

Caracterização física e físico-química de diferentes formulações de doce de goiaba (*Psidium guajava* L.) da cultivar Pedro Sato

*Physical and physicochemical characterisation of different formulations of guava preserve (*Psidium guajava*, L.) from Pedro Sato cultivar*

Camila Carvalho MENEZES^{1*}, Soraia Vilela BORGES², Marcelo Ângelo CIRILLO³, Fabiana Queiroz FERRUA⁴, Letícia Fernandes OLIVEIRA⁵, Karina Scatolino MESQUITA⁵

Resumo

A vida útil de doces pode ser estendida com a utilização de conservantes e outros métodos combinados de conservação. O objetivo desse trabalho foi verificar o efeito da concentração de sorbato de potássio, concentração de ácido cítrico e razão polpa/açúcar sobre as características físicas e físico-químicas de formulações de doce de goiaba. Foi utilizado um planejamento fatorial 2³ completo com 3 pontos centrais. Modelos lineares foram ajustados para descrever as respostas em função dos fatores significativos. Resultados mostraram que a concentração de sorbato de potássio teve pouca influência sobre as respostas analisadas, exceto para o pH; a razão polpa/açúcar e a concentração de ácido cítrico são as variáveis mais relevantes nesse processo. Para obter doces firmes e de maior rendimento é necessário o aumento da concentração de ácido cítrico e a diminuição da razão polpa/açúcar.

Palavras-chave: frutas; processamento; qualidade.

Abstract

The shelf life of preserves can be extended by the use of preservatives and other combined preservation methods. The objective of the present study was to verify the effects of potassium sorbate and citric acid concentrations and the pulp:sugar ratio on the physical and physicochemical characteristics of guava preserve formulations. A complete 2³ factorial design was used with 3 central points. Linear models were fitted to describe the responses as a function of the significant factors. The results showed that the potassium sorbate concentration had little effect on the responses analysed, except for the pH. The pulp:sugar ratio and the citric acid concentration are the most relevant variables to this process. The citric acid concentration and the pulp:sugar ratio must be increased to obtain firm preserves and greater yield.

Keywords: fruits; processing; quality.

1 Introdução

O Brasil é um dos três maiores produtores mundiais de goiaba (*Psidium guajava* L.), sendo a cultivar Pedro Sato a preferida no mercado nacional (AZZOLINE et al., 2005). Constitui-se em um dos frutos de maior importância nas regiões subtropicais e tropicais, não só devido ao seu elevado valor nutritivo, mas pela excelente aceitação do consumo in natura, pela sua grande aplicação industrial, como também porque pode se desenvolver em condições adversas de clima (GONGATTI NETTO; GARCIA; ARDITO, 1996).

Em termos de mercado brasileiro a goiabada ou doce em massa de goiaba é um dos produtos industrializados de fruta mais consumidos pela classe média baixa e pela faixa de menor poder aquisitivo da sociedade (PEÇANHA et al., 2006). A goiabada ou doce em massa de goiaba deve ter cor característica do produto, variando de vermelho amarelado a vermelho amarronzado, odor e sabor característicos lembrando a

goiaba, aparência gelatinosa e sólida, permitindo corte (MORI; YOTSUANAGI; FERREIRA, 1998).

Os doces em massa são resultantes do processamento adequado das partes comestíveis dos vegetais, adicionados de açúcares, água, pectina (0,5 a 1,5% em relação à polpa), ajustador de pH (3 a 3,4), além de outros ingredientes e aditivos permitidos até alcançar a consistência adequada, assegurando estabilidade ao produto. Após o processamento, os doces devem ser devidamente embalados e armazenados em condições ambientais (JACKIX, 1988; ABIA, 2001). De acordo com Albuquerque (1997), fatores intrínsecos, como o grau de esterificação da pectina e o pH do doce, e fatores extrínsecos, como pré-processamento da fruta, temperatura de cocção, tamanho da embalagem, tempo e temperatura de geleificação, além da ordem na colocação dos ingredientes, afetam o processo

Recebido para publicação em 11/12/2007

Aceito para publicação em 15/9/2008 (003087)

¹ Universidade Federal de Lavras – UFLA, R. João Inácio Dias, 462, Nepomuceno, CEP 37250-000, Lavras - MG, Brasil, E-mail: camilacarvalhomenezes@yahoo.com.br

² Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras - MG, Brasil, E-mail: sborges@ufla.br

³ Departamento de Ciências Exatas, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras - MG, Brasil, E-mail: marcelocirillo@hotmail.com

⁴ Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras - MG, Brasil, E-mail: fqueiroz@ufla.br

⁵ Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras - MG, Brasil, E-mail: letferol@yahoo.com.br, karinascatolino@yahoo.com.br

*A quem a correspondência deve ser enviada

de fabricação de geléias e doces, por conseguinte, a qualidade do produto final.

Do ponto de vista microbiológico, os doces artesanais, conforme a embalagem e condições de processamento e armazenamento, têm uma vida útil que pode variar de 6 meses a 1 ano (TFOUNI; TOLEDO, 2002), a qual pode ser prolongada pela adição de ácido sórbico e seus sais, que têm boa atuação na faixa de pH de 4,0 a 6,0 (JAY, 1996).

De acordo com a Resolução DRC nº 34, de 09 de março de 2001 (BRASIL, 2001), por meio das Tabelas de Aditivos Intencionais, o limite máximo fixado de adição de conservadores é de 0,10% (m/m em relação à polpa) para ácido sórbico e seus sais de sódio, potássio e cálcio. Para acidulantes, o ácido cítrico deve ser utilizado em quantidade suficiente para o efeito desejado.

Visando estabelecer padrões de qualidade para o doce de goiaba, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da concentração de sorbato de potássio, concentração de ácido cítrico e razão polpa/açúcar sobre as características físicas e físico-químicas do doce de goiaba.

2 Material e métodos

2.1 Delineamento experimental e análise dos resultados

Foi utilizado um planejamento fatorial 2^3 completo (níveis ± 1) com adição de 3 pontos centrais (nível 0), totalizando 11 ensaios (Tabela 1). Após a obtenção dos resultados, utilizou-se a metodologia de superfície de resposta (BOX; DRAPER, 1987) para avaliar o efeito das concentrações de sorbato de potássio e ácido cítrico em relação à polpa, e razão polpa/açúcar (variáveis independentes) sobre as variáveis respostas pH, acidez titulável (AT), açúcares não redutores (ANR), açúcares redutores (AR), atividade de água (a_w), rendimento (RE), cor L*, cor a*, firmeza (FI), coesividade (CO), elasticidade (EL), adesividade (AD) e fraturabilidade (FR).

Tabela 1. Delineamento experimental para os ensaios de elaboração de doce de goiaba.

Ensaio	Variáveis codificadas			Variáveis reais		
	x_1	x_2	x_3	x_1 (%)	x_2 (%)	x_3 (m/m)
1	+1	+1	+1	0,50	0,10	60/40
2	+1	+1	-1	0,50	0,10	50/50
3	+1	-1	+1	0,50	0,00	60/40
4	+1	-1	-1	0,50	0,00	50/50
5	-1	+1	+1	0,00	0,10	60/40
6	-1	+1	-1	0,00	0,10	50/50
7	-1	-1	+1	0,00	0,00	60/40
8	-1	-1	-1	0,00	0,00	50/50
9	0	0	0	0,25	0,05	55/45
10	0	0	0	0,25	0,05	55/45
11	0	0	0	0,25	0,05	55/45

x_1 = concentração de ácido cítrico; x_2 = concentração de sorbato de potássio; e x_3 = razão polpa/açúcar.

Com a finalidade de avaliar o efeito dos fatores, estimou-se o modelo linear, incluindo-se o efeito de interação de acordo com a Equação 1.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \varepsilon \quad (1)$$

onde β_n são os coeficientes de regressão, Y é a resposta em questão (pH, AT, ANR, AR, a_w , RE, cor L, cor a*, FI, CO, EL, AD e FR), x_1 , x_2 e x_3 são as variáveis independentes codificadas (concentração de ácido cítrico, concentração de sorbato de potássio e razão polpa/açúcar) e ε o erro experimental. O critério utilizado para aceitar o modelo proposto foi dado pelo alto valor do coeficiente de determinação (R^2), sendo este assumido como um valor superior a 70%, permitindo inferir que o modelo explica uma elevada porcentagem da variabilidade total. Analisou-se a significância das estimativas dos coeficientes com o intuito de verificar qual fator teve melhor contribuição para o ajuste do modelo, considerando-se um nível de significância de 5%.

2.2 Processamento dos doces

Foram empregadas goiabas maduras da cultivar Pedro Sato em estágio avançado de maturação, adquiridas de produtores da Associação dos Fruticultores de Lavras (FRUTILAVRAS), safra 2007, sendo armazenadas sob refrigeração até seu processamento. No fluxograma apresentado pela Figura 1, estão demonstradas as etapas de elaboração do doce. Os frutos foram

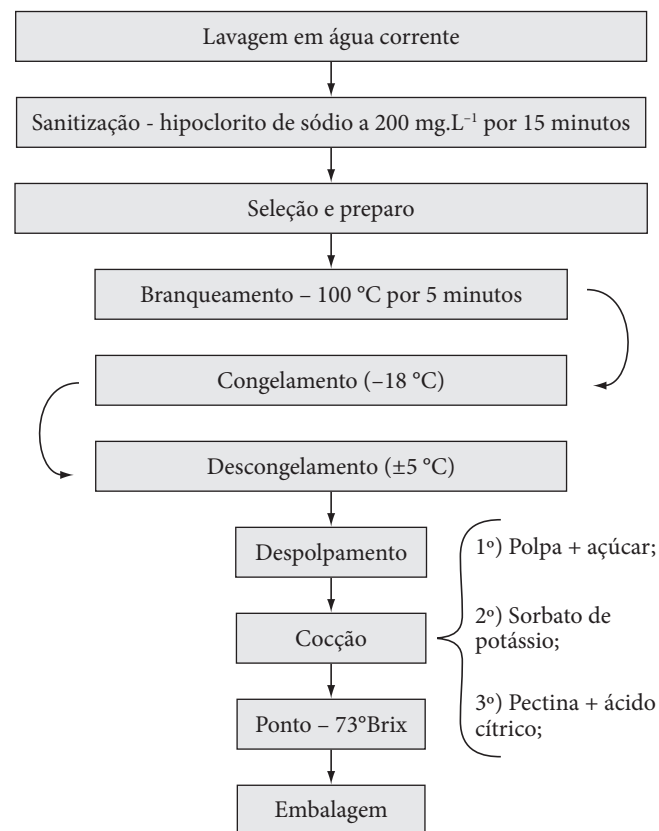


Figura 1. Fluxograma de elaboração do doce de goiaba.

lavados em água corrente, sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 200 mg.L⁻¹ por 15 minutos, selecionados, branqueados para a inativação das enzimas responsáveis pelo escurecimento enzimático (100 °C, por 5 minutos), acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade e congelados a -18 °C para posterior processamento dos doces de goiaba. Para determinar o binômio tempo × temperatura utilizado no branqueamento, realizou-se a análise de atividade da peroxidase segundo Matsumo e Uritane (1972). O tratamento térmico a 100 °C por 5 minutos foi suficiente para inativação total dessa enzima que por ser uma das enzimas de maior estabilidade térmica presente em frutas e vegetais, é muito utilizada como indicador de branqueamento e outros processamentos térmicos envolvendo tais alimentos (WHITAKER, 1972).

Nesse processo experimental foram utilizadas 9 formulações distintas, conforme Tabela 1. As goiabas congeladas por 3 dias foram descongeladas em geladeira (±5 °C) no dia anterior ao despolpamento e despolpadas em despolpadeira elétrica (peneira de diâmetro de 6 mm). Os ingredientes utilizados foram: açúcar tipo cristal (comercial), ácido cítrico monoidratado (grau comercial NUCLEAR), pectina cítrica de alto grau de metoxilação (grau comercial VETEC) e sorbato de potássio (grau comercial VETEC). O doce foi processado em tacho aberto de aço inoxidável, após a adição da polpa e do açúcar. A pectina (0,5% em relação à polpa em todos os tratamentos) e o ácido cítrico foram incorporados ao doce ao final do processo de cocção para evitar a degradação da pectina devido à acidez e à alta temperatura. Já, o sorbato de potássio foi adicionado ao doce dissolvido em uma porção de polpa (em média, quatro partes de polpa para uma de sorbato) quando o doce apresentou concentração em torno de 50° Brix. As diferentes formulações dos doces (Tabela 1) permaneceram sob cocção até atingirem um teor de sólidos solúveis de 73° Brix. Após o término do processo, os doces foram armazenados em potes de polipropileno, sendo que o enchimento foi feito a quente. Os doces foram resfriados em temperatura ambiente.

2.3 Análises físico-químicas

O pH foi determinado em potenciômetro digital, segundo IAL (1985). A acidez titulável foi realizada segundo técnica descrita pela AOAC (1992) e expressa em equivalente de ácido cítrico por 100 g da amostra. Os teores de açúcares redutores e açúcares não redutores foram analisados pelo método de Somogy, adaptado por Nelson (AOAC, 1992). A atividade de água foi determinada utilizando-se equipamento Aqualab (Decagon modelo 3 TE). As amostras, aproximadamente 5 g, foram dispostas em recipientes plásticos e as leituras foram realizadas em temperatura controlada de 25,0 ± 0,3 °C. As determinações foram feitas em triplicata no dia seguinte ao processamento do doce.

2.4 Análise de perfil de textura (TPA)

A TPA foi realizada utilizando-se um analisador de textura TA.TX2i Stable Micro Systems, (Goldaming, England), com sonda cilíndrica de acrílico de fundo chato (Ø = 6 mm) e tempo, distância, velocidades de pré-teste, teste e pós-teste de 5 segundos, 20, 4, 2 e 4 mm/s, respectivamente. As leituras foram

realizadas nas amostras dentro da embalagem de polipropileno (5,5 cm de altura e 9 cm de diâmetro), uma vez que não foi possível modelá-las, pois algumas formulações não atingiram ponto de corte. Os resultados obtidos da curva força × tempo foram calculados pelo Software Texture Expert Versão 1.22. Os parâmetros analisados foram: firmeza, coesividade, elasticidade, adesividade e fraturabilidade. Os resultados expressos são médias de oito determinações.

2.5 Análise de cor

A cor dos doces foi determinada de acordo com a metodologia proposta por GIESE (1996). Os valores de L e a* foram determinados com aparelho colorímetro Minolta modelo CR 400, trabalhando com D₆₅ (luz do dia) e usando-se os padrões CIELab: em que L varia de 0 (preto) a 100 (branco), a* varia do verde (-) ao vermelho (+). Os valores de b* também foram obtidos, porém, não foram avaliados, pois, de acordo com Padula e Rodriguez-Amaya (1987), no caso da goiaba, que tem como cor predominante o vermelho em razão da grande quantidade de licopeno presente nessa fruta, o valor a* é muito mais representativo da cor que o b*.

2.6 Cálculo do rendimento

O rendimento dos doces foi calculado em relação à quantidade de polpa pela Equação 2.

$$\% R = (Pf \times 100) / Pi \quad (2)$$

em que % R = porcentagem de rendimento do doce; *Pi* = massa da polpa (kg); e *Pf* = massa do doce após o processamento (kg).

3 Resultados e discussões

As respostas para as análises físico-químicas, físicas e o rendimento dos doces, encontram-se sumarizadas na Tabela 2.

Os modelos de regressão em nível de 5% de significância foram estabelecidos a partir dos resultados experimentais das variáveis estudadas. Nos modelos completos, eliminaram-se os coeficientes não significativos, obtendo-se os modelos ajustados com o emprego de variáveis codificadas (Tabela 3). A adequabilidade dos modelos completos pode ser verificada pelos coeficientes de determinação (R²), que explicam entre 70 a 98% da variância total das repostas. Em razão destes resultados, os modelos completos foram usados para prever o comportamento das respostas dentro do intervalo de variação estudado, sendo que as variáveis independentes que não aparecem nos gráficos de superfície foram fixadas nos seus respectivos pontos centrais.

A adição de ácido cítrico, como esperado, reduziu o pH (Figura 2a) e aumentou a acidez (Figura 2b) dos doces. Nascimento et al. (2003), adicionando suco de maracujá em doces em massa de casca de maracujá, obtiveram pH próximos a 3,6. Similarmente, Wille et al. (2004), em seu estudo para desenvolver uma tecnologia para fabricação de doce em massa com araçá-pera, fruta muito ácida, necessitaram corrigir o pH

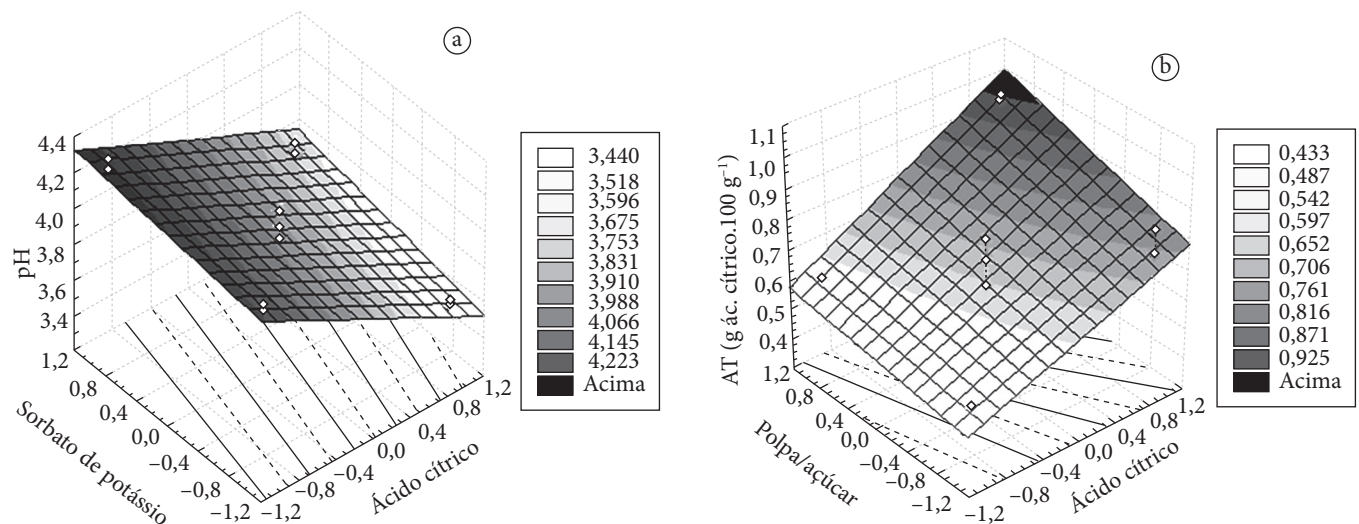
Tabela 2. Médias das análises físico-químicas, físicas e de rendimento dos doces de goiaba.

Respostas	Ensaio										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
pH	3,61	3,67	3,43	3,45	4,19	4,26	4,08	4,12	3,98	3,79	3,87
Acidez titulável (g ac. Cítrico.100 g ⁻¹)	0,92	0,68	0,94	0,77	0,51	0,42	0,51	0,43	0,51	0,62	0,70
Açúcares não redutores (g.100 g ⁻¹)	61,3	67,8	56,3	65,5	66,9	71,8	66,7	71,5	66,7	64,4	66,2
Açúcares redutores (g.100 g ⁻¹)	22,2	17,3	24,3	21,8	15,7	12,7	14,4	13,8	15,8	17,4	15,9
Atividade de água (a _w)	0,75	0,68	0,76	0,71	0,75	0,68	0,74	0,75	0,75	0,71	0,73
Rendimento (%)	99,0	137,3	99,5	138,7	100,0	136,3	100,5	138,7	112	117	116,7
Cor L*	35,4	32,0	36,4	29,2	37,6	27,4	32,1	27,4	32,9	33,6	33,8
Cor a*	10,9	11,3	11,5	11,5	10,3	13,5	10,8	14,2	10,8	11,7	10,6
Firmeza (g)	509,5	280,5	397,9	266,2	65,9	36,3	46,1	35,9	402,7	235,0	349,8
Coesividade	0,34	0,35	0,36	0,36	0,65	0,74	0,68	0,75	0,38	0,40	0,38
Elasticidade	19,97	19,63	20,00	19,73	19,81	19,87	19,82	19,88	19,88	19,67	19,85
Adesividade (g.s)	-868	-593	-583	-530	-348	-203	-269	-214	-789	-574	-732
Fraturabilidade (g)	747,2	335,9	611,0	358,2	47,4	0,0	42,3	0,0	400,2	329,7	441,2

Tabela 3. Equações de regressão com variáveis codificadas, significância e coeficientes de determinação dos modelos completos para as respostas das análises físico-químicas, físicas e de rendimento dos doces de goiaba.

Resposta	Modelo estimador	Prob > F	R ²
Ph	$3,86 - 0,3108x_1 + 0,0808x_2$	0,0000	0,9779
Acidez titulável (g ac. cítrico.100 g ⁻¹)	$0,64 + 0,1783x_1 + 0,0725x_3$	0,0000	0,9363
Açúcares não redutores (g.100 g ⁻¹)	$65,89 - 3,1808x_1 - 3,2208x_3$	0,0003	0,9790
Açúcares redutores (g.100 g ⁻¹)	$17,37 + 3,6325x_1 + 1,3833x_3$	0,0024	0,9577
Atividade de água (a _w)	$0,72 + 0,0223x_3$	0,0000	0,8354
Rendimento (%)	$117,79 - 19,0000x_3$	0,0000	0,9854
Cor L*	$32,54 + 3,2007x_3$	0,0000	0,8736
Cor a*	$11,56 - 1,7270x_3 + 1,5320x_1x_3$	0,0000	0,8672
Firmeza (g)	$238,70 + 158,7396x_1$	0,0010	0,8318
Coesividade	$0,49 - 0,1740x_1$	0,0000	0,8480
Elasticidade	19,82	0,0000	0,7698
Adesividade (g.s)	$-518,56 - 192,4680x_1$	0,0016	0,7012
Fraturabilidade (g)	$296,84 + 245,3244x_1$	0,0006	0,9354

x_1 = concentração de ácido cítrico (%); x_2 = concentração de sorbato de potássio (%); e x_3 = razão polpa/açúcar.

**Figura 2.** Superfícies de respostas para pH e acidez titulável (AT) dos doces de goiaba.

com frutas pouco ácidas para valores de 3,1 a 3,6 a fim de obter um gel de boa consistência. O aumento da razão polpa/açúcar, ou seja, o aumento da adição de polpa também exerceu um efeito positivo em relação à acidez titulável dos doces (Figura 2b) que pode ter sido em decorrência da acidez titulável de goiabas da cultivar Pedro Sato em estágio avançado de maturação ser em torno de 0,51% de ácido cítrico (AZZOLINI; JACOMINO; BRON, 2004).

A adição de sorbato de potássio aumentou o pH dos doces (Figura 2a), tornando o produto menos ácido. Segundo Padilia-Zakour e Anderson (1998), a adição de sorbato de potássio no alimento normalmente ocasiona um aumento do pH em aproximadamente 0,1 a 0,5 unidades de pH, dependendo da quantidade adicionada, pH do meio e tipo de produto. A relação entre o pH e a dissociação das moléculas de ácido sórbico é diretamente proporcional, ou seja, quanto menor o pH, menor o número de ácidos dissociados (SOFOS; BUSTA, 1981), e, portanto, o pH tende a se elevar.

O aumento da quantidade de açúcar e a redução de ácido utilizado nas formulações elevaram os teores de açúcares não redutores (Figura 3a). Já, em relação aos açúcares redutores, a menor concentração de sacarose ou maior teor de polpa e maior acidez, promoveu um tempo de cocção prolongado, permitindo maior inversão (Figura 3b) com consequente aumento dos açúcares redutores. Estudando o aproveitamento da polpa de umbu verde como alternativa para a produção de doces em massa com a utilização da proporção polpa:sacarose de 1:1, Policarpo et al. (2003) determinaram que a sacarose não esteve presente nos doces, pois foi hidrolisada em meio ácido (pH = 3,0) e sob aquecimento. Já, no presente estudo, ao final da cocção, a presença de sacarose foi maior do que a de glucose, significando um menor grau de hidrólise neste processo, o que é desejável para estabilidade física do doce. Segundo Jackix (1988), a porcentagem ótima de açúcar invertido está entre 35 e 40% dos açúcares totais. Um excesso de açúcares invertidos (cerca de 50% dos sólidos totais) poderá resultar numa granulação de

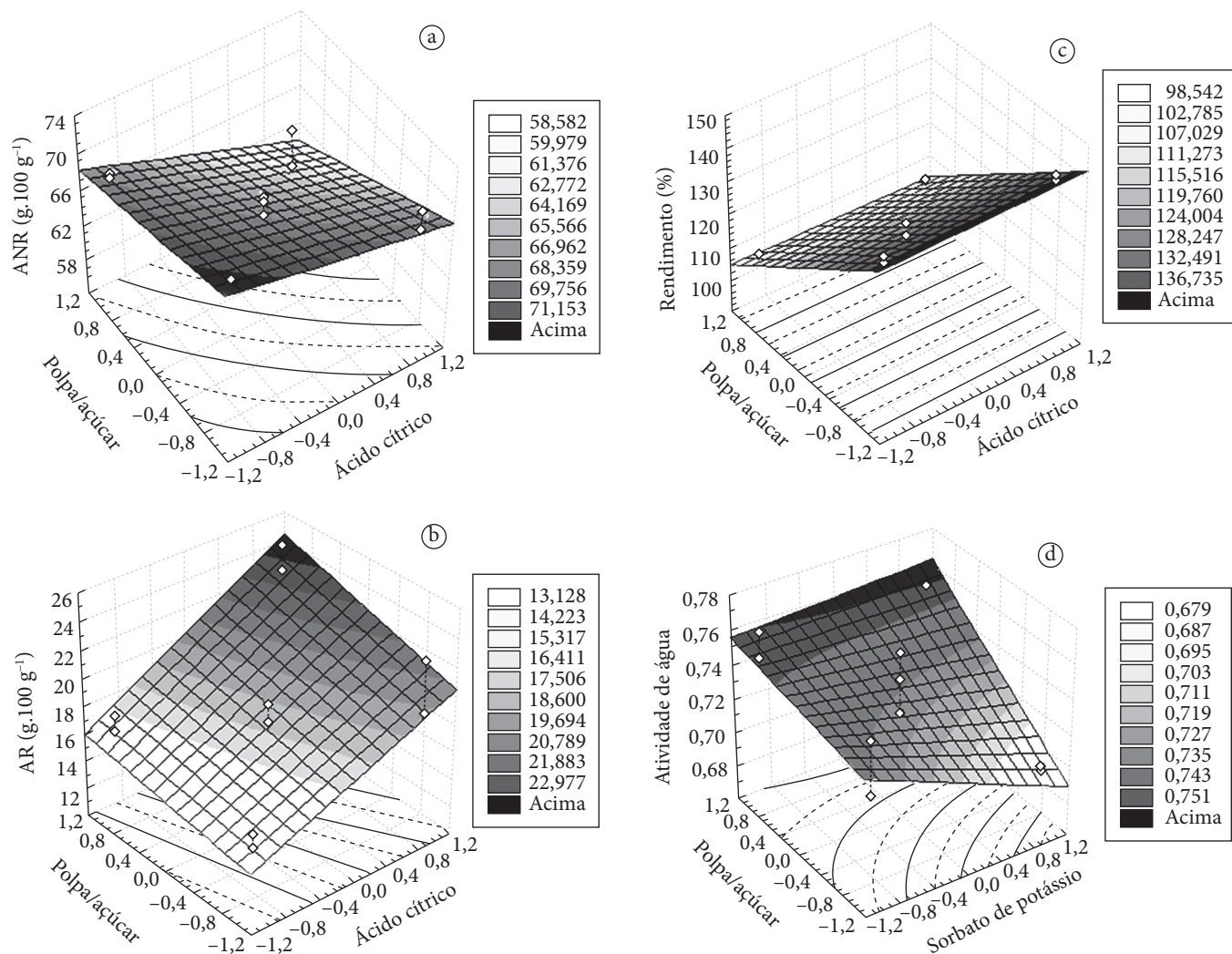


Figura 3. Superfícies de respostas para açúcares não redutores (ANR), açúcares redutores (AR), atividade de água (a_w) e rendimento (RE) dos doces de goiaba.

dextrose (glucose) no gel e a baixa inversão da sacarose poderá provocar cristalização. O aumento da concentração do ácido cítrico provocou uma elevação no teor de açúcares redutores (Figura 3b) e uma redução no teor de açúcares não redutores (Figura 3a), confirmando que houve inversão da sacarose durante o processo de cocção.

Os doces que apresentaram maior porcentagem de açúcar em suas formulações resultaram em um maior rendimento (Figura 3c), pois a concentração de açúcar é um dos fatores que interfere na determinação do teor de sólidos solúveis estabelecido para indicar o término do processo de cocção, sendo este resultado compatível com o de Albuquerque (1997), que determinou em seus estudos que o tempo de geleificação é inversamente proporcional à concentração de açúcar. Assim, o aumento da adição de açúcar acarreta um menor tempo de cocção e menor evaporação de água.

A atividade de água diminuiu com o aumento da adição de açúcar (Figura 3d), pois este composto é altamente higroscópico, assim diminui o teor de água livre no alimento, a qual é utilizada para as reações deteriorativas. Torrezan, Jardine e Vitali (1999), estudando o efeito da adição de solutos e ácidos em polpa de goiaba também verificaram que quanto maior a adição de sacarose, menor a atividade de água do sistema. Resultado este semelhante ao relatado por Soares Júnior, Maia e Nelson (2003) e Policarpo et al. (2003), que estudaram as características de doces em massa de manga e de umbu verde, respectivamente. De acordo com Franco e Landgraf (1996), a umidade relativa de doces de frutas é de 70 a 80% ou a_w 0,7 a 0,8. Assim, no processo de otimização do doce de goiaba é desejável que a atividade de água (a_w) encontre-se dentro desses limites para garantir uma boa estabilidade física e microbiológica, evitando o crescimento de microrganismos e reações de escurecimento não enzimático.

O aumento da porcentagem de açúcar ou a diminuição da adição de polpa também contribuiu para uma diminuição da luminosidade dos produtos (Figura 4a) que, provavelmente, foi em decorrência de um maior escurecimento não enzimático como caramelização e reação de Maillard. De acordo com

Maltini et al. (2003), existe uma relação direta entre a ocorrência da reação de Maillard (escurecimento não enzimático) e a atividade de água de alimentos de origem vegetal, sendo esta ocorrência benéfica ou não, dependendo da característica final desejável para o produto. Em muitos casos tem sido observado um escurecimento máximo em atividade de água entre 0,3 e 0,7.

Em relação ao parâmetro de croma a^* , as análises mostraram um efeito linear negativo da razão polpa/açúcar (Tabela 3). Como já citado anteriormente, a maior concentração de polpa proporciona um maior tempo e temperatura de cocção, o qual pode influenciar na degradação dos pigmentos carotenoides (licopeno) predominantes no produto que são responsáveis pela coloração vermelha. Viguera, Zafrilla e Tomás-Barberán (1999) em seus estudos sobre a influência do processamento sobre a cor de geleia de morango, determinaram que existe uma relação direta entre o aumento do tempo e a temperatura de cocção sobre a degradação da antocianina (pigmento polimérico responsável pela coloração vermelha do morango). Shi et al. (2003) também observaram que apesar da estabilidade do licopeno até 100 °C (SATO; SANJINÉZ-ARGANDONÁ; CUNHA, 2006), maiores temperaturas podem isomerizar e oxidar estes carotenoides, diminuindo a cor vermelha. Apesar de não apresentar-se significativo a $p \leq 0,05$, o coeficiente de regressão atribuído ao parâmetro linear para a variável ácido cítrico apresenta-se negativo (-0,8833) (Figura 4b), mostrando uma tendência desse fator sobre a diminuição da cor vermelha que pode também estar associada à degradação do licopeno pela diminuição do pH do meio. Porém, o efeito positivo da interação binária entre a concentração de ácido cítrico e da razão polpa/açúcar proporcionou um aumento da coloração vermelha, que possivelmente está relacionada à influencia associada desses fatores com a ruptura das membranas, liberando o licopeno e realçando a cor (THOMPSON et al., 2000; DEWANTO et al., 2002).

A adição de ácido cítrico teve influência sobre a firmeza dos doces, sendo que quanto maior a adição de ácido, maior a firmeza (Figura 5a). Soares Júnior, Maia e Nelson (2003),

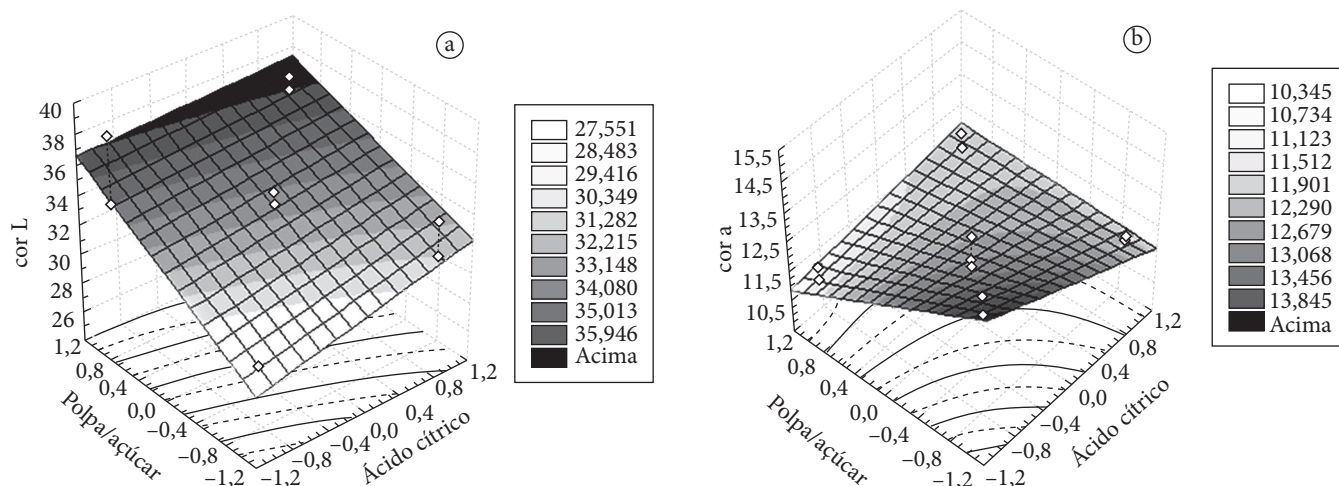


Figura 4. Superfícies de respostas para parâmetros de cor L e a^* dos doces de goiaba.

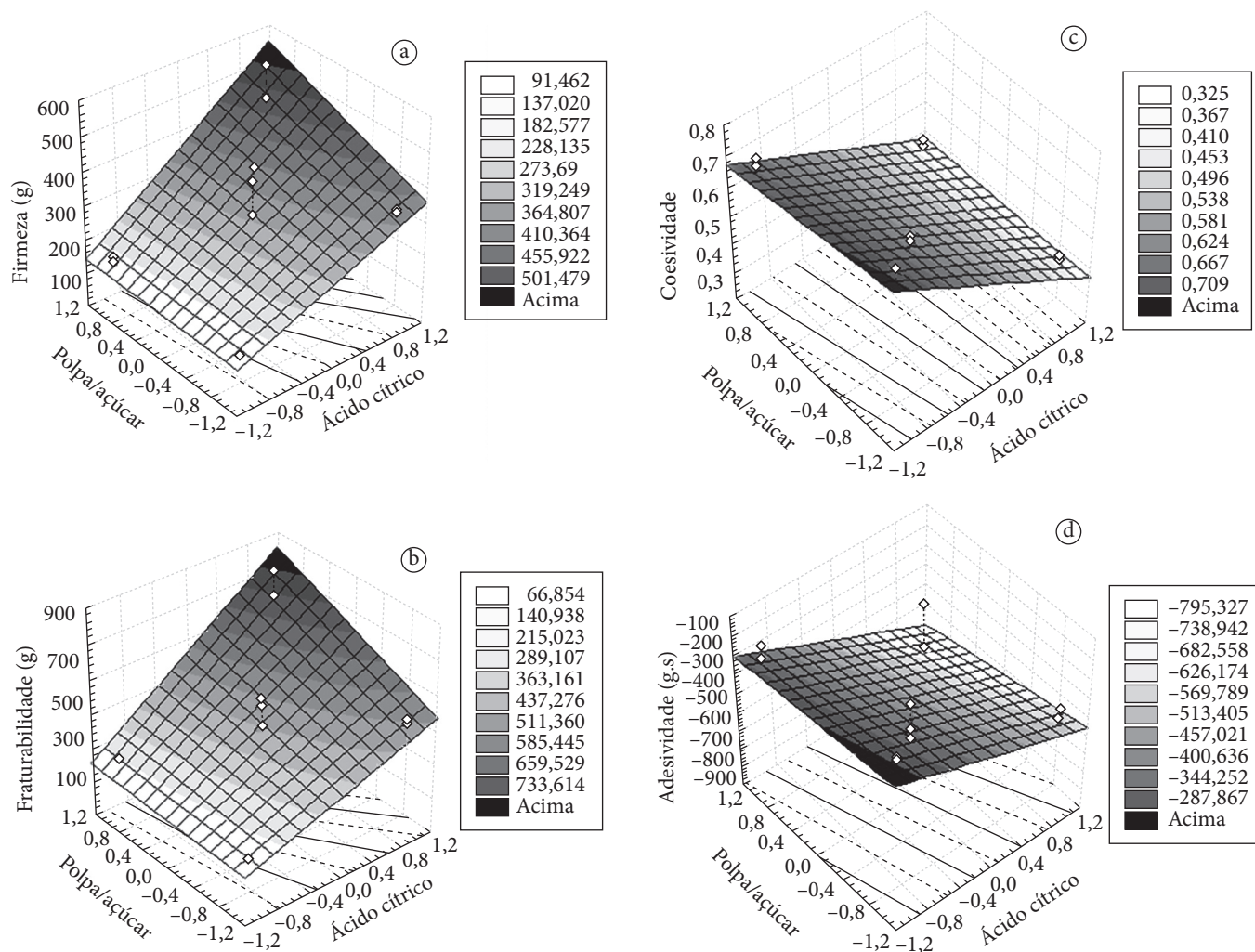


Figura 5. Superfícies de respostas para o Perfil de Textura (firmeza, fraturabilidade, coesividade e adesividade) dos doces de goiaba.

ao estudar os perfis texturométricos de pares de amostras de doce de manga com teores de sólidos solúveis de polpa e de pectina iguais, observaram resultado semelhante. Este fato pode ser atribuído à menor dissociação das carbonilas livres nas moléculas de pectina, o que diminui a repulsão intermolecular e favorece a formação de ligações cruzadas, essenciais para a formação do gel (ALIKONIS, 1979; GLICKSMAN, 1969). Segundo Evangeliou, Richardson e Morris (2000), o xarope de glucose tem maior interação com a pectina, o que favorece a obtenção de géis mais rígidos por ligações intermoleculares de pectina. Assim, como no presente trabalho a adição de ácido cítrico aumentou os valores de açúcares redutores, este fato também pode ter contribuído para aumentar a firmeza dos doces. Resultados similares foram obtidos por Martins et al. (2007) e Policarpo et al. (2003). Raphaelides, Ambatzidou e Petridis (1996) observaram que monossacarídeos e suas misturas com sacarose formam géis mais rígidos que dissacarídeos.

Com o aumento da firmeza dos doces ocasionada pela adição de ácido cítrico também houve um aumento da

fraturabilidade (Figura 5b). Os ensaios 6 e 8 (ambos com 50% de polpa e ausência de ácido cítrico) não apresentaram pico no primeiro ciclo de compressão que indicasse fratura dos doces. Segundo Tang, McCarthy e Munro (1995), um gel que se fratura muito facilmente no ciclo de compressão é considerado mais quebradiço que o que rompe depois. Sendo assim, quanto maior a dureza do doce, maior a fratura ocasionada.

A redução de ácido cítrico levou ao aumento tanto da coesividade, como da adesividade (Figuras 5c,d) dos doces de goiaba. Um gel mais liso e mais difícil de desmanchar na boca quando o produto é degustado apresenta menor coesividade. Ao contrário do que acontece quando o gel é mais maciço e facilmente rompível.

Nenhuma das variáveis independentes estudadas apresentou influência significativa sobre a elasticidade dos doces, sendo este um parâmetro que mede o quanto a estrutura original de uma amostra retorna após uma compressão original (SMEWING, 2001). A elasticidade média dos doces estudados foi de 19,83.

4 Conclusões

Os resultados indicam que a concentração de sorbato de potássio entre 0,05 e 0,1% teve pouca influência sobre as respostas analisadas, exceto para o pH durante o processo de otimização. A razão polpa/açúcar e a concentração de ácido cítrico foram as variáveis mais relevantes nesse processo. Para obter doces firmes e de maior rendimento é necessário o aumento da concentração de ácido cítrico (0,5%) e diminuição da razão polpa/açúcar (50/50).

Agradecimentos

À FAPEMIG pelo apoio financeiro ao Projeto Processo no. EDT-2414/05; à FRUTILAVRAS (Associação dos Fruticultores de Lavras) pela colaboração e participação neste projeto; ao CNPq pela concessão da bolsa de Mestrado.

Referências bibliográficas

- ALBUQUERQUE, J. P. Fatores que influenciam no processamento de geléias e geleadas de frutas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 1, p. 62-67, 1997.
- ALIKONIS, J. J. Starch and pectin jellies. In: **Candy Technology**. Connecticut: AVI, 1979. p. 109-118.
- Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação - ABIA. **Compêndio de legislação dos alimentos**: consolidação das normas e padrões para alimentos. São Paulo: ABIA, 2001, v. 2.
- Association of Official Analytical Chemistry - AOAC. **Official methods of analysis**. 11 ed. Washington: AOAC, 1992. 115 p.
- AZZOLINE, M. A. et al. Ripening of "Pedro Sató" guava: study on its climacteric or non-climacteric nature. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, n. 3, p. 299-306, 2005.
- AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; BRON, L. U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 2, p. 139-145, 2004.
- BOX, G. E. P.; DRAPER, N. R. **Empirical model-building and response surfaces**. New York: Wiley, 1987. 669 p.
- BRASIL. Resolução RDC nº 34, de 9 de Março de 2001. Regulamento técnico que aprova o uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos 21: preparações culinárias industriais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 de Março de 2001.
- DEWANTO, V. et al. Thermal processing enhances the nutritional value of tomates by increasing total antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 10, p. 3010-3014, 2002.
- EVANGELIOU, V.; RICHARDSON, R. K.; MORRIS, E. R. Effect of pH, sugar type and thermal annealing on high-methoxy pectin gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 42, n. 3, p. 245-259, 2000.
- FRANCO, B. G. M.; LANGDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. 182 p.
- GIESE, J. Fats, oils, and fat replacers. **Food Technology**, v. 50, n. 4, p. 78-83, 1996.
- GLICKSMAN, M. **Gum technology in the food industry**. New York: Academic Press, 1969. p. 159-189.
- GONGATTI NETTO, A.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F. G. **Goiaba para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: EMBRAPA, 1996. 35 p.
- Instituto Adolfo Lutz - IAL. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo: Editora do IAL, 1985. v. 1, 371 p.
- JACKIX, M. H. **Doces, geléias e frutas em calda**. São Paulo: Ícone, 1988. p. 85-158.
- JAY, J. M. **Modern Food Microbiology**. New York: Chapman & Hall, 1996. 499 p.
- MALTINI, E. et al. Water activity and the preservation of plant foods. **Food Chemistry**, v. 82, n. 1, p. 79-86, 2003.
- MARTINS, M. L. A. et al. Características de doces em massa de umbu verde e maduro e aceitação pelos consumidores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, p. 1329-1333, 2007.
- MATSUMO, H.; URITANE, I. Physiological behaviour of peroxidase enzymes in sweet potato root tissue injured by cutting or back root. **Plant and Cell Physiology**, v. 13, n. 6, p. 1091-1101, 1972.
- MORI, E. E. M.; YOTSUANAGI, K.; FERREIRA, V. L. F. Análise sensorial de goiabadas de marcas comerciais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 1, p. 105-110, 1998.
- NASCIMENTO, M. R. F. et al. Características sensoriais, microbiológicas y físico-químicas de dulces em massa de cáscara de maracujá amarillo. **Alimentaria**, n. 347, p. 97-100, 2003.
- PADILLA-ZAKOUR, O.; ANDERSON, J. L. **Chemical Food Preservatives**: Benzoate & Sorbate. New York: Venture, 1998. 2 p.
- PADULA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Changes in individual carotenoids and vitamin C on processing and storage of guava juice. **Acta Alimentaria**, v. 16, n. 3, p. 209-216, 1987.
- PEÇANHA, D. A. et al. Qualidade microbiológica, físico-química e sensorial de goiabada tipo cascão produzida na região norte do Estado do Rio de Janeiro. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 9, n. 1, p. 25-32, 2006.
- POLICARPO, V. M. et al. Efeito de aditivos sobre el color, textura y aceptación del dulce de umbu (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.) verde. **Alimentaria**, n. 346, p. 111-116, 2003.
- RAPHAELIDES, S. N.; AMBATZIDOU, A.; PETRIDIS, D. Sugar Composition Effects on Textural Parameters of Peach Jam. **Journal Food Science**, v. 61, n. 5, p. 942-946, 1996.
- SATO, A. C. K.; SANJINÉZ-ARGANDONÁ, E. J.; CUNHA, R. L. The effect of addition of calcium and processing temperature in the quality of guava in syrup. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 41, n. 4, p. 417-424, 2006.
- SMEWING, J. Hidrocolóides. In: ROSENTHAL, A. J. **Textura de los alimentos**: medida e percepción. Zaragoza: Acríbia, 2001. p. 273-290.
- SOARES JÚNIOR, A. M.; MAIA, A. B. R. A.; NELSON, D. L. Estudo do efeito de algumas variáveis de fabricação no perfil de texturométrico do doce de manga. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 1, p. 76-80, 2003.
- SOFOS, J. M.; BUSTA, F. F. Antimicrobial Activity of Sorbate. **Journal of Food Protection**, v. 44, n. 8, p. 614-622, 1981.
- TANG, Q.; McCARTHY, O. J.; MUNRO, P. A. Effects of pH on whey protein concentrate gel properties: comparisons between small deformation (dynamic) and large deformation (failure) testing. **Journal of Texture Study**, v. 26, n. 3, p. 255-272, 1995.
- TFOUNI, S. A. V.; TOLEDO, M. C. F. Determination of benzoic and sorbic acids in Brazilian food. **Food Control**, v. 13, n. 2, p. 117-123, 2002.
- THOMPSON, K. A. et al. Cultivar, maturity, and heat treatment on lycopene content in tomatoes. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 5, p. 791-795, 2000.
- TORREZAN, R.; JARDINE, J. G.; VITALI, A. A. Efeito da adição de solutos e ácidos em polpa de goiaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 1, p. 43-45, 1999.
- VIGUERA, C. G.; ZAFRILLA, P.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Influence of processing and storage conditions in strawberry jam color. **Food Science and Technology International**, v. 5, n. 6, p. 487-492, 1999.
- WHITAKER, J. R. Effect of temperature on enzyme-catalysed reactions. In: **Principes of enzymology for the food science**. New York: Marcel Dekker, 1972. p. 319-349.
- WILLE, G. M. F. C. et al. Desenvolvimento de tecnologia para a fabricação de doce em massa com araca-pêra (*Psidium acutangulum* D. C.) para pequeno produtor. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 6, p. 1360-1366, 2004.