

Suco Clarificado de Yacon: Processo, Caracterização e Aceitabilidade de Bebidas Mistas Formuladas com Suco de Caju



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria Tropical
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
176**

**Suco Clarificado de Yacon: Processo,
Caracterização e Aceitabilidade de Bebidas
Mistas Formuladas com Suco de Caju**

Glauber Batista Moreira Santos
Ana Paula Dionisio
Maria de Fátima Gomes da Silva
Fernando Antônio Pinto de Abreu
Claudia de Oliveira Pinto
Arthur Claudio Rodrigues de Souza
Nedio Jair Wurlitzer
Maria de Fátima Borges
Deborah dos Santos Garruti
Idila Maria da Silva Araújo

Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
2018

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici
CEP 60511-110 Fortaleza, CE
Fone: (85) 3391-7100
Fax: (85) 3391-7109
www.embrapa.br/agroindustria-tropical
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente
Gustavo Adolfo Saavedra Pinto

Secretária-executiva
Celli Rodrigues Muniz

Secretária-administrativa
Eveline de Castro Menezes

Membros
*Marlos Alves Bezerra, Ana Cristina Portugal
Pinto de Carvalho, Deborah dos Santos Garruti,
Dheyne Silva Melo, Ana Iraidy Santa Brigida,
Eliana Sousa Ximendes*

Supervisão editorial
Ana Elisa Galvão Sidrim

Revisão de texto
José Cesamildo Cruz Magalhães

Normalização bibliográfica
Rita de Cassia Costa Cid

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Ariilo Nobre de Oliveira

Foto da capa
Ana Paula Dionisio

1ª edição
On-line (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Agroindústria Tropical

Suco clarificado de yacon: processo, caracterização e aceitabilidade de bebidas mistas
formuladas com suco de caju / Glauber Batista Moreira Santos... [et al.]. -- Fortaleza:
Embrapa Agroindústria Tropical, 2018.

24 p. : il. ; 16 cm x 22 cm – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa
Agroindústria Tropical, ISSN 1679-6543; 176).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. *Smallanthus sonchifolius*. 2. Frutooligossacarídeos. 3. *Anacardium occidentale*.
4. Microfiltração. 5. Membranas. I. Santos, Glauber Batista Moreira. II. Dionisio, Ana Paula.
III. Silva, Maria de Fátima Gomes da. IV. Abreu, Fernando Antônio Pinto de. V. Pinto, Claudia
de Oliveira. VI. Souza, Arthur Claudio Rodrigues de. VII. Wurlitzer, Nedio Jair. VIII. Borges,
Maria de Fatima. IX. Garruti, Deborah dos Santos. X. Araújo, Idila Maria da Silva. XII. Série.

CDD 664.8052

© Embrapa, 2018

Sumário

Resumo	4
Abstract	6
Introdução.....	7
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão	14
Conclusões.....	20
Agradecimentos.....	21
Referências	21

Suco Clarificado de Yacon: Processo, Caracterização e Aceitabilidade de Bebidas Mistas Formuladas com Suco de Caju

Glauber Batista Moreira Santos¹

Ana Paula Dionisio²

Maria de Fátima Gomes da Silva³

Fernando Antônio Pinto de Abreu⁴

Claudia de Oliveira Pinto⁵

Arthur Claudio Rodrigues de Souza⁶

Nedio Jair Wurlitzer⁷

Maria de Fátima Borges⁸

Deborah dos Santos Garruti⁹

Idila Maria da Silva Araújo¹⁰

Resumo - O yacon é uma raiz tuberosa que se destaca pelos seus compostos bioativos, como oligossacarídeos prebióticos (fruto-oligossacarídeos, FOS) e componentes fenólicos, especialmente o ácido clorogênico. As bebidas prebióticas são uma forma conveniente e versátil para o consumo de componentes funcionais, sendo a sua forma clarificada – com uso de membranas – um interessante mercado em expansão. Este trabalho descreve um processo para obtenção de suco clarificado de yacon

¹ Engenheiro de alimentos, mestrando em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE

² Cientista de alimentos, doutora em Ciência de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

³ Engenheira de alimentos, doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE

⁴ Engenheiro de alimentos, doutor em Engenharia de Alimentos, analista da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁵ Engenheira de alimentos, analista da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁶ Químico, analista da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁷ Engenheiro de alimentos, doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁸ Farmacêutica, doutora em Ciências de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁹ Engenheira de alimentos, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

¹⁰ Tecnóloga em alimentos, doutora em Ciências Biológicas, técnica da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

e sua caracterização química e físico-química, com foco nos componentes funcionais (FOS e ácido clorogênico). Também foi analisada a aplicabilidade desse suco na forma de uma bebida mista com suco clarificado de caju. O processo de obtenção do suco clarificado de yacon consistiu em duas etapas: acidificação do material e trituração para obtenção da polpa; e clarificação por membranas, com razão de redução volumétrica constante (FRV) de 1. O suco clarificado de yacon foi caracterizado por meio de análises de pH, sólidos solúveis, teores de proteínas e lipídios, acidez total titulável, turbidez, cor, FOS e ácido clorogênico. A sua aplicação na forma de bebida mista foi testada por meio da avaliação sensorial de três formulações com diferentes proporções de sucos clarificados de yacon e caju (proporções de 70:30; 50:50; 30:70) e pasteurizadas a 85 °C por 30 segundos, seguidas de envase a quente (*hot-fill*). As bebidas foram submetidas a testes sensoriais de aceitação, diagnóstico de atributos (intensidade da cor, sabor e aroma) e intenção de compra. O processo de microfiltração por membranas da polpa de yacon foi eficiente para a obtenção de um suco clarificado, uma vez que reduziu a turbidez sem alterar o conteúdo de FOS e ácido clorogênico inicialmente presentes na polpa. As bebidas mistas clarificadas apresentaram-se sensorialmente diferentes entre si, porém todas com boa aceitação, sendo mais aceitas as que continham maiores concentrações de caju. As bebidas mantiveram teor de fruto-oligossacarídeos, por porção de bebida, suficiente para ser indicado o efeito prebiótico, demonstrando ser possível a elaboração de bebidas clarificadas de yacon e caju como uma interessante estratégia de uso do yacon aliada a uma diversificação e agregação de valor à cajucultura brasileira.

