UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ABGAIL SUELEN DA COSTA RIBEIRO

**Estabilidade de néctar de jabuticaba e caldo de cana
acondicionados em garrafa plástica incorporada com agentes
inorgânicos microestruturados de prata e óxido de zinco**

ABGAIL SUELEN DA COSTA RIBEIRO

**Estabilidade de néctar de jabuticaba e caldo de cana
acondicionados em garrafa plástica incorporada com agentes
inorgânicos microestruturados de prata e óxido de zinco**

“Versão Corrigida”

Dissertação apresentada à Faculdade de
Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo, como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ciências.

Área de concentração: Ciências da
Engenharia de Alimentos

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues
Petrus

Pirassununga
2018

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

dc837e da Costa Ribeiro, Abgail Suelen
Estabilidade de néctar de jabuticaba e caldo de
cana acondicionados em garrafa plástica incorporada
com agentes inorgânicos microestruturados de prata /
Abgail Suelen da Costa Ribeiro ; orientador Rodrigo
Rodrigues Petrus. -- Pirassununga, 2018.
110 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Alimentos) -- Faculdade de
Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade
de São Paulo.

1. Embalagem ativa. 2. Bebidas não-alcoólicas. 3.
Vida de prateleira. I. Rodrigues Petrus, Rodrigo,
orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Rodrigo Petrus, meu orientador, por confiar no meu trabalho me aceitando em sua linha de pesquisa. Agradeço pelo suporte e orientações durante o desenvolvimento do projeto.

Ao Prof. Dr. Rafael Maldonado e Profa. Dra. Eliana Kamimura, por sempre me apoiar e acreditar no meu potencial.

À Profa. Dra. Marta Kushida, pela disponibilização do Laboratório de Gestão da Qualidade e Segurança de Alimentos e pelo auxílio em toda parte microbiológica do projeto.

À Profa. Maria Teresa Freire, pela disponibilização do Laboratório de Tecnologia de Sistemas de Embalagem.

À Usina Baldin S/A e ao Sr. Marcos, pela doação das matérias-primas.

À Thech desinfecção pela doação do ácido peracético.

Ao Fabio, técnico do laboratório, por todo apoio durante os processamentos e análises.

À Jéssica, minha querida amiga e companheira de mestrado por todo o suporte durante a realização desse trabalho.

Em especial, aos meus pais José Luiz e Maria Eunice, meus irmãos Abner, Abqueila e Bárbara e ao meu amor Danilo por sempre estarem comigo e me apoiarem. A vocês, minha eterna gratidão.

RESUMO

RIBEIRO, A.S.C. **Estabilidade de néctar de jabuticaba e caldo de cana acondicionados em garrafa plástica incorporada com agentes inorgânicos microestruturados de prata e óxido de zinco.** 2018 f 110. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

A embalagem desempenha uma função crucial na estabilidade dos alimentos. Neste estudo avaliou-se a estabilidade microbiológica de néctar de jabuticaba e caldo de cana pasteurizados (85 °C/30 s), acondicionados assepticamente em garrafa de polietileno de alta densidade (PEAD) incorporada com agentes inorgânicos microestruturados com Ag/ZnO. Os lotes processados foram estocados a 5 °C na ausência de luz. Testes físico-químicos, microbiológicos e sensoriais foram conduzidos para avaliar a estabilidade e estimar o tempo de vida útil das bebidas. Médias de notas superiores a 5 (na escala hedônica de 9 pontos) e percentagens de aceitação superiores a 60% foram estabelecidas para estimar o tempo de vida de prateleira das bebidas. Os resultados dos testes físico-químicos para o néctar de jabuticaba variaram de 3,40 a 3,76 para o pH, de 11,0 a 12,5 °Brix para sólidos solúveis totais, e de 0,52 a 0,76% (m/m) de ácido cítrico para acidez total titulável. Para o caldo de cana, os valores de pH, sólidos solúveis totais e acidez total titulável variaram de 5,10 a 5,37; 14,3 a 24,0 °Brix e de 0,05 a 0,13%(m/m) ácido cítrico, respectivamente, durante o período do estudo. Para o néctar de jabuticaba, as contagens de mesófilos, psicrótróficos e bolores e leveduras variaram de 1 a 1,5; $< 1_{est}$ a 1; $< 1_{est}$ a 1,3 logUFC/mL respectivamente, durante o período de estocagem. Para o caldo de cana as contagens variaram de $< 1_{est}$ a 4,5 1_{est} a 4,4; 1_{est} a 4,0 logUFC/mL. O néctar de jabuticaba alcançou maior estabilidade microbiológica que o caldo de cana. As médias de notas para sabor, aparência e impressão global obtidas nos testes de escala hedônica variaram entre 6 a 7,1 para o néctar de jabuticaba e 5 e 7,7 para o caldo de cana. O néctar de jabuticaba e caldo de cana permaneceram microbiologicamente estáveis por um período de 120 e 50 dias, respectivamente. Os agentes inorgânicos microestruturados com Ag/ZnO não exerceram influência na estabilidade microbiológica dos dois produtos.

Palavras-chaves: Embalagem ativa, Bebidas não-alcoólicas, Vida de prateleira.

ABSTRACT

RIBEIRO, A.S.C. **Stability of jabuticaba nectar and sugarcane juice in plastic bottle incorporated with silver and zinc oxide microstructured inorganic agents.** 2018. f 110 Dissertation (Master degree) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

Packaging plays a crucial role in food stability. In this study, the microbiological stability of pasteurized (85 °C/30 s) jabuticaba nectar and cane juice, aseptically packaged in high density polyethylene (HDPE) bottle treated with silver and zinc oxide (Ag/ZnO), was evaluated. All processed batches were stored at 5 °C in the dark. Physicochemical, microbiological and sensory tests were conducted to evaluate the stability and estimate the beverage's shelf life. Average scores greater than 5 (in the 9-point hedonic scale) and percentage of approval greater than 60% were both used as threshold values for estimating the product's shelf life. As for the nectar, the pH ranged from 3.40 to 3.76; soluble solids from 11.0 to 12.5 °Brix and titratable total acidity from 0.52 to 0.76% (w/w) citric acid. The pH values, total soluble solids and titratable acidity of cane juice varied from 5.10 to 5.37; 14.3 to 24.0 °Brix and 0.05 to 0.13%(w/w) citric acid, respectively, during the storage. For nectar, counts of mesophiles, psychrotrophs and molds and yeasts ranged from 1 to 1.5; $< 1_{\text{est}}$ to 1; $< 1_{\text{est}}$ to 1.3 logCFU/mL, respectively, during the storage period. For the cane juice the counts ranged from $< 1_{\text{est}}$ to 4.5; $< 1_{\text{est}}$ to 4.4; $< 1_{\text{est}}$ to 4.0 logCFU/mL. Jabuticaba nectar achieved longer microbiological stability than cane juice. The mean scores for flavor, appearance and overall impression obtained in the nine-point hedonic scale tests ranged from 6 to 7.1 for jabuticaba nectar and 5 and 7.7 for cane juice. Nectar and cane juice remained microbiologically stable for 120 and 50 days, respectively. The Ag/ZnO microstructured inorganic agents had no influence on the microbiological stability of both products.

Keywords: Active packaging, Non-alcoholic beverages, Shelf life.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Coloração da casca de jabuticaba durante o período de amadurecimento	16
Figura 2 – Etapas do processo asséptico	28
Figura 3 – Pré-processamento da matéria-prima	39
Figura 4 – Coprodutos do despulpamento da jabuticaba	40
Figura 5 – Fluxograma de processamento do néctar de jabuticaba	41
Figura 6 – Etapas do processamento de néctar de jabuticaba	42
Figura 7 – Processamento de cana.....	43
Figura 8 – Fluxograma de produção experimental de caldo de cana integral	44
Figura 9 – Garrafas de PEAD-TiO ₂ (1 L) utilizadas no acondicionamento do néctar de jabuticaba e do caldo de cana.....	46
Figura 10 – A) Projeção das amostras (formulações) de néctar de jabuticaba e (B) variáveis (parâmetros físico-químicos).....	53
Figura 11 – Aparência do néctar de jabuticaba em t ₀	60
Figura 12 – Evolução do pH determinado em néctar de jabuticaba processado ao longo da estocagem a 5 °C.	62
Figura 13 – Evolução do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) determinado em néctar de jabuticaba processado ao longo da estocagem a 5 °C.....	63
Figura 14 – Evolução da acidez determinada em néctar de jabuticaba processado ao longo da estocagem a 5 °C	64
Figura 15 – Estabilidade microbiológica de néctar de jabuticaba pasteurizado acondicionado em garrafas de PEAD-TiO ₂ e estocado a 5 °C na ausência de luz.	67

Figura 16 – Aparência do néctar de jabuticaba durante o período de estudo de estabilidade	70
Figura 17 – Aparência do caldo de cana em t ₀	79
Figura 18 – Evolução do pH determinado em caldo de cana processado ao longo da estocagem a 5 °C	81
Figura 19 – Evolução do teor de sólidos solúveis totais em caldo de cana processado ao longo da estocagem a 5 °C	82
Figura 20 – Evolução da acidez determinada em caldo de cana processado ao longo da estocagem a 5 °C	83
Figura 21 – Estabilidade microbiológica de caldo de cana pasteurizado acondicionado em garrafas de PEAD-TiO ₂ e estocado a 5 °C na ausência de luz.	87
Figura 22 – Imagens da aparência do caldo de cana durante o período de estudo de estabilidade	89

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos da jabuticaba e suas frações.....	17
Tabela 2 – Composição química e nutricional média do caldo de cana não processado	24
Tabela 3 – Composição (% m/m) das formulações de néctar de jabuticaba.....	40
Tabela 4 – Parâmetros físico-químicos da polpa de jabuticaba e néctar de jabuticaba	52
Tabela 5 - Significâncias estatísticas obtidas pelo teste de Friedman	55
Tabela 6 – Rendimento obtido na extração da polpa + suco de jabuticaba	55
Tabela 7 – Parâmetros físico-químicos do néctar de jabuticaba pré pasteurização..	56
Tabela 8 – Resultados da análise microbiológica do néctar de jabuticaba antes da pasteurização	57
Tabela 9 – Resultados da avaliação físico-química do néctar de jabuticaba recém-processado.....	58
Tabela 10 – Resultados microbiológicos do néctar recém-processado	59
Tabela 11 – Média de notas e porcentagens de aceitação obtidas no teste de escala hedônica de nove pontos para o néctar de jabuticaba recém-processado	60
Tabela 12 – Contagens (log UFC/mL) determinadas em néctar de jabuticaba processado acondicionado em garrafas de PEAD-TiO ₂ durante o período de estocagem a 5 °C.....	66
Tabela 13 – Médias de notas obtidas nos testes de escala hedônica de 9 pontos para aparência de néctar de jabuticaba acondicionado em garrafas de PEAD-TiO ₂	69
Tabela 14 – Médias de notas obtidas nos testes de escala hedônica de 9 pontos para sabor de néctar de jabuticaba acondicionado em garrafas de PEAD-TiO ₂	71
Tabela 15 – Médias de notas obtidas nos testes de escala hedônica de 9 pontos para impressão global de néctar de jabuticaba acondicionado em garrafas de PEAD-TiO ₂	72

Tabela 16 – Rendimento de extração do caldo de cana.	73
Tabela 17 – Parâmetros físico-químicos do caldo de cana não processado	74
Tabela 18 – Resultados da análise microbiológica do caldo de cana não processado	75
Tabela 19 – Resultados da avaliação físico-química do caldo de cana recém-processado.....	77
Tabela 20 – Resultados microbiológicos do caldo de cana recém-processado	78
Tabela 21 – Médias de notas e porcentagens de aceitação obtidas no teste de escala hedônica de nove pontos para o caldo de cana recém-processado.	78
Tabela 22 – Contagens (log UFC/mL) determinadas em caldo de cana processado acondicionado em garrafas de PEAD-TiO ₂ durante o período de estocagem a 5 °C.	85
Tabela 23 – Médias de notas obtidas nos testes de escala hedônica de 9 pontos para aparência de caldo de cana acondicionado em garrafas de PEAD-TiO ₂	88
Tabela 24 – Médias de notas obtidas nos testes de escala hedônica de 9 pontos para sabor de caldo de cana acondicionado em garrafas de PEAD-TiO ₂	90
Tabela 25 – Médias de notas obtidas nos testes de escala hedônica de 9 pontos para impressão global de caldo de cana acondicionado em garrafas de PEAD-TiO ₂	92

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Limites para migração de prata e zinco em embalagens de alimentos ..	33
Quadro 2 – Resultados obtidos em pesquisas sobre a estabilidade e vida de prateleira de sucos e néctares.	36
Quadro 3 – Especificações das garrafas de PEAD	46
Quadro 4 – Critérios microbiológicos adotados no estudo da estabilidade do néctar de jabuticaba e caldo de cana.....	49
Quadro 5 – Estudos utilizados como referência.	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Jabuticaba	16
2.1.1 Composição química e nutricional.....	17
2.2 Cana-de-açúcar.....	18
2.2.1 Cultivar RB867515	20
2.3 Sucos e néctares.....	20
2.3.1 Padrões de qualidade e identidade	21
2.3.2 Néctar de jabuticaba	22
2.3.3 Caldo de cana	22
2.4 Tecnologia de processamento e envase.....	26
2.4.1 Pasteurização.....	27
2.4.2 Envase asséptico	27
2.4.3 Refrigeração.....	28
2.5 Sistemas de embalagem	29
2.5.1 Embalagens ativas	29
2.5.1.1 Aspectos legais	31
2.6 Estabilidade e vida de prateleira	33
2.6.1 Mecanismos de degradação no néctar de jabuticaba e caldo de cana	34
3 OBJETIVOS.....	37
4 MATERIAIS E MÉTODOS	38
4.1 Processamento de néctar de jabuticaba	38
4.1.1 Formulação do néctar.....	39
4.1.1.1 Processamento	40
4.2 Processamento de caldo de cana	42
4.3 Acondicionamento asséptico do néctar de jabuticaba e caldo de cana	44
4.3.1 Embalagens	45
4.4 Avaliação das bebidas processadas	47
4.4.1 Testes físico-químicos.....	47
4.4.2 Testes microbiológicos	47
4.4.3 Testes sensoriais	48
4.5 Estudo de estabilidade microbiológica	48

4.6 Análise dos resultados	49
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.1 Néctar de jabuticaba	51
5.1.1 Teste de formulações	51
5.1.1.1 Análise de Componentes Principais	52
5.1.1.2 Teste sensorial de ordenação – preferência	54
5.1.2 Rendimento	55
5.1.3 Caracterização do néctar de jabuticaba	56
5.1.4 Estudo de estabilidade do néctar de jabuticaba	61
5.1.4.1 Avaliação físico-química	61
5.1.4.2 Avaliação microbiológica	66
5.1.4.3 Avaliação sensorial.....	68
5.2 Caldo de cana	73
5.2.1 Rendimento de extração	73
5.2.2 Caracterização do caldo de cana	74
5.2.3 Estudo de estabilidade do caldo de cana	80
5.2.3.1 Avaliação dos parâmetros físico-químicos	80
5.2.3.2 Avaliação dos parâmetros microbiológicos	85
5.2.3.3 Avaliação dos parâmetros sensoriais	87
5.3 Estimativa de vida de prateleira	93
6 CONCLUSÕES	94
7 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	95
REFERÊNCIAS.....	96
APÊNDICE	108

1 INTRODUÇÃO

A função original do material de embalagem é estabelecer uma barreira física de proteção que possua interação mínima com o alimento acondicionado. Entretanto, conceitos inovadores de embalagem foram introduzidos no mercado global. Nesta linha, múltiplos sistemas têm sido desenvolvidos para interagir favoravelmente com o alimento, visando o aumento do seu tempo de vida útil. Tais sistemas são denominados embalagens ativas (SOARES et al., 2012).

O sistema de embalagem ativa é uma tecnologia promissora que pode trazer benefícios a uma grande variedade de alimentos. Entretanto, a sua aplicação na indústria brasileira ainda é limitada. Neste cenário, é de grande importância a condução de pesquisas para diferentes aplicações a fim de avaliar a efetividade do sistema ativo e um eventual impacto na segurança do alimento. Entre os mais notórios sistemas ativos incluem-se as embalagens incorporadas com agentes antimicrobianos (SOARES et al., 2012).

Além de reunir as funções tradicionais da embalagem convencional, a embalagem antimicrobiana pode manter a estabilidade e qualidade do produto por um período maior. Ademais, pode evitar uma eventual recontaminação do alimento processado e simplificar procedimentos de sanificação dos materiais. Os mecanismos de ação das embalagens antimicrobianas podem ocorrer de duas maneiras: (1) quando há a migração do agente ativo para o alimento e (2) quando não há migração (WALLIS; WEIL; MADI, 2012). No que se refere aos agentes antimicrobianos inorgânicos microestruturados com prata e óxido de zinco (Ag/ZnO) incorporados às garrafas plásticas utilizadas nesta pesquisa, a sua atuação ocorre da segunda maneira (EMPRESA..., 2015).

A incorporação de agentes antimicrobianos às embalagens tem como objetivo evitar e reduzir a contaminação no alimento. Ademais, a aplicação destes sistemas de embalagem pode substituir ou minimizar a adição de conservadores químicos diretamente ao produto, migrando da embalagem para o alimento de forma gradual e seletiva (SOARES et al., 2012).

Vários estudos vêm sendo realizados para avaliar a ação antimicrobiana de metais, em escala micro e nanométrica, como prata e óxido de zinco (Ag/ZnO) (EMAMIFAR et al., 2010; EMAMIFAR et al., 2011; POLAT et al., 2017).

Embora a ação microbicida da prata não seja totalmente esclarecida, existem hipóteses envolvendo danos celulares nos micro-organismos causados por estresse oxidativo, alteração morfológica ou fissuras das células quando em contato com os agentes de prata. Para o óxido de zinco, o mecanismo de atividade antibacteriana sugerido fundamenta-se na interação física e/ou química com a membrana celular do micro-organismo presente no alimento (SANTANA, 2012). O ZnO é reconhecido pela *Food and Drug Administration* como antimicrobiano seguro para contato com alimentos (USFDA, 2018).

Poucos estudos relacionados à avaliação da estabilidade de sucos e néctares acondicionados em embalagens ativas incorporadas com prata e óxido de zinco foram localizados na literatura científica internacional. Nesse contexto, esta pesquisa investigou o desempenho do referido sistema ativo na estabilização microbiológica de néctar de jabuticaba (alta acidez) e caldo de cana (baixa acidez).

Com o aumento da preferência dos consumidores por alimentos naturais e com maior praticidade, a produção industrial de sucos integrais e néctares, isentos de conservadores químicos, vem se confirmando como uma nova tendência no Brasil (CARMO; DANTAS; RIBEIRO, 2014).

Com o objetivo de incentivar o consumo de frutas exóticas e inserir novos produtos no mercado, o desenvolvimento de bebidas diferenciadas tem se revelado uma estratégia promissora (VIDIGAL et al., 2011). Dentre as múltiplas alternativas de industrialização da jabuticaba tem-se a produção de néctar, que é uma bebida nutritiva pronta para consumo (GARCIA, 2014). Segundo Paludo e Krüger (2011), o suco extraído da jabuticaba (*Myrciaria jabuticaba cauliflora* Berg) apresenta alta atividade de água (0,9), alta acidez (pH ~ 2,8) e teor de sólidos solúveis próximo a 12 °Brix. O pH ácido favorece a estabilidade da bebida e limita consideravelmente o desenvolvimento de micro-organismos, além de permitir a aplicação de um tratamento térmico mais brando à bebida (PALUDO; KRÜGER, 2011).

Apesar de bastante produzido e consumido no mercado informal, frequentemente em precárias condições higiênico-sanitárias, a industrialização do caldo de cana para consumo direto ainda é pouco explorada no Brasil (ANDRADE, 2014). Considerando o crescente interesse comercial pelo caldo de cana, o desenvolvimento de tecnologias de processamento e sistemas de embalagem, que promovam a sua segurança e estabilidade, possibilitando melhor distribuição do

produto bem como estímulo ao setor agroindustrial, justificam o objetivo do presente trabalho.

O caldo de cana é uma bebida opaca, doce, energética e refrescante. Sua cor varia de verde amarelado a escuro. Possui pH na faixa de 5,0 a 5,5; atividade de água equivalente a 0,9 e composição variada em função da variedade da matéria-prima, cultivar, estágio de maturação, solo, condições climáticas e agrícolas, entre outros (OLIVEIRA et al., 2007). A composição e as características físico-químicas do caldo de cana o tornam um excelente substrato para o desenvolvimento de micro-organismos, limitando sobremaneira o tempo de vida útil da bebida *in natura*, mesmo sob estocagem refrigerada (ANDRADE, 2014).

O presente estudo avaliou a estabilidade microbiológica e estimou o tempo de vida útil de néctar de jabuticaba e caldo de cana pasteurizados, acondicionados assepticamente em garrafa de polietileno de alta densidade (PEAD) incorporada com prata e óxido de zinco (Ag/ZnO).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Jabuticaba

As jabuticabeiras (*Myrciaria cauliflora* Berg) são árvores de origem subtropical típicas do Brasil pertencente à família Myrtaceae. Apresentam tamanho médio de 6 a 9 metros de altura, podendo alcançar até 15 m. As folhas variam de vermelha a verde durante o período de floração e possuem 1,5 a 6,6 cm de comprimento por 0,6 a 1,6 de largura. Florescem uma vez ao ano com flores brancas e após três meses inicia-se a frutificação cobrindo o tronco e galhos (BOESSO, 2014). O fruto é encontrado desde o sul até o norte do Brasil, porém as maiores produções estão concentradas na região sudeste. (SATO; CUNHA, 2007). A espécie *M. jaboticaba* (Vell.) Berg também conhecida como “Sabará” é a mais cultivada e apreciada, o que pode estar relacionado ao sabor adocicado da fruta (BOESSO, 2014). Além do sabor agradável, apresenta crescimento médio, boa produção e maturação precoce. Os frutos possuem baga com até 3 cm de diâmetro, cor da casca que varia de roxo a preta/avermelhada, polpa branquicenta e geralmente apresenta uma semente, podendo conter até quatro (LIMA et al., 2008). A maturação ocorre de 40 a 60 dias dependendo da região de cultivo. As mudanças nos frutos durante o período de amadurecimento podem ser visualmente notadas pela cor da casca e pela textura. A Figura 1 mostra a mudança de cor da casca dos frutos de jabuticaba “Sabará” em diferentes estágios de maturação.

