

**Pré-tratamento do Yacon com Ácido
Ascórbico para Inativação das
Enzimas Polifenoloxidasas**



ISSN 1679-6543

Setembro, 2017

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

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 149

Pré-tratamento do Yacon com Ácido Ascórbico para Inativação das Enzimas Polifenoloxidasas

*Ana Paula Dionísio
Claudia Oliveira Pinto
Talita de Souza Goes
Nara Menezes Vieira
Ídila Maria da Silva Araújo*

Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
2017

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: *Gustavo Adolfo Saavedra Pinto*
Secretária-executiva: *Celli Rodrigues Muniz*
Secretária-administrativa: *Eveline de Castro Menezes*
Membros: *Janice Ribeiro Lima, Marlos Alves Bezerra, Luiz Augusto Lopes Serrano, Marlon Vagner Valentim Martins, Guilherme Julião Zocolo, Rita de Cássia Costa Cid, Eliana Sousa Ximendes*

Supervisão editorial: *Ana Elisa Galvão Sidrim*
Revisão de texto: *Marcos Antônio Nakayama*
Normalização: *Rita de Cassia Costa Cid*
Foto da capa: *Ana Paula Dionísio*
Editoração eletrônica: *Arilo Nobre de Oliveira*

1ª edição

On-line (2017)

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

Pré-tratamento do yacon com ácido ascórbico para inativação das enzimas polifenoloxidasas / Ana Paula Dionísio... [et al.] – Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017.

20 p. : il. ; 14,8 cm x 21 cm. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1679-6543; 149).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. *Smallanthus sonchifolius*. 2. Rutooligossacarídeos. 3. Prebióticos. 4. Polifenoloxidase. I. Dionísio, Ana Paula. II. Pinto, Cláudia Oliveira. III. Goes, Talita de Souza. IV. Vieira, Nara Menezes. V. Araújo, Ídila Maria da Silva. VI. Série.

CDD 641.3521

© Embrapa 2017

Sumário

Resumo	4
Abstract.....	6
Introdução.....	8
Material e Métodos.....	9
Resultados e Discussão.....	11
Conclusão	17
Agradecimentos	17
Referências	18

Pré-tratamento do Yacon com Ácido Ascórbico para Inativação das Enzimas Polifenoloxidasas

Ana Paula Dionísio¹
Claudia Oliveira Pinto²
Talita de Souza Goes³
Nara Menezes Vieira⁴
Ídila Maria da Silva Araújo⁵

Resumo

O yacon é uma raiz tuberosa que se destaca por sua elevada concentração de frutooligossacarídeos (FOS) e compostos fenólicos específicos, como o ácido clorogênico. Porém, durante o processamento da raiz, a presença desses compostos fenólicos torna o yacon susceptível a reações causadas por enzimas, como as polifenoloxidasas (PPO). A ação dessas enzimas pode diminuir o valor funcional do produto, uma vez que utilizam os compostos fenólicos como substratos, além de formar compostos escuros que afetam a sua aparência e sabor, tornando-o inaceitável para o consumo. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de ácido ascórbico e diferentes tempos de imersão no tratamento do yacon, visando à inativação da PPO, com uso de um

¹Cientista de alimentos, doutora em Ciência de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, ana.dionisio@embrapa.br

²Engenheira de alimentos, analista da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, claudia.pinto@embrapa.br

³Engenheira de alimentos, mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, talitah_goes@hotmail.com

⁴Engenheira de alimentos, mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, naramvieira@yahoo.com.br

⁵Tecnóloga de alimentos, doutora em Bioprospecção Molecular, técnica da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, idila.araujo@embrapa.br

delineamento estatístico do tipo DCCR (Delineamento Central Composto Rotacional). Os resultados demonstraram que o ácido ascórbico foi eficaz para inativação parcial da PPO, sendo estatisticamente significativos ($p < 0,05$) os termos lineares e quadráticos da concentração de ácido ascórbico. O tratamento selecionado (4,6% de ácido ascórbico por 120 segundos) foi o que ocasionou menor redução na atividade enzima polifenoloxidase, sendo esta inferior a 15%. Com relação aos teores de carboidratos, este tratamento ocasionou uma perda de 11% de FOS e aumento da concentração de sacarose quando comparado ao controle (sem tratamento ácido). Entretanto, o produto final apresentou 7,22 g FOS/100 g, muito acima do mínimo exigido pela legislação pertinente (2,5 g FOS por porção de produto) para alimentos com alegação de propriedade funcional, o que torna viável o processo tecnológico proposto no presente trabalho.

Termos para indexação: *Smallanthus sonchifolius*, rutooligossacarídeos, prebióticos, polifenoloxidase.

Pre-treatment of Yacon with Ascorbic Acid for Polyphenoloxidases Enzymes Inactivation

Abstract

Yacon is a tuberous root that presents a high concentration of fructooligosaccharides (FOS) and some specific phenolic compounds, such as chlorogenic acid. However, during yacon processing, the presence of these phenolic compounds become yacon susceptible to enzymatic reactions, such as polyphenoloxidases (PPO). The end-products formed during enzymatic browning can decrease the functional value of the product, and affects its appearance and taste, making it unacceptable for consumption. In this sense, the aim of the present work was to use a CCRD (Central Composite Rotatable Design) to evaluate the effect of different concentrations of ascorbic acid and immersion times in the treatment of yacon roots, aiming at the inactivation of PPO. The results showed that the ascorbic acid was effective for partial inactivation of the PPO, being statistically significant ($p < 0.05$) only the linear and quadratic terms of ascorbic acid concentration. The selected treatment (4.6% of ascorbic acid for 120 seconds) resulted in the lowest reduction of PPO activity, being inferior to 15%. Considering the carbohydrates, the selected treatment caused an 11% of loss in FOS, and an increase in sucrose concentration when compared with the control. However, the final product presented 7.22 g FOS/100 g, higher than the minimum

required by the legislation (2.5 g FOS per portion of the product) for food with a claim of functional property, making viable the technological process proposed in the present work.

Index terms: Smallanthus sonchifolius, fructooligosaccharides, prebiotics, polyphenoloxidases.

Introdução

O yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é uma raiz de origem andina, cujo cultivo tem se expandido a diversos países, como Japão, Nova Zelândia e Brasil (SANTANA; CARDOSO, 2008). Além de apresentar características sensoriais apreciadas, elevada solubilidade em água e, portanto, facilidade de incorporação em diversos produtos alimentícios, especialmente em bebidas (DIONISIO et al., 2016; DIONISIO et al., 2015), o interesse nessa raiz é devido ao seu elevado conteúdo em frutooligossacarídeos (FOS). Os FOS são um tipo de carboidrato não digerível pelo trato gastrointestinal humano, porém capaz de estimular o desenvolvimento de microrganismos benéficos no intestino humano, como bifidobactérias e lactobacilos (SANTANA; CARDOSO, 2008; DIONISIO et al., 2015), sendo, portanto, considerado como prebiótico.

Os compostos fenólicos, com predominância do ácido clorogênico (CAMPOS et al., 2012; DIONISIO et al., 2015; PADILHA et al., 2009), presentes no yacon, também o tornam um alimento de grande interesse, uma vez que exibem elevada ação antioxidante, antimicrobiana e antitumoral, além de exercerem importantes funções no metabolismo glicêmico e lipídico (MENG et al., 2013). Porém, esses compostos atuam como substrato para a ação de enzimas da classe das polifenoloxidasas (PPO), levando à formação de compostos indesejáveis (melaninas) durante o processamento da raiz. Como consequência, tem-se a diminuição do valor funcional (perdas dos compostos fenólicos) e alterações indesejáveis no sabor e na aparência, tornando o produto impróprio para o consumo (NEVES et al., 2007; PADILHA et al., 2009).

A utilização de métodos de inativação enzimática de baixo custo que possibilitem a obtenção de um extrato de yacon com manutenção dos seus componentes funcionais (FOS) torna-se essencial para viabilizar a incorporação do yacon em alimentos. Esse controle do escurecimento enzimático pode ser feito por meio de diversos métodos (físicos, uso de sulfitos, etc.), destacando-se dentre eles o uso de ácidos orgânicos (ARAÚJO, 2008), como o ácido ascórbico. Entretanto, a concentração

do ácido e o tempo de imersão podem ser considerados pontos críticos do processamento, pois, em concentrações muito elevadas e durante um tempo prolongado, podem ocorrer perdas nos teores de FOS, pela ação de uma hidrólise ácida nesses carboidratos (MATUSEK et al., 2009; PASSOS; PARK, 2003), diminuindo o seu valor como ingrediente e/ou alimento funcional. Devido a esse fato, é importante aliar a concentração de ácido utilizada com o uso de tempo relativamente curto; porém, que sejam eficientes para o controle do escurecimento enzimático do yacon.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o emprego de ácido ascórbico – um ácido orgânico de baixo custo, seguro e amplamente utilizado na indústria de alimentos – para inibição do escurecimento enzimático do yacon, de forma a garantir a sua incorporação em produtos processados sem comprometimento de seus componentes funcionais.

Material e métodos

Material

As raízes do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) foram adquiridas no comércio local de Fortaleza, CE, produzidas na região de Guaraciaba do Norte (CE) e comercializadas por produtores orgânicos. Após seleção e limpeza das raízes, elas foram armazenadas sob refrigeração (5 °C) até o momento do uso.

Amostras para o planejamento experimental

O yacon foi lavado em água corrente, descascado manualmente, sanitizado (imersão em solução clorada, 200 ppm de cloro ativo, durante 15 minutos) e cortado em cubos de cerca da 1 cm³ utilizando-se cortador de legumes. Após, foi submetido ao tratamento com soluções acidificadas de acordo com o planejamento experimental. No final de cada um dos processamentos, as amostras foram trituradas em liquidificador durante 60 segundos (temperatura ambiente, 25 ± 2 °C), com adição de água (25 ± 2 °C) na proporção 1:1 (m/v) e embaladas

em recipientes de plástico contendo 60 g de amostra cada. Após o processamento, as amostras permaneceram em temperatura ambiente (25 ± 2 °C) por 120 minutos e foram analisadas quanto à atividade da PPO. Os resultados foram avaliados por meio do programa software Protimiza Experimental Design (2014), considerando $p < 0,05$. A significância dos modelos foi testada pela Análise de Variância (ANOVA). Para o delineamento estatístico, utilizaram-se duas variáveis independentes (“concentração de ácido ascórbico” e “tempo de imersão”) e três repetições no ponto central ($2^2 + 2(2) + 3$ PC), totalizando 11 ensaios. Os valores utilizados no DCCR podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores utilizados no DCCR.

Variável	Nível				
	-1,41	-1	0	+1	+1,41
Ácido ascórbico (%)	0,2	0,8	2,4	4,0	4,6
Tempo de imersão (segundos)	60	130	300	470	540

Determinação da atividade enzimática (UAE)

A atividade de PPO nas amostras foi determinada como descrito por Paz (2010), com modificações. Adicionou-se 0,1 mL da amostra à mistura de 2,9 mL de catecol 0,01 M/L em tampão fosfato 0,1 M, pH 6,0. Após 15 segundos, a absorbância foi lida em espectrofotômetro (Varian Cary® 50 Bio – UV visível) a 420 nm. O branco foi preparado com a mistura de 2,9 mL de catecol 0,01 M e 0,1 mL do tampão fosfato, pH 6,0. Uma unidade de atividade enzimática (UAE) da PPO foi definida como a quantidade da enzima que ocasiona o aumento de 0,001 na absorbância por minuto por mL de amostra.

Caracterização dos carboidratos da amostra otimizada pelo planejamento estatístico

Após definição das condições ótimas de processo, os FOS e os mono e dissacarídeos (glicose, frutose e sacarose) foram determinados na

amostra otimizada pelo planejamento estatístico e na amostra controle (sem tratamento). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

- Determinação de frutooligossacarídeos (FOS): Os FOS foram determinados segundo metodologia descrita por Horwitz et al. (2010) e expressos em g/100g de yacon.
- Determinação de mono e dissacarídeos por CLAE – IR: Os mono e dissacarídeos (glicose, frutose e sacarose) foram determinados nas amostras, segundo metodologia descrita por Burgner e Feinberg (1992). Para isso, 10 mL de amostra foram diluídos com água deionizada, na proporção de 1:5 (v/v). Após, foram adicionados 3 mL de uma solução de ferrocianeto de potássio (0,25 M) e 3,5 mL de solução de acetato de zinco (1,0 M), e o volume foi aferido até 100 mL, em balão volumétrico. A solução de amostra foi filtrada, utilizando-se papel filtro Whatman n° 1 e após, utilizou-se membrana filtrante de PVDF (Fluoreto de Polivinidileno) de 0,22 µm e 13 mm de diâmetro (Millipore). As condições cromatográficas foram: detector de índice de refração Varian, modelo ProStar 350, ajustado em 35 °C; coluna Zorbax Carbohydrate (250 mm x 4,6 mm, 5 µm, Agilent); temperatura da coluna de 35 °C; fase móvel composta de acetonitrila e água deionizada (80:20, v/v) e vazão da fase móvel de 1,5 mL/min, mantida constante até o final da análise. Os resultados foram avaliados por Análise de Variância, e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), usando-se o programa SAS para Windows (SAS INSTITUTE, 2009).

Resultados e Discussão

As condições experimentais realizadas e seus respectivos resultados em termos de unidade de atividade enzimática (UAE) da polifenoloxidase estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Matriz do planejamento experimental completo (valores codificados e reais) dos tratamentos com ácido ascórbico, com a resposta da atividade enzimática da polifenoloxidase.

Ensaio	Ácido ascórbico (%)	Tempo de imersão (segundos)	Atividade enzimática (UAE/mL de amostra)
1	- 1 (0,8)	- 1 (130)	104,7
2	+ 1 (4,0)	- 1 (130)	24,6
3	- 1 (0,8)	+ 1 (470)	67,1
4	+ 1 (4,0)	+ 1 (470)	14,3
5	- 1,41 (0,2)	0 (300)	92,5
6	+ 1,41 (4,6)	0 (300)	14,3
7	0 (2,4)	- 1,41 (60)	38,2
8	0 (2,4)	+ 1,41 (540)	34,0
9	0 (2,4)	0 (300)	40,3
10	0 (2,4)	0 (300)	34,4
11	0 (2,4)	0 (300)	38,3

Por meio das análises dos coeficientes de regressão (Tabela 3), pode-se visualizar que apenas os termos linear e quadrático da concentração de ácido ascórbico (AA) foram significativos ($p < 0,05$), e a porcentagem de variação explicada pelo modelo foi de 89%. Os demais termos foram incorporados aos resíduos para cálculo da ANOVA (Tabela 4).

Tabela 3. Coeficientes de regressão do DCCR para a atividade enzimática.

	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t calculado	p-valor
Média	37,70	5,33	7,07	0,0009
x_1	-30,44	3,26	-9,33	0,0002
x_1^2	9,85	3,88	2,54	0,0522
x_2	-6,73	3,26	-2,06	0,0941
x_2^2	1,20	3,88	0,31	0,7702
$x_1 \cdot x_2$	6,83	4,61	1,48	0,1992

Sendo x_1 = ácido ascórbico (em %) e x_2 = tempo de imersão (em segundos).

As equações de UAE em função dos coeficientes de regressão estatisticamente significativos são:

$$Y = 38,79 - 30,44 x_1 + 9,50 x_1^2 \quad (\text{Eq.1})$$

$$Y = 108,77 - 64,63 X_1 + 9,5 X_1^2 \quad (\text{Eq.2})$$

em que:

Y = Unidade de atividade enzimática (UAE).

x_1 = valores codificados de ácido ascórbico.

X_1 = valores reais de ácido ascórbico.

Tabela 4. ANOVA para a atividade enzimática.

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado médio	F _{calc}	P-valor
Regressão	7968,4	2	3984,2	32,4	0,00015
Resíduos	982,7	8	122,8	-	-
Falta de ajuste	964,7	6	160,8	17,9	0,05397
Erro puro	18,0	2	9,0	-	-
Total	8951,1	10	-	-	-

Varição explicada pelo modelo = 89%. $F_{\text{tab}}(2; 8; 0,05) = 4,46$.

Pela ANOVA apresentada na Tabela 4, observamos que o modelo que descreve a resposta em função das variáveis estudadas, com os parâmetros estatisticamente significativos, são adequados visto que a porcentagem de variação explicada pelo modelo é de 89%, e que o F calculado é significativo (Fcalculado maior que o F tabelado), satisfazendo os requisitos para a construção da curva de contorno (Figura 1). Os resultados do planejamento estatístico demonstraram que apenas o ácido ascórbico – nos termos linear e quadrático – contribuiu significativamente ($p < 0,05$) para uma menor atividade da PPO.

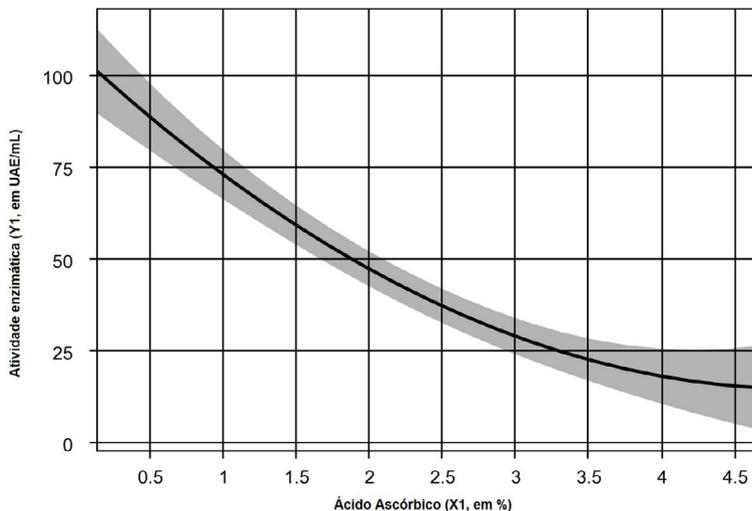


Figura 1. Curva de contorno para ácido ascórbico (%), com resposta de atividade enzimática (em UAE/mL de amostra).

De acordo com a Figura 1, é possível verificar que os menores valores de AE foram obtidos quando se utilizaram concentrações mais elevadas de ácido ascórbico. Dessa forma, a concentração de ácido ascórbico sugerida para uso é de 4,6%. De acordo com o modelo, nesta condição, a atividade enzimática prevista é de $14,74 \pm 11,48$ UAE/mL. Embora o tempo de permanência na solução de ácido ascórbico não tenha sido estatisticamente significativo, por questões práticas, optou-se por padronizar um tempo de 120 segundos de imersão. É importante observar que se pode utilizar qualquer um dos tempos dentro da faixa estudada (60 a 540 segundos) – porém, tempos prolongados podem ocasionar degradação do FOS, sendo recomendável utilizar os menores tempos de imersão.

Recentemente, Vasconcelos et al. (2015) avaliaram o uso de diferentes ácidos orgânicos – incluindo o ácido ascórbico – nas características sensoriais de yacon minimamente processado. Os autores reportaram que o uso de 3% de ácido ascórbico durante 3 minutos foi eficiente para impedir o escurecimento da raiz, sem afetar a sua qualidade

sensorial. Porém, os autores não avaliaram diferentes concentrações do ácido, assim como o tempo de permanência na solução, mantendo essas condições fixas para todos os tratamentos aplicados.

Rodrigues et al. (2014), avaliando o uso de uma combinação de agentes químicos para inibição da PPO de farinha de yacon, verificaram que o uso de ácido cítrico, L-cisteína e ácido ascórbico foram eficientes para a inativação enzimática. Por meio de um planejamento também do tipo DCCR, os autores verificaram que, para ambos os ácidos, tanto os termos lineares como os quadráticos assim como suas interações foram significativos para o modelo ($p < 0,05$). Porém, o tempo de imersão foi padronizado para todos os tratamentos (20 minutos), não sendo uma variável do planejamento estatístico. Menezes (2014) e Dionisio et al. (2013) otimizaram o tratamento ácido do yacon, utilizando ácido cítrico, recomendando o uso de 2,4%, com imersão das raízes por 8 minutos. É importante ressaltar que o ácido ascórbico apresenta um custo mais elevado que o ácido cítrico, sendo cerca de 5 vezes mais elevado; porém, a inativação enzimática ocorre com mais eficiência (redução superior a 85% da atividade da polifenoloxidase), e o processo é cerca de quatro vezes mais rápido.

No presente trabalho, o tratamento na condição definida pelo planejamento experimental foi submetido à quantificação dos teores de FOS, assim como de glicose, frutose e sacarose (Tabela 5). Para fins de comparação, uma amostra controle (sem tratamento ácido) foi utilizada.

Tabela 5. Teor de carboidratos no yacon sem tratamento (controle) e no yacon após o tratamento com 4,6% de ácido ascórbico, por 120 segundos (média e desvio-padrão).

Tratamento	Carboidrato (g/100 g)			
	FOS	Glicose	Frutose	Sacarose
Controle	8,13 ± 0,16a	0,70 ± 0,03a	0,98 ± 0,03a	0,82 ± 0,03a
Ácido ascórbico	7,22 ± 0,11b	0,42 ± 0,01b	0,70 ± 0,03b	1,25 ± 0,02b

Números seguidos por letras diferentes em cada coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) em teste de Tukey entre as médias.

Com relação aos carboidratos simples, pode-se verificar uma diminuição significativa ($p < 0,05$) nos valores de glicose e frutose, assim como um aumento dos valores de sacarose. A degradação do FOS é caracterizada pela despolimerização das cadeias dessas fibras pela ação do ácido, que rompe a cadeia entre os resíduos de frutose até a molécula terminal de sacarose. Dessa forma, o aumento da concentração de sacarose é confirmado pela diminuição significativa da concentração de FOS ($p < 0,05$), com perda de aproximadamente 11% de FOS quando comparado ao tratamento controle. Porém, esses valores de perdas são superiores aos reportados por Fante et al. (2013), que estudaram a inibição da PPO com uso de calor, e observaram perda elevada no conteúdo de FOS. Os autores reportaram diminuição de 84% na atividade da PPO quando a raiz tuberosa foi submetida a tratamento térmico de 100 °C, por 4 minutos. Embora a atividade enzimática tenha sido reduzida, as perdas de FOS foram cerca de 30% nessa condição avaliada. Menezes (2014), utilizando ácido cítrico para inativação enzimática, reportou perda de 16% no conteúdo dos FOS quando comparado ao tratamento controle, sem inativação enzimática.

A legislação vigente para produtos com alegações de propriedades funcionais considera que a porção do produto deva conter um mínimo de 2,5 g de frutooligossacarídeos. A alegação permitida é “os frutooligossacarídeos – FOS (prebiótico) contribuem para o equilíbrio da flora intestinal. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”. Assim, pode-se observar que a concentração de FOS obtida após o tratamento proposto está muito acima do mínimo exigido pela legislação brasileira (BRASIL, 2008), uma vez que a concentração de FOS foi de 7,22 g/100 g. Dessa forma, o processo tecnológico proposto no presente trabalho torna-se uma estratégia viável, uma vez que se usa um ácido comumente utilizado pela indústria de alimentos, seguro e de baixo custo, e que foi efetivo para evitar o escurecimento enzimático do yacon.

Conclusões

Por meio do planejamento experimental, foi possível otimizar condições de tratamento do yacon com ácido ascórbico, com diminuição da atividade enzimática da PPO e sem comprometimento de seus componentes bioativos.

A melhor condição estabelecida é de imersão da raiz tuberosa em uma solução a 4,6% de ácido ascórbico por 120 segundos, o que ocasiona uma redução superior a 85% da atividade da enzima e uma perda de somente 11% nos teores de FOS, tornando o produto final rico nesses compostos de interesse, sem comprometimento da sua qualidade, e permitindo a sua incorporação em alimentos funcionais.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Embrapa Agroindústria Tropical e ao CNPq pelo apoio financeiro.

Referências

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. 4 ed. Viçosa: UFV, 2008. 596 p.

ANVISA. **Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde: novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas e probióticos** – lista de alegações de propriedade funcional aprovadas, 2008. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/alegacoes>>. Acesso em: 02 maio 2017.

BURGNER, E.; FEINBERG, M. Determination of mono- and disaccharides in foods by interlaboratory study: quantitation of bias components for liquid chromatography. **Journal of AOAC International**, v. 75, p. 443-464, 1992.

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.

DIONISIO, A. P.; CARVALHO-SILVA, L. B.; VIEIRA, N. M.; GOES, T. S.; 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. 177, p. 171-176, 2015.

DIONISIO, 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 Nutrición**, v. 66, p. 148, 2016.

DIONISIO, A. P.; WURLITZER, N. J.; VIEIRA, N. M.; GOES, T. de S.; MODESTO, A. L. G.; ARAUJO, I. M. da S. **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: 18 fev. 2017.

FANTE, L.; SCHER, C. F.; NOREÑA, C. P. Z.; RIOS, A. O. Study of enzyme inactivation using steam in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) roots. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.37, p. 16-24, 2013.

HORWITZ, W.; LATIMER JUNIOR., GEORGE W. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Maryland: AOAC, 2010. Chapter 45, met. 999.03, p. 96-98.

MATUSEK, A.; MERÉSZ, P.; DIEM, T. K.; ORSI, F. Effect of temperature and pH on the degradation of fructo-oligosaccharides. **European Food Research and Technology**, v. 228, n. 3, p. 355–365, 2009.

MENEZES, N. **Desenvolvimento de bebidas mistas de frutas tropicais e yacon como fonte de oligossacarídeos prebióticos**. 117 f. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MENG, S.; CAO, J.; FENG, Q.; PENG, J.; HU, Y. Roles of chlorogenic acid on regulating glucose and lipids metabolism: a review. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2013, p. 1-11, 2013.

NEVES, V. A.; SILVA, M. A. Polyphenol oxidase from yacon roots (*Smallanthus sonchifolius*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 6, p. 2424-2430, 2007.

PADILHA, V. M. Tempo de secagem e da atividade de oxido-redutases de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) sob tratamento químico. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2178-2184, 2009.

PASSOS, L. M. L.; PARK, Y. K. Frutooligosacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 385-390, 2003.

PAZ, J. C. S. N. **Caracterização bioquímica da polifenoloxidase e da peroxidase de ameixa rubimel, polpa de cacau e estudo do efeito de agentes anti-escurecimento**. 85 f. 2010. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PROTIMIZA. **Protimiza experimental design**. 1º versão, 2014. Disponível em: <experimental-design.protimiza.com.br>. Acesso em: 20 dez. 2016.

RODRIGUES, O. R. L.; ASQUIERI, E. R.; ORSI, D. C. Prevention of enzymatic browning of yacon flour by the combined use of anti-browning agents and the study of its chemical composition. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 2, p. 275-280, 2014.

SANTANA, I.; CARDOSO, M. H. Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 898-905, 2008.

SAS INSTITUTE. **Statistical analysis system user's guide**. Cary, 2009.

VASCONCELOS, C. M.; OLIVEIRA, E. B.; ROSSI, S. N.; ARANTES, L. F.; PUSCHMANN, R.; CHAVES, J. B. P. Evaluating strategies to control enzymatic browning of minimally processed yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 9, p. 1982-1994, 2015.



Agroindústria Tropical



MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

