

PRODUÇÃO DE SUCO CLARIFICADO DE GOIABA COM USO DE ENZIMA PECTINOLÍTICA E AGENTES "FINING" ¹

ISABELLA MONTENEGRO BRASIL², GERALDO ARRAES MAIA³ e RAIMUNDO WILANE DE FIGUEIREDO⁴

RESUMO - No presente trabalho foram empregados como matéria-prima frutos de goiaba de variedade vermelha (*Psidium guajava* L. var. *pomifera*) provenientes de cultivares da Serra da Ibiapaba (Serra Grande), localizada em Ubajara, CE. Realizou-se o tratamento de clarificação do suco de goiaba, empregando-se uma combinação de enzima pectinolítica e agentes "fining" tais como hidrogel e baykisol-30. O estudo da estabilidade do produto foi realizado através de determinações químicas e físico-químicas em intervalos de 30 dias, durante 120 dias de armazenagem. Referidas determinações constaram de: pH, viscosidade, acidez titulável total, sólidos solúveis, glicídios redutores, ácido ascórbico, taninos, cor e turbidez. Realizou-se análise sensorial do produto após o processamento e com 120 dias de armazenagem. O produto apresentou boa estabilidade com relação às determinações químicas e físico-químicas, além de ausência total de turvação durante a vida de prateleira.

Termos para indexação: goiaba vermelha, processamento, estabilidade.

PRODUCTION OF CLARIFIED GUAVA JUICE USING PECTINOLYTIC ENZYMES AND FINING AGENTS

ABSTRACT - Pink guavas from the Ibiapaba plateau (Serra Grande) in the Ubajara county, CE, Brazil, were used in this work. For clarification of the guava juice, a combination of pectinolytic enzyme and fining agents such as gelatin and baykisol-30 were used. The stability study of the product was done by chemical and physico-chemical determinations at intervals of 30 days during a storage period of 120 days. Sensorial analysis of the product was made just after clarification process and 120 days storage time. The resulting product showed a good stability in regard to the chemical and physico-chemical determinations as well as to the total absence of dimness through the storage period.

Index terms: pink guava, clarified juice, processing, stability.

INTRODUÇÃO

Segundo Medina et al. (1978), a aceitação de sucos tropicais no mercado internacional requer melhoria nas técnicas de processamento, como, por exemplo, a inclusão da etapa de clarificação, já que, uma vez límpido, este poderá ser matéria-prima de alta qualidade para execução dos processos de concentração para fabricação de produtos como

"coolers", vinhos, refrigerantes, etc.; porém é sabido que grande parte dos sucos de frutas tropicais no Norte e Nordeste do Brasil são de suco polposo, e nossa indústria não tem encontrado facilidade de introduzir tal produto no mercado externo.

Embora a produção de sucos e concentrados de sucos de muitos frutos tropicais tenha assumido importância considerável nos últimos tempos, essa produção tende a se concentrar em frutos mais comuns, como o abacaxi, a laranja e o pêssego. O comércio internacional de produtos manufaturados de frutos tem ignorado os frutos que se enquadram no grupo dos denominados exóticos, como é o caso da goiaba (*Psidium guajava* L.), apesar de seu atrativo "flavour" e alto conteúdo de ácido ascórbico e vitamina A (Imungi et al., 1980).

¹ Aceito para publicação em 23 de maio de 1995.

² Bióloga, M. Sc., Profa., Univ. Fed. do Ceará - UFC, Caixa Postal 12168, CEP 60356-000 Fortaleza, CE.

³ Eng.-Agr., Ph.D, Prof., Univ. Fed. do Ceará-UFC.

⁴ Eng.-Agr., M.Sc., Prof. Univ. Fed. do Ceará-UFC.

Segundo Castro (1983), a goiaba é uma das frutas mais fáceis de ser processada, por não apresentar problemas de natureza física com relação à textura, forma, etc., nem problemas de natureza bioquímica referente à atuação das enzimas que possam provocar o escurecimento da polpa por ocasião do processamento.

A utilização de enzimas pectolíticas e agentes "fining" na moderna tecnologia de frutas é de vital importância na obtenção de maior rendimento, clarificação e melhoria dos processos de filtração, além da obtenção de sucos clarificados de alta qualidade para o processo de concentração (Pilnik & Vorange, 1989).

Park & Papine (1968) afirmam que o turvamento dos sucos de frutas dificilmente é removido por filtração, porque esses sucos contêm bastante material mantido em suspensão pela ação coloidal da pectina da fruta original. Ao contrário, o suco de frutas previamente tratado por enzimas pécticas é facilmente clarificado por filtração; a adição dessas enzimas não altera a cor nem o sabor do produto final.

O emprego de enzimas em associação com a gelatina, sílica sol e betonita como agentes "fining" dá excelentes resultados na obtenção de sucos tropicais clarificados (Strohm et al., 1987).

A gelatina é o mais importante auxiliar para a floculação da matéria em suspensão em sucos de frutas. Todo tipo de suco requer uma quantidade ótima efetiva, em que a falta da gelatina resulta em uma floculação incompleta e causa problemas durante a filtração, e o excesso causa turbidez no suco filtrado em face da presença de proteína (Schweizerische..., 1980).

De acordo com Neubeck (1959), o tratamento comercial do suco de maçã geralmente inclui um tratamento com gelatina para clarificação. A gelatina reage com o tanino presente no suco, formando um complexo gelatina-tanino, que irá depositar-se na forma de precipitado.

Cavalcante et al. (1986), Souza Filho (1987) e Sampaio (1990) obtiveram suco límpido de caju utilizando gelatina para precipitação dos taninos. Os resultados foram plenamente satisfatórios no tocante à turbidez durante o período de estocagem; não ocorreu formação de "haze", dada a interação de substâncias pécticas e outros polissacarídeos com

proteínas e polifenóis, nem mesmo formação de sedimentos (precipitação de partículas com diâmetro superior a 0,5 μ).

Betonita, uma argila "montmonilonite" é usada na clarificação de vinhos e sucos de uva, para eliminar o excesso de proteína que não participa da reação de floculação, enquanto sílica sol reduz o risco de "over fining" pela precipitação do excesso de gelatina, e floculação dos compostos tanino-proteína (Enzyme Technology..., 1977).

Kamenskaya (1988) utilizou betonita para remoção de complexos de polissacarídeos-proteína em suco de uva.

Sucos de fruta podem ser clarificados por uma combinação de gelatina, sílica e betonita juntamente com um tratamento enzimático (pectinases) (Grampp et al., 1989).

O presente trabalho teve como objetivo estudar o processamento e estabilidade do suco de goiaba clarificado com a combinação de enzima pectinolítica e agentes "fining".

MATERIAL E MÉTODOS

Como matéria-prima, foram utilizados frutos de goiaba da variedade vermelha (*Psidium guajava* L. var. *pomifera*), provenientes de cultivares da Serra da Ibiapaba (Serra Grande), município de Ubajara, localizado na Região Norte do Estado do Ceará, onde foram colhidos na fase de plena maturação.

As goiabas recebidas na Fábrica-Escola do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará foram pesadas, lavadas e selecionadas.

Após a seleção dos frutos, realizou-se a operação de despulpagem, sendo esta efetuada em uma despulpadeira horizontal de marca Bertuzzi com tela de 0,5 mm. A polpa, em seguida, foi pesada, para a realização da etapa de liquefação (despectinização) usando enzima pectinolítica (complexo enzimático Clarex-L, do laboratório Miles do Brasil Ind. Ltda.) empregando concentrações, pré-determinadas, na condição de 45 °C/120 min. Seguindo-se a despectinização, procedeu-se à inativação enzimática, aquecendo a polpa a 90 °C/5 min.

No suco extraído, fez-se a clarificação com hidrogel (proteína hidrolisada extraída do colágeno natural selecionado, da Leiner Paulista de Gelatinas Indústria e Comércio Ltda.) e baykisol-30 (solução de sílica que contém como ingrediente ativo, ácido silício a 30% dispersa do coloidalmente, da Bayer A.C., Leverkusen).

Antes do processamento, estabeleceu-se a dosagem de enzima e de hidrogel a serem empregadas nos processos de liquefação e clarificação, respectivamente, segundo Andersen (1982/1983).

Foram tomadas 15 provetas de 100 ml, adicionando, a cada uma, 100 ml de suco. A seguir, adicionaram-se a cada proveta dosagens crescentes da solução de hidrogel a 1%. Operou-se a floculação do suco e filtrou-se o conteúdo de cada proveta para um Erlenmeyer de 250 ml. A partir dos filtrados de cada Erlenmeyer, tomaram-se duas alíquotas de 5 ml e adicionaram-se a tubos de ensaios marcados (tubos A e B). Aos tubos A, adicionaram-se cinco a dez gotas de solução de hidrogel a 1%, e aos tubos B, cinco a dez gotas de solução de tanino 1%, e observou-se que:

- quando no tubo que continha hidrogel (tubo A) havia formação de turvação; o suco estava pouco clarificado (não havia suficiente gelatina);

- quando no tubo que continha tanino (tubo B) havia formação de turvação, o suco estava clarificado em excesso (continha gelatina acima do necessário);

- quando não havia turvação nos tubos A e B, o suco estava clarificado ao máximo (eliminou-se a maior parte do tanino possível com hidrogel).

Vale ressaltar que o tratamento clarificante consistiu primeiramente da adição de baykisol - 30 (0,25 ml/l), para, depois de cerca de 5 min, ser adicionado à solução de hidrogel - técnica recomendada por Enzyme Technology (1977). Determinou-se a atividade da poligalacturonase na polpa com e sem adição da enzima, segundo o método descrito por Miller (1959).

Após a clarificação do suco, procedeu-se à filtração em três filtros de feltro superpostos, para obtenção do suco clarificado, que foi pré-aquecido a 95 °C/2 min, realizando-se, então, o enchimento a quente em garrafas de vidro de 200 ml, e o fechamento com cápsulas metálicas revestidas internamente com plástico. Após o fechamento, realizou-se o aquecimento a 100 °C/15 min, sendo então resfriado por imersão em água até a temperatura ambiente (28 °C) e estocado nesta temperatura por um período de quatro meses. O fluxograma da Fig. 1 mostra a seqüência do processamento do suco clarificado de goiaba.

Seguindo-se ao processamento, acompanhou-se a estabilidade do produto por um período de 120 dias, realizando-se, a intervalos de 30 dias, as seguintes determinações químicas e físico-químicas: sólidos solúveis (°Brix), em refratômetro marca AUS -JENA; pH, em potenciômetro PROCYON modelo pH N-4; viscosidade, em viscosímetro do tipo rotacional da marca CONTRAVES, modelo RHEOMAT 115; acidez titulável total e açúcares redutores, de acordo com técnica descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (1985); Vitamina C, segundo

o método colorimétrico de Pearson (1976); cor e turbidez, segundo método descrito por Ranganna (1977); furfural (2-furaldeído), segundo o método descrito por Later et al. (1974), e hidroximetilfurfural (5-hidroximetil-2-furaldeído), de acordo com técnica descrita em Luh et al. (1971).

Na análise estatística dos resultados de estabilidade do suco clarificado, empregou-se a análise de variância conforme Pimentel-Gomes (1973), levando em consideração o tempo de armazenagem.

A análise sensorial do produto foi realizada após o processamento e com 120 dias de armazenagem, empregando a escala hedônica estruturada de sete pontos segundo Chaves (1980) e o teste de Wilcoxon das ordens assinaladas segundo Campos (1979). Empregou-se, na análise sensorial, uma equipe de dez provadores treinados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1, 2, 3 e 4, observam-se, respectivamente, os dados referentes às dosagens de enzima pectinolítica, resultados das análises químicas e físico-químicas da polpa "in natura" e da polpa tratada com enzima, determinação da atividade da poligalacturonase no processo de liquefação da polpa, e as dosagens de gelatina ensaiadas com vistas ao processo de clarificação do suco de goiaba.

De acordo com os dados da Tabela 2, observa-se um decréscimo de, aproximadamente, 65,73% na viscosidade da polpa após o tratamento com enzima. Tal decréscimo pode ser atribuído às condições fisi-

TABELA 1. Determinação da presença ou ausência de pectina na polpa de goiaba da variedade vermelha (*Pidium guajava* L. var. *pomífera*) após o tratamento com enzima Clarex-L no processo de liquefação.

Dosagem de enzima g/t (ppm)	* Pectina (teste do álccol)
0	+
300	+
400	+
500	+
600 **	-

* Os sinais + e - indicam presença e ausência de pectina na polpa, respectivamente.

** Dosagem escolhida para o processo de liquefação da polpa.

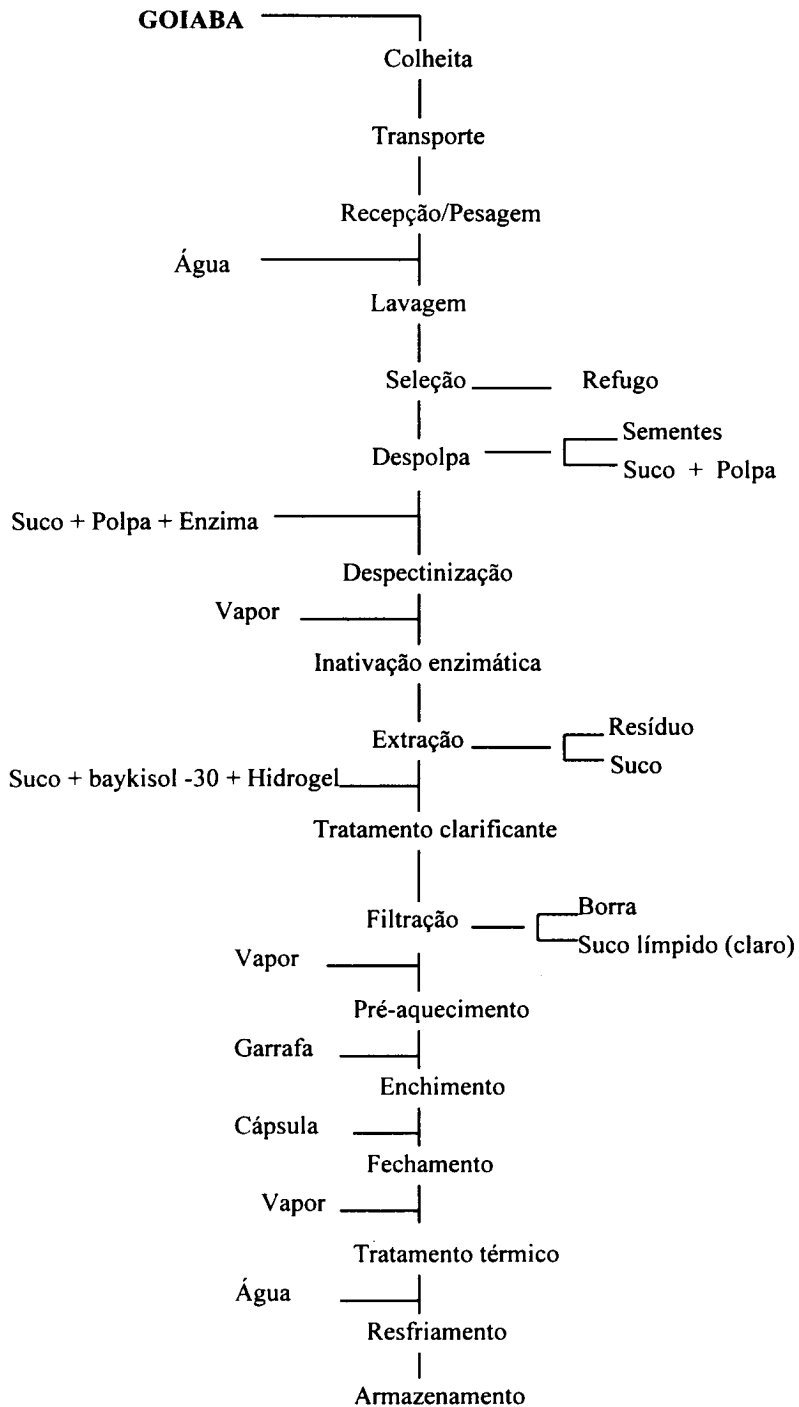


FIG 1. Fluxograma das operações seguidas para obtenção do suco clarificado de goiaba (*Psidium guajava* L. var. *pomifera*).

TABELA 2. Características químicas e físico-químicas da polpa de goiaba da variedade vermelha (*Psidium guajava* L. var. *pomífera*) in natura e após o tratamento com enzima.*

Determinação **	Polpa "in natura"	Polpa tratada com enzima
pH	3,82	4,20
Viscosidade (cps)	642,00	220,00
Acidez titul. total (%)	0,61	0,66
Sólidos solúveis (°Brix)	12,50	15,00
Açúcares redutores (g/l)	15,90	57,00
Vitamina C (mg/100ml)	180,00	192,00

* 600 ppm de Clarex-L, 45°C, 120 min.

** Média de quatro determinações.

TABELA 3. Atividade da Poligalacturonase na liquefação da polpa de goiaba (*Psidium guajava* L. var. *pomífera*) com enzima Clarex-L.

Concentração de enzima g/t (ppm)	mg. ác. galacturônico/min/g
0	0,25
600	0,70

TABELA 4. Dosagens de hidrogel ensaiadas na clarificação do suco de goiaba (*Psidium guajava* L. var. *pomífera*).

Identificação da proveta	Dosagem de hidrogel			Formação de turvação *	
	sol gel 1%	(g/hl)	(ppm)	Tubo A	Tubo B
1	0.5	5	50	+	-
2	1.0	10	100	+	-
3	1.5	15	150	+	-
4	2.0	20	200	+	-
5	2.5	25	250	+	-
6	3.0	30	300	+	-
7	4.0	40	400	+	-
8	5.0	50	500	+	-
9	6.0	60	600	+	-
10**	7.0	70	700	-	-
11	8.0	80	800	-	+
12	9.0	90	900	-	+
13	10.0	100	1.000	-	+
14	11.0	110	1.100	-	+
15	12.0	120	1.200	-	+

* Os sinais + e - indicam formação, ou não, respectivamente, de turvação nos tubos de ensaio.

** Dosagem de hidrogel usada para obtenção do suco clarificado de goiaba.

cas e físico-químicas otimizadas na etapa de liquefação para atuação das enzimas pectinolíticas na completa dissolução da protopectina e subsequente degradação da pectina dissolvida, diminuindo, por conseguinte, a viscosidade da polpa (Janda & Dorreeich, 1988).

Jansen & MacDonnel (1945) obtiveram um decréscimo de 50% na viscosidade de uma solução de ácido péctico e ácido pectínico por ação de poligalacturonase em cerca de 1,2 min, que correspondeu a uma hidrólise de 2,0%.

O aumento no teor de sólidos solúveis na polpa tratada (20,0%) pode ser decorrente da ação hidrolítica das enzimas pectinolíticas nas ligações α - 1,4 entre as unidades de ácido galacturônico que compõem a cadeia polissacarídica. (Schweizerische..., 1980)

Imungi et al. (1980) detectaram um aumento de 8,80% nos sólidos solúveis em polpa de goiaba tratada com pectinases para obtenção de suco clarificado e concentrado.

Com relação ao significante acréscimo (258,50%) na quantidade de açúcares redutores na polpa de goiaba durante a etapa de liquefação, associa-se à ação hidrolítica das enzimas pécticas (poligalacturonases e pectina liases), como já anteriormente comentado, sobre outras variáveis (vis-

cosidade e sólidos solúveis), assim como a hidrólise dos açúcares não redutores, que é, segundo Hernandez & Villegas (1986), bastante acentuada em meio ácido, por ação da elevação da temperatura, referindo-se à fase de liquefação da polpa.

O drástico aumento no teor de açúcares redutores não foi, em certa parte, correspondido ao acréscimo no teor de sólidos solúveis, pois, segundo Ting (1986), os sólidos solúveis da polpa de goiaba são constituídos de, aproximadamente, 80% de açúcares, 6% de ácido cítrico e seus sais, e o restante composto, de nitrogenados e de outras poucas substâncias solúveis. Uma hipótese para justificação de tal fato deve-se, talvez, à inadequação da técnica que é efetuada por determinação indireta.

Floribeth et al. (1981) detectaram um acréscimo no teor de açúcares redutores de 75% durante o processamento de suco de banana clarificado com a utilização de enzimas pectinolíticas.

Quanto ao aumento no teor de ácido ascórbico após o tratamento enzimático (6,66%), pode ser explicado pela ação das enzimas na liberação do ácido ascórbico da película da fruta que é conhecida por possuir 2,2 vezes mais que no centro da fruta (Amoth, 1978).

Imungi et al. (1980), em estudos sobre mudanças físico-químicas ocorridas durante a extração de

suco de goiaba através de processo conjugado (mecânico-enzimático) para obtenção de suco clarificado e concentrado, obtiveram um acréscimo de 8,90% no teor de ácido ascórbico nas seguintes condições: 400 ppm de pectinase, temperatura 45 °C, durante 120 min, em pH natural. Após 120 min, o teor de ácido ascórbico degradado foi maior que o liberado por ação enzimática.

Os resultados das determinações químicas e físico-químicas na estabilidade do suco clarificado são apresentados na Tabela 5.

O pH do suco clarificado sofreu ligeira oscilação ao longo dos 120 dias de armazenagem. A análise de variância constatou que o pH variou estatisticamente nos tempos de armazenagem, ao nível de significância de 1%. Com a aplicação do teste de Tukey, verificou-se, ao nível de significância de 1%, que a média de pH no tempo de 30 dias diferiu das demais, e as do tempo 60 e 90 dias são consideradas iguais, assim como podem ser consideradas iguais as do tempo 0 a 120 dias.

Esta flutuação de pH durante a estocagem do produto não tem significado na prática, uma vez que foi muito pequena, não chegando a comprometer a qualidade do produto.

Com relação à viscosidade, é válido ressaltar que o produto teve ótima estabilidade, isto é, não apre-

TABELA 5. Estudo de estabilidade das determinações químicas e físico-químicas do suco de goiaba (*Psidium guajava* L. var. *pomifera*) clarificado * com enzima pectinolítica + baykisol-30 + hidrogel por um período de 120 dias de armazenagem.

Determinações **	Tempo de armazenagem (dias)					Análise de Variância (ANVA) Coeficiente de variação (%)
	ZERO	30	60	90	120	
pH ⁽¹⁾	3,8702c	3,7536a	3,8369b	3,8302b	3,8569c	1,18
Viscosidade (cps) ⁽²⁾	11,8035	11,8035	11,8037	11,8037	11,8037	-
Acidez (ácido cítrico %) ⁽¹⁾	0,5317b	0,4937b	0,5057b	0,5367b	0,4367a	8,00
Sólidos solúveis ⁽¹⁾	14,7120ab	14,6453a	14,8120b	14,6453a	14,6920ab	0,46
Açúcares redutores (g/100ml) ⁽¹⁾	5,71851c	5,61418b	5,61485b	5,60685a	5,60585a	3,35
Ácido ascórbico (mg/100ml)	58,7422	55,5642	55,1199	54,8279	54,2796	3,16
Furfural (m/ml) ⁽³⁾	traços	0,1973	0,2018	0,2634	0,2714	16,85
Hidroximetilfurfural (m/ml) ⁽¹⁾	0,1025a	0,2930b	0,2975b	1,2502c	1,2592c	88,40
Cor (O.D. 420nm) ⁽¹⁾	0,016a	0,025b	0,029b	0,039c	0,043c	35,69
Turbidez (O.D. 660nm) ⁽²⁾	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	-

* 600ppm de enzima Clarex-L + 0,25ml de baykisol-30 + 700 ppm de hidrogel a 1%.

** Média de quatro determinações.

(1) Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 1%.

(2) A uniformidade das determinações não justifica tratamento estatístico.

(3) A ANVA considera apenas as quatro últimas fases.

(-) Não foi determinado.

sentou formação de colóides pela interação de substâncias pécticas, amido e proteínas com os polifenóis, provavelmente por causa da judiciosa aplicação dos agentes "fining" em conjunção com o tratamento enzimático, em adequadas proporções. Não houve variação da viscosidade durante o período de armazenagem, e por isso não se faz necessário qualquer tratamento estatístico.

A acidez titulável total passou por ligeiro declínio aos 30 dias de armazenagem do produto, aumentando até 90 dias, e, finalmente, decrescendo aos 120 dias.

Babsky et al. (1986) observaram um decréscimo da acidez em vários tipos de sucos de fruta clarificados após a estocagem. Akhavan & Wrolstad (1980) também detectaram uma perda de acidez titulável total em suco de pêra clarificado após 120 dias.

De acordo com Wong & Stanton (1989), o decréscimo da acidez ao longo do período de estocagem de um produto qualquer pode estar relacionado à polimerização dos ácidos com os produtos das reações de escurecimento de açúcares ou outros compostos presentes.

O produto em estudo apresentou valor de pH mínimo com 30 dias de armazenagem, e máximo valor de acidez titulável total com 90 dias. Vale ressaltar, com isso, a ausência de correspondência de um menor valor de pH com um maior grau de acidez. A justificativa é que pode ter havido uma esterificação dos açúcares por ácidos tamponantes (ácido cítrico, por exemplo, com formação de citrato insolúvel).

Estatisticamente, ao nível de significância de 1%, as acidezes nos tempos 0, 30, 60 e 90 dias são consideradas iguais. A acidez no tempo 120 dias é considerada inferior às demais.

Verifica-se que ao longo dos 120 dias de armazenagem os sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) no suco clarificado apresentaram uma oscilação pequena, porém de significância estatística. Através da análise de variância, os sólidos solúveis variaram ao nível de significância de 1% ao longo do período de estocagem. Pela aplicação do teste de Tukey ao nível de significância de 1%, verificou-se que as médias dos $^{\circ}$ Brix nos tempos 0, 30, 90 e 120 dias são consideradas estatisticamente iguais. Do mesmo

modo são equivalentes às médias nos tempos 0, 60 e 120 dias.

As oscilações observadas no $^{\circ}$ Brix, embora estatisticamente significativas, não têm importância na prática, pois pela pequena magnitude não afetaram em nada a qualidade do produto. Uma explicação bioquímica para essas oscilações é que algum constituinte do suco pode ter sofrido, durante a estocagem, rearranjos químicos que interferiram nas propriedades refratométricas do produto.

Os percentuais de açúcares redutores apresentaram valores máximos e mínimos de 5,71851 g/100 ml e 5,60585 g/100 ml verificados no período inicial de processamento e após 120 dias de armazenagem, respectivamente, o que significa dizer que os açúcares redutores decresceram durante o armazenagem.

Pela análise de variância e pela aplicação do teste de Tukey, verificou-se variação estatisticamente significativa ao longo do período de estocagem a 1%, e que as médias dos açúcares redutores nos tempos 30 e 60 dias podem ser consideradas iguais, assim como as médias dos tempos 90 e 120 dias após o processamento podem ser consideradas estatisticamente iguais entre si, embora, inferiores à observada no tempo zero. Com estes resultados, é possível levantar a hipótese de que o declínio dos açúcares redutores ao longo dos 120 dias de armazenagem pode ser ocasionado, em parte, pela continuação do processo de caramelização dos açúcares durante a estocagem, e, em menor grau, por reações do tipo Maillard.

Examinando os resultados do teor de ácido ascórbico no produto ao longo do período de estocagem, verifica-se um leve e gradual declínio durante todo o período de estocagem. Observa-se um valor máximo de 58,74 mg/100 ml, e mínimo, de 54,27 mg/100 ml, respectivamente, nos períodos zero e 120 dias após o processamento.

Verificou-se um decréscimo de 7,60% no teor de ácido ascórbico ao longo dos 120 dias de armazenagem, e uma perda de 30,24% em relação ao valor estabelecido no suco integral (84,20 mg/100 ml) logo após o processamento, certamente em decorrência das etapas do processamento, como: clarificação, filtração e tratamento térmico.

Padula & Rodrigues - Amaya (1987) detectaram perda de vitamina C da ordem de 46% em suco de goiaba clarificado durante um período de dez meses de estocagem em temperatura ambiente.

Mokady et al. (1984) determinaram o conteúdo de vitamina C em diversos tipos de sucos de frutas, dentre eles o suco de goiaba, imediatamente após o processamento e após três a seis meses de estocagem em diferentes temperaturas. Os autores acrescentam que a perda de vitamina C aumentou com a temperatura de estocagem e com o tempo.

Examinando os resultados da análise de variância, verifica-se não haver diferenças significativas ao nível de 1% quanto ao ácido ascórbico, durante os 120 dias de armazenamento.

De acordo com os dados da Tabela 5, ocorreu um ligeiro aumento no teor de furfural (2-furaldeído), embora sem significância estatística, ao longo do período de estocagem. Este fato era totalmente esperado e explicado, visto que sucos de frutas e principalmente concentrados de frutas tendem a sofrer reações de escurecimento não-enzimático durante o tempo de estocagem (Clegg, 1966).

Segundo Ranganna (1977), o ácido ascórbico e as pentoses aumentam a taxa de furfural, e estes, por sua vez, podem se polimerizar ou se combinar com compostos aminados para causar escurecimento não-enzimático em produtos de frutas.

Li et al. (1989) concluíram que existe uma correlação altamente significativa entre a concentração de ácido ascórbico e o nível de furfural e que este último é formado por degradação não-oxidativa do ácido ascórbico.

A análise de variância considerou apenas os quatro últimos tempos de estocagem, visto que no produto recém-processado não foi possível quantificar o teor de furfural encontrado, e sim, somente valores-traços.

Através da análise de variância constatou-se não haver diferenças significativas entre os tempos de estocagem do produto, razão pela qual não foi dado tratamento estatístico para a comparação das médias, admitindo-se, neste caso, que é possível demonstrar teoricamente que todos os tempos são estatisticamente equivalentes.

Uma explicação bioquímica para tal fato é que ocorreu um percentual mínimo de degradação do

ácido ascórbico ao longo do período de estocagem.

Quanto ao teor de hidroximetilfurfural (5-hidroximetil-2-furaldeído), este aumentou durante a estocagem, fato já esperado, conforme foi comentado anteriormente em relação ao teor de furfural (2-furaldeído).

Lee & Nagy (1988), em estudo da qualidade de suco de "grapefruit" estocado, evidenciaram que a acumulação de 5-hidroximetilfurfural (5-HMF) foi muito semelhante à de furfural (2-furaldeído) e aumentou com a temperatura e período de estocagem. Os mesmos autores acrescentam que a formação de 5-HMF, um intermediário nas reações de escurecimento, é um subproduto da degradação de açúcares e ácido ascórbico ou de açúcares e aminoácidos, em que altos níveis de 5-HMF foram relacionados com reações de Maillard e degradação de açúcares em meio ácido.

Pela análise de variância, verificam-se diferenças significativas ao nível de 1% para o HMF, durante os 120 dias de estocagem. Pela aplicação do teste de Tukey ao nível de 1%, as médias dos tempos 30 e 60 dias são consideradas iguais, assim como as dos tempos 90 a 120 dias, porém a média do tempo zero (inicial) foi considerada estatisticamente inferior às demais.

O conteúdo de 5-HMF variou principalmente conforme as degradações dos açúcares, sendo subproduto de reações do tipo caramelização dos açúcares, e, em menor grau, de reações de Maillard. O conteúdo de 5-HMF do produto após 120 dias de estocagem não afetou as características organolépticas do produto, visto que seu valor limiar para o aparecimento de "off-flavour", em sucos de frutas, é, segundo Clegg (1966), em torno de 100 µg/ml, e com relação à cor do produto, embora as variações desta ao longo do período de estocagem tenham obtido significância estatística, não tenha sido detectado pela análise sensorial.

Em relação à cor, é possível observar que houve aumento na absorbância no decorrer do período de estocagem.

Conforme Wong & Stanton (1989), sucos de frutas, e principalmente sucos concentrados de frutas, tendem a sofrer algum grau de escurecimento não-enzimático quando estocado em temperatura ambiente, fato este de grande significância em termos

comerciais, dependendo da severidade do escurecimento.

Segundo Kacem et al. (1987), os fatores que podem influenciar no mecanismo do escurecimento incluem temperatura, oxigênio, aminoácidos, íons metálicos, pH, conteúdo de ácido ascórbico, e concentração de açúcar.

De acordo com Nagel & Shobinger (1984), a principal rota de escurecimento em produto de frutas de pH ácido envolve degradação do ácido ascórbico, e, em menor grau, reações de Maillard.

Os resultados da análise de variância indicaram, ao nível de 1% de significância, haver diferenças significativas entre as médias das absorvâncias com respeito à cor do suco clarificado ao longo do período de estocagem, embora não tenha sofrido grandes oscilações, e que estas acompanharam as variações de ácido ascórbico e de açúcares.

Com a aplicação do teste de Tukey, constatou-se que as médias nos tempos 30 e 60 dias são consideradas iguais, da mesma maneira que podem ser consideradas equivalentes às médias nos tempos 90 e 120 dias ao nível de significância de 1%. Entretanto, a média no tempo zero (inicial) foi considerada estatisticamente inferior às demais médias.

Vale ressaltar que as maiores variações de absorvância foram entre os tempos zero (inicial) e 30 dias e entre 60 e 90 dias de estocagem. Referido comportamento deve-se à ocorrência de reações de escurecimento não-enzimático, tais como continuação do processo de caramelização dos açúcares, da degradação do ácido ascórbico e, em menor grau, das reações de Maillard. É interessante também acrescentar que as variações de cor do produto acompanharam a acumulação do conteúdo de furfural e hidroximetilfurfural no decorrer do tempo de estocagem, sendo mais significantes entre os tempos acima comentados.

Com esses resultados, deve ter ocorrido certo grau de escurecimento no produto, ao longo dos 120 dias de estocagem, mas este escurecimento, estatisticamente significativo, não afetou as características organolépticas do produto, uma vez que não foi detectado pela análise sensorial.

A turbidez manteve-se constante ao longo do período de estocagem do produto. Desta forma, não se faz necessário qualquer tratamento estatístico.

Cavalcante et al. (1986) e Sampaio (1990) obtiveram suco límpido de caju utilizando gelatina para precipitação dos taninos, onde resultados plenamente satisfatórios no tocante à turbidez durante o período de estocagem foram alcançados, isto é, não houve formação de "haze", devido à interação de substâncias pécicas e outros polissacarídeos com proteínas e polifenóis, ou mesmo formação de sedimento (precipitação de partículas com diâmetro superior a 0,5 μ). Sousa Filho (1987) também alcançou resultados semelhantes com suco de caju clarificado, utilizando a associação de enzimas pectolíticas com gelatina, e não apareceu a formação de turvação e sedimento no produto durante a vida de prateleira de 120 dias.

Segundo Buren (1972), um dos maiores problemas para a indústria de frutos se refere a formação de "haze" em sucos de frutas engarrafados após dias, semanas ou até meses.

De acordo com Heatherbell (1984), a formação de "haze" do tipo não biológico e de sedimentos é quase sempre provocada por taninos, proteínas e polissacarídeos, sozinhos ou combinados entre si. Segundo Buren (1972), os precursores de "haze" são largamente derivados da fruta, embora alguns sejam introduzidos na linha de processamento, como é o caso do uso de excesso de enzimas ou gelatina nos estágios de despectinização e clarificação, respectivamente.

Vale ressaltar que a estabilidade no tocante à turbidez do suco clarificado deveu-se ao correto emprego de técnicas na linha de processamento, isto é, desde a utilização de matéria-prima de alta qualidade, das condições físicas e físico-químicas otimizadas para atuação enzimática para uma total degradação de pectina e amido e uso de agentes "fining" de boa qualidade e em adequadas proporções e associação. Quanto à referida associação, pode ser citado o caso da sílica sol com gelatina na prevenção de "over-fining", induzindo uma completa precipitação dos compostos de alto peso molecular, possíveis causadores de "haze" e sedimentos em sucos de frutas clarificados e estocados por longo período de tempo.

A Tabela 6 apresenta os valores atribuídos pelos dez provadores treinados, ao suco de goiaba clarificado, com relação aos aspectos de cor e sabor, quan-

TABELA 6. Valores obtidos no teste de preferência (escala hedônica) referentes aos parâmetros avaliados (cor e sabor) do suco clarificado de goiaba (*Psidium guajava* L. var. *pomifera*) recém-processado e após 120 dias de armazenagem.

Provador	Tempo (dias)			
	Cor		Sabor	
	0	120	0	120
P ₁	4	7	5	5
P ₂	5	6	4	5
P ₃	4	5	5	4
P ₄	5	6	5	5
P ₅	5	5	6	6
P ₆	4	7	6	5
P ₇	3	5	4	6
P ₈	3	6	5	6
P ₉	3	5	5	4
P ₁₀	4	7	4	6
Médias	4,0 (1)	5,9 (4)	4,9 (2)	5,2 (3)

OBS: Sabor - (2) : Gostei ligeiramente
(3) : Gostei ligeiramente

Cor: - (1) : Indiferente
(4) : Gostei moderadamente

do recém-processado e após 120 dias de armazenagem. As médias dos valores atribuídos pelos provadores quanto à cor do produto recém-processado e após 120 dias de armazenagem foram, respectivamente 4,0 e 5,9, que correspondem, na escala hedônica, a aproximadamente “indiferente” e “gostei moderadamente”. No que diz respeito ao sabor do produto recém-processado e com 120 dias de armazenagem, as médias foram, respectivamente, 4,9 e 5,2, as quais, na mesma escala, correspondem aproximadamente a “gostei ligeiramente”.

Com a aplicação do teste de Wilcoxon das ordens assinaladas aos dados da Tabela 6, verificou-se a aceitação da hipótese da nulidade, isto é, não há diferenças estatisticamente significativas ao nível de 5%, entre a cor e o sabor do produto quando recém-processado e após 120 dias de armazenagem. A estatística deste teste quanto à cor foi dada por $W=4$, e com relação ao sabor, o valor calculado foi de $W=12$, e concluiu-se que não existe preferência significativa ao nível de 5% quanto a suco clari-

ficado de goiaba, com relação à cor, e ao sabor, no que diz respeito ao tempo de armazenagem.

CONCLUSÕES

1. O suco clarificado apresentou boa estabilidade durante os 120 dias de armazenagem com relação às determinações químicas e físico-químicas.

2. De acordo com os resultados da análise de variância do pH, da acidez titulável total, dos sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), dos açúcares redutores, do hidroximetilfurfural e da cor, houve diferenças significativas aos níveis de 1% e 5% durante os 120 dias de armazenagem, embora tais variações não tenham chegado a conduzir nenhuma alteração nas características organolépticas do produto, uma vez comprovado pela análise sensorial. Vale ressaltar que com relação à viscosidade, ácido ascórbico, furfural e turbidez, os resultados não apresentaram diferenças significativas aos níveis de 1% e 5% durante os 120 dias de prateleira.

3. O suco de goiaba clarificado com a enzima pectinolítica, baykisol-30 e hidrogel preservado pelo método “hot-pack” não apresentou formação de sedimentos e turvação, associados à interação de substâncias pécicas e proteínas com os polifenóis, levando à formação de colóides. Tal fato foi também detectado quantitativamente, através da estabilidade da turbidez ao longo do período de armazenagem.

4. Pela aplicação do teste de Wilcoxon das ordens assinaladas, ao nível de 5%, concluiu-se não existir preferência significativa com relação à cor e ao sabor do suco de goiaba clarificado quanto ao tempo de processamento.

5. A clarificação do suco de goiaba com enzimas pectinolíticas, baykisol-30 e hidrogel mostrou-se plenamente satisfatória, visto que estes não conferiram sabor estranho ao produto, além de serem obtidos sucos límpidos de boa qualidade durante os 120 dias de armazenagem à temperatura ambiente.

REFERÊNCIAS

- AKHAVAN, J.; WROLSTAD, R.E. Variation of sugar and acids during ripening of pear and in the production and storage of pear concentrate. *Journal of Food Science*, v.45, p. 499, 1980.

- AMOTH, M.C. **The Chemical Analysis of sugars and acid of guava juice form variety grown in kenya.** Geneva: University of Nairobi, 1978. M. Sc Thesis.
- ANDERSEN, P. E. La clarificación de los zumos de fruta. *Rive*, n. 47/49, dic. 1982/feb. 1983. Separata.
- BABSKY, N.E.; TORIBIO, J.L.; LOZANO, J.E. Influence of storage on the composition of clarified apple juice concentrate. *Journal of Food Science*, v.51, n.3, p.564, 1986.
- BUREN, J.P. Haze in bottled apple juice. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, v.24, p. 448-451, 1972.
- CAMPOS, H. **Estatística Experimental não paramétrica.** 3. ed. Piracicaba, SP: [s.n], 1979. 343p.
- CASTRO, F.A. **Industrialização da goiaba - Perfil Tecnológico.** Fortaleza: Núcleo de Tecnologia Industrial, 1983. 51p.
- CAVALCANTE, M.A.; MAIA, G.A.; ORIA, H.F.; FIGUEIREDO, R.W. de; GUEDES, Z.B. de L. Estudo do processamento e estabilidade da cajuína a partir do suco de caju (*Anacardium occidentale*, L). *Ciência Agrônômica*, Fortaleza, CE, v.17, n.1, p.105-191, 1986.
- CHAVES, J.B.P. **Avaliação sensorial de alimentos.** Métodos de análises. Viçosa: UFV, 1980. 69p.
- CLEGG, K.M. Citric acid and the browning of solutions containing ascorbic acid. *Journal of Science Food Agriculture*, v.17, p. 546, 1966.
- ENZYME TECHNOLOGY, Getatin test to determine the treatment of fruit juices. *Commodity Bulletin Series*, n.15, p.63, 1977.
- FLORIBETH, V; LASTRETO, C.; COOKE, R.D. A study of the production of clarified banana juice using pectinolytic enzymes. *Journal of Food Technology*, n.16, p115-125, 1981.
- GRAMPP, E.; SCHMITH, R; URLAB, R. Clarification of stone fruit. *Confructa*, v.28, p.513, 1989.
- HEATHERBELL, D.A. Haze and sediment formation from starch degradation products in apple wine and clarified apple juice. *Confructa*, v.28, p.192, 1984.
- HERNANDEZ, T.M.; VILLEGAS, M.I. Effect of freezing storage on the quality of some tropical fruit pulps. *Technology chemistry*, v.7, n.2, p.33-39, 1986.
- IMUNGI, J.K.; SCHEFFELDT, P.; SAINT-HISLAIRE, P. Physical-chemical changes during extraction and contraction of clear guava juice. *Lebet Wiss Technology*. v.13 n.5 p.248-251, 1980.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas - métodos químicos e físicos para a análise de alimentos.** 2. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v.1, 533p.
- JANDA, W; DORREEICH, K. Optimized enzymic apple mash treatment - a new way to obtain over 90% juice yield with simultaneous increase in press capacity. *Food Research*, v.15 n.12, p.640-643, 1988.
- JANSEN, E.F.; MACDONNEL, L. R.. Influence of methoxy content of pectic substance on the action of polygalacturonase. *Archives of Biochemistry*, v.8, p.97-112, 1945.
- KACEM, B.; MATTHEWS, R. F. ; CRANDALL, P.G.; CORNELL, J.A. Nonenzymic browning in aseptically packaged orange juice and drinks. Effect of amino acids in deaeration and anaerobic storage. *Journal of Food Science*, v. 52, n.6, p. 1665-1667, 1987.
- KAMENSKAYA, E.V. Differentiation and analysis of polyssacharides, proteins, and their complexes in fruit juices. *Journal of Science Food Agriculture*, v.8, p.86-91, 1988.
- LATER, S.; DINSMORE, H.L; NAGY, S. Improved colorimetric determination for furfural in citrus juices. *Journal of the Association Official Agricultural Chemists*, v.57, p.332, 1974.
- LEE, H..S.; NAGY, S. Quality changes and nonenzymatic browning intermediates in grapefruit juice during storage. *Journal of Food Science*, v.53, n.1, p.168-172, 1988.
- LI, Z.; SAWAMURA, M.; KUSNOSE, H. Role of furfural and 5-Hidroxy methylfurfural in browning of yuzu juice. *Nippon Shokuhin Logyo Gakkaishi*, v. 36, n.2, p. 127-131, 1989.
- LUH, B.S.; LEONARDO, G. L.; MARSH, S. Nonenzymatic browning in fruit products. *Food Technology*, v.12, n.17, p. 547, 1971.
- MEDINA, J.C.; BLEINROTH, L.W.; BERNHARDT, R.W.; HASHIZUME, T.; RENEITO, U.V.; VIEIRA, L.F. **Caju - da cultura ao processamento e**

- comercialização.** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1978. p.89-148. (Série Frutos Tropicais).
- MILLER, W. **Analytical Chemistry.** 2 ed. [S.l.]: The AVI Publishing Company, INC., 1959. v.31, p.426-428.
- MOKADY, S.; COGAN, U; LIBERMAN, L. Stability of vitamin C in fruits and fruit blend. **Journal of Science Food Agriculture**, v. 35, n. 4, p. 452-456, 1984.
- NAGEL, C. W. ; SHOBINGER, V. Investigation of origin of turbidity in ultrafiltered apple and pear juice concentrated. **Confructa**, v. 22, p. 16-22, 1984.
- NEUBECK, C.E. Pectic enzymes in fruit juice technology. **Journal of the Association of Official Agricultural Chemists**, v.42, n.2, p.374-388, 1959.
- PADULA, M.; RODRIGUEZ - AMAYA, D.B. Changes in individual carotenoids and vitamin C on processing and storage of guava juice. **Acta Alimentar**, v.16, n.3, p.209-216, 1987.
- PARK, Y.K.; PAPINE, R.S. Produção de enzimas industriais e sua aplicação no processamento de alimento. **Boletim do Centro Tropical de Pesquisa e Tecnologia de Alimentos**, Campina-SP., v.16, p.55-80, 1968.
- PEARSON, D. **Técnicas de laboratório para el análisis de alimentos.** Zaragoza: Acribia, 1976. 331p.
- PILNIK, W.; VORANGE, A.G.J. Effect of enzymes treatment on the quality of processed fruit and vegetable. **ACS Symposium Serie**, v.405, p.250-269, 1989.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental.** 5 ed. Piracicaba, SP: Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, 1973. 430p.
- RANGANNA, M. **Manual of analysis of fruits and vegetable products.** New Delhi: Mac Graw-hill Publishing Company Limited, 1977. 634p.
- SAMPAIO, T. M. C. **Estudo dos sucos límpidos simples, concentrado e reconstituído de caju (*Anacardium occidentale*, L.)** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1990. 172p. Tese de Mestrado.
- SCHWEIZERISCHE FERMENT AG. La utilización de enzimas en la industria de los zumos de frutas, **Circular Técnica**, n.13, maio 1980.
- SOUSA FILHO, M.S.M. **Aspectos da avaliação física, química, físico-química e aproveitamento industrial de diferentes clones de caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1987. 196p. Tese de Mestrado.
- STROHM, G.; WUCHERPFENNING. K.; OTTO, K. Fining and clarification of plant-derived *beverages*. **Advanced Food Research**, v.17, p.153, 1987.
- TING, S.U. The Chemical analysis of sugars and acids of guava juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.24, p.263, 1986.
- WONG, M.; STANTON, D.W. Nonenzymic browning in kiwi fruit juice concentrate system during storage. **Journal of Food Science**, v.54, n.3, p. 669-678, 1989.