

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

**ANA CAROLINA DE ALMEIDA LINS**

**Desenvolvimento de fruta estruturada com umidade intermediária obtida de polpas concentradas de três genótipos de cajazeira (*Spondias mombin* L.)**

RECIFE, PE

2010

**ANA CAROLINA DE ALMEIDA LINS**

**Desenvolvimento de fruta estruturada com umidade intermediária obtida de polpas concentradas de três genótipos de cajazeira (*Spondias mombin* L.)**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Inês Sucupira Maciel

**Co-orientador:** Dr. Ildo Eliezer Lederman

RECIFE, PE

2010

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Parecer da comissão examinadora da defesa de dissertação de mestrado de

ANA CAROLINA DE ALMEIDA LINS

**Desenvolvimento de fruta estruturada com unidade intermediária obtida de polpas concentradas de três genótipos de cajazeira (*Spondias mombin* L.)**

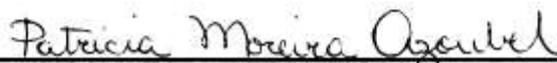
Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos

A comissão examinadora, composta pelos membros abaixo, considera ANA CAROLINA DE ALMEIDA LINS como aprovada



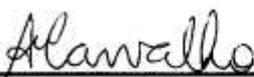
---

Profª. Dra. Samara Alvachian Cardoso Andrade (Membro Interno – UFRPE)



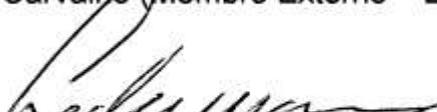
---

Dra. Patricia Moreira Azoubel (Membro Externo – Embrapa Semiárido)



---

Profª. Dra. Ana Vânia Carvalho (Membro Externo – Embrapa Amazônia Oriental)



---

Dr. Ildo Eliezer Lederman (Suplente – IPA)

Recife, 25 de fevereiro de 2010.

## AGRADECIMENTOS

- ☺ Primeiramente e sempre a Deus por tudo.
- ☺ A minha Mãe Maria Mercedes pelo modo como me ensinou a ver a vida, e ao meu Pai Airton pelo incentivo a continuar estudando.
- ☺ A Professora Dr<sup>a</sup>. Maria Inês Sucupira Maciel, pela orientação, confiança e incentivo, durante toda essa jornada de crescimento acadêmico.
- ☺ Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), em particular, a Estação Experimental de Itambé, pela disponibilização dos frutos de cajá para a realização dos experimentos, bem como ao Dr. Ildo Lederman pela co-orientação e ao Dr. Severino de Lira Júnior, pesquisador do IPA lotado na Estação Experimental de Itambé.
- ☺ A Empraba Semiárido (Petrolina), em especial a Dr<sup>a</sup> Patrícia Azoubel pelo apoio e confiança na realização dos experimentos desse trabalho em seu Laboratório de Processamento de Alimentos.
- ☺ As meninas que tanto me ajudaram na realização dos meus experimentos. Sempre as terei em gratidão, Mariana, Sofia, Amparo e Mayara, estagiárias da Empraba Semiárido (Petrolina).
- ☺ A toda(o)s a(o)s Professora(e)s que de alguma forma contribuíram para a minha formação acadêmica.
- ☺ As minhas amigas que tanto torcem por mim, em especial a Dulcineia, Rozilene, Joseilda, Yullianna, Márcia Adriana, Edvânia e Marcele. Que mesmo na ausência se fazem presente.
- ☺ Aos colegas de turma Anízia, Armando, Cristina, Janusa e Rozilda por tudo o que passamos nesses dois anos de convivência.
- ☺ Aos membros da banca Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Samara Andrade, Dr<sup>a</sup> Patrícia Azoubel, Dr<sup>a</sup> Ana Vânia Carvalho e Dr. Ildo Lederman, pela atenção, correções e indispensáveis contribuições a esse trabalho.
- ☺ A FACEPE pela concessão da bolsa de estudo IBPG-0067-5.07/08.
- ☺ A toda(o)s que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

## SUMÁRIO

Agradecimentos .....	iii
Sumário .....	iv
Lista de Figuras .....	vi
Lista de Tabelas .....	vii
Resumo .....	viii
Abstract .....	ix
Revisão Bibliográfica .....	4
Cajazeira ( <i>Spondias Mombin</i> L.) .....	4
Banco de Germoplasma de Cajazeira ( <i>Spondias Mombin</i> L.) .....	7
Fruta Estruturada .....	8
Alimentos de Umidade Intermediária .....	13
Hidrocolóides .....	14
Gelificação .....	15
Polissacarídeos .....	18
Estruturas de Géis Formados por Polissacarídeos .....	21
Alginato de Sódio .....	22
Géis de Alginato .....	23
Pectina .....	26
Pectina de Baixa Metoxilação .....	28
Géis de Pectina de Baixa Metoxilação .....	29
Proteínas .....	30
Gelatina .....	31
Géis de Gelatina .....	32
Objetivos .....	34
Geral .....	34
Específicos .....	34
Referência Bibliográfica .....	35
Elaboração de Estruturados de Cajá ( <i>Spondias Mombin</i> L.) Utilizando Metodologia de Superfície de Resposta .....	42
Abstract .....	42
Resumo .....	43

Introdução.....	44
Metodologia.....	46
Materiais.....	46
Métodos.....	47
Processo de Estruturação.....	47
Análises Físico-Químicas.....	48
Firmeza.....	48
Atividade de Água ( $a_w$ ).....	49
Sólidos Solúveis (SS).....	49
pH.....	49
Determinação de Cor ( $\Delta E$ ).....	50
Planejamento Experimental.....	51
Análise Estatística.....	53
Resultados e Discussão.....	53
Firmeza.....	55
pH.....	64
Atividade de Água ( $a_w$ ).....	70
Sólidos Solúveis (SS).....	72
Diferença de Cor ( $\Delta E$ ).....	74
Conclusão.....	78
Referência Bibliográfica.....	79
Considerações Finais.....	81

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Exemplos de modelos esquemáticos para as zonas de junção 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. ....	22
Figura 2 Superfícies de resposta para a firmeza do estruturado do genótipo IPA 14. ....	61
Figura 3 Superfícies de resposta para a firmeza do estruturado do genótipo IPA 6.1. ....	63
Figura 4 Superfícies de resposta para o pH do estruturado do genótipo IPA 11.2....	66
Figura 5 Superfícies de resposta para o pH do estruturado do genótipo IPA 6.1.....	68
Figura 6 Superfícies de resposta para do $\Delta E$ do estruturado IPA 6.1.....	76

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 Hidrocolóides Gelificantes.....	18
Tabela 2 Variáveis independentes para a formulação do estruturado de polpa de cajá. ....	51
Tabela 3 Planejamento experimental codificado para a formulação do estruturado de polpa de cajá. ....	52
Tabela 4 Planejamento experimental decodificado para a formulação do estruturado de polpa de cajá. ....	54
Tabela 5 Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para a firmeza dos estruturados de cajá dos Genótipos IPA 11.2, IPA 14 e IPA 6.1.....	56
Tabela 6 Análise de Variância do modelo ajustado para a firmeza do estruturado de cajá dos Genótipos IPA 11.2, IPA 14 e IPA 6.1.....	57
Tabela 7 Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para o pH do estruturado de cajá dos genótipos IPA 11.2, IPA 14 e IPA 6.1.....	64
Tabela 8 Análise de Variância do modelo ajustado para o pH dos estruturados de cajá dos genótipos IPA 11.2, IPA 14 e IPA 6.1.....	65
Tabela 9 Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para o parâmetro $\Delta E$ do estruturado de cajá do IPA 6.1. ....	75
Tabela 10 Análise de Variância do modelo ajustado para o $\Delta E$ do estruturado de cajá do Genótipo IPA 6.1. ....	75

## RESUMO

Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, a cajazeira tem considerável importância social e econômica, fato comprovado pela crescente comercialização de seus frutos e produtos processados. Além da importância regional, os frutos vêm apresentando um relevante destaque no agronegócio brasileiro, com o desenvolvimento de novos produtos e a comercialização em maior escala de sua polpa, com potencial para sua utilização na forma processada como polpa congelada, sucos, néctares, sorvetes, geléias, vinhos e licores. A Fruta Estruturada conhecida como *Pestil* (Turquia); *Lavashak* (Irã); *Tandra* (Índia); *Fruit leather* (EUA) vem sendo objeto de estudo por pesquisadores em vários países como nos EUA, Índia, Espanha, Turquia e Brasil, é um produto com alta concentração de polpa de fruta e agentes texturizantes, esse processo tecnológico vem sendo aplicado em frutas como: uva, abacaxi, mamão, manga e açaí, podendo ser utilizada como produto de confeitaria ou consumida na forma em que se apresenta. Sendo assim este trabalho tem como objetivos estabelecer o procedimento para a produção de fruta estruturada de umidade intermediária com polpa concentrada de três genótipos de cajazeira do IPA, verificar o efeito dos tratamentos sobre as propriedades físicas e químicas dos produtos em estudo através da metodologia de superfície de resposta analisando os hidrocolóides (variáveis independentes): alginato de sódio (A), pectina de baixa metoxilação (P) e gelatina 180 Bloom (G) na firmeza (F), atividade de água ( $a_w$ ), sólidos solúveis (SS), pH (variáveis dependentes) e cor ( $\Delta E$ ) através de um planejamento fatorial completo  $2^3$ . Os resultados do planejamento experimental central composto mostraram que os modelos obtidos, exceto para a atividade de água e sólidos solúveis, foram preditivos. A gelatina foi o fator mais importante de influência na firmeza, pH e nos parâmetros de cor dos estruturados de cajá. Há boa perspectiva para produção de fruta estruturada com polpa de cajá.

Palavras-chave: pectina, gelatina, alginato de sódio, processo tecnológico, fruta estruturada, cajá, genótipos do IPA

## ABSTRACT

In the North and Northeast of Brazil, the *Spondias mombin* has considerable social and economic importance; a fact evidenced by the increasing commercialization of their fruits and processed products. In addition to the regional importance, the fruits have been having a relevant role in the agribusiness, with the development of new products and marketing on a larger scale of the pulp, with potential for use in processed form as frozen pulp, juices, nectars, ice creams, jellies, wines and liquors. The fruit known as Structured Pestil (Turkey); Lavashak (Iran); Tandra (India) Fruit leather (USA) has been studied by researchers in several countries like USA, India, Spain, Turkey and Brazil, is a product with high concentration of fruit pulp and texturized agents, this process technology has been applied in fruits such as grapes, pineapple, papaya, mango and açai, which can be used as a confectionery or consumed in the form that appears. Therefore this study aims to establish a procedure for the production of fruit structured intermediate moisture concentrated pulp with three IPA genotypes yellow mombin, evaluating the effect of treatments on the physical and chemical properties of the products under study using response surface methodology analyzing the hydrocolloids (independent variables): sodium alginate (A), low methoxyl pectin (P) and 180 Bloom gelatin (G) on firmness (F), water activity ( $a_w$ ), soluble solids (SS), pH (dependent variables) and color ( $\Delta E$ ) through a full factorial design  $2^3$ . The results of central composite experimental design showed that the obtained models, except for the water activity and soluble solids, were predictive. Gelatin was the most important factor influencing the firmness, pH and color parameters of structured hog. There are good prospects for production of structured fruit with yellow mombin.

Keywords: pectin, gelatin, sodium alginate, technological process, structured fruit, yellow mombin, genotypes of IPA

## INTRODUÇÃO

O grande desperdício de alimentos *in natura* traz a necessidade de novas tecnologias que possam aumentar a vida-de-prateleira destes, favorecendo a manutenção de sua qualidade sensorial, nutricional e microbiológica, por um período de tempo maior (CARVALHO, 2007).

As frutas são consideradas, do ponto de vista do seu valor nutritivo, como complementos dos alimentos básicos, fornecendo energia, minerais, vitaminas, fibras e compostos antioxidantes e seu consumo tem aumentado nas últimas décadas. Aliado a este fato, a falta de tempo da população para o preparo cotidiano dos alimentos, a praticidade de consumo oferecida pelas frutas e a preocupação com a saúde que impõe a busca por alimentos mais saudáveis, vem estimulando o mercado destas e de seus derivados.

O crescimento constante, que consolida a posição do Brasil como terceiro maior produtor mundial de frutas, depois da China e da Índia, com área de 2,260 milhões de hectares e colheita de 43 milhões de toneladas faz com que a fruticultura nacional venha se renovando, ao adotar novas tecnologias, melhorando a qualidade e diversificando seus pomares. Da produção nacional, 47% das frutas são consumidas ao natural e outros 53% são processadas na elaboração de polpas, sucos, sorvetes, picolés, geléias e doces, entre outros artigos e só 1% a 2% desse volume são exportados. A União Européia continua sendo o maior comprador de frutas brasileiras, absorvendo 76% do total. As principais frutas exportadas foram uva, melão, manga, maçã, limão e melancia (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2009).

O Nordeste é responsável por 26% da produção brasileira, quando o assunto é exportação este número salta para 63%. Este avanço deve-se a diversos fatores, como: clima, posição geográfica, entre outros. Os principais estados produtores e exportadores do nordeste são: Bahia, Pernambuco, Ceará e Rio Grande do Norte, que produzem principalmente banana, mamão, laranja, manga, melão, melancia, uva e coco. É desta região que saem mais de 90% das três principais frutas exportadas pelo Brasil: melão, manga e uva; que juntas representam 43% da pauta de exportação de frutas frescas (FRUTAS E DERIVADOS, 2008).

Problemas de conservação são grandes entraves para que frutos de regiões consideradas distantes dos grandes centros industriais tenham seus produtos e sabores, considerados “exóticos” e relativamente desconhecidos, difundidos para outras regiões do País, além do exterior (CARVALHO, 2007).

O cajá é uma fruta com crescente interesse para o agronegócio do Norte e Nordeste, principalmente na comercialização de sua polpa para a elaboração de produtos processados. Devido ao aumento na procura por tal fruta, fazem-se necessários estudos de novas tecnologias para serem utilizadas no seu processamento, melhorando assim o aproveitamento da mesma.

Dentre as técnicas de processamento, a estruturação de polpa de frutas representa uma inovação na área de alimentos, com resultados bastante promissores. Além disso, o processamento adequado de matérias-primas *in natura* dentro do próprio estado possibilita a ampliação e fornecimento de maiores riquezas e divisas para a indústria local (CARVALHO, 2007).

A fruta estruturada surge como uma boa opção ao processamento de frutos, pois o produto final tende a manter suas características próximas do fruto *in natura*, através da adição de hidrocóloides à polpa da fruta para a formação da textura apropriada ao novo alimento. Além disso, tal processo pode utilizar frutos fora de classificação para a comercialização *in natura*.

O estudo da elaboração de estruturado de cajás de diferentes genótipos do banco de germoplasma do IPA é de suma importância ao agronegócio, por propiciar a determinação de genótipos adequados à produção de tal produto, bem como fazer com que estes genótipos identificados como superiores tenham um apelo comercial reconhecido e que sua produção seja estimulada.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### **CAJAZEIRA (*Spondias mombin* L.)**

O gênero *Spondias* compreende várias espécies frutíferas cujos representantes mais significativos têm como centro de diversidade o bioma Caatinga e as florestas úmidas do Brasil. Essas espécies encontram-se disseminadas de forma espontânea e/ou sub-espontânea em todas as regiões brasileiras, com exceção da região Sul. Dentre as principais espécies encontradas no Brasil, destacam-se pela sua importância econômica, social e ecológica, o umbuzeiro (*S. tuberosa* Arr. Câm.); a cajazeira ou taperebazeiro, como é conhecida na região Norte (*S. mombim* L. – sin. *S. lutea* L.); a cirigüeleira ou sirigüeleira (*S. purpurea* L.); a cajarana ou cajá-mangueira (*S. dulcis* Forst. – sin. *S. cytherea* Sonn.); o umbu-cajazeira ou cajá-umbuzeiro (*Spondias* spp.) e a umbugüeleira (*Spondias* spp.) (LEDERMAN et al., 2008).

Fruto pertencente à família *Anacardiaceae*, o cajá é também chamado cajá-mirim ou taperebá no Brasil; *prunier mombin* na Guiana Francesa; *ciruela de monte* e *jocote* na Guatemala; *ciruela amarilla* no México e Equador; *jobo* na América Central; *hogplum* ou *yellow mombin* na América do Norte (MARTINS; MELO, 2006).

De acordo com Souza (2001), a diversidade genética de populações nativas de *Spondias* é ampla e deve ser preservada e avaliada em Bancos de Germoplasma, visando à disponibilização de genótipos para exploração agroindustrial e programas de melhoramento genético.

Considerada como uma árvore frutífera tropical, a cajazeira situa-se entre as frutíferas perenes, produzindo frutos nutritivos, saborosos e de grande aceitação no mercado. É uma espécie que sobrevive de forma silvestre, cuja exploração é feita de modo extrativista (SACRAMENTO; SOUZA, 2000; BOSCO et al., 2000). Adapta-se aos mais variados ecossistemas brasileiros, especialmente, naqueles existentes no Norte e Nordeste, por apresentarem maior estabilidade de temperatura e umidade relativa do ar. As condições climáticas ideais para o desenvolvimento da espécie é a temperatura média anual entre 25 a 28°C, umidade relativa do ar entre 60 a 80% e precipitação pluviométrica entre 700 e 1600 mm, distribuída com certa regularidade nos meses de abril a agosto (BOSCO et al., 2000).

Nas regiões Norte e Nordeste, a cajazeira tem considerável importância social e econômica, fato comprovado pela crescente comercialização de seus frutos e produtos processados (SOUZA, 1998). Além da importância regional, os frutos vêm apresentando um relevante destaque no agronegócio brasileiro, com o desenvolvimento de novos produtos e a comercialização em maior escala de sua polpa (SACRAMENTO; SOUZA, 2000). Os frutos são caracterizados como drupas de 3 a 6 cm de comprimento, ovóides ou oblongos, achatados na base, com cor variando do amarelo ao alaranjado. A casca é fina, lisa, com polpa pouco espessa também variando do amarelo ao alaranjado, suculenta e de sabor ácido – adocicado (SILVA; SILVA, 1995; BOSCO et al., 2000).

Por possuírem excelente sabor, aroma, boa aparência e qualidade nutritiva, são bastante consumidos na forma *in natura*, apresentando rendimento médio de 55 a 65% em polpa, com potencial para sua utilização na forma processada como polpa

congelada, sucos, néctares, sorvetes, geléias, vinhos e licores (LIMA et al., 2002; MARTINS; MELO, 2006).

Arkcoll (2010), em um estudo sobre perspectiva de espécies vegetais brasileiras, em especial as tropicais, que apresentam grande viabilidade comercial, cita o cajá entre as primeiras. Segundo Souza Filho et al. (2000), poucas frutas brasileiras obtiveram destaque no mercado nacional e internacional, e principalmente as frutas nativas e exóticas que devem ser melhor estudadas e divulgadas, como o cajá. Ainda não devidamente caracterizado, particularmente no que se refere ao seu potencial para industrialização, o cajá demanda pesquisas. Segundo Embrapa (2009), o cajá apresenta boas características para a industrialização em termos de rendimento e sabor o que abre amplas possibilidades para a fabricação de sucos, néctares, sorvetes e geléias.

Segundo Franco (2002) e Taco (2006) com relação às propriedades nutritivas do cajá, 100 gramas de polpa do fruto possui cerca de: vitamina B1 (11 mg) e B2 (40 µg), pró-vitamina A (64 µg), vitamina C (26,7 mg) e niacina (0,26 mg). Quanto aos minerais, a polpa de cajá apresenta valores de 28,60 a 56 mg para cálcio, 24 a 67 mg para fósforo, 0,2 a 2,20 mg para ferro e 119 mg para potássio. Além de ser apreciada pelo seu aroma, textura e sabor, é rica fonte de pró-vitamina A (caroteno), fornecendo valor maior que o caju, goiaba e algumas cultivares de mamão e de manga Bourbon e Haden (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA, 1989).

### ***BANCO DE GERMOPLASMA DE CAJAZEIRA (Spondias mombin L.)***

Germoplasma, material genético ou recursos genéticos, é a estrutura física vegetal, animal ou de microorganismos, dotada de caracteres hereditários, capaz de gerar um novo indivíduo, transmitindo suas características de geração em geração. O germoplasma de plantas é representado por sementes, mudas, estacas ou outra parte que possa transmitir suas características hereditárias. O melhoramento genético consiste na técnica genética que objetiva o melhoramento do germoplasma para a obtenção de espécies vegetais com maiores qualidades nutricionais, resistentes a doenças e insetos, adaptadas à seca, etc. (RIBEIRO, 1995).

Bancos de Germoplasma são unidades conservadoras de material genético de uso imediato ou com potencial de uso futuro, onde não ocorre o descarte de acessos, diferenciam-se das “coleções de trabalho”, onde se elimina o que não interessa ao melhoramento genético. São considerados “ativos” aqueles que estão próximos ao pesquisador, nos quais ocorre o intercâmbio de germoplasma e plantios freqüentes para caracterização, o que proporciona a conservação, apenas a curtos e medianos prazos (VEIGA, 2010).

O banco de germoplasma de cajazeira do IPA foi instalado em julho de 1990 na cidade de Itambé-PE, está formado por 33 entradas, sendo cada entrada representada por 1 planta. As mudas foram obtidas por meio de semente e plantadas no espaçamento de 12 x 12 m, ocupando uma área de 4.752 m<sup>2</sup>. Todo material de propagação foi coletado em plantas selecionadas a partir de prospecções genéticas nas áreas de ocorrência da cajazeira nas Regiões da Zona

da Mata e Agreste de Pernambuco. A seleção foi baseada em entrevistas preliminares com os proprietários de sítios, chácaras e fazendas, visando à obtenção de maiores informações a respeito da qualidade de seus frutos e potencial produtivo (LIRA JÚNIOR et al., 2008).

### ***FRUTA ESTRUTURADA***

Estruturados de fruta são obtidos através da concentração de polpa de frutas utilizando algum agente texturizante, para formação de um produto com textura maleável, podendo ser consumido como produto de confeitaria ou na forma como é apresentado.

O conceito de alimento estruturado ou “designed food” ou “engineered food”, segundo Fiszman (1992), 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, ou mesmo subprodutos de outras indústrias como, por exemplo, recortes de carnes, frango ou pescado, proteínas animais ou vegetais, em muitos casos, utilizando-se hidrocolóides. Os hidrocolóides neste caso irão atuar como agentes de união, facilitando o corte e retendo umidade, fatores estes que contribuirão para a melhoria da textura.

Em 1976, Raab e Oehler, em um trabalho de extensão da Universidade do Estado de Oregon (EUA), reimpresso em 2000, apresentaram a fruta estruturada

como um prazer nutritivo que agrada tanto aos jovens quanto aos adultos, cuja secagem do purê é fácil de fazer usando qualquer fruta seja fresca ou enlatada. Muitas frutas são adequadas para fruta estruturada incluindo maçãs, damascos, bananas, frutas silvestres, cerejas, uvas, laranjas, peras, abacaxis, ameixas, morangos, tangerinas e tomates. Frutas estruturadas são fáceis para comer e para embalar, sendo ideal como lanche ou como produto a ser adicionado em produtos de panificação e confeitaria.

A Fruta Estruturada conhecida como *Pestil* (Turquia); *Lavashak* (Irã); *Tandra* (Índia); *Fruit leather*; *Designed food*; *Engineered food*; *Restructured food*; *Dried fruit*; *Structured fruit* (Estados Unidos da América - EUA) vem sendo objeto de estudo por pesquisadores em vários países como nos EUA (MCHUGH; HUXSOLL, 1999); Índia (VIJAYANAND et al., 2000); Turquia (CAGINDI; OTLES, 2005); Espanha (CONTRERAS et al., 2005) e Brasil (GRIZOTTO; AGUIRRE; MENEZES, 2005). Esta técnica vem sendo aplicada em uva (MASKAN; KAYA; MASKAN, 2002), abacaxi, manga e mamão (GRIZOTTO; AGUIRRE; MENEZES, 2005), manga (AZEREDO et al., 2006), açaí e mix de taperebá com mamão (CARVALHO, 2007), casca de bacuri (CARVALHO; MATTIETTO; VASCONCELOS, 2008), umbu (OLIVEIRA; AZOUBEL; ARAÚJO, 2008) e maracujá-do-mato (AZOUBEL et al., 2010 - no prelo).

Segundo Carvalho (2007) as frutas tropicais, como o açaí, o taperebá e o mamão apresentam um grande potencial no emprego de estruturados de frutas. Além da possibilidade de obtenção de um produto conveniente e com alta qualidade nutricional e sensorial, tem-se, ainda a redução de perdas durante o período de safra.

Chan e Cavaletto (1978) investigaram os efeitos da temperatura de secagem, tempo e temperatura de armazenamento e adição de dióxido de enxofre na qualidade de um estruturado de mamão. Os resultados demonstraram que a cor do estruturado foi dependente da secagem, temperatura de armazenamento e presença de SO<sub>2</sub>, o qual protegeu contra o escurecimento causado por altas temperaturas de secagem e estocagem. Os dados sensoriais de cor, sabor e *off-flavors* correlacionaram significativamente com o índice de absorvância. Os autores conseguiram elaborar uma fruta estruturada bem-sucedida com purê de mamão, açúcar, SO<sub>2</sub> e empregando baixa temperatura.

Bellarde (1995) ao desenvolver um gel de alginato de sódio com suco de maracujá, através de três formulações (sacarose e xarope de glucose, litesse e sacarose, frutose e sorbitol), observou que os estruturados de suco de maracujá com alginato de sódio, sacarose e substitutos, apresentavam características semelhantes às frutas mastigáveis apresentando baixos valores de gomosidade e boa média de granulicidade; uma relação direta entre a textura e o teor de sacarose foi observada, tanto nas medidas instrumentais como nas sensoriais.

Um estudo para produzir estruturado a partir de suco misto de laranja e cenoura foi realizado por Freitas (1999). O efeito das concentrações de sacarose (0 a 20%) e de resíduo de cenoura (0 a 12%) nas características sensoriais de aparência, textura e mastigabilidade e características instrumentais de dureza, gomosidade e a determinação de sinérese, foi realizado utilizando metodologia de superfície de resposta. Foi observado que o aumento da concentração de sacarose

implicou em maior rigidez, enquanto que o aumento da concentração de polpa de cenoura reduziu este efeito.

Dias (1999) comparou a dureza de géis de pectina, alginato e gelatina por compressão e penetração usando TPA (Análise do Perfil de Textura) instrumental com análise sensorial utilizando compressão e corte com colher, compressão língua-palato e percepção pós-mastigação. Os resultados demonstraram que a dureza instrumental aumentou com o aumento da concentração e a correlação entre medidas sensoriais e instrumentais da textura de géis demonstrou a validade de se usar ferramentas instrumentais para a avaliação da força de géis.

Santos (2003) elaborou um estruturado com manga parcialmente desidratada por osmose, seguida de secagem convencional em estufa com circulação de ar, que foi bem aceito pelos degustadores, com avaliações entre “gostei muito” e “gostei moderadamente” da escala hedônica. Nesse estudo, 87,31% dos julgadores afirmaram que provavelmente e certamente comprariam o produto se o encontrasse à venda.

Cagindi e Otles (2005) realizaram trabalho para determinar a composição química (umidade, cinzas, gordura, proteína bruta e carboidratos totais), valor energético, espessura e conteúdo de minerais (Ca, Fe, K, Mg, Na, Cu, Zn e Mn) e os valores de Hunter L, a e b (cor) de frutas estruturadas de uva, damasco e amora. Eles constataram que as frutas estruturadas são boas fontes de minerais, especialmente em cálcio, potássio, sódio e ferro, e que a secagem ao sol e a espessura das amostras podem afetar na mudança da cor entre elas.

Estruturado de manga sem adição de conservantes e açúcar foram pesquisados por Azeredo et al. (2006), a fim de alcançar às expectativas atuais dos consumidores, estabelecendo as melhores condições de secagem e armazenamento utilizando testes de aceitação do produto. Os autores concluíram que o tempo mínimo de secagem para o estruturado de manga foi de 120 minutos a 80° C com espessura de 0,5 g cm<sup>-2</sup>, o qual foi bem aceito, especialmente em termos de *flavour*, apesar de que a maioria dos painelistas considerou o produto duro demais. A combinação da baixa a<sub>w</sub> (0,62) e baixo pH (3,8) demonstrou que o produto é estável por até 6 meses, sem conservantes químicos.

Carvalho (2007) ao investigar os parâmetros para a estruturação de polpa de açaí e de um “mix” de mamão com taperebá, avaliou o efeito de diferentes hidrocolóides nas características do gel de fruta e encontrou boas perspectivas para produção de estruturados com teor elevado de polpa das frutas. Os resultados do planejamento experimental indicaram que para o estruturado de açaí, o aumento da concentração dos hidrocolóides (alginato, pectina e gelatina) resultou em uma maior firmeza. Já para o estruturado “mix” de mamão e taperebá somente o aumento da concentração de gelatina afetou a firmeza. A secagem a 45° C por 8 horas reduziu o teor de umidade para níveis intermediários e minimizou a adesividade superficial, proporcionando maior estabilidade e melhoria da textura do produto. Segundo o autor os estruturados apresentaram boa aceitação sensorial, e a maioria dos degustadores relataram que provável ou certamente os comprariam.

## ***ALIMENTOS DE UMIDADE INTERMEDIÁRIA***

Segundo Fellows (2006), a deterioração de alimentos por microrganismos pode acontecer rapidamente ao passo que as reações enzimáticas e químicas ocorrem de modo mais lento durante a armazenagem. Em ambos os casos, o teor de água é um fator muito importante no controle da taxa de deterioração. Apenas o conhecimento do teor de umidade não é suficiente para prever a estabilidade de um alimento. A disponibilidade da água para a atividade microbiológica, enzimática ou química é que determina a vida de prateleira de um alimento, e isso é medido pela atividade de água ( $a_w$ ) do alimento, também conhecida como pressão de vapor relativa (PVR). A Atividade de água é definida como “a razão da pressão de vapor da água no alimento e a pressão de vapor saturada da água na mesma temperatura”.

O controle microbiano através da desidratação talvez seja o método mais antigo de conservação de alimentos. A observação pelo homem, já em tempos remotos, de que as sementes secas dos alimentos podiam ser armazenadas de uma estação do ano para outra é um dado da longevidade desse método, que se baseia no fato de que tantos os microrganismos como as enzimas precisam de água para sua atividade. Portanto, 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 doenças 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 são

denominados alimentos com umidade intermediária ou IMF (*Intermediate Moisture Foods*) (FRANCO; LANDGRAF, 2006).

De acordo com Jay (2005), alimentos com umidade intermediária (AUI) são caracterizados pelo conteúdo de umidade em torno de 15 a 50% e por uma  $a_w$  entre 0,60 e 0,85. Chirife e Buera (1994) e Fellows (2006) consideram adequada à variação entre 0,65 a 0,90 para a faixa de atividade de água para os alimentos de umidade intermediária.

## ***HIDROCOLÓIDES***

Com exceção da gelatina, gomas alimentícias, também chamadas de hidrocolóides, são polissacarídeos solúveis em água ou parcialmente solúveis em água e também são polissacarídeos modificados, utilizados nos alimentos e em outras aplicações industriais. Com exceção das gomas xantana, dextrana e curdlana, que são produzidos por microorganismos, gomas alimentícias são obtidas a partir de fontes vegetais terrestres ou marinhas. Estas gomas são comercializadas em forma de pó de diversos tamanhos de partículas. O termo hidrocolóides refere-se a uma série de polissacarídeos e proteínas que são hoje amplamente utilizados em uma variedade de setores industriais para realizar uma série de funções, como: espessar e/ou gelificar soluções aquosas, estabilizar espumas, modificar e/ou controlar as propriedades de fluxo e a textura dos alimentos líquidos e das bebidas, inibir a formação de cristais de gelo e de açúcar e controlar a liberação de sabores, assim como modificar as propriedades de deformação de produtos semi-sólidos. Nos produtos alimentícios é usado geralmente em concentrações de 0,25-0,50%, o que

indica sua grande capacidade de produzir viscosidade e formar géis (BEMILLER; WHISTLER, 2000; WILLIAMS; PHILLIPS, 2000; BEMILLER, 2006).

A indústria de alimentos, em particular, vem representando um grande aumento na utilização destes materiais nos últimos anos. Mesmo que muitas vezes estejam presentes apenas em concentrações inferiores a 1%, eles podem ter uma influência significativa sobre as propriedades texturais e sensoriais de produtos alimentícios. As mudanças no estilo de vida moderno, a crescente consciência da ligação entre dieta e saúde e novas tecnologias de processamento levaram a um rápido aumento no consumo de refeições prontas, alimentos novos e ao desenvolvimento de produtos alimentares com alto conteúdo de fibras e baixa quantidade de gordura. Em particular, inúmeros hidrocolóides foram desenvolvidos especificamente para uso como substitutos de gordura na alimentação. Isso conseqüentemente levou a uma maior procura por estes polissacarídeos. (WILLIAMS; PHILLIPS, 2000). Segundo o *The world of food ingredients* (2009), o mercado mundial de hidrocolóides alimentares é avaliado em aproximadamente U\$ 4,3 bilhões. Amidos e gelatina representam cerca de 50% deste mercado.

## **GELIFICAÇÃO**

Um gel é uma rede tridimensional contínua de moléculas ou partículas (da mesma maneira como são os cristais, as emulsões ou os agregados moleculares), que engloba um grande volume de uma fase líquida contínua, de forma muito similar a uma esponja. Em muitos alimentos, o gel está constituído por moléculas de um polímero (polissacarídeo e/ou proteína) ou por fibras formadas a partir de moléculas

de polímero unidas nas zonas de união formadas através da interação física, por exemplo, por ligações de hidrogênio, associações hidrofóbicas (forças de Van der Waals), forças iônicas, “emaranhados aleatórios” ou ligações covalentes; e a fase líquida é uma solução aquosa de solutos de baixo peso molecular e parcelas das cadeias dos polímeros (BEMILLER; WHISTLER, 2000).

A gelificação protéica ocorre em um processo no qual as proteínas desnaturadas se agregam para formar uma rede ordenada. A gelificação é uma propriedade funcional muito importante de algumas proteínas. Estas têm um papel fundamental na preparação de numerosos alimentos, entre eles diversos produtos lácticos, clara de ovo coagulada, géis de gelatina, vários produtos de carne ou pescado triturados e aquecidos, géis de proteína de soja, proteínas vegetais texturizadas por extrusão ou congelamento e massas de panificação. A gelificação das proteínas é utilizada, não somente para formar géis sólidos viscoelásticos, mas também para melhorar a absorção de água, os efeitos espessantes, a fixação de partículas (adesão) e estabilizar emulsões e espumas (CHEFTEL; CUQ; LORIENT, 1993).

Os géis possuem características tanto dos sólidos como dos líquidos. Quando as moléculas de polímero, ou as fibras formadas a partir delas, inter-relacionam ao longo das porções das suas cadeias para formar zonas de união e, assim, a rede tridimensional, uma solução fluida passa a ser um material com estrutura do tipo esponja e que pode manter sua forma. A estrutura da rede tridimensional oferece uma resistência significativa às forças aplicadas sobre ela, comportando-se em certos aspectos como um sólido-elástico. Contudo, as fases líquidas cujas moléculas

são completamente móveis fazem com que o gel seja menos rígido que um sólido regular, comportando-se em certos aspectos como um líquido-viscoso. Isto é, um gel é um semi-sólido visco-elástico, que responde às forças que se aplicam sobre ele, em parte com característica de um sólido-elástico e em parte com característica de um líquido-viscoso (BEMILLER; WHISTLER, 2000).

Como podem ser observados na Tabela 1, alguns hidrocolóides formam géis termo-reversíveis ou irreversíveis. Exemplos existem onde a gelificação pode ocorrer em refrigeração ou em aquecimento. Em tais casos, a gelificação é talvez induzida por ligamento transversal das cadeias poliméricas reticuladas com cátions divalentes. Os géis podem ser opticamente claros ou turvos e uma variedade de texturas pode ser obtida. A formação de gel ocorre acima de uma concentração crítica mínima, que é específica para cada hidrocolóide. Tipicamente, entretanto, as concentrações de menos de 1% são exigidas. A força do gel aumenta com o aumento da concentração. A massa molecular é igualmente importante. Tem sido demonstrado que a força do gel aumenta de forma significativa à massa molecular até aproximadamente 100.000, mas depois se torna independente em valores mais elevados (WILLIAMS; PHILLIPS, 2000).

**Tabela 1 Hidrocolóides Gelificantes.**

Hidrocolóides gelificantes	Termos-sensíveis	Termos-irreversíveis
Gelatina	Gel formado em refrigeração. Moléculas sofrem uma transição hélice-rola seguida através da agregação de hélices.	
Pectina de metoxilação baixa	Géis formados na presença de cátions divalentes, principalmente o cálcio, a pH baixo (3–4.5). Moléculas ligadas pelos cátions. O pH baixo reduz repulsões eletrostáticas intermoleculares.	
Alginato		Géis formados pela a adição de cátions polivalentes, principalmente cálcio ou a um pH baixo (<4). Moléculas ligadas pelos íons polivalentes. Resíduos de ácido Gulurônico dão uma combinação formada de ondas proporcionando um local para a efetiva ligação dos cátions (modelo caixa de ovo).

Fonte: Tabela adaptada de WILLIAMS; PHILLIPS, 2000.

## POLISSACARÍDEOS

As paredes celulares das plantas consistem principalmente de polissacarídeos, proteínas e lignina. Esses biopolímeros são organizados, juntamente com pequenas quantidades de outros componentes, como os grupos substituintes acetil e fenólicos, em três estruturas tridimensionais complexas que não são uniformes, nem completamente descritos, em diferentes plantas ou partes de vegetais. O recente aumento no interesse em polissacarídeos demonstrou que os mesmos não têm apenas funções estruturais e de energia, mas também podem

regular a utilização de outros componentes da dieta alimentar e afetam a saúde animal e humana. Sendo assim, esses biopolímeros passaram a ser de importância tecnológica e nutricional (ANDERSSON; WESTERLUND; ÅMAN, 2006).

São macromoléculas naturais ocorrendo em quase todos os organismos vivos onde exercem várias funções, muitas das quais não estão ainda bem esclarecidas. São formados pela condensação de monossacarídeos ou seus derivados, unidos entre si por ligações glicosídicas. Glicano é um termo genérico dado a polissacarídeos na qual um grande número de glicoses (monossacarídeos) é mutuamente unido por ligações O-glicosídicas. São substâncias de alto peso molecular que podem chegar, em alguns casos, a valores acima de um milhão. Diferem dos oligossacarídeos de alto peso molecular, não só pelo tamanho da molécula, mas também pela maior facilidade de combinações possíveis durante a biossíntese. O que permite a formação de ramificações com diferentes espécies de monossacarídeos unidos por ligações glicosídicas com diferentes configurações. Podem ser de cadeia linear, ramificada e, raramente, cíclica. O grau de polimerização (GP), que é determinado pelo número de unidades de monossacarídeos em uma cadeia, varia de cem a algumas centenas de milhares. Só uns poucos polissacarídeos possuem um GP menor do que 100, e a maioria apresentam um GP compreendido no intervalo 200-3.000. Os maiores, como a celulose, tem um GP de 7.000 a 15.000. Estima-se que mais de 90% da considerável massa de carboidratos existentes na natureza encontram-se em forma de polissacarídeos. Estes são lineares ou ramificados (BEMILLER; WHISTLER, 2000; BOBBIO; BOBBIO, 2003; IZYDORCZYK, 2005).

Segundo Bobbio e Bobbio (2003), os polissacarídeos de menor peso molecular são, na sua grande maioria, solúveis em água e a solubilidade diminui não só com o aumento de peso molecular, mas também com a maior ou menor facilidade com que as moléculas desses compostos se associam umas às outras. A maior solubilidade dos polissacarídeos se deve à sua facilidade maior de hidratação, com transferência das ligações de hidrogênio intermoleculares entre cadeias de polissacarídeos para ligações de hidrogênio polissacarídeo-água.

A maioria dos polissacarídeos em alimentos é classificada como polissacarídeos solúveis em água, porque conseguem dissolver ou dispersar em soluções aquosas quentes ou frias. As principais propriedades funcionais dos polissacarídeos em alimentos são a capacidade de ligação à água e o aumento da viscosidade. Como polissacarídeos podem aumentar drasticamente a viscosidade da solução em uma concentração relativamente baixa, são muitas vezes utilizados como um viscosímetro de líquidos e alimentos semi-sólidos. Os polissacarídeos apresentam a propriedade de reter moléculas de água, formando soluções coloidais e controlando desse modo a atividade de água nos sistemas que formam os alimentos. Gomas, hidrocolóides, mucilagens, ou ainda polissacarídeos solúveis em água são algumas designações dadas a essas substâncias que têm a capacidade de formar com água géis ou soluções viscosas. Os polissacarídeos e a água juntos controlam muitas propriedades funcionais tecnológicas dos alimentos, incluindo a textura (BEMILLER; WHISTLER, 2000; BOBBIO; BOBBIO, 2003; WANG; CUI, 2005).

Alguns polissacarídeos são compostos somente de unidades de açúcar e são conhecidos como polissacarídeos neutros (por exemplo, amilose, amilopectina, celulose). Os aniônicos contém ácidos açucarados em sua estrutura e apresentam cargas negativas. Alguns são substituídos com éter, éster, ou grupos acetal cíclico, naturalmente ou como resultado de modificação química. Alguns são completamente solúveis em água fria e outros em água quente. Alguns requerem soluções aquosas de ácidos, bases, ou íon metálico de agentes quelantes para a dissolução e extração de uma matriz alimentar. Alguns, como celulose, é insolúvel em todo o sistema alimentar (IZYDORCZYK, 2005; BEMILLER, 2006).

### **ESTRUTURAS DE GÉIS FORMADOS POR POLISSACARÍDEOS**

A Figura 1a 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 cooperativamente vinculados, fixando-se no interior das cavidades eletronegativas, como ovos em uma caixa de ovo. Exemplos deste tipo são géis de pectina de baixa metoxilação e alginato. Na Figura 1b as ligações cruzadas envolvem a associação de dupla hélice através de interações fracas como as atrações de Van Der Waals ou ligações de hidrogênio. Na presença de cátions favorecendo a formação do gel, essas hélices podem também se agregar através de interações iônicas, como ilustrado pela Figura 1c. A Figura 1d descreve um modelo de zona de junção que é proposto para alguns segmentos neutros.

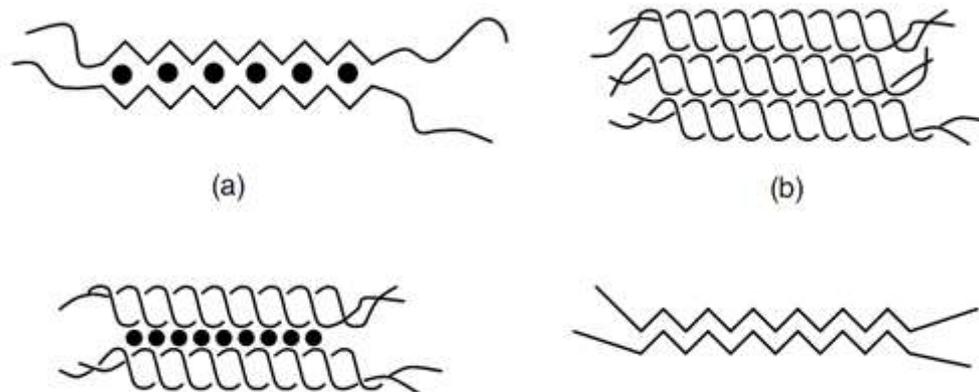


Figura 1 Exemplos de modelos esquemáticos para as zonas de junção de géis de polissacarídeos: (a) junção em caixa de ovo, (b) junção agregada dupla helicoidal, (c) cátion promovendo associação de duplas hélices (d) associação de fita estendida como a estrutura.

Fonte: WANG; CUI, 2005.

## ALGINATO DE SÓDIO

Alginatos constituem polissacarídeos de estrutura primária das algas marrons (*Phaeophyceae*). As principais espécies de algas que produzem alginatos são *Macrocystis pyrifera*, cultivada principalmente na Califórnia, costa dos E.U.A., sul e nordeste da costa ocidental da América do Sul, e na costa da Austrália e Nova Zelândia. Outras boas fontes de alginatos são *Laminaria hyperborea*, *Laminaria digitata* e *Laminaria japonica*, cultivadas ao longo da costa atlântica, a norte do E.U.A., Canadá, França e Noruega. Alginatos também podem ser sintetizados por bactérias, *Pseudomonas aeruginosa* e *Azobacter vinelandii* (IZYDORCZYK; CUI; WANG, 2005). A matriz de gel intercelular do alginato fornece às plantas a resistência mecânica e a flexibilidade. Essa relação entre estrutura e função reflete-se na diferença de composição de alginatos em algas diferentes ou mesmo entre diferentes tecidos da mesma planta (DRAGET, 2000).

O alginato comercial é um sal. Na maioria das vezes um sal sódico, de um ácido poliurônico, o ácido algínico, que é obtido de algas escuras. O ácido algínico está composto de duas unidades monoméricas, o ácido  $\beta$ -D-manopiranosilurônico e o ácido  $\alpha$ -L-gulopiranosilurônico. Estes dois monômeros se encontram em regiões homogêneas (compostas exclusivamente de uma unidade ou de outra), ou em regiões nas quais estão mescladas. Os segmentos que contêm somente unidades de ácido  $\beta$ -D-manopiranosilurônico são conhecidos como blocos M, e os que contêm somente ácido  $\alpha$ -L-gulopiranosilurônico, como o bloco G (BEMILLER; WHISTLER, 2000). Os sais de sódio do ácido algínico (-COONa), alginato de sódio, são solúveis em água (IZYDORCZYK; CUI; WANG, 2005). A viscosidade aumenta em pH abaixo de 4 e também pela presença de íons de cálcio ou cátions polivalentes, com os quais podem formar géis ou filmes. O alginato é usado em sorvetes, queijos, molhos e sucos naturais como estabilizante e espessante. Possui algumas propriedades que o tornam semelhante à pectina (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

## **GÉIS DE ALGINATO**

As soluções dos alginatos sódicos são muito viscosas. O sal de cálcio, por sua vez, é insolúvel. Esta insolubilidade resulta da reação autocoooperativa entre os íons cálcio e as regiões do bloco G da cadeia. Os buracos formados entre as duas cadeias de blocos G constituem cavidades que ligam íons cálcio. O resultado é uma zona de união que dá origem a um ordenamento conhecido como caixa de ovo (Figura 1a), nos quais os íons cálcio se encontram fixados nos buracos. A força do gel depende do conteúdo dos blocos G no alginato utilizado e da concentração de íons cálcio (BEMILLER; WHISTLER, 2000).

Os géis de alginato com cálcio podem ser obtidos por três tipos de solução: por difusão, interna e por resfriamento. A solução por difusão pode ser usada para preparar alimentos estruturados, como exemplo, as tiras de pimentões estruturados que são usados como recheios de azeitonas. O processo é feito com o homogeneizado de pimentões misturados, primeiro em água contendo pequena quantidade de goma guar como espessante imediato e depois com a adição de alginato de sódio, e o conteúdo final é gelificado através da adição de cálcio à mistura. Na solução interna que é utilizada para produtos à base de frutas e seus análogos, requer a liberação lenta de íons de cálcio na mistura. A solução por resfriamento é conseguida dissolvendo um sal de cálcio, ácido ligeiramente solúvel e agente seqüestrante, em água quente, e permitindo depois o seu resfriamento. Os géis produzidos dessa forma são muito estáveis. Os géis de alginato são razoavelmente termoestáveis e mostram pouca ou nenhuma sinerese. Os que contêm frutas podem ser utilizados para recheios, que permanecem estáveis na pasteurização e no cozimento (BEMILLER; WHISTLER, 2000).

Em contraste com a maioria dos polissacarídeos gelificantes, géis de alginato têm a particularidade de serem usados a frio. Em princípio, isso implica que os géis de alginato são mais ou menos independentes da temperatura. A cinética do processo de gelificação pode, contudo, ser fortemente modificado por uma mudança na temperatura. As propriedades do gel final também vão mudar se a gelificação ocorrer em diferentes temperaturas. Outra implicação é a termo-irreversibilidade, pois géis de alginato são estáveis ao calor. Na prática, isso significa que os géis de alginato podem ser tratados pelo calor sem derreter. Essa é a razão pela qual alginatos são utilizados em cremes para cozimento. Convém, no entanto, 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 é importante ter em mente 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).

Kaletunc, Nussinovitch e Peleg (1990) realizaram um trabalho com o intuito de desenvolver um procedimento modificado para preparação de produtos contendo 90% de polpa de fruta e avaliar suas propriedades reológicas. O desempenho do processo modificado foi testado com polpa de maçã comercial e suco de *grapefruit* texturizados, com no máximo 10% de alginato, pelo método convencional. Os resultados para a polpa de maçã estruturada após ajuste de pH com lactato de cálcio demonstraram que, embora a força, deformidade e dureza diminuíssem consideravelmente com o aumento da concentração da polpa, de 50-96%, apresentaram apreciável integridade mecânica. A estruturação de *grapefruit* com o mesmo ajuste de pH, resultou em produtos com apreciável integridade mecânica, com concentrações de suco maior que 90%.

Alginato de sódio é usualmente selecionado como agente de gelificação devido à termoestabilidade dos produtos obtidos. Mouquet; Dumas; Guilbert, (1992) ressaltam que a alta termoestabilidade constitui uma propriedade apreciável em frutas texturizadas, pois elas podem ser resistentes a pasteurização para uso em

indústrias de laticínios ou sorvetes, além de resistirem também a operações de cozimento em indústrias de confeitaria e de panificação.

A produção de texturizados de frutas como análogos de “frutas cristalizadas” é uma tecnologia recente e em expansão. O alginato de sódio é o hidrocolóide adequado para essa finalidade, pois, em presença de íons de cálcio e em uma ampla faixa de pH, forma géis com características sensoriais similares a de diversas frutas e com elevada termoestabilidade. Outra grande vantagem é que esse processo viabiliza a produção de texturizados de valor calórico reduzido, pois a gelificação pode ser conduzida em baixas concentrações de açúcares ou mesmo na ausência destes, conforme as características do produto final (FREITAS, 1999).

## **PECTINA**

Polissacarídeos pécticos estão presentes na parede celular primária e na lamela média de todas as plantas de sementes, e têm importantes propriedades nutricionais e tecnológicas, principalmente devido à sua capacidade de formar géis. Pectinas contribuem para muitas funções, principalmente de estrutura nas paredes celulares dos tecidos vegetais, e em aspectos fisiológicos relacionados ao crescimento, a determinação do tamanho e forma das células, a integridade e a rigidez dos tecidos, o transporte de íons de retenção de água e mecanismos de defesa contra infecções. A quantidade e a natureza da pectina influenciam fortemente na textura dos vegetais, no crescimento, maturação e armazenamento e também afetam o processamento (ANDERSSON; WESTERLUND; ÅMAN, 2006).

É o polissacarídeo que, junto com a celulose e hemicelulose, formam o material estrutural das paredes celulares dos vegetais. A combinação de pectina com a celulose e hemicelulose, por ligações covalentes, dá origem à chamada protopectina. A protopectina é insolúvel em água, mas facilmente decomposta por ácidos diluídos, liberando a pectina. A pectina liberada é formada por cadeias lineares de ácido  $\alpha$ -D-galactopiranosilo unidas por ligações (1 $\rightarrow$ 4). Na cadeia existem moléculas de ramnose e nesses pontos há, necessariamente, uma quebra na linearidade da estrutura molecular. Os ácidos poligalacturônicos, com grau variável de grupos carboxílicos metilados, são as pectinas que gelificam. Por definição, as preparações contendo acima de 50% dos grupos carboxílicos na forma de grupos metílicos (-COOCH<sub>3</sub>), ou seja, esterificados, são classificadas em pectina de alto teor de metoxilação (ATM ou HM). Os grupos carboxílicos não esterificados estão presentes como uma mistura livre (-COOH) e em forma de sal (-COO<sup>-</sup>Na<sup>+</sup>). Nas preparações em que 50% ou menos dos seus grupos carboxílicos estão na forma de metílicos denominam-se pectina de baixo teor de metoxilação (BTM ou LM) (BEMILLER; WHISTLER, 2000; BOBBIO; BOBBIO, 2001; IZYDORCZYK; CUI; WANG; 2005).

São ácidos pectínicos solúveis em água, com número de metoxilas esterificadas e grau de neutralização variável. São definidas para utilização em alimentos como heteropolímeros de alto peso molecular contendo a maioria (pelo menos 65% em peso) de unidades de ácido galacturônico, sendo que o grupo ácido pode ser livre (ou como um simples sal de sódio, potássio, cálcio ou de amônia) ou naturalmente esterificado com metanol (MAY, 2000).

Pectinas estão presentes em muitas frutas em quantidades e qualidades variáveis, se localizam principalmente em tecidos pouco rijos. As principais fontes são as cascas dos cítricos e a polpa de maçã sendo a pectina da casca de limão e lima as mais fáceis de serem isoladas e são de melhor qualidade (BEMILLER; WHISTLER, 2000; MAY, 2000). As pectinas em água dão soluções altamente viscosas, mesmo em baixas concentrações, e em presença de sacarose e ácido em proporções adequadas formam géis muito estáveis (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

Os principais usos de pectinas são como agentes gelificantes em aplicações de alimentos diversos, incluindo produtos lácticos, de padaria e de frutas. Pectinas ATM têm sido muito utilizadas em compotas e geléias tradicionais, enquanto pectinas BTM são usadas em produtos de baixas calorias e em doces e geléias de baixo teor de açúcar. Géis de pectina podem ser usados como uma alternativa à gelatina em sobremesas de frutas e pectinas amidada BTM são usadas para preparar géis de leite e sobremesas. As pectinas são usadas também como um estabilizador de dispersão de proteínas nos produtos lácteos acidificados como iogurte e leite, bebidas à base de frutas, bebidas e outros preparados a partir de proteína de soja e soro de leite (IZYDORCZYK; CUI; WANG, 2005).

### **PECTINA DE BAIXA METOXILAÇÃO**

Esta substância é preparada por desesterificação parcial de pectinas naturais por métodos enzimáticos e químicos, este último empregando ácidos, soluções aquosas de álcalis ou amônia e amônia em meio alcoólico. A desesterificação com amônia em meio alcoólico leva à formação de pectinas de baixo teor de metoxilas

contendo grupos amídicos denominados pectinas amidadas, o que traz vantagens para a formação de géis (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

### **GÉIS DE PECTINA DE BAIXA METOXILAÇÃO**

A gelificação de pectinas de baixa metoxilação é governada principalmente pela interação entre a pectina e íons de cálcio. Por esta razão, a disponibilidade de íons de cálcio é importante e isso é normalmente regido por sequestrantes naturalmente presentes ou agregados (MAY, 2000). Assim, o íon atua como ligante entre as cadeias de pectina, formando a estrutura do gel, sem necessidade do açúcar. Nos alimentos, usa-se somente o íon cálcio que é adicionado na proporção de 0,1-0,5% do peso do gel (BOBBIO; BOBBIO, 2001). A gelificação é favorecida pelo aumento de sólidos solúveis, mas diminui com o aumento do pH ou aumentando o nível de sequestrante. No entanto, certo nível de um sequestrante, como o citrato é essencial para produzir um sistema praticamente viável ao gel. Com a formulação correta, pectinas de baixa metoxilação podem formar gel sobre uma grande variedade de sólidos solúveis totais (10-80%), e em produtos quer de natureza ácida ou menos ácido, em um pH de 3,0 até acima de 5,0 (MAY, 2000). Para esses géis, a pectina é preparada a partir de pectina comum (ATM) por hidrólise controlada. Este tipo de pectina é largamente usada na fabricação de produtos dietéticos e tende a substituir a pectina ATM na fabricação de geléias de frutas. Os géis de pectina BTM são termo-reversíveis (BOBBIO; BOBBIO, 2001). O mesmo modelo de caixa de ovo usado para descrever a formação dos géis de alginato com cálcio (Figura 1a) serve para explicar a gelificação das soluções pécticas BTM e BTM aminadas produzidas pela adição de íons de cálcio

(BEMILLER; WHISTLER, 2000). A reatividade ao cálcio é regulada pela proporção e disposição dos grupos carboxila na cadeia de pectina. A reatividade aumenta com a diminuição do grau de esterificação e grupos amida têm uma influência moderadora, permitindo gelificação sobre uma ampla gama de concentrações de cálcio (MAY, 2000).

## **PROTEÍNAS**

As proteínas são macromoléculas complexas que podem representar mais de 50% do peso seco das células (CHEFTEL; CUQ; LORIENT, 1993). São polímeros constituídos de alguns dos 21 diferentes aminoácidos interligados por ligações peptídicas. São de alto peso molecular, com variações em peso de aproximadamente 10.000 até milhões de daltons (BOBBIO; BOBBIO, 2003; ARAÚJO, 2006). As unidades básicas de uma proteína são os aminoácidos. O grupo carboxílico (COOH) de um aminoácido é conectado, pela perda de uma molécula de água, ao grupo amino (NH<sub>2</sub>) do próximo (ARAÚJO, 2006). As propriedades de uma proteína são determinadas pelo número e espécie dos resíduos de aminoácidos, bem como pela seqüência desses compostos na molécula (BOBBIO; BOBBIO, 2003). Todas as proteínas são constituídas de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e enxofre e têm composição muito semelhante: 50 a 55% de carbono, 6 a 8% de hidrogênio, 20 a 24% de oxigênio, 15 a 18 % de nitrogênio de 0,2 a 0,3 % de enxofre. Algumas contêm também ferro, cobre, fósforo ou zinco (CHEFTEL; CUQ; LORIENT, 1993; BOBBIO; BOBBIO, 2003).

## GELATINA

As gelatinas não existem na natureza, sendo derivadas das proteínas de colágeno por processos que destroem as estruturas secundárias e superiores com diferentes graus de hidrólise da espinha dorsal polipeptídica. Seu nome é derivado do latim *gelata*, que descreve a sua qualidade mais característica, ou seja, formação de gel em água (LEDWARD, 2000).

O colágeno, matéria-prima básica para produção de gelatina, é o principal constituinte de todo o tecido conectivo fibroso branco que ocorre em organismos animais, tais como cartilagens, tendões, as bainhas transparentes em torno dos músculos e as fibras do músculo, pele e couros (matriz da proteína do osso) (GARCIA, 1992; LEDWARD, 2000). Como o colágeno, a gelatina é composta de 18 aminoácidos diferentes que estão unidos por ligações peptídicas, cujo peso molecular médio varia entre 20.000 a 250.000 daltons dependendo do grau de hidrólise. É um produto rico nutricionalmente podendo ser empregado como suplemento protéico associada a outras proteínas, além de ser um ingrediente tão procurado atualmente na obtenção de produtos dietéticos, de baixa caloria, sem colesterol e gordura reduzida (GARCIA, 1992). Embora as proporções relativas e as seqüências dos aminoácidos constitutivos do colágeno e da gelatina são substancialmente os mesmos, as propriedades físicas e químicas das duas proteínas são muito diferentes (LEDWARD, 2000).

A gelatina é uma proteína que deve sua grande importância ao fato de ser solúvel em água quente e formar géis por resfriamento. Não tem cheiro nem sabor. É rica em arginina, mas de pouco valor em relação à quantidade dos outros

aminoácidos essenciais. Glicina constitui entre 25 e 35% do colágeno (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

Gelatina forma géis elásticos e termorreversíveis. É componente freqüente de confeitos aerados. Pode ser usada em misturas com outros hidrocolóides como: pectina, amido, goma arábica, em doces. Com essas misturas, podem-se obter géis de diferentes características (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

As gelatinas são comercializadas de acordo com sua habilidade de formar gel. São graduadas em termos de Bloom ou força de gelificação que é uma medida *standard* da força aplicada para provocar uma depressão em um gel de concentração e temperatura padronizadas. Devido às propriedades de formar soluções em grande faixa de viscosidade, produzir géis termorreversíveis, formar emulsões e espumas estáveis, formar filmes rígidos e flexíveis, agir como agente adesivo e protetor coloidal, apresenta uma série de aplicações. São comumente empregadas como gelificante, estabilizante, aerador, emulsificante, melhorador de textura e ligante de água (GARCIA, 1992).

## **GÉIS DE GELATINA**

Considera-se a formação de redes protéicas o resultado de um balanço entre as inter-relações proteína-proteína e proteína-água e entre forças atrativas e repulsivas entre cadeias polipeptídicas adjacentes. As proteínas também formam géis por interação com determinados polissacarídeos. Interações inespecíficas, entre grupos positivamente carregados de gelatina e grupos carregados negativamente de

alginatos ou pectatos, produzem géis de pontos de fusão elevados (80° C) (CHEFTEL; CUQ; LORIENT, 1993).

Diferente da maioria dos géis de proteínas e polissacarídeos, o gel de gelatina é termorreversível, isto é, em aquecimento a 35-40°C, o gel irá dissolver. É esta propriedade que torna a gelatina como um ingrediente alimentar útil e único, uma vez que os géis irão "derreter na boca" (LEDWARD, 2000).

Diante de tudo que foi exposto e baseado nesses estudos a pesquisa teve como objetivo estabelecer o procedimento para preparação de fruta estruturada a partir de polpa de frutos de cajazeira.

## **OBJETIVOS**

### ***GERAL***

Estabelecer o procedimento para a produção de fruta estruturada com umidade intermediária a partir da polpa de frutos de três genótipos de cajazeira.

### ***ESPECÍFICOS***

Verificar o efeito dos hidrocolóides sobre as propriedades físicas e químicas dos estruturados de cajá;

Definir dentre os três genótipos de cajazeira, aquele que apresente o produto processado com as melhores características de interesse agroindustrial.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANDERSSON, R., WESTERLUND, E.; ÅMAN, P. Cell-Wall polysaccharides: structural, chemical, and analytical aspects. In: ELIASSON, A. (edited). **Carbohydrates in Food**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. p. 129-166.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2008. **Bonito de ver: Produção de frutas cresce em torno de 4,5% ao ano, impulsionada pelo consumo interno, pelas exportações e pelo incremento no processamento**. Disponível em: <<http://www.anuarios.com.br/upload/publicacaoCapitulo/pdfpt/pdf209.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2009. p. 11.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV. 2006. p. 249-283.

ARKCOLL, D. New crops from Brazil. In: JANICK, J.; SIMON, J. E. **Advances in new crops**. Portland: Timber Press, 1990. Disponível em: <[www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1990/V1-367.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1990/V1-367.html)>. Acesso em: 10 jan. 2010.

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**. v. 41, p. 635-638, 2006.

AZOUBEL, P. M.; ARAÚJO, A. J de B; OLIVEIRA, S. B de; AMORIM, M. da R. Restructuring *Passiflora cincinnata* fruit pulp: influence of hydrocolloids. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2010 (no prelo)

BELLARDE, F. B. Utilização de alginato de sódio na produção de um gel estruturado de suco de maracujá (*Passiflora edulis* S.). Campinas: [s/n], 1995, 60p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

BEMILLER, J. N. Gums and hydrocolloids: analytical aspects. In: ELIASSON, A. (edited). **Carbohydrates in Food**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. p. 209-231.

BEMILLER, J. N.; WHISTLER, R. L. Carbohidratos. In: FENNEMA, R. O. (Director) **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acibia. 2000. p. 187-267.

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**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Varela, 2001. 143 p.

BOSCO, J.; SOARES, K. T.; AGUIAR FILHO, S. P.; BARROS, R. V. **A cultura da cajazeira**. João Pessoa: EMEPA-PB, 2000. 29 p.

CAGINDI, O.; OTLES, S. Comparison of some properties on the different types of pestil: a traditional product in Turkey. **International Journal of Food and Technology**, v. 40, p. 897-901, 2005.

CARVALHO, A. V. **Otimização dos parâmetros tecnológicos para a produção de frutas estruturadas de frutas funcionais a partir de polpa de açaí e “mix” de taperebá com mamão**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 52 p.

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. 4 p.

CHAN, H. T. Jr.; CAVALETTO, C. G. Dehydration and storage stability of papaya leather. **Journal of Food Science**, v. 42, p. 1723-1725, 1978.

CHEFTEL, J. C.; CUQ, J.; LORIENT, D. Aminoácidos, peptídeos y proteínas. In: FENNEMA, O. R. (Director) **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1993. p. 275–414.

CHIRIFE, J.; BUERA, M.D.P. Water activity, glass transition and microbial stability in concentrated/semimols food systems. **Journal of Food Science**, v. 59, n. 5, p. 925-927, 1994.

CONTRERAS, C.; MARTÍN, M. E.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; CHIRALT, A. Effect of vacuum impregnation and microwave application on structural changes which occurred during air-drying of apple. **LWT**, v. 38, p. 471-477, 2005.

DIAS, N. G. **Estudo do perfil de textura instrumental e sensorial em géis de pectina de baixo teor de esterificação, alginato e gelatina**. Campinas: [s/n], 1999, 165 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

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

EMBRAPA. **Sistemas de Produção do Cajá (Spondias mombin L.) – Cultivo**.

Disponível em:

<<http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/artigo.php?op=6&i=18&si=94&ar=2348>>.

Acesso em 03 fev. 2009.

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

FISZMAN, S. Características de los alimentos estructurados y reestructurados, uso de los hidrocoloides en las formulaciones para calentamiento con microondas. In: FERREIRA, V. L. P.; SOLER, M. P. (Coordenação Técnica) **Curso sobre as propriedades de hidrocolóides e aplicações**. Campinas, 1992. p. 140-142.

FRANCO, B. D. G. de M; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2006. 182p.

FRANCO, G. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**. 9ª ed. São Paulo: Atheneu, 2002. 307p.

FREITAS, S. M. de L. **Utilização de alginato de sódio em texturizados de suco misto de laranja e cenoura de valor energético reduzido**. Campinas: [s/n], 1999. 127 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

FRUTAS E DERIVADOS, 2008. **Frutas nordestinas**. Disponível em: <[http://www.ibraf.org.br/x\\_files/revista11.pdf](http://www.ibraf.org.br/x_files/revista11.pdf)>. Acesso em: 03 fev. 2009. p. 38-40.

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.

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**, v.25, n.4, p. 691-697, 2005.

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.

IZYDORCZYK, M.; CUI, S. W.; WANG, Q. Polysaccharide gums: structures, functional properties, and applications. In: CUI, S. W. (Edited) **Food carbohydrates: chemistry, physical properties, and applications**. Boca Raton: CRC Press, 2005. cap. 6

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 711p.

KALETUNC, G.; NUSSINOVITCH, A.; PELEG, M. Alginate texturization of highly acid fruit pulps and juices. **Journal of Food Science**, v. 55, n.6, p. 1759-1761, 1990.

LEDERMAN, I. E; SILVA JÚNIOR F da; BEZERRA, J. E. F.; LIRA JÚNIOR, J. S. de. Potencialidade das espécies de *Spondias* no desenvolvimento da fruticultura brasileira. In: LEDERMAN, I. E; LIRA JÚNIOR, J. S. de; SILVA JÚNIOR, F 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.

LIMA, E. D. P. A.; LIMA, C. A. A; ALDRIGUE, M. L.; GONDIM, P. S. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias* spp.) em cinco estádios de maturação, da polpa e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 338-343, 2002.

LIRA JÚNIOR, José Severino de; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, Ildo Eliezer; Moura, R. J. M. de. **Recursos Genéticos de Spondias em Pernambuco: cajazeira, cirigueleira e cajá-umbuzeiro**. In: Ildo Eliezer Lederman; José severino de Lira Júnior; Josué Francisco da Silva Júnior. (Org.). *Spondias no Brasil: Umbú, Cajá e Espécies Afins*. 1 ed. Recife: Editora Universitária da UFRPE, v. 1, p. 80-85, 2008.

MARTINS, S. T.; MELO, B. **Cajá (*Spondias mombin* L.)**. 2006. Disponível em: <[http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra\\_conteudo.asp?conteudo=11025](http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=11025)>. Acesso em: 02 fev. 2009.

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.

MAY, C. D. Pectins. . In: PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. (Edited) **Handbook of hydrocolloids**. England: Wood head Publishing Limited, 2000. cap. 10.

MCHUGH, T. H.; HUXSOLL, C. C. Extrusion Processing of Restructured Peach and Peach/Starch Gels. **Lebensm. Wiss. u.-Technol.**, v. 32, p. 513-520, 1999.

MOUQUET, C.; DUMAS, J.; GUILBERT, S. Texturization of sweetened mango pulp: optimization using response surface methodology. **Journal of Food Science**, v. 57, n. 6, p. 1395-1400, 1992.

OLIVEIRA, S. B. de; AZOUBEL, P. M.; ARAÚJO, A. J. de Efeito de hidrocolóides na firmeza, atividade de água e sólidos solúveis de estruturado de polpa de umbu (*Spondias tuberosa Arr. Cam.*). In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 3., 2008, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semi-Árido, p. 201-208, 2008. Disponível em: <[http://www.cpatsa.embrapa.br/public\\_eletronica/downloads/OPB2204.pdf](http://www.cpatsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB2204.pdf)> Acesso em: 06 out. 2009.

RAAB, C.; OEHLER, N. Making dried fruit leather. Oregon State University Extension Services. **USA Fact sheet**, 232 (1976). Reprinted 2000. p. 4.

RIBEIRO, R. M. A. Glossário de termos de coleta e conservação de recursos genéticos. **Ciência da Informação**, v. 24, 1995. 7 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. Carotenóides e valor de vitamina A em cajá (*Spondias lútea*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 9, n. 2, p. 148-162, 1989.

SACRAMENTO, C. K.; SOUZA, F.X.de. **Cajá (*Spondias mubin L.*)**. Jaboticabal: Funep, 2000. 42 p. (Série Frutas Nativas, 4).

SANTOS, C. N. P. dos **Elaboração de um estruturado de polpa de manga (*Mangifera indica L. cv Tommy Atkins*) parcialmente desidratada por osmose**. Campinas: [s/n], 2003. 97p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

SILVA, A.Q.; SILVA, H. Cajá, uma frutífera tropical. **Informativo SBF**, Itajaí, v.14, n.4, dez. 1995.

SOUZA F. X. de. **Spondias agroindustriais e os seus métodos de propagação**. Fortaleza: EMBRAPA-SEBRAE (CE), 1998. 28 p. (Documento, 27).

SOUZA FILHO, M. S. M; LIMA, J. R; NASSU, R. T; MOURA, C. F. H; BORGES, M. F. Formulações de néctares de frutas nativas das regiões Norte e nordeste do Brasil. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 275-283, 2000.

SOUZA, V. A. B. **Perspectivas do melhoramento de espécies nativas do Nordeste Brasileiro**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS, Goiânia-GO. Resumo 25, EMBRAPA Meio-Norte, Teresina-PI, 2001.

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

THE WORLD OF FOOD INGREDIENTS. 2009. **Innovation in Hydrocolloids to be Awarded**. Disponível em: <<http://www.foodingredientsfirst.com/Content/pdf/44%20hydrocolloids.pdf>>. Acesso em: 08 Fev. 2010.

VEIGA, R. F. A. **Bancos de germoplasma**. Disponível em: <<http://www.biota.org.br/iRead?57+livros.biota+129>>. Acesso em: 26 jan. 2010.

VIJAYANAND, P.; YADAV, A. R.; BALASUBRAMANYAM, N.; NARASIMHAM, P. Storage stability of guava fruit bar prepared using a new process. **Lebensm. Wiss. u.-Technol.**, v. 33, p. 132-137, 2000.

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.

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. 1.

## ELABORAÇÃO DE ESTRUTURADOS DE CAJÁ (*Spondias mombin* L.) UTILIZANDO METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA

### ABSTRACT

In the North and Northeast region of Brazil, the yellow mombin has considerable social and economic importance; a fact evidenced by the increasing commercialization of their fruits and processed products. The Structured Fruit is a product with high concentration of fruit pulp and textured agents, this technological process has been the object of study by researchers in several countries and applied in various fruits can be used as confectionery or consumed in the form in which presents. This study evaluated the effect of mixtures of sodium alginate, low methoxy pectin and gelatin in the physical and chemical characteristics of structured yellow mombin (*Spondias mombin* L.). The results of central composite experimental design showed that the obtained models, except for the water activity and soluble solids, were predictive. Gelatin was the most important factor influencing the firmness, pH and color parameters of structured hog.

KEY-WORDS: structured fruit, yellow mombin, genotypes, pectin, gelatin, sodium alginate

## RESUMO

Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, a cajazeira tem considerável importância social e econômica, fato comprovado pela crescente comercialização de seus frutos e produtos processados. A Fruta Estruturada é um produto com alta concentração de polpa de fruta e agentes texturizantes, esse processo tecnológico vem sendo objeto de estudo de pesquisadores em vários países e aplicado em diversas frutas, podendo ser utilizada como produto de confeitaria ou consumida na forma em que se apresenta. Este trabalho avaliou o efeito de misturas de alginato de sódio, pectina de baixa metoxilação e gelatina nas características físico-químicas de estruturados de cajá (*Spondias mombin* L.). Os resultados do planejamento experimental central composto mostraram que os modelos obtidos, exceto para a atividade de água e sólidos solúveis, foram preditivos. A gelatina foi o fator mais importante de influência na firmeza, pH e nos parâmetros de cor dos estruturados de cajá.

Palavras-chave: fruta estruturada, *Spondias mombin* L., genótipos, pectina, gelatina, alginato de sódio

## INTRODUÇÃO

Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, a cajazeira tem considerável importância social e econômica, fato comprovado pela crescente comercialização de seus frutos e produtos processados (SOUZA, 1998). Além da importância regional, os frutos vêm apresentando um relevante destaque no agronegócio brasileiro, com o desenvolvimento de novos produtos e a comercialização em maior escala de sua polpa (SACRAMENTO; SOUZA, 2000).

O Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) tem se destacado no âmbito nacional pelos primeiros trabalhos científicos desenvolvidos na caracterização de frutos de *Spondias* e criou o Banco de Germoplasma deste gênero com o intuito de salvaguardar os genomas de interesse agrônomo e paralelamente caracterizá-los, para futuramente colocá-los à disposição de produtores/as, pesquisadores/as ou quaisquer outros interessados/as. Este Banco conta com genótipos oriundos de diversas áreas produtoras, os quais vêm sendo caracterizados qualitativa e quantitativamente.

Foram utilizados três genótipos de cajazeira selecionados como os superiores, baseado em pesquisas anteriores, para iniciar o estudo do aproveitamento industrial destes frutos, numa perspectiva de contribuir com as questões da segurança alimentar que atingem em particular a região Nordeste, as quais dizem respeito tanto aos aspectos nutricionais dos alimentos bem como da produção, trabalho e geração de renda.

Estruturados de frutas são obtidos através da concentração de polpa de fruta utilizando hidrocolóides, para formação de um produto com textura maleável, podendo ser consumido como produto de confeitaria ou na forma como é apresentado.

O potencial das frutas tropicais, como açaí, cajá (taperebá) e o mamão, no emprego de estruturados de frutas, é promissor. Além da possibilidade de obtenção de um produto conveniente e com alta qualidade nutricional e sensorial, tem-se, ainda a redução de perdas durante o período de safra (CARVALHO, 2007).

A metodologia da superfície de resposta (ou RSM, de *Response Surface Methodology*) é uma técnica de otimização baseada em planejamentos fatoriais que foi introduzida por G. E. P. Box nos anos cinqüenta, e que desde então tem sido usada com grande sucesso na modelagem de diversos processos industriais (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2003).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de misturas de alginato de sódio, pectina e gelatina nas características físico-química de estruturados de cajá (*Spondias mombin* L.) de três genótipos diferentes.

## **METODOLOGIA**

### **MATERIAIS**

Foram utilizados frutos de cajazeiras no estágio maduro com 10, 13,2 e 14 °Brix, de três genótipos superiores (IPA – 6.1; IPA – 11.2 e IPA –14), respectivamente. Os frutos foram colhidos no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de cajazeira da Estação Experimental de Itambé do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), cujas coordenadas geográficas e climáticas são as seguintes: localizada na Zona da Mata Norte no Município de Itambé – Pernambuco, com coordenadas geográficas: 7°24'50"S e 35°06'30"W e altitude de 190 m. O clima é As' (Köppen)- tropical chuvoso (quente e úmido) com verão seco, sua pluviosidade média anual é 1200 mm, a temperatura média anual é 24 °C, com Umidade Relativa do ar a 80%, seu solo é Podzólico vermelho-amarelo. As frutas foram colhidas de todas as árvores desses genótipos, lavadas, sanitizadas, despulpadas em despulpadeira (Bonina Compacta), e as polpas embaladas em sacos de polietileno de baixa densidade com aproximadamente 120 g e congeladas a -22°C em freezer vertical.

**HIDROCOLÓIDES:** alginato de sódio (VETEC Química Fina), pectina de baixa metoxilação (CPKelco) e gelatina 180 Bloom (Rousselot Gelatinas do Brasil).

COADJUVANTES TECNOLÓGICOS: fosfato de cálcio bibásico anidro ( $\text{CaHPO}_4$ ) (VETEC Química Fina), glicerol ( $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})$ ) (CAQ Casa da Química), sacarose refinada.

## **MÉTODOS**

### **PROCESSO DE ESTRUTURAÇÃO**

Inicialmente, foi adicionado glicerol à polpa da fruta em uma taxa de 10 g/100 g (ou 10% do peso da polpa) e, com base no teor de sólidos solúveis, a quantidade de açúcar necessária para alcançar 50 °Brix foi calculado. Esta mistura, previamente aquecida a 60 °C foi colocada em um becker de plástico e a mistura seca de hidrocolóides (alginato + pectina + gelatina) e açúcar foram adicionados a mistura usando um agitador de laboratório (Nova Técnica, NT 137, Piracicaba, Brasil). Após 10 minutos de agitação, 2 g de  $\text{CaHPO}_4$  suspenso em 5 mL de água destilada foi adicionado e agitado por mais 5 minutos. Com a ajuda de placas de Petri de 5 cm de diâmetro (profundidade de 1 cm), os frutos foram reestruturados em forma de um cilindro sólido e mantidos sob refrigeração a 10 °C por 24 horas para completar o processo de gelificação.

## **ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS**

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata de acordo com os procedimentos descritos a seguir.

### **FIRMEZA**

A firmeza da fruta estruturada foi medida em texturômetro TA.XT2 (Stable Micro Systems, Godalming, EUA) utilizando-se sonda cilíndrica de 75 mm de diâmetro, denominada P/75 e célula de carga de 25 kg conforme metodologia descrita no manual de aplicações do TA.XT2. As configurações TA.XT2 foram: modo de operação em compressão, no tempo de 60 s, 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 20% da sua altura original. Foi realizada nesta distância para 60 segundos e em seguida, retirado da amostra para sua posição inicial. Os valores de firmeza foram expressos em gramas, representado pela média de três picos de força máxima, com seus respectivos desvios-padrão (DP), expresso em porcentagem. As medidas de firmeza foram realizadas em três amostras distintas, mantidas em placas de Petri, à temperatura ambiente.

### **ATIVIDADE DE ÁGUA ( $a_w$ )**

Para essa determinação, foi utilizado um aparelho analisador de atividade de água (Decagon, PawKit, Braseq) a 25°C.

### **SÓLIDOS SOLÚVEIS (SS)**

Leituras em refratômetro de bancada (ABBE, RMI/RMT) em amostras diluídas (1:10), fazendo correção de acordo com a temperatura, expresso em °Brix (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

### **pH**

Medidas diretas nas amostras diluídas (1:10) utilizando pHmetro (AAKER).

## DETERMINAÇÃO DE COR ( $\Delta E$ )

A cor das polpas frescas dos três genótipos de cajá e das frutas estruturadas foi avaliada em triplicata através do sistema de leitura de três parâmetros, CIELAB. Os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  foram fornecidos pelo colorímetro portátil (ColorTec, PCM).

Através destes parâmetros, calculou-se a diferença média de cor ( $\Delta E^*$ ) entre a polpa fresca e o estruturado de cajá, segundo a equação (1).

$$\Delta E^* = \sqrt{L^* - L_o^*{}^2 + a^* - a_o^*{}^2 + b^* - b_o^*{}^2} \quad (1)$$

Onde:

$\Delta E^*$  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.

## PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Para estudar os efeitos dos hidrocolóides, alginato de sódio (A), pectina de baixa metoxilação (P) e gelatina (G) (variáveis independentes) na firmeza (F), atividade de água ( $a_w$ ), sólidos solúveis (SS), pH e cor ( $\Delta E$ ) (variáveis dependentes) do estruturado de cajá, foi utilizado um planejamento fatorial completo  $2^3$ , com três pontos centrais (nível 0) e seis axiais (níveis  $\pm \alpha$ ), totalizando 17 ensaios. Dessa forma, cada fator foi estudado em 5 níveis, conforme apresenta a Tabela 2. As faixas de variação entre o limite inferior e superior de cada variável foram estabelecidas com base na literatura.

**Tabela 2 Variáveis independentes para a formulação do estruturado de polpa de cajá.**

Variável	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
Alginato de sódio (g/100g)	0,16	0,50	1,00	1,50	1,84
Pectina (g/100g)	0,32	0,80	1,50	2,20	2,68
Gelatina (g/100g)	6,6	10,00	15,00	20,00	23,40

O planejamento requer a execução de um número mínimo de experimentos. Neste estudo foram realizados 17 ensaios (Tabela 3), sendo oito fatoriais (combinações entre os níveis  $\pm 1$ ), três centrais (três variáveis no nível 0) e seis axiais (uma variável no nível  $\pm \alpha$  e duas em 0), gerando um modelo quadrático, onde o valor das variáveis dependentes  $Y$  é função das variáveis independentes, conforme descreve a equação abaixo:

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

Onde: A= Alginato de sódio (g/100g); P= Pectina (g/100g); G= Gelatina (g/100g).

**Tabela 3 Planejamento experimental codificado para a formulação do estruturado de polpa de cajá.**

Ensaio	Alginato de sódio	Pectina	Gelatina
01	-1	-1	-1
02	+1	-1	-1
03	-1	+1	-1
04	+1	+1	-1
05	-1	-1	+1
06	+1	-1	+1
07	-1	+1	+1
08	+1	+1	+1
09	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	- $\alpha$	0	0
13	+ $\alpha$	0	0
14	0	- $\alpha$	0
15	0	+ $\alpha$	0
16	0	0	- $\alpha$
17	0	0	+ $\alpha$

## **ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Para a análise dos dados experimentais obtidos no processo de estruturados de cajá, bem como elaboração dos modelos, foi utilizado o software STATISTICA 5.0 (STATSOFT, 1995). Foi considerado preditivo o modelo que apresentou regressão significativa e falta de ajuste não significativa com confiança de 95%, e alto valor do coeficiente de determinação  $R^2$ .

Para a escolha dos melhores ajustes foi utilizado como critério os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) entre os valores experimentais e os valores preditos pelos modelos e o módulo do desvio relativo médio (P).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados de firmeza, pH, atividade de água ( $a_w$ ), sólidos solúveis (SS) e diferença de cor ( $\Delta E$ ) obtidos dos experimentos com estruturados de polpas de cajá de três genótipos do IPA, de acordo com a matriz do planejamento experimental.

Tabela 4 Planejamento experimental decodificado para a formulação do estruturado de polpa de cajá.

E	A (g/100g)	P (g/100g)	G (g/100g)	IPA 11.2					IPA 14					IPA 6.1				
				F (g)	pH	a <sub>w</sub>	SS	ΔE	F (g)	pH	a <sub>w</sub>	SS	ΔE	F (g)	pH	a <sub>w</sub>	SS	ΔE
01	0.50	0.80	10.00	244,11	3,68	0,86	54,35	16,22	293,93	3,71	0,86	60,40	16,86	132,43	3,36	0,88	60,56	17,49
02	1.50	0.80	10.00	159,80	3,79	0,87	55,64	13,53	258,56	3,81	0,85	60,40	14,70	192,02	3,37	0,89	53,06	18,05
03	0.50	2.20	10.00	116,43	3,77	0,86	55,69	11,06	338,41	3,81	0,86	60,48	18,42	213,87	3,38	0,88	60,56	16,80
04	1.50	2.20	10.00	159,35	3,83	0,86	58,14	11,37	333,61	3,85	0,86	60,48	14,52	234,67	3,41	0,88	56,56	16,43
05	0.50	0.80	20.00	1150,29	4,04	0,87	60,64	14,10	590,13	3,90	0,87	60,48	13,86	336,31	3,81	0,88	53,31	18,58
06	1.50	0.80	20.00	64,39	4,07	0,86	58,14	15,30	524,19	3,94	0,86	60,48	14,50	321,63	3,77	0,88	60,56	18,85
07	0.50	2.20	20.00	344,75	4,05	0,86	62,64	14,15	740,21	3,99	0,86	60,48	14,41	227,55	3,66	0,88	55,56	18,58
08	1.50	2.20	20.00	339,23	4,10	0,83	60,64	18,13	608,23	3,73	0,86	60,48	13,71	533,07	3,67	0,87	60,56	18,46
09	1.00	1.50	15.00	798,98	3,84	0,87	58,23	14,48	509,07	3,80	0,87	69,31	14,47	421,78	3,58	0,89	58,06	18,70
10	1.00	1.50	15.00	838,59	3,86	0,87	58,14	12,41	523,97	3,81	0,87	60,48	14,83	455,66	3,62	0,89	58,06	18,06
11	1.00	1.50	15.00	798,87	3,96	0,86	63,23	12,40	549,57	3,81	0,87	73,06	12,51	407,10	3,58	0,89	58,06	18,06
12	0.16	1.50	15.00	366,27	3,82	0,87	63,23	12,78	464,93	3,82	0,88	61,81	15,38	324,23	3,57	0,90	58,06	19,13
13	1.84	1.50	15.00	465,21	3,93	0,86	62,94	11,79	651,27	3,91	0,88	60,48	14,42	437,29	3,59	0,88	56,06	18,34
14	1.00	0.32	15.00	919,71	3,85	0,87	65,64	13,95	364,95	3,89	0,88	60,48	15,17	433,70	3,58	0,88	58,06	17,88
15	1.00	2.68	15.00	824,14	3,91	0,86	73,14	15,10	523,42	3,93	0,87	60,48	16,00	371,18	3,61	0,90	58,06	18,34
16	1.00	1.50	6.60	221,60	3,61	0,86	70,64	12,59	185,67	3,74	0,88	57,98	20,50	172,54	3,29	0,89	55,56	14,63
17	1.00	1.50	23.4	1041,15	4,00	0,86	68,14	13,88	872,09	3,93	0,88	68,06	16,19	480,60	3,68	0,88	58,06	19,35

E= ensaios; A= alginato de sódio; P= pectina; G= gelatina; F= firmeza, a<sub>w</sub>= atividade de água; SS= sólidos solúveis; ΔE= delta E (diferença de cor).

## FIRMEZA

Os ensaios 5 e 17 do estruturado IPA 11.2 apresentaram os maiores valores de firmeza com 1150,29 g e 1041,15 g, conforme Tabela 3, ou seja, quanto maior o valor de gelatina e menor de alginato maior é a firmeza. Para o estruturado IPA 14, os ensaios que demonstraram maiores valores de firmeza foram os 17 e 7 com 872,09 g e 740,21 g, conforme Tabela 3, respectivamente, cujas formulações continham valores altos de gelatina, mínimos de alginato de sódio e médios de pectina. Em relação ao estruturado do IPA 6.1, os ensaios 8 e 17 apresentaram os maiores valores de firmeza com 533,07 g e 480,60 g, conforme Tabela 3, respectivamente, utilizando em suas formulações valores elevados de gelatina e os intermediários de alginato de sódio e pectina. Dentro do planejamento experimental com três genótipos de cajazeira do IPA, o estruturado IPA 6.1 foi o que apresentou os menores valores de firmeza na maioria dos ensaios.

Os resultados da análise estatística aplicada aos dados experimentais de firmeza nos estruturados de cajá dos genótipos IPA 11.2, IPA 14 e IPA 6.1 encontram-se na Tabela 5. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, assim como o erro e a significância estatística, em negrito são significativos a  $p \leq 0,05$ .

**Tabela 5 Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para a firmeza dos estruturados de cajá dos Genótipos IPA 11.2, IPA 14 e IPA 6.1.**

	IPA 11.2		IPA 14		IPA 6.1	
	Valor do efeito ± erro puro	p	Valor do efeito ± erro puro	p	Valor do efeito ± erro puro	p
<b>Média global</b>	<b>831,85 ± 13,20</b>	<b>0,00</b>	<b>530,66 ± 11,80</b>	<b>0,00</b>	<b>434,12 ± 14,35</b>	<b>0,00</b>
<b>Efeitos principais</b>						
1	<b>-141,68 ± 12,40</b>	<b>0,01</b>	10,99 ± 11,09	0,43	82,25 ± 13,48	0,03
2	<b>-417,48 ± 13,67</b>	<b>0,00</b>	-0,01 ± 12,22	1,00	-74,78 ± 14,86	0,04
3	<b>-119,84 ± 12,38</b>	<b>0,01</b>	<b>90,73 ± 11,08</b>	<b>0,01</b>	17,74 ± 13,46	0,32
4	<b>-92,76 ± 13,59</b>	<b>0,02</b>	<b>-80,05 ± 12,15</b>	<b>0,02</b>	<b>-58,77 ± 14,78</b>	<b>0,06</b>
5	<b>380,49 ± 12,40</b>	<b>0,00</b>	<b>350,53 ± 11,09</b>	<b>0,00</b>	<b>170,49 ± 13,48</b>	<b>0,01</b>
6	<b>-264,68 ± 13,67</b>	<b>0,00</b>	-20,71 ± 12,22	0,23	<b>-113,18 ± 14,86</b>	<b>0,02</b>
<b>Efeito de interação</b>						
7	<b>301,90 ± 16,20</b>	<b>0,00</b>	-8,87 ± 14,49	0,60	70,35 ± 17,61	0,06
8	<b>-262,51 ± 16,20</b>	<b>0,00</b>	-39,44 ± 14,49	0,11	52,61 ± 17,61	0,10
9	<b>-100,64 ± 16,20</b>	<b>0,02</b>	28,65 ± 14,49	0,19	-5,35 ± 17,61	0,79

1- Alginato de sódio-L; 2- Alginato de sódio-Q; 3- Pectina-L; 4- Pectina-Q; 5- Gelatina-L; 6- Gelatina-Q; 7- Alginato de sódio\*Pectina; 8- Alginato de sódio\*Gelatina; 9- Pectina\*Gelatina L= linear; Q= quadrático

Em relação ao estruturado de cajá IPA 11.2 observa-se que todos os efeitos são significativos ( $p \leq 0,05$ ), portanto, todos serão utilizados no modelo de predição, sendo os parâmetros alginato de sódio-Q, gelatina-L e a interação alginato de sódio\*pectina os que exerceram maior influência na firmeza do estruturado.

No estruturado IPA 14, os efeitos dos parâmetros alginato de sódio-L, alginato de sódio-Q, gelatina-Q, e todas as interações não foram significativos a  $p \leq 0,05$  e, portanto, não serão utilizados no modelo de predição, sendo a gelatina-L o parâmetro a exercer a maior influência na firmeza deste estruturado.

Para o estruturado do genótipo IPA 6.1 o efeito pectina-Q e a interação alginato\*pectina obtiveram valores de p próximos a 0,05, assim os mesmos foram considerados no modelo. Sendo apenas os efeitos pectina-Q, gelatina-L e gelatina-Q significativos a  $p \leq 0,05$  e, portanto, serão utilizados no modelo de predição, sendo os

parâmetros gelatina-L e a gelatina-Q os que exerceram a maior influência na firmeza do estruturado.

Verificou-se através da Análise de Variância (ANOVA), a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 95% de confiança, utilizando o teste F, para o planejamento estudado, conforme a Tabela 6 (os valores em negrito apresentaram significância a  $p \leq 0,05$ ). Verifica-se que, para o estruturado do genótipo IPA 11.2, o modelo apresentou regressão não significativa e falta de ajuste significativa. Já para os genótipos IPA 14 e IPA 6.1, a regressão foi significativa e a falta de ajuste não significativa.

**Tabela 6 Análise de Variância do modelo ajustado para a firmeza do estruturado de cajá dos Genótipos IPA 11.2, IPA 14 e IPA 6.1.**

IPA 11.2						
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabelado</sub>	
Regressão	9	1515539,00	168393,22	2,15	3,68	
Resíduo	7	548129,00	78304,14			
Falta de ajuste	5	<b>547080,00</b>	<b>109416,00</b>	<b>208,61</b>	<b>19,30</b>	
Erro puro	2	<b>1049,00</b>	<b>524,50</b>			
Total	16	2063668,00			R <sup>2</sup> = 0,73	
IPA 14						
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F <sub>cal</sub>	F <sub>tab</sub>	
Regressão	3	<b>465934,20</b>	<b>155311,40</b>	<b>41,76</b>	<b>3,41</b>	
Resíduo	13	<b>48349,40</b>	<b>3719,18</b>			
Falta de ajuste	11	47510,10	4319,10	10,29	19,40	
Erro puro	2	839,30	419,65			
Total	16	514283,6			R <sup>2</sup> = 0,92	
IPA 6.1						
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F <sub>cal</sub>	F <sub>tab</sub>	
Regressão	6	<b>174219,10</b>	<b>29036,52</b>	<b>4,88</b>	<b>3,22</b>	
Resíduo	10	<b>59466,10</b>	<b>5946,61</b>			
Falta de ajuste	8	58225,80	7278,23	11,74	19,37	
Erro puro	2	1240,30	620,15			
Total	16	233685,20			R <sup>2</sup> = 0,77	
GL: grau de liberdade		SQ: soma quadrática		MQ: média quadrática		

O modelo obtido para o estruturado do genótipo IPA 11.2, não foi considerado preditivo e as superfícies de resposta não foram realizadas. Entretanto algumas considerações foram feitas a partir dos resultados obtidos.

Valores de firmeza de 240 g para géis de alginato de sódio e 1300 g para géis de pectina foram determinados por Grizotto, Aguirre e Menezes (2005). Esses valores podem ser utilizados como indicadores dos valores mínimos necessários para a estruturação, baseando-se nas propriedades de corte obtido nos resultados de seus experimentos. Dependendo da formulação do gel, os valores de firmeza encontrados variaram de 38,16 a 2464,98 g para géis de pectina, e de 243,38 a 4107,05 g para géis de alginato de sódio. Como nosso estudo é baseado na utilização de uma mistura de hidrocolóides, a interação entre eles pode resultar em géis de forças intermediárias, devido à sinergia existente entre as diversas substâncias na solução.

Carvalho (2007) encontrou valores para a firmeza de estruturado de “mix” de taperebá com mamão variando na faixa de 9,00 g até 1103,20 g, utilizando um planejamento experimental, onde foram avaliadas as influências dos hidrocolóides alginato de sódio, pectina e gelatina. O autor ressalta a influência da concentração de gelatina na firmeza do estruturado, cujo aumento resultava em aumento desse parâmetro.

Ainda segundo Carvalho (2007), ao analisar a estruturação de polpa de açai, valores de firmeza na faixa de 379,00 g até 1435,40 g foram encontrados quando os hidrocolóides alginato de sódio, pectina e gelatina foram utilizados na formulação,

que seguiu um planejamento experimental, onde foi verificado que independente da combinação entre eles houve um aumento da firmeza dos estruturados.

Na elaboração de fruta estruturada a partir de polpa de abacaxi concentrada, Grizotto et al. (2007) encontraram valores para o parâmetro firmeza na faixa de 45,30 g a 1723,07 g. Os autores concluíram que esses valores variaram em função das concentrações de alginato de sódio e pectina na formulação do estruturado. Quantidades elevadas desses hidrocolóides resultaram em valores altos de firmeza. Resultados contrario aos encontrados pelos autores foram observados neste estudo.

Avaliando a influência dos hidrocolóides, alginato de sódio, pectina e gelatina na firmeza de estruturado de umbu, Oliveira, Azoubel e Araújo (2008) encontraram valores para firmeza que variaram de 90,72 g até 898,11 g. As menores firmezas foram encontradas quando valores baixos de gelatina e intermediários de alginato de sódio e pectina foram utilizados, enquanto os maiores valores foram observados quando altas concentrações de gelatina, alginato de sódio e pectina foram utilizados. Nesse experimento a gelatina foi o hidrocolóide que apresentou maior influência na firmeza do estruturado de umbu.

Azoubel et al. (2010) ao avaliarem o uso de misturas de hidrocolóides na firmeza de fruta estruturada de maracujá-do-mato, encontraram valores que variaram de 99,79 g até 1834,36 g, obtidos com formulações apresentando, respectivamente, valores baixos de gelatina e intermediários de alginato de sódio e pectina; e alta concentração de gelatina, baixa concentração de alginato de sódio e

concentração intermediária de pectina. A gelatina foi o hidrocolóide que apresentou maior influência na firmeza do estruturado de maracujá-do-mato.

Comparando os valores de firmeza deste estudo com a literatura citada, verifica-se que os estruturados de cajá apresentam valores dentro da faixa reportada para frutas, porém os frutos do genótipo IPA 11.2 resultaram em um estruturado mais próximo à faixa considerada aceitável para este tipo de produto. Por outro lado, o estruturado do genótipo IPA 6.1 apresentou os menores valores de firmeza, sendo considerada baixa para este tipo de produto.

Para o estruturado do genótipo IPA 14, o modelo ajustado para o parâmetro firmeza foi considerado preditivo por apresentar regressão significativa e falta de ajuste não significativa (95% de confiança), além de  $R^2$  com valor de 0,92.

A equação proposta para descrever a firmeza do estruturado do genótipo IPA 14 (eq. 3) é:

$$\text{Firmeza (g)} = -275,55 + 295,47P + 75,89P^2 + 35,05G \quad (3)$$

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

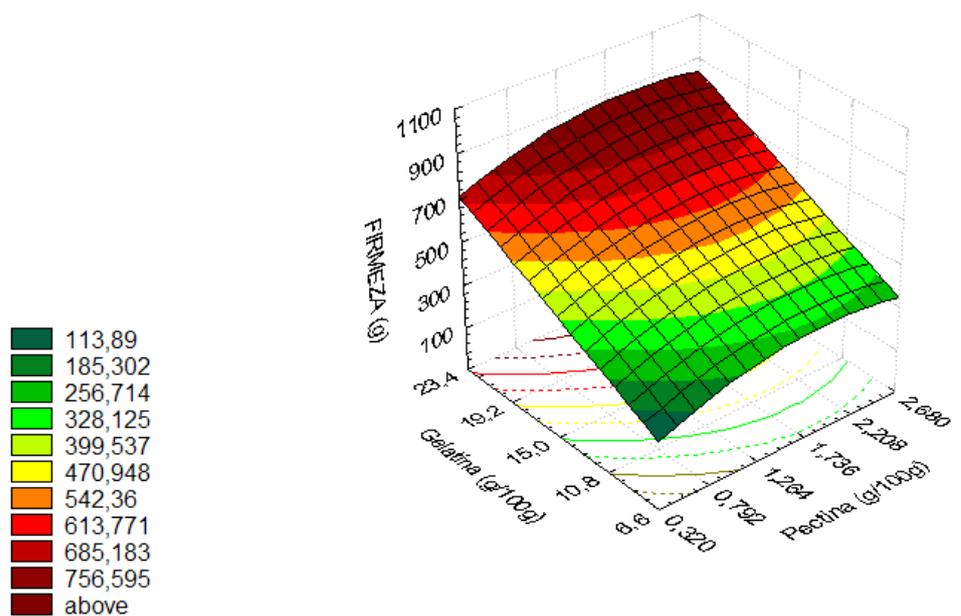
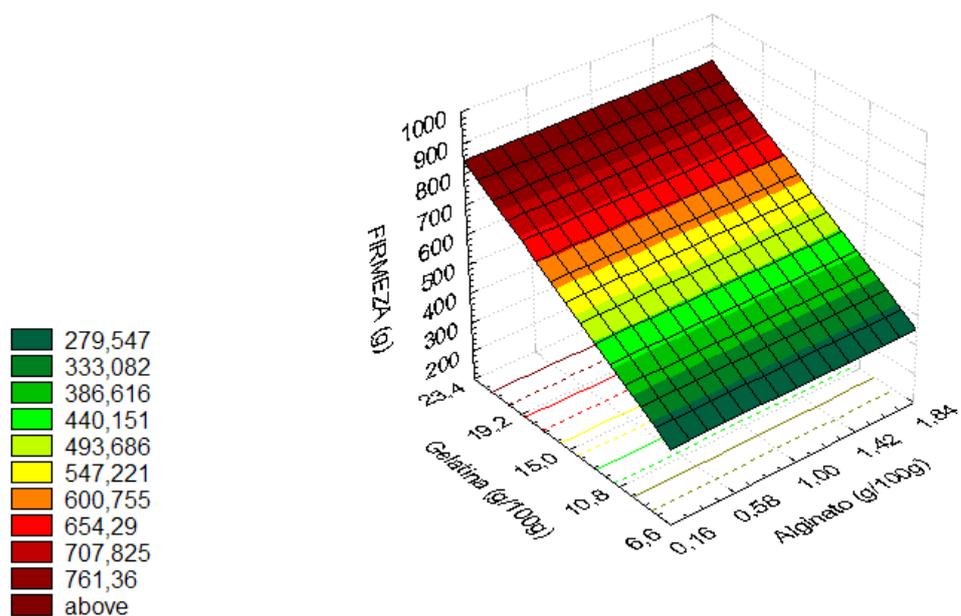
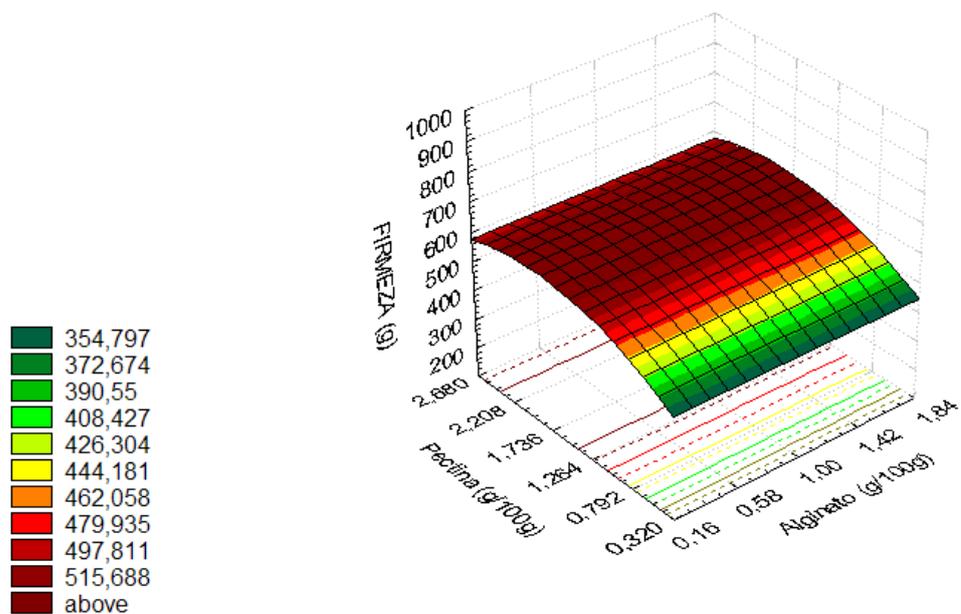


Figura 2 Superfícies de resposta para a firmeza do estruturado do genótipo IPA 14.

As superfícies de resposta geradas pela equação 3 estão apresentadas na Figura 2, e demonstram que a gelatina foi o hidrocolóide que teve maior influência na firmeza do estruturado, seguido pela pectina.

O estruturado do genótipo IPA 6.1 apresentou regressão significativa e falta de ajuste não significativa ( $p \leq 0,05$ ), com coeficiente de regressão ( $R^2$ ) obtido não muito alto, de 0,77. Assim, a equação (4) para descrever a firmeza do estruturado deste genótipo, para as condições experimentais deste estudo é:

$$\text{Firmeza(g)} = -450,11 - 172,69A - 136,36A^2 - 37,31P^2 + 81G - 2,13G^2 + 121,53AP \quad (4)$$

Onde: A= alginato de sódio (g/100g); P= pectina (g/100g); G= gelatina (g/100g).

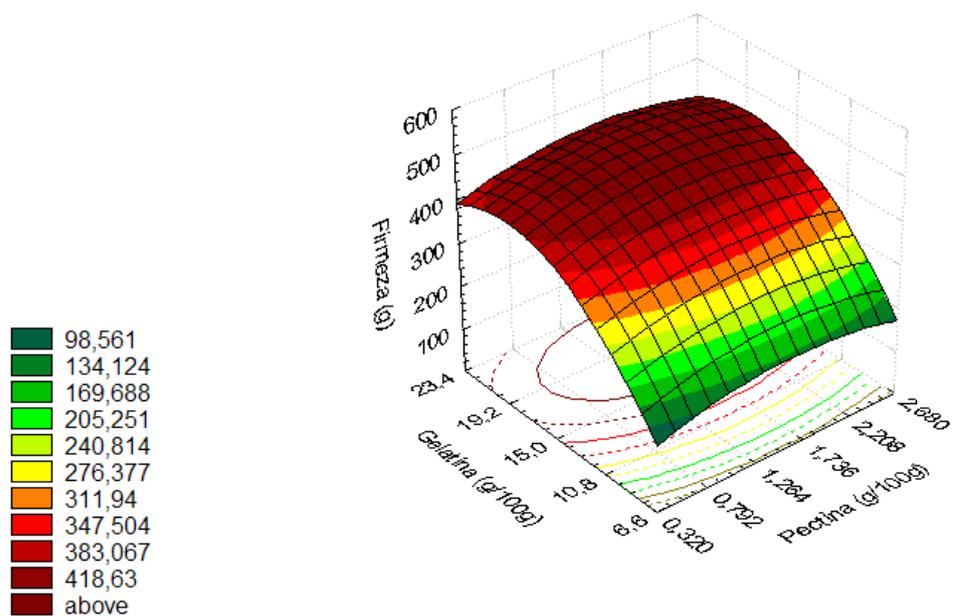
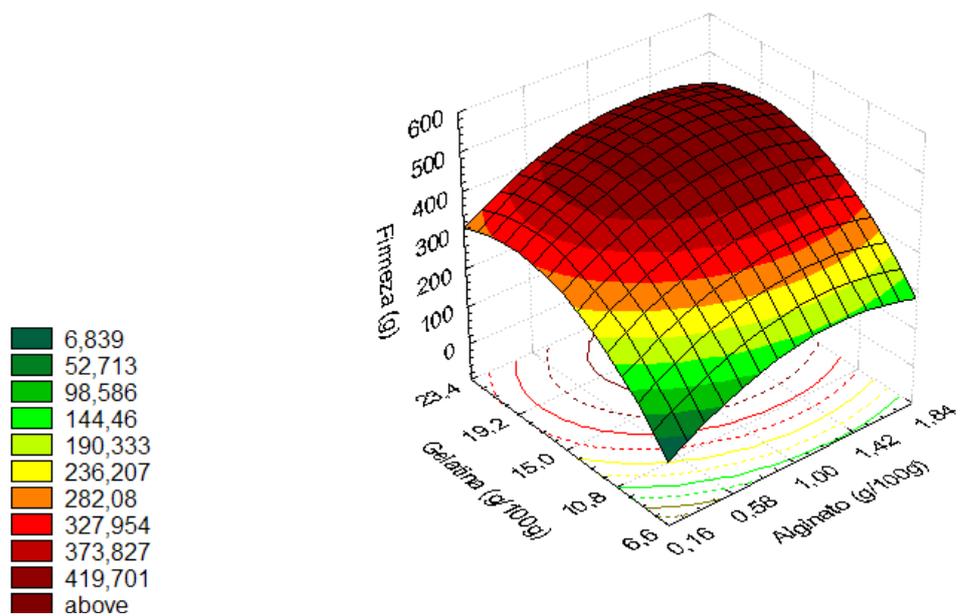
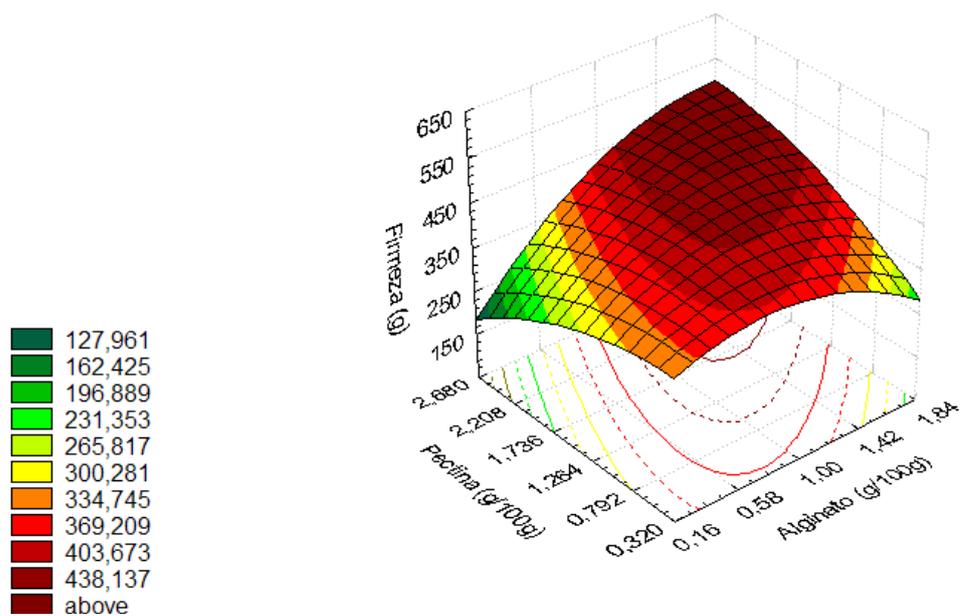


Figura 3 Superfícies de resposta para a firmeza do estruturado do genótipo IPA 6.1.

As superfícies de resposta geradas pela equação 6 apresentadas na Figura 3 demonstram que a gelatina foi o hidrocolóide que teve mais influência na firmeza do estruturado deste genótipo.

## **pH**

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e interações no pH do estruturado de cajá dos genótipos IPA 11.2, IPA 14 e IPA 6.1 são apresentados na Tabela 7. Os valores em negrito são significativos  $p \leq 0,05$ .

**Tabela 7 Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para o pH do estruturado de cajá dos genótipos IPA 11.2, IPA 14 e IPA 6.1.**

	IPA 11.2		IPA 14		IPA 6.1	
	Valor do efeito $\pm$ erro puro	p	Valor do efeito $\pm$ erro puro	p	Valor do efeito $\pm$ erro puro	p
<b>Média global</b>	<b>3,88 <math>\pm</math> 0,04</b>	<b>0,00</b>	<b>3,81 <math>\pm</math> 0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>3,59 <math>\pm</math> 0,01</b>	<b>0,00</b>
<b>Efeitos principais</b>						
1	0,064 $\pm$ 0,03	0,21	<b>0,01 <math>\pm</math> 0,00</b>	<b>0,06</b>	0,01 $\pm$ 0,01	0,63
2	0,021 $\pm$ 0,04	0,64	<b>0,03 <math>\pm</math> 0,00</b>	<b>0,02</b>	-0,01 $\pm$ 0,01	0,60
3	0,041 $\pm$ 0,03	0,36	<b>0,01 <math>\pm</math> 0,00</b>	<b>0,04</b>	-0,02 $\pm$ 0,01	0,23
4	0,02 $\pm$ 0,04	0,61	<b>0,06 <math>\pm</math> 0,00</b>	<b>0,00</b>	0,00 $\pm$ 0,01	0,89
5	<b>0,27 <math>\pm</math> 0,03</b>	<b>0,02</b>	<b>0,10 <math>\pm</math> 0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,30 <math>\pm</math> 0,01</b>	<b>0,00</b>
6	-0,03 $\pm$ 0,04	0,53	0,00 $\pm$ 0,00	0,40	<b>-0,08 <math>\pm</math> 0,01</b>	<b>0,03</b>
<b>Efeito de interação</b>						
7	-0,01 $\pm$ 0,05	0,88	<b>-0,09 <math>\pm</math> 0,00</b>	<b>0,00</b>	0,02 $\pm$ 0,02	0,37
8	-0,02 $\pm$ 0,05	0,67	<b>-0,09 <math>\pm</math> 0,00</b>	<b>0,00</b>	-0,02 $\pm$ 0,02	0,42
9	-0,02 $\pm$ 0,05	0,67	<b>-0,07 <math>\pm</math> 0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,08 <math>\pm</math> 0,02</b>	<b>0,04</b>

1- Alginato de sódio-L; 2- Alginato de sódio-Q; 3- Pectina-L; 4- Pectina-Q; 5- Gelatina-L; 6- Gelatina-Q; 7- Alginato de sódio\*Pectina; 8- Alginato de sódio\*Gelatina; 9- Pectina\*Gelatina L= linear; Q= quadrático

Observa-se que para o estruturado do genótipo IPA 11.2, com exceção do parâmetro gelatina-L, todos os efeitos não foram significativos a  $p \leq 0,05$  e, portanto, não serão utilizados no modelo de predição, que é função apenas da concentração

de gelatina. No estruturado do genótipo IPA 14, apenas o parâmetro gelatina-Q, não teve efeito significativo. Para o estruturado do genótipo IPA 6.1, apenas os efeitos de gelatina-L e Q, e a interação pectina\*gelatina foram significativos no estruturado.

Após a eliminação dos parâmetros não significativos, verificou-se a significância da regressão e da falta de ajuste do modelo ao nível de 95% de confiança, através da Análise de Variância (ANOVA), conforme mostra a Tabela 8 (valores significativos a  $p \leq 0,05$  estão em negrito). Verifica-se que os modelos apresentaram regressão significativa e falta de ajuste não significativa para os estruturados dos genótipos IPA 11.2 e IPA 6.1; e regressão e falta de ajuste significativas para o do genótipo IPA 14.

**Tabela 8 Análise de Variância do modelo ajustado para o pH dos estruturados de cajá dos genótipos IPA 11.2, IPA 14 e IPA 6.1.**

IPA 11.2						
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	Fcal	Ftab	
Regressão	1	<b>0,25</b>	<b>0,2495</b>	<b>68,23</b>	<b>4,54</b>	
Resíduo	15	<b>0,05</b>	<b>0,0037</b>			
Falta de ajuste	13	0,04	0,0036	0,87	19,42	
Erro puro	2	0,01	0,0041			
Total	16	0,30			R <sup>2</sup> = 0,91	
IPA 14						
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	Fcal	Ftab	
Regressão	7	<b>0,089</b>	<b>0,0127</b>	<b>7,13</b>	<b>3,29</b>	
Resíduo	9	<b>0,016</b>	<b>0,0018</b>			
Falta de ajuste	7	<b>0,016</b>	<b>0,0023</b>	<b>67,92</b>	<b>19,35</b>	
Erro puro	2	<b>0,00</b>	<b>0,00003</b>			
Total	16	0,10			R <sup>2</sup> = 0,75	
IPA 6.1						
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	Fcal	Ftab	
Regressão	3	<b>0,34</b>	<b>0,1118</b>	<b>76,57</b>	<b>3,41</b>	
Resíduo	13	<b>0,02</b>	<b>0,0015</b>			
Falta de ajuste	11	0,02	0,0016	3,05	19,41	
Erro puro	2	0,00	0,0005			
Total	16	0,35			R <sup>2</sup> = 0,95	
GL: grau de liberdade		SQ: soma quadrática		MQ: média quadrática		

O modelo ajustado para o pH do estruturado do genótipo IPA 11.2 foi considerado preditivo por apresentar regressão significativa e falta de ajuste não significativa (95% de confiança), além de  $R^2$  igual a 0,91.

A equação proposta para descrever o pH do estruturado de cajá do genótipo IPA 11.2 (eq. 5) é:

$$\text{pH} = 3,48 + 0,03G \quad (\text{eq. 5})$$

Onde: G= gelatina (g/100g)

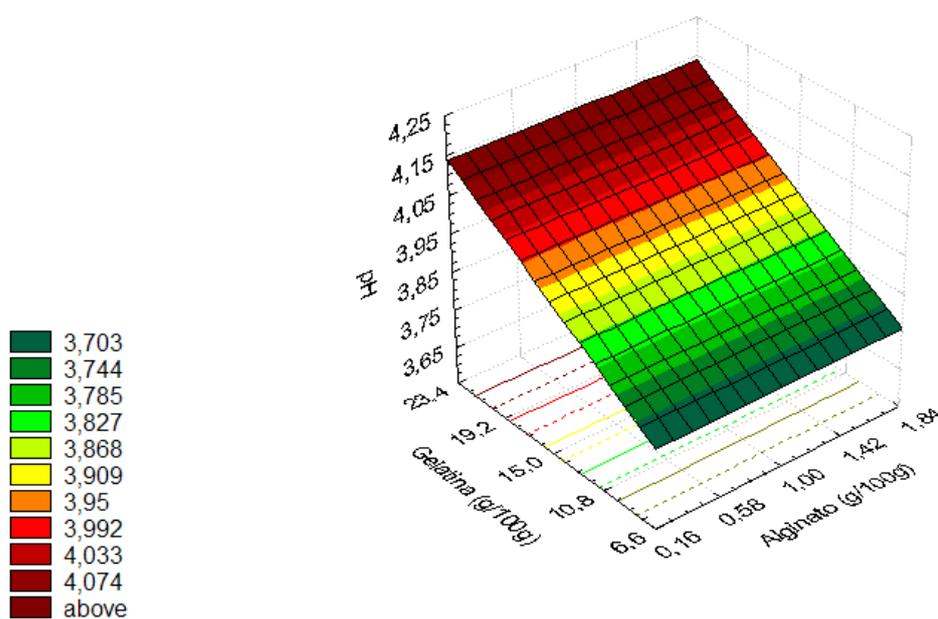
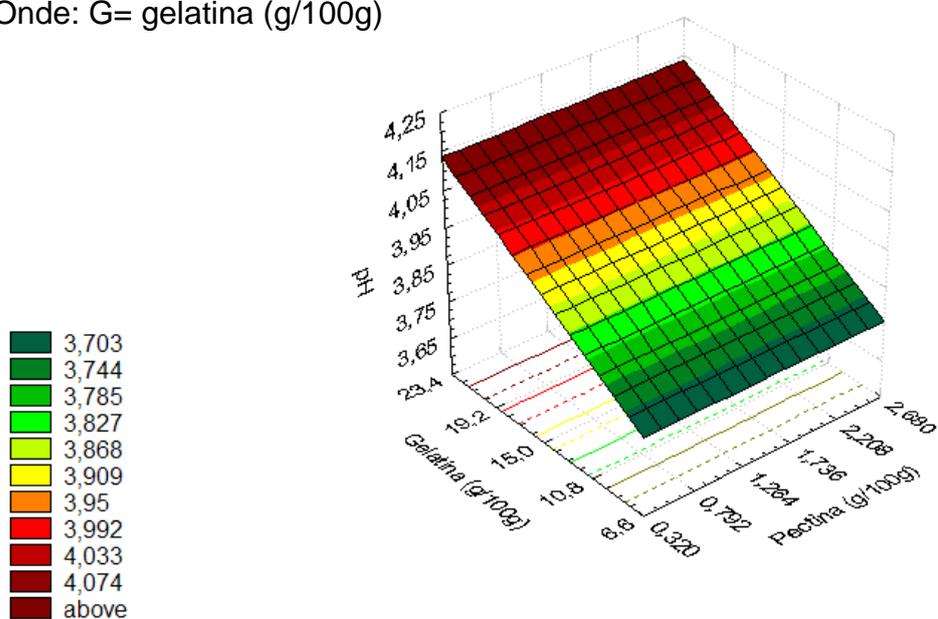


Figura 4 Superfícies de resposta para o pH do estruturado do genótipo IPA 11.2.

As superfícies de resposta geradas pelo modelo, apresentadas na Figura 4, demonstram que a gelatina foi o hidrocolóide que teve grande influência no pH do estruturado, assim como verificado para a firmeza.

O modelo ajustado (eq. 6) para o pH do estruturado do genótipo IPA 6.1 foi considerado preditivo por apresentar regressão significativa e falta de ajuste não significativa (95% de confiança), além de  $R^2$  igual a 0,95.

$$\text{pH} = 2,81 + 0,08G - 0,01G^2 - 0,002PG \quad (6)$$

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

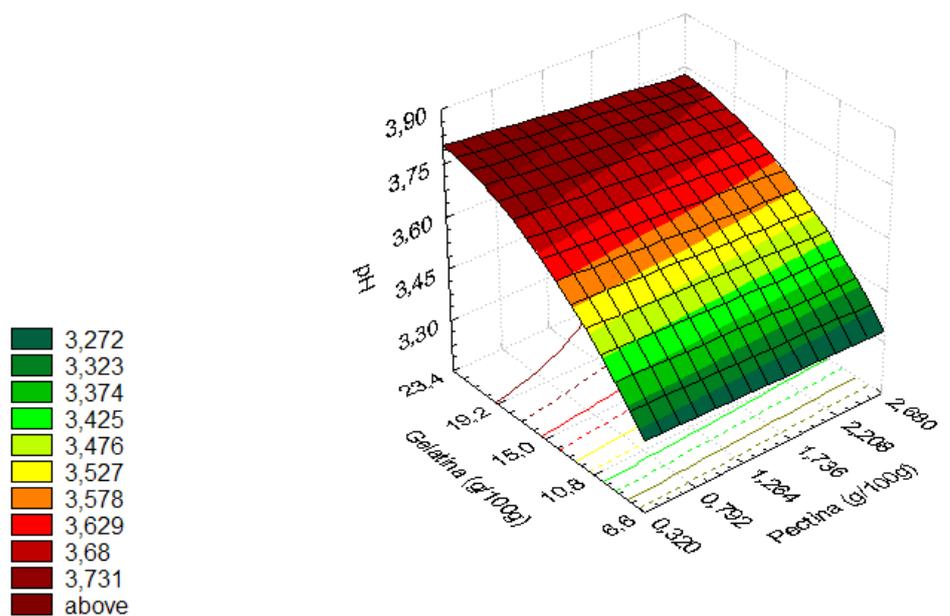
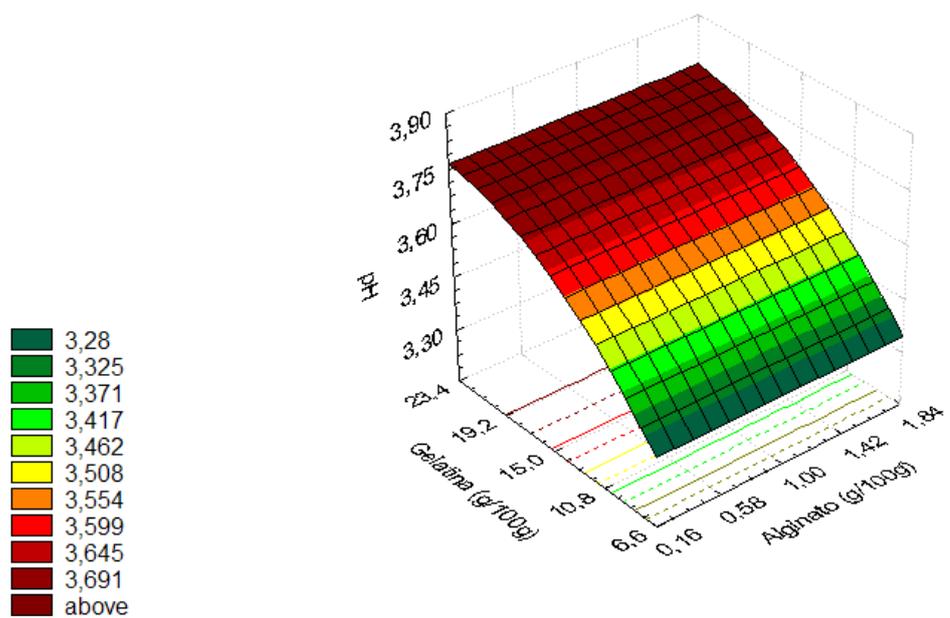
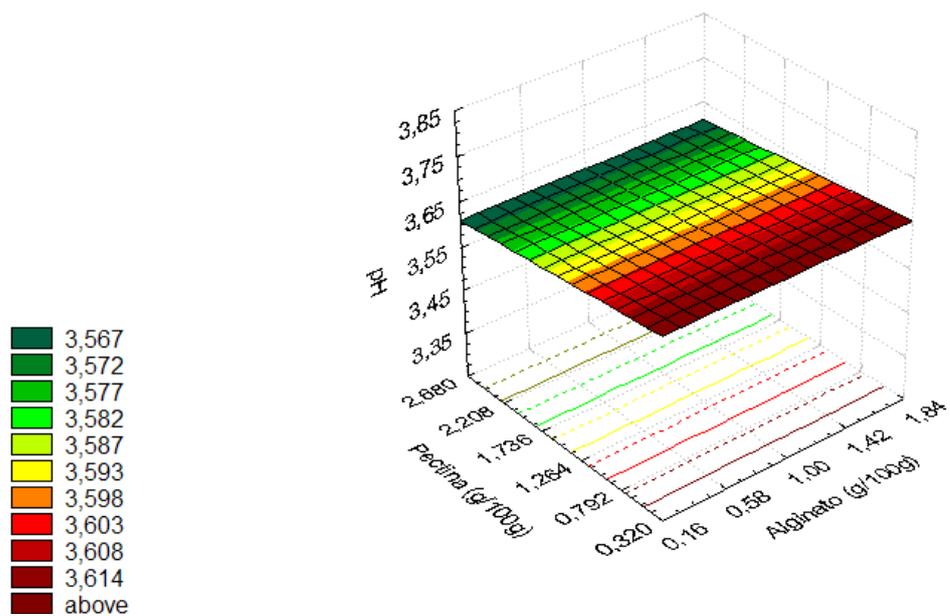


Figura 5 Superfícies de resposta para o pH do estruturado do genótipo IPA 6.1.

As superfícies de resposta geradas pela equação 6 estão apresentadas na Figura 5, e demonstram que a gelatina foi o hidrocolóide que teve maior influência no pH deste estruturado.

Santos (2003), ao elaborar um estruturado de manga parcialmente desidratada por osmose, seguida de secagem convencional em estufa com circulação de ar, buscando manter suas características nutritivas e sensoriais, encontrou valor de pH  $3,46 \pm 0,06$ . O pH mais próximo a esse valor foi encontrado no estruturado do genótipo IPA 6.1, cujo valor médio foi de  $3,56 \pm 0,15$ .

O procedimento para produção de fruta estruturada de umidade intermediária com polpa concentrada de abacaxi, manga e de mamão resultou em valores de pH entre 3,48 e 3,78 para géis contendo apenas pectina como hidrocolóide principal, e valores entre 3,87 e 3,96 para géis contendo alginato de sódio (GRIZOTTO; AGUIRRE; MENEZES, 2005). Grizotto et al. (2005) ao usarem misturas de hidrocolóides (alginato de sódio e pectina de baixa metoxilação) para elaboração de fruta estruturada de polpa concentrada de mamão, encontraram uma faixa de pH de 3,39 a 3,82. Grizotto et al. (2007) investigando os parâmetros para a estruturação de polpa de abacaxi concentrada com elevado teor de sólidos solúveis, utilizando alginato de sódio, pectina e glicerol, encontraram valores de pH entre 3,24 e 3,94. Estruturando polpa de maracujá-do-mato com alto teor de sólidos solúveis (50 °Brix), Azoubel et al. (2010) encontraram valores de pH entre 3,43 e 3,79. Neste estudo, os valores de pH para os estruturados variaram de 3,29 a 4,10, encontrando-se a maioria, dentro da faixa apresentada pelos autores acima mencionados.

Carvalho (2007), ao desenvolver estruturado misto de taperebá (cajá) com mamão e estruturado de açaí, encontrou valores de pH variando de 4,18 a 5,54, e 5,12 a 5,56, respectivamente, valores esses bem superiores aos deste estudo.

### ***ATIVIDADE DE ÁGUA ( $a_w$ )***

Na análise estatística do planejamento experimental dos estruturados dos três genótipos do IPA, observou-se que para a  $a_w$  nenhum efeito foi significativo ( $p < 0,05$ ). Isto implica que os hidrocolóides alginato de sódio, pectina e gelatina não têm qualquer influência sobre a  $a_w$  da fruta estruturada. Isso é compreensível, uma vez que a média e desvio padrão para os ensaios de 1 a 8 e 12 a 17, que continham os vários níveis de fatores, foram de  $0,86 \pm 0,01$ ,  $0,87 \pm 0,01$  e  $0,88 \pm 0,01$ , nos estruturados de cajá dos genótipos IPA 11.2, IPA 14 e IPA 6.1, respectivamente. Enquanto que, os mesmos valores para as três replicatas do ponto central foram  $0,87 \pm 0,01$ ,  $0,87 \pm 0,00$  e  $0,89 \pm 0,00$ , respectivamente, para os estruturados dos genótipos IPA 11.2, IPA 14 e IPA 6.1. O desvio padrão para as replicatas dos pontos centrais são quase os mesmos que para os ensaios de 1 a 8 e 12 a 17, em que os níveis de fatores variaram amplamente, e o desvio padrão para o planejamento fatorial pode ser explicado simplesmente pelo erro experimental. Além disso, a diferença de valores médios é muito menor do que qualquer desvio padrão, indicando que todos os ensaios no delineamento composto central pertenciam à mesma população estatística.

Resultado semelhante foi encontrado por Carvalho (2007), ao analisar a estruturação de polpa de taperebá e mamão. Os valores encontrados de  $a_w$  na faixa de 0.56 até 0.89 não apresentaram diferenças significativas ao nível de 95%, quando os hidrocolóides alginato de sódio, pectina e gelatina foram utilizados na formulação, que seguiu um planejamento experimental semelhante com o deste estudo. Para o estruturado de açaí, os valores de  $a_w$  variaram de 0,72 a 0,79, valores esses inferiores aos encontrados neste trabalho.

Santos (2003) ao elaborar um estruturado de manga parcialmente desidratada por osmose, seguida de secagem convencional em estufa com circulação de ar, encontrou valor de  $a_w$  de  $0,583 \pm 0,002$ , que difere dos encontrados para os estruturados dos genótipos estudados. Entretanto, tal fato pode ser devido à utilização de processos adicionais na elaboração do estruturado de manga, como a secagem, o que promove a redução da atividade de água do material.

Grizotto, Aguirre e Menezes (2005) ao estabelecerem o procedimento para produção de fruta estruturada de umidade intermediária com polpa concentrada de abacaxi, manga e mamão encontraram  $a_w$  entre 0,854 e 0,925 para géis contendo apenas pectina como hidrocolóide principal, e  $a_w$  entre 0,829 e 0,930 para géis contendo alginato de sódio. Na estruturação de polpa de abacaxi concentrada com elevado teor de sólidos solúveis utilizando alginato de sódio, pectina e glicerol Grizotto et al. (2007) encontraram valores de  $a_w$  entre 0,826 e 0,922. As médias de  $a_w$  para os estruturados de cajá deste estudo variaram de 0,83 a 0,90, estando dentro da faixa apresentada por estes autores. Grizotto et al. (2005) ao usarem misturas de hidrocolóides (alginato de sódio e pectina de baixa metoxilação) para

elaboração de fruta estruturada de polpa concentrada de mamão encontraram uma faixa de  $a_w$  de 0,905 a 0,948, valores esses superiores a faixa de  $a_w$  dos estruturados dos genótipos de cajá.

Na estruturação de polpa de maracujá-do-mato com elevado teor de sólidos solúveis, Azoubel et al. (2010), encontraram valores para  $a_w$  na faixa de 0,79 a 0,83. Segundo os autores esses valores não apresentaram diferença significativa, indicando que a concentração dos hidrocolóides utilizados não teve influência nesse parâmetro.

Embora não haja um consenso quanto à faixa de atividade de água para alimentos de umidade intermediária, Chirife e Buera (1994) consideram adequada a variação entre 0,65 a 0,90 para este tipo de alimento.

### **SÓLIDOS SOLÚVEIS (SS)**

Na análise do planejamento experimental dos três genótipos do IPA, observou-se que os valores ajustados dos modelos linear e quadrático para os SS não apresentaram nenhum termo significativo ( $p < 0,05$ ), o que implica que os hidrocolóides alginato de sódio, pectina e gelatina não têm qualquer influência sobre os SS da fruta estruturada. Isso é compreensível, uma vez que a média e desvio padrão para os ensaios de 1 a 8 e 12 a 17, que tinha vários níveis de fatores, foram de  $62,11 \pm 5,72$ ,  $60,93 \pm 2,20$  e  $57,47 \pm 2,58$ , nos estruturados de cajá IPA 11.2, IPA 14 e IPA 6.1, respectivamente, enquanto que os mesmos valores para as três replicatas

do ponto central foram  $59,87 \pm 2,91$ ,  $67,62 \pm 6,46$  e  $58,06 \pm 0,00$ , respectivamente, para os estruturados de cajá IPA 11.2, IPA 14 e IPA 6.1.

Analisando a estruturação de polpa de açaí, Carvalho (2007) encontrou valores de SS na faixa de 42,67 até 67,67 cujos resultados não apresentaram diferenças significativas ao nível de 95%, quando os hidrocolóides alginato de sódio, pectina e gelatina foram utilizados na formulação, que seguiu um planejamento experimental similar ao realizado neste trabalho. Para o estruturado de “mix” de taperebá com mamão os valores de SS variando de 47,66 a 81,67 são superiores aos determinados para os estruturados de cajá neste trabalho.

Santos (2003) ao elaborar um estruturado de manga parcialmente desidratada por osmose, seguida de secagem convencional em estufa com circulação de ar, buscando manter suas características nutritivas e sensoriais. Encontrou valor de sólidos solúveis de  $74,5 \pm 0,50$ , valor esse muito distante dos nossos estruturados IPA 11.2  $61,72 \pm 5,33$ , IPA 14  $62,11 \pm 4,01$  e IPA 6.1  $57,57 \pm 2,34$ . Isso pode ser devido à utilização de processos adicionais na elaboração do estruturado de manga.

Grizotto, Aguirre e Menezes (2005) ao estabelecerem o procedimento para produção de fruta estruturada de umidade intermediária com polpa concentrada de abacaxi, de manga e de mamão encontraram SS entre 43,53 e 53,70 para géis contendo apenas pectina como hidrocolóide principal, e SS entre 43,00 e 55,60 para géis contendo alginato de sódio. As médias de SS para os estruturados de cajá variaram de 53,06 a 73,14, sendo esses valores superiores aos apresentados pelos

autores. Para elaboração de fruta estruturada de polpa concentrada de mamão, Grizotto et al. (2005), utilizando misturas de hidrocolóides (alginato de sódio e pectina de baixa metoxilação), encontraram uma faixa de SS de 42,20 a 44,70, valores abaixo dos encontrados nesse estudo.

### ***DIFERENÇA DE COR ( $\Delta E$ )***

Na análise do planejamento experimental dos genótipos do IPA 11.2 e IPA 14, observou-se que os valores ajustados dos modelos linear e quadrático para a  $\Delta E$  não apresentaram nenhum termo significativo ( $p < 0,05$ ).

A média e desvio padrão para os ensaios de 1 a 8 e 12 a 17, que tinham vários níveis de fatores, foram de  $13,85 \pm 1,94$  e  $15,62 \pm 1,90$ , nos estruturados dos genótipos IPA 11.2 e IPA 14, respectivamente, enquanto que os mesmos valores para as três replicatas do ponto central foram  $13,10 \pm 1,19$  e  $13,93 \pm 1,25$ , respectivamente, para os mesmos estruturados. O desvio padrão para as replicatas dos pontos centrais são quase os mesmos que para os ensaios de 1 a 8 e 12 a 17 para os quais os níveis de fatores variaram amplamente, daí o desvio padrão para o planejamento fatorial poder ser explicado simplesmente pelo erro experimental.

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e das interações, assim como o erro e a significância estatística  $p \leq 0,05$ , sobre o  $\Delta E$  no estruturado IPA 6.1, estão apresentados na Tabela 9. Apenas os efeitos gelatina-L e gelatina-Q foram

significativos ( $p \leq 0,05$ ), portanto, foram utilizados no modelo de predição, sendo a gelatina o único parâmetro que exerceu influência no  $\Delta E$  do estruturado.

**Tabela 9 Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para o parâmetro  $\Delta E$  do estruturado de cajá do IPA 6.1.**

	$\Delta E$	
	Valor do efeito $\pm$ erro puro	p
<b>Média global</b>	<b>18,27<math>\pm</math>0,21</b>	<b>0,00</b>
<b>Efeitos principais</b>		
1	-0,14 $\pm$ 0,20	0,55
2	0,32 $\pm$ 0,22	0,29
3	-0,28 $\pm$ 0,20	0,29
4	-0,12 $\pm$ 0,22	0,64
5	<b>2,00<math>\pm</math>0,20</b>	<b>0,01</b>
6	<b>-0,92<math>\pm</math>0,22</b>	<b>0,05</b>
<b>Efeito de interação</b>		
7	-0,33 $\pm$ 0,26	0,33
8	-0,01 $\pm$ 0,26	0,98
9	0,48 $\pm$ 0,26	0,21

1- Alginato de sódio-L; 2- Alginato de sódio-Q; 3- Pectina-L; 4- Pectina-Q; 5- Gelatina-L; 6- Gelatina-Q; 7- Alginato de sódio\*Pectina; 8- Alginato de sódio\*Gelatina; 9- Pectina\*Gelatina L= linear; Q= quadrático

Verificou-se através da ANOVA, a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 95% de confiança, utilizando o teste F, para o planejamento estudado, conforme a Tabela 10 (os valores em negrito apresentaram significância a  $p \leq 0,05$ ). Verifica-se que, para o estruturado do genótipo IPA 6.1, a regressão foi significativa e a falta de ajuste não significativa.

**Tabela 10 Análise de Variância do modelo ajustado para o  $\Delta E$  do estruturado de cajá do Genótipo IPA 6.1.**

	GL	SQ	MQ	Fcal	Ftab
<b>Regressão</b>	<b>2</b>	<b>16,63</b>	<b>8,31</b>	<b>26,69</b>	<b>19,42</b>
<b>Resíduo</b>	<b>14</b>	<b>4,36</b>	<b>0,31</b>		
Falta de ajuste	12	4,08	0,34	2,46	19,41
Erro puro	2	0,28	0,14		
Total	16	20,99			$R^2 = 0,86$

GL: grau de liberdade      SQ: soma quadrática      MQ: média quadrática

O modelo ajustado (eq. 7) para o  $\Delta E$  do estruturado do genótipo IPA 6.1 foi considerado preditivo por apresentar regressão significativa e falta de ajuste não significativa (95% de confiança), além de  $R^2$  igual a 0,86.

$$\Delta E = 11,04 + 0,78G - 0,02G^2 \quad (7)$$

Onde: G= gelatina (g/100g)

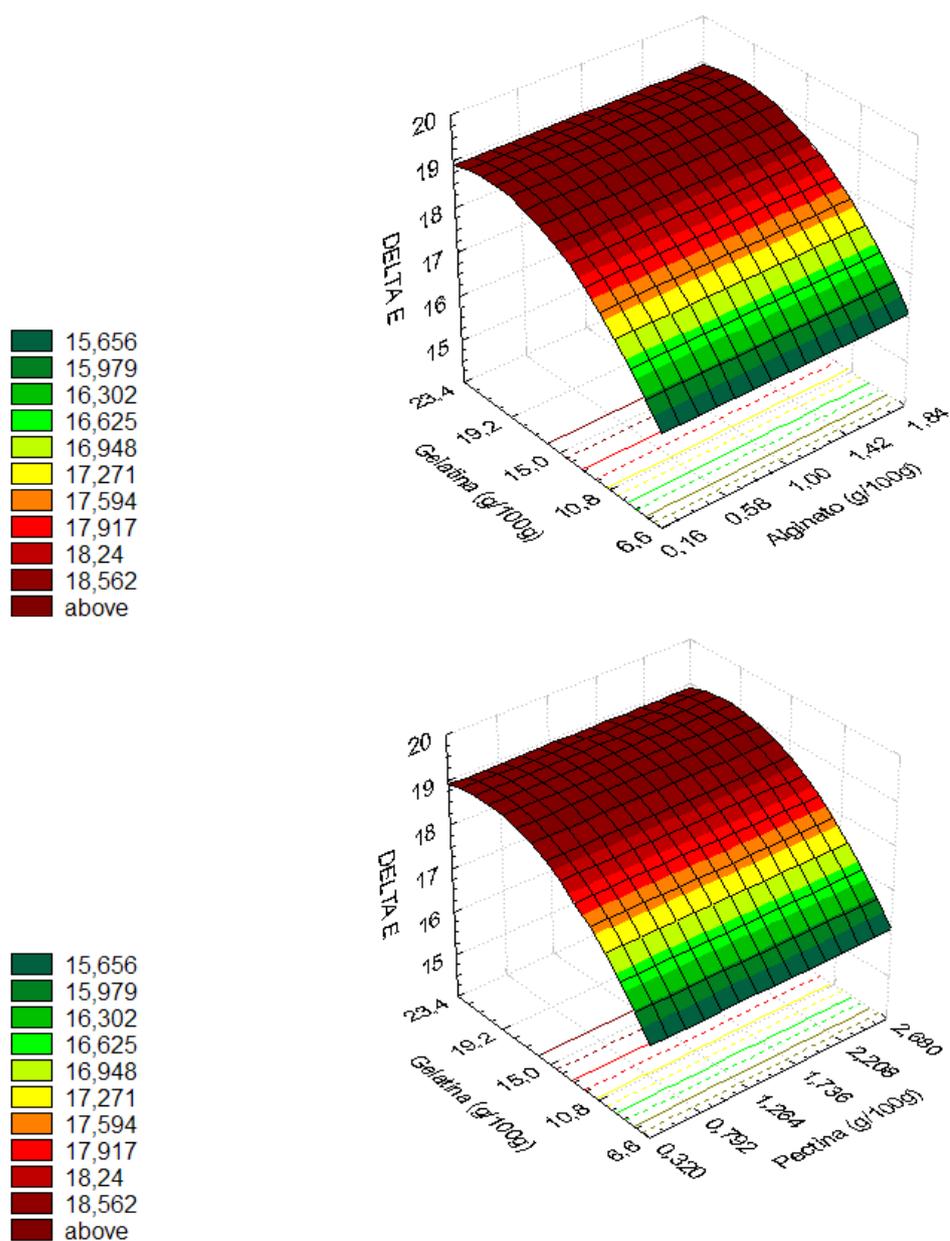


Figura 6 Superfícies de resposta para do  $\Delta E$  do estruturado IPA 6.1.

As superfícies de respostas geradas pelo modelo apresentadas na Figura 6, demonstram que a gelatina foi o único hidrocolóide que teve influência no  $\Delta E$  do estruturado. As superfícies mostram que o aumento na quantidade de gelatina independente das quantidades de alginato de sódio e de pectina, ocorre um aumento no  $\Delta E$ . Como se objetivou um produto semelhante à polpa fresca, e assim preservar as características originais da fruta, quanto menor o  $\Delta E$ , melhor o resultado. Isso é possível usando valores mínimos de alginato (0,16 g/100g), pectina (0,32 g/100g) e gelatina (6,6 g/100g).

Maskan, Kaya e Maskan (2002) ao estudarem a mudança da cor durante a concentração do suco de uva, do cozimento do suco com amido e na secagem do estruturado de uva, observaram que ocorreram mudanças na cor do estruturado durante a etapa da concentração do suco de uva, nos quais os parâmetros a e b aumentaram e o parâmetro L diminuiu. Os autores acreditam que essa mudança seja devido à degradação das antocianinas presentes na uva, durante o aquecimento do suco e durante a secagem do estruturado. No caso do estruturado de cajá, o processamento adicional de secagem não foi realizado e as diferenças de cor obtidas podem ter ocorrido devido à etapa de aquecimento da polpa, em consequência da degradação dos carotenóides mais sensíveis.

McHugh e Huxsoll (1999) observaram o efeito da umidade e da temperatura sobre as propriedades colorimétricas de géis extrudados de pêssigo e de pêssigo com amido. No pêssigo com o aumento do teor de umidade, os valores da luminosidade (L), o vermelho (+a) e o amarelo (+b) do produto diminuíram significativamente em  $p < 0,01$ . Nos géis de pêssigo com amido foram observadas

uma diminuição nos valores de L e b com o aumento da temperatura do processo. Essas mudanças de cor foram atribuídas à degradação de carotenóides e escurecimento não enzimático, sendo que temperaturas muito elevadas (80 °C) resultaram em um aumento no escurecimento de géis extrudados de pêssego como evidenciado pela diminuição significativa dos valores de L, a e b.

## **CONCLUSÃO**

Os estruturados de cajá dos genótipos IPA 11.2 e IPA 14 apresentaram os melhores valores de firmeza, sendo os mesmos considerados bons para a estruturação de cajá. A gelatina influenciou o pH dos estruturados de cajá dos genótipos IPA 11.2 e IPA 6.11. Em relação ao pH do estruturado do genótipo IPA 14 não foi possível verificar a influência de hidrocolóides em sua determinação. Os hidrocolóides alginato, pectina e gelatina não influenciaram na determinação de  $a_w$  e dos sólidos solúveis dos estruturados dos três genótipos. Os  $\Delta E$  dos estruturados dos genótipos IPA 11.2 e IPA 14 indicaram que os hidrocolóides alginato, pectina e gelatina não tiveram qualquer influência, porém o  $\Delta E$  do genótipo IPA 6.1 demonstrou que a gelatina foi o hidrocolóide que influenciou na mudança da cor do estruturado. Os resultados obtidos mostram que há boa perspectiva para produção de fruta estruturada com polpa de cajá. Estudos adicionais são necessários para identificar qual é o melhor genótipo a ser empregado para elaboração de tal técnica.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AZOUBEL, P. M.; ARAÚJO, A. J de B; OLIVEIRA, S. B de; AMORIM, M. da R. Restructuring *Passiflora cincinnata* fruit pulp: influence of hydrocolloids. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2010 (no prelo)

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 2ª ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 2003. 401p.

CARVALHO, A. V. **Otimização dos parâmetros tecnológicos para a produção de frutas estruturadas de frutas funcionais a partir de polpa de açaí e “mix” de taperebá com mamão**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 52 p.

CHIRIFE, J.; BUERA, M.D.P. Water activity, glass transition and microbial stability in concentrated/semimols food systems. **Journal of Food Science**, v. 59, n. 5, p. 925-927, 1994.

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**, 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 respostas dos parâmetros tecnológicos para produção de fruta estruturada e desidratada a partir de polpa concentrada de mamão. **Ciência e tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 158-164, 2005.

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

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos / coordenadores ZENEBO, O., PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 583-584

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. (1999) Extrusion Processing of Restructured Peach and Peach/Starch Gels. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 32 (8), p. 513-520.

OLIVEIRA, S. B. de; AZOUBEL, P. M.; ARAÚJO, A. J. de Efeito de hidrocolóides na firmeza, atividade de água e sólidos solúveis de estruturado de polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 3., 2008, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semi-Árido, p. 201-208, 2008. Disponível em: <[http://www.cpatosa.embrapa.br/public\\_eletronica/downloads/OPB2204.pdf](http://www.cpatosa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB2204.pdf)> Acesso em: 06 Out. 2009.

SACRAMENTO, C. K.; SOUZA, F.X.de. **Cajá (*Spondias mombin* L.)**. Jaboticabal: Funep, 2000. 42p. (Série Frutas Nativas, 4).

SANTOS, C. N. P. dos **Elaboração de um estruturado de polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv *Tommy Atkins*) parcialmente desidratada por osmose**. Campinas: [s/n], 2003. 97p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

SOUZA F. X. de. ***Spondias* agroindustriais e os seus métodos de propagação**. Fortaleza: EMBRAPA-SEBRAE (CE), 1998. 28p.

STATISTICA FOR WINDOWS 5.0. **Computer program manual**. StatSoft, Inc., Tulsa. (1995).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstrou que a estruturação de polpa de cajá é viável, sendo os genótipos IPA 11.2 e IPA 14, considerados os mais promissores para o emprego de tal processo. A elaboração de estruturado de frutas surge como uma técnica inovadora na área de alimentos possibilitando o aproveitamento total de frutas, mesmo aquelas que estão fora do padrão de qualidade para venda *in natura*. Podendo ser uma técnica empregada no processamento de frutas que viabilize e garanta a permanência, no setor rural, das famílias vinculadas à pequena produção, visto que o cajá é uma fruta exótica e disseminada de forma espontânea e/ou sub-espontânea.

A quantidade de polpa de cajá foi insuficiente para a realização de ajustes durante o processo de estruturação, principalmente por inviabilizar as correções necessárias para a produção de um estruturado com características adequadas a tal produto. Faz-se necessária a realização da otimização das respostas encontrada no presente trabalho, para melhorar as condições da estruturação de polpa de cajá com alto teor de sólidos solúveis, bem como analisar a possibilidade de elaborar estruturado sem a presença de sacarose, ou com uma quantidade mínima da mesma. Estudo sobre as características sensoriais para estruturado de cajá também se faz necessário, devido ao fato da importância de caracterizar tal produto para o mercado consumidor e analisar a real intenção de compra.