Termos para indexação: *Smallanthus sonchifolius*, frutooligossacarídeos, *Anacardium occidentale*, microfiltração, membranas.

Yacon Clarified Juice: Process, Characterization and Acceptability of Beverages Blended with Cashew Juice

Abstract - Yacon is a tuberous root rich in compounds of functional interest, such as fructooligosaccharides (FOS), which are prebiotics, and phenolic components, especially chlorogenic acid. Prebiotic beverages are a convenient and versatile way to consume functional components, and clarified juices with the use of microfiltration membranes, a market opportunity. The present work describes a process to obtain clarified yacon juice and its physicochemical characterization focusing on the functional components (FOS and chlorogenic acid). It was also analyzed the applicability of this juice in blended beverages through the elaboration and sensorial evaluation of mixed juices using clarified cashew-apple juice. The process to obtain clarified juice of yacon consisted of the two steps: obtaining the yacon pulp (peeling, cutting, acidification and grinding) followed by microfiltration, with a constant volumetric reduction ratio (FRV) = 1. The clarified yacon juice obtained was characterized by pH, soluble solids, centesimal composition (proteins and lipids), titratable acidity, turbidity, color (%), FOS and chlorogenic acid. Its application in mixed beverages was tested through the sensory evaluation of three beverages formulated with different proportions of clarified yacon juice: cashew juice (70:30, 50:50, 30:70), and pasteurized at 85°C for 30 seconds. The beverages were submitted to the sensorial acceptance tests, diagnosis of attributes (color intensity, flavor, and aroma) and purchase intention. The membrane microfiltration process of the yacon pulp was efficient to obtain a clarified yacon juice since it lowered the turbidity without reducing the content of FOS and chlorogenic acid initially present in the yacon pulp. The clarified mixed beverages were sensorially different from each other, but all with good acceptance, being more accepted the one with greater concentration of clarified cashew juice, demonstrating that it is possible to elaborate a functional juice (prebiotic) with yacon and cashew clarified juices, as an interesting strategy for the diversification and aggregation of value of Brazilian cashew products.

Index terms: *Smallanthus sonchifolius*, fructooligosaccharides, *Anacardium occidentale*, microfiltration, membranes.

Introdução

O yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é uma raiz tuberosa, conhecida como fonte de fruto-oligossacarídeos (FOS), além de exibir compostos fenólicos importantes, como o ácido clorogênico. O FOS consiste de uma molécula de cadeia linear que contém monômeros de glicose (G) unidos à frutose (F) por ligações do tipo β -(2 \rightarrow 1), formando, principalmente, uma mistura de 1-kestose (GF2), nistose (GF3) e 1-frutofuranosil nistose (GF4) (Delgado et al., 2012). Estes compostos são conhecidos como prebióticos por serem fermentados seletivamente por microrganismos do gênero lactobacilos e bifidobactérias (Campos et al., 2012; Dionísio et al., 2015) e são reconhecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) como “alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde”.

Embora as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e/ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos seja datada de 1999 (Resolução nº 18 de 30/04/1999), em 2016 a Anvisa atualizou essa lista e os requisitos específicos para utilização dos textos padronizados. Para os FOS, a alegação foi padronizada para “os fruto-oligossacarídeos – FOS (prebióticos) contribuem para o equilíbrio da flora intestinal. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”. Com relação aos requisitos específicos, a ANVISA indica que essa alegação somente pode ser utilizada quando a porção do produto forneça, no mínimo, 2,5 g de FOS (Anvisa, 2016).

Dentre os diversos produtos disponíveis no mercado, as bebidas prebióticas se destacam, pois são uma forma conveniente e versátil para o consumo de componentes funcionais. Focando em bebidas, Dionísio et al. (2013) reportaram o processo de obtenção de um extrato de yacon para uso em bebidas prebióticas. Dionísio et al. (2015; 2016) também demonstraram que esse extrato poderia ser incorporado em bebidas mistas (com o caju e um mix de frutas tropicais) em sua forma integral, exibindo, além de boa aceitação sensorial, uma forma diversificada de veicular esses compostos bioativos. Porém, até onde os autores conhecem, não há trabalhos relatando o uso de yacon clarificado para a formulação de bebidas mistas.

A tecnologia de filtração por membranas (microfiltração) tem sido utilizada na indústria de alimentos para a separação de partículas, moléculas e/ou

microrganismos em muitos produtos (Loyal et al., 2015), sendo especialmente importante para clarificar sucos. Este processo oferece várias vantagens, tais como: menor consumo de espaço (sistemas compactos e de fácil operação); menor consumo de energia por não requerer transição de fase e propiciar a separação dos compostos; e alta qualidade do produto, preservando o sabor natural e os componentes nutricionais da matéria-prima (Machado et al., 2016).

Nesse sentido, o objetivo principal deste trabalho foi o desenvolvimento do processo para obtenção de suco clarificado de yacon, com sua caracterização química e físico-química, focando principalmente nos compostos de interesse funcional do yacon: FOS (e seus diferentes graus de polimerização) e ácido clorogênico. Além disso, a aplicabilidade do suco clarificado de yacon na elaboração de um suco misto com caju também foi avaliada por meio de testes de aceitação sensorial, para avaliar a viabilidade técnica de incorporação em bebidas clarificadas mistas.

Material e Métodos

Obtenção de suco de yacon clarificado por membranas

Polpa de yacon: as raízes de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in natura foram adquiridas no comércio local de Fortaleza, CE, Brasil. Em seguida, a polpa de yacon foi processada como reportada por Dionisio et al. (2015). Após lavagem e sanitização, as raízes foram descascadas manualmente, cortadas em cubos de aproximadamente 1 cm³ e imersas em solução de ácido cítrico (2,4% p/v, por 8 minutos) para inativação das enzimas polifenoloxidasas. Os cubos foram processados em liquidificador industrial, e a polpa obtida foi armazenada sob congelamento (- 18 °C) até o momento do uso.

