

Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de estruturado a partir de polpa de açaí

Optimization of the technological parameters to produce structured gels from assai palm fruit pulp

Autores | Authors

✉ Ana Vânia CARVALHO

EMBRAPA Amazônia Oriental
Av. Dr. Enéas Pinheiro, s/nº, Marco
CEP: 66095-100
Belém/PA - Brasil
e-mail: anavania@cpatu.embrapa.br

Rafaella Andrade MATTIETTO

EMBRAPA Amazônia Oriental
e-mail: rafaella@cpatu.embrapa.br

Priscilla Andrade SILVA

Universidade do Estado do Pará (UEPA)
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
(CCNT)
e-mail: prisciandra@yahoo.com.br

Éder Augusto Furtado ARAÚJO

Universidade Federal do Pará (UFPA)
Faculdade de Engenharia de Alimentos
e-mail: earaujo@ufpa.br

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido | Received: 01/02/2010
Aprovado | Approved: 14/09/2010

Resumo

Este trabalho teve por objetivo investigar os parâmetros relevantes para a estruturação de polpa de açaí, avaliando-se o efeito da combinação de diferentes hidrocolóides nas características do gel de fruta. Foi realizado planejamento experimental 2^3 , em que as concentrações de alginato (X_1), pectina (X_2) e gelatina (X_3) foram testadas, tendo como respostas atividade de água (Y_1), firmeza (Y_2), sólidos solúveis (Y_3) e pH (Y_4). A polpa de açaí e a formulação de estruturado selecionada a partir da análise do planejamento experimental foram caracterizadas em relação aos compostos funcionais, avaliando-se o teor de taninos e antocianinas, além das análises de composição centesimal, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, atividade de água, fração Nifext e valor energético total. Os resultados obtidos por meio do planejamento experimental indicam que, à medida que se aumenta a concentração dos hidrocolóides, independentemente da combinação entre eles, aumenta-se também a firmeza dos estruturados. A variação dos hidrocolóides não afetou de forma significativa os sólidos solúveis e a atividade de água final dos produtos; porém, observou-se que a presença de alginato afeta a acidez do produto, reduzindo-a. Sensorialmente, o produto selecionado apresentou médias de aceitação elevadas, indicando potencial de consumo na forma em que se apresenta, além da possibilidade de utilização na formulação de produtos de confeitaria ou alimentos congelados.

Palavras-chave: *Euterpe oleracea*; Texturização; Compostos bioativos; Sensorial.

Summary

The objective of this study was to investigate the important parameters in the structuring of assai palm fruit pulp gel, evaluating the effect of combinations of different hydrocolloids on the characteristics of the fruit gel. A 2^3 factorial design was prepared, varying the concentrations of alginate (X_1), pectin (X_2) and gelatine (X_3), the responses being water activity (Y_1), firmness (Y_2), soluble solids (Y_3) and pH (Y_4). The assai palm fruit pulp and the structured gel formulation selected from the results of the experimental design were characterized in terms of their functional compounds (tannin and anthocyanin contents), and also the proximate composition, pH, titratable acidity, soluble solids, water activity, carbohydrate contents and total energetic value. The results indicated that the firmness of the structured gels increased with increasing hydrocolloid concentration, and was not affected by their interactions. Variations in the hydrocolloids did not significantly affect the soluble solids content or water activity of the products, but the presence of alginate reduced their acidity. The selected product presented good average sensory acceptance scores, indicating its potential for consumption as presented, as well as the possibility of being used in the formulation of confectionery products or in frozen foods.

Key words: *Euterpe oleracea*; Texturization; Bioactive compounds; Sensory analysis.

Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de estruturado a partir de polpa de açaí

CARVALHO, A. V. et al.

1 Introdução

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é nativo da Amazônia brasileira e seus frutos são utilizados na produção da polpa de açaí, um alimento muito consumido pelas populações regionais (NOGUEIRA et al., 2005). No entanto, um crescimento de demanda no mercado nacional foi observado nos últimos anos, despertando grande interesse em investimentos e pesquisas sobre o assunto (ALEXANDRE et al., 2004). Este aumento pode ser atribuído às propriedades nutricionais e ao valor calórico do açaí, pois este é um alimento rico em proteínas, fibras, lipídios, minerais – como manganês, cobre, boro e cromo –, vitamina E, um antioxidante natural que atua na eliminação dos radicais livres, além de elevado teor de antocianinas (ROGEZ, 2000; PIMENTEL et al., 2005).

Hoje, o grande desperdício de alimentos *in natura* traz a necessidade de novas tecnologias que possam aumentar a vida útil destes alimentos. Dentre as técnicas de processamento, a estruturação de polpa de frutas representa uma inovação na área de alimentos, com resultados bastante promissores (CARVALHO, 2007). Segundo Grizotto et al. (2005a), “a fruta estruturada pode ser considerada um exemplo de industrialização de matérias-primas de baixo custo, oriundas de frutas que se encontram fora da classificação para comercialização no mercado *in natura*, bem como de excedentes de produção durante o período de safra”. Esses produtos requerem um agente texturizante, geralmente o alginato puro ou em mistura com outros texturizantes como a pectina, proporcionando textura adequada ao produto final (GRIZOTTO et al., 2005a).

Em vista da grande importância de manter as características sensoriais, nutricionais e funcionais das frutas, além de ofertar produtos que sejam convenientes no seu consumo, faz-se necessário criar alternativas de processamento para as mesmas, visando à manutenção da qualidade, mas também à redução de perdas pós-colheita. Assim, acredita-se que o processamento do açaí, por meio da estruturação com geleificantes, seja uma boa opção para a manutenção de suas características desejáveis, reduzindo os desperdícios que ocorrem por ocasião das grandes safras, além de oferecer produtos inovadores, convenientes e de maior valor agregado.

O objetivo deste trabalho foi investigar os parâmetros para a estruturação de polpa de açaí, avaliando-se o efeito da combinação de diferentes hidrocoloides nas características do gel de fruta, além de caracterizar o produto final quanto aos seus atributos físico-químicos e sensoriais.

2 Material e métodos

2.1 Material

Os frutos de açaí cultivar BRS-PA foram adquiridos de pomares da Embrapa Amazônia Oriental, no estádio de maturação adequado para o processamento.

Os hidrocoloides utilizados para as formulações das frutas estruturadas foram: pectina de baixa metoxilação (CP KELCO, Brasil), gelatina 180 Bloom (REBIÉRE, Brasil) e alginato de sódio (CaHPO_4) (VETEC, Brasil). Os coadjuvantes tecnológicos utilizados no processo de estruturação das polpas foram fosfato de cálcio bibásico (CaHPO_4) (VETEC, Brasil), glicerol ($\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$) (VETEC, Brasil) e sacarose refinada comercial (UNIÃO, Brasil).

2.2 Extração da polpa dos frutos

Os frutos selecionados – eliminado-se aqueles com podridões e outros defeitos – foram submetidos à lavagem em água corrente e em seguida sanitizados por imersão em solução aquosa de hipoclorito de sódio a 50 mg.L^{-1} , durante 30 min. A sanitização dos equipamentos e utensílios utilizados foi realizada com solução de hipoclorito de sódio a 200 mg.L^{-1} por 20 min. A seguir, os frutos foram despulpados em extrator vertical de pás da marca MB Braesi (Belém-PA, Brasil) com peneira de diâmetro equivalente a 0,7 mm de abertura de malha e capacidade de 2 kg de fruto por batelada. A polpa obtida foi armazenada em sacos de polietileno e congelada a $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ para ser utilizada no processamento dos estruturados.

Por ocasião do processamento dos estruturados, a polpa de açaí foi pasteurizada em sistema de pasteurização contínuo de pequena escala idealizado por Vitali (2005)¹, o qual foi montado com serpentinas de aço inoxidável, mangueiras plásticas de grau alimentício, banho de pré-aquecimento, banho de retenção com controle de temperatura constante e bomba peristáltica com controle de velocidade de fluxo. O binômio de pasteurização empregado foi de $90 \text{ }^\circ\text{C}$ por 60 s (CARVALHO, 2007).

2.3 Caracterização físico-química da polpa obtida

A polpa de açaí foi caracterizada quanto a pH (HORWITZ, 1997); acidez titulável (HORWITZ, 1997); sólidos solúveis (HORWITZ, 1997); atividade de água (medição direta em analisador de atividade de água marca DECAGON, modelo Pawkit, Pullman, EUA); sólidos totais (HORWITZ, 1997); cinzas (AOAC 1997); proteínas (HORWITZ, 1997); lipídios (BLIGH e DYER, 1959); fibra alimentar total (método enzimático-gravimétrico n° 991.43 da HORWITZ, 1997); fração Nifext (calculado pela diferença entre 100 e a soma das percentagens de água, proteína, lipídeos totais e cinzas); taninos (extração segundo BISPO, 1989) e quantificação pelo método colorimétrico de Folin-Denis n° 952.03 da HORWITZ (1997) e teor de antocianinas (WROLSTAD, 1976).

¹ Vitali. "Comunicação pessoal", 01/03/2005, Alfredo de Almeida Vitali, São Paulo, Instituto de Tecnologia de Alimentos, Brasil.

Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de estruturado a partir de polpa de açaí

CARVALHO, A. V. et al.

2.4 Desenvolvimento das formulações de frutas estruturadas

2.4.1 Elaboração das frutas estruturadas

O processamento dos estruturados foi realizado de acordo com a metodologia proposta por Grizotto et al. (2005b), descrita a seguir. À polpa do açaí, foi adicionado glicerol, na concentração de 100 g.kg^{-1} de polpa e, em função do teor de sólidos solúveis, calculou-se a quantidade de sacarose suficiente para elevar o teor de sólidos para 50°Brix . Em seguida, a mistura foi aquecida a 60°C , adicionando-se 0,8% de fosfato de cálcio e os hidrocolóides sob vigorosa agitação, durante 5 min, utilizando-se o misturador da marca Yamato Labo – Stirrer, modelo L35, com intensidade de agitação correspondente à posição 5 do reostato do aparelho. Para a moldagem dos estruturados, foram utilizadas placas de Petri de $15 \times 140 \text{ mm}$, as quais foram mantidas sob refrigeração (10°C) durante 24 h. A seguir, os estruturados foram fracionados com auxílio de cortador de aço inoxidável, com dimensões de 15 mm de diâmetro e 10 mm de altura. As frutas estruturadas foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar a 45°C durante 8 h e, em seguida, armazenadas em bandejas de poliestireno expandido recobertas com filme de PVC, sob condição ambiente.

2.4.2 Planejamento experimental

Foram elaborados os estruturados de açaí, testando-se diferentes combinações de alginato (X_1), pectina de baixa metoxilação (X_2) e gelatina (X_3), otimizados por meio de delineamento fatorial completo 2^3 , com 3 pontos centrais e 6 axiais (BARROS NETO et al., 1996), tendo como respostas: atividade de água (Y_1), firmeza (Y_2), sólidos solúveis (Y_3) e pH (Y_4).

Todas as respostas do planejamento experimental – (firmeza (Y_1), sólidos solúveis (Y_2), pH (Y_3) e atividade de água (Y_4)) – foram analisadas de acordo com Barros Neto et al. (1996), com o auxílio do software Statistica® versão 5.0 (SAS INSTITUTE, 1995). A firmeza dos estruturados foi determinada por medição direta em reômetro da marca Sun Rheo Tex, modelo SD-700 (Tóquio, Japão), utilizando-se haste esférica de 5 mm de diâmetro,

fixando-se a distância percorrida em 4,5 mm, sendo os resultados expressos em gramas. As demais análises foram realizadas de acordo com os métodos descritos anteriormente.

2.4.3 Avaliação sensorial

Foram selecionadas, por meio dos resultados obtidos do planejamento experimental, duas formulações de estruturado de açaí, as quais foram analisadas sensorialmente. A avaliação sensorial foi realizada por 40 provadores não treinados, entre funcionários, visitantes e estagiários da Embrapa Amazônia Oriental. Empregou-se o teste de aceitação com escala hedônica estruturada de 9 pontos (9 = gostei muitíssimo; 1 = desgostei muitíssimo) (STONE e SIDEL, 1993). As amostras foram apresentadas monadicamente aos potenciais consumidores à temperatura ambiente, em pratos plásticos descartáveis codificados com números aleatórios de três dígitos, e avaliadas quanto a textura, sabor, impressão global e intenção de compra. A análise de variância e o teste de Tukey foram realizados para a comparação das notas médias dadas pelos provadores na análise sensorial, empregando-se o software SAS 8.0 (SAS INSTITUTE, 1999).

2.5 Caracterização físico-química dos estruturados

A formulação de estruturado de açaí selecionada por meio da avaliação sensorial foi analisada quanto às variáveis firmeza, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, atividade de água, umidade, cinzas, proteínas, lipídios, fibras, fração Nifext, valor energético total (utilizando-se a equação $\text{VET} = (\text{C} \times 4) + (\text{A} \times 4) + (\text{B} \times 9)$, em que C: fração Nifext, A: proteína total e B: extrato etéreo), taninos e antocianinas, de acordo com metodologias citadas anteriormente.

3 Resultados e discussão

3.1 Caracterização físico-química da polpa de açaí

Os resultados da caracterização físico-química da polpa de açaí estão apresentados na Tabela 2.

Os valores encontrados para as análises de pH, sólidos solúveis, acidez titulável e toda a composição centesimal da polpa de açaí estão próximos aos relatados na literatura consultada (ROGEZ, 2000; PEREIRA et al., 2002; ALEXANDRE et al., 2004). O teor de antocianinas encontrado no presente trabalho foi superior ao observado por Rosso e Mercadante (2007), que encontraram valor de 2825 mg.kg^{-1} de polpa em base úmida, e por Rogez (2000), que relata teor médio de antocianina de $10,20 \text{ g.kg}^{-1}$ de extrato seco. Ressalta-se que o teor de antocianinas é grandemente influenciado pelo estágio de maturação, atingindo o valor máximo

Tabela 1. Níveis das variáveis estudadas no planejamento experimental.

Variáveis independentes	Níveis codificados e reais das variáveis independentes				
	-1,68	-1	0	+1	+1,68
Alginato (g.kg^{-1} de polpa)	1,6	5,0	10,0	15,0	18,4
Pectina B.M. (g.kg^{-1} de polpa)	3,2	5,0	17,5	30,0	36,8
Gelatina (g.kg^{-1} de polpa)	16,0	50,0	100,0	150,0	184,0

Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de estruturado a partir de polpa de açaí

CARVALHO, A. V. et al.

no fruto completamente maduro (MOTA, 2006). Além do estágio de maturação, a acumulação de antocianinas nos frutos é influenciada por numerosos fatores ambientais, como a luminosidade, a temperatura e a fertilidade do solo, podendo dobrar de um ano para o outro, segundo as condições climáticas (ROGEZ, 2000). Com relação aos taninos, observam-se teores elevados na polpa de açaí, quando comparados aos teores na polpa de outras frutas, como cajá ($3147,80 \text{ mg.kg}^{-1}$), umbu ($1837,60 \text{ mg.kg}^{-1}$), mamão (191 mg.kg^{-1}), banana (550 mg.kg^{-1}) e sapoti (345 mg.kg^{-1}) (BISPO, 1989; MATTIETTO, 2005).

Tabela 2. Caracterização físico-química da polpa de açaí.

Características	Médias \pm DP
pH	$4,89 \pm 0,01$
Atividade de água	$0,99 \pm 0,01$
Sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix)	$5,80 \pm 0,15$
Acidez titulável (% ácido cítrico)	$0,18 \pm 0,01$
Sólidos totais (%)	$11,47 \pm 0,04$
Cinzas (%)*	$3,79 \pm 0,45$
Fibras totais (%)*	$17,11 \pm 0,81$
Proteínas (%)*	$8,76 \pm 0,19$
Lipídeos (%)*	$41,02 \pm 0,16$
Fração Nifext (%)	$5,33 \pm 0,26$
Antocianinas (mg.kg^{-1})	$4016,10 \pm 0,20$
Taninos (mg.kg^{-1})	$8762,70 \pm 220,80$

Determinações calculadas em triplicata. *Resultados em base seca.

3.2 Otimização do processo de estruturação de polpa de açaí

Na Tabela 3, são apresentados os resultados de firmeza, sólidos solúveis, pH e atividade de água obtidos dos experimentos com estruturados de açaí, de acordo com a matriz do planejamento experimental.

3.2.1 Firmeza

De acordo com os resultados obtidos para a resposta firmeza, observou-se que nenhuma interação nem os termos quadráticos apresentaram influência significativa sobre a resposta a um intervalo de confiança de 90%. Os fatores X1, X2 e X3, relativos aos hidrocolóides, apresentaram influência significativa, sendo o fator gelatina (X3) o que apresentou maior influência. Assumiu-se que o termo quadrático da variável X3 apresentou influência significativa, uma vez que apresentou significância muito próxima ao intervalo de confiança adotado ($p = 0,11$), conforme mostra a Figura 1. A partir da retirada das variáveis não significativas, efetuou-se uma análise de variância (ANOVA).

De acordo com a análise de variância, observou-se valor de r^2 de 0,81, o que indica que 81% da variabilidade na resposta da firmeza pode ser explicada pelo modelo. Observou-se ainda, pela análise de variância, valor de F_{tabelado} (4;12;90) regressão igual a 2,48, sendo superior ao valor de $F_{\text{calculado}}$ (13,10), e também falta de ajuste do modelo não significativa, o que ratifica a hipótese que o modelo gerado pode ser utilizado para descrever a

Tabela 3. Resultados dos experimentos do planejamento fatorial completo para as variáveis firmeza, sólidos solúveis, pH e atividade de água para estruturado de açaí.

Experimento	Níveis das variáveis em unidades reais (g.kg^{-1})			Respostas			
	Alginato	Pectina	Gelatina	Firmeza (g)	SS ($^{\circ}$ Brix)	pH	Atividade de água
1	5	5	50	379,0	67,67	5,32	0,74
2	15	5	50	832,8	59,67	5,55	0,77
3	5	30	50	992,0	53,33	5,33	0,77
4	15	30	50	1177,6	52,33	5,45	0,76
5	5	5	150	996,6	42,67	5,37	0,73
6	15	5	150	1074,4	49,33	5,48	0,77
7	5	30	150	1303,4	46,67	5,22	0,79
8	15	30	150	1354,6	47,33	5,42	0,79
9	10	15	100	1233,6	58,67	5,41	0,75
10	10	15	100	1201,4	48,00	5,43	0,76
11	10	15	100	1239,0	52,33	5,40	0,75
12	1,6	15	100	933,8	64,33	5,12	0,74
13	18,4	15	100	1360,2	61,67	5,56	0,74
14	10	3,2	100	1049,4	58,00	5,39	0,74
15	10	36,8	100	1380,8	56,67	5,24	0,75
16	10	15	16	815,4	67,67	5,26	0,74
17	10	15	184	1435,4	47,67	5,41	0,72

Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de estruturado a partir de polpa de açaí

CARVALHO, A. V. et al.

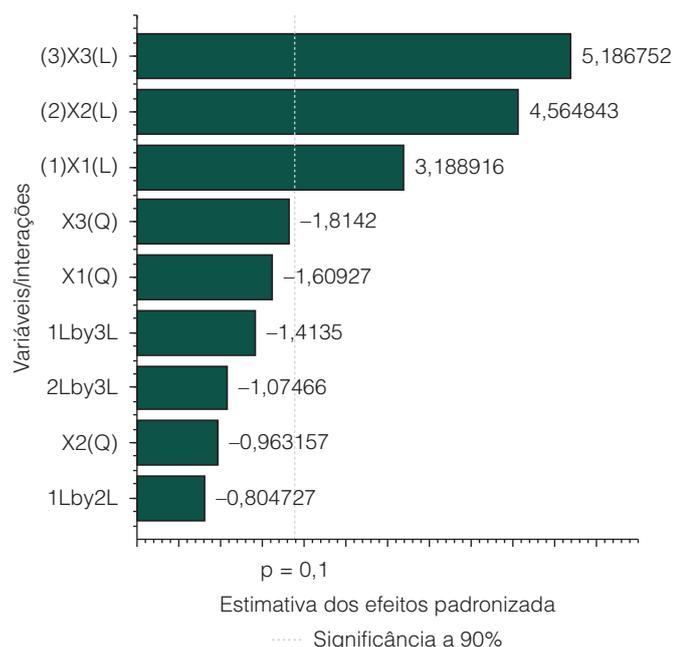


Figura 1. Gráfico de Pareto com as estimativas dos efeitos das variáveis sobre a resposta firmeza.

Tabela 4. Análise de variância para a variável firmeza.

Fonte	SQ	GL	MQ	F _{calculado}	F _{tabelado} *
Regressão	930762	4	232690,60	13,10	2,48
Resíduos	213170	12	17764,18	0,84	2,32
Falta de ajuste	212344	10	21234,36		
Erro puro	827	2	413,29		
Total	1143932	16			
r ²	0,81				

* F_{regressão} (4;12;90); F_{resíduo} (12;10;90).

variação de firmeza do produto em função das variáveis estudadas.

O modelo obtido para a firmeza do material em função das variáveis estudadas está apresentado abaixo (Equação 1):

$$Y = 1140,22 + 108,81X_1 + 154,02X_2 + 175,1X_3 - 45,75X_3^2 \quad (1)$$

em que: Y = firmeza; X₁ = alginato; X₂ = pectina; X₃ = gelatina.

O gráfico de superfície de resposta é apresentado na Figura 2.

Por meio do gráfico de superfície (Figura 2), observa-se que, na medida em que se aumenta a concentração dos hidrocolóides (alginato, pectina e gelatina), independentemente da combinação entre eles, aumenta-se também a firmeza dos estruturados. Isto é consistente com os valores dos coeficientes de X₁, X₂ e X₃, que são positivos e de grandeza elevada,

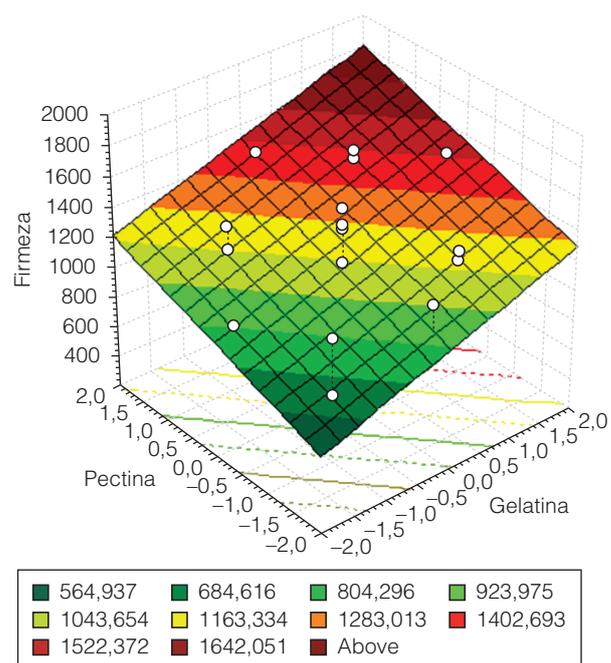


Figura 2. Gráfico de superfície de resposta para a variável firmeza.

de acordo com o observado na equação para a variável firmeza. O mesmo foi encontrado em trabalho realizado por Grizotto et al. (2005b) sobre estruturação de polpa concentrada de mamão, no qual os autores verificaram valores de firmeza aumentando sensivelmente com o aumento da concentração de pectina e alginato. Esse fato já era esperado, uma vez que a função dos hidrocolóides é dar "corpo" aos produtos, além de exercer função geleificante.

3.2.2 Sólidos solúveis

Por meio da análise dos resultados, foi observado que, dos valores ajustados para a resposta teor de sólidos solúveis, apenas o termo linear da variável X₃ apresentou significância no nível de confiança de 90%. A análise de variância (Tabela 5) indicou que o modelo obtido não apresentou falta de ajuste significativa e como o F_{calculado} para a regressão foi de 15,67, aproximadamente cinco vezes maior que o F_{tabelado} (3,07), embora o valor de r² de 0,51 seja considerado baixo, o modelo pode ser considerado significativo e preditivo, dentro da faixa experimental estudada.

O modelo proposto para a variável SS é apresentado a seguir (Equação 2):

$$Y = 54,94 - 5,91 X_3 \quad (2)$$

em que: Y = SS; X₃ = gelatina

O baixo coeficiente de regressão observado para a equação (-5,91X₃) indica que a variável gelatina

Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de estruturado a partir de polpa de açaí

CARVALHO, A. V. et al.

exerceu discreta influência na redução dos sólidos solúveis nas formulações que utilizaram maiores concentrações de gelatina; porém, este efeito não pode ser considerado conclusivo devido às características estatísticas observadas, ressaltando-se que o valor do coeficiente de determinação (r^2) indica que somente 51% da variabilidade na resposta pode ser explicada pelo modelo proposto.

Analisando a superfície de resposta para a variável sólidos solúveis (Figura 3), observa-se que apenas a variação na concentração de gelatina na formulação do estruturado ocasiona alteração no teor de sólidos solúveis do produto. A gelatina, sendo uma proteína, possui a propriedade de retenção de grandes quantidades de água e outras pequenas moléculas entre as fibras proteicas (BOBBIO e BOBBIO, 2001). Os vários mecanismos envolvendo a adição de gelatina não estão ainda bem elucidados. Acredita-se que pequenas seções, ricas em prolina e hidroxiprolina, de um número

Tabela 5. Análise de variância para a variável SS.

Fonte	SQ	GL	MQ	F _{calculado}	F _{tabelado} *
Regressão	476,00	1	476,00	15,67	3,07
Resíduos	456,00	15	30,37	0,99	2,05
Falta de ajuste	398,07	13	30,62		
Erro Puro	57,59	2	28,79		
Total	931,77	16			
r^2	0,51				

* F_{regressão} (1,15,90); F_{resíduo} (15,13,90).

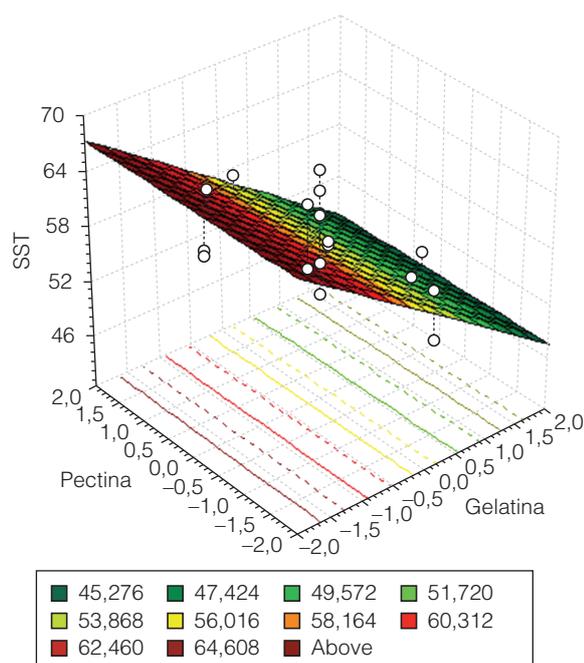


Figura 3. Gráficos de superfície de resposta para a variável SS.

de moléculas de gelatina se unem para formar zonas de junção microcristalinas, oferecendo uma estrutura de uma rede tridimensional altamente ramificada capaz de imobilizar o líquido (DJAGNY et al., 2001).

3.2.3 pH

De acordo com a análise estatística, as variáveis alginato (X1) e pectina (X2) exerceram influência significativa sobre o pH, a um intervalo de confiança de 90%. A partir da retirada da variável não significativa (gelatina), efetuou-se a análise de variância (ANOVA).

Tabela 6. Análise de variância para a variável pH.

Fonte	SQ	GL	MQ	F _{calculado}	F _{tabelado} *
Regressão	0,1658	2	0,0829	23,40	2,73
Resíduos	0,0496	14	0,0035	0,8652	2,12
Falta de ajuste	0,0491	12	0,0041		
Erro puro	0,0005	2	0,0002		
Total	0,2154	16			
r^2	0,77				

* F_{regressão} (2,14,90); F_{resíduo} (14,12,90).

De acordo com a ANOVA, o valor de r^2 de 0,77 indica que 77% da variabilidade na resposta pode ser explicada pelo modelo. Avaliando-se os valores de F_{calculado} para a regressão (23,40) e para o resíduo (0,8652), e sendo F_{tabelado} para a regressão de 2,73 e para o resíduo de 2,12, verifica-se que o F_{calculado} para a regressão foi altamente significativo enquanto que o F_{calculado} para o resíduo não apresentou significância estatística; portanto, o modelo ajustado para pH é considerado preditivo e significativo.

O modelo proposto para a variável pH é apresentado a seguir (Equação 3):

$$Y = 5,38 + 0,10X_1 - 0,04X_2 \quad (3)$$

em que: Y = pH; X1 = alginato; X2 = pectina.

O gráfico de superfície de resposta é apresentado na Figura 4.

Observa-se que as concentrações de alginato e pectina, apesar de significativas no modelo, contribuem muito pouco para as variações dessa característica no produto, pois, de acordo com o modelo de equação apresentado, os coeficientes são de pequena grandeza (0,10X1 e -0,04X2). De acordo com o gráfico de superfície de resposta (Figura 4), observa-se pequeno aumento no pH em função do aumento na concentração de alginato. O mesmo foi observado por Grizotto et al. (2005b), estudando frutas estruturadas obtidas de polpas concentradas de abacaxi e manga.

3.2.4 Atividade de água

De acordo com a análise estatística, não foi observado influência significativa das variáveis

Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de estruturado a partir de polpa de açaí

CARVALHO, A. V. et al.

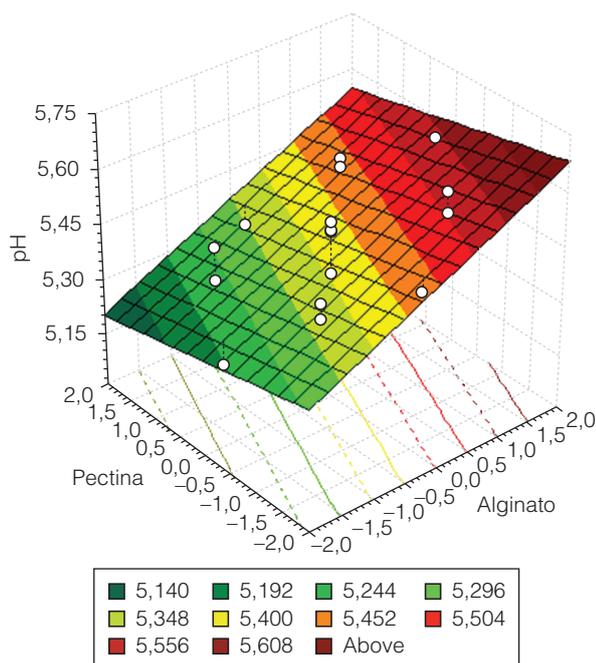


Figura 4. Gráfico de superfície de resposta para a variável pH.

independentes sobre a resposta atividade de água; assim, não foi possível gerar um modelo matemático para descrever esta resposta, dentro da faixa estudada.

Esse resultado era esperado visto que o glicerol, considerado um depressor de atividade de água, foi utilizado na mesma concentração para todos os ensaios estudados.

3.3 Análise sensorial

A partir dos resultados obtidos do planejamento experimental, foram selecionadas duas formulações de estruturado de açaí e aplicou-se o teste de aceitação e intenção de compra. Na seleção das formulações, foi observada a facilidade para o corte durante o processamento dos estruturados, a manutenção do formato dos mesmos durante a secagem, os resultados obtidos para a variável firmeza e, finalmente, as formulações que atendiam esses parâmetros e que, adicionalmente, empregavam menores concentrações de alginato, já que este hidrocoloide apresenta um

custo superior aos demais utilizados neste trabalho. As formulações selecionadas para o estruturado de açaí foram Formulação 1 (0,5% de alginato; 3% de pectina; 10% de gelatina) e Formulação 2 (1% de alginato; 3,68% de pectina; 5% de gelatina).

Na Tabela 7, observam-se os resultados sensoriais obtidos para as duas formulações de estruturados de açaí.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 7, observa-se que somente o atributo textura apresentou diferença estatística, com a Formulação 1 apresentando a maior média. Para os demais atributos, embora não tenha sido observada diferença significativa entre as duas formulações estudadas, a Formulação 2 apresentou sempre médias ligeiramente superiores.

Quanto à intenção de compra (Figura 5), para as duas formulações, observou-se grande número de provadores opinando com notas nos níveis 4 ou 5, ou seja, “possivelmente compraria” ou “certamente compraria”, confirmando a impressão positiva dos produtos pelos potenciais consumidores.

Observa-se, ainda, pelo histograma da Figura 5, que a Formulação 2 de estruturado de açaí se destacou no nível de certeza dos provadores, com 77,5% dos provadores relatando que, se encontrassem à venda esse tipo de produto, provavelmente ou certamente eles comprariam. Assim, de acordo com os resultados, selecionou-se a Formulação 2 de estruturado de açaí para a caracterização físico-química.

3.4 Caracterização físico-química do estruturado de açaí

A formulação selecionada (Formulação 2) por meio das avaliações sensoriais foi caracterizada e seus resultados encontram-se na Tabela 8.

O estruturado de açaí é um produto novo, portanto não se encontrou referência na literatura sobre a caracterização físico-química do mesmo. Entretanto, ressalta-se que os valores apresentados na Tabela 8 estão dentro da faixa encontrada para outros estruturados de frutas (GRIZOTTO et al., 2005a, b).

Com relação à firmeza, o valor encontrado para o estruturado de açaí (Tabela 8) está próximo ao relatado por Grizotto et al. (2005b), estudando estruturado de

Tabela 7. Médias das notas obtidas para o teste de aceitação dos estruturados de açaí e respectivas percentagens de aceitação.

Estruturado	Textura		Sabor		Impressão Global	
	Médias	% aceit.	Médias	% aceit.	Médias	% aceit.
Açaí F1	6,05 ± 1,97 ^b	67,22	6,59 ± 1,83 ^a	73,22	6,62 ± 1,77 ^a	73,55
Açaí F2	7,18 ± 0,71 ^a	79,77	7,24 ± 1,92 ^a	80,44	7,18 ± 1,22 ^a	79,77

Médias com letras iguais, em uma mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Açaí F1 = 0,5% de alginato; 3% de pectina e 10% de gelatina, e Açaí F2 = 1% de alginato; 3,68% de pectina e 5% de gelatina.

Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de estruturado a partir de polpa de açaí

CARVALHO, A. V. et al.

Tabela 8. Caracterização do estruturado de açaí, em base úmida.

Características	Médias \pm DP
Firmeza (g)	1478,33 \pm 72,08
Atividade de água	0,77 \pm 0,01
pH	5,22 \pm 0,03
Sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix)	58,33 \pm 1,15
Acidez titulável (% ácido cítrico)	0,04 \pm 0,00
Umidade (%)	30,99 \pm 0,61
Cinza (%)	1,68 \pm 0,06
Fibra alimentar (%)	1,52 \pm 0,01
Proteína (%)	9,55 \pm 0,72
Lípido (%)	0,35 \pm 0,02
Fração Nifext (%)	57,43 \pm 0,35
Valor energético (kcal.kg ⁻¹)	2710,70 \pm 3,60
Antocianinas (mg.kg ⁻¹)	189,90 \pm 16,60
Taninos (mg.kg ⁻¹)	475,50 \pm 12,00

Os resultados de firmeza representam a média de sete determinações. As demais análises foram realizadas em triplicata.

polpa concentrada de manga, com valores variando de 343,94 a 2955,03 g em função da formulação.

A secagem dos estruturados a 45 °C por 8 h promoveu redução no teor de umidade para níveis de umidade intermediária e minimizou o problema de adesividade na superfície das frutas, proporcionando maior estabilidade e melhoria da textura do produto final. O mesmo foi observado por Grizotto et al. (2005b), estudando estruturados a partir de polpa concentrada de mamão.

O valor de atividade de água de 0,77 encontra-se inferior ao citado por Grizotto et al. (2005a), estudando estruturados de polpa concentrada de abacaxi, de manga e de mamão. Já Santos (2003) encontrou 0,583 de atividade de água em estudo sobre estruturado

de manga. A atividade de água indica a quantidade de água disponível para facilitar a ocorrência de transformações bioquímicas ou para o crescimento das células microbianas nos alimentos. Com atividade de água (Aa) de 0,77 observada neste trabalho, podem-se classificar os estruturados obtidos como alimentos de Aa intermediária. Os alimentos com teor intermediário de água apresentam níveis de umidade entre 20 e 50% e $0,60 \leq Aa \leq 0,85$ e, por isto, estão sujeitos a processos de deterioração provocados principalmente por bolores e leveduras (UBOLDI EIROA, 1981).

Quanto à análise de antocianinas e taninos, observa-se que, embora tenham ocorrido perdas durante o processamento, os valores encontrados ainda são elevados quando comparados a outros alimentos. Entretanto, quando se compara o teor de antocianinas observado para o estruturado e a polpa de açaí (Tabelas 2 e 8), observa-se uma redução de cerca de 95% do valor inicial. Para a análise de antocianinas, o valor encontrado (189,90 mg.kg⁻¹) está próximo ao relatado para pitanga roxa, 162,30 mg.kg⁻¹ (LIMA et al., 2005). Já em estudo sobre seleções de acerola, Lima et al. (2000) relataram teores de antocianinas variando de 150,40 a 509,80 mg.kg⁻¹. Malacrida e Motta (2005), estudando sucos de uva reconstituídos de diferentes marcas, encontraram teores de antocianina variando de 2,13 a 36,23 mg.L⁻¹. Quanto aos taninos, o teor observado para o estruturado de açaí (475,50 mg.kg⁻¹) encontra-se próximo ao relatado para néctar misto de cajá e umbu (588 mg.kg⁻¹), de acordo com Mattietto (2005). Já em trabalho realizado com néctar misto de resíduos de abacaxi e polpa de maracujá, observou-se teor de taninos de 147,50 mg.kg⁻¹ (YANO e CARDOSO, 2007).

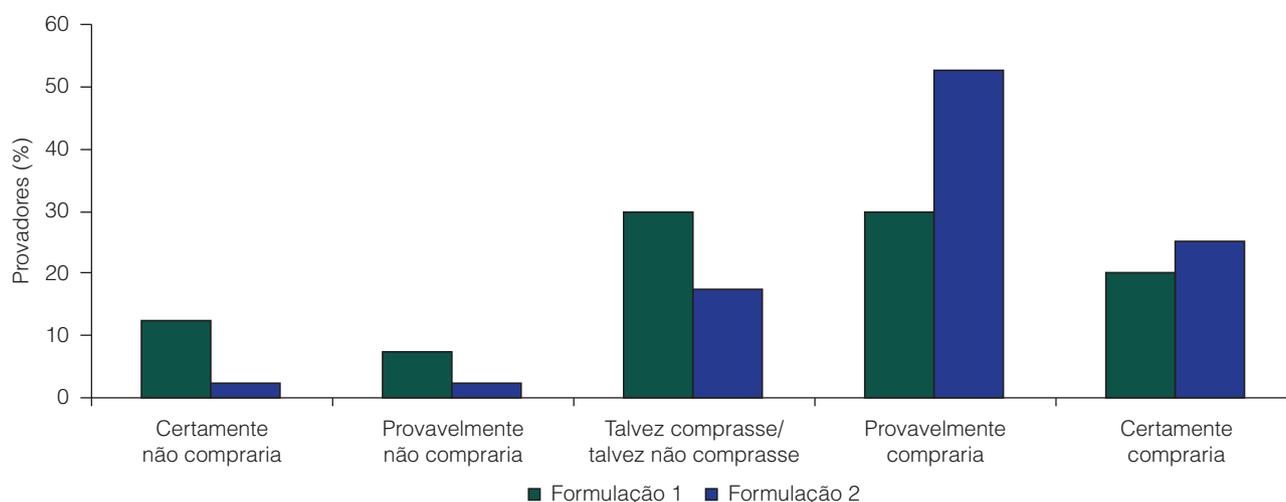


Figura 5. Intenção de compra das formulações de estruturados de açaí. Formulação 1 = 0,5% de alginato, 3% de pectina e 10% de gelatina, e Formulação 2 = 1% de alginato, 3,68% de pectina e 5% de gelatina.

Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de estruturado a partir de polpa de açaí

CARVALHO, A. V. et al.

4 Conclusões

Os resultados decorrentes do planejamento experimental mostram que, dentro dos níveis testados, a variável atividade de água (Y_1) não gera modelo matemático preditivo e suas interações entre as variáveis dependentes (X_1 , X_2 e X_3) não são significativas ($p \leq 0,05$) para que haja influência no produto final.

Para a variável pH e a firmeza, as curvas de superfície de resposta geradas por modelos preditivos mostram que à medida que a quantidade de alginato aumenta, diminui-se a acidez do estruturado; e que o aumento de concentração dos hidrocolóides testados reflete no aumento de firmeza dos produtos, como era esperado.

A formulação selecionada por meio do planejamento fornece valor energético de 271,07 kcal.100 g⁻¹ e apresenta boa aceitação sensorial, com 77,5% dos provadores respondendo que provavelmente ou certamente comprariam o produto.

A secagem dos estruturados a 45 °C/8 h promove redução no teor de umidade para níveis de umidade intermediária e minimiza o problema de adesividade na superfície das frutas, proporcionando maior estabilidade e melhoria da textura do produto final.

O produto final apresenta potencial de consumo na forma que se apresenta, como um confeito, além da possibilidade de ser utilizado na formulação de produtos de confeitaria ou alimentos congelados.

Referências

- ALEXANDRE, D.; CUNHA, R. L.; HUBINGER, M. D. Conservação do açaí pela tecnologia de obstáculos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 114-119, 2004.
- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**. 2. ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 1996. 299 p.
- BISPO, E. S. **Estudos de Produtos Industrializáveis de Umbu** (*Spondias tuberosa*, Arr. Câmara). 1989. 119f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1989.
- BLIGH, E. C.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid and purification. **Canadian Journal Biochemistry Physiology**, Ottawa, v. 37, p. 911-917, 1959.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do Processamento de Alimentos**. São Paulo: Varela, 2001. 143 p.
- CARVALHO, A. V. **Otimização dos Parâmetros Tecnológicos Para Produção de Estruturados de Frutas Funcionais a Partir de Polpa de Açaí e "Mix" de Taperebá Com Mamão**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 53 p. (Documentos, 306).
- DJAGNY, K. B.; WANG, Z.; SHIYING, X. Gelatin: a valuable protein for food and pharmaceutical industries: review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v. 41, n. 6, p. 481-492, 2001.
- GRIZOTTO, R. K.; AGUIRRE, J. M.; MENEZES, H. C. Frutas estruturadas de umidade intermediária obtidas de polpas concentradas de abacaxi, manga e mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 691-697, 2005a.
- 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, 2005b.
- HORWITZ, W. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16. ed. Washington: AOAC, 1997.
- LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LIMA, D. E. S. Efeito da luz e da temperatura de congelamento sobre a estabilidade das antocianinas da pitanga roxa. **Ciência e Tecnologia de Alimento**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 92-94, 2005.
- LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LIMA, L. S.; NASCIMENTO, P. P. Flavonóides em seleções de acerola (*Malpighia* sp. L.). 1- Teor de antocianinas e flavonóis totais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 1063-1064, 2000.
- MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Compostos fenólicos totais e antocianinas em suco de uva. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 659-664, 2005.
- MATTIETTO, R. A. **Estudo Tecnológico de um Néctar Misto de Cajá (*Spondias lutea* L.) e Umbu (*Spondias tuberosa*, Arruda Câmara)**. 2005. 299 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2005.
- MOTA, R. V. Caracterização física e química de geléia de amora-preta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 539-543, 2006.
- NOGUEIRA, O. L.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; MÜLLER, A. A. (Ed.). **Açaí**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 137 p. (Sistemas de Produção, 4).
- PEREIRA, E. A.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Massa específica de polpa de açaí em função do teor de sólidos totais e da temperatura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas Grande, v. 6, n. 3, p. 526-530, 2002.
- PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. **Alimentos Funcionais: Introdução às Principais Substâncias Bioativas em Alimentos**. São Paulo: Varela, 2005. 95 p.

Otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de estruturado a partir de polpa de açaíCARVALHO, A. V. *et al.*

- ROGEZ, H. **Açaí: Preparo, Composição e Melhoramento da Conservação**. Belém: Universidade Federal do Pará, 2000. 313 p.
- ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. The high ascorbic acid content is the main cause of the low stability of anthocyanin extracts from acerola. **Food Chemistry**, Oxford, v. 103, p. 935-943, 2007.
- SANTOS, C. N. P. **Elaboração de um Estruturado de Polpa de Manga (*Mangifera indica* cv. Tommy Atkins) Parcialmente Desidratada por Osmose**. 2003. 80 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- SAS INSTITUTE INC. **SAS for Windows: User Guide**. Versão 8.0. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1999.
- SAS INSTITUTE INC. **Statistic for Windows**. Versão 5.0. Tulsa, USA: StatSoft, Inc., 1995.
- STONE, H. S.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1993. 338 p.
- UBOLDI EIROA, M. N. Atividade de água: influência sobre o desenvolvimento de microrganismos e métodos de determinação em alimentos. **Boletim do ITAL**, Campinas, v. 3, n. 18, p. 353-383, 1981.
- WROLSTAD, R. E. **Color and Pigment Analysis in Fruits Products**. Corvallis: Oregon Agricultural Experimental Station, 1976. Bulletin 624.
- YANO, C. Y. B.; CARDOSO, D. B. **Aproveitamento de Resíduos de Abacaxi (*Ananas comosus*) na Elaboração de um "Blend Tropical" Adicionado de Polpa Integral de Maracujá (*Passiflora edulis flavicarpa*)**. 2007. 99 f. Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Universidade do Estado do Pará, Belém, 2007. Trabalho de Conclusão de Curso.