



Ciência e Tecnologia de Alimentos

ISSN: 0101-2061

revista@sbcta.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência e

Tecnologia de Alimentos

Brasil

Garcia de OLIVEIRA, Aline Cristine; Fillet SPOTO, Marta Helena; CANNIATTI-BRAZACA,

Solange Guidolin; Paiva de SOUSA, Cristina; Rosa GALLO, Claudio

Efeitos do processamento térmico e da radiação gama na conservação de caldo de cana

puro e adicionado de suco de frutas

Ciência e Tecnologia de Alimentos, vol. 27, núm. 4, octubre-diciembre, 2007, pp. 863-873

Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos

Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=395940084029>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

Efeitos do processamento térmico e da radiação gama na conservação de caldo de cana puro e adicionado de suco de frutas

Effects of heat treatment and gamma radiation on the characteristics of pure sugarcane juice and mixed with fruit juices

Aline Cristine Garcia de OLIVEIRA¹, Marta Helena Fillet SPOTO¹, Solange Guidolin CANNIATTI-BRAZACA¹, Cristina Paiva de SOUSA², Claudio Rosa GALLO¹

Resumo

O caldo de cana apresenta grande aceitação popular e, se devidamente explorado, é um produto com elevado potencial mercadológico. O presente trabalho teve como objetivos realizar a caracterização físico-química, microbiológica e sensorial do caldo de cana puro e adicionado de suco de limão e de suco de abacaxi submetido ao tratamento térmico (70 °C/25 minutos) e/ou à radiação gama (2,5 kGy), acondicionado em garrafas de polietileno de alta densidade. Os resultados foram avaliados através da análise de variância e comparação das médias pelo teste de Tukey. Os processamentos aplicados reduziram as quantificações microbianas e não alteraram significativamente o aroma e sabor das bebidas em relação ao controle. A luminosidade foi maior no produto submetido ao tratamento térmico combinado com a radiação gama do que nos demais tratamentos. A atividade da polifenoloxidase nas bebidas processadas foi significativamente menor em relação ao controle. A adição de suco de frutas ao caldo de cana não alterou sua composição físico-química. No entanto, a adição de suco de abacaxi ao caldo de cana incrementou significativamente o teor de manganês e o de açúcares redutores quando comparado ao caldo de cana puro e adicionado de suco de limão.

Palavras-chave: caldo de cana; radiação gama; suco de frutas; tratamento térmico.

Abstract

Sugarcane juice is a very well-known and popular beverage in Brazil, and provided it is properly exploited, it has a high market potential. The aim of this research was to evaluate the physicochemical, microbiological and sensory stability of pure sugarcane juice and mixed with fresh lemon and pineapple juice, subjected to a heat treatment (70 °C/25 min) and/or gamma radiation (2.5 kGy) and stored in high density polyethylene bottles. The data were evaluated by variance analysis and their mean values compared by Tukey's test. Processing of the sugarcane juice reduced the microorganism load without significantly altering the physicochemical composition, aroma and flavor of the beverages in comparison with the control. Luminosity was higher in the product subjected to the heat treatment combined with gamma radiation than that resulting from the other treatments. The polyphenol oxidase activity in the processed beverages was significantly lower than in the control. The addition of fruit juice to the sugarcane juice did not modify the latter's physicochemical composition. However, the addition of 10% pineapple juice to the sugarcane juice increased the manganese and reduced sugars content when compared with pure sugarcane juice and with sugarcane juice mixed with 4% lemon juice.

Keywords: sugarcane juice; gamma radiation; fruit juice; heat treatment.

1 Introdução

O caldo de cana é uma bebida energética, não alcoólica, nutritiva, muito apreciada no Brasil, principalmente nos períodos mais quentes do ano devido às suas características de refrescância e sabor doce^{21,37}. Essa bebida é caracterizada como um líquido viscoso, opaco, de coloração que varia de parda a verde escura. Sua composição é variável em função da variedade, idade e sanidade da cana, solo, condições climáticas e planejamento agrícola, conservando todos os nutrientes existentes na cana-de-açúcar que lhe deu origem⁸.

Quantitativamente o caldo de cana é constituído basicamente por água (80%) e sólidos totais dissolvidos (20%). Dos sólidos totais destacam-se os açúcares: sacarose (17%), glicose (0,4%), e frutose (0,2%); os não açúcares orgânicos, constitu-

ídos por substâncias nitrogenadas, gorduras, ceras, pectinas, ácidos orgânicos e matérias corantes; e os não açúcares inorgânicos, representados pelas cinzas⁴⁰.

O caldo de cana, por conter nutrientes orgânicos e inorgânicos, alta atividade de água, pH entre 5,0 e 5,5 e manter-se na temperatura de 25 a 30 °C, constitui-se em ótimo substrato para o crescimento de grande e diversificada microbiota¹⁴. Os microrganismos mais importantes em associação com o caldo de cana são essencialmente aqueles oriundos do solo e dos vegetais, dentre os quais se destacam os fungos filamentosos e leveduriformes, e as bactérias lácticas e esporuladas^{13,33,34}.

O caldo de cana possui uma série de compostos que conferem cor ao produto, como a clorofila e compostos fenólicos, cuja presença pode determinar a coloração e aceitabilidade do produto. Uma das alterações mais importantes no caldo de cana é o escurecimento que ocorre logo após sua extração, o qual está relacionado com a formação de melanoidinas, provenientes da reação de Maillard entre açúcares redutores e aminoácidos presentes na cana, contribuindo para a formação de coloração marrom no caldo^{5,7,30}.

As misturas de frutas na preparação de sucos apresentam uma série de vantagens, como a combinação de diferentes aro-

Recebido para publicação em 22/12/2006

ACEITO para publicação em 5/8/2007 (002176)

¹ Escola Superior de Agricultura "LUIZ DE QUEIROZ" – Esalq, Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba - SP, Rua Máximo Biondo, 574, Centro, CEP 13170-190, Sumaré - SP, Brasil, E-mail: alinegarcia@yahoo.com.br

² Departamento de Morfologia e Patologia, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos - SP, Brasil, E-mail: prokarya@power.ufscar.br

*A quem a correspondência deve ser enviada

mas e sabores, além da soma de componentes nutricionais²². A adição de sucos de frutas ácidas em pequenas proporções ao caldo de cana - como o limão Tahiti e abacaxi Havaí - tem por finalidade melhorar sensorialmente a bebida, conferindo ao produto sabor refrescante e agradável ao paladar, incrementando o seu sabor e suavizando sua doçura por promover mudança na relação teor de sólidos solúveis/acidez titulável²⁸.

A industrialização de produtos alimentícios visa à obtenção de produtos com características sensoriais e nutricionais próximas ao produto in natura, e que sejam seguros sob o ponto de vista microbiológico. Nas operações de processamento e durante o armazenamento de suco de frutas ocorrem transformações, que podem resultar em perdas no sabor ou aparecimento de sabor desagradável devido à ocorrência de várias reações bioquímicas complexas entre seus constituintes¹⁵.

A pasteurização é um processamento térmico empregado para a inativação enzimática, destruição de microrganismos patogênicos e deterioradores de baixa resistência ao calor, sendo utilizada quando tratamentos mais rigorosos podem influenciar negativamente as propriedades sensoriais e nutritivas do alimento. Também é aplicada em produtos alimentícios que serão posteriormente armazenados em condições que minimizem o crescimento bacteriano, como a refrigeração e o uso de aditivos químicos e de embalagens herméticas, visando à conservação do alimento¹².

O tratamento de frutas e vegetais com radiações ionizantes tem como principal finalidade assegurar sua preservação, aumentando o período de tempo no qual o alimento ainda estará adequado para o consumo. Esse processo pode envolver a inativação de microrganismos, por alterar suas estruturas moleculares e impedir a divisão celular e o retardo da maturação, ao induzir alterações bioquímicas nos processos fisiológicos do tecido vegetal, atribuindo consideráveis vantagens econômicas ao produto^{11,35}.

A utilização de garrafas plásticas para o envasamento de produtos líquidos tem crescido, pois quando comparadas a outros materiais convencionais, apresentam vantagens, como: peso reduzido, facilidade de descarte, menor fragilidade à quebra, resistência à corrosão, fácil enchimento, boas condições de transporte, comodidade de manuseio, além do que a fabricação requer menores investimentos em maquinários e instalações. As desvantagens da utilização de garrafas de material plástico são: a pequena resistência a temperaturas elevadas e a permeabilidade a gases¹⁰.

Devido à grande aceitação popular e facilidade de exploração, o caldo de cana pode alcançar um mercado consumidor com proporções ainda maiores. O produto processado e embalado, pronto para o consumo, pode ser comercializado em lanchonetes, restaurantes, cadeias de *fast food*, feiras, parques e shoppings, nos quais a procura por produtos naturais, saudáveis e com boas características nutricionais é cada vez maior, ao invés de limitar-se a venda no comércio de rua.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo realizar a caracterização físico-química, microbiológica e sensorial do caldo de cana puro, e adicionado de suco de limão e de suco de abacaxi submetido ao tratamento térmico e à radiação gama.

2 Material e métodos

2.1 Material

Para o processamento foram utilizados 200 colmos de cana-de-açúcar (*Saccharum sp*) da variedade SP81-3250, obtidos no município de Ribeirão Preto - SP, no período de junho de 2005 a julho de 2006. Efetuou-se a moagem da cana-de-açúcar em moedor elétrico com três cilindros de aço inoxidável, modelo Sucana - 170, fabricado pela Vencedora Maqtron, Joaçaba - SC. O suco natural de limão Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka) e de abacaxi Havaí (*Ananas comosus* Cayenne) foram extraídos em despolpadeira mecânica marca Braun, modelo MC-1. Os limões e abacaxis utilizados foram obtidos no município de Piracicaba - SP. A proporção dos sucos de limão e de abacaxi a serem adicionados ao caldo de cana foi previamente estabelecida em 4% (v.v⁻¹) e 10% (v.v⁻¹), respectivamente, pelos provadores. Foi utilizada solução de ácido cítrico a 20% para redução do pH da bebida pura (sem adição de suco de frutas) e adicionada de suco de abacaxi até pH 4,3. A bebida adicionada de suco de limão apresentou pH menor do que 4,3, não sendo necessária a utilização de ácido cítrico. A acidificação do produto foi utilizada como um fator de restrição ao crescimento de microrganismos. Foram utilizadas embalagens de polietileno de alta densidade (PEAD), com capacidade volumétrica de 300 mL, marca USICOMP. O caldo de cana envasado foi submetido a três processamentos: tratamento térmico isolado, por imersão em pasteurizador modelo Mar-Girius Continental, fabricado pela Mecamau São José Ltda, a 70 °C durante 25 minutos, irradiação gama isolado em irradiador Gammacell - 220 que tem como fonte o cobalto-60, a taxa de dose de 0,807 kGy/h e tratamento térmico combinado com radiação gama, nas mesmas condições acima.

2.2 Métodos

A cana-de-açúcar foi processada na planta piloto do Setor de Processamento de Alimentos do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Os colmos de cana-de-açúcar foram inicialmente pré-selecionados para eliminar partes visivelmente deterioradas. Após a seleção inicial, os colmos foram submetidos ao despalmamento, cortados em cilindros de 60 cm de comprimento, escovados com detergente neutro e lavados em água corrente tratada, para a remoção de resíduos de solo e fragmentos do vegetal. Após isso, a cana-de-açúcar foi imersa em solução clorada contendo 3% de cloro ativo (Dícloro S-Triazinatriona Sódica Dihidratada) com concentração de 150 mg.L⁻¹ durante 15 minutos, com objetivo de reduzir a carga microbiana do produto e, posteriormente, descascada com o uso de descascador mecânico. A seguir, os colmos foram imersos novamente em solução clorada a 150 mg.L⁻¹ durante 15 minutos, para eliminação do suco celular extravasado e redução de possíveis contaminantes microbiológicos. O enxágue foi realizado com água mineral e os colmos foram drenados durante 2 a 3 minutos, para redução do excesso de umidade.

Paralelamente, os abacaxis e os limões utilizados foram pré-selecionados, escovados com detergente neutro e lavados

em água corrente tratada e posteriormente imersos em solução clorada a 150 mg.L⁻¹ durante 15 minutos, enxaguados com água mineral e despolpados, obtendo-se os respectivos sucos.

Os colmos foram moídos em moenda e o caldo extraído foi peneirado e mantido na forma pura ou adicionado de suco de frutas de acordo com as formulações previamente testadas em avaliações sensoriais que objetivaram identificar a melhor proporção de suco de frutas e caldo de cana. As formulações dos produtos finais e os tratamentos a que foram submetidos estão ilustrados na Figura 1.

O controle correspondeu ao caldo de cana, obtido de toletes de cana-de-açúcar descascados e sanitizados, adicionados ou não de suco de frutas. Antes e após o processamento do caldo de cana, todo material e equipamentos utilizados foram lavados com detergente, seguido de enxágüe com água, e posterior sanitização com solução de hipoclorito de sódio a 150 mg.L⁻¹. A irradiação do caldo de cana foi realizada no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), localizado na cidade de Piracicaba - SP. Tanto o enchimento quanto o fechamento das embalagens foram realizados manualmente, e as amostras obtidas foram armazenadas à temperatura controlada de 5 ± 1 °C em estufa incubadora refrigerada (B.O.D.), modelo Te-390, marca Tecnal, Piracicaba - SP. A avaliação da qualidade físico-química, microbiológica e sensorial do caldo de cana puro e adicionado de suco de frutas foi realizada logo após o processamento.

Análises microbiológicas

As bebidas elaboradas foram analisadas microbiologicamente quanto à quantificação de aeróbios psicrotróficos, contagem de bactérias lácticas e contagem de fungos filamentosos e leveduriformes, conforme metodologia da APHA⁴⁵.

Análises físico-químicas

Foram realizadas determinações de pH, teor de sólidos solúveis (TSS) e acidez titulável (AT) conforme metodologia da A.O.A.C.⁴, relação °Brix/acidez, cor (Luminosidade, ângulo de cor e croma) utilizando-se o colorímetro Color Meter-Minolta C-400, segundo MINOLTA²⁶; atividade da polifenoloxidase segundo CAMPOS et al.⁶; teor de ácido ascórbico determinado segundo LEME JÚNIOR e MALAVOLTA²⁰, e os resultados expressos em mg de vitamina C por 100 mL de caldo de cana, e o teor de açúcares totais e redutores conforme método proposto por HORII e GONÇALVES¹⁷. A composição físico-química foi determinada analisando-se: umidade por infravermelho em equipamento modelo B-Top Ray, marca Tecnal, Piracicaba - SP e os resultados expressos em percentual (%); valor calórico, determinado multiplicando-se os valores de conversão para carboidratos (4,0 kcal), lipídios (9,0 kcal) e proteínas (4,0 kcal), segundo método proposto pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ¹⁸; carboidratos totais utilizando a

equação descrita por SNIFFEN et al.³⁶. O teor de proteínas pelo método de microkjedahl, multiplicando-se o conteúdo de nitrogênio total pelo fator de conversão 6,25; o extrato etéreo, determinado por extração contínua em aparelho do tipo Soxhlet; e o teor de cinza, determinado pela incineração da amostra em mufla à temperatura de 550 °C durante 4 horas; foram realizados conforme procedimento descrito pela A. O. A. C.⁴. Os minerais foram determinados pelo método descrito por SARRUGE e HAAG³² com leitura em espectrofotômetro de absorção atômica, modelo Perkin-Elmer 3.110, para cálcio, magnésio, cobre, manganês, zinco e ferro; espectrofotômetro colorimétrico para o fósforo e enxofre; e fotômetro de chama para sódio e potássio.

Análise sensorial

Aplicou-se o teste de ordenação para escolha das melhores concentrações de sucos de limão e abacaxi a serem adicionados ao caldo de cana, sendo propostas três concentrações para cada tipo de suco. Para o suco de limão foram servidas amostras com 4, 5 e 6% de suco e para o suco de abacaxi foram servidas amostras com 8, 10 e 12% de suco. Foram apresentadas 3 amostras por vez aos 35 provadores não treinados, correspondendo às formulações propostas para cada mistura de suco. As amostras de 30 mL foram servidas em copos plásticos com capacidade volumétrica de 50 mL, codificados com três dígitos à temperatura de 5 ± 1 °C, acompanhadas de um copo com água e de uma ficha para avaliação sensorial das amostras. Os testes sensoriais foram realizados em cabines individuais com a utilização de luz branca. Para a avaliação da aceitação do produto processado foram realizadas análises sensoriais, posteriormente ao processamento, utilizando escala hedônica estruturada de 9 pontos, com a nota 9 significando "gostei muitíssimo", e a nota 1 para "desgostei muitíssimo", recrutando-se 50 provadores não treinados mas consumidores de caldo de cana, para a avaliação da aparência, cor, aroma, sabor e impressão global. A atitude de compra em relação ao produto foi determinada utilizando-se escala estruturada de 5 pontos, com nota 5 significando "certamente compraria" e nota 1 para "certamente não compraria". Os testes sensoriais foram realizados em cabines individuais com a utilização de luz branca. Foram apresentadas 4 amostras por vez aos provadores, correspondendo ao caldo de cana in natura (controle), caldo de cana submetido ao tratamento térmico, caldo de cana submetido à irradiação, e caldo de cana submetido ao tratamento térmico combinado com radiação gama. As amostras de 30 mL foram servidas em copos plásticos com capacidade volumétrica de 50 mL, codificadas com três dígitos. Todas as amostras foram servidas à temperatura de 5 ± 1 °C, acompanhadas de um copo com água e uma ficha para avaliação sensorial das amostras. A aplicação do teste sensorial foi realizada conforme metodologia descrita por MEILGAARD, CIVILLE e CARR²⁵.



Figura 1 - Fluxograma de produção e tratamentos dos produtos finais.

Análise estatística

Os dados referentes às análises sensoriais foram submetidos à análise de variância ANOVA, e os dados das análises físico-químicas foram analisados através do programa STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM³⁹. Para comparação das médias foi aplicado o teste de Tukey, ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$). O experimento foi realizado com 3 repetições e as determinações microbiológicas e físico-químicas foram efetuadas em triplicata.

3 Resultados e discussão

3.1 Caldo de cana puro

Os processamentos aplicados ao caldo de cana puro exerceram influência na quantificação microbiana. Houve redução de psicrotróficos, bactérias lácticas e de fungos filamentosos e leveduriformes quando comparado ao controle, evidenciando que os tratamentos foram eficazes para a finalidade pretendida (Tabela 1).

Segundo DUNCAN e COLMER⁹ e MAYEUX e COLMER²³ canas-de-açúcar saudáveis podem conter 10^1 a 10^8 colônias de bactérias por grama do colmo e 10^1 a 10^3 colônias de fungos por grama do colmo. Os resultados encontrados para o controle das contagens de psicrotróficos, bactérias lácticas e fungos filamentosos e leveduriformes na contagem de 10^5 a 10^6 eram esperados.

As bactérias lácticas e as leveduras apresentam baixa resistência térmica, sendo geralmente destruídas quando submetidas ao processamento térmico^{16,41}. Entre as bebidas processadas, às submetidas ao tratamento térmico isolado e ao combinado com a radiação gama foram as que apresentaram menores contagens de psicrotróficos, bactérias lácticas e fungos filamentosos e leveduriformes quando comparadas ao controle. Segundo URBAIN⁴³ os fungos apresentam alta susceptibilidade à radiação quando comparados com algumas bactérias não formadoras de esporos, sendo que as doses letais

para os fungos filamentosos situam-se entre 2,5 e 6,0 kGy e para as leveduras entre 4,65 e 20 kGy. Para os sucos de frutas essas doses podem ser muito elevadas, causando alterações indesejáveis principalmente no sabor. SPOTO³⁸ cita que a combinação do aquecimento ou da refrigeração com a irradiação causa efeito inibitório sobre a multiplicação de microrganismos deteriorantes, reduzindo a dose de radiação requerida para o seu controle.

Os resultados das determinações físico-químicas no caldo de cana in natura e processado encontram-se na Tabela 2.

Os processamentos aplicados ao caldo de cana puro não alteraram significativamente o teor de sólidos solúveis. Devido à adição de ácido cítrico ao caldo de cana submetido aos processamentos, a acidez titulável nessas bebidas foi mais elevada do que no controle, e os valores de pH dos produtos processados foram significativamente menores que o do controle.

O caldo de cana submetido ao tratamento térmico combinado com a radiação gama apresentou maior luminosidade em relação aos demais tratamentos. O controle foi o que apresentou a menor luminosidade; e os tratamentos de pasteurização e radiação gama isolados não apresentaram diferença significativa entre si.

Segundo McGUIRE²⁴ valores de ângulo de cor mais distantes de 90° representam colorações mais verdes, ao passo que quanto mais próximos a 90°, mais amarelas são as amostras. Já o croma define a intensidade da cor, assumindo valores próximos a zero para cores neutras e próximos a 60 para cores vívidas. Assim, maiores valores de croma significaram maior intensidade da cor. Os valores médios do ângulo de cor e croma encontrados para o caldo de cana indicaram que as bebidas submetidas ao processamento térmico isolado ou combinado com a radiação gama apresentaram-se significativamente amarelas mais intensas do que a bebida irradiada e o controle, que se apresentaram com colorações verdes menos intensas.

O caldo de cana submetido ao processo combinado de tratamento térmico e radiação gama foi o que apresentou menor

Tabela 1. Determinações microbiológicas no caldo de cana puro in natura e processado.

Produto	Contagem de aeróbios psicrotróficos (UFC.mL^{-1})	Contagem de bactérias lácticas (UFC.mL^{-1})	Contagem de fungos filamentosos e leveduriformes (UFC.mL^{-1})
Controle	$1,3 \times 10^6$	$9,1 \times 10^5$	$1,4 \times 10^6$
Pasteurizado	$8,5 \times 10$	$2,0 \times 10$	$5,1 \times 10$
Irradiado	$3,9 \times 10^2$	$4,3 \times 10^2$	$6,6 \times 10^2$
Pasteurizado e irradiado	$2,5 \times 10$	<10	$6,0 \times 10$

Tabela 2. Determinações físico-químicas no caldo de cana puro in natura e processado*.

Determinações	Controle	Pasteurizado	Irradiado	Pasteurizado e irradiado
pH	$5,28 \pm 0,07^b$	$4,30 \pm 0,03^a$	$4,30 \pm 0,04^a$	$4,32 \pm 0,04^a$
TSS (°Brix)	$22,74 \pm 1,45^a$	$22,58 \pm 1,51^a$	$22,67 \pm 1,39^a$	$22,52 \pm 1,43^a$
AT (% ácido cítrico)	$0,04 \pm 0,01^a$	$0,09 \pm 0,01^b$	$0,09 \pm 0,01^b$	$0,10 \pm 0,01^b$
Ratio	$491,49 \pm 98,14^b$	$235,47 \pm 37,63^a$	$228,83 \pm 32,54^a$	$218,15 \pm 27,46^a$
Luminosidade	$23,69 \pm 0,86^a$	$26,28 \pm 1,26^b$	$26,00 \pm 1,02^b$	$28,43 \pm 2,07^c$
Ângulo de cor	$97,46 \pm 2,00^b$	$95,25 \pm 1,35^a$	$98,67 \pm 0,85^b$	$96,27 \pm 1,06^a$
Croma	$4,88 \pm 1,02^a$	$8,50 \pm 0,90^c$	$7,09 \pm 1,36^b$	$8,82 \pm 0,56^c$
Polifenoloxidase (unidades/min/mL)	$6,18 \pm 0,38^d$	$3,22 \pm 0,10^b$	$3,98 \pm 0,14^c$	$1,46 \pm 0,11^a$

Médias seguidas de mesma letra, nas linhas, não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$); e *médias de 3 repetições e respectivos desvios padrão.

atividade da polifenoloxidase, com redução de 76,37% quando comparado ao controle. Os tratamentos com pasteurização e irradiação isolados reduziram também a atividade enzimática da polifenoloxidase em 47,9 e 35,6%, respectivamente, quando comparados ao controle.

A composição físico-química do caldo de cana puro in natura e submetido ao processamento (Tabela 3) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, evidenciando que umidade, valor calórico, extrato etéreo, proteínas, carboidratos totais, açúcares totais e redutores, cinza e minerais não foram afetados pelo tratamento térmico nem pela radiação gama. No entanto, o teor de ácido ascórbico diminuiu significativamente no caldo de cana irradiado e no submetido à pasteurização combinada com a irradiação, quando comparado ao controle, com redução de 13,42 e 15,10%, respectivamente. Os teores de manganês, de cobre e zinco foram determinados como abaixo do limite de quantificação do método. Os valores encontrados para a composição química do caldo de cana são semelhantes aos propostos por DELGADO e CESAR⁷, IBGE¹⁹ e UNICAMP⁴².

Houve diferença significativa para os atributos aparência, cor e atitude de compra para o caldo de cana puro in natura e processado (Tabela 4). As bebidas submetidas aos processamentos foram sensorialmente bem aceitas quanto aos atributos aparência e cor em relação ao controle, provavelmente devido à coloração mais clara do caldo de cana submetido ao processamento. O aroma e o sabor do caldo de cana não foram alterados significativamente pelo processamento. O atributo impressão global dos produtos processados recebeu notas entre 6,0 e 7,0, representando, respectivamente, “gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente”. Quanto à atitude de compra, houve menor aceitação sensorial da bebida irradiada em relação aos demais tratamentos e ao controle.

Tabela 3. Composição centesimal do caldo de cana puro in natura e processado*.

Determinações	Controle	Pasteurizado	Irradiado	Pasteurizado e irradiado
Umidade (%)	81,14 ± 1,14 ^a	80,39 ± 1,32 ^a	80,75 ± 1,21 ^a	80,42 ± 0,50 ^a
Valor calórico (kcal)	73,80 ± 4,53 ^a	76,82 ± 5,30 ^a	75,41 ± 4,84 ^a	76,70 ± 2,03 ^a
Carboidratos (%)	18,20 ± 1,10 ^a	18,96 ± 1,25 ^a	18,61 ± 1,23 ^a	18,98 ± 0,40 ^a
Açúcares totais (%)	17,68 ± 0,08 ^a	17,73 ± 0,06 ^a	17,90 ± 0,19 ^a	17,64 ± 0,20 ^a
Açúcares redutores (%)	0,49 ± 0,01 ^a	0,49 ± 0,02 ^a	0,50 ± 0,02 ^a	0,50 ± 0,01 ^a
Extrato etéreo (%)	0,014 ± 0,01 ^a	0,017 ± 0,00 ^a	0,017 ± 0,01 ^a	0,015 ± 0,01 ^a
Proteínas (%)	0,21 ± 0,01 ^a	0,20 ± 0,01 ^a	0,20 ± 0,01 ^a	0,19 ± 0,01 ^a
Ácido ascórbico (mg.100 mL ⁻¹)	2,98 ± 0,12 ^b	2,70 ± 0,20 ^{ab}	2,58 ± 0,10 ^a	2,53 ± 0,10 ^a
Cinza (%)	0,41 ± 0,01 ^a	0,41 ± 0,01 ^a	0,42 ± 0,01 ^a	0,42 ± 0,00 ^a
Fósforo (g.kg ⁻¹)	0,10 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,01 ^a	0,09 ± 0,01 ^a
Potássio (g.kg ⁻¹)	0,77 ± 0,10 ^a	0,76 ± 0,20 ^a	0,75 ± 0,01 ^a	0,82 ± 0,15 ^a
Cálcio (g.kg ⁻¹)	0,31 ± 0,02 ^a	0,28 ± 0,03 ^a	0,31 ± 0,01 ^a	0,30 ± 0,01 ^a
Magnésio (g.kg ⁻¹)	0,10 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,00 ^a
Enxofre(g.kg ⁻¹)	0,25 ± 0,01 ^a	0,25 ± 0,01 ^a	0,24 ± 0,01 ^a	0,24 ± 0,01 ^a
Sódio (g.kg ⁻¹)	0,68 ± 0,15 ^a	0,74 ± 0,04 ^a	0,65 ± 0,03 ^a	0,76 ± 0,02 ^a
Ferro (mg.kg ⁻¹)	14,33 ± 1,95 ^a	15,06 ± 3,87 ^a	14,71 ± 2,78 ^a	15,70 ± 4,18 ^a
Manganês (mg.kg ⁻¹)	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre (mg.kg ⁻¹)	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Zinco (mg.kg ⁻¹)	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Médias seguidas de mesma letra, nas linhas, não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$); *médias de 3 repetições e respectivos desvios padrão; e <LQ: menor que o limite de quantificação do método: manganês e cobre menor que 0,005 mg.mL⁻¹ e zinco menor que 0,002 mg.mL⁻¹.

O teste sensorial de ordenação para a escolha das melhores concentrações de suco de frutas a ser adicionado elegeu a adição de 4% de suco de limão Tahiti e 10% de suco de abacaxi Havaí ao caldo de cana como sendo as preferidas pelos provedores. PRATI, MORETTI e CARDELLO²⁹ determinaram que 7,5% de suco de limão Tahiti e 10% de suco de abacaxi Havaí

Tabela 4. Análise sensorial do caldo de cana puro in natura e processado com a média das notas dos atributos aparência, cor, aroma, sabor, impressão global e atitude de compra.

Atributo	Amostra	Médias
Aparência	t1	6,50 ^a
	t2	7,62 ^c
	t3	7,08 ^b
	t4	7,74 ^c
Cor	t1	6,50 ^a
	t2	7,48 ^b
	t3	7,32 ^b
	t4	7,60 ^b
Aroma	t1	6,96 ^a
	t2	6,80 ^a
	t3	6,70 ^a
	t4	6,84 ^a
Sabor	t1	6,96 ^a
	t2	6,84 ^a
	t3	6,58 ^a
	t4	6,62 ^a
Impressão global	t1	7,06 ^a
	t2	7,12 ^a
	t3	6,84 ^a
	t4	6,98 ^a
Atitude de compra	t1	3,84 ^b
	t2	3,76 ^b
	t3	3,46 ^a
	t4	3,98 ^b

t1: controle; t2: pasteurizado; t3: irradiado; t4: pasteurizado e irradiado; e Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$).

seriam as melhores proporções de suco a serem empregadas na elaboração das misturas com caldo de cana. ASQUIERI et al.³ encontraram que a adição de 5% de suco de limão e de 10% de suco de abacaxi ao caldo de cana foram as proporções de suco preferidas sensorialmente pelos provadores.

3.2 Caldo de cana com adição de 4% de suco de limão

Os processamentos aplicados ao caldo de cana adicionado de 4% de suco de limão diminuíram as contagens de psicrotróficos, bactérias lácticas e de fungos filamentosos e leveduriformes em relação ao controle, evidenciando que os tratamentos foram eficazes para a finalidade pretendida (Tabela 5).

Entre as bebidas processadas, as submetidas ao tratamento térmico isolado e o combinado com a radiação gama apresentaram maiores reduções nas contagens dos microrganismos analisados, indicando que provavelmente o tratamento térmico seria o processo mais efetivo na redução da carga microbiana do produto in natura para sua posterior conservação.

Observou-se neste trabalho que o processamento do caldo de cana com adição de 4% de suco de limão não alterou significativamente o teor de sólidos solúveis, acidez titulável, nem o ratio da bebida (Tabela 6). O pH do controle foi significativamente mais ácido que o das bebidas processadas. O caldo de cana adicionado de suco de limão e submetido ao tratamento térmico, combinado com a radiação gama, apresentou-se mais claro que os demais tratamentos, seguido pelo pasteurizado e o irradiado que não apresentaram diferença significativa entre si.

O caldo de cana adicionado de 4% de suco de limão submetido à pasteurização isolada e a combinada com a radiação apresentaram-se significativamente mais amarelos que o in natura.

Quanto ao croma, o tratamento combinado de pasteurização e radiação apresentou-se com maior intensidade da cor

em relação aos demais e o controle, com o menor valor para esse parâmetro. O caldo de cana submetido ao processamento térmico combinado com radiação gama foi o que apresentou significativamente menor atividade da polifenoloxidase, com redução de 74,53% quando comparado ao controle. A pasteurização e a radiação isoladas do caldo de cana reduziram também a atividade dessa enzima em 37,63 e 24,17%, respectivamente, comparativamente ao controle (Tabela 6).

Observou-se que a composição físico-química do caldo de cana adicionado de suco de limão in natura e submetido aos processamentos não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, evidenciando que a umidade, valor calórico, extrato etéreo, proteínas, carboidratos totais, ácido ascórbico, açúcares totais e redutores, cinza e minerais não foram afetados pelo tratamento térmico nem pela radiação gama. Os teores de manganês, cobre e zinco encontraram-se abaixo do limite de quantificação do método (Tabela 7). Não foram encontrados dados na literatura referentes à composição físico-química do caldo de cana adicionado de suco de limão. No entanto, a adição de 4% de suco de limão ao caldo de cana não alterou significativamente sua composição físico-química em relação ao caldo de cana puro.

Observou-se diferença significativa para os atributos: aparência, cor, impressão global e atitude de compra para o caldo de cana adicionado de suco de limão in natura e processado (Tabela 8). Para os atributos aparência e cor, o caldo de cana submetido à pasteurização combinada com a radiação foi o que apresentou melhor aceitação sensorial, recebendo notas médias entre 7,0 e 8,0, indicando que os provadores gostaram "moderadamente" a "muito" do produto, em relação a esses atributos. O aroma e o sabor do caldo de cana adicionado de suco de limão não foram alterados significativamente pelo processamento. Quanto à impressão global e atitude de compra, houve diferença entre a bebida irradiada e o controle. No entanto, entre as bebidas processadas não houve diferença significativa.

Tabela 5. Determinações microbiológicas no caldo de cana adicionado de 4% de suco de limão in natura e processado.

Produto	Contagem de aeróbios psicrotróficos (UFC.mL^{-1})	Contagem de bactérias lácticas (UFC.mL^{-1})	Contagem de fungos filamentosos e leveduriformes (UFC.mL^{-1})
Controle	$3,3 \times 10^6$	$3,9 \times 10^5$	$9,6 \times 10^5$
Pasteurizado	$2,5 \times 10$	<10	$5,5 \times 10$
Irradiado	$4,3 \times 10^2$	$7,5 \times 10^2$	$4,0 \times 10^3$
Pasteurizado e irradiado	$4,0 \times 10$	<10	$4,5 \times 10$

Tabela 6. Determinações físico-químicas no caldo de cana com adição de 4% de suco de limão in natura e processado*.

Determinações	Controle	Pasteurizado	Irradiado	Pasteurizado e irradiado
pH	$3,62 \pm 0,06^a$	$3,66 \pm 0,03^b$	$3,67 \pm 0,03^b$	$3,68 \pm 0,04^b$
TSS (°Brix)	$20,68 \pm 0,34^a$	$20,76 \pm 0,26^a$	$20,71 \pm 0,32^a$	$20,92 \pm 0,45^a$
AT (% ácido cítrico)	$0,38 \pm 0,02^a$	$0,38 \pm 0,03^a$	$0,38 \pm 0,02^a$	$0,37 \pm 0,03^a$
Ratio	$53,79 \pm 4,44^a$	$54,33 \pm 4,84^a$	$53,92 \pm 5,21^a$	$55,18 \pm 6,67^a$
Luminosidade	$28,62 \pm 0,32^a$	$29,93 \pm 0,67^b$	$29,62 \pm 0,48^b$	$30,84 \pm 0,55^c$
Ângulo de cor	$106,90 \pm 2,99^b$	$104,03 \pm 2,33^a$	$105,18 \pm 2,94^{ab}$	$103,98 \pm 1,51^a$
Croma	$7,28 \pm 0,73^a$	$7,31 \pm 0,91^b$	$7,43 \pm 0,93^b$	$8,01 \pm 0,69^c$
Polifenoloxidase (unidades/min/mL)	$5,42 \pm 0,14^c$	$3,38 \pm 0,10^b$	$4,11 \pm 0,12^b$	$1,38 \pm 0,12^a$

Médias seguidas de mesma letra, nas linhas, não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$); e *médias de 3 repetições e respectivos desvios padrão.

Tabela 7. Composição centesimal do caldo de cana adicionado de 4% de suco de limão in natura e processado*.

Determinações	Controle	Pasteurizado	Irradiado	Pasteurizado e irradiado
Umidade (%)	81,05 ± 1,32 ^a	80,92 ± 1,37 ^a	81,09 ± 1,62 ^a	80,96 ± 1,35 ^a
Valor calórico (Kcal)	74,19 ± 5,33 ^a	74,72 ± 5,51 ^a	74,05 ± 6,49 ^a	74,53 ± 5,46 ^a
Carboidratos (%)	18,29 ± 1,33 ^a	18,42 ± 1,38 ^a	18,26 ± 1,61 ^a	18,39 ± 1,33 ^a
Açúcares totais (%)	17,77 ± 0,07 ^a	17,60 ± 0,00 ^a	17,64 ± 0,19 ^a	17,69 ± 0,18 ^a
Açúcares redutores (%)	0,51 ± 0,02 ^a	0,52 ± 0,01 ^a	0,52 ± 0,01 ^a	0,51 ± 0,02 ^a
Extrato etéreo (%)	0,019 ± 0,00 ^a	0,020 ± 0,01 ^a	0,019 ± 0,00 ^a	0,019 ± 0,00 ^a
Proteínas (%)	0,21 ± 0,01 ^a	0,20 ± 0,01 ^a	0,20 ± 0,01 ^a	0,19 ± 0,00 ^a
Ácido ascórbico (mg.100 mL ⁻¹)	3,32 ± 0,09 ^a	3,21 ± 0,09 ^a	3,16 ± 0,08 ^a	3,15 ± 0,09 ^a
Cinza (%)	0,42 ± 0,01 ^a	0,41 ± 0,01 ^a	0,41 ± 0,01 ^a	0,42 ± 0,01 ^a
Fósforo (g.kg ⁻¹)	0,10 ± 0,01 ^a	0,09 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,01 ^a	0,09 ± 0,00 ^a
Potássio (g.kg ⁻¹)	0,74 ± 0,04 ^a	0,77 ± 0,02 ^a	0,75 ± 0,03 ^a	0,76 ± 0,02 ^a
Cálcio (g.kg ⁻¹)	0,30 ± 0,05 ^a	0,30 ± 0,05 ^a	0,28 ± 0,04 ^a	0,26 ± 0,02 ^a
Magnésio (g.kg ⁻¹)	0,10 ± 0,00 ^a			
Enxofre (g.kg ⁻¹)	0,25 ± 0,02 ^a	0,26 ± 0,04 ^a	0,24 ± 0,03 ^a	0,26 ± 0,05 ^a
Sódio (g.kg ⁻¹)	0,68 ± 0,15 ^a	0,74 ± 0,11 ^a	0,63 ± 0,10 ^a	0,76 ± 0,14 ^a
Ferro (mg.kg ⁻¹)	15,66 ± 3,61 ^a	14,96 ± 2,13 ^a	16,56 ± 2,78 ^a	17,20 ± 3,25 ^a
Manganês (mg.kg ⁻¹)	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre (mg.kg ⁻¹)	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Zinco (mg.kg ⁻¹)	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Médias seguidas de mesma letra, nas linhas, não diferem entre si (Tukey, p < 0,05); *médias de 3 repetições e respectivos desvios padrão; e <LQ: menor que o limite de quantificação do método: manganês e cobre menor que 0,005 mg.mL⁻¹ e zinco menor que 0,002 mg.mL⁻¹.

Tabela 8. Análise sensorial do caldo de cana adicionado de 4% de suco de limão in natura e processado com a média das notas dos atributos aparência, cor, aroma, sabor, impressão global e atitude de compra.

Atributo	Amostra	Médias
Aparência	t1	7,26 ^{ab}
	t2	7,52 ^b
	t3	7,08 ^a
	t4	7,88 ^c
Cor	t1	7,04 ^a
	t2	7,62 ^b
	t3	7,10 ^a
	t4	8,08 ^c
Aroma	t1	6,72 ^a
	t2	6,64 ^a
	t3	6,36 ^a
	t4	6,58 ^a
Sabor	t1	7,20 ^a
	t2	7,12 ^a
	t3	6,88 ^a
	t4	6,96 ^a
Impressão global	t1	7,04 ^c
	t2	6,96 ^{bc}
	t3	6,70 ^a
	t4	6,78 ^{ab}
Atitude de compra	t1	3,72 ^b
	t2	3,64 ^{ab}
	t3	3,38 ^a
	t4	3,52 ^{ab}

t1: controle; t2: pasteurizado; t3: irradiado; t4: pasteurizado e irradiado; e Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si (Tukey, p < 0,05).

3.3 Caldo de cana com adição de suco de abacaxi

Os processamentos aplicados ao caldo de cana adicionado de 10% de suco de abacaxi contribuíram para reduzir as

populações de psicrotróficos, bactérias lácticas e de fungos filamentosos e leveduriformes quando comparado ao controle, evidenciando que os processamentos foram efetivos para a finalidade proposta. O tratamento combinado de pasteurização e irradiação foi o mais efetivo na redução das contagens microbianas (Tabela 9).

Os processamentos do caldo de cana adicionado de 10% de suco de abacaxi não alteraram significativamente o teor de sólidos solúveis (Tabela 10). Devido à adição de ácido cítrico ao caldo de cana submetido ao processamento, a acidez titulável nesses produtos foi mais elevada do que no controle, e os valores de pH das bebidas processadas foram menores que o do caldo in natura. O caldo de cana submetido ao tratamento térmico combinado com a radiação gama apresentou-se mais claro do que os demais tratamentos. Em relação à coloração, não houve diferença entre o controle e as bebidas submetidas à pasteurização isolada e a combinada com a radiação gama. A bebida irradiada apresentou-se com coloração mais verde do que as demais processadas, mas não diferiu do controle. O caldo de cana submetido ao processo combinado de tratamento térmico e irradiação foi o que apresentou menor atividade da polifenoloxidase, com redução de 74,58%, quando comparado ao controle. A pasteurização do caldo de cana e a irradiação também reduziram a atividade enzimática da polifenoloxidase em 37,57 e 20,81%, respectivamente, comparativamente ao controle.

Pela composição físico-química do caldo de cana adicionado de 10% de suco de abacaxi in natura e submetido aos processamentos, não se observou diferença significativa entre os tratamentos para a umidade, extrato etéreo, proteínas, carboidratos totais, açúcares totais e redutores, ácido ascórbico, cinza e minerais, evidenciando que esses não foram afetados pelo tratamento térmico nem pela radiação gama. Os teores de cobre e zinco encontraram-se abaixo do limite de quantificação

Tabela 9. Determinações microbiológicas no caldo de cana adicionado de 10% de suco de abacaxi in natura e processado.

Produto	Contagem de aeróbios psicrotróficos (UFC.mL^{-1})	Contagem de bactérias lácticas (UFC.mL^{-1})	Contagem de fungos filamentosos e leveduriformes (UFC.mL^{-1})
Controle	$7,6 \times 10^6$	$1,7 \times 10^5$	$1,1 \times 10^6$
Pasteurizado	$1,5 \times 10^2$	$5,0 \times 10$	$2,2 \times 10^2$
Irradiado	$8,1 \times 10^2$	$5,4 \times 10^2$	$7,9 \times 10^2$
Pasteurizado e irradiado	$5,0 \times 10$	<10	$5,5 \times 10$

Tabela 10. Determinações físico-químicas no caldo de cana adicionado de 10% de suco de abacaxi in natura e processado*

Determinações	Controle	Pasteurizado	Irradiado	Pasteurizado e irradiado
pH	$4,58 \pm 0,09^b$	$4,32 \pm 0,02^a$	$4,30 \pm 0,02^a$	$4,30 \pm 0,03^a$
TSS ($^{\circ}\text{Brix}$)	$21,35 \pm 0,67^a$	$21,30 \pm 0,89^a$	$21,32 \pm 0,74^a$	$21,29 \pm 0,90^a$
AT (% ácido cítrico)	$0,09 \pm 0,01^a$	$0,11 \pm 0,01^b$	$0,11 \pm 0,02^b$	$0,12 \pm 0,01^b$
Ratio	$204,76 \pm 19,93^b$	$180,21 \pm 10,58^a$	$181,51 \pm 12,32^a$	$176,62 \pm 15,41^a$
Luminosidade	$27,17 \pm 0,40^a$	$27,58 \pm 0,97^a$	$27,39 \pm 0,52^a$	$28,41 \pm 0,45^b$
Ângulo de cor	$96,72 \pm 0,70^{ab}$	$95,97 \pm 0,54^a$	$97,73 \pm 0,90^b$	$95,74 \pm 1,27^a$
Croma	$9,55 \pm 0,27^b$	$9,77 \pm 0,18^b$	$8,89 \pm 0,40^a$	$9,49 \pm 0,71^b$
Polifenoloxidase (unidades/min/mL)	$5,43 \pm 0,16^d$	$3,39 \pm 0,09^b$	$4,30 \pm 0,16^c$	$1,47 \pm 0,12^a$

Médias seguidas de mesma letra, nas linhas, não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$); e *médias de 3 repetições e respectivos desvios padrão.**Tabela 11.** Composição centesimal do caldo de cana adicionado de 10% de suco de abacaxi in natura e processado*.

Determinações	Controle	Pasteurizado	Irradiado	Pasteurizado e irradiado
Umidade (%)	$81,21 \pm 1,08^a$	$81,10 \pm 1,21^a$	$80,94 \pm 1,41^a$	$81,00 \pm 0,41^a$
Valor calórico (Kcal)	$73,55 \pm 4,38^a$	$74,01 \pm 4,85^a$	$74,67 \pm 5,63^a$	$74,40 \pm 1,59^a$
Carboidratos (%)	$18,11 \pm 1,09^a$	$18,23 \pm 1,22^a$	$18,39 \pm 1,40^a$	$18,34 \pm 0,39^a$
Açúcares totais (%)	$17,40 \pm 0,07^a$	$17,28 \pm 0,06^a$	$17,24 \pm 0,00^a$	$17,20 \pm 0,13^a$
Açúcares redutores (%)	$0,58 \pm 0,03^a$	$0,56 \pm 0,02^a$	$0,57 \pm 0,01^a$	$0,57 \pm 0,01^a$
Extrato etéreo (%)	$0,02 \pm 0,00^a$	$0,02 \pm 0,00^a$	$0,02 \pm 0,00^a$	$0,02 \pm 0,00^a$
Proteínas (%)	$0,22 \pm 0,01^a$	$0,22 \pm 0,00^a$	$0,22 \pm 0,01^a$	$0,21 \pm 0,01^a$
Ácido ascórbico (mg.100 mL $^{-1}$)	$3,21 \pm 0,20^a$	$3,04 \pm 0,10^a$	$2,98 \pm 0,10^a$	$2,98 \pm 0,10^a$
Cinza (%)	$0,41 \pm 0,01^a$	$0,41 \pm 0,01^a$	$0,41 \pm 0,01^a$	$0,42 \pm 0,01^a$
Fósforo (g.kg $^{-1}$)	$0,09 \pm 0,01^a$	$0,09 \pm 0,00^a$	$0,09 \pm 0,01^a$	$0,08 \pm 0,01^a$
Potássio (g.kg $^{-1}$)	$0,77 \pm 0,00^a$	$0,76 \pm 0,25^a$	$0,76 \pm 0,10^a$	$0,72 \pm 0,09^a$
Cálcio (g.kg $^{-1}$)	$0,26 \pm 0,03^a$	$0,31 \pm 0,06^a$	$0,30 \pm 0,05^a$	$0,30 \pm 0,05^a$
Magnésio (g.kg $^{-1}$)	$0,10 \pm 0,00^a$	$0,10 \pm 0,00^a$	$0,10 \pm 0,00^a$	$0,10 \pm 0,00^a$
Enxofre(g.kg $^{-1}$)	$0,24 \pm 0,01^a$	$0,25 \pm 0,01^a$	$0,25 \pm 0,01^a$	$0,25 \pm 0,01^a$
Sódio (g.kg $^{-1}$)	$0,85 \pm 0,14^a$	$0,88 \pm 0,19^a$	$0,78 \pm 0,24^a$	$0,85 \pm 0,58^a$
Ferro (mg.kg $^{-1}$)	$14,83 \pm 5,45^a$	$13,13 \pm 4,71^a$	$12,50 \pm 3,42^a$	$13,23 \pm 2,58^a$
Manganês (mg.kg $^{-1}$)	$1,56 \pm 0,48^a$	$1,46 \pm 0,80^a$	$1,53 \pm 0,86^a$	$1,86 \pm 0,93^a$
Cobre (mg.kg $^{-1}$)	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Zinco (mg.kg $^{-1}$)	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Médias seguidas de mesma letra, nas linhas, não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$); *médias de 3 repetições e respectivos desvios padrão; e <LQ: abaixo do limite de quantificação do método: cobre menor que 0,005 mg.mL $^{-1}$ e zinco menor que 0,002 mg.mL $^{-1}$.

do método (Tabela 11). A adição de 10% de suco de abacaxi ao caldo de cana alterou o teor de manganês na bebida em relação ao caldo de cana puro ou adicionado de suco de limão. O suco de abacaxi apresenta, segundo PHILLIP²⁷ 1,65 mg de manganês a cada 100 mL de suco, o que é um teor significativo quando comparado ao suco de limão, que segundo o autor apresenta 0,01 mg do mineral por 100 mL de suco. O caldo de cana puro não apresenta teor significativo desse mineral¹⁷. A adição de 10% de suco de abacaxi ao caldo de cana incrementou o teor de açúcares redutores em relação à bebida na forma pura e adicionada de suco de limão.

Observou-se diferença significativa em relação ao atributo aparência para o caldo de cana adicionado de 10% de suco de

abacaxi in natura e o submetido ao tratamento térmico combinado com a irradiação (Tabela 12). Quanto à cor, a bebida pasteurizada combinada com a irradiação foi sensorialmente a mais aceita entre os provadores, provavelmente devido à maior luminosidade e coloração amarelada, não apresentando diferença entre a bebida submetida apenas à pasteurização. Os tratamentos isolados de pasteurização, irradiação e o controle não apresentaram diferença entre si em relação ao atributo cor. O aroma e o sabor do caldo de cana adicionado de suco de abacaxi não foram alterados significativamente pelo processamento, devido às notas médias dos provadores para esses atributos não diferirem do controle. Quanto ao atributo impressão global, a bebida submetida à irradiação foi a menos aceita entre os provadores. O mesmo foi observado em relação à

Tabela 12. Análise sensorial do caldo de cana adicionado de 10% de suco de abacaxi in natura e processado com a média das notas dos atributos aparência, cor, aroma, sabor, impressão global e atitude de compra.

Atributo	Amostra	Médias
Aparência	t1	7,04 ^a
	t2	7,36 ^{ab}
	t3	7,22 ^{ab}
	t4	7,44 ^b
Cor	t1	6,94 ^a
	t2	7,28 ^{ab}
	t3	7,06 ^a
	t4	7,56 ^b
Aroma	t1	6,62 ^a
	t2	6,78 ^a
	t3	6,40 ^a
	t4	6,66 ^a
Sabor	t1	7,18 ^a
	t2	7,10 ^a
	t3	6,82 ^a
	t4	6,90 ^a
Impressão global	t1	6,84 ^b
	t2	7,06 ^a
	t3	6,48 ^a
	t4	6,98 ^b
Atitude de compra	t1	3,74 ^b
	t2	3,82 ^b
	t3	3,26 ^a
	t4	3,40 ^a

t1: controle; t2: pasteurizado; t3: irradiado; t4: pasteurizado e irradiado; e Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si (Tukey, $p \leq 0,05$).

atitude de compra, com as bebidas submetidas à irradiação e à pasteurização combinada com a radiação gama (Tabela 12).

Segundo ALVES e GARCIA², os alimentos submetidos ao processamento térmico brando, como a pasteurização e armazenados sob refrigeração, apresentam características sensoriais semelhantes as do produto fresco, o que agrada o mercado brasileiro, que é extremamente exigente em relação ao odor e sabor natural de sucos, detectando alterações devido a tratamentos térmicos intensos. Não houve alteração significativa na composição físico-química do caldo de cana submetido ao tratamento térmico, e a bebida apresentou boa aceitação sensorial quando comparada ao controle.

De acordo com ROBERTS³¹ e SMITH e PILLAI³⁵, o tratamento por irradiação não altera fisicamente a aparência, a forma ou a temperatura dos produtos e ocasiona poucas alterações na composição química e no valor nutricional dos alimentos, sendo que a natureza e a extensão dessas mudanças dependem de vários fatores, dentre eles a dose a qual o alimento será exposto, o tipo de alimento, sua embalagem e condições de tratamento, tais como a temperatura durante a irradiação e o tempo de armazenamento. Os macronutrientes, tais como proteínas, carboidratos e lipídios são relativamente estáveis quando os alimentos são expostos a doses de radiação de até 10 kGy. O caldo de cana puro ou adicionado de suco de frutas submetido à radiação gama não apresentou alterações significativas em relação à sua composição de macronutrientes quando comparado ao controle.

Os teores de açúcares redutores e de carboidratos totais presentes no caldo de cana não apresentaram diferença significativa entre o produto in natura e os processados, concordando com os resultados encontrados por ALCARDE, WALDER e HORII¹, que observaram estabilidade na concentração total de açúcares redutores do mosto de caldo de cana-de-açúcar submetidos a doses de radiação de 10 kGy. VAN ZELLER, OLIVEIRA e ZAGO⁴⁴ estudando a conservação de xarope de cana-de-açúcar pelo emprego da radiação gama, não verificaram mudanças significativas nos teores de glicose, frutose e sacarose do xarope quando irradiado com doses de até 40 kGy. WATANABE e SATO⁴⁶ observaram estabilidade na concentração de açúcares totais presentes em xarope e mosto de cana-de-açúcar submetidos à radiação gama com doses de 30 e 40 kGy, respectivamente.

Segundo ROBERTS³¹ e SMITH e PILLAI³⁵ os micronutrientes, principalmente as vitaminas, podem ser sensíveis a qualquer método de conservação de alimentos, incluindo o tratamento térmico e a irradiação. As vitaminas A, C, E e B1 são as mais susceptíveis a doses de radiação maiores ou iguais a 1 kGy. Nesse estudo, o caldo de cana puro submetido à radiação gama e ao tratamento térmico combinado com a radiação apresentaram teores reduzidos de ácido ascórbico quando comparados ao produto in natura.

Estudos realizados por BUCHELI e ROBINSON⁵ com diferentes variedades de cana-de-açúcar mostraram grande variação da atividade da polifenoloxidase, na presença de compostos fenólicos bem como no desenvolvimento da cor do caldo de cana. Algumas variedades mostraram reduzido escurecimento enzimático como resultado de baixos níveis de substâncias fenólicas e de enzimas. O caldo de cana extraído de canas-de-açúcar variedade SP81-3250, utilizadas no estudo, apresentou pequena tendência ao escurecimento após a extração, mesmo na bebida in natura.

PRATI et al.²⁹ avaliaram sensorialmente as bebidas elaboradas com caldo de cana parcialmente clarificado-estabilizado e adição de 5% de suco de maracujá, 10% de suco de abacaxi e 7,5% de suco de limão, e verificaram que a maioria dos provadores atribuiu o conceito “provavelmente compraria” às misturas apresentadas, evidenciando que todas as bebidas teriam boa aceitação junto ao mercado consumidor. Nesse estudo, para as bebidas submetidas aos processamentos, os provadores atribuíram conceitos em relação à atitude de compra entre “talvez compraria” a “provavelmente compraria”, indicando também aceitação satisfatória entre os provadores.

As garrafas de polietileno de alta densidade utilizadas para o acondicionamento das bebidas elaboradas resistiram ao tratamento térmico e à radiação gama, apresentando-se em boas condições após o processamento, sem deformações visíveis nem vazamentos, evidenciando um potencial uso dessas garrafas para o acondicionamento do caldo de cana puro ou adicionado de suco de frutas.

4 Conclusões

O processamento térmico e/ou a radiação gama no caldo de cana puro e com adição de suco de frutas não alteraram a

composição físico-química, o aroma e o sabor da bebida. No entanto, a luminosidade no produto submetido ao tratamento térmico combinado com a radiação gama foi significativamente maior. O teor de ácido ascórbico foi afetado pelo processo de radiação gama isolado e combinado com o tratamento térmico no caldo de cana puro.

A adição de suco de frutas ao caldo de cana nas concentrações propostas não alterou significativamente a composição físico-química da bebida. No entanto, a adição de suco de abacaxi ao caldo de cana incrementou o teor de manganês e o teor de açúcares redutores quando comparado ao caldo de cana puro e o adicionado de suco de limão.

As determinações microbiológicas das bebidas submetidas aos processamentos indicaram condições fitossanitárias satisfatórias e redução das contagens de psicrotróficos, bactérias lácticas e de fungos filamentosos e leveduriformes, quando comparados ao controle, evidenciando que todos os tratamentos foram eficazes para a finalidade pretendida, e o processo de irradiação apresentou-se como o menos eficiente na redução das contagens.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pela bolsa de mestrado concedida a Aline Cristine Garcia de Oliveira para a realização do projeto.

Referências bibliográficas

- ALCARDE, A. R.; WALDER, J. M. M.; HORII, J. Fermentation of irradiated sugarcane must. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 677-681, 2003.
- ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. Embalagem para sucos de frutas. Coletânea do **Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 105-122, 1993.
- ASQUIERI, E. R. et al. Concentrado natural de jugo de cana de azúcar. **La Alimentación Latinoamericana**, Buenos Aires, n. 209, p. 29-34, 1995.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS **Official methods of analysis of the association of analytical chemists**. 16 th ed. Arlington, 1995. 1141 p.
- BUCHELI, C. S.; ROBINSON, S. P. Contribution of enzymatic browning to color in sugarcane juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 42, n. 2, p. 257-261, 1994.
- CAMPOS, C. F. et al. Chemical composition, enzyme activity and effect of enzyme inactivation on flavor quality of green coconut water. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 20, p. 487-500, 1996.
- DELGADO, A. A.; CESAR, M. A. A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, 1977. 752 p. v. 2.
- DELGADO, A. A. et al. A cana-de-açúcar como matéria-prima. In: _____. **Tecnologia dos produtos agropecuários I: parte I – tecnologia do açúcar**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, 1975. p. 7-14.
- DUNCAN, C. L.; COLMER, A. R. Coliforms associated with sugarcane plants and juices. **Applied Microbiology**, Washington, v. 12, n. 2 p. 173-177, 1964.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**. 2^{ed}. São Paulo: Atheneu, 1994. 652 p.
- FIGUEIREDO, F. Irradiação de alimentos. **Alimentos & Tecnologia**, São Paulo, v. 6, n. 30, p. 96-98, 1990.
- FONSECA, H. Princípios e métodos gerais de conservação de alimentos: conservação pelo calor e pelo frio. In: CAMARGO, R. (Coord.) **Tecnologia dos produtos agropecuários: alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984. cap. 5, p. 73-95.
- GALLO, C. R. Determinação da microbiota bacteriana de mosto e de dornas de fermentação alcoólica. 1989. 388 p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – **Faculdade de Engenharia de Alimentos**, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.
- GALLO, C. R.; CANHOS, V. P. **Contaminantes bacterianos na fermentação alcoólica** – Revisão. STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v. 9, n. 4/5, p. 35-40, 1991.
- GAVA, A. J. Processamento asséptico de suco de frutas. **Alimentação**, São Paulo, v. 76, n. 1, p. 32-37, 1985.
- GERALDINI, A. M. et al. Caracterização de bactérias lácticas em alimentos. I. Avaliação de meios sólidos para contagens de culturas puras. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 53-64, 1979.
- HORII, J.; GONÇALVES, R. H. **Um método alternativo para a determinação de AR e ART**. STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v. 10, n. 2, p. 45-47, 1991.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos de composição de alimentos. 3^{ed}. São Paulo: Atheneu, 1985. v. 1. 533 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Estudo nacional da despesa familiar**: tabela de composição de alimentos. 5^{ed}. Rio de Janeiro: Varela, 1999. 137 p.
- LEME JÚNIOR, J.; MALAVOLTA, E. Determinação fotométrica de ácido ascórbico. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 7, p. 115-129, 1950.
- LUBATTI, M. R. S. **Vendedor ambulante, profissão folclórica**: pesquisa nas ruas, parques e jardins de São Paulo. Jangada Brasil, São Paulo, n. 7, p. 1-2, 1999.
- MATSUURA, F. C. A. U. et al. Sensory acceptance of mixed néctar of papaya, passion fruit and acerola. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 6, p. 604-608, 2004.
- MAYEUX, P. A.; COLMER, A. R. Study on microflora associated with Saccharum officinarum. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 23, n. 7, p. 28-30, 1960.
- MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 27, p. 1254-1255, 1992.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3th ed. Boca Raton: CRC Press, 1999. 387 p.
- MINOLTA. **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. Japão, 1994. 49 p.
- PHILIPPI, S. T. **Tabela de Composição de Alimentos**: suporte para decisão nutricional. Brasília: ANVISA, FINATEC/NUT – Universidade de Brasília, 2001. 133 p.
- PRATI, P. **Desenvolvimento de processo para estabilização de caldo de cana adicionado de sucos de frutas ácidas**. 2004. 169 p. Dissertação (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

29. PRATI, P.; MORETTI, R. H.; CARDELLO, H. M. A. B. Elaboração de bebida composta por mistura de garapa parcialmente clarificada-estabilizada e sucos de frutas ácidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 147-152, 2005.
30. QUDSIEH, H.Y.M. et al. Effect of maturity on chlorophyll, tannin, color and polyphenol oxidase (PPO) activity of sugarcane juice (*Saccharum officinarum* Var. Yellow Cane). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, p. 1615-1618, 2002.
31. ROBERTS, T. Cold pasteurization of food by irradiation. **Food Safety**, Chicago, v. 458, p. 1-6, 1998.
32. SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.
33. SILVA, N. Influência do resfriamento em torre sobre a microbiota do caldo de cana no processo de produção de álcool. 1988. 118 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - **Faculdade de Engenharia de Alimentos**, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1988.
34. SILVA, N.; CANHOS, V. P. Caracterização da microbiota bacteriana contaminante do caldo-de-cana durante a etapa de resfriamento em torre no processo de produção de álcool. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 60-72, 1990.
35. SMITH, J. S.; PILLAI, S. Irradiation and food safety. **Food Technology**, Chicago, v. 58, n. 11, p. 48-55, 2004.
36. SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.
37. SOCCOL, C. R.; SCHWAB, A.; KATSOKA, C. E. Avaliação microbiológica do caldo de cana na cidade de Curitiba. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 116-125, 1990.
38. SPOTO, M. H. F. **Radiação gama na conservação de suco concentrado de laranja**: características físicas, químicas e sensoriais. 1988. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.
39. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. SAS/QC software: usage and reference (version 6). 2nd ed. Cary, 1996. 1 CD-ROM.
40. STUPIELLO, J. P. A Cana-de-açúcar como matéria-prima. In: PARANHOS, S. B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, v. 2, 1987. p. 761-804.
41. THOMAS, R. W. S. P. A microflora dos produtos engarrafados. **Engarrafador Moderno**, São Paulo, v. 7, n. 47, p. 69-74, 1996.
42. UNIVERSIDADE DE CAMPINAS. UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco>>. Acesso em: 05 ago. 2006.
43. URBAIN, W. M. Biological effects of ionizing radiation. In: **Food irradiation**. Orlando: Academic Press, 1986. chap. 4, p. 83-117.
44. VAN ZELLER, A. L.; OLIVEIRA, A. J.; ZAGO, E. A. **Conservação de xarope de cana-de-açúcar pelo emprego da radiação gama**. STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 29-37, 1984.
45. VANDERZANT, C., SPLITSTOESSER, D. F. **Compendium for the microbiological examination of foods**. 3rd ed. Washington: APHA, 1992. 1219 p.
46. WATANABE, H.; SATO, T. Changes in content and composition of sugar in molasses caused by gamma irradiation. **Journal of Fermentation Technology**, Osaka, v. 58, p. 363-366, 1980.