Figura 1 - Coloração da casca de jabuticaba durante o período de amadurecimento

Fonte: BECKER, F. S. et al. Characterization of ‘Sabará’ jaboticaba at different maturation stages. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 37, n. 4, p. 457- 462, 2015.

A jabuticaba apresenta ótimas propriedades nutricionais e é amplamente comercializada no território nacional. Além da produção de sucos, néctares, geleias, licores e vinhos (WU; LONG; KENNELLY, 2013) outras aplicações visando o aproveitamento integral do fruto têm sido investigadas. A extração de pigmentos da casca para incorporação em produtos cárneos e o desenvolvimento de chá funcional

são exemplos desse propósito. Em outras áreas de estudo, o extrato das folhas e do caule de jabuticaba tem sido utilizado no combate a micro-organismos orais (DINIZ et al., 2010).

A jabuticaba e suas frações podem desempenhar um papel promissor na indústria de suplementos alimentares nutricionais e funcionais (BATISTELLA, 2011).

Embora a jabuticaba seja bastante difundida e apreciada no Brasil, não possui alto valor agregado devido a sua perecibilidade decorrente das altas concentrações de açúcar e água. Reações fermentativas degradam rapidamente a fruta e limitam seu tempo de vida útil a aproximadamente 2 dias após a colheita (COSTA et al. 2013). A sazonalidade dos frutos ocorre entre os meses de agosto a novembro (podendo ter duas safras no ano) e o nível de perda pós-colheita é elevado (SANTOS, 2014).

2.1.1 Composição química e nutricional

A jabuticaba contém sais minerais, carboidratos, vitaminas e aminoácidos. Alguns destes nutrientes estão presentes em concentrações menores, podendo mesmo nessas condições ter efeito promotor na saúde humana (LIMA et al., 2008). Parâmetros físico-químicos da jabuticaba como pH, teor de sólidos solúveis e acidez total são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos da jabuticaba e suas frações.

	Sólidos Solúveis (°Brix)	Acidez Total (% de ácido cítrico)	pH
Casca	11,6	1,67	3,39
Semente	9,3	2,12	3,97
Polpa	14,13	0,97	3,5
Inteira	11,2	1,41	3,55

Fonte: LIMA, A. et al. Caracterização química do fruto de jabuticaba e suas frações. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 58, n. 4, p. 416-421, 2008.

A polpa possui a maior concentração de açúcares. As sementes possuem acidez mais elevada. O pH da casca é o menor quando comparado com o fruto inteiro e suas partes (LIMA et al., 2008).

A variação das características físicas e químicas da jabuticaba está condicionada a alguns fatores como o cultivar, clima, manuseio, práticas agrícolas, locais de cultivo, solo, tecnologia pós-colheita, entre outros (PALUDO; KRÜGER, 2011).

Oliveira et al. (2003) caracterizaram jabuticabas da variedade Sabará em diferentes regiões de cultivo. Os valores de pH variaram de 2,91 a 3,72; os teores de sólidos solúveis 11,5 a 17,9 °Brix, o *ratio* (razão entre sólidos solúveis totais/acidez total titulável) variou de 7,43 a 18,9. Valores menores de *ratio* indicam baixa maturidade dos frutos. Para acidez total titulável os valores encontrados foram na faixa de 0,888 a 1,652 gramas de ácido cítrico em 100 gramas de polpa.

O atrativo valor nutricional da jabuticaba pode estar relacionado às concentrações de compostos bioativos em sua composição (LIMA et al., 2008). O ácido ascórbico (vitamina C) desempenha um papel importante no combate a infecções, fortalece o sistema imunológico e controla sintomas de asma (FANG et al., 2017).

A despeito dos benefícios oferecidos pela jabuticaba, o seu cultivo em escala comercial é ainda pouco explorado e está majoritariamente localizado em pequenas chácaras ou sítios distribuídos em algumas regiões do país, onde famílias de baixa renda coletam os frutos para aumentar a renda, gerando uma atividade econômica informal (CITADIN; DANNER; SASSO, 2010). Como o tempo de vida útil pós-colheita é muito limitado, o fruto acaba tendo uma comercialização desvalorizada. Entretanto, a jabuticaba ocupa o 27º lugar no *ranking* de consumo de frutas, com volume comercializado de 2.231 toneladas no mesmo ano (WATANABE; OLIVEIRA, 2014)

2.2 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta cultivada em regiões tropicais e subtropicais pertencente à família Poaceae do gênero *Saccharum*. Neste gênero, podem ser citadas espécies como, a *S officinarum* L., *S robustum* Brandes e Jeswiet ex Grassl, *S barberi* Jeswiet, *S spontaneum* L., *S sinense* Roxb entre outras (SANTOS, 2007).

Várias hipóteses tentam explicar sua origem, porém, a teoria mais plausível defende que as espécies surgiram na Oceania e na Ásia. No Brasil há relatos que a introdução do cultivo de cana ocorreu em 1532, durante as expedições (SANTOS,

2007). A fácil adaptação ao clima e aos solos brasileiros resulta na grande escala de produção desta gramínea que é cultivada na grande maioria dos estados (ANDRADE, 2014).

As variedades de culturas em solo brasileiro são denominadas híbridas. Esses cultivares são provenientes do cruzamento de duas espécies distintas, obtidas por meio de um criterioso processo de seleção e melhoramento genético entre as espécies já conhecidas, otimizando características específicas e desejáveis (HAMERSKI, 2009).

As características intrínsecas das variedades de cultivos de cana são influenciadas pelas condições climáticas, o manejo e a cultura utilizada. Como fatores intrínsecos citam-se o teor de sacarose, fibras, amido, concentração de compostos fenólicos, minerais. Os extrínsecos estão relacionados com plantas invasoras, resíduos de cultura, materiais estranhos ou composições produzidas através da ação de micro-organismos sobre os açúcares do caule (ANDRADE, 2014).

Por possuir alta atividade de água (0,9) e pH (> 4,6) propício ao desenvolvimento de amplo espectro microbiano (ANDRADE; PORTO; SPOTO, 2008), um dos principais mecanismos de degradação da cana está associado ao desenvolvimento da bactéria láctica *Leuconostoc mesenteroides*, reconhecida pela sua capacidade de sintetização de dextrano (polissacarídeo de elevada massa molar que confere viscosidade ao caldo de cana). A colonização desse micro-organismo resulta na redução da pureza, do teor de sacarose, pH e aumento da acidez do caldo em até dois dias após a contaminação (ANDRADE, 2014; EGGLESTON; HARPER, 2006). Concentrações de sólidos solúveis superiores a 18 °Brix indicam boa qualidade e maturação. Quanto maior o teor de sacarose, melhor será o aproveitamento industrial (MINGUETTI, 2012). Apesar da concentração de sacarose ser um dos parâmetros de maior interesse, outros fatores têm impacto na composição da cana, tais como, pureza, açúcares redutores totais, porcentagem de fibras entre outros. A porcentagem de fibras interfere no rendimento do caldo uma vez que a cana-de-açúcar mais fibrosa dificulta o processo de extração tornando-o menos eficiente (UMEBARA, 2010).

A identificação do ponto ideal da colheita é imperativa para minimizar a perecibilidade da cana e maximizar o rendimento na extração do caldo (CHICONE, 2012).

O cultivo de cana-de-açúcar é de extrema importância para a economia brasileira desde a produção de etanol até a utilização de seus subprodutos nas mais

diversas aplicações, como cogeração de energia, construção civil, produção de alimentos, fertilizantes, entre outras (BROCHIER; MERCALI; MARCZAK, 2016). A utilização de seus produtos e coprodutos é economicamente viável e sustentável colaborando com o desenvolvimento tecnológico e agroindustrial. Desta forma, o aproveitamento integral da cana-de-açúcar permite a execução de um processo de ciclo fechado (MARTINI, 2009).

2.2.1 Cultivar RB867515

Os cultivares de cana são produzidos pela Rede Interinstitucional para o Desenvolvimento do Setor Sucro-Alcooleiro (RIDESA), pela Copersucar e pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) (MARIN, 2017). Entre as dez variedades mais plantadas no Brasil, sete foram desenvolvidas pela RIDESA. Os três primeiros cultivares mais plantados deste *ranking* são: RB867515, SP81-3250 e RB92579, respectivamente (SILVA, 2013).

O cultivar RB867515, processado nesta pesquisa, possui baixa exigência de fertilidade do solo, maturação tardia, boa colheita mecânica e tolerância a seca (MARIN, 2017). Destaca-se pela boa produtividade agrícola e por possuir alta concentração de sacarose, podendo ser colhido entre meados de julho até setembro e cortado no início da safra (SILVA, 2013).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) a safra de 2015/2016 foi de 665,6 milhões de toneladas. Somente no estado de São Paulo o cultivo correspondeu a 52% do total da área plantada seguido por Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná, Alagoas, Pernambuco e Mato Grosso. A quantidade de açúcar produzida atingiu 33,5 milhões de toneladas, com redução de 5,8% em relação à safra 2014/2015. Já a produção de etanol alcançou 30,5 bilhões de litro, correspondendo um aumento de 6,3% (ACOMPANHAMENTO..., 2016).

2.3 Sucos e néctares

No cenário nacional, os sucos e néctares representam um importante segmento no setor de bebidas. Devido à preocupação com alimentação equilibrada, o consumo de sucos e néctares tem ocupado espaço no mercado, concorrendo diretamente com

os refrigerantes. O mercado de sucos prontos para beber cresceu mais que 59% de 2010 a 2016 demonstrando um potencial de venda promissor. Entretanto, o mercado de refrigerantes registrou uma queda de quase 2% (ABIR, 2016).

2.3.1 Padrões de identidade e qualidade

Segundo o decreto nº 6871, de 4 de junho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), regulamentado pela Lei nº 8918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, classificação, registro, inspeção, produção e fiscalização de bebidas, néctar é definido como uma “bebida não fermentada, obtida da diluição em água potável da parte comestível do vegetal ou de seu extrato, adicionado de açúcares, destinada a consumo direto. A mesma resolução define suco como bebida não fermentada, não concentrada (exceto em alguns casos específicos) e não diluída, destinada ao consumo, obtida da fruta madura e sã, ou parte do vegetal de origem, por processamento tecnológico adequado, submetida a tratamento que assegure a sua apresentação e conservação até o momento do consumo” (BRASIL, 2009).

Conforme a Instrução Normativa nº 42, de 11 de setembro de 2013, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), “o néctar cuja quantidade mínima de polpa ou suco de fruta não tenha sido fixada em regulamento técnico específico, como o néctar de jabuticaba, deve conter no mínimo 30% (m/m) da respectiva parte comestível da fruta” (BRASIL, 2013).

A Resolução nº 12 de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que estabelece padrões microbiológicos para sucos e néctares de fruta pasteurizados e refrigerados, determina que a contagem de coliformes termotolerantes (a 45 °C) não deve ultrapassar o limite de 10 NMP/mL. Células de *Salmonella* devem estar ausentes em 25 mL de produto (ANVISA, 2001).

A Resolução nº 218 de 2 de julho 2005 da ANVISA estabelece normas de higiene para alimentos e bebidas à base de vegetais, a mencionar (ANVISA, 2005):

- “- O vegetal deve ser recebido em local limpo e protegido.
- O local de processamento de alimentos e bebidas deve ser protegido evitando acesso de pragas.
- Os equipamentos de moagem e extração utilizados para o preparo de alimentos e bebidas com vegetais devem ser protegidos.

- Os manipuladores devem ter boa higiene pessoal.
- A água utilizada no preparo da bebida deve ser potável.
- As bebidas produzidas com vegetais que não passam por algum tipo de tratamento devem ser consumidas no mesmo dia do preparo.
- Devem ser preparados imediatamente antes do consumo ou mantidos sob temperatura inferior a 5 °C.
- Os resíduos gerados devem ser frequentemente coletados e estocados em lixeiras com tampas a fim de evitar contaminação e atração de insetos e pragas”.

2.3.2 Néctar de jabuticaba

A conservação de frutas por meio da elaboração de polpas, sucos e néctares aproveitam os excedentes da produção e aumentam a procura por produtos saudáveis com vida de prateleira estendida (LEITÃO; RODRIGUES, 2016).

Com o objetivo de desenvolver produtos com sabores novos e exóticos, a indústria tem focado no lançamento de bebidas diferenciadas que ganhem popularidade entre os consumidores (VIDIGAL et al., 2011).

Não foram localizados estudos relativos à estabilidade de néctar de jabuticaba acondicionado em embalagens ativas com alegação antimicrobiana, como proposto nesta pesquisa. Além de ser uma alternativa de industrialização do fruto, o néctar é uma bebida nutritiva, pronta para consumo e de simples processamento (GARCIA, 2014).

O suco extraído da jabuticaba (*Myrciaria jabuticaba cauliflora* Berg) apresenta alta acidez (pH~ 3,4) e teor de sólidos solúveis próximo a 11 °Brix (TEIXEIRA, 2011). O pH ácido ($\leq 4,6$ definido de acordo com a USFDA, 2018) limita consideravelmente o desenvolvimento de micro-organismos, além de permitir a aplicação de um tratamento térmico mais brando visando a degradação mínima da qualidade da bebida, bem como a extensão da vida de prateleira.

2.3.3 Caldo de cana

Muito popular entre os consumidores brasileiros, o caldo de cana vem despertando interesse em públicos mais específicos, como os atletas. Como possui

alto teor de carboidratos, sua utilização como repositores energéticos é uma das mais recentes aplicações para o consumo direto. Este fato justifica sua industrialização, a fim de garantir a sua estabilidade e segurança do alimento, bem como melhor distribuição do produto e contribuição para o setor de bebidas (SUZART, 2009).

Por ser uma bebida nutritiva e refrescante com gosto doce marcante, apresenta alta comercialização por vendedores ambulantes, principalmente em épocas mais quentes do ano (OLIVEIRA et al., 2007).

O caldo de cana apresenta composição variada, que está condicionada a qualidade da matéria-prima, variedades de culturas, solo, clima, planejamento agrícola entre outras (ANDRADE, 2014). É caracterizado como uma bebida opaca de cor que varia de verde amarelado a escuro e com pH entre 5 e 5,5. É composto por 80% de água e 20% de sólidos solúveis, sendo que 70 a 91% destes correspondem a sacarose (OLIVEIRA et al., 2007; LIMA, 2012; REZZADORI, 2010). A Tabela 2 apresenta a composição química e nutricional do caldo de cana não processado termicamente encontrado em diferentes trabalhos de pesquisa, evidenciando a variação dos resultados.

Tabela 2 - Composição química e nutricional média caldo de cana não processado.

Parâmetros	Prati e Camargo (2008)	Minguetti (2012)	Sanda et al. (2016)
Açúcares redutores (%)	0,8	0,79 a 0,82	-
Sacarose (%)	23	-	-
Proteínas (%)	0,19	-	-
Cinzas (%)	0,2	0,54 a 0,62	0,38
Fósforo (%)	0,005	-	-
Potássio (mg/mL)	0,1	126, 3 a 150, 6	2,56
Cálcio (%)	0,015	-	0,03
Magnésio (%)	0,012	-	0,01
Sólidos Solúveis (%)	24,5	-	18
Vitamina C (mg/100 mL)	3,19	-	-
Fibras (%)	-	11,41 a 11, 67	-
Nitrogênio (mg/L)	-	43, 87 a 52, 39	-
Umidade (%)	72	79,47	82,96
Ferro (mg/mL)	-	-	0,10

- resultado indisponível

Fonte: Própria autoria

O caldo de cana contém vitamina B6 e C, minerais como Ca, Fe, P, Mg, Mn, K e Zn além da presença de compostos fenólicos (BROCHIER; MERCALI; MARCZAK; 2016). É uma excelente fonte de carboidratos fornecendo energia de 40 Kcal a cada 100 mL consumidos. Em face ao exposto, pode ser uma alternativa para substituir bebidas esportivas (ANDRADE, 2014).

A grande variação na composição do caldo de cana é um fator que dificulta o processamento da bebida, principalmente na purificação e no rendimento do mesmo (HAMERSKI, 2009). Outro problema associado ao caldo de cana, além das condições favoráveis ao desenvolvimento microbiano, é a qualidade higiênico-sanitária da bebida oriunda de vendas ambulantes. A ausência de boas práticas de manipulação

dos postos de vendas amplia os riscos de contaminação da bebida, gerando riscos à saúde dos consumidores (MANIKANTAN et al., 2017; ANDRADE, 2014).

Budri (2011) avaliou a qualidade higiênico-sanitária do caldo de cana *in natura* consumido no Estado de São Paulo. Analisaram-se 50 amostras coletadas em diferentes cidades, sendo que 82% apresentaram contaminação por coliformes termotolerantes superior ao nível permitido (< 10 NPM/mL) pela legislação, tornando-se inadequada para comercialização e consumo.

Por conter alta concentração de nutrientes e elevada atividade de água, o caldo de cana é extremamente suscetível a contaminação microbiana. Fungos, bolores e leveduras, bactérias lácticas e esporuladas podem afetar sua integridade e consequentemente seu tempo de vida útil (RAMACHANDRAN et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2007). Dessa maneira, a população microbiana inicial da cana reflete diretamente no índice de contaminação do caldo. Porém, há maiores chances de contaminação na etapa de extração do caldo. A falta de higienização dos equipamentos e a manipulação incorreta colaboram para aumentar a população microbiana do produto final (BREZOVSKY et al., 2016).

Um dos principais grupos atuantes na degradação do caldo de cana são os bolores e as leveduras que geralmente se desenvolvem na superfície da bebida e são oriundos de ambientes externos e da decomposição de matéria orgânica. Alta população de bolores e leveduras na bebida pode indicar a precária qualidade da matéria-prima e/ou a ineficiência do processamento e estocagem (FELIPE; MIGUEL, 2011).

Segundo a RDC nº 12 de 2001, já citada anteriormente, a qualidade microbiológica do caldo de cana deve ser avaliada por meio da quantificação de coliformes termotolerantes e da presença de *Salmonella* spp.

Sanda et al. (2016) avaliaram a qualidade microbiológica de caldo de cana pasteurizado adicionado de frutas ácidas. Após o tratamento a 70 °C/10 min seguido de estocagem a 5 °C, as características microbiológicas do caldo adicionado de 10% de suco concentrado de limão e o com adição de 10% de suco concentrado de abacaxi foram analisadas. As populações de coliformes totais e termotolerantes foram inferiores $< 0,3$ NMP/mL para as duas amostras analisadas. A presença de *Salmonella* não foi detectada. As contagens de bolores e leveduras foram equivalentes a 5 e 1,4 UFC/mL para o caldo de cana adicionado de suco de limão e abacaxi,

respectivamente. As contagens de bactérias mesófilas foram inferiores a 1 UFC/mL para as duas bebidas processadas.

Além das condições microbiológicas, há parâmetros químicos que afetam negativamente o produto se não forem controlados. Minutos após a extração do caldo de cana inicia-se o escurecimento devido a oxidação de compostos fenólicos (PRATI; MORETTI, 2010). As reações enzimáticas de escurecimento acontecem devido a atuação da polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) (sendo a polifenoloxidase mais ativa) na oxidação de compostos fenólicos e flavonóides, que são responsáveis por 60 a 75% da coloração do caldo de cana. Segundo Alvarenga, Silva Neto e Marques (2011), a ação da PPO e da POD afetam negativamente a cor dos vegetais após a colheita. Ademais, mecanismos não enzimáticos podem ocorrer via oxidação de ácido ascórbico, condensação de açúcares ou degradação térmica (SARTORI et al., 2017; KUNITAKE, 2012).

2.4 Tecnologias de processamento

O processamento térmico é a tecnologia mais utilizada na destruição de micro-organismos e na inativação de enzimas em sucos e néctares de frutas, podendo estender o tempo de vida útil do produto em até 18 meses (ACHIR et al., 2016). Como o calor afeta as propriedades nutricionais e sensoriais dos alimentos, é de grande importância otimizar os parâmetros do tratamento térmico (VEGARA et al., 2013).

Métodos de conservação de alimentos como pasteurização, acondicionamento asséptico, sistemas ativos de embalagem e refrigeração podem ser aplicados conjuntamente para estender o tempo de vida útil de alimentos e bebidas. A combinação de métodos, também denominada tecnologia dos obstáculos, possibilita a redução da intensidade dos tratamentos empregados (KHAN et al., 2017) minimizando as perdas de nutrientes e garantindo a segurança do produto. Essa tecnologia é baseada no princípio de que cada método contribui como uma barreira atuante no mecanismo de degradação do alimento (ROSENTHAL; DELIZA; TORREZAN, 2017). Quando aplicadas separadamente essas técnicas podem ter impacto negativo maior nas propriedades nutricionais e sensoriais do produto (ANDRADE, 2014).

2.4.1 Pasteurização

A pasteurização é um tratamento térmico relativamente brando ($< 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) realizado a pressão atmosférica (FELLOWS, 2006). A pasteurização inativa enzimas e destrói micro-organismos garantindo a segurança do consumidor e estendendo o tempo de vida útil do alimento. Porém, resulta em perdas nutricionais, notadamente dos antioxidantes (SAEEDUDDIN et al., 2015).

Em relação a produção de sucos e néctares, o grande desafio da indústria processadora é minimizar as perdas de fatores nutricionais e funcionais assim como alterações nas propriedades sensoriais dessas bebidas, deflagradas durante o tratamento térmico (OLIVEIRA et al., 2007).

Suzart (2009) avaliou a estabilidade de caldo de cana pasteurizado a $90\text{ }^{\circ}\text{C}/40\text{ s}$ em combinação com dimetil dicarbonato nas concentrações de 180 - 220 mg/L, acondicionado em garrafa PET e estocado a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. A formulação com 4% de suco de limão manteve qualidade sensorial satisfatória ($> 60\%$ aceitação), relativamente ao sabor e a cor durante 75 dias.