Suco de yacon clarificado por membranas: a polpa de yacon foi submetida a um sistema de microfiltração equipado com membranas cerâmicas tubulares, utilizando-se um sistema em escala de bancada com um conjunto de quatro membranas tubulares de alumina MEMBRALOX – PALL, com área de filtração total de 0,022 m² e diâmetro médio de poro de 0,2 µm. A pressão transmembrana média foi de 3,5 bar, e a velocidade tangencial de 6 a 7 m s⁻¹ com temperatura controlada a 45 ± 2 °C. O processo

foi conduzido utilizando-se uma razão de redução volumétrica constante (FRV, Equação 1) de 1, em um processo tipo batelada alimentada.

$$FRV = \frac{V_i}{V_f} \quad 1$$

Com V_a e V_f sendo os volumes de alimentação e final, em litros (L), respectivamente.

O fluxo representa a vazão (volumétrica, mássica ou molar) de permeado por unidade de área de permeação da membrana. O cálculo do fluxo volumétrico (J) é dado pela Equação (2), definido como o volume que permeia por unidade de tempo (Q) e unidade de área de permeação (A). A unidade de fluxo volumétrico é geralmente representada por $[L.m^{-2}.h^{-1}]$.

$$J = \frac{Q}{A} \quad 2$$

O fluxo de permeado médio foi calculado pela equação $V_p = f (A_p \times t)$, segundo Tylkowski et al. (2010).

Após o final do processo, o permeado do processo (suco clarificado) foi armazenado em sacos plásticos e acondicionado a $5\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ até o momento das análises. O retiro do processo foi descartado.

É importante ressaltar que, ao final de cada processo, a membrana foi limpa conforme protocolo descrito por Abreu et al. (2013).

Análises químicas e físico-químicas

As seguintes análises foram realizadas na polpa e no suco de yacon após clarificação por membranas:

Proteínas e lipídios: utilizando-se os métodos oficiais de análise da AOAC International Association of Official Agricultural Chemistry, Maryland (USA) (2010).

pH: mensurado com a utilização de um medidor de pH digital (Hanna Instruments, modelo HI2211, Romênia), seguindo-se o método 981.12 AOAC (AOAC, 2010).

Acidez Titulável (AT): expressa em porcentagem de ácido cítrico, conforme o método 942.15 AOAC (AOAC, 2010).

Sólidos solúveis: o teor de sólidos solúveis (°Brix) foi determinado com o emprego de um refratômetro (Atago, modelo Pocket PAL-3, Tóquio, Japão) a $20,0 \pm 0,5$ °C, conforme metodologia da AOAC (2005).

Turbidez: mensurada com o uso de um turbidímetro (Tecnonon, modelo TB-1000, Piracicaba, Brasil), sendo os resultados expressos em NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

Cor: determinada em um colorímetro (Minolta, modelo CR-400, Osaka, Japão), estando os resultados baseados em três coordenadas de cor: L^* , a^* , b^* , em que L^* varia de 0 (preto) a 100 (branco), a^* varia do verde (-) ao vermelho (+) e b^* varia de azul (-) ao amarelo (+). Os resultados também foram expressos por meio do diferencial de cor (ΔE), calculado segundo a Equação 3.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad 3$$

Fruto-oligossacarídeos (FOS) totais: determinados conforme descrito por Horwitz, Latimer e George (2005), sendo os resultados expressos em % de FOS na amostra.

Grau de polimerização dos FOS: análise realizada por cromatografia em camada delgada (CCD) para a quantificação dos fruto-oligossacarídeos [GF6, GF5, GF4 (1-FFN – frutofuranosil nistose), GF3 (nistose) e GF2 (1-kestose)]. As amostras foram analisadas por CCD, utilizando-se placas de sílica gel Sigma-Aldrich (20 cm x 20 cm, diâmetro médio de poro de 60 Å; número do produto: 99570-25EA). Amostras de 3 µL foram aplicadas na placa a 1 cm do fundo e a uma distância de separação de 1,0 cm entre si. As placas foram colocadas na câmara de CCD pré-acondicionada em temperatura ambiente (25 °C). O sistema de solventes utilizado para separar a mistura de carboidratos foi uma mistura de n-butanol/2-propanol/H₂O (10:5:4 [v/v/v]) (Shiomi; Onodera; Sakai, 1997). A placa de CCD foi irrigada pelo sistema solvente duas vezes. Para visualizar os GFs separados nas placas, utilizou-se um pulverizador fino contendo n-butanol (80% p/p) como solvente, ácido fosfórico (6,78 mL), ureia (3 g) e etanol (8 mL) em 100 mL. As placas foram aquecidas em forno a 120 °C com circulação de ar durante 10 min. As leituras

foram feitas em comprimento de onda de 450 nm em um densitômetro TLC scanner CAMAG 4, e os resultados foram avaliados com a utilização do programa Planar winCATS Chromatografy Manager.

Ácido clorogênico: determinado como descrito por Jaiswal, Deshpande e Kuhnert (2011) com modificações. As análises foram realizadas em um cromatógrafo LC-PDA (Varian, Modelo 920-LC, Walnut Creek, EUA), acoplado a um detector com arranjo de fotodiodo (PAD), coluna Shim-pack CLC-ODS (M) (Shimadzu C18 4,6 mm x 150 mm) e taxa de fluxo de 0,6 mL min⁻¹. A temperatura do forno da coluna foi ajustada a 30 °C. As amostras foram filtradas utilizando-se membranas de PVDF de 0,45 µm (Syringe Filter Tedia, Brasil) antes da injeção. A fase móvel consistiu de uma combinação de solvente A (0,1% de ácido fórmico em água) e solvente B (metanol). O gradiente variou linearmente de 10% a 40% de A (v/v) em 22 min, a 70% de B a 24 min, e mantido durante 6 min. O detector PDA foi ajustado para 324 nm e foram injetados 40 µL de amostra. A quantificação foi realizada por meio de curvas de calibração externas de ácido clorogênico de 10 µg/g a 200 µg/g. Os resultados foram expressos em µg de ácido clorogênico por g de amostra.

