

FRUTAS ESTRUTURADAS DE UMIDADE INTERMEDIÁRIA OBTIDAS DE POLPAS CONCENTRADAS DE ABACAXI, MANGA E MAMÃO¹

Regina Kitagawa GRIZOTTO^{2*}, José Maurício de AGUIRRE², Hilary Castle de MENEZES³

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estabelecer procedimento tecnológico para produção de fruta estruturada com elevados teores (450 a 700 g/kg) de polpas concentradas de abacaxi (39°Brix), manga (35°Brix) e mamão (16°Brix), e quantidade mínima de sacarose, utilizando alginato ou pectina baixamente metoxilada. Glicose ou glicerol foi utilizado como supressor de atividade de água. Valores de firmeza de 240 g para géis de alginato e 1300 g para géis de pectina, determinados em Analisador de Textura TA.XT2, podem ser utilizados como indicadores para a estruturação, baseando-se nas propriedades de corte das frutas estruturadas. O processo de estruturação compreende a mistura sob vácuo (88 kPa) da polpa concentrada previamente aquecida a 60°C e o hidrocolóide disperso em açúcar. Soluções de CaHPO₄ e Gluconato-Delta-Lactona foram adicionadas à mistura para favorecer a formação do gel. Os resultados mostraram a importância de elevar o pH de polpas de abacaxi e manga para 4,00 com NaOH. O alginato produziu géis mais firmes e o glicerol foi o supressor de atividade de água mais eficiente. As frutas estruturadas de mamão com alginato apresentaram maior firmeza (acima de 3 kg). Os géis de abacaxi com alginato não puderam ser cortados com a faca, embora os géis de manga puderam ser cortados, eles aderiram à faca.

Palavras-chave: polpa de fruta, hidrocolóides, texturização, concentração, atividade de água.

SUMMARY

RESTRUCTURED FRUITS OF INTERMEDIATE MOISTURE FROM CONCENTRATED PINEAPPLE, MANGO AND PAPAYA PULPS. The objective of this research was to establish a technological procedure for the production of restructured fruits with high contents (450 to 700 g/kg) of concentrated pineapple (39°Brix), mango (35°Brix) and papaya (16°Brix) pulps, and minimal amounts of sucrose using alginate or low methoxy pectin. Glycerol or glucose was used to suppress the water activity. Firmness values of 240 g for alginate gels or 1300 g for pectin gels, measured using the TA.XT2 Texture Analyser, can be used as indicators for structuring based on the cutting properties of the structured fruits. The structuring process includes the mixing under vacuum (88 kPa) of the concentrated pulp, previously heated to 60°C, and the hydrocolloid dispersed in sugar. Solutions of CaHPO₄ and Glucono-Delta-Lactone were added to the mixture to favor gel formation. The results show the importance of raising the pineapple and mango pulp pH values to 4.00 with NaOH. Alginate produced the firmest gels and glycerol was the most efficient water activity suppressor. The papaya fruits structured with alginate presented greater firmness (above 3 kg). The pineapple gel with alginate could not be cut with a knife and although the mango gel could be cut, it adhered to the knife.

Keywords: fruit pulp, hydrocolloids, texturization, concentration, water activity.

1 - INTRODUÇÃO

O conceito de alimento estruturado ou “designed food” ou “engineered food”, segundo FIZMAN [7], refere-se a alimentos que são delimitados 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.

A tecnologia tradicional para produção de fruta estruturada utilizando alginato de sódio, pectina de baixa metoxilação ou outros tipos de hidrocolóides tem sido descrita por diversos pesquisadores [1, 9, 16, 22, 23, 24, 25, 26, 32]. Basicamente, a fruta estruturada é produzida a partir de géis de pectato ou alginato com sais de cálcio ou alumínio, açúcares, corantes, aromatizantes (naturais ou artificiais) e pequenas porcentagens de polpa de fruta, variando de 0 a 41% do peso do produto. A fruta estruturada produzida pelos métodos tradicionais ainda apresenta limitações. É consenso geral que a adição de quantidades relativamente elevadas de polpa de fruta tende a enfraquecer a estrutura do gel, através da interferência na formação da matriz do gel. O efeito da adição de polpa sobre as propriedades mecânicas do gel depende, entre outros fatores, do pH da polpa [16, 22, 23] e do tipo de polpa [19, 24]. MANCINI e McHUGH [19] consideram que a composição do purê de fruta tem maior influência na formação do gel do que somente as condições do pH. Eles ressaltam a importância de conhecer e caracterizar a composição e o teor de pectina do purê de fruta ou vegetal para melhor compreender seu comportamento na formação do gel e avaliar a possibilidade de utilizá-los em sistemas de géis mistos. MOUQUET *et al.* [23] conseguiram produzir fruta estruturada de textura firme com 610 g/kg de polpa de manga com baixo teor de

¹Recebido para publicação em 08/07/2004. Aceito para publicação em 20/09/2005 (001372).

²Centro de Tecnologia de Hortifrutícolas, Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL. Av. Brasil, 2880, Jd. Chapadão, Campinas, SP - CEP 13073-001 - C.P. 139 - e-mail: regina@ital.org.br.

³Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP. Cidade Universitária “Zeferino Vaz”, Barão Geraldo - Campinas, SP - CEP 13083-970 - C.P.6121.

sólidos (18°Brix) e 390 g/kg de sacarose. O produto obtido era firme, porém exsudativo, apresentando perda de peso em torno de 10 g/kg devido à sinérese, no mesmo grau de magnitude observado por KALENTUC *et al.* [16]. O grau de sinérese é freqüentemente tido como um indicador da estabilidade estrutural do gel. Este fenômeno, que resulta do encolhimento do gel com liberação de exsudato, pode ser minimizado pela adição da sacarose, promovendo géis de alginato mais firmes e mais resistentes à ruptura do que aqueles isentos dela [8, 24]. O efeito da adição da sacarose deve-se, provavelmente, à ação nas propriedades do solvente reduzindo a interação polímero-solvente e promovendo a atração polímero-polímero [24]. A sacarose também teria a capacidade de imobilizar uma quantidade de água, favorecendo a formação do gel, por meio de mecanismos que variam de acordo com o tipo de hidrocolóide [8]. Outros solutos que apresentam propriedades semelhantes às da sacarose, no que se refere à capacidade de substituir a água no alimento, incluem glicose, sorbitol e glicerol [15].

A tendência do mercado consumidor por produtos mais saudáveis e de maior valor agregado tem incentivado o desenvolvimento de fruta estruturada com maior quantidade de polpa de fruta e quantidade mínima de açúcar [5,9] ou mesmo isento deste [19, 20]. Entretanto, não há qualquer informação sobre a presença de outros solutos no sistema sacarose-fruta-hidrocolóide que promovesse redução na atividade de água para níveis seguros. A atividade de água, cujo conceito foi definido e discutido por pesquisadores como LABUZA [17] e FENEMA [6], reflete a água livre presente em alimentos disponível para o crescimento de microrganismos e ocorrência de reações de deterioração, como, por exemplo, escurecimento, oxidação, hidrólise, entre outras [31]. Embora não haja um consenso quanto à faixa de atividade de água para alimentos de umidade intermediária, CHIRIFE e BUERA [3] consideram adequada a variação entre 0,65 a 0,90 para este tipo de alimento. Informações sobre o efeito do glicerol na textura do gel, especialmente quando se utilizam polpas concentradas de abacaxi, manga e mamão, também não foram encontradas. O uso do glicerol ou outro soluto como a glicose teria como principal vantagem a redução na quantidade de sacarose e, com isso, a redução do aporte calórico das frutas estruturadas obtendo produtos de umidade intermediária e microbiologicamente estáveis à temperatura ambiente.

O objetivo deste trabalho foi estabelecer o procedimento para produção de fruta estruturada de umidade intermediária, microbiologicamente estável, com no mínimo 600 g/kg de polpa concentrada de abacaxi, manga ou mamão, utilizando glicerol ou glicose como supressor de atividade de água e quantidade mínima de sacarose.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Materiais

Polpas concentradas de abacaxi (39°Brix; pH 3,41), manga (35°Brix; pH 3,40) e mamão (16°Brix; pH 4,00)

foram utilizadas como matérias-primas neste trabalho, por serem frutas tropicais de produção representativa no país. As polpas foram concentradas em tacho encamisado (Groen MGF Co, EUA) de 30 litros de capacidade, operando a 40-45°C sob vácuo (88 kPa). As polpas apresentavam originalmente as seguintes características: abacaxi (12,5°Brix; pH 3,55), manga (14°Brix; pH 3,69) e mamão (9,6°Brix; pH 4,19).

Pectina baixamente metoxilada (Danisco Cultor, México) com 33 a 37% de esterificação e alginato de sódio (Danisco Ingredients, Landerneau, França), ambos de grau alimentício, foram os hidrocolóides utilizados para a preparação das frutas estruturadas. Fosfato de cálcio bibásico anidro p.a. (CaHPO_4) (Synth, Brasil), Glucona-Delta-Lactona (GDL) (ADM, USA), xarope de glicose a 70°Brix (Giovanela, Brasil), glicerol ($\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$) p.a. (Synth, Brasil) e sacarose refinada comercial (União, Brasil) foram utilizados como coadjuvantes tecnológicos no processo de estruturação de polpa de frutas. Solução 2 N de NaOH foi utilizada para elevar o pH das polpas de abacaxi e manga.

2.2 - Estruturação da polpa de fruta

O fluxograma para produção de fruta estruturada é apresentado na *Figura 1*.

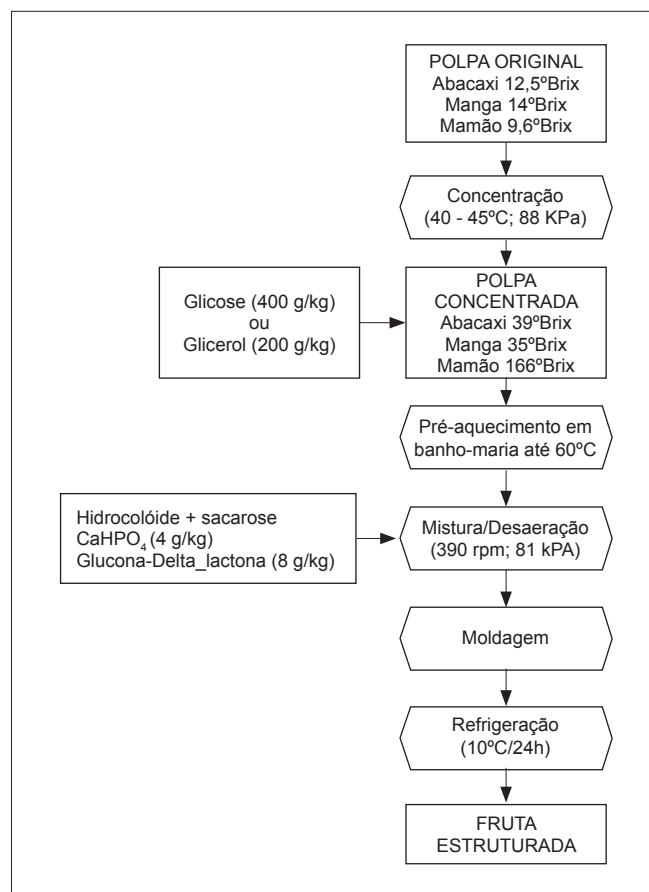


FIGURA 1 – Fluxograma de processamento para produção de fruta estruturada a partir de polpa de fruta concentrada

Na polpa concentrada foi adicionado um supressor de atividade de água: glicose (400 g/kg base em peso da polpa) ou glicerol (200 g/kg base em peso de polpa) e, em função do teor de sólidos solúveis determinado, calculou-se a quantidade de sacarose comercial suficiente para elevar o teor de sólidos para 50°Brix. A estruturação foi conduzida na polpa previamente aquecida a 60°C em banho-maria. MOUQUET *et al.* [23] demonstraram ser fundamental o pré-aquecimento da polpa a 60°C para que ocorra a gelatinização da mistura. À polpa foi adicionada uma mistura seca de hidrocolóide: 1,3% de alginato ou 1,4% de pectina (p/p) disperso em 100% da sacarose comercial, sob agitação (390 rpm) no Misturador-Desaerador (Cunnington & Cooper Ltda., England), operando sob vácuo (81 kPa). Após dez minutos de agitação, o sistema foi aberto, liberando o vácuo, sendo adicionada uma suspensão de 4 g/kg (base em peso de polpa) de cálcio insolúvel em 2 ml de água destilada. A solução de Glucona-Delta-Lactona (10 g/kg) recém-preparada em 2 ml de água destilada foi utilizada somente nas formulações com alginato e polpas de abacaxi e manga, cujos pHs originais foram alterados para 4,0 com solução 2 N de NaOH. Os ingredientes foram então homogeneizados sob vácuo no Misturador-Desaerador por mais 5 minutos. Para a moldagem das frutas estruturadas foram utilizadas placas de Petri de 50 mm de diâmetro e 10 mm de altura, com capacidade para 25 g da amostra, aproximadamente. As frutas assim estruturadas foram mantidas sob refrigeração a 10°C durante 24 h para completar a geleificação.

2.3 - Medida da firmeza

A firmeza da fruta estruturada foi medida em texturômetro TA.XT2 (Stable Micro Systems, Godalming, EUA) utilizando-se sonda cilíndrica de 35 mm de diâmetro denominada P/35 e célula de carga de 25 kg conforme metodologia descrita no manual de aplicações do TA.XT2 referência SWTI/P35 [29]. As amostras foram mantidas em temperatura ambiente por 3-4 horas antes da medida de firmeza, para equilibrar a temperatura. O gráfico obtido foi do tipo força versus tempo (Figura 2) e os resultados de firmeza, expressos em gramas, representam a média de três picos de força máxima (F_1) e respectivos erros padrões (e.p.) expressos em porcentagem. A partir da força máxima a sonda procede à compressão da amostra em 20% da sua altura original durante 60 segundos, registrando ao final deste tempo a força mínima (F_2). A linha vertical no fim do teste indica que a sonda retornou à posição inicial.

2.4 - Análises físico-químicas

Nas polpas concentrada e não concentrada (polpa original) foram realizadas as determinações de pH, sólidos solúveis (°Brix), sólidos totais, umidade de acordo com metodologia AOAC [13] e pectina [27]. Também foram determinados teores de ácido ascórbico [18], vitamina A e beta-caroteno [2], cor em colorímetro Chromameter CR 300 (Minolta, Japão) programado no sistema de coordenadas $L^*a^*b^*$ [4], atividade de água experimental medida em higrômetro Aqualab (Decagon Devices, EUA) e corrigida

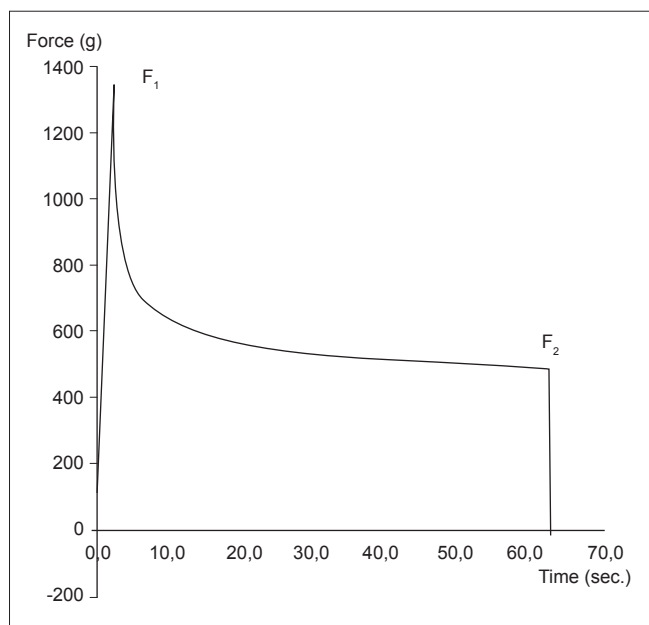


FIGURA 2 – Curva de firmeza típica do TA.XT2, para produtos de confeitaria, tipo bala de goma, mostrando os picos de força máxima (F_1) e mínima (F_2)

Fonte: STABLE MICRO SYSTEMS [29]

utilizando-se a equação de correção obtida da calibração do equipamento com soluções de atividade de água conhecida. A viscosidade foi determinada em viscosímetro Brookfield Br RVT (Brookfield, England), cujos parâmetros para determinação da viscosidade em polpa de abacaxi original e concentrada foram spindle #1 e #6, respectivamente, girando na velocidade de 100 rpm. Para manga original e concentrada os parâmetros foram, respectivamente, spindle #2 e #1 a 10 rpm.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Polpas de frutas concentradas

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das análises físico-químicas realizadas nas polpas originais e concentradas de abacaxi, manga e mamão utilizadas para produção de fruta estruturada. As polpas de abacaxi e de manga foram as que possibilitaram maiores níveis de concentração, dentro das condições deste experimento, ou seja, até 3,1 vezes e 2,5 vezes o seu peso, respectivamente. As taxas de concentração, expressas em termos de sólidos solúveis, 39°Brix para polpa de abacaxi e 35°Brix para polpa de manga, foram aproximadas e podem ser explicadas baseando-se no estudo de PELEGRINI *et al.* [28]. Os autores verificaram que as polpas de abacaxi e manga centrifugadas apresentam comportamento pseudoplástico, com destaque para a polpa de abacaxi. A pseudoplasticidade estaria relacionada com a presença de finas partículas em suspensão na polpa, com grande influência na viscosidade das mesmas e com possível efeito na remoção da água durante a concentração. A polpa de mamão, por sua vez, não pode ser concentrada além de 16°Brix, mesmo após

4,5 horas de concentração. A diferença no comportamento entre as polpas durante a etapa de concentração é um ponto que merece estudos complementares. Supõe-se haver deposição de substâncias pécticas ou outras, presentes na polpa de mamão, na superfície interna do tacho encamisado, dificultando a transmissão de calor entre o meio de aquecimento (vapor) e a polpa de mamão. Sendo assim, foram estabelecidos os níveis máximos de concentração em 39°Brix para polpa de abacaxi, 35°Brix para polpa de manga e 16°Brix para polpa de mamão. Essas polpas concentradas foram utilizadas nos ensaios de estruturação.

A concentração das polpas de frutas a 40-45°C em tacho operando sob vácuo (88 kPa) preservou as características originais das polpas. Os teores de vitamina A e β -caroteno, açúcares redutores e totais e pectina determinados nas polpas de manga e mamão concentradas foram, respectivamente, 2 e 1,5 vezes maiores do que nas polpas originais, compatíveis com os níveis de concentração. Na polpa de abacaxi concentrada os aumentos nos teores de açúcares redutores e totais e de pectina também acompanharam o grau de concentração. Inexplicavelmente, os teores de vitamina A e β -caroteno foram duas vezes maiores do que o nível de concentração. Ácido ascórbico foi detectado somente na polpa de mamão. Embora o abacaxi contenha teores elevados de vitamina C, pode ter havido perdas

durante o processamento das frutas, face à sensibilidade desta vitamina ao oxigênio e a altas temperaturas.

A cor das polpas de abacaxi e manga foi medida no sistema $L^*a^*b^*$, também conhecido como CIELAB. A cor da polpa de mamão não foi determinada por falta de material. Os resultados mostraram que a luminosidade (L^*) das polpas de abacaxi e manga não foi alterada pela concentração. A concentração minimizou o tom amarelo-esverdeado ($a^* = -3,96$; $b^* = +14,69$) da polpa de abacaxi que foi modificado para o amarelo-avermelhado ($a^* = -0,05$; $b^* = +23,84$). A concentração também acentuou a cor avermelhada ($a^* = +4,21$) da polpa de manga e praticamente não alterou a cor amarela, com b^* em torno de 36. A concentração promoveu aumento na viscosidade das polpas, cerca de 400 vezes para a polpa de abacaxi e 14 vezes para a polpa de manga. A viscosidade da polpa de mamão não foi determinada por falta de material.

3.2 - Propriedades físico-químicas em frutas estruturadas

Na Tabela 2 são listadas as formulações utilizadas nos ensaios de estruturação com polpas concentradas de abacaxi, manga e mamão. A formulação variou com o nível

TABELA 1 – Análises físico-químicas¹ em polpas de abacaxi, manga e mamão originais (não concentradas) e concentradas

Análises Físico Químicas	ABACAXI		MANGA		MAMÃO	
	ORIGINAL (12,5°Brix)	CONCENTRADA (39,1°Brix)	ORIGINAL (14°Brix)	CONCENTRADA (35,2°Brix)	ORIGINAL (9,6°Brix)	CONCENTRADA (15,6°Brix)
Atividade de água	0,985±0,0	0,966±0,00	0,995±0,0	0,972±0,00	0,994±0,0	n.d.
pH	3,55±0,02	3,41±0,00	3,69±0,00	3,40±0,05	4,19±0,00	4,00
Umidade (g/100 g)	86,8±0,0	60,8±0,4	84,3±0,2	64,1±0,6	90,2±0,0	82,2±0,0
Sólidos solúveis (°Brix)	12,5±0,00	39,1±0,2	14,0±0,2	35,2±0,26	9,6±0,3	15,6±0,14
Sólidos totais (g/100 g)	13,2±0,0	39,2±0,4	15,7±0,2	35,9±0,1	9,8±0,0	17,8±0,0
Açúcares totais (g/100 g)	12,6±0,2	35,6±0,1	12,3±0,5	26,0±0,9	8,0±0,1	13,6±0,3
Açúcares redutores	4,1±0,0	10,7±0,1	8,8±0,2	19,5±0,4	7,4±0,3	13,3±0,0
Cor ² L*	43,9±0,1	44,6±0,1	49,5±0,3	43,9±0,1	n.d.	n.d.
a*	-3,9±0,0	-0,05±0,0	+0,4±0,1	+4,2±0,0	n.d.	n.d.
b*	+14,7±0,0	+23,8±0,0	+35,8±0,4	+37,3±0,2	n.d.	n.d.
Viscosidade (cP)	33	13.900	1.580	22.500	n.d.	n.d.
Beta-caroteno (µg/100 g)	12±1	67±3	1.162±33	2.390±87	364±17	529±4
Vitamina A (UI/100 g)	7±0,5	37±2	645±18	1.328±49	202±9	294±2,5
Ácido Ascórbico (mg/100 g)	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	18,2±0,0	44±0,5
Pectina (g/100 g) (expresso em pectato de cálcio)	0,08±0,0	0,17±0,01	0,84±0,1	1,3±0,1	0,45±0,0	0,51±0,1

⁽¹⁾ Média de 3 determinações \pm erro padrão; onde erro padrão = $s \cdot (\sqrt{n})^{-1}$; $s^2 = [\sum x^2 - (\sum x)^2/n] \cdot (n-1)^{-1}$; $n \rightarrow n.$ de amostras

⁽²⁾ L=luminosidade; +a*=vermelho; -a*=verde; +b*=amarelo; -b*=azul
n.d. \rightarrow Não determinado

TABELA 2 – Composição das formulações empregadas nos estudos de estruturação de polpa de fruta

Formulações	Polpa Concentrada		
	ABACAXI (39,1°Brix)	MANGA (35,2°Brix)	MAMÃO (15,6°Brix)
1	69% polpa + 17% glicerol + 1,3% pectina + 12% açúcar + 0,3% CaHPO ₄	69% polpa + 17% glicerol + 1,3% pectina + 12% açúcar + 0,3% CaHPO ₄	64% polpa + 16% glicerol + 1,2% pectina + 18% açúcar + 0,3% CaHPO ₄ + 0,8% GDL.
2	58% polpa + 38% glicose + 1,4% pectina + 2% açúcar + 0,4% CaHPO ₄	58% polpa + 38% glicose + 1,5% pectina + 2% açúcar + 0,4% CaHPO ₄	44% polpa + 30% glicose + 1% pectina + 24% açúcar + 0,3% CaHPO ₄ + 0,8% GDL.
3	68% polpa + 17% glicerol + 1,3% alginato + 12% açúcar + 0,3% CaHPO ₄ + 0,8% GDL; pH = 4,05 (com NaOH, 2N)	68% polpa + 17% glicerol + 1,3% alginato + 12% açúcar + 0,3% CaHPO ₄ + 0,8% GDL; pH = 4,04 (com NaOH, 2N)	59% polpa + 15% glicerol + 1% alginato + 24% açúcar + 0,3% CaHPO ₄ + 0,7% GDL.
4	76% polpa + 19% glicose + 1,4% alginato + 2% açúcar + 0,4% CaHPO ₄ + 0,8% GDL; pH = 4,05 (com NaOH, 2N)	57% polpa + 38% glicose + 1,4% alginato + 2% açúcar + 0,4% CaHPO ₄ + 0,9% GDL; pH = 4,05 (com NaOH, 2N)	48% polpa + 32% glicose + 1,2% alginato + 18% açúcar + 0,3% CaHPO ₄ + 0,8% GDL.

de concentração da polpa de fruta, tipo de soluto (glicose ou glicerol) e tipo de hidrocolóide (alginato ou pectina).

Nas Tabelas 3, 4 e 5 são apresentados os resultados das análises físico-químicas realizadas nas frutas estruturadas de abacaxi, manga e mamão, respectivamente.

Após a estruturação com alginato, os géis de abacaxi e de manga apresentaram pH entre 3,6 e 3,9. Este nível de pH ligeiramente mais baixo em relação à polpa de fruta, cujo pH foi corrigido com solução de NaOH, provavelmente foi devido à liberação de ácidos pela Glucona-Delta-Lactona. Este nível de redução no pH pode ser comparado aos resultados obtidos por MOUQUET *et al.* [23], e demonstra, pelo menos em princípio, a possibilidade de estruturar polpas ácidas.

O teor de sólidos solúveis nos géis de polpa de fruta foi mantido em torno de $50 \pm 5^\circ\text{Brix}$ para a maioria das amostras estudadas, adicionando-se quantidades de açúcar (sacarose) à polpa concentrada. Visualmente, foi verificado que as amostras estruturadas com alginato apresentaram coloração mais clara em comparação à cor original das polpas concentradas de abacaxi, manga e mamão.

O glicerol foi o soluto mais eficiente na redução da atividade de água, em comparação à glicose. Os géis de abacaxi, manga e mamão com 150 a 170 g/kg de glicerol (base em polpa de fruta) foram os que apresentaram atividades de água mais baixas, entre 0,899 e 0,854. A glicose, mesmo em quantidades superiores (190 a 380 g/kg base em polpa de fruta), não abaixou a atividade de água para

níveis seguros, sendo que os valores encontrados variaram de 0,907 a 0,925. Considerando que ambos solutos (glicose e glicerol) são calóricos e que a glicose foi menos eficiente que o glicerol, optou-se por adicionar somente o glicerol nos estudos de otimização do processo de estruturação via Metodologia de Superfície de Respostas, cujos resultados para polpa de manga, abacaxi e mamão foram publicados por GRIZOTTO *et al.* [10], GRIZOTTO *et al.* [11] e GRIZOTTO *et al.* [12], respectivamente.

3.3 - Propriedades mecânicas da polpa de fruta estruturada

Os valores de firmeza acima de 240 g para géis de alginato e 1300 g para géis de pectina (Tabelas 3, 4, 5), podem ser utilizados como indicadores dos valores mínimos necessários para a estruturação, baseando-se nas propriedades de corte obtidos dos resultados experimentais.

O pH é um importante fator quando se utiliza o alginato como agente de estruturação. As polpas de pH baixo, como as de abacaxi (pH 3,41) e de manga (pH 3,69), tiveram seus pHs alterados para 4,04 a 4,05 com solução NaOH 2 N. Testes preliminares mostraram que o uso de polpas sem correção de pH para estruturação com alginato resultou em gel fraco, o que impossibilitou a medida da firmeza. De acordo com KALENTUC *et al.* [16], a acidez consiste em uma barreira para a dispersão homogênea do alginato na polpa de fruta. Além disso, o alginato pode se transformar em ácido algínico, que proporciona a formação de um gel com propriedades diferentes dos géis de cálcio e alginato,

TABELA 3 – Análises físico-químicas nos estruturados de polpa de abacaxi concentrada (39,1°Brix)

FORMULAÇÕES ⁽¹⁾	ANÁLISES ⁽²⁾				
	Atividade de água	pH	Sólidos solúveis (° Brix)	Sólidos totais (g/100 g)	Firmeza (g)
1	0,854±0,00	3,61±0,00	51,9±0,01	63,39±0,0	38,16±1,37
2	0,925±0,00	3,64±0,01	51,5±0,01	61,01±0,42	86,37±3,87
3	0,863±0,00	3,92±0,00	50,3±0,00	57,15±0,53	243,38±46,95
4	0,930±0,00	3,87±0,01	50,9±0,22	57,62±0,07	416,39±41,29

⁽¹⁾ Formulações 1, 2, 3, 4: ver Tabela 2

⁽²⁾ Média de três determinações ± erro padrão (δ_{n-1})

TABELA 4 – Análises físico-químicas nos estruturados de polpa de manga concentrada (35,2°Brix)

FORMULAÇÕES ⁽¹⁾	ANÁLISES ⁽²⁾				
	Atividade de água	pH	Sólidos solúveis (° Brix)	Sólidos totais (g/100 g)	Firmeza (g)
1	0,859±0,00	3,48±0,00	51,0±0,01	54,89±0,09	343,94±8,05
2	0,917±0,00	3,59±0,01	53,7±0,00	55,92±0,35	543,19±48,42
3	0,829±0,01	3,89±0,00	52,6±0,54	54,75±0,01	2541,22±313,03
4	0,907±0,00	3,87±0,00	55,6±0,79	56,44±0,14	2955,03±672,36

⁽¹⁾ Formulações 1, 2, 3, 4: ver Tabela 2

⁽²⁾ Média de três determinações ± erro padrão (δ_{n-1})

TABELA 5 – Análises físico-químicas nos estruturados de polpa de mamão concentrada (15,6°Brix)

FORMULAÇÕES ⁽¹⁾	ANÁLISES ⁽²⁾				
	Aa	pH	Sólidos solúveis (°Brix)	Sólidos totais (g/100g)	Firmeza (g)
1	0,899±0,00	3,76±0,06	43,53±0,12	48,67±0,22	1379,80±191,57
2	0,923±0,00	3,76±0,00	52,2±0,49	55,24±0,19	2464,98±867,27
3	0,893±0,00	3,96±0,00	43,0±0,43	47,83±0,12	4107,05±785,18
4	0,921±0,00	3,89±0,00	53,47±0,10	57,62±0,13	3331,03±833,63

⁽¹⁾ Formulações 1, 2, 3, 4: ver Tabela 2

⁽²⁾ Média de três determinações ± erro padrão (δ_{n-1})

de acordo com WOOD e GLICKSMAN, citados por MOUQUET *et al.* [22].

O efeito do pH na formação do gel de alginato pode ser observado através dos valores de firmeza nos estruturados de abacaxi (240 a 420 g - *Tabela 3*) e manga (2500 a 2900 g - *Tabela 4*), que ficaram firmes o suficiente para suportarem o corte. Os géis de alginato com polpa de mamão foram os que apresentaram maior firmeza, acima de 3 kg (*Tabela 5*), sendo a polpa mais adequada para a estruturação, justamente por não requerer o ajuste do pH, pois a polpa apresenta, naturalmente, pH 4,0. Outra provável explicação seria a maior quantidade de açúcar (180 ou 240 g/kg) (*Tabela 2*) adicionada à polpa de mamão, necessária para atingir a concentração desejada (50°Brix). Conforme sugerido por NUSSINOVITCH *et al.* [25], o açúcar aumenta a atração intermolecular do polímero, facilitando a formação do gel.

Para estruturação com pectina baixamente metoxilada não foi necessário o ajuste do pH das polpas, visto que as condições do processo estavam dentro da faixa de pH, em torno de 3,5, e o teor de sólidos abaixo de 55%, em presença do íon cálcio considerado adequado por JACKIX [15]. Os géis de pectina com polpa de abacaxi ficaram muito frágeis e não puderam ser cortados com faca; já os géis de manga e de mamão puderam ser cortados, porém aderiram à faca. Provavelmente, os géis de abacaxi e manga poderiam ter ficado mais firmes, se quantidade mais elevada de pectina tivesse sido utilizada. Entretanto, como existem restrições ao uso do NaOH em produtos alimentícios, foi considerado o uso combinado de alginato e pectina em polpas de manga [10], abacaxi [11] e mamão [12]. De acordo com MORRIS e CHILVERS [21], géis rígidos podem ser formados com a adição de pectina e alginato. Esse sinergismo entre os dois polímeros é um dos únicos promovidos pelo alginato com outro hidrocolóide e que apresenta valor comercial [30].

Os valores baixos de firmeza dos géis com pectina variando entre 38 g (Formulação 1) e 86 g (Formulação 2) mostrados na *Tabela 3* confirmam que a pectina isoladamente não foi adequada para estruturação da polpa de abacaxi. Além disso, MOUQUET *et al.* [23] observaram que os géis com pectina não são termoestáveis, visto que derreteram-se completamente após o aquecimento a 130°C durante 30 minutos.

De um modo geral, a estruturação com alginato (Formulações 3 e 4) apresentou resultados promissores; os géis obtidos foram significativamente mais firmes do que os de pectina. Esta observação é válida principalmente para as polpas de manga e de mamão. Para a polpa de abacaxi serão necessários estudos complementares para se conseguir uma estruturação mais eficiente.

4 - CONCLUSÕES

Foi possível a produção de fruta estruturada com elevada porcentagem de polpa concentrada. O alginato foi o hidrocolóide que produziu géis mais firmes, e o glicerol o supressor de atividade de água mais eficiente.

As frutas estruturadas de polpa de mamão com hidrocolóides (alginato ou pectina) apresentaram maior firmeza, comparadas às frutas estruturadas de polpa de abacaxi e manga. O aumento na firmeza dos géis de alginato e polpa concentrada de mamão foi da ordem de 6 vezes comparado com os géis de pectina. A provável explicação para este comportamento está relacionada com o pH da polpa de mamão e a maior quantidade de açúcar adicionada para atingir o teor de sólidos solúveis desejado (50°Brix).

Os géis de alginato e pectina para serem considerados estruturados deverão apresentar, no mínimo, valores de firmeza acima de 240 g e 1300 g, respectivamente, considerando-se as características de corte das frutas estruturadas obtidas experimentalmente.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BELLARDE, F.B. **Utilização de Alginato de Sódio na Produção de um Gel Estruturado de Suco de Maracujá (*Passiflora edulis* S)**. Campinas, 1995, 60 p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
- [2] CARVALHO, P.R.N.; COLLINS, C.A.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Comparison of provitamins A determination by normal-phase gravity flow column chromatography and reversed phase high performance liquid chromatography. **Chromatographia**, v. 33, n. 2, p. 133-137, 1992.
- [3] CHIRIFE, J.; BUERA, M.D.P. Water activity, glass transition and microbial stability in concentrated/semimolal food systems. **J. Food Sci.**, v. 59, n. 5, p. 925-927, 1994.
- [4] CHROMA METER CR-300/CR-310/CR-321/CR-331/CR-331C: Instruction Manual. Osaka: Minolta Co., 1991. p. 77-78.
- [5] DAMÁSIO, M.H.; COSTELL, E.; DURAN, L. Optimizing acceptability of low-sugar strawberry gels segmenting consumers by internal preference mapping. **J. Sci. Food Agri.**, v. 79, n. 4, p. 626-632, 1999.
- [6] FENNEMA, O.R. Water and ice. In: Fennema, O.R. (ed.) **Food Chemistry**. New York: Marcel Dekker. 1985. p. 23-67.
- [7] FIZMAN, S.M. 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. (coord.). **Curso sobre as Propriedades de Hidrocolóides e Aplicações**. Campinas: ITAL, 1992. p. 1-3.
- [8] FIZMAN, S.M.; DURAN, L. Effect of fruit pulps and sucrose on the compression response of different polysaccharides gel systems. **Carbohydrate Polymers**, v. 17, n. 1, p. 11-17, 1992.
- [9] FREITAS, S.M.L. **Utilização de Alginato de Sódio em Texturizados de Suco Misto de Laranja e Cenoura de Valor Energético Reduzido**. Campinas, 1999, 110 p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
- [10] GRIZOTTO, R.K.; AGUIRRE, J.M.; BRUNS, R.E. Fruta

- estruturada e desidratada de polpa concentrada de manga: otimização via Metodologia de Superfície de Respostas. In: **19º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2004, Recife. ANAIS do 19º CBCTA. 2004. p. 1-4.
- [11] GRIZOTTO, R.K.; BRUNS, R.E.; AGUIRRE, J.M.; MENEZES, H.C. Optimizing restructuring process of concentrated pineapple pulp using Response Surface Methodology. In: **International Congress on Engineering and Food**, 2004, Montpellier. ANAIS do ICEF9. 2004. p. 1-5.
- [12] 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**, v. 25, n. 1, p. 158-164, 2005.
- [13] HORWITZ W (ed.). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17 ed. Gaithersburg, Maryland, 2000.
- [14] JACKIX, M.H. Frutas em calda. In: Jackix, M.H. **Doces, Geléias e Frutas em Calda**. Campinas: UNICAMP. 1988. cap. 8. p. 23-43.
- [15] JAYARAMAN, K.S. Development of intermediate moisture tropical fruit and vegetable products – Technological problems and prospects. In: Seow C.C. **Food Preservation by Moisture Control**. London: Elsevier Applied Science, p. 175, 1988.
- [16] KALENTUC, G.; NUSSINOVITCH, A.; PELEG, M. Alginate texturization of highly acid fruit pulps and juices. **J. Food Sci.**, v. 55, n. 6, p. 1759-1761, 1990.
- [17] LABUZA, T.P. Interpretation of sorption data in relation to the state of constituent water. In: Duckworth, R.B. (ed.). **Water Relations of Foods**. New York: Academic Press, 1975. p. 155-172.
- [18] LAM FL, HOLCOMB IJ, FUSARI SA. Liquid chromatography assay of ascorbic acid, niacinamide, pyridoxine, thiamine and riboflavin in mineral preparations. **J. Assoc. Anal. Chem.**, v. 67 n. 5, p. 1007-1011, 1984.
- [19] MANCINI, F.; McHUGH, T.H. Fruit-alginate interactions in novel restructured products. **Nahrung-Food.**, v. 44, n. 3, p. 152-157, 2000.
- [20] McHUGH, T.H.; HUDSON, C.C. Extrusion processing of restructured peach and peach/starch gels. **Lebens. Wiss. Technol.**, v. 32, n. 5, p. 513-520, 1999.
- [21] MORRIS, E.R.; CHILVERS, G.R. Cold setting alginate-pectin mixed gels. **J. Sci. Food Agri.**, v. 35, n. 12, p. 1370-1376, 1984.
- [22] MOUQUET, C.; AYMARD, C.; GUILBERT, S.; CUVELIER, G.; LAUNAY, B. Influence of initial pH on gelation kinetics of texturized passion fruit pulps. **Lebens. Wiss. Technol.**, v. 30, n. 2, p. 129-134, 1997.
- [23] MOUQUET, C.; DUMA, J.C.; GUILBERT, S. Texturization of sweetened mango pulp: optimization using Response Surface Methodology. **J. Food Sci.**, v. 57, n. 6, p. 1395-1400, 1992.
- [24] NUSSINOVITCH, A.; KOPELMAN, I.J.; MIZRAHI, S. Mechanical properties of composite fruit products based on hydrocolloid gel, fruit pulp and sugar. **Lebens. Wiss. Technol.**, v. 24, n. 3, p. 214-217, 1991a.
- [25] NUSSINOVITCH, A.; KOPELMAN, I.J.; MIZRAHI, S. Modeling the combined effect of fruit pulp and sugar and gum on some mechanical parameters of agar and alginate gel. **Lebens. Wiss. Technol.**, v. 24, n. 6, p. 513-517, 1991b.
- [26] NUSSINOVITCH, A.; PELEG, M. Mechanical properties of a raspberry product texturized with alginate. **J. Food Proc. Pres.**, v. 14, n. 4, p. 267-278, 1990.
- [27] PEARSON D. **The Chemical Analysis of Food**. 6th ed. London: J. & A. Churchill, 1970.
- [28] PELEGRINI, D.H.; SILVA, F.C.; GASPARETTO, C.A. Rheological behavior of pineapple and mango pulps. **Lebens. Wiss. Technol.**, v. 35, n. 3, p. 645-648, 2002.
- [29] STABLE MICRO SYSTEMS. User Manual. Texture Analyser. Model TA-XT2i, Godalming, version 6.10 e 7.10, agosto de 1997, 87 p.
- [30] THOM, D.; DEA, I.C.; MORRIS, E.R.; POWEL, D.A. Interchain association of alginate and pectins. **Prog. Food Nutr. Sci.**, v. 6, p. 98-108, 1982.
- [31] VITALLI, A. Importância da atividade de água em alimentos. In: Jardim, D.C.P **I Seminário sobre Atividade de Água em Alimentos**. Campinas: ITAL. 1987. p. 1-5.
- [32] WEINER, G.; NUSSINOVITCH, A. Succulent, hydrocolloid based, texturized grapefruit products. **Lebens. Wiss. Technol.**, v. 27, n. 4, p. 394-399, 1994.

6 - AGRADECIMENTOS

os autores agradecem à FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – pela concessão de Bolsa de Pós-Doutorado e Auxílio à Pesquisa.