

Bebida Prebiótica de Frutas Tropicais e Yacon com Elevada Capacidade Antioxidante



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

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 92

Bebida Prebiótica de Frutas Tropicais e Yacon com Elevada Capacidade Antioxidante

*Ana Paula Dionísio
Nedio Jair Wurlitzer
Maria de Fatima Borges
Idila Maria da Silva Araújo
Talita de Souza Goes
Nara Menezes Vieira
Raimundo Wilane de Figueiredo*

Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
2014

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 de Publicações da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente: *Marlon Vagner Valentim Martins*

Secretário-Executivo: *Marcos Antônio Nakayama*

Membros: *José de Arimatéia Duarte de Freitas, Celli Rodrigues*

Muniz, Renato Manzini Bonfim, Rita de Cassia Costa

Cid, Rubens Sonsol Gondim, Fábio Rodrigues de Miranda

Revisão de texto: *Marcos Antônio Nakayama*

Normalização bibliográfica: *Rita de Cassia Costa Cid*

Foto da capa: *Ana Paula Dionísio*

Editoração eletrônica: *Arilo Nobre de Oliveira*

1ª edição

On-line (2014)

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

Bebida prebiótica de frutas tropicais e yacon com elevada capacidade antioxidante / Ana Paula Dionísio... [et al.]. – Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 2014.

24 p. : il. ; 14,8 cm x 21 cm. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1679-6543; 92).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. Frutas tropicais. 2. *Smallanthus sonchifolius*. 3. Prebiótico. 4. Antioxidante. 5. Planejamento estatístico de experimentos. I. Dionísio, Ana Paula. II. Wurlitzer, Nedio Jair. III. Borges, Maria de Fatima. IV. Araújo, Ídila Maria da Silva. V. Goes, Talita de Souza. VI. Vieira, Nara Menezes. VII. Figueiredo, Raimundo Wilane de. IX. Série.

CDD 664.8052

© Embrapa 2014

Sumário

Resumo	4
Abstract.....	6
Introdução.....	8
Material e Métodos.....	9
Resultados e Discussão.....	14
Conclusões.....	19
Agradecimentos	20
Referências	21

Bebida Prebiótica de Frutas Tropicais e Yacon com Elevada Capacidade Antioxidante

Ana Paula Dionísio¹

Nedio Jair Wurlitzer²

Maria de Fatima Borges³

Idila Maria da Silva Araújo⁴

Talita de Souza Goes⁵

Nara Menezes Vieira⁶

Raimundo Wilane de Figueiredo⁷

Resumo

Estudos recentes têm demonstrado que as frutas tropicais são ricas em muitos nutrientes e compostos antioxidantes, que vêm sendo associados a inúmeros efeitos benéficos à saúde do homem. Além das frutas tropicais, o efeito prebiótico do consumo de yacon (*Smallanthus sonchifolius*), uma raiz tuberosa de origem andina, também vem sendo reportada por diversos autores, apresentando um grande destaque na área de “alimentos funcionais”. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho contemplou o desenvolvimento de uma bebida prebiótica de frutas tropicais e yacon por meio do uso de planejamento estatístico de experimentos do tipo *delineamento composto central rotacional*

¹ Cientista de alimentos, D.Sc. em Ciência de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

² Engenheiro de alimentos, D.Sc. em Tecnologia de Alimentos, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

³ Engenheira de alimentos, D.Sc. em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

⁴ Tecnóloga de alimentos, M.Sc. em Bioprospeção Molecular, técnica da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

⁵ Graduanda em Engenharia de Alimentos, Bolsista Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

⁶ Engenheira de alimentos, M.Sc. em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

⁷ Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Ciências dos Alimentos, professor associado da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

(DCCR), com duas variáveis independentes (concentração de yacon e de edulcorante, em porcentagem), e uma resposta (aceitação sensorial). Os resultados, analisados com auxílio do programa Statistica 7.0, mostraram que, nas concentrações utilizadas, somente os termos linear e quadrático da concentração de edulcorante foram estatisticamente significativos ($P < 0,05$) para a bebida, com valor de R^2 de 82,57, e $F_{\text{calc.}}$ altamente significativo. A partir dos resultados obtidos, foi selecionada uma formulação composta por 50% de yacon e 0,07% de edulcorante. A bebida pasteurizada (90 °C por 60 segundos) atendeu aos critérios de segurança microbiológica preconizado pela legislação, apresentou boa qualidade físico-química e sensorial, além de níveis consideráveis de compostos bioativos e antioxidantes. Além disso, a bebida prebiótica apresentou elevadas concentrações de fruto-oligossacarídeos, superior ao mínimo exigido pela legislação brasileira.

