém, principalmente, fibras (74,9% de fibras totais, com 54,8% de insolúveis e, também, pectina, com 13,0%, em base seca), proteínas (9,79%) e açúcares (9,27%). As fibras da polpa de laranja também apresentam efeito hipoglicêmico (CÉSPEDES, 1999). A casca da laranja e o bagaço de maçã possuem elevados teores de pectina, de 3,5% a 5,5% e 1,5% a 2,5%, em base úmida, respectivamente (RENARD; THIBAUT, 1993).

Casca de mandioca, caroço de pêssego e ameixa e casca de maracujá contém compostos cianogênicos (SPENCER; SEIGLER, 1983; POULTON, 1990; TUNÇEL et al., 1990; CHASSAGNE et al., 1996; CHASSAGNE; CROUZET, 1998; VETTER, 2000). Um inibidor de protease, que inibiu a atividade da tripsina e quimotripsina, também foi encontrado em casca de maracujá (HASHIGUCHI et al., 1993).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o albedo de maracujá amarelo não tratado e tratado por processamento para redução dos compostos cianogênicos, submetendo-o a análises de composição e de propriedades físicas e funcionais.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados albedos de maracujás amarelos maduros, com mais de 85% da casca com cor amarela, “in natura” e/ou desidratado, não tratado e tratado para a eliminação de compostos cianogênicos (conforme processamento realizado no capítulo 3). A desidratação foi realizada em secadores com circulação forçada de ar a uma temperatura de 60°C até o albedo atingir cerca de 5% de umidade. O albedo desidratado foi moído em moinho de facas dotado de peneira com orifícios de 0,8 mm de diâmetro.

No tratamento para eliminação de compostos cianogênicos, o albedo foi cortado (0,8 cm x 0,8 cm x 0,4 cm) e submetido a um branqueamento por imersão em água em ebulição por três minutos (proporção de 1 albedo : 10 água), seguido de esfriamento com água corrente (proporção de 1 albedo : 20 água); tratamento com cálcio em solução com cloreto de cálcio 1% (em relação à massa de albedo) à 45°C por 20 minutos (proporção de 1 albedo : 10 solução); imersão em solução de salmoura 10,0% (p/v), na proporção de 1 albedo : 15 salmoura, adicionada de 0,2% de cloreto de cálcio (em relação à massa do albedo) em condição ambiente durante 48 horas; cozimento por 10 minutos em ebulição em pressão atmosférica (proporção de 1 albedo : 10 água), seguido de esfriamento com água corrente (proporção de 1 albedo : 20 água) - conforme realizado no capítulo 3. O albedo não tratado somente foi cortado.

Os albedos foram submetidos às seguintes análises: sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, composição centesimal, minerais – cálcio, potássio e

ferro (AOAC, 2000); teor e composição da fibra alimentar (VAN SOEST, 1963; VAN SOEST; WINE, 1967; PROSKY et al., 1988); pectina (BLUMENKRANTZ; ASBOE-HANSEN, 1973; AHMED; LABAVITCH, 1977), conteúdo metoxílico e grau de esterificação da pectina (STIER et al., 1956; DOESBURG, 1965); índices de absorção de água, de solubilidade em água e de absorção de óleo (ANDERSON et al., 1969); volume de intumescimento (GOULD et al., 1989); tamanho de partícula (HENDERSON; PERRY, 1976); viscosidade (GOURGUE et al., 1992) em viscosímetro Brookfield, utilizando o modelo RV-III e “spindle” SC₄-21 e o LV-III e “spindle” SC₄-18 para os extratos aquosos de sólidos insolúveis em álcool do albedo de maracujá não tratado e tratado, respectivamente; índice de retardamento na difusão de glicose (FLEMING; PEGLER, 1963; ADIOTOMRE et al., 1990); digestibilidade de amido *in vitro* (TOLLIER; ROBIN, 1979; GOURGUE et al., 1992); compostos cianogênicos, cujo método envolveu hidrólise ácida com ácido sulfúrico e reação de cor usando os ácidos isonicotínico e barbitúrico (BRADBURY et al., 1994); inibição da atividade da tripsina (KAKADE et al., 1974); taninos (AOAC, 2000); cor objetiva, utilizando um espectrofotômetro para cor Hunter Lab, modelo Color Quest II, sistema CIELAB*, iluminante D65 e ângulo de 10° e calibrado no modo RSex; e microscopia ótica por método criostático (GAHAN, 1984; FLINT, 1994).

Os resultados obtidos nas análises dos albedos de maracujá foram submetidos à análise estatística descritiva e análise de variância (GOMES, 1987). As análises por microscopia óptica do albedo resultaram em micrografias mostrando a estrutura do tecido vegetal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos de maracujá amarelo maduros utilizados apresentaram, em média, 91,5% da casca com cor amarela e suco com pH de 2,85, 13,6°Brix, e 3,77% de acidez total titulável (expressa em ácido cítrico).

O albedo “in natura” possuiu 90,8% de umidade, pH ácido (4,40), baixo teor de sólidos solúveis (4,7°Brix) e baixa acidez (0,31 %, expresso em ácido cítrico), próximos aos valores encontrados por Holanda (1991) e Machado e outros (2003).

O albedo de maracujá amarelo apresentou elevado teor de carboidratos, principalmente fibras (67,5%, em base seca), e consideráveis quantidades de proteínas (6,8%) e minerais, como potássio (331,7 mg/100g) e cálcio (189,8 mg/100g) (Tabela 1). O alto teor de fibras é uma característica semelhante à da casca de manga e da polpa de laranja (GOURGUE et al., 1992; CÉSPEDES, 1999).

Tabela 1. Composição centesimal do albedo de maracujá amarelo (em base seca).

Componente	AM-NT	AM-T
Proteínas (%)	6,8 *	3,7
Lipídeos (%)	1,3 *	0,8
Carboidratos (%)	84,2	92,6 *
Fibras (%):		
Total	67,5	74,0 *
Insolúveis	35,8	64,8 *
Solúveis	31,7 *	9,1
Cinzas (%)	7,7 *	2,8
Cálcio (mg/100g)	189,8 *	172,1
Potássio (mg/100g)	331,7 *	152,9
Ferro (mg/100g)	6,3 *	5,4
Sódio (mg/100g)	248,2	726,5 *

Média de três repetições

AM-NT: albedo de maracujá não tratado; AM-T: albedo de maracujá tratado para a redução do teor de compostos cianogênicos

* Tratamentos com diferença significativa ($p \leq 0,05$)

O albedo mostrou elevado teor de pectina (27,8%) (Tabela 2), conforme encontrado por Otakagi e Matsumoto (1958), Lima (1971/1972), Holanda (1991) e Machado e outros (2003), superior ao da casca de manga (GOURGUE et al., 1992), próximo ao da polpa de laranja (CÉSPEDES, 1999) e inferior ao do albedo da laranja (THAKUR et al., 1997). No albedo tratado neste experimento, o

processamento provocou a hidrólise, solubilização e perda de parte dos componentes, como pectina, proteínas e potássio, e a concentração das fibras insolúveis (Tabelas 1 e 2). O baixo peso molecular da pectina do albedo de maracujá amarelo (SEALE et al., 1960) favoreceu a sua solubilização. O tratamento do albedo por imersão em salmoura provocou um aumento no seu teor de sódio.

A pectina do albedo de maracujá amarelo apresentou baixos conteúdo metoxílico e grau de esterificação, de 5,6% e 34,3%, respectivamente, inferiores aos conteúdos metoxílicos encontrados por Holanda (1991), de 7,4%, e Sherman e outros (1953), de 8,9% a 10,2%, e próximo ao encontrado por Lima (1971/1972), de 4,8% a 5,3%. O processamento diminuiu o conteúdo metoxílico do albedo tratado para 2,4%, provavelmente devido à hidrólise ocorrida durante o período de imersão e no tratamento pelo calor e a presença de sódio, conforme considerações de Sajjaanatakul e outros (1989).

Tabela 2. Composição da fibra do albedo de maracujá amarelo (em base seca).

Componente	AM-NT	AM-T
Celulose (%)	30,7	56,5 *
Hemicelulose (%)	1,6	4,7 *
Lignina (%)	1,1	2,1 *
Substâncias pécticas (%)	27,8 *	8,7

Média de três repetições

AM-NT: albedo de maracujá não tratado; AM-T: albedo de maracujá tratado para a redução do teor de compostos cianogênicos

* Tratamentos com diferença significativa ($p \leq 0,05$)

A perda de parte dos componentes solúveis do albedo provocou um decréscimo nos valores de quase todos os índices do albedo tratado (Tabela 3). Mesmo assim, o albedo tratado possuiu índice de absorção de água próximo ao da polpa de laranja, de 10,9% (CÉSPEDES, 1999). O albedo de maracujá desidratado tratado apresentou partículas com diâmetro médio de 0,36 mm, enquanto o não tratado, 0,43 mm.

Tabela 3. Propriedades físicas do albedo de maracujá amarelo desidratado.

Análise	AM-NT	AM-T
Índice de absorção de água (g água/g matéria seca)	16,2 *	8,6
Índice de solubilidade em água (%)	25,9 *	7,6
Índice de absorção em óleo (g óleo/g matéria seca)	2,5	2,6
Volume de intumescimento (mL/g matéria seca)	34,6 *	10,1

Média de três repetições

AM-NT: albedo de maracujá não tratado; AM-T: albedo de maracujá tratado para a redução do teor de compostos cianogênicos

* Tratamentos com diferença significativa ($p \leq 0,05$)

Os extratos aquosos dos sólidos insolúveis em álcool do albedo de maracujá não tratado (EAM-NT) e tratado (EAM-T) mostraram comportamentos reológicos diferentes (Figura 1). O EAM-NT apresentou um comportamento pseudoplástico, enquanto o EAM-T newtoniano. A viscosidade aparente diminuiu ligeiramente no EAM-NT e foi praticamente constante no EAM-T nas diferentes taxas de deformação. O comportamento do EAM-NT foi similar ao de fibra de casca de laranja (GOURGUE et al., 1994) e do EAM-T ao de casca de manga (GOURGUE et al., 1992). As fibras do albedo não tratado proporcionaram uma alta viscosidade no extrato, enquanto as do tratado, baixa. O teor de pectina mais baixo e a diminuição no conteúdo metoxílico e, possivelmente, do grau de polimerização da pectina, provocados pelo processamento, resultaram nas diferenças de comportamento reológico e da viscosidade dos extratos do albedo, conforme considerações de Saeed e outros (1975) e Gourgue e outros (1994). A maior viscosidade do EAM-NT também pode ser resultante de um efeito sinérgico de açúcares na presença de pectinas (MANOHAR et al., 1990).

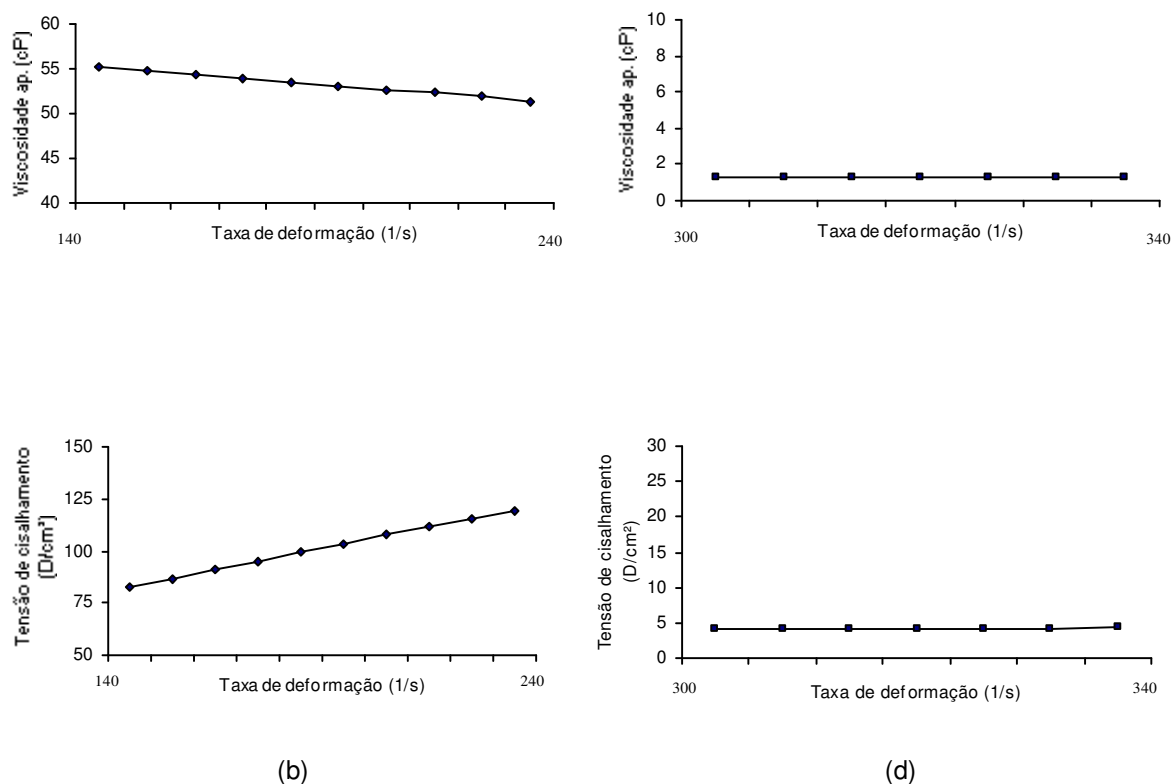


Figura 1. Viscosidade aparente e curvas de escoamento, a 37°C, de extratos aquosos de suspensão de fibras de albedo de maracujá amarelo não tratado – EAM-NT (a, b), e tratado para a redução do teor de compostos cianogênicos – EAM-T (c, d).

As fibras do albedo de maracujá amarelo provocaram o retardamento da difusão de glicose (Tabela 4) e da digestibilidade do amido avaliados *in vitro* (Figura 2). O retardamento da difusão da glicose pelo albedo não tratado foi superior ao provocado pela fibra de polpa de laranja (CÉSPEDES, 1999), de 12,3% aos 30 minutos de diálise e 8,3% aos 60 minutos, e de casca de laranja e

de limão (GOURGUE et al., 1994), de 11,9% e de 11,3% aos 60 minutos, respectivamente, próximo ao provocado pelas fibras da casca de manga (GOURGUE et al., 1992), de 21,7% e de 19,5% aos 30 e 60 minutos, respectivamente, e inferior ao provocado pela goma guar e pectina, de 43% e 34% aos 60 minutos, respectivamente (ADIOTOMRE et al., 1990).

A relação da quantidade de fibras solúveis e da viscosidade da solução com a difusão da glicose (EBIHARA; KIRIYAMA, 1982; RAINBIRD et al., 1984; WOOD et al., 1990) explica o menor retardamento da difusão da glicose provocado pelas fibras do albedo tratado.

Tabela 4. Efeito da fibra do albedo de maracujá amarelo na velocidade da difusão de glicose.

	30 minutos de diálise		60 minutos de diálise	
	Glicose no dialisado ($\mu\text{mol}/100\text{mL}$)	Índice de retardamento da difusão de glicose (%)	Glicose no dialisado ($\mu\text{mol}/100\text{mL}$)	Índice de retardamento da difusão de glicose (%)
Controle	95,94 (1,23)*	0	127,98 (2,21)	0
AM-NT	77,54 (2,69)	19,1	107,52 (3,58)	16,0
AM-T	87,18 (2,64)	9,0	116,93 (2,80)	8,7

*Média de três ensaios e desvio-padrão

AM-NT: albedo de maracujá não tratado; AM-T: albedo de maracujá tratado para a redução do teor de compostos cianogênicos

Todos os tratamentos (amido, referência - REF; amido + fibra do albedo não tratado – AAM-NT; amido + fibra do albedo tratado – AAM-T) resultaram em digestibilidade do amido semelhante ($p>0,05$) durante os primeiros 10 minutos (Figura 2). Após os 20 minutos de hidrólise, observou-se uma diferença da degradação enzimática entre a REF e o AAM-NT. As digestibilidades do AAM-T e da REF não tiveram diferença entre si. Ao final da incubação (150 min), a REF teve 70,1% do amido hidrolisado, o AAM-NT, 56,9%, e o AAM-T, 67,0%. A cinética da hidrólise do amido acrescido de fibra de albedo de maracujá amarelo (Figura 2) foi semelhante à com adição de fibras de polpa de laranja encontrada por Céspedes (1999) e de casca de manga por Gourgue e outros (1992).

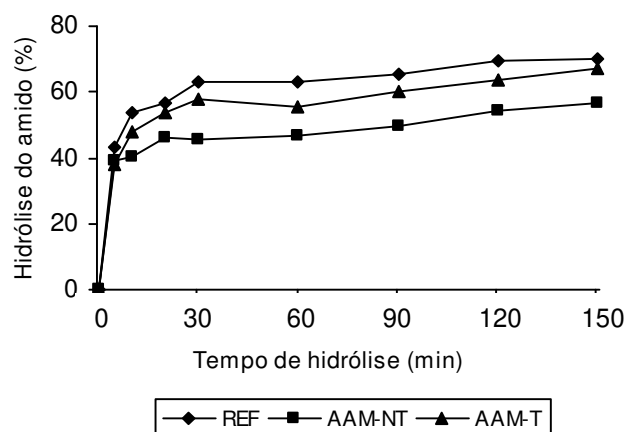


Figura 2. Cinética enzimática da hidrólise do amido *in vitro* usando α -amilase pancreática porcina (165 U/g de amido) em pH neutro a 37°C. Proporção amido : fibra alimentar total de 10 : 2,5. REF: amido; AAM-NT: amido + fibra de albedo de maracujá não tratado; AAM-T: amido + fibra de albedo de maracujá tratado para a redução do teor de compostos cianogênicos.

Compostos cianogênicos estiveram presentes nos albedos de maracujá analisados, principalmente na forma de glicosídeos cianogênicos (Tabela 5). A existência desses compostos tóxicos no albedo de maracujá já foi identificada por alguns autores, sendo a prunasina o principal glicosídeo cianogênico presente, conforme Spencer e Siegler (1983), Chassagne e outros (1996) e Chassagne e Crouzet (1998).

Neste experimento, o processamento resultou em uma redução de 94,2% no teor de compostos cianogênicos totais, 94,9% no teor de glicosídeos cianogênicos e numa quantidade de 1,0 mg/kg de compostos cianogênicos não glicosídicos, devido à hidrólise, solubilização, lixiviação e volatilização desses compostos durante as várias operações realizadas, conforme considerações de Nambisan e Sundaresan (1985) e Nambisan (1994).

A inibição da atividade de tripsina pelo albedo de maracujá amarelo ocorreu (Tabela 5). Porém, ela foi bastante baixa e reduzida no albedo tratado, sendo

inferior à de grãos de soja torrados, de 4,3 a 10,9 UTI/mg (KAKADE et al., 1974). Durante o processamento, o calor, que inativa as substâncias inibidoras (ONYEIKE et al., 1991), reduziu a inibição da atividade de tripsina em 52,6%, semelhante à taxa de redução obtida por Hashiguchi (1993) em albedo de maracujá e inferior à obtida por Onyeike e Omubo-Dede (2002) em inhame africano, de até 86%.

A quantidade de taninos no albedo de maracujá não tratado foi elevada (Tabela 5), semelhante ao valor citado por Pruthi (1963) em albedo de maracujá, entre os teores presentes na casca da maçã (1,4% a 4,3%, em base seca) (LEES et al., 1995) e inferior ao existente em folhas de chá (10,8% a 12,3%, em base seca) (ISSARAPIROM, 1990). O tratamento para eliminação dos compostos cianogênicos do albedo provocou uma grande redução dos teores de taninos, provavelmente devido à hidrólise provocada pelo calor, à solubilização dos compostos de proantocianidinas oligoméricas e de hidrolisáveis de baixo peso molecular presentes e à precipitação com proteínas, conforme mencionado por Bravo (1998).

Tabela 5. Teores de compostos cianogênicos e de taninos e valores de inibição da atividade de tripsina no albedo de maracujá amarelo.

Análise	AM-NT	AM-T
Compostos cianogênicos ¹ (mg/kg):		
Totais	90,1 *	5,2
Glicosídeos	83,2 *	4,2
Não glicosídeos	6,9 *	1,0
Inibição de atividade da tripsina (UTI/mg) ²	1,9 *	0,9
Taninos (%) ²	3,0 *	0,1

Média de três repetições

AM-NT: albedo de maracujá não tratado; AM-T: albedo de maracujá tratado para a redução do teor de compostos cianogênicos.

¹ Albedo "in natura" (umidade - AM-NT: 90,8%; AM-T: 92,2%). ² Albedo desidratado, valores em base seca
UTI: unidades de tripsina inibida; * Tratamentos com diferença significativa ($p \leq 0,05$)

O albedo de maracujá tratado para a redução do teor de compostos cianogênicos e desidratado apresentou uma cor mais clara (valor de L maior), com um croma com menor intensidade de vermelho e amarelo (valor de a+ e b+ menores, respectivamente), em comparação ao albedo não tratado e desidratado (Tabela 6). Provavelmente, a imersão do albedo em salmoura provocou uma diluição dos componentes envolvidos na cor, como os pigmentos carotenóides, tornando o albedo mais claro e com intensidade de croma menor.

Tabela 6. Valores dos parâmetros de cor objetiva¹ L*, a*, b* do albedo de maracujá amarelo desidratado.

Parâmetro	AM-NT	AM-T
L*	76,99	83,77 **
a*	6,32 **	1,57
b*	23,78 **	14,16

Média de três repetições

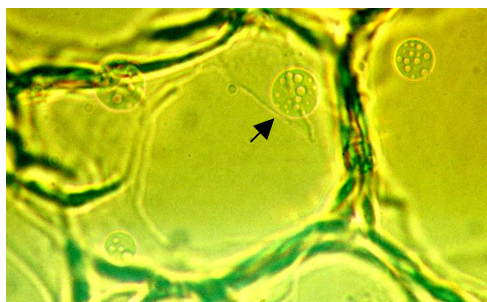
AM-NT: albedo de maracujá não tratado (diâmetro médio de partícula: 0,43 mm)

AM-T: albedo de maracujá tratado para a redução do teor de compostos cianogênicos (diâmetro médio de partícula: 0,36 mm)

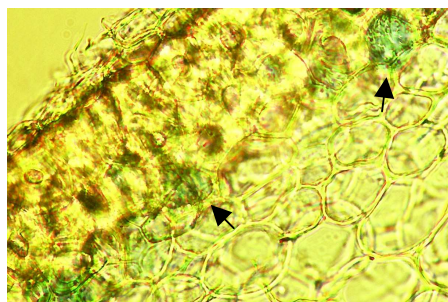
¹ Determinada em Hunter Lab, modelo Color Quest II, sistema CIELAB*, iluminante D65 e ângulo de 10° e calibrado no modo RSex

** Tratamentos com diferença significativa ($p \leq 0,05$)

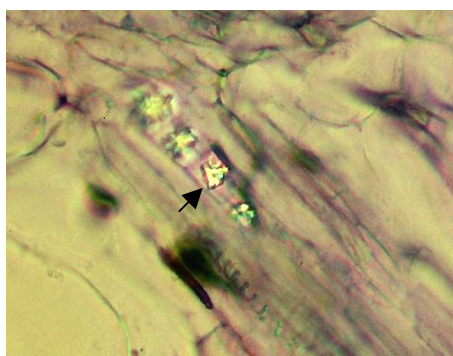
As micrografias do material corado com “fast green” mostraram glóbulos de polifenóis distribuídos em toda a casca do maracujá amarelo, como na epiderme, no albedo e próximo aos feixes vasculares (Figura 3 – fotos A, B e C). No albedo, a presença de celulose e pectina nas paredes celulares foi evidenciada pela coloração com azul de toluidina (Figura 3 – foto D).



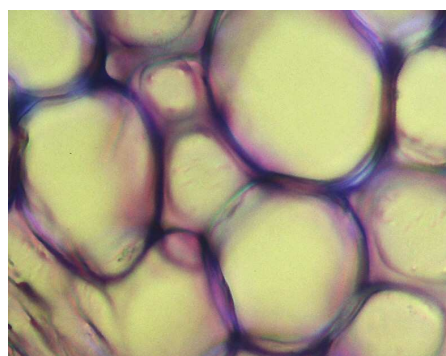
(A)



(B)



(C)



(D)

Figura 3. Micrografias óticas da casca de maracujá amarelo. Foto A: glóbulos de polifenóis nas células do albedo; corante fast green; aumento 312,5x. Foto B: glóbulos de polifenóis nas células do albedo (pericarpo) e do epicarpo; corante fast green; aumento 312,5x. Foto C: glóbulos de polifénóis nas células do albedo próximos a feixe vasculares; corante fast green; aumento 312,5x. Foto D: células do albedo com fibras da parede celular coradas; corante azul de toluidina; aumento 312,5x.

CONCLUSÕES

- O albedo de maracujá amarelo não tratado apresentou elevado conteúdo de pectina e minerais (potássio e cálcio) e propriedades físicas e funcionais interessantes, como retardamento da difusão da glicose e diminuição da digestibilidade do amido (avaliados *in vitro*), entretanto, também possuiu compostos tóxicos, como teores consideráveis de compostos cianogênicos;
- O albedo de maracujá amarelo tratado para a eliminação dos compostos cianogênicos conteve um baixo teor de compostos cianogênicos;
- O tratamento do albedo para a eliminação dos compostos cianogênicos afetou suas características, com o aumento do teor de fibras insolúveis, a diminuição do teor de pectina e minerais e a alteração das propriedades físicas e funcionais. Contudo, o albedo tratado possuiu 8,7% de pectina, 64,8% de fibras insolúveis e provocou o retardamento da difusão de glicose.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro para a realização deste estudo, como auxílio à pesquisa, à professora Dra. Débora de Queiróz Tavares, pela colaboração nas análises de microscopia ótica, à Ana Lourdes N. Gandara, pelo apoio nas determinações da cor objetiva, e à Ana Koon, Priscila Huewes e Maria de Fátima, pelo auxílio em análises diversas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 17.ed. Arlington: AOAC, 2000.
- ADIOTOMRE, J.; EASWOOD, M. A.; EDWARDS, C. A.; BRYDON, W. G. Dietary fiber: in vitro methods that anticipate nutrition and metabolic activity in humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.52, p.128-134, 1990.
- AHMED, A. R.; LAVAVITCH, J. M. A simplified method for accurate determination of cell wall uronide content. **Journal of Food Biochemistry**, v.1, p.361-365, 1977.

ANDERSON, J. W.; DEAKINS, D. A.; FLOORE, T. L.; SMITH, B. M.; WHITIS, S. R. Dietary fiber and coronary heart disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.29, n.2, p.95-147, 1990.

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Cereal Science Today**, v.14, n.1, p.11-12, 1969.

ARUOMA, O. I. Nutrition and health aspects of free radicals and antioxidants. **Food Chemistry and Toxicology**, v.32, p.671-683, 1994

BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, v.54, p.484-489, 1973.

BORYCKA, B.; ZUCHOWSKI, J. Metal sorption capacity of fibre preparations from fruit pomace. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v.7/48, n.1, p.67-76, 1998.

BRADBURY, J. H.; BRADBURY, M. G.; EGAN, S. V. Comparison of methods of analysis of cyanogens in cassava. **Acta Horticulturae**, v.375, p.87-96, 1994.

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

CARDOSO, C. E. L.; SOUZA, J. S.; LIMA, A. A.; COELHO, E. F. Aspectos econômicos. In: LIMA, A. A. (ed.) **O cultivo do maracujá**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 1999. p.109-117.

CÉSPEDES, M. A. L. **Otimização do processo de extrusão da polpa de laranja: modificação das propriedades funcionais e sua aplicação como fonte de fibra alimentar**. Campinas, 1999. 163p. Dissertação (doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

CHASSAGNE, D.; CROUZET, J. A cyanogenic glycoside from *Passiflora edulis* fruits. **Phytochemistry**, v.49, n.3, p.757-759, 1998

CHASSAGNE, D.; CROUZET, J. C.; BAYONOVE, C. L.; BAUMES, R. L. Identification and quantification of passion fruit cyanogenic glycosides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, n.12, p.3817-3820, 1996.

DARIS, D.; JACQUES, R.; VALDUGA, E. Avaliação de características físico-químicas e sensoriais de doces em pasta elaborados com polpa e/ou casca de banana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17, 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000, v.1, p.3.14.

DOESBURG, J. J. **Pectic substances in fresh and preserved fruits and vegetables**. Wageningen: Institute for Research on Storage and Processing of Horticultural Products, 1965. 463p.

EBIHARA, K.; KIRIYAMA, S. Comparative effects of water soluble and water insoluble dietary fibers on various parameters relating to glucose tolerance in rats. **Nutrition Report International**, v.26, p.193-201, 1982.

FLEMING, I. D.; PEGLER, H. F. Determination of glucose in the presence of maltose and isomaltose by a stable specific enzymic reagent. **Analyst**, v.8, p.967-974, 1963.

FLINT, O. **Food microscopy: a manual of practical methods, using optical microscopy**. Oxford: BIOS, 1994. 125p.

GAHAN, P. B. **Plant histochemistry and cytochemistry – an introduction**. London: Academic Press, 1984.

GAZZANIGA, J. M.; LUPTON, J. R. Dilution effect of dietary fiber sources: an in vivo study in the rat. **Nutrition Research**, v.7, p.1261-1268, 1987.

GOMES, F. P. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. 3.ed. Piracicaba: Potafos, 1987, 162p.

GORBACH, S. L.; GOLDIN, B. R. Nutrition and the gastrointestinal microflora. **Nutritional Reviews**, v.50, p.378-381, 1992.

GOULD, M. J.; JASBERG, B. K.; DEXTER, L. B.; HSU, J. T.; LEWIS, S. M.; FAHEY, G. C. High-fiber, noncaloric flour substitute for baked foods. Properties of alkaline peroxide treated lignocelulose. **Cereal Chemistry**, v.66, n.3, p.201-205, 1989.

GOURGUE, C. M.; CHAMP, M. M.; LOZANO, Y.; DELORT-LAVAL, J. Dietary fiber from mango byproducts characterization and hypoglycemic effects determined by in vitro methods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.40, p.1864-1868, 1992.

GOURGUE, C.; CHAMP, M.; GUILLON, F.; DELORT-LAVAL, J. Effect of extrusion-cooking on the hypoglycaemic properties of citrus fibre: an in-vitro study. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.64, p.493-499, 1994.

HAGERMAN, A. E.; RIEDL, K. M.; JONES, G. A.; SOVIK, K. N.; RITCHARD, N. T.; HARTZFELD, P. W.; RIECHEL, T. L. High molecular weight plant polyphenolics

(tannins) as biological antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.46, p.1887-1892, 1998

HASHIGUCHI, T.; INAI, M.; OHKUBO, M. Proteinase inhibitor in passion fruit. **Journal of Japanese Society of Nutrition and Food Science**, v.46, n.5, p.409-415, 1993.

HENDERSON, S. M.; PERRY, R. L. **Agricultural process engineering**. Westport: The AVI Publishing, 1976. 442p.

HODGSON A. S.; KERR, L. H. Tropical fruit products. In: WALTER, R. H (ed.) **The chemistry and technology of pectin**. New York: Academic Press, 1991. p.67-86

HOLANDA, H. D. de **Obtenção de um material pectínico a partir do resíduo (casca) de maracujá amarelo**. João Pessoa, 1991. 96p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Paraíba.

IBGE. Produção agrícola municipal. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 jul. 2004.

ISSARAPIROM, G. Study of the tannin content of tea leaves. **Food**, v.20, n.3, p.173-180, 1990.

JENNER, P. Oxidative damage in neurodegenerative disease. **Lancet**, v.344, p.796-798, 1994.

JOHNSON, I. T. The biological effects of dietary fibre in the small intestine. In: SOUTHGATE, D. A. T.; WALDRON, K.; JOHNSON, I. T.; FENWICK, G. R. (eds.) **Dietary fibre: chemical and biological aspects**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1990. p.151-163.

KAKADE, M. L.; RACKIS, J. J.; McGHEE, J. E.; PUSKI, G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. **Cereal Chemistry**, v.51, p.376-382, 1974.

KRITCHEVSKY, D. Dietary fibre and lipid metabolism. **International Journal of Obesity**, v.11, p.33-43, 1987.

LARRAURI, J. A.; CEREZAL, P. Caracterización de los residuos de diferentes variedades de mango. **Alimentaria**, v. 242, p.89-91, 1993

LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. (eds.) **Produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 396p.

LIMA, D. C. de Extração da pectina do maracujá. **Coletânea do ITAL**, v.4, p.63-69, 1971/72.

- LIPITOA, S.; ROBERTSON, G. L. The enzymatic extraction of juice from yellow passion fruit pulp. **Tropical Science**, v.19, n.2, p.105-112, 1977.
- LEES, G. L.; WALL, K. M.; BEVERIDGE, T. H.; SUTTILL, N. H. Localization of condensed tannins in apple fruit peel, pulp and seeds. **Canadian Journal of Botany**, v.73, n.12, p.1897-1904, 1995.
- 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
- MACHADO, S. S.; CARDOSO, R. L.; MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S. Caracterização física e físico-química de frutos de maracujá amarelo provenientes da região de Jaguaquara, Bahia. **Magistra**, v.15, n.2, especial, p.229-233, 2003.
- MANOHAR, B.; RAMAKRISHNA, P.; RAMTEKE, R. S. Effect of pectin content on flow properties of mango pulp concentrates. **Journal of Texture Studies**, v.21, p.179-190, 1990.
- MARTINS, C. B.; GUIMARÃES, A. C. L.; PONTES, M. A. N. **Estudo tecnológico e caracterização física, físico-química e química do maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.) e seus subprodutos**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1985. 23p. (Relatório de pesquisa, 4).
- MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S. Produtos. In: LIMA, A. de A. (coord.) **O cultivo do maracujá**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. p.103-108.
- MESSINA, M. DESCHEEMAKER, K. A.; ERDMAN Jr, J. W. The role of soy in preventing and treating chronic disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.68, p.68-74, 1998
- MIETTINEM, T. A. Dietary fiber and lipids. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.45, p.1237-1242, 1987.
- NAMBISAN, B. Evaluation of the effect of various processing techniques on cyanogen content reduction in cassava. **Acta Horticulturae**, n.375, p.193-201, 1994
- NAMBISAN, B.; SUNDARESAN, S. Effect of processing on the cyanoglucosides in cassava. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.36, p.1197-1203, 1985

NORMAND, F. L.; ORY, R. L.; MOD, R. R. Binding of bile acids and trace minerals by soluble hemicelluloses of rice. **Food Technology**, v.41, n.2, p.86-90, 1987.

ONYEIKE, E. N.; ABBEY, B. W.; ANOSIKE, E. O. Kinetics of heat inactivation of trypsin inhibitors from the African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa*). **Food Chemistry**, v.40, p.9-23, 1991.

ONYEIKE, E. N.; OMUBO-DEDE, T. T. Effect of heat treatment on the proximate composition, energy values, and levels of some toxicants in African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa*) seed varieties. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.57, p.223-231, 2002.

OTAGAKI, K. K.; MATSUMOTO, H. Nutritive values and utility of passion fruit byproducts. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.6, n.1, p.64-67, 1958.

PONTES, M. A. N.; HOLANDA, L. F. F.; ORIÁ, H. F.; BARROSO, M. A. T. Estudo dos subprodutos do maracujá (*Passiflora edulis* f. flavicarpa, Degener). I – Características físico-químicas das cascas e sementes. **Boletim do CEPPA**, v.4, n.2, p.32-39, 1986.

POULTON, J. E. Cyanogenesis in plants. **Plant Physiology**, v.94, p.401-405, 1990

PROSKY, L.; DEVRIES, J. **Controlling dietary fiber in food products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 161p.

PRUTHI, J. S. Physiology, chemistry and technology of passion fruit. **Advances in Food Research**, v.12, p.203-283, 1963.

RAINBIRD, A. L.; LOW, A. G.; ZEBROWSKA, T. Effect of guar gum on glucose and water absorption from isolated loops of jejunum in conscious growing pigs. **British Journal of Nutrition**, v.52, p.489-498, 1984.

REISER, S. Metabolic effects of dietary pectins related to human health. **Food Technology**, v.41, n.2, p.91-99, 1987.

RENARD, C. M. G. C.; THIBAUT, J. F. Structure and properties of apple and sugar beet pectins extracted by chelating agents. **Carbohydrate Research**, v.244, p.99-114, 1993.

SAEED, A. R.; EL-TINAY, A. H.; KHATTAB, A. H. Viscosity of mango nectar as related to pectic substances. **Journal of Food Science**, v.40, p.203-204, 1975.

SAJJAANATAKUL, T.; VAN BUREN, J. P.; DOWNING, D. L. Effect of methyl ester content on heat degradation of chelator soluble carrot pectin. **Journal Food Science**, v.54, p.1272-1277, 1989.

SCHAUB, S. M.; LEONARD, J. J. Composting: an alternative waste management option for food processing industries. **Trends in Food Science & Technology**, v.7, p.263-268, 1996

SEALE, P. E.; SHERMAN, G. D. Commercial passion fruit processing in Hawaii. **Hawaii Agricultural Experiment Station Circular**, n.58, p.1-18, 1960.

SHERMAN, G. D.; COOK, C. K.; NICHOLS, E. **Pectin from passion fruit rinds**. Hawaii: Hawaii Agricultural Experiment Station, 1953. 4p. (Progress Notes, 92).

SJOSTROM, G.; ROSA, J. L. L. Estudos sobre as características físicas e composição química do maracujá amarelo cultivado no município de Entre Rios-BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 4, 1977. Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1977. p. 265-273.

SPENCER, K. C.; SEIGLER, D. S. Cyanogenesis of *Passiflora edulis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.31, n.4, p.794-796, 1983.

STARK, A.; MADAR, Z. Dietary fiber. In: GOLDBERG, I. (ed.) **Functional foods**. New York: Chapman & Hall, 1994. p.183-201.

STIER, E. F.; BALL, C. O.; MACLINN, W. A. Changes in pectic substances of tomatoes during storage. **Food Technology**, v.10, p.39-43, 1956.

THAKUR, B. R.; SINGH, R. K.; HANDA, A. K. Chemistry and uses of pectin – a review. **Critical reviews in Food Science and Nutrition**, v.37, n.1, p.47-73, 1997.

THASSITOU, P. K.; ARVANITOYANNIS, I. S. Bioremediation: a novel approach to food waste management. **Trends in Food Science & Technology**, v.12, p.185-196, 2001.

TOLLIER, T.; ROBIN, J. P. Adaptation de la méthode à l'orcinol-sulfurique au dosage automatique des glucides neutres totaux: conditions d'application aux extraits d'origine végétale. **Ann. Technol. Agric.**, v.28, p.1-15, 1979.

TROCK, B.; LANZA, E.; GREENWALD, P. Dietary fiber, vegetables and colon cancer: critical review and analyses of the epidemiological evidence. **Journal of National Cancer Institute**, v.82, p.650-661, 1990.

TUNÇEL, G.; NOUT, M. J. R.; BRIMER, L.; GOKTAN, D. Toxicological, nutritional and microbiological evaluation of tempe fermentation with *Rhizopus oligosporus* of

bitter and sweet apricot seeds. **International Journal of Food Microbiology**, v.11, p.337-334, 1990

VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. **Journal of the AOAC**, v.46, p.829-835, 1963.

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of the AOAC**, v.50, n.1, p.50-55, 1967.

VETTER, J. Plant cyanogenic glycosides. **Toxicon**, v.38, p.11-36, 2000.

VINIK, A. I.; JENKINS, D. J. A. Dietary fiber in management of diabetes. **Diabetes Care**, v.11, p. 160-173, 1988.

WHITTAKER, D. E. Passion fruit: agronomy, processing and marketing. **Tropical Science**, v.14, n.1, p.59-77, 1972.

WOOD, P. J.; BREATHEN, J. T.; SCOTT, F. W.; RIEDEL, D.; POSTE, L. M. Comparisons of viscous properties of oat and guar gum and the effects of these and oat bran on glycemic index. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.38, p.753-757, 1990.

WRICK, K. L.; ROBERTSON, J. B.; VAN SOEST, P. J.; LEWIS, B. A.; RIVERS, J. M.; ROE, D. A.; HACKLER, L. R. The influence of dietary fiber source on human intestinal transit and stool output. **Journal of Nutrition**, v.113, p.1464-1479, 1983.

CAPÍTULO 5

USO DE ALBEDO DE MARACUJÁ NA ELABORAÇÃO DE BARRA DE CEREAIS

Artigo a ser enviado para publicação na Revista:

Ciência e Tecnologia de Alimentos

RESUMO

O mercado de barras de cereais tem crescido bastante nos últimos anos, principalmente devido à maior preocupação dos consumidores com a saúde e dieta, aumentando a tendência do consumo de alimentos saudáveis com alto teor de fibra e baixo teor de gordura. Inicialmente, os principais ingredientes usados na formulação das barras de cereais eram os cereais, frutas e nozes, entretanto, recentemente, há uma grande diversidade de ingredientes utilizados. As fibras consistem em um importante componente das barras de cereais, proporcionando vários benefícios à saúde, e alguns resíduos vegetais, como o albedo de maracujá, possuem alto teor de fibras, inclusive solúveis, como a pectina, em sua composição. O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade do aproveitamento do albedo de maracujá em formulações de barras de cereais, buscando-se desenvolver um produto com maior teor de pectina, adequada aceitação sensorial, seguro e estável. As barras foram processadas manualmente pelo método de mistura, deposição e laminação, utilizando além de ingredientes tradicionalmente empregados neste tipo de produto, o albedo de maracujá amarelo tratado para a eliminação dos compostos cianogênicos. Os teores de albedo adicionado variaram de 0% a 20% na mistura dos ingredientes secos de flocos de aveia e flocos de arroz, representando 0% a 7,8% da composição da barra. Dez formulações foram elaboradas, conforme um planejamento experimental de misturas. As barras foram avaliadas quanto à composição centesimal, características físicas, físico-químicas e químicas, e aspectos sensoriais e microbiológicos. As barras contiveram teores aproximados de 89,0% de carboidratos, 6,0% de proteína, 4,0% de lipídeos e 1,0% de cinzas, em base seca, valores próximos aos de barras similares comercializadas no mercado brasileiro. A adição do albedo de maracujá tratado provocou um acréscimo do teor de pectina, que variou de 0,88% a 1,26%, e um aumento da resistência ao corte e da dureza do produto. Nos níveis testados, a aceitação sensorial das barras não foi alterada pela adição do albedo, com valores próximos a 7 (“gostei moderadamente”) para a maioria dos atributos avaliados. As barras adicionadas de albedo não alteraram suas características físicas, químicas, físico-químicas e sensoriais durante o armazenamento por quatro meses à temperatura ambiente. Portanto, as barras adicionadas de albedo de maracujá tiveram boa aceitação sensorial, diferença de até 43% no teor de pectina e foram seguras e estáveis durante quatro meses de armazenamento em temperatura ambiente.

Palavras-chave: *Passiflora*, resíduo, casca, processamento, aproveitamento industrial.

THE USE OF PASSION FRUIT ALBEDO IN THE ELABORATION OF A CEREAL BAR

SUMMARY

The market for cereal bars has grown considerably over the last few years, mostly due to an increasing concern by consumers with respect to health and diet, increasing the tendency to consume healthy foods with high fibre and low fat contents. Initially the main ingredients used in cereal bars were cereals, fruits and nuts, but more recently a much greater variety of ingredients has been used. Fibres represent an important component in cereal bars, offering various health benefits and some residues such as passion fruit albedo possess a high fibre content, including soluble fibres such as pectin. The objective of this study was to evaluate the viability of exploiting passion fruit albedo in cereal bar formulations, aiming at developing a product with a greater proportion of pectin, adequate sensory acceptance and also safe and stable. The bars were processed manually by the mixture methodology, deposition and lamination, including yellow passion fruit albedo, treated to eliminate its cyanogenic compounds, as one of the ingredients. The amounts of albedo added varied from 0% to 20% of the mixture of dry ingredients including oat and rice flakes. Ten formulations were elaborated, according to the experimental design for mixtures. The bars were evaluated with respect to their proximate composition, physical, physico-chemical and chemical characteristics, as well as for the sensory and microbiological aspects. The bars contained approximately 89.0% carbohydrate, 6.0% protein, 4.0% lipid and 1.0% ash on a dry weight basis, values close to those of similar bars commercialised in brazilian market. The addition of treated passion fruit albedo resulted in an increase in pectin content, which varied from 0.88% to 1.26%, and an increase in the resistance to cutting and hardness of the product. The sensory acceptance of the bars was not altered by the addition of albedo at the levels studied, showing values close to 7 ("liked moderately") for the majority of attributes evaluated. The bars with added albedo showed no alterations in their physical, chemical, physico-chemical and sensory characteristics during 4 months of storage at room temperature. Thus the bars with added albedo showed good acceptance, an increase of up to 43% in the pectin content and were safe and stable during 4 months storage at room temperature.

Key words: *Passiflora*, residue, peel, processing, industrial use.

INTRODUÇÃO

O mercado de barras de cereais tem aumentado bastante nos últimos anos (PALAZZOLO, 2003), principalmente devido à tendência de consumo de alimentos saudáveis com alto teor de fibra e baixo teor de gordura.

As barras de cereais foram introduzidas há mais de uma década como uma alternativa saudável de produto de confeitaria, ao mesmo tempo em que os consumidores demonstravam interesse em aumentar os cuidados com a saúde e a dieta (BOUSTANI; MITCHELL, 1990; BOWER; WHITTEN, 2000). Os cereais, frutas, nozes e chocolate têm sido os principais ingredientes utilizados, entretanto, vários outros ingredientes estão sendo adicionados às barras.

No início da década de 90, os principais consumidores de barras eram as pessoas atletas. Atualmente, o consumo também é feito por pessoas não atletas e observa-se a produção de barras para segmentos de mercado específicos. Barras contendo vitaminas e minerais específicos para mulheres; barras formuladas visando à saúde da próstata do homem; barras para diabéticos, que estabilizam o nível de açúcar do sangue; e barras que auxiliam no combate à osteoporose, são exemplos das novas barras produzidas para segmentos específicos (MERMELSTEIN, 2002; PALAZZOLO, 2003).

As fibras consistem em um importante componente das barras de cereais, que proporcionam benefícios à saúde devido à sua ação no metabolismo dos lipídeos e do colesterol (KRITCHEVSKY, 1987; MIETTINEN, 1987; NORMAND et al., 1987; REISER, 1987; STARK; MADAR, 1994), da glicose (REISER, 1987; VINIK; JENKINS, 1988; JOHNSON, 1990), do estrógeno (GORBACH; GOLDIN, 1992), no trânsito gastro-intestinal (WRICK et al., 1983), na absorção de metais pesados (BORYCKA; ZUCHOWSKI, 1998) e na prevenção de certos tipos de câncer, como o de intestino (OHR, 2004).

O albedo de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener) contém elevados teores de pectina (OTAGAKI; MATSUMOTO, 1958; LIMA, 1971/1972; MARTINS et al., 1985; PONTES et al., 1986; HOLANDA, 1991; MACHADO et al., 2003) e é um resíduo proveniente do consumo “in natura” e do processamento do suco, que representa 12% a 32% da fruta (WHITTAKER, 1972; LIPITOA; ROBERTSON, 1977; SJOSTROM; ROSA, 1977; MACHADO et al.,

2003). Entretanto, possui compostos cianogênicos (SPENCER; SEIGLER, 1983; CHASSAGNE et al., 1996; CHASSAGNE; CROUZET, 1998).

O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá, sendo a quase totalidade do amarelo (IBGE, 2004; LIMA; CUNHA, 2004). O principal produto elaborado pelas indústrias brasileiras é o suco (CARDOSO et al., 1999; MATSUURA; FOLEGATTI, 1999; SOUZA et al., 2002).

Estudos envolvendo o aproveitamento do albedo de maracujá têm sido realizados. Algumas pesquisas mostraram a extração e caracterização da pectina do albedo do maracujá (LIMA, 1971/1972; JAGENDRA, 1980; HOLANDA, 1991). Jagendra (1980) obteve um rendimento de 15% de pectina (em base seca), com grau de gelificação de 150 e conteúdo de metoxilação de 7,0%. Collado e outros (1989) estudaram a produção de “chutney” e doces com albedo de maracujá, sendo os doces aromatizados com suco de limão e maracujá os mais aceitos sensorialmente e o “chutney” comparável ao de manga. Lira Filho (1995) estudou a utilização da casca do maracujá amarelo na produção de geléia, obtendo produtos de boa qualidade sensorial.

Alguns trabalhos sobre o aproveitamento de outros resíduos agroindustriais também têm sido executados, como o uso de fibras da polpa de laranja (SHAFER; ZABIK, 1978; SONOGLI; MORETTO, 1995; MAGNO, 1996; CÉSPEDES, 1999; MELLO et al., 2000) e de bagaço de maçã (CHEN et al., 1988; WANG; THOMAS, 1989; CARSON et al., 1994) em produtos de panificação; de casca de melancia para a produção de picles e cristalizado (MADHURI; DEVI, 2003); de resíduos da jaca para a elaboração de bebidas (JACOB JOHN; NARASIMHAM, 1993); de casca de laranja e de tomate como espessante em produtos enlatados (SPEIRS et al., 1980); de talos de vegetais (acelga, brócolis, couve, couve-flor e espinafre) para a elaboração de sopas (COUTO et al., 2003); e de resíduos vegetais (casca de maçã e bagaço de cana, laranja, limão e uva) como fonte de carbono para a produção de ácidos e aromas (TRAN; MITCHELL, 1995; UENOJO et al., 2003).

Azlyn e outros (1989) também obtiveram barras bem aceitas sensorialmente, com alto teor de fibra, produzidas pelo emprego de farelo de trigo e milho. Clark e Johnson (2002) estudaram o enriquecimento de barras de cereais com fibra de tremoço (*Lupinus angustifolius*) e verificaram a redução da aceitação sensorial global dos produtos elaborados.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade do aproveitamento do albedo de maracujá em formulações de barras de cereais, buscando-se desenvolver um produto com maior teor de pectina, satisfatória aceitação sensorial, seguro e estável.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Nas formulações das barras, foram utilizados xarope de açúcar invertido, xarope de glicose, flocos de arroz, flocos de aveia, banana-passa, gordura vegetal e purê de banana, de marcas comerciais, e albedo de maracujá amarelo, tratado para a eliminação de compostos cianogênicos, desidratado e triturado.

As composições e algumas características do albedo de maracujá tratado, dos flocos de aveia e dos flocos de arroz, que variaram nas formulações dos diferentes tratamentos, foram determinadas.

O albedo de maracujá amarelo, utilizado na formulação das barras, foi tratado por imersão em salmoura (proporção em peso de salmoura e albedo de 15:1) por 48 horas, seguido de cozimento em pressão atmosférica por 10 minutos (proporção em peso de água e albedo de 10:1) para a eliminação dos compostos cianogênicos, conforme descrito no capítulo 3.

Métodos

Processamento das barras de cereais

O processamento das barras foi manual (Figura 1) e realizado conforme indicações apresentadas por Ridderbusch (1985) e Murphy (1995). Neste processamento, os ingredientes secos, previamente misturados, foram adicionados à mistura aquecida (próxima a 100°C) de ingredientes líquidos, também previamente misturados e concentrados em temperatura de ebulição até 89,4°Brix, e misturados durante dois minutos. A seguir, essa mistura de ingredientes secos e líquidos foi acondicionada em bandejas, prensada e laminada, com o auxílio de espátula. A bandeja foi colocada em congelador de refrigerador doméstico (-2°C) para resfriamento por seis minutos, seguindo-se o corte, com uso de utensílio com disco cortante, e o acondicionamento das barras

em embalagem laminada (poliéster 17,0 g/m², metalização 0,1 g/m², polietileno 35 g/m²). O armazenamento foi realizado em temperatura ambiente.

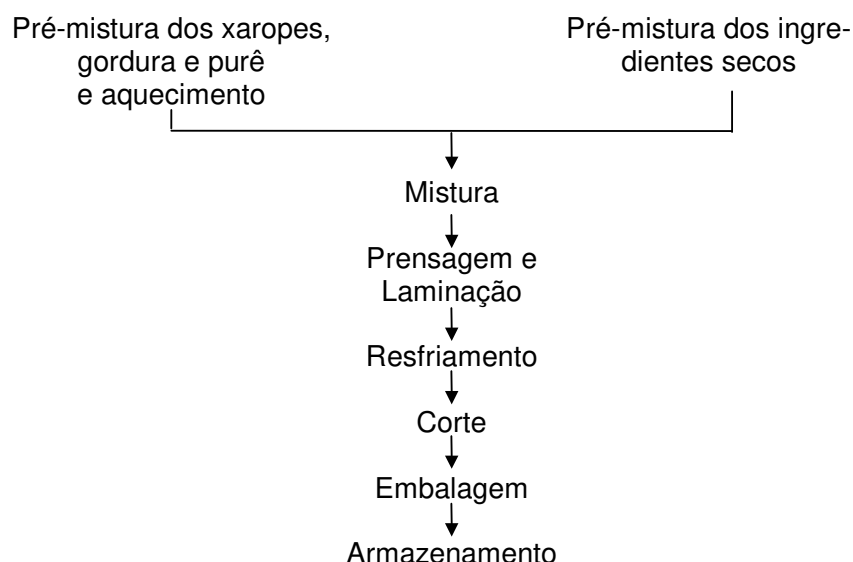


Figura 1. Fluxograma das operações de processamento das barras de cereais.

Formulações

As formulações finais foram elaboradas considerando-se uma formulação básica para o processamento (Tabela 1). Empregou-se diferentes proporções de flocos de arroz, flocos de aveia e albedo de maracujá amarelo tratado. Os teores de flocos de arroz e de aveia somados corresponderam a 83% do teor de ingredientes secos e a 39% do total de ingredientes da formulação. Substituiu-se com albedo de maracujá amarelo, no máximo, 20% dos flocos de arroz e aveia. Com isso, as barras contiveram de 0% a 7,8% de albedo de maracujá amarelo tratado, com um teor de compostos cianogênicos totais variando de 0,6 mg/kg a 3,9 mg/kg, encontrando-se dentro do limite permitido (até 10 ppm) estabelecido pela FAO/WHO (CAC, 1989) para farinha de mandioca.

Tabela 1. Formulação básica utilizada para a elaboração das barras de cereais.

Ingrediente	Teor (%)
Xarope de açúcar invertido	24,0
Xarope de glicose	24,0
Flocos de arroz	19,5
Flocos de aveia	19,5
Banana-passa	8,0
Gordura vegetal hidrogenada	3,0
Purê de banana	2,0

Delineamento experimental

As variáveis estudadas foram o teor dos ingredientes flocos de arroz, flocos de aveia e albedo de maracujá amarelo tratado usados na elaboração das barras. Nesse caso, os flocos de arroz, flocos de aveia e o albedo foram considerados componentes de uma mistura e, assim, dez tratamentos (formulações) foram definidos através de um planejamento experimental para estudo de misturas (BARROS NETO et al., 1995) e são apresentados na Tabela 2.

Análises físicas, físico-químicas e químicas

As barras elaboradas foram analisadas quanto à composição centesimal, teor de umidade, de acidez total titulável, de sólidos solúveis totais e pH (AOAC, 2000), teor de pectina (BLUMENKRANTZ; ASBOE-HANSEN, 1973; AHMED; LABAVITCH, 1977), atividade de água, usando higrômetro Aqualab, modelo CX-2 (Decagon), densidade (LESCANO, 2004) e textura instrumental, utilizando um texturômetro TA-XT2 (Stable Micro Systems) para medir a resistência ao corte, com uso de lâmina (A/LC) do conjunto Warner Bratzler (WDP/B), e a dureza, com uso de haste P4 (ONWULATA et al., 2000).

Tabela 2. Delineamento experimental para as misturas, seguindo planejamento simplex, de três componentes no processo de elaboração da barra de cereais com albedo de maracujá amarelo tratado*.

Número do experimento de mistura	Níveis codificados das variáveis independentes*			Níveis decodificados das variáveis independentes		
	X ₁	X ₂	X ₃	F arroz (%)	F aveia (%)	A maracujá (%)**
1	1	0	0	20,00	0	0
2	0	1	0	0	20,00	0
3	0	0	1	0	0	20,00
4	0,5	0,5	0	10,00	10,00	0
5	0,5	0	0,5	10,00	0	10,00
6	0	0,5	0,5	0	10,00	10,00
7	0,333	0,333	0,333	6,66	6,66	6,66
8	0,666	0,166	0,166	13,33	3,33	3,33
9	0,166	0,666	0,166	3,33	13,33	3,33
10	0,166	0,166	0,666	3,33	3,33	13,33

* Corresponde a fração do ingrediente no total (1,0) da porção da mistura avaliada.

** Albedo tratado para a eliminação de compostos cianogênicos

X₁: flocos de arroz (F arroz); X₂: flocos de aveia (F aveia); X₃: albedo de maracujá tratado (A maracujá)

Análise sensorial

As barras dos dez tratamentos elaborados foram submetidas a um teste de aceitação com 23 provadores, utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos (1 = “desgostei extremamente”; 9 = “gostei extremamente”), para a avaliação dos atributos aparência, cor, qualidade global, aroma, sabor e textura (STONE; SIDEL, 1993; LAWLESS; HEYMANN, 1999).

Os produtos também foram avaliados quanto à doçura, dureza e crocância por meio de escala do ideal estruturada de nove pontos (5 = “ideal”), e teste de intenção de compra utilizando escala estruturada de cinco pontos (1 = “certamente não compraria”; 5 = “certamente compraria”) (STONE; SIDEL, 1993; LAWLESS; HEYMANN, 1999). A ordem de apresentação das amostras, para cada provador, foi completamente balanceada (WAKELING; MACFIE, 1995).

As barras de um dos tratamentos escolhidos pela análise sensorial foram submetidas à avaliação da estabilidade por teste de aceitação sensorial com 30 provadores, utilizando escala hedônica estruturada de 9 pontos, por quatro meses.

Análises microbiológicas

As barras foram analisadas quanto à contagem total de mesófilas, bolores e leveduras e coliformes fecais durante a avaliação da estabilidade do produto (SPECK, 1984).

Análises estatísticas

Os resultados das análises físicas, físico-químicas, químicas e sensoriais das barras foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey para a comparação das médias dos tratamentos (GOMES, 1987).

Os resultados de pectina, textura instrumental e aceitação sensorial dos dez tratamentos das barras foram submetidos a uma análise de regressão, calculando-se inicialmente uma equação polinomial, avaliando-se sua falta de ajuste e a significância de cada parâmetro. Um modelo preditivo foi ajustado considerando-se apenas os parâmetros com $p \leq 0,05$ e gráficos ternários de contorno foram traçados (BARROS NETO et al., 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As composições e algumas características do albedo de maracujá tratado, dos flocos de aveia e dos flocos de arroz, que variaram nas formulações dos diferentes tratamentos, estão apresentados na Tabela 3. O albedo de maracujá amarelo tratado conteve 10,4% de pectina (em base seca), 0,1% de taninos, 0,9 unidades de tripsina inibida/mg e 49,6 mg/kg de compostos cianogênicos totais (43,6 mg/kg de glicosídeos cianogênicos e 6,0 mg/kg de compostos cianogênicos não glicosídicos).

Tabela 3. Composição e características do albedo de maracujá amarelo tratado*, flocos de aveia e flocos de arroz utilizados nas misturas para a elaboração das barras de cereais.

Item	Albedo de maracujá amarelo tratado	Flocos de aveia	Flocos de arroz
Umidade (%)	3,8	10,3	2,5
Proteínas (%)	3,6	12,2	8,0
Lipídeos (%)	0,8	8,8	0,0
Carboidratos (%)	89,0	66,9	88,0
Fibra alimentar total (%)	71,1	9,4	1,0
Cinzas (%)	2,7	1,8	0,5
Granulometria (mm)	0,36	---	3,00
Espessura (mm)	---	0,78	---
Densidade (g/mL)	0,81	0,39	0,17

* Albedo tratado para a eliminação de compostos cianogênicos por imersão em salmoura (proporção de salmoura e albedo de 1:15) por 48 horas, seguido de cozimento, conforme o capítulo 3.

As barras possuíam teores aproximados de 89,0% de carboidratos, 6,0% de proteína, 4,0% de lipídeos e 1,0% de cinzas, em base seca (Tabela 4), próximos aos teores das barras comercializadas no Brasil contendo os mesmos ingredientes.

Os teores de proteínas, lipídeos, carboidratos e cinzas das barras variaram significativamente ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 4), devido à diferença de composição dos ingredientes (Tabela 3), entretanto essas diferenças foram pequenas. A adição do maior teor (igual ou superior a 10,0%) de albedo de maracujá amarelo tratado resultou em barras com maior teor de carboidratos, similar às barras adicionadas de 20% de flocos de arroz, e menor quantidade de proteína. As barras elaboradas com maior proporção de albedo de maracujá amarelo ou flocos de arroz tiveram menor conteúdo de lipídeos.

Tabela 4. Composição centesimal das barras de cereais com albedo de maracujá amarelo tratado* (em base seca).

Número do experimento de mistura	Níveis das variáveis independentes			Variáveis dependentes (resposta)			
	<i>F</i> arroz (%)	<i>F</i> aveia (%)	<i>A</i> maracujá (%)	Proteínas (%)	Lipídeos (%)	Carboidratos (%)	Cinzas (%)
1	20,00	0	0	6,1 bc	3,6 c	89,6 ab	0,73 d
2	0	20,00	0	6,9 a	4,4 a	87,9 d	0,74 d
3	0	0	20,00	5,2 d	3,8 bc	90,1 a	0,94 ab
4	10,00	10,00	0	6,3 ab	4,1 abc	88,6 c	0,91 bc
5	10,00	0	10,00	5,2 d	3,8 bc	90,1 a	0,82 cd
6	0	10,00	10,00	5,5 cd	3,9 b	89,6 ab	1,02 a
7	6,66	6,66	6,66	6,3 b	4,1 abc	88,7 c	0,97 ab
8	13,33	3,33	3,33	6,2 b	3,6 c	89,2 bc	1,02 a
9	3,33	13,33	3,33	6,3 ab	4,0 abc	88,8 c	0,82 cd
10	3,33	3,33	13,33	5,6 cd	3,6 c	89,9 a	0,94 ab

Média de três repetições

* Albedo tratado para a eliminação de compostos cianogênicos

F arroz: flocos de arroz; F aveia: flocos de aveia; A maracujá: albedo de maracujá tratado

Tratamentos seguidos de letras diferentes, na coluna, diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$).

O conteúdo de pectina das barras diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 5), com valores variando de 0,88% a 1,26%, representando uma diferença relativa considerável de 43,2%. A adição de 20,0% de albedo de maracujá amarelo tratado às barras mostrou o aumento da quantidade de pectina em relação às barras com o mesmo teor adicionado de flocos de aveia ou flocos de arroz.

Na análise de variância do modelo de regressão elaborado a partir dos resultados do teor de pectina das barras, verificou-se que o modelo ajustado foi significativo ($p \leq 0,05$), com F calculado (F_c) = 6,98 e F tabelado (F_t) = 4,74, entretanto apresentou baixo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,6661$) e falta de ajuste.

Tabela 5. Teor de pectina das barras de cereais com albedo de maracujá amarelo tratado*.

Número do experimento de mistura	Níveis das variáveis independentes			Variável dependente (resposta)
	F arroz (%)	F aveia (%)	A maracujá (%)	Pectina (%)
1	20,00	0	0	0,99 bcde
2	0	20,00	0	0,88 e
3	0	0	20,00	1,26 a
4	10,00	10,00	0	1,06 abcde
5	10,00	0	10,00	1,17 abc
6	0	10,00	10,00	0,97 cde
7	6,66	6,66	6,66	0,96 de
8	13,33	3,33	3,33	0,99 bcde
9	3,33	13,33	3,33	1,06 abcde
10	3,33	3,33	13,33	1,19 ab

Média de três repetições

* Albedo tratado para a eliminação de compostos cianogênicos

F arroz: flocos de arroz; F aveia: flocos de aveia; A maracujá: albedo de maracujá tratado

Variáveis resposta: resultados em base úmida. Barras com umidade próximas a 8,0%.

Tratamentos seguidos de letras diferentes, na coluna, diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$).

Os teores de umidade, sólidos solúveis totais (SST), pH e acidez total titulável (ATT) dos tratamentos das barras não diferiram significativamente ($p > 0,05$) entre si (Tabela 6). Os teores de umidade das barras processadas foram baixos, próximos a 8,0%, com atividades de água de 0,47. Os valores de SST das barras foram próximos a 56,0°Brix. O pH, próximo a 6,28, e a ATT, próximo a 0,08%, mostraram a baixa acidez dos produtos elaborados.

A densidade das barras variou significativamente ($p \leq 0,05$) de acordo com a formulação utilizada (Tabela 6). Confirmou-se que as barras elaboradas com maior quantidade de albedo de maracujá amarelo tiveram as maiores densidades. Da mesma forma, barras elaboradas com maior proporção de flocos de aveia tiveram maior densidade em relação às barras com maior proporção de flocos de arroz.

Tabela 6. Características físicas, físico-químicas e químicas das barras de cereais com albedo de maracujá amarelo tratado*.

Número do experimento de mistura	Níveis das variáveis independentes			Variáveis dependentes (resposta)				
	F arroz (%)	F aveia (%)	A maracujá (%)	Umidade (%)	SST (°Brix)	pH	ATT (%)	Densidade (g/cm³)
1	20,00	0	0	7,6 a	56,1 a	6,28 a	0,09 a	0,62 e
2	0	20,00	0	7,6 a	56,5 a	6,32 a	0,09 a	0,71 bc
3	0	0	20,00	7,7 a	55,7 a	6,26 a	0,08 a	0,81 a
4	10,00	10,00	0	8,2 a	56,8 a	6,23 a	0,09 a	0,66 cde
5	10,00	0	10,00	8,1 a	56,5 a	6,25 a	0,08 a	0,68 cd
6	0	10,00	10,00	7,6 a	56,5 a	6,27 a	0,08 a	0,75 b
7	6,66	6,66	6,66	8,0 a	54,6 a	6,31 a	0,09 a	0,65 cde
8	13,33	3,33	3,33	8,2 a	55,4 a	6,29 a	0,09 a	0,63 de
9	3,33	13,33	3,33	8,2 a	56,5 a	6,33 a	0,08 a	0,69 c
10	3,33	3,33	13,33	7,6 a	56,1 a	6,32 a	0,08 a	0,75 b

Média de três repetições

* Albedo tratado para a eliminação de compostos cianogênicos

F arroz: flocos de arroz; F aveia: flocos de aveia; A maracujá: albedo de maracujá tratado

SST: sólidos solúveis totais; ATT: acidez total titulável (expressa em % de ácido cítrico)

Tratamentos seguidos de letras diferentes, na coluna, diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$).

Os valores de textura instrumental, de resistência ao corte e de dureza das barras apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 7). As barras elaboradas com 20,0% de flocos de arroz mostraram valores de resistência ao corte e dureza consideravelmente menores. A adição do albedo de maracujá amarelo ou dos flocos de aveia influenciou no aumento da resistência ao corte e da dureza das barras. As barras formuladas com teores superiores a 10,0% de albedo de maracujá amarelo com flocos de aveia tiveram valores de resistência ao corte e dureza bastante elevados. Grigelmo-Miguel e outros (1997) também observaram aumento da dureza de muffins adicionados de fibra de pêssego.

Tabela 7. Propriedades da textura das barras de cereais com albedo de maracujá amarelo tratado*.

Número do experimento de mistura	Níveis das variáveis independentes			Variáveis dependentes (resposta)	
	F arroz (%)	F aveia (%)	A maracujá (%)	Resistência ao corte ¹ (g)	Dureza ² (g)
1	20,00	0	0	3441,9 d	1064,9 d
2	0	20,00	0	5235,4 b	1579,5 bcd
3	0	0	20,00	6197,0 ab	2027,7 ab
4	10,00	10,00	0	4010,6 cd	1255,7 cd
5	10,00	0	10,00	4933,0 bc	1785,7 abc
6	0	10,00	10,00	6763,1 a	2267,8 a
7	6,66	6,66	6,66	4775,8 bc	1542,6 bcd
8	13,33	3,33	3,33	4399,4 bcd	1507,5 bcd
9	3,33	13,33	3,33	4714,5 bc	1842,5 ab
10	3,33	3,33	13,33	6479,1 a	2138,7 a

Média de 10 repetições

* Albedo tratado para a eliminação de compostos cianogênicos

F arroz: flocos de arroz; F aveia: flocos de aveia; A maracujá: albedo de maracujá tratado

Medido em texturômetro TA-XT2 (Texture Stable Systems):

¹ Com uso de lâmina (A/LC) do conjunto Warner Bratzler (WDP/B)

² Com uso de haste P4 e medindo o pico da força de penetração

Tratamentos seguidos de letras diferentes, na coluna, diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$).

Na análise de variância dos modelos de regressão elaborados a partir dos resultados obtidos da análise da textura instrumental, verificou-se que o modelo ajustado da resistência ao corte ($F_c = 18,96$ e $F_t = 4,74$) e o completo da dureza ($F_c = 8,99$ e $F_t = 8,94$) foram significativos ($p \leq 0,05$). Entretanto, o modelo da resistência ao corte não apresentou elevado R^2 (0,8442) e o da dureza não possuiu alta significância e mostrou falta de ajuste.

Quanto à avaliação sensorial, as dez formulações de barra não apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) em todos os atributos avaliados (Tabela 8). O atributo de sabor obteve valores próximos a 7 (“gostei moderadamente”) e 8 (“gostei muito”); aparência, qualidade global e aroma, próximos a 7; e cor e textura, próximos a 6 (“gostei ligeiramente”) e 7, demonstrando satisfatória aceitação sensorial das barras, inclusive das adicionadas de albedo de maracujá amarelo tratado.

Os valores médios da doçura, dureza e crocância de todas as barras foram avaliados como próximos ao ideal (5) pelos provadores. Assim, observou-se que a

adição dos pequenos grânulos de albedo de maracujá amarelo tratado praticamente insípidos, firmes e de cor amarelo claro, até os níveis estudados, não alteraram os atributos sensoriais das barras. Da mesma forma, as características sensoriais dos alimentos adicionados de fibras das vesículas residuais da extração do suco de laranja também não são alteradas (STEGGER, 1991); muffins adicionados de até 10% de fibra de pêssego tiveram aceitação sensorial semelhante ao do controle (GRIGELMO-MIGUEL et al., 1997) e bolos (WANG; THOMAS, 1989; CARSON et al., 1994) e muffins (WANG; THOMAS, 1989) acrescidos de bagaço de maçã também apresentaram boa avaliação sensorial.

As intenções de compra das barras, que também não apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as formulações, foram próximas a 4 (“possivelmente compraria”), também mostrando a boa aceitação das barras acrescidas do albedo de maracujá amarelo tratado (Tabela 8).

Tabela 8. Avaliação dos atributos sensoriais¹ e da intenção de compra² das barras de cereais com albedo de maracujá amarelo tratado*.

N.	Níveis das variáveis independentes			Variáveis dependentes (resposta)									
	F arroz (%)	F aveia (%)	A maracujá (%)	Apar	Cor	QG	Aroma	Sabor	Tex	Doç	Dur	Croc	IC
1	20,00	0	0	6,8 a	6,5 a	7,2 a	7,0 a	7,3 a	7,1 a	5,2 a	5,3 a	4,9 a	4,3 a
2	0	20,00	0	7,5 a	7,3 a	7,5 a	7,3 a	7,6 a	7,1 a	5,4 a	4,9 a	4,5 a	4,4 a
3	0	0	20,00	7,1 a	6,9 a	7,0 a	7,1 a	7,1 a	6,3 a	5,2 a	5,6 a	4,7 a	3,8 a
4	10,00	10,00	0	7,1 a	6,6 a	7,0 a	7,0 a	7,5 a	7,0 a	5,4 a	5,2 a	4,7 a	4,1 a
5	10,00	0	10,00	7,5 a	7,2 a	7,3 a	7,0 a	7,6 a	7,1 a	5,4 a	4,8 a	4,8 a	4,4 a
6	0	10,00	10,00	6,9 a	6,4 a	6,8 a	6,9 a	7,1 a	6,4 a	5,3 a	5,5 a	4,6 a	4,0 a
7	6,66	6,66	6,66	6,7 a	6,4 a	6,6 a	6,9 a	6,8 a	6,3 a	4,8 a	5,1 a	4,7 a	3,9 a
8	13,33	3,33	3,33	7,1 a	6,7 a	6,9 a	7,1 a	7,3 a	6,6 a	5,4 a	5,1 a	4,8 a	4,2 a
9	3,33	13,33	3,33	7,3 a	7,0 a	7,2 a	7,0 a	7,3 a	7,0 a	5,5 a	5,2 a	4,5 a	4,1 a
10	3,33	3,33	13,33	7,1 a	6,9 a	7,1 a	7,1 a	6,9 a	6,5 a	5,3 a	5,2 a	4,6 a	3,9 a

Média de 23 provadores

* Albedo tratado para a eliminação de compostos cianogênicos

¹ Escala hedônica de 9 pontos (extremos - 1: desgostei extremamente, 9: gostei extremamente)

² Escala estruturada de 5 pontos (extremos - 1: certamente não compraria, 5: certamente compraria)

N.: número do experimento da mistura; F arroz: flocos de arroz; F aveia: flocos de aveia; A maracujá: albedo de maracujá tratado

Apar: aparência; QG: qualidade global; Tex: textura; Doç: doçura; Dur: dureza; Croc: crocância; IC: intenção de compra
Tratamentos seguidos de letras iguais, na coluna, não diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$).

Na análise de variância dos modelos de regressão elaborados a partir dos atributos sensoriais avaliados, verificou-se que os modelos ajustados da aparência (Fc = 0,52, Ft = 4,74), cor (Fc = 0,45, Ft = 4,74), aroma (Fc = 0,46, Ft = 4,74), sabor (Fc = 4,31, Ft = 4,76), textura (Fc = 3,40, Ft = 4,74) e doçura (Fc = 0,34, Ft = 4,74) não foram significativos ($p > 0,05$) e o da crocância apresentou falta de ajuste.

Com relação à intenção de compra, obteve-se um modelo de regressão cúbico especial completo significativo ($p \leq 0,05$), com R^2 elevado (0,9713), e F calculado (Fc) igual a 16,92. Eliminando-se os coeficientes não significativos, o modelo ajustado, cúbico especial, mostrou ligeira diminuição do R^2 (0,9640), sem falta de ajuste e Fc = 21,47 (3,4 vezes maior que o Ft = 6,26). Entretanto, o modelo não se mostrou altamente significativo, não permitindo o uso das equações para fins preditivos, mas possibilitando analisar a tendência da resposta na região estudada (BARROS NETO et al., 1995).

O modelo ajustado para a intenção de compra foi:

$$\text{Intenção de compra} = 4,32(X_1) + 4,45(X_2) + 3,76(X_3) - 1,07(X_1X_2) + 1,42(X_1X_3) - 7,65(X_1X_2X_3)$$

onde X_1 é a fração (0 a 1) de flocos de arroz na mistura, X_2 é a fração (0 a 1) de flocos de aveia na mistura e X_3 é a fração (0 a 1) de albedo de maracujá tratado na mistura. A Figura 2 apresenta o gráfico ternário de contorno do modelo.

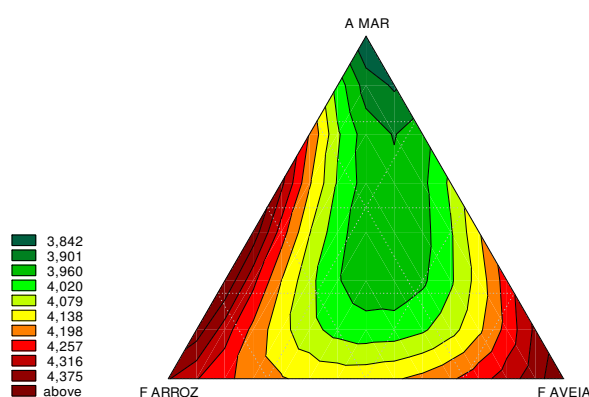


Figura 2. Gráfico ternário de contorno das variáveis flocos de arroz (F ARROZ), flocos de aveia (F AVEIA) e albedo de maracujá tratado (A MAR) em relação à intenção de compra das barras elaboradas. Escala estruturada de cinco pontos (1 = certamente não compraria, 5 = certamente compraria).

Com relação à dureza, obteve-se um modelo de regressão cúbico especial completo significativo ($p \leq 0,05$), com R^2 elevado (0,9889), e $F_c = 44,68$. Eliminando-se os coeficientes não significativos, o modelo ajustado, quadrático, mostrou ligeira diminuição do R^2 (0,9726), sem falta de ajuste e $F_c = 44,43$ (8,6 vezes maior que o $F_t = 5,19$).

O modelo ajustado para a dureza foi:

$$Dureza = 5,35(X_1) + 4,95(X_2) + 5,58(X_3) - 2,65(X_1X_3) + 0,95(X_2X_3)$$

onde X_1 é a fração (0 a 1) de flocos de arroz na mistura, X_2 é a fração (0 a 1) de flocos de aveia na mistura e X_3 é a fração (0 a 1) de albedo de maracujá tratado, desidratado e triturado na mistura. A Figura 3 apresenta o gráfico ternário de contorno do modelo.

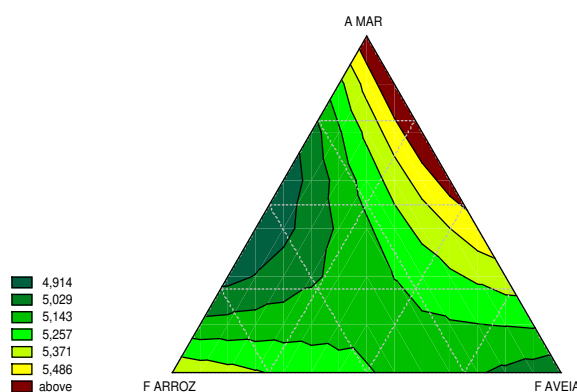


Figura 3. Gráfico ternário de contorno das variáveis flocos de arroz (F ARROZ), flocos de aveia (F AVEIA) e albedo de maracujá tratado (A MAR) em relação à dureza das barras elaboradas. Escala do ideal estruturada de nove pontos (1= extremamente menor que o ideal, 5 = ideal, 9 = extremamente maior que o ideal).

Na avaliação da estabilidade do produto, as barras de cereais do tratamento 5 mantiveram suas características físicas, físico-químicas e químicas iniciais durante os quatro meses de armazenamento à temperatura ambiente, não ocorrendo variações no teor de umidade, atividade de água, teor de sólidos

solúveis totais, pH e acidez total titulável do produto (Tabela 9). As análises microbiológicas das barras apresentaram valores estáveis durante o período de armazenamento (Tabela 10), com a contagem de coliformes fecais dentro dos limites permitidos pela legislação para o produto (BRASIL, 2001).

A avaliação sensorial das barras mostrou que não existiram diferenças significativas ($p>0,05$) em todos os atributos avaliados durante o armazenamento (Tabela 11). Todos os atributos sensoriais receberam valores próximos a 7 (“gostei moderadamente”) e a intenção de compra também manteve-se semelhante, com valores próximos a 4 (“possivelmente compraria”), em todos os períodos.

Tabela 9. Análises físicas, químicas e físico-químicas das barras de cereais com albedo de maracujá tratado* durante o armazenamento**.

Análise	Tempo de armazenamento (meses)		
	0	2	4
Umidade (%)	6,6 a	6,5 a	6,5 a
Aw ¹	0,46 a	0,44 a	0,44 a
SST ² (°Brix)	63,8 a	63,8 a	63,6 a
pH	6,33 a	6,29 a	6,25 a
Acidez total titulável (%) ³	0,08 a	0,08 a	0,09 a

* Albedo tratado para a eliminação de compostos cianogênicos

** Armazenamento em temperatura ambiente

¹ Aw: atividade de água; ² SST: sólidos solúveis totais; ³ Expressa em ácido cítrico

Tratamentos seguidos de letras diferentes, na linha, diferiram significativamente entre si ($p\leq 0,05$).

Tabela 10. Análises microbiológicas das barras de cereais com albedo de maracujá tratado* durante o armazenamento**.

Análise	Tempo de armazenamento (meses)		
	0	2	4
Contagem total*** (UFC / g)	$2,9 \times 10^3$	$2,3 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$
Bolores e leveduras (UFC / g)	0	0	0
Coliformes fecais (NMP / g)	0	0	0

* Albedo tratado para a eliminação de compostos cianogênicos

** Armazenamento em temperatura ambiente

*** Bactérias mesófilas

UFC: unidades formadoras de colônias, NMP: número mais provável

Tabela 11. Avaliação sensorial e de intenção de compra das barras de cereais com albedo de maracujá tratado* durante o armazenamento**.

Atributo	Tempo de armazenamento (meses)		
	0	2	4
Aparência	7,7 a	7,6 a	7,6 a
Cor	6,9 a	6,9 a	7,0 a
Qualidade global	7,1 a	7,4 a	7,3 a
Aroma	6,9 a	6,9 a	7,0 a
Sabor	7,0 a	7,4 a	7,5 a
Textura	6,5 a	7,0 a	6,9 a
Intenção de compra	3,7 a	3,9 a	4,1 a

* Albedo tratado para a eliminação de compostos cianogênicos

** Armazenamento em temperatura ambiente

Tratamentos seguidos de letras iguais, na linha, não diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$).

CONCLUSÕES

- A adição de até 7,8% de albedo tratado na quantidade total da formulação das barras não alterou sua aceitação sensorial.
- O albedo tratado aumentou o teor de pectina das barras, com diferença de conteúdo de até 43%.
- As barras adicionadas de albedo de maracujá amarelo (tratamento 5) mostraram-se estáveis durante quatro meses de armazenamento à temperatura ambiente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro para a realização deste estudo, como auxílio à pesquisa, e às colaborações da Sra. Liza Rivatto, da empresa SL Cereais e Alimentos, da Sra. Andréa Cunha, da empresa Corn Products, do Sr. Marcelo Martins, da empresa Dulcini, do Sr. Anderson Lima, da empresa Bunge Alimentos, da Sra. Ana Rozza, da empresa Duas Rodas Industrial, pelas doações dos flocos de aveia, xarope de glicose, xarope de açúcar invertido, gordura vegetal

hidrogenada e purê de banana, respectivamente, e da Profa. Lígia R. R. Santana, pelo auxílio na realização da análise sensorial dos produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 17.ed. Arlington: AOAC, 2000.

AHMED, A. R.; LAVAVITCH, J. M. A simplified method for accurate determination of cell wall uronide content. **Journal of Food Biochemistry**, v.1, p.361-365, 1977.

AZLYN, K.L.; TOMA, R.B.; KOVAL, J.E.; CHRISTOPHER, S. Formulation and sensory evaluation of a low calorie fiber bar. **Journal of Food Science**, v.54, n.3, p.727-729, 1989.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1995. 299p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº12, de 02 jan. de 2001. Disponível em: <www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 29 nov. 2004.

BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, v.54, p.484-489, 1973.

BORYCKA, B.; ZUCHOWSKI, J. Metal sorption capacity of fibre preparations from fruit pomace. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v.7/48, n.1, p.67-76, 1998.

BOUSTANI, P.; MITCHELL, V. W. Cereal bars: a perceptual, chemical and sensory analysis. **British Food Journal**, v.92, n.5, p.17-22, 1990.

BOWER, J. A.; WHITTEN, R. Sensory characteristics and consumer liking for cereal bar snack foods. **Journal of Sensorial Studies**, v.15, n.3, p.327-345, 2000.

CARDOSO, C. E. L.; SOUZA, J. S.; LIMA, A. A.; COELHO, E. F. Aspectos econômicos. In: LIMA, A. A. (ed.) **O cultivo do maracujá**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 1999. p.109-117.

CARSON, K. J.; COLLINS, J. L.; PENFIELD, M. P. Unrefined, dried apple pomace as a potential food ingredient. **Journal of Food Science**, v.59, n.6, p.1213-1215, 1994.

CÉSPEDES, M. A. L. **Otimização do processo de extrusão da polpa de laranja: modificação das propriedades funcionais e sua aplicação como fonte de fibra alimentar**. Campinas, 1999. 163p. Dissertação (doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

CHASSAGNE, D.; CROUZET, J. A cyanogenic glycoside from *Passiflora edulis* fruits. **Phytochemistry**, v.49, n.3, p.757-759, 1998

CHASSAGNE, D.; CROUZET, J. C.; BAYONOVE, C. L.; BAUMES, R. L. Identification and quantification of passion fruit cyanogenic glycosides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, n.12, p.3817-3820, 1996.

CHEN, H.; RUBENTHALER, G. L.; LEUNG, H.; BARANOWSKI, J. D. Chemical, physical and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. **Cereal Chemistry**, v.65, n.3, p.244-247, 1988.

CLARK, R.; JOHNSON, S. Sensory acceptability of foods with added lupin (*Lupinus angustifolius*) kernel fiber using pre-set criteria. **Journal of Food Science**, v.67, n.1, p.356-362, 2002.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION (CAC). **Report of the Eighth Session of the Codex Coordinating Committee for Africa**. Cairo: FAO/WHO, 1988

COLLADO, L.S.; LIM, M.; MABESA, L. B. Food production from passion fruit (*Passiflora* sp.) rind. **Philippine Technology Journal**, v.14, n.1-2, p.65-70, 1989.

COUTO, S. M.; DERIVI, S. C. N.; MENDEZ, M. H. M. Utilização tecnológica de subprodutos da indústria de vegetais. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 5, 2003. Campinas. **Resumos...** Campinas: Unicamp, 2003. 1 CD.

GOMES, F. P. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. 3.ed. Piracicaba: Potafos, 1987, 162p.

GORBACH, S. L.; GOLDIN, B. R. Nutrition and the gastrointestinal microflora. **Nutritional Reviews**, v.50, p.378-381, 1992.

GRIGELMO-MIGUEL, N.; MÓNICO-PIFARRÉ, A.; MARTIN-BELLOSO, O. Quality aspects of reduced-calorie and high-fruit-dietary-fiber muffins. In: INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS ANNUAL MEETING. **Abstracts...**, Chicago: IFT, 1997. p.74

HOLANDA, H. D. de **Obtenção de um material pectínico a partir do resíduo (casca) de maracujá amarelo**. João Pessoa, 1991. 96p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Paraíba.

IBGE. Produção agrícola municipal. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 jul. 2004.

JACOB JOHN, P.; NARASIMHAM, P. Processing and evaluation of carbonated beverage from jackfruit waste (*Artocarpus heterophyllus*). **Journal of Processing and Preservation**, v.16, p.373-380, 1993

JAGENDRA, P. Pectin and oil from passion fruit waste. **Fiji Agricultural Journal**, v.42, n.1, p.45-48, 1980.

JOHNSON, I. T. The biological effects of dietary fibre in the small intestine. In: SOUTHGATE, D. A. T.; WALDRON, K.; JOHNSON, I. T.; FENWICK, G. R. (eds.) **Dietary fibre: chemical and biological aspects**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1990. p.151-163.

KRITCHEVSKY, D. Dietary fibre and lipid metabolism. **International Journal of Obesity**, v.11, p.33-43, 1987.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: principles and practices**. Gaithersburg: Aspen Publishers, 1999. 827p.

LESCANO, C. A. A. **Estudo da secagem e caracterização das partículas de okara produzidas em um secador de tambor rotativo**. Campinas, 2004. 102p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP.

LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. (eds.) **Produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 396p.

LIMA, D. C. de Extração da pectina do maracujá. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v.4, p.63-69, 1971/72.

LIPITOA, S.; ROBERTSON, G. L. The enzymatic extraction of juice from yellow passion fruit pulp. **Tropical Science**, v.19, n.2, p.105-112, 1977.

LIRA FILHO, J. F. de **Utilização da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Degener) na produção de geléia**. Campinas, 1995. 132p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

MACHADO, S. S.; CARDOSO, R. L.; MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S. Caracterização física e físico-química de frutos de maracujá amarelo

provenientes da região de Jaguaquara, Bahia. **Magistra**, v.15, n.2, especial, p.229-233, 2003.

MADHURI, P.; DEVI, K. Value addition to watermelon fruit waste. **Journal of Food Science and Technology**, v.40, n.2, p.222-224, 2003

MAGNO, C. de P. R. S. **Efeito da adição da polpa de laranja nas características reológicas da massa e na qualidade tecnológica do pão**. Campinas, 1996. 126p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

MARTINS, C. B.; GUIMARÃES, A. C. L.; PONTES, M. A. N. **Estudo tecnológico e caracterização física, físico-química e química do maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.) e seus subprodutos**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1985. 23p. (Relatório de pesquisa, 4).

MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S. Produtos. In: LIMA, A. de A. (coord.) **O cultivo do maracujá**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. p.103-108.

MELLO, E. T. Aproveitamento da casca da banana nanica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17, 2000. Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000, v.1, p.11.115.

MERMELSTEIN, N. H. Developing foods to meet the needs of women. **Food Technology**, v.56, n.1, p.40, 42-45, 55, 2002.

MIETTINEM, T. A. Dietary fiber and lipids. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.45, p.1237-1242, 1987.

MURPHY, P. Countlines and cereal bar. In: JACKSON, E. B. (ed.) **Sugar confectionery manufacture**. London: Blackie Academic & Professional, 1995. p.287-297

NORMAND, F. L.; ORY, R. L.; MOD, R. R. Binding of bile acids and trace minerals by soluble hemicelluloses of rice. **Food Technology**, v.41, n.2, p.86-90, 1987.

OHR, L. M. Fortifying with fiber. **Food Technology**, v.58, n.2, p.71-75, 2004.

ONWULATA, C. I.; KONSTANCE, R. P.; STRANGE, E. D.; SMITH, P. W.; HOLSINGER, V. H. High-fiber snacks extruded from triticale and wheat formulations. **Cereal Foods World**, v.45, n.10, 2000.

OTAGAKI, K. K.; MATSUMOTO, H. Nutritive values and utility of passion fruit byproducts. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.6, n.1, p.64-67, 1958.

PALAZZOLO, G. Cereal bars: they're not just for breakfast anymore. **Cereal Foods World**, v.48, n.2, p.70-72, 2003.

PONTES, M. A. N.; HOLANDA, L. F. F.; ORIÁ, H. F.; BARROSO, M. A. T. Estudo dos subprodutos do maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Degener). I – Características físico-químicas das cascas e sementes. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v.4, n.2, p.32-39, 1986.

PRUTHI, J. S. Physiology, chemistry and technology of passion fruit. **Advances in Food Research**, v.12, p.203-283, 1963.

REISER, S. Metabolic effects of dietary pectins related to human health. **Food Technology**, v.41, n.2, p.91-99, 1987.

RIDDERBUSCH, G. Forming of coated and uncoated cereal bars. **Confectionery Production**, v.51, n.12, p.686-690, 1985.

SHAFER, M. A.; ZABIK, M. E. Dietary fiber sources for baked products: comparison of wheat bran and other cereal brans in layer cake. **Journal of Food Science**, v.45, n.3, p.375, 1978.

SJOSTROM, G.; ROSA, J. L. L. Estudos sobre as características físicas e composição química do maracujá amarelo cultivado no município de Entre Rios-BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 4, 1977. Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1977. p. 265-273.

SONOGLI, M.; MORETTO, E. Aproveitamento de casca de banana (*Musa cavendishii* L.) como farinha para panificação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ANALISTAS DE ALIMENTOS, 9, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ALIMENTOS, 1, 1995. João Pessoa. **Resumos...** João Pessoa. Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1995. p.11.

SOUZA, J.S. da; CARDOSO, C.E.L.; FOLEGATTI, M.I.S.; MATSUURA, F.C.A.U. Mercado mundial. In: MATSUURA, F.C.A.U.; FOLEGATTI, M.I.S. **Maracujá: Pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p.9-12.

SPECK, M. L. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington: APHA, 1984. 914p.

SPEIRS, C. I.; BLACKWOOD, G. C.; MITCHELL, J. R. Potential use of fruit waste containing in vivo de-esterified pectin as a thickener in canned products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.31, p.1287-1294, 1980

SPENCER, K. C.; SEIGLER, D. S. Cyanogenesis of *Passiflora edulis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.31, n.4, p.794-796, 1983.

STARK, A.; MADAR, Z. Dietary fiber. In: GOLDBERG, I. (ed.) **Functional foods**. New York: Chapman & Hall, 1994. p.183-201.

STEGER, E. Physiochemical properties of citrus fiber and potential use. In: INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS ANNUAL MEETING. **Abstracts...**, Anaheim: IFT, 1991. p.214

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. San Diego: Academic Press, 1993. 338p.

TRAN, C. T.; MITCHELL, D. A. Pineapple waste – a novel substrate for citric acid production by solid-state fermentation. **Biotechnology Letters**, v.17, n.10, p.1107-1110, 1995

UENOJO, M.; PASTORE, G. M. Utilização de resíduos de processamento de agroindústrias para a produção de aromas frutais. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 5, 2003. Campinas. **Resumos...** Campinas: Unicamp, 2003. 1 CD

VINIK, A. I.; JENKINS, D. J. A. Dietary fiber in management of diabetes. **Diabetes Care**, v.11, p. 160-173, 1988.

WAKELING, I. N.; MACFIE, H. J. H. Designing consumer trials balanced for first and higher orders of carry-over effect when only a subset of k samples from t may be tested. **Food Quality and Preference**, v.6, p.299-308, 1995.

WANG, H. J.; THOMAS, R. L. Direct use of apple pomace in bakery products. **Journal Food Science**, v.54, n.3, p.618-620, 639, 1989.

WHITTAKER, D. E. Passion fruit: agronomy, processing and marketing. **Tropical Science**, v.14, n.1, p.59-77, 1972.

WRICK, K. L.; ROBERTSON, J. B.; VAN SOEST, P. J.; LEWIS, B. A.; RIVERS, J. M.; ROE, D. A.; HACKLER, L. R. The influence of dietary fiber source on human intestinal transit and stool output. **Journal of Nutrition**, v.113, p.1464-1479, 1983.

CONCLUSÕES GERAIS

Este trabalho resultou em cinco capítulos sobre o albedo de maracujá amarelo, que abordaram uma revisão bibliográfica (capítulo 1); a eliminação de seus compostos cianogênicos (capítulo 2 e 3); sua composição e propriedades (capítulo 4); e sua utilização na produção de barras de cereais (capítulo 5).

O capítulo 1 (“Revisão Bibliográfica”) apresentou informações sobre produção de maracujá e derivados e geração de resíduos; fibras, incluindo seus efeitos benéficos à saúde humana; os glicosídeos cianogênicos, compostos tóxicos presentes em várias espécies, e suas formas de eliminação; pesquisas sobre possíveis formas de aproveitamento de resíduos de alimentos de origem vegetal; e o produto barra de cereais, como o incremento da produção de barras para mercados específicos e o uso de novos ingredientes.

O capítulo 2 (“Efeito da trituração e imersão em água na redução do teor de compostos cianogênicos potenciais do albedo de maracujá amarelo”) mostrou que a imersão do albedo em água em temperatura ambiente diminuiu o teor de compostos cianogênicos totais e de glicosídeos cianogênicos, entretanto este teor decresceu pouco e de forma lenta, não sendo suficientemente reduzido ao final do período (teores inferiores a 10 ppm), independentemente do tamanho da partícula. Verificou-se, a baixa ação de microrganismos contaminantes e de enzimas endógenas na degradação dos glicosídeos cianogênicos durante todo o período de imersão (144 h).

No capítulo 3 (“Avaliação de diferentes formas de processamento, envolvendo o cozimento, na eliminação dos compostos cianogênicos do albedo de maracujá amarelo”) pode-se observar que o cozimento do albedo em água em ebulição em pressão atmosférica por tempo bastante prolongado (120 minutos) reduziu os teores de compostos cianogênicos a níveis inferiores a 10 ppm, tendo o congelamento do albedo antes do cozimento e as trocas de água durante o processo favorecido essa redução; o cozimento do albedo sob pressão diminuiu mais rapidamente o teor de compostos cianogênicos; um tempo de cozimento menos prolongado (30 minutos) foi necessário para uma redução dos teores de compostos cianogênicos do albedo a níveis inferiores a 10 ppm, quando o albedo cozido foi submetido em seguida a lavagem com água quente na proporção em peso de 1:20; o processo de imersão do albedo branqueado em salmoura seguida de cozimento sob pressão atmosférica provocou elevada redução dos teores de

compostos cianogênicos (a maior entre os processos avaliados), mostrando-se como o processamento mais eficaz para a eliminação desses compostos.

No capítulo 4 (“Composição e propriedades físicas e funcionais do albedo de maracujá amarelo”), pode-se verificar que o albedo de maracujá amarelo não tratado para a eliminação dos compostos cianogênicos apresentou elevado conteúdo de pectina e minerais (potássio e cálcio), e propriedades físicas e funcionais, como retardamento da difusão da glicose e diminuição da digestibilidade do amido (avaliados *in vitro*), entretanto, possuiu compostos tóxicos, como teores consideráveis de compostos cianogênicos; o albedo de maracujá amarelo tratado para a eliminação dos compostos cianogênicos conteve um baixo teor de compostos cianogênicos. O tratamento para a eliminação dos compostos cianogênicos afetou as características do albedo, com o aumento do teor de fibras insolúveis, a diminuição do teor de pectina e minerais e a alteração das propriedades físicas e funcionais. Contudo, o albedo tratado possuiu 8,7% de pectina, 64,8% de fibras insolúveis e provocou o retardamento da difusão de glicose.

O capítulo 5 (“Uso de albedo de maracujá na elaboração de barra de cereais”) mostrou que a adição de até 7,8% de albedo tratado na quantidade total da formulação das barras não alterou a sua aceitação sensorial; o albedo tratado aumentou o teor de pectina das barras, com diferença de conteúdo de até 43%; as barras adicionadas de albedo de maracujá amarelo mostraram-se estáveis durante quatro meses à temperatura ambiente.

Portanto, este trabalho mostrou a interessante composição do albedo, principalmente quanto ao conteúdo de fibras, como a pectina, que conferem boas propriedades físicas e funcionais a esse resíduo; a presença de compostos cianogênicos no albedo de maracujá amarelo, que necessitam ser eliminados para o uso desse resíduo; algumas formas de processamento para a redução do teor de compostos cianogênicos do albedo, envolvendo o cozimento; as baixas ações das enzimas endógenas e dos microrganismos contaminantes no processo de eliminação de compostos cianogênicos no albedo; e a possibilidade de aproveitamento do albedo tratado para a redução do teor de compostos cianogênicos na elaboração de barras de cereais.