2.4.2 Envase asséptico

A tecnologia de envase asséptico é uma alternativa para acondicionar produtos líquidos ou semilíquidos. Industrialmente, esse sistema de envase tem sido aplicado com a finalidade de assegurar a esterilidade comercial do produto. Não obstante, alimentos fluidos pasteurizados, acondicionados assepticamente e mantidos sob refrigeração atingem maior nível de qualidade e vida de prateleira estendida (MANFREDI; VIGNALI, 2015).

No sistema de envase asséptico, o alimento e a embalagem são tratados separadamente. O produto comercialmente esterilizado é acondicionado a temperaturas próximas a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, em embalagens previamente esterilizadas, fechadas hermeticamente em uma zona asséptica. É essencial que todos os procedimentos sejam realizados cuidadosamente a fim de evitar recontaminação microbiológica (MANFREDI; VIGNALI, 2015). Como o processamento térmico é realizado em fluxo contínuo com rápido aquecimento e resfriamento do produto, o sistema asséptico oferece vantagens quando comparado ao processamento do produto na embalagem

ou enchimento a quente devido a menor exposição do produto ao calor (WALTER, 2010). A Figura 2 mostra um diagrama simplificado do sistema asséptico.

Figura 2 - Etapas do processo asséptico

Fonte: WALTER, E. H. M. **Adequações técnicas de um sistema asséptico para leite de bebidas de alta acidez em embalagens flexíveis**. 2010. f 187. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

A higienização da linha de processamento e das embalagens no sistema asséptico deve ser rigorosamente cumprida. Eventuais falhas na limpeza e esterilização da linha comprometerá todo o processo (WALTER, 2010).

2.4.3 Refrigeração

A refrigeração é largamente empregada para estender a vida de prateleira de produtos *in natura* e processados. Para sucos e néctares de frutas, a temperatura de refrigeração ideal situa-se entre 0 e 8 °C (FELLOWS, 2006).

A qualidade do caldo de cana extraído de toletes de cana-de-açúcar minimamente processados e armazenados a diferentes temperaturas foi avaliada por Andrade, Porto e Spoto (2008). O caldo extraído de amostras de cana refrigerada (4 °C), congeladas (-18 °C) e mantidas em temperatura ambiente (22 e 25 °C) foi avaliado durante 24 dias de estocagem. O produto extraído das amostras congeladas mostrou-se estável durante todo o tempo avaliado. Entretanto, o caldo extraído dos toletes refrigerados apresentou elevado desenvolvimento de leveduras (> 7 log UFC/mL) nesse período, mantendo a qualidade microbiológica aceitável durante 12 dias de estocagem. As amostras que foram armazenadas a temperatura ambiente produziram

caldo com baixa estabilidade microbiológica com contagem de leveduras superior a 7 log UFC/mL após 6 dias da extração.

Desta forma, o efeito de conservação do resfriamento aplicado desde o armazenamento da matéria-prima até a comercialização do produto é notório (ANDRADE; PORTO; SPOTO, 2008).

2.5 Sistemas de embalagem

Com o avanço tecnológico, aliado ao aumento do consumo, o desenvolvimento de sistemas de embalagens mais eficientes, práticos, econômicos e sustentáveis tem adquirido espaço na indústria de alimentos (LANDIM et al., 2016).

As embalagens utilizadas no acondicionamento de caldo de cana e néctar de jabuticaba devem possuir baixa taxa de permeabilidade ao oxigênio (TPO_2) e à radiação luminosa, uma vez que esses agentes promovem reações oxidativas. Estes requisitos de proteção são essenciais para garantir um tempo de vida útil estendido, notadamente quando o produto é estocado em condições não refrigeradas. Ademais, o fechamento hermético é imperativo para assegurar a estabilidade do produto evitando uma eventual recontaminação (KUNITAKE, 2012).

As garrafas de PEAD são normalmente utilizadas para acondicionar produtos refrigerados com menor tempo de vida útil como leite, sucos de frutas entre outros. São translúcidas com elevada barreira à umidade e excelente tenacidade (LEITÃO; RODRIGUES, 2016; GALLAGHER; MONTEIRO; KOPPER, 2011). A literatura cita diversos estudos onde foram utilizadas garrafas de PEAD no envase de sucos e néctares.

Atualmente, encontram-se no mercado nacional diversas marcas de caldo de cana processado e acondicionado em embalagens poliméricas, de vidro e em laminados cartonados (NOSSOS..., 2017; O SABOR..., 2017; PRIMEIRO..., 2017).

2.5.1 Embalagens ativas

Originalmente as embalagens foram desenvolvidas como barreira inerte, tendo o mínimo de interação possível com o produto. Porém, as embalagens de última geração são projetadas para interagir de forma favorável com o alimento a fim de

estender seu tempo de vida útil citando-se como exemplo as embalagens ativas. (SOARES et al., 2012; FANG et al., 2017).

A incorporação de agentes antimicrobianos às embalagens evita a contaminação na superfície do alimento, onde predominantemente ocorre a degradação. Essa tecnologia possibilita a eliminação de antimicrobianos incorporados diretamente ao alimento, que podem resultar na alteração de sabor, inativação de compostos ativos, migração rápida para o alimento e rejeição sensorial. A liberação controlada do antimicrobiano para superfície do alimento pode ser vantajosa para manter a estabilidade do produto durante seu tempo de vida útil (LONG; JOLY; DANTIGNY, 2016).

Os níveis de substâncias no alimento devem estar de acordo com os níveis de migrações estabelecidos em legislação (FREIRE et al., 1998).

A efetividade ação antimicrobiana entre a embalagem e o alimento depende das características intrínsecas do polímero e da incorporação desses agentes, levando em consideração o alimento a ser acondicionado e suas interferências externas (MAJID et al., 2016).

Vários tipos de metais com propriedades biocidas têm sido estudados (Ag, Zn, Cu, Ti, Au) em escala micrométrica e nanométrica (CARBONE et al., 2016; LLORENS et al., 2012). Os agentes de prata são facilmente incorporados ao polímero, tendo efetiva ação antimicrobiana em dimensões que antimicrobianos tradicionais não seriam estáveis (ALMEIDA et al., 2015). O óxido de zinco possui propriedades antibacterianas e antifúngicas, sendo mais seguro e estável quando comparado com agentes antimicrobianos orgânicos (SANTANA, 2012). No caso da prata e do óxido de zinco incorporados na embalagem utilizada nessa pesquisa o funcionamento da ação antimicrobiana ocorre de forma que não há migração do agente ativo para o alimento (WALLIS; WEIL; MADI, 2012).

A ação antimicrobiana das partículas de prata não é completamente esclarecida, podendo ocorrer através de três prováveis mecanismos: (1) alteração morfológica das células bacterianas expostas aos íons de prata (2) geração de estresse oxidativo causado pela catálise de espécies reativas de oxigênio oriundas do metabolismo dos micro-organismos causando ruptura na membrana celular ou (3) interação direta com a membrana, gerando fissuras e extravasamento celular. Para o óxido de zinco, os supostos mecanismos de ação são: (1) interação química entre o ZnO e a membrana celular do micro-organismo (2) interação física entre o ZnO e a

membrana celular do micro-organismo, ou (3) combinação das duas interações (SANTANA, 2012).

Há vários fatores que precisam ser considerados na aplicação de partículas em dimensões menores nos sistemas de embalagens. Dentre eles destacam-se tamanho, forma, composição, atividade catalítica entre outros. Um dos mais importantes é o tamanho da partícula. Quanto menor o tamanho, maior a superfície de contato da mesma alterando suas propriedades e efeito. Sendo assim, a aplicação de partículas menores possibilita maior interação com o alimento, aumentando a efetividade da ação antimicrobiana (MELO JÚNIOR et al., 2012; OTUBO, 2009).

Emamifar et al. (2010) observaram maior estabilidade microbiológica do suco de laranja *in natura* acondicionado em embalagens incorporadas com Ag e ZnO, estocado a 4 °C. A estabilidade alcançada foi de 28 dias.

Emamifar et al. (2011) avaliaram o efeito de embalagem de polietileno de baixa densidade (PEBD) incorporada com Ag/ZnO- nano na redução da temperatura de pasteurização do suco de laranja. As amostras foram estocadas a 4 °C e avaliadas por 112 dias. A efetividade da ação antimicrobiana da embalagem com o produto dependeu da concentração dos aditivos. Os melhores resultados foram encontrados na embalagem com 5% de Ag/ZnO-nano combinado com a pasteurização de 55 e 65 °C/16 s. No final do período de estabilidade as contagens de micro-organismos totais foram $> 2 \log \text{UFC/mL}$.

Polat et al. (2017) avaliaram a efetividade de embalagem de polipropileno incorporado com Ag/ZnO-nano na qualidade de suco de limão *in natura*. O produto foi avaliado por 30 dias a 4 °C. As embalagens contendo 3 e 5% das nanopartículas apresentaram melhores resultados. A contagem de micro-organismos totais após 30 dias foi próxima a $2,7 \log \text{UFC/mL}$.

2.5.1.1 Aspectos legais

A quantificação do nível de migração de agentes ativos para o alimento é de extrema importância para a segurança do consumidor. O tamanho da partícula, a solubilidade e a composição química são parâmetros cruciais para a determinação da toxicidade desses compostos (ALMEIDA et al., 2015).

Existem alguns trabalhos sobre a migração de prata e zinco para o alimento. Panea et al. (2014) estudaram o efeito de filmes de PEBD adicionado de Ag e ZnO nas proporções de 5 e 10% (m/m) na qualidade de carne de frango durante 21 dias de estocagem. A migração de Ag permaneceu abaixo do limite de detecção ($< 0,001$ mg/Kg) e ZnO permaneceu dentro dos limites permitidos segundo a Legislação Europeia (< 25 mg/Kg).

Emamifar et al. (2011b) analisaram a eficiência de filmes de PEBD incorporados com Ag e ZnO em diversas proporções, de 0,25 e 1% m/m para ZnO, e 1,5 a 5% de P105 ($\text{TiO}_2 + \text{Ag}$) na inativação de *Lactobacillus plantarum* em suco de laranja durante 112 dias de estocagem a 4 °C. Durante esse período, a concentração máxima de Zn foi de 0,68 ug/L. Em relação aos agentes de prata a concentração máxima foi de 0,15 ug/L permanecendo dentro do limite estabelecido (10000 ug/L).

Cushen et al. (2014) avaliaram o efeito da temperatura e do tempo na migração de prata e cobre incorporados em embalagens de polietileno para peito de frango. As migrações de prata relatadas foram de 0,003 a 0,005 mg/dm².

Atualmente as resoluções em vigor no Brasil que abrangem o controle e a regulamentação de materiais e equipamentos em contato com alimentos são a: Resolução RDC nº 105, 19 de maio de 1999 (ANVISA, 1999); Resolução RDC nº 91, 11 de maio de 2001 (ANVISA, 2001); Resolução RDC nº 20, 22 de março de 2007 (ANVISA, 2007); Resolução RDC nº 17, 17 de março de 2008 (ANVISA, 2008a) e Resolução RDC nº 20, 26 de março de 2008 (ANVISA, 2008b). As restrições ao uso desses materiais nas embalagens são feitas em três níveis. A lista positiva contém as substâncias que são permitidas para aplicação. O limite de composição (LC) expressa a quantidade máxima que a substância pode estar presente na embalagem. Os limites de migração total (LMG) e específica (LME) representam a quantidade máxima da (s) substância (s) que pode estar presente no alimento (GALLAGHER; MONTEIRO; KOPPER, 2011). Relativamente à prata e zinco, os valores permitidos estão demonstrados na Resolução RDC nº 17, 17 de março de 2008, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1 - Limites para migração de prata e zinco em embalagens de alimentos.

Aditivo	Limites	Restrição
Prata	LC = 3% m/m do material plástico LME= 0,05 mg Ag/Kg	Somente para ser usado como aditivo antimicrobiano
Zinco	LC = 3% m/m do material plástico LME= 25 mg Zn/Kg	

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC nº 17, 17 de março de 2008**: Dispõe sobre Regulamento Técnico sobre Lista Positiva de Aditivos para Materiais Plásticos destinados à Elaboração de Embalagens e Equipamentos em Contato com Alimentos. 2008a.

Conforme Azeredo (2009) e Becaro (2014), a nanoescala compreende a faixa de 1 a 100 nm. Como a Legislação Brasileira não é clara quanto a aplicação de partículas em nanoescala para contato com alimentos, adota-se a escala micrométrica (MICROPARTÍCULAS..., 2015), a exemplo das embalagens utilizadas nessa pesquisa, cujo diâmetro médio é próximo a 200 nm.

Salienta-se que as partículas incorporadas às matrizes poliméricas possuem baixo potencial de migração (STORMER et al., 2017).

2.6 Estabilidade e vida de prateleira

Um estudo de estabilidade avalia a redução de um determinado atributo de qualidade, ou o incremento de um agente indesejável, ao longo do tempo. Mesmo que o alimento não esteja deteriorado, o seu padrão de qualidade, previamente definido, pode ter sido comprometido (MOREIRA, 2010).

O estudo de vida de prateleira (*shelf life*) tem como finalidade identificar o ponto em que o produto atinge um nível de qualidade onde não é mais aceito. Como os mecanismos de degradação dos alimentos são complexos e existem variações na sensibilidade dos consumidores, estabelecer o tempo de vida útil requer um estudo minucioso. Para defini-lo deve-se levar em consideração a segurança do produto, a qualidade nutricional e a aceitação do consumidor (AZEREDO et al., 2012).

As perdas de qualidade que delimitam a estabilidade ou vida de prateleira do produto dependem de fatores intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos são diretamente ligados à composição e às características do alimento como: atividade de

água, pH, potencial de oxirredução, composição química, população microbiana inicial, entre outros. Os fatores extrínsecos estão relacionados com o ambiente tais como temperatura, umidade relativa do ar, disponibilidade de oxigênio, exposição a luz etc. Dessa forma, é de extrema importância que o sistema de embalagem e o método de conservação empregado sejam selecionados de acordo com as necessidades específicas do alimento, garantindo a estabilidade do produto durante seu tempo de vida útil, procurando minimizar danos que podem afetar sua qualidade sensorial (AZEREDO et al., 2012).

Condições de processamento mal estabelecidas, baixo desempenho do sistema de embalagem e estocagem indevida podem acelerar a degradação e limitar a vida de prateleira do alimento (MATTIETTO; LOPES; MENEZES, 2007).

A estabilidade também pode ser determinada tendo como base a população microbiana do alimento. Existem variações de acordo com o alimento e o tipo de micro-organismo presente, porém, de maneira geral o fim da estabilidade microbiológica é alcançado quando se atinge uma população próxima a 10^6 UFC de bactérias e 10^5 UFC de bolores e leveduras por mL ou g de produto (KILCAST; SUBRAMANIAM, 2000).

O fim do tempo de vida útil pode ocorrer pelo aumento ou redução da magnitude de um valor médio de uma determinada característica sensorial do produto. Neste contexto, métodos sensoriais afetivos são usualmente empregados (MORI, 2002; HOUGH, 2010).

É de extrema importância que os testes sensoriais sejam incluídos em estudos de vida de prateleira, pois são capazes de detectar alterações que muitas vezes não são perceptíveis em testes analíticos (MATTIETTO; LOPES; MENEZES, 2007).

2.6.1 Mecanismos de degradação no néctar de jabuticaba e caldo de cana

Os principais micro-organismos envolvidos na degradação de sucos e néctares de frutas que podem limitar a estabilidade microbiológica são, os bolores, as leveduras, as bactérias lácticas (RALL, 2010).

O néctar de jabuticaba possui pH ácido (~3,5) favorecendo a estabilidade microbiológica do produto. Entretanto algumas leveduras possuem tolerância a ácidos tornando-se mais resistentes que bolores. Os bolores requerem poucos nutrientes e têm a capacidade de se desenvolver em ampla faixa de atividade de água e pH.

Contudo, como muitos possuem baixa resistência térmica, são destruídos na pasteurização (RALL, 2010). A atuação desses micro-organismos pode impactar na qualidade sensorial da bebida. Outros fatores que podem influenciar na degradação é a exposição ao oxigênio e a radiação luminosa que podem oxidar compostos bioativos causando alterações na coloração (GALLAGHER; MONTEIRO; KOPPER, 2011; FELLOWS, 2006)

Mecanismos físicos, químicos, bioquímicos e biológicos exercem grande impacto na qualidade do caldo de cana. A degradação microbiológica e enzimática tem influência direta na qualidade sensorial do caldo de cana, gerando odores e sabores estranhos, limitando seu tempo de vida útil (SUZART, 2009).

A combinação de técnicas de conservação aliada a boas práticas de fabricação cria obstáculos para o desenvolvimento microbiano, aumentando a segurança e a manutenção de sua qualidade por um período mais estendido (KUNITAKE, 2012).

Vários estudos, apresentados no Quadro 2, investigaram a estabilidade microbiológica e a vida de prateleira de sucos e néctares.

Quadro 2 - Resultados obtidos em pesquisas sobre a estabilidade e vida de prateleira de sucos e néctares.

Produto	Condições	Principais resultados	Referência
Néctar de amora preta	<ul style="list-style-type: none"> - Past.: 85 °C/10 min - Enchimento a quente - Embalagem: vidro e PP - T. estocagem: 4 e 16 °C - Tempo de estocagem: 90 dias 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilidade: 90 dias - Melhores resultados em embalagens PP - < 10 UFC/mL (*Bol) - SS: 13 °Brix 	LEITÃO; RODRIGUES, 2017
Bebida de caju com yacon	<ul style="list-style-type: none"> - Past.: 85 °C / 90 s - Envase: Enchimento a quente - Embalagem: vidro - T. de estocagem: 5 °C - Tempo de estocagem: 225 dias 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilidade: 90 dias - < 1 log UFC/mL (*Bol) - SS: 9,5 °Brix - pH: 3,75 - Média aceitação: 6,27 	DIONISIO et al., 2018
Caldo de cana e polpa de maracujá	<ul style="list-style-type: none"> - Past.: 85 90 e 95 °C /30 s - Envase asséptico - Embalagem: PET - T. estocagem: 7 °C - Tempo de estocagem: 90 dias 	<ul style="list-style-type: none"> - VP: 52 dias (95 ° C /30 s) - > 1,5 log UFC/mL (**Psi) - pH : 3,7 a 4,3 - SS: 15,1 a 24,5 °Brix - % Aceitação: > 60 	KUNITAKE, 2012
Néctar de cajá e umbu	<ul style="list-style-type: none"> - Past.: 90 °C / 60 s - Envase: asséptico - Embalagem: vidro - T. estocagem: 25 °C - Tempo de estocagem: 90 dias 	<ul style="list-style-type: none"> - VP: 60 dias - 2,5 log UFC/mL (**Mes) - SS: 16,7 °Brix - pH: 3,1 - % Aceitação: > 65 	MATTIETTO et al., 2007
Caldo de cana	<ul style="list-style-type: none"> - Past.: 95 °C/30s - Envase asséptico - Embalagem: PET - T. de estocagem: 4, 8 e 12 ° C 	<ul style="list-style-type: none"> - VP: 75 dias (4 e 8 °C) - pH: 3,3 a 4,4 - SS: 13,1 a 25,9 °Brix - % Aceitação: > 75 p/ (4 e 8 ° C) 	ANDRADE, 2014

*Bol – Bolores **Psi – Aeróbios psicrotróficos *** Mes- Aeróbios mesófilos

T – Temperatura de estocagem SS- Sólidos solúveis

Fonte: Própria autoria

3 OBJETIVOS

O presente trabalho de mestrado teve como objetivo primordial avaliar a potencial ação antimicrobiana da embalagem de PEAD-TiO₂ incorporada com micropartículas de Ag/ZnO na estabilidade de néctar de jabuticaba e caldo de cana pasteurizados.

Os objetivos específicos foram:

- ✓ Elaborar uma formulação de néctar de jabuticaba.
- ✓ Avaliar o efeito combinado dos obstáculos (pasteurização, envase asséptico e refrigeração) empregados no processamento do néctar e caldo de cana.
- ✓ Determinar parâmetros físico-químicos para ambos os produtos ao longo do estudo de estabilidade.
- ✓ Quantificar a população de mesófilos, psicrotróficos e bolores e leveduras ao longo do período de estocagem refrigerada.
- ✓ Investigar a presença de *Salmonella* spp. e coliformes termotolerantes nos produtos.
- ✓ Estimar o tempo de vida útil das bebidas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os itens 4.1 e 4.2 descrevem as etapas de processamento realizadas na produção do néctar de jabuticaba e caldo de cana.

4.1 Processamento de néctar de jabuticaba

A jabuticaba “Sabará” (*Myrciaria jabuticaba* (Vell) Berg) foi colhida na região de Pirassununga/SP, a aproximadamente 15 km do local de processamento. As frutas foram transportadas em sacos plásticos para a planta piloto de processamento de alimentos da FZEA/USP, onde foram selecionadas e higienizadas. De acordo com Oliveira et al. (2003), a jabuticaba “Sabará” é apropriada tanto para o consumo *in natura* quanto para o processamento, além de ser a mais doce e apreciada de todas as variedades (GARCIA, 2014).

As frutas foram lavadas com água potável corrente e sanificadas por imersão em solução de ácido peracético 0,05% (v/v) durante 30 minutos, a 25 °C, aproximadamente. O ácido peracético decompõe-se em ácido acético, água e oxigênio não deixando residual tóxico, uma grande vantagem quando comparado com outros sanificantes (SREBERNICH, 2007).

Após a seleção e higienização, a matéria-prima foi acondicionada a vácuo em sacos de polietileno e congelada a -18 °C para suprir as necessidades da pesquisa, uma vez que a fruta é disponível em curto período do ano (em torno de 2 a 3 meses). A Figura 3 ilustra as etapas de pré-processamento da matéria-prima.

Figura 3 - Pré-processamento da matéria-prima.

(1) Recepção (2) Seleção (3) Higienização (4) Fruta acondicionada, destinada ao congelamento.
 Fonte: Própria autoria

4.1.1 Formulação do néctar

Para definir a formulação do néctar de jabuticaba realizaram-se testes preliminares com diferentes concentrações de polpa (38,10 a 57,14%). O conteúdo de sacarose foi fixado em 4,76% (m/m). O valor de sacarose adotado foi baseado no semáforo nutricional, um sistema de rotulagem do Reino Unido, onde bebidas contendo até 5,1% de sacarose são avaliadas como “verde” (baixo teor) (IDEC..., 2014). Aditivos químicos não foram incorporados às formulações desenvolvidas, constituídas apenas por suco, polpa, água mineral potável e sacarose. A composição do néctar de jabuticaba foi definida por meio de teste sensorial de ordenação-preferência. Definida a formulação, a bebida foi elaborada e processada em escala piloto. A Tabela 3 mostra a composição das três formulações de néctar de jabuticaba.

Tabela 3 – Composição (% m/m) das formulações de néctar de jabuticaba.

Formulação	Polpa + suco	Água mineral	Sacarose
1	38,10	57,14	4,76
2	47,62	47,62	4,76
3	57,14	38,10	4,76

A formulação definida para dar continuidade ao estudo foi a 2.

4.1.1.1 Processamento

No dia do processamento, os frutos descongelados foram submetidos ao despulpamento (despulpadeira acoplada com peneira de aço inoxidável 1,5 mm) e ao refino da polpa (em peneira de aço inoxidável 0,8 mm). Os coprodutos gerados a partir do despulpamento da jabuticaba são mostrados na Figura 4.

Figura 4 - Coprodutos do despulpamento da jabuticaba

(1) Fruta. (2) Polpa+suco. (3) Cascas e sementes. (4) Polpa refinada+suco. (5) Subproduto do refino.

Fonte: Própria autoria

Após o despulpamento e refino da polpa, foram adicionados água potável e sacarose a fim de compor o néctar. O néctar de jabuticaba *in natura* foi caracterizado por meio de análises físico-químicas e microbiológicas. Em seguida, a pasteurização foi realizada em um trocador de calor a placas elétrico com vazão nominal de 300 L/h, equipado com válvula pneumática de retorno de produto não pasteurizado (válvula de segurança) e com sistema de resfriamento com água gelada, construído pela Sumá Indústria e Comércio Ltda - Campinas/SP. O binômio aplicado na pasteurização (85 °C/30 s) foi baseado em resultados encontrados na literatura, que demonstraram a eficiência do referido tratamento no que tange à destruição de micro-organismos

potencialmente patogênicos e deteriorantes (KUNITAKE et al., 2014; MARTINS et al., 2017). O néctar pasteurizado foi imediatamente resfriado a 10 °C, envasado assepticamente em garrafas de PEAD-TiO₂ convencional e com Ag/ZnO e estocado a 5 °C. As embalagens foram descontaminadas externamente por imersão em solução de ácido peracético 0,05% (m/m) durante 20 minutos a 25 °C, aproximadamente. A sanificação da superfície interna foi conduzida por aspersão de ácido peracético (0,05% /45 °C/10 s). As tampas foram autoclavadas a 121 °C durante 15 minutos. A Figura 5 mostra o fluxograma de produção experimental completo do néctar de jabuticaba.

Figura 5 - Fluxograma de processamento do néctar de jabuticaba.

Fonte: Própria autoria

A Figura 6 ilustra as etapas do processamento do néctar de jabuticaba.

Figura 6 - Etapas do processamento de néctar de jabuticaba.

(1) Despolpamento. (2) Refino da polpa. (3) Preparo da formulação (polpa, água e sacarose). (4) Pasteurização. (5) Sanitização das embalagens. (6) Envase asséptico. (7) Selagem por indução. (8). Estocagem refrigerada.

Fonte: Própria autoria

4.2 Processamento do caldo de cana

O cultivar RB867515, com 12 meses de maturidade, foi fornecido pela usina Baldin Bioenergia S/A, instalada em Pirassununga/SP. A cana foi colhida no dia anterior processamento e transportada por 5 km, aproximadamente, até à planta piloto. Após o recebimento, a matéria-prima foi selecionada e limpa. A raspagem foi realizada com o limpador elétrico da marca Maqtron modelo 0504. Em seguida, pesou-se a matéria-prima para calcular o rendimento da extração. A sanificação foi conduzida conforme o procedimento descrito para a jabuticaba (item 3.1).

O caldo foi extraído utilizando uma moenda elétrica com cilindros de aço inoxidável da marca Maqtron modelo Cana Shop 200 (Joaçaba/SC), pré-filtrado em uma peneira de aço inoxidável de 28 mesh acoplada à moenda e duplamente filtrado

em peneira cônica (Chinoy) de aço inoxidável fabricado pela Magazine Lima (35 mesh) (Americana/SP) a fim de reter os bagacilhos e outras impurezas sólidas em suspensão. Amostras do caldo não processado foram retiradas para caracterização da matéria-prima.

A caracterização do caldo de cana não processado foi conduzida por meio de testes físico-químicos e microbiológicos. A Figura 7 ilustra as operações de processamento.

Figura 7 - Processamento de cana.

(1) Recepção da matéria-prima. (2) Seleção/Pré-limpeza/Raspagem. (3) Pesagem. (4) Sanificação. (5) Moagem. (6) Filtração.

Fonte: Própria autoria

A Figura 8 ilustra o fluxograma completo de processamento do caldo de cana.

Figura 8 - Fluxograma de produção experimental de caldo de cana integral

Fonte: Autoria Própria

As etapas de pasteurização, resfriamento, envase e estocagem refrigerada são coincidentes àquelas descritas para o néctar de jabuticaba (item 4.1).

4.3 Acondicionamento asséptico do néctar de jabuticaba e do caldo de cana

Processaram-se três lotes de néctar de jabuticaba e três lotes de caldo de cana. Para o néctar de jabuticaba foram processados 36 litros por lote, aproximadamente. Para o caldo de cana a produção foi próxima a 60 litros. Cada lote foi fracionado em

duas partes, sendo uma acondicionada em garrafas de PEAD pigmentadas com TiO_2 convencionais e outra parte acondicionada nas mesmas garrafas incorporadas com agentes inorgânicos microestruturados com prata e óxido de zinco (Ag/ZnO).

O envase asséptico foi realizado no interior de uma cabina de fluxo de ar horizontal unidirecional (ISO classe 5) de fabricação Veco do Brasil - Campinas/SP. O envase foi conduzido por meio de uma dosadora gravimétrica microprocessadora semiautomática de fabricação Polienva - Movitron - São Paulo/SP. As garrafas foram fechadas hermeticamente por meio de uma termoseladora por indução eletromagnética modelo Super Seal Jr, fabricada pela Enercon Industries Corporation (Menomonee Falls, USA) com potência ajustada a 95 W e o tempo de selagem 0,75 segundos. O *headspace* adotado foi de 1 cm. Após o envase, o produto foi estocado a 5 °C.

4.3.1 Embalagens

As garrafas de PEAD utilizadas foram fornecidas pela empresa Letti Agrindus S/A, sediada em Descalvado/SP. As micropartículas, produzidas pela Nanox Intelligent Materials (São Carlos / SP), são misturadas em pó na matriz de polietileno e utilizadas para moldar as garrafas plásticas por injeção ou sopro e são inertes. A tecnologia consiste na deposição de partículas de prata e óxido de zinco em escala micrométrica (200 nm) na superfície de partículas de cerâmica (sílica). A adesão das partículas de prata à matriz cerâmica resulta em um compósito micrométrico com potencial propriedade bacteriana. As partículas não se desprendem da embalagem nem entram em contato com o produto (EMPRESA..., 2015). A especificação das embalagens de PEAD estão no Quadro 3. A Figura 9 mostra a similaridade entre as garrafas que foram utilizadas nesta pesquisa.

Quadro 3 - Especificações das garrafas de PEAD.

	Convencional	Ag/ZnO-micro
Massa (g)	37,26	41,21
Opacidade (%)	57,5	67,8
Espessura (mm)		
Gargalo	1,43	1,40
Ombro	0,50	0,56
Corpo	0,50	0,55
Calcanhar	0,53	0,49

Fonte: Própria autoria

Figura 9 - Garrafas de PEAD-TiO₂ (1 L) utilizadas no acondicionamento do néctar de jabuticaba e caldo de cana.

A) convencional B) Ag/ZnO-micro
Fonte: Própria autoria

4.4 Avaliação das bebidas processadas

A caracterização e avaliação das bebidas recém-processadas e ao longo do período de estabilidade foram conduzidas por meio de testes físico-químicos, microbiológicos e sensoriais. Os testes físico-químicos e microbiológicos foram realizados em triplicata. A frequência de análise foi realizada de 30 em 30 dias, aproximadamente.

4.4.1 Testes físico-químicos

Os ensaios físico-químicos foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Sistemas de Embalagem da FZEA/USP. Os parâmetros de pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e *ratio* foram executados conforme metodologia da AOAC (2010). A determinação do pH foi realizada através de medição direta utilizando um pHmetro da marca Tecnopon modelo MPA-210. O teor de sólidos solúveis totais foi determinado utilizando refratômetro portátil digital marca Reichert modelo AR-200. A acidez total titulável (expressa em % de ácido cítrico) foi determinada utilizando-se NaOH 0,1M previamente padronizado até pH da bebida titulada atingir 8,3.

Os valores de *ratio* foram calculados por meio da razão sólidos solúveis/acidez titulável.

4.4.2 Testes microbiológicos

Os testes microbiológicos foram executados no Laboratório de Gestão da Qualidade e Segurança de Alimentos da FZEA/USP. Para assegurar a qualidade higiênico-sanitária das bebidas processadas, procederam-se às análises de coliformes a 45 °C e *Salmonella* spp.

A análise de coliformes a 45 °C foi realizada pela técnica de plaqueamento em superfície de Compact Dry com incubação a 45 °C por 24 - 48h (certificado pela AOAC, 2014).

A pesquisa de *Salmonella* spp. foi feita utilizando o kit do sistema Bax System® (certificado pela AOAC, 2008). O método Bax System® consiste nas seguintes etapas:

1. Pré-enriquecimento da amostra em caldo lactosado: 25 mL da amostra são inseridas em 225 mL do caldo lactosado. Após essa etapa, as amostras enriquecidas foram incubadas a 35 °C por 18 a 24 horas.

2. Enriquecimento: 10 µl da amostra pré-enriquecida são transferidas em 500µL do caldo BHI (brain heart infusion) com incubação a 35 – 37 °C durante 3 horas.

3. Lise: 10 µL do caldo enriquecido foram adicionados a 200µL do reagente de Lise e incubado a 37 °C/ 20 min, seguido outra incubação a 95 °C/ 10min.

4. PCR: Após a Lise, 50 µL do material foi transferido para os tubos de PCR (que já contém todos os reagentes para a reação de polimerase em cadeia). Em seguida foram transferidos para um termociclador a fim de detectar as amostras positivas ou negativas, pelo Bax System® que consiste em um PCR automatizado (KUSHIDA, 2005).

4.4.3 Testes sensoriais

Os testes sensoriais foram realizados no Laboratório Multiusuário de Análise Sensorial de Alimentos da FZEA/USP. Para avaliar a aceitabilidade do caldo de cana e do néctar de jabuticaba durante o período de estocagem, aplicaram-se testes de escala hedônica de nove pontos. Em cada sessão foram recrutados 120 provadores (com idade média de 22 anos) entre alunos e funcionários da FZEA/USP, que julgaram a aparência, o sabor e a impressão global da bebida servida a 10 °C, aproximadamente. Os testes sensoriais foram realizados após a análise microbiológica do produto. Os critérios adotados para continuidade dos testes sensoriais foram médias de notas superiores a 5 e porcentagens de aceitação maiores que 60% (percentual de notas maiores que 5).

O presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo. Número do parecer: 2.481.877

4.5 Estudo da estabilidade microbiológica

Os testes para avaliação da estabilidade microbiológica do néctar de jabuticaba e do caldo de cana estenderam-se durante 120 e aproximadamente 75 dias, respectivamente, abrangendo a quantificação dos grupos apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Critérios microbiológicos adotados no estudo da estabilidade do néctar de jabuticaba e caldo de cana.

Grupo de micro-organismo	Limite aceitável (log UFC/mL)
Aeróbios mesófilos	5
Aeróbios psicrótróficos	4
Bolores e leveduras	3

Fonte: Própria autoria

Os limites estipulados foram baseados em trabalhos encontrados na literatura científica (MATIETTO; LOPES; MENEZES, 2007; KUNITAKE, 2012; ANDRADE, 2014).

As análises microbiológicas foram executadas em conformidade com as metodologias descritas por Silva et al. (2010).

Para todos os grupos de micro-organismos, as diluições foram realizadas adicionando-se 25 mL da amostra em 225 mL de água peptonada marca KASVI modelo K25-610038. Alíquotas (0,1 mL) das diluições subsequentes seriadas foram plaqueadas na superfície do ágar.

Para mesófilos, utilizou-se *Plate Count Agar* (PCA) marca DIFCO modelo 247940. As placas foram incubadas a 35 °C por 48 h e as colônias enumeradas.

A análise de psicrótróficos foi executada do mesmo modo, com exceção da incubação das placas que ocorreu a 7 °C por 10 dias.

Para a análise de bolores e leveduras utilizou-se o meio Dicloran Rosa de Bengala Cloranfenicol (DRBC) marca MERCK modelo 100466, sendo as placas incubadas a 25 °C por 5 dias.

4.6 Análise estatística dos dados

Os dados obtidos a partir dos testes físico-químicos, microbiológicos e sensoriais foram processados por meio de análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey, a 5% de significância, para comparação de médias.

Os testes estatísticos para investigar eventuais correlações entre os parâmetros estudados nas formulações do néctar de jabuticaba foram conduzidos por meio da Análise de Componentes Principais (ACP).

Os resultados dos testes de escala hedônica foram utilizados na determinação da porcentagem de aceitação (considerando médias superiores a 5).

Os dados foram processados utilizando-se o programa SAS versão 9.3 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA) e Sisvar versão 5.6 (Build 86, DEX- UFLA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do néctar de jabuticaba e caldo de cana estão apresentados nos itens 5.1 e 5.2, respectivamente.

5.1 Néctar de jabuticaba

Em virtude da escassez de estudos publicados sobre néctar de jabuticaba, a discussão neste trabalho foi elaborada estabelecendo-se comparações com bebidas de outras frutas, com características físico-químicas similares a jabuticaba. O Quadro 5 apresenta o perfil dos produtos que foram citados ao longo desta.

Quadro 5 – Estudos utilizados como referência.

Produto	Características físico-químicas	Referências
Suco de amora	pH: 3,93 Sólidos solúveis: 11,5 °Brix	Pimenta, Zambrano e Venturini (2012)
Suco de romã	pH: 3,3 a 3,6 pH ~3,8	Vegara et al. (2013) Jin, Guo e Yang (2014)
Néctar de cupuaçu	pH: 3,3 a 3,2 Sólidos solúveis: 12 °Brix Acidez titulável: 0,5 % (m/m)	Gomes (2016)
Néctar de acerola	pH: 2,9 a 3,7 Sólidos solúveis: 12 a 15 °Brix	Chim, Zambiasi e Rodrigues (2013)

Fonte: Própria Autoria

5.1.1 Teste de formulações

A Tabela 4 mostra os resultados da caracterização físico-química das três formulações desenvolvidas para o néctar de jabuticaba.

Tabela 4 – Parâmetros físico-químicos da polpa e néctar de jabuticaba.

Parâmetro	Polpa + suco	F1	F2	F3
pH	3,50 ^c ± 0,06	3,59 ^b ± 0,01	3,65 ^a ± 0,02	3,65 ^a ± 0,02
SST (°Brix)	12,2 ^b ± 0,12	10,6 ^d ± 0,06	11,6 ^c ± 0,00	12,7 ^a ± 0,15
ATT (% ácido cítrico)	0,9 ^a ± 0,01	0,3 ^c ± 0,01	0,4 ^b ± 0,01	0,4 ^b ± 0,01
Ratio (SS/ATT)	13 ^d	35 ^a	29 ^c	32 ^b

Médias seguidas pelo mesmo expoente, na mesma linha, não diferem entre si a 5% de significância.

F1- formulação 1 (38,10% de polpa + suco) 1. F2 - formulação 2 (47,62% de polpa + suco). F3 - formulação 3 (57,14% de polpa + suco). SST – Sólidos solúveis totais ATT- Acidez total titulável

Fonte: Própria autoria

Os testes de comparação de médias evidenciaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) para todos os parâmetros.

Relativamente ao pH, as formulações 2 e 3 não apresentaram diferença entre si. Sant’Anna et al. (2016) obtiveram valores médios de 3,5 para suco de jabuticaba, próximo aos obtidos nesta pesquisa.

As diferenças observadas para o teor de sólidos solúveis totais, podem ser explicadas pela variação do conteúdo de polpa e suco incorporado a cada formulação. Formulações com maior adição de polpa obtiveram concentrações de sólidos solúveis mais elevadas, uma vez que o teor de sacarose adicionado não variou.

Os níveis de acidez total titulável determinados nas três formulações permaneceram na mesma faixa.

5.1.1.1 Análise de Componentes Principais (ACP)

A Figura 10 mostra os resultados da ACP relativa aos parâmetros físico-químicos determinados para as três formulações de néctar. A polpa integral da fruta foi incluída como referência.

Figura 10 - (A) Projeção das amostras (formulações) de néctar de jabuticaba e (B) variáveis (parâmetros físico-químicos).

Fonte: Própria Autoria

A análise de componentes principais foi utilizada para representar a relação entre as amostras, sugerindo quais parâmetros melhor as caracterizaram. Cada eixo, em uma representação bidimensional, explica a porcentagem da variação total existente entre as três formulações. A Figura 10B mostra que os componentes principais 1 e 2 explicaram 95,51% (25,34 + 70,17) da variabilidade total entre as formulações, validando a representação bidimensional dos componentes (PC1 e PC2) na descrição das características das amostras.

A posição das amostras no plano, mostrada na figura 10A, indicou que as formulações 2 e 3 possuem características semelhantes, relativas ao pH e ao *ratio*, pois, estão posicionadas no mesmo quadrante. Conforme esperado, a polpa integral de jabuticaba distanciou-se das formulações de néctar.

A acidez e o *ratio* foram os principais contribuidores em PC1 e o teor de sólidos solúveis em PC2.

Parâmetros com vetores mais longos explicam melhor a variabilidade entre as formulações do que os mais curtos. Vetores mais próximos uns dos outros indicaram que os parâmetros podem ter uma correlação positiva elevada. Vetores que formaram ângulo próximo de 90°, como pH e sólidos solúveis, geralmente não tem correlação linear significativa entre si. Vetores que formam um ângulo próximo de 180° sugerem uma correlação linear negativa entre os parâmetros, como *ratio* e acidez. A análise de correlações lineares entre os dados confirmou que o *ratio* e a acidez apresentaram correlação negativa a 5% de significância.

5.1.1.2 Teste sensorial de ordenação - preferência

As formulações 1, 2 e 3 foram submetidas à avaliação sensorial aplicando-se o teste de ordenação-preferência para identificar eventuais diferenças no que tange a preferência por determinada amostra (DUTCOSKY, 2013).

A análise estatística dos dados mostrou que o valor de F determinado (17,66) foi maior que o F tabelado (5,99), indicando diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre pelo menos duas formulações.

A Tabela 5 mostra as significâncias obtidas a partir do teste de Friedman para as três formulações.

Tabela 5 - Significâncias estatísticas obtidas pelo teste de Friedman

Formulação	Polpa + Suco
1	38,10 ^b
2	47,62 ^a
3	57,14 ^a

Polpa + suco = % (m/m)

Formulações com os mesmos expoentes não diferem entre si ($p > 0,05$).

Fonte: Própria Autoria

Verificou-se que F1 apresentou diferença estatística em relação as outras formulações. Concluiu-se que os provadores não demonstraram preferência a 5% de significância pelas formulações 2 e 3. Esses resultados estão de acordo com os obtidos nos testes físico-químicos (Figura 10A), uma vez que essas formulações possuem características semelhantes. Posto isto, optou-se pela F2 para dar continuidade à pesquisa, uma vez que a mesma apresentou viscosidade inferior (em virtude do menor teor de polpa adicionado) comparado a F3, sendo mais compatível com as características do trocador de calor (placas) utilizado na pasteurização da bebida. Ademais, a escolha da referida formulação propiciou menor consumo de matéria-prima.

5.1.2 Rendimento

Os dados relativos ao rendimento obtido na extração da polpa + suco de jabuticaba estão expressos na tabela 6.

Tabela 6 – Rendimento obtido na extração da polpa + suco de jabuticaba

Lote	Período de processamento	Matéria-prima (kg)	Polpa + suco (kg)	Rendimento (%)
1	Maio/2018	118,88	31,65	26,62
2	Outubro/2018	78,5	32,12	40,91
3	Outubro/2018	64,0	26,26	41,03

Fonte: Própria Autoria

A variação no rendimento está, possivelmente, relacionada com o período e local de colheita da matéria-prima.

5.1.3 Caracterização do néctar de jabuticaba

Os parâmetros de qualidade avaliados no néctar de jabuticaba antes da pasteurização e recém- processado estão descritos a seguir.

Os parâmetros pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) do néctar de jabuticaba antes da pasteurização dos três lotes de produção estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros físico-químicos do néctar de jabuticaba pré-pasteurização

Parâmetro	Lote 1	Lote 2	Lote 3
pH	3,50 ^c ± 0,01	3,57 ^b ± 0,01	3,73 ^a ± 0,05
SST (°Brix)	11,6 ^b ± 0,1	12,4 ^a ± 0,1	12,5 ^a ± 0,0
ATT (% ácido cítrico)	0,57 ^a ± 0,03	0,58 ^a ± 0,00	0,59 ^a ± 0,02

Médias seguidas pelo mesmo expoente, na mesma linha, não diferem entre si a 5% de significância.
Fonte: Própria autoria

Conforme apresentado na Tabela 7, os parâmetros físico-químicos determinados para o néctar de jabuticaba não processado termicamente pouco variaram entre os três lotes. Os valores de pH (superiores a 3) indicam que as frutas foram colhidas no ponto ideal de maturação (ZAMBRANO; PIMENTA; VENTURINI FILHO, 2017).

Relativamente ao teor de sólidos solúveis verificou-se um pequeno aumento durante o período de execução da pesquisa, indicando que nos lotes 2 e 3 as frutas estavam mais maduras. Fatores intrínsecos e extrínsecos são fontes de variações que devem ser consideradas (MORGADO et al., 2009), entretanto, a utilização da mesma variedade (Sabará) atenuou as variações nos parâmetros analisados.

Trabalhos científicos reportando os parâmetros físico-químicas de néctar de jabuticaba não processado não foram localizados. Entretanto, Pimenta, Zambrano e Venturini Filho (2012) analisaram as características físico-químicas de suco de amora

integral. Os valores encontrados para pH e sólidos solúveis da mistura (amoras maduras e verdes) obtida por meio do despulpamento foram de 3,93 e 11,15 °Brix, respectivamente. Esses valores estão próximos aos relatados na Tabela 7.

A Tabela 8 apresenta os resultados microbiológicos encontrado nos três lotes de produção do néctar de jabuticaba.

Tabela 8 – Resultados da análise microbiológica do néctar de jabuticaba antes da pasteurização

Grupo de micro-organismo	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Aeróbios mesófilos (log UFC/mL)	2,7 ^b	4,0 ^a	3,8 ^a
Bolores e leveduras (log UFC/mL)	3,1 ^b	5,0 ^a	4,7 ^a
Aeróbios psicrótróficos (log UFC/mL)	3,0 ^c	4,4 ^a	3,7 ^b
Coliformes a 45 °C (UFC/mL)	< 1 _{est}	1	< 1 _{est}
<i>Salmonella</i> spp. (em 25 mL)	Ausente	Ausente	Ausente

Fonte: Própria autoria

O néctar de jabuticaba não processado termicamente apresentou contagem relativamente elevada nos três lotes. Tal fato pode estar relacionado com a perecibilidade da jabuticaba. Em épocas mais quentes, os frutos começam a perder água causando enrugamento da casca e perda de peso. Esses fatores comprometem a qualidade da fruta facilitando a proliferação de micro-organismos (BRUNINI et al., 2004). É importante ressaltar que logo após a colheita os frutos foram imediatamente selecionados, higienizados, acondicionados e congelados.

Em relação a análise estatística, os lotes 2 e 3 não apresentaram diferença significativa a 95% de confiança para aeróbios mesófilos e bolores e leveduras.

Todos os lotes permaneceram dentro da legislação vigente quanto a contagem de coliformes a 45 °C e presença de *Salmonella*.

A Tabela 9 mostra os resultados dos testes físico-químicos do néctar de jabuticaba recém-processado.

Tabela 9 – Resultados da avaliação físico-química do néctar de jabuticaba recém-processado.

Parâmetro	Lote 1	Lote 2	Lote 3
pH	3,52 ^c ± 0,02	3,63 ^b ± 0,02	3,76 ^a ± 0,06
SST (°Brix)	11,4 ^c ± 0,0	12,5 ^a ± 0,1	12,0 ^b ± 0,0
ATT (% ácido cítrico)	0,58 ^a ± 0,01	0,59 ^a ± 0,01	0,59 ^a ± 0,06

Médias seguidas pelo mesmo expoente, na mesma linha, não diferem entre si a 5% de significância.

SST- Sólidos solúveis totais ATT- Acidez titulável total

Fonte: Própria autoria

A tabela 9 mostra que as propriedades físico-químicas do néctar de jabuticaba não alteradas após a pasteurização.

Comparando os resultados de pH, verificou-se que o lote 3 apresentou resultados discretamente superiores aos demais. Para sólidos solúveis totais, o lote 2 apresentou maior resultado. Os valores de acidez titulável permaneceram dentro da mesma faixa.

Os parâmetros físico-químicos são indicadores de qualidade do produto. O aumento da acidez e a diminuição do pH podem apontar sinais de degradação. Contudo, o pH baixo relatado, inerente à fruta, contribuiu para a estabilização da bebida (DIONISIO et al., 2018).

Teixeira (2011) determinou o pH de suco de jabuticaba produzido a partir de extratos de jabuticaba e obteve valores na faixa de 3,63 a 3,80.

Batistella (2011) desenvolveu uma bebida à base de soja com sabor de jabuticaba. As formulações contendo de 1 a 2 litros de suco de jabuticaba e 20% de sacarose resultaram em teores de sólidos solúveis na faixa de 11 a 15 °Brix.

Os resultados dos testes microbiológicos do néctar de jabuticaba recém-processado estão expressos na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados microbiológicos do néctar recém-processado

Grupo de micro-organismo	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Aeróbios mesófilos (log UFC/mL)	1,2	< 1 _{est}	1,0
Bolores e leveduras (log UFC/mL)	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}
Aeróbios psicotróficos (log UFC/mL)	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}
Coliformes a 45 °C (UFC/mL)	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}
<i>Salmonella</i> spp. (em 25 mL)	Ausente	Ausente	Ausente

Fonte: Própria autoria

Os resultados da Tabela 10 demonstraram que a pasteurização foi eficiente no que concerne a segurança da bebida processada, uma vez que foi constatada a ausência de *Salmonella* spp. e contagens inferiores a 10 NMP/mL para coliformes termotolerantes. Em relação aos outros grupos de micro-organismos não há regulamentação sobre os limites permitidos, porém, contagens baixas indicaram boa qualidade microbiológica do produto. Nesse sentido, a pasteurização aplicada foi capaz de reduzir exponencialmente a população microbiana do produto. As reduções decimais alcançadas no lote 1 para aeróbios mesófilos, bolores e leveduras e aeróbios psicotróficos foram de 1,5, > 2,1 e 2, respectivamente. Para o lote 2, os números de reduções logarítmicas alcançadas foram de > 3, > 4, > 3,4. Para o lote 3, alcançaram-se reduções de 2,8, > 3,7, > 2,7. Valor maior de redução decimal (4,6) para aeróbios mesófilos em suco de romã aplicando pasteurização a 65 °C/30 s foi relatada por Vegara et al. (2013).

Gomes (2016) elaborou néctar de cupuaçu contendo 20% de polpa e pasteurizado a 90 °C/60 s. A população de bolores e leveduras encontrada na bebida recém-processada foi de < 1_{est}. Esse resultado concorda com os demonstrados nessa pesquisa.

A Tabela 11 mostra os resultados encontrados no teste de aceitação dos três lotes de produção do néctar de jabuticaba no tempo zero (t_0).

Tabela 11 – Médias de notas e porcentagens de aceitação obtidas no teste de escala hedônica de nove pontos para o néctar de jabuticaba recém-processado.

Atributo	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Aparência	6,6 ^a ± 1,5 / 77	6,4 ^b ± 1,6 / 75	6,7 ^a ± 1,5 / 78
Sabor	6,0 ^c ± 1,9 / 62	6,3 ^b ± 1,7 / 77	6,5 ^a ± 1,6 / 80
Impressão Global	6,3 ^b ± 1,7 / 70	6,3 ^b ± 1,6 / 77	6,5 ^a ± 1,4 / 78

Média de notas/ % aceitação

Médias seguidas pelo mesmo expoente, na mesma linha, não diferem entre si a 5 % de significância.

Fonte: Própria autoria

As médias de notas e as porcentagens de aceitação apresentaram diferença estatística significativa em todos os lotes para todos atributos, com exceção da impressão global no lote 2 e 3.

As médias de notas para aparência foram ligeiramente superiores em relação ao sabor e aceitação global. Teixeira (2011) relatou notas inferiores para suco de jabuticaba. As médias de nota para aparência variaram de 4,7 a 5,8. A Figura 11 mostra a aparência do néctar de jabuticaba recém-processado (t_0).

Figura 11 – Fotos da aparência do néctar de jabuticaba em t_0 .

Fonte: Própria autoria

Zambrano, Pimenta, e Venturini Filho (2017) relataram a aceitação sensorial obtida para néctar de amora. As médias para sabor ficaram na faixa de 6,4 a 7,8. Para aparência, as médias de notas permaneceram entre 6,0 a 7,6. A média para aceitação global ficou na faixa de 6,4 a 7,6. Esses resultados aproximam-se dos valores obtidos neste estudo.

Batistella (2011) encontrou médias de notas para impressão global de bebida de soja sabor jabuticaba na faixa de 4,7 a 5,8.

As médias de notas para todos os atributos do néctar de jabuticaba foram iguais ou superiores 6, com porcentagens de aceitação superiores a 60%.

5.1.4 Estudo de estabilidade do néctar de jabuticaba

Os resultados obtidos no estudo de estabilidade para o néctar de jabuticaba estão descritos nos itens a seguir.

5.1.4.1 Avaliação físico-química

As figuras 12, 13 e 14 mostram as variações nos parâmetros de pH, sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável (ATT) para os três lotes de néctar de jabuticaba.

Figura 12 – Evolução do pH do néctar de jabuticaba acondicionado em garrafas de PEAD-TiO₂ convencional e incorporada com Ag/ZnO, ao longo da estocagem a 5 °C, na ausência de luz.

Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo (comparação entre embalagens) e pelo mesmo expoente minúsculo (comparação entre tempos de estocagem) não diferem entre si ($p > 0,05$).

Fonte: Própria autoria

Figura 13 – Evolução do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) do néctar de jabuticaba acondicionado em garrafas de PEAD-TiO₂ convencional e incorporada com Ag/ZnO, ao longo da estocagem a 5 °C, na ausência de luz.

Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo (comparação entre embalagens) e pelo mesmo expoente minúsculo (comparação entre tempos de estocagem) não diferem entre si ($p > 0,05$).

Fonte: Própria autoria

Figura 14 – Evolução da acidez titulável (% ácido cítrico) do néctar de jabuticaba acondicionado em garrafas de PEAD-TiO₂ convencional e incorporada com Ag/ZnO, ao longo da estocagem a 5 °C, na ausência de luz.

Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo (comparação entre embalagens) e pelo mesmo expoente minúsculo (comparação entre tempos de estocagem) não diferem entre si ($p > 0,05$).
Fonte: Própria autoria

A Figura 12 mostra uma pequena queda no valor de pH durante o período de estocagem nas amostras acondicionadas na embalagem convencional e incorporada com Ag/ZnO para os três lotes. A determinação do pH e da acidez na avaliação da estabilidade é importante devido a sua influência no desenvolvimento de micro-organismos. Ademais, estes parâmetros são muito importantes para o delineamento do tratamento térmico a ser empregado (DIONISIO et al., 2018). Contudo, esta abordagem não foi alvo do presente estudo. Os valores de acidez (Figura 14) para o néctar acondicionado nos dois tipos de embalagem apresentaram um aumento, sugerindo o desenvolvimento de bactérias ácido-tolerantes. Reações de decomposição, tais como fermentação e oxidação, promovem o aumento da acidez do meio, ocasionando alterações sensoriais desagradáveis e limitando a vida de prateleira do produto (DIONISIO et al., 2018).

Em relação ao teor de sólidos solúveis totais, a variação foi limitada (Figura 13) durante o período de 120 dias. Embora tenha ocorrido um discreto decréscimo no referido parâmetro, assumiu-se que este evento não interferiu na qualidade final da bebida.

Há uma escassez de dados na literatura científica sobre a estabilidade de néctar de jabuticaba. Entretanto, Dionisio et al. (2018) também relataram ligeira queda no pH de bebida de abacaxi com yacon acondicionada em embalagem de vidro estocada a 5 °C. Durante 225 dias os resultados de pH variaram de 3,96 a 3,76. Para o teor de sólidos solúveis não foram constatadas grandes alterações variando de 9,60 a 9,40 °Brix. Em relação ao conteúdo de acidez titulável os valores aumentaram ligeiramente durante o período analisado (0,28 a 0,34% m/m ácido cítrico).

Chim, Zambiasi e Rodrigues (2013) avaliaram a estabilidade de néctar de acerola. As amostras processadas a 90 °C/60 s e acondicionadas em embalagens de PEAD-TiO₂ opaca apresentaram decréscimo de pH (3,7 a 2,9) durante os 30 dias de estabilidade avaliado.

Comparando-se o desempenho das embalagens, verificou-se que a garrafa de PEAD-TiO₂ incorporada com Ag/ZnO não alterou significativamente as propriedades físico-químicas do néctar de jabuticaba quando comparado com a embalagem convencional.

5.1.4.2 Avaliação microbiológica

Os resultados obtidos nos testes microbiológicos realizados ao longo do estudo de estabilidade.

Tabela 12 – Contagens (log UFC/mL) determinadas em néctar de jabuticaba processado acondicionado em garrafas de PEAD-TiO₂ durante o período de estocagem a 5 °C.

Lote 1						
Tempo (dias)	Mesófilos		Bolores e Leveduras		Psicrotróficos	
	Convencional	Ag/ZnO	Convencional	Ag/ZnO	Convencional	Ag/ZnO
0	1,2	1,2	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}
31	1,0	< 1 _{est}	1,0	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}
52	1,5	1,0	1,0	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}
88	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0
120	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Lote 2						
0	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}
30	1,0	< 1 _{est}	1,0	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}
80	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}
120	< 1 _{est}	< 1 _{est}	1,1	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}
Lote 3						
0	1,0	1,0	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}
30	1,0	1,0	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}
74	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}
120	1,0	1,0	1,3	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}

Limites pré-definidos máximos para contagem: aeróbios mesófilos 5 log UFC/mL, bolores e leveduras 3 log UFC/mL e aeróbios psicrotróficos 4 log UFC/mL.

est: contagem estimada

Fonte: Própria autoria

As contagens para todos os grupos de micro-organismos permaneceram na mesma faixa durante o estudo de estabilidade, para os três lotes acondicionados em ambos os tipos de embalagem. As baixas contagens obtidas para o produto acondicionado na garrafa convencional não permitiram inferir acerca de uma eventual ação antimicrobiana da embalagem com Ag/ZnO.

Resultado similar foi encontrado por Vegara et al. (2013) na avaliação da estabilidade do suco de romã processado a 65 °C/ 30 s acondicionado em embalagem de polipropileno estocado a 5 °C. Após 120 dias de estocagem a população microbiana total foi de 1,0 log UFC/mL.

Jin, Guo e Yang (2014) avaliaram a estabilidade microbiológica do suco de romã (pH ~ 3,8) acondicionado em embalagem de PET antimicrobiana (revestida com sorbato de potássio e benzoato de sódio + políácido láctico) estocado a 4 °C. Após 84 dias de estocagem, as contagens de aeróbios mesófilos e bolores e leveduras foram de aproximadamente 3 e 1 log UFC/mL, respectivamente. A Figura 15 ilustra a estabilidade microbiológica estimada para os três lotes processados, em conformidade com os critérios definidos.

Figura 15– Estabilidade microbiológica de néctar de jabuticaba pasteurizado acondicionado em garrafas de PEAD-TiO₂ e estocado a 5 °C na ausência de luz.

Fonte: Própria autoria

Os resultados demonstraram que o néctar de jabuticaba acondicionado nos dois tipos de embalagem apresentou ótima estabilidade microbiológica ao longo do período de estocagem sob refrigeração a 5 °C. Além do pH ácido (~3,5), que inibe o desenvolvimento microbiano, as tecnologias de processamento e embalagem empregados propiciaram excelente qualidade microbiológica ao néctar de jabuticaba.

O néctar de jabuticaba acondicionado em garrafas de PEAD-TiO₂ convencional e com Ag/ZnO alcançou uma estabilidade média de 120 dias. Este resultado é satisfatório considerando que não houve nenhuma intervenção química para manter a estabilidade do produto. Contudo, os resultados obtidos não demonstraram a potencial ação antimicrobiana das micropartículas Ag/ZnO incorporadas às garrafas de PEAD-TiO₂.

5.1.4.3 Avaliação sensorial

Os resultados das médias obtidas nos testes de aceitação para aparência do néctar de jabuticaba estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Médias de notas obtidas nos testes de escala hedônica de 9 pontos para aparência de néctar de jabuticaba acondicionado em garrafas de PEAD-TiO₂.

Tempo (dias)	Lote 1	
	Convencional	Ag/ZnO
0	6,6 ^{Aa} ± 1,5 / 77	6,6 ^{Aa} ± 1,5 / 77
30	6,4 ^{Ab} ± 1,6 / 75	6,3 ^{Ab} ± 1,6 / 69
120	6,2 ^{Ac} ± 1,8 / 68	6,3 ^{Ab} ± 1,8 / 71
	Lote 2	
	Convencional	Ag/ZnO
0	6,4 ^{Aa} ± 1,6 / 75	6,4 ^{Aa} ± 1,6 / 75
30	6,5 ^{Aa} ± 1,7 / 71	6,4 ^{Aa} ± 1,7 / 72
120	6,2 ^{Ab} ± 1,7 / 68	6,2 ^{Ab} ± 1,7 / 68
	Lote 3	
	Convencional	Ag/ZnO
0	6,7 ^{Aa} ± 1,5 / 78	6,7 ^{Aa} ± 1,5 / 78
30	6,7 ^{Aa} ± 1,6 / 77	6,7 ^{Aa} ± 1,6 / 77
120	6,6 ^{Aa} ± 1,5 / 81	6,4 ^{Ba} ± 1,7 / 69

Média de notas ± desvio padrão / % aceitação

Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo na mesma linha (comparação entre embalagens) e pelo mesmo expoente minúsculo na mesma coluna (comparação entre tempos de estocagem) não diferem entre si ($p > 0,05$).

Fonte: Própria autoria

Os resultados demonstraram que o néctar de jabuticaba apresentou boa aceitação, relativamente a sua aparência, durante o período do estudo, mantendo-se na faixa de 6,2 a 6,7. Entretanto, as porcentagens de aceitação sofreram pequeno declínio (comparando-se t_0 e t_{120}), exceto para as amostras do lote 3 na embalagem convencional. As médias permaneceram na faixa entre “gostei ligeiramente” nos dois tipos de embalagem, para os três lotes.

Apesar da diferença estatística significativa em t_{120} no lote 3, as médias de notas para a aparência não apresentaram variações relevantes. De forma geral, as amostras de néctar na embalagem convencional e com Ag/ZnO obtiveram bom

desempenho sensorial. A Figura 16 mostra as imagens da aparência do néctar de jabuticaba durante o período do estudo.

Figura 16 – Aparência do néctar de jabuticaba durante o período de estudo de estabilidade.

In - néctar de jabuticaba não processado t_0 - tempo inicial t_{120} - fim do estudo
 Conv- embalagem convencional
 Fonte: Própria Autoria

O néctar de jabuticaba apresentou alterações de cor durante o período analisado. Tal fato pode estar relacionado com a oxidação de compostos bioativos presente na jabuticaba. É importante ressaltar que as alterações de cor se iniciariam durante o despulpamento devido à exposição ao oxigênio. A Tabela 14 mostra as notas para sabor do néctar de jabuticaba.

Tabela 14 – Médias de notas obtidas nos testes de escala hedônica de 9 pontos para sabor de néctar de jabuticaba acondicionado em garrafas de PEAD-TiO₂.

Lote 1		
Tempo		
(dias)	Convencional	Ag/ZnO
0	6,0 ^{Ab} ± 1,9 / 62	6,0 ^{Ab} ± 1,9 / 62
31	6,0 ^{Bb} ± 1,9 / 66	6,3 ^{Aa} ± 1,7 / 73
120	6,3 ^{Aa} ± 1,8 / 74	6,4 ^{Aa} ± 1,7 / 78
Lote 2		
0	6,3 ^{Ab} ± 1,7 / 77	6,3 ^{Ab} ± 1,7 / 77
30	6,3 ^{Ab} ± 1,8 / 70	6,4 ^{Ab} ± 1,8 / 74
120	6,9 ^{Aa} ± 1,3 / 86	6,7 ^{Ba} ± 1,7 / 81
Lote 3		
0	6,5 ^{Ab} ± 1,6 / 80	6,5 ^{Ac} ± 1,6 / 80
30	6,8 ^{Aa} ± 1,7 / 85	6,8 ^{Ab} ± 1,9 / 86
120	6,7 ^{Ba} ± 1,7 / 78	7,0 ^{Aa} ± 1,5 / 83

Média de notas ± desvio padrão / % aceitação

Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo na mesma linha (comparação entre embalagens) e pelo mesmo expoente minúsculo na mesma coluna (comparação entre tempos de estocagem) não diferem entre si ($p > 0,05$).

Fonte: Própria autoria

Verificou-se que as médias de notas e as percentagens de aceitação em t_0 aumentaram de um lote para o outro. Durante o estudo de estabilidade, verificou-se um aumento nas médias atribuídas para o sabor.

As médias para o sabor do néctar de jabuticaba situaram-se entre “gostei moderadamente” e “gostei ligeiramente” ao longo do estudo.

As médias de notas para impressão global estão apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 – Médias de notas obtidas nos testes de escala hedônica de 9 pontos para impressão global de néctar de jabuticaba acondicionado em garrafas de PEAD-TiO₂.

Tempo (dias)	Lote 1	
	Convencional	Ag/ZnO
0	6,3 ^{Ab} ± 1,7/ 70	6,3 ^{Aa} ± 1,7/ 70
31	6,2 ^{Bb} ± 1,5/ 72	6,4 ^{Aa} ± 1,5/ 78
120	7,1 ^{Aa} ± 1,5/ 74	6,3 ^{Ba} ± 2,0/ 78
	Lote 2	
	Convencional	Ag/ZnO
0	6,3 ^{Ab} ± 1,6 / 77	6,3 ^{Ab} ± 1,6 / 77
30	6,3 ^{Ab} ± 1,7 / 70	6,4 ^{Ab} ± 1,6/ 71
120	6,8 ^{Aa} ± 1,2/ 86	6,6 ^{Ba} ± 1,6/ 77
	Lote 3	
	Convencional	Ag/ZnO
0	6,5 ^{Ab} ± 1,4 / 78	6,5 ^{Ab} ± 1,4 / 78
30	6,8 ^{Aa} ± 1,5 / 88	6,8 ^{Aa} ± 1,7 / 88
120	6,7 ^{Ba} ± 1,4/ 85	6,9 ^{Aa} ± 1,6/ 82

Média de notas ± desvio padrão / % aceitação

Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo na mesma linha (comparação entre embalagens) e pelo mesmo expoente minúsculo na mesma coluna (comparação entre tempos de estocagem) não diferem entre si ($p > 0,05$).

Fonte: Própria autoria

As médias de notas para os três lotes durante os 120 dias de estocagem situaram-se na escala hedônica em “gostei ligeiramente” com porcentagem de aceitação $\geq 70\%$. Apesar da diferença estatística em alguns pontos, não foi constatada variações relevantes nas médias entre os tipos de embalagem. Relativamente a porcentagem de aceitação, apenas em t_{120} no lote 2 a diferença foi maior comparando a embalagem convencional com a Ag/ZnO.

Mesmo apresentando médias de notas e porcentagens de aceitação superiores a 5 e 60%, respectivamente, os testes foram interrompidos em virtude do esgotamento das amostras.

De maneira geral, o néctar de jabuticaba acondicionado na embalagem convencional e com Ag/ZnO apresentou bom desempenho sensorial durante o estudo de estabilidade.

5.2 Caldo de cana

Os resultados obtidos na extração do caldo de cana estão descritos no item a seguir.

5.2.1 Rendimento de extração

A Tabela 16 mostra os resultados do cálculo do rendimento obtido na extração do caldo de cana.

Tabela 16 – Rendimento de extração do caldo de cana.

Lote	Matéria-prima (kg)	Caldo extraído (kg)	Rendimento (%)
1	134,54	81,99	60,94
2	117,51	68,94	58,67
3	132,39	75,76	57,22

Fonte: Própria autoria

As variações observadas no rendimento podem ter relação com a época em que cada lote foi processado (abril a setembro de 2017). Em temporadas mais quentes do ano pode haver diminuição na umidade da cana, devido à exposição a temperaturas mais elevadas (BHATIA et al., 2009). O período de maturação e a porcentagem de fibras da cana-de-açúcar também interferem diretamente no rendimento do caldo (HAMERSKI, 2009; UMEBARA, 2010).

Em estudo realizado por Kunitake (2012), o rendimento médio de extração foi de 53,86%. Resultados semelhantes (58,7 a 65,8%) foram relatados por Andrade (2014). Ferreira (2012) obteve um rendimento próximo a 46%, consideravelmente inferior àqueles obtidos neste estudo. Bhatia et al. (2009) avaliaram a porcentagem

de extração do suco de cana no período de novembro a março. Os resultados variaram de 50,4 a 59,2%.

5.2.2 Caracterização do caldo de cana

Os parâmetros de qualidade avaliados no caldo de cana antes da pasteurização e recém- processado estão descritos a seguir.

As características físico-químicas do caldo de cana não processado estão apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17 – Parâmetros físico-químicos do caldo de cana não processado

Parâmetro	Lote 1	Lote 2	Lote 3
pH	5,15 ^c ± 0,02	5,37 ^a ± 0,01	5,18 ^b ± 0,00
SST (°Brix)	17,9 ^c ± 0,0	19,8 ^b ± 0,0	24,4 ^a ± 0,0
ATT (% ácido cítrico)	0,05 ^b ± 0,01	0,08 ^a ± 0,00	0,07 ^a ± 0,00

Médias seguidas pelo mesmo expoente, na mesma linha, não diferem entre si a 5 % de significância. SST- sólidos solúveis totais ATT- acidez total titulável

Fonte: Própria autoria

Os valores demonstrados na Tabela 17 variaram discretamente de um processamento para outro, com exceção do teor de sólidos solúveis totais que teve um aumento de 6,5 °Brix do primeiro lote para o último. De acordo com os testes estatísticos todos os parâmetros apresentaram diferença a 5% de significância, exceto o conteúdo de acidez titulável dos lotes 2 e 3.

O teor de sólidos solúveis geralmente aumenta no decorrer da maturação. Valores maiores que 18 °Brix indicam boa maturidade da cana (MINGUETTI, 2012). No lote 1, o valor encontrado foi menor, demonstrando que a colheita foi realizada no início da safra. Além disso, outras fontes de variações estão relacionadas com fatores intrínsecos (composição) e extrínsecos (condições climáticas, período de plantio, época de colheita, amostragem entre outros) (SANDA et al., 2016). A utilização do mesmo cultivar (RB867515) durante o decorrer da pesquisa atenuou as variações nos parâmetros e processo.

Suzart (2009) avaliou a variação do teor de sólidos solúveis em variedades de cana, de fevereiro a setembro. O cultivar IAC873396 obteve um valor médio de 21,45 °Brix durante o período analisado. Resultado superior foi relatado por Prati e Camargo (2008), próximo a 25 °Brix.

Saxena, Makroo e Sristava (2016) avaliaram a combinação do tempo/campo elétrico na inativação da polifenoloxidase no caldo de cana. Os valores de pH e sólidos solúveis encontrados para o caldo de cana *in natura* foram 4,42 e 19,6 °Brix, respectivamente. Resultados de sólidos solúveis nessa faixa (18,6 a 19,6 °Brix) também foram relatados por Rezzadori (2010).

Em estudo sobre a otimização da vida de prateleira do caldo de cana realizado por Ramachandran et al. (2017) o valor de pH encontrado foi de 5,2. SANDA et al., 2016 relatou pH de 5,28.

O resultado de acidez titulável encontrado por Kunitake (2012) foi de 0,05% de ácido cítrico, corroborando com o valor de acidez do lote 1. Valor semelhante ao do lote 2 e 3 foi encontrado por Andrade (2014), equivalente a 0,07%. Saxena, Makroo e Sristava (2016) e Sanda et al. (2016) relataram resultados acima do encontrado nessa pesquisa (0,1 e 0,2%, respectivamente).

A Tabela 18 apresenta os resultados obtidos na análise microbiológica do caldo de cana não processado.

Tabela 18 - Resultados da análise microbiológica do caldo de cana não processado.

Grupo de micro-organismo	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Aeróbios mesófilos (log UFC/mL)	6,8 ^a	5,1 ^b	4,5 ^c
Bolores e leveduras (log UFC/mL)	4,8 ^a	3,9 ^b	4,0 ^b
Aeróbios psicrótrópicos (log UFC/mL)	4,6 ^a	4,9 ^a	4,1 ^b
Coliformes a 45 °C (UFC/mL)	< 1 _{est}	1	1,6
<i>Salmonella</i> spp. (em 25 mL)	Ausente	Ausente	Ausente

Fonte: Própria autoria

Os testes estatísticos revelaram que apenas os lotes 2 e 3 para bolores e leveduras e lotes 1 e 2 para aeróbios psicrótrópicos não apresentaram diferença significativa a 95% de confiança. A Tabela 18 mostra que o caldo de cana não processado termicamente apresentou elevada população microbiana. Este resultado

pode ser atribuído à elevada contaminação presente nos colmos da matéria-prima, podendo atingir contagens de mesófilos aeróbios e fungos próximas a (8 e 3) log UFC/g, respectivamente (MARTINI, 2009; ANDRADE, 2014).

O teor de sacarose elevado, a alta atividade de água e a baixa acidez da bebida favorecem o desenvolvimento microbiano. Sendo assim, logo após a extração é de extrema importância que produto seja pasteurizado, uma vez que o caldo de cana não processado veicula um amplo espectro de micro-organismos (BREZOVSKY et al., 2016).

Felipe e Miguel (2011) avaliaram a qualidade microbiológica do caldo de cana vendido no interior de Goiás. A população de bolores e leveduras encontrada foi próxima a 6 log UFC/mL.

Prati e Camargo (2008) relataram contagens de aeróbios mesófilos e bolores e leveduras para caldo de cana não processado. As populações alcançadas foram de 5,5 e 5,1 log UFC/mL, respectivamente. Esses valores são semelhantes aos encontrados nessa pesquisa. Apesar de não existir limites especificados na legislação para esses grupos de micro-organismos, a quantificação dos mesmos pode servir como parâmetro de qualidade da matéria-prima.

Carvalho et al. (2016) estudaram a qualidade do caldo de cana em 5 regiões da cidade de Natal/RGN. De todas as amostras analisadas, 40% ultrapassaram o limite previsto na legislação ($>10^2$ /mL) para coliformes termotolerantes. Para *Salmonella* spp., os resultados atenderam às exigências da ANVISA (ausência em 25 mL).

Os resultados de coliformes termotolerantes e *Salmonella* spp. expressos na Tabela 18 encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente.

A Tabela 19 mostra os resultados dos parâmetros físico-químicos para os três lotes de caldo de cana recém-processado, denominado t_0 .

Tabela 19 – Resultados da avaliação físico-química do caldo de cana recém-processado.

Parâmetro	Lote 1	Lote 2	Lote 3
pH	5,18 ^b ± 0,01	5,37 ^a ± 0,01	5,18 ^b ± 0,00
SST (°Brix)	17,6 ^c ± 0,0	19,5 ^b ± 0,0	24,0 ^a ± 0,0
ATT (% ácido cítrico)	0,07 ^a ± 0,01	0,08 ^a ± 0,00	0,07 ^a ± 0,00

Médias seguidas pelo mesmo expoente, na mesma linha, não diferem entre si a 5% de significância.

SST- Sólidos solúveis totais ATT- Acidez total titulável

Fonte: Própria autoria

Os parâmetros físico-químicos do caldo recém-processado não sofreram grandes alterações quando comparado com o produto não processado (Tabela 17).

Em relação ao pH, o lote 2 apresentou valor superior aos demais. Para sólidos solúveis totais, o lote 3 apresentou o maior resultado. As porcentagens de acidez encontradas apresentaram valores semelhantes para os três lotes.

O conteúdo de acidez e o pH dos lotes 1 e 3 não apresentaram diferença a 95 % de confiança.

Os índices de qualidade de caldo de cana durante o período de março a dezembro foram analisados por Xiao, Liao e Guo (2017). Os valores de sólidos solúveis relatados foram menores aos da Tabela 19, permanecendo na faixa de 15,4 a 16,8 °Brix.

Kayalvizhi et al. (2016) relataram teor de sólidos solúveis na faixa de 17 a 17,5 °Brix. Para pH os valores variaram de 3,98 a 5,10. Em relação ao conteúdo de acidez os valores encontrados foram maiores que o desse trabalho, 0,2 a 0,5% de ácido cítrico.

Os resultados microbiológicos do caldo de cana recém-processado (t_0) estão demonstrados na Tabela 20. As quantificações de mesófilos, psicrotróficos e bolores e leveduras foram realizadas a fim de avaliar a eficiência do tratamento térmico aplicado (85 °C/30 s). As análises de *Salmonella* spp. e coliformes termotolerantes foram realizadas para assegurar a qualidade higiênico-sanitária do produto.

Tabela 20 – Contagem microbiana em caldo de cana recém-processado.

Grupo de micro-organismo	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Aeróbios mesófilos (log UFC/mL)	1,7	1,4	1,0
Bolores e leveduras (log UFC/mL)	1,2	< 1 _{est}	< 1 _{est}
Aeróbios psicotróficos (log UFC/mL)	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}
Coliformes a 45 °C (UFC/mL)	< 1 _{est}	< 1 _{est}	< 1 _{est}
<i>Salmonella</i> spp. (em 25 mL)	Ausente	Ausente	Ausente

Fonte: Própria autoria

Os resultados apresentados indicaram que o tratamento térmico foi eficiente na redução da população microbiana quantificada no caldo não processado.

Os valores de reduções decimais (RD) alcançados para aeróbios mesófilos, bolores e leveduras e aeróbios psicotróficos para o lote 1 foram de 5,1, 3,6 e > 3,6, respectivamente. Para o lote 2 as reduções decimais foram de 3,7, > 2,9 e > 3,9 e para o lote 3 de 3,5, > 3,0 e > 3,1.

Os valores de reduções decimais para aeróbios mesófilos alcançados no caldo de cana acidificado por Andrade (2014) permaneceram na faixa de 3,2 a 4,6.

Conforme a tabela 20, as análises de *Salmonella* sp. e coliformes a 45 °C evidenciaram que a pasteurização foi efetiva no que concerne a segurança da bebida. Nesse contexto, as contagens microbianas obtidas no presente estudo estão de acordo com a RDC nº 12 de 2001 (ANVISA, 2001).

A Tabela 21 apresenta os resultados dos testes sensoriais realizados no caldo de cana recém-processado.

Tabela 21 – Médias de notas e porcentagens de aceitação obtidas no teste de escala hedônica de nove pontos para o caldo de cana recém-processado.

Atributo	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Aparência	6,0 ^b ± 1,8 / 67	7,3 ^a ± 1,6 / 87	5,6 ^c ± 2,0 / 53
Sabor	7,5 ^b ± 1,6 / 88	7,7 ^a ± 1,5 / 90	7,7 ^a ± 1,3 / 94
Impressão Global	7,0 ^c ± 1,6 / 85	7,5 ^a ± 1,2 / 90	7,2 ^b ± 1,2 / 93

Médias de notas ± desvio padrão / % aceitação

Médias seguidas pelo mesmo expoente, na mesma linha, não diferem entre si a 5% de significância.

Fonte: Própria autoria

Os resultados mostraram que o caldo de cana recém-processado obteve boa aceitação, para todos os atributos analisados, com exceção da aparência do lote 3, que não atingiu a porcentagem de aceitação satisfatória (maior ou igual a 60%). Tal fato pode estar relacionado com a coloração mais escura do caldo de cana, que impactou negativamente na percepção dos provadores. Grande parte dos provadores apontaram a cor como fator que menos gostou nas amostras do lote 3. A percepção dos grupos recrutados também deve ser levada em consideração, uma vez que houve rotatividade de provadores. Ademais, os julgadores ainda não estão habituados ao consumo de caldo de cana pasteurizado. A Figura 17 mostra a aparência do caldo de cana recém processado.

Figura 17 – Aparência do caldo de cana em t₀.

Fonte: Própria autoria

Relativamente ao sabor apenas os lotes 2 e 3 não diferiram entre si ($p > 0,05$). Para todos os outros atributos, dos três lotes, as médias foram diferente a 5% de significância. De maneira geral, o lote 2 apresentou melhores resultados quando comparado aos demais.

Andrade (2014) obteve médias para sabor e aparência na faixa de 6,5 a 7,3 e porcentagens de aceitação de 76 a 94% para caldo de cana acidificado e pasteurizado a 95 °C/30 s.

Silva (2015) relatou médias de notas, para caldo de cana recém-pasteurizado, próximas a 5,9 e porcentagem de aceitação de 84 a 87%. O valor da média é inferior aos valores observados neste trabalho.

5.2.3 Estudo de estabilidade do caldo de cana

Os resultados obtidos no estudo de estabilidade estão descritos nos itens a seguir.

5.2.3.1 Avaliação dos parâmetros físico-químicos

As análises de pH, sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável (ATT) foram realizadas com a finalidade de avaliar as possíveis variações durante o tempo de estocagem. As Figuras 18 a 20 mostram os resultados desses parâmetros para os três lotes de caldo de cana.

Figura 18 - Evolução do pH determinado em caldo de cana processado ao longo da estocagem a 5 °C.

Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo (comparação entre embalagens) e pelo mesmo expoente minúsculo (comparação entre tempos de estocagem) não diferem entre si ($p > 0,05$).

Fonte: Própria autoria

Figura 19 – Evolução do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) determinado em caldo de cana processado ao longo da estocagem a 5 °C.

Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo (comparação entre embalagens) e pelo mesmo expoente minúsculo (comparação entre tempos de estocagem) não diferem entre si ($p > 0,05$).

Fonte: Própria autoria

Figura 20 – Evolução da acidez determinada em caldo de cana processado ao longo da estocagem a 5 °C.

Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo (comparação entre embalagens) e pelo mesmo expoente minúsculo (comparação entre tempos de estocagem) não diferem entre si ($p > 0,05$).

Fonte: Própria autoria

O pH, o teor de sólidos solúveis totais e a acidez total titulável analisados foram utilizados como indicadores do nível de deterioração do alimento, uma vez que variações nesses parâmetros podem indicar a proliferação de micro-organismos (ANDRADE, 2014).

Nota-se na Figura 18, que nos lotes 1 e 2 de produção houve uma discreta queda no pH do caldo de cana nos dois tipos de embalagem. No lote 3, os valores de pH permaneceram mais estáveis. Apenas os valores de pH do caldo acondicionado na embalagem com Ag/ZnO não apresentaram diferença estatística significativa entre o tempo inicial e final. Comparando os resultados nas embalagens pode-se perceber que o pH no lote 2 apresentou diferença a 5% de significância no final do período de estabilidade (t_{75}).

Na Figura 19, nota-se que os valores de sólidos solúveis totais variaram de um lote para o outro. Em relação as embalagens, apresentou diferença estatística a 5% de significância para todos os lotes durante o período de estudo de estabilidade.

Na Figura 20, nota-se que a acidez no lote 2 e 3 de produção do caldo de cana apresentou um pequeno aumento, para ambos os tipos de embalagem. No lote 1 os valores encontrados permaneceram na mesma faixa. Esse fato pode estar relacionado com o desenvolvimento de micro-organismos no produto. Geralmente esses acréscimos diminuem os valores de pH. Os testes estatísticos mostraram que para o lote 1 não houve diferença significativa na porcentagem de acidez entre as embalagens durante o período estudado. Para o lote 2, o dado obtido em t_0 diferenciou-se dos demais tempos de estocagem. Não houve diferença estatística significativa entre as embalagens em t_0 e t_{75} . Entretanto para o lote 3 durante os 77 dias de estocagem os resultados do conteúdo de acidez do caldo de cana na embalagem convencional e com Ag/ZnO não apresentaram diferença significativa a 95% de confiança.

Manikantan et al. (2017) avaliaram a estabilidade do caldo de cana pasteurizado acondicionado em embalagens com nanocompósitos a base de polipropileno e nanoargila durante 60 dias de estocagem. Os resultados mostraram uma redução no valor de sólidos solúveis e pH durante o período analisado (19,4 a 18,5 °Brix) e (5,18 a 5,05).

Andrade (2014) relatou valores de acidez na faixa de 0,08 a 0,13% de ácido cítrico para o caldo de cana durante 94 dias de estocagem a 4 °C. Esses resultados corroboram aqueles encontrados nesta pesquisa.

5.2.3.2 Avaliação dos parâmetros microbiológicos

Os resultados obtidos a partir dos testes microbiológicos durante o período de estocagem estão expressos na Tabela 22. Os valores em negrito indicam que os limites estipulados para contagem microbiana foram excedidos.

Tabela 22 – Contagens (log UFC/mL) determinadas em caldo de cana processado acondicionado em garrafas de PEAD-TiO₂ durante o período de estocagem a 5 °C.

Lote 1						
Tempo (dias)	Mesófilos		Bolores e Leveduras		Psicrotróficos	
	Convencional	Ag/ZnO	Convencional	Ag/ZnO	Convencional	Ag/ZnO
0	1,7 ^{Ac}	1,7 ^{Ac}	1,2 ^{Ac}	1,2 ^{Ab}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}
30	2,5 ^{Ab}	2,0 ^{Bb}	1,5 ^{Ab}	1,2 ^{Bb}	1,6 ^{Ab}	1,0 ^{Bb}
55	3,8 ^{Aa}	3,5 ^{Ba}	4,0^{Aa}	4,0^{Aa}	3,8 ^{Aa}	3,8 ^{Aa}
Lote 2						
0	1,4 ^{Ac}	1,4 ^{Ac}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}
30	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}
48	1,4 ^{Ac}	1,3 ^{Ac}	1,0 ^c	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}
60	2,9 ^{Ab}	1,8 ^{Bb}	2,0 ^{Ab}	1,7 ^{Bb}	3,0 ^{Ab}	1,2 ^{Bb}
75	4,5 ^{Aa}	4,0 ^{Ba}	2,2 ^{Aa}	2,0 ^{Ba}	4,4^{Aa}	4,4^{Aa}
Lote 3						
0	1,0 ^{Ac}	1,0 ^{Ab}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}
30	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}
48	1,0 ^{Ac}	1,0 ^{Ab}	< 1 ^{est}	< 1 ^{est}	2,1 ^{Ac}	1,0 ^{Bc}
60	1,7 ^{Ab}	1,0 ^{Bb}	1,8 ^{Ab}	1,0 ^{Bb}	2,5 ^{Ab}	1,9 ^{Bb}
77	3,0 ^{Aa}	2,2 ^{Ba}	2,1 ^{Aa}	2,0 ^{Aa}	4,3^{Aa}	4,1^{Ba}

Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo na mesma linha (comparação entre embalagens) e pelo mesmo expoente minúsculo na mesma coluna (comparação entre tempos de estocagem para o mesmo lote) não diferem entre si ($p > 0,05$).

Limites máximos pré-definidos para contagem: aeróbios mesófilos 5 log UFC/mL, bolores e leveduras 3 log UFC/mL e aeróbios psicrotróficos 4 log UFC/mL. est – contagem estimada.

Fonte: Própria autoria

Explorando os resultados do caldo acondicionado em embalagem convencional e com Ag/ZnO durante o período analisado, observou-se que no lote 1, a taxa de desenvolvimento microbiano foi superior, limitando a estabilidade do produto a 30 dias, em ambos os tipos de embalagem. Pode-se justificar este resultado com base na maior população microbiana detectada na bebida recém processada, utilizada na produção do respectivo lote, conforme demonstrado na Tabela 20.

Relativamente ao lote 1, as contagens nas amostras acondicionadas nas garrafas com Ag/ZnO foram inferiores às embalagens convencionais, para os três grupos microbianos, até 30 dias de estocagem. Contudo, ao término do estudo (t55), as contagens praticamente igualaram-se. As elevadas contagens de bolores e leveduras limitaram a estabilidade do caldo de cana em ambas as embalagens.

Para o lote 2, a população de psicrotróficos excedeu o limite máximo aceitável (4 log UFC/mL) após 75 dias de estocagem, para ambas as embalagens testadas. Entretanto, as contagens mantiveram-se reduzidas até 60 dias de estocagem.

Em relação ao lote 3, observou-se a mesma tendência de desenvolvimento microbiano no caldo acondicionado nas garrafas com Ag/ZnO. Ao longo do estudo em alguns pontos analisados, as contagens para todos os grupos de micro-organismos foram menores quando comparado com a embalagem convencional.

Resultados superiores de contagem microbiana total em caldo de cana acondicionado em embalagem antimicrobiana foram relatados por Manikantan et al. (2017). Após 60 dias de estocagem a população microbiana alcançou 6,8 log UFC/mL.

Comparando o desempenho geral da garrafa incorporada com Ag/ZnO na em relação a convencional, observou-se que durante determinado período, a embalagem inibiu o desenvolvimento microbiano na bebida. Porém, no final do estudo, a contagem de micro-organismos atingiu valores iguais ou próximos para ambos os tipos de embalagem. Tal fato pode estar relacionado com a fase exponencial do desenvolvimento microbiano (fase log), onde os agentes antimicrobianos incorporados à embalagem não foram efetivos.

A Figura 21 ilustra a estabilidade microbiológica estimada para os três lotes processados, em conformidade com os critérios definidos.

Figura 21 – Estabilidade microbiológica de caldo de cana pasteurizado acondicionado em garrafas de PEAD-TiO₂ e estocado a 5 °C na ausência de luz.

Fonte: Própria autoria

Pode-se afirmar que o caldo de cana acondicionado em garrafas de PEAD-TiO₂ convencional e com Ag/ZnO alcançaram uma estabilidade média de 50 dias. Considera-se este resultado satisfatório, uma vez que não foram incorporados conservadores químicos, estabilizantes ou acidulantes à bebida.

Entretanto, os resultados obtidos no estudo da estabilidade microbiológica dos três lotes de caldo de cana pasteurizados e estocados sob refrigeração não confirmaram a potencial ação antimicrobiana das micropartículas Ag/ZnO incorporadas às garrafas de PEAD-TiO₂ utilizadas no acondicionamento do produto.

5.2.3.3 Avaliação sensorial

Os resultados das médias obtidas nos testes de aceitação para aparência estão apresentados na Tabela 23. Os valores em negrito indicam as médias de notas e/ou porcentagens de aceitação que não atingiram os critérios estipulados. Os testes sensoriais foram interrompidos quando as médias de notas foram ≤ 5 e/ou as porcentagens de aceitação $< 60\%$.

Tabela 23 – Médias de notas obtidas nos testes de escala hedônica de 9 pontos para aparência de caldo de cana acondicionado em garrafas de PEAD-TiO₂.

Tempo (dias)	Lote 1	
	Convencional	Ag/ZnO
0	6,0 ^{Aa} ± 1,8 / 67	6,0 ^{Aa} ± 1,8 / 67
30	5,0^{Bb} ± 2,0 / 50	6,0 ^{Aa} ± 1,9 / 61
	Lote 2	
	0	7,3 ^{Aa} ± 1,6 / 87
	30	6,8 ^{Ab} ± 1,5 / 83
	Lote 3	
	0	5,6 ^A ± 2,0 / 53

Média de notas ± desvio padrão / % aceitação

Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo na mesma linha (comparação entre embalagens) e pelo mesmo expoente minúsculo na mesma coluna (comparação entre tempos de estocagem) não diferem entre si (p > 0,05).

Fonte: Própria autoria

Os resultados das médias de notas para aparência demonstraram que, para os três lotes produzidos, houve diferença estatística a 5% de significância para ambos os tipos de embalagem entre t₀ e t₃₀. Destaca-se que as médias para o lote 1 foram inferiores ao lote 2 e superiores ao lote 3. As médias variaram na escala hedônica entre t₀ e t₃₀ de “gostei ligeiramente” e “não gostei nem desgostei” na embalagem convencional e permaneceu em “gostei ligeiramente” até 30 dias de estocagem para a embalagem com Ag/ZnO. Para o lote 2, as médias em ambos os tipos de embalagem situaram-se entre “gostei moderadamente” no tempo inicial e “gostei ligeiramente” com 30 dias de estocagem. As notas atribuídas ao lote 3 podem ter sido comprometidas pelo aspecto do produto, uma vez que a cana-de-açúcar é uma matéria-prima altamente suscetível a variações, o que pode ter influenciado no parâmetro da cor do caldo de cana que foi listado pelos provadores como um fator negativo.

No lote 1, com 30 dias, as amostras acondicionadas na embalagem convencional apresentaram média de nota inferior ao da embalagem com Ag/ZnO diferindo estatisticamente entre si. Em relação à porcentagem de aceitação, as

amostras na embalagem convencional não atingiram o critério para continuidade das análises (maior ou igual a 60%).

Em relação ao lote 2, as médias de notas e porcentagens de aceitação para o tempo inicial foram superiores quando comparadas aos outros lotes. Não houve diferença significativa entre as médias em relação às embalagens com 30 dias de estocagem. Porém, a porcentagem de aceitação para as amostras acondicionadas na embalagem convencional foi superior ao da embalagem com Ag/ZnO.

Andrade (2014) relatou médias de notas para aparência equivalente a 6,7 para caldo de cana acondicionado em garrafas de PET, após 40 dias de estocagem a 4 °C. Este resultado aproxima-se dos encontrados nesta pesquisa para o lote 2. As porcentagens de aceitação relatadas foram superiores a 70%.

Kunitake et al. (2014) estudaram a aceitação sensorial do caldo de cana acidificado com polpa de maracujá estocado a 7 °C. As médias de notas para aparência no tempo inicial e com 30 dias foram equivalentes a 6 e 5,7, respectivamente. Esses valores são semelhantes ao encontrados neste estudo para o lote 1 e 3. Com 30 dias a porcentagem de aceitação relatada foi de 87.

A Figura 22 mostra as imagens do caldo de cana durante o período do estudo.

Figura 22 – Imagens da aparência do caldo de cana durante o período de estudo de estabilidade.

In - caldo de cana não processado t₀ - tempo inicial t₃₀ - fim do estudo
Conv - embalagem convencional Fonte: Própria autoria.

Constatou-se que a aparência foi o atributo mais comprometido na avaliação sensorial durante o período de estocagem. Comparando os dois tipos de embalagem pode-se perceber que não foram constatadas diferenças relevantes na cor do caldo de cana.

A coloração do caldo de cana começa a sofrer alterações imediatamente após a etapa de extração. O escurecimento está associado à atuação das enzimas polifenoloxidase e peroxidase que oxidam compostos fenólicos. Infere-se, portanto, que o tratamento térmico empregado (85 °C/30 s) não alcançou a plena inativação enzimática. Outro mecanismo de escurecimento é a reação de Maillard entre açúcares redutores e aminoácidos, gerando pigmentos escuros (melanoidinas). A caramelização e a oxidação da clorofila também impactam na cor do caldo de cana (SUZART, 2009; PRATI; MORETTI, 2010).

A tabela 24 mostra os resultados das médias de notas para sabor do caldo de cana acondicionado em embalagem convencional e com Ag/ZnO.

Tabela 24 – Médias de notas obtidas nos testes de escala hedônica de 9 pontos para sabor do caldo de cana acondicionado em garrafas de PEAD-TiO₂.

Tempo (dias)	Lote 1	
	Convencional	Ag/ZnO
0	7,5 ^{Aa} ± 1,6 / 88	7,5 ^{Aa} ± 1,6 / 88
30	7,0 ^{Ab} ± 2,0 / 76	6,0 ^{Bb} ± 2,0 / 62
Lote 2		
0	7,7 ^{Aa} ± 1,5 / 90	7,7 ^{Aa} ± 1,5 / 90
30	6,9 ^{Ab} ± 1,8 / 84	6,8 ^{Ab} ± 1,7 / 80
Lote 3		
0	7,7 ^A ± 1,3 / 94	7,7 ^A ± 1,3 / 94

Média de notas ± desvio padrão / % aceitação

Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo na mesma linha (comparação entre embalagens) e pelo mesmo expoente minúsculo na mesma coluna (comparação entre tempos de estocagem) não diferem entre si (p > 0,05).

Fonte: Própria autoria

O sabor apresentou boa aceitação nos três lotes. O caldo acondicionado na embalagem convencional apresentou com 30 dias de estocagem médias de notas e porcentagem de aceitação superiores ao da embalagem com Ag/ZnO. Entretanto, no lote 2 as médias de notas não apresentaram diferença estatística, comparando as duas embalagens. Apesar do caldo de cana acondicionado nos dois tipos de embalagens apresentar boa aceitação no lote 3, não foram realizadas outras sessões de análise sensorial devido ao atributo aparência não ter atingido o critério mínimo de porcentagem de aceitação estipulado.

A aceitação para o sabor sofreu decaimento no transcorrer do estudo em todos os lotes para ambos os tipos de embalagem.

Kunitake et al. (2014) relataram médias de notas para sabor do caldo de cana acidificado de 5,4 após 30 dias de estocagem a 7 °C. Esse resultado é inferior ao encontrado nesta pesquisa.

Suzart (2009) avaliou a estabilidade sensorial do caldo de cana pasteurizado. A média de notas para sabor relatada após 30 dias de estocagem a 4 °C foi de 7,5.

Yasmin, Masood e Abid (2010) avaliaram caldo de cana pasteurizado (90 °C/5 min), acondicionado em embalagem de vidro e estocagem a temperatura ambiente. As médias de notas com 30 dias de estocagem para aparência e sabor foram de 9 e 8, respectivamente. Esses resultados são superiores aos encontrados nessa pesquisa.

As médias de notas para impressão global do caldo de cana estão apresentadas na tabela 25.

Tabela 25 - Médias de notas obtidas nos testes de escala hedônica de 9 pontos para impressão global do caldo de cana acondicionado em garrafas de PEAD-TiO₂.

Tempo (dias)	Lote 1	
	Convencional	Ag/ZnO
0	7,0 ^{Aa} ± 1,6 / 85	7,0 ^{Aa} ± 1,6 / 85
30	6,0 ^{Ab} ± 1,8 / 75	6,0 ^{Ab} ± 1,8 / 61
Lote 2		
0	7,5 ^{Aa} ± 1,2 / 90	7,5 ^{Aa} ± 1,2 / 90
30	6,8 ^{Ab} ± 1,7 / 80	6,8 ^{Ab} ± 1,6 / 84
Lote 3		
0	7,2 ^A ± 1,2 / 93	7,2 ^A ± 1,2 / 93

Média de notas ± desvio padrão / % aceitação

Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo na mesma linha (comparação entre embalagens) e pelo mesmo expoente minúsculo na mesma coluna (comparação entre tempos de estocagem) não diferem entre si ($p > 0,05$).

Fonte: Própria autoria

De maneira geral, o caldo de cana acondicionado em ambos os tipos de embalagem alcançou boas médias para a impressão global durante o período estudado. As médias de notas para os três lotes no tempo inicial situaram-se próximas a “gostei moderadamente” com porcentagem de aceitação $\geq 85\%$. Houve diferença estatística a 5% de significância nas médias de notas entre t_0 e t_{30} para os lotes 1 e 2. Em relação as embalagens, não foi constatado diferença significativa.

Para a porcentagem de aceitação relativa ao lote 1, as amostras de caldo de cana na embalagem convencional, com 30 dias de estocagem, apresentaram valor superior ao da embalagem com Ag/ZnO. Entretanto, no lote 2 a situação foi oposta. A rotatividade de provadores em cada sessão pode ter influenciado este resultado.

Médias de notas para impressão global de caldo de cana acondicionado em embalagens flexíveis de PP incorporadas com nanoargila foram relatadas por Manikantan et al. (2017). As médias variaram de 6,6 a 7,2 com 30 dias de estocagem a aproximadamente 28 °C.

Yasmin, Masood e Abid (2010) obtiveram média para impressão global de caldo de cana pasteurizado equivalente 8 após 30 dias a temperatura ambiente.

Resultado inferior ao dessa pesquisa foi relatado por Kunitake et al (2014). Os autores obtiveram média 5,5 para impressão global do caldo de cana adicionado de polpa de maracujá após 1 mês de estocagem.

As análises do lote 1 foram interrompidas porque a contagem de bolores e leveduras atingiu o limite estabelecido com 55 dias de estocagem para ambos os tipos de embalagem. Para o lote 2, apesar do caldo de cana ter apresentado médias de notas e % de aceitação superiores ao mínimo estipulado e ter se mantido microbiologicamente estável, não foram realizadas novas sessões em virtude da formação de gomas na bebida. Segundo Faria (2009), o caldo de cana possui alta concentração de polissacarídeos, favorecendo a formação de gomas, decorrente da atuação de *Xanthomonas campestris* *vp*, que é capaz polimerizar os carboidratos e produzir a goma xantana.

No lote 3 as análises foram interrompidas pelo fato da aparência não ter atingido 60% de aceitação.

Observou-se um declínio na aceitação do caldo de cana durante o período analisado, para os três lotes. Contudo, de forma geral, as amostras acondicionadas na embalagem convencional e com Ag/ZnO apresentaram boa aceitabilidade.

5.3 Estimativa de vida de prateleira

Além do estudo da estabilidade microbiológica do néctar de jabuticaba e do caldo de cana em embalagem convencional e incorporada com Ag/ZnO, os dados obtidos permitiram estimar o tempo de vida de prateleira (VP) dos produtos. Para o néctar, estimou-se uma VP de 120 dias. Em relação ao caldo de cana não foi possível estimar a vida de prateleira do produto pois, os critérios de qualidade analisados não foram atendidos simultaneamente durante o período de avaliação.

Salienta-se que a estimativa da vida de prateleira é uma abordagem mais complexa que deve contemplar aspectos relativos à segurança do alimento, à aceitação sensorial e ao valor nutricional (AZEREDO et al., 2012).

6 CONCLUSÕES

As principais conclusões extraídas da pesquisa foram:

- A combinação de obstáculos (tratamento térmico, envase asséptico e refrigeração) foi eficiente no que concerne à estabilização microbiológica do néctar de jabuticaba e caldo de cana.
- As bebidas apresentaram boa estabilidade físico-química durante o período de estudo de estocagem.
- As bebidas recém-processadas alcançaram bons índices de aceitação. Contudo, a aparência escura do caldo de cana (inerente à matéria-prima processada) limitou seu tempo de vida útil.
- A suposta ação antimicrobiana dos agentes inorgânicos microestruturados com Ag/ZnO incorporados à embalagem de PEAD-TiO₂ utilizada no acondicionamento do néctar de jabuticaba e do caldo de cana não foi confirmada neste estudo.

7 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

1. Delinear e validar um binômio *tempo x temperatura* para pasteurização de néctar de jabuticaba.
2. Determinar e quantificar os compostos bioativos presentes no néctar de jabuticaba e caldo de cana.
3. Avaliar o impacto da degradação da cor incidente no néctar de jabuticaba e no caldo de cana na aceitação sensorial dos produtos.
4. Investigar uma eventual migração de micropartículas de prata e óxido de zinco, do material de embalagem para as bebidas.
5. Investigar a ação da prata e do óxido de zinco em escala nanométrica (< 100 nm) e em diferentes concentrações.
6. Avaliar a estabilidade microbiológica do néctar de jabuticaba por um período mais estendido.
7. Avaliar a ação antimicrobiana da embalagem ativa frente a inoculação de um micro-organismo alvo.
8. Avaliar a ação antimicrobiana da embalagem em condições abusivas de temperatura de estocagem.

REFERÊNCIAS

ABIR Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas de não alcoólicas. Volume de produção do mercado brasileiro de refrigerantes dos anos de 2010 a 2016. Disponível: <<https://abir.org.br/o-setor/dados/refrigerantes/>> Acesso 19 nov. 2018.

ABIR Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas de não alcoólicas. Volume de produção do mercado brasileiro de néctares dos anos de 2010 a 2016. Disponível: < <https://abir.org.br/o-setor/dados/nectares/>> Acesso 19 nov. 2018.

ACOMPANHAMENTO safra brasileira de cana, safra 2015/2016. **Companhia Nacional de Abastecimento**, v. 2, n. 4, 2016, p 1-76. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_14_09_06_31_boletim_cana_portugues_-_4o_lev_-_15-16.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2017.

ACHIR, N. et al. Pasteurization of citrus juices with ohmic heating to preserve the carotenoid profile. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, United Kingdom, v. 33, p. 397- 404, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC nº 105, 19 de maio de 1999**: Legislação nacional com base nos instrumentos harmonizados no MERCOSUL relacionados à embalagens e equipamentos em contato com alimentos. 1999.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC nº 91, 11 de maio de 2001**: Aprova o Regulamento Técnico – Critérios Gerais e Classificação de Materiais para Embalagens e Equipamentos em Contato com Alimentos. 2001a.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC nº 12, 2 de janeiro de 2001**: Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. 2001b.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC nº 218, de 02 de julho de 2005**. Normas de higiene para sucos e caldo de cana. 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC nº 20, 22 de março de 2007**: Dispõe sobre Regulamento Técnico sobre Disposições para Embalagens, Revestimentos, Utensílios, Tampas e Equipamentos Metálicos em Contato com Alimentos. 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC nº 17, 17 de março de 2008**: Dispõe sobre Regulamento Técnico sobre Lista Positiva de Aditivos para Materiais Plásticos destinados à Elaboração de Embalagens e Equipamentos em Contato com Alimentos. 2008a.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC nº 20, 26 de março de 2008**: legislação nacional com base nos instrumentos harmonizados no MERCOSUL relacionados à embalagens e equipamentos em contato com alimentos. 2008b.

ALMEIDA, A. C. S. et al. Aplicação de nanotecnologia em embalagem de alimentos. **Polímeros**, São Carlos, v. 25, p. 89-97, 2015.

ALVARENGA, T.; SILVA NETO, H. F.; MARQUES, M. O. **Polifenoloxidase e peroxidase: atividades em diferentes partes do colmo de três cultivares de cana de açúcar**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 6., Curitiba, 2011. Ciência & Tecnologia: FATEC-JB, Jaboticabal, v.1, 2010. Suplemento.

ANDRADE, S. R. R.; PORTO, E.; SPOTTO, M. H. F. Avaliação da qualidade do caldo de cana extraído de toletes de cana de açúcar minimamente processados, armazenados sob diferentes temperaturas. **Ciência de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 51-55, dez. 2008.

ANDRADE, I. M. G. **Estimativa de vida de prateleira do caldo de cana padronizado estocado sob refrigeração**. 2014. 161f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Certification AOAC Performance Tested Certificate nº 110401 Compact Dry CF**. Washington, DC: AOAC, 2014.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Certification AOAC Performance Tested Certificate nº 100201 Bax System**. Washington, DC: AOAC, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18th ed. 3 rev. Washington, DC: AOAC, 2010.

AZEREDO, H. M. C. Nanocomposites for packaging applications. **Food Research International**, Netherlands, v. 42, p. 1240-1253, 2009.

AZEREDO, H. M. C. et al. Alterações microbiológicas em alimentos durante a estocagem. In: AZEREDO, H. M.C. **Fundamentos da estabilidade de alimentos**. Brasília: Embrapa, 2012. cap. 1, v.1, p. 15-38.

BATISTELLA, J. J. **Desenvolvimento de uma bebida à base de soja sabor jaboticaba**. 2011. 75f. Monografia (Conclusão de Curso) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011.

BECARO, A. A. **Estudos e atividade antimicrobiana, de migração e toxicidade de nanopartículas de prata aplicadas em filmes poliméricos**. 2014. 187f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

BECKER, F. S. et al. Characterization of 'Sabará' jabuticabas at different maturation stages. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 37, n. 4, p. 457- 462, 2015.

BHATIA, S. et al. Post harvest quality deterioration in sugarcane under different environmental conditions. **Sugar Tech**, New Delhi, v. 11, n. 2, p. 154-160, 2009.

BOESSO, F. F. **Caracterização físico-química, energética e sensorial de refresco adoçado de jabuticaba**. 2014. 64f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho", Botucatu, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto nº 6871, de 04 de junho de 2009**: Padronização, classificação, registro, inspeção e fiscalização da produção e do comércio de bebidas. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/Ccl/VIL_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm> Acesso em: 12 jan 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 19, de 19 de junho de 2013**: Complementação dos padrões de identidade e qualidade para bebidas.

BREZOVSKY, F. A. et al. Avaliação microbiológica e microscópica do caldo de cana comercializado em Ji-Paraná. **Ensaio e Ciência: Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Campo Grande, v. 20, n. 2, p. 111-115, 2016.

BROCHIER, B; MERCALI, G. D; MARCZAK, L. D. F. Influence of moderate electric field on inactivation kinetics of peroxidase and polyphenol oxidase and phenolic compounds of sugarcane juice treated by ohmic heating. **LWT - Food Science and Technology**, Netherlands, v. 74, p. 396- 403, 2016.

BUDRI, P. E. **Qualidade higiênico-sanitária e pesquisa de *Trypanosoma Cruzi* em caldo de cana (garapa) consumido no Estado de São Paulo**. 2011. 20f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho", Botucatu, 2011.

BRUNINI, M. A. et al. Influência de embalagens e temperatura no armazenamento de jabuticaba (*Myrciaria jabuticaba* (Vell) Berg) cv sabará. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 378-383, 2004.

CARBONE, M. et al. Silver nanoparticles in polymeric matrices for fresh food packaging. **Journal of King Saud University – Science**, Amsterdam, v. 28, p. 273-279, 2016.

- CARMO, M. C. L.; DANTAS, M. I. S.; RIBEIRO, S. M. R. Caracterização do mercado consumidor de sucos prontos para consumo. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 305-309, 2014.
- CARVALHO, C. T. et al. Análise microbiológica do caldo de cana comercializado por ambulantes na cidade de Natal, RN. **Catussaba**, Natal, v. 5, n.1, p. 95-104, 2016.
- CHICONE, L. C. G. **Qualidade da matéria-prima de cana de açúcar SP81-3250 submetido a aplicação de maturadores em dos ciclos sucessivos**. 2012. 61f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2012.
- CHIM, J. F.; ZAMBIAZI, R. C.; RODRIGUES, R. S. Estabilidade da vitamina C em néctar de acerola sob diferentes condições de armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p.321-327, 2013.
- CITADIN, I.; DANNER, M. A.; SASSO, S. A. Z. Jabuticabeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 32, n. 2 p. 343- 656, 2010.
- COSTA, A. G. V. et al. Bioactive compounds and health benefits of exotic tropical red-black berries. **Journal of Functional Foods**, Amsterdam, v. 5, p. 539-549, 2013.
- CUSHEN, M. et al. Evaluation and simulation of silver and copper nanoparticle migration from polyethylene nanocomposites to food an associated exposure assessment. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, United Kingdom, v. 62, n. 6, p. 1403 -1411, 2014.
- DINIZ, D. N. et al. Efeito antifúngico in vitro do extrato da folha e do caule de *Myrciaria Cauliflora* Berg. sobre micro-organismos orais. **Revista de Odontologia da UNESP**, Araraquara, v. 39, n. 3, p.151-156, 2010.
- DIONISIO, A. P. et al. Processamento e estabilidade de uma bebida de caju e yacon durante o armazenamento sob refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, p. 1-7, 2018.
- DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4. ed. Curitiba: Champagnat, 2013.
- EGGLESTON, G.; HARPER, W. Determination of sugarcane deterioration at the factory: development of a rapid, easy and inexpensive enzymatic method to measure mannitol. **Food Chemistry**, United Kingdom, v. 98, p. 366-372, 2006.
- EMAMIFAR, A. et al. Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, United Kingdom, v. 11, p. 742-748, 2010.

EMAMIFAR, A. et al. Effect of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on reducing pasteurization temperature of orange juice. **Journal of Food Processing and Preservation**. v. 36, p. 104-112, 2011.

EMAMIFAR, A. et al. Effect of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on inactivation of *Lactobacillus plantarum* in orange juice. **Food Control**, United Kingdom, v. 22, p. 408-413, 2011b.

EMPRESA paulista dobra prazo de validade de leite fresco pasteurizado.2015. Disponível em: < <http://agencia.fapesp.br/empresa-paulista-dobra-prazo-de-validade-de-leite-fresco-pasteurizado/21325/>> Acesso em: 20 maio de 2017.

FARIA, S. **Otimização da produção e caracterização de goma xantana empregando caldo de cana**. 2009. 162f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

FANG, T. et al. Variation of ascorbic acid concentration in fruit of cultivated and wild apples. **Food Chemistry**, United Kingdom, v. 225, p. 224- 233, 2017.

FATORES que influenciam o shelf life nos alimentos. Shelf Life, p. 21- 27. Disponível em: <http://aditivosingredientes.com.br/upload_arquivos/201601/2016010118265001453489650.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2017.

FELIPE, L. M.; MIGUEL, D. P. Análise da qualidade microbiológica do caldo de cana. **Caderno pós-graduação da FAZU**, Uberaba, v.2, p. 1-6, 2011.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FERNANDES, E. T. M. B. et al. Physicochemical composition, color and sensory acceptance of low-fat cupuaçu and açaí nectar: characterization and changes during storage. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 36, n. 3, p. 413-420, 2016.

FERREIRA, R. E. **Microfiltração tangencial do caldo de cana-de-açúcar: avaliação da influência da temperatura e da pressão transmembrana e comparação em relação ao processo de clarificação convencional**. 2012. f 287. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

FREIRE, M.T. A. Aspectos de legislação do Mercado Internacional de Embalagens Plásticas para Alimentos. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. p, 42 -52, 1998.

GALLAGHER, M. J. S.; MONTEIRO, M.; KOPPER, G. Embalagens para bebidas. In: VENTURINI, W. G. F. **Indústria de bebidas: inovação, gestão e produção**. São Paulo: Blucher, 2011. cap.8, v. 3, p.138-162.

GARCIA, L. G. C. **Aplicabilidade tecnológica da jabuticaba**. 2014. 220f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

GOMES, A. F. **Estabilidade de néctar de cupuaçu**. 2016. 41f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Centro de Ciências Sociais, Saúde e Tecnologia, Universidade Estadual do Maranhão, Imperatriz, 2016.

HAMERSKI, F. **Estudo de variáveis no processo de carbonatação do caldo de cana de açúcar**. 2009. 148f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

HOUGH, G. **Sensory shelf life estimation of products**. New York : CRC Press LLC, 2010. cap. 1, p. 3 -12.

IDEC identifica que bebidas não possuem teor de fruta mínimo exigido por lei. Disponível em: < <https://idec.org.br/o-idec/sala-de-imprensa/release/idec-identifica-que-bebidas-no-possuem-teor-de-fruta-minimo-exigido-por-lei>> Acesso em: 19 nov. 2018.

JIN, T. Z.; GUO, M.; YANG, R. Combination of pulsed electric field processing and antimicrobial bottle for extending microbiological shelf-life of pomegranate juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, United Kingdom, v. 26, p. 153–158, 2014.

KAYALVIZHI, V. et al. Effect of pulsed electric field (PEF) treatment on sugarcane juice. **Journal of Food Science Technology**, India, v. 53, n. 3, p. 1371-1379, 2016.

KHAN, I. et al. Hurdle technology: a novel approach for enhanced food quality and safety- a review. **Food Control**, United Kingdom, v. 73, p. 1426-1444, 2017.

KILCAST, D.; SUBRAMANIAM, P. **The stability and shelf – life food**. Cambridge: CRC Press, 2000.

KUNITAKE, M. T. **Processamento e estabilidade de caldo de cana acidificado**. 2012. 129f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

KUNITAKE, M. T. et al. Efeito da temperatura de pasteurização na estabilidade do caldo de cana acidificado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 6, p. 554-561, nov./dez. 2014

KUSHIDA, M. M. **Validação de métodos laboratoriais: avaliação do sistema Bax de análise de Salmonella sp em alimentos por reação de polimerase em cadeia (PCR)**. 2005. 194f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005.

LANDIM, A. P. M. et al. Sustentabilidade quanto as embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, São Carlos, v. 26, p. 82-92, 2016.

LEITÃO, A. M.; RODRIGUES, R. S. Estabilidade microbiológica de néctar de amora preta (CV. Tupy) acondicionado em embalagem de polipropileno no armazenamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25., Gramado, 2016. **Anais...** Gramado: FAURGS, 2016. p. 1-6.

LIMA, A. et al. Caracterização química do fruto de jabuticaba e suas frações. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 58, n. 4, p. 416-421, 2008.

LIMA, R. B. **Processo de clarificação de caldo de cana de açúcar aplicando elétrons acelerados**. 2012. 61f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Nucleares, São Paulo, 2012.

LLORENS, A. et al. Metallic-based micro and nanocomposites in food contact materials and active Food packaging. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v. 24, p. 19-29, 2012.

LONG, V. N.; JOLY, C.; DANTIGNY, P. Active packaging with antifungal activities. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 220, p. 73-90, 2016.

MAJID, I. et al. Novel food packaging technologies: innovations and future prospective. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, Riyadh, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.11.003>. (In press).

MANFREDI, M.; VIGNALI, G. Comparative life cycle assessment of hot filling and aseptic packaging systems used for beverages. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 147, p. 39-48, 2015.

MANIKANTAN, M. R. et al. Storage stability of sugarcane juice in polypropylene-based nanocomposite packaging films. **Sugar Tech**, New Delhi, v. 19, n. 4, p. 438-445, 2017.

MARIN, F. R. Cana de açúcar - variedades. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_42_1110200717570.html>. Acesso em: 07 fev. 2017.

MATIETTO, R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Estabilidade de néctar misto de cajá e umbu. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 456-463, 2007.

MARTINI, C. **Avaliações dos aspectos microbiológicos do caldo de diferentes variedade e partes do colmo da cana de açúcar sob manejo orgânico**. 2009. 79f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2009.

MARTINS, H. D.; PERFEITO, D. G. A.; SILVA, A. R.; PEIXOTO, N. Caracterização e estudo da estabilidade física de suco misto adoçado de mangaba e cagaita. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 2, p. 81-87, abr./jun. 2017

MELO JÚNIOR, M. A. et al. Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 9, p. 1872-1878, 2012.

MICROPARTÍCULAS incorporadas às garrafas aumentam prazo de validade do leite, 2015. Disponível em: <<http://www.labnetwork.com.br/noticias/microparticulas-incorporadas-a-garrafas-aumentam-prazo-de-validade-do-leite/>>. Acesso em: 27 jan. 2018.

MINGUETTI, F. F. **Influência dos sistemas de produção convencional e orgânico na qualidade da cana de açúcar (*Saccharum spp.*) e do açúcar mascavo**. 2012. 76f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2012.

MOREIRA, P. **Desenvolvimento e estabilidade do néctar de goiaba adoçado com mel de abelha**. 2010. 74f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

MORGADO, C. M. A et al. Produtos minimamente processados, acondicionados em duas embalagens, produzidos com melancias que foram adubadas com diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 1538-1544, 2009.

MORI, E. E. M. Determinação da vida de prateleira através da análise sensorial e correlações. In: MOURA, S. C. S. R. de; GERMER, S. P.M. **Manual do curso de reações de transformação e vida de prateleira de alimentos processados**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2002. cap 5.

NOSSOS produtos. Acana. Disponível em: <<http://www.acanabebidas.com.br/acana-original/>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

OLIVEIRA, A. C. G. et al. Efeitos do processamento térmico e da radiação gama na conservação de caldo de cana puro e adicionado de suco de frutas. **Ciência de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 863-873, dez. 2007

OLIVEIRA, A. L. et al. Caracterização tecnológica de jabuticabas ‘Sabará’ provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 25, n. 3, p. 397- 400, dez. 2003.

O SABOR natural do caldo de cana a qualquer hora, em qualquer lugar. Dakana. Disponível em: <<http://www.dakana.com.br/>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

OTUBO, L. **Química de nanoestruturas: funcionalização de nanopartículas metálicas e nanotubos de carbono**. 2009. 165f. Tese (Doutorado) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

PALUDO, M. C.; KRUGER, R. L. Ação da enzima pectinase na extração do suco de jabuticaba. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, Umuarama, v. 15, n. 3, p. 279-296, dez. 2011.

PANEA, B. et al. Effect of nanocomposite packaging containing different proportion of ZnO and Ag on chicken breast meat quality. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 123, p. 104-112, 2014.

PÉREZ- GRIJALVA, B. et al. Effect of microwaves and ultrasound on bioactive compounds and microbiological quality of blackberry juice. **LWT - Food Science and Technology**, Netherlands, v. 87, p. 47- 53, 2018.

PIMENTA, S. M.; ZAMBRANO, F.; VENTURINI FILHO, W. G. Suco integral de amora (*Morus nigra* L.) obtido através de prensagem e despulpamento: rendimento e caracterização físico-química. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 2, p. 335-339, 2012.

PRATI, P.; CAMARGO, G. A. Características do caldo de cana e sua influência na estabilidade da bebida. **BioEng**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 37-44, abr. 2008.

PRATI, P.; MORETTI, R. H. Study of clarification process of sugarcane juice for consumption. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n. 3, p. 776-783, 2010.

PRIMEIRO suco de cana-de-açúcar do país chega ao mercado. Disponível em: <<http://kanai.com.br/pt/primeiro-suco-de-cana-de-acucar-do-pais-chega-ao-mercado/>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

RALL, V. L. M. Microrganismos deterioradores e patogênicos em bebidas. In: VENTURINI, W. G. F. **Indústria de bebidas: inovação, gestão e produção**. São Paulo: Blucher, 2010. cap. 8, v. 3, p.164-181.

RAMACHANDRAN, C. et al. Optimization of shelf stability of sugarcane juice with natural preservatives. **Journal of Food Processing and Preservation**, United Kingdom, v. 41, p. 1-11, 2017.

REZZADORI, K. **Pasteurização térmica e com membranas do caldo de cana adicionado de suco de maracujá**. 2010. 169f. Dissertação (Mestrado) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

ROSENTHAL, A.; DELIZA, R.; TORREZAN, R. **Tecnologia de alimentos: não convencionais**. Embrapa. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CON T000fid5sgie02wyiv80z4s473595o3r2.html>. Acesso em: 29 jan. 2017.

SAEEDUDDIN, M. et al. Quality assessment of pear juice under ultrasound and commercial pasteurization processing conditions. **LWT - Food Science and Technology**, Netherlands, v. 64, p. 452-458, 2015.

SANDA, A. C. M. M. et al. Desenvolvimento de caldo de cana pasteurizado adicionado de frutas ácidas. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 10, n. 1, p. 2064-2078, 2016.

SANTANA, S. V. **Nanopartículas de prata e Ag/ZnO nanoestruturado com agentes antimicrobianos obtidos pelo processo hidrotermal de micro-ondas.** 2012. f 86. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

SANT'ANNA, V. et al. Jaboticaba (*Myrciaria Jaboticaba*) juice concentration by forward osmosis. **Separation Science and Technology**, Alexandria, v. 5, n. 10, p. 1708–1715, 2016.

SANTOS, J. M. **Caracterização fisiológica e influência da época de plantio no florescimento de cultivares de cana de açúcar.** 2007. 53f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2007.

SANTOS, L. F. **Qualidade e conservação pós-colheita de frutos de jaboticaba sob atmosfera modificada.** 2014. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2014.

SATO, A. C. K.; CUNHA, R. L. Influência da temperatura no comportamento reológico da polpa de jaboticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 890-896, dez. 2007.

SARTORI, J. A. S. et al. Criegee mechanism as a safe pathway of color reduction in sugarcane juice by ozonation. **Food Chemistry**. v. 225, p. 181 -187, 2017.

SAXENA, J.; MAKROO, H. A.; SRISTAVA, B. Optimization of time-electric field combination for PPO inactivation in sugarcane juice by ohmic heating and its shelf life assessment. **LWT - Food Science and Technology**, Netherlands, v. 71, p. 329-338, 2016.

SILVA, C. O. **Análise do desempenho microbiológico de uma linha de processamento piloto de caldo de cana.** 2015. 78f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água.** 4. ed. São Paulo: Varela, 2010.

SILVA, P. B. B. **O setor sucroenergético e o regime de apropriabilidade de cultivares de cana-de-açúcar: caso Ridesa.** 2013. 97f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2013.

SILVA, R. A. et al. Néctar de caju adoçado com mel de abelha: desenvolvimento e estabilidade. **Ciência de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 348-354, jun. 2008.

SOARES, N. F. N. et al. Embalagem ativa na conservação de alimentos. In: AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos da estabilidade de alimentos.** Brasília, Embrapa, 2012. v.1, p. 254-285.

SREBERNICH, S. M. Utilização do dióxido de cloro e do ácido peracético como substitutos do hipoclorito de sódio na sanitização do cheiro verde minimamente processado. **Ciência de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 744-750, dez. 2007.

STORMER, A. et al. Metallic-based micro and nanocomposites in food contact materials and active food packaging. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v. 63, p. 39-50, 2017.

SUZART, C. A. G. **Desenvolvimento de tecnologia para estabilização física, sensorial e microbiológica de cana de cana**. 2009. 119f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

TEIXEIRA, N. **Desenvolvimento, caracterização físico-química e avaliação sensorial de suco de jabuticaba**. 2011. 137f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

UMEBARA, T. **Microfiltração do caldo de cana**: caracterização do caldo permeado e retentado. 2010. 100f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

UNITED STATES. Food and Drug Administration (FDA). **Part 182 - Substances generally recognized as safe**. Washington DC: FDA, 2018. Disponível em: <<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=182.8991>>. Acesso em: 17 Set. 2018.

UNITED STATES. Food and Drug Administration (FDA). **Part 114 – Acidified Foods**. Washington DC: FDA, 2018. Disponível em: <<https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=114&showFR=1>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

VEGARA, S. et al. Effect of pasteurization process and storage on color and shelf-life of pomegranate juices. **LWT - Food Science and Technology**, Netherlands, v. 53, p. 592-596, 2013.

VIDIGAL, M. C. T. R et al. Effect of health claim on consumer acceptance of exotic Brazilian fruit juices: açai (*Euterpe oleracea Mart.*) camu- camu (*Myrciaria dubia*), cajá (*Spondias lutea L.*) and umbu (*Spondias tuberosa Arruda*). **Food Research International**, Netherlands, v. 44, p. 1988-1996, 2011.

WALLIS, G.; WEIL, D.; MADI, L. F. C. **Pack trends 2010**: o mercado de embalagem: mundo e Brasil. Campinas: ITAL, 2012. cap. 1.8, p. 11-41.

WALTER, E. H. M. **Adequações técnicas de um sistema asséptico para leite de bebidas de alta acidez em embalagens flexíveis**. 2010. f 187. Tese (Doutorado) -

Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

WATANABE, H. S.; OLIVEIRA, S. L. Comercialização de frutas exóticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 36, n.1, p. 23-38, 2014.

WU, S.; LONG, C.; KENNELLY, E. J. Phytochemistry and health benefits of jaboticaba, an emerging fruit crop from Brazil. **Food Research International**, Netherlands, v. 54, p. 148-159, 2013.

XIAO, Z.; LIAO, X.; GUO, S. Analysis of sugarcane juice quality indexes. **Journal of Food Quality**, United States, v. 2017, e1746982, p. 1-6, 2017.

YASMIN, A.; MASOOD, S.; ABID, M. Biochemical analysis and sensory evaluation of naturally preserved sugarcane juice. **Pakistan Journal of Biochemistry and Molecular Biology**, Pakistan, v. 43, n. 3, p.144-145, 2010.

ZAMBRANO, F.; PIMENTA, S. M.; VENTURINI FILHO, W.G. Avaliação físico-química e sensorial de néctar de amora. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 11, n. 1, p. 2190-2204, 2017.

APÊNDICE

Apêndice A – Modelo da ficha de avaliação sensorial utilizada no teste de ordenação- preferência.

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE NÉCTAR DE JABUTICABA

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo três amostras codificadas de néctar de jabuticaba pasteurizado. Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita e ordene-as conforme sua preferência.

menos preferida

mais preferida

Comentários:

Apêndice B – Modelo da ficha de avaliação sensorial do néctar de jabuticaba e caldo de cana

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

Por favor, utilize a escala abaixo para avaliar a amostra indicando o quanto você gostou ou desgostou em relação aos atributos apresentados.

Código da amostra: _____

9. Gostei muitíssimo

8. Gostei muito

7. Gostei moderadamente

6. Gostei ligeiramente

5. Não gostei, nem desgostei

4. Desgostei ligeiramente

3. Desgostei moderadamente

2. Desgostei muito

1. Desgostei muitíssimo

Aparência _____

Sabor _____

Impressão Global _____

O que você **mais gostou** na amostra?

O que você **menos gostou** na amostra?

Comentários: _____

Apêndice C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Consentimento formal de participação no projeto de pesquisa intitulado “ESTABILIDADE DE CALDO DE CANA (*Saccharum officinarum*) E NÉCTAR DE JABUTICABA (*Myrcia jabuticaba*) ACONDICIONADOS EM EMBALAGEM ANTIMICROBIANA”

Nome: _____ Idade: _____
Endereço: _____
Cidade: _____ CEP: _____ Fone: _____

Justificativa: O caldo de cana é uma bebida muito energética e consumida no Brasil. Possui um sabor marcante devido à quantidade de sacarose e é agradável ao paladar dos consumidores. O néctar de jabuticaba é uma bebida nutritiva, pronta para consumo e de fácil processamento. Os testes sensoriais serão necessários para avaliar a aceitabilidade e intenção de compra dos produtos mencionados.

Objetivos: Avaliar a estabilidade microbiológica e sensorial de caldo de cana e do néctar de jabuticaba pasteurizados e acondicionados em garrafas plásticas convencionais e incorporadas com micropartículas de prata e óxido de zinco (Ag/ZnO).

Possíveis Benefícios: Devido à alta concentração de sacarose no caldo de cana, estudos identificaram que a bebida ajuda na reidratação do corpo após alguma atividade física e estimula o sistema urinário. O néctar de jabuticaba possui atividade oxidante podendo atuar na prevenção de doenças cardiovasculares. Ademais, a utilização de embalagem com propriedade antimicrobiana favorecerá a conservação do produto estendendo o seu tempo de vida útil.

Procedimento: Os procedimentos para execução da análise sensorial nesta pesquisa serão feitos da seguinte forma:

Serão recrutados, entre alunos e funcionários da FZEA, 120 provadores que realizarão avaliação sensorial do caldo de cana e do néctar de jabuticaba. As bebidas serão pasteurizadas e envasadas assepticamente em garrafas de PEAD e estocadas sob refrigeração.

- Os provadores receberão as amostras de caldo de cana e néctar de jabuticaba e avaliarão as características das bebidas em uma ficha que será fornecida junto com a respectiva amostra.
- Os provadores avaliarão as amostras individualmente em diferentes sessões.
- A duração aproximada de cada sessão será de 10 minutos.

Outras informações:

- O provador pode se recusar a continuar com a avaliação sensorial a qualquer momento, sem penalização alguma.
- Os provadores não terão qualquer tipo de despesas em decorrência da participação dessa pesquisa.
- As bebidas serão processadas dentro das normas de boas práticas de fabricação e serão servidas na análise sensorial após a realização das análises microbiológicas, garantindo a segurança dos provadores após o consumo. No entanto, há riscos como qualquer outro produto disponível no mercado.
- Em caso de desconforto ou mal-estar após a ingestão das amostras, o participante deve procurar a pesquisadora responsável para tomar as devidas providências.
- Os testes para avaliação sensorial do caldo de cana e do néctar de jabuticaba pasteurizados serão acompanhados pela aluna proponente Abigail Suelen da Costa Ribeiro.
- Qualquer outro esclarecimento poderá ser solicitado antes, durante e após a pesquisa.

Eu _____

RG _____

CPF _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo “Estabilidade de Caldo de cana (*Saccharum officinarum*) e Néctar de jabuticaba (*Myrcia jabuticaba*) acondicionados em embalagem antimicrobiana”, proposto pela mestrandia Abigail Suelen da Costa Ribeiro. Tenho pleno conhecimento da justificativa, objetivos, benefícios esperados e dos procedimentos a serem executados, bem como da possibilidade de receber esclarecimentos sempre que considerar necessário. Será mantido sigilo quanto à identificação de minha pessoa e zelo pela minha privacidade. Ao mesmo tempo de assumo o compromisso de seguir as recomendações estabelecidas pelos pesquisadores.

Eu li e entendi todas as informações contidas nesse documento.

Pirassununga, ____ de _____ de _____.

Assinatura do Provador: _____