Bebidas prebióticas formuladas com suco clarificado de yacon

Para avaliar a aplicação do suco clarificado de yacon, foram formuladas bebidas mistas com diferentes proporções de suco clarificado de yacon e de caju, sendo elas (Figura 1):

Formulação A: suco clarificado misto de yacon e de caju (70:30 v/v).

Formulação B: suco clarificado misto de yacon e de caju (50:50 v/v).

Formulação C: suco clarificado misto de yacon e de caju (30:70 v/v).

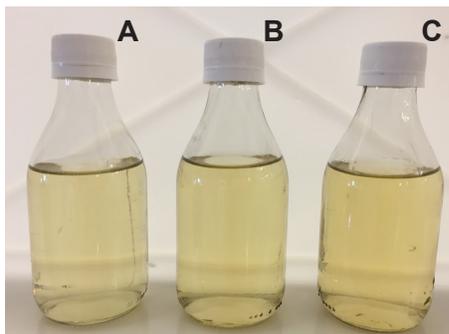


Foto: Ana Paula Dionísio

Figura 1. Diferentes formulações de suco clarificado de yacon e caju.

O suco clarificado de caju foi obtido pelo mesmo processo de microfiltração por membranas utilizado para o suco clarificado de yacon, conforme descrito no item 2.1, a partir do suco de caju integral, obtido em prensa *Expeller*. É importante ressaltar que a formulação “A”, com menor proporção de yacon, atende à quantidade mínima exigida pela legislação em relação ao FOS para ser considerado como alimento com alegações de propriedades funcionais ou de saúde (2,5 g de FOS por porção de 200 mL de suco misto).

Todas as formulações foram submetidas ao tratamento térmico e a análises microbiológicas antes da realização dos testes sensoriais. Essas etapas são descritas a seguir:

Tratamento térmico: os sucos foram formulados (Formulações A, B e C) e pasteurizados em um trocador de calor do tipo tubular marca Armfield, modelo FT74. A temperatura de pasteurização foi de 85 °C, e o tempo de retenção de 30 segundos. O enchimento foi realizado à quente (processo *hot fill*) em garrafas de vidro de 210 mL, previamente higienizadas com cloro (100 mg/L), e fechadas com tampa plástica rosqueável. As garrafas foram deixadas para pasteurização da tampa por 3 minutos, resfriadas em banho de água e estocadas sob refrigeração (4 °C ± 2 °C) até o momento das análises (Figura 2).



Foto: Ana Paula Dionísio

Figura 2. Processamento térmico dos sucos clarificados de yacon e caju.

Qualidade microbiológica: a qualidade microbiológica das bebidas formuladas foi avaliada pela contagem de fungos filamentosos e leveduras, coliformes a 45 °C, *E. coli* e pesquisa de *Salmonella* spp., conforme metodologias descritas no manual *FDA's Bacteriological Analytical Manual* (Andrews; Jacobson; Hammack, 2014). O estudo foi realizado com três repetições, sendo cada repetição constituída por cinco unidades amostrais.

Análise sensorial: a análise foi efetuada com 50 consumidores de suco não treinados, conforme especificado por Meilgaard et al. (2006) e Stone e Sidel (2004). Os protocolos dos testes sensoriais foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Ceará, sob protocolo nº 11044529-5. A degustação das bebidas foi realizada em cabines individuais climatizadas (24 °C), sob iluminação controlada (luz branca, fluorescente). Cerca de 30 mL de amostra foram servidos de forma monádica (uma amostra por vez) aos provadores em taças de vidro de 100 mL, codificadas com números aleatórios de três dígitos, tampadas com vidro de relógio, colocadas em bandejas com guardanapo descartável e um copo de água para limpeza do palato.

Foram aplicados testes de aceitação, diagnóstico de atributos (intensidade de cor, sabor e aroma) e intenção de compra. Para a avaliação da aceitação dos atributos aparência, aroma e sabor, foi utilizada a escala hedônica estruturada de 9 pontos, variando de “Desgostei muitíssimo” = 1 a “Gostei muitíssimo” = 9 (Peryam; Pilgrim, 1957). Para o diagnóstico dos atributos, foi utilizada uma escala de 9 cm ancorada em seus extremos com termos referentes a sua intensidade. Na avaliação da cor amarelo-palha, utilizou-se nos extremos da escala: 0 = claro e 9 = escuro; gosto ácido, 0 = fraco e 9 = forte; e para os atributos sabor característico de caju e aroma de caju, utilizou-se 0 = nenhum e 9 = forte. O teste de intenção de compra foi realizado utilizando-se escala verbal de 5 pontos, pré-definida em “certamente não compraria” = 1 a “certamente compraria” = 5 e, no ponto intermediário, “talvez comprasse/talvez não comprasse” = 3 (região de indecisão).

Análise estatística

Os resultados da caracterização química, físico-química e sensorial foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando-se o programa estatístico XLSTAT Addinsoft, New York, NY: Versão 2015. Para a análise

estatística dos dados sensoriais, as categorias da escala hedônica foram associadas a valores numéricos, sendo 9 = “gostei muitíssimo”; 8 = “gostei muito”; 7 = “gostei”; 6 = “gostei pouco”; 5 = “nem gostei/nem desgostei”; 4 = “desgostei pouco”; 3 = “desgostei”; 2 = “desgostei muito”; e 1 = “desgostei muitíssimo”. Os dados da intenção de compra foram representados por meio de histogramas de frequência.

Resultados e Discussão

Caracterização da polpa de yacon e suco de yacon clarificado por membranas

O processo de clarificação por membranas foi empregado com êxito, uma vez que apresentou características satisfatórias, manutenção de seus componentes bioativos (fruto-oligossacarídeos e ácido clorogênico) e um elevado fluxo de permeado ($196,23 \text{ L h}^{-1} \text{ m}^{-2}$). Silva et al. (2018), avaliando o processo de membranas para clarificação do yacon, mostraram que o material apresentou um fluxo de permeado elevado e que as condições utilizadas não afetaram os compostos bioativos, ou seja, não houve degradação dos componentes de interesse nas condições de processamento utilizadas.

A Tabela 1 apresenta a caracterização química e físico-química da polpa de yacon e do suco de yacon clarificado por membranas.

A polpa e o suco de yacon clarificado por membranas apresentaram baixo conteúdo de proteínas e lipídios e elevada concentração de fruto-oligossacarídeos. Estes resultados estão de acordo com a literatura, uma vez que diversos trabalhos reportam o yacon como um alimento de baixa concentração de proteínas e lipídeos, com valores que variam de 0,1 a 4,9 g/100 g e 0,1 a 1,5 g/100 g, respectivamente (Ojansivu et al., 2011; Manrique et al., 2004; Lachman et al., 2003; Hermann et al., 1999; Grau; Rea, 1997). Além disso, ambos os produtos apresentaram-se como ácidos, sendo interessante do ponto de vista microbiológico e de segurança do produto. O baixo valor de pH ocorre devido ao processo de inativação enzimática, que utiliza ácido cítrico para inibição do escurecimento da raiz pela ação das enzimas da classe das polifenoloxidasas (Dionisio et al., 2013).

Tabela 1. Caracterização química e físico-química da polpa de yacon e do suco de yacon clarificado por membranas.

Variáveis	Polpa	Suco clarificado
Proteínas (%)	1,89 ± 0,15 ^a	0,99 ± 0,07 ^b
Lipídios (%)	0,19 ± 0,01	n.d.
pH	3,74 ± 0,04 ^a	3,52 ± 0,03 ^b
Acidez Titulável (%)	0,43 ± 0,01 ^b	0,53 ± 0,02 ^a
Sólidos Solúveis (°Brix)	7,27 ± 0,31 ^b	8,53 ± 0,12 ^a
L*	58,92 ± 0,68 ^b	89,85 ± 0,13 ^a
a*	6,60 ± 0,32 ^a	- 1,14 ± 0,08 ^b
b*	29,71 ± 0,33 ^a	4,42 ± 0,25 ^b
Turbidez (NTU)	>1.000,00 ^a	5,09 ± 0,08 ^b
Ácido clorogênico (µg/g)	25,47 ± 0,01 ^a	23,92 ± 2,03 ^a
Fruto-oligossacarídeos (g/ 100g)	3,34 ± 0,78 ^a	4,34 ± 0,42 ^a

Resultados expressos como média ± desvio padrão de determinações em triplicata (base úmida). Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem significativamente entre si pela análise de variância ($p > 0,05$). n.d.: não detectado.

Com relação aos valores de sólidos solúveis, Lago (2010) relata valores de 8 °Brix para o suco de yacon branqueado, despulpado e filtrado. Esses valores são próximos ao encontrado no presente trabalho para polpa e suco clarificado de yacon.

Para os valores de cor, expressos pelas coordenadas de L*, a* e b*, pode-se verificar que – em comparação com a polpa – a clarificação do yacon altera a cor do suco clarificado, aumentando a luminosidade e diminuindo consideravelmente os valores de a* e b*. O valor de Delta E, calculada entre as duas amostras, mostra que a diferença de cor é facilmente percebida entre as amostras, uma vez que este valor foi superior a 40. Segundo Mokrzycki e Tatol (2011), valores superiores a 5 denotam que pessoas, mesmo sem treinamento, observam duas diferentes cores entre as amostras. Associados a essas alterações, os valores de turbidez – como esperado – são baixos no material clarificado, indicando que o processo de microfiltração foi empregado com êxito. As diferenças de cor e de turbidez são facilmente visualizadas na Figura 3.

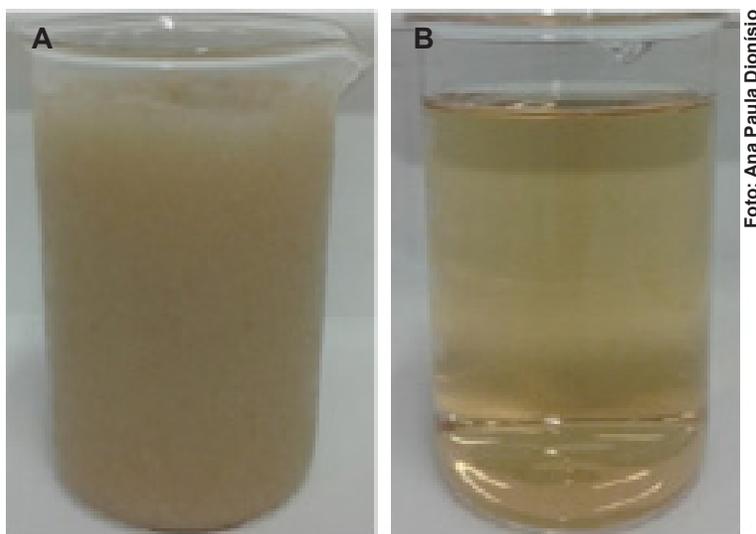


Figura 3. Polpa de yacon (A) e suco clarificado de yacon (B).

Com relação aos compostos de interesse (ácido clorogênico e fruto-oligossacarídeos), as amostras não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si ($p > 0,05$), sugerindo que o processo de clarificação não altera o conteúdo de ácido clorogênico e nem degrada os FOS. Esses resultados estão de acordo com Silva et al. (2018), que indicam que o processamento por membranas não degrada os componentes de interesse do yacon. O ácido clorogênico é encontrado em alimentos como café e alcachofra e tem sido alvo de inúmeros estudos pela sua possível relação com a redução do risco de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (Garambone e Rosa, 2007). Quanto aos conteúdos de FOS presentes na polpa e no suco clarificado, observa-se que estão de acordo com a legislação vigente para alimentos com alegações de propriedades funcionais e/ou de saúde (ANVISA, 2016), uma vez que esta preconiza um mínimo de 2,5 g por porção do produto (no caso de bebidas, a porção é 200 mL). Para o suco clarificado de yacon (em sua forma integral), os valores alcançados são de 8,7 g por porção, sendo cerca de 3,5 vezes superior ao mínimo exigido pela legislação brasileira. Dessa forma, a sua incorporação em bebidas mistas torna-se interessante, diminuindo o custo da bebida final – uma vez que o custo do yacon no Brasil ainda pode ser considerado elevado

– e dando-lhe um caráter prebiótico. A incorporação de uma substância prebiótica é uma estratégia interessante para agregação de valor ao produto final, além de ser um produto diferenciado.