Termos para indexação: Frutas tropicais, *Smallanthus sonchifolius*, prebiótico, antioxidante, planejamento estatístico de experimentos.

Prebiotic Beverage Composed by Tropical Fruits and Yacon with Antioxidant Capacity

Abstract

Recent studies have shown that tropical fruits are rich in many nutrients and antioxidants, which have been associated with numerous beneficial human health effects. Besides the tropical fruits, the prebiotic effect of consumption of the yacon (Smallanthus sonchifolius) – a tuberous root of Andean origin – has also been extensively reported by several authors, being one of the most important food as “functional” properties. Thus, the aim of this work included the development of a prebiotic beverage composed by a mix of tropical fruits and yacon, using statistical design of experiments (central composite rotational design), with two independent variables (concentration of yacon and sweetener percentage) and sensorial acceptance, as a response. The results, analyzed using the Statistica 7.0 software, showed that only the linear and quadratic terms of the concentration of sweetener were statistically significant ($P < 0.05$) for the beverage, with R^2 of 82.57, and $F_{calc.}$ highly significant. In posses of the results obtained in the statistical planning, a formulation composed by 50% and 0.07% yacon sweetener was selected. The pasteurized beverage (90 °C for 60 seconds) presented satisfactory physical-chemical, sensorial and microbiological quality in addition to significant levels of bioactive compounds and antioxidants.

Moreover, the prebiotic product showed high concentrations of fructo-oligosaccharides, higher than the minimum required by Brazilian legislation.

Index terms: tropical fruits, Smallanthus sonchifolius, prebiotic, antioxidant, experimental design.

Introdução

Nos últimos anos, tem-se observado uma tendência de mercado para o desenvolvimento de produtos inovadores para a indústria de alimentos. Entre eles, destacam-se os alimentos e bebidas “funcionais” (SALVIA-TRUJILLO et al., 2011). As novas bebidas funcionais com base de frutas tropicais estão se tornando cada vez mais populares devido a seus efeitos benéficos à saúde, apresentando grande aceitação pelos consumidores. Para o sucesso da comercialização desses produtos, são importantes a tecnologia utilizada para sua conservação, os ingredientes e a formulação (GRANATO et al., 2010).

Dentre as frutas tropicais que apresentam elevadas concentrações de compostos bioativos, destacam-se o camu-camu (*Myrciaria dubia*), a acerola (*Malpighia emarginata*), o caju (*Anacardium occidentale*), o cajá (*Spondias mombin* L.) e o açai (*Euterpe oleracea*). Essas frutas são excelentes fontes de vitaminas hidrossolúveis, fitoesteróis, polifenóis, entre outros compostos antioxidantes, e os efeitos benéficos de cada fruta individualmente já foram demonstrados em diversos ensaios in vitro e in vivo (ROSSO, 2013; RUFINO et al., 2010; LICHTENTHALER et al., 2005). Recentemente, uma bebida composta por essas frutas foi desenvolvida na Embrapa Agroindústria Tropical, e os efeitos benéficos de sua ingestão, principalmente os relacionados à atividade antioxidante, foram comprovados em camundongos e ratos alimentados com essa bebida (PEREIRA, 2014; PEREIRA et al., 2014; CARVALHO-SILVA et al., 2014).

Além dos compostos antioxidantes provenientes de frutas, outra classe de compostos que vem se destacando na área de “alimentos funcionais” são os fruto-oligossacarídeos. Esses açúcares atuam como prebióticos e possuem elevada importância no organismo humano, pois não são digeríveis pelas enzimas do trato digestório humano, estimulam seletivamente o crescimento e atividade de bactérias intestinais promotoras de saúde, e influenciam os parâmetros lipídicos (MOSCATTO et al., 2004). Dentre os alimentos que apresentam elevadas concentrações de fruto-oligossacarídeos, destaca-se o yacon

(*Smallanthus sonchifolius*), uma raiz tuberosa de origem andina, crocante e de sabor semelhante à pera. Por suas características, sua incorporação em bebidas de frutas torna-se uma estratégia viável, sendo extremamente interessante na diversificação de alimentos considerados “funcionais”.

Considerando-se que a bebida mista de frutas tropicais desenvolvida pela Embrapa Agroindústria Tropical apresenta elevado potencial antioxidante, e que a incorporação de yacon traz para a bebida um caráter prebiótico, o objetivo do presente trabalho foi desenvolver uma bebida prebiótica de frutas tropicais e yacon por meio do delineamento composto central rotacional (DCCR) e caracterizá-la a partir de análises físico-químicas, de compostos bioativos e antioxidantes, análises microbiológicas e sensoriais, após o processamento de pasteurização. O desenvolvimento desse produto possibilitará a diversificação de produtos prebióticos no mercado, além de ser uma importante fonte de compostos antioxidantes.

