

**VIVIANNE MONTARROYOS PADILHA**

**CARACTERIZAÇÃO E PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE  
BOLOS DE CHOCOLATE FORMULADOS COM RAÍZES  
TUBEROSAS DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*)**

**RECIFE – PE**

**2008**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Vivianne Montarroyos Padilha**

**CARACTERIZAÇÃO E PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE  
BOLOS DE CHOCOLATE FORMULADOS COM RAÍZES  
TUBEROSAS DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*)**

**RECIFE – PE**

**2008**

**Vivianne Montarroyos Padilha**

**CARACTERIZAÇÃO E PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE BOLOS  
DE CHOCOLATE FORMULADOS COM RAÍZES TUBEROSAS DE  
YACON (*Smallanthus sonchifolius*)**

Dissertação apresentada ao colegiado do Programa de Pós-Graduação em Nutrição do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção do grau de Mestre em Nutrição.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dra. Nonete Barbosa Guerra

Co-orientador: Prof.<sup>a</sup> Dra. Silvana Magalhães Salgado

**RECIFE - PE**

**2008**

Padilha, Vivianne Montarroyos

Caracterização e propriedades funcionais de bolos de chocolate formulados com raízes tuberosas de yacon(*smallanthus sonchifolius*)/ Vivianne Montarroyos Padilha. – Recife : O Autor, 2009.

146 folhas : fig., tab. e quadros.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCS. Nutrição, 2009.

Inclui bibliografia, anexos e apêndices.

1. Nutrição. 2. Frutanos. 3. Prebiótico.  
4. Bolo de chocolate. 5. Yacon. I.Título.

612.3  
612.3

CDU (2.ed.)  
CDD (22.ed.)

UFPE  
CCS2009-015


**Vivianne Montarroyos Padilha**

**Caracterização e propriedades funcionais de bolos de chocolate  
formulados com raízes tuberosas de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**

Dissertação aprovada em:

Recife, 23/12/2008

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Enayde de Almeida Mélo

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Alda Verônica Souza Livera

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Elizabeth do Nascimento

Recife – PE

2008

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO**

**Reitor**

Prof<sup>o</sup>. Amaro Henrique Pessoa Lins

**Vice-reitor**

Prof<sup>o</sup>. Gilson Edmar Gonçalves e Silva

**Pró-Reitor para assuntos de pesquisa e pós-graduação**

Prof<sup>o</sup>. Anísio Brasileiro de Freitas Dourado

**Diretor do Centro de Ciências da Saúde**

Prof<sup>o</sup>. José Tadeu Pinheiro

**Vice-diretor do Centro de Ciências da Saúde**

Prof<sup>o</sup>. Márcio Antônio Gueiros

**Chefe do Departamento de Nutrição**

Prof<sup>ª</sup>. Tânia Lúcia Montenegro da Silva

**Vice-chefe do Departamento de Nutrição**

Prof<sup>ª</sup>. Poliana Coelho Cabral

**Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Nutrição**

Prof<sup>ª</sup>. Mônica Maria Osório

**Vice-coordenador do Programa de Pós-Graduação em Nutrição**

Prof<sup>ª</sup>. Célia Maria Machado Barbosa de Castro

*A Deus,*

*Aos meus pais, Luíz e Elizabeth por terem sempre me direcionado ao caminho dos estudos; ao meu irmão, Luíz Vinícius pela compreensão e paciência; ao meu namorado, Erik Yuzo, pelo incentivo, carinho e colaboração e a todos àqueles que sempre demonstraram acreditar na minha capacidade.*

*DEDICO.*



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus e a Meishu-Sama, por terem me guiado para esse caminho. Sei que nada acontece por acaso.

Aos meus pais, Luíz e Elizabeth, que me ensinaram o verdadeiro significado do amor e que depositaram em mim grande confiança e apoio em todas as fases da minha vida. Sem vocês eu jamais teria chegado até aqui. Amo-os eternamente.

Ao meu irmão Luíz Vinícius pela amizade e companheirismo de sempre, você é uma alegria em minha vida.

Ao meu namorado Erik Yuzo, companheiro de todos os momentos. Seu apoio foi a segurança que me levou chegar até aqui. Você me ensinou o significado do que é amar, obrigada por encher de luz a minha vida. Amo você, minha vida.

À minha avó Lucila, pelo apoio e acolhimento.

As amigas eternas que conquistei no mestrado, Michelle Galindo, Marina Oliveira e Priscila Rolim, pelas amizades verdadeiras, intensas e puras, verdadeiros tesouros nos dias atuais.

À minha orientadora Silvana Magalhães Salgado, pela excelente contribuição e acompanhamento em todas as etapas deste trabalho. Sem palavras pela perfeita escolha que fiz.

À professora Nonete Guerra por ter acreditado que este trabalho se realizaria. Agradeço por cada sugestão concedida, levarei seu exemplo de amor à profissão e incessante busca pelo conhecimento por toda minha vida.

Agradeço à professora Alda Livera, pela contribuição na disciplina do mestrado e pelas valiosas sugestões.

À professora Samara Andrade, pela atenção, amizade e disposição nas análises estatísticas.

À professora Enayde Mélo, por aceitar o convite para participar da minha banca.

À professora Elizabeth do Nascimento pelos ensinamentos e conhecimentos comigo compartilhados.

À professora Angélica Vasconcelos pela disposição e contribuição.

À professora Francisca Bion pelo apoio durante este período da minha vida e por ter aberto meus olhos à minha verdadeira vocação. Graças a você descobri que o sentimento de angústia que sentia ao pensar em estar distante da sala de aula era o desejo de ensinar que se manifestava.

À minha companheira de todas as horas, Priscilla Rolim, por termos compartilhado de momentos alegres e tristes, e que fizeram de mim uma pessoa melhor. Reconheço em você a irmã que não tive.

À minha amiga de infância, Thaysa que torceu por mim desde o princípio, e as amigas da graduação, que sempre acreditaram em meu potencial.

Aos membros da equipe de análise sensorial: Carolina, Cláudia, Amália, Lêda, Grace, Angélica, Rafaela, Helen, Michelle, Bruno, Marina, Karina.

À Renata, mãe de João Guilherme, por ter contribuído na fermentação. Parabéns pelo aleitamento materno exclusivo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição da UFPE por esta oportunidade única em minha vida, contemplando um degrau a mais na minha profissão.

Ao Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos Prof.<sup>a</sup> Nonete Barbosa Guerra – LEAAL, pela disponibilização de equipamentos e materiais na realização das análises experimentais. Em especial, Artur, Camilo, Alexandre, Luíz, Olívia, Laércio, Vivaldo, Vivianne, Moisés.

A CAPES pela bolsa concedida.

A todos aqueles que de uma forma ou outra contribuíram para a conclusão deste trabalho...

*SALMO GRATIDÃO*

*Ó Pai que está no céu*

*Venho te agradecer*

*Por teu cuidado e amor*

*Ao dirigir meu ser*

*Graças a Ti senhor*

*Meus lábios em louvor*

*Não podem expressar*

*Quão grato sou a Ti*

*Graças Ti senhor*

*Por toda proteção*

*E bênçãos da Tua mão*

*Graças a Ti senhor*

*Graças a Ti senhor*

*Meishu-Sama*

## RESUMO

O yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tem sido alvo de inúmeros estudos devido as suas propriedades funcionais, relacionadas ao alto teor de compostos bioativos, inulina e frutooligossacarídeos (FOS). Estudos demonstram que dietas com elevada ingestão de bioativos estão diretamente relacionadas com a prevenção de várias patologias, portanto uma alternativa viável é adição do yacon aos alimentos consumidos com frequência pela população. Para tanto este trabalho teve como objetivos desenvolver bolos utilizando a farinha de yacon, em substituição parcial à farinha de trigo e caracterizá-los quanto ao aspecto sensorial, composição nutricional, índice e carga glicêmica e o potencial prebiótico. Foram analisadas amostras de bolos, formulados com farinha de yacon, denominadas amostra P (bolo padrão, sem farinha de yacon), amostra A (bolo com 20% de farinha de yacon) e amostra B (bolo com 40% de farinha de yacon). Para avaliação sensorial foi realizada a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), definindo-se 9 atributos sensoriais (cor, estrutura do miolo, aroma, gosto doce, sabor de chocolate, sabor residual, umectância, maciez e qualidade global). Também foi realizada análise física dos bolos, através da caracterização cromática. O valor nutricional dos bolos foi avaliado por meio de análise da umidade, de proteínas, lipídios, cinzas, fibra alimentar, carboidratos e frutanos totais. O índice glicêmico e carga glicêmica por método enzimático e o efeito prebiótico foi avaliado por fermentação *in vitro*, por meio da contagem de bactérias homefermentativas e heterofermentativas. Os resultados da ADQ foram analisados por análise de variância e testes de médias de Duncan, ao nível de 5% de significância e representados graficamente por análise multivariada de análise de componentes principais (ACP). Na ACP, a soma de componentes principais 1 e 2 foi de 83.3%, ou seja, a variabilidade entre as amostras foi explicada por estes dois componentes. Quanto ao teor de fibra, as amostras obtiveram valores de 7,49 g/100g (bolo A) e 10,75 g/100g (bolo B) e teores de carboidratos disponíveis de 11,22 g/100g e 9,35 g/100g, respectivamente. Os índices glicêmicos dos bolos experimentais foram menores que 55 e as cargas glicêmicas menores que 10. Quanto à fermentação foram evidenciadas contagens superiores a  $10^6$  UFC/g dos substratos experimentais. Conclui-se que a adição de farinha de yacon influenciou o perfil sensorial dos bolos de chocolate, e a amostra B (40%), obteve as maiores notas para os atributos: aroma, gosto doce, maciez, sabor de chocolate e qualidade global. Independente do teor de farinha de yacon adicionado, os bolos foram considerados *light* em açúcar, de baixos índices glicêmicos e cargas glicêmicas, e potencial prebiótico por favorecer o crescimento de culturas probióticas, durante a fermentação *in vitro*.

Palavras-chave: frutanos, análise sensorial, prebiótico, índice glicêmico, bolo de chocolate, yacon.

## ABSTRACT

The yacon (*Smallanthus sonchifolius*) has been the subject of numerous studies due to its functional properties, related to high levels of bioactive compounds, inulin and fructooligosaccharides (FOS). Studies have shown that diets with