



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
NÚCLEO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

DECLARAÇÃO

Declaro para os fins que se fizerem necessários que **DIANA TERESA DE BARROS CAVALCANTI**, CPF: 049.607.864-00, entregou no Núcleo de Inovação Tecnológica o Relatório de Invenção denominado *FRUTA ESTRUTURADA ENRIQUECIDA COM ÁCIDO ASCÓRBICO NATURAL* para dar início ao processo de pedido de depósito de patente estando o mesmo sob sigilo sendo impedido de publicação de artigo científico até o efetivo depósito da patente no INPI.


Prof. Cláudio Coutinho Bartolomeu

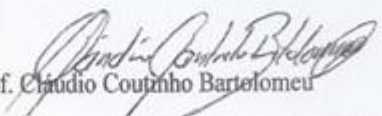
Diretor do Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT/UFRPE)



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
NÚCLEO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

DECLARAÇÃO

Declaro para os fins que se fizerem necessários que **DIANA TERESA DE BARROS CAVALCANTI**, CPF: 049.607.864-00, entregou no Núcleo de Inovação Tecnológica o Relatório de Invenção denominado *FRUTA ESTRUTURADA SIMPLES DE CIRIGUELA E FRUTA ESTRUTURADA MISTA DE ACEROLA COM CIRIGUELA* para dar início ao processo de pedido de depósito de patente estando o mesmo sob sigilo sendo impedido de publicação de artigo científico até o efetivo depósito da patente no INPI.


Prof. Cláudio Coutinho Bartolomeu

Diretor do Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT/UFRPE)

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
NÍVEL MESTRADO

DESENVOLVIMENTO DE FRUTA ESTRUTURADA SIMPLES E
MISTA COM CIRIGUELA E ACEROLA

RECIFE, PE

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DIANA TERESA DE BARROS CAVALCANTI

**DESENVOLVIMENTO DE FRUTA ESTRUTURADA SIMPLES E
MISTA COM CIRIGUELA E ACEROLA**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PGCTA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. Maria Inês Sucupira Maciel
Professora Adjunta do Departamento de Ciências Domésticas/ UFRPE

CO-ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. Patrícia Moreira Azoubel
Professora Adjunta do Departamento de Química/UFPE

RECIFE, PE

2012

Ficha catalográfica

C376d Cavalcanti, Diana Teresa de Barros
Desenvolvimento de fruta estruturada simples e mista
com ciriguela e acerola / Diana Teresa de Barros
Cavalcanti. – Recife, 2012.
168 f. : il.

Orientadora: Maria Inês Sucupira Maciel.
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de
Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Ciências Domésticas, Recife, 2012.
Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

1. Fruta estruturada 2. Hidrocolóide 3. Ciriguela
4. Acerola 5. Delineamento composto central 6. Avaliação
sensorial. 7. Composição centesimal 8. Análise
microbiológica 9. Perfil fitoquímico 10. Perfil antioxidante
I. Maciel, Maria Inês Sucupira, orientadora II. Título

CDD 664

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS

Parecer da comissão examinadora da defesa de dissertação de mestrado

**Desenvolvimento de fruta estruturada simples e mista com ciriguela e
acerola**

Por Diana Teresa de Barros Cavalcanti

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovada em 29/02/2012 pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos em sua forma final.

Banca Examinadora

Patrícia Moreira Azoubel
(Membro Externo - Universidade Federal de Pernambuco)

Enayde de Almeida Melo
(Membro Interno - Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Nonete Barbosa Guerra
(Membro Interno - Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Celiane Gomes Maia da Silva
(Suplente - Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Recife, 29 de Fevereiro de 2012

“É preferível o erro à omissão
O fracasso, ao tédio. O escândalo, ao vazio.
Faça, erre, tente, falhe, lute.
Mas, por favor, não jogue fora, se acomodando,
a extraordinária oportunidade de ter vivido.
Tenha consciência de que cada homem foi feito para fazer história.
Que todo homem é um milagre e traz em si uma evolução.
Você foi criado para construir pirâmides e versos,
descobrir continentes e mundos,
e caminhar sempre, com um saco de interrogações na mão
e uma caixa de possibilidades na outra.
Trabalhe! O tempo, que é mesmo o senhor da razão,
vai bendizer o fruto do seu esforço,
e só o trabalho lhe leva a conhecer pessoas
e mundos que os acomodados não conhecerão.
E isso se chama sucesso”.

Nizan Guanaes

Dedico,
A minha mãe Dione e meu avó Francisco (*in memoriam*) pelo amor,
cuidado, dedicação, apoio e incentivo nestes anos de caminhada.

AGRADECIMENTOS

~ Agradeço à Deus por ter estado comigo, me amparando e iluminando, em especial nos momentos de maior dificuldade.

~ A minha querida mãe, Dione Cavalcanti, que com todas as dificuldades e lutas particulares conseguiu me dar carinho e boa educação.

~ A todos os demais familiares, avô (*in memoriam*), tias, tio, primas e primos que sempre torceram e se alegraram junto comigo em minhas conquistas.

~ A minha orientadora Professora Maria Inês, pela orientação e pela confiança que depositou em meu trabalho.

~ A Professora Enayde Melo pela imprescindível ajuda com as análises e com os dados referentes às atividades antioxidantes.

~ A todas/os as/os professoras/es do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos que contribuíram muito para minha formação profissional.

~ A FACEPE pela concessão da bolsa de estudo.

~ A minha querida turma Elaine Pereira, Lívia Cabanez, Maria Rafaela Pimentel, e Sônia Alexandrino pela amizade, pelo aprendizado e pelos bons momentos juntas. E em especial agradeço a Cristiane Rodrigues que além da amizade e companheirismo me deu grandiosa ajuda nos experimentos laboratoriais.

~ A Ilane Viane, Michelle Barreto e Rafaela Pereira pela ajuda com os experimentos.

~ As companheiras de laboratório Rita Cristina, Flávia Rodrigues, Rosa Pimentel, Shirley Gonçalves, Priscilla Botelho, Ana Carla Caetano, pelos momentos de descontração, pelas risadas, pela amizade.

~ As amigas Fabíola Rafaela, Jackeline Andrade e Carol Vieira pela torcida, amizade e carinho; e em especial a Yasmina Juste pela cumplicidade, pelo apoio nos momentos de crise, pelo ombro amigo no qual chorei quando me vi mais triste.

~ Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, ao Departamento de Ciências Domésticas e a Universidade Federal Rural de Pernambuco.

~ Ao CNPq pelo financiamento do Projeto “Casadinho” Edital MCT/CNPq/CT-Infra/CT-Petro/Ação Transversal IV Nº 16/2008.

~ A Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, nas pessoas da Professora Gláucia Pastore e Luciana Malta pela receptividade e ajuda com as análises do Teste ORAC.

~ A todos que colaboraram, direta ou indiretamente, para a elaboração deste trabalho e que por ventura eu tenha esquecido de mencionar. Muito obrigada a todos!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS	xv
NOMENCLATURA	xvii
RESUMO	xix
ABSTRACT	xx
INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS	3
OBJETIVO GERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
CAPÍTULO I	4
Revisão de Literatura	4
FRUTAS	4
<i>Ciriguela (Spondias purpurea L.)</i>	4
<i>Acerola (Malpighia emarginata D.C.)</i>	6
A INDUSTRIALIZAÇÃO COMO PROMOTORA DA AGRICULTURA	7
<i>Agregação de valor</i>	8
FRUTA ESTRUTURADA	8
ALIMENTO DE UMIDADE INTERMEDIÁRIA	10
HIDROCOLÓIDES	12
<i>Formação de géis</i>	14
POLISSACARÍDEOS	17
<i>Alginato</i>	18
<i>Pectina</i>	21
PROTEÍNAS	25
<i>Gelatina</i>	27
COMBINAÇÃO ENTRE HIDROCOLÓIDES	29
<i>Interação entre Pectina e Alginato</i>	29
<i>Interação entre Pectina e Gelatina</i>	30
<i>Interação entre Alginato e Gelatina</i>	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
CAPÍTULO II	41
Artigo I: Otimização do processo de estruturação de polpa de ciriguela	41
RESUMO	41
ABSTRACT	42
INTRODUÇÃO	43
MATERIAL E MÉTODOS	44
<i>Material</i>	44
<i>Processo de Estruturação</i>	44
<i>Planejamento Experimental</i>	45
<i>Análises físico-químicas</i>	46
<i>Análise Sensorial</i>	47
<i>Composição centesimal</i>	48

<i>Análises Microbiológicas</i>	48
<i>Análise Estatística</i>	48
RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
<i>Firmeza</i>	49
<i>pH</i>	51
<i>Atividade de água</i>	53
<i>Sólidos Solúveis</i>	54
<i>Diferença de cor</i>	55
<i>Razão Firmeza/Diferença de cor</i>	57
<i>Avaliação Sensorial</i>	58
<i>Caracterização e Composição centesimal da polpa in natura e da Fruta</i> <i>estruturada de ciriguela</i>	59
<i>Análises Microbiológicas</i>	60
CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
CAPÍTULO III	77
Artigo II: Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de fruta estruturada mista de ciriguela e acerola	77
RESUMO	77
ABSTRACT.....	78
INTRODUÇÃO	79
MATERIAL E MÉTODOS	81
<i>Material</i>	81
<i>Processo de Estruturação</i>	81
<i>Planejamento Experimental</i>	82
<i>Análises físico-químicas</i>	83
<i>Análise Sensorial</i>	85
<i>Composição centesimal</i>	85
<i>Análise Microbiológica</i>	86
<i>Análise Estatística</i>	86
RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
<i>Firmeza</i>	86
<i>pH</i>	88
<i>Atividade de água</i>	90
<i>Sólidos Solúveis</i>	91
<i>Diferença de Cor</i>	92
<i>Razão Firmeza/Diferença de cor</i>	94
<i>Avaliação Sensorial</i>	96
<i>Caracterização e Composição Centesimal da polpa in natura e da Fruta</i> <i>estruturada de ciriguela e acerola</i>	97
<i>Análises Microbiológicas</i>	98
CONCLUSÃO	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
CAPÍTULO IV	120

ARTIGO III: Composição fitoquímica e atividade antioxidante de Fruta estruturada de ciriguela e mista de ciriguela e acerola.....	120
RESUMO	120
ABSTRACT.....	121
INTRODUÇÃO	122
MATERIAL E MÉTODOS	124
<i>Frutos</i>	124
<i>Químicos</i>	124
<i>Processo de Reestruturação</i>	124
<i>Obtenção dos Extratos das Frutas Estruturadas</i>	125
<i>Análises Fitoquímicas</i>	125
<i>Determinação de Atividade Antioxidante</i>	126
<i>Análise Estatística</i>	129
RESULTADOS E DISCUSSÃO	129
<i>Conteúdo de Fitoquímicos Bioativos</i>	129
<i>Atividade Antioxidante</i>	133
CONCLUSÃO	136
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138
CONSIDERAÇÕES FINAIS	145
APÊNDICE A	146
APÊNDICE B	147
ANEXO	148

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Revisão de Literatura

Figura 1.	Esquema do processo de formação de géis	15
Figura 2.	Modelos esquemáticos para zonas de géis de polissacarídeos	16
Figura 3.	Características estruturais do alginato	19
Figura 4	Esquema representativo do modelo “caixa de ovo” para gelatinização da pectina	24
Figura 5.	Ligações formadas durante a gelificação da pectina. a: pontes de hidrogênio	25

CAPÍTULO II

Artigo I – Otimização do processo de estruturação de polpa de ciriguela

Figura 1.	Fluxograma do desenvolvimento da Fruta estruturada de ciriguela	71
Figura 2.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para a firmeza da Fruta estruturada de ciriguela	72
Figura 3.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para o pH da Fruta estruturada de ciriguela	73
Figura 4.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para a diferença de cor da Fruta estruturada de ciriguela	74
Figura 5.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para a razão firmeza/diferença de cor da Fruta estruturada de ciriguela	75
Figura 6.	Fruta estruturada de ciriguela do ensaio 9	76
Figura 7.	Percentual de Intenção de compra para as três formulações de Fruta estruturada de ciriguela	76

CAPÍTULO III

Artigo II – Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de fruta estruturada mista de ciriguela e acerola

Figura 1.	Fluxograma do desenvolvimento da Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola	110
Figura 2 a.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para a firmeza da Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola	111
Figura 2 b.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para a firmeza da Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola	112
Figura 3 a.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para o pH da Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola	113
Figura 3 b.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para o pH da Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola	114
Figura 4 a.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para a atividade de água da Fruta estruturada mista de ciriguela	115

	e acerola	
Figura 4 b.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para a atividade de água da Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola	116
Figura 5.	Superfícies de resposta e curvas de contorno para a diferença da cor da Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola	117
Figura 6.	Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola do ensaio 7	118
Figura 7.	Histograma de frequência das notas da aceitação para os atributos cor, aroma, sabor, textura e avaliação global	118
Figura 8.	Percentual de Intenção de compra para as quatro formulações de fruta estruturada mista de ciriguela e acerola	119

CAPÍTULO IV

Artigo III - Composição fitoquímica e atividade antioxidante de fruta estruturada de ciriguela e mista de ciriguela e acerola

Figura 1.	Fluxograma do desenvolvimento da Fruta estruturada simples de ciriguela e mista de ciriguela e acerola	144
Figura 2.	Percentual de inibição dos extratos da Fruta estruturada de ciriguela e mista de ciriguela e acerola	144

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Revisão de Literatura

Tabela 1.	Características gerais comuns e diferentes entre proteínas e polissacarídeos como biopolímeros funcionais em sistemas alimentares	13
------------------	---	-----------

CAPÍTULO II

Artigo I – Otimização do processo de estruturação de polpa de ciriguela

Tabela 1.	Variáveis independentes para a formulação de Fruta estruturada de ciriguela	65
Tabela 2.	Matriz do planejamento codificado e decodificado para formulação de Fruta estruturada de ciriguela	65
Tabela 3.	Coeficientes de regressão calculados para a variável firmeza.	66
Tabela 4.	Coeficientes de regressão (significativos) – firmeza	66
Tabela 5.	Análise de variância para a variável firmeza	66
Tabela 6.	Coeficientes de regressão calculados para a variável pH	67
Tabela 7.	Coeficientes de regressão (significativos) – pH	67
Tabela 8.	Análise de variância para a variável pH	67
Tabela 9.	Coeficientes de regressão calculados para a variável diferença de cor	68
Tabela 10.	Coeficientes de regressão (significativos) - diferença de cor	68
Tabela 11.	Análise de variância para a variável diferença de cor	68
Tabela 12.	Coeficientes de regressão calculados para a variável Razão F/ Δ E	69
Tabela 13.	Coeficientes de regressão (significativos) – Razão F/ Δ E	69
Tabela 14.	Análise de variância para a variável Razão F/ Δ E	69
Tabela 15.	Médias das notas seguidas do desvio padrão para os atributos avaliados pelo teste afetivo de aceitação de Fruta estruturada de ciriguela	70
Tabela 16.	Índice de aceitabilidade para as três formulações de Fruta estruturada de ciriguela	70
Tabela 17.	Caracterização físico-química da Fruta estruturada de ciriguela	70
Tabela 18.	Composição centesimal da polpa <i>in natura</i> e de Fruta estruturada do estruturado de ciriguela	70
Tabela 19.	Análises microbiológicas de Fruta estruturada de ciriguela	71

CAPÍTULO III

Artigo II – Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de fruta estruturada mista de ciriguela e acerola

Tabela 1.	Variáveis independentes para a formulação do estruturado simples e misto de polpa de ciriguela e acerola	104
Tabela 2.	Matriz do planejamento codificado e decodificado para formulação de estruturado simples e misto de ciriguela e acerola	104
Tabela 3.	Coeficientes de regressão calculados para a variável firmeza	105
Tabela 4.	Coeficientes de regressão (significativos) – firmeza	105
Tabela 5.	Análise de variância para a variável firmeza	105
Tabela 6.	Coeficientes de regressão calculados para a variável pH	106
Tabela 7.	Coeficientes de regressão (significativos) – pH	106
Tabela 8.	Análise de variância para a variável pH	106
Tabela 9.	Coeficientes de regressão calculados para a variável atividade de água	107
Tabela 10.	Coeficientes de regressão (significativos) – atividade de água	107
Tabela 11.	Análise de variância para a variável atividade de água	107
Tabela 12.	Coeficientes de regressão calculados para a variável diferença de cor	108
Tabela 13.	Coeficientes de regressão (significativos) – diferença de cor	108
Tabela 14.	Análise de variância para a variável diferença de cor	108
Tabela 15.	Médias das notas seguidas do desvio padrão para os atributos avaliados pelo teste afetivo de aceitação de fruta estruturada mista de ciriguela e acerola	108
Tabela 16.	Índice de aceitabilidade para as formulações de fruta estruturada mista de ciriguela e acerola	109
Tabela 17.	Caracterização da fruta estruturada mista de ciriguela e acerola	109
Tabela 18.	Composição centesimal da polpa <i>in natura</i> e de fruta estruturada mista de ciriguela e acerola	109
Tabela 19.	Análises microbiológicas da fruta estruturada mista de ciriguela e acerola	109

CAPÍTULO IV

Artigo III - Composição fitoquímica e atividade antioxidante de fruta estruturada de ciriguela e mista de ciriguela e acerola

Tabela 1.	Composição Fitoquímica de Fruta Estruturada Simples de Ciriguela e Mista de Ciriguela e Acerola	143
Tabela 2.	Avaliação da capacidade antioxidante de Fruta Estruturada Simples de Ciriguela e Mista de Ciriguela e Acerola	143

NOMENCLATURA

A	Alginato
Aa	Atividade de água
AA	Ácido ascórbico
AAPH	2,2'-azobis (2-methylpropionamidine) dihydrochloride, Aldrich
ABTS ⁺	2,2'-azino-bis- (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
ANOVA	Análise de variância
AT	Acidez Titulável
a*	Intensidade da cor vermelha da fruta estruturada/polpa reestruturada
a ₀ *	Intensidade da cor vermelha da polpa fresca
b*	Intensidade da cor amarela da estruturada/polpa reestruturada
b ₀ *	Intensidade da cor amarela da polpa fresca
C	Percentual de polpa de ciriguela
DPPH•	1,1-difenil-2-picrilhidrazil
EA	Eficiência antiradical
EAG	Equivalente de ácido gálico
EC ₅₀	Concentração mínima da substancia antioxidante necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do DPPH
F	Firmeza
Fcal	F calculado
F/ΔE	Razão Firmeza/Diferença de cor
G	Gelatina
GL	Graus de liberdade
L	Efeitos lineares
L*	Luminosidade da fruta estruturada/polpa reestruturada
L ₀ *	Luminosidade da polpa fresca
MeOH	Metanol
p	Nível de significância da variável independente
P	Pectina
Q	Efeitos Quadráticos
QM	Quadrado médio
r ²	Coeficiente de determinação
SS	Sólidos Solúveis
SS/AT	Razão Sólidos solúveis/Acidez titulável
SQ	Soma dos quadrados
t	Coeficiente t

TEAC	Atividade antioxidante equivalente ao Trolox
T _{EC}	Tempo em que foi atingida a eficiência antiradical
TROLOX	6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-acido carboxilico
UFC	Unidade formadora de colônia
V.C.T.	Valor Calórico Total
Y	Variável independente
-α	Valor mínimo da variável independente
+α	Valor máximo da variável independente
ΔE	Diferença total de cor
β _n	Coeficiente de Regressão

RESUMO

A fruticultura é um segmento que apresenta considerável importância sócio-econômica no Brasil. Entre as frutas que apresentam grande consumo pela população das regiões Norte e Nordeste deste país estão as do gênero *Spondias*, destacando-se a ciriguela pela sua utilização na fabricação de sucos, doces e polpas. A acerola fruta bastante conhecida em todo o mundo pelo elevado conteúdo de ácido ascórbico, também é muito consumida nestas regiões. O desenvolvimento de novos produtos processados a base de frutas apresenta-se como uma opção à indústria de alimentos a fim de agregar valor e diversificar a produção. A Fruta Estruturada vem ganhando importância entre as inovações tecnológicas de produtos alimentícios; entretanto a tecnologia de produção usando hidrocolóides alimentícios ainda não está totalmente estabelecida, bem como os benefícios nutricionais que estes produtos podem trazer à saúde dos consumidores. Desta forma o objetivo desta pesquisa foi estabelecer o procedimento para a produção e otimização de fruta estruturada de ciriguela e mista de ciriguela e acerola; e caracterizar o perfil fitoquímico e antioxidante dos produtos. As formulações para a fruta estruturada de ciriguela foram desenvolvidas utilizando um planejamento fatorial completo 2^3 , com 3 pontos centrais e 6 axiais, totalizando 17 ensaios; tendo como variáveis independentes as concentrações de Alginato (A), Pectina (P), e Gelatina (G). Para as formulações da fruta estruturada mista de ciriguela e acerola foi empregado um delineamento fatorial completo 2^4 , com 3 pontos centrais e 8 axiais, totalizando 27 ensaios; apresentando como variáveis dependentes Alginato (A), Pectina (P), Gelatina (G), Percentual de polpa de ciriguela (C). Para ambos os planejamentos experimentais as variáveis dependentes analisadas foram: Firmeza – F; Atividade de Água – Aw; Sólidos Solúveis – SS; pH; Diferença de cor - ΔE ; e Razão Firmeza/Diferença de Cor – $F/\Delta E$. Os ensaios que apresentaram as melhores características físico-químicas, relacionadas aos parâmetros estudados, foram selecionados e conduzidos à análise sensorial, sendo posteriormente caracterizadas quanto à composição físico-química, composição centesimal, avaliação microbiológica, perfil fitoquímico e antioxidante. Os resultados do planejamento experimental demonstraram que a variável dependente de maior influência na qualidade dos estruturados foi a razão $F/\Delta E$, sendo os ensaios 8, 9 e 17 os que apresentaram os maiores valores para esta variável para a fruta estruturada simples de ciriguela; e os ensaios 7, 13, 16 e 22 escolhidos para a fruta estruturada mista de ciriguela e acerola. Após a análise sensorial o ensaio 9 da fruta estrutura de ciriguela e o ensaio 7 da fruta estruturada mista de ciriguela e acerola destacaram-se apresentando 79,62% e 87,27% de aceitação para avaliação global, respectivamente. A composição centesimal e as análises microbiológicas de ambos os produtos demonstraram que estes apresentam boa qualidade nutricional e ausência de crescimento microbiano. Quanto à composição fitoquímica e antioxidante, os produtos demonstraram conteúdos significativos e boa atividade antioxidante. Os resultados demonstraram que as frutas estruturadas de ciriguela e mista de ciriguela e acerola apresentam boa qualidade tecnológica, nutricional, sensorial e funcional, tendo assim grande perspectiva para a produção industrial.

Palavras-chave: fruta estruturada, hidrocolóide, ciriguela, acerola, delineamento composto central, avaliação sensorial, composição centesimal, análise microbiológica, perfil fitoquímico e antioxidante.

ABSTRACT

The production of fruit is a segment that has considerable socio-economic importance in Brazil. Among the fruits that have high consumption by the population from North and Northeast regions of this country are those of the *Spondias* genus, highlighting the red mombin for its use in the manufacture of juices, jams and fruit pulp. Acerola, a well known fruit worldwide for the high content of ascorbic acid, also is very popular in these regions. The development of new processed fruit products as an option to the food industry to add value and diversify production. The Structured fruit has gained importance among the technological innovations of food products, however the production technology using food hydrocolloids is not yet fully established, as well as the nutritional benefits that these products can bring to health consumers. Thus the objective of this research was to establish the procedure for the production and optimization of structured fruit of red mombin and mixed structured fruit of red mombin and acerola; and characterize the phytochemical and antioxidant profile. The formulations for structured fruit of red mombin were developed using a 2^3 full factorial design with three central points and six axial points, totaling 17 trials; the independent variables were the concentrations of alginate (A), pectin (P), and gelatin (G). For formulations of mixed structured with red mombin and acerola employee was a full 2^4 factorial design with three central points and 8 axial points, totaling 27 trials; presented as dependent variables alginate (A), pectin (P), gelatin (G) and percentage of red mombin pulp (C). To the both Experimental design the dependent variables analyzed were: Firmness - F; Water Activity - Aw, soluble solids - SS, pH, color difference - ΔE , and Reason Firmness/ Color Difference - $F/\Delta E$. The tests showed that the best physical and chemical characteristics related to the parameters studied were selected and conducted to the sensory analysis, and subsequently characterized as to the physical and chemical composition, microbiological and phytochemical and antioxidant profile. The results of the experimental design showed that the dependent variable of greatest influence on the quality of structured was the reason $F/\Delta E$, and the trials 8, 9 and 17 who had the highest values for this variable to the structured of the red mombin; and trials 7, 13, 16 and 22 chosen for the mixed structured fruit of red mombin and acerola. After the sensory analysis the trial 9 of red mombin structure and trial 7 of mixed structured of red mombin and acerola stood out showing 79.62% and 87.27% for the overall evaluation of acceptance, respectively. The chemical composition and microbiological analysis of both products showed that they have good nutritional quality and absence of microbial growth. As for the phytochemical composition and antioxidant the products demonstrated significant contents and good antioxidant activity. The results showed that the simple structure of red mombin and mixed red mombin fruit and acerola have good technological quality, nutritional, sensory and functional and so great outlook for industrial production.

Key words: structured fruit, hydrocolloid, red mombin, acerola, central composite design, sensory evaluation, chemical composition, microbiological analysis, phytochemical and antioxidant profile.

INTRODUÇÃO

A fruticultura é um dos segmentos mais ativos, competitivos e dinâmicos do setor agrícola mundial, do qual dependem milhares de famílias e empresas, seja na agricultura familiar, seja no agronegócio. Segundo a FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (2006) no ano de 2006 o Brasil consolidou-se como o terceiro maior produtor mundial de frutas, depois da China e da Índia; sendo a região Nordeste do país uma das mais importantes produtoras de frutas e também de hortaliças.

Entretanto, apesar da enorme participação na produção de frutas, a região do semiárido nordestino ainda possui uma considerável quantidade de plantas frutíferas pouco ou não conhecidas e, portanto não aproveitadas comercialmente; entre elas as do gênero *Spondias*, apreciadas pelos habitantes da região pelo agradável sabor e aroma; apresentando-se como alternativa para o desenvolvimento de novos produtos.

Outra fruta de grande importância econômica e social no Brasil é a acerola, muito apreciada na região Nordeste, devido ao alto teor de ácido ascórbico; sendo empregada na produção de diversos produtos, como exemplo as polpas congeladas.

Por serem de fácil deterioração, ocorre grande desperdício dessas frutas durante o período de safra e consequente falta das mesmas na entressafra. Desta forma, existe a necessidade de minimizar as perdas, agregar valor aos produtos e possibilitar a comercialização destas durante um maior período no ano. Essas resoluções podem ser alcançadas pela utilização de tecnologias modernas, como o processamento de frutas, que prolonga a vida útil dos alimentos, permitindo uma melhor distribuição, comercialização, aumento de produtividade, melhor inserção no mercado e estabilização do preço da matéria-prima.

A agregação de valor aos produtos agrícolas compreende processamentos e beneficiamentos diversos que auxiliam numa melhor utilização da produção, contribuindo para seu incentivo, desenvolvendo novos produtos e subprodutos e elevando consideravelmente seu preço e os lucros do produtor. Assim, a agregação de valor além de cooperar com a ampliação da Segurança Alimentar e Nutricional, melhora os ganhos econômicos do

agricultor, possibilitando a uma modificação positiva nas suas condições de vida e a permanência no campo, com qualidade e oportunidades de crescimento.

O desenvolvimento de um novo produto torna-se significativo, à medida que está havendo uma modificação no perfil dos consumidores, que estão mais aptos a experimentarem novos itens e diversificarem suas compras, avaliando não só o preço, mas também a relação custo benefício do produto.

Dentre as novas técnicas na área de processamento de alimentos, está a estruturação de polpa de fruta, que se apresenta como um novo produto promissor; sendo produzido a partir de matérias-primas de baixo custo quando *in natura*, e que após o processamento apresentam valor agregado, diversificação nas formas de consumo e de consumidores. Segundo Lins (2010), a fruta estruturada surge como uma boa opção ao processamento de frutos, pois mantém as características do produto final próximas as do fruto *in natura*, através da adição de hidrocolóides à polpa de fruta para a formação da textura apropriada ao novo alimento.

Desta forma, esta pesquisa torna-se importante para a prática profissional no campo da Ciência e Tecnologia de Alimentos voltada para o conhecimento das matérias-primas alimentícias e do processamento de produtos de origem vegetal, pois envolve o estudo de frutos tropicais, com a finalidade de estabelecer o procedimento para produção de um novo produto alimentício nutritivo, e com valor econômico agregado.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Estabelecer o procedimento para a produção de fruta estruturada simples de ciriguela e mista de ciriguela e acerola.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar o efeito dos tratamentos sobre as propriedades físicas e químicas dos produtos;
- Avaliar o perfil sensorial e a aceitação da fruta estruturada simples de ciriguela e da fruta estruturada mista de ciriguela e acerola;
- Determinar as características físico-químicas e microbiológicas dos produtos;
- Determinar a composição fitoquímica e a atividade antioxidante dos produtos.

CAPÍTULO I

Revisão de Literatura

FRUTAS

Ciriguela (Spondias purpurea L.)

O gênero *Spondias* pertence à família *Anacardiaceae*, que compreende mais de 70 gêneros e mais de 700 espécies (WANNAN, 2006) e encontra-se disseminado em toda a área tropical da América, África e Ásia (CEVA-ANTUNES *et al.*, 2006; MILLER; SCHAAL, 2005; ADEDEJI *et al.*, 1991). Destas, dezessete espécies correspondem ao gênero *Spondias* (BICAS *et al.*, 2011). No Brasil as *Spondias* encontram-se disseminadas espontaneamente e/ou subespontaneamente em todas as regiões, exceto na região Sul. Seis dessas espécies ocorrem no Nordeste brasileiro apresentando como centro de diversidade o bioma Caatinga e as florestas úmidas do Brasil. Dentre as espécies encontradas no Brasil, destacam-se o umbuzeiro (*S. tuberosa* Arr. Câm); a cajazeira ou taperebazeiro (*S. mombim* L. – sin. *S. lutea* L.); a cirigueleira ou sirigueleira (*S. purpurea* L.); a cajarana ou cajá-mangueira (*S. dulcis* Forst. – sin. *S. cythearea* Sonn.); o umbu-cajazeira ou cajá-umbuzeiro (*Spondias* spp.) e a umbugueleira (*Spondias* spp.) (LEDERMAN *et al.*, 2008).

Todas as espécies produzem frutos com endocarpo fibroso (MILLER; SCHAAL, 2005) do tipo drupa de boa aparência, qualidade nutritiva, aroma e sabor agradáveis. No Brasil, notadamente no Nordeste, estas espécies têm considerável importância social e econômica, fato comprovado pela crescente comercialização de seus frutos e produtos processados em mercados, supermercados e restaurantes da região (SOUZA, 1998).

A cirigueleira, *Spondias purpurea* L., produz uma das mais populares frutas da América Tropical, a ciriguela, também conhecida como red mombin, spanish plum, hog plum, scarlet plum (Inglaterra); purple plum (Ilhas Virgens); Jamaica plum (Trinidad); Chile plum (Barbados); wild plum (Costa Rica e Panama). Os nomes espanhóis incluem: ajuela ciruela; ciruelo; ciruela; ciruela agria; ciruela colorada; ciruela de coyote; ciruela de hueso; ciruela del país; ciruela de Mexico; ciruela morada; ciruela roja; ciruela sanjuanera; hobo; hobo colorado; ismoyo; jobillo; jobito; jobo; jobo colorado; jobo francés; jocote. Em

francês é conhecida como cirouelle, mombin rouge, prune du Chili, prune d'Espagne ou prune rouge (MORTON, 1987).

Esta espécie de *Spondias* é nativa do sul do México e da América Central (Guatemala, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, El Salvador) (AVITIA *et al.*, 2000; MILLER; SCHAAL, 2005) e se distribui do Peru até o nordeste do Brasil (CEVA-ANTUNES *et al.*, 2006), sendo também cultivada no Sudeste da Ásia. A árvore apresenta até 10 metros de altura e folhas compostas. As flores são isoladas brancas ou levemente vermelhas e pequenas, que se formam ao longo dos ramos, principalmente em agosto. Os frutos são partenocárpicos (formação de um fruto sem fecundação prévia dos óvulos, não havendo, portanto, sementes, ou sendo elas estéreis) (FELIPE, 2005) e apresentam-se como drupas com até 6 centímetros, de cor púrpura (vermelho-escuro) ou com listras e manchas amarelas quando maduros (SOUSA *et al.*, 2000).

A ciriguela é considerada como uma fruta com alto potencial por seu baixo custo de produção, devido a crescer de forma espontânea e se adaptar a lugares com solos pobres onde se estabelecem outros cultivos, e também por possuir alta resistência a seca (CUEVAS-SÁNCHEZ, 1992).

A safra da ciriguela no Nordeste brasileiro ocorre entre os meses de dezembro a fevereiro. Sua exploração é extrativista e se concentra nas regiões nordestinas semi-áridas do Agreste e Sertão, e em menor proporção nas regiões da Zona da Mata. Durante o período de produção são gerados vários empregos informais, desde a colheita do fruto até sua comercialização como fruta fresca nas Centrais de Abastecimento - Ceasas, feiras livres, supermercados e pontos de vendas em ruas e rodovias de acesso às grandes cidades do Nordeste (PINTO, 1997; SOUZA, 1998).

Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil os frutos da cirigueleira possuem excelente qualidade, e são muito apreciados, devido a sua característica sensorial com elevados teores de açúcares no estágio final de maturação, tornando-se mais palatável com o desenvolvimento de sabores e odores específicos (SACRAMENTO; SOUZA, 2000). Sendo consumidos *in natura* ou utilizados para a preparação de bebidas fermentadas (chichá), vinho, bebidas frias, sucos e polpas, além de participar na preparação de sorvetes (MARTÍNEZ, 2001; FREIRE; FILGUEIRAS, 2000; AUGUSTO *et al.*, 2000); raras vezes são comercializadas para mercados distantes por sua alta

perecibilidade. Sua vida pós-colheita é de 1 à 3 dias à temperatura ambiente (PÉREZ *et al.*, 2004).

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO (2006) 100g de ciriguela possui cerca de 1,4 g de proteínas, 0,4 g de lipídeos, 18,9 g de carboidratos, 3,9 g de fibra alimentar. Apresentando também 2,76 mg de sódio, 264,60 mg de potássio, 23,52 mg de cálcio, 3,21 mg de magnésio, 21,38 mg de fósforo, 13,11 µg de cobalto, 29,36 µg de níquel (ALMEIDA *et al.*, 2009), 29,6 mg de ácido ascórbico (ALMEIDA *et al.*, 2011).

Acerola (Malpighia emarginata D.C.)

A acerola ou cereja das Antilhas (*Malpighia glabra*, Linn., *Malpighia puniceifolia* L., *Malpighia emarginata* D.C.) é uma planta frutífera, originária de Yucatan e distribuída do sul do Texas até o México e na, América Central, do norte da América do Sul ao Caribe, sendo as maiores plantações de acerola localizadas na América do Sul (Brasil) e na Índia (LORENZI *et al.*, 2006; DE ASSIS *et al.*, 2009). Esta fruta pertence a família *Malpighiaceae* (JOHNSON 2003), sendo o gênero *Malpighia* compreendido por 30 espécies (SPEIRS; BRADY, 1991). A Universidade Federal Rural de Pernambuco foi responsável pela sua introdução em Pernambuco em 1955 (MARINO NETTO, 1986).

A aceroleira é um arbusto de tamanho médio, com altura que varia de 2 a 3 metros, possui ramos densos e espalhados que providenciam flores e frutos em diferentes estágios; sendo observado um longo período de frutificação durante o ano. Os frutos são pequenos e variam em tamanho, forma e peso (SPEIRS; BRADY, 1991). A forma pode ser oval e subglobosa, com diâmetro entre 1 e 2 centímetros e 20 g de peso (RUFINO *et al.*, 2010). O fruto apresenta tonalidades diferentes dependendo do estágio de maturação: verde quando em desenvolvimento, passando a amarelo, e depois a vermelho escuro quando maduro, similar a cereja. O fruto apresenta normalmente três sementes (SPEIRS; BRADY, 1991; MARINO NETTO, 1986).

O fruto do tipo drupa é macio e suculento quando maduro e, usualmente, tem um agradável sabor ácido. Aproximadamente 80% do fruto é comestível e o total de suco (líquido) representa uma média de 80% dele (MARINO NETTO, 1986).

Este fruto é muito apreciado devido a seu *flavor* e cor, sendo nutricionalmente importante devido a seu elevado conteúdo de ácido ascórbico (1000-4500 mg de vitamina C/100 g do fruto) (PINO; MARBOT, 2001; JOHNSON, 2003). Os frutos totalmente maduros têm um teor de ácido ascórbico um pouco menor que o fruto em estado de prematuração (ASSIS *et al.*, 2001).

O fruto também possui em 100 g de polpa: 0,9 g de proteína, 0,2 g de lipídio, 8,0 g de carboidrato, 15 g de fibra; e é rica em outros micronutrientes como niacina (1,38 mg), cálcio (13 mg), magnésio (13 mg), ferro (0,2 mg), fósforo (9 mg), potássio (165 mg) (TACO, 2006), tiamina (0,2 mg) e riboflavina (0,7 mg) (MEZADRI *et al.*, 2006). Além de antocianinas, flavonóis, carotenóides e polifenóis totais (MEDEIROS DE AGUIAR *et al.*, 2010). Segundo Rufino *et al.* (2010) o conteúdo de macro e micronutrientes faz da acerola uma das mais importantes frutas para o consumo humano.

Devido ao alto teor de ácido ascórbico, esta fruta passou a ter importância econômica em várias regiões, para consumo *in natura* (70% da produção) ou sob a forma de suco engarrafado e polpa congelada (30% da produção), que são as formas mais comuns de comercialização da fruta (MACIEL *et al.*, 2009; YAMASHITA *et al.*, 2003; NOGUEIRA *et al.*, 2002), visto que esta apresenta um curto período de vida útil (2 a 3 dias) a temperatura ambiente (SPEIRS; BRADY, 1991). Além de ser utilizada também como matéria-prima na indústria farmacêutica e na elaboração de muitos outros subprodutos (MACIEL *et al.*, 2009; YAMASHITA *et al.*, 2003; NOGUEIRA *et al.*, 2002).

A INDUSTRIALIZAÇÃO COMO PROMOTORA DA AGRICULTURA

A industrialização dos produtos agropecuários pode contribuir consideravelmente na melhoria da dieta de um país e no estado nutricional dos seus habitantes. A amplitude dessa contribuição depende de diversos fatores, como a existência de uma agricultura desenvolvida que possa aplicar uma tecnologia avançada e do nível econômico e poder aquisitivo da população. A tecnologia alimentar é o vínculo entre a produção e o consumo dos alimentos e ocupa-se de sua adequada manipulação, elaboração, preservação,

armazenamento e comercialização. Para que possa alcançar um bom rendimento, a tecnologia de alimentos deve estar intimamente associada aos métodos e progressos da produção agrícola, de um lado, e aos princípios e práticas da nutrição humana do outro lado (GAVA *et al.*, 2008).

Para Ordoñez *et al.* (2005) e Fellows (2006) a industrialização ou transformação de alimentos além da conservação, também pretende elaborar produtos saudáveis e apetecíveis com forma e/ou propriedades sensoriais diferentes das da matéria-prima, de forma a satisfazer necessidades psicológicas que o ser humano herdou da época em que só utilizava seus sentidos para distinguir entre os alimentos benéficos e os nocivos.

Agregação de valor

Uma das formas mais conhecidas de “agregação de valor” é a agroindustrialização de um determinado produto. Pode-se citar a produção de doces e bebidas a partir de frutas, a elaboração de conservas em geral e embutidos e defumados de carne.

Entende-se por agroindustrialização, o beneficiamento de matérias primas agropecuárias (secagem, classificação, limpeza, embalagem) e/ou a transformação de matérias-primas gerando novos produtos, de origem animal ou vegetal como o leite em queijo, as frutas em doces e bebidas (PREZOTTO, 2003); produtos estes que adquirem não só valor econômico, possibilitando melhores ganhos para os/as produtores/as, mas também valor social, quando disseminam a cultura de um povo.

FRUTA ESTRUTURADA

Dentre as novas técnicas na área de processamento de alimentos, está a estruturação de polpa de fruta, que se apresenta como um novo e promissor produto; sendo produzido a partir de matérias-primas de baixo custo quando *in natura*, e que após processamento apresentam valor agregado, diversificação nas formas de consumo e de consumidores.

Segundo Fizman e Duran (1992) alimento estruturado ou “designed food” ou “engineered food” refere-se a alimentos que são delineados de acordo com um planejamento, geralmente empregando-se matérias-primas de baixo custo, oriundas de frutas que se encontram fora de classificação para

comercialização *in natura* ou excedentes de produção durante o período de safra, utilizando-se hidrocolóides, que atuam como agentes de união, facilitando o corte e restando a umidade (alimento de umidade intermediária), fatores estes que contribuem para uma melhor textura do produto.

Esses produtos podem ser utilizados na formulação de produtos de confeitaria, alimentos congelados, ou mesmo consumidos na forma em que se apresentam, como um confeito, similarmente às barras de frutas (*fruit bar*), também conhecidas como “couro” de frutas (*leather fruit*). O “couro” de frutas é um produto de confeitaria resultante da superposição de lâminas de purê de frutas desidratadas, de textura coriácea, largamente consumido na Índia (VIJAYANAND *et al.*, 2000).

A produção dos produtos estruturados ocorre por meio de geleificação. Esse aspecto traz a vantagem de que o produto apresente maior retenção de suas características nutricionais e sensoriais. Por não precisar da etapa de açucaramento, a utilização de hidrocolóides permite a obtenção de produtos isentos ou com baixas concentrações de açúcar (FREITAS, 1999). Segundo Carvalho *et al.* (2008), a técnica para obtenção do produto é relativamente simples, necessitando apenas a aquisição dos coadjuvantes de tecnologia (fosfato de cálcio, glicerol e sacarose) e pequeno investimento inicial.

A Fruta Estruturada já conhecida em diversos países vem sendo objeto de estudo por pesquisadores que tem demonstrado a viabilidade de fabricação deste produto. Várias frutas vêm sendo testadas para a elaboração do produto e uma ampla diversidade de hidrocolóides é disponível, atualmente, para esse fim (COSTELL *et al.*, 1995). Os trabalhos conduzidos nos Estados Unidos, Canadá e outros países não tropicais têm desenvolvido estruturados com boa qualidade. Azeredo *et al.* (2006) produziram satisfatoriamente um estruturado de manga conseguindo minimizar o tempo de secagem necessário para produzir os estruturados, sem a adição de conservantes e sem adição de açúcar. Estes autores verificaram também que a combinação entre a baixa atividade de água (0,62) e baixo pH (3,8) permitiu que o produto se mantivesse microbiologicamente estável durante pelo menos seis meses. Man *et al.* (1997) produziram couro (*leather*) de durian, fruta muito apreciada na Ásia.

Os trabalhos desenvolvidos no Brasil têm objetivado principalmente o desenvolvimento de estruturados utilizando a rica variedade frutífera que o

país apresenta. Assim, têm-se o trabalho de Grizotto *et al.* (2005) que estabeleceram o procedimento tecnológico para produção de fruta estruturada com elevados teores (450 a 700 g/kg) de polpas concentradas de abacaxi, manga e mamão, e quantidade mínima de sacarose. Concluíram com o estudo ser possível a produção de fruta estruturada com elevada porcentagem de polpa concentrada e que as frutas estruturadas de polpa de mamão com hidrocolóides (alginato ou pectina) apresentaram maior firmeza, comparadas às frutas estruturadas de polpa de abacaxi e manga.

Lins (2010) estabeleceu o procedimento para a produção de fruta estruturada com umidade intermediária a partir da polpa de frutos de três genótipos de cajazeira, concluindo que os estruturados dos genótipos IPA 11.2 e IPA 14 apresentaram os melhores valores de firmeza, sendo os mesmos considerados bons para a estruturação de cajá.

Um estudo para investigar os parâmetros para a estruturação de polpa de açaí e de um “mix” de mamão com taperebá, avaliando o efeito da combinação de diferentes hidrocolóides nas características do gel de fruta, visando ampliar o campo de aproveitamento e industrialização dessas frutas tropicais, foi conduzido por Carvalho (2007). Com o estudo, a autora demonstrou que há boa perspectiva para a produção de fruta estruturada com teor elevado de polpa de açaí e “mix” de polpa de mamão e taperebá. Os estruturados de frutas desenvolvidos apresentaram boa aceitação sensorial, 79,77% e 81,89% em relação à impressão global, para o estruturado de açaí e estruturado misto de taperebá e mamão, respectivamente.

Os estruturados de frutas são produtos bem estabelecidos, particularmente no mercado norte americano. O Brasil, ao contrário, ainda apresenta um amplo e promissor mercado a ser explorado em relação a tais tipos de produtos, principalmente pela grande riqueza de sabores encontrados em todo o seu território com relação às frutas tropicais (GRIZOTTO *et al.*, 2006; GRIZOTTO *et al.*, 2005).

ALIMENTO DE UMIDADE INTERMEDIÁRIA

A água é um componente inerente aos alimentos e, ao mesmo tempo, responsável por criar um ambiente propício ao desenvolvimento e ao crescimento microbiano. No entanto, o conteúdo de água por si só não é um indicador confiável da perecibilidade do alimento. Desta forma, surgiu o

conceito de atividade de água (Aa), que foi desenvolvido para indicar a intensidade com qual a água associa-se a constituintes não aquosos, relacionando-se diretamente com o crescimento e a atividade metabólica dos microrganismos e com as reações hidrolíticas. A atividade de água pode ser definida como a relação existente entre a pressão de vapor de um alimento (P) com relação à pressão de vapor de água pura (P_0), à mesma temperatura: $Aa = P/P_0$. Esse parâmetro mede a água que se encontra livre no alimento (REID; FENNEMA, 2010; SPOTO, 2006).

A redução da disponibilidade de água nos alimentos inclui métodos físicos para remover a água, como a concentração, secagem, desidratação, evaporação e liofilização, além de métodos que imobilizem a água no alimento como a utilização de umectantes e formação de cristais de gelo (FELLOWS, 2000). A concentração corresponde ao processo de eliminação parcial da água contida no interior dos alimentos, com o propósito de concentrá-los. Esse efeito também pode ser obtido pela adição de solutos diversos que tornam a molécula de água indisponível. Assim os solutos hidrofílicos podem interagir fortemente com a água, causando mudanças nas associações estruturais e na mobilidade da água adjacente (REID; FENNEMA, 2010; SPOTO, 2006; GLOLELLI; PITOMBO, 1998).

Desta forma para se conservar um alimento por esse método, diminui-se o conteúdo de água até o ponto em que ocorra a inibição dos microrganismos deteriorantes e dos causadores de infecções alimentares. Alimentos secos, desidratados ou com baixa umidade, denominados LMF (*Low Moisture Foods*) são os que apresentam, geralmente, teor de umidade inferior a 25% e atividade de água inferior a 0,60. Nesta categoria, estão incluídos os alimentos secos tradicionais e os liofilizados. Os alimentos que apresentam atividade de água entre 0,60 e 0,85 e umidade entre 15 e 50% são denominados umidade intermediária ou IMF (*Intermediate Moisture Foods*) (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Segundo Jay (2005) estes alimentos de umidade intermediária são estáveis a temperaturas ambientes durante períodos variáveis de tempo. Todos estes alimentos têm valores de Aa relativamente baixos, os quais são atingidos pela retirada de água por dessorção, adsorção e/ou pela adição de aditivos permissíveis, tais como sais e açúcares. Também são caracterizados pela

adição de aditivos umectantes como glicerol, glicol, sorbitol, sacarose e outros, além de seu conteúdo de fungicidas (como sorbato e benzoato).

HIDROCOLÓIDES

Hidrocolóides alimentares são biopolímeros de elevado peso molecular, solúveis ou parcialmente solúveis em água, e que apresentam estruturas químicas diferentes, o que fornece uma série de propriedades funcionais que os tornam amplamente utilizados na indústria de alimentos como agentes gelificantes e de espessamento, emulsionantes, estabilizadores, agentes espumantes, inibidores de sinerese em ciclos de congelamento-descongelamento e agentes de retenção de água. Propriedades estas que auxiliam no controle da microestrutura das células, da textura do produto, do *flavor* e vida de prateleira (ROSSEL *et al.*, 2007; WILLIAMS; PHILLIPS, 2000). O termo 'hidrocolóide' envolve muitos tipos de polissacarídeos que são extraídos de plantas, algas ou microrganismos, bem como as gomas derivadas de exudados de plantas e biopolímeros modificados feitos quimicamente ou por tratamento enzimático do amido da celulose (COULTATE, 2007; RIBEIRO; SERAVALLI, 2004; DICKINSON, 2003).

Além dos carboidratos que possuem característica de gomas, a gelatina é também considerada um hidrocolóide, sendo a única proteína aceita entre este grupo devido ao seu caráter altamente hidrofílico e polidisperso (DICKINSON, 2003).

A Tabela 1 mostra as semelhanças e diferenças existentes entre polissacarídeos e proteínas que apresentam características de gomas alimentícias.

A característica distintiva das gomas é sua grande afinidade pela água e a elevada viscosidade de suas soluções. Ultimamente estas gomas vêm sendo utilizadas em diversos produtos, e em concentrações cada vez menores (cerca de 1% do produto), mas que refletem grande influencia na textura e nas demais características sensoriais, devido à sua capacidade de alterar características mecânicas e geométricas dos alimentos (FUNAMI, 2009; WILLIAMS; PHILLIPS, 2000), através da formação de géis, estabilização de emulsões e espumas, melhoria da textura, prevenção da cristalização dos açúcares, fixação de aroma em ampla gama de alimentos, como produtos

cárneos (salsichas), lácteos (queijos, sorvetes), e de confeitaria e panificação, bebidas, molhos e ainda produtos de preparo instantâneo (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005).

Tabela 1. Características gerais comuns e diferentes entre proteínas e polissacarídeos como biopolímeros funcionais em sistemas alimentares

Similaridades	
Polímeros naturais	
Usados em produtos farmacêuticos, cosméticos e produtos pessoais	
Polímeros ambientalmente ecológicos	
Estrutura complicada	
Comportamento de agregação complexa	
Geleificação/agentes estabilizadores	
Diferenças	
Proteínas	Polissacarídeos
Estruturas amplas	Estruturas semelhantes
Reativa	Não reativo
Monodispersa	Polidisperso
Muitos tipos de segmento	Poucos tipos de segmentos
Cadeia linear	Cadeia linear ou ramificada
Cadeia flexível	Cadeia inflexível
Peso molecular médio	Alto peso molecular
Volume molecular pequeno	Volume molecular grande
Anfifílicas	Hidrofílicos
Tensoativas	Não tensoativos
Polieletrólita	Não iônicos
Emulsificantes/espumas	Espessantes/ retentores de água
Sensíveis a altas temperaturas	Não sensível a temperaturas elevadas
Ligação surfactante forte	Ligação surfactante fraca

Adaptada de DICKINSON (2003)

A estrutura química das moléculas dos hidrocolóides controla as suas propriedades quando em solução. As diferenças entre esses compostos são proporcionadas por sua configuração, distribuição espacial dos monômeros formadores e a presença ou não de ramificações. A dissolução das gomas em meio aquoso irá depender de uma dispersão adequada e das condições físico-químicas do meio, ou seja, pH, presença de íons e temperatura. Quando a goma é solubilizada, as moléculas são capazes de se reorganizar de diferentes maneiras; através da ligação com moléculas de água, denominada de efeito de espessamento, ou pela construção de redes, envolvendo zonas de ligação, denominada de efeito de gelificação (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

Os exemplos mais importantes desse grupo são: gomas guar, algarroba, arábica, de tragacanto, ágar, carragenatos, alginatos, dextrana e xantana (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005).

Formação de géis

Segundo Bemiller e Huber (2010) um gel é uma rede tridimensional contínua de moléculas ou partículas conectadas que retém um grande volume de uma fase líquida contínua, de modo semelhante a uma esponja. Em muitos produtos alimentícios, a rede do gel é constituída por um polímero de moléculas ou por fibrilas constituídas por polímeros de moléculas unidas em zonas de associação por ligação iônica cruzadas, entrelaçamento ou ligações covalentes, associações hidrofóbicas ou forças de Van der Waals. A fase líquida é uma solução aquosa com solutos de baixo peso molecular e porções das cadeias dos polímeros. Embora os géis de polissacarídeos não contenham mais de 1% de polímero, ou seja, podem conter até 99% de água, eles podem ser bastante fortes. Alguns exemplos de géis de polissacarídeos são sobremesas geleificadas, musses gelatinosas, pedaços moldados de frutas, anéis de cebola moldados, geléias e gelatinas, e confeitos em forma de gotas de goma.

A formação de gel a partir de um polissacarídeo é realizada em várias fases. É preciso considerar, que a molécula do polissacarídeo em solução aparece coberta com uma camada monomolecular de água a ela unida por pontes de hidrogênio. Essas moléculas de água estabelecem então pontes de hidrogênio com grupos hidroxila procedentes de outros monossacarídeos, fazendo com que a molécula adote configuração helicoidal (Figura 1 - A) ou de dupla hélice quando as pontes de hidrogênio se estabelecem com caráter intermolecular. As partes da molécula que permanecem estiradas ou que se desdobram por efeito do calor unem-se umas às outras de forma paralela, dando lugar a estruturas cristalinas nas quais a água (Figura 1 - B) é excluída. O mesmo polissacarídeo pode estabelecer uniões com mais de um polissacarídeo, aumentando assim o número de zonas micélicas. Essas reações dão lugar às estruturas de malha ou rede tridimensional, que mantém retido em seu interior as moléculas de água, soltas das zonas cristalinas, resultando no aparecimento do gel (Figura 1 - C) (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005).

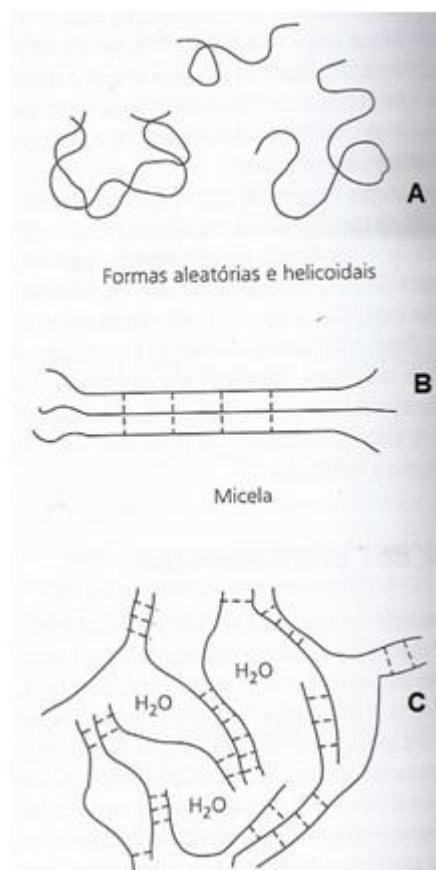


Figura 1. Esquema do processo de formação de géis (ORDÓNEZ *et al.*, 2005).

Assim os géis formados por polissacarídeos vão apresentar os mais diferentes modelos. A Figura 2 (a) mostra uma estrutura de caixa de ovo de ligações cruzadas. As cadeias de polissacarídeos ou seus segmentos são associados em uma formação de pares combinados em uma fita dupla - os íons metálicos, fixando-se no interior das cavidades eletronegativas, como ovos em uma caixa, por isso este esquema é conhecido como “caixa de ovo”. Hidrocolóides que formam géis deste tipo são as pectinas de baixa metolixação e os alginatos. A Figura 2 (b) mostra as ligações cruzadas envolvendo a associação de dupla hélice através de interações fracas como as atrações de Van Der Waals ou pontes de hidrogênio. Quando na presença de cátions que favorecem a formação do gel, essas hélices podem também se agregar através de interações iônicas, como ilustrado pela Figura 2 (c). A Figura 2 (d) descreve um modelo de zona de junção que é proposto para alguns segmentos neutros (WANG; CUI, 2005).

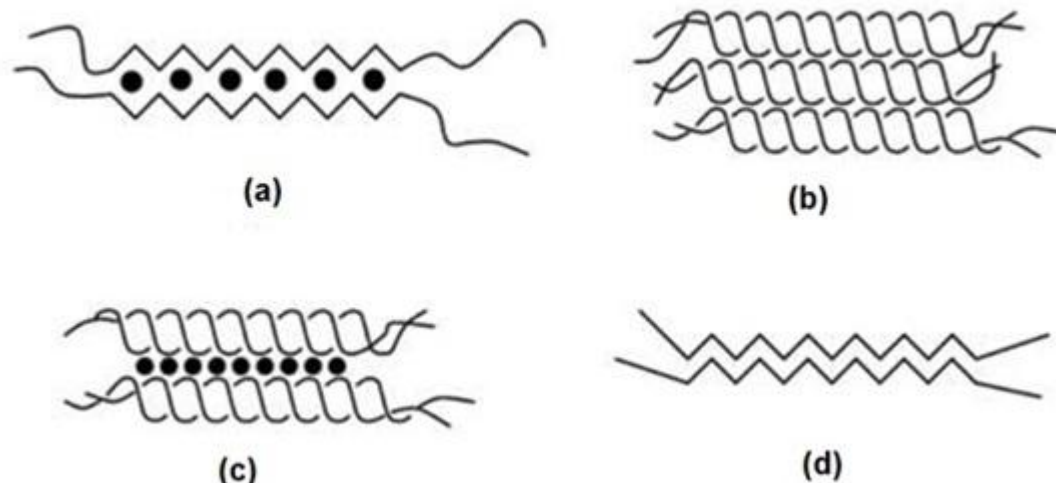


Figura 2. Modelos esquemáticos para zonas de géis de polissacarídeos: (a) junção em caixa de ovo; (b) junção agregada dupla helicoidal; (c) cátion promovendo associação de duplas hélices; (d) associação de fita estendida como a estrutura. Fonte WANG; CUI, (2005).

Os géis protéicos, como o gel de gelatina, são preparados por meio do aquecimento de uma solução protéica moderadamente concentrada. Nesse modo de gelificação, a proteína em estado “sol”, é primeiro transformada em estado “pró-gel” por meio da desnaturação. No primeiro estado - “sol”, o número de grupos de ligação não covalente disponível para a formação da estrutura é limitado. O estado “pró-gel”, no entanto, é um estado de líquido viscoso no qual algum grau de desnaturação protéica e de polimerização já ocorreu. Neste segundo estado um número importante de grupos funcionais - pontes de hidrogênio e grupos hidrofóbicos - que podem formar ligações não covalentes intermoleculares, ficam expostos, de modo que a etapa seguinte pode ocorrer. A conversão do “sol” em “pró-gel” é irreversível, pois ocorrem muitas interações proteína-proteína entre as moléculas desdobradas. O estado de gel protéico é alcançado quando o “pró-gel” é resfriado até a temperatura ambiente ou de refrigeração, e a diminuição da energia cinética térmica facilita a formação de ligações não covalentes estáveis entre grupos funcionais expostos das diversas moléculas (DAMODARAN, 2010).

Os hidrocolóides gelificantes apresentam duas grandes particularidades que os distinguem: a termo sensibilidade e a termo irreversibilidade. Entre os formadores de géis termo sensíveis estão: a gelatina que apresenta géis que são formados em refrigeração, onde as moléculas

sofrem transição hélice-rolô, seguida de agregação de hélices. E a pectina de baixa metoxilação que forma géis na presença de cátions divalentes, especialmente o cálcio, a pH baixo (3,0-4,5); as moléculas são ligadas pelos cátions e o pH baixo reduz as repulsões eletrostáticas. Entre os formadores de géis termo irreversíveis está o alginato que apresenta géis formados pela adição de cátions polivalentes, em especial o cálcio ou a um pH baixo (<4); as moléculas são ligadas pelos íons polivalentes, e os resíduos de ácido gulurônico dão uma combinação formada de ondas (modelo caixa de ovo) que proporcionam um local perfeito para a ligação de cátions (WILLIAMS; PHILLIPS, 2000).

POLISSACARÍDEOS

Polissacarídeos são polímeros condensados por ligações glicosídicas formados a partir de um hemiacetal e de um grupo hidroxila de outra unidade de açúcar, que atua como um aceptor de aglicona. Possuem mais de 20 monossacarídeos. As moléculas de polissacarídeos podem ser lineares ou ramificadas, com exceção de polissacarídeos cíclicos conhecidos como cicloamiloses. Baseado no número de monômeros presentes os polissacarídeos podem ser divididos em duas classes: homopolissacarídeo, que consiste em apenas um tipo de monossacarídeos; e heteropolissacarídeo, que consiste em dois ou mais tipos de unidades de monossacarídeos. A consequente diversidade de polissacarídeos quanto à sua composição faz com que as propriedades dessas moléculas sejam muito distintas daquelas dos monossacarídeos que as constituem; assim, dissolvem-se com mais dificuldade, têm pouco sabor doce e suas reações são muito mais lentas. Os que mais se encontram distribuídos na natureza são o amido, a celulose e as pectinas (reino vegetal) e o glicogênio (reino animal) (IZYDORCZYK, 2005; ORDÓÑEZ *et al.*, 2005).

Na maioria dos vegetais o amido é a principal forma de armazenamento de energia, enquanto que a celulose é o principal componente estrutural extracelular das paredes celulares rígidas e dos tecidos fibrosos e lenhosos das plantas. Os outros polissacarídeos servem como componentes principais das paredes celulares de tecidos vegetais e de microrganismos e de envoltórios de tecidos animais (OETTERER; SARMENTO, 2006).

Os polissacarídeos, assim como os carboidratos de baixa massa molecular, modificam e controlam a mobilidade da água em sistemas alimentícios, sendo que a água desempenha um papel importante, influenciando as propriedades físicas e funcionais dos polissacarídeos. Os polissacarídeos e a água, juntos, controlam muitas propriedades funcionais dos alimentos, incluindo a textura. Polissacarídeos solúveis em água e polissacarídeos modificados, usados em alimentos ou em outras aplicações industriais, são conhecidos como gomas ou hidrocolóides; são comercializadas sob a forma de pó com partículas de tamanho variado (BEMILLER; HUBER, 2010).

Alginato

O alginato é um hidrocolóide encontrado nas algas marinhas marrons (*Phacophyceae*), compreendendo até 40% destas, e na cápsula polissacarídica de bactérias do solo (*Pseudomonas aeruginosa* e *Azobacter vinelandii*). Alginato comercial é um sal, com mais frequência um sal de sódio, de um ácido poliurônico linear, e é produzido principalmente através da alga *Macrocystis pyrifera*, que cresce ao longo da costa da Califórnia nos Estados Unidos, e nas costas de sul a nordeste da América do Sul e costas da Austrália e Nova Zelândia. Outras boas fontes de alginato são *Laminaria hyperborea*, *Laminaria digitata* e *Ascophyllum nodosum* e em menor escala as algas *Laminaria japonica*, *Ecklonia maxima*, *Lessonia nigrescens* e *Sargassum spp.* que crescem ao longo da costa do Atlântico norte dos Estados Unidos, Canadá, França e Noruega (IZYDORCZYK *et al.*, 2005; DRAGET, 2000). A produção é de aproximadamente 30.000 toneladas por ano. Como esta substância é extraída de uma macroalga que pode ser cultivada em grandes extensões, sendo também sua produção por fermentação uma técnica possível, as fontes para sua produção são consideradas quase ilimitadas. A função biológica do alginato nas algas marrons acredita-se que seja de componente-estrutural. A relação entre estrutura e função é refletida na diferença composicional do alginato em diferentes algas ou entre os diferentes tecidos numa mesma planta (DRAGET *et al.*, 2006; DRAGET, 2000).

O Alginato é da família dos copolímeros lineares que apresentam ligações [1,4] ligando resíduos de β -D-ácido manurônico e o α -L-ácido-gulurônico (Figura 3 (a)) e as mais variadas sequências de composições

químicas (DRAGET *et al.*, 2006; SIEW; WILLIAMS, 2005; STOKKE *et al.*, 2000). Assim a molécula de alginato consiste de repetições de unidades de β -D-ácido manurônico (M) ligadas à α -L-ácido-gulurônico (G) através de ligações glicosídicas formando blocos (M) e blocos (G), alternados por blocos (M)(G) (Figura 3 (b)). Os sais de sódio de ácido algínico (-COONa), alginato de sódio, são solúveis em água (IZYDORCZYK *et al.*, 2005).

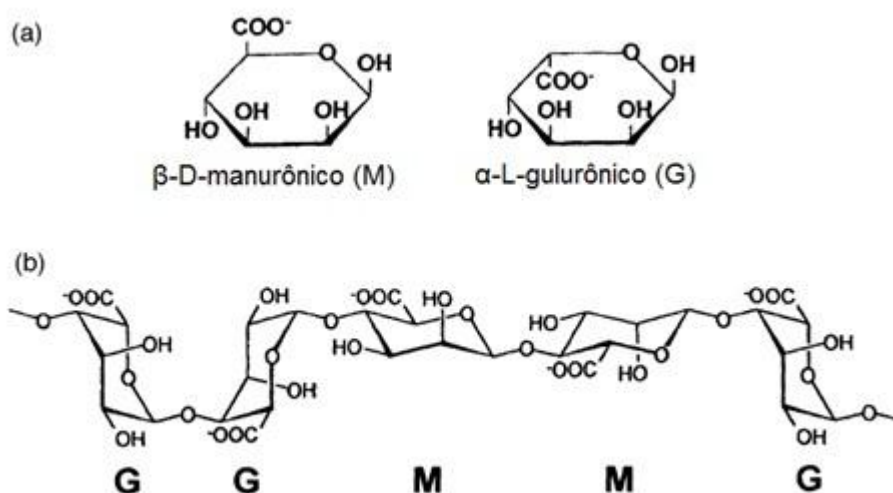


Figura 3. Características estruturais do alginato: (a) monômeros do alginato; (b) conformação da cadeia (DRAGET *et al.*, 2006).

A sequência do ácido manurônico e do ácido gulurônico afetam significativamente as propriedades físico-químicas do alginato. A razão dos resíduos de β -D-ácido manurônico e o α -L-ácido-gulurônico é usualmente 2:1, entretanto pode variar com a espécie da alga, a idade da planta bem como o tipo do tecido do qual o alginato é extraído. Em algas *Laminaria hyperborea* a maior proporção é de blocos de α -L-ácido-gulurônico. Já em alginatos provenientes de bactérias, o conteúdo de α -L-ácido-gulurônico pode variar entre 15 e 90%. Alginatos com maior conteúdo de Blocos G produzem géis de maior força. As propriedades únicas dos alginatos são advindas destas conformações (BEMILLER; HUBER, 2010; IZYDORCZYK *et al.*, 2005). A viscosidade desta substância aumenta o pH abaixo de 4 e também pela presença de íons de cálcio ou cátions polivalentes, com os quais pode formar géis ou filmes (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

Devido às suas propriedades gelificante, de viscosidade e estabilizante, o alginato apresenta aplicações em diversas indústrias como a

farmacêutica, alimentícia, têxtil, e também nas aplicações biotecnológicas (BEMILLER; HUBER, 2010; SMIDSRØD; SKJAK-BRÆK, 1990). Na indústria alimentícia, devido à sua capacidade de formação de gel, este hidrocolóide é muito utilizado na reestruturação de produtos como pudim e outras sobremesas, espessamento em molhos, sopas e sucos naturais e estabilização em sorvete (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

- Formação de géis de Alginato

A gelatinização do alginato pode ser iniciada pela liberação de íons Ca^{2+} . Essa liberação resulta em interações entre os íons cálcio e as regiões de Blocos G da cadeia. As aberturas formadas entre as duas cadeias de Blocos G são cavidades que fixam íons cálcio. O resultado é uma zona de junção que tem sido denominada estrutura tipo caixa de ovo, sendo os íons cálcio comparáveis a ovos dentro de cavidades de caixas. A força do gel vai depender do conteúdo de Blocos G do alginato usado e da concentração de íons cálcio (BEMILLER; HUBER, 2010; SIEW; WILLIAMS, 2005; STOKKE *et al.*, 2000). Os géis de alginato de cálcio podem ser obtidos por preparação por difusão, preparação interna e preparação por resfriamento. A preparação por difusão pode ser usada na elaboração de alimentos estruturados. A preparação por resfriamento envolve a mistura de componentes necessários à formação de um gel em temperatura acima de sua temperatura de fusão, para que a mistura ganhe forma ao ser resfriada. Estes géis são razoavelmente termoestáveis e apresentam pouco ou nenhuma sinerese. Diferente dos géis de gelatina, os de alginato não são temorreversíveis e, semelhante aos géis de carragenanas, não necessitam de refrigeração (BEMILLER; HUBER, 2010).

Diferente da maioria dos polissacarídeos gelificantes, os géis de alginato têm a particularidade de serem usados a frio. Isto implica que os géis de alginato são mais ou menos independentes da temperatura. A cinética do processo de gelificação pode, entretanto, ser modificada por uma mudança na temperatura. As propriedades do gel final também vão mudar se a gelificação ocorrer em temperaturas diferentes. Outra implicação é a termo-irreversibilidade, pois géis de alginato são estáveis ao calor; podendo ser tratados pelo calor sem derreter. Entretanto é necessário ter em mente que os alginatos estão sujeitos a processos químicos degradantes. Um tratamento térmico prolongado em pH baixo ou elevado pode, assim, desestabilizar o gel.

Também, se deve salientar que o alginato é um poli-eletrolítico, o que implica que em condições favoráveis, alginatos podem interagir eletrostaticamente com outros polímeros carregados (por exemplo, proteínas) em sistemas mistos, resultando em uma transição de fase ou um aumento da viscosidade. Esses tipos de interações podem ser utilizados para estabilizar e aumentar as propriedades mecânicas, por exemplo, de alguns alimentos reestruturados (DRAGET, 2000).

Um exemplo deste tipo de alimento são as tiras moldadas de pimenta e recheadas com azeitonas. Na primeira parte do processo o homogenizado de pimenta é primeiro misturado com água, a qual contém uma pequena quantidade de goma guar, como espessante imediato e, em seguida, com alginato de sódio. A mistura é bombeada para uma correia transportadora, sendo gelificada pela adição de íons cálcio. A preparação interna, usada para produtos à base de frutas, envolve a liberação lenta de íons de cálcio para dentro da mistura. A liberação lenta é obtida pela ação combinada de um ácido orgânico levemente solúvel e de um sequestrante de sal de cálcio insolúvel. A preparação por resfriamento envolve a mistura de componentes necessários à formação de um gel em temperatura acima de sua temperatura de fusão, para que a mistura ganhe forma ao ser resfriada. Os géis produzidos são termoestáveis e apresentam pouca ou nenhuma sinerese (BEMILLER; HUBER, 2010).

Pectina

Pectinas são hidrocolóides naturais, do grupo dos polissacarídeos, são heterogêneas e complexas e, junto com a celulose e a hemicelulose, formam o material estrutural das paredes celulares dos vegetais superiores, sendo encontradas na parede celular primária das células vegetais e nas camadas intercelulares (lamela média), contribuindo para a adesão entre as células, firmeza e resistência mecânica do tecido (WILLATTSA *et al.*, 2006; MESBAHI *et al.*, 2005; ORDÓÑEZ *et al.*, 2005; SCHOLS; VORAGEN, 2002).

Este polissacarídeo consiste em uma estrutura de ligações axiais de unidades de ácido α -1, 4-D-galacturônico (aproximadamente 65% da cadeia-domínio homogalacturonana) e contém moléculas de L-ramnose, arabinose, galactose e xilose como cadeias laterais (FISHMAN; COOKE, 2009; MESBAHI *et al.*, 2005; GUMMADI; PANDA, 2003). O grupo carboxílico livre existente nos

resíduos de ácido galacturônico pode estar de forma livre ou em forma de sal de sódio, potássio, cálcio, ou amônia, ou naturalmente esterificados com metanol. Devido a presença de grupos carboxílicos livres, as soluções de pectina apresentam pH ácido; em 1% de solução aquosa de pectina pode ser exibido um pH em torno de 2,7-3,0 (SILVA; RAO, 2006).

Em relação às propriedades físicas das moléculas de pectina em meio aquoso, dependem de suas características químicas, incluindo a sua estrutura e tamanho, bem como as propriedades do solvente (pH, força iônica, presença de co-solutos). A água é um bom solvente para pectinas. Soluções aquosas de até 4% (p/p) podem ser preparadas. A solubilidade em água diminui com a diminuição do grau de metoxilação. Assim a diminuição da solubilidade observada em pectinas com baixa metoxilação pode ser superada através da conversão dos grupos carboxila livres em sais mais solúveis (sais de sódio ou de potássio) (SILVA; RAO, 2006).

Pectinas podem ser encontradas em diferentes tecidos, mas são particularmente abundantes em frutas e tecidos jovens. As principais fontes de pectina comercial são cascas de frutas cítricas, resíduo de extração do óleo e o bagaço, e o resíduo de maçã, resultante da extração do suco. Entre os tipos mais utilizados, a casca de limão ou lima são os preferidos, pois produzem pectinas de melhor qualidade, entretanto a casca da laranja está disponível em quantidades maiores e a pectina extraída pode ser utilizada para muitas aplicações (MAY, 2000). A polpa de maçã seca geralmente contém de 15 a 20% de pectina, enquanto a casca de citrus seca geralmente rende entre 30-35% de pectina. Willams *et al.* (2005) destacam que recentemente tem-se obtido pectina a partir de polpa de beterraba como um subproduto durante a extração do açúcar.

A importância da pectina na tecnologia e processamento de alimentos está associada às suas funções de conferir firmeza, retenção de sabor e aroma, e ao seu papel como hidrocolóide na dispersão e estabilização de diversas emulsões (GANCZ *et al.*, 2006), sendo utilizada comercialmente em processos alimentares como agente espessante ou gelificante (ROUND *et al.*, 2010; WILLATTSA *et al.*, 2006). A formação de gel é a principal característica funcional da pectina e esta depende essencialmente das características do meio no qual está inserida, bem como de sua estrutura e composição química: pH, teores de sólidos solúveis e cátions divalentes, dos

grupos de carboxilas livres (íons carboxilatos), da relação $[\text{COOCH}_3:\text{COO-}]$, dos níveis de pectinas e do seu grau de metoxilação (SIRISOMBOON *et al.*, 2007; GANCZ *et al.*, 2006; SAHARI *et al.*, 2003; CHO, HWANG, 2000).

O percentual do ácido galacturônico que é metoxilado é definido como o grau de metoxilação da pectina, e este pode ser de alta metoxilação ou baixa metoxilação (THIBAUT; RALET, 2003). Assim as pectinas são comercialmente classificadas em pectinas de alto teor de grupos metoxílicos (ATM) quando contém acima de 50% de seus grupos carboxílicos esterificados e de baixo teor de grupos metoxílicos (BTM), quando somente 50%, ou menos, estão esterificados (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005; BOBBIO; BOBBIO, 2001).

- Pectina com Alto Teor de Metoxilação (ATM) e Formação de géis

Pectinas ATM são frequentemente utilizadas como agente gelificante em produtos de fruta, especialmente na fabricação de compotas de frutas e como conservantes. Outra aplicação alimentícia inclui sobremesas lácteas, preparações com iogurte e geléias doces, geléias resistentes ao calor para utilização em produtos de panificação, estabilização de produtos acidificados, sucos de frutas ou refrigerantes (SILVA; RAO, 2006).

As pectinas ATM formam géis em meio ácido apenas na presença de açúcares; as zonas de junção são formadas por ligações cruzadas do ácido galacturônico por pontes de hidrogênio e forças hidrofóbicas entre os grupos metil. O abaixamento do pH (2,2 a 3,0) e a elevada concentração de açúcares (> 60%) facilita este processo, e induz a redução da solvatação (fenômeno que ocorre quando um composto iônico ou polar se dissolve em uma substância polar, sem formar uma nova substância) da pectina, aumentando a interação entre as suas moléculas (WILLATTSA *et al.*, 2006).

- Pectina com Baixo Teor de Metoxilação (BTM) e Formação de géis

As pectinas BTM são produzidas por desesterificação parcial de pectinas naturais através de métodos enzimáticos e químicos, este empregando ácidos, soluções aquosas de álcalis ou amônia e amônia em meio alcoólico à temperatura ambiente (BOBBIO; BOBBIO, 2003). O processo requer controle cuidadoso das taxas relativas de desesterificação e amidação, ao mesmo tempo em que ocorre redução nas taxas de degradação de polímeros da cadeia (MAY, 2000).

A gelificação de pectinas BTM é governada pela interação entre a pectina e íons cálcio. Essas pectinas contêm quantidades maiores de grupos de ácido carboxílico livres, que podem interagir com íons divalentes como o Ca^{2+} , ou de outro metal bi ou trivalente que ficarão ligados covalentemente a grupos OH, resultando na formação de uma rede contínua cristalina tridimensional, onde as moléculas de água e os co-solutos ficam presos em máxima coalescência, que pode ser explicada pelo modelo “caixa de ovo” (Figura 4) semelhante ao proposto para géis de alginato. De acordo com esse modelo duas ou mais cadeias de pectina cooperam num mecanismo de ligação (Figura 5), onde um número adjacente de resíduos são não-metoxilados, formam quelatos de íons Ca^{2+} . Estes íons de cálcio ocupam as cavidades eletronegativas em uma dupla dobra de estrutura de fita de resíduos de ácido galacturônico. Os íons vão atuar como ligantes entre as cadeias de pectina formando a estrutura do gel sem necessidade do açúcar (LOFGREN; HERMANSSON, 2007; SILVA; RAO, 2006; RIBEIRO; SERAVALLI, 2004; BOBBIO; BOBBIO, 2001; MORRIS *et al.*, 1982).

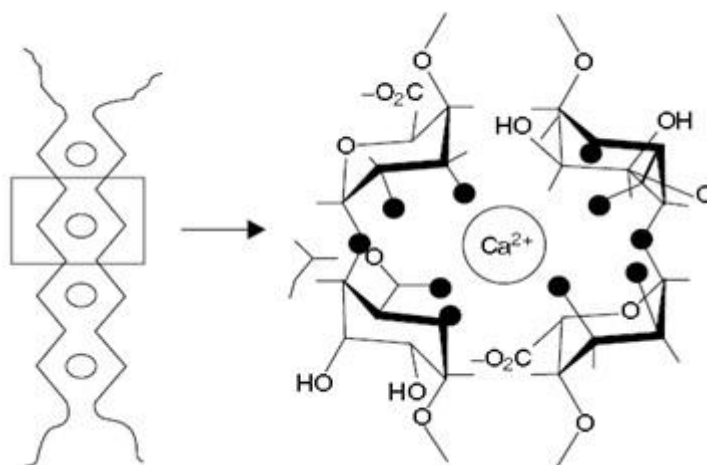


Figura 4. Esquema representativo do modelo “caixa de ovo” para gelatinização da pectina (BRACINNI; PEREZ, 2001).

Assim pectinas BTM podem produzir géis em uma ampla faixa de sólidos solúveis (10-80%), visto que não há necessidade de altas concentrações deste soluto, e em qualquer meio ácido ou menos ácido, a um pH que pode variar de 3,0 à acima de 5,0 (MAY, 2000).

Além do grau de metoxilação, outro importante fator que controla a viscosidade e a geleificação, e, por conseguinte, a solubilidade das pectinas, é o seu peso molecular, que varia entre 30.000-70.000 kDa em pectina de frutos cítricos (MC CREADY, 1970). Os níveis de pectina também são importante fator, sendo necessária sua presença em pelo menos 0,1-1% para que a geleificação ocorra, visto que em quantidades reduzidas, géis frágeis podem ser formados (KERR; WICKER, 2000).

As pectinas de baixa metoxilação são usadas para preparar géis com um nível de sólidos solúveis reduzidos, já que não necessitam de açúcar para promover a gelificação, sendo de grande interesse devido ao valor calórico reduzido. As aplicações na indústria incluem compotas e geléias de baixo teor de açúcar, sobremesas lácteas, onde normalmente a adição de sal de cálcio não é necessária, géis de frutas para uso na fabricação de sorvetes, como revestimentos de alimentos e como agentes espessantes de xaropes de frutas e conservas vegetais (SILVA; RAO, 2006).

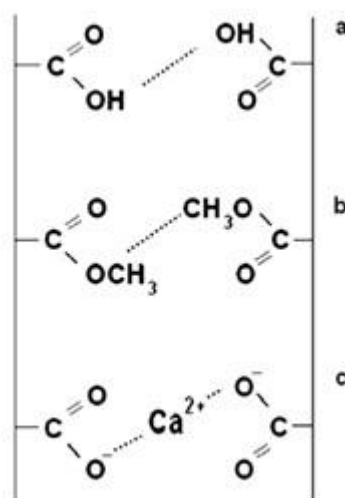


Figura 5. Ligações formadas durante a gelificação da pectina. a: pontes de hidrogênio. b: interações hidrofóbicas; c: interações iônicas entre grupos carboxílicos dissociados (KASTNER *et al.*, 2012).

PROTEÍNAS

As proteínas são polímeros complexos, de pesos moleculares que variam entre 10.000 a vários milhões; são compostas por 21 aminoácidos diferentes interligados por ligações peptídicas. As inúmeras funções biológicas desempenhadas por proteínas não poderiam ser possíveis sem a complexidade de sua composição, o que dá origem a diversas formas

estruturais tridimensionais, com diferentes funções biológicas. Todas as proteínas são essencialmente compostas dos mesmos 21 aminoácidos primários; entretanto, algumas não contêm todos os 21. As propriedades funcionais das proteínas nos alimentos estão relacionadas às suas características estruturais e outras características físico-químicas. (DAMODARAN, 2010; COULTATE, 2007).

A funcionalidade das proteínas é definida pelas propriedades física e química que afetam o seu comportamento no alimento durante o processamento, o armazenamento e a preparação. As suas principais propriedades funcionais são aquelas que tornam as proteínas capazes de contribuir para as características desejáveis de um alimento. Quanto às propriedades física e química que ditam a funcionalidade da proteína têm-se: a sua forma; composição e sequência de aminoácidos; carga líquida e sua distribuição; relação hidrofobicidade/hidrofilicidade; estruturas primária, secundária, terciária e quaternária; flexibilidade/rigidez; e habilidade de reagir com outros componentes (ARAÚJO, 2004; RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

Segundo Ordóñez *et al.* (2005) para que se forme o gel protéico, é necessário que haja desnaturação e agregação posterior de forma ordenada, em que predominem as interações proteína-proteína. Os passos para a obtenção do gel protéico são:

- a) Desnaturação protéica: pode-se conseguir por tratamento térmico, hidrólise enzimática, acidificação ou alcalinização.
- b) Separação das moléculas protéicas: na proteína nativa, os grupos hidrófobos estão voltados para o interior da molécula e ficam descobertos durante a separação, fato que potencializa as interações proteína-proteína.
- c) Interação proteína-proteína.
- d) Agregação posterior.

A geleificação protéica é uma propriedade funcional com grandes aplicações em Tecnologia de Alimentos, já que se aplica não apenas à formação de géis viscoelásticos, mas também para melhorar a absorção de água, a viscosidade, a adesão entre partículas e para estabilizar emulsões e espumas (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005).

Gelatina

O nome “gelatina” vem do latim e descreve sua qualidade mais característica que é a formação de gel em água. As gelatinas não existem na natureza, sendo derivadas das proteínas do colágeno que destroem as estruturas secundárias e superiores com diferentes graus de hidrólise da estrutura polipeptídica principal, ou seja, são obtidas da desnaturação da tripla hélice do colágeno. Em solução com temperatura moderada, as cadeias de gelatina são como bobinas aleatórias, que associam em hélice e gel quando a temperatura diminui (JOLY-DUHAMEL *et al.*, 2002; LEDWARD, 2000).

O colágeno é a matéria-prima básica para produção de gelatina e é o principal constituinte de todo o tecido conectivo branco que ocorre em organismos animais, como cartilagens, tendões, bainhas transparentes ao redor dos músculos e fibras de músculos, pele e couros (GARCIA, 1992). Embora as proporções relativas e sequenciais dos aminoácidos constituintes do colágeno e da gelatina sejam substancialmente os mesmos, as propriedades físicas e químicas das duas proteínas diferem acentuadamente. Por exemplo, em solução ácida ou alcalina, o colágeno ficará hidratado, mas não se dissolve, enquanto que a gelatina se dissolve. Durante o aquecimento (menor que 50°C) a gelatina se dissolve para formar uma solução viscosa em qualquer pH, enquanto que o colágeno apenas encolhe e perde a capacidade de reter água (LEDWARD, 2000).

A obtenção de gelatina pode ocorrer por hidrólise parcial em meio ácido ou alcalino. Os dois tipos possuem pontos isoelétricos diferentes. As gelatinas processadas em meio ácido – Gelatinas tipo A – possuem pontos isoelétricos na faixa de 7-9,4, já as processadas em meio alcalino – Gelatina tipo B – apresentam pontos isoelétricos na faixa de 4,8-5,5. As aplicações industriais para cada tipo de gelatina irão depender do grau de colágeno na matéria-prima. Assim, além das diferenças entre os pontos isoelétricos, as gelatinas ácidas usualmente possuem menor viscosidade que as processadas em meio alcalino (BOBBIO; BOBBIO, 2001; MONTERO *et al.*, 1990).

Para a produção de gelatina comercial podem ser utilizados quaisquer materiais que contenha colágeno, entretanto couros, peles e ossos são as fontes preferidas, sendo os resíduos bovinos (29,4%) e suínos (46%), as fontes mais frequentes deste hidrocolóide, pois demonstram boas qualidades; entretanto outras fontes vêm se tornando cada vez mais relevantes

para a fabricação de gelatina como, ossos e peles de peixes (1,5%); fonte essa que cresceu mais que o dobro entre os anos de 2002 e 2007, indicando que a produção de gelatina a partir de alternativas não-mamíferas está ganhando importância. Além da fonte e do tipo de colágeno, deve-se levar em consideração também a idade do animal, para a produção de gelatina comercial de boa qualidade, visto que todas estas são características intrínsecas que vão determinar as propriedades das gelatinas (GOMEZ-GUILLÉN *et al.*, 2009; GOMEZ-GUILLEN *et al.*, 2002; JOHNSTON-BANKS, 1990).

- Formação de géis de gelatina

A gelificação protéica refere-se à transformação de uma proteína do estado de “sol” para o “estado semelhante a gel”. O calor, as enzimas ou os cátions divalentes em condições apropriadas facilitam essa transformação. Todos esses agentes induzem a formação de uma estrutura de rede, no entanto, os tipos de interações covalentes e não covalentes envolvidos, bem como o mecanismo de formação da rede, podem diferir de maneira considerável (DAMODARAN, 2010).

A formação de gel, viscosidade e textura são propriedades intimamente relacionadas e determinadas principalmente pelo tamanho, estrutura molecular e temperatura do sistema. Durante a gelificação de colágeno no processo de agregação da molécula do colágeno e formação de fibrilas, há indução do processo por mudanças na força iônica, pH e temperatura. Ocorre então uma fase de latência onde os agregados primários (dímeros e trímeros de moléculas de colágeno) são nucleados. Depois a agregação microfibrilar começa com a agregação das laterais de sub-unidades até que o equilíbrio seja atingido (GÓMEZ-GUILLÉN, 2011). Em contraste com o colágeno, em temperaturas acima de 35-40°C soluções de gelatinas se comportam como bobinas aleatórias, levando a um número considerável de configurações transitórias, no resfriamento, abaixo de 30°C, ocorre a agregação da solução e em concentrações acima de 1%, dependendo da qualidade da gelatina e do pH, forma-se um gel transparente. São formados mecanismos de tripla hélice semelhantes as do colágeno, no entanto o equilíbrio não é alcançado. O processo de gelificação, tanto do colágeno quanto da gelatina é termo-reversível, mas em direções opostas: géis de

colágeno derretem, baixando a temperatura, enquanto géis de gelatina derretem, aumentando a temperatura. Esta propriedade torna a gelatina um ingrediente alimentar muito útil e único, uma vez que estes géis derretem na boca (GÓMEZ-GUILLÉN, 2011; LEDWARD, 2000).

Alguns outros hidrocolóides também têm características termo-reversíveis, entretando eles geralmente derretem em temperaturas mais altas. Já as sobremesas feitas com gelatina podem fornecer a variedade na textura e comportamento de fusão do gel, oferecendo a oportunidade para o desenvolvimento de novos produtos (ZHOU; REGENSTEIN, 2007). Há também a possibilidade de utilização da gelatina com outros hidrocolóides como: pectina, amido, goma arábica em doces. E com essas misturas podem-se obter géis de diferentes características (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

COMBINAÇÃO ENTRE HIDROCOLÓIDES

Misturas de hidrocolóides são comumente utilizadas para conferir ou melhorar certas características reológicas dos produtos alimentícios, bem como para reduzir os custos. A seleção cuidadosa do tipo e da concentração dos hidrocolóides a serem misturados leva a uma ampla formação de texturas e géis. Hidrocolóides de cargas opostas (proteína abaixo do ponto isoelétrico e polissacarídeo aniônico) estão propensos à associar-se e formar um precipitado, dando origem a um gel. Se os dois hidrocolóides não se associam, em baixas concentrações eles aparecem como uma única fase homogênea, enquanto que em concentrações mais altas, se separam em duas fases líquidas enriquecidas cada uma com um dos hidrocolóides (WILLIAMS; PHILLIPS, 2000).

Interação entre Pectina e Alginato

Pectina e alginato formam géis mistos em condições em que nenhum dos dois puros poderiam formar, ou seja, na ausência de Ca^{2+} e em elevada atividade de água (WALKENSTRÖM *et al.*, 2003). Em géis mistos formados por pectina e alginato foi observada maior elasticidade nas misturas com predominância do alginato. As estruturas semelhantes entre as cadeias de pectina galacturônica e os blocos de ácido gulurônico do alginato parece ser fator determinante para explicar a interação sinérgica, pois permite o

desenvolvimento de uma ligação intermolecular destes polissacarídeos (THOM *et al.*, 1982). O efeito da gelificação foi também relacionado com a distribuição sequencial dos dois monômeros na cadeia de alginato, e foi sugerido que os blocos de pelo menos quatro resíduos do ácido L-gulurônico são necessários para a gelificação (TOFT *et al.*, 1986; THOM *et al.*, 1982).