Material e Métodos

Matéria-prima

As raízes de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in natura e as polpas de frutas de acerola, caju, cajá, camu-camu, açaí e abacaxi foram adquiridas no mercado local de Fortaleza, CE. As polpas congeladas de frutas foram armazenadas sob congelamento (-18°C) até o momento do uso, e as raízes foram processadas no Laboratório de Processos Agroindustriais para obtenção do extrato de yacon.

Extrato de yacon

Nesta etapa, as raízes de yacon foram sanitizadas em água clorada (200 ppm de cloro ativo), descascadas manualmente e cortadas em cubos de 1 cm³. Para inativação das enzimas da classe das polifenoloxidasas, que causam um escurecimento da raiz tornando-a imprópria para o consumo, os cubos da raiz processada foram imediatamente imersos em uma solução de ácido cítrico 2,4%, por 8 minutos (DIONÍSIO et al., 2013). Em seguida, os cubos foram retirados

da solução para que o excesso de solução de ácido cítrico escorresse, e então triturados em multiprocessador tipo centrífuga doméstica (Mondial Premium) para obtenção do extrato de yacon. O produto foi armazenado sob congelamento (-18°C) até o momento do uso.

Uso de ferramentas estatísticas para o desenvolvimento das bebidas prebióticas de frutas tropicais e yacon

Para o desenvolvimento das bebidas prebióticas, foi utilizado um delineamento estatístico DCCR e metodologia de superfície de resposta, tendo *teor de edulcorante* e *percentual de yacon* como variáveis independentes e *aceitação sensorial* como variável dependente.

Como edulcorante, optou-se pela estévia, por ser natural e possuir considerável poder edulcorante. As formulações foram desenvolvidas a partir de um *blend* de frutas tropicais, contendo 10% acerola, 5% cajá, 5% caju, 5% camu-camu, 5% açaí e 20% abacaxi, com concentrações diferentes em cada formulação. O *blend* desenvolvido por Pereira (2014) utiliza 50% de água, substituída por extrato de yacon para este estudo, nas concentrações que variaram de acordo com a Tabela 1. As proporções de extrato de yacon e polpas de frutas foram definidas de acordo com o delineamento estatístico do tipo DCCR, com as variáveis: *concentração de extrato de yacon adicionado à bebida de frutas tropicais* (em %: $+\alpha = 70$ e $-\alpha = 50$), e *concentração de estévia* (em %: $+\alpha = 0,1$ e $-\alpha = 0,01$). Para a análise estatística, utilizou-se o programa Statistica 7.0, considerando-se $P < 0,05$.

Tabela 1. Valores utilizados no DCCR.

Variável	-1,41	-1	0	+1	+1,41
Edulcorante (%)	0,01	0,023	0,05	0,087	0,10
Extrato de yacon (%)*	50	53	60	67	70

* Adição de 50%, 47%, 40%, 33% e 30% do *blend* de frutas tropicais para as formulações correspondentes às variáveis -1,41; -1; 0; +1 e +1,41 respectivamente. A proporção de cada fruta no *blend* foi mantida conforme desenvolvido por Pereira (2014).

Testes sensoriais para avaliação da aceitabilidade das bebidas funcionais

A variável dependente para o desenvolvimento das bebidas prebióticas foi a aceitação sensorial. Para isso, todas as bebidas formuladas seguindo o planejamento estatístico de experimentos foram avaliadas por 50 julgadores não treinados. A degustação foi realizada individualmente, servindo as amostras agrupadas em 3 blocos com 4 amostras cada um, distribuídas aleatoriamente, com exceção das repetições no ponto central, as quais foram distribuídas uma em cada bloco. As amostras foram servidas refrigeradas em copos plásticos descartáveis de 50 mL. Para a avaliação da aceitação global das amostras, foi utilizada escala hedônica estruturada de 9 pontos.

Processamento térmico

Por meio da análise do modelo gerado pela superfície de resposta, foi possível selecionar uma formulação para as demais etapas do presente trabalho. A bebida prebiótica de frutas tropicais e yacon foi formulada, distribuída em 3 lotes de 10 litros cada um e submetida ao tratamento térmico, utilizando um trocador tubular Armfield FT74X. O tratamento térmico foi efetuado a 85 °C, com tempo de retenção de 90 segundos, seguindo-se o enchimento a quente em garrafas de vidro de 200 mL, previamente higienizadas com cloro (200 ppm), sendo mantidas sob refrigeração (5 °C ± 2 °C) até o momento das análises. As etapas de processamento para obtenção da bebida prebiótica de frutas tropicais e yacon podem ser visualizadas na Figura 1.

Aceitabilidade da bebida processada

A aceitabilidade da bebida pasteurizada foi avaliada por 50 julgadores não treinados. As amostras foram servidas refrigeradas em copos plásticos descartáveis de 50 mL. Para a avaliação da aceitação global das amostras, foi utilizada escala hedônica estruturada de 9 pontos.

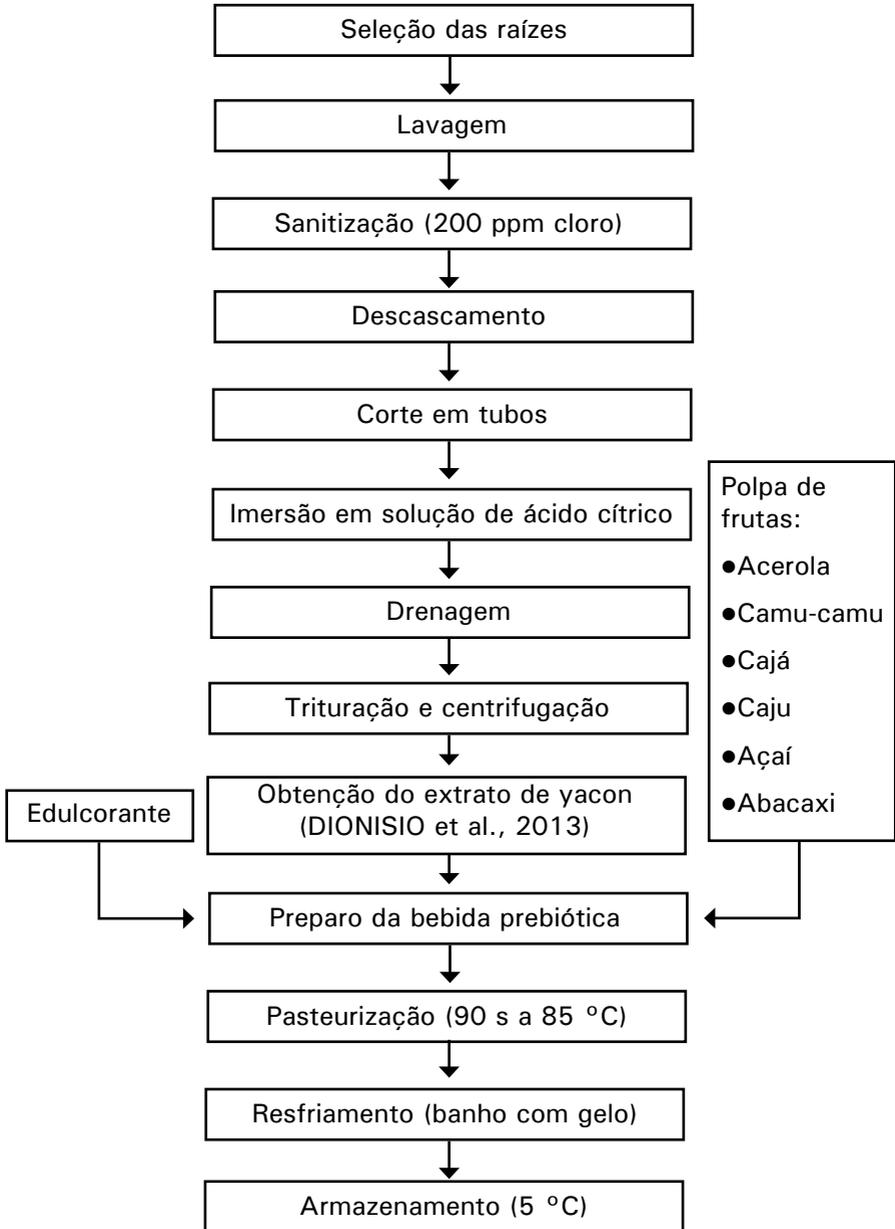


Figura 1. Fluxograma de processamento da bebida prebiótica de frutas tropicais e yacon.

Análises de caracterização físico-química, de compostos bioativos e atividade antioxidante total

As análises realizadas na bebida prebiótica foram:

- *Caracterização físico-química*: os teores de umidade, proteína, lipídios, cinzas e sólidos solúveis foram determinados, respectivamente, pelos métodos nº 934.01, nº 984.13, nº 930.05, nº 930.05 e nº 932.12 da AOAC (1997). A quantidade total de carboidratos foi calculada por diferença: $100 - (\% \text{ água} + \% \text{ proteína} + \% \text{ lipídios} + \% \text{ cinzas})$. Os valores de pH foram determinados por leitura direta das amostras em potenciômetro, e a acidez titulável foi realizada titulando-se a amostra com solução de NaOH 0,1 M, utilizando a solução de fenolftaleína 1% como indicador (INSTITUTO..., 2004).
- *Polifenóis extraíveis totais*: determinados por meio do reagente de Folin-Ciocalteu, utilizando uma curva padrão de ácido gálico como referência, conforme metodologia descrita por Larrauri et al. (1997).
- *Ácido ascórbico*: quantificado utilizando método de titulometria com solução de DFI (2,6 diclorofenolindofenol a 0,02%) até coloração rósea clara permanente, utilizando-se 1 g de suco diluído em 50 mL de ácido oxálico 0,5% de acordo com Strohecker e Henning (1967).
- *Fruto-oligossacarídeos*: determinados segundo Horwitz et al. (2010).
- *Atividade antioxidante total (AAT)*: determinada por meio de três métodos distintos, sendo eles: a) método de captura do radical livre ABTS (MILLER et al., 1993); b) ensaio com radical DPPH (BRAND-WILLIAMS et al., 1995), c) método de redução do ferro – FRAP (BENZIE; STRAIN, 1996). Todos os métodos utilizados foram modificados por Rufino et al. (2006a), (2006b) e (2006c), respectivamente.

Análises microbiológicas

A qualidade microbiológica da bebida formulada foi avaliada pela determinação de coliformes fecais (MNP/mL) e *E. coli*, contagem

de fungos filamentosos e leveduras e detecção de *Salmonella* spp., conforme a metodologia descrita no manual FDA's Bacteriological Analytical Manual (ANDREWS; JACOBSON; HAMMACK, 2014; FENG et al., 2013; TOURNAS et al., 2001). O estudo foi realizado com três repetições, sendo cada um constituída por cinco unidades amostrais.

Resultados e Discussão

Planejamento experimental para desenvolvimento da bebida prebiótica de frutas tropicais e yacon

Na Tabela 2, estão descritos os valores codificados das variáveis independentes *edulcorante* e *extrato de yacon*, referentes a cada ensaio do delineamento estatístico, bem como os valores médios de aceitabilidade das bebidas, considerando 50 provadores.

Tabela 2. Resultados do DCCR para a resposta *aceitabilidade*.

Ensaio	Edulcorante (%)	Extrato de yacon (%)	Aceitabilidade
1	-1	-1	6,1
2	+1	-1	6,3
3	-1	+1	6,0
4	+1	+1	6,6
5	-1,41	0	4,5
6	+1,41	0	6,8
7	0	-1,41	6,6
8	0	+1,41	6,8
9	0	0	6,9
10	0	0	7,0
11	0	0	6,9

Conforme as condições dos ensaios realizados, o aumento na aceitabilidade das bebidas acompanhou o aumento da concentração de edulcorante, sendo o valor mais baixo de aceitabilidade o do ensaio 5, que corresponde ao ponto axial $-\alpha$, com concentração de edulcorante de 0,01%. Porém, em concentrações mais elevadas, também se pode

visualizar um decaimento da aceitabilidade das bebidas prebióticas ($> 0,09\%$), mostrando claramente que existe uma “faixa ótima” entre os ensaios realizados.

Por meio dos resultados do planejamento, foi possível determinar os coeficientes de regressão, que estão apresentados na Tabela 3. Pode-se verificar que apenas os termos linear e quadrático da concentração de edulcorante foram estatisticamente significativos ($P < 0,05$).

Tabela 3. Coeficientes de regressão do DCCR para aceitabilidade.

Fator	Coefficiente de regressão	Erro padrão	t(5)	P-valor	Limite de confiança (-95%)	Limite de confiança (+95%)
Média	6,93	0,22	30,59	0,000*	6,35	7,52
Edulcorante L	0,51	0,14	3,65	0,015*	0,15	0,86
Edulcorante Q	-0,62	0,16	-3,77	0,013*	-1,05	-0,198
Extrato aquoso de yacon L	0,60	0,14	0,43	0,68	-0,296	0,42
Extrato aquoso de yacon Q	-0,097	0,16	-0,59	0,58	-0,52	0,33
Edulcorante x Extrato aquoso de yacon	0,10	0,196	0,51	0,63	-0,40	0,60

Os termos L e Q correspondem aos termos linear e quadrático, respectivamente.

*Fatores estatisticamente significativos ao nível $P < 0,05$.

Dessa forma, foi elaborado um modelo com as variáveis codificadas (Equação 1):

$$\text{Aceitabilidade} = 6,93 + 0,51 \text{ Edulcorante} - 0,62 \text{ Edulcorante}^2 \quad (\text{Eq. 1})$$

Analisando-se a Tabela 4, verificamos que o F_{calc} foi significativo ($P < 0,001$), e a porcentagem de variação explicada foi de 82,57%. Esses resultados indicaram uma boa concordância entre os valores experimentais e previstos pelo modelo.

Tabela 4. Análise de variância para a aceitabilidade das bebidas prebióticas.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{calc}	P -valor
Regressão	4,24	2	2,12	19,87	0,001
Resíduos	0,89	8	0,11	-	-
Total	5,13	10	0,513	-	-

% variação explicada (R^2) = 82,57; $F_{2; 8; 0,05} = 4,46$

Dessa forma, o DCCR utilizado neste trabalho foi eficaz para avaliar os fatores que afetam a aceitabilidade de uma bebida prebiótica, composta por yacon e frutas tropicais. Como os modelos foram significativos, foi possível construir a superfície de resposta e a curva de contorno (Figuras 2 e 3) e definir as regiões de interesse. De acordo com a superfície de resposta, a faixa ótima que maximiza a aceitabilidade das bebidas é o uso de 0,05% a 0,09% de edulcorante. Assim como mencionado anteriormente, a concentração de extrato de yacon não foi significativa ($P > 0,05$) para a aceitação sensorial das bebidas. Dessa forma, considerando os custos das matérias-primas empregadas, a formulação contendo 50% de yacon e 0,07% de edulcorante (estévia) foi selecionada para a produção da bebida.

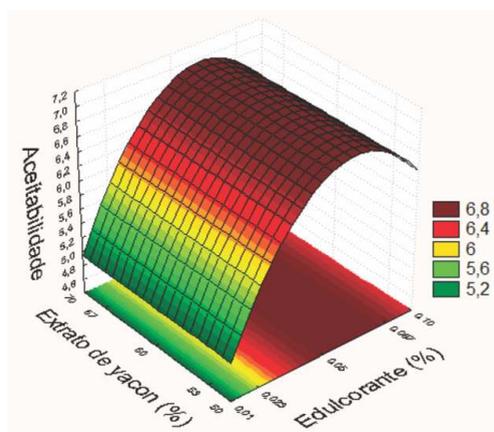


Figura 2. Superfície de resposta em função da concentração de edulcorante (%) e extrato de yacon (%), com valores codificados.

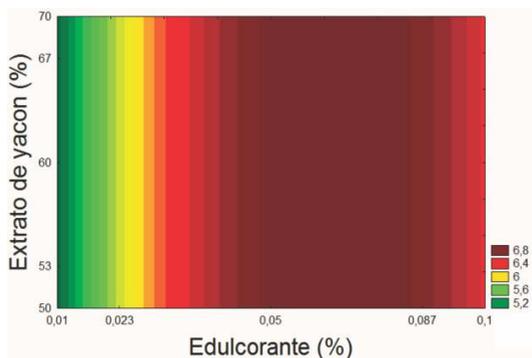


Figura 3. Curva de contorno em função da concentração de edulcorante (%) e extrato de yacon (%), com valores codificados.

Caracterização físico-química, compostos bioativos e atividade antioxidante total da bebida prebiótica de frutas tropicais e yacon

A bebida prebiótica composta por 50% de extrato de yacon e 0,07% de edulcorante foi formulada e caracterizada após processamento térmico. A Tabela 5 apresenta a caracterização físico-química, de compostos bioativos e atividade antioxidante total da bebida.

Tabela 5. Caracterização físico-química, compostos bioativos e atividade antioxidante total da bebida prebiótica de frutas tropicais e yacon.

Componente	Concentração
pH	3,50
Sólidos solúveis (°Brix)	11,0
Acidez (% em ácido cítrico)	0,59
Cinzas (%)	0,34
Umidade (%)	88,10
Proteínas (%)	4,14
Polifenóis extraíveis totais (mg ácido gálico eq./100 g)	126,83
Vitamina C (mg/100 g)	171,64
Fruto-oligossacarídeos (g/200 mL)	4,64
FRAP ($\mu\text{M Fe}_2\text{SO}_4/\text{g}$)	33,45
ABTS ($\mu\text{M Trolox/g}$)	10,57
DPPH (g de suco/g DPPH)	866,36

Os valores encontrados para a bebida mostram elevada atividade antioxidante total para todos os métodos testados (FRAP, ABTS e DPPH), além de valores elevados de polifenóis e vitamina C. Em comparação à bebida desenvolvida por Pereira et al. (2014), composta com a mesma proporção de frutas tropicais, porém com adição de água em substituição ao extrato de yacon, os valores encontrados para todos os métodos testados são bastante próximos (32,86 μM $\text{Fe}_2\text{SO}_4/\text{g}$, pelo método FRAP; 10,27 μM Trolox/g pelo método ABTS; 845,87 g de suco/g DPPH, pelo método DPPH; além de 103,01 mg ácido gálico eq./100 g, de polifenóis extraíveis totais e 177,18 mg/100 g de vitamina C), demonstrando que, embora considerado como uma boa fonte de compostos antioxidantes, o extrato de yacon utilizado no presente trabalho pouco influenciou a atividade antioxidante da bebida elaborada. Porém, o extrato de yacon incorporou à bebida um caráter prebiótico, visto que o produto desenvolvido apresentou 4,64 g/200 mL de fruto-oligossacarídeos. Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 1999), as alegações aprovadas relacionadas à propriedade funcional e/ou de saúde de um nutriente ou não nutriente do alimento, conforme o item 3.3 da Resolução nº 18/1999, englobam os fruto-oligossacarídeos. Essa alegação pode ser utilizada desde que a porção do produto pronto para consumo (200 mL) forneça no mínimo 3 g de fruto-oligossacarídeos se o alimento for sólido ou 1,5 g se o alimento for líquido. Dessa forma, a bebida desenvolvida neste trabalho apresentou mais de três vezes o mínimo exigido pela legislação brasileira.

Análises microbiológicas e aceitação sensorial da bebida prebiótica de frutas tropicais e yacon

Com relação às análises microbiológicas da bebida pasteurizada, não foi constatada a presença de coliformes fecais, *E. coli* e *Salmonella* spp. nas amostras avaliadas. Isso indica que a bebida atende aos critérios de segurança microbiológica preconizados pela legislação brasileira para suco (ANVISA, 2001), cujo padrão é de ausência em 50 mL e 25 mL de bebida, respectivamente, para coliformes fecais e *Salmonella* spp. Além disso, não houve crescimento de fungos filamentosos e leveduras nas amostras de bebidas.

Por fim, a bebida foi submetida a um teste de aceitação sensorial, realizado por 50 provadores não treinados, sendo 68% do sexo feminino e 32% do sexo masculino. A média de aceitação da bebida foi 6,2 (Figura 4).

Em comparação com os resultados alcançados por Pereira (2014), a bebida apresentou aceitação sensorial semelhante (nota = 6,1). É importante ressaltar que a bebida é composta por frutas como acerola e camu-camu, que apresentam elevadas concentrações de compostos bioativos e, conseqüentemente, contribuem significativamente para a atividade antioxidante da bebida. Porém, devido ao sabor característico dessas frutas e elevada acidez, apresentam uma considerável rejeição sensorial (MAEDA et al., 2006; VIDIGAL et al., 2011). A bebida desenvolvida no presente trabalho apresentou aceitação sensorial superior a 6 ("gostei pouco"), sendo que 66% das respostas dos provadores apresentaram-se na faixa de aceitação (notas de 6 a 9).

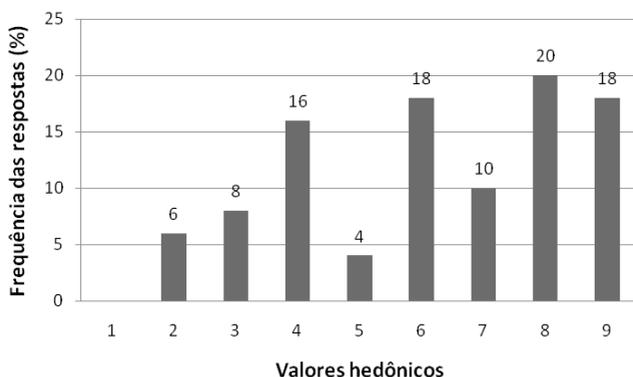


Figura 4. Histograma de frequência com valores hedônicos atribuídos a bebida prebiótica (1: desgostei muitíssimo; 2: desgostei muito; 3: desgostei; 4: desgostei pouco; 5: nem gostei, nem desgostei; 6: gostei pouco; 7: gostei; 8: gostei muito; 9: gostei muitíssimo).

Conclusões

- No desenvolvimento da bebida prebiótica de frutas tropicais yacon, os únicos termos significativos ($P < 0,05$) são as concentrações de edulcorante (termos linear e quadrático).

- Entre as faixas estudadas, a bebida composta por 50% de extrato de yacon, 50% de *blend* de frutas tropicais e 0,07% de edulcorante é a que apresenta melhor aceitação sensorial, sendo escolhida para as demais etapas do trabalho.
- A bebida prebiótica pasteurizada apresentou uma boa qualidade físico-química, sensorial e microbiológica, além de níveis elevados de compostos bioativos e antioxidantes.
- A bebida prebiótica apresenta elevadas concentrações de fruto-oligossacarídeos, superior ao mínimo exigido pela legislação brasileira.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e à Capes pelo financiamento da pesquisa e pela bolsa de pós-graduação concedida.

Referências

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.cfsan.fda.gov/ebam/bam-5.html>>. Acesso em: 25 jul. 2014.

ANVISA. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12-01rda.htm>>. Acesso em: 1º maio 2014.

ANVISA. Resolução RDC ANVISA/MS nº 18, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos, constante do anexo desta portaria. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 maio 1999.

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16. ed. Maryland: 1997, v.2.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70-76, 1996.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 25-30, 1995.

CARVALHO-SILVA, L. B.; DIONISIO, A. P.; PEREIRA, A. C.; WURLITZER, N. J.; BRITO, E. S.; BATAGLION, G. A.; BRASIL, I. M.; EBERLIN, M. N.; LIU, R. H. Antiproliferative, antimutagenic and antioxidant activities of a Brazilian tropical fruit juice. **LWT - Food Science and Technology**. Lebensmittel - Wissenschaft + Technologie, v. 157, p. 179-185, 2014.

DIONISIO, A. P.; WURLITZER, N. J.; VIEIRA, N. V.; GOES, T. S.; MODESTO, A. L. G.; ARAÚJO, I. M. **Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*):** obtenção de extrato com manutenção das propriedades nutricionais e inativação de enzimas de escurecimento. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 206).

FENG, P.; WEAGANT, S. D.; GRANT, M. A.; BURKHARDT, W. Enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. In: UNITED STATES FOOD DRUG ADMINISTRATION. **Bacteriological analytical manual online**. 8. ed. Rockville, 2013. Chap. 4. Disponível em: <<http://www.cfsan.fda.gov/ebam/bam-4.html>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

GRANATO, D; BRANCO, G. F; CRUZ, A. G; FARIA, J. D. A. F; SHAH, N. P. Probiotic dairy products as functional foods. **Comprehensive Reviews Food Science and Food Safety**, v. 9, n. 5, p. 455-470, 2010.

HORWITZ, W.; LATIMER J. R.; GEORGE, W. (Ed.). **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 18. ed. 2005. Current through revision 3, 2010. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2010. Chapter 45, met. 999.03, p. 96-98.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo, 2004. 1020 p.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

LICHTENTHALER, R.; RODRIGUES, R. B.; MARX, F.; MAIA, J. G. S.; PAPAGIANNOPOULOS, M.; FABRICIUS, H. Total oxidant scavenging capacities of Euterpe oleraceae Mart. (Acai) fruits. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 56, p. 53-64, 2005.

MAEDA, R. N.; PANTOJA, L.; YUYAMA, L. K. O.; CHAAR, J. M. Determinação da formulação e caracterização do néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, p. 70-74, 2006.

MILLER, N. J.; DIPLOCK, A. T.; RICE-EVANS, C.; DAVIES, M. J.; GOPINATHAN, V.; MILNER, A. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. **Clinical Science**, v. 84, p. 407-412, 1993.

MOSCATTO, J. A.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 634-640, 2004.

PEREIRA, A. C. S. **Desenvolvimento e avaliação de suco tropical misto com elevada**

atividade antioxidante e biofuncionalidade. 2014. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PEREIRA, A. C. S; DIONISIO, A. P; WURLITZER, N. J; ALVES, R. E; BRITO, E. S; SILVA, A. M. O; BRASIL, I. M; FILHO, J. M. Effect of antioxidant potential of tropical fruit juices on antioxidant enzyme profiles and lipid peroxidation in rats. **Food Chemistry**, v. 157, p. 179-185, 2014.

ROSSO, V. V. Bioactivities of Brazilian fruits and the antioxidant potential of tropical biomes. **Food and Public Health**, v. 3, p. 37-51, 2013.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Metodologia Científica: **Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS•+**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006a. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 128).

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Metodologia Científica: **Determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP)**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006b. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 125).

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Metodologia Científica: **Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006c. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 127).

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PEREZ-JIMENEZ, E. S. J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 nontraditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996-1002, 2010.

SALVIA-TRUJILLO, L.; MORALES-DE LA PEÑA, M.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; MARTÍN-BELLOSO, O. Microbial and enzymatic stability of fruit juice-milk beverages treated by high intensity pulsed electric fields or heat during refrigerated storage. **Food Control**, v. 22, p. 1639-1646, 2011.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

TOURNAS, V.; STACK, M. E.; MISLIVEC, P. B.; KOCH, H. A.; BANDLER, R. Yeasts, Molds and Mycotoxins. In: UNITED STATES FOOD DRUG ADMINISTRATION. **Bacteriological analytical manual online**. 8. ed. Rockville, 2001. Cap. 18. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods /ucm071435.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

VIDIGAL, M. C. T. R.; MINIM, V. P. R.; CARVALHO, N. B.; MILAGRES, M. P.; GONÇALVES, A. C. A. Effect of a 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**, v. 44, n. 7, p.1988-1996, 2011.

Embrapa

Agroindústria Tropical

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA