



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

**FLÁVIA FRACALLOSSI BAIOCO**

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE DERIVADOS DE  
YACON (*Smallanthus sonchifolius*)**

ALEGRE - ES  
NOVEMBRO - 2013

FLÁVIA FRACALLOSSI BAIOCO

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE DERIVADOS DE  
YACON (*Smallanthus sonchifolius*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. DSc. Luís César da Silva  
Coorientador: Prof. DSc. Luciano José Quintão Teixeira

ALEGRE - ES  
NOVEMBRO - 2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

B162o Baioco, Flávia Fracalossi, 1988-  
Obtenção e caracterização físico-química de derivados de yacon  
(Smallanthus sonchifolius) / Flávia Fracalossi Baioco. – 2013.  
59 f. : il.

Orientador: Luís César da Silva.

Coorientador: Luciano José Quintão Teixeira.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) –  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Yacon. 2. Farinha de yacon. 3. Derivados de yacon. I. Silva, Luís César da. II. Teixeira, Luciano José Quintão. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU: 664

---

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE DERIVADOS DE  
YACON (*Smallanthus sonchifolius*)**

**Flávia Fracalossi Baioco**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de alimentos.

Aprovada em 28 de novembro de 2013.

---

Prof<sup>a</sup>. DSc. Juliana Di Giorgio  
Giannotti  
Universidade Federal do Espírito  
Santo – Centro de Ciências  
Agrárias  
(Membro externo)

---

Prof. DSc. Sérgio Henriques  
Saraiva  
Universidade Federal do Espírito  
Santo – Centro de Ciências  
Agrárias  
(Membro interno)

---

Prof. DSc. Luís César da Silva  
Universidade Federal do Espírito  
Santo – Centro de Ciências  
Agrárias  
(Orientador)

---

Prof. DSc. Luciano José Quintão  
Teixeira  
Universidade Federal do Espírito  
Santo – Centro de Ciências  
Agrárias  
(Coorientador)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida e por guiar os meus passos até aqui.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do CCA-UFES, pela oportunidade.

Ao professor Luís César da Silva, pela orientação; ao professor Luciano José Quintão Teixeira, pela coorientação; aos professores Juliana Di Giorgio Giannotti e Sérgio Henriques Saraiva, pelo auxílio; e aos demais professores do PCTA e do CCA-UFES que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

À minha família, por acreditar que tudo isso podia dar certo e por me manter de pé nos momentos em que fraquejei.

A Marcus Vinícius Martins Gonzaga pelo carinho, amor e paciência ao longo de todos esses anos.

A Michelle Carvalho de Souza, Nayara Benedito Martins da Silva, Fernanda Adami e todas as colegas de república, que sempre estiveram do meu lado.

A Raquel Reis Lima, Laudiane Justo Sant'Anna, Diego Mathias Natal da Silva e Catarina Beloti de Mesquita, pelas preciosas horas dedicadas ao trabalho no laboratório.

A Amanda Inácia de Souza Silva, Letícia Ricieri Bastos, Natália Fagundes Coelho e Eduardo Fornazier Lorenzetti, técnicos dos laboratórios, pelo auxílio e pela paciência.

À CAPES, pelo auxílio financeiro.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Composição físico-química de raízes de yacon <i>in natura</i> .....	4
Tabela 2.	Composição físico-química do extrato desidratado de yacon...	14
Tabela 3.	Composição físico-química (%) de farinha de yacon obtida a partir de secagem em estufa.....	14
Tabela 4.	Análises físico-químicas realizadas no experimento.....	21
Tabela 5.	Parâmetros físico-químicos do suco de yacon com branqueamento e controle.....	25
Tabela 6.	Parâmetros físico-químicos dos sucos que originaram os xaropes de yacon.....	31
Tabela 7.	Coordenadas de cor nos sucos que originaram os xaropes de yacon.....	31
Tabela 8.	Parâmetros físico-químicos dos xaropes de yacon.....	32
Tabela 9.	Coordenadas de cor nos xaropes de yacon.....	34
Tabela 10.	Glicídios redutores em glicose em base seca (%) nos sucos e nos xaropes.....	35
Tabela 11.	Parâmetros físico-químicos da farinha da torta e da farinha integral.....	36
Tabela 12.	Coordenadas de cor da farinha da torta.....	38
Tabela 13.	Resultados das análises físico-químicas em base seca para os derivados da raiz yacon.....	40

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Estrutura dos principais frutooligossacarídeos.....	6
Figura 2.	Fluxograma dos procedimentos experimentais para obtenção dos sucos de yacon.....	19
Figura 3.	Fluxograma dos procedimentos experimentais para obtenção dos xaropes e farinhas de yacon.....	19
Figura 4.	Coordenadas $L^*$ e $b^*$ da escala de cor avaliadas ao longo do tempo para suco com branqueamento (T1) e controle (T2).....	28
Figura 5.	Coordenadas $h^*$ e $C^*$ da escala de cor avaliadas ao longo do tempo para suco com branqueamento (T1) e controle (T2).....	29

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.	Coordenada $h^*$ da análise de cor.....	20
Equação 2.	Coordenada $C^*$ da análise de cor.....	20
Equação 3.	Coordenada $\Delta E^*$ da análise de cor.....	20



## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	IX
<b>ABSTRACT</b> .....	X
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
2.1. ASPECTOS HISTÓRICOS E PRODUÇÃO DE YACON.....	3
2.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	4
<b>2.2.1. Frutooligossacarídeos (FOS)</b> .....	5
2.3. ESCURECIMENTO.....	9
2.4. PROCESSAMENTO .....	10
<b>2.4.1. Suco de yacon</b> .....	10
<b>2.4.2. Xarope de yacon</b> .....	11
<b>2.4.3. Farinha de yacon</b> .....	12
<b>2.4.4. Outras formas de processamento</b> .....	14
2.5. ALIMENTOS À BASE DE YACON.....	16
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	18
3.1. METODOLOGIA .....	18
<b>3.1.1. Obtenção do suco de yacon</b> .....	22
<b>3.1.2. Obtenção do xarope de yacon</b> .....	22
<b>3.1.3. Obtenção da farinha de yacon</b> .....	23
3.2. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS.....	23
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	25
4.1. DERIVADOS DE YACON.....	25
<b>4.1.1 Suco de yacon</b> .....	25
<b>4.1.2 Xarope de yacon</b> .....	30
<b>4.1.3 Farinha de yacon</b> .....	36
4.2. COMPARAÇÃO DOS DERIVADOS DE YACON.....	38
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	41
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	42

## RESUMO

BAIOCO, Flávia Fracalossi. **Obtenção e caracterização físico-química de derivados de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - ES. Orientador: Prof. Dr. Luís César da Silva. Coorientador: Prof. Dr. Luciano José Quintão Teixeira.

O yacon é uma raiz tuberosa considerada alimento funcional devido ao alto conteúdo de frutooligossacarídeos (FOS). Por ser um alimento perecível, em razão do alto teor de água, métodos de processamento têm sido propostos para preservar os constituintes nutricionais e propiciar o seu armazenamento. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo o desenvolvimento e a avaliação de metodologias de processamento das raízes de yacon visando à produção de suco integral, xarope e farinha. Na condução dos experimentos, primeiro foi avaliado o melhor procedimento para extração do suco das raízes: (i) aplicando o branqueamento a 100 °C por quatro minutos e (ii) não aplicando o tratamento. Definida a melhor forma de obtenção do suco, utilizou-se dessa para produção dos sucos empregados na elaboração do xarope. A porção de suco obtida foi dividida em quatro frações, sendo a elas adicionadas as seguintes quantidades de antioxidantes por quilograma de raiz descascada, respectivamente: (i) ácido cítrico - 0,18 g, (ii) ácido ascórbico - 0,18 g, (iii) combinação de ácido cítrico e ascórbico na proporção de 50% cada - 0,9 g e (iv) sem adição de antioxidante. A farinha foi processada a partir da torta, resultante da obtenção dos sucos, que foi seca a 60 °C e triturado em liquidificador. Foram realizadas análises físico-químicas e de cor dos derivados. Os dados obtidos foram analisados por meio de ANOVA e teste de Tukey a 5% de significância. O tratamento branqueamento foi eficaz na elaboração dos sucos, por inibir o escurecimento, manter constantes as coordenadas de cor e não alterar as características físico-químicas do suco. O emprego do calor na concentração dos sucos para elaboração dos xaropes não promoveu hidrólise dos açúcares complexos em açúcares simples, pois o teor de glicídios redutores não aumentou em nenhum dos tratamentos. Em relação às coordenadas de cor, o xarope com ácido cítrico apresentou maior valor de L\*, indicando maior claridade em relação aos demais, e também apresentou valor de h\* próximo de 90°, indicando maior proximidade à cor amarela, e maior valor de C\*, mostrando maior pureza da cor. A farinha da torta apresentou alto teor de fibra bruta e, juntamente com o xarope controle, o maior teor de cinzas. Os xaropes tiveram menores teores de proteínas, enquanto a farinha da torta apresentou as menores médias de glicídios redutores e não redutores. Desse modo, nos aspectos nutricional e dietético, os xaropes são os preferidos, devido aos maiores teores de glicídios não redutores, tendo o xarope com o antioxidante ácido cítrico apresentado as melhores coordenadas de cor e pH próximo de 4,5, tornando-se o melhor derivado de yacon entre os analisados no presente estudo.

Palavras-chave: yacon, suco de yacon, xarope de yacon, farinha de yacon, derivados de yacon, características físico-químicas.

## ABSTRACT

BAIOCO, Flávia Fracalossi. **Obtention and physicochemical characterization of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) products**. In 2013. Dissertation (MSc in Food Science and Technology) - Federal University of Espírito Santo, Alegre - ES. Advisor: Dr. Luís César da Silva. Co-advisor: Dr. Luciano José Teixeira Quintão.

The yacon is a tuberous root considered a functional food due to the high content of fructooligosaccharides (FOS). In fact to be a perishable food, because of the high water content, processing methods have been proposed to preserve the nutritional constituents and provide its storage. In reason of this, the present study aimed the development and evaluation methods of yacon root processing in order to produce pulpy juice, syrup and flour. For conducting the experiments, first was estimated the best way to extract juice from the root: (i) apply blanching treatment at 100 °C during four minutes, and (ii) do not apply the treatment. Attested the best way to obtain the juice, it was used for the production of juices used in the syrup preparation. The portion of the juice obtained was divided into four fractions, each of them received the following amounts of antioxidants per kilogram of peeled root, respectively: (i) citric acid - 0.18 g, (ii) ascorbic acid - 0.18 g, (iii) a combination of citric acid and ascorbic acid at ratio of 50% each - 0.9 g, and (iv) without the addition of antioxidant. The flour was processed from marc, resulting of juices processing, which was dried at 60 °C and grounded in a blender. Analyses of physicochemical characteristics and color of yacon products were carried out. Obtained data were analyzed statistically by ANOVA and Tukey's test. The bleaching treatment was effective in the juices preparation, because inhibit browning, maintain constant color coordinates and not change the juice physicochemical characteristics. The use of heat in the juice concentration for the syrup preparation not promoted hydrolysis of complex sugars into simple sugars, because reducing glycidis did not increase in any of the treatments. Regarding color coordinates, the syrup with citric acid showed higher L\* value, indicating greater clarity in relation to others, and also presented the h\* value close to 90°, indicating greater proximity to the yellow color, and higher \*C value, showing a greater color purity. Flour of yacon marc showed high crude fiber content and, along with control syrup, the higher ash content. Syrups had lower levels of protein, while the flour of yacon marc had the lowest averages of reducing and non-reducing glycidis. Thus, in the nutritional and dietary aspects, syrups are preferred due to higher non-reducing glycidis, and the syrup with the citric acid antioxidant presented the best color coordinates and pH next to 4.5, making it the best yacon product analyzed in this study.

Key-words: yacon, yacon juice, yacon syrup, yacon flour, yacon products, physicochemical characteristics.

## 1. INTRODUÇÃO

O yacon pertence à família *Asteraceae*, cientificamente identificado como *Smallanthus sonchifolius* ou *Polymnia sonchifolia*. É uma raiz tuberosa de origem andina, mas desenvolve em regiões temperadas e subtropicais (GRAU; REA, 1997). Na região de origem, o cultivo e o consumo do yacon dão-se desde a antiguidade. No Brasil, o seu cultivo iniciou nos anos noventa (MOSCATTO; PRUDÊNCIO-FERREIRA; HAULY, 2004) e é popularmente conhecido como batata yacon ou batata *diet* (SANTANA; CARDOSO, 2008).

A massa de cada raiz geralmente varia entre 300 e 600 g, e em condições ótimas de produção cada planta produz até seis quilogramas de raízes (SEMINÁRIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003).

Os principais componentes do yacon são água e carboidratos. O teor de água das raízes varia de 83-90%, o que o caracteriza como alimento altamente perecível e de baixo valor calórico (1,0-1,5 kcal/g). Os minerais presentes na raiz são cálcio, fósforo, magnésio, sódio, ferro e, principalmente, potássio. Possui níveis relativamente baixos de proteínas, lipídios e vitaminas (SEMINÁRIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003; MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005); também contém compostos fenólicos, flavonoides e substâncias antioxidantes (ARNAO et al., 2011).

O yacon, diferentemente da maioria das raízes comestíveis, possui, como carboidratos de reserva, os frutooligossacarídeos (FOS) com concentração variando de 40-70%, o que depende das condições de cultivo, da época de colheita e forma de armazenamento (SEMINÁRIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003; MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005).

Os FOS são oligossacarídeos com baixo grau de polimerização compostos por uma molécula de glicose unida a polímeros de frutose, com duas a 10 moléculas, por meio de ligações  $\beta$  (2 $\rightarrow$ 1) (PEREIRA, 2009; MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005). Essa estrutura química suporta temperaturas de até 140 °C e valores de pH até 3,0, o que a torna resistente à maioria dos processos térmicos empregados na indústria de alimentos (MOURA, 2004).

Os FOS são resistentes ao processo digestivo, por isso a produção de energia resultante do seu consumo é reduzida e não eleva o nível de glicose no

sangue (MOLIS et al., 1996; MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005), chegando intactos ao intestino grosso, onde são fermentados, produzindo ácidos graxos de cadeia curta atuando como prebióticos, estimulando de forma seletiva o crescimento de bactérias no cólon (OLIVEIRA; NISHIMOTO, 2004; SALES, 2010; ROLIM et al., 2011).

Vários benefícios do consumo de yacon têm sido atribuídos ao seu conteúdo de FOS como efeito imunoestimulatório (BONET et al., 2010; YASUDA et al., 2012), prebiótico (CAMPOS et al., 2012) e protetor contra câncer de cólon (MOURA et al., 2012), além de ter papel na redução de lipídios séricos (HABIB et al., 2011), no balanço e na absorção do cálcio (LOBO et al., 2007), no alívio da constipação intestinal (GEYER et al., 2008; GENTA et al., 2009) e na modulação da insulinemia de jejum (GENTA et al., 2009).

O consumo do yacon ocorre principalmente nas formas *in natura* (cru e em saladas) ou desidratada, mas também existe o consumo de outros produtos derivados (GRAU; REA, 1997; AYBAR; SÁNCHEZ; GRAU, 2001).

As novas técnicas de processamento do yacon têm como objetivos potencializar a extração dos FOS e aumentar a vida de prateleira dos derivados. Dentre os novos derivados desse produto podem ser citados farinha (PEREIRA, 2009; VASCONCELOS, 2010), suco (QUINTEROS, 2000; LAGO et al., 2011), xarope (GIBERTONI; NOGUEIRA; FILHO, 2006; GENTA et al., 2009), yacon minimamente processado (MICHELS, 2005) e yacon desidratado em fatias (SCHER; RIOS; NOREÑA, 2009; REIS; LENZI; MASSON, 2012).

O yacon também tem sido utilizado como ingrediente na elaboração de panificados como bolos (MARANGONI, 2007; ROSA et al., 2009; PADILHA et al., 2010), pães (ROLIM et al., 2011), biscoitos e *snacks* (MARANGONI, 2007).

Conforme os relatos supracitados, o yacon é uma fonte promissora de fibras com efeito benéfico à saúde humana, e por se tratar de um alimento altamente perecível cabe o desenvolvimento de tecnologias de processamento que preservem as características nutricionais e facilitem o consumo. Desse modo, foram estabelecidos como objetivos deste trabalho o desenvolvimento de tecnologias para produção de suco, xarope e farinha e a avaliação de características físico-químicas desses derivados.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. ASPECTOS HISTÓRICOS E PRODUÇÃO DE YACON

O yacon pertencente à família *Asteraceae*, é cientificamente identificado como *Smallanthus sonchifolia* ou *Polymnia sonchifolia*. Essa variação na denominação ocorre porque, inicialmente, ele foi classificado no gênero *Polymnia*, mas posteriormente verificou-se que o yacon pertencia, na realidade, ao gênero *Smallanthus* (SEMINARIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003; GRAU; REA, 1997).

Machado e colaboradores (2004) descrevem a planta de yacon destacando a presença de eixos aéreos que contêm folhas e gemas vegetativas e florais, e o sistema subterrâneo da planta é espesso e de natureza mista, contendo rizóforos e raízes. O sistema radicular é formado por raízes adventícias delgadas e outras com intensa tuberação.

É uma raiz tuberosa de origem andina, mas desenvolve adequadamente em regiões temperadas e subtropicais (GRAU; REA, 1997). A grande quantidade de carboidratos de reserva nas raízes do yacon proporciona alta resistência ao frio e à seca e é adaptável aos diferentes fotoperíodos (VILHENA; CÂMARA; KAKIHARA, 2000; LACHMAN; FERNÁNDEZ; ORSÁK, 2003). Além disso, as folhas contêm monoterpenos, sesquiterpenos e diterpenos, que conferem resistência às pragas e atividade antimicrobiana à planta, o que facilita o cultivo desse vegetal (KAKUTA et al., 1992). Na região de origem, o cultivo se dá principalmente para o consumo familiar, e existem evidências de cultivo e consumo desde a antiguidade (500-1200 a.C.) (OJANSIVU; FERREIRA; SALMINEN, 2011; UNIVERSIDADE NACIONAL AGRÁRIA LA MOLINA, 2013). No Brasil, o cultivo do yacon iniciou nos anos 90 (MOSCATTO; PRUDÊNCIO-FERREIRA; HAULY, 2004), e é popularmente conhecido como batata yacon ou batata *diet* (SANTANA; CARDOSO, 2008).

A colheita do yacon é feita de seis a 12 meses após o plantio, quando se constata maior concentração de FOS. A produtividade desse cultivar varia de 10-100 toneladas por hectare, o que dependerá, dentre outros fatores, da localização do plantio, do cultivar empregado, da intensidade do manejo agrícola, do uso de fertilizantes e de sementes ou mudas de qualidade, o que

pode aumentar o rendimento por hectare (VILHENA; CÂMARA; KAKIHARA, 2000; UNIVERSIDADE NACIONAL AGRÁRIA LA MOLINA, 2013; MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005).

A massa de cada raiz pode variar entre 50 e 1.000 g, mas geralmente fica entre 300 e 600 g. Em condições ótimas de produção, cada planta pode produzir até 6,0 kg de raízes com coloração branca, amarela, alaranjada ou rosa (MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005; SANTANA; CARDOSO, 2008).

As raízes de yacon frescas são altamente perecíveis e possuem tendência ao rápido escurecimento durante o manuseio e processamento pós-colheita. Além disso, a presença da enzima frutano hidrolase promove reações de despolimerização dos FOS. Portanto, é recomendado o consumo rápido da raiz *in natura* ou o processamento logo após a colheita (GRAU; REA, 1997; SEMINÁRIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003). Dentre as formas de processamento estão o preparo de yacon desidratado, geleias, xaropes, pães e bolos (GENTA et al., 2009; PEREIRA, 2009; PRATI et al., 2009; PADILHA et al., 2010; ROLIM et al., 2011).

## 2.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

A composição físico-química de raízes de yacon é apresentada na Tabela 1, segundo os autores citados.

Tabela 1. Composição físico-química de raízes de yacon *in natura*

<b>Componentes</b>	<b>MOURA, 2004</b>	<b>MICHELS, 2005</b>	<b>KOTOVICZ, 2011</b>
Teor de umidade (%)	90,63	89,80	88,68
Proteínas (%)	0,33	0,45	0,26
Lipídios (%)	< 0,10	0,06	0,07
Carboidratos (%)	7,05	8,12	s.d.
Cinzas (%)	0,39	0,34	0,34
Fibra (%)	1,50	0,75	6,88
Sólidos solúveis (°Brix)	9,50	9,31	12,16
pH	4,18	5,32	6,47

s.d. = sem dados.

Fonte: adaptado de MOURA, 2004; MICHELS, 2005; KOTOVICZ, 2011.

Portanto, de acordo com as informações da Tabela 1 o teor de água das

raízes do yacon varia de 83-90%, e esse valor elevado faz com que seja considerado um alimento de baixo valor calórico (34,74 kcal/100 g) e altamente perecível com atividade de água de 0,991 no produto *in natura* (MICHELS, 2005). Quanto à composição mineral, o yacon possui cálcio, fósforo e, principalmente, potássio, possuindo níveis relativamente baixos de outros compostos como proteínas, lipídios e vitaminas (SEMINÁRIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003; RODRIGUES et al., 2011; NEPA, 2011). Também contém compostos fenólicos, flavonoides e substâncias antioxidantes (VALENTOVÁ; ULRICHOVÁ, 2003; ARNAO et al., 2011) e algumas vitaminas (retinol, caroteno, tiamina, riboflavina, niacina) como elementos traço (TAKENAKA et al., 2003).

A maioria das raízes comestíveis armazena amido; entretanto, o yacon possui como carboidratos de reserva os frutooligossacarídeos (FOS) com concentração variando de 40-70% de massa seca. Isso o torna como uma das principais fontes naturais de FOS e um potencial alimento funcional pelas propriedades benéficas e antioxidantes desse componente. Entretanto, as condições de cultivo, a época de colheita e forma de armazenamento podem afetar o conteúdo desse componente nas raízes. Além dos FOS, o yacon ainda contém outros açúcares livres como sacarose (5-15%), frutose (5-15%) e glicose (menos de 5%) e traços de amido e inulina (HERMANN; FREIRE; PAZOS, 1999; MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005; RIBEIRO, 2008; SANTANA; CARDOSO, 2008).

### **2.2.1. Frutooligossacarídeos (FOS)**

Os FOS são oligossacarídeos com baixo grau de polimerização, compostos por uma molécula de glicose unida a polímeros de frutose, com duas a 10 moléculas, por meio de ligações  $\beta$  (2→1) (SPIEGEL et al., 1994; ROBERFROID et al., 2010). Essa estrutura química é estável até níveis de temperatura de 140 °C e valores de pH superiores a 3,0, o que os torna resistentes à maioria dos processos térmicos empregados na indústria de alimentos (MOURA, 2004). As estruturas dos principais FOS são representadas na Figura 1.



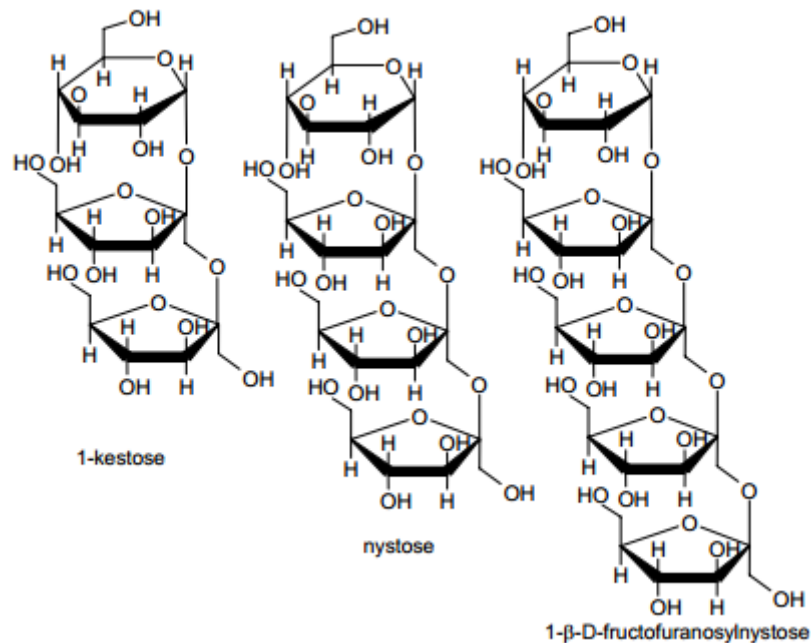


Figura 1. Estrutura dos principais frutooligossacarídeos.  
 Fonte: LACHMAN et al., 2004.

em que:

- GF2: trissacarídeo contendo duas moléculas de frutose e uma de glicose;
- GF3: tetrassacarídeo contendo três moléculas de frutose e uma de glicose; e
- GF4: pentassacarídeo contendo duas moléculas de frutose e uma de glicose.

Os alimentos com alegação de propriedade funcional ou de saúde são aqueles que, além das funções nutricionais básicas, também produzem efeitos metabólicos ou fisiológicos e, ou, efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para o consumo sem a necessidade de supervisão médica (BRASIL, 1999). Devido ao aumento da busca por esses alimentos e às características e propriedades dos FOS, o interesse do setor alimentício nesse composto vem crescendo (ROSA et al., 2009).

Os FOS podem ser obtidos a partir da hidrólise enzimática de inulina, processo que ocorre naturalmente em uma grande variedade de plantas, como o yacon, que surge atualmente como uma fonte de grandes quantidades desse composto. Também podem ser originados a partir de reações enzimáticas de transfrutossilacção em resíduos de sacarose (LIBONI; KUN, 2003; FERREIRA et al., 2011). Apresentam maior solubilidade que a sacarose, não cristalizam, não precipitam, possuem um terço do poder adoçante da sacarose e não possuem

cor e odor (YUN, 1996). São utilizados na indústria de alimentos para conferir crocância aos biscoitos com baixo teor de gordura e maciez aos produtos de panificação, diminuir o ponto de congelamento de sobremesas congeladas, atuar como ligantes em barras de cereais e conferir consistência aos produtos lácteos (VASCONCELOS et al., 2010; PATRI et al., 2009).

Os FOS presentes no yacon são resistentes ao processo de digestão devido à configuração de suas ligações, e a energia resultante de seu consumo é reduzida. Dessa forma, a maioria do FOS ingerido não é absorvida no intestino delgado e nenhum é excretado nas fezes, indicando que a porção desse composto que atinge o cólon é totalmente fermentada por bifidobactérias presentes na microbiota intestinal, produzindo ácidos graxos de cadeia curta, atuando como prebióticos estimulando de forma seletiva o crescimento de bactérias no cólon (MOLIS et al., 1996; OLIVEIRA; NISHIMOTO, 2004; PETERS, 2009; SALES, 2010; ROLIM et al., 2011). Os FOS intensificam a viabilidade e adesão de bactérias probióticas ao mesmo tempo que inibem bactérias patogênicas como *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens* (SPIEGEL et al., 1994; GIBSON; ROBERFROID, 1995).

Vários benefícios do consumo de yacon têm sido atribuídos ao conteúdo de FOS e, por esse motivo, o yacon tem sido alvo de estudos. Um estudo avaliando o efeito do seu consumo na mucosa intestinal em ratos não constatou alterações no peso corporal, do baço e do fígado dos animais, nem sinais de efeitos colaterais como inflamação. Verificou-se que o consumo de yacon aumentou o número de mastócitos na lâmina própria da mucosa do intestino, de bifidobactérias e lactobacilos, principalmente nos primeiros 15 dias de consumo, e também estimulou a resposta imunológica intestinal dos animais com aumento de IgA e diversas citocinas (BONET et al., 2010).

Yasuda e colaboradores (2012) investigaram o efeito da suplementação dietética com FOS na peritonite alérgica em animais e verificaram melhora da inflamação alérgica peritoneal caracterizada pela infiltração de eosinófilos e neutrófilos na cavidade. Observaram também que os efeitos preventivos/terapêuticos dos FOS foram concomitantes com a redução dos níveis séricos de IgG<sub>1</sub> alérgeno-específica com o aumento do valor de IgA total no conteúdo do ceco e diminuição de IL-5 na cavidade peritoneal.

Delgado e colaboradores (2012) também avaliaram o efeito do consumo

de yacon no sistema imune em animais e verificaram que o seu consumo diário não produz efeitos negativos no sistema imunológico, ajuda a preservar o estado anti-inflamatório das células fagocíticas e melhora a imunidade da mucosa, possivelmente prevenindo os riscos associados às doenças autoimunes e metabólicas.

Campos e colaboradores (2012), avaliando o efeito prebiótico do yacon, verificaram crescimento de células do ceco e aumento na profundidade e no número de criptas bifurcadas no intestino e também observaram aumento na concentração de lactobacilos e bifidobactérias e maiores valores de ácidos graxos de cadeia curta em modelos animais. Além disso, os autores não constataram efeitos adversos, como diarreia e, ou, ou inibição do crescimento ou do ganho de peso associados ao consumo de yacon.

Um estudo com o objetivo de verificar o efeito protetor do consumo de yacon em carcinogênese de cólon induzida em animais constatou que houve redução no número de criptas aberrantes, no tamanho médio dos tumores e na incidência de tumores de cólon nos animais tratados com yacon, mostrando o seu potencial como agente quimiopreventivo contra o câncer de cólon (MOURA et al., 2012).

Oliveira e colaboradores (2009) avaliaram a resposta glicêmica do consumo da raiz de yacon em ratos e observaram efeito hipoglicemiante da solução com yacon nos animais diabéticos. Habib e colaboradores (2011), por sua vez, constataram que o consumo de yacon por ratos diabéticos não alterou os valores de colesterol total, HDL e LDL, entretanto reduziu a hipertrigliceridemia pós-prandial, os níveis de triglicerídeos séricos a valores próximos à normalidade e também diminuiu os níveis de colesterol VLDL. Outro estudo em animais avaliou a influência do consumo de yacon na mucosa do ceco, no balanço de cálcio e magnésio e na retenção de cálcio nos ossos e verificou efeito estimulatório no balanço e na absorção intestinal de cálcio com maior conteúdo de cálcio nos ossos e propriedades estruturais mais fortes no fêmur de ratos em crescimento (LOBO et al., 2007).

Em humanos, o consumo de yacon promoveu aceleração do tempo de trânsito colônico e tendência no aumento da frequência de evacuações com fezes mais macias (GEYER et al., 2008). Outro estudo com xarope de yacon fornecendo 0,14 g FOS/kg/dia demonstrou que seu consumo por mulheres com

obesidade e constipação intestinal esteve relacionado ao aumento da saciedade, redução do peso corporal, da circunferência da cintura e do Índice de Massa Corporal (IMC), alívio da constipação intestinal, modulação da insulinemia de jejum, redução do colesterol LDL e tendência de aumento do cálcio sanguíneo. Por outro lado, o consumo de 20 g de FOS por dia provocou efeitos gastrointestinais indesejáveis como diarreia, distensão abdominal, flatulência e náusea (GENTA et al., 2009).

### 2.3 ESCURECIMENTO

As reações de escurecimento no yacon são causadas pelas enzimas polifenoloxidase e peroxidase, e a presença de compostos fenólicos, como ácido clorogênico e caféico, tornam as raízes de yacon mais susceptíveis a essas reações (LACHMAN; FERNÁNDEZ; ORSÁK, 2003; SEMINÁRIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003).

A enzima polifenoloxidase é catalisadora de diversas reações oxidativas e é estável ao calor, sendo utilizada como indicador de adequação do emprego de tratamentos térmicos (FREITAS et al., 2008). A peroxidase, por sua vez, é responsável pela oxidação enzimática de compostos fenólicos, produzindo melanina (MENOLLI et al., 2008).

Influencia nas reações de escurecimento: a presença das enzimas, do substrato e do oxigênio. Portanto, o controle do escurecimento enzimático se dá pela interferência em um desses fatores, que geralmente é a inibição das enzimas com o emprego do calor (CABELLO, 2005). Neves e Silva (2007) investigaram o efeito da temperatura de desidratação sobre a inibição e resposta da polifenoloxidase presente em raízes de yacon e verificaram que a temperatura ótima para esses compostos é em torno de 30 °C, mas que há rápido declínio em sua concentração à temperaturas de 50-55 °C.

O uso de desidratação, o armazenamento a baixas temperaturas, tratamento térmico, o uso de antioxidantes e a eliminação do oxigênio do meio na produção de derivados de yacon podem ser alternativas para inibir o escurecimento enzimático do yacon (SEMINÁRIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003; MOURA, 2004).

## 2.4. PROCESSAMENTO

As proposições de novas tecnologias para o processamento do yacon objetivam aumentar a vida de prateleira por meio dos derivados, preservar as propriedades nutricionais, disponibilizar ingrediente alimentício de fácil aplicabilidade na indústria de alimentos, agregar valor e adicionar funcionalidade aos derivados, isto em razão do aumento da procura por esses produtos, o que gera grande potencial de mercado (MARANGONI, 2007). Estudos têm proposto técnicas de desidratação osmótica e secagem, metodologias para obtenção de farinha, xarope etc.

### 2.4.1. Suco de yacon

O consumo do suco de yacon é comum nos países andinos e pode ser acompanhado de gotas de suco de limão ou laranja, a fim de inibir o escurecimento, que ocorre rapidamente (SEMINÁRIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003).

A extração do suco pode ser feita utilizando equipamentos do tipo *juicer*, com disco abrasivo rotativo que fragmenta o yacon e separa imediatamente o suco dos resíduos sólidos. A utilização desse equipamento confere rapidez ao processo, extraíndo o suco antes que ocorram reações que promovem o seu escurecimento. Recomenda-se a adição de um antioxidante ou a aplicação de tratamento térmico para evitar que as reações de oxidação ocorram e a aparência do suco seja prejudicada (MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005).

Teixeira e colaboradores (2009), na condução de estudo para avaliar a adição de yacon a um suco de laranja industrializado, verificaram, por meio de análise sensorial com teste de diferença, que até a adição de 15% de suco de yacon os provadores não percebiam diferença entre as amostras oferecidas. O yacon foi adicionado ao suco de laranja e homogeneizado em liquidificador industrial por cinco minutos na velocidade alta. A adição do yacon proporcionou aumento no teor de fibras e presença de frutooligossacarídeos.

Quinteros (2000) avaliou as características do yacon como matéria-prima para a obtenção de suco por meio de extração enzimática e verificou

que, para inibir o escurecimento enzimático das raízes de yacon, o melhor tratamento foi uma combinação de tratamento térmico (branqueamento com água) e adição de antioxidante (ácido ascórbico). O suco obtido ainda foi utilizado no preparo de uma bebida funcional com suco de maracujá. Esse produto foi aceito sensorialmente e manteve as características físico-químicas, químicas e microbiológicas estáveis ao longo de seis meses.

Gibertoni, Nogueira e Filho (2006) utilizaram técnicas de ultramicrofiltração de suco de yacon para a obtenção de xarope rico em frutanos. Foi verificado que o emprego de tratamento térmico (branqueamento em água em ebulição por 30 minutos) foi eficaz na inibição do escurecimento enzimático nas raízes de yacon.

Lago e colaboradores (2011) estudaram o comportamento de secagem de um suco de yacon concentrado a 40 °Brix utilizando amido de milho como agente encapsulante. O valor de atividade da água desse suco em pó foi inferior a 0,25, e quanto maior a temperatura do ar de secagem menor o tempo para atingir a umidade de equilíbrio.

Lago, Bernstein e Brandelli (2011) estudaram o comportamento reológico, a atividade de água e o ponto de congelamento do suco de yacon em relação à concentração de sólidos solúveis. Os teores de glicose e frutose aumentaram com o aumento da concentração do suco e o teor de inulina manteve-se constante a partir de 15 °Brix. A atividade de água e o ponto de início de congelamento diminuíram com o aumento da concentração do suco, o que pode ser explicado pela redução da água livre presente no meio. A viscosidade do suco aumentou significativamente a partir de 30 °Brix.

#### **2.4.2. Xarope de yacon**

O xarope de yacon é produzido a partir da concentração do suco. As reações de escurecimento acontecem rapidamente após a extração do suco, e decorridos de 10-15 segundos a cor do suco toma um tom alaranjado para verde escuro, por isso o uso de agentes antioxidantes é recomendado para prevenir a oxidação enzimática. Esses agentes podem ser bissulfito de sódio (HERMANN; HELLER, 1997), ácido ascórbico, ácido cítrico ou ainda

tratamento térmico acima de 60 °C (MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005).

Para o processamento do xarope, o suco pode ser filtrado para a remoção dos sólidos insolúveis presentes, dando origem a um xarope de melhor aparência e qualidade (SEMINÁRIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003; GIBERTONI; NOGUEIRA; FILHO, 2006).

A concentração do suco de yacon pode ser realizada utilizando evaporação a vácuo, ou a baixa pressão, ou por evaporação atmosférica, sendo o suco depositado em uma superfície ampla colocada sobre uma fonte de calor e é evaporado até atingir a concentração de sólidos solúveis (açúcares) ideal, em torno de 70 °Brix. Ao final da concentração, o xarope apresenta-se denso, semelhante ao melado de cana, mas com baixo valor energético (HERMANN; HELLER, 1997; MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005; GENTA et al., 2009).

O rendimento do yacon para produção de xarope varia de 7 a 10% e na composição química apresenta os seguintes valores: 25% de teor de água média; 65-70% de carboidratos; 1-2% de proteínas; e menos de 0,1% do peso fresco de lipídios. A vida de prateleira do xarope estende por até 12 meses (MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005; GENTA et al., 2009).

Outra forma de obtenção de xarope de yacon com alto teor de frutose dá-se por meio da hidrólise ácida ou enzimática dos FOS. Esse tipo de xarope é amplamente empregado como edulcorante no mercado de bebidas dos Estados Unidos. Atualmente, a produção desse edulcorante é feita principalmente a partir do milho, em razão do baixo custo de produção em relação à obtenção do xarope de yacon (SEMINÁRIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003).

### **2.4.3. Farinha de yacon**

Para a elaboração da farinha de yacon são empregadas as metodologias de secagem das raízes em estufa com circulação de ar (MARANGONI, 2007; GONÇALVES, 2010; VASCONCELOS, 2010; ROLIM et al., 2011) ou por desidratação do extrato líquido retirado das raízes de yacon empregando o *spray drier* (PEREIRA, 2009; GONÇALVES, 2010).

A produção da farinha aumenta a vida útil do produto por reduzir o teor de umidade e propiciar o uso como ingrediente na elaboração de alimentos como bolos, biscoitos, pães, entre outros (RODRIGUES et. al, 2011). Além disso, é uma forma de inativar ou reduzir a ação das enzimas responsáveis pelo escurecimento do yacon (CORRÊA et al., 2007).

Independentemente da metodologia utilizada na produção, a etapa de higienização é consenso entre os diferentes autores, que é feita pela lavagem das raízes para a remoção das sujidades, seguida de imersão em água clorada e em algum agente antioxidante (metabissulfito de sódio, ácido cítrico, ácido ascórbico, entre outros), a fim de reduzir o escurecimento (MICHELS, 2005; MARANGONI, 2007; PADILHA et al., 2010; PEREIRA, 2009; VASCONCELOS, 2010; ROLIM et al., 2011).

Marangoni (2007), estudando a potencialidade de aplicação de farinha de yacon (*Polymnia sonchifolia*) em produtos à base de cereais, obteve a farinha de yacon por meio de secagem em estufa com circulação de ar a 60 °C durante 72 horas. O yacon seco foi triturado em multiprocessador de alimentos, e a farinha obtida foi empregada na produção de bolo inglês, biscoitos tipo *Champurrada* e *snacks* estrudados.

Rolim e colaboradores (2011), estudando o perfil glicêmico e o potencial prebiótico *in vitro* de pães com farinha de yacon, e Padilha e colaboradores (2010), avaliando o perfil sensorial de bolos de chocolate formulados com farinha de yacon, elaboraram a farinha por meio de secagem em estufa convectiva a 55 °C por 24 horas e trituração do produto desidratado. Vasconcelos (2010), avaliando a composição físico-química e as características sensoriais de iogurte *light* com farinha de yacon, também realizou a secagem das raízes de yacon a 55 °C em estufa com ventilação forçada, porém o período de secagem foi maior (48 horas). Gonçalves (2010), por sua vez, para o desenvolvimento de massa alimentícia à base de extrato em pó e farinha de yacon e farinha de arroz por meio de extrusão termoplástica, realizou a secagem das raízes de yacon a 80 °C até peso constante e também elaborou um pó a partir da secagem do extrato líquido obtido das raízes de yacon por meio de equipamento de *spray drier*.

Outro método de obtenção de farinha a partir do yacon envolve a produção de extratos ricos em frutanos de yacon. Pereira (2009) obteve o



extrato por meio de imersão de fatias de yacon em um reator de aço inoxidável com água potável a 90 °C por 10 minutos. Posteriormente, as fatias foram trituradas em um liquidificador e o produto obtido foi peneirado em tela de 150 mesh e submetido novamente à imersão no reator. A polpa foi, então, tratada com carvão ativado e terra diatomácea para auxiliar na filtração, que foi realizada após a adição de 0,5% de ácido cítrico em filtro a vácuo. Em seguida, o filtrado foi desidratado em *spray drier*.

Na Tabela 2 está descrita a composição físico-química do extrato desidratado de yacon e na Tabela 3 encontra-se a composição físico-química das farinhas de yacon obtidas a partir de secagem em estufas.

Tabela 2. Composição físico-química do extrato desidratado de yacon

<b>Componentes</b>	<b>Teores (%)</b>
Teor de umidade	2,10
Proteína	1,60
Lipídios	0,16
Cinzas	2,60
Carboidratos	93,68
Frutanos (composição em carboidratos %)	46,10

Fonte: Adaptado de Pereira (2009).

Tabela 3. Composição físico-química (%) de farinha de yacon obtida a partir de secagem em estufa

<b>Componentes</b>	<b>MARANGONI (2007)</b>	<b>ROLIM et al. (2011)</b>	<b>VASCONCELOS (2010)</b>
Teor de umidade	5,94	13,24	6,59
Proteína	2,02	3,36	2,61
Lipídios	0,11	0,19	0,27
Cinzas	4,12	4,20	3,39
Fibra alimentar total	-	12,21	47,92
FA insolúvel	-	9,45	15,91
FA solúvel	-	2,76	2,24
Carboidratos	87,81	66,80	39,71

Fonte: Adaptado de Marangoni (2007), Vasconcelos (2010) e Rolim e colaboradores (2011).

#### **2.4.4. Outras formas de processamento**

Alguns estudos investigam as propriedades de desidratação de fatias de yacon. Kotovicz (2011) avaliou o processo de desidratação osmótica e secagem do yacon. Foram utilizados dois tratamentos, um sem cobertura e

outro com cobertura com imersão em solução de alginato de sódio a 2% e cloreto de cálcio a 2,4%. A desidratação osmótica foi realizada imergindo as raízes em solução de frutose em diferentes concentrações (40, 54 e 68 °Brix) sob diferentes temperaturas (30, 40 e 50 °C). Foi verificado que o melhor tratamento de desidratação osmótica foi de solução osmótica de frutose a 68 °Brix e 30 °C por 60 minutos. As fatias foram submetidas à secagem em estufa convectiva em diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) e foi observado que o aumento da temperatura reduziu o tempo de secagem e favoreceu a redução da atividade de água.

Em outro estudo sobre desidratação osmótica, o agente desidratante no pré-tratamento osmótico foi o sorbitol em solução aquosa a 70%. O tempo de pré-tratamento osmótico foi fixado em duas horas, quando a transferência de massa tendeu ao equilíbrio. A secagem ocorreu em estufa convectiva e o pré-tratamento osmótico diminuiu o tempo de secagem e melhorou a aparência final do produto (MOURA, 2004).

Reis, Lenzi e Masson (2012) investigaram o efeito da temperatura de secagem, a espessura das fatias e concentração de ácido cítrico na inibição do escurecimento enzimático, textura durante a secagem a vácuo; e a otimização do processo na qualidade do produto final. Durante a secagem, houve redução da claridade e reflectância das fatias e aumento nos tons de vermelho e amarelo. Após a secagem, as fatias de yacon apresentaram-se mais endurecidas que antes de serem submetidas a esse processo. As melhores condições de processamento para fatias de yacon são alta temperatura de secagem, espessura fina das fatias e alta concentração de ácido cítrico, produzindo, assim, fatias com baixo escurecimento, textura crocante e coloração amarelo-dourada.

Castro e colaboradores (2012) estudaram o efeito da secagem de fatias de yacon na preservação de antioxidantes e no aumento da vida de prateleira desse produto. As raízes foram higienizadas e cortadas em fatias ou tiras que foram imersas em uma solução de suco de limão e água destilada com pH = 3 durante 10 minutos. Em seguida, o yacon foi submetido à secagem nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C até atingir umidade de 10-14% e armazenado por sete meses em temperatura ambiente. Os autores verificaram que o teor de compostos fenólicos no yacon antes da secagem foi significativamente maior

que nas fatias ou tiras submetidas à secagem nas temperaturas de 40 e 60 °C. Em relação ao armazenamento, as tiras de yacon apresentaram melhores resultados que as fatias, provavelmente devido à maior área de contato das fatias que aumentou a exposição dos compostos fenólicos à oxidação com o oxigênio remanescente dentro das embalagens de polietileno utilizadas no armazenamento.

Michels (2005) estudou os aspectos tecnológicos para obtenção de yacon minimamente processado (em fatias) para consumo humano com análise de diferentes atmosferas modificadas e agentes químicos para inibir o escurecimento. Foi verificado que o melhor agente antiescurecimento foi a solução de ácido cítrico a 3% e a melhor atmosfera empregada foi com 20% CO<sub>2</sub> e 80% N<sub>2</sub>, que apresentaram os melhores resultados em relação às coordenadas de cor. A vida útil desse produto foi estipulada em 12 dias de armazenamento sob refrigeração, baseado nos aspectos sensoriais e microbiológicos.

No estudo de Cabello (2005), o produto obtido a partir do yacon foi um extrato rico em carboidratos com a menor quantidade de resíduos e compostos originários das cores e odores indesejáveis. O processo consistiu de trituração das raízes em liquidificador com água destilada aquecida a 90 °C e filtragem, seguida por aumento de pH com solução de NaOH 1 M até que atingisse o valor de 9,5 a 9,8, aquecimento em banho-maria a 90 °C para coagular proteínas, gomas e matéria graxa e nova filtragem.

## 2.5. ALIMENTOS À BASE DE YACON

Rosa e colaboradores (2009) prepararam e avaliaram a composição físico-química e a aceitação de bolos com diferentes concentrações de farinha de yacon. Foram utilizadas as concentrações de 10 e 20% de farinha de yacon em substituição à farinha de trigo. A adição de farinha de yacon aumentou o teor de cinzas nos bolos, mas não afetou sua aceitação sensorial. Padilha e colaboradores (2010) também avaliaram o perfil sensorial de bolos de chocolate elaborados com farinha de yacon. Foram utilizadas as concentrações de 20 e 40% dessa farinha. O bolo com a maior concentração de farinha de yacon obteve maiores notas para os atributos aroma, gosto doce, sabor de

chocolate, maciez e qualidade global. Não houve diferença em relação ao atributo estrutura entre os bolos com e sem farinha de yacon.

Rolim e colaboradores (2011) avaliaram o perfil glicêmico e potencial prebiótico *in vitro* de pães com farinha de yacon. As concentrações utilizadas foram 6 e 11% e foi verificado que os pães elaborados apresentaram índice glicêmico baixo e moderado. Os pães com essa farinha tiveram potencial prebiótico, provocando o desenvolvimento de bactérias probióticas durante a fermentação *in vitro*. A adição de farinha de yacon proporcionou a elaboração de pães com alto teor de fibras e *light* em gorduras.

Marangoni (2007) estudou o potencial de aplicação de farinha de yacon em produtos à base de cereais (bolo inglês, biscoitos funcionais do tipo *Champurrada* e *snacks* extrudados). A adição dessa farinha mostrou-se viável na elaboração de bolo inglês, não alterando a densidade da massa e sendo bem aceito pelos consumidores. O mesmo ocorreu para os biscoitos do tipo *Champurrada*, em que as formulações com adição de farinha de yacon aumentou o seu volume específico, e as maiores concentrações de farinha proporcionaram menores valores de luminosidade, tonalidade e saturação. Os biscoitos apresentaram características físicas adequadas e boa aceitação dos consumidores. Na produção de *snacks*, os produtos tiveram índice de expansão satisfatório, apesar da farinha de yacon influenciar de modo a reduzir essa propriedade. Quanto maior o teor de farinha de yacon adicionado mais saturada a coloração, tendendo ao amarelo. A concentração de farinha de yacon não teve influência sobre a intenção de compra dos *snacks*.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. METODOLOGIA

Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre, nos laboratórios de Química de Alimentos, Operações Unitárias, Tecnologia de Produtos de Origem Animal e Bromatologia e Nutrição Animal.

Na condução dos experimentos foram utilizadas raízes de yacon adquiridas de um produtor rural do município de Viçosa – Minas Gerais. Essas raízes foram armazenadas sob refrigeração até o processamento por um período máximo de sete dias, conforme recomendado por Kotovicz (2011).

Para elaboração dos sucos, xaropes e farinha, as raízes foram lavadas em água corrente para remoção de sujidades e, com o auxílio de uma faca inox, foram retiradas as porções inadequadas, apodrecidas ou escurecidas. Posteriormente, as raízes foram imersas em solução 200 ppm de cloro residual livre por 10 minutos para a sanitização (PADILHA et al., 2010). Em seguida, elas foram descascadas com auxílio de um descascador de legumes com lâmina fixa e cortadas em fatias com aproximadamente 0,5 cm de espessura (SCHER; RIOS; NOREÑA, 2009; ROLIM et al., 2011).

As Figuras 2 e 3 apresentam os fluxogramas dos procedimentos experimentais para obtenção dos sucos de yacon e dos xaropes e farinhas de yacon, respectivamente.

Para os derivados obtidos a partir de raízes de yacon foram determinadas as características físico-químicas destacadas na Tabela 4, e as coordenadas de cor do sistema CIELAB, utilizando as coordenadas de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , em que  $L^*$  se refere aos valores de luminosidade (0 = preto e 100 = branco),  $a^*$  indica a região do vermelho (+a) ao verde (-a) e  $b^*$  indica a região do amarelo (+b) e azul (-b). Além disso, foram calculados as coordenadas tonalidade ( $h^*$ ), que representa as diferentes cores existentes; croma ( $C^*$ ), que corresponde ao grau de pureza de uma cor em relação à mistura com a cor cinza; e a diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ), de acordo com as Equações 1, 2 e 3 (HUNTERLAB, 2000). Nessas determinações foi utilizado um colorímetro

espectrofotométrico de reflectância e transmitância da marca Konica-Minolta CM-5.

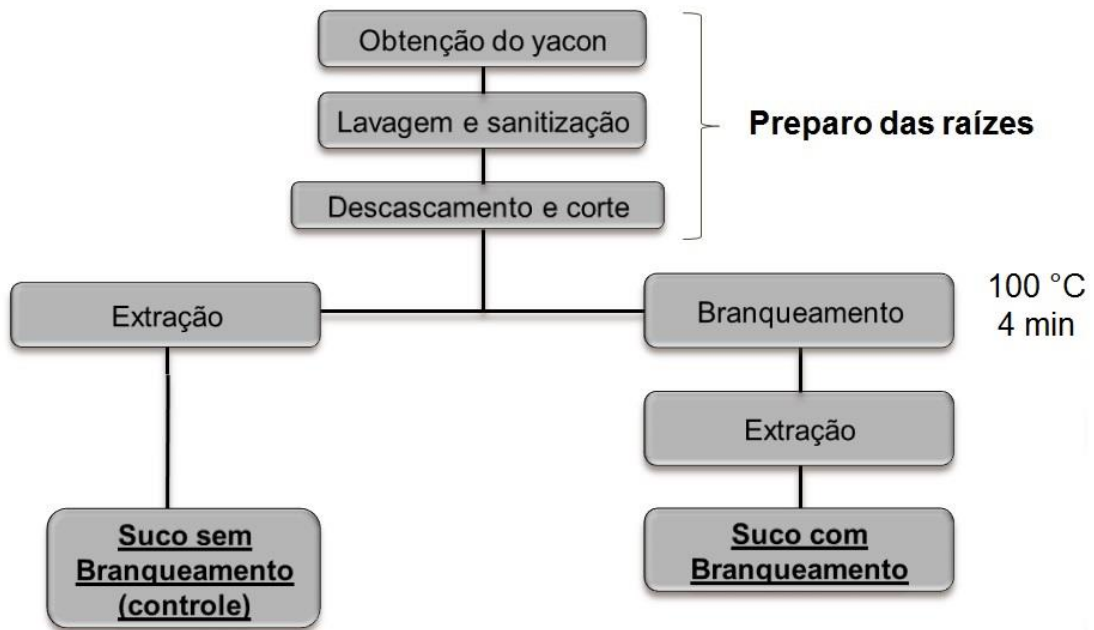


Figura 2. Fluxograma dos procedimentos experimentais para obtenção dos sucos de yacon.

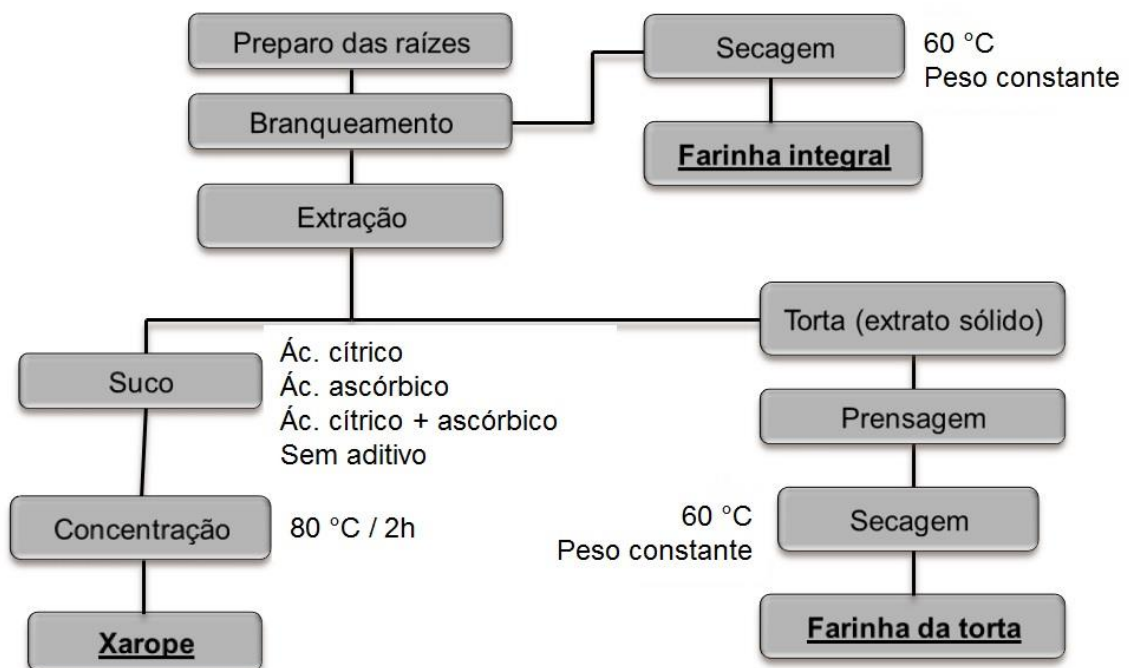


Figura 3. Fluxograma dos procedimentos experimentais para obtenção dos xaropes e farinhas de yacon.

$$h^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad 1$$

$$C^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \quad 2$$

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

em que:

- $h^*$  : coordenada qualitativa relacionada ao comprimento de onda para cores espectrais, que é utilizado para expressar a diferença entre vermelho e azul, violeta e amarelo etc, corresponde a tonalidade de cor;
- $C^*$  : coordenada polar Croma, quantificação cromática. Corresponde ao grau de saturação da cor; e
- $\Delta E^*$  : diferença total da cor da amostra.

Tabela 4. Análises físico-químicas realizadas no experimento.

Nº.	Parâmetros avaliados	Derivados do yacon					Metodologia empregada nas análises
		Sucos	Sucos para elaboração dos xaropes	Xaropes	Farinha integral	Farinha da torta	
1	Teor de umidade	X	X	X		X	Suco: evaporação em banho-maria (Novatecnica NT 247) seguida de secagem em estufa (Grupo Lucadema LUCA-82/480) a 105 °C até peso constante (INSTITUTO ADOLF LUTZ, 2005). Xarope e farinha - secagem direta em estufa a 105 °C (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).
2	pH	X	X	X		X	Método eletrométrico utilizando um pHmetro de bancada (Ion pHB500) (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005). Obs.: para farinha procedeu a diluição em água na proporção de 1/20 medindo-se o pH do sobrenadante.
3	Teor de cinzas	X	X	X		X	Incineração em mufla (STecno 115) a 550 °C (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).
4	Proteína	X	X	X		X	Método de Kjeldahl - fator de conversão de nitrogênio total em proteína utilizado 6,25 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).
5	Lipídios				X	X	Farinhas: método de extração direta em Soxhlet (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).
6	Glicídios redutores em glicose	X	X	X		X	Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005).
7	Glicídios não redutores em sacarose	X	X	X		X	Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005).
8	Sólidos solúveis	X	X			X	Refratômetro digital (Hanna HI 96801) (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).
9	Fibra bruta				X	X	Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005).



### **3.1.1. Obtenção do suco de yacon**

Para condução dos experimentos, primeiro foi avaliado o procedimento adequado para obtenção do suco a partir de fatias de yacon. Desse modo, foi estabelecido o experimento estatístico tipo delineamento inteiramente casualizado (DIC) com dois tratamentos: (i) emprego do tratamento térmico branqueamento com a imersão das fatias em água à temperatura de 100 °C por quatro minutos e, em seguida, a imersão em água à temperatura ambiente (SCHER; RIOS; NOREÑA, 2009) e (ii) não emprego de tratamento térmico.

As fatias foram trituradas empregando um extrator de sucos (Black & Decker Excellence). De cada tratamento foram obtidas três amostras para determinação dos parâmetros destacados na Tabela 4 e determinação das coordenadas de cor. As amostras destinadas às análises físico-químicas foram congeladas para o aguardo dos procedimentos laboratoriais.

Na determinação das coordenadas de cor, avaliou-se a variação dos sucos ao longo do tempo. Dessa forma, procederam-se as primeiras determinações 30 minutos após a sua extração, e as subsequentes foram feitas a cada 15 minutos até o tempo de 105 minutos.

### **3.1.2. Obtenção do xarope de yacon**

Para avaliação do xarope de yacon foi utilizado o delineamento experimental DIC, considerando quatro tratamentos e três repetições, e para cada unidade experimental foram determinadas em triplicata as propriedades físico-químicas destacadas na Tabela 4 e as coordenadas de cor.

Os quatro tratamentos referem-se à elaboração de xaropes a partir de sucos obtidos de fatias de yacon submetidas ao branqueamento a 100 °C por quatro minutos. A porção de suco obtida foi dividida aleatoriamente em quatro frações, sendo a essas adicionadas as seguintes quantidades de antioxidantes, respectivamente: (i) ácido cítrico 0,18 g/kg de raiz descascada, (ii) ácido ascórbico 0,18 g/kg de raiz descascada, (iii) combinação de ácidos cítrico e ascórbico na proporção de 50% cada (0,9 g/kg de raiz descascada) e (iv) sem adição de antioxidante (tratamento controle). O uso de antioxidantes visa inibir o escurecimento dos xaropes.

Os sucos de yacon foram filtrados por gravidade em peneira para a remoção de partículas sólidas. Após esse processo, o suco foi concentrado em aquecimento contínuo, empregando um evaporador com agitador automático em um período de duas horas. A temperatura utilizada nesse processo foi 80 °C (adaptado de MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005).

### **3.1.3. Obtenção da farinha de yacon**

Foram elaborados dois tipos de farinha de yacon: farinha a partir do yacon *in natura* (farinha integral) e farinha da torta. A farinha integral foi obtida de fatias secas à temperatura de 60 °C em um secador de cabine até a condição de massa constante. Após secas, as fatias foram trituradas empregando um liquidificador (Philips Walita RI 7625).

A farinha da torta foi obtida a partir do sólido remanescente na obtenção dos sucos utilizados para elaboração dos xaropes. As porções de torta foram: (i) embaladas em sachês empregando tecido de algodão, (ii) submetidas à compressão em rolos de cilindro de massas para extração do excesso de umidade e (iii) submetidas à secagem em secador de cabine à temperatura de 60 °C até a condição de massa constante. As porções de extrato seco foram trituradas em liquidificador (Philips Walita RI 7625) (adaptado de MARANGONI, 2007) para obtenção da farinha.

Os processos de secagem foram realizados em três repetições. As análises físico-químicas descritas na Tabela 4 e as coordenadas de cor foram determinadas em triplicata para cada uma das parcelas experimentais.

## **3.2 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS**

Os procedimentos estatísticos para avaliação dos experimentos consistiram na elaboração de Análises de Variância (ANOVA), considerando nível de significância de 5%, e para os casos em que houve rejeição das hipóteses de nulidade, foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de significância. Especificamente, nas avaliações da variação das coordenadas de cor dos sucos ao longo do tempo foram elaborados modelos de regressão.

Para elaboração das Análises de Variância, dos testes de Tukey e da

análise de regressão foram utilizados os softwares de domínio público R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011) e o Action<sup>®</sup> (2013).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. DERIVADOS DE YACON

#### 4.1.1 Suco de yacon

O rendimento médio observado para a extração do suco de yacon foi de 0,45 litro para cada quilograma de raiz de yacon *in natura*, correspondendo a um rendimento de 45%, enquanto Quinteros (2000) determinou um rendimento de 76% sem uso de enzimas e de até 88% com uso de enzimas. Essa variação pode ser atribuída à diferença no processo de obtenção do suco nos dois trabalhos, além de outros fatores das próprias raízes de yacon, como cultivar utilizado, método e local de plantio, forma de armazenamento, entre outros.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados para as análises físico-químicas dos sucos de yacon obtidos de fatias submetidas ao tratamento de branqueamento e não submetidas.

Tabela 5. Parâmetros físico-químicos do suco de yacon com branqueamento e controle

Parâmetros	Suco com branqueamento	Suco controle
Sólidos solúveis (°Brix)	6,89 <sub>a</sub> ± 1,54	6,93 <sub>a</sub> ± 1,13
pH	6,07 <sub>a</sub> ± 0,05	5,85 <sub>b</sub> ± 0,02
Proteína (% m/m)	0,28 <sub>a</sub> ± 0,03	0,25 <sub>a</sub> ± 0,05
Cinzas (% m/m)	0,13 <sub>a</sub> ± 0,04	0,15 <sub>a</sub> ± 0,02
Teor de umidade (% m/m)	92,82 <sub>a</sub> ± 1,82	92,46 <sub>a</sub> ± 1,63
Glicídios redutores (% m/m)	3,58 <sub>a</sub> ± 0,62	4,01 <sub>a</sub> ± 0,54
Glicídios não redutores (% m/m)	2,66 <sub>a</sub> ± 1,67	2,30 <sub>a</sub> ± 1,12

Médias seguidas de letras iguais nas linhas indicam que não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível mínimo de significância de 5%. As médias apresentam seguidas do valor do desvio padrão.

Conforme os dados constantes na Tabela 5, os sucos elaborados de fatias de yacon submetidas ao branqueamento e não submetidas diferiram estatisticamente somente para o quesito pH, demonstrando que as raízes de yacon utilizadas nos diferentes tratamentos apresentaram composição físico-química uniforme.

Quinteros (2000), avaliando suco de yacon produzido por meio de tratamento enzimático, encontrou um pH de 6,1, valor semelhante ao obtido no presente estudo. Castro e colaboradores (2013) elaboraram suspensões a partir da polpa de yacon e esta, por ter adição de ácido ascórbico, apresentou pH 5,0, enquanto o pH antes da adição foi entre 6,0 e 6,5. Entretanto, Gibertoni, Nogueira e Filho (2006) encontraram um valor de pH inferior (5,09 e 5,23) para sucos de yacon empregados na elaboração de xarope. Para o yacon *in natura*, o valor de pH observado variou entre 4,18 e 6,50 (MOURA, 2004; MICHELS, 2005; PEREIRA, 2009; GONÇALVES, 2010; VILHENA; CÂMARA; KAKIHARA, 2000; KOTOVICZ, 2011).

Os valores encontrados para sólidos solúveis no presente estudo foram inferiores aos obtidos por Quinteros (2000), que foi 12,8° Brix; por Lago, Bernstein e Brandelli (2011), de 8,0 °Brix; e por Gibertoni, Nogueira e Filho (2006), de 7,5 e 7,1 °Brix. Gonçalves (2010), por sua vez, verificou valor inferior, de 4,79 °Brix.

Em relação ao teor de proteínas, Gibertoni, Nogueira e Filho (2006) verificaram teores de proteína de 0,41 e 0,53% no suco de yacon, concentrações superiores ao do presente estudo. Os valores observados por Moura (2004), Marangoni (2007), Michels (2005) e Kotovicz (2011) para o yacon *in natura* foram de 0,33; 0,26; 0,45 e 0,26%, respectivamente.

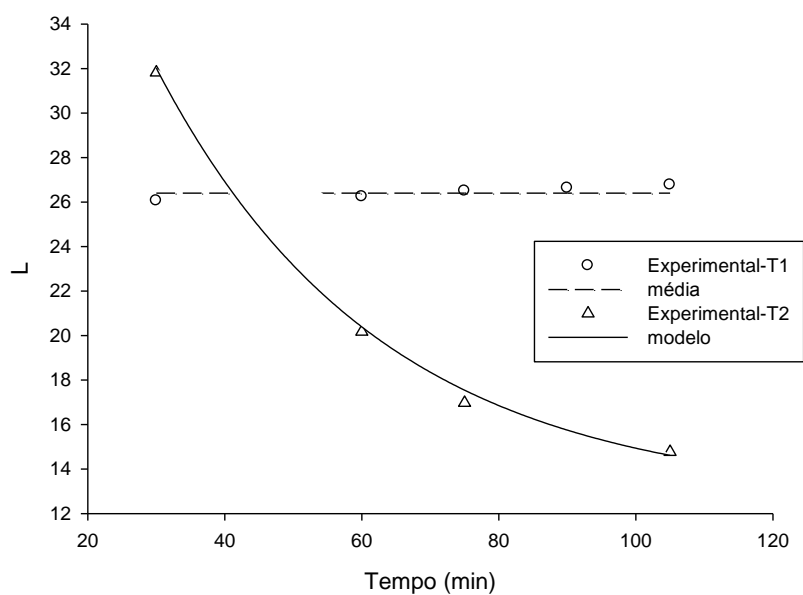
O teor de cinzas verificado neste trabalho foi semelhante ao encontrado por Cabello (2005) para um extrato obtido por meio da moagem de raízes de yacon, filtragem e tratamento térmico, que foi de 0,16%. Gibertoni, Nogueira e Filho (2006) observaram 0,31 e 0,43% de cinzas, enquanto Gonçalves (2010) encontrou teor de cinzas de 3,56% em base seca. Para o yacon *in natura*, o teor de cinzas encontrado por Kotovicz (2011), Michels (2005) e Pereira (2009) foi superior, entre 0,34 e 0,90%.

Em relação ao teor de umidade, o valor obtido no presente estudo foi semelhante aos encontrados por Gonçalves (2010), que foi de 92,9% e Gibertoni, Nogueira e Filho (2006), de 93,43 e 92,97%. Para o yacon *in natura*, a quantidade de água encontrada também é elevada. Cabello (2005) verificou um teor de umidade de 83,9%, enquanto Kotovicz (2011) encontrou 88,68%, Marangoni (2007) observou 87,45% e Pereira (2009) constatou 89,74% de umidade.

O teor de glicídios redutores encontrado no presente estudo foi superior ao verificado por Gibertoni, Nogueira e Filho (2006), que foi de 1,03 e 1,94%, e por Cabello (2005), que variou de 1,99 a 2,18%. Lago, Bernstein e Brandelli (2011) verificaram os teores de glicose e frutose em suco de yacon com concentração de sólidos solúveis de 10 °Brix e observaram valores de 7,8 e 16,42%, respectivamente. Para glicídios não redutores, não foram encontradas referências na literatura para comparação em suco de yacon. Lago, Bernstein e Brandelli (2011) determinaram a concentração de inulina, um açúcar complexo que é considerado um FOS, e verificaram teor de 0,51% para o suco com concentração de sólidos solúveis de 10 °Brix.

As variações observadas nos valores das características físico-químicas dos sucos de yacon encontradas no presente estudo, em relação a outros, podem ser atribuídas aos seguintes fatores: cultivar empregado, época de colheita, formas de armazenagem e métodos de processamento.

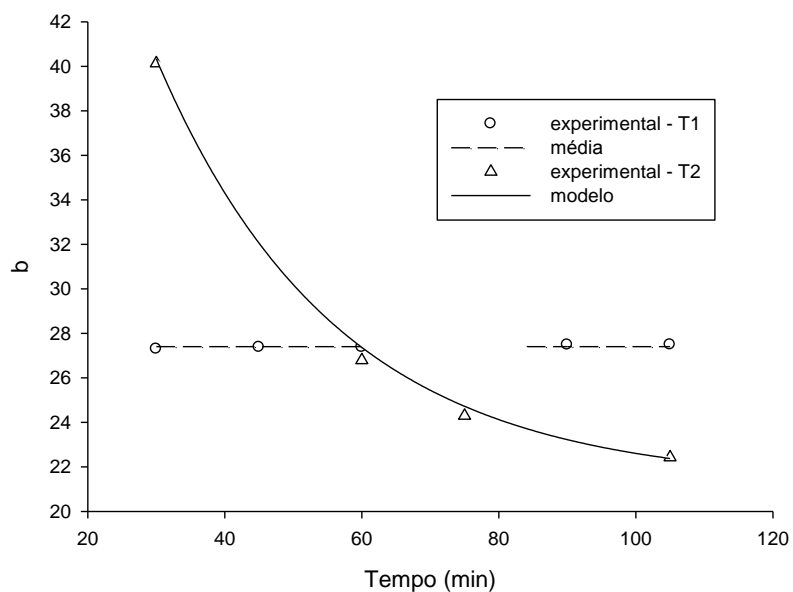
Para a análise de cor, as coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^*$  e  $C^*$  foram medidas ao longo do tempo, enquanto a coordenada  $\Delta E^*$  foi calculada pela diferença entre os valores iniciais e finais das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . Para as coordenadas  $L^*$ ,  $b^*$ ,  $h^*$  e  $C^*$ , o tratamento Suco com Branqueamento (T1) apresentou valores médios constantes, enquanto para o Suco Controle (T2) as coordenadas decresceram exponencialmente ao longo do tempo, mostrando que o emprego do tratamento térmico foi eficaz, pois inibiu o escurecimento do suco de yacon. Enquanto na coordenada  $a^*$  não foi verificada diferença estatística para o emprego ou não do branqueamento. Para a coordenada  $\Delta E^*$ , o valor encontrado para o suco com branqueamento foi estatisticamente menor que o verificado para o suco controle (0,79 e 26,28, respectivamente). Portanto, conclui-se que o binômio tempo temperatura empregado no branqueamento foi suficiente para inibir o escurecimento do suco. Os gráficos obtidos para as coordenadas de cor  $L^*$  e  $b^*$  e  $h^*$  e  $C^*$  estão apresentados nas Figuras 4 e 5, respectivamente .



T1:  $L = 26,4024$

T2:  $L = 12,6750 + 48,5192 e^{-0,0306442 t}$   
 $(r^2 = 0,996131)$

**Coordenada L\* - luminosidade**



T1:  $b = 27,4041$

T2:  $b = 21,2747 + 59,5814 e^{-0,0379914 t}$   
 $(r^2 = 0,994646)$

**Coordenada b\* - região do amarelo**

Figura 4. Coordenadas L\* e b\* da escala de cor avaliadas ao longo do tempo para suco com branqueamento (T1) e controle (T2).

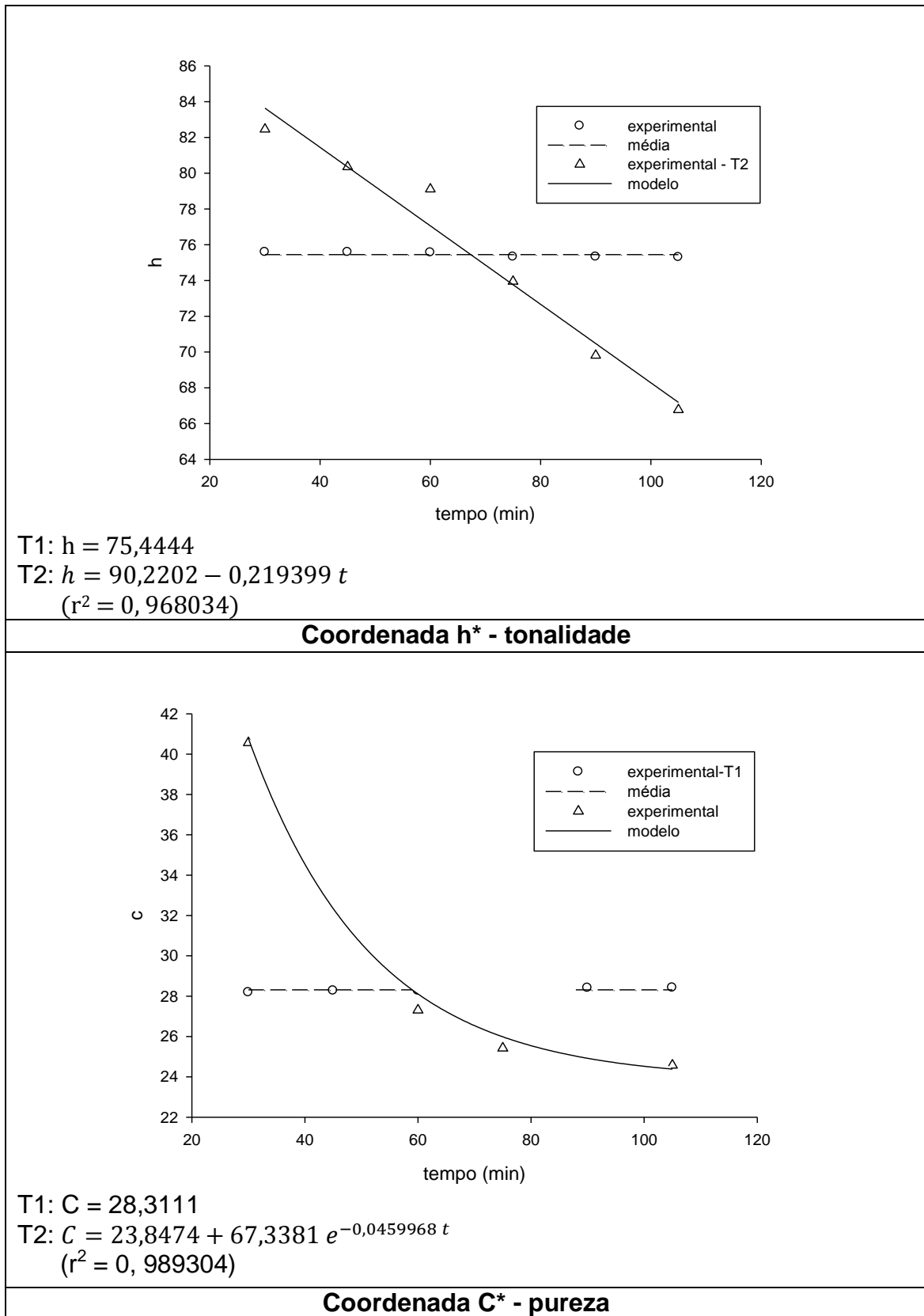


Figura 5. Coordenadas h\* e C\* da escala de cor avaliadas ao longo do tempo para suco com branqueamento (T1) e controle (T2).



Gibertoni, Nogueira e Filho (2006), ao aplicar o branqueamento como tratamento térmico para as raízes antes da extração dos sucos, observaram inibição das reações de escurecimento apenas de forma visual, não foi realizada a determinação das coordenadas de cor.

Gonçalves (2010) determinou as coordenadas de cor, porém não ao longo do tempo, e verificou valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  de 31,67; -1,06 e 1,43, respectivamente. Quinteros (2000) verificou que o branqueamento com água fervente e com imersão em ácido ascórbico seguido de aplicação de vapor foi o tratamento que proporcionou menor intensidade de escurecimento. Além disso, foi observado que o tempo de branqueamento que ocasionou maior redução da atividade da enzima polifenoloxidase foi de 10 minutos em vapor de água. Em relação às coordenadas de cor, Quinteros (2000) observou que o tratamento térmico associado à adição de ácido ascórbico evitou o escurecimento, mantendo constantes os valores de  $L^*$  e da tonalidade  $h^*$ , enquanto apenas o emprego do calor proporcionou maiores variações.

#### **4.1.2 Xarope de yacon**

O rendimento médio do xarope de yacon elaborado no presente estudo foi de 3,5%, valor inferior ao citado por Manrique, Párraga e Hermann (2005), que foi de 7-10%. Essa diferença pode ser atribuída a fatores relacionados ao cultivar, à época de plantio e colheita e forma de armazenagem das raízes, além de diferenças no processo de obtenção dos xaropes.

Foram realizadas as análises físico-químicas dos sucos que originaram os xaropes, e os resultados dessas análises estão apresentados na Tabela 6. As médias apresentam-se seguidas dos desvios padrão.

Os valores das médias, seguidas dos desvios padrão, para as coordenadas de cor observadas nos sucos empregados nas elaborações dos xaropes encontram-se na Tabela 7. As médias apresentam-se seguidas dos desvios padrão.

Tabela 6. Parâmetros físico-químicos dos sucos que originaram os xaropes de yacon

Variáveis	SC	SAA	SAC	SAA+AC
Sólidos solúveis (°Brix)	6,43 <sub>a</sub> ± 0,75	6,20 <sub>a</sub> ± 1,48	6,67 <sub>a</sub> ± 0,63	6,81 <sub>a</sub> ± 0,16
pH	6,22 <sub>a</sub> ± 0,04	6,33 <sub>a</sub> ± 0,09	6,30 <sub>a</sub> ± 0,04	6,29 <sub>a</sub> ± 0,07
Umidade (% m/m)	93,86 <sub>a</sub> ± 0,55	93,78 <sub>a</sub> ± 1,45	93,65 <sub>a</sub> ± 0,50	93,33 <sub>a</sub> ± 0,23
Glicídios redutores (% m/m)	3,65 <sub>a</sub> ± 0,69	3,32 <sub>a</sub> ± 0,64	3,29 <sub>a</sub> ± 0,40	3,98 <sub>a</sub> ± 0,59

SC = suco controle; SAA = suco que originou o xarope com aditivo ácido ascórbico; SAC = suco que originou o xarope com aditivo ácido cítrico e SAA+AC = suco que originou o xarope com aditivo ácido ascórbico + ácido cítrico.

Médias seguidas de letras iguais nas linhas indicam que não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível mínimo de significância de 5%.

Tabela 7. Coordenadas de cor nos sucos que originaram os xaropes de yacon

Coordenadas	SC	SAA	SAC	SAA+AC
L*	21,54 <sub>a</sub> ± 1,55	23,02 <sub>a</sub> ± 0,95	22,23 <sub>a</sub> ± 0,56	21,95 <sub>a</sub> ± 0,42
a*	6,14 <sub>a</sub> ± 0,39	6,32 <sub>a</sub> ± 0,78	6,13 <sub>a</sub> ± 0,56	6,47 <sub>a</sub> ± 0,10
b*	26,02 <sub>a</sub> ± 1,00	26,26 <sub>a</sub> ± 3,11	26,34 <sub>a</sub> ± 0,53	26,31 <sub>a</sub> ± 0,21
h*	76,74 <sub>a</sub> ± 0,34	76,48 <sub>a</sub> ± 0,22	76,91 <sub>a</sub> ± 0,91	76,19 <sub>a</sub> ± 0,13
C*	26,74 <sub>a</sub> ± 1,06	27,01 <sub>a</sub> ± 3,20	27,05 <sub>a</sub> ± 0,64	27,10 <sub>a</sub> ± 0,22

SC = suco controle; SAA = suco que originou o xarope com aditivo ácido ascórbico; SAC = suco que originou o xarope com aditivo ácido cítrico e SAA+AC = suco que originou o xarope com aditivo ácido ascórbico + ácido cítrico.

Médias seguidas de letras iguais nas linhas indicam que não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível mínimo de significância de 5%.

De acordo com os dados apresentados nas Tabelas 6 e 7, observa-se que as características físico-químicas e as coordenadas de cor analisadas não diferiram estatisticamente para os sucos empregados nas elaborações dos xaropes, demonstrando que as raízes de yacon utilizadas para a extração e concentração dos sucos nos diferentes tratamentos apresentaram características uniformes.

As características físico-químicas dos xaropes de yacon são representadas na Tabela 8. Os valores referem às médias seguidas dos desvios padrão.

Tabela 8. Parâmetros físico-químicos dos xaropes de yacon

Variáveis	Xarope controle	Xarope com ácido ascórbico	Xarope com ácido cítrico	Xarope com ácido ascórbico + cítrico
Sólidos solúveis (°Brix)	56,18 <sub>a</sub> ± 4,31	57,41 <sub>a</sub> ± 9,86	58,48 <sub>a</sub> ± 4,61	61,22 <sub>a</sub> ± 1,49
pH	6,14 <sub>a</sub> ± 0,03	4,95 <sub>b</sub> ± 0,13	4,49 <sub>c</sub> ± 0,05	4,71 <sub>d</sub> ± 0,05
Proteína (% m/m)	0,33 <sub>a</sub> ± 0,03	0,34 <sub>a</sub> ± 0,04	0,35 <sub>a</sub> ± 0,02	0,33 <sub>a</sub> ± 0,02
Cinzas (% m/m)	1,84 <sub>a</sub> ± 0,56	1,26 <sub>b</sub> ± 0,24	1,32 <sub>b</sub> ± 0,29	1,39 <sub>b</sub> ± 0,16
Teor de Umidade (% m/m)	45,50 <sub>a</sub> ± 4,52	41,17 <sub>a</sub> ± 9,60	41,57 <sub>a</sub> ± 5,28	40,23 <sub>a</sub> ± 1,14
Glicídios redutores (% m/m)	30,78 <sub>a</sub> ± 4,92	26,35 <sub>a</sub> ± 5,78	28,18 <sub>a</sub> ± 2,85	30,82 <sub>a</sub> ± 5,16
Glicídios não redutores (% m/m)	25,27 <sub>a</sub> ± 4,42	30,13 <sub>ab</sub> ± 9,59	31,37 <sub>ab</sub> ± 8,95	37,97 <sub>b</sub> ± 9,60

Médias seguidas de letras iguais nas linhas indicam que não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível mínimo de significância de 5%.

Conforme informações constantes da Tabela 8, os xaropes não diferiram estatisticamente em relação ao teor de sólidos solúveis, proteínas, umidade e glicídios redutores em glicose. A concentração de sólidos solúveis obtida no presente estudo foi inferior ao relatado em outros trabalhos, de 70-81 °Brix (MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005; GIBERTONI; NOGUEIRA; FILHO, 2006; GENTA et al., 2009). Apesar da diferença no teor de sólidos solúveis, foi obtido um xarope com aparência viscosa, sem grumos e doce, como indicado por Seminário, Valderrama e Manrique (2003).

Em relação ao pH, os quatro xaropes diferiram estatisticamente entre si, fato que pode ser explicado pelo acréscimo dos aditivos ácidos. Os valores encontrados estão dentro da faixa de variação de pH dos xaropes constatada por Manrique, Párraga e Hermann (2005), que é de 4,2 a 5,8. Gibertoni, Nogueira e Filho (2006) encontraram pH de 5,08 e 4,63 e Genta e colaboradores (2009) verificaram pH de 5,4. Para valores de pH abaixo de 4,5, não ocorre o desenvolvimento de bactérias patogênicas (HOFFMANN, 2001) e,

dentre os xaropes elaborados, o com ácido cítrico foi o que apresentou média de pH mais próxima de 4,5.

Os teores de proteína determinados para os xaropes no presente estudo foram inferiores aos valores encontrados por Geyer e colaboradores (2008), que foi de 2,3%, e por Genta e colaboradores (2009), de 2,16%. Esse fato pode ser atribuído à diferença nas concentrações finais dos xaropes, sendo as do presente trabalho menores que as dos estudos supracitados. Desse modo, os xaropes mais diluídos apresentam menores concentrações dos componentes, como as proteínas.

Em relação ao teor de cinzas, o xarope controle diferiu estatisticamente dos demais, com média superior, fato presumidamente resultante da adição dos ácidos que contribuíram para diluição dos componentes dos demais xaropes. Entretanto os valores determinados para todos os xaropes foram inferiores ao verificado nos estudos de Genta e colaboradores (2009), que foi de 2,42%; Gibertoni, Nogueira e Filho (2006), de 3,4 e 3,13%; Geyer e colaboradores (2008), de 3,2%; e Manrique, Párraga e Hermann (2005), de 2,9 e 2,3%.

O teor de umidade dos xaropes elaborados no presente estudo foi superior aos relatados por Manrique, Párraga e Hermann (2005), Gibertoni, Nogueira e Filho (2006), Geyer e colaboradores (2008) e Genta e colaboradores (2009), que oscilaram entre 22 e 29,5%. Essa diferença pode ser atribuída a variações das concentrações finais dos xaropes, tendo os xaropes do presente estudo apresentado concentração inferior.

Em relação ao teor de glicídios redutores, os valores encontrados neste trabalho foram superiores aos obtidos por Gibertoni, Nogueira e Filho (2006), que verificaram uma concentração de 26,38 e 22,73%. Genta e colaboradores (2009) e Geyer e colaboradores (2008) determinaram a concentração de açúcares simples livres e obtiveram 25,65 e 35%, respectivamente.

O xarope controle apresentou a menor média de glicídios não redutores em sacarose, enquanto o xarope com ácido ascórbico + cítrico teve a maior média. Os xaropes com ácido ascórbico e ácido cítrico não diferiram dos demais em relação ao conteúdo de glicídios não redutores em sacarose. Não foram encontrados estudos para comparação do teor de glicídios não redutores em xarope de yacon. Outros estudos determinaram a concentração de FOS no

xarope. Genta e colaboradores (2009) obtiveram 41,39% de FOS, Geyer e colaboradores (2008) encontraram 32%, enquanto Manrique, Párraga e Hermann (2005) verificaram teores de FOS de 10,9 a 47,6%.

As variações observadas nos valores das características físico-químicas dos xaropes determinadas no presente estudo, em comparação a outros, podem ser atribuídas a diferenças nos processos de elaboração dos xaropes, além de fatores como cultivar empregado, época de colheita e forma de armazenagem.

Os valores das médias seguidas dos desvios padrão para as coordenadas de cor observados nos xaropes de yacon estão disponibilizados na Tabela 9.

Tabela 9. Coordenadas de cor nos xaropes de yacon

<b>Coordenadas</b>	<b>Xarope controle</b>	<b>Xarope com ácido ascórbico</b>	<b>Xarope com ácido cítrico</b>	<b>Xarope com ácido ascórbico + cítrico</b>
L*	28,46 <sub>a</sub> ± 2,24	28,62 <sub>a</sub> ± 7,39	33,02 <sub>b</sub> ± 2,20	28,45 <sub>a</sub> ± 0,82
a*	3,08 <sub>a</sub> ± 0,14	9,02 <sub>b</sub> ± 0,89	9,89 <sub>bc</sub> ± 1,14	10,72 <sub>c</sub> ± 1,15
b*	14,56 <sub>a</sub> ± 0,76	23,43 <sub>b</sub> ± 3,43	31,99 <sub>c</sub> ± 1,51	28,64 <sub>d</sub> ± 1,47
h*	78,05 <sub>a</sub> ± 0,30	68,82 <sub>b</sub> ± 1,62	72,88 <sub>c</sub> ± 1,20	69,53 <sub>b</sub> ± 1,13
C*	14,88 <sub>a</sub> ± 0,77	25,11 <sub>b</sub> ± 3,47	33,49 <sub>c</sub> ± 1,76	30,59 <sub>d</sub> ± 1,76
ΔE*	13,98 <sub>ab</sub> ± 1,81	10,85 <sub>a</sub> ± 4,66	16,73 <sub>b</sub> ± 1,03	9,97 <sub>a</sub> ± 0,95

Médias seguidas de letras iguais nas linhas indicam que não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível mínimo de significância de 5%.

O xarope com ácido cítrico diferiu estatisticamente dos demais em relação à coordenada de cor L\*, apresentando a maior média, ou seja, é o mais claro. Em relação à coordenada a\*, todos os xaropes tiveram valor positivo, que corresponde à região do vermelho, tendo o xarope controle apresentado a menor média. Todos tiveram valores de b\* positivos, que correspondem à região do amarelo, e diferiram estatisticamente, tendo o xarope com ácido cítrico apresentado a maior média e o xarope controle a menor. A coordenada h\* refere-se à tonalidade de cor, e os valores encontrados para os xaropes estão entre os ângulos 0° e 90°, significando que as tonalidades dos xaropes estão entre o vermelho (0°) e o amarelo (90°). O xarope controle apresentou a maior média de h\*, os com ácido ascórbico e ácido ascórbico + cítrico

apresentaram os menores valores e o xarope com ácido cítrico mostrou um valor intermediário.

A coordenada C\* refere-se à pureza ou intensidade da cor, sendo que valores iguais a zero significam que a cor da amostra é cinza e quanto maior o valor de C\* maior a pureza ou intensidade da cor. Todos os xaropes elaborados neste estudo apresentaram diferença estatística para essa coordenada, tendo o xarope com ácido cítrico apresentado a maior média de C\*, enquanto o xarope controle obteve a menor. Para a coordenada  $\Delta E^*$ , o xarope com ácido cítrico foi o que teve maior diferença total de cor entre as coordenadas dos sucos que originaram o xarope e as do próprio xarope, juntamente com o xarope controle.

Na Tabela 10 estão apresentados os teores de glicídios redutores em glicose em base seca dos sucos que originaram os xaropes e as dos xaropes. Os glicídios redutores são os açúcares simples, como a glicose e a frutose. Portanto, o aumento do teor de açúcar redutor indica hidrólise dos açúcares complexos, incluídos os FOS que são os compostos de maior interesse no yacon.

Tabela 10. Glicídios redutores em glicose em base seca (%) nos sucos e nos xaropes

<b>Derivados</b>	<b>Média ± Desvio padrão</b>
SC	60,89 <sub>a</sub> ± 15,19
Xarope controle	56,44 <sub>a</sub> ± 5,64
SAA	54,11 <sub>b</sub> ± 4,89
Xarope com ácido ascórbico	45,00 <sub>c</sub> ± 6,13
SAC	51,78 <sub>d</sub> ± 5,16
Xarope com ácido cítrico	48,78 <sub>d</sub> ± 7,70
SAA+AC	59,56 <sub>e</sub> ± 8,02
Xarope com ácido ascórbico + cítrico	51,50 <sub>e</sub> ± 8,50

SC = suco controle; SAA = suco que originou o xarope com aditivo ácido ascórbico; SAC = suco que originou o xarope com aditivo ácido cítrico; e SAA+AC = suco que originou o xarope com aditivos ácido ascórbico + ácido cítrico.

Médias seguidas de letras iguais na coluna indicam que não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível mínimo de significância de 5%.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 10, não foi verificada diferença estatística no teor de glicídios redutores em glicose entre os sucos e o xarope controle, assim como para o suco e o xarope com ácido cítrico e para o suco e o xarope com ácido ascórbico + cítrico. Isso demonstra que o processamento utilizado para a elaboração desses xaropes não promoveu hidrólise dos açúcares complexos presentes no suco, provavelmente preservando também o conteúdo de FOS. Apenas no processamento com ácido ascórbico houve redução no teor de glicídios redutores em glicose no xarope quando comparado ao suco do qual foi originado.

#### 4.1.3 Farinha de yacon

O rendimento observado para a elaboração da farinha da torta foi de 0,16%, enquanto o da farinha integral foi de 7%. O rendimento encontrado para a farinha integral foi semelhante ao verificado por Ribeiro (2008), que foi de 7,95% e superior ao constatado por Vasconcelos (2010), de 3,41%. Os valores médios seguidos dos desvios padrão para as análises físico-químicas da farinha da torta e da farinha integral são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Parâmetros físico-químicos da farinha da torta e da farinha integral

Variável	Farinha da torta	Farinha integral
Sólidos solúveis (°Brix)	1,94 ± 0,17	N.d.
pH	6,11 ± 0,13	N.d.
Proteína (% m/m)	3,96 ± 0,21	N.d.
Cinzas (% m/m)	3,29 ± 0,12	N.d.
Umidade (% m/m)	5,25 <sub>a</sub> ± 0,48	4,89 <sub>a</sub> ± 1,17
Glicídios redutores (% m/m)	22,02 ± 1,77	N.d.
Glicídios não redutores (% m/m)	17,28 ± 1,33	N.d.
Lipídios (% m/m)	4,42 <sub>a</sub> ± 0,49	3,01 <sub>b</sub> ± 0,74
Fibra bruta (% m/m)	19,74 <sub>a</sub> ± 0,75	4,92 <sub>b</sub> ± 0,33

N.d. = não determinado.

Médias seguidas de letras iguais nas linhas indicam que não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível mínimo de significância de 5%.

Lago e colaboradores (2011) elaboraram uma farinha a partir da polpa resultante da produção do suco de yacon, e a composição química determinada foi a composição de açúcares. Foi verificado que a concentração

de inulina reduziu com a secagem da polpa e as concentrações de glicose e frutose aumentaram, indicando possível hidrólise da inulina.

Não foram encontrados outros estudos com a caracterização físico-química de farinha obtida a partir da torta de yacon para comparação. Entretanto, farinha elaborada a partir de raízes de yacon *in natura* apresentou valor de sólidos solúveis de 4 °Brix (PEREIRA, 2009), superior ao verificado no presente estudo. Para o pH, Gonçalves (2010) encontrou valor de 6,2, semelhante ao deste trabalho, enquanto Pereira (2009) verificou pH menor, 4,36. Em relação ao teor de proteínas, Marangoni (2007) verificou concentração de 1,76%, inferior ao encontrado na farinha da torta; entretanto, Gonçalves (2010) e Oliveira (2010) observaram valores superiores, 5,10% e 5,69%.

O teor de cinzas de farinhas elaboradas a partir do yacon *in natura* varia de 2,6 a 6,52% (MARANGONI, 2007; PEREIRA, 2009; GONÇALVES, 2010; OLIVEIRA, 2010), e o valor verificado para a farinha da torta está dentro dessa faixa. Para umidade, o teor encontrado no presente estudo foi inferior ao verificado por Marangoni (2007) para farinha obtida a partir do yacon *in natura*, que foi de 15,42% e por Oliveira (2010), de 10,23%. Entretanto, foi superior ao constatado por Pereira (2009), que foi de 2,1% e por Gonçalves (2010), de 3,56%, porém essa diferença pode ser devido às metodologias empregadas na secagem (*spray drier* e secagem a 80 °C, respectivamente).

Em relação aos glicídios, Bonet e colaboradores (2010) verificaram que o processo de secagem modificou o conteúdo de açúcares, aumentando os teores de glicose e frutose e modificando o grau de polimerização dos FOS da farinha obtida a partir do yacon *in natura*, porém essa determinação não foi realizada no presente estudo. O teor de lipídios observado na farinha obtida a partir do yacon *in natura* variou entre 0,7 e 1,6% (MARANGONI, 2007; PEREIRA, 2009; GONÇALVES, 2010; OLIVEIRA, 2010), valores inferiores aos verificados para as farinhas da torta e integral elaboradas no presente estudo.

Em relação ao teor de fibra bruta, o valor encontrado neste estudo para a farinha integral foi semelhante ao verificado por Gonçalves (2010), de 4,75% e por Marangoni (2007), de 3,86%; entretanto, o valor observado para a farinha da torta foi superior. Isso pode ser atribuído à extração do suco antes da



elaboração da farinha da torta, restando mais sólidos insolúveis que na farinha integral obtida a partir do yacon *in natura*, sem a extração prévia do suco.

As médias seguidas dos desvios padrão para as coordenadas de cor observadas na farinha da torta de yacon estão apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12. Coordenadas de cor da farinha da torta

<b>Coordenadas</b>	<b>Média ± Desvio padrão</b>
L*	75,82 ± 0,18
a*	1,37 ± 0,05
b*	19,78 ± 0,35
h*	86,04 ± 0,09
C*	19,83 ± 0,35

O valor de L\* observado na farinha da torta está mais próximo de 100, indicando a claridade da amostra. O valor de a\* verificado foi pequeno, porém positivo, indicando que a amostra localizou-se levemente deslocada para a região do vermelho e o valor de b\*, também positivo, indica que a amostra localizou-se na região do amarelo. A coordenada h\* encontrada indica que a tonalidade da farinha estava entre os ângulos 0° (vermelho) e 90° (amarelo). Em relação à coordenada C\*, quanto maior o valor maior a pureza ou intensidade da cor. Em relação às coordenadas de cor, Gonçalves (2010) determinou os valores de L\*, a\* e b\* para farinha obtida a partir do yacon *in natura* a 60 °C e verificou valor de L\* semelhante ao do presente estudo (76,58) e valores de a\* e b\* superiores (3,55 e 23,50, respectivamente). As demais coordenadas não foram determinadas.

#### 4.2 COMPARAÇÃO DOS DERIVADOS DE YACON

As características físico-químicas dos derivados de yacon obtidos neste estudo foram comparadas em base seca e o resultado está apresentado na Tabela 13.

Conforme informações constantes na Tabela 13, constata-se que o teor de cinzas do xarope controle e da farinha da torta apresentou as maiores médias. Os teores de proteínas dos xaropes foram estatisticamente menores do que os valores encontrados para os sucos branqueados e controle e para a farinha da torta. Os sucos com branqueamento e controle e os xaropes

apresentaram médias estatisticamente iguais de glicídios redutores em glicose, enquanto a farinha da torta teve a menor média. Em relação ao teor de glicídios não redutores em sacarose, a farinha da torta apresentou a menor média, enquanto os xaropes com ácido cítrico e ácido ascórbico + ácido cítrico mostraram as maiores médias.

Portanto ao se adotar como critério de avaliação os aspectos nutricional e dietético, os xaropes de yacon devem ser preferidos em relação aos demais derivados, pois apresentam maior concentração de glicídios não redutores. Não foi constatada a hidrólise dos açúcares complexos em açúcares simples durante o processamento. Além disso, os xaropes são mais estáveis e com maior vida de prateleira ao serem comparados aos sucos de yacon, segundo derivado com maior teor de glicídios não redutores.

Dentre os xaropes produzidos, aquele elaborado a partir de suco adicionado de ácido cítrico foi o que apresentou melhores coordenadas de cor e pH, próximo de 4,5, o que dificulta o crescimento de microrganismos. Portanto, dentre os derivados avaliados neste estudo recomendam-se os xaropes elaborados a partir de sucos adicionados de ácido cítrico na concentração 0,18 g ácido cítrico/kg de raiz descascada.

Tabela 13. Resultados das análises físico-químicas em base seca para os derivados da raiz yacon

Características físico-químicas	Derivados da raiz do yacon						
	Suco com branqueamento	Suco controle	Xarope controle	Xarope com ácido ascórbico	Xarope com ácido cítrico	Xarope com ácido ascórbico + ácido cítrico	Farinha da torta
Cinzas (% m/m)	1,86 <sub>a</sub> ± 0,44	2,03 <sub>a</sub> ± 0,24	3,36 <sub>b</sub> ± 0,83	2,16 <sub>a</sub> ± 0,30	2,24 <sub>a</sub> ± 0,35	2,31 <sub>a</sub> ± 0,23	3,48 <sub>b</sub> ± 0,09
Proteína (% m/m)	4,01 <sub>a</sub> ± 0,93	3,44 <sub>a</sub> ± 0,90	0,60 <sub>b</sub> ± 0,08	0,59 <sub>b</sub> ± 0,11	0,61 <sub>b</sub> ± 0,06	0,56 <sub>b</sub> ± 0,05	4,17 <sub>a</sub> ± 0,20
Glicídios redutores (% m/m)	51,44 <sub>a</sub> ± 10,68	56,00 <sub>a</sub> ± 16,30	56,44 <sub>a</sub> ± 5,64	45,00 <sub>a</sub> ± 6,13	48,78 <sub>a</sub> ± 7,70	51,50 <sub>a</sub> ± 8,50	23,22 <sub>c</sub> ± 1,75
Glicídios não redutores (% m/m)	34,67 <sub>ac</sub> ± 13,10	29,22 <sub>ade</sub> ± 9,54	46,89 <sub>bcd</sub> ± 10,45	51,33 <sub>bc</sub> ± 14,28	53,56 <sub>b</sub> ± 12,68	63,38 <sub>b</sub> ± 14,79	16,22 <sub>e</sub> ± 5,53

Médias seguidas de letras iguais nas linhas indicam que não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível mínimo de significância de 5%.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os experimentos e as análises conduzidas, o uso do tratamento térmico branqueamento na elaboração do suco de yacon foi eficaz quanto à inibição do escurecimento, manutenção de valores constantes para as coordenadas de cor e não alteração das características físico-químicas do suco.

Em relação aos xaropes de yacon, o emprego de calor na concentração dos sucos não promoveu hidrólise dos açúcares complexos em açúcares simples, pois em nenhum dos tratamentos foi verificado aumento no teor de glicídios redutores.

O xarope que apresentou melhores coordenadas de cor foi o elaborado a partir do suco com adição de ácido cítrico, pois apresentou maior valor de  $L^*$ , indicando maior claridade, além de ter apresentado valor de  $h^*$  próximo de  $90^\circ$ , mostrando maior proximidade à cor amarela e maior valor de  $C^*$ , indicando maior pureza da cor.

Em relação à farinha da torta, o produto apresentou alto teor de fibra bruta, mostrando potencial de uso como ingrediente para enriquecimento de produtos.

Desse modo, considerando aspectos nutricionais e dietéticos, os xaropes de yacon devem ser preferidos em relação aos demais derivados, pois apresentam maior concentração de glicídios não redutores, incluindo possivelmente os FOS. Não foi constatada a hidrólise dos açúcares complexos em açúcares simples durante o processamento. Além disso, os xaropes são mais estáveis e com maior vida de prateleira ao serem comparados aos sucos de yacon, segundo derivado com maiores teores de glicídios não redutores.

Dentre os xaropes produzidos, aquele elaborado a partir de suco adicionado de ácido cítrico foi o que apresentou melhores coordenadas de cor e pH, próximo de 4,5, o que dificulta o crescimento de microrganismos. Portanto, dentre os derivados avaliados neste estudo recomenda-se os xaropes elaborados a partir de sucos adicionados de ácido cítrico na concentração 0,18 g ácido cítrico/kg de raiz descascada.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACTION. [pacote estatístico] Disponível em: <<http://portalaction.com.br/>>. Acesso em: 27 set. 2013.

ARNAO, I.; SEMINÁRIO, J.; CISNEROS, R.; TRABUCCO, J. Potencial antioxidante de 10 accesiones de yacón, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, procedentes de Cajamarca – Perú. **An Fac Med**, v. 72, n. 4, p. 239-243, 2011.

AYBAR, M.J.; SÁNCHEZ, R. A.N; GRAU A, S. S. S. Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 74, n. 2, p. 125-132, 2001.

BONET, M. E. B.; MESON, O.; LEBLANK, A. M.; DOGI, C. A.; CHAVES, S.; KORTSARZ, A.; GRAU, A.; PERDIGÓN, G. Prebiotic effect of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) on intestinal mucosa using a mouse model. **Food and Agricultural Immunology**, v.21, n. 2, p. 175-189, jun. 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Resolução Nº 18, de 30 de abril de 1999**. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/7e3240004745973a9f82df3fbc4c6735/rdc\\_18.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/7e3240004745973a9f82df3fbc4c6735/rdc_18.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em: 05 maio 2013.

CABELLO, C. Extração e pré-tratamento químico de frutanos de yacon, *Polymnia sonchifolia*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 202-207, abr./jun. 2005.

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, p. 1592–1599, 2012.

CASTRO, A.; CABALLERO, M.; HERBAS, A.; CARBALLO, S. Antioxidants in yacon products and effect of long term storage. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 3, p. 432-435, jul./set. 2012.

CASTRO, A.; CÉSPEDES, G.; CARBALLO, S.; BERGENSTÅHL, B.; TORNBERG, E. Dietary fiber, fructooligosaccharides, and physicochemical properties of homogenized aqueous suspensions of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Food Research International**, v. 50, p. 392-400, 2013.

CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MARTINAZZO, A. P.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M. Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.501-510, maio/ago., 2007.

DELGADO, G. T. C.; THOMÉ, R.; GABRIEL, D. L.; TAMASHIRO, W. M. S. C.; PASTORE, G. M. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*)-derived fructooligosaccharides improves the immune parameters in the mouse. **Nutrition Research**, v. 32, p. 884-892, 2012.

FERREIRA, C. L.; SALMINEN, S.; GRZESKOWIAK, L.; BRIZUELA, M. A.; SANCHEZ, L.; CARNEIRO, H.; BONNET, M. Terminology concepts of probiotic and prebiotic and their role in human and animal health. **Revista de Salud Animal**, v. 33, n. 3, p. 137-146, 2011.

FREITAS, A. A.; FRANCELIN, M. F.; HIRATA, G. F.; CLEMENTE, E.; SCHMIDT, F. L. Atividades das enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) nas uvas das cultivares benitaka e rubi e em seus sucos e geléias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 28(1): 172-177, jan.-mar. 2008.

GENTA, S.; CABRERA, W.; HABIB, N.; PONS, J.; CARILLO, I. M.; GRAU, A.; SÁNCHEZ, S. Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. **Clinical Nutrition**, v. 28, p. 182-187, 2009.

GEYER, M.; MANRIQUE, I.; DEGEN, L.; BEGLINGER, C. Effect of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) on Colonic Transit Time in Healthy Volunteers. **Digestion**, v. 78, p.30-33, 2008.

GIBERTONI, C. F.; NOGUEIRA, A. M. P.; FILHO, W. G. V. Ultra e microfiltração de suco de yacon (*Polymnia sonchifolia*) para obtenção de xarope rico em frutanos. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 2, p. 68-81, 2006.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary Modulation of the Human Colonie Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics. **The Journal of Nutrition**, v. 125, p. 1401-1412, 1995.

GONÇALVES, P. V. M. **Desenvolvimento de massa alimentícia funcional a base de extrato em pó e farinha de Yacon (*Polymnia sonchifolia*) e farinha de arroz por processo de extrusão termoplástica**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 120 p., 2010.

GRAU, A., REA, J. Yacon *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. In: HERMANN M.; HELLER, J. **Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon**. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops, p. 199-256, 1997.

HABIB, N. C.; HONORÉ, S. M.; GENTA, S. B.; SÁNCHEZ, S. S. Hypolipidemic effect of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) roots on diabetic rats: Biochemical approach. **Chemico-Biological Interactions**, v. 194, p. 31-39, 2011.

HERMANN, M.; HELLER, J. **Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon**. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops, p. 199-256, 1997.

HERMANN, M.; I. FREIRE; PAZOS, C. Compositional diversity of the yacon storage root. In: **Impact on a changing world: Program report 1997–98**. International Potato Centre (CIP), Lima (Perú), p. 425-432, 1999.

HOFFMANN, F. L. Fatores limitantes à proliferação de microorganismos em alimentos. **Brasil Alimentos**, n. 9, p. 23-30, jul/ago 2001.

HUNTERLAB. What is color and how is measured. Applications Note, v.12, n.5, p.1-8, 2000. Disponível em <[http://www.hunterlab.com/appnotes/an05\\_00.pdf](http://www.hunterlab.com/appnotes/an05_00.pdf)>. Acesso em 05/08/2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. 1. ed. digital. São Paulo, SES - CCD –IAL, 2005.

KAKUTA, H.; SEKI, T.; HASHIDOKO, Y.; MIZUTANI, J. Ent-kaurenic acid and its related compounds from glandular trichome exudate and leaf extracts of *Polymnia sonchifolia*. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 56, n. 10, p. 1562-1564, 1992.

KOTOVICZ, V. **Otimização da desidratação osmótica e secagem do yacon (*Polymnia sonchifolia*)**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 89 p., 2011.

LACHMAN, J.; FERNÁNDEZ, E. C.; ORSÁK, M. Yacon [*Smallanthus sonchifolia* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] chemical composition and use – a review. **Plant Soil and Environment**, Prague, v.49, n. 6, p. 283- 290, 2003.

LACHMAN, J.; HAVRLAND, B.; FERNÁNDEZ, E. C.; DUDJAK, J., et al. Saccharides of yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] tubers and rhizomes and factors affecting their content. **Plant Soil and Environment**, Prague, v. 50, n.9, p. 383-390, 2004

LAGO, C. C.; BERNSTEIN, A.; BRANDELLI, A.; NOREÑA, C. Z. Characterization of Powdered Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) Juice and Pulp. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 6, p. 2183-2191, 2011.

LAGO, C. C.; BERNSTEIN, A.; BRANDELLI, A. Estudo do comportamento reológico, da atividade de água e do ponto de início de congelamento do suco de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) a diferentes concentrações. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 1, p. 1-9, jan./mar. 2011

LIBONI, L. M. P.; KUN, Y. P. Frutooligossacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 385-390, 2003.

LOBO, A. R.; COLLI, C.; ALVARES, E. P.; FILISETTI, T. M. C. C. Effects of fructans containing yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp & Endl.) flour on caecum mucosal morphometry, calcium and magnesium balance, and bone calcium retention in growing rats. **British Journal of Nutrition**, v. 97, n. 4, p. 776-785, 2007.

MACHADO, S. R.; OLIVEIRA, D. M. T.; DIP, M. R.; MENEZES, N. L. Morfoanatomia do sistema subterrâneo de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson (Asteraceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 1, p. 115-123, jan./mar. 2004.

MANRIQUE, I.; PÁRRAGA, A.; HERMANN, M. Yacon syrup: Principles and processing. Series: **Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003)**. International Potato Center, Lima, Peru, 2005.

MARANGONI, A. L. **Potencialidade de aplicação de farinha de yacon (*Polymnia sonchifolia*) em produtos à base de cereais**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 105 p., 2007.

MENOLLI, L. N.; FINGER, F. L.; PUIATTI, M.; BARBOSA, J. B.; BARROS, R. S. Atuação das enzimas oxidativas no escurecimento causado pela injúria por frio em raízes de batata baroa. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 57-63, 2008.

MICHELS, I. **Aspectos tecnológicos do processamento mínimo de tubérculos de yacon (*Polymnia sonchifolia*) armazenados em embalagens com atmosfera modificada**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 107 p., 2005.

MOLIS, C.; FLOURIÉ, B.; OUARNE, F.; GAILING, M. F.; LARTIGUE, S.; GUIBERT, A.; BORNET, F.; GALMICHE, J. P. Digestion, excretion, and energy value of fructooligosaccharides in healthy humans. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 64, p. 324-328, 1996.

MOSCATTO, J. A.; PRUDÊNCIO-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, out./dez. 2004.

MOURA, C. P. **Aplicação de redes neuronais para a predição e otimização do processo de secagem de yacon (*Polymnia sonchifolia*) com pré-tratamento osmótico**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 107 p., 2004.

MOURA, N. A.; CAETANO, B. F. R.; SIVIERI, K.; URBANO, L. H.; CABELLO, C.; RODRIGUES, M. A. M.; BARBISAN, L. F. Protective effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) intake on experimental colon carcinogenesis. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, p. 2902–2910, 2012.



NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO (NEPA). **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. Ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 161 p., 2011.

NEVES, V. A.; SILVA, M. A. Polyphenol Oxidase from Yacon Roots (*Smallanthus sonchifolius*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 2424-2430, 2007.

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

OLIVEIRA, L. A. **Yacon (*smallanthus sonchifolius*): compostos fenólicos totais e efeitos sobre a glicemia e estresse oxidativo em ratos diabéticos**. Dissertação de Mestrado em Ciências Nutricionais. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 99 p., 2010.

OLIVEIRA, L. A.; COSTA, T. M. B.; OLIVEIRA, L. R. A.; FERREIRA, J. F.; NAVARRO, A. M. Respostas glicêmicas de ratos diabéticos Recebendo solução aquosa de yacon. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 1, p. 61-67, jan./mar. 2009.

OLIVEIRA, M. A.; NISHIMOTO, E. K. Avaliação do desenvolvimento de plantas de Yacon (*Polymnia sonchifolia*) e caracterização dos carboidratos de reservas em HPLC. **Brazilian Journal of Food Technology**, São Paulo, v.7, n.2, p. 215-220, jul./dez., 2004.

PADILHA, V. M.; ROLIM, P. M.; SALGADO, S. M.; LIVERA, A. S.; ANDRADE, S. A. C.; GUERRA, N. B. Perfil sensorial de bolos de chocolate formulados com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, jul./set. 2010.

PEREIRA, R. A. C. B. **Extração e utilização de frutanos de yacon (*Polymnia sonchifolia*) na funcionalização de alimentos**. Tese de Doutorado em Agronomia (Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 154 p., 2009.

PETERS, H. P. F.; BOERS, H. M.; HADDEMAN, E.; MELNIKOV, S. M.; QVYIT, F. No effect of added b-glucan or of fructooligosaccharide on appetite or energy intake. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 89, p. 58-63, 2009.

PRATI, P.; BERBARI, S. A. G.; PACHECO, M. T. B.; SILVA, M. G.; NACAZUME, N. Estabilidade dos componentes funcionais de geléia de yacon, goiaba e acerola, sem adição de açúcares. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 4, p. 285-294, 2009.

QUINTEROS, E. T. T. **Produção com tratamento enzimático e avaliação do suco de yacon**. Tese de Doutorado em Tecnologia de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 163 p., 2000.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <<http://www.R-project.org/>>. 2011.

REIS, F. R.; LENZI, M. K.; MASSON, M. L. Effect of vacuum drying conditions on the quality of yacon (*smallanthus sonchifolius*) slices: process optimization toward color quality. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 36, p. 67-73, 2012.

RIBEIRO, J. A. **Estudo químico e bioquímico de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in natura e processado e influência do seu consumo sobre níveis glicêmicos e lipídeos fecais de ratos**. Dissertação de Mestrado em Ciência dos Alimentos. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 181 p., 2008.

ROBERFROID, M.; GIBSON, G. R.; HOYLES, L.; MCCARTNEY, A. L.; RASTALL, R.; ROWLAND, I.; WOLVERS, D.; WATZL, B.; SZAJEWSKA, H.; STAHL, B.; GUARNER, F.; RESPONDEK, F.; WHELAN, K.; COXAM, V.; DAVICCO, M.-J.; LÉOTOING, L.; WITTRANT, Y.; DELZENNE, N. M.; CANI, P. D.; NEYRINC, A. M.; MEHEUST, A. Prebiotic effects: metabolic and health benefits. **British Journal of Nutrition**, v.104, Suppl 2:S1-63, Aug- 2010.

RODRIGUES, F. C.; CASTRO, A. S. B.; MARTINO, H. S. D.; FERREIRA, C. L. L. F. Farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): produção e caracterização química. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 3, p. 290-295, 2011.

ROLIM, P. M.; SALGADO, S. M.; PADILHA, V. M.; LIVERA, A. V. S.; ANDRADE, S. A. C.; GUERRA, N. B. Glycemic profile and prebiotic potential “in vitro” of bread with Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 2, p. 467-474, abr./jun., 2011.

ROSA, C. S.; OLIVEIRA, V. R.; VIERA, V. B.; GRESSLER, C.; VIEGA, S. Elaboração de bolo com farinha de yacon. **Ciência Rural**, v.39, n. 6, p. 1869-1872, set. 2009.

SALES, R.L. et. al. Yacon: aspectos nutricionais, tecnológicos e funcionais. In: COSTA, N.M.B.; ROSA, C.O.B. **Alimentos funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos**. 1ª ed. Rio de Janeiro (RJ): Ed. Rúbio; p. 229-239, 2010.

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, mai./jun. 2008.

SCHER, C. F.; RIOS, A. O.; NOREÑA, C. P. Z. Hot air drying of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and its effect on sugar concentrations. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 2169-2175, 2009.

SEMINÁRIO, J.; VALDERRAMA, M.; MANRIQUE, I. **El yacon: fundamentos para el aprovechamiento de um recurso promissório**. Centro Internacional de La Papa (CIP), Universidade Nacional de Cajamara, Lima, Peru, p. 60, 2003.

SPIEGEL, J.E. ROSE, R.; KARABELL, P.; FRANKOS, V. H.; SCHIMITT, D. F. Safety and benefits of fructooligosaccharides as food ingredients. **Food Technology**, Boston, v.48, p.85-89, 1994.

TAKENAKA, M.; YAN, X.; ONO, H.; YOSHIDA, M.; NAGATA, T.; NAKANISHI, T. Caffeic acid derivatives in roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 3, p. 793-796, 2003.

TEIXEIRA, A. P.; PAIVA, C. F.; RESENDE, A. J.; ZANDONADI, R. P. O efeito da adição de yacon no suco de laranja industrializado sobre a curva glicêmica de estudantes universitários. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 2, p. 313-319, abr./jun. 2009.

UNIVERSIDADE NACIONAL AGRARIA LÁ MOLINA. **Programa de Investigación y Proyección Social en Raíces y Tuberosas: Yacón** (*Smallanthus sonchifolius*). Disponível em: <<http://www.lamolina.edu.pe/Investigacion/programa/yacon/Yacon.htm>>. Acesso em: 02 jun. 2013.

VALENTOVÁ, K.; ULRICHOVÁ, J. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium Meyenii* - Prospective Andean Crops for the Prevention of Chronic Diseases. **Biomedical Papers**, v. 147, n. 2, p. 119-130, 2003.

VASCONCELOS, C. M. **Caracterização físico-química e sensorial de iogurte “light” com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 56 p., 2010.

VASCONCELOS, C. M.; SILVA, C. O.; TEIXEIRA, L. J. Q.; CHAVES, J. B. P.; MARTINO, H. S. D. Determinação da fração da fibra alimentar solúvel em raiz e farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) pelo método enzimático-gravimétrico e cromatografia líquida de alta eficiência. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 2, p. 188-193, 2010.

VILHENA, S. M. C.; CÂMARA, F. L. A.; KAKIHARA, S. T. O cultivo de yacon no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 1, p. 5-8, mar. 2000.

YASUDA, A.; INOUE, K.; SANBONGI, C.; YANAGISAWA, R.; ICHINOSE, T.; TANAKA, M.; YOSHIKAWA, T.; TAKANO, H. Dietary supplementation with fructooligosaccharides attenuates allergic peritonitis in mice. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 422, p. 546–550, 2012.

YUN, J.W. Fructooligosaccharides: occurrence, preparation and applications. **Enzymes and Microbial Technology**, v.19, n.2, p.107-117, 1996.