Além do conteúdo total de FOS, é importante o conteúdo de cada um de seus graus de polimerização (GP) (Tabela 2). Pode-se observar que a polpa e o suco clarificado de yacon também não apresentaram diferenças significativa entre si ($p > 0,05$) na concentração dos diferentes graus de polimerização dos fruto-oligossacarídeos, sugerindo que o processo empregado não prejudicou a qualidade dos FOS ali presentes.

Tabela 2. Conteúdo de fruto-oligossacarídeos (FOS) e seus diferentes graus de polimerização (GP) na polpa e no suco clarificado de yacon.

Variáveis	Polpa	Suco clarificado
FOS (%)	3,34 ± 0,78	4,34 ± 0,42
GF6 (%)	0,29 ± 0,07	0,34 ± 0,03
GF5 (%)	0,23 ± 0,05	0,24 ± 0,02
GF4 (%)	0,42 ± 0,10	0,42 ± 0,04
GF3 (%)	0,70 ± 0,16	0,85 ± 0,08
GF2 (%)	0,50 ± 0,12	0,70 ± 0,07

Resultados expressos como média ± desvio padrão de determinações em triplicata. As amostras não diferiram significativamente entre si pela análise de variância ($p > 0,05$).

Aceitabilidade das bebidas elaboradas com yacon clarificado por membranas

Para demonstrar a aplicabilidade do suco clarificado de yacon, foram elaboradas diferentes formulações de bebida mista com diferentes porcentagens de suco clarificado de caju. Os testes de aceitação sensorial das bebidas mistas foram realizados somente após a confirmação da segurança microbiológica dos produtos. Todas as bebidas apresentaram-se dentro dos requisitos da legislação, com ausência de coliformes fecais, *E. coli* e *Salmonella* spp. A contagem de aeróbios mesófilos e de fungos filamentosos e leveduras foram inferiores ao limite de detecção do método (<10).

Os resultados dos testes sensoriais referentes à aceitação sensorial das bebidas encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Aceitação sensorial das bebidas clarificadas formuladas com suco clarificado de yacon e suco clarificado de caju.

Atributo	A (70:30)	B (50:50)	C (30:70)
Aceitação aparência	6,8 a	6,8 a	6,8 a
Aceitação aroma	5,8 b	5,9 ab	6,6 a
Aceitação sabor	5,5 b	6,0 ab	6,5 a

Médias seguidas de letras diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa em análise de variância ($p < 0,05$). As formulações A, B e C são compostas pelas proporções indicadas de suco clarificado de yacon e suco clarificado de caju.

Observa-se que as bebidas mistas clarificadas apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) para aceitação de aroma e sabor, sendo mais elevadas quando as maiores concentrações de caju foram utilizadas. Para a aceitação de sabor, os valores hedônicos ficaram entre 5,5 e 6,5, o que corresponde na escala às avaliações “não gostei nem desgostei” a “gostei ligeiramente”, e apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si. Isso demonstra que a formulação C, elaborada com 70% de suco clarificado de caju e 30% de suco clarificado de yacon, apresentou a melhor aceitação sensorial, sendo a formulação indicada para uso.

Adicionalmente, para aceitação de aparência, as bebidas não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si. Isso ocorre porque, embora os materiais clarificados (suco de caju e suco de yacon) tenham apresentado uma coloração amarelo-palha distinta verificada pelo diagnóstico de atributos, essa diferença não afetou a aceitação da cor dos produtos. Esses resultados podem ser observados na Figura 3, que contempla as diferenças existentes entre as formulações referentes ao “sabor característico de caju”, “intensidade cor amarelo-palha”, “aroma de caju” e “gosto ácido”.

De acordo com o diagnóstico de atributos, as bebidas formuladas com maiores concentrações de yacon apresentaram maior intensidade de cor amarelo-palha e gosto ácido. Já as bebidas com maiores concentrações de caju se destacaram pelo sabor e aroma característico de caju. De uma forma geral, com o aumento do aroma e sabor de caju e diminuição do gosto ácido,

as formulações apresentaram melhor aceitação sensorial. Levando-se em consideração o processamento do yacon para obtenção da polpa, utiliza-se ácido cítrico para inativação enzimática. Porém, sem o uso do ácido, poderiam ocorrer perdas dos componentes bioativos de interesse do material, além de proporcionar um escurecimento indesejável (Dionísio et al., 2013).

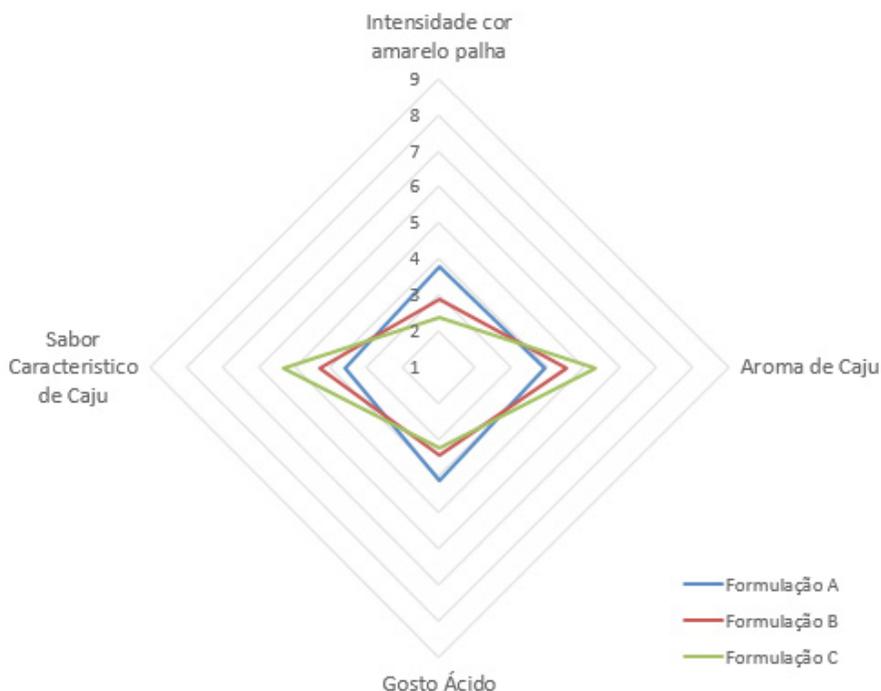


Figura 3. Diagnóstico de atributos das diferentes bebidas mistas formuladas com suco clarificado de yacon e de caju. Formulação A = 70:30 v/v, B = 50:50 v/v e C = 30:70 v/v de suco clarificado de yacon e suco clarificado de caju, respectivamente.

De acordo com o diagnóstico de atributos, as bebidas formuladas com maiores concentrações de yacon apresentaram maior intensidade de cor amarelo-palha e gosto ácido. Já as bebidas com maiores concentrações de caju se destacaram pelo sabor e aroma característico de caju. De uma forma geral, com o aumento do aroma e sabor de caju e diminuição do gosto ácido, as formulações apresentaram melhor aceitação sensorial. Levando-se em

consideração o processamento do yacon para obtenção da polpa, utiliza-se ácido cítrico para inativação enzimática. Porém, sem o uso do ácido, poderiam ocorrer perdas dos componentes bioativos de interesse do material, além de proporcionar um escurecimento indesejável (Dionísio et al., 2013).

A Figura 4 mostra a intenção de compra das diferentes formulações das bebidas clarificadas de yacon e caju. Observando-se essa Figura, é possível verificar que as bebidas apresentaram aceitação positiva, em que o maior número de provadores (acima de 50%) escolheu que “certamente” ou “provavelmente” comprariam as bebidas. Estes resultados demonstram que é possível elaborar bebidas mistas com suco clarificado de yacon e suco clarificado de caju, sendo uma interessante estratégia de uso para o yacon, diversificando e agregando valor aos produtos da cajucultura brasileira.

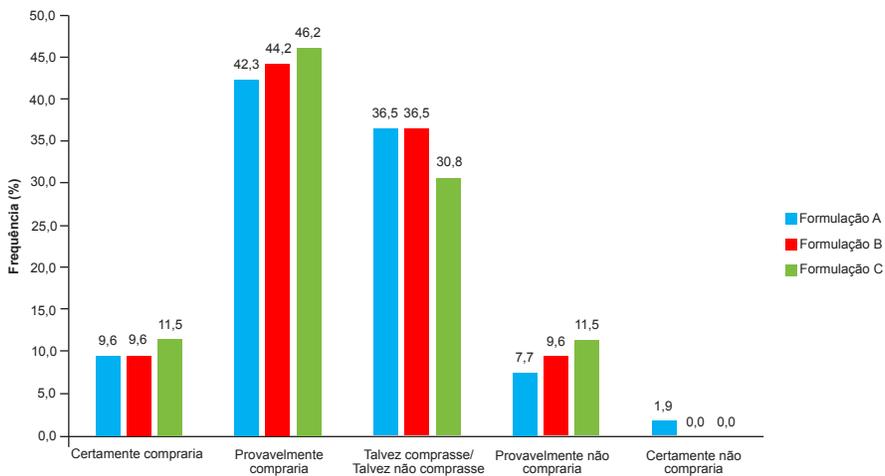


Figura 4. Intenção de compra das diferentes bebidas clarificadas formuladas com yacon e caju. As formulações são compostas pelas proporções de suco clarificado de yacon e suco clarificado de caju de: A (70:30, v/v), B (50:50, v/v) e C (30:70, v/v).

Conclusões

O processo de microfiltração mostrou ser adequado para a obtenção de suco clarificado de yacon.

A caracterização química e físico-química do suco clarificado de yacon obtido mostrou uma concentração de fruto-oligossacarídeos superior ao valor mínimo exigido pela legislação brasileira para alimentos com alegações de propriedades funcionais ou de saúde. Também foi possível verificar que o processo utilizado não altera os teores de ácido clorogênico e de fruto-oligossacarídeos inicialmente presentes na polpa do yacon.

A avaliação sensorial dos sucos mistos com suco clarificado de caju mostrou a possibilidade de aplicação do suco clarificado de yacon na incorporação em bebidas mistas, sendo que a maior aceitação sensorial ocorreu quando se utilizou a proporção de 30% de yacon e 70% de caju.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e à CAPES pelo apoio financeiro.

Referências

- ABREU, F. A. P.; DORNIER, M.; DIONISIO, A. P.; CARAIL, M.; CARIS-VEYRAT, C.; DHUIQUE-MAYER, C. Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) extract from by-product of juice processing: a focus on carotenoids. **Food Chemistry**, v. 138, n. 1, p. 25-31, 2013.
- ANDREWS, W. H.; JACOBSON, A.; HAMMACK, T. S. Salmonella. In: UNITED STATES FOOD DRUG ADMINISTRATION. **Bacteriological analytical manual online**. 8. ed. Rockville, 2014. chap. 5. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm070149.htm>>. Acesso em: 5 dez. 2017.
- ANVISA. **Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde**. 2016. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/alegacoes>>. Acesso em: 08 dez. 2017.
- AOAC. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry international**. 18. ed., 3. rev. Washington: 2010. 1094 p.
- AOAC. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry international**. 18. ed. Gaithersburg, 2005. 1015 p.
- CAMPOS, D.; BETALLELUZ-PALLARDEL, I.; CHIRINOS R.; AGUILAR-GALVEZ, A.; NORATTO, G.; PEDRESCHI, R. Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1592-1599, 2012.

- DELGADO, G. T.; THOMÉ, R.; GABRIEL, D. L.; TAMASHIRO, W. M.; PASTORE, G. M. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*)-derived fructooligosaccharides improves the immune parameters in the mouse. **Nutrition Research**, v. 32, n. 11, p. 884-892, 2012.
- DIONÍSIO, A. P.; WURLITZER, N. J.; GOES, T. S.; BORGES, M. F.; GARRUTI, D. S.; ARAUJO, I. M. S. Estabilidade de uma bebida funcional de frutas tropicais e yacon (*Smallanthus sonchifolius*) durante o armazenamento sob refrigeração. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 66, p. 148, 2016.
- DIONÍSIO, A. P.; CARVALHO-SILVA, L. B.; VIEIRA, N. M.; GOES, T. S.; WURLITZER, N. J.; BORGES, M. F.; BRITO, E. S.; IONTA, M.; FIGUEIREDO, R. W. Cashew-apple (*Anacardium occidentale* L.) and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) functional beverage improve the diabetic state in rats. **Food Research International**, v. 77, part 2, p. 171-176, nov. 2015.
- DIONÍSIO, A. P.; WURLITZER, N. J.; VIEIRA, N. M.; GOES, T. S.; MODESTO, A. L. G.; ARAUJO, I. M. **Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*):** obtenção de extrato com manutenção das suas propriedades nutricionais e inativação de enzimas de escurecimento. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. 5 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 206). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95685/1/COT13005.pdf>>. Acesso em: 5 dez. 2017.
- GARAMBONE, E.; ROSA, G. Possíveis benefícios do ácido clorogênico à saúde. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, p. 229-235, 2007.
- GRAU, A.; REA, J. Genetic resources of yacon *Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl. In: HELLER, J.; HERMMAN, M.; ENGELS, J. (Ed.). **Andean roots and tuber genetic resources**. Rome: IPGRI, 1997. p. 198-242.
- HERMANN, M.; FREIRE, I.; PAZOS, C. Compositional diversity of the yacon storage root. In: Impact on a changing world: Program report 1997-98. In: INTERNATIONAL POTATO CENTER, 1999, Lima Anais... Lima, 1999. p. 425-432. Disponível em: <<http://cipotato.org/library/pdfdocs/RTA58114.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2017.
- HORWITZ, W.; LATIMER, J. R.; GEORGE, W. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 18. ed. Gaithersburg: AOAC, 2005. Cap. 45, met. 999.03. p. 96-98.
- JAISSWAL, R.; DESHPANDE, S.; KUHNERT, N. Profiling the chlorogenic acids of *Rudbeckia hirta*, *Helianthus tuberosus*, *Carlina acaulis* and *Symphotrichum novae-angliae* leaves by LC-MSn. **Phytochemical Analysis**, v. 22, n. 5, p. 432-441, 2011.
- LACHMAN, J.; FERNÁNDEZ, E. C.; ORSÁK, M. Yacon [*Smallanthus sonchifolia* (Poepp. et

Endl.) H. Robinson] chemical composition and use – a review. **Plant Soil Environmental**, v. 49, n. 6, p. 283-290, jun. 2003.

LAGO, C. C. **Estudo do suco concentrado e da polpa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. 105 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LAYAL, D.; CHRISTELLE, W.; JULIEN, R.; ANDRÉ, K.; MANUEL, D.; MICHÈLE, D. Development of an original lab-scale filtration strategy for the prediction of microfiltration performance: Application to orange juice clarification. **Separation and Purification Technology**, v. 156, Part 1, p. 42-50, out. 2015.

MACHADO, M. T. C.; TREVISAN, S.; PIMENTEL-SOUZA, J. D. R.; PASTORE, G. M.; HUBINGER, M. D. Clarification and concentration of oligosaccharides from artichoke extract by a sequential process with microfiltration and nanofiltration membranes. **Journal of Food Engineering**, v. 180, p. 120-128, jul. 2016.

MANRIQUE, I.; HERMANN, M.; BERNET, T. **Yacon - Fact Sheet**. Peru: International Potato Center, 2004. Disponível em: <<https://cipotato.org/crops/roots-and-tubers/yacon/>>. Acesso em: 25 out. 2017.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. 464 p.

MOKRZYCKI, W.; TATOL, M. Color difference Delta E: a survey. **Machine graphics and vision**, v. 20, n. 4, p. 383-411, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/236023905_Color_difference_Delta_E_-_A_survey>. Acesso em: 03 dez. 2017.

OJANSIVU, I., FERREIRA, C.; SALMINEN, S. Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 1, p. 40-46, 2011.

PERYAM, D. R.; PILGRIM, F. J. Hedonic scale method of measuring food preference. **Food Technology**, v. 11, p. 9-14, 1957.

SHIOMI, N.; ONODERA, S.; SAKAI, H. Fructo-oligosaccharide content and fructosyltransferase activity during growth of onion bulbs. **New Phytologist**, v. 136, n. 1, maio, p. 105-113, 1997.

SILVA, M. F. G.; DIONÍSIO, A. P.; ABREU, F. A. P.; PINTO, C. O.; SILVA, L. M. A. e; BRITO, E. S. de; WURLITZER, N. J. ; LIMA, A. C. V. de; RODRIGUES, S.; GOMES, W. F.; PONTES, D. F. Optimization of enzymatic treatment to produce yacon juice clarified by microfiltration with high levels of chlorogenic acid and fructooligosaccharides. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 6, jun. 2018

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3 ed. San Diego: Academic Press, 2004. 377 p.

TYLKOWSKI, B.; TRUSHEVA, B.; BANKOVA, V.; GIAMBERINI, M.; PEEV, G.; NIKOLOVA, A. Extraction of biologically active compounds from propolis and concentration of extract by nanofiltration. **Journal of Membrane Science**, v. 348, p. 124-130, 2010.

Embrapa

Agroindústria Tropical



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO