

MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS DURANTE A EXTRAÇÃO E CLARIFICAÇÃO DE SUCO DE GOIABA (*PSIDIUM GUAJAVA* L. VAR. *POMIFERA*)¹

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

RESUMO - Goiabas vermelhas (*Psidium guajava* L. var. *pomifera*) provenientes de cultivares da Serra da Ibiapaba (Serra Grande), localizada em Ubajara, CE, foram empregadas como matéria-prima neste trabalho. Realizou-se o tratamento de liquefação da polpa, utilizando-se 600 ppm de enzima pectinolítica a 45 °C, durante 120 minutos. A clarificação do suco extraído foi efetuada empregando-se Baykisol-30 e Hidrogel como agentes *fining*. Ocorreram modificações estatisticamente significativas durante o processamento do suco de goiaba clarificado em todas as variáveis estudadas (pH, viscosidade, acidez total, sólidos solúveis, açúcares redutores, ácido ascórbico, taninos, cor e turbidez) em cada fase do processamento: polpa *in natura*, polpa tratada com enzima, suco integral, suco clarificado e suco clarificado preservado pelo método *Hot-Pack*. Observou-se um decréscimo significativo (62,92%) da viscosidade e um acréscimo no teor de sólidos solúveis (25,74%), açúcares redutores (275,10%), ácido ascórbico (6,65%) e taninos (11,53%) entre as duas primeiras fases do processamento. Em relação à cor e turbidez, ocorreu um decréscimo na absorvância, entre as fases de suco integral e suco clarificado, de 95,30% e 96,49%, respectivamente.

Termos para indexação: goiaba vermelha, processamento da fruta, polpa.

PHYSICO-CHEMICAL CHANGES DURING EXTRACTION AND CLARIFICATION OF GUAVA JUICE

ABSTRACT - Pink guavas (*Psidium guajava* L. var. *pomifera*) from Ibiapaba plateau (Serra Grande), in Ubajara county, CE, Brazil, were used in this work. The liquefaction of the pulp was done with 600 ppm of a pectinolytic enzyme at 45 °C for 120 min. The pulp so treated was pressed and the pressed juice was clarified using Baykisol-30 and Hydrogel as fining agents. There were statistically significant changes during the processing of the clear guava juice concerning pH, viscosity, acidity, soluble solids, reducing sugar, ascorbic acid, tannins, colour and turbidity in each phase of the processing: natural pulp, pulp treated by enzyme, cloudy juice, clear juice and clear juice preserved by Hot-Pack method. A significant decrease (62,92%) of viscosity and an increase in the rate of solids (25,74%), reducing sugars (275,10%), ascorbic acid (6,65%) and tannins (11,53%) between the two first phases of the processing were observed. As for colour and turbidity, an absorbance decrease occurred between the integral juice (95,30%) and the clarified juice (96,49%).

Index terms: pink guava, fruit processing, pulp.

INTRODUÇÃO

Embora a produção de sucos clarificados e concentrados de muitos frutos tropicais tenha assumido uma importância considerável nos últimos anos, ela tendeu a se concentrar em frutos mais comuns, como

é o caso do abacaxi, da laranja, da maçã e da uva, e foram ignorados os frutos considerados exóticos, como é o caso da goiaba (*Psidium guajava*), apesar do potencial nutritivo que ela encerra, além da cor, do aroma e sabor atrativos (Luh et al., 1971).

Segundo Tressler & Joslyn (1971), a demanda de sucos tropicais, incluindo os exóticos, está aumentando, e a goiaba, com seu aroma e sabor altamente apreciados, é uma fruta em potencial para competir no mercado, ou como suco de goiaba clarificado ou em mistura com outras frutas.

¹ Aceito para publicação em 25 de julho de 1995.

² Bióloga, M.Sc., Profª. Univ. Fed. do Ceará - UFC, Caixa Postal 12.160, 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.

De acordo com Castro (1983), a goiaba é uma das frutas de mais fácil processamento, apresentando ótimas características de aproveitamento industrial, notadamente pela presença de vitaminas A e C. Segundo Wilson et al. (1982), certas variedades silvestres apresentam cerca de 600 a 700 mg de ácido ascórbico por 100 g de fruta, além de considerável quantidade de vitaminas A, niacina, cálcio, fósforo e ferro. Castro (1983) ainda acrescenta que a técnica de processamento não apresenta problemas de natureza física com relação à textura, à forma, etc., nem problemas de natureza bioquímica de atuação de enzimas que provocassem o escurecimento da polpa por ocasião do processamento.

O processamento de suco de fruta tropical clarificado é bastante difícil, pois as partículas coloidais que causam turbidez nos sucos carregam substâncias aromáticas e antioxidantes naturais, além da perda do alto conteúdo de carotenóides, que ficam retidos no tecido estrutural durante a prensagem (Czyhrinciw, 1969).

As enzimas pectolíticas são componentes integrais da moderna tecnologia de suco de frutas, prestado uma contribuição essencial ao rápido desenvolvimento do processamento, ao rendimento ótimo e à qualidade dos produtos finais (Schweizerische Ferment Ag., 1980).

Conforme Boyle et al. (1986), a aplicação de pectinases melhora o processo de extração de suco resultando em altos rendimentos, por causar uma redução da viscosidade e, conseqüentemente, um aumento da taxa de filtração e clarificação do suco.

Segundo Rose (1980), o uso de pectinases com agentes *fining* no processamento de frutas é indispensável para aumentar o rendimento da extração de suco, para melhorar a taxa de filtração e para obter sucos clarificados de alta qualidade no processo de concentração.

O objetivo deste trabalho foi estudar as modificações físicas e físico-químicas durante o processamento do suco de goiaba clarificado, fornecendo, dessa maneira, subsídios para a utilização de tecnologia de processamento de sucos de frutas tropicais clarificados.

MATERIAL E MÉTODOS

A matéria-prima utilizada neste trabalho constou de frutos de goiaba da variedade vermelha (*Psidium guajava*

L. var. pomifera), provenientes de cultivares da Serra da Ibiapaba (Serra Grande), no Município de Ubajara, localizado na região norte do Estado do Ceará, onde foram colhidos na fase de plena maturação.

Após a seleção dos frutos, realizou-se a operação de despulpa, efetuada numa despulpadeira horizontal de marca **Bertuzzi**, com tela de 0,5 mm. Em seguida, a polpa foi pesada para a realização da etapa de liquefação (despectinização), adicionando-se 600 ppm de enzima pectinolítica (complexo enzimático **Clarex-L**, do laboratório Miles do Brasil Ind. Ltda.), a 45 °C, durante 120 minutos. Depois da despectinização, procedeu-se a inativação enzimática, aquecendo-se a polpa a 90 °C, por cinco minutos.

No suco extraído, foi feita a clarificação com 700 ppm de **Hidrogel** a 1% (proteína hidrolisada extraída do colágeno natural selecionado, da Leiner Paulista de Gelatinas Indústria e Comércio Ltda.) e 0,25 ml/l de **Baykisol-30** (solução de sílica que contém, como ingrediente ativo, ácido silício a 30%, dispersado coloidalmente, Bayer A. G., Leverkusen).

Vale ressaltar que o tratamento clarificante consistiu primeiramente da adição de **Baykisol-30**, para, depois de cerca de cinco minutos, ser adicionada a solução de **Hidrogel**, técnica recomendada por Enzyme Technology (1977).

Após a etapa de clarificação, procedeu-se a filtração em três filtros de feltro superpostos, para a obtenção do suco clarificado, que foi preservado pelo método *Hot-Pack*. O suco foi pré-aquecido a 95 °C por dois minutos, realizando-se, então, o enchimento a quente em garrafas de vidro com capacidade de 200 ml, e o fechamento com cápsulas metálicas revestidas internamente de plástico. Após o fechamento, realizou-se o aquecimento a 100 °C, por 15 minutos, sendo então resfriado por imersão em água até a temperatura ambiente (28 °C).

O fluxograma da Fig.1 mostra a seqüência do processamento do suco clarificado de goiaba.

Durante o processamento, foram acompanhadas as modificações físicas e físico-químicas ocorridas durante cada fase do processamento do suco de goiaba clarificado: polpa *in natura*, polpa tratada com enzima, suco integral, suco clarificado e suco clarificado preservado pelo método *Hot-Pack*. O pH foi determinado em potenciômetro **Procyon**, modelo pH N-4; a viscosidade, em viscosímetro do tipo rotacional da marca **Contraves**, modelo **Rheomat 115**; a acidez titulável total e os açúcares redutores, de acordo com técnica descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (1985); os sólidos solúveis (°Brix), em refratômetro marca **Aus-Jena**; a vitamina C, pelo método colorimétrico de Pearson (1976); os taninos, segundo método colorimétrico de Folin-Denis - Association of Official

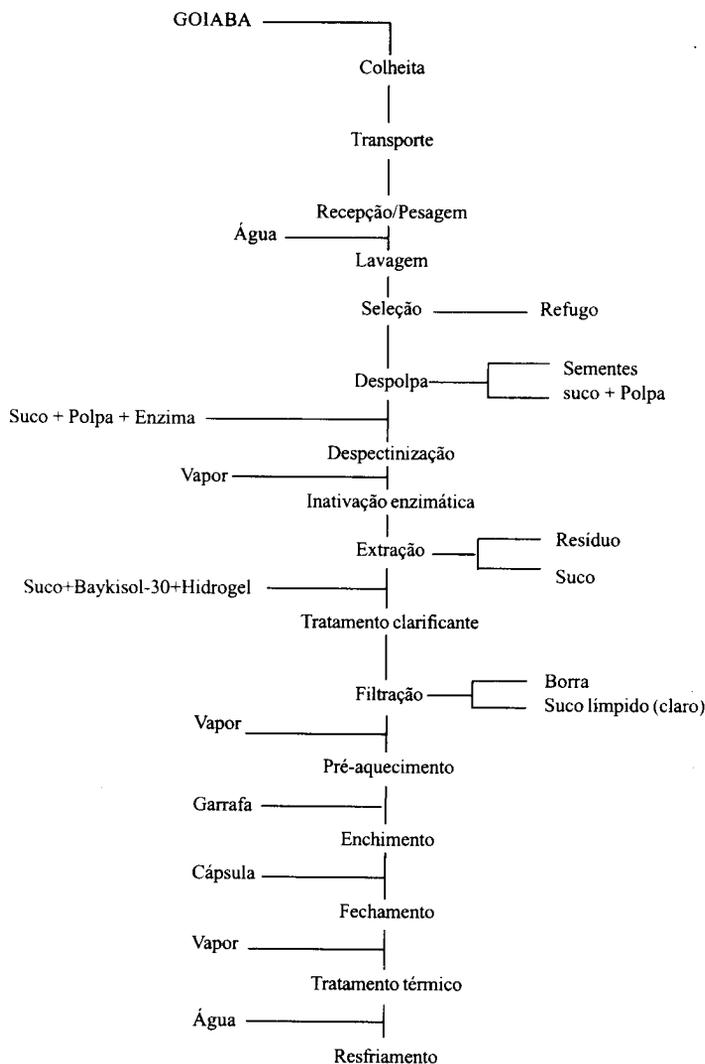


FIG. 1. Fluxograma de operações seguidas, para obtenção do suco clarificado de goiaba (*Psidium guajava* L. var. *pomifera*).

Analytical Chemists (1975); e a cor e turbidez, segundo método descrito em Ranganna (1977). As análises físicas e físico-químicas foram efetuadas em quadruplicata.

Na análise estatística dos resultados das modificações físicas e físico-químicas, ocorridas em cada fase de processamento do suco de goiaba clarificado, na qual empregou-se a análise da variância conforme Pimentel-Gomes (1973), foram estabelecidas comparações objetivas entre os efeitos das diversas fases de processamento sobre as variáveis estudadas (pH, viscosidade, acidez

titulável total, sólidos solúveis, açúcares redutores, ácido ascórbico, tanino, cor e turbidez).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias das determinações físicas e físico-químicas durante as fases de processamento do suco de goiaba clarificado são apresentadas na Tabela 1.

O pH durante o processamento do suco de goiaba clarificado apresentou-se crescente da fase de polpa *in natura* para a de polpa tratada, decrescendo na fase de suco integral até a de suco clarificado, para, finalmente, aumentar na fase de produto final.

O aumento inicial de pH pode ter sido ocasionado pela adição de enzima na etapa de liquefação da polpa. As enzimas são proteínas, e estas atuam como substâncias-tampões por excelência, nos fluidos naturais. Segundo Braverman (1967), soluções de proteínas têm excelente ação tamponante, pelo grande número de tipos que podem interagir reversivelmente com prótons num intervalo grande de pH. Outra hipótese que pode explicar a alteração de pH é a ocorrência de reações bioquímicas, inter e intramolecular, como ligações cruzadas e fixações de grupamentos ácidos, por ocasião da elevação da temperatura (45 °C), durante o tratamento enzimático da polpa.

O declínio verificado a partir da fase de suco integral até a fase de suco clarificado pode ter sido ocasionado pela perda de parte dos polipeptídeos

associados ou não a polissacarídeos presentes naturalmente no fruto, durante as etapas de extração e filtração, o que reduz o poder tamponante da solução.

O aumento de pH na fase final do processamento pode ser atribuído às mesmas razões para o aumento na fase inicial; no entanto, a elevação de temperatura, na fase final, decorreu da utilização do método de preservação *Hot-Pack*.

TABELA 1. Resultados das análises físicas e físico-químicas em diferentes etapas do processamento de suco de goiaba (*Psidium guajava* L. var *pomifera*) clarificado* com enzima pectinolítica + Baykisol-30 + gelatina, preservado pelo método *Hot-Pack*.

Determinações**	Fases do processamento					Análise de variância
	Polpa <i>in natura</i>	Polpa tratada com enzima	Suco integral	Suco clarificado	Suco clarificado <i>Hot-Pack</i>	Coefficiente de variação (%)
pH ¹	3,8201 b	4,2018 d	3,8302 b	3,7502 a	3,8702 e	4,55
Viscosidade (cps) ²	650,0012 e	214,0122 d	12,0210 c	11,500 a	11,8035 b	95,55
Acidez titulável total (%) ¹	0,3310 b	0,2979 a	0,5214 c	0,5550 d	0,5317 c	27,39
Sólidos solúveis (°Brix) ²	12,0100 a	15,1012 e	14,0120 c	13,8005 b	14,7120 d	8,57
Açúcares redutores (g/100 ml) ²	1,54094 a	5,78004 e	5,64814 c	5,59012 b	5,71851 d	38,19
Ácido ascórbico (mg/100 ml) ¹	80,1022 b	85,4012 b	84,2010 b	80,9045 b	58,7422 a	14,02
Taninos (mg/100 ml) ²	190,0112 c	211,9212 e	195,5878 d	51,5073 b	41,7823 a	60,80
Cor (O.D. 420 nm) ²	0,409 d	0,509 e	0,149 c	0,007 a	0,016 b	105,42
Turbidez (O.D. 660 nm) ¹	***	***	0,114 b	0,004 a	0,009 a	146,73

* 600 ppm de enzima Clarex-L + 0,25 ml/l de Baykisol-30 + 700 ppm de Hidrogel a 1%.

** Média de quatro determinações.

*** Não foi determinado.

¹ Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1%.

² Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Duncan a 1%.

Pela análise de variância, constatou-se haver diferenças estatisticamente significativas a 1% de probabilidade entre as fases de processamento, quanto ao pH.

Com a aplicação do teste de Tukey aos dados de pH da Tabela 1, constatou-se que, a 1% de significância, as fases de polpa *in natura* e de suco integral foram consideradas estatisticamente iguais e se diferiam das demais fases, as quais diferiam estatisticamente entre si.

Com relação à viscosidade, observou-se um decréscimo significativo desde a fase de polpa *in natura* até a obtenção do produto final. Este fato é justificável e esperado. Segundo Janda & Dorreeich (1988), a aplicação de enzimas pectolíticas no processo de despectinização visa basicamente desintegrar não só a pectina solúvel e a pectina insolúvel intercelular da lamela média (protopectina), mas também a pectina no interior da parede celular, o que causa a degradação desta última, diminuindo a viscosidade da polpa.

De acordo com Forgyat & Ward (1972), a viscosidade depende do grau de polimerização e esterificação das substâncias pécticas, além do pH, de composto eletrolíticos e de concentração do meio de suspensão.

O decréscimo da viscosidade de relevante significância estatística entre as fases de polpa

in natura e polpa tratada (etapa de liquefação da polpa), em torno de 62,92%, pode ser atribuído às condições físicas e físico-químicas otimizadas de atuação das enzimas pectolíticas na completa dissolução da protopectina e subsequente degradação da pectina dissolvida.

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

Imungi et al. (1980) obtiveram uma queda na viscosidade, da ordem de 82,40%, no processo de despectinização da polpa de goiaba, para a obtenção de suco clarificado e concentrado, utilizando 400 ppm de pectinex em 45 °C por 90 minutos.

As enzimas pécticas usadas comercialmente apresentam sua atividade máxima numa faixa de pH 3,5 a 5,0, embora elas atuem eficientemente sobre faixa mais larga de pH (Enzyme Technology..., 1977). A Clarex-L demonstra despectinização completa em pH em torno de 4,0, que foi mantido, por ser o pH natural da polpa de goiaba, além de grande flexibilidade no processo de despectinização, numa ampla faixa de temperatura de 2 °C a 60 °C, sendo sua temperatura ótima em torno de 50 °C. A temperatura

utilizada na etapa de liquefação da polpa foi de 45 °C, na qual a enzima se encontra com o pico máximo de atividade.

O subsequente decréscimo até a etapa de suco clarificado deve-se à remoção de macromoléculas e de outros sólidos insolúveis (já degradados por ação enzimática) durante a etapa de extração e filtração, além do efeito dos agentes *fining* na precipitação de compostos de alto peso molecular que venham a aumentar a viscosidade dos sucos. O pequeno acréscimo de viscosidade na fase final de processamento pode ser associado à evaporação de água durante o tratamento térmico e uma provável gelatinização de quantidades traços de amido, por ação da temperatura.

Pela análise de variância, verificaram-se diferenças estatisticamente significantes a 1%, entre as fases de processamento do produto, quanto à viscosidade. Com a aplicação do teste de Duncan aos dados de viscosidade da Tabela 1, observou-se que as médias das cinco fases de processamento diferiram estatisticamente entre si, a 1% de significância.

A acidez titulável total durante o processamento apresentou comportamento semelhante ao do pH. Conforme dados da Tabela, pôde-se observar um decréscimo entre as fases de polpa *in natura* e polpa tratada, seguido por um acréscimo a partir da fase de suco integral até a de suco clarificado, e, finalmente, de um decréscimo na fase de produto final. Os comentários a respeito dessas variações são os mesmos feitos para o pH, já que existe uma relação entre pH e acidez de um produto.

Imungi et al. (1980) encontraram semelhantes oscilações de acidez conforme variações no pH durante o processamento de suco de goiaba clarificado.

Com relação ao decréscimo observado entre as fases de polpa *in natura* e polpa tratada, pode ser levado em consideração o efeito tamponante da adição de enzimas no tratamento da polpa na etapa de liquefação, além da ação da temperatura durante o tratamento da enzimático.

O decréscimo da acidez na fase final do processamento dos produtos pode estar associado ao efeito do tratamento térmico ocasionando reações bioquímicas intramoleculares, tais como ligações cruzadas e fixações de grupamentos ácidos.

Pela aplicação do teste de Tukey aos valores de acidez da Tabela 1, constatou-se que a 1% de significância, as fases do suco integral e o suco clarificado Hot-Pack, são consideradas estatisticamente iguais, e que as demais fases diferem estatisticamente entre si.

Quanto ao teor de sólidos solúveis, durante o processamento, observou-se um aumento entre as fases de polpa *in natura* e a de polpa e a de polpa tratada (25,74%), seguindo-se um decréscimo a partir da fase de polpa tratada até o suco clarificado, e, finalmente, um aumento no produto final. Esse aumento, observado logo no início do processamento pode ser explicado pela ação hidrolítica das enzimas pectolíticas nas ligação $\alpha - 1,4$.

De acordo com a Tabela 1, o aumento significativo no teor de açúcares redutores não foi, em certa parte, correspondente ao acréscimo no teor de sólidos solúveis, pois, segundo tripathi & Gangwar (1971), os sólidos solúveis da polpa de goiaba são aproximadamente 80% de açúcares, 6% de ácido cítrico e seus sais e o restante composto de nitrogenados e outras poucas substâncias solúveis. Provavelmente tal fatose atribua à inadequação da técnica que é efetivada por determinação indireta.

O declínio do teor de sólidos solúveis, ocorrido a partir da fase de suco integral até a fase de suco clarificado, pode ser justificado pela técnica de determinação indireta, ou seja, refratometria. Segundo Sampaio (1990), parte das macromoléculas constitutivas do fruto e outros sólidos insolúveis tende a ser descartada, sob os títulos gerais de resíduos, durante as etapas de extração e filtração, deixando portanto, de interferir nas propriedades refratométricas das solúveis.

O aumento dectado no produto final pode ter sido ocasionado pela evaporação de água durante o tratamento térmico a que foi submetido, bem como a interferência de fatores bioquímicos, tais como: reação de escurecimento não enzimático, de agressão, de condensação, etc.

O teor de sólidos solúveis do suco de goiaba clarificado foi de 13,80 °Brix, sendo superior ao encontrado por Imungi et al. (1980), que foi de 9,70 °Brix.

Pela análise de variância, verificaram-se diferenças significativas a 1%, entre as fases de processamento do suco de goiaba clarificado, quanto ao teor de sólidos solúveis.

Durante as fases de processamento do suco de goiaba clarificado, os açúcares redutores apresentaram um aumento considerável entre a fase de polpa *in natura* e a de polpa tratada (acréscimo de cerca de 275,10%), decrescendo posteriormente até a fase de suco clarificado, e aumentando na fase final do processamento.

Esse aumento significativo entre as duas primeiras fases do processamento deve-se provavelmente à ação hidrolítica das enzimas pécticas (poligalacturonases e pectina liases), como já anteriormente comentado, sobre outras variáveis (viscosidade e sólidos solúveis)

Bezusov et al. (1989) obtiveram um aumento de 20% no teor de açúcares redutores utilizando uma combinação de enzimas pectolíticas e celulóticas (1:1) para clarificar suco de maçã. A referida hidrólise enzimática aumentou os níveis de galactose, arabinose e xilose em suco clarificado de maçã.

Floribeth et al. (1981) detectaram um acréscimo no teor de açúcares redutores de 75% durante o processamento do suco de banana clarificado, utilizando enzimas pectolíticas.

Outra justificativa para o aumento entre as duas primeiras fases do processamento se refere à hidrólise dos açúcares não-redutores, que é, segundo Hernandez & Villegas (1986), bastante acentuada em meio ácido, por ação de temperaturas elevadas, referindo-se à fase de liquefação da polpa.

O decréscimo observado a partir da fase de suco integral até a fase de suco clarificado pode-se dever ao descarte das macromoléculas constitutivas do fruto e outros sólidos insolúveis, como resíduos, durante a etapa de filtração.

O aumento na fase final do processamento deve-se à hidrólise dos açúcares não-redutores em meio ácido, por ação do tratamento térmico.

A análise de variância indica que os teores de açúcares redutores durante as cinco fases de processamento diferiram estatisticamente a 1% de significância.

A aplicação do teste de Duncan aos dados de açúcares redutores da Tabela 1 mostrou que os teores de açúcares redutores nas cinco fases do processamento, diferiram estatisticamente entre si a 1% de significância, e que a fase de polpa tratada é estatisticamente superior às demais fases.

O teor de ácido ascórbico apresentou um acréscimo entre as fases de polpa *in natura* e polpa tratada (6,61%), tendo, em seguida, decrescido até a fase final do processamento.

No decorrer do preparo da fruta para o processamento, durante a extração do suco ou qualquer outro fator que cause um aumento no conteúdo de O₂, há perda de ácido ascórbico (Beattie et al., 1943).

Meydav & Berck (1978), em estudo sobre a variação do conteúdo de vitamina C no processamento do suco de frutas e vegetais, observaram perdas dessa vitamina durante várias fases do processamento, assim como nas condições de estocagem, foram da ordem de 60 a 80%, devido ao calor.

De acordo com Mokady et al. (1984), nos alimentos processados, as perdas mais significativas de ácido ascórbico são resultantes de degradação química. Os referidos autores acrescentam que, em alimentos com alto conteúdo de vitamina C, como as frutas, as perdas são normalmente associadas ao escurecimento não enzimático.

Joslyn (1961) notou que com apenas 10 a 15% de acréscimo no conteúdo de ácido ascórbico, na presença de pequenas quantidades de O₂, o escurecimento do suco de laranja poderá ocorrer.

As perdas de ácido ascórbico durante o processamento do suco de goiaba clarificado e preservado pelo método *Hot-Pack* foi de 26,66%, com relação ao fruto *in natura*. Tais perdas são relacionadas às etapas do processamento, como extração, clarificação e tratamento térmico.

Imungi et al. (1980) obtiveram uma retenção de ácido ascórbico em suco de goiaba clarificado e concentrado da ordem de 85,50%, logo após o processamento.

Sousa Filho (1987) verificou uma queda no teor de vitamina C de 23,60% em suco clarificado de caju, logo após o processamento em relação ao valor estabelecido no suco integral.

Sampaio (1990) evidenciou perdas no conteúdo de ácido ascórbico logo após o processamento do suco límpido de caju preservado pelo método *Hot-Pack* da ordem de 40,24%, com relação ao fruto *in natura*.

Segundo Czyhrinciw (1969), processamentos adequados conservam de 80 a 90% de vitamina C

em frutas e vegetais. O mesmo autor acrescenta que o conteúdo dessa vitamina pode servir como uma checagem para a escolha de uma linha de processamento ideal.

Com relação ao acréscimo no teor de ácido ascórbico entre as duas primeiras fases do processamento, tal fato pode ser explicado pela ação do tratamento enzimático na liberação do ácido ascórbico da película da fruta que é conhecida por possuir 2,2 vezes mais que no centro da fruta (Berck, 1976; Amoth, 1978, citado por Imungi et al., 1980).

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 no teor de ácido ascórbico de 8,90%, nas seguintes condições, no processo de liquefação da polpa: 400 ppm de pectinase, temperatura de 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.

No presente estudo, a análise de variância dos valores das determinações de ácido ascórbico revelam que as fases do processamento diferem estatisticamente a 1% de significância. O teste de Tukey aplicado aos contrastes entre médias conforme os dados da Tabela 1 mostra que, somente na fase de produto final, o teor de ácido ascórbico diferiu estatisticamente das demais fases, que, por sua vez, são consideradas iguais. Esses resultados mostram que as maiores perdas de ácido ascórbico aconteceram durante o tratamento térmico e que o aumento registrado entre as duas primeiras fases do processamento pela ação enzimática não teve significância estatística.

Os taninos apresentaram comportamento semelhante ao da vitamina C, ou seja, acréscimo entre as fases de polpa *in natura* e de polpa tratada e, em seguida, decréscimo até a fase de produto final.

O aumento da ordem de 11,53% no teor de tanino entre as duas primeiras fases do processamento foi, provavelmente, devido à ação enzimática na liberação dos polifenóis condensados presentes naturalmente na pele do fruto.

Imungi et al. (1980) obtiveram um aumento no teor de taninos por ação de enzimas em polpa de

goiaba da ordem de 12,03%.

O drástico decréscimo no conteúdo de taninos entre as fases de suco integral e suco clarificado (73,67%) deve-se, principalmente, à ação da gelatina (**Hidrogel**), juntamente com a sílica sol (**Baykisol-30**) na precipitação dos taninos.

Uma redução no teor de taninos de 92,28% foi encontrada por Imungi et al. (1980), no suco de goiaba clarificado com enzima após a filtração.

Nagel & Shobinger (1984) obtiveram uma redução no conteúdo de polifenóis condensados em suco de maçã clarificado com gelatina - betonita da ordem de 20,70%, enquanto em suco de maçã ultrafiltrado foi de apenas 2,10%.

Uma redução no teor de taninos de 50,45% foi encontrada por Sousa Filho (1987) em suco de caju clarificado com enzima e gelatina. Sampaio (1990) detectou perdas no conteúdo de taninos de apenas 5,86% em suco límpido de caju, usando somente gelatina, quando comparado com o teor do suco integral.

Segundo Joslyn (1961), numa clarificação, a gelatina e a enzima formam um precipitado insolúvel com os constituintes dos sucos (enzima com ácido e gelatina com tanino), os quais arrastam consigo outras partículas em suspensão.

A análise de variância revelou que os teores de taninos nas várias fases de processamento do suco de goiaba clarificado diferiram estatisticamente a 1% de significância. Com a aplicação do teste de Duncan nos dados da Tabela 1, constatou-se que as médias nas cinco fases do processamento foram consideradas diferentes entre si, a 1% de significância, e que a fase de produto final foi considerada estatisticamente inferior às demais fases.

Em relação à cor, é possível observar que houve um aumento na absorvância entre as duas primeiras fases do processamento, seguido por um decréscimo significativo na fase de suco clarificado, e, finalmente, um aumento na fase de produto final.

O aumento na absorvância entre as duas primeiras fases do processamento, deve-se a um certo grau de escurecimento não-enzimático, resultante, provavelmente, da ocorrência de reações do tipo caramelização dos açúcares, oxidação do ácido ascórbico e, em menor grau, reações do tipo Maillard.

Segundo Kacem et al. (1987), as condições que irão favorecer o desencadeamento de reações do tipo Maillard em pH alcalino ou ligeiramente alcalino estão quase ausentes em frutas com pH em torno de 4,0, por isso, tal mecanismo não é o principal contribuinte no processo de escurecimento nesses produtos.

De acordo com Wong & Stanton (1989), sucos de frutas ou sucos concentrados de frutas com conteúdo alto ou relativamente alto de ácido ascórbico exibem reações de escurecimento não-enzimático, como oxidação do ácido ascórbico, e a extensão do escurecimento aumenta com o nível de ácido ascórbico e na presença de aminoácidos.

Lee & Nagy (1988) demonstraram que resultados de medida de cor estão de acordo com o teor de açúcar e ácido ascórbico, enquanto Curl & Talburt (1961), trabalhando com vários tipos de frutas acidicas, concluíram que a combinação de açúcares e aminoácidos e a adição de ácido ascórbico a essa combinação foram as principais causas do escurecimento.

Lee & Nagy (1988) asseguram que existe uma relação linear entre a cor dos sucos e a perda de ácido ascórbico e açúcares.

O decréscimo a partir das fases de polpa tratada até a fase de suco clarificado pode ser atribuído à ação enzimática na desestabilização da pectina do suco e ao potente efeito dos agentes clarificantes na precipitação dos taninos, proteínas, polissacarídeos e seus complexos.

O drástico decréscimo na absorvância entre as fases de suco integral e suco clarificado (95,30%) é acompanhado pela queda no teor de taninos. Isso sugere que, conforme Imungi et al. (1980), a maior parte dos compostos fenólicos foi retida através da filtração, e que a cor rósea do suco integral é resultante da presença de alguns desses compostos fenólicos que foram removidos pela filtração, tendo, como consequência, um suco de coloração mais clara.

O aumento da absorvância na fase final do processamento deve-se à ocorrência de reações de escurecimento não-enzimático, em virtude do tempo de exposição ao calor durante a etapa de preservação do produto. A possibilidade da alta taxa de hidrólise da sacarose em pH em torno de 4,0 pode ter contribuído em potencial para o aumento de escurecimento do produto final.

A análise de variância dos valores de cor, durante as fases de processamento, mostram que eles di-

ferem estatisticamente, a 1% de significância. O teste de Duncan de comparação das médias aplicado aos dados da Tabela 1 mostrou que as médias, nas cinco fases de processamento de suco clarificado submetido a *Hot-Pack*, diferem estatisticamente a 1% de significância, quanto à cor.

No tocante à turbidez, de acordo com os dados da Tabela 1, verifica-se um significativo decréscimo da turbidez entre as fases de suco integral e suco clarificado (96,50%). Esse decréscimo deve-se à potente ação dos agentes *fining*, como gelatina e sílica sol, em proporções adequadas para uma completa precipitação dos compostos de alto peso molecular causadores de turbidez em sucos.

De acordo com Heatherbell (1984), os polisacarídeos, incluindo pectina, amido, gomas, assim como as proteínas, os polifenóis e os cátions polivalentes, como Fe, Cu, Al e Ca, e os lipídeos, são as principais classes de compostos importantes na turbidez de sucos e na possível formação de *hazes* e sedimento após o processo de clarificação. O mesmo autor acrescenta que esses compostos freqüentemente ocorrem em associação, formando complexos insolúveis, como pectina e amido, proteínas e polifenóis, aplicações recomendadas de agentes *fining*, como gelatina, sílica sol, betonita, caseína, polivinilpirrolidona (PVPP), ácido tânico, albumina de ovo e C, são eficientes na remoção da turbidez provocada por tais compostos.

Vorob'eva et al. (1981) reduziram a quantidade de compostos de alto peso molecular em sucos de maçã, ameixa, cereja, laranja e outros com polioxi-etileno, polivinilpirrolidona, gelatina e betonita, e obtiveram sucos clarificados com estabilidade e propriedades físico-químicas aumentadas.

A análise de variância revelou significância estatística a 1% de probabilidade. Teste de significância entre médias indica que a turbidez, na fase de suco integral, é estatisticamente superior às demais fases a 1% de significância, e que as fases de suco clarificado e produto final não diferem estatisticamente entre si.

CONCLUSÕES

1. Ocorreram modificações estatisticamente significantes a 1% em todas as variáveis físicas e físico-químicas, estudadas durante o processamento do suco de goiaba clarificado *Hot-Pack*.

2. O tratamento térmico a que foi submetido o produto foi a principal causa da perda de 26,66% de ácido ascórbico em relação ao presente na matéria-prima.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (Washington, EUA). **Official methods of analysis**. 20. ed. Washington, 1975. 1094 p.
- BEATTIE, H. G.; WHEELER, K.A.; PEDERSON, C.S. Changes occurring in fruit juices during storage. **Food Research**, v.8, p.395-404, 1943.
- BERCK, Z. **Braverman's introduction to the biochemistry of foods**. Amsterdam: Elsevier Scientific, 1976.
- BEZUSOV, A. T.; ZUERKOUS, A. S.; UTRINA, O. U.; GRUBA, Z. Effect of enzymes on the polysaccharides of apple juice. **Pishch Prom-st**, v.3, p.72-73, 1989.
- BOYLE, F.P.; SHAW, T.N.; SHERMAN, G. D. Efficient extraction single strength technique open up wide uses for new passion fruit juice. **Food Engineering**, v.27, n.9, p.94, 1986.
- BRAVERMAN, J.B.S. **Introducción a la bioquímica de los alimentos**. Barcelona: Ediciones Omega, 1967. 377p.
- CASTRO, F. A. **Industrialização da goiaba - Perfil tecnológico**. Fortaleza: Núcleo de Tecnologia Industrial, 1983. 51p.
- CURL, A. L.; TALBURT, W. F. Deterioration in storage. In: TRESSLER, D. K.; JOSLYN, M. A. **Fruit and vegetable juice processing technology**. Westport: The AVI Publishing, 1961. p.410.
- CZYHRINCIW, N. Tropical fruit technology. **Advances in Food Research**, v.17, p.153-294, 1969.
- ENZYME Technology Gelatin test to determine the optimum dosage for 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 Food Technology**, v.16, p.115-125, 1981.
- FORGATY, W.M.; WARD, O.P. Pectic substances and pectinolytic enzymes. **Process Biochemistry**, v.7, p.13-17, 1972.
- 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-Preliminary study. **Technology Chemistry**, v.7, n.2, p.33-37, 1986.
- IMUNGI, J. K.; SCHEFFELDT, P.; SAINT-HILAIRE, 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. **Fluessigs Obst**, v.15, n.12, p.640-643, 1988.
- JANSEN, E.F.; MACDONNEL, L. R.. Influence of methoxy content of pectic substances on the action of polygalacturonase. **Archives of Biochemistry**, v.8, p.97-112, 1945.
- JOSLYN, M. A. Preparation of fruit and vegetable juices. In: **FRUIT and vegetable juice production**. Westport: The AVI Publishing, 1961. p.53-97.
- KACEM, B.; MATTHEWS, R. F.; CHANDALL, P. G.; CORNELL, J.A. Nonenzymic browning in aseptically packaged orange juice and drinks. Effect of amino acids and anaerobic storage. **Journal of Food Science**, v.52, n.6, p.1665, 1987.
- LEE, H.S.; NAGY, S. Quality changes and nonenzymic browning intermediates in grapefruit juice during storage. **Journal of Food Science**, v.53, n.1, p.168-172, 1988.
- LUH, B.S.; LEONARDO, G. L.; MARSH, S. Nonenzymatic browning in fruit products. **Food Technology**, v.12, n.17, p.347, 1971.
- MEYDAV, S.; BERCK, Z. Colorimetric determination of browning precursors in orange juice products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.26, n.1, p. 282, 1978.

- MOKADY, S.; COGAN, U.; LIEBERMAN, L. Stability of vitamin C in fruits and fruit blend. **Journal of Food Science**, v.35, n. 4, p.452-456, 1984.
- NAGEL, C. W.; SHOBINGER, V. Investigation of the origin of turbidity in ultrafiltered apple and pear juice concentrated. **Confructa**, v.22, p.16-22, 1984.
- PEARSON, D. **Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1976. 331p.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 5. ed. Piracicaba: Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, 1973. 430p.
- RANGANNA, M. **Manual of analysis of fruits and vegetable products**. New Delhi: Mac Graw-hill, 1977. 634p.
- ROSE, A. H. **Microbial enzymes and bioconversions**. Netherlands: Agricultural University. Department of Food Science, 1980. 227p.
- SAMPAIO, T. M. C. **Estudo dos sucos límpidos simples, concentrados e reconstituídos 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, 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.
- TRIPATHI, R.S.; GANGWAR, B. M. Biochemical changes as indices of maturity in guava (*Psidium guajava*, L.). **Progressive Horticulture**, v.3, n.1, p.17-23, 1971.
- TRESSLER, D. K.; JOSLYN, M. A. **Fruit and vegetable juice processing technology**. Westport: AVI Publishing, 1971.
- VOROB'EVA, E.V.; BURACHEVASKII, I.I.; SHARAPOVA, A.A. Effect of technological treatment on the physico-chemical composition of intermediate products and stability of liqueur-vodka products. **Fermentanya Spirtovaya Promyshlennost**, v.7, p.24-27, 1981.
- WILSON, C.W.; SHOW, P. E.; CAMPHELL, C. W. Determination of organic acids and sugar in guava (*Psidium guajava* L.) cultivars by high-performance liquid chromatography. **Journal of Science Food Agricultural**, v.33, p.777-780, 1982.
- 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.