Interação entre Pectina e Gelatina

Segundo Farris *et al.* (2009), as propriedades dos géis pectina-gelatina têm sido mostradas como fortemente dependentes do pH da mistura da reação e do equilíbrio de carga (determinada pela relação pectina e gelatina), que irão influenciar o grau de associações eletrostática e interações iônicas no sistema de gelificação. Estes autores propuseram o desenvolvimento de um biofilme integrado "hidrogel", de gelatina e pectina, baseando-se na formação de hidrogéis permanentes de polyion, compostos por uma rede primária de gelatina que ligava e envolvia as regiões na qual a pectina estaria ligada a gelatina, através de ligações iônicas.

Interação entre Alginato e Gelatina

Panouillé e Larreta-Garde (2009), estudando o comportamento da gelatinização da mistura de gelatina e alginato, contendo também D (+) - Ácido glucônico dilactone (GDL), ácido etilenodiaminotetracético di-sal tetrasodium (Na_4EDTA , $(\text{H}_2\text{O})_2$) e cloreto de cálcio (CaCl_2), verificaram que nesta solução o gel de alginato é o primeiro a ser obtido por complexação do alginato com íons de cálcio, sendo o gel de gelatina formado posteriormente, por resfriamento da mistura. Estes autores observaram também que a formação do co-gel alginato/gelatina é muito sensível a condições experimentais, tais como temperatura dos polímeros, ou concentrações de cálcio e força iônica, o que pode modificar o comportamento de ambos os polímeros. Sendo a formação do gel de alginato, quando na presença de gelatina, muito dependente da temperatura. Para uma mistura contendo 1% de alginato e 1,5% de gelatina, em 4 ou 20°C, um gel é formado após respectivamente, 30 minutos e 3 horas, sugerindo que o gel é resultado da formação de uma rede de gelatina. Entretanto, comparando-se com o controle apenas de gelatina a 20°C, a presença de alginato favoreceu a gelatinização da gelatina. Quando a mistura

de ambos os hidrocolóides é colocada a 40°C, um estado de gel ainda é observado apesar do derretimento do gel de gelatina, provavelmente constituído por uma rede de alginato.

Assim estes hidrocolóides, alginato, pectina e gelatina, podem ser utilizados eficientemente na indústria alimentícia, desempenhando funções como a gelatinização e a modificação da textura de novos produtos, como a fruta estruturada que pode ser desenvolvida com frutas tropicais, fazendo surgir desta forma um novo nicho de mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEDEJI, J.; HARTMAN, T. G.; ROSEN, R. T.; HO, C. T. Free and glycosidically bound aroma compounds in Hog Plum (*Spondias mombin* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 39, 1494–1497, 1991.
- ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEM, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, 2011, doi:10.1016/j.foodres.2011.03.051.
- ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; FONSECA, M. L.; FONSECA, M. L.; MAGALHÃES, C. E. C.; LOPES, M. F. G.; LEMO, T. L. G. Avaliação de macro e microminerais em frutas tropicais cultivadas no nordeste brasileiro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 29(3): 581-586, jul.-set. 2009.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2004.
- ASSIS, S. A.; LIMA, D. C.; OLIVEIRA, O. M. M. F. Activity of pectinmethylesterase, pectin content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. **Food Chemistry**, v.74, p.133-137, 2001.
- AUGUSTO, F.; VALENTE, A. L. P.; TADA, E. S.; RIVELLINO, R. S. Screening of Brazilian fruit aromas using solid-phase microextraction–gas chromatography–mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, 873, 117–127, 2000.
- AVITIA, G. E.; CASTILLO-GONZÁLEZ, A. M.; PIMIENTA-BARRIOS, E. **Ciruela mexicana y otras especies del género *Spondias* L.** Universidad Autónoma Chapingo. México. 2000. 75 p.
- AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S.; MOREIRA, G. E. G.; FARIAS, V. L.; BRUNO, L. M. Effect of drying and storage time on the physico-chemical properties of mago leathers. **International Journal of Food Science and Technology**, 41, 635–638, 2006.
- BEMILLER, J. N.; HUBER, K. C. Carboidratos. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4º ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. Cap. 3.
- BICAS, J. L.; MOLINA, G.; DIONÍSIO, A. P.; BARROS, F. F. C.; WAGNER, R.; MARÓSTICA, M. R.; PASTORE, G. M. Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. **Food Research International** (2011), doi:10.1016/j.foodres.2011.01.012.
- BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução a química de alimentos**. 3. ed. rev. e atual. São Paulo: Varela, 2003. 238 p.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do Processamento de Alimentos**. 3º ed. São Paulo: Varela, 2001.

BRACCINI, I.; PEREZ, S. Molecular basis of Ca²⁺-induced gelation in alginates and pectins: the egg-box model revisited. **Biomacromolecules**, 2, 4, 1089 2001.

CARVALHO, A. V. **Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de estruturados de frutas funcionais a partir de polpa de açaí e “mix” de taperebá com mamão**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007.

CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. de A., VASCONCELOS, M. A. M. de Aproveitamento da casca do bacuri para fabricação de um novo produto. **Comunicado técnico 209**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008.

CEVA-ANTUNES, P. M. N., BIZZO, H. R., SILVA, A. S., CARVALHO, C. P. S., & ANTUNES, O. A. C. Analysis of volatile composition of siriguela (*Spondias purpurea* L.) by solid phase microextraction (SPME). **Lebensmittel Wissenschaft & Technology**, 39, 436–442, 2006.

CHO, Y. J.; HWANG, J. K. Modeling the yield and intrinsic viscosity of pectin in acidic. **Journal of Food Engineering**, 44, 85-89, 2000.

COSTELL, E; TRUJILLO, C; DAMASIO, M. H ; DURAN, L. texture of sweet orange gels by free-choice profiling. **Journal of Sensory Studie**, v.10, p. 163-179, 1995.

COULTATE, T. P. **Alimentos: a química de seus componentes**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CUEVAS-SÁNCHEZ, J. A. Jocote, ciruelo (*Spondias purpurea* L.). Pp. 109-113. In: **Cultivos Marginados**. Otra perspectiva de 1492. H.J.E. Bermejo y León (eds.). Colección FAO: Producción y protección Vegetal No.26, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia, 1992.

DAMODARAN, S. Aminoácidos, Peptídeos e Proteínas. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4° ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. Cap. 5.

DE ASSIS, S. A.; VELLOSA, J. C. R.; BRUNETTI, I. L.; KHALIL, N. M.; LEITE, K.M. D. C.; MARTINS, A. B. G.; OLIVEIRA, O. M. M. F. Antioxidant activity, ascorbic acid and total phenol of exotic fruits occurring in Brazil. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, 60, 439–448, 2009.

DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. **Food Hydrocolloids**, 17, 25-39, 2003.

DRAGET, K. I. Alginates. In: PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. (Edited) **Handbook of hydrocolloids**. England: Wood head Publishing Limited, 2000. cap. 22.

DRAGET, K. I.; MOE, S. T.; SKJAK-BRAED, G.; SMIDSRØD, O. Alginates. In: STEPHEN, A. M.; PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. **Food Polysaccharides**

and their applications. Second Edition. Taylor and Francis Group, LLC, 2006, cap. 9.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. Agricultural Production, primary crops. In: FAO, 2006. Disponível em <URL: <http://www.fao.org.br>>. Acesso em: julho, 2010.

FARRIS, S.; SCHAICH, K. M.; LIU, L.; PIERGIOVANNI, L.; YAM, K. L. Development of polyion-complex hydrogels as an alternative approach for the production of bio-based polymers for food packaging applications: a review. **Trends in Food Science and Technology**, 20, 8, 316-332, 2009.

FELIPE, G. **Frutas: sabor à primeira mordida.** São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.

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

FELLOWS, P. **Food Processing Technology: principles and practice.** 2 ed. England: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2000.

FISHMAN, M. L.; COOKE, P. H. The structure of high-methoxyl sugar acid gels of citrus pectin as determined by AFM. **Carbohydrate Research**, 1992-1797, 2009.

FIZMAN, S. M.; DURAN, L. Effect of fruit pulps and sucrose on the compression response of different polysaccharides gel systems. **Carbohydrate Polymers**, v. 17, n. 1, p. 11-17, 1992.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos.** São Paulo: Atheneu, 2008.

FREIRE, F. C. O.; FILGUEIRAS, H. A. C. **Mancha-de-oidio em frutos de cirigueira: uma ocorrência inédita no Brasil.** In: Embrapa, 2000. Disponível em: <www.cnpat.embrapa.br> Acesso em dez./2010.

FREITAS, S. M. L. **Utilização de alginato de sódio em texturizados de suco misto de laranja e cenoura de valor energético reduzido.** 1999. 110 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

FUNAMI, T. Functions of Food Polysaccharides to Control the Gelatinization and Retrogradation Behaviors of Starch in an Aqueous System in Relation to the Macromolecular Characteristics of Food Polysaccharides. **Food Science and Technology Research**, 15, 557-568, 2009.

GANCZ, K.; ALEXANDER, M.; CORREDIG M. In situ study of flocculation of whey protein-stabilized emulsions caused by addition of high methoxyl pectin. **Food Hydrocolloid**, 20, 293-298, 2006.

GARCIA, T. Características, estruturas e aplicações de gelatina e interações com hidrocolóides polissacarídeos. In: FERREIRA, V. L. P.; SOLER, M. P. (Coordenação Técnica) **Curso sobre as propriedades de hidrocolóides e aplicações**. Campinas, 1992. p. 38-48.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008.

GLOLELLI, L. A.; PITOMBO, R. N. de M. Conservação de Alimentos pelo Controle da Umidade. IN: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de Tecnologia de Alimentos**. Volume 3. São Paulo: Atheneu Editora, 1998.

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; GIMÉNEZ, B.; LÓPEZ-CABALLERO, M. E.; MONTERO, M. P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. **Food Hydrocolloids**, 25, 1813-1827, 2011.

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; PÉREZ-MATEOS, M.; GÓMEZ-ESTACA, J.; LÓPEZ-CABALLERO, E.; GIMÉNEZ, B.; MONTERO, P. Fish gelatin: a renewable material for the development of active biodegradable films. **Trends in Food Science and Technology**, 20, 3-16, 2009.

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; TURNAY, J.; FERNANDEZ-DIAZ, M. D.; ULMO, N.; LIZARBE, M. A.; MONTERO, P. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. **Food Hydrocolloids**, 16, 1, 25-34, 2002.

GRIZOTTO, R. K.; AGUIRRE, J. M. DE; MENEZES, H. C. de. Frutas estruturadas de umidade intermediária obtidas de polpas concentradas de abacaxi, manga e mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 691-697, 2005.

GRIZOTTO, R. K.; BERBARI, S. A. G.; MOURA, S. C. S. R.; CLAUS, M. L. Estudo da vida-de-prateleira de fruta estruturada e desidratada obtida de polpa concentrada de mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 709-714, 2006.

GUMMADI, S. N.; PANDA, T.; Purification and biochemical properties of microbial pectinases – a review. **Process Biochemistry**, 38, 987-996, 2003.

IZYDORCZYK, M. Understanding the chemistry of food carbohydrates. In: CUI, S. W. (Edited) **Food carbohydrates: chemistry, physical properties, and applications**. Boca Raton: CRC Press, 2005. cap. 1.

JAY, J. M. **Microbiologia dos alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

JOHNSON, P. D. Acerola (*Malpighia glabra* L., *Malpighia puniceifolia* L., *Malpighia glabra* DC.): Agriculture, production and nutrition. **World Review of Nutrition and Dietetics**, 91, 67-75, 2003.

JOHNSTON-BANKS, F. A. Gelatin. In P. Harris (Ed.), Food gels. London: Elsevier Applied Science Publishers, p. 233-289, 1990.

- JOLY-DUHAMEL, C.; HELLIO, D.; DJABOUROV, M. All gelatin networks: 1. Biodiversity and physical chemistry. **Langmuir**, 18(19), 7208–7217, 2002.
- KASTNER, H.; EINHORN-STOLL, U.; SENGE, B. Structure formation in sugar containing pectin gels – Influence of Ca^{2+} on the gelation of low-methoxylated pectin at acidic pH. **Food Hydrocolloids**, 27, 42-49, 2012.
- KERR, W. L.; WICKER, L. NMR proton relaxation measurements of water associated with high methoxy and low methoxy pectins. **Carbohydrate Polymers**, 42, 133-141, 2000.
- LEDERMAN, I. E.; SILVA JÚNIOR, F. da; BEZERRA, J. E. F.; LIRA JÚNIOR, J. S. da. Potencialidade das espécies de *Spondias* no desenvolvimento da fruticultura brasileira. In: LEDERMAN, I. E.; SILVA JÚNIOR, F. da; BEZERRA, J. E. F.; LIRA JÚNIOR, J. S. da./ Editores técnicos ***Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécies afins***. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA/UFRPE, 2008.
- LEDWARD, D. A. Gelatin. In: PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. (Edited) **Handbook of hydrocolloids**. England: Wood head Publishing Limited, 2000. cap. 4.
- LINS, A. C. de A. **Desenvolvimento de fruta estruturada com umidade intermediária obtida de polpas concentradas de três genótipos de cajazeira (*Spondias mombim* L.)**. Recife, 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.
- LOFGREN, C.; HERMANSSON, A. Synergistic rheological behaviour of mixed HM/LM pectin gels. **Food hydrocolloids**, 21, 480-486, 2007.
- LORENZI, H., BACHER, L., LACERDA, M., & SARTORI, S. (2006). **Brazilian fruits & cultivated exotics**. Brazil: Instituto Plantarum, 2006, 672p.
- MACIEL, M. I. S.; MELO, E. A.; LIMA, V. A. A. G.; SILVA, W. S.; MARANHÃO, C. M. C.; SOUZA, K. A. Características sensoriais e físico-químicas de geléias mistas de manga e acerola. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos (CEPPA)**, Curitiba, v. 27, n. 2, p. 247-256, jul./dez. 2009.
- MAN, Y. B. C.; JASWIR, I.; YUSOF, S.; SELAMAT, J. SUGISAWA, H. Effect of different dryers and drying conditions on acceptability physic-chemical characteristics of durian leather. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 21, n. 5, p. 425-441, 1997.
- MARINO NETTO, L. **Acerola, a cereja tropical**. São Paulo: Nobel, 1986.
- MARTÍNEZ, L. C. Producción de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. 2001. 71 p.
- MAY, C. D. Pectins. . In: PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. (Edited) **Handbook of hydrocolloids**. England: Wood head Publishing Limited, 2000. cap. 10.

- McCREADY, R. M. **Pectin**. In: JOSELYN, M. A. **Methods in food analysis**. Academic Press, 2nd edition, cap. XIX, p. 565-599, 1970.
- MEDEIROS DE AGUIAR, T.; RODRIGUES, F. D. S.; RIBEIRO DOS SANTOS, E.; SABAA-SRUR, A. U. D. O. Chemical characterization and evaluation of the nutritional value of *Malpighia punicifolia* seeds. **Nutrire**, 35, 91-102, 2010.
- MESBAHI, G.; JAMALIAN, J.; FARAHNAKY, A. A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. **Food Hydrocolloid**, 19, 731-738, 2005.
- MEZADRI, T.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M. S.; VILLANO, D.; GARCÍA-PARRILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M. The acerola fruit: composition, productive characteristics and economic importance. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, 56, 101-109, 2006.
- MILLER, A., & SCHAAL, B. **Domestication of a Mesoamerican cultivated fruit tree, *Spondias purpurea***. PNAS, 102, 12801-12806, 2005.
- MONTERO, P.; BORDERÍAS, J.; TURNAY, J.; LEYZARBE, M. A. (1990). Characterization of hake (*Merluccius merluccius* L.) and trout (*Salmo irideus* Gibb) collagen. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 38, 3, 604-609, 1990.
- MORRIS, E. R.; POWELL, D. A.; GIDLEY, M. J.; REES, D. A. Conformations and interactions of pectins. 1. Polymorphism between gel and solid states of calcium polygalacturonate. **Journal of Molecular Biology**, 155(4), 507-516, 1982.
- MORTON, J. **Purple Mombin**. In: **Fruits of warm climates**. Miami, FL, p. 242-245, 1987.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; SILVA JUNIOR, J. F. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 463-470, 2002.
- OETTERER, M.; SARMENTO, S. B. S. Propriedades dos açúcares. IN: OETTERER, Marília; REGITANO-D'ARCE, Marisa Aparecida, B.; SPOTO, Marta Helena F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimento**. Barueri, SP: Manole, 2006.
- ORDOÑEZ, J. A.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVARES, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. de F.; PERALES, L. de la H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de alimentos**. v. 1 Componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- PANOUILLE, M.; LARRETA-GARDE, V. Gelation behaviour of gelatin and alginate mixtures. **Food Hydrocolloids**, 23, 1074-1080, 2009.
- PÉREZ, L. A., SAUCEDO, V. C., ARÉVALO, G. M. L., MURATALLA, L. A. Efecto del grado de madurez en la calidad y vida postcosecha de ciruela

- mexicana (*Spondias purpurea* L.). **Revista Fitotecnia Mexicana** 27: 133-139, 2004.
- PINO, J. A.; MARBOT, R. Volatile flavor constituents of acerola (*Malpighia glabra* DC.) fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 49, 5880–5882, 2001.
- PINTO, A. C. Q. Seriguela, fruta exótica com crescente valor no mercado. **Informativo SBF**, v.16, n.3, p 23–24, 1997.
- PREZOTTO, L. L. Agregação de Valor. **Projeto Organização da Produção da Confederação Nacional dos trabalhadores na Agricultura – CONTAG**. Caderno nº 2. Abril, 2003.
- REID, D. S.; FENNEMA, O. Água e Gelo. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4º ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. Cap. 2.
- RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, A. G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher: Instituto Mauá de Tecnologia, 2004.
- ROSSEL, C. M.; COLLAR, C.; HAROS, M. Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab. **Food Hydrocolloids**, 21, 452-462, 2007.
- ROUND, A. N.; RIGBY, N. M.; MACDOUGALL, A. J.; MORRIS, V. J. A new view of pectin structure revealed by acid hydrolysis and atomic force microscopy. **Carbohydrate Research**, 487–497, 2010.
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 nontraditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, 121, 996–1002, 2010.
- SACRAMENTO, C. K.; SOUSA, F. X. **Cajá (*Spondias mombin* L.)**. FUNEP, Jaboticabal, 2000. 52p. (Série Frutas Nativas, n. 4).
- SAHARI, A. L.; AKBARIAN, A.; HAMED, M. Effect of variety and acid washing method on extraction yield and quality of sunflower head pectin. **Food Chemistry**, 83, 43-47, 2003.
- SCHOLS, H. A.; VORAGEN, A. G. J. In **Pectins and their Manipulation**; SEYMOUR, G. B., KNOX, J. P., Eds.; Blackwell Publ. Ltd: Oxford, UK, 2002; pp 1–29.
- SIEW, C. K.; WILLIAMS, P. A. New insights into mechanism of gelation of alginate and pectin: charge annihilation and reversal mechanism. **Biomacromolecules**, 6(2), 963–969, 2005.
- SILVA, J. A.; RAO, M. A. Pectins: Structure, functionality and uses. In: STEPHEN, A. M.; PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. **Food Polysaccharides**

- and their applications.** Second Edition. Taylor and Francis Group, LLC, 2006, cap. 11.
- SIRISOMBOON, P.; TANAKA M.; FUJITA S.; KOJIMA, T. Evaluation of pectin constituents of Japanese pear by near infrared spectroscopy. **Journal of Food Engineering**, 78, 701-707, 2007.
- SMIDSRØD, O.; SKJAK-BRÆK, G. Alginate as immobilization matrix for cells. **Trends Biotechnology**, 8 71–78, 1990.
- SOUSA, R. P.; FILGUEIRAS, H. A. C.; COSTA, J. T. A.; ALVES, R. E.; OLIVEIRA, A. C. Armazenamento da ciriguela (*Spondia purpurea* L.) sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 3, p. 334-338, 2000.
- SOUZA, F. X. de. **Spondias agroindustriais e os seus métodos de propagação**. Embrapa-CNPAT, documentos, 27. Fortaleza: Embrapa-CNPAT /SEBRAE/CE, 1998. 26p.
- SPEIRS, J.; BRADY, C. J. Modification of gene expression in ripening fruit. **Australian Journal of Plant Physiology**, 18, 519–532, 1991.
- SPOTO, M. H. F. Desidratação de Frutas e Hortaliças. IN: OETTERER, Marília; REGITANO-D'ARCE, Marisa Aparecida, B.; SPOTO, Marta Helena F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimento**. Barueri, SP: Manole, 2006.
- STOKKE, B. T.; DRAGET, K. I.; SMIDSRØD, O.; YUGUCHI, Y.; URAKAWA, H.; KAJIWARA, K. Small-angle X-ray scattering and rheological characterization of alginate gels. 1. Ca-alginate gels. **Macromolecules**, 33(5), 1853–1863, 2000.
- Tabela brasileira de composição de alimentos/NEPA-UNICAMP.- Versão II.** -- 2. ed. -- Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2006. 113p.
- THIBAULT, J. F.; RALET, M. C. Physico-chemical properties of pectins in the cell walls and after extraction. In A. G. J. Voragen, H. Schols, & R. Visser (Eds.), *Advances in pectin and pectinase research* (pp. 91–105). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003.
- THOM, D.; DEA, I. C.; MORRIS, E. R.; POWELL, D. A. Interchain association of alginate and pectins. **Progress in Food and Nutrition Science**, 6, 97–108, 1982.
- TOFT, K.; GRASDALEN, H.; SMIDSRØD, O. Synergistic gelation of alginates and pectins. In: FISHMAN, M. L.; JEN, J. J. (Eds.), **Chemistry and functions of pectins** (pp. 117–132). Washington, DC: American Chemical Society, 1986.
- VIJAYANAND, P.; YADAV, A. R.; BALASUBRAMANYAM, N.; NARASHIMHAM, P. Storage stability of guava fruit bar prepared using a new process. **Lebensmittel Wissenschaft & Technology**, v. 33, p. 132-137, 2000.

WALKENSTRÖM, P.; KIDMAN, S.; HERMANSSON, A-M.; RASMUSSEN, P. B.; HOEGH, L. Microstructure and rheological behavior of alginate/pectin mixed gels. **Food Hydrocolloides**, 17, 593-603, 2003.

WANG, Q.; CUI, S. W. Understanding the physical properties of food polysaccharides. In: CUI, S. W. (Edited) **Food carbohydrates: chemistry, physical properties, and applications**. Boca Raton: CRC Press, 2005. cap. 4.

WANNAN, B. S. Analysis of generic relationships in Anacardiaceae. *Blumea*, 51, 165–195, 2006.

WILLATTS, W. G. T.; KNOX, P. F.; MIKKELSEN, J. D. Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. **Journal of Trends in Food Science & Technology**, 17, 97–104, 2006.

WILLIAMS, P. A.; PHILLIPS, G. O. Introduction to food hydrocolloids. In: PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. (Edited) **Handbook of hydrocolloids**. England: Wood head Publishing Limited, 2000. cap. 22.

WILLIAMS, P. A.; SAYERS, C.; VIEBKE, C.; SENAN, C.; MAZOYER, J.; BOULENGUER, P. Elucidation of the emulsification properties of sugar beet pectin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 53, 3592–3597, 2005.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M. de T.; TONZAR, A. C.; MORIYA, S.; FERNANDES, J. G. Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 1, p. 92-94, 2003.

ZHOU, P.; REGENSTEIN, J. M. Comparison of water gel desserts from fish skin and pork gelatins using instrumental measurements. **Journal of Food Science**, 72, 4, 196-201, 2007.

CAPÍTULO II

Artigo I: Otimização do processo de estruturação de polpa de ciriguela

RESUMO

A cirigueleira, frutífera que é extensivamente encontrada nas áreas tropicais e subtropicais da América, apresenta grande importância social e econômica nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, e tem grande aceitação sensorial devido ao sabor exótico. Os frutos podem ser consumidos *in natura* ou utilizados na produção de uma variedade de produtos processados, diversificando assim as formas de consumo destes. A polpa estruturada de fruta vem sendo estudada por diversos pesquisadores e produzida com qualidade com uma variedade de frutas, como abacaxi, mamão, açaí, manga; podendo ser utilizada como um produto de confeitaria ou consumida da forma como se apresenta. Este trabalho teve por objetivo otimizar os parâmetros para a estruturação de polpa de ciriguela, avaliando os efeitos da combinação de diferentes hidrocolóides nas características do gel de fruta, bem como avaliar a aceitabilidade do produto, visando a ampliação do aproveitamento industrial desta fruta. As formulações foram desenvolvidas utilizando planejamento experimental, tendo como variáveis independentes as concentrações de alginato, pectina e gelatina e como respostas a firmeza, o pH, a atividade de água, os sólidos solúveis, a diferença de cor e a razão firmeza/diferença de cor. A metodologia de superfície de resposta foi utilizada para a avaliação dos resultados. Os produtos e a polpa *in natura* de ciriguela foram avaliados quanto às determinações físico-químicas, análise sensorial, composição centesimal e microbiológica. Os resultados do planejamento experimental demonstraram que a variável dependente de maior influência no desenvolvido deste produto foi a razão firmeza/diferença de cor, sendo todos os hidrocolóides, bem como a interação entre alginato e gelatina, fatores de influência nesta variável. Após a análise sensorial de três diferentes ensaios do produto, apenas a formulação desenvolvida com concentrações médias de alginato, pectina e gelatina, apresentou percentual de aceitação sensorial maior que 70%. Esta formulação demonstrou boas características físico-químicas, composição centesimal e microbiológica, apresentando-se desta forma como uma alternativa inovadora para a utilização da ciriguela em um novo produto que apresenta boa viabilidade tecnológica.

Palavras-chave: fruta estruturada, gelatina, pectina, alginato, ciriguela.

ABSTRACT

The red mombin plant, fruit that is widely found in tropical and subtropical areas of America, has great social and economic importance in the North and Northeast of Brazil, and have great sensory acceptance due to the exotic flavor. The fruit can be eaten raw or used in the production of a variety of processed products, so diversifying the forms of consumption. The restructuring of fruit pulp has been studied by several researchers and it's been produced with quality using a variety of fruits such as pineapple, papaya, acai, mango, which may be used as a confectionery or consumed the way it's obtained. This study aimed to optimize the parameters for the structure of red mombin pulp, evaluating the effects of the combination of different hydrocolloids on the characteristics of fruit gel, and assess the acceptability of the product, aiming to expand the industrial utilization of this fruit. The formulations were developed through experimental design; the independent variables were the concentrations of alginate, pectin and gelatin, and the dependent variables were firmness, pH, water activity, soluble solids, color difference and the reason firmness/color difference. The response surface methodology was used to evaluate the results. The products and the fresh pulp of red mombin were evaluated for physico-chemical measurements, sensory analysis, chemical composition and microbiological. The results of the experimental design showed that the dependent variable most influential in developing this product was the reason firmness/color difference, and all hydrocolloids, as well as the interaction between alginate and gelatin, factors affecting this variable. After the sensory analysis of three different trials of the product, only the formulation developed with average concentrations of alginate, pectin and gelatin presented sensory acceptance percentage greater than 70%. This formulation showed good physical-chemical, microbiological and chemical composition, thus presenting itself as an innovative alternative to the use of red mombin in a new product that has good technological feasibility.

Key words: restructured fruit, gelatin, pectin, alginate, red mombin.

INTRODUÇÃO

O gênero *Spondias* pertence à família Anacardiaceae e é extensivamente encontrado nas áreas tropicais da América, África e Ásia. Compreendendo 17 espécies, este gênero apresenta endocarpo fibroso e folhas com uma nervura intramarginal (CEVA-ANTUNES *et al.*, 2006; MILLER; SCHAAL, 2005; AUGUSTO *et al.*, 2000). A cirigueleira (*Spondias purpurea* L.), uma das mais conhecidas espécies deste gênero, é uma árvore nativa das florestas subtropicais e semi-áridas da Mesoamérica. As árvores de 3 à 10 metros produzem frutos do tipo drupa oval, macia e brilhosa, que dependendo do estágio de maturação e da variedade, podem variar grandemente a coloração do verde ao amarelo, laranja, vermelho e violeta. Os frutos são consumidos maduros ou imaturos com sal, com ou sem casca, crus, cozidos, secos, em sobremesas, como conserva ou como bebida (MILLER; SCHAAL, 2005; PIMENTA-BARRIOS; RAMÍRES-HERNÁNDES, 2003).

A ciriguela é uma fruta com um sabor exótico e com grande aceitação no mercado, sendo considerada de alto potencial por seu baixo custo de produção e por se adaptar bem em solos empobrecidos, entretanto raras vezes é comercializada para mercados distantes por sua alta perecibilidade (PÉREZ *et al.*, 2004; CUEVAS-SÁNCHEZ, 1992). Desta forma, as novas tecnologias de processamento e conservação dos alimentos são de grande importância, pois além de aumentarem a vida de prateleira, contribuindo para a manutenção das características microbiológicas e sensoriais, ainda possibilitam o desenvolvimento de novos produtos com bom valor nutricional a partir da fruta *in natura*, tornando-a, assim, mais conhecida e apreciada.

Dentre as técnicas de processamento, a estruturação de polpa de frutas utilizando hidrocolóides alimentícios vem ganhando destaque por utilizar matérias-primas de baixo custo, e/ou frutas que estejam fora da classificação para comercialização *in natura*, bem como os excedentes de produção dos períodos de safra, que seriam por vezes desperdiçados (GRIZOTTO *et al.*, 2005). Os estruturados de fruta são obtidos do purê da fruta, devidamente formulado para obtenção de um produto nutritivo, com boa textura, sabor e cor, utilizando gelificação; aspecto que ajuda na retenção das características nutricionais e sensoriais (MORLEY; SHARMA, 1986). Esses produtos podem ser utilizados na formulação de produtos de confeitaria, alimentos congelados

ou mesmo consumidos como se apresentam, similar às barras de frutas (VIJAYANAND *et al.*, 2000).

Apesar de já conhecida, a tecnologia de produção de polpas estruturadas de frutas usando hidrocolóides alimentícios ainda não está totalmente estabelecida (GRIZOTTO *et al.*, 2007), pois dependendo de sua natureza e teor adicionado, a polpa de fruta poderá enfraquecer demasiadamente o gel formado, podendo até mesmo promover o seu colapso (WEINER; NUSSINOVITCH, 1994). Assim o objetivo desta pesquisa foi otimizar os parâmetros para a estruturação de polpa de ciriguela, avaliando os efeitos da combinação de diferentes hidrocolóides nas características do gel de fruta, bem como avaliar a aceitabilidade do produto, visando a ampliação do aproveitamento industrial desta fruta.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Os frutos de ciriguela, no estágio maduro, com coloração variando entre amarelo escuro e laranja, foram obtidos na Central de Abastecimento de Pernambuco – CEASA – PE, localizada na Cidade do Recife – Pernambuco – Brasil. Os frutos foram lavados, sanitizados e a polpa extraída por despulpadeira de pás (Bonina Compacta) e embalada em sacos de polietileno com aproximadamente 800 g e imediatamente congelados a -18 °C.

Os hidrocolóides utilizados para a estruturação da polpa foram alginato de sódio (VETEC Química Fina), pectina de baixa metoxilação (CPKelco) e gelatina 180 Bloom (Rousselot Gelatinas do Brasil). Entre os coadjuvantes tecnológicos utilizados: fosfato de cálcio bibásico anidro (CaHPO_4) (VETEC Química Fina), glicerol ($\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})$) (CAQ Casa da Química) e sacarose refinada (Usina União).

Processo de Estruturação

A proporção de hidrocolóides utilizada no processo de estruturação seguiu um planejamento fatorial completo 2^3 , com 3 pontos centrais e 6 axiais, totalizando 17 ensaios (Tabela 1).

Inicialmente adicionou-se glicerina à polpa de fruta num percentual de 10% do peso da polpa, e com base no teor de sólidos solúveis, calculou-se

a quantidade de açúcar necessária para alcançar 50°Brix. A polpa foi então aquecida a 60°C e posteriormente transferida para um becker de plástico onde adicionou-se a combinação de açúcar e hidrocolóides (gelatina, alginato e pectina), procedendo-se então a mistura com auxílio de um agitador mecânico digital (TE – 039/1 - Tecnal). Após 10 minutos de agitação, adicionou-se 5 g de fosfato de cálcio suspensos em 5 ml de água destilada e a mistura foi agitada por mais 5 minutos. A polpa foi estruturada em placas de Petri (10 cm de diâmetro e 5 cm de profundidade) e mantidos a 10°C por 24 horas para completar a gelificação do produto (Figura 1).

Planejamento Experimental

Para estudar os efeitos dos hidrocolóides alginato (A), pectina (P), e gelatina (G), que representam as variáveis independentes, sobre a firmeza (F), atividade de água (A_w), sólidos solúveis (SS), pH e diferença de cor (ΔE), razão firmeza/diferença de cor ($F/\Delta E$) – variáveis dependentes, no estruturado de ciriguela foi utilizada a metodologia de superfície de resposta, conforme descrita por Rodrigues e lemma (2009). Utilizou-se um planejamento fatorial completo 2^3 , com 3 pontos centrais e 6 axiais ($\pm 1,68$), totalizando 17 ensaios, como mostrado na Tabela 2, com seus valores codificados e reais.

Os ensaios geraram um modelo quadrático, onde o valor das variáveis dependentes Y é função das variáveis independentes, conforme descreve a Equação 1:

$$Y : \varphi (F, A_w, SS, pH, \Delta E, F/\Delta E) = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 P + \beta_3 G + \beta_{11} A^2 + \beta_{22} P^2 + \beta_{33} G^2 + \beta_{12} AP + \beta_{13} AG + \beta_{23} PG$$

(Equação 1)

Onde β_n são os coeficientes de regressão, Y é a resposta em questão (F, A_w , SS, pH, ΔE e $F/\Delta E$) e A, P e G são as variáveis independentes codificadas (concentração de alginato, concentração de pectina e concentração de gelatina, respectivamente).

Cada variável independente foi estudada em 5 níveis (demonstrando uma maior varredura), sendo as faixas de variação entre o limite inferior e superior de cada variável estabelecidas com base na literatura e em ensaios

preliminares. A análise de variância (ANOVA), a determinação dos coeficientes de regressão e a geração das superfícies de respostas foram realizadas utilizando o software *Statistica* na versão 7.0.

Análises físico-químicas

A polpa da fruta *in natura* foi submetida às seguintes determinações físico-químicas, de acordo com a AOAC (2002): pH, sólidos solúveis (°Brix) e acidez titulável (expressa em ácido cítrico, g.100 g⁻¹. Utilizando NaOH 0,1M e fenolftaleína como indicador). Para o pH foi utilizado um potenciômetro (Tec-3MP, Tecnal), e para os sólidos solúveis utilizou-se refratômetro de bancada Atago (N-1 Brix 0~32% ou N-26 Brix 28~62%).

A cor para posterior quantificação da diferença de cor entre a polpa *in natura* e a fruta estruturada foi mensurada utilizando-se Colorímetro Minolta (CR-400, Konica Minolta, Sensing Inc.), operando em sistema CIELAB (L*a*b*), Através dos parâmetros L*, a* e b*, calculou-se a diferença média de cor, segundo a Equação 2:

$$\Delta E: \sqrt{(L^* - L_o^*)^2 + (a^* - a_o^*)^2 + (b^* - b_o^*)^2}$$

(Equação 2)

Onde: ΔE^* é a diferença total de cor; L_o^* e L^* são as luminosidades das amostras de polpa fresca e do estruturado, respectivamente; a_o^* e a^* são as intensidades da cor vermelha das amostras de polpa fresca e do estruturado, respectivamente; b_o^* e b^* são as intensidades da cor amarela das amostras de polpa fresca e do estruturado, respectivamente.

A Fruta estruturada também foi submetida a todas as determinações supracitadas, além da umidade, mensurada em balança de infravermelho (Marconi-ID50); atividade de água, determinada em aparelho analisador de atividade de água (Aqualab 4TE, Decagon Devices) à 25°C; firmeza medida em texturômetro (CT-3 Brookfield, Braseq) com sonda cilíndrica TA10 (12,7mm Clear Acrylic 5 g, 35 mm length with Sharp edge. Gelatin Bloom Probe) e base Fixture (TA-BT-Kit), conforme metodologia descrita no manual de aplicações. As configurações utilizadas para o teste foram: “Modo de compressão” no tempo 60 segundos, com a opção “Segurar até o momento” com 1 mm/s de

velocidade de ensaio e de 20 mm de distância da amostra. Uma vez que a força de acionamento de 5 g foi atingida, a força máxima foi registrada e a sonda passou a comprimir a amostra a 40% da altura original. Os valores de firmeza expressos em gramas representam a média de três picos de força máxima, com seus respectivos desvios-padrão.

Análise Sensorial

As três formulações de fruta estruturada de ciriguela que apresentaram as melhores características físico-químicas, a partir do planejamento experimental, foram submetidas à avaliação sensorial no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciências Domésticas/Universidade Federal Rural de Pernambuco (DCD/UFRPE).

Para a realização deste teste a presente pesquisa foi previamente liberada para coleta de dados e posteriormente aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos da Universidade de Pernambuco (CEP/UPE N° 235/11) (ANEXO).

O teste sensorial da fruta estruturada de ciriguela foi realizado utilizando um teste afetivo de aceitabilidade com participação de 54 julgadores adultos de ambos os sexos, prováveis consumidores, não treinados. As amostras foram servidas identificadas com códigos de três dígitos, distribuídas aleatoriamente e servidas à temperatura de 25°C. Foram oferecidas água (Santa Joana, Recife, PE, Brasil) e bolacha água (Vitarela, Prazeres, Jaboatão dos Guararapes, PE) para limpeza do palato entre cada amostra.

Os julgadores avaliaram os atributos preferência global, sabor, odor, cor e textura, utilizando escala hedônica estruturada de sete pontos (1 : desgostei muito; 7 : gostei muito) e de intenção de compra (1 : certamente não compraria; 5 : certamente compraria) (STONE; SIDEL, 1998) (APÊNDICE A).

Calculou-se o índice de aceitabilidade para cada um dos atributos avaliados utilizando metodologia descrita por Teixeira, Meinert e Barbetta (1987), sendo consideradas aceitas as formulações que apresentaram um índice de aceitabilidade igual ou superior a 70%.

Composição centesimal

A polpa *in natura* e a fruta estruturada de ciriguela foram submetidas às análises de: umidade e substâncias voláteis (método 935.29 g/100g), proteínas (Nx 6.25- 991.20-33.2.11 - g/100g), lipídeos (963.15-31.4.02 - g/100g) e cinzas (930.22-32.3.08 - g/100g), de acordo com AOAC (2002). A análise de carboidratos (g/100g) e o valor calórico total – V.C.T. (Kcal/100g) foram determinados por cálculos utilizando Atwater system (MERRILL; WATT, 1973).

Análises Microbiológicas

A fruta estruturada de ciriguela foi submetida à análise microbiológica para bolores e leveduras (UFC/g) (Método 997.02), Coliformes a 45°C (NMP/g) (Método 966.24) e *Salmonella* spp/25g (Método 967.26) seguindo metodologia da AOAC (2002).

Análise Estatística

Os dados obtidos na pesquisa foram avaliados pela Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey, utilizando o software *Statística* na versão 7.0, a um nível de significância de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A polpa de ciriguela utilizada para a produção da fruta estruturada de ciriguela apresentou as seguintes características físico-químicas: sólidos solúveis de $14 \pm 0,00^\circ\text{Brix}$; pH em torno de $3,30 \pm 0,02$; acidez titulável de $0,77 \pm 0,00$ g/100 g; e razão sólidos solúveis/acidez titulável de $18,23 \pm 0,00$. Os valores encontrados para estas determinações estão próximos aos valores relatados na literatura por Lira Júnior *et al.* (2010), com valores de SS, AT e razão SS/AT que variaram entre $16,47^\circ\text{Brix}$ (Genótipo IPA-2) e $23,87^\circ\text{Brix}$ (Genótipo IPA-11); 0,73% (Genótipo IPA-1) e 1,15% de ácido cítrico (Genótipo IPA-11), 20,76% (Genótipo IPA-11) e 26,58% (Genótipo IPA-1), respectivamente, e por Koziol e Macía (1998) que encontraram para polpa de ciriguela valor de pH de 3,29.

A Tabela 2 apresenta os valores de firmeza, pH, atividade de água, sólidos solúveis, diferença de cor e razão firmeza/diferença de cor para a fruta estruturada de ciriguela obtidos a partir da matriz do planejamento experimental.

Firmeza

Os ensaios 8 e 17 mostrados na Tabela 1 (matriz do planejamento codificado e decodificado para formulação da fruta estruturada de ciriguela) apresentaram os maiores valores de firmeza com 346,33 g e 377,66 g, respectivamente. Ambos apresentam maiores concentrações de gelatina. Os ensaios 6 e 7, que também apresentam concentrações elevadas de gelatina, também demonstraram valores de firmeza altos, em relação aos demais ensaios. Observa-se, assim, o importante efeito da gelatina na firmeza da fruta estruturada.

A Tabela 3 descreve os coeficientes de regressão, a partir da matriz codificada, sendo os termos lineares associados à letra L e os termos quadráticos com a letra Q. Os efeitos dos fatores (L) e (Q) e da interação em **negrito** são significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

Os valores dos efeitos estimados indicam a influencia de cada fator sobre a resposta estudada. Quanto maior é o seu valor, maior também é a sua influência sobre a resposta. Um efeito positivo indica que ao passar de um valor mínimo ($-\alpha$) a um valor máximo da variável ($+\alpha$), a resposta aumenta. Já um efeito negativo indica que ao passar de um valor mínimo ($-\alpha$) para o valor máximo ($+\alpha$), a resposta diminui.

O valor de t indica o quão grande é a variável em relação ao seu desvio. Quanto maior o valor de t, maior a probabilidade de a variável ser estatisticamente significativa. O coeficiente p relaciona-se ao nível de significância da variável independente sobre a resposta em estudo. Para um intervalo de confiança de 95% tem-se que os valores de p menores ou iguais a 5% ou 0,05 são considerados estatisticamente significativo. Caso contrário não há significância.

A Tabela 3 mostra que os valores de Alginato (Q), Pectina (Q), Gelatina (L) e a interação Pectina x Gelatina são significativos ($p \leq 0,05$), e serão, portanto utilizados no modelo de predição.

Os coeficientes de regressão do modelo reparametrizado são apresentados na Tabela 4. A Tabela 5 apresenta os resultados da análise de variância (ANOVA).

O valor de $F_{calculado}$ da regressão em relação aos resíduos deve ser o maior possível, pois indica que a variação é explicada pela regressão e não pelos resíduos. Entretanto, para que a regressão seja considerada estatisticamente significativa, o $F_{calculado}$ deve ser pelo menos 3 a 4 vezes maior que o $F_{tabelado}$.

Como $F_{calculado}$ para a regressão é altamente significativo e a porcentagem de variação explicada (r^2) pelo modelo foi boa, cerca de 90%, conclui-se que o modelo se ajusta bem aos dados experimentais.

A equação a seguir descreve a firmeza (F) prevista pelo modelo em função das variáveis codificadas, no modelo reparametrizado que contém apenas os termos estatisticamente significativos:

$$\text{Firmeza: } 204,70 - 25,2491 A_1^2 - 34,8154 P_2^2 + 100,6899 G_3^2 + 32,00 P_2G_3$$

(Equação 3)

Onde: A: alginato (g/100g); P: pectina (g/100g); G: gelatina (g/100g)

Os gráficos de superfície de resposta e as curvas de nível gerados a partir do modelo são apresentados na Figura 2 e confirmam a análise anterior dos dados, mostrando que com a utilização de concentrações médias de alginato e pectina (interação) têm-se maiores valores de firmeza. Com valores mais elevados de gelatina têm-se maiores firmezas e maiores concentrações de pectina ou alginato propiciam valores menores para esta variável.

Grizotto, Aguirre e Menezes (2005) encontraram valores de firmeza que variaram entre $38,16 \pm 1,37$ g e $416,39 \pm 41,29$ g para estruturados de polpa de abacaxi; $343,94 \pm 8,05$ g e $2955,03 \pm 672,36$ g para estruturados de polpa de manga; e $1379,80 \pm 191,57$ g a $4107,05 \pm 785,18$ g para estruturados de polpa de mamão, utilizando separadamente pectina e alginato de sódio, respectivamente, nas formulações. Os autores determinaram valores de firmeza acima de 240 g para géis de alginato e 1300 g para géis de pectina como indicadores de valores mínimos necessários para a estruturação, baseando-se nas propriedades de corte do produto obtidas dos resultados experimentais.

Valores de firmeza (gramas) para fruta estruturada e desidratada obtida a partir de polpa de mamão concentrada utilizando planejamento experimental e metodologia de superfície de resposta, desenvolvida por Grizotto *et al.* (2005) variaram entre 77,53 g e 1567,46 g, e mostraram que os valores, previstos pelo modelo, aumentaram sensivelmente com aumento das concentrações de pectina e alginato. Os autores citam ainda que o progresso na firmeza é mais sensível quando os aumentos em pectina e alginato são iguais.

Assim, deve-se levar em consideração a interação dos hidrocolóides com cada polpa de fruta e com seus componentes, como a pectina e amido existentes na composição da polpa, pois podem formar géis de forças diferenciadas, promovendo estruturados de fruta mais firmes ou mais maleáveis.

Estudando fruta estruturada desenvolvida com polpa de açaí, Carvalho (2007) encontrou valores de firmeza em gramas bastante elevados em grande parte dos ensaios realizados, que apresentaram um máximo de 1435,4 g quando utilizadas concentrações médias de alginato e pectina, e máxima de gelatina. O menor valor de firmeza foi observado quando utilizadas baixas concentrações de todos os hidrocolóides.

Grizotto *et al.* (2007) estudando fruta estruturada desenvolvida a partir de polpa concentrada de abacaxi, encontraram valores de firmeza (gramas) que variaram entre 45,30 g e 1723,07 g. Os autores concluíram que a firmeza do produto variou com as concentrações de alginato e pectina (hidrocolóides utilizados na estruturação), ou seja, quanto maiores suas concentrações, mais elevada a firmeza.

Comparando-se os valores de firmeza deste estudo com a literatura já citada, observa-se que a fruta estruturada de ciriguela obteve valores dentro da faixa relatada para frutas.

pH

Os resultados para a variável pH em relação aos coeficientes de regressão e a interação entre as variáveis, bem como o erro, o coeficiente t e a significância estatística para a Fruta estruturada de ciriguela são apresentados na Tabela 6.

Os valores de Alginato (L), Pectina (L), Pectina (Q) e Gelatina (L) em negrito foram significativos ($p \leq 0,05$). Os valores de Alginato (L) e Gelatina (L) apresentaram uma contribuição positiva em relação ao pH e o aumento de suas concentrações resulta em aumento do valor do pH nos estruturados, enquanto que os valores de Pectina (L) e (Q) demonstram uma contribuição negativa, ou seja, um aumento na concentração de pectina resulta em menores valores de pH.

Os coeficientes de regressão do modelo reparametrizado são apresentados na Tabela 7. A Tabela 8 apresenta os resultados da análise de variância (ANOVA).

Verifica-se que a regressão é significativa e o valor dos resíduos não significativo. O valor de r^2 indica que 83% da variabilidade na resposta pode ser explicada pelo modelo. O Fcal apresentou um valor de 15,40, sendo o valor de Ftab (3,36) menor que o Fcal. Desta forma o modelo reparametrizado para o pH é considerado preditivo.

O modelo proposto para a variável pH é apresentado na Equação 4:

$$\text{pH: } 4,174408 + 0,047168 A_1 - 0,036654 P_2 - 0,052274 P_2^2 + 0,088991 G_3$$

(Equação 4)

Onde: A: alginato (g/100g); P: pectina (g/100g); G: gelatina (g/100g)

Em fruta estruturada de açaí, Carvalho (2007) encontrou valores de pH que variaram entre 5,12 e 5,56, valores superiores aos encontrados no presente estudo. Pode-se observar que tanto nessa pesquisa quanto no presente estudo, os valores de pH dos estruturados foram superiores aos das polpas de fruta. Assim o pH da polpa de açaí relatado por Carvalho (2007) foi de $4,89 \pm 0,0058$ e o pH observado neste estudo para polpa de ciriguela foi de $3,30 \pm 0,02$. Verifica-se, então, que a adição de hidrocolóides à polpa de fruta para produção de fruta estruturada pode elevar o pH do produto final.

Ainda, segundo Carvalho (2007), observou-se que o estruturado de açaí tornou-se menos ácido à medida que os percentuais de alginato nas formulações aumentaram, uma vez que a medida do pH é inversamente proporcional à da acidez.

Azeredo *et al.* (2006) relataram valor de 3,8 para pH de couro de manga (produto similar a fruta estruturada) e ressaltaram que este valor está abaixo do limite para o crescimento microbiano, que é de 4,0, e que aliado a baixa atividade de água do produto (0,62), este conseguiu vida de prateleira de 6 meses, sem a adição de conservantes químicos.

Grizotto, Aguirre e Menezes (2005) relataram valores de pH entre 3,61 e 3,67 para géis de pectina e entre 3,87 e 3,92 para géis de alginato, ambos desenvolvidos com polpa de abacaxi. Os géis produzidos com polpa de manga obtiveram valores de pH entre 3,48 e 3,59, para aqueles produzidos com pectina, e entre 3,87 e 3,89 para os produzidos com alginato. Já os géis produzidos com polpa de mamão apresentaram valores de pH 3,76, para os estruturados desenvolvidos com pectina e entre 3,89 e 3,96 para os produzidos com alginato.

No presente estudo os valores para pH variaram entre 3,94 e 4,36 e estão próximos aos relatados pelos diferentes autores já citados, demonstrando ser essa faixa de variação comum e adequada para estes produtos.

Os gráficos de superfície de resposta e as curvas de nível geradas a partir do modelo estão apresentados na Figura 3, e mostram que, com a utilização de concentrações mais elevadas de alginato e gelatina têm-se maiores valores de pH. Já para maiores valores de pectina têm-se a resposta contrária, menores valores de pH.

Atividade de água

Verificou-se que nenhum dos valores lineares ou quadráticos dos coeficientes de regressão para atividade de água apresentou termos significativos. Entende-se, então, que os hidrocolóides, alginato, pectina e gelatina, não apresentam qualquer influência sobre a atividade de água da fruta estruturada de ciriguela, inviabilizando assim a obtenção de um modelo baseado nessa característica. Isso pode ser explicado comparando-se a média e desvio padrão para os ensaios de 1 a 8 e de 12 a 17, formados por vários níveis de fatores, que foi de $0,81 \pm 0,02$, e a média e o desvio padrão para as três repetições do ponto central de $0,80 \pm 0,00$. O desvio padrão para as replicatas dos pontos centrais é quase o mesmo para os ensaios em que os

níveis de fatores variaram com grande amplitude. Assim, o desvio padrão para o planejamento fatorial pode ser explicado apenas pelo erro experimental.

Oliveira *et al.* (2010) em estudo sobre a elaboração e caracterização de estruturado obtido de polpa concentrada de cupuaçu, seco em estufa de circulação de ar, encontraram valores de atividade de água para as três formulações desenvolvidas de $0,60 \pm 0,001$; $0,57 \pm 0,001$ e $0,55 \pm 0,002$. Carvalho *et al.* (2011) determinaram atividade de água entre 0,56 e 0,89 para estruturados mistos de cajá e manga, e Collins e Washam-Hutsell (1987) determinaram valores entre 0,48 e 0,58 para estruturados de batata doce. Todos estes estudos apresentavam a etapa de secagem no desenvolvimento do produto.

Para estruturados de abacaxi, manga e mamão desenvolvidos por Grizotto, Aguirre e Menezes (2005) utilizando pectina de baixa metoxilação ou alginato de cálcio, sem a etapa de secagem, foram determinados valores de atividade de água entre 0,85 a 0,93 para estruturados de abacaxi, 0,85 a 0,91 para estruturados de manga e 0,89 a 0,92 para estruturados de mamão. Valores estes que são superiores aos observados para estruturados produzidos com a mistura de alginato, pectina e gelatina.

Os valores de atividade de água determinados neste estudo (0,77 a 0,84) estão dentro da faixa de alimentos de umidade intermediária e apresentam-se abaixo dos valores determinados para os estruturados de abacaxi, manga e mamão (GRIZOTTO; AGUIRRE; MENEZES, 2005), uma vez que também não apresentam a etapa adicional de secagem.

Sólidos Solúveis

Com a análise do planejamento experimental, observou-se que para o teor de sólidos solúveis, os valores ajustados dos modelos linear e quadrático e as interações entre as variáveis, o único termo significativo foi Gelatina (L). Após a eliminação dos efeitos não significativos, o valor de r^2 indicou que apenas 42,72% da variabilidade na resposta era explicada pelo modelo, sendo esse valor muito baixo para gerar um modelo útil para fins preditivos. Desta forma as superfícies de resposta e as curvas de nível não foram geradas.

Oliveira *et al.* (2010) relataram valores de ss para estruturados de cupuaçu que variaram entre 58,67 e 61,33 °Brix. Carvalho (2007) apresenta valores de SS entre 42,67 e 67,67 °Brix para estruturado de açaí. Grizotto *et al.*

(2005) em análise de fruta estruturada obtida de polpa concentrada de mamão, encontraram variação de sólidos solúveis entre 42,2 e 44,7 °Brix, estando estes valores numa faixa intermediária aos encontrados nos estruturados de cupuaçu e açaí.

Grizotto, Aguirre e Menezes (2005) determinaram teores de sólidos solúveis para estruturados de abacaxi, manga e mamão que variaram entre 50,3 a 51,9; 51,00 a 55,6; e 43,00 a 53,47, respectivamente.

No presente estudo o teor de sólidos solúveis variou entre 30,33 (ensaio com maior percentual de gelatina) e 54,33 (ensaio com menor percentual de gelatina), valores estes dentro da faixa reportada para polpas reestruturadas de outros frutos.

A adição de sacarose à polpa de fruta, para o processo de estruturação não só auxilia na correção de valor de sólidos solúveis, como também, segundo Nussinovitch, Kolpeman e Mizrahi (1991) irá aumentar a atração intramolecular do polímero, facilitando a formação do gel.

Diferença de cor

Os coeficientes de regressão dos fatores lineares (L), quadráticos (Q) e as interações entre as variáveis, bem como o erro experimental, o coeficiente t e a significância estatística sobre a diferença de cor na fruta estruturada de ciriguela, estão apresentados na Tabela 9. Os valores em negrito são significativos ($p \leq 0,05$).

O efeito Gelatina linear foi o único considerado significativo para esta variável dependente, apresentando uma contribuição positiva, ou seja, quanto maior a concentração de gelatina maior a diferença de cor.

Os coeficientes de regressão do modelo reparametrizado são apresentados na Tabela 10. A Tabela 11 apresenta os resultados da análise de variância (ANOVA).

O valor de r^2 indica que 76% da variabilidade na resposta para diferença de cor pode ser explicada pelo modelo. A relação para a regressão (MQ regressão/MQ resíduo) apresentou um valor de 46,52 e o valor de Fcal foi maior que o Ftab, sinalizando um modelo válido e útil para fins preditivos, sendo apresentado a seguir na Equação 5:

$$\Delta E: 13,19738 + 3,84374 G_3$$

(Equação 5)

Onde: G: gelatina g/100g

Observou-se menores diferenças de cor (4,11 e 8,61) quando foi utilizado menores concentrações de gelatina. Assim os ensaios 3 e 16, com concentrações de gelatina de 100 e 66 g/Kg de polpa, respectivamente, apresentaram as menores variações na coloração, assemelhando-se mais à polpa fresca.

Nas superfícies de resposta e curvas de nível (Figura 4) geradas através do modelo reparametrizado, observa-se a confirmação da análise dos efeitos realizada anteriormente, permitindo a melhor visualização da resposta para os parâmetros estudados. Observa-se que para qualquer variação na concentração de alginato ou pectina, à medida que se utiliza concentrações maiores de gelatina resulta em maiores valores de ΔE no estruturado.

Grizotto, Aguirre e Menezes (2005) observaram que após o processo de concentração as polpas de abacaxi e manga não apresentaram alteração na luminosidade (L^*). Entretanto a concentração minimizou o tom amarelo-esverdeado da polpa *in natura* de abacaxi (a^* : -3,96; b^* : +14,69) que foi modificado para amarelo-avermelhado (a^* : -0,05; b^* : +23,84). Já para a polpa de manga foi observada uma acentuação na cor avermelhada (a^* : +4,21) e uma não alteração da cor amarela, com b^* permanecendo em +36. Os autores não quantificaram a cor da polpa de mamão por falta de material.

Em estudo sobre a concentração e processo de secagem de suco e estruturado de uva, Maskan, Kaya e Maskan (2002) observaram mudanças na cor durante o processo de concentração, onde os parâmetros, a (cor que varia de amarelo a verde) e b (cor que varia de vermelho a azul) aumentaram e o parâmetro L (luminosidade) diminuiu. Para os autores essa mudança deve-se à degradação de antocianinas presentes no suco da fruta, durante o aquecimento; e entre os processos de secagem para o estruturado, a secagem por ar quente apresentou maiores influências na cor do que a secagem solar, devido à aplicação de temperaturas mais elevadas, demonstrando que a energia solar apresenta efeito menos destrutivo na coloração do produto.

Huang e Hsieh (2005) ao estudarem o desenvolvimento de couros de pêra, observaram um aumento no valor de L e uma redução no valor de a

com o aumento da adição do xarope de glicose, que devido a sua transparência dilui a cor do produto final.

Razão Firmeza/Diferença de cor

A variável razão firmeza/diferença de cor vai auxiliar na tomada de decisão para estabelecer quais os melhores ensaios para a análise sensorial do produto. Para firmeza deseja-se maiores valores e para a diferença de cor, menores valores. Assim os maiores valores desta razão vão mostrar os ensaios em que temos as respostas desejadas para ambas as variáveis.

Os coeficientes de regressão dos fatores lineares (L), quadráticos (Q) e as interações entre as variáveis, bem como o erro experimental, o coeficiente t e a significância estatística ($p \leq 0,05$), sobre a diferença de cor na Fruta estruturada de ciriguela estão apresentados na Tabela 12. Os efeitos dos fatores (L) e (Q) e a interação em negrito são significativos a 95% de confiança.

Os efeitos Alginato (Q), Pectina (Q), Gelatina (L) e a interação Alginato e Gelatina foram considerados significativos ($p \leq 0,05$) para esta variável dependente.

Os coeficientes de regressão do modelo reparametrizado são apresentados na Tabela 13. A Tabela 14 apresenta os resultados da análise de variância (ANOVA).

O valor de r^2 indica que 84,46% da variabilidade na resposta para a razão firmeza/diferença de cor pode ser explicada pelo modelo. A relação para a regressão (MQ regressão/MQ resíduo) apresentou um valor de 17,35 e o valor de Fcal foi maior que o Ftab, sinalizando um modelo válido e útil para fins preditivos, sendo apresentado a seguir na Equação 6:

$$\text{Firmeza/Diferença de cor: } 15,0568 - 2,33343 A^2 - 2,59738 P^2 + 4,38316G + 2,30747 AG$$

(Equação 6)

Onde: A: Alginato; P: Pectina; G: gelatina g/100g; AG: interação Alginato e Gelatina

Assim os maiores valores da razão firmeza/diferença de cor ficaram com os ensaios 8, 9 e 17, como mostram os resultados das superfícies de resposta e curvas de contorno (Figura 5).

Estes ensaios que demonstram as melhores características físico-químicas para o planejamento experimental apresentaram as seguintes concentrações de alginato, pectina e gelatina por 1000 g de polpa: Ensaio 8: 15g A; 22 g P; 200 g G. Ensaio 9: 10 g A; 15 g P; 150 g G. Ensaio 17: 10 g A; 15 g P; 234 g G.

Avaliação Sensorial

Os resultados das notas da análise sensorial para as três formulações de estruturado de ciriguela podem ser observados na Tabela 15. Os atributos cor, aroma e avaliação global não apresentaram diferença significativa, enquanto que para os atributos sabor e textura foi observada diferença.

Percebe-se que apenas as médias das notas do Ensaio 9 para os atributos cor, sabor, textura e avaliação global alcançaram médias acima do termo hedônico “gostei ligeiramente” (nota 5). Para o atributo aroma a aceitação foi de apenas 42,59%, o que provavelmente ocorreu devido a perda de compostos voláteis durante o processamento do produto.

O Ensaio 9 (Figura 6), que obteve as melhores notas, foi formulado com concentrações médias de todos os hidrocolóides utilizados, sendo este o ensaio que apresentou, dentre os três avaliados sensorialmente, a menor média da razão firmeza/diferença de cor (18,93), com textura mais maleável e coloração mais próxima da polpa *in natura*; indicando assim, ser essa a formulação mais adequada para o desenvolvimento deste produto.

Oliveira *et al.* (2010) observaram que as três formulações de fruta estruturada de cupuaçu analisadas mostraram-se bem aceitas em relação a todos os atributos avaliados, com notas que corresponderam a valores de “gostei ligeiramente” e “gostei muitíssimo”. Nesse estudo, os provadores preferiam estruturados mais firmes e consistentes, com 10% de gelatina e 2% de pectina.

Azeredo *et al.* (2005) verificaram, em couros de manga, que a textura e a cor do produto não foram bem aceitas, sendo classificadas como muito dura e mais escura do que o ideal, respectivamente. Sendo prejudicadas pela baixa atividade de água e pela temperatura de secagem do produto que pode ter promovido uma caramelização dos constituintes. Já o *flavor* foi bem aceito, alcançando 85% da pontuação.

Para couros de pêra, Huang e Hsieh (2005) verificaram através da análise sensorial que o consumidor aceitaria melhor o produto, se incrementasse o seu aroma de pera, doçura, acidez e brilho.

Segundo Teixeira, Meinert e Barbeta (1987) para que um novo produto seja considerado aceito sensorialmente, é necessário que este obtenha um Índice de Aceitabilidade (IA) de no mínimo 70%. Este fato foi observado apenas para o Ensaio 9 (Tabela 16), para os atributos cor, sabor, textura e avaliação global. O atributo aroma foi demonstrado como uma dificuldade a ser solucionada para este produto.

Observa-se também que o Ensaio 9 se destacou ao nível de certeza dos provadores quanto à Intenção de compra, indicando que 70,36% “provavelmente” ou “certamente” comprariam o produto se ele se encontrasse à venda (Figura 7).

Com base nas médias das notas da aceitabilidade e no cálculo do Índice de aceitabilidade verificou-se que o Ensaio 9 apresentou boa aceitabilidade e desta forma foi selecionado para as etapas de caracterização físico-química e análises microbiológicas do produto.

Caracterização e Composição centesimal da polpa in natura e da Fruta estruturada de ciriguela

Na Tabela 17 e na Tabela 18 pode-se observar a caracterização e a composição centesimal da polpa *in natura* e da fruta estruturada de ciriguela.

Os valores das determinações realizadas para a fruta estruturada de ciriguela estão de acordo com os valores relatados para frutas estruturadas produzidas e avaliadas por diversos autores (CARVALHO *et al.*, 2011; GRIZOTO *et al.*, 2007; GRIZOTTO; AGUIRRE; MENEZES, 2005), considerando, obviamente, as particularidades de cada fruta utilizada para o desenvolvimento do produto.

A composição centesimal da polpa *in natura* de ciriguela utilizada para o desenvolvimento dos estruturados apresentou-se semelhante à descrita pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO (2006): 78,7% para umidade; 1,4 g para proteínas; 0,4 g para lipídeos; 18,9 g para carboidratos; 0,7g para cinzas.

Comparando-se a composição centesimal da polpa *in natura* com a fruta estruturada de ciriguela (Tabela 18), percebe-se a diminuição significativa da umidade no produto final, ficando este abaixo de 50%, podendo desta forma ser classificado como produto de umidade intermediária. O abaixamento da umidade pode ser atribuído à incorporação do glicerol e da sacarose que agem como supressores da atividade de água e da umidade nos produtos alimentícios

Nota-se, também, que houve aumento no conteúdo de proteínas (5 vezes mais), em virtude da utilização da gelatina como hidrocolóide e da concentração da polpa pela diminuição da umidade. As diferenças verificadas em relação aos teores de lipídeos e cinzas não foram muito expressivas se comparadas com a polpa *in natura*. Já para o teor de carboidratos e para o Valor Calórico Total (V.C.T.), observa-se um grande aumento no produto final, considerando-se a incorporação de açúcar ao processo, necessário para o processamento, também para melhorar o sabor.

Considerando-se os valores obtidos para o estruturado de ciriguela, pode-se dizer que este produto apresenta bom valor nutricional, pois é produzido a partir de fruta regional, com baixos teores de lipídeos, e utilizando matérias-primas que enriquecem o valor nutritivo do alimento, como a gelatina e a pectina, que irão contribuir para o incremento de proteínas e fibras na alimentação. Pode-se, ainda, ponderar que o produto desenvolvido neste trabalho tem baixo valor calórico, visto que apresenta V.C.T. de apenas 253,41 Kcal/100 g; valor este abaixo do relatado para diversas barras de cereais, como as desenvolvidas por Dutcosky *et al.* (2005), com valores entre 291,24 a 364,36 kcal/100 g.

Análises Microbiológicas

Muitas frutas e derivados de frutas possuem elevada acidez, apresentando um pH inferior à 4. Esse pH baixo de muitos frutos é o principal fator que irá influenciar a composição de sua microflora. Em geral, a maioria dos bolores e leveduras crescem bem em condições ácidas, e assim, os fungos são os microrganismos predominantes em produtos de frutas (WOROBO; SPLITTSTOESSER, 2005).

A resolução RDC nº 12, de 02/01/2001 que estabelece os padrões microbiológicos para alimentos, institui valor máximo de 5×10^2 NMP/g para coliformes a 45°C/g, e ausência para *Salmonella* spp, mas não estabelece padrões para bolores e leveduras.

A partir das análises realizadas no estruturado de ciriguela (Tabela 19), verificou-se que o produto apresentou boa qualidade microbiológica, não sendo verificado crescimento ou multiplicação microbiana no produto, atendendo ao item 1B da RDC 12/2001 – ANVISA, quanto aos parâmetros obrigatórios para amostra indicativa.

CONCLUSÃO

A partir do planejamento experimental verificou-se que três formulações da fruta estruturada de ciriguela, apresentaram boas características físico-químicas, sendo estas o ensaio 8 com 15g de alginato; 22 g de pectina; e 200 g de gelatina. O ensaio 9 com 10 g de alginato; 15 g de pectina; e 150 g de gelatina. E o ensaio 17 com 10 g de alginato; 15 g de pectina; e 234 g de gelatina por 1000 g de polpa de fruta. Destas formulações o ensaio 9 alcançou bom índice de aceitabilidade e intenção de compra pelos potenciais consumidores.

Desta forma este produto poderá contribuir de forma significativa para o incremento da produção de ciriguela, aumentando os ganhos dos agricultores e conseqüentemente das agroindústrias regionais, pela diversificação da produção de subprodutos desta fruta (polpas congeladas, sucos e doces). E a fruta estruturada de ciriguela poderá tornar-se uma opção nutritiva e interessante pelas facilidades de consumo, visto que pode ser consumida similarmente às barras de fruta ou de cereais convencionais do mercado, mas com as vantagens de ser desenvolvida com matérias-primas naturais e sem conservantes e apresentar baixo valor calórico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 18 ed. Washington DC USA, 2002.

AUGUSTO, F.; VALENTE, A. L. P.; TADA, E. S.; RIVELLINO, R. S. Screening of Brazilian fruit aromas using solid-phase microextraction–gas chromatography–mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, 873, 117–127, 2000.

AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S.; MOREIRA, G. E. G.; FARIAS, V. L.; BRUNO, L. M. Effect of drying and storage time on the physico-chemical properties of mango leathers. **International Journal of Food Science and Technology**, 41, 635–638, 2006.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC nº 12, de 02/01/2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001, Seção I, p. 45-53.

CARVALHO, A. V. **Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de estruturados de frutas funcionais a partir de polpa de açaí e “mix” de taperebá com mamão**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007.

CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. A.; ASSIS, G. T.; LOURENÇO, L. F. H. Avaliação do efeito da combinação de pectina, gelatina e aginato de sódio sobre as características de gel de fruta estruturada a partir de “mix” de póla de cajá e mamão, por meio de metodologia de superfície de resposta. **Acta Amazônica**, v. 41, n. 2, p. 267-274, 2011.

CEVA-ANTUNES, P. M. N.; BIZZO, H. R.; SILVA, A. S.; CARVALHO, C. P. S.; ANTUNES, O. A. C. Analysis of volatile composition of siriguela (*Spondias purpurea* L.) by solid phase microextraction (SPME). **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, 39, 436–442, 2006.

COLLINS, J. L.; WASHAM-HUTSELL, L. Physical, chemical, sensory and microbiology attributes of sweet potato leather. **Journal of Food Science**, v.52, n.3, p.646-648, 1987.

CUEVAS-SÁNCHEZ, J. A. Jocote, ciruelo (*Spondias purpurea* L.). Pp. 109-113. In: **Cultivos Marginados**. Otra perspectiva de 1492. H.J.E. Bermejo y León (eds.). Colección FAO: Producción y protección Vegetal No.26, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia, 1992.

DUTCOSKY, S. D.; GROSSMAN, M. V. E.; SILVA, R. S. S. F.; WELSCH, A. K. Combined sensory optimization of a prebiotic cereal product using multicomponent mixture experiments. **Food chemistry**. Article in press. 1-9, 2005.

GRIZOTTO, R. K.; AGUIRRE, J. M. DE; MENEZES, H. C. de. Frutas estruturadas de umidade intermediária obtidas de polpas concentradas de

abacaxi, manga e mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 691-697, 2005.

GRIZOTTO, R. K.; BRUNS, R. E.; AGUIRRE, J. M.; BATISTA, G. Otimização via metodologia de superfície de resposta dos parâmetros tecnológicos para produção de fruta estruturada e desidratada a partir de polpa concentrada de mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 25(1): 158-164, 2005.

GRIZOTTO, R. K.; BRUNS, R. E.; AGUIRRE, J. M.; MENEZES, H. C. Technological aspects for restructuring concentrated pineapple pulp. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, v. 40, p. 759-765, 2007.

HUANG, X.; HSIEH, F.H. Physical Properties, Sensory Attributes, and Consumer Preference of Pear Fruit Leather. **Journal Of Food Science**, v. 70, n. 3, 2005.

KOZIOL, M. J.; MACÍA, M. J. Chemical composition, nutritional evaluation, and economic prospects of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). **Economic Botany** 52(4) pp. 373-380, 1998.

LIRA JÚNIOR, J. S.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; MOUR, R. J. M. Produção e características físico-químicas de clones de cirigueira na Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.43-48, 2010.

MASKAN, A.; KAYA, S.; MASKAN, M. Effect of concentration and drying processes on color change of grape juice and leather (pestil). **Journal of Food Engineering**. 54,75–80, 2002.

MERRILL, A.L.; WATT, B.K. Energy value of foods: Basis and derivation, revised U. 513S. Department of Agriculture, retrieved November, 15, 2008 from the Department 514 of Agriculture. **Agriculture Handbook**, 74, 1973. In: <http://www.nal.usda.515gov/fnic/foodcomp/Data/Classics/index.html>. 1973.

MILLER, A.; SCHAAL, B. Domestication of a Mesoamerican cultivated fruit tree, *Spondias purpurea*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 102, 12801–12806, 2005.

MORLEY, R. C; SHARMA, C. **Dietary fiber food products and methods of manufacture**. United States Patent , Patent number: 4,565,702. 1986.

NUSSINOVITCH, A; KOPELMAN, I.J.; MIZRAHI, S. Modeling the combined effect of fruit pulp and sugar and gum on some mechanical parameters of agar and alginate gel. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**., v. 24, n. 6, p. 513-517, 1991.

OLIVEIRA, J. A. R.; CARVALHO, A. V.; MOREIRA, D. K. T.; MARTINS, L. H. S. Elaboração e caracterização de estruturado obtido de polpa concentrada de cupuaçu. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v.53, n.2, p.164-170, 2010.

PÉREZ, L. A.; SAUCEDO, V. C.; ARÉVALO, G. M. L.; MURATALLA, L. A. Efecto del grado de madurez en la calidad y vida postcosecha de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). **Revista Fitotecnia Mexicana** 27: 133-139, 2004.

PIMENTA-BARRIOS, E.; RAMÍREZ-HERNÁNDEZ, B. C. Phenology, growth, and response to light of ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L., *Anacardiaceae*). **Economic Botany**, 57, 481–490, 2003.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. 2º ed. Campinas, SP: Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e Amor, 2009.

STONE, L.; SIDEL, J. L. Quantitative descriptive: developments applications, and the future. **Food Technology**, 52 (8), 48-52, 1998.

Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA-UNICAMP.- Versão II. -- 2. ed. -- Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2006. 113p.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.; BARBETA, P. A. (1987). **Análise sensorial dos alimentos**. UFC. 182p.

VIJAYANAND, P.; YADAV, A. R.; BALASUBRAMANYAM, N.; NARASIMHAM, P. Storage stability of guava fruit bar prepared using a new process. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, v. 33, n. 1, p. 132-137, 2000.

WEINER, G.; NUSSINOVITCH, A. Succulent hydrocolloid –based, texturized grapefruit products. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, v.27, p. 394-399, 1994.

WOROBO, R. W.; SPLITTSTOESSER, D. Microbiology of Fruit Products. In: BARRETE, D. M.; SOMOGVI, L.; RAMASWAMY, H. (Edited). **Processing fruits: Science and Technology**. 2º ed. Estados Unidos: CRC Press LLC, 2005. Cap. 12

Tabela 1. Variáveis independentes para a formulação de fruta estruturada de ciriguela

Variável	- α (1,68)	-1	0	+1	+ α (1,68)
Alginato (g/K)	1,6	5,0	10,0	15,0	18,4
Pectina (g/K)	3,2	8,0	15,0	22,0	26,8
Gelatina (g/K)	66,0	100,0	150,0	200,0	230,4

Tabela 2. Matriz do planejamento codificado e decodificado para formulação de fruta estruturada de ciriguela

E	Alginato (g/1000g)		Pectina (g/1000g)		Gelatina (g/1000g)		Firmeza (g)	pH	Aa	SS (°Brix)	ΔE	F/ ΔE
1	-1	5	-1	8	-1	100	71,33	3,94	0,78	43,67	9,53	7,49
2	1	15	-1	8	-1	100	55,67	4,10	0,78	41,00	10,98	5,07
3	-1	5	1	22	-1	100	34,67	3,96	0,79	52,00	4,11	8,43
4	1	15	1	22	-1	100	46,67	4,07	0,77	50,00	9,56	4,88
5	-1	5	-1	8	1	200	148,33	4,28	0,78	40,33	18,94	7,83
6	1	15	-1	8	1	200	250,33	4,26	0,80	38,33	15,76	15,89
7	-1	5	1	22	1	200	262,67	4,13	0,81	35,33	17,99	14,60
8	1	15	1	22	1	200	346,33	4,21	0,79	45,67	18,20	19,03
9	0	10	0	15	0	150	212,00	4,20	0,80	44,67	11,20	18,93
10	0	10	0	15	0	150	211,67	4,16	0,80	44,33	14,18	14,93
11	0	10	0	15	0	150	169,33	4,18	0,80	40,33	10,83	15,63
12	-1,68	1,6	0	15	0	150	161,00	4,02	0,79	44,67	15,29	10,53
13	1,68	18,4	0	15	0	150	85,00	4,21	0,83	31,67	15,10	5,63
14	0	10	-1,68	3,2	0	150	84,33	4,12	0,84	34,33	11,96	7,05
15	0	10	1,68	26,8	0	150	107,67	3,94	0,83	34,00	14,13	7,62
16	0	10	0	15	-1,68	66	35,67	4,12	0,83	54,33	8,61	4,14
17	0	10	0	15	1,68	234	377,67	4,36	0,83	30,33	17,98	21,01

E: ensaio; SS: sólidos solúveis; Aa: atividade de água; ΔE : diferença de cor; F/ ΔE : razão firmeza/diferença de cor

Tabela 3. Coeficientes de regressão calculados para a variável firmeza

	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(7)	p≤0,05
Média	196,7586	21,22221	9,27135	0,000035
(1) Alginato L	3,9810	9,97196	0,39922	0,701631
Alginato Q	-23,4159	10,98588	-2,13145	0,070519
(2) Pectina L	14,9410	9,97196	1,49830	0,177728
Pectina Q	-32,9822	10,98588	-3,00224	0,019879
(3) Gelatina L	100,6899	9,97196	10,09730	0,000020
Gelatina Q	6,2279	10,98588	0,56690	0,588490
Alginato x Pectina	1,1667	13,02324	0,08958	0,931128
Alginato x Gelatina	23,6667	13,02324	1,81726	0,112017
Pectina x Gelatina	32,0000	13,02324	2,45715	0,043648

Tabela 4. Coeficientes de regressão (significativos) - Firmeza

	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(12)	p≤0,05
Média	204,7001	16,61584	12,31958	0,000000
Alginato (Q)	-25,2491	10,94308	-2,30731	0,039669
Pectina (Q)	-34,8154	10,94308	-3,18150	0,007899
Gelatina (L)	100,6899	10,39356	9,68772	0,000001
Pectina x Gelatina	32,0000	13,57384	2,35748	0,036217

Tabela 5. Análise de variância para a variável firmeza

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	Fcal	p-valor
Regressão	169295,9	4	42324,0	28,713813	0,083786
Alginato (Q)	7847,1	1	7847,1	5,32367	0,039669
Pectina (Q)	14919,7	1	14919,7	10,12193	0,007899
Gelatina (L)	138337,2	1	138337,2	93,85196	0,000001
Pectina x Gelatina	8192,0	1	8192,0	5,55769	0,036217
Resíduos	17687,9	12	1474,0		
Total SQ	183035,8	16			
R²	0,90336				
Ftab 4:12;0,05	3,26				

SQ: soma dos quadrados; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; Fcal: F calculado; Ftab: F tabelado

Tabela 6. Coeficientes de regressão calculados para a variável pH

	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(7)	p≤0,05
Média	4,176589	0,021410	195,0742	0,000000
(1) Alginato L	0,047168	0,010060	4,6885	0,002238
Alginato Q	-0,023842	0,011083	-2,1512	0,068495
(2) Pectina L	-0,036654	0,010060	-3,6434	0,008250
Pectina Q	-0,052777	0,011083	-4,7619	0,002055
(3) Gelatina L	0,088991	0,010060	8,8458	0,000048
Gelatina Q	0,021628	0,011083	1,9514	0,091979
Alginato x Pectina	0,005417	0,013139	0,4123	0,692474
Alginato x Gelatina	-0,027083	0,013139	-2,0614	0,078209
Pectina x Gelatina	-0,025417	0,013139	-1,9345	0,094296

Tabela 7. Coeficientes de regressão (significativos) - pH

	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(12)	p≤0,05
Média	4,174408	0,018392	226,9651	0,000000
Alginato (L)	0,047168	0,015119	3,1198	0,008859
Pectina (L)	-0,036654	0,015119	-2,4243	0,032063
Pectina (Q)	-0,052274	0,015501	-3,3722	0,005548
Gelatina (L)	0,088991	0,015119	5,8860	0,000074

Tabela 8. Análise de variância para a variável pH

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	Fcal	p-valor
Regressão	0,192217	4	0,048054	15,406702	0,046544
Alginato (L)	0,030357	1	0,030357	9,73293	0,008859
Pectina (L)	0,018332	1	0,018332	5,87737	0,032063
Pectina (Q)	0,035468	1	0,035468	11,37157	0,005548
Gelatina (L)	0,108059	1	0,108059	34,64494	0,000074
Resíduos	0,037429	12	0,003119		
Total SQ	0,229645	16			
R²	0,83702				
Ftab 4;12;0,05	3,360000				

SQ: soma dos quadrados; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; Fcal: F calculado; Ftab: F tabelado

Tabela 9. Coeficientes de regressão calculados para a variável diferença de cor

	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(7)	p≤0,05
Média	12,12511	1,118779	10,83780	0,000013
(1) Alginato L	0,26491	0,525696	0,50393	0,629784
Alginato Q	0,92360	0,579147	1,59475	0,154797
(2) Pectina L	-0,12447	0,525696	-0,23678	0,819606
Pectina Q	0,16228	0,579147	0,28021	0,787414
(3) Gelatina L	3,84374	0,525696	7,31171	0,000161
Gelatina Q	0,25006	0,579147	0,43177	0,678896
Alginato x Pectina	0,92241	0,686551	1,34354	0,221015
Alginato x Gelatina	-1,23534	0,686551	-1,79935	0,114994
Pectina x Gelatina	1,04175	0,686551	1,51737	0,172961

Tabela 10. Coeficientes de regressão (significativos) - Diferença de cor

	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(15)	p≤0,05
Média	13,19738	0,504878	26,13972	0,000000
Gelatina (L)	3,84374	0,563544	6,82065	0,000006

Tabela 11. Análise de variância para a variável diferença de cor

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	Fcal	p-valor
Regressão	201,5924	1	201,592432	46,521312	0,000006
Gelatina (L)	201,5924	1	201,5924	46,52131	0,000006
Resíduos	65,0000	15	4,3333		
Total SQ	266,5925	16			
R²	0,75618				
Ftab_{1;15;0,05}	4,540000				

SQ: soma dos quadrados; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; Fcal: F calculado; Ftab: F tabelado

Tabela 12. Coeficientes de regressão calculados para a variável Razão F/ ΔE

	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(7)	p$\leq$0,05
Média	16,39575	1,424563	11,50932	0,000008
(1) Alginato L	-0,12594	0,669378	-0,18814	0,856104
Alginato Q	-2,64250	0,737439	-3,58334	0,008936
(2) Pectina L	0,85188	0,669378	1,27264	0,243783
Pectina Q	-2,90645	0,737439	-3,94127	0,005594
(3) Gelatina L	4,38316	0,669378	6,54811	0,000319
Gelatina Q	-1,05002	0,737439	-1,42387	0,197496
Alginato x Pectina	-0,59428	0,874199	-0,67980	0,518474
Alginato x Gelatina	2,30747	0,874199	2,63953	0,033446
Pectina x Gelatina	1,14396	0,874199	1,30858	0,232001

Tabela 13. Coeficientes de regressão (significativos) – Razão F/ ΔE

	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(12)	p$\leq$0,05
Média	15,05683	1,107663	13,59333	0,000000
Alginato (Q)	-2,33343	0,729499	-3,19867	0,007651
Pectina (Q)	-2,59738	0,729499	-3,56049	0,003920
Gelatina (L)	4,38316	0,692867	6,32612	0,000038
Alginato x Gelatina	2,30747	0,904874	2,55005	0,025463

Tabela 14. Análise de variância para a variável Razão F/ ΔE

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	Fcal	p-valor
Regressão	454,800501	4	113,700125	17,357798	0,037073
Alginato (Q)	67,0201	1	67,0201	10,23148	0,007651
Pectina (Q)	83,0399	1	83,0399	12,67711	0,003920
Gelatina (L)	262,1451	1	262,1451	40,01985	0,000038
Alginato x Gelatina	42,5955	1	42,5955	6,50275	0,025463
Resíduos	78,6045	12	6,5504		
Total SQ	505,8082	16			
R²	0,84460				
Ftab _{4;12;0,05}	3,36				

SQ: soma dos quadrados; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; Fcal: F calculado; Ftab: F tabelado

Tabela 15. Médias das notas seguidas do desvio padrão para os atributos avaliados pelo teste afetivo de aceitação de Fruta estruturada de ciriguela

Atributos					
Formulações	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Avaliação Global
Ensaio 8	4,87±1,55 ^a	3,59±1,65 ^a	4,74±1,78 ^b	4,83±1,63 ^{ab}	5,09±1,58 ^a
Ensaio 9	5,20±1,40 ^a	4,12±1,72 ^a	5,68±1,27 ^a	5,25±1,77 ^a	5,29±1,48 ^a
Ensaio 17	4,7±1,59 ^a	3,77±1,65 ^a	4,51±1,80 ^b	4,2±2,22 ^b	4,66±1,80 ^a
Médias acompanhadas de letras iguais, na mesma coluna não diferem entre si significativamente (p≤0,05)					

Tabela 16. Índice de aceitabilidade para as três formulações de Fruta estruturada de ciriguela

Índice de aceitabilidade da fruta estruturada de ciriguela (%)					
Formulações	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Avaliação Global
Ensaio 8	61,11	27,77	62,96	59,25	70,37
Ensaio 9	70,37	42,59	70,37	88,88	79,62
Ensaio 17	57,4	27,77	50	61,11	57,4

Tabela 17. Caracterização físico-química da Fruta estruturada de ciriguela

Determinação	Fruta estruturada de ciriguela
Firmeza (g)	206,67±7,09
Atividade de água	0,82±0,00
pH	4,29±0,01
Sólidos Solúveis (°Brix)	32,33±2,51
Acidez Titulável (% de ácido cítrico)	0,42±0,00
Sólidos Solúveis/Acidez Titulável	76,98±5,99

Sólidos Solúveis em °Brix; Acidez Titulável em % de ácido cítrico

Tabela 18. Composição centesimal da polpa *in natura* e de Fruta estruturada do estruturado de ciriguela

Determinação	Polpa <i>in natura</i> de Ciriguela	Fruta estruturada de Ciriguela
Umidade e substâncias voláteis (g/100g)	83,50	36,51
Proteínas (g/100g)	1,10	6,9
Lipídeos (g/100g)	0,31	0,34
Cinzas (g/100g)	0,77	0,56
Carboidratos (g/100g)*	14,53	55,69
Valor Calórico Total V.C.T. (Kcal/100g)*	64,68	253,41

*Valores estimados por diferença

Tabela 19. Análises microbiológicas de Fruta estruturada de ciriguela

Coliformes a 45°C (NMP/g)	< 3,0
<i>Salmonella</i> ssp/25g	Ausência
Bolores e Leveduras (UFC/g)	<10,0

Resultado expresso como < 3,0 NMP/g para Coliformes a 45°C e < 10,0 UFC/g para Bolores e Leveduras, representa ausência de crescimento, considerando o limite do método.

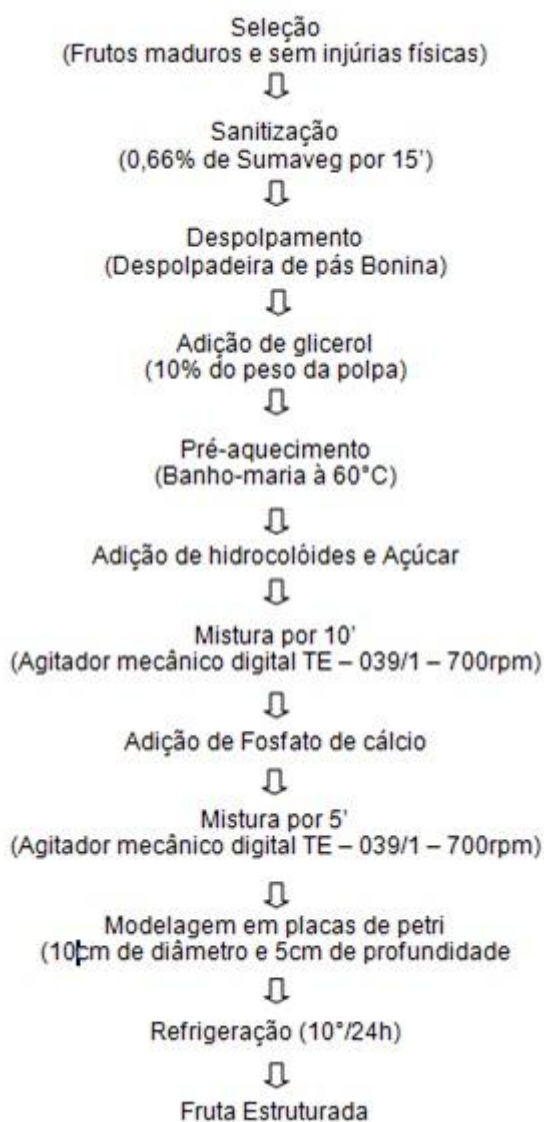


Figura 1. Fluxograma do desenvolvimento da Fruta estruturada de ciriguela

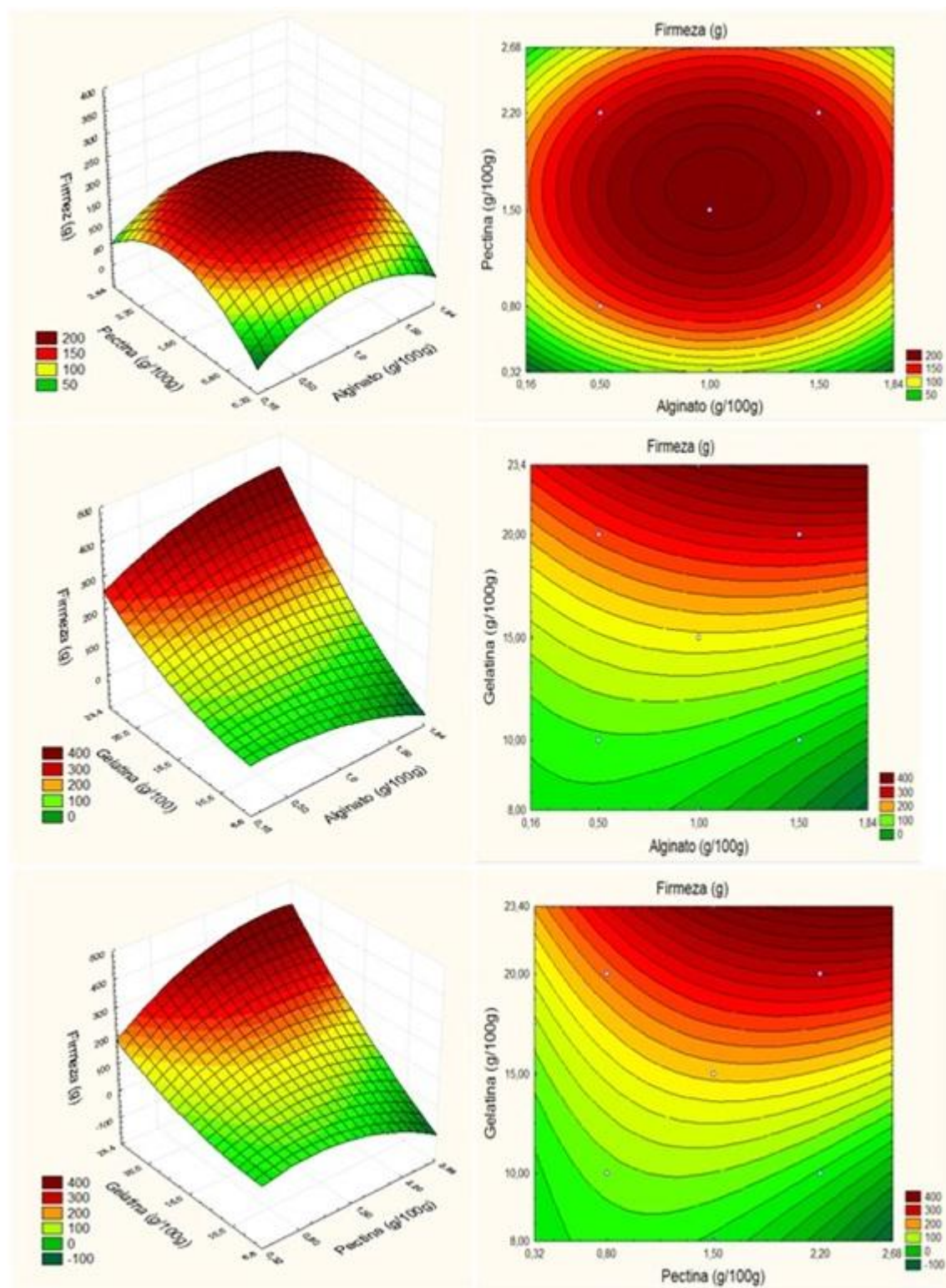


Figura 2. Superfícies de resposta e curvas de contorno para a firmeza da Fruta estruturada de ciriguela

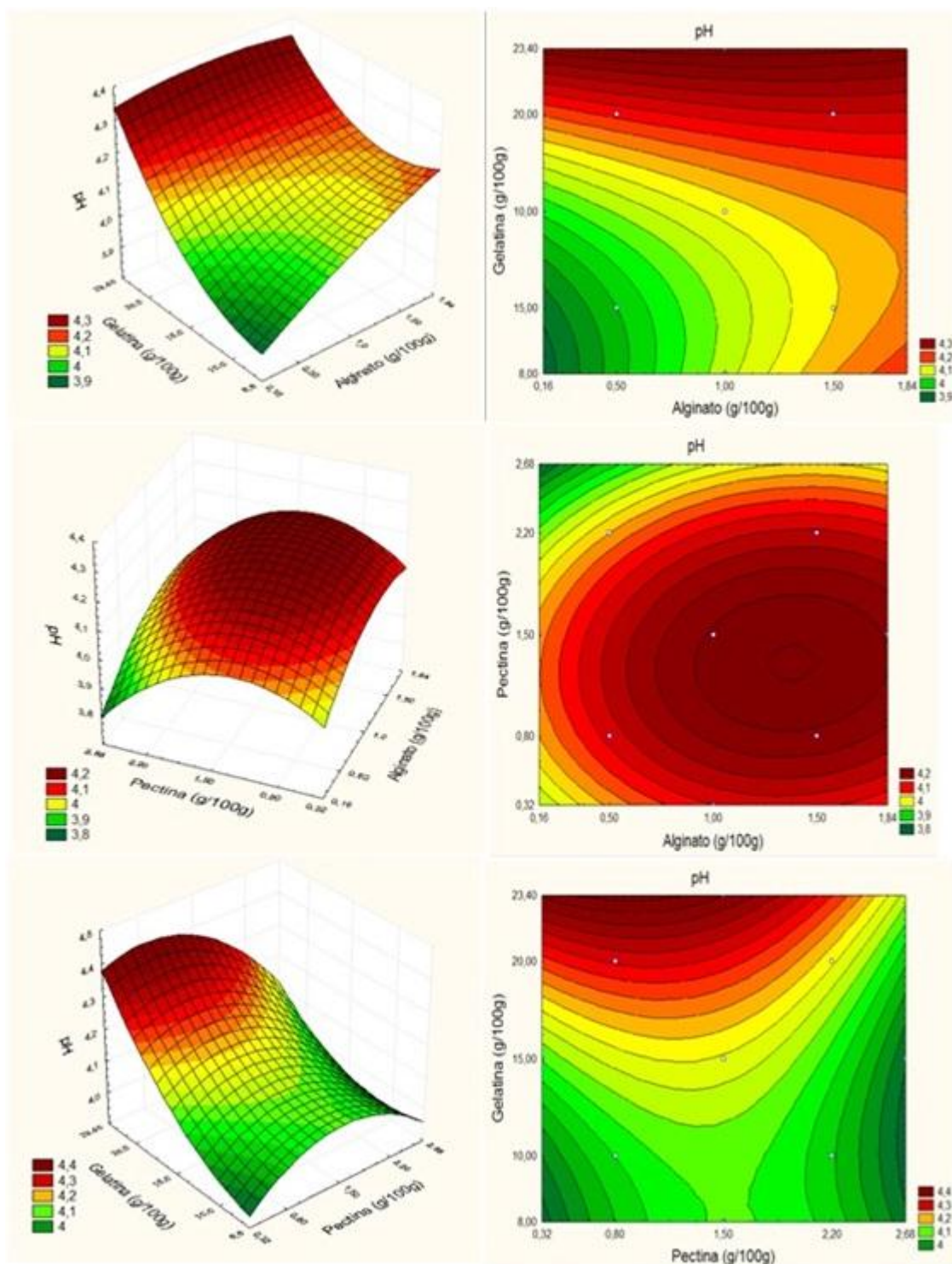


Figura 3. Superfícies de resposta e curvas de contorno para o pH da Fruta estruturada de ciriguela

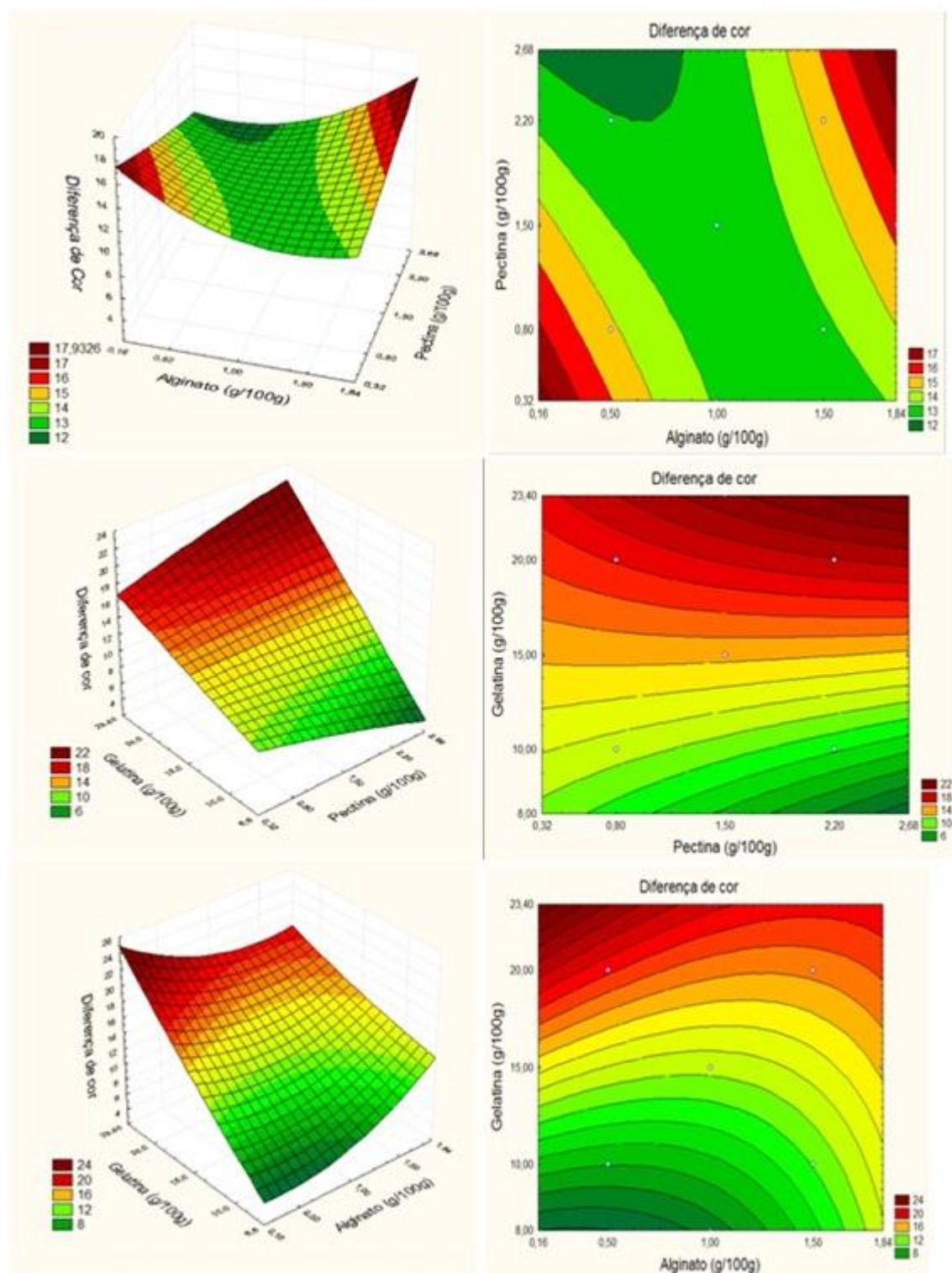


Figura 4. Superfícies de resposta e curvas de contorno para a diferença de cor da Fruta estruturada de ciriguela

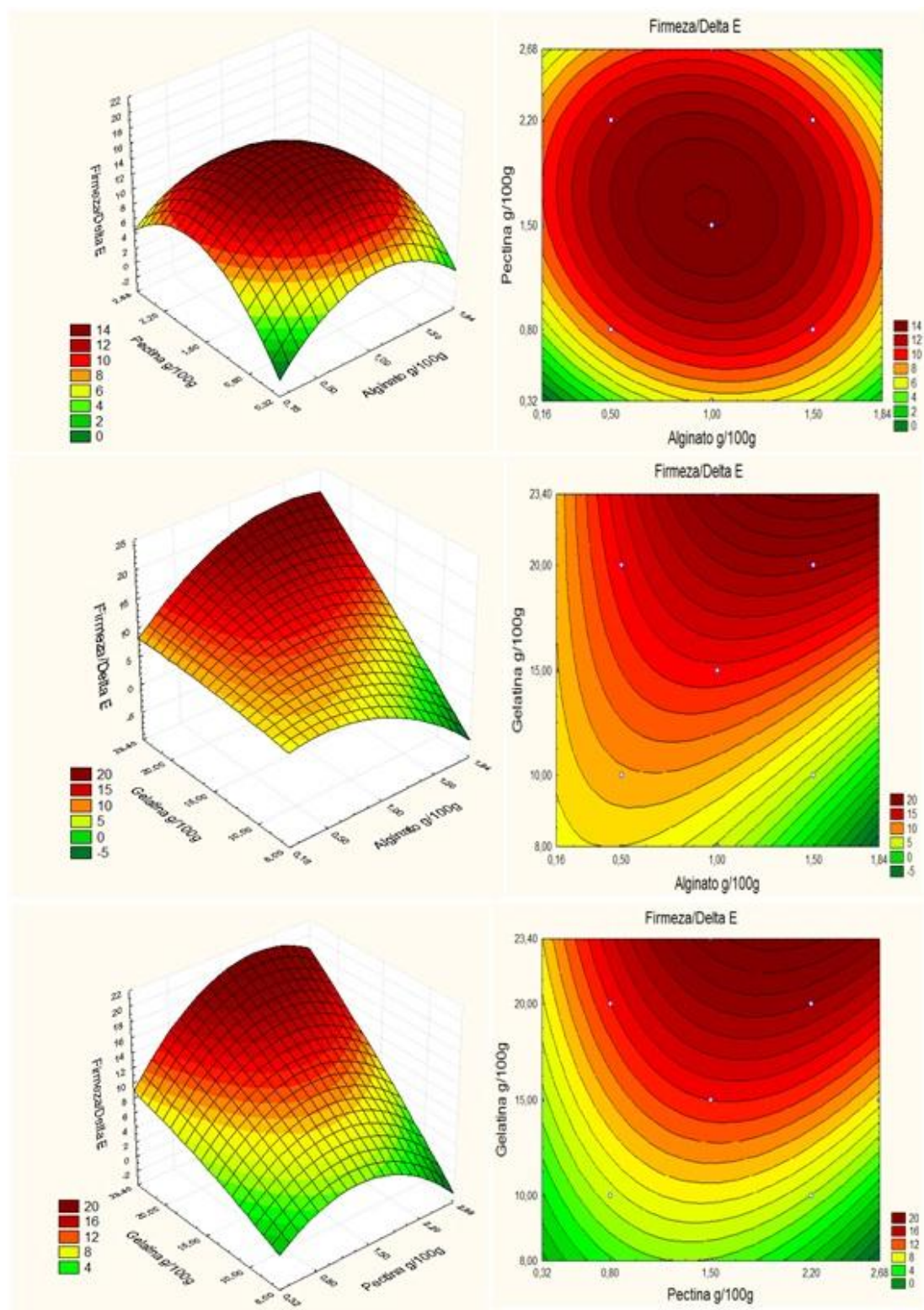


Figura 5. Superfícies de resposta e curvas de contorno para a razão firmeza/diferença de cor da Fruta estruturada de ciriguela



Figura 6. Fruta estruturada de ciriguela do ensaio 9

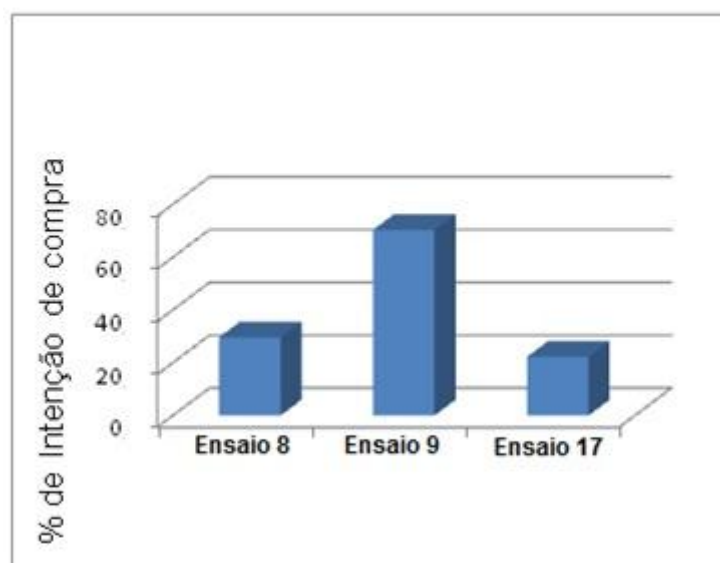


Figura 7. Percentual de Intenção de compra para as três formulações de Fruta estruturada de ciriguela

CAPÍTULO III

Artigo II: Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de fruta estruturada mista de ciriguela e acerola

RESUMO

As frutas tropicais vêm ganhando espaço e importância no mercado nacional e internacional, sendo utilizadas no desenvolvimento de uma variedade de produtos processados, inclusive em produtos que utilizam *mix* de frutas. A fruta estruturada é um produto já conhecido e estudado em diversos países, entretanto no Brasil, os estudos sobre esse produto ainda são escassos, necessitando de maiores pesquisas para a produção de frutas estruturadas de qualidade, utilizando frutas tropicais e que apresentem importância sócio-econômica para o país. O objetivo desta pesquisa foi otimizar os parâmetros tecnológicos para a produção de fruta estruturada mista de ciriguela e acerola, investigando e avaliando os efeitos da mistura de alginato, pectina, gelatina e percentual de polpa nas características do gel de fruta, avaliando também a aceitabilidade e a qualidade nutricional do produto. As formulações foram desenvolvidas através de planejamento experimental, 2⁴ mais três pontos centrais e oito axiais, totalizando 27 ensaios. As variáveis independentes foram as concentrações de alginato, pectina, gelatina e percentual de polpa de ciriguela e polpa de acerola. As variáveis dependentes ou respostas foram a firmeza, o pH, a atividade de água, os sólidos solúveis, a diferença de cor e a razão firmeza/diferença de cor. A metodologia de superfície de resposta foi utilizada para a avaliação dos resultados. A fruta estruturada e a polpa *in natura* mista de ciriguela e acerola foram avaliadas quanto às determinações físico-químicas, análise sensorial, composição centesimal e microbiológica. Os resultados do planejamento experimental demonstraram que apenas as variáveis dependentes sólidos solúveis e razão firmeza/diferença de cor não tiveram a variabilidade nas respostas explicadas pelo modelo. As demais variáveis dependentes foram influenciadas pela concentração dos hidrocolóides e/ou concentração da polpa das duas diferentes frutas. Os ensaios 7, 13, 16 e 22 apresentaram os maiores valores para a variável dependente razão firmeza/diferença de cor (maior firmeza e menor diferença de cor). Dentre os quatro ensaios submetidos ao teste afetivo, o ensaio 7 apresentou as melhores notas e maior percentual de aceitação para a avaliação global do produto (87,27%). A análise de composição centesimal, a caracterização físico-química e microbiológica demonstraram que a fruta estruturada mista de ciriguela e acerola é um produto de boa qualidade nutricional com 9,58 g/100 g de proteína, 0,35 g/100 g de lipídeos, 228,96 kcal e isento de microrganismos, apresentando, assim, boa perspectiva para o aproveitamento da produção agrícola de ciriguela e acerola no desenvolvimento de um novo produto, de forma a ampliar os ganhos econômicos dos agricultores.

Palavras-chave: fruta estruturada, ciriguela, acerola, planejamento fatorial, análise sensorial, composição centesimal

ABSTRACT

Tropical fruits are gaining space and importance in national and international market, being used to develop a variety of processed products, including products that use fruit mix. The structured fruit is a product known and studied in several countries, but in Brazil, studies of this product are scarce and need further research to produce structured fruits with more quality, using tropical fruits and presenting social and economic importance to this country. The objective of this research was to optimize the technological parameters for the production of simple and mixed structured fruit with red mombin and acerola, investigating and evaluating the effects of the mixture of alginate, pectin and gelatin in the fruit's gel characteristics, also evaluating the acceptability and nutritional quality the product. The formulations were developed through experimental design, 2^4 with three central points and eight axais, totaling 27 trials. The independent variables were the concentrations of alginate, pectin, gelatin, and percentage of red mombin pulp and acerola pulp, and the dependent variables were: firmness, pH, water activity, soluble solids, the color difference and the reason strength/color difference. The response surface methodology was used to evaluate the results. The restructured fruit and fresh pulp mixed red mombin and acerola were evaluated for physico-chemical measurements, sensory analysis, chemical composition and microbiological analysis. The results of the experimental design showed that only the dependent variables soluble solids and reason firmness/color difference had no variability in the responses explained by the model. The others dependent variables were influenced by the concentration of hydrocolloids and/or concentration of the pulp of two different fruits. The trials 7, 13, 16 e 22 showed the highest values for the dependent variable firmness/color difference (greater firmness and smaller color difference). Among the four trials submitted to the affective sensory test, the test showed the highest grades 7 and a higher percentage of acceptance to the overall assessment of the product (87.27%). The analysis of chemical composition, physical-chemical and microbiological analysis showed that the mixed structured fruit of the red mombin and acerola is a product of good nutritional quality with 9.58 g/100 g protein, 0.35 g/100 g of lipids, 228.96 kcal and free of microorganisms, thus showing good prospects for the use of agricultural production in red mombin and acerola in developing a new product in order to extend economic gains for farmers.

Key words: structured fruit, red mombin, acerola, factorial design, sensory analysis, chemical composition

INTRODUÇÃO

A fruticultura no Brasil é um setor de destaque na economia e as frutas exóticas tropicais aqui produzidas vêm ganhando importância não só entre os habitantes locais, mas também no mundo. Lorenzi *et al.* (2006) descreveram 827 frutas tropicais, incluindo 389 espécies e 438 cultivares no Brasil.

As frutas do gênero *Spondias*, pertencentes à família *Anacardiaceae* são extensivamente encontradas nas áreas tropicais da América, África e Ásia e são muito apreciadas nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, sendo consumidas *in natura* ou em forma de suco e geléias (MILLER; SCHALL, 2005; AUGUSTO *et al.*, 2000). A ciriguela (*S. purpurea* L.) é uma das espécies mais saborosas deste gênero. Possui polpa amarelada e caroço relativamente grande e esponjoso, com polpa doce-acidulada e aroma bastante agradável (LORENZI *et al.*, 2006). É utilizada para o desenvolvimento de diversos produtos como vinho, bebidas frias, sucos e polpas, além de participar na preparação de sorvetes (AUGUSTO *et al.*, 2000; LEON; SHAW, 1990). Por ser um fruto climatérico, quando maduro deteriora-se muito facilmente, ocorrendo assim grande perda desta fruta durante o período de safra, recomendando-se o seu consumo logo após a colheita (JANICK; PAULL, 2006; LÓPEZ *et al.*, 2004).

A aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) compreende 30 espécies, e é nativa da América Central. Algumas destas propagaram-se por toda a América do Sul e do Norte, Ásia e Índia devido à boa adaptação e clima (MEZADRI *et al.*, 2008; VENDRAMINI; TRUGO, 2000), estando as maiores plantações desta fruta na América do Sul, na Índia e no Brasil (ASSIS *et al.*, 2009). A polpa da acerola é succulenta e refrescante, doce e com *flavor* característico. Pelo grande potencial que apresenta como fonte natural de ácido ascórbico, cerca de 1.074 mg/100 g de amostra (VENDRAMINI; TRUGO, 2000) e sua grande capacidade de aproveitamento industrial atrai o interesse comercial tanto para o consumo *in natura* quanto para o aproveitamento industrial, seja na indústria farmacêutica, cosmética ou alimentícia, através de sucos frescos, polpas congeladas e pasteurizadas (MEZADRI *et al.*, 2008).

O desenvolvimento de novos produtos de frutas é uma alternativa crescente e de grande importância para a agroindústria, pois promove a

agregação de valor aos produtos agrícolas e a utilização dos excedentes de produção. Assim, diversas pesquisas têm sido desenvolvidas com o objetivo de produzir polpa de frutas reformuladas ou estruturadas semelhantes à textura original da fruta (WEINER; NUSSINOVITCH, 1994), como relatado por Azoubel *et al.* (2011) para polpa de *Passiflora cincinnata*, Carvalho *et al.* (2011) para fruta estruturada a partir de “mix” de polpa de cajá e mamão e Oliveira *et al.* (2010) para polpa concentrada de cupuaçu.

A fruta estruturada ou “*structured fruit*” ou ainda “*fruit leather*” é um alimento reestruturado, desenvolvido de acordo com um planejamento, geralmente empregando-se matérias-primas de baixo custo, oriundas de frutas que se encontram fora de classificação para comercialização *in natura* ou excedentes de produção durante o período de safra, utilizando-se em muitos casos hidrocolóides (GRIZOTTO *et al.*, 2006; FIZMAN, 1992).

Desta forma, a fruta estruturada é produzida a partir de géis de pectato ou alginato com sais de cálcio ou alumínio, açúcares, corantes, aromatizantes (naturais ou artificiais) e pequenas porcentagens de polpa de fruta, variando de 0 a 41% do peso do produto (GRIZOTTO; AGUIRRE; MENEZES, 2005). Esses produtos podem ser utilizados na formulação de produtos de confeitaria ou alimentos congelados, ou mesmo consumidos na forma em que se apresentam, similar as barras de frutas (VIJAYANAND *et al.*, 2000).

O desenvolvimento de fruta estruturada já é bem estabelecido internacionalmente, destacando-se países como Estados Unidos, Tailândia, Sri Lanka, Turquia e Canadá, através de diversos estudos com frutas de clima temperado e tropical como jaca (CHE MAN; SIN, 1997) uvas (KAYA; MASKAN 2003; MASKAN; KAYA; MASKAN, 2002), pêra (HUANG; HSIEH, 2005), goiaba (VIJAYANAND *et al.*, 2000), morangos, manga (GUJRAL; KHANNA, 2002), pêssago (MCHUGH; HUXSOLL, 1999), kiwi (VATTHANAKUL *et al.*, 2010) e banana (EKANAYAKE; BANDARA, 2002). Entretanto poucos estudos têm sido desenvolvidos no Brasil.

Da mesma forma que o desenvolvimento de fruta estruturada, a elaboração de produtos utilizando um *mix* de frutas está ganhando espaço no mercado, pois a formulação de *blends* pode ser utilizada com intuito de melhorar as características nutricionais de determinados sucos (JAIN;

KHURDIYA, 2004; AKINWALE, 2000), através da complementação de nutrientes.

Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi otimizar os parâmetros tecnológicos para a produção de fruta estruturada mista de ciriguela e acerola, investigando e avaliando os efeitos da mistura de alginato, pectina, gelatina e percentual de polpa nas características do gel de fruta, avaliando também a aceitabilidade e a qualidade nutricional do produto.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Foram utilizados frutos de ciriguela e aceroleira no estágio maduro, com coloração externa variando entre amarelo escuro e laranja para as ciriguelas e vermelho intenso para as acerolas, adquiridos na Central de Abastecimento de Pernambuco – CEASA – PE, Cidade do Recife, Pernambuco, Brasil. Os frutos foram selecionados, lavados, sanitizados e despulpados em despulpadeira (Bonina Compacta). As polpas foram então embaladas em sacos de polietileno de baixa densidade, com aproximadamente 800 g e congeladas à -18°C.

Como materiais estruturantes, foram utilizados os hidrocolóides: alginato de sódio (VETEC Química Fina), pectina de baixa metoxilação (CPKelco) e gelatina 180 Bloom (Rousselot Gelatinas do Brasil). Os coadjuvantes tecnológicos utilizados no processo de estruturação da polpa foram sacarose refinada (Usina União) para promover a formação de géis mais firmes e mais resistentes à ruptura (FISZMAN; DURAN, 1992); fosfato de cálcio bibásico anidro (CaHPO_4) (VETEC Química Fina) para elevar a viscosidade da mistura e produzir géis mais fortes (PAPAGEORGIOU; KASAPIS; GOTHARD 1994); e glicerol ($\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})$) (CAQ Casa da Química) que atua na supressão da atividade de água.

Processo de Estruturação

Foram elaboradas as frutas estruturadas mistas de ciriguela e acerola, contendo diferentes percentuais de polpa de ambas as frutas, e diferentes combinações de alginato, pectina de baixa metoxilação e gelatina,

otimizados por meio de um delineamento fatorial completo 2^4 , com 3 pontos centrais e 8 axais (Tabela 1).

Adicionou-se glicerol as polpas das frutas num percentual de 10% de peso da polpa. Com base no teor de sólidos solúveis, calculou-se a quantidade de açúcar necessária para alcançar 50°Brix. Esta mistura, previamente aquecida a 60°C, foi transferida para um becker de plástico, onde adicionou-se a combinação seca de hidrocolóides (gelatina, alginato e pectina) e açúcar, procedendo-se a mistura com auxílio de um agitador mecânico digital (TE – 039/1 – Tecnal) a 700 rpm. Após 10 minutos de agitação, foi adicionado 5 g de fosfato de cálcio, suspenso em 5 mL de água destilada e a mistura agitada por mais 5 minutos. As polpas reestruturadas foram colocadas em placas de Petri de 10 cm de diâmetro e 5 cm de profundidade, utilizadas para a modelagem das polpas e mantidas a 10°C por 24 horas para completar a geleificação do produto (Figura 1).

Planejamento Experimental

O processo de desenvolvimento de fruta estruturada mista de ciriguela e acerola foi otimizado utilizando a Metodologia de Superfície de Resposta (MSR), como descrito por Rodrigues e lemma (2009). As proporções de alginato, pectina, gelatina e polpa de ciriguela (variáveis independentes), utilizadas na estruturação com seus valores codificados e reais são apresentados na Tabela 1 e na Tabela 2.

Foi utilizado um delineamento composto central rotacional (DCCR) 2^4 , com 8 pontos axiais (níveis $\pm\alpha$), e 3 pontos centrais (nível 0), totalizando 27 ensaios; sendo o ponto central repetido três vezes para promover a estimativa do erro experimental; e cada variável independente estudada em cinco níveis, demonstrando assim, uma maior varredura. Segundo Rodrigues e lemma (2009), para quatro fatores se pode fazer opção pelo DCCR ou inicialmente um planejamento fracionado (2^{4-1}), para investigação inicial em relação aos efeitos das variáveis estudadas sobre as respostas.

Como o DCCR possibilita a obtenção das respostas para os ensaios e o número destes foi razoável, podendo ser realizados sem grandes esforços, não foi utilizado um planejamento fracionado que, segundo Rodrigues e lemma (2009), seria viável apenas para avaliar o impacto dos fatores sobre as

respostas e para definir um próximo planejamento completo a ser adotado com 3 ou 2 variáveis, podendo ou não o número de ensaios ser diminuído para 24. Além disso, com base na literatura pertinente e testes preliminares, verificou-se previamente que os teores dos hidrocolóides utilizados influenciam a qualidade do estruturado, bem como o percentual de cada polpa de fruta.

O DCCR utilizado neste estudo gerou um modelo quadrático, onde o valor das variáveis dependentes Y é função das variáveis independentes, como mostra a Equação 1.

$$Y = \varphi(F, A_a, SS, pH, Cor, F/\Delta E) = \beta_0 + \beta_1A + \beta_2P + \beta_3G + \beta_4C + \beta_{11}A^2 + \beta_{22}P^2 + \beta_{33}G^2 + \beta_{44}C^2 + \beta_{12}AP + \beta_{13}AG + \beta_{14}AC + \beta_{23}PG + \beta_{24}PC + \beta_{34}GC$$

(Equação 1)

Onde β_n são os coeficientes de regressão, y é a resposta em questão (firmeza – F ; atividade de água – A_w ; sólidos solúveis – SS ; pH; diferença de cor – ΔE ; e razão firmeza/diferença de cor – $F/\Delta E$) e A , P , G e C são as variáveis independentes codificadas (concentração de alginato, concentração de pectina, concentração de gelatina e percentual de polpa de ciriguela, respectivamente).

As faixas de variação entre o limite inferior e superior de cada variável foram estabelecidas com base na literatura e em ensaios preliminares.

A análise de variância (ANOVA), a determinação dos coeficientes de regressão e a geração das superfícies de respostas foram realizadas pelo software *Statistica 7.0*.

Análises físico-químicas

A polpa da fruta *in natura* utilizada para o desenvolvimento do ensaio que obteve os melhores resultados na análise sensorial foi submetida às seguintes determinações físico-químicas, de acordo com a AOAC (2002): pH, sólidos solúveis (°Brix) e acidez titulável (expresso em ácido málico, g.100 g⁻¹). O pH foi determinado utilizando um potenciômetro (Tec-3MP, Tecnal); para os sólidos solúveis utilizou-se refratômetro de bancada Atago (N-1 Brix 0~32% ou N-26 Brix 28~62%).

A medida da cor para quantificação da diferença de cor entre a polpa *in natura* e a fruta estruturada foi feita utilizando-se Colorímetro Minolta (CR-400, Konica Minolta, Sensing Inc.), operando em sistema CIELAB ($L^*a^*b^*$). Através dos parâmetros L^* , a^* e b^* calculou-se a diferença média de cor, segundo a Equação 2.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_o^*)^2 + (a^* - a_o^*)^2 + (b^* - b_o^*)^2}$$

(Equação 2)

Onde: ΔE^* é a diferença total de cor; L_o^* e L^* são as luminosidades das amostras de polpa fresca e do estruturado, respectivamente; a_o^* e a^* são as intensidades da cor vermelha das amostras de polpa fresca e do estruturado, respectivamente; b_o^* e b^* são as intensidades da cor amarela das amostras de polpa fresca e do estruturado, respectivamente.

A fruta estruturada também foi submetida a estas determinações, além da umidade, mensurada em balança de infravermelho (Marconi-ID50); atividade de água, determinada em aparelho analisador de atividade de água (Aqualab 4TE, Decagon Devices) a 25°C; e da firmeza mensurada utilizando um texturômetro (CT-3 Brookfield, Braseq) com sonda cilíndrica TA10 (12,7mm Clear Acrylic 5g, 35mm length with Sharp edge. Gelatin Bloom Probe) e base Fixture (TA-BT-Kit) conforme metodologia descrita no manual de aplicações. O equipamento foi utilizado nas configurações de “Modo de compressão” no tempo 60 segundos, com a opção “Segurar até o momento” com 1mm/s de velocidade de ensaio e de 20 mm de distância da amostra. Uma vez que a força de acionamento de 5 g foi atingida, a força máxima foi registrada e a sonda passou a comprimir a amostra a 40% da altura original. Após 60s de compressão a sonda foi retirada da amostra para sua posição inicial. Os valores de firmeza foram expressos em gramas e representam a média de três picos de força máxima, com seus respectivos desvios-padrão. As medidas de firmeza foram realizadas em três amostras distintas mantidas em placas de Petri, à temperatura ambiente por 3-4 horas antes da medida de firmeza para equilibrar a temperatura.

Análise Sensorial

Estudos sensoriais foram empregados para determinar a aceitação e intenção de compra do produto final pelos consumidores em potencial. Quatro formulações de fruta estruturada mista de ciriguela e acerola, que apresentaram as melhores características físico-químicas, foram submetidas à avaliação sensorial no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciências Domésticas/Universidade Federal Rural de Pernambuco (DCD/UFRPE).

Para a realização do teste sensorial, a presente pesquisa foi liberada para coleta de dados e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos da Universidade de Pernambuco (CEP/UPE N° 235/11) (ANEXO).

As quatro formulações da fruta estruturada mista de ciriguela e acerola foram avaliadas por 55 julgadores não treinados, possíveis consumidores do produto, utilizando um teste afetivo de aceitabilidade, através do julgamento dos parâmetros de sabor, odor, cor, textura e avaliação global, utilizando escala hedônica estruturada de sete pontos (1: desgostei muito; 7: gostei muito) e de intenção de compra (1: certamente não compraria; 5: certamente compraria). As amostras foram servidas identificadas com códigos de três dígitos, distribuídas aleatoriamente e servidas à temperatura ambiente (25°C). Foram oferecidas água (Santa Joana, Recife, PE, Brasil) e bolacha (Vitarela, Prazeres, Jaboatão dos Guararapes, PE) para limpeza do palato entre cada uma das amostras (STONE; SIDEL, 1998) (APÊNDICE A).

O índice de aceitabilidade para cada um dos atributos avaliados foi calculado utilizando metodologia descrita por Teixeira, Meinert e Barbetta (1987), sendo consideradas aceitas as formulações que apresentaram um índice de aceitabilidade igual ou superior a 70%. As notas atribuídas ao teste de intenção de compra foram analisadas utilizando o histograma de frequência.

Composição centesimal

A mistura obtida da polpa mista *in natura* de ciriguela e acerola, bem como a formulação do estruturado misto selecionada através da análise sensorial foram analisadas quanto à umidade e substâncias voláteis (método 935.29 g/100g), proteínas (Nx 6.25- 991.20-33.2.11 - g/100g), lipídeos (963.15-

31.4.02 - g/100g) e cinzas (930.22-32.3.08 - g/100g), de acordo com AOAC (2002). A análise de carboidratos (g/100g) e o valor calórico total – V.C.T. (Kcal/100g) foram determinados por cálculos utilizando Atwater system (MERRILL; WATT, 1973).

Análise Microbiológica

A fruta estruturada mista de ciriguela e acerola foi submetida às análises microbiológicas seguindo metodologia da AOAC (2002) para Bolores e leveduras (UFC/g) (Método 997.02), Coliformes a 45°C (NMP/g), (Método 966.24) e *Salmonella spp*/25g, (Método 967.26).

Análise Estatística

Os dados obtidos com as determinações foram avaliados pela Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey, utilizando o software *Statistica for Windows 7.0*, a um nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 20 são apresentados os resultados de firmeza, pH, atividade de água, sólidos solúveis, diferença de cor e razão firmeza/diferença de cor obtidos com o planejamento para o estruturado misto de ciriguela e acerola.

Firmeza

A Tabela 3 descreve os coeficientes de regressão, a partir da matriz codificada, sendo os termos lineares (L) e quadráticos (Q) apresentados em negrito significativos a ($p \leq 0,05$).

Observa-se que os coeficientes de regressão Pectina quadrática (Q), Gelatina linear (L) e a interação Gelatina e Percentual de polpa de ciriguela foram significativos ($p \leq 0,05$). O coeficiente Gelatina quadrática (Q) obteve valor de p próximo a 0,05, assim o mesmo foi considerado no modelo. Os coeficientes de regressão do modelo reparametrizado são apresentados na Tabela 4. A Tabela 5 apresenta os resultados da análise de variância (ANOVA).

O coeficiente de determinação (r^2) para o modelo reparametrizado indicou que o modelo explicou 80,15% da variação da firmeza observada. O modelo apresentou regressão significativa ($F_{\text{calculado}}$ da regressão com relação ao resíduo superior ao F_{tabelado}), sinalizando um modelo válido e útil para fins preditivos.

A equação a seguir descreve a firmeza (F) prevista pelo modelo em função das variáveis codificadas, no modelo reparametrizado que contém apenas os termos estatisticamente significativos:

$$\text{Firmeza} = 438,2958 - 58,4245 P_2^2 + 190,2805 G_3 + 57,0792 G_3^2 + 94,2096 G_3 C_4$$

(Equação 3)

Onde: P = pectina (g/100g); g = gelatina (g/100g); C = % de polpa de ciriguela

Os ensaios 15 e 22 (mostrados na Tabela 2) apresentaram os maiores valores de firmeza com 699,67 g e 999,03 g, respectivamente; ambos apresentam concentrações elevadas de gelatina (236 g/100 g e 199 g/100 g), indicando ser este um efeito de grande importância na variabilidade da firmeza neste estruturado.

Pelos gráficos (Figura 2a e 2b), gerados a partir do modelo obtido, pode-se observar que para maiores concentrações de gelatina têm-se maior firmeza. E para qualquer concentração de pectina, quando se utilizam menores valores de gelatina, ocorre um abaixamento do valor de firmeza.

Grizotto *et al.* (2007), investigando diferentes concentrações de alginato, pectina e glicerol para obtenção de estruturado a partir de polpa concentrada de abacaxi, relataram valores de firmeza que variaram de 45,3 g a 1723,07 g, e tiveram como efeitos significativos e positivos as variações de pectina e alginato, onde um aumento nas suas concentrações levou a um aumento na firmeza do produto. Os autores complementam ainda que a interação entre os dois hidrocolóides confirmou a existência de um sinergismo entre seus efeitos.

Para um estruturado produzido com polpa mista de taperabá com mamão, Carvalho (2007) reportou valores de firmeza que variaram de 9 g a 1103,20 g, sendo muitos desses considerados baixos. Segundo Grizotto *et al.*

(2005) géis de alginato e pectina, separadamente devem apresentar valores de firmeza entre 240 g e 1300 g, respectivamente, considerando-se as características de corte das frutas.

Em extrusados de pêssego e géis de pêssego e amido, McHugh e Huxoll (1999) verificaram que a textura do produto foi modificada com o aumento da concentração de amido, tanto nos extrusados quanto nos géis, sendo verificados aumentos significativos na firmeza, na adesividade e coesividade. Os autores destacam que já é bem conhecido que a força aumenta com a concentração de amido, sendo os resultados deste trabalho consistentes com esta conclusão. Da mesma forma procedeu-se no presente estudo. Maiores concentrações de gelatina levaram a um aumento na força do estruturado.

Vijayanand *et al.* (2000), produzindo barras de fruta de goiaba e manga, utilizando um novo processo para alcançar melhor textura e propriedades sensoriais, relataram valores de firmeza de 8,80 g e 8,15 g, respectivamente. Comparando-se os valores de firmeza relatados nesta pesquisa com os demais estudos, verifica-se que a fruta estruturada mista de ciriguela e acerola apresentou valores dentro da faixa reportada para outras frutas.

pH

Para a variável pH os resultados em relação aos efeitos lineares, quadráticos e a interação entre as variáveis, bem como o erro, o coeficiente t e a significância estatística são apresentados na Tabela 6.

Verifica-se que apenas os coeficientes lineares de Alginato, Gelatina e Percentual de polpa de ciriguela foram significativos ($p \leq 0,05$). Os coeficientes de regressão do modelo reparametrizado são apresentados na Tabela 7. Percebe-se que todos os valores apresentaram uma contribuição positiva em relação ao pH, ou seja, quanto maior a concentração de Alginato, Pectina e Percentual de Polpa de Ciriguela, maior o valor do pH. A Tabela 8 apresenta os resultados da análise de variância (ANOVA).

A análise de variância (ANOVA) em relação aos efeitos significativos é apresentada na Tabela 8. Verifica-se que a regressão é significativa e o valor dos resíduos não significativos ($p \leq 0,05$). O valor de r^2 indica que 86% da

variabilidade na resposta pode ser explicada pelo modelo. E a relação entre QM regressão/QM resíduo (F_{cal}) apresentou um valor de 48,40 sendo o valor de F_{tab} (3,03) menor que o F_{cal} . Desta forma o modelo reparametrizado para o pH é considerado válido e útil para fins preditivos.

Assim a Equação 4 que descreve o modelo codificado para a variável pH é apresentada abaixo:

$$pH = 4,004 + 0,032 A_1 + 0,0595 G_3 + 0,1220 C_4$$

(Equação 4)

Onde: A = alginato (g/100g); G = gelatina (g/100g); C = % de polpa de ciriguela

Grizotto *et al.* (2007) relataram valores de pH entre 3,24 e 3,94, para estruturado de abacaxi. Os autores observaram que os experimentos com maior firmeza obtiveram valores de pH em torno de 3,9, os quais foram desenvolvidos utilizando quantidades máxima de alginato e pectina. E acrescentaram que esse valor de pH pode ser considerado como um valor mínimo para a estruturação de polpas ácidas quando misturas destes hidrocolóides são utilizados.

Azoubel *et al.* (2011) encontraram valores de pH para estruturados de maracujá-do-mato entre 3,43 a 3,79. Neste estudo, assim como o de Grizotto *et al.* (2007), houve uma correlação entre a firmeza e o pH, observando-se que a fruta estruturada de maracujá-do-mato com maior firmeza apresentou pH em torno de 3,77, utilizando-se elevadas quantidades de alginato e gelatina, e este valor pode ser tomado como um valor mínimo para estruturação de polpas ácidas utilizando essa mistura de alginato, pectina e gelatina.

Carvalho (2007) relatou valores de pH entre 4,18 e 5,54, para estruturado misto de taperabá e mamão. A autora observou que para se atingir valores de baixo pH (maior acidez), deve-se fazer uso de concentrações menores de alginato e pectina, ficando a faixa ideal abaixo do ponto central do alginato e do nível -1 da gelatina. Em relação à interação alginato e pectina, verificou-se que qualquer nível utilizado de pectina proporciona valores mais baixos de pH.

No presente estudo, os valores de pH variaram entre 3,67 (valores das variáveis independentes no nível -1) e 4,27 (valores das variáveis

independentes no nível +1). As polpas mistas com concentrações mais baixas de polpa de ciriguela apresentaram menores valores de pH, bem como os ensaios com menores concentrações de alginato e gelatina, demonstrando seu efeito positivo sobre essa variável, como mostrado nos gráficos de superfície de resposta e curvas de nível (Figura 3a e 3b).

Atividade de água

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e das interações na atividade de água, assim como o erro, o coeficiente t e a significância estatística são apresentados na Tabela 9. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

Analisando a Tabela 9, percebe-se que os fatores significativos ($p \leq 0,05$), são o Alginato (Q), Pectina (Q) e Gelatina (L). Os demais efeitos apresentaram valor de $p \geq 0,05$ e, portanto foram descartados, como mostrado na Tabela 10. Verifica-se que todos os valores apresentaram uma contribuição positiva em relação à atividade de água.

Eliminando-se os fatores não-significativos realizou-se a análise de variância (ANOVA), mostrada na Tabela 11. O coeficiente de determinação (r^2) para o modelo reparametrizado foi de 0,7532, indicando que o modelo explicou 75,32% da variação dos dados observados. O modelo apresentou também regressão significativa ($p \leq 0,05$) com Fcal superior ao Ftab, sinalizando que o modelo é válido para fins preditivos.

Sendo assim, o modelo codificado ajustado para atividade de água é apresentado na Equação 5:

$$Aw = 0,781294 + 0,025493 A_1^2 + 0,022330 P_2^2 + 0,011642 G_3$$

(Equação 5)

Onde: A = aginato (g/100g); P = pectina (g/100g); G = gelatina (g/100g)

Os valores de atividade de água encontrados no presente estudo variaram de 0,74 a 0,87 (Tabela 2). O menor valor foi conseguido utilizando-se concentrações médias para todos os hidrocolóides (alginato, pectina e gelatina) e concentração máxima de polpa de acerola, ou seja 0% de polpa de ciriguela (Figura 4a e 4b). Entretanto, todos os ensaios que utilizaram concentrações

médias de alginato e pectina obtiveram valores de atividade de água até 0,77. O maior valor de atividade de água refere-se ao ensaio com valores mais elevados de pectina e gelatina e mínimos de alginato e polpa de ciriguela. Os valores encontrados estão dentro faixa intermediária de umidade de 0,65 a 0,90, relatada por Chirife e Buera (1994).

Grizotto *et al.* (2007) encontraram valores de atividade de água entre 0,82 e 0,92 para estruturados de abacaxi com alto teor de sólidos solúveis. Os autores colocaram que os resultados alcançados com o estudo oferecem uma perspectiva promissora para a produção de fruta estruturada de polpa de abacaxi.

Em estruturado de maracujá-do-mato, Azoubel *et al.* (2011) relataram valores de atividade de água que variaram entre 0,79 a 0,83. Segundo os autores o modelo obtido não apresentou regressão significativa, indicando que qualquer concentração dos hidrocolóides utilizados nas condições deste estudo não tiveram influências sobre os valores de atividade de água do estruturado.

Para couros de pêra, Huang e Hsieh (2005) relataram valores de Aa que variaram entre 0,36 a 0,48, de acordo com a formulação dos ensaios.

Segundo Fellows (2000), quase todas as atividades microbianas são inibidas em atividades de água inferiores a 0,6. A maioria dos bolores são inibidos abaixo de 0,7, a maioria das leveduras não desenvolvem abaixo de 0,8; e abaixo 0,9 o crescimento das bactérias é bastante limitado. A interação da Aa com a temperatura, o pH, o oxigênio, o dióxido de carbono e com conservantes químicos também terá um efeito importante na inibição do crescimento microbiano. Assim, a fruta estruturada desenvolvida neste experimento apresenta atividade de água entre 0,74 e 0,87, sendo considerada um produto de umidade intermediária e que pode apresentar processos de deterioração provocados principalmente por bolores e leveduras, o que torna necessário seu armazenamento refrigerado ou a adição de conservantes.

Sólidos Solúveis

Em relação à variável sólidos solúveis, a partir da análise de planejamento experimental, observa-se que para os valores ajustados dos modelos, linear e quadrático e as interações entre as variáveis, somente o efeito da Gelatina (L) foi significativo ($p \leq 0,05$). O valor de r^2 indicou que

apenas 21% da variabilidade na resposta pode ser explicada pelo modelo, sendo esse valor considerado muito baixo para gerar um modelo preditivo. Assim, as superfícies de resposta e as curvas de nível não foram geradas.

Entretanto, algumas considerações podem ser feitas a respeito dos valores observados nos ensaios realizados.

Carvalho (2007) encontrou valores de sólidos solúveis que variaram entre 47,66°Brix e 79,67°Brix e verificou que o uso da concentração de pectina e gelatina ao redor dos níveis centrais (15 g/K e 100 g/K, respectivamente), promove um incremento no teor de sólidos solúveis. Os valores de sólidos solúveis do presente estudo ficaram entre 37,05°Brix e 51,45°Brix, valores abaixo dos relatados por Carvalho (2007). Entretanto deve-se levar em consideração que o estruturado misto desenvolvido por esta autora passa pela etapa de secagem em estufa de circulação de ar, o que pode ter contribuído para a solubilização dos açúcares presentes no produto levando ao aumento no teor de sólidos solúveis, ou mesmo a concentração destes devido a secagem.

Grizotto *et al.* (2005) encontraram valores de sólidos solúveis entre 42,2°Brix e 44,7°Brix para a estruturação de polpa concentrada de mamão. Através da análise estatística os autores não verificaram termos significativos lineares ou quadráticos, e qualquer variação nos valores só pode ser atribuída ao erro experimental.

Diferença de Cor

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e das interações na diferença de cor entre a polpa *in natura* e os estruturados, assim como o erro, o coeficiente t e a significância estatística podem ser observados na Tabela 12. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos.

O único efeito significativo foi o percentual de polpa de ciriguela (L), que apresentou uma contribuição negativa sobre a diferença de cor, ou seja, quanto menor o percentual de polpa de ciriguela maior a diferença de cor. Os coeficientes de regressão do modelo reparametrizado são apresentados na Tabela 12. A Tabela 14 apresenta os resultados da análise de variância (ANOVA).

O coeficiente de determinação (r^2) para o modelo reparametrizado foi de 0,8123, indicando que o modelo explicou 81,23% da variação dos dados observados. O modelo apresentou regressão significativa ($p \leq 0,05$) com F_{cal} da regressão com relação aos resíduos superior ao F_{tab} . Sendo assim, o modelo codificado reparametrizado para diferença de cor no estruturado misto de ciriguela e acerola é a seguinte apresentado na Equação 6:

$$\Delta E = 27,027 - 6,246 C_4$$

(Equação 6)

Onde: C = Percentual de polpa de ciriguela

Na Figura 5 são mostradas as superfícies de resposta e as curvas de nível geradas através do modelo proposto, permitindo visualizar a variação da resposta para a diferença de cor. Percebe-se que para qualquer variação na concentração dos hidrocolóides (alginato, pectina ou gelatina), os maiores valores de diferença de cor são observados quando se utiliza menores percentuais de polpa de ciriguela.

Azoubel *et al.* (2011) verificaram em géis de maracujá-do-mato que para os valores de L^* (luminosidade do estruturado), a gelatina e a pectina mostraram um significativo efeito entre os termos lineares e quadráticos. Já o alginato e as interações entre as variáveis não apresentaram efeito significativo, ou seja, não influíram na luminosidade do produto. Os menores valores de L^* foram obtidos quando a concentração de gelatina variou de 10,8 a 17%, combinado com concentrações de pectina maiores de 1,9%, independente da quantidade de alginato utilizada. Por outro lado as autoras destacaram que conseguiram obter valores de L^* semelhantes aos da polpa fresca utilizando concentração de gelatina $\geq 20\%$, independente da quantidade de pectina ou alginato utilizada. Valores de a^* mais próximos aos da polpa *in natura* foram observados quando concentrações intermediárias de gelatina e alginato foram utilizadas. Já valores de b^* mais próximos aos da polpa fresca, foram observados quando utilizadas concentrações maiores que 0,3% de alginato, combinadas com baixa (8%) ou média (20%) concentração de gelatina.

McHugh e Huxsoll (1999) observaram que nos extrusados de pêssago o aumento da umidade levou a uma diminuição significativa nos

parâmetros L e b do produto. Assim como nos géis de pêssego com amido, os valores de L, a, e b também diminuíram significativamente com o aumento da umidade. Os efeitos térmicos na coloração dos géis foram semelhantes aos observados em 100% dos extrusados. Neles observou-se que temperaturas mais elevadas (80°C) resultaram em menores valores de L, a e b, em decorrência da degradação de carotenóides e escurecimento enzimático.

Vatthanakul *et al.* (2010) observou em couro de fruta de gold kiwifruit, que valores de L* variaram entre, 36,60 e 39,30, mas que não diferiram estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Duncan. Para a* os autores verificaram valores entre 10,69 e 12,89, sendo o maior valor correspondente a formulação que apresentou concentração média de pectina e mínima de glicose. E para b* os valores variaram de 24,86 a 28,44, sendo o maior valor encontrado na formulação com maior concentração de pectina e maior de glicose.

Azoubel *et al.* (2011) destacam que o tipo e a concentração do hidrocolóide pode induzir mudanças na coloração dos estruturados, devendo-se levar em consideração também o sinergismo entre os hidrocolóides, visto que a reestruturação foi desenvolvida com uma mistura destes.

Razão Firmeza/Diferença de cor

A variável razão firmeza/diferença de cor irá auxiliar na tomada de decisão para estabelecer os melhores ensaios para a análise sensorial do produto. Assim, espera-se alcançar uma combinação de maiores valores de firmeza e menores valores para diferença de cor.

Com a análise do planejamento experimental, observou-se que os valores ajustados dos modelos linear e quadrático e as interações entre as variáveis, para a razão firmeza/diferença de cor apresentou como termos significativos apenas o efeito Gelatina (L), Percentual de Polpa de ciriguela (Q) e a interação Gelatina de Percentual de Polpa de ciriguela; e após a eliminação dos efeitos não significativos o valor de r^2 indicou que apenas 56,64% da variabilidade na resposta era explicada pelo modelo, sendo esse valor muito baixo para gerar um modelo útil para fins preditivos. Desta forma as superfícies de resposta e as curvas de nível não foram geradas.

Entretanto pode-se perceber pelos valores da Tabela 2 que os maiores valores desta variável correspondem aos ensaios 7, 13, 16, 22 e 24.

Desta forma os ensaios escolhidos para a análise sensorial foram os Ensaios 7, 13, 16 e 22, pois o ensaio 24, apesar de apresentar o maior valor para esta variável, corresponde ao ensaio desenvolvido apenas com polpa de ciriguela, não sendo interessante para a realização de testes posteriores com ele, porque esse, assim como o ensaio 23 referem-se aos ensaios controle, com polpas simples, e o que se quer avaliar é o quanto a mistura de polpas pode contribuir para o incremento não só de nutrientes, mas também providenciar sabor e aroma diferenciados.

Os ensaios escolhidos apresentaram as seguintes concentrações de alginato, pectina, gelatina e percentual de polpa de ciriguela e acerola por 1000g de polpa, respectivamente: Ensaio 7: 5,8 g A; 20,9 g P; 199 g G; 25% de ciriguela e 75% de acerola. Ensaio 13: 5,8 g A; 9,1 g P; 199 g G; 75% de ciriguela e 25% de acerola. Ensaio 16: 14,2 g de A; 20,9 g de P; 199 g G; 75% de ciriguela e 25% de acerola. Ensaio 22: 10 g de A; 15 g de P; 236 g G; 50% de ciriguela e 50% de acerola.

A polpa mista de ciriguela e acerola referente ao ensaio escolhido a partir da análise sensorial obteve as seguintes características físico-químicas: sólidos solúveis de $8.33 \pm 0.58^\circ \text{Brix}$; pH em torno de 3.25 ± 0.01 ; acidez titulável de 1.25 ± 0.07 (percentual de ácido málico, g.100 g⁻¹); e razão sólidos solúveis/acidez titulável de 7.00 ± 0.78 .

Em estudos realizados com polpa de ciriguela os resultados para caracterização físico-química foram: sólidos solúveis (16.47-23.87; 18); acidez titulável (0.73-1.15; 30mg/100g. % em ácido cítrico); razão sólidos solúveis/acidez titulável (20.76-26.58) (LIRA JÚNIOR *et al.*, 2010; KOZIOL; MACÍIA, 1998); e pH (3.34) (MORTON, 1987). Para a acerola no estágio maduro os valores determinados na literatura são os seguintes: sólidos solúveis (7.80 ± 0.01 ; 9.2°Brix), pH (3.28 ± 0.02 ; 3.7), acidez titulável (43.4 ml de NaOH 0.1N/100g da amostra) (MERCALI *et al.*, 2011; VENDRAMINI; TRUGO, 2000).

Assim, a polpa mista contendo 75% de acerola e 25% ciriguela apresentou boas características físico-químicas, como elevados teores de SS, acidez e razão SS/AT, com características bastante semelhantes às das polpas de acerola reportadas na literatura.

Avaliação Sensorial

Vantthanakul *et al.* (2010) ressaltam que para o sucesso de mercado no desenvolvimento de uma nova fruta estruturada, uma série de fatores precisam ser abordados. As principais questões são a doçura, o *flavor* e a textura (mastigabilidade, dureza e elasticidade). Destacando assim quais seriam as características imprescindíveis de avaliação em uma análise sensorial. Os autores completam ainda que a maioria destes problemas poderia ser resolvido através do estabelecimento do açúcar ideal para a relação entre a doçura e o *flavor*, e a razão de pectina nas frutas para o controle de características de textura do produto.

Na Tabela 15, observam-se as notas do teste de aceitação para as quatro formulações de fruta estruturada mista de ciriguela e acerola. O ensaio 7 apresentou diferença significativa dos demais ensaios realizados, exceto em relação à textura, onde não apresentou diferença significativa do ensaio 13. O ensaio 7 foi o mais bem aceito, com as melhores médias de notas para os atributos cor, sabor, textura e avaliação global, alcançando médias entre os termos hedônicos “gostei ligeiramente” (nota 5) e “gostei moderadamente” (nota 6). Alguns julgadores fizeram comentários negativos relacionados ao aroma do produto: aroma ácido, pouco aroma da fruta. Mas nenhum relacionado ao *off flavor* do produto.

Este ensaio, formulado com 5,8 g de alginato, 20,9 g de pectina, 199 g de gelatina e 75% de polpa de acerola e 25% de polpa de ciriguela foi o que obteve o menor valor da razão firmeza/diferença de cor, demonstrando assim uma textura intermediária e coloração mais próxima à polpa mista *in natura*.

Na Figura 6 pode ser observado o Histograma de frequência das notas da aceitação para os atributos cor, aroma, sabor, textura e avaliação global, atribuídas no julgamento do produto.

Grizotto *et al.* (2007) avaliando sensorialmente a polpa reestruturada de abacaxi verificaram que os degustadores aceitaram o produto, dando notas (5.5) entre os termos hedônicos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. Os autores comentaram que alguns julgadores fizeram comentários negativos sobre o produto como: produto muito mole e pegajoso, aroma de abacaxi muito pouco e gosto ácido, assemelhando-se aos comentários feitos pelos julgadores do presente estudo para o aroma da fruta estruturada mista de ciriguela e acerola.

Vijayanand *et al.* (2010) em avaliação da qualidade sensorial de barras de fruta de goiaba e manga verificaram que ambos os produtos foram sensorialmente aceitos, obtendo conceitos de “bom” a “muito bom”, em relação a cor, textura, *flavor* e qualidade global.

Quanto ao Índice de aceitabilidade pode-se observar na Tabela 16 que apenas o Ensaio 7 obteve aceitabilidade acima de 70% para a maioria dos atributos avaliados. Segundo Teixeira, Meinert e Barbeta (1987) é necessário que o produto obtenha um Índice de aceitabilidade mínimo de 70%. Quanto ao aroma do produto, verificou-se que foi classificado como “pouco atrativo” e ácido, não agradando muito os julgadores, sendo, desta forma, um atributo a ser melhorado para o desenvolvimento de um produto mais aceitável sensorialmente.

Quanto a Intenção de compra (Figura 7), o Ensaio 7, que obteve percentual de 79,79%, e o Ensaio 22, com percentual de 52,72%, destacaram-se como os preferidos pelos potenciais consumidores.

Caracterização e Composição Centesimal da polpa in natura e da Fruta estruturada de ciriguela e acerola

Os resultados da caracterização da polpa e da fruta estruturada mista de ciriguela e acerola, selecionada a partir da análise sensorial, bem como os resultados da composição centesimal para a polpa mista e para a fruta estruturada mista de ciriguela e acerola estão descritos na Tabela 17 e na Tabela 18, respectivamente.

Por serem produtos novos e formulados a partir da mistura de frutas, não há relatos na literatura a cerca da caracterização ou composição centesimal da polpa mista de ciriguela e acerola, nem da fruta estruturada obtida com a referida polpa. Entretanto, a composição centesimal da polpa mista pode ser comparada a polpa simples de cada fruta utilizada para a produção da mistura. Para a polpa de acerola os valores da composição centesimal são 90,5% de umidade; 0,9 g de proteína, 0,4 g de cinzas; 0,2 g de lipídios; 8,0 g de carboidratos e 33 kcal (matéria fresca) para 100 g de polpa; e para a polpa de ciriguela os valores são de 78,7% de umidade; 1,4 g de proteínas; 0,4 g de lipídeos; 0,7 g de cinzas e 18,9 g de carboidratos; 76 de

energia para 100 g de polpa (TABELA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS – TACO, 2006).

Em relação à fruta estruturada, os valores da caracterização são semelhantes aos relatados por Grizotto *et al.* (2007) e McHugh e Huxsoll (1999). Comparando-se a polpa *in natura* e a fruta estruturada mista de ciriguela e acerola, nota-se que houve diminuição da umidade, que ocorreu tanto pela adição de glicerol como pela adição dos hidrocolóides que agem como supressores da atividade de água e da umidade. Ocorreu também um aumento no teor de proteínas, pela inclusão da gelatina, que é um produto obtido das proteínas do colágeno (LEDWARD, 2000), e principalmente pela diminuição da umidade da polpa, o que concentrou todos os nutrientes. Com relação ao percentual de carboidratos, houve um grande aumento no conteúdo devido a adição do glicerol e do açúcar, necessários para atingir o percentual de 50°Brix do produto. O percentual de lipídeos e de cinzas permaneceu próximo entre a polpa *in natura* e a fruta estruturada.

Quanto ao Valor Calórico Total - VCT que foi de 228,96 kcal em 100 g para o produto, se compararmos com as barrinhas comerciais que variam entre 78 e 130 kcal em 25 g, a fruta estruturada contém apenas 57,24 kcal em 25 g, podendo ser considerada um alimento de baixo valor calórico.

Em couro de jaca desenvolvido por Che Man e Sin (1997), as características do produto foram as seguintes: umidade 12-26%; lipídeos 0-26%; proteínas 2-85%; fibra bruta 6-27%; cinzas 0-87%; pH 4-8; acidez titulável 0-0005 meq NaOH g⁻¹; e valor calórico de 440 kcal.

Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas (Tabela 19) comprovam que a fruta estruturada mista de ciriguela e acerola apresentou boa qualidade microbiológica, não sendo verificado crescimento ou multiplicação microbiana no produto, atendendo ao item 1B da RDC 12/2001 – ANVISA (BRASIL, 2001), quanto aos parâmetros obrigatórios para amostra indicativa. Confirmando assim, que os procedimentos higiênico-sanitários quanto à manipuladores, aos equipamentos e aos utensílios para o desenvolvimento do produto foram seguidos corretamente.

A resolução RDC nº 12, de 02/01/2001 institui valor máximo de 5×10^2 NMP/g para coliformes a 45°C/g, e ausência para *Salmonella* spp., mas não estabelece padrões para bolores e leveduras (BRASIL, 2001).

CONCLUSÃO

A partir do planejamento experimental quatro formulações apresentaram boas características físicas e químicas, com melhor cor e textura: o ensaio 7 com 5,8 g de alginato; 20,9 g de pectina; 199 g de gelatina G; 25% de ciriguela e 75% de acerola. O ensaio 13 com 5,8 g alginato; 9,1 g de pectina; 199 g gelatina; 75% de ciriguela e 25% de acerola. O ensaio 16 com 14,2 g de alginato; 20,9 g de pectina; 199 g de gelatina; 75% de ciriguela e 25% de acerola. E o ensaio 22 com 10 g de alginato; 15 g de pectina; 236 g de gelatina; 50% de ciriguela e 50% de acerola.

Dentre estes o ensaio 7 foi o mais bem aceito sensorialmente por prováveis consumidores e sua composição centesimal apresentou boa qualidade nutricional.

Os resultados obtidos mostram boa perspectiva para o incentivo e aproveitamento da produção agrícola da ciriguela e da acerola, de forma a ampliar os ganhos econômicos dos agricultores e agroindustriais através do aumento e diversificação da produção, pelo desenvolvimento de um novo produto de boa aceitação, qualidade nutricional e prático consumo. Há ainda a possibilidade de substituir os produtos industrializados não nutritivos e com elevadas concentrações de aditivos químicos com restrições de uso, como as barras de frutas e cereais com corantes e conservantes sintéticos, melhorando e tornando mais saudável a alimentação dos consumidores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKINWALE, T. O. Cashew apple juice: its use in fortifying the nutritional quality of some tropical fruits. **European Food Research Technology**, v. 211, p. 205-207, 2000.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 18 ed. Washington DC USA, 2002.

ASSIS, S. A.; VELLOSO, J. C. R.; BRUNETTI, I. L.; KHALIL, N. M.; LEITE, M. S. C. K.; MARTINS, A. B. G.; OLIVEIRA, O. M. M. F. Antioxidant activity, ascorbic acid and total phenol of exotic fruits occurring in Brazil. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 60, p. 439-448, 2009.

AUGUSTO, F.; VALENTE, A. L. P.; TADA, E. S.; RIVELLINO, R. S. Screening of Brazilian fruit aromas using solid-phase microextraction–gas chromatography–mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 873, p. 117-127, 2000.

AZOUBEL, P. M.; ARAÚJO, A. J. B.; OLIVEIRA, S. B.; AMORIM, M. R. Restructuring *Passiflora cincinnata* fruit pulp: influence of hydrocolloids. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 1, p. 160-166, 2011.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC nº 12, de 02/01/2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001, Seção I, p. 45-53.

CARVALHO, A. V. **Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de estruturados de frutas funcionais a partir de polpa de açaí e “mix” de taperebá com mamão**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007.

CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. A.; ASSIS, G. T.; LOURENÇO, L. F. H. Avaliação do efeito da combinação de pectina, gelatina e aginato de sódio sobre as características de gel de fruta estruturada a partir de “mix” de póla de cajá e mamão, por meio de metodologia de superfície de resposta. **Acta Amazônica**, v. 41, n. 2, p. 267-274, 2011.

CHE MAN, Y. B.; SIN, K. K. Processing and Consumer Acceptance of Fruit Leather from the Unfertilised Floral Parts of Jackfruit. **Journal Science Food Agricultural**, v. 75, 102-108, 1997.

CHIRIFE, J.; BUERA, M. D. P. Water activity, glass transition and microbial stability in concentrated/semi moisture food systems. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 925-927, 1994.

EKANAYAKE, S.; BANDARA, L. Development of banana fruit leather. **Annals of the Sri Lanka Department of Agriculture**, v. 4, p. 353-358, 2002.

FELLOWS, P. **Food Processing Technology: principles and practice**. 2 ed. England: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2000.

FIZMAN, S. M.; DURAN, L. Effect of fruit pulps and sucrose on the compression response of different polysaccharides gel systems. **Carbohydrate Polymers**, v. 17, n. 1, p. 11-17, 1992.

GRIZOTTO, R. K.; AGUIRRE, J. M. DE; MENEZES, H. C. de. Frutas estruturadas de umidade intermediária obtidas de polpas concentradas de abacaxi, manga e mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 691-697, 2005.

GRIZOTTO, R. K.; BERBARI, S. A. G.; MOURA, S. C. S. R.; CLAUS, M. L. Estudo da vida-de-prateleira de fruta estruturada e desidratada obtida de polpa concentrada de mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 709-714, 2006.

GRIZOTTO, R. K.; BRUNS, R. E.; AGUIRRE, J. M.; BATISTA, G. Otimização via metodologia de superfície de resposta dos parâmetros tecnológicos para produção de fruta estruturada e desidratada a partir de polpa concentrada de mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 25(1): 158-164, 2005.

GRIZOTTO, R. K.; BRUNS, R. E.; AGUIRRE, J. M.; MENEZES, H. C. Technological aspects for restructuring concentrated pineapple pulp. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, v. 40, p. 759-765, 2007.

GUJRAL, H.S.; KHANNA, G. Effect of skim milk powder, soy protein concentrate and sucrose on the dehydration behaviour, texture, color and acceptability of mango leather. **Journal of Food Engineering**, v. 55, p. 343–348, 2002.

HUANG, X.; HSIEH, F.H. Physical Properties, Sensory Attributes, and Consumer Preference of Pear Fruit Leather. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 3, p. 177-186, 2005.

JAIN, S. K.; KHURDIYA, D. S. Vitamin C enrichment of fruit juice based ready-to-serve beverages through blending of Indian gooseberry (*Emblica officinalis Gaertn.*) juice. **Plant Foods Hum Nutritional**, v. 59, n. 2, p. 63-66, 2004.

JANICK, J.; PAULL, R. E. **The Encyclopedia of Fruits & Nuts**. Cambridge University Press, Cambridge, (34-36), 2006, 160p.

KAYA, S.; MASKAN, A. Water vapor permeability of pestil (a fruit leather) made from boiled grape juice with starch. **Journal of Food Engineering**, v. 57, p. 295-299, 2003.

KOZIOL, M. J.; MACÍA, M. J. Chemical composition, nutritional evaluation, and economic prospects of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). **Economic Botany**, v. 52, n. 4, p. 373-380, 1998.

LEDWARD, D. A. Gelatin. In: PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. (Edited) **Handbook of hydrocolloids**. England: Wood head Publishing Limited, 2000. cap. 4.

LEON, J.; SHAW, P.E. *Spondias*: the red mombin and related fruits. In: NAGY, S.; SHAW, P.E.; WARDONSKI, F.W.(Eds.) **Fruits of tropical and subtropical origin**: composition, properties and uses. Lake Alfred: Florida Science Source Inc., p.117-126, 1990.

LIRA JÚNIOR, J. S.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; MOUR, R. J. M. Produção e características físico-químicas de clones de cirigueleira na Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.43-48, 2010.

LÓPEZ, A. P.; VELOZ, V. S.; GALARZA, M.A.L.; LÚA, A. M. Efecto Del grado de madurez em La calidad y vida postcosecha de ciruela mexicana (*Spondia Purpúrea*,L.). **Revista Fitotecnia Mexicana**. México, v. 27, n. 2, p. 133-139. 2004.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Brazilian fruits & cultivated exotics** (pp. 672). Brazil: Instituto Plantarum, 2006.

MASKAN, A.; KAYA, S.; MASKAN, M. Hot air and sun drying of grape leather (pestil). **Journal of Food Engineering**, v. 54, p. 81–88, 2002.

MCHUGH, T. H.; HUXSOLL, C. C. Extrusion Processing of Restructured Peach and Peach/Starch Gels. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, v. 32, 513-520, 1999.

MERCALI, G. D.; SARKIS, J. R.; JAESCHKE, D. P.; TESSARO, I. C.; MARCZAK, L. D. F. Physical Properties of Acerola and Blueberry Pulps. **Journal of Food Engineering**,v. 106, n. 4, p. 283-289, 2011.

MERRILL, A.L.; WATT, B.K. Energy value of foods: Basis and derivation, revised U. 513S. Department of Agriculture, retrieved November, 15, 2008 from the Department 514 of Agriculture. **Agriculture Handbook**, 74, 1973. In: <http://www.nal.usda.515gov/fnic/foodcomp/Data/Classics/index.html>. 1973

MEZADRI, T.; VILLANO, D.; FERNANDEZ-PACHÁN, M. S.; GARCÍA-PARRILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola fruits and derivatives (*Malpighia glabra* D.C.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, p. 282–290, 2008.

MILLER, A.; SCHAAL, B. **Domestication of a Mesoamerican cultivated fruit tree, *Spondias purpurea***. PNAS, 102, 12801–12806, 2005.

MORTON, J. **Purple Mombin**. In: **Fruits of warm climates**. Miami, FL, p. 242-245, 1987.

OLIVEIRA, J. A. R.; CARVALHO, A. V.; MOREIRA, D. K. T.; MARTINS, L. H. S. Elaboração e caracterização de estruturado obtido de polpa concentrada de cupuaçu. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v.53, n.2, p.164-170, 2010.

PAPAGEORGIOUS, M.; KASAPIS, S. E.; GOTHARD, M. G. Structural and textural properties of calcium induced, hot –made alginate gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 24, p. 199-207, 1994.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. 2º ed. Campinas, SP: Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e Amor, 2009.

STONE, L.; SIDEL, J. L. Quantitative descriptive: developments applications, and the future. **Food Technology**, 52 (8), 48-52, 1998.

Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA-UNICAMP.- Versão II. -- 2. ed. -- Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2006. 113p.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.; BARBETA, P. A. **Análise sensorial dos alimentos**. UFC, 1987, 182p.

VATTHANAKUL, S.; JANGCHUD, A.; JANGCHUD, K.; THERDTHAI N.; WILKINSO, B. Gold kiwifruit leather product development using Quality function deployment approach. **Food Quality and Preference**. v. 21, p. 339–345, 2010.

VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, v. 71, p. 195-198, 2000.

VIJAYANAND, P.; YADAV, A. R.; BALASUBRAMANYAM, N.; NARASIMHAM, P. Storage Stability of Guava Fruit Bar Prepared Using a New Process. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, v. 33, p. 132-137, 2000.

WEINER, G.; NUSSINOVITCH, A. Succulent hydrocolloid –based, texturized grapefruit products. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, v.27, p. 394-399, 1994.

Tabela 1. Variáveis independentes para a formulação da fruta estruturada mista de polpa de ciriguela e acerola

Variável	- α (2)	-1	0	+1	+ α (2)
Alginato (g/K)	1,6	5,8	10	14,2	18,4
Pectina (g/K)	3,2	9,1	15	20,9	26,8
Gelatina (g/K)	88	125	162	199	236
Percentual de Polpa de ciriguela	0	25	50	75	100

Ao utilizar-se 0% de polpa de ciriguela para produção do estruturado, usar-se-á 100% de polpa de acerola. Ao utilizar-se 25% de polpa de ciriguela, utilizar-se-á 75% de polpa de acerola, e assim sucessivamente.

Tabela 2. Matriz do planejamento codificado e decodificado para formulação de fruta estruturada mista de ciriguela e acerola

E	Alginato g/1000g		Pectina g/1000g		Gelatina g/1000g		% de Polpa de ciriguela		Firmeza (g)	pH	Aa	SS	ΔE	F/ ΔE
1	-1	5,8	-1	9,1	-1	125	-1	25	431,67	3,67	0,82	44,30	35,81	12,05
2	1	14,2	-1	9,1	-1	125	-1	25	408,33	3,81	0,83	40,64	34,73	11,76
3	-1	5,8	1	20,9	-1	125	-1	25	390	3,83	0,82	42,44	39,65	9,84
4	1	14,2	1	20,9	-1	125	-1	25	497,67	3,85	0,84	42,77	35,65	13,96
5	-1	5,8	-1	9,1	1	199	-1	25	594,33	3,94	0,86	42,45	34,42	17,27
6	1	14,2	-1	9,1	1	199	-1	25	587,33	3,94	0,85	41,72	35,66	16,47
7	-1	5,8	1	20,9	1	199	-1	25	649,33	3,89	0,87	42,32	24,45	26,56
8	1	14,2	1	20,9	1	199	-1	25	627,67	3,95	0,86	46,58	33,40	18,79
9	-1	5,8	-1	9,1	-1	125	1	75	63,66	4,01	0,82	47,30	20,38	3,12
10	1	14,2	-1	9,1	-1	125	1	75	138	4,02	0,83	41,45	22,04	6,26
11	-1	5,8	1	20,9	-1	125	1	75	230,33	3,99	0,83	42,65	24,23	9,51
12	1	14,2	1	20,9	-1	125	1	75	119	4,11	0,81	43,98	21,97	5,42
13	-1	5,8	-1	9,1	1	199	1	75	585	4,1	0,84	43,57	18,91	30,94
14	1	14,2	-1	9,1	1	199	1	75	596,67	4,2	0,85	39,44	22,74	26,24
15	-1	5,8	1	20,9	1	199	1	75	699,67	4,21	0,87	37,02	23,84	29,35
16	1	14,2	1	20,9	1	199	1	75	908	4,27	0,85	40,62	20,64	44,00
17	-2	1,6	0	15	0	162	0	50	164,67	4,03	0,86	46,36	23,41	7,03
18	2	18,4	0	15	0	162	0	50	321	4,16	0,86	40,38	24,77	12,96
19	0	10	-2	3,2	0	162	0	50	102	4,06	0,84	38,05	26,71	3,82
20	0	10	2	26,8	0	162	0	50	173,33	4,04	0,85	46,52	23,14	7,49
21	0	10	0	15	-2	88	0	50	200,33	3,95	0,77	51,45	25,28	7,93
22	0	10	0	15	2	236	0	50	999,03	4,06	0,79	37,05	25,01	39,95
23	0	10	0	15	0	162	-2	0	328	3,82	0,74	47,25	38,36	8,55
24	0	10	0	15	0	162	2	100	598,67	4,27	0,77	39,85	12,93	46,32
25	0	10	0	15	0	162	0	50	461	3,97	0,77	42,92	27,12	17,00
26	0	10	0	15	0	162	0	50	464,66	3,98	0,77	47,58	27,17	17,10
27	0	10	0	15	0	162	0	50	462,33	4	0,76	47,72	27,34	16,91

E: ensaio; SS: sólidos solúveis; Aa: atividade de água; ΔE = diferença de cor.

Tabela 3. Coeficientes de regressão calculados para a variável firmeza

	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(12)	p≤0,05
Média	462,6667	71,30591	6,48848	0,000030
(1) Alginato L	22,9722	25,21045	0,91122	0,380121
Alginato Q	-36,7016	26,73972	-1,37255	0,195001
(2) Pectina L	35,8055	25,21045	1,42027	0,180987
Pectina Q	-62,9941	26,73972	-2,35583	0,036326
(3) Gelatina L	190,2805	25,21045	7,54769	0,000007
Gelatina Q	52,5097	26,73972	1,96373	0,073154
(4) Polpa de Ciriguela L	-12,6939	25,21045	-0,50352	0,623716
Polpa de Ciriguela Q	18,4234	26,73972	0,68899	0,503934
Alginato x Pectina	7,9592	30,87636	0,25778	0,800947
Alginato x Gelatina	9,0004	30,87636	0,29150	0,775647
Algianto x Polpa de Ciriguela	7,9583	30,87636	0,25775	0,800969
Pectina x Gelatina	20,3754	30,87636	0,65990	0,521780
Pectina x Polpa de Ciriguela	26,9158	30,87636	0,87173	0,400461
Gelatina x Polpa de Ciriguela	94,2096	30,87636	3,05119	0,010062

Tabela 4. Coeficientes de regressão (significativos) - Firmeza

	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(23)	p≤0,05
Média	438,2958	39,13165	11,20054	0,000000
Pectina Q	-58,4245	23,20221	-2,51806	0,019578
Gelatina (L)	190,2805	23,96314	7,94055	0,000000
Gelatina (Q)	57,0792	23,20221	2,46008	0,022217
Gelatina x Polpa de Ciriguela	94,2096	29,34874	3,21000	0,004036

Tabela 5. Análise de variância para a variável firmeza

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	Fcal	p-valor
Regressão	1181757,0	4	295439,2	21,437267	0,045831
Pectina (Q)	87384	1	87383,7	6,34062	0,019578
Gelatina (L)	868960	1	868960,4	63,05234	0,000000
Gelatina (Q)	83406	1	83405,7	6,05197	0,022217
Gelatina x Polpa de Ciriguela	142007	1	142007,1	10,30413	0,004036
Resíduos	303195	22	13781,6		
Total SQ	1527639	26			
R ²	0,80153				
F _{tab} 4;22;0,05	2,82				

Tabela 6. Coeficientes de regressão calculados para a variável pH

	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(12)	p≤0,05
Média	3,983333	0,039432	101,0185	0,000000
(1) Alginato L	0,032083	0,013941	2,3013	0,040101
Alginato Q	0,017604	0,014787	1,1905	0,256859
(2) Pectina L	0,015417	0,013941	1,1058	0,290476
Pectina Q	0,006354	0,014787	0,4297	0,675017
(3) Gelatina L	0,059583	0,013941	4,2739	0,001081
Gelatina Q	-0,004896	0,014787	-0,3311	0,746285
(4) Polpa de Ciriguela L	0,122083	0,013941	8,7570	0,000001
Polpa de Ciriguela Q	0,005104	0,014787	0,3452	0,735933
Alginato x Pectina	0,000625	0,017074	0,0366	0,971402
Alginato x Gelatina	-0,004375	0,017074	-0,2562	0,802112
Algianto x Polpa de Ciriguela	0,004375	0,017074	0,2562	0,802112
Pectina x Gelatina	-0,008125	0,017074	-0,4759	0,642722
Pectina x Polpa de Ciriguela	0,005625	0,017074	0,3294	0,747502
Gelatina x Polpa de Ciriguela	0,005625	0,017074	0,3294	0,747502

Tabela 7. Coeficientes de regressão (significativos) - pH

	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(23)	p≤0,05
Média	4,004815	0,010921	366,7176	0,000000
Alginato (L)	0,032083	0,011583	2,7698	0,010899
Gelatina (L)	0,059583	0,011583	5,1440	0,000033
Polpa (L)	0,122083	0,011583	10,5397	0,000000

Tabela 8. Análise de variância para a variável pH

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	Fcal	p-valor
Regressão	0,467613	3	0,155871	48,406062	0,010931
Alginato (L)	0,024704	1	0,024704	7,6719	0,010899
Gelatina (L)	0,085204	1	0,085204	26,4604	0,000033
Polpa de Ciriguela (L)	0,357704	1	0,357704	111,0859	0,000000
Resíduos	0,074062	23	0,003220		
Total SQ	0,541674	26			
R²	0,863270				
F_{tab} 3;23;0,05	3,03				

Tabela 9. Coeficientes de regressão calculados para a variável Aw

	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(12)	p≤0,05
Média	0,765333	0,013616	56,20730	0,000000
(1) Alginato L	0,000292	0,004814	0,06059	0,952686
Alginato Q	0,028485	0,005106	5,57871	0,000120
(2) Pectina L	0,002217	0,004814	0,46046	0,653422
Pectina Q	0,025323	0,005106	4,95935	0,000331
(3) Gelatina L	0,011642	0,004814	2,41826	0,032421
Gelatina Q	0,009348	0,005106	1,83074	0,092072
(4) Polpa de Ciriguela L	-0,000108	0,004814	-0,02250	0,982416
Polpa de Ciriguela Q	0,002623	0,005106	0,51368	0,616800
Alginato x Pectina	-0,003300	0,005896	-0,55970	0,585980
Alginato x Gelatina	-0,002788	0,005896	-0,47278	0,644855
Algianto x Polpa de Ciriguela	-0,001588	0,005896	-0,26925	0,792311
Pectina x Gelatina	0,002313	0,005896	0,39221	0,701777
Pectina x Polpa de Ciriguela	-0,000563	0,005896	-0,09540	0,925569
Gelatina x Polpa de Ciriguela	-0,000925	0,005896	-0,15689	0,877944

Tabela 10. Coeficientes de regressão (significativos) - Aw

	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(23)	p≤0,05
Média	0,781294	0,006633	117,7848	0,000000
Alginato (Q)	0,025493	0,003933	6,4817	0,000001
Pectina (Q)	0,022330	0,003933	5,6776	0,000009
Gelatina (L)	0,011642	0,004062	2,8660	0,008734

Tabela 11. Análise de variância para a variável Aw

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	Fcal	p-valor
Regressão	0,032655	3	0,010885	27,487243	0,008744
Alginato (Q)	0,016637	1	0,016637	42,01251	0,000001
Pectina (Q)	0,012765	1	0,012765	32,23534	0,000009
Gelatina (L)	0,003253	1	0,003253	8,21388	0,008734
Resíduos	0,009108	23	0,000396		
Total SQ	0,036916	26			
R²	0,753280				
F_{tab} 3;23;0,05		3,03			

Tabela 12. Coeficientes de regressão calculados para a variável ΔE

	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(12)	p≤0,05
Média	27,20887	1,839021	14,79530	0,000000
(1) Alginato L	0,32731	0,650192	0,50340	0,623797
Alginato Q	-0,26626	0,689633	-0,38610	0,706183
(2) Pectina L	-0,33279	0,650192	-0,51183	0,618058
Pectina Q	-0,05697	0,689633	-0,08262	0,935519
(3) Gelatina L	-0,87326	0,650192	-1,34308	0,204098
Gelatina Q	-0,00293	0,689633	-0,00425	0,996680
(4) Polpa de Ciriguela L	-6,24602	0,650192	-9,60642	0,000001
Polpa de Ciriguela Q	0,12263	0,689633	0,17781	0,861837
Alginato x Pectina	-0,38414	0,796320	-0,48240	0,638202
Alginato x Gelatina	1,03139	0,796320	1,29520	0,219615
Algianto x Polpa de Ciriguela	-0,31679	0,796320	-0,39782	0,697747
Pectina x Gelatina	-1,12083	0,796320	-1,40751	0,184647
Pectina x Polpa de Ciriguela	0,87871	0,796320	1,10346	0,291465
Gelatina x Polpa de Ciriguela	0,96402	0,796320	1,21059	0,249356

Tabela 13. Coeficientes de regressão (significativos) - ΔE

	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(24)	p≤0,05
Média	27,02794	0,565982	47,7540	0,000000
Polpa (L)	-6,24602	0,600315	-10,4046	0,000000

Tabela 14. Análise de variância para a variável ΔE

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	Fcal	p-valor
Regressão	936,307	1	936,3066	108,2552	0,000000
Polpa (L)	936,307	1	936,3066	108,2552	0,000000
Resíduos	216,227	25	8,6491		
Total SQ	1152,533	26			
R²	0,812300				
Ftab_{1;25;0,05}	4,24				

Tabela 15. Médias das notas seguidas do desvio padrão para os atributos avaliados pelo teste afetivo de aceitação de Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola

Formulações	Atributos				Avaliação Global
	Cor	Aroma	Sabor	Textura	
Ensaio 7	6,38±1,26 ^a	4,61±1,88 ^a	6,16±1,33 ^a	5,65±1,56 ^a	6,12±1,37 ^a
Ensaio 13	4,47±1,52 ^{bc}	3,54±1,63 ^b	4,63±1,63 ^b	4,90±1,53 ^{ab}	5,00±1,23 ^b
Ensaio 16	3,98±1,52 ^c	3,6±1,53 ^b	4,78±1,40 ^b	4,87±1,41 ^b	4,61±1,23 ^b
Ensaio 22	4,90±1,49 ^b	3,72±1,84 ^b	5,03±1,41 ^b	4,85±1,56 ^b	5,23±1,30 ^b

Médias acompanhadas de letras iguais, na mesma coluna não diferem entre si significativamente (p≤0,05)

Tabela 16. Índice de aceitabilidade para as formulações de Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola

Formulações	Atributos				Avaliação Global
	Cor	Aroma	Sabor	Textura	
Ensaio 7	89,09	50,90	90,90	80,00	87,27
Ensaio 13	56,36	29,09	72,72	60,00	72,72
Ensaio 16	32,72	30,90	63,63	61,81	61,81
Ensaio 22	67,27	36,36	70,90	63,63	74,54

Tabela 17. Caracterização da Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola

Determinação	Polpa reestruturada de ciriguela
Firmeza (g)	681,33±21,73
Atividade de água	0,86±0,00
pH	4,37±0,01
Sólidos Solúveis	30,00±1,00
Acidez Titulável	0,75±0,15
Sólidos Solúvel/Acidez Titulável	27,96±1,46

Sólidos Solúveis em °Brix; Acidez Titulável em málico

Tabela 18. Composição centesimal da polpa *in natura* e de Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola

Determinações	Polpa <i>in natura</i> mista de Ciriguela e Acerola (25% e 75%)	Fruta estruturada mista de Ciriguela e Acerola (25% e 75%)
Umidade e substâncias voláteis (g/100g)	88,02	46,61
Proteínas (g/100g)	0,83	9,58
Lipídeos (g/100g)	0,34	0,35
Cinzas (g/100g)	0,57	0,59
Carboidratos (g/100g)*	6,11	46,87
V.C.T. (Kcal/100g)*	29,97	228,96

*Valores estimados por diferença

Tabela 19. Análises microbiológicas da Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola

Coliformes a 45°C (NMP/g)	< 3,0
<i>Salmonella</i> ssp/25g	Ausência
Bolores e Leveduras	<10,0

Resultado expresso como < 3,0 NMP/g para Coliformes a 45°C e < 10,0 UFC/g para Bolores e Leveduras, representa ausência de crescimento, considerando o limite do método.



Figura 1. Fluxograma do desenvolvimento da Fruta Estruturada mista de ciriguela e acerola

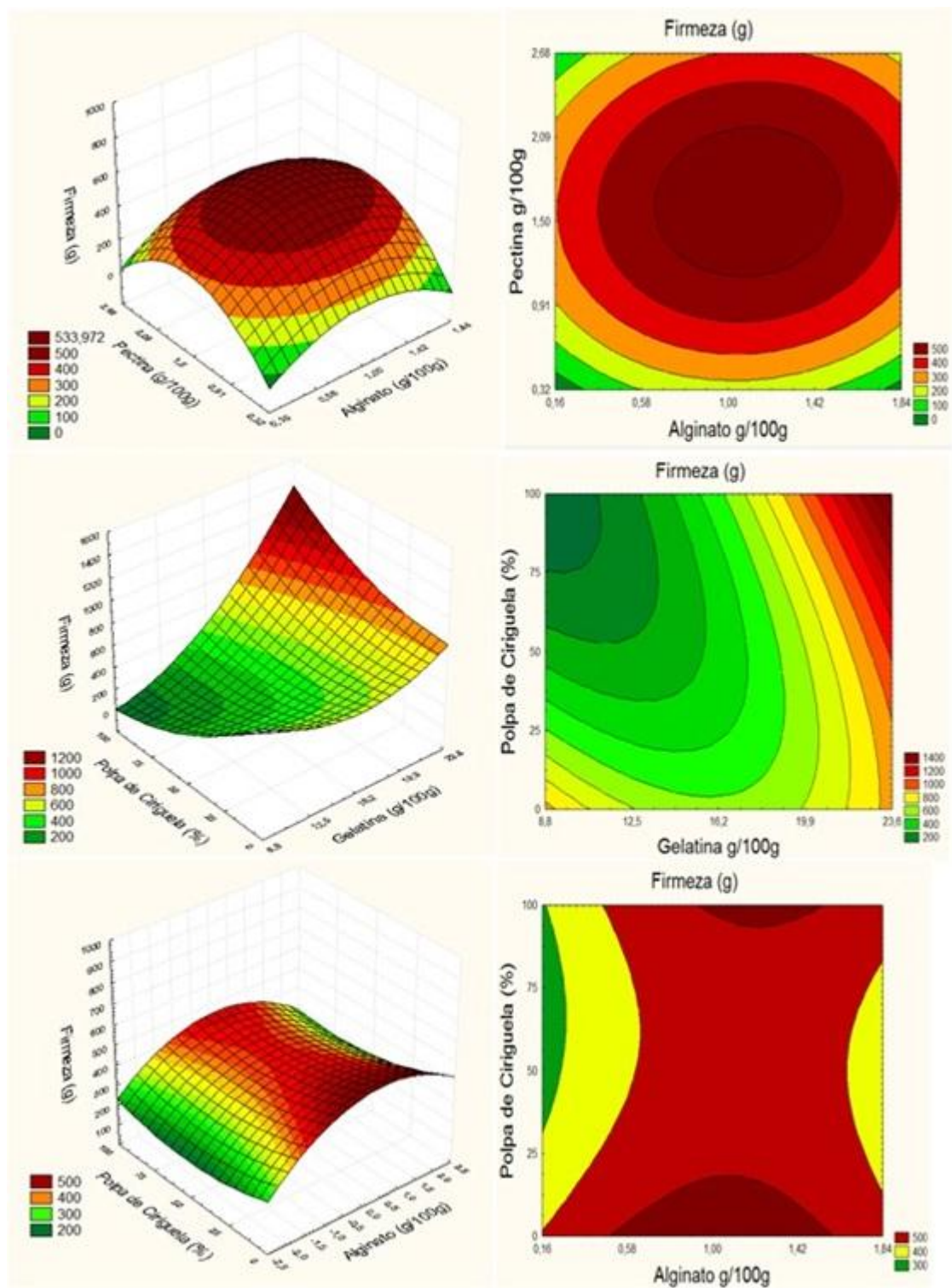


Figura 2 a. Superfícies de resposta e curvas de contorno para a firmeza do estruturado misto de ciriguela e acerola.

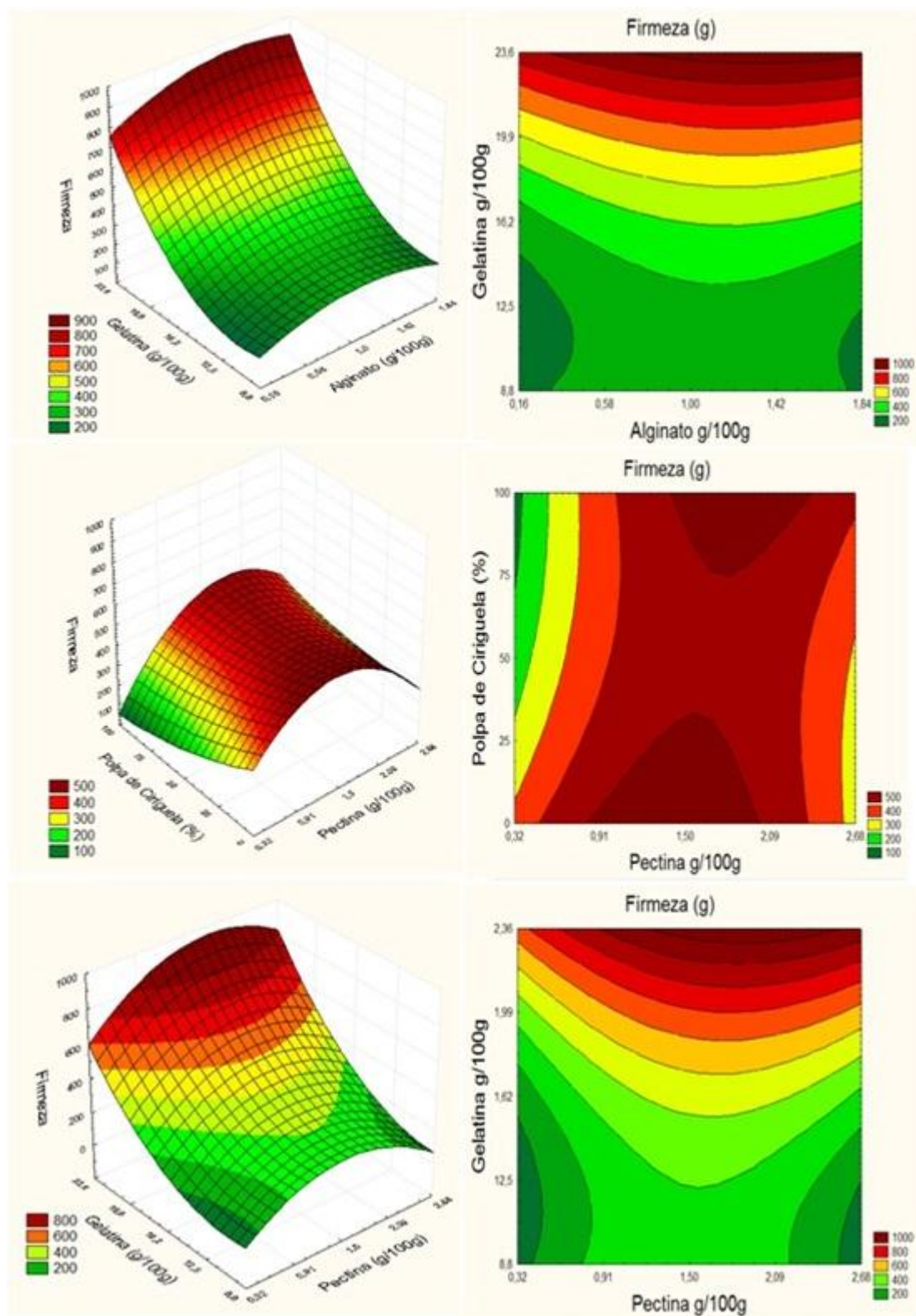


Figura 2 b. Superfícies de resposta e curvas de contorno para a firmeza do estruturado misto de ciriguela e acerola

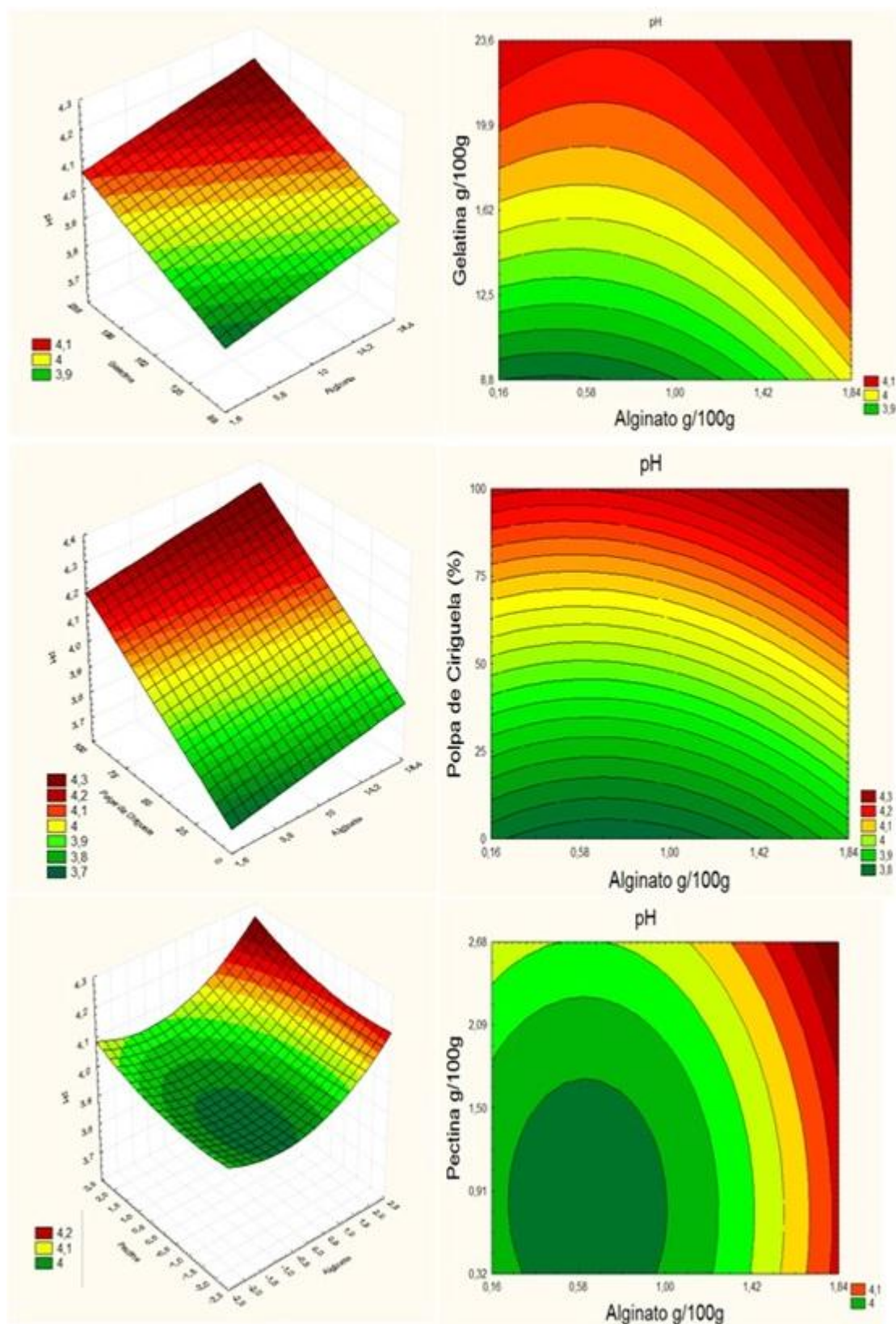


Figura 3 a. Superfícies de resposta e curvas de contorno para o pH do estruturado misto de ciriguela e acerola

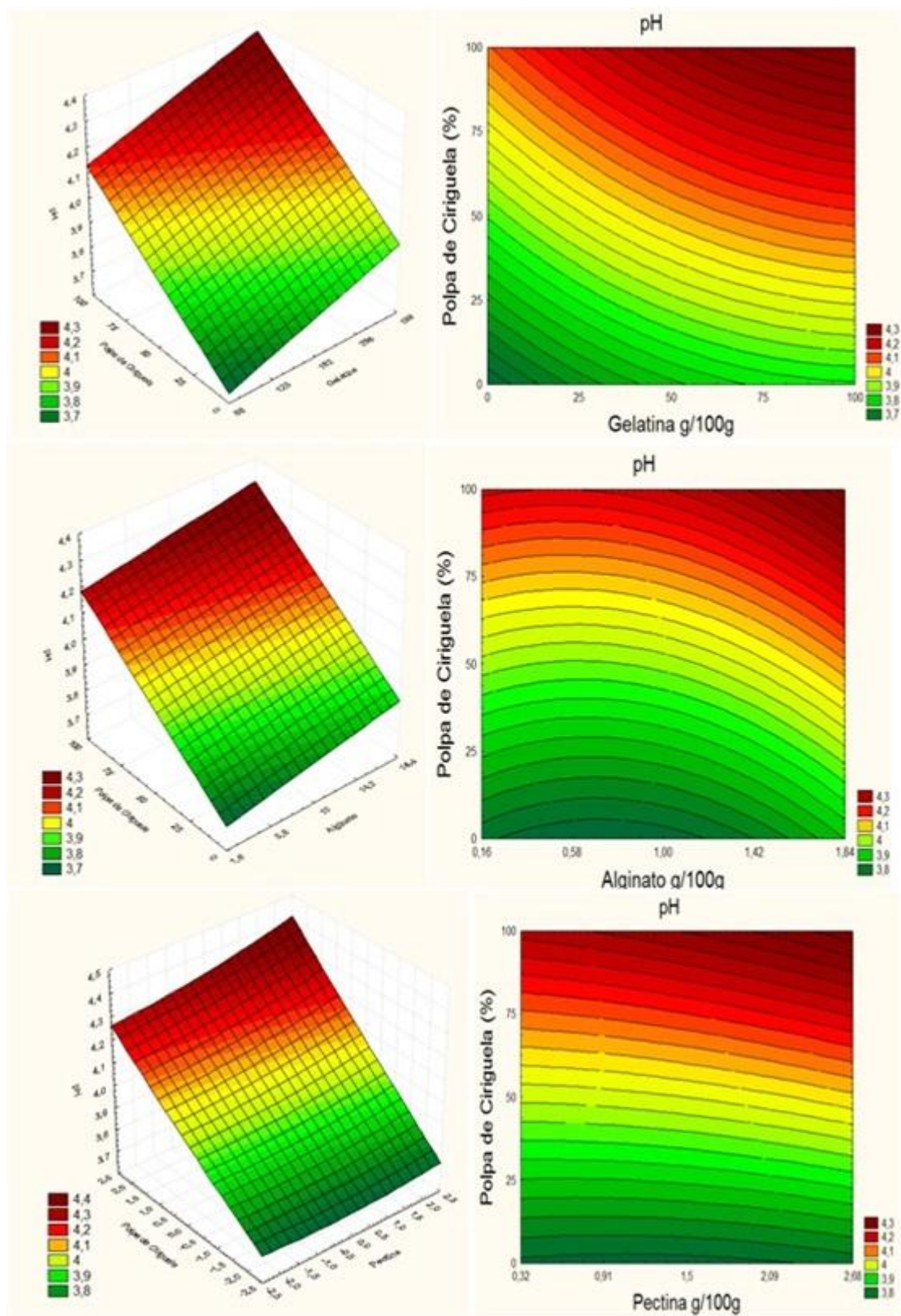


Figura 3 b. Superfícies de resposta e curvas de contorno para o pH do estruturado misto com ciriguela e acerola

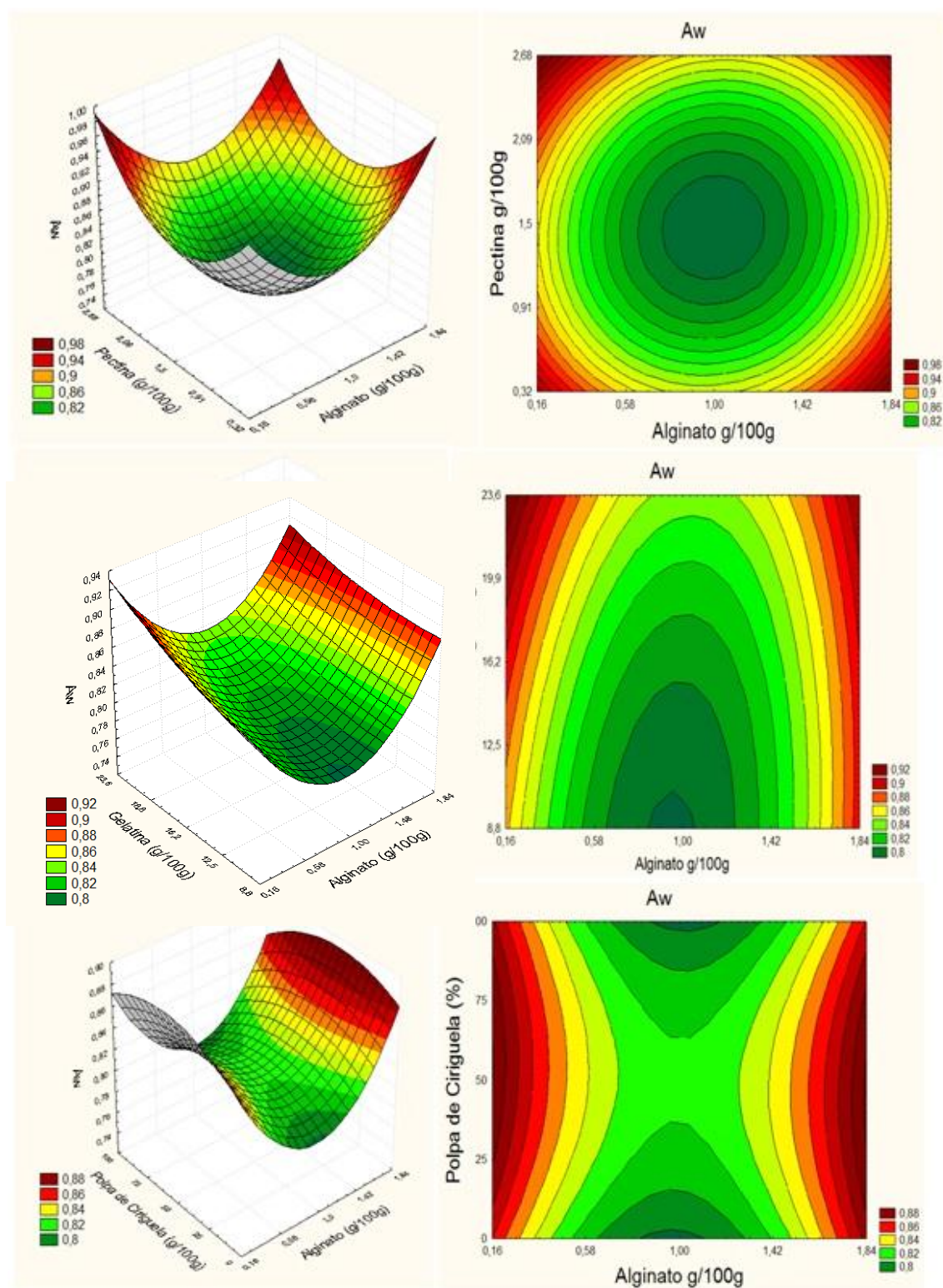


Figura 4 a. Superfícies de resposta e curvas de contorno para a atividade de água do estruturado misto com ciriguela e acerola

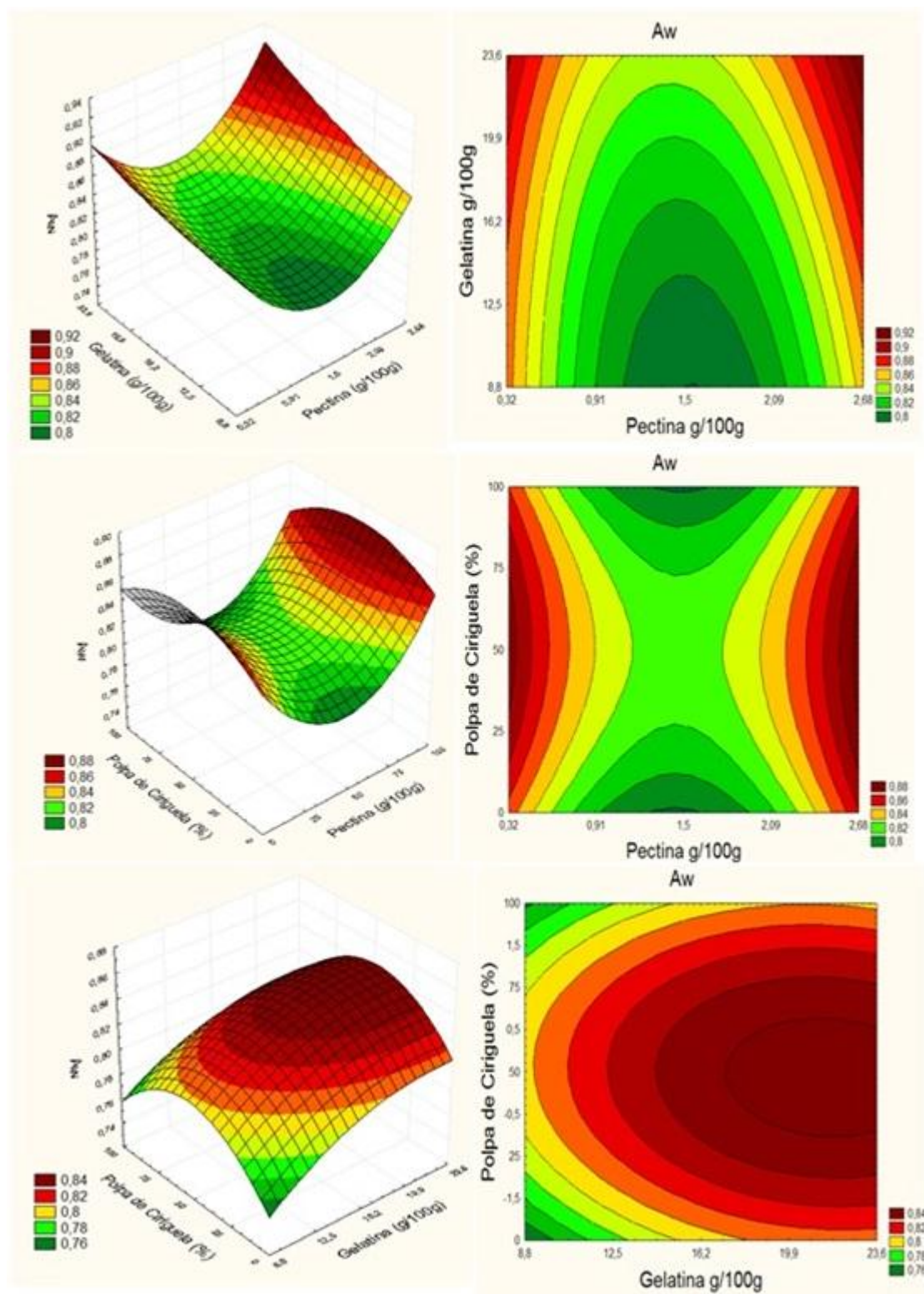


Figura 4 b. Superfícies de resposta e curvas de contorno para a atividade de água do estruturado misto com ciriguela e acerola

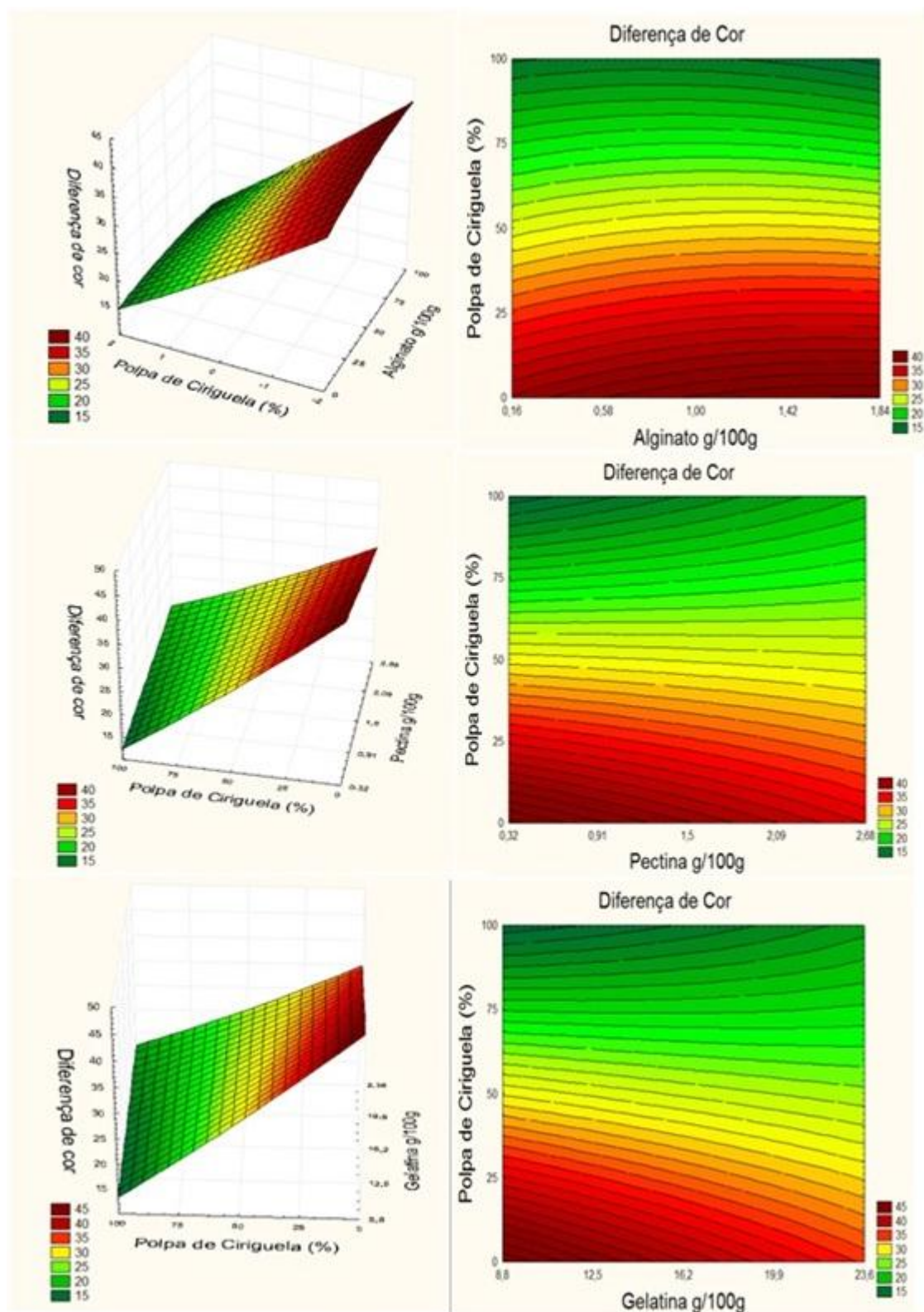


Figura 5. Superfícies de resposta e curvas de contorno para a diferença de cor do estruturado misto com ciriguela e acerola



Figura 6. Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola do ensaio 7

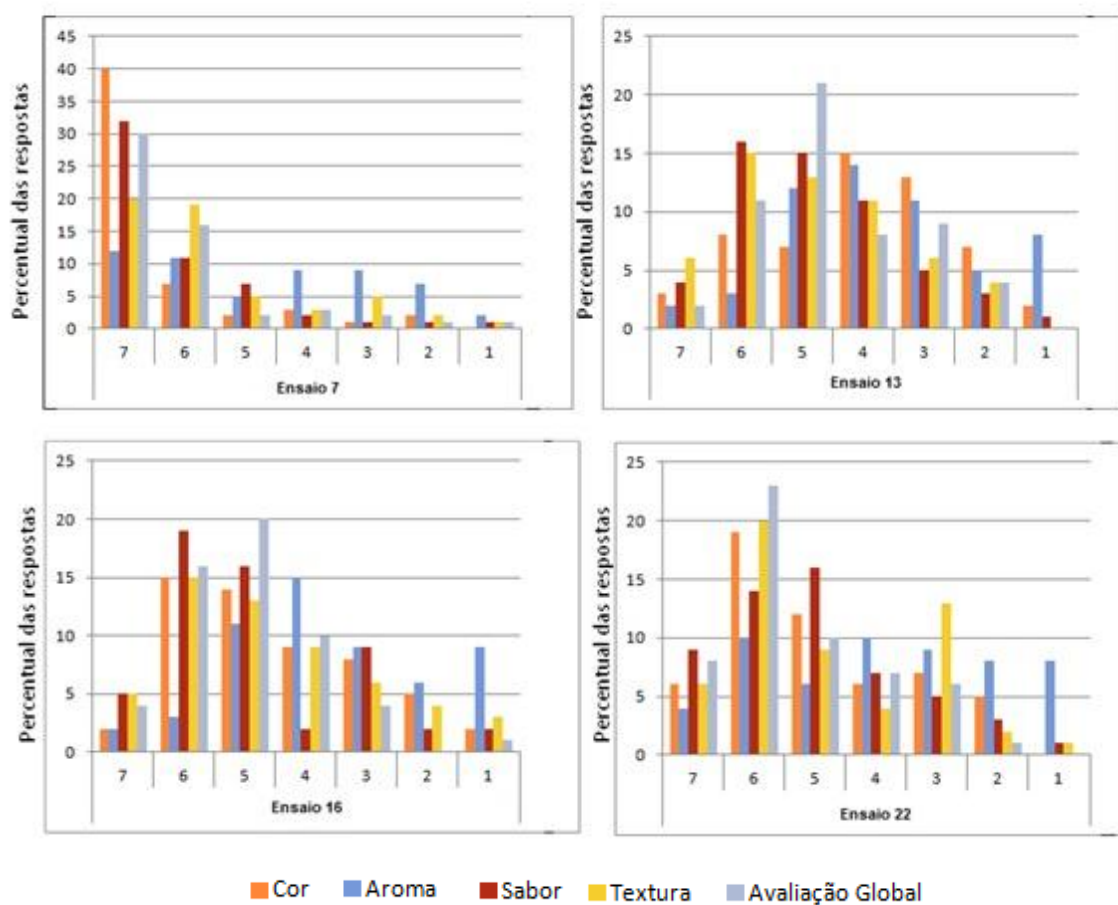


Figura 7. Histograma de frequência das notas da aceitação para os atributos cor, aroma, sabor, textura e avaliação global

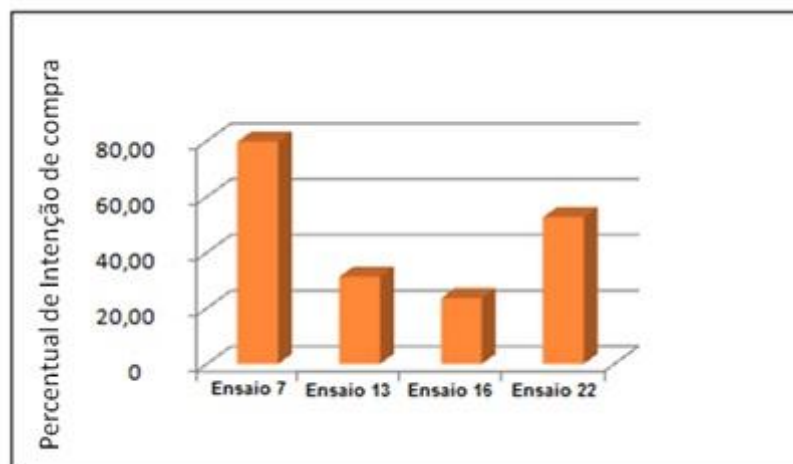


Figura 8. Percentual de Intenção de compra para as quatro formulações de Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola

CAPÍTULO IV

ARTIGO III: Composição fitoquímica e atividade antioxidante de Fruta estruturada de ciriguela e mista de ciriguela e acerola

RESUMO

O Brasil exerce um papel relevante no mercado produtor de frutas tropicais, porém ainda apresenta um grande número de espécies frutíferas subexploradas nativas e com uma diversidade de substâncias bioativas como ácido ascórbico, carotenóides, flavonóis e fenólicos totais, com potencial atividade antioxidante, e com interesse para a agroindústria na produção de diversos produtos industrializados. Assim o desenvolvimento de novos produtos alimentícios, utilizando frutas tropicais, de grande valor nutricional, é um nicho de mercado importante. A fruta estruturada desenvolvida a partir de polpas de frutas e agentes texturizantes, como a pectina e o alginato pode ser potencial fonte de compostos bioativos e apresentar potencial atividade antioxidante. Objetivo-se nesta pesquisa estabelecer a composição fitoquímica e atividade antioxidante de Fruta estruturada de ciriguela (*Spondias purpurea* L.) e de Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). Foram realizadas as determinações de ácido ascórbico (método titulométrico), antocianinas totais, carotenóides totais, fenólicos totais, flavonóides totais, flavonóis totais e taninos condensados (método espectrofotométrico), além das atividades antioxidantes pelos métodos 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), β -caroteno acoplado ao ácido linoléico e ORAC. A Fruta estruturada de ciriguela e mista de ciriguela e acerola apresentaram as seguintes quantificações para os fitoquímicos: antocianinas (- 1.27 ± 0.08 mg em equivalente de quercetina. $100g^{-1}$ de estruturado), ácido ascórbico (3.32 ± 0.35 – 673.17 ± 25.29 mg. $100g^{-1}$ estruturado); carotenóides totais (6.79 ± 0.41 – 7.78 ± 0.13 μg em equivalente de β -caroteno.g estruturado); fenólicos totais (208.64 ± 30.73 - 1489.62 ± 125.02 mg em equivalente de ácido gálico. $100g$ de estruturado); flavonóides totais (4.87 ± 0.48 – 4.62 ± 0.30 mg em equivalente de catequina. $100g^{-1}$ de estruturado); flavonóis totais (2.86 ± 0.19 – 2.58 ± 0.19 mg em equivalente de quercetina. $100g^{-1}$ de estruturado) e taninos condensados (0.11 ± 0.01 – 0.48 ± 0.08 mg em equivalente de catequina. $100g^{-1}$ de estruturado). Quanto às atividades antioxidantes os resultados foram: 29594.76 – 50000.00 μMol TEAC. g^{-1} de fenólicos da amostra para o ABTS; 0.98 – 0.50 g de fenólicos totais da amostra. g DPPH $^{-1}$ (EC₅₀) para o DPPH; 17.14 ± 3.11 – 15.19 ± 4.19 μM Trolox equivalentes. 100 g de fruta estruturada para o ORAC; e 60,95% - 10,98% de inibição de oxidação para o β -caroteno acoplado ao ácido linoléico. As frutas estruturadas podem ser consideradas produtos de boa qualidade nutricional pelo significativo conteúdo de fitoquímicos bioativos e pela atividade antioxidante que apresentam; podendo contribuir para o fornecimento e complementação de nutrientes importantes para a saúde e bem estar dos consumidores.

Palavras-chave: Fitoquímicos bioativos, atividade antioxidante, fruta estruturada, ciriguela, acerola.

ABSTRACT

The Brazil has great importance in the market producer of tropical fruit, but still has a large number of underexploited species native and exotic fruit with a variety of bioactive substances such as ascorbic acid, carotenoids, flavonols and phenolic compounds with potential antioxidant activity, and interest to the agricultural industry in the production of various industrial products. Thus the development of new food products, using tropical fruit of high nutritional value, is an important market niche. The restructured fruit developed from fruit pulp and texturizing agents such as pectin and alginate may be a potential source of bioactive compounds and have the potential antioxidant activity. The objective of this research was to establish the phytochemical composition and antioxidant activity of structured fruit of red mombin (*Spondias purpurea* L.) and structured fruit of red mombin and acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). The analyzes made were ascorbic acid (titrimetric method), total anthocyanins, total carotenoids, total phenolics, total flavonoids, flavonols and condensed tannins (spectrophotometric method), and methods of antioxidant activity by 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), β -carotene coupled to linoleic acid and ORAC. The structure fruit of red mombin and mixed of red mombin and acerola had the following measurements for phytochemicals: anthocyanins (1.2 $\pm$ 0.08 mg equivalent of quercetina.100g⁻¹ of structured), ascorbic acid (3.3 $\pm$ 0.35 - 673.17 $\pm$ 25.29 mg. 100g⁻¹ structured), total carotenoids (6.79 $\pm$ 0.41 - 7.78 $\pm$ 0.13 mg equivalent of β -caroteno.g structured), phenolic content (208.64 $\pm$ 30.73 - 1489.62 $\pm$ 125.02 mg equivalent of acid gálico.100g structured); flavonoids (4.87 $\pm$ 0.48 - 4.62 $\pm$ 0.30 mg equivalent of catequina.100g⁻¹ structured), flavonols (2.86 $\pm$ 0.19 - 2.58 $\pm$ 0.19 mg equivalent of quercetina.100g⁻¹ structured) and condensed tannins (0.11 $\pm$ 0.01 - 12.48 $\pm$ 0.08 mg equivalent of catequina.100g⁻¹ structured). As for the antioxidant activity the results were: 29594.76 - 50000.00 μ Mol TEAC.g⁻¹ of phenolics of sample to the ABTS; 0.98 - 0.50 g sample of total. DPPH g-1 (EC50) to the DPPH; 17.14 $\pm$ 3.11 - 15.19 $\pm$ 4.19 mM Trolox equivalentes.100 g of structured fruits to ORAC, and 60.95% - 10.98% inhibition of oxidation for β -carotene coupled to linoleic acid. The structured fruit can be considered products of good nutritional quality for the significant content and bioactive phytochemicals that have antioxidant activity, may contribute to the delivery and completion of important nutrients for health and well being of consumers

Key words: Bioactive phytochemicals, antioxidant activity, structured fruit, red mombin, acerola.

INTRODUÇÃO

A principal fonte de minerais, fibras e substâncias biologicamente ativas, tais como vitaminas e polifenóis são ervas, frutas e verduras (ALOTHMAN; BHAT; KARIM, 2009; YANG *et al.*, 2007; HARBONE; WILLIAMS, 2000). Estes micronutrientes, com destaque para as substâncias ativas, vêm ganhando interesse pela pesquisa de alimentos por conta da sua atividade antioxidante e capacidade de sequestrar radicais livres, apresentando assim potenciais benefícios à saúde dos seres humanos (MARTINEZ-VALVERDE; PERIAGO; ROS, 2000). A produção descontrolada de radicais livres está envolvida no aparecimento de muitas doenças como câncer, artrite reumatóide, bem como no processo degenerativo associado ao envelhecimento (ALI *et al.*, 2008).

Essas substâncias ativas, que sequestram radicais livres, possuem elevado potencial antioxidante *in vitro*, sendo capazes de varrer os radicais reativos do oxigênio e, conseqüentemente, diminuir os danos celulares oxidativos (SPORMANN *et al.*, 2008).

Assim, tem sido demonstrado em estudos que indivíduos que comem cinco porções diárias ou mais de frutas e verduras, ricas em antioxidantes naturais como vitaminas, flavonóides, antocianinas e outros compostos fenólicos, diminuem pela metade o risco de desenvolvimento de uma ampla variedade de doenças, entre elas os vários tipos de câncer, particularmente aqueles do trato gastrointestinal (SERRANO; GONIA; SAURA-CALIXTO, 2007; GESCHER *et al.*, 1998).

Os compostos fenólicos incluem mais de 8.000 substâncias identificadas, e estes podem se dividir em grupos, segundo a sua estrutura química, como ácidos fenólicos, cumarinas e flavonóides (ROSS; KASUM, 2002).

O Brasil exerce um papel relevante no mercado de frutas, principalmente as tropicais, ocupando o terceiro lugar em produção, seguido da China e Índia. Além disto, por ser um país com um vasto território e ainda pouco explorado, muitas são as espécies frutíferas nativas que crescem espontaneamente, e portanto não são exploradas comercialmente. Recentemente, estudos têm relatado que muitos desses frutos são fonte de compostos bioativos e que apresentam atividade antioxidante, como jaca,

mangaba, tamarindo, sapoti (ALMEIDA *et al.*, 2011), açaí, bacuri, jaboticaba e camu-camu (RUFINO *et al.*, 2010).

A acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) é extensivamente cultivada na América do Sul e Índia (ASSIS *et al.*, 2009), sendo o Brasil o maior produtor mundial, competindo principalmente no setor de mercado de consumidores que preferem produtos naturais (MEZADRI *et al.*, 2006). Esta fruta tropical é considerada de grande potencial econômico e nutricional, por ser aproveitada em diferentes produtos, como sorvetes, sucos, néctares, geléias, iogurtes, produtos nutracêuticos, conservas de frutas de excelente qualidade, podendo ser congelados sem perder o conteúdo de vitamina C (RUFINO *et al.*, 2010).

Esta fruta ainda apresenta pró-vitamina A, vitaminas B1 e B2, niacina, albumina, fósforo e cálcio, antocianinas, flavonóides, polifenóis totais (MÜLLER *et al.*, 2010; LIMA *et al.*, 2004; VENDRAMINI; TRUGO, 2000); e considerável atividade antioxidante pelos métodos de DPPH, ABTS e FRAP, podendo assim ser considerada um dos mais importantes frutos para o consumo humano (RUFINO *et al.*, 2010; SAMPAIO *et al.*, 2009).

A ciriguela (*Spondias purpurea* L.), uma das espécies da família *Anacardiaceae*, que são ricas em metabólitos secundários, em particular compostos fenólicos, é muito utilizada como planta medicinal (WIART, 2006). Esta fruta é nativa das florestas tropicais e subtropicais da Mesoamérica (MILLER; SCHALL, 2005) e tem demonstrado interessante composição de micronutrientes e antioxidantes, como ácido ascórbico, antocianinas, fenólicos totais (ALMEIDA *et al.*, 2011), carotenóides (KOZIOL; MÁCIA, 1998), ácidos fenólicos e flavonóis (ENGELS *et al.*, 2011).

O desenvolvimento de novos produtos alimentícios, utilizando frutas exóticas e de grande valor nutricional é um nicho de mercado importante. Assim a fruta estruturada, produto desenvolvido a partir de polpas de frutas e agentes texturizantes, como a pectina e o alginato (GRIZOTTO; AGUIRRE; MENEZES, 2005) pode ser potencial fonte de compostos bioativos e apresentar potencial atividade antioxidante.

Para Müller *et al.* (2010) frutas exóticas são componentes importantes na capacidade antioxidante de formulações de diferentes produtos incluindo purês de frutas, concentrados, sucos e novas bebidas. Desta forma objetivou-se estabelecer a composição fitoquímica e atividade antioxidante de fruta estruturada de ciriguela e mista de ciriguela e acerola.

MATERIAL E MÉTODOS

Frutos

Frutos de cirigueleira e aceroleira no estágio maduro, com coloração visual da casca entre amarelo escuro e laranja para a ciriguela e entre vermelho e vermelho intenso para a acerola, foram obtidos na Central de Abastecimento de Pernambuco – CEASA – PE, localizada na Cidade do Recife – Pernambuco – Brasil. Os frutos foram lavados, sanitizados e a polpa extraída em despulpadeira de pás (Bonina Compacta) e embalada em sacos de polietileno com aproximadamente 800g e imediatamente congelada a -18 °C.

Químicos

Os hidrocolóides utilizados para a reestruturação das polpas foram alginato de sódio (VETEC Química Fina), pectina de baixa metoxilação (CPKelco) e gelatina 180 Bloom (Rousselot Gelatinas do Brasil). Entre os coadjuvantes tecnológicos utilizados: fosfato de cálcio bibásico anidro (CaHPO_4) (VETEC Química Fina), glicerol ($\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})$) (CAQ Casa da Química), e sacarose refinada (Usina União).

Os reagentes utilizados para as determinações de fitoquímico bioativos e capacidades antioxidantes foram de grau analítico.

Processo de Reestruturação

A produção das frutas estruturadas simples de ciriguela e mista de ciriguela e acerola (com 75% de polpa de acerola e 25% de polpa de ciriguela), foram desenvolvidas de acordo com procedimento estabelecido por Azoubel *et al.*, 2011. A fruta estruturada de ciriguela conteve 10 g de alginato, 22 g de pectina e 150 g de gelatina por 1000 g de polpa de fruta. A fruta estruturada mista foi desenvolvida com 5,8 g de alginato, 20,9 g de pectina e 199 g de gelatina por 1000 g de polpa mista.

Para a produção dos estruturados adicionou-se glicerina à polpa de fruta num percentual de 10% do peso da polpa; e com base no teor de sólidos solúveis, calculou-se a quantidade de açúcar necessária para alcançar 50°Brix. polpa adicionada da glicerina foi então aquecida à 60°C e posteriormente transferida para um becker de plástico onde adicionou-se a combinação de

açúcar e hidrocolóides (gelatina, alginato e pectina) procedendo-se então a mistura com auxílio de um agitador mecânico digital (TE – 039/1 - Tecnal). Após 10 minutos de agitação, 5 g de fosfato de cálcio suspensos em 5 ml de água destilada foi adicionado e agitado por mais 5 minutos. Os frutos foram reestruturados em placas de petri (10 cm de diâmetro e 5 cm de profundidade) e mantidos a 10°C por 24 horas para completar a geleificação do produto (Figura 1).

Obtenção dos Extratos das Frutas Estruturadas

Alíquotas dos estruturados de frutas (20g do estruturado misto e 30g do estruturado de ciriguela, separadamente) foram colocadas sob agitação permanente com agitador magnético, em metanol 80%, a temperatura ambiente ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), por 20 minutos, e em seguida, centrifugados a 4000 rotações por minuto (rot.min^{-1}) em centrífuga (CT – 6000 R - CIENTEC). O sobrenadante foi coletado, o precipitado ressuspenso no mesmo solvente, e submetido ao mesmo processo acima descrito, por mais dois períodos de 20 minutos, totalizando 60 minutos de extração. Ao término deste período de extração, sobrenadantes foram combinados, concentrados sob pressão reduzida a 40°C , e o volume final aferido para 50 mL. O sobrenadante foi reservado em vidros âmbar à -20°C até as análises.

Análises Fitoquímicas

A determinação de antocianinas e flavonóis totais foram efetuadas utilizando-se três gramas do produto, seguindo método espectrofotométrico descrito por Lees e Francis (1972). A leitura espectrofotométrica foi realizada no comprimento de onda de 535 nm, para antocianinas totais e de 374 nm, para flavonóis totais. Os resultados para a determinação de antocianinas foram expressos em mg de antocianinas por 100 g do estruturado e para flavonóis em mg de quercetina por 100 g de estruturado.

O teor de ácido ascórbico foi determinado por titulometria, empregando 2,6 diclorofenol indofenol como indicador, utilizando dois gramas de fruta estruturada, segundo metodologia descrita na AOAC (2002).

Os carotenóides foram extraídos utilizando dez gramas de fruta estruturada, seguindo metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (1999a);

foram utilizados acetona e éter de petróleo para realizar a partição. Para sua quantificação foi utilizado o espectro de absorção registrado no comprimento de onda de 450 nm e a expressão matemática descrita por Gross (1987), considerando o coeficiente de absorção de 2500 para expressar os resultados em equivalente de β -caroteno.

Os fenólicos totais foram determinados por espectrofotometria através do reagente Folin-Ciocalteu (Merck), e utilizando para leitura o comprimento de onda de 725nm, segundo metodologia descrita por Wettasinghe e Shahidi (1999). Os resultados foram expressos em mg de fenólicos totais em equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 gramas de estruturado.

Os flavonóides totais foram determinados seguindo metodologia descrita por Dewanto *et al.* (2002) utilizando curva padrão de catequina. A absorbância foi registrada em 510nm e os resultados expressos em mg equivalente de catequina.100g⁻¹ de estruturado.

A extração e a quantificação dos taninos condensados foram efetuadas pela metodologia descrita por Tiitto-Julkunen (1985). Os resultados foram expressos em mg de taninos condensados em equivalente de catequina por 100 gramas de estruturado.

Determinação de Atividade Antioxidante

- Método ABTS

A capacidade de sequestrar o radical ABTS⁺ (2,2'-azino-bis- (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) foi realizada segundo o método descrito por RE *et al.* (1999). A solução estoque de ABTS (7mM) foi preparada em meio aquoso. O cátion ABTS⁺ foi produzido reagindo a solução estoque ABTS com persulfato de potássio. A mistura foi armazenada em vidro âmbar e à temperatura de refrigeração por 12-16 horas antes de sua utilização. A solução foi diluída em Etanol para obter uma absorbância de 0,7 a 734 nm. Preparou-se 3 diferentes diluições da amostra (20; 30 e 40 mg de estruturado por litro) e adicionou-se 10mL da solução do radical ABTS, homogeneizou-se e após seis minutos realizou-se a leitura em espectrofotômetro à 734nm. A capacidade antioxidante da amostra foi calculada em relação a atividade do antioxidante sintético Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico). Assim

para a curva de calibração foram utilizadas concentrações conhecidas de Trolox (500 a 2000 $\mu\text{mol/mL}$). Os resultados foram expressos em atividade antioxidante equivalente ao Trolox ($\mu\text{Mol TEAC.g}^{-1}$ de fruta estruturada).

- Método DPPH

Os extratos hidrometanólicos foram submetidos à determinação da capacidade de sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH•), utilizando o método descrito por Brand-Williams *et al.* (1995), modificado por Sánchez-Moreno, Larrauri e Saura-Calixto (1998). Extratos com diferentes concentrações do estruturado foram adicionados à solução de DPPH em metanol (0,1M), atingindo a concentração final 20; 30 e 40mg do estruturado de fruta.L⁻¹. A absorbância a 515 nm foi monitorada, em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC) até a reação atingir o platô. A concentração do DPPH• remanescente no meio da reação foi calculada a partir da curva padrão do radical DPPH•, e o percentual de DPPH• remanescente (DPPH_{rem}%) de cada concentração do extrato foi calculado utilizando a seguinte expressão:

$$\% \text{ DPPH}_{\text{REM}} = \text{DPPH}_t / \text{DPPH}_{T=0} \times 100$$

Onde: DPPH_t é a concentração do radical DPPH no tempo em que a reação atingiu o platô; DPPH_{T=0} é a concentração inicial do DPPH (tempo 0 da reação).

Em seguida, a concentração do extrato eficiente para diminuir em 50% a concentração inicial do DPPH• (EC₅₀) foi calculada a partir do gráfico da concentração da amostra (g de fenólicos totais da amostra. g DPPH⁻¹) versus DPPH_{REM}%, cujo resultado foi expresso em g de estruturado de fruta por g de DPPH•. A eficiência anti-radical (EA) foi calculada considerando o valor de EC₅₀ e o tempo em que foi atingido o EC₅₀ (T_{EC50}), conforme expressão abaixo:

$$\text{EA} = 1/\text{EC}_{50} \cdot \text{T}_{\text{EC}50}$$

O comportamento cinético dos extratos foi classificado em rápido (T_{EC50} < 5 minutos), intermediário (T_{EC50} = 5 a 30 minutos) ou lento (T_{EC50} > 30 minutos), segundo o valor de T_{EC50}, e a eficiência anti-radical, em baixa (EA < 1), média (EA > 1 e ≤ 5), alta (EA > 5 e ≤ 10) ou super alta (EA > 10) de acordo com o valor de EA (SÁNCHEZ-MORENO, LARRAURI; SAURA-CALIXTO, 1998).

- Método ORAC

Para o teste de ORAC foi utilizada metodologia descrita por Dávalos, Gómez e Bartolomé (2004), com modificações. As amostras foram preparadas no mesmo dia do ensaio, na concentração de 10 mg/mL, com o mesmo solvente que foi utilizado para a extração, o Metanol (MeOH). As amostras foram deixadas por trinta minutos no ultrassom (GELO), antes de iniciar o experimento.

O experimento foi realizado no leitor de fluorescência (Fluorímetro Novo Star, BMG Labtechnologies), com leitura programada para ocorrer a cada um minuto, durante oitenta minutos. Foram utilizados filtros 520 nm de emissão e 485 nm de excitação, com temperatura controlada a 37°C. Inicialmente misturou-se 20 µL de extrato, 120 µL de Fluoresceína (0,4 µg/mL) e 60 µL do radical AAPH (2,2'-azobis (2-methylpropionamidine) dihydrochloride, Aldrich) na concentração de 108 mg/mL. O tampão fosfato de potássio (pH 7,4; 75 mM) foi utilizado como solvente. Para os cálculos foi utilizada a fórmula da área abaixo da curva (AUC):

$$AUC = 1 + f_2/f_1 + f_3/f_1 + f_4/f_1 + f_n/f_1$$

Onde: f_1 = leitura da fluorescência no tempo 1 minuto, f_2 = leitura da fluorescência no tempo 2 minutos e f_n = leitura da fluorescência no tempo 80 minutos.

O resultado final foi expresso em µM de trolox por 100 gramas de fruta estruturada.

- Método β -caroteno acoplado ao ácido linoléico

A oxidação acoplada do β -caroteno e ácido linoléico foi desenvolvida segundo a metodologia descrita por Marco (1968), modificada por Hammerschmidt e Pratt (1978). Uma alíquota de 10 µL de β -caroteno e clorofórmio (2 mg/mL) foi adicionada a um balão contendo 0,2 mL de ácido linoléico, 1 mL de clorofórmio e 0,2 mL de Tween 40 e misturada. O clorofórmio foi evaporado e posteriormente 50 mL de água destilada foram adicionadas a mistura e agitadas vigorosamente. As amostras foram preparadas pela mistura de 5 mL da solução acoplada de β -caroteno/ácido linoléico e 0,4 mL dos extratos

das frutas estruturadas simples e mista com concentração de 20, 30 e 40 mg de estruturado/L. A mistura foi mantida em banho térmico a 40°C. As leituras espectrofotométricas foram realizadas a 470nm logo após dois minutos de banho, sendo realizadas em intervalos de 15 minutos durante 120 minutos. Os resultados da atividade antioxidante foram expressos como percentual de inibição da oxidação, calculado em relação a 100% da oxidação do controle (sem oxidante).

Análise Estatística

Os dados obtidos na pesquisa foram avaliados pelo teste de Tukey, utilizando o software *Statistica for Windows 7.0*, a um nível de significância de $p \leq 0,05$. Os resultados foram expressos como a média $\pm$ desvio padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conteúdo de Fitoquímicos Bioativos

A composição fitoquímica da fruta estruturada de ciriguela e mista de ciriguela e acerola é apresentada na Tabela 1.

Em relação à fruta estruturada de ciriguela não foi quantificado teor de antocianinas, uma vez que a coloração vermelho-alaranjado, indicativa deste fitoquímico, está presente apenas na casca do fruto e esta não foi utilizada. Para este fitoquímico, o valor determinado na fruta estruturada mista de ciriguela e acerola foi 1.27 ± 0.08 mg de antocianinas.100 g⁻¹ de estruturado. Para polpa de acerola foi quantificado por Rufino *et al.* (2010) teor de antocianinas de 18.9 ± 0.9 mg.100 g, enquanto Mezdari *et al.* (2008) quantificaram em frutos e derivados de acerola valores que variaram de 27.0 ± 1.7 à 28.2 ± 1.1 mg.100 g. Em fruta estruturada produzida com polpa de açaí Carvalho (2007) quantificou $18,99 \pm 1,66$ de antocianinas, já para a polpa *in natura* de açaí o valor foi de 401.61 ± 0.02 . Comparando-se os resultados encontrados para frutas estruturadas de açaí e mista de ciriguela e acerola com determinações deste fitoquímico na polpa dos respectivos frutos, houve apreciável redução no teor de antocianinas nos produtos, o que indica uma possível interação dos hidrocolóides e do próprio processo utilizado para a produção dos estruturados.

Os teores de ácido ascórbico foram de 3.32 ± 0.35 mg.100 g⁻¹ de estruturado para a fruta estruturada de ciriguela e de 673.17 ± 25.29 mg.100 g⁻¹ de estruturado para a fruta estruturada mista de ciriguela e acerola (Tabela 1). Estes valores apresentaram diferença estatística pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$). A acerola é reconhecidamente fonte de ácido ascórbico, desta forma, a fruta estruturada mista obteve maior concentração, a acerola agiu como agente enriquecedor deste fitoquímico no produto. A polpa de ciriguela *in natura* estudada por Almeida *et al.* (2011) apresentou teor de ácido ascórbico de 29.6 ± 0.9 mg.100 g⁻¹ e foi considerada de moderado teor, assim como o umbu (12.1 ± 0.4) e o murici (11.8 ± 0.0). Outras frutas como a jaca (1.2 ± 0.0), o sapoti (3.9 ± 0.0) e a tamarindo (3.1 ± 0.9) também estudadas pelos mesmos autores, apresentaram baixos valores de ácido ascórbico semelhantes à fruta estruturada de ciriguela que é um produto processado.

Para a acerola há diversos estudos que relatam os conteúdos de ácido ascórbico e estes variam de 478.00 ± 0.00 a 904.00 ± 0.00 mg.100 g⁻¹ em diversas polpas congeladas (MEZADRI *et al.*, 2008); 1373.37 ± 124.58 mg.100 g⁻¹ para o purê, 87.50 ± 1.18 a 95.42 ± 1.70 mg.100g⁻¹ em *smoothies* contendo polpa e suco concentrado de maçã, concentrado de suco de cenoura, polpa e suco concentrado de morango com 4% polpa de acerola (MÜLLER *et al.*, 2010). Para Mezadri *et al.* (2008) as técnicas de processamento podem explicar os baixos valores obtidos nas polpas comerciais. Já para a fruta estruturada, como não são empregadas técnicas “agressivas” como pasteurização, ocorre maior conservação do ácido ascórbico no produto final, que obteve valor deste fitoquímico mais elevado que diversos produtos processados desenvolvidos com a acerola.

Os conteúdos de carotenóides totais foram de 6.79 ± 0.41 µg em equivalente de β-caroteno.g de estruturado para a fruta estruturada simples de ciriguela e de 7.78 ± 0.13 µg em equivalente de β-caroteno.g de estruturado para a fruta estruturada mista de ciriguela e acerola (Tabela 1). Os resultados apresentaram diferença estatística pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e a fruta estruturada mista obteve maior valor de carotenóides totais, que pode ter ocorrido pela junção das duas polpas de fruta.

Para a polpa de ciriguela foi determinado por Morton (1987) valores de 4-89 μg em equivalente de β -caroteno. g^{-1} da amostra. Já para a acerola Lima *et al.* (2005) determinaram valores que variaram de 9.4 a 30.9 na estação seca e de 14.1 a 40.6 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de equivalente em β -caroteno (peso fresco) na estação chuvosa. Valores estes acima dos determinados para os estruturados de fruta do presente trabalho; entretanto deve-se levar em consideração que a maioria das frutas possui maior teor de carotenóides na casca ou pele externa do que na polpa, como a acerola (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999b). E neste estudo foi utilizada apenas a polpa dos frutos. Desta forma os produtos ainda apresentam valores de carotenóides totais dentro dos relatados na literatura para as frutas *in natura* e maiores do que os descritos para algumas frutas como o maracujá (4,7 $\mu\text{g.g}^{-1}$) (GODOY; RODRIGUEZ-AMAYA, 1994).

Carvalho *et al.* (2011) determinaram valores de $9.31 \pm 0.28 \mu\text{g.g}^{-1}$ de carotenóides totais para fruta estruturada produzida a partir de um 'mix' de cajá e mamão. Neste mesmo estudo Carvalho *et al.* (2011) determinaram para as polpas de cajá e mamão 26.46 ± 4.61 e $24.67 \pm 0.56 \mu\text{g/g}^{-1}$ de carotenóides totais, respectivamente.

Segundo Rodriguez-Amaya (1997) apesar de sua suscetibilidade à degradação, os carotenóides podem ser retidos durante o processamento industrial se boas práticas tecnológicas são seguidas.

Em relação a fenólicos totais o conteúdo foi de $208.64 \pm 30.73 \text{ mg}$ em equivalente de ácido gálico.100 g de estruturado para a fruta estruturada de ciriguela e de $1489.62 \pm 125.02 \text{ mg}$ em equivalente de ácido gálico.100 g de estruturado para a fruta estruturada mista. Estes valores diferiram estatisticamente pelo Teste de Tukey. Segundo Jagota e Dani (1982), o alto teor de vitamina C da acerola é um interferente neste teste, e é a razão do valor de fenólicos ser tão elevado. Entretanto deve-se levar em consideração a interação das demais substâncias utilizadas para o desenvolvimento das frutas estruturadas, pois possivelmente estas podem ter agido no aumento do teor de fenólicos totais do produto final.

Para polpa de ciriguela os valores relatados na literatura para fenólicos totais variam de $55.0 \pm 2.1 \text{ mg}$ em equivalente de ácido gálico.100 g (ALMEIDA *et al.*, 2011) a $249 \pm 67 \text{ mg}$ equivalente de ácido gálico.100g (VASCO; RUALES; KAMAL-ELDIN, 2008), este último valor é bem semelhante

ao relatado para a fruta estruturada simples de ciriguela. Para a acerola os valores relatados para fenólicos são maiores, de 896-1888 mg.100 g⁻¹ para frutos da estação seca, a 841-1653 mg.100 g⁻¹ para frutos da estação chuvosa (LIMA *et al.*, 2005)

Para alguns produtos processados como purê (1152.40±62.10 mg EAG.100g) e *smoothies* produzidos com 4% de polpa de acerola (155.57±1.77 - 213.33±1.64 mg EAG.100g) (MÜLLER *et al.*, 2010) os valores de fenólicos são menores do que o reportado para a fruta estruturada mista de ciriguela e acerola.

Barras de frutas produzidas com maçãs do tipo Granny Smith estudadas por Sun-Waterhouse *et al.* (2010) apresentaram os seguintes conteúdos de fenólicos totais em mg de equivalente em catequina.100 g⁻¹: 0.50±0.02; 0.46±0.02; 0.60±0.03 para as amostras sem adição de extrato polifenólico de maçã; e 1.45±0.23; 2.22±0.18; 2.87±0.02 mg de equivalente em catequina.100 g⁻¹, para as amostras adicionadas do extrato. Comparando-se com as frutas estruturadas do presente estudo, as barras de frutas produzidas com maçãs apresentam baixo teor de fenólicos totais.

O conteúdo de flavonóides determinado neste trabalho foi de 4,87±0,48 mg em equivalente de catequina.100 g⁻¹ para a fruta estruturada de ciriguela e de 4,62±0,30 mg em equivalente de catequina.100 g⁻¹ de estruturado para a fruta estruturada mista de ciriguela e acerola. Estatisticamente estes valores não diferiram pelo Teste de Tukey. Flavonóides amarelos (massa fresca) foram quantificados em acerola (9.6±1.4), cajá (7.1±0.7), caju (63.8±26.5), umbu (6.9±1.7) e jabuticaba (147±42.5) por Rufino *et al.* (2010). Os valores reportados para acerola, cajá e umbu são semelhantes aos quantificados para as frutas estruturadas do presente estudo, mesmo após o processamento. Desta forma este fitoquímico ainda apresenta conteúdos significativos no produto processado.

Para flavonóis totais os valores foram de 2.58±0.19 em equivalente de quercetina.100g⁻¹ de estruturado para a fruta estruturada mista de ciriguela e acerola e de 2.86±0.19 mg em equivalente de quercetina.100g⁻¹ de estruturado para a fruta estruturada simples de ciriguela; estes valores não apresentaram diferença estatística. Para maçã, ameixa e morango os valores

de flavonóis totais reportados na literatura são 4599 ± 15.4 ; 5648 ± 14.3 e 35754 ± 73.5 mg.100g⁻¹ de matéria seca (SULTANA; ANWAR, 2008). Apesar dos baixos valores relatados no presente estudo, deve-se considerar que as frutas estruturadas são produtos processados e que mesmo após o processamento ainda apresentam concentrações deste fitoquímico.

Para taninos condensados os valores determinados foram de 0.11 ± 0.01 mg em equivalente de catequina.100g⁻¹ de estruturado para a fruta estruturada de ciriguela e de 0.48 ± 0.08 mg em equivalente de catequina.100g⁻¹ de estruturado para a fruta estruturada mista de ciriguela e acerola. Estes valores diferiram pelo Teste de Tukey, no qual obteve destaque a Fruta estruturada mista. Carvalho *et al.* (2011) determinaram valor de 0.19 ± 0.00 mg.g⁻¹ de taninos para fruta estruturada mista de cajá e mamão. Carvalho *et al.* (2011) consideraram que mesmo após o processamento o produto apresentou valores significativos deste fitoquímico. Desta forma, as fruta estruturada produzidas no presente estudo encontram-se dentro do valor reportado de taninos para este produto e também apresentam valores significativos.

Atividade Antioxidante

Os valores da atividade antioxidante das amostras determinadas por ABTS, DPPH e ORAC são apresentadas na Tabela 2. Os gráficos para os valores do método β -caroteno acoplado ao ácido linoléico são apresentados na Figura 2.

Desde que a capacidade antioxidante dos alimentos é determinada por uma mistura de diferentes antioxidantes com diferentes mecanismos de ação, que possuem interações sinérgicas, é necessário a combinação de mais de um método para determinar *in vitro* a capacidade antioxidante destes produtos (PÉREZ-JIMÉNEZ *et al.*, 2008).

Dentre as atividades antioxidantes selecionadas os métodos 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) e 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) envolvem a mensuração da cor ou do desaparecimento da cor. Esses métodos baseiam-se no sequestro do radical livre (ABTS e DPPH), convertendo a cor do produto em incolor (KUSKOSKI *et al.*, 2005; KIM

et al., 2002). O método espectrofotométrico β -caroteno acoplado ao ácido linoléico baseia-se na oxidação ou descoloração do β -caroteno, induzida por produtos provenientes da degradação do ácido linoléico (RUFINO *et al.*, 2010). Já o método de ORAC baseia na capacidade de absorver o radical oxigênio e é muito importante porque utiliza uma fonte de radical biologicamente relevante (PRIOR *et al.*, 2003; OU; HAMPSCH-WOODILL; PRIOR, 2001).

Trabalhos como o de Awika *et al.* (2003) com sorgo e derivados e o de Thaipong *et al.* (2006) com diversos genótipos de goiaba, relatam haver correlação entre os testes de ABTS, DPPH e ORAC.

Os valores para a capacidade de sequestro do radical ABTS encontrados neste trabalho são de 29594,76 $\mu\text{Mol TEAC.g}^{-1}$ de fruta estruturada para a fruta estruturada de ciriguela e de 50000,00 $\mu\text{Mol TEAC.g}^{-1}$ de fruta estruturada para a mista, ou seja cada g da fruta estruturada mista tem ação correspondente a ação de 50000 μmol de trolox. Assim a ação da fruta estruturada mista foi melhor (quase duas vezes mais) do que a fruta estruturada de ciriguela, e ambos os produtos apresentam melhor ação que a ciriguela ($6.25 \pm 0.04 \mu\text{Mol TEAC.g}$) e a acerola ($96.6 \pm 6.1 \mu\text{Mol TEAC.g}$) quantificadas por Almeida *et al.* (2011) e Rufino *et al.* (2010), respectivamente.

Para a metodologia de DPPH pode-se observar que todos os valores (EC_{50} , $T_{\text{EC}_{50}}$ e EA) diferiram estatisticamente pelo Teste de Tukey. Os valores de EC_{50} e $T_{\text{EC}_{50}}$ para as frutas estruturadas foram de 0,98 g de fruta estruturada. g DPPH⁻¹ e 33,85 minutos para a simples de ciriguela e de 0,50 g de fruta estruturada.g DPPH⁻¹ e 1,04 minutos para a mista de ciriguela e acerola. Na literatura o valor reportado para ciriguela foi de $37 \pm 1.7 \%$ de DPPH remanescente no estado de equilíbrio e de 1.368 ± 395 em EC_{50} (g de peso fresco da amostra.g de DPPH) e para $T_{\text{EC}_{50}}$ o valor foi de 14 ± 1 minutos, sendo classificado como de nível antioxidante intermediário (VASCO; RUALES; KAMAL-ELDIN, 2008).

Rufino *et al.* (2010) determinaram em extrato fresco e seco valores de EC_{50} para acerola entre 670 ± 64.5 e 49.2 ± 2.5 g.g DPPH.

Outras frutas como manga (84 ± 3), maracujá (94 ± 1), e tomate (88 ± 2) (em % de DPPH remanescente no estado de equilíbrio), são classificadas

como de baixo potencial antioxidante (VASCO; RUALES; KAMAL-ELDIN, 2008).

Para a metodologia de ORAC os valores foram de 15.19 ± 4.19 μmol de trolox.100 g de fruta estruturada para fruta estruturada mista de ciriguela e acerola e de 17.14 ± 3.11 μmol de trolox.100 g de fruta estruturada para a fruta estruturada de ciriguela. Os valores apresentaram diferença estatística pelo Teste de Tukey.

Os valores reportados na literatura para polpas congeladas de acerola variam entre 3458.00 ± 0.05 e 5883.00 ± 0.18 μmol de trolox.100 g⁻¹ polpa; para o suco comercial o valor foi de 126.00 ± 0.20 e para o suco concentrado comercial foi de 2237.00 ± 0.73 μmol trolox.100 ml⁻¹ suco (MEZADRI *et al.*, 2008). Para o purê da acerola o valor foi de 9420.00 ± 0.63 μmol de trolox.100 g⁻¹, já para *smoothies* contendo 4% de polpa de acerola os valores variaram de 2560.00 ± 0.04 a 2710.00 ± 0.08 μmol de trolox.100 g⁻¹ (MÜLLER *et al.*, 2010).

Comparando-se as frutas estruturadas produzidas neste estudo com os resultados dos padrões Trolox (1.00), Ácido Gálico (2.07), Ácido Clorogênico (5.42), Quercetina (7.79) e Catequina (16.83), avaliadas pelo método ORAC (μmol de Trolox) pode-se notar que os estruturados apresentam valor considerável e atividade antioxidante moderada.

Os valores para inibição da oxidação pelo método β -caroteno acoplado ao ácido linoléico são apresentados na Figura 2. Para a fruta estruturada de ciriguela o percentual foi de 60,95%, enquanto que para a fruta estruturada mista este valor foi de 10,98%. Rufino *et al.* (2010) determinaram percentuais de inibição de oxidação pelo mesmo método em matéria fresca e seca para diversas frutas como cajá (92.7 ± 1.1 – 84.9 ± 3.4), umbu (63.4 ± 5.9 – 79.3 ± 14.6), caju (25 ± 8.9 – 44.6 ± 11.7), jabuticaba (90.7 ± 0.1 – 90.6 ± 0.6), açaí (31.9 ± 3.2 – 76.1 ± 6), entretanto para a acerola e para o camu-camu, frutas ricas em ácido ascórbico, não foi detectado percentual de inibição da oxidação, pois o elevado teor de ácido ascórbico interferiu no sistema como um fator pró-oxidante (RUFINO *et al.*, 2010). As frutas estruturadas apresentaram resultados semelhantes, ou seja, a fruta estruturada desenvolvida apenas com

ciriguela obteve percentual superior àquela desenvolvida com polpa mista contendo 75% de acerola e 25% de ciriguela.

Diversos outros autores como Alves *et al.* (2008), Hassimoto, Genovese e Lajolo (2005) e Kalt *et al.* (1999) também relataram a função pró-oxidante do ácido ascórbico, que segundo Rufino *et al.* (2010) parece ser devido à formação de radicais Ascorbil durante a oxidação. Segundo Hassimoto, Pinto e Lajolo (2008) e Hassimoto, Genovese e Lajolo (2005) no método de DPPH o ácido ascórbico age como um antioxidante, enquanto que no método β -caroteno ele age como um potente pró antioxidante.

Segundo Hassimoto, Genovese e Lajolo (2005) a capacidade antioxidante por este método pode ser classificada como alta (>70%), intermediária (40-70%) ou baixa (<40%). Desta forma a fruta estruturada de ciriguela pode ser classificada como de capacidade antioxidante intermediária, enquanto que a fruta estruturada mista é classificada como de baixa capacidade.

Para os resultados das metodologias de ABTS, DPPH, ORAC e β -caroteno acoplado ao ácido linoléico verificou-se que estas não expressão resultados semelhantes, à medida que nos métodos de ABTS e DPPH a fruta estruturada mista mostrou-se mais eficiente na ação antioxidante do que a fruta estruturada de ciriguela, enquanto que no teste de ORAC ambos os produtos, apesar de diferirem estatisticamente pelo Teste de Tukey (com destaque para a fruta estruturada de ciriguela com maior potencial), apresentaram valores muito próximos. Para o método de β -caroteno acoplado ao ácido linoléico foi também a fruta estruturada de ciriguela a que apresentou maior percentual de inibição do radical oxidante, sendo classificada como de capacidade antioxidante intermediária.

CONCLUSÃO

As frutas estruturadas apresentaram valores de fitoquímicos bioativos significativos, apesar de ocorrerem perdas durante o processamento. Os teores de ácido ascórbico e fenólicos (em especial para a Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola), carotenóides, flavonóides e taninos são bastante significativos quando comparados aos teores relatados para outros produtos processados e até mesmo para frutas *in natura*.

Apesar das diferenças entre as metodologias empregadas, os dois produtos apresentaram ações antioxidantes importantes por se tratar de produtos que sofreram processamentos.

Desta forma a fruta estruturada de ciriguela e mista de ciriguela e acerola podem ser consideradas produtos de boa qualidade nutricional pelo significativo conteúdo de fitoquímico bioativos e atividade antioxidante que apresentam. E por serem produtos de fácil e prático consumo, podendo ser consumidas como barras de frutas ou cereais, substituindo guloseimas e/ou outros produtos não nutritivos, podem contribuir para o fornecimento e complementação de nutrientes importantes para a saúde e bem estar dos consumidores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, S. S.; KASOJU, N.; LUTHRA, A.; SINGH, A.; SHARANABASAVA, H.; SAHU, A.; BORA, U. Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. **Food Research International**, v. 41, n. 1, p. 1–15, 2008.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.

ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. **Food Chemistry**, v. 115, p. 785–788, 2009.

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

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 18 ed. Washington DC USA, 2002.

ASSIS, S. A.; VELLOSA, J. C. R.; BRUNETTI, I. L.; KHALIL, N. M.; LEITE, M. S. C. K.; MARTINS, A. B. G.; OLIVEIRA, O. M. M. F. Antioxidant activity, ascorbic acid and total phenol of exotic fruits occurring in Brazil. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 60, p. 439–448, 2009.

AWIKA, J.M.; ROONEY, L.W.; WU, X.; PRIOR, R.L.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 6657–6662, 2003.

AZOUBEL, P. M.; ARAÚJO, A. J. B.; OLIVEIRA, S. B.; AMORIM, M. R. Restructuring *Passiflora cincinnata* fruit pulp: influence of hydrocolloids. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 1, p. 160-166, 2011.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v.28, n.1, p.25-30, 1995.

CARVALHO, A. V. **Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de estruturados de frutas funcionais a partir de polpa de açaí e “mix” de taperebá com mamão**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007.

CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. A.; ASSIS, G. T.; LOURENÇO, L. F. H. Avaliação do efeito da combinação de pectina, gelatina e alginato de sódio sobre as características de gel e fruta estruturada a partir de “mix” de polpa de cajá e mamão, por meio da metodologia de superfície de resposta. **Acta Amazônica**, v. 41, n. 2, p. 267-264, 2011.

DÁVALOS, A.; GÓMEZ, C.; BARTOLOMÉ, B. Extending applicability of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC-Fluoresceins) Assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 52, p. 48-54, 2004.

DEWANTO, V.; WU, X.; ADOM, K. K.; LIU, R. H. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 10, p. 3010-2014, 2002.

ENGELS, C.; GRÄTER, D.; ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M.; GÄNZLE, M. G.; SCHIEBER, A. Characterization of phenolic compounds in jocote (*Spondias purpurea* L.) peels by ultra high-performance liquid chromatography/electrospray ionization. **Food Research International**, available online, 2011.

GESCHER, A., PASTORINO, U., PLUMMER, S. M., & MANSON, M. M. Suppression of tumour development by substances derived from the diet — Mechanisms and clinical implications. **British Journal of Clinical Pharmacology**, v. 45, p. 1–12, 1998.

GRIZOTTO, R. K.; AGUIRRE, J. M.; MENEZES, H. C. Frutas estruturadas de umidade intermediária obtidas de polpas concentradas de abacaxi, manga e mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 691-697, 2005.

GROSS, J. 1987. Carotenoids. In: GROSS, J. **Pigments in fruits**. London: Academic Press, p. 87-186, 303 p.

HARBORNE, J.B.; WILLIAMS, C.A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v.52, p.481-504, 2000.

HAMMERSCHMIDT, P.A.; PRATT, D.E. Phenolic antioxidants of dried soybeans. **Journal of Food Science**, v.43, p. 556-559, 1978.

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

HASSIMOTTO, N. M. A.; PINTO, M. S.; LAJOLO, F. M.; Antioxidant status in humans after consumption of blackberry (*Rubus fruticosus* L.) juices with and without defatted milk. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 117127–211733, 2008.

JAGOTA, S. K.; DANI, H. M. A new colorimetric technique for the estimation of vitamin C using Folin phenol reagent. **Analytical Biochemistry**, v. 127, n. 1, p. 178–182, 1982.

KALT, W.; FORNEY, C. F.; MARTIN, A.; PRIOR, R. L. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 47, n. 11, p. 4638–4644, 1999.

KIM, D. O.; LEE, K. W.; LEE, H. J.; LEE, C. Y. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 13, p. 3713–3717, 2002.

KOZIL, M. J.; MACÍA, M. J. Chemical Composition, Nutritional Evaluation, and Economic Prospects of *Spondias purpurea*. **Economic Botany**, v. 52, n. 4, p. 373-380, 1998.

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

LEES, D.H., FRANCIS, F J. Standardization of pigment analyses in cranberries. **HortScience**, Alexandria, v.7, n.1, p.83-84, 1972.

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

MARCO, G. J. A rapid method for evaluation of antioxidants. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 45, p. 594-598, 1968.

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

MEZADRI, T.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M. S.; VILLAÑO, D.; GARCÍA-PARRILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M. El fruto de la acerola: composición y posibles usos alimenticios. **Archivos Latinoamericanos Nutrición**, v. 56, p. 101–109, 2006.

MEZADRI, T.; VILLAÑO, D.; FERNANDEZ-PACHÁN, M. S.; GARCÍA-PARRILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola fruits and derivatives (*Malpighia emarginata* D.C.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, p. 282–290, 2008.

MILLER, A.; SCHAAL, B. Domestication of a Mesoamerican cultivated fruit tree, *Spondias purpurea*. **PNAS**, 102, 12801–12806, 2005.

MÜLLER, L.; GNOYKE, S.; POPKEN, A. M.; BÖHM, V. Antioxidant capacity and related parameters of different fruit formulations. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie — Food Science and Technology**, v. 43, p. 992–999, 2010.

OU, B.; HAMPSCH-WOODILL, M.; PRIOR, R.L. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 4619–4626, 2001.

PRIOR, R.L.; HOANG, H.; GU, L.; WU, X.; BACCHIOCCA, M.; HOWARD, L.; HAMPSCH-WOODILL, M.; HUANG, D.; OU, B.; JACOB, R. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORACFL)) of plasma and other biological and food samples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 3273–3279, 2003.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9/10, p. 1231-1237, 1999.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI Press, 1999a. 64p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Carotenoids and Food Preparation: The retention of provitamin a carotenoids in prepared, processed, and stored foods**. John Snow, Inc/OMNI Project, 1997. 99p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Changes in carotenoids during processing and storage of foods. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 49, p. 38S-47S, 1999b.

ROSS, J. A.; KASUM, C. M. Dietary flavonoids: Bioavailability, metabolic effects, and safety. **Annual Reviews of Nutrition**, v. 22, p. 19–34, 2002.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 nontraditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996–1002, 2010.

SAMPAIO, C. G.; MORAIS, S. M.; RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. Quality, bioactive compound content, and antioxidant activity in fruits of Brazilian acerola clones. **Acta Horticulturae**, v. 841, p. 463–466, 2009.

SANCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F.; A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.76, p.270–276, 1998.

SCARFIOTTI, C.; FABRIS, F.; CESTARO, B.; GIULIANI, A. Free radicals, atherosclerosis, ageing, and related dysmetabolic pathologies: pathological and clinical aspects. **European Journal of Cancer Prevention**, v. 6, n. 1, p. S31–S36, 1997.

SERRANO, J.; GONI, I.; SAURA-CALIXTO, F. Food antioxidant capacity determined by chemical methods may underestimate the physiological antioxidant capacity. **Food Research International**, v. 40, n. 1, p. 15–21, 2007.

SPORMANN, T. M.; ALBERT, F.W.; RATH, T.; DIETRICH, H.; WILL, F. STOCKIS, J. P.; EISENBRAND, G.; JANZOWSKI, C. Anthocyanin/polyphenolic-rich fruit juice reduces oxidative cell damage in an

intervention study with patients on hemodialysis. **Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention**, v. 17, n. 12, p. 3372–3380, 2008.

SULTANA, B.; ANWAR, F. Flavonols (kaempferol, quercetin, myricetin) contents of selected fruits, vegetables and medicinal plants. **Food Chemistry**, v. 108, p. 879-884, 2008.

SUN-WATERHOUSE, D.; TEOH, A.; MASSAROTTO, C.; WIBISONO, R.; WADHWA, S. Comparative analysis of fruit-based functional snack bars. **Food Chemistry**, v. 119, p. 1369-1379, 2010.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D. H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and analysis**, v. 19, p. 669-675, 2006.

TIITTO-JULKUNEN, R. Phenolic constituents in the leaves of Northern Willows: Methods for the analysis of certain phenolics. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v.33, n.2, p.213- 217, 1985.

VACO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v. 111, p. 816-823, 2008.

VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, v. 71, p. 195-198, 2000.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free radicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.47, n. 5, p.1801-1812, 1999.

WIART, C. Medicinal plants classified in the family Anacardiaceae. **Medicinal Plants of Asia and the Pacific** (pp. 177–183). Boca Raton, FL: CRC Press, 2006.

YANG, J.; PAULINO, R.; JANKE-STEDRONSKY, S.; ABAWI, F. Free-radical-scavenging activity and total phenols of noni (*Morinda citrifolia* L.) juice and powder in processing and storage. **Food Chemistry**, v.102, p. 302–308, 2007.

Tabela 1. Composição Fitoquímica de Fruta Estruturada Simples de Ciriguela e Mista de Ciriguela e Acerola

Composição Fitoquímica	Fruta Estruturada de ciriguela	Fruta estruturada mista de ciriguela e acerola
Antocianinas Totais*	-	1,27±0,08
Ácido Ascórbico**	3,32±0,35 ^b	673,17±25,29 ^a
Carotenóides Totais***	6,79±0,41 ^b	7,78±0,13 ^a
Fenólicos Totais****	208,64±30,73 ^b	1.489,62±125,02 ^a
Flavonóides Totais*****	4,87±0,48 ^a	4,62±0,30 ^a
Flavonóis Totais*****	2,86±0,19 ^a	2,58±0,19 ^a
Taninos Condensados*****	0,11±0,01 ^b	0,48±0,08 ^a

*mg de antocianinas.100g⁻¹ de estruturado; **mg.100g⁻¹ de estruturado; ***µg em equivalente de β-caroteno.g estruturado; ****mg em equivalente de ácido gálico.100g de estruturado; ***** mg em equivalente de catequina.100g⁻¹ de estruturado; *****mg em equivalente de quercetina.100g⁻¹ de estruturado; *****mg em equivalente de catequina.100g⁻¹ de estruturado. Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 95% de confiança.

Tabela 2. Avaliação da capacidade antioxidante de Fruta Estruturada Simples de Ciriguela e Mista de Ciriguela e Acerola

Atividades Antioxidantes							
Fruta Estruturada	ABTS	DPPH					ORAC**
		EC ₅₀	T _{EC50}	Classif. Cinética	EA	Classif. Antiradical	
ciriguela	29594,76 ^b	0,98 ^a	33,85 ^a	Lento	0,03 ^b	Baixa	17,14±3,11 ^a
Mista de ciriguela e acerola	50000,00 ^a	0,50 ^b	1,04 ^b	Rápida	1,90 ^a	Média	15,19±4,19 ^b

EC₅₀ (g estruturado.g DPPH⁻¹); T_{EC50} (minutos); *µMol TEAC.g⁻¹ de fenólicos da amostra; **µMol de Trolox.100 g de fruta estruturada

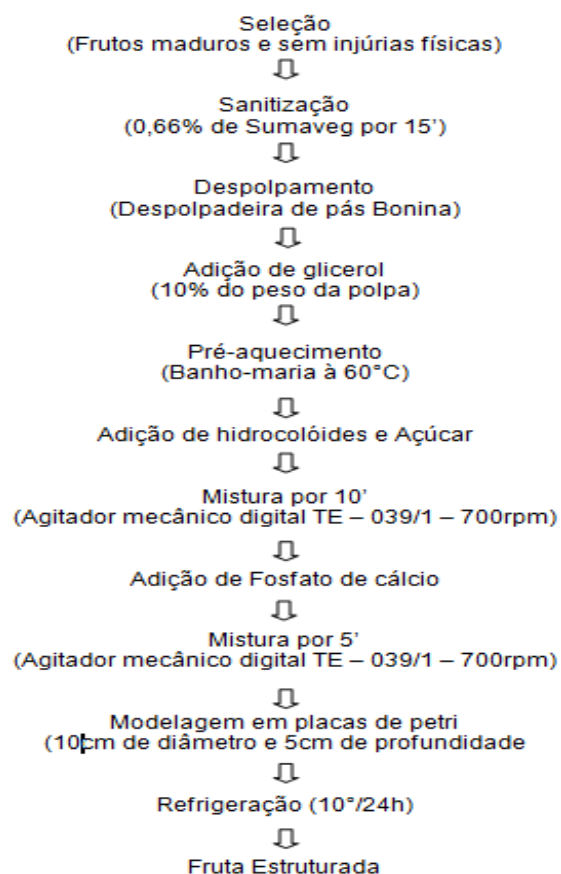


Figura 1. Fluxograma do desenvolvimento de fruta estruturada simples de ciriguela e mista de ciriguela e acerola

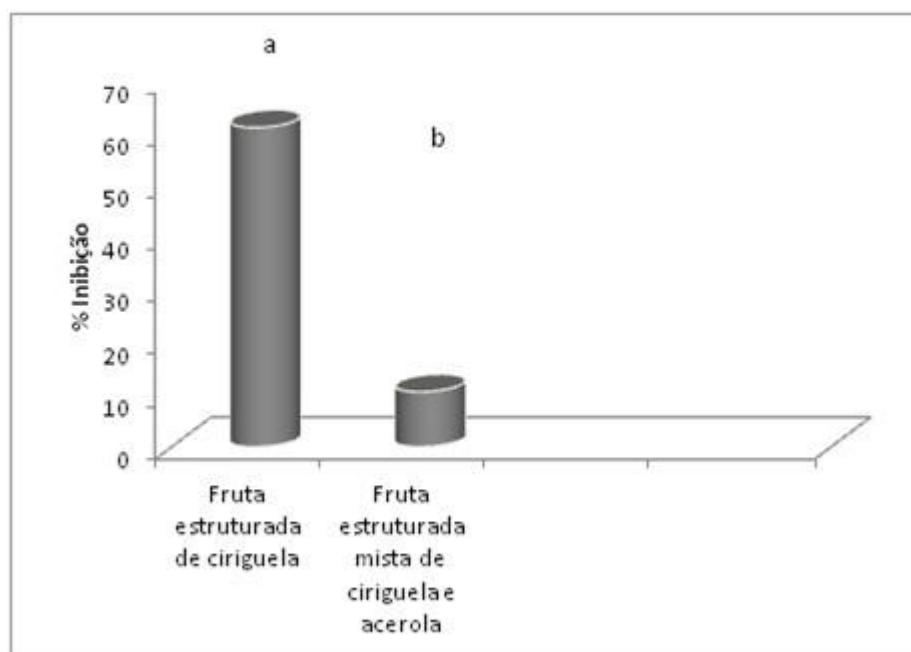


Figura 2. Percentual de inibição dos extratos da Fruta estruturada de ciriguela e mista de ciriguela e acerola

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstrou que as Frutas estruturadas podem ser desenvolvidas com qualidade a partir de frutas tropicais como a ciriguela e a acerola. Tecnicamente pode-se verificar através das análises físico-químicas que os produtos desenvolvidos apresentaram boas características e qualidade nutricional, com teores consideráveis de fitoquímicos bioativos e boa capacidade antioxidante. E com a análise sensorial foi comprovada a boa aceitabilidade pelos consumidores em potencial.

Para as pequenas agroindústrias e agroindústrias familiares estes produtos trariam grande possibilidade de crescimento sócio-econômico, através da geração de renda e estabelecimento das populações rurais no campo, pois não exigem grandes investimentos para o desenvolvimento, utilizando metodologia prática e acessível; e ao final do processo apresentam um grande valor agregado, devido à elevada qualidade sensorial e nutricional.

Desta forma têm-se o desenvolvimento de produtos com valores nutricionais próximos às frutas *in natura* e acessíveis à população em geral como uma forma mais fácil e rápida de se consumir os nutrientes necessários à uma boa alimentação.

APÊNDICE A

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS



Nome: _____ Idade: _____ Data: _____
Escolaridade: _____ E-mail: _____ Fone: _____

Teste de Aceitação

Você está recebendo três amostras codificadas de **estruturado de ciriguela**. Por favor, prove-as e indique no quadro abaixo, de acordo com a pontuação da escala hedônica, o quanto você gostou ou desgostou do produto, levando em consideração os aspectos de cor, aroma, sabor, textura e aparência global. Utilize a bolacha e a água, entre as amostras, para limpeza do palato.

Escala hedônica

7. Gostei muito
6. Gostei moderadamente
5. Gostei ligeiramente
4. Não gostei, nem desgostei
3. Desgostei ligeiramente
2. Desgostei moderadamente
1. Desgostei muito

Código da amostra	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Aparência Global

Comentários: _____

Teste de Intenção de Compra

Julgue as amostras quanto a sua intenção de compra utilizando a escala abaixo e escreva no quadro o número correspondente.

5. Certamente compraria
4. Provavelmente compraria
3. Tenho dúvidas se compraria ou não
2. Provavelmente não compraria
1. Certamente não compraria

Código da amostra	Intenção de compra

APÊNDICE B

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS



Nome: _____ Idade: _____ Data: _____
Escolaridade: _____ E-mail: _____ Fone: _____

Teste de Aceitação

Você está recebendo quatro amostras codificadas de **estruturado misto de ciriguela e acerola**. Por favor, prove-as e indique no quadro abaixo, de acordo com a pontuação da escala hedônica, o quanto você gostou ou desgostou do produto, levando em consideração os aspectos de cor, aroma, sabor, textura e aparência global. Utilize a bolacha e a água, entre as amostras, para limpeza do palato.

Escala hedônica

7. Gostei muito
6. Gostei moderadamente
5. Gostei ligeiramente
4. Não gostei, nem desgostei
3. Desgostei ligeiramente
2. Desgostei moderadamente
1. Desgostei muito

Código da amostra	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Aparência Global

Comentários: _____

Teste de Intenção de Compra

Julgue as amostras quanto a sua intenção de compra utilizando a escala abaixo e escreva no quadro o número correspondente.

5. Certamente compraria
4. Provavelmente compraria
3. Tenho dúvidas se compraria ou não
2. Provavelmente não compraria
1. Certamente não compraria

Código da amostra	Intenção de compra

ANEXO



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO

Registro CEP/UPE: 235/11

Registro CAAE: 0236.0.097.000-11

Área de Conhecimento: Ciências Domésticas/Tecnologia de Alimentos Grupo: III

Instituição de Origem: Universidade Federal Rural de Pernambuco

Título: Desenvolvimento de produtos alimentícios inovadores a partir de polpas de frutos diversos.

Pesquisador Responsável: Maria Inez Sucupira Maciel

Pesquisadoras: Diana Teresa de B. Cavalcanti, Jackeline de A. Silva e Naira Paes de Moura

O plenário do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Pernambuco CEP/UPE, no exercício de suas atribuições legais e em consonância com a Resolução 196/96 do CNS/MS, considera que o estudo objeto deste documento, é pertinente, com metodologia adequada aos objetivos propostos, não apresenta riscos, contém medidas protetoras ao sujeito, apresenta toda documentação exigida e não apresenta agravo ético. Sendo assim o CEP opina favoravelmente ao pleito do pesquisador, considerando o projeto como **"APROVADO"**.

O CEP/UPE informa ao pesquisador que tem por obrigação:

- Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e/ou do TCLE. Nestas circunstâncias, a inclusão de pacientes deve ser suspensa temporariamente, até a resposta do Comitê, após análise das mudanças propostas;
- Comunicar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento do estudo;
- Para pesquisas com duração até 18 meses, apresentar relatório final após o término da pesquisa;
- Para pesquisas com duração acima de 18 meses, apresentar relatório parcial neste período e o final após o término da pesquisa;
- O relatório final deverá ser entregue ao CEP uma via em CD.

Agradecemos a oportunidade de podermos contribuir para o avanço da ciência e na apreciação do referido projeto. Colocamo-nos à disposição, para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

Reiteramos votos do sucesso.

Recife, 20 de dezembro de 2011.


Prof. Adriano de Almeida Magalhães
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa - CEP
Universidade Federal de Pernambuco

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP/UFPE
Av. Agamenon Magalhães, s/n São Amaro Recife - PE
CEP - 50100-010 - FONE: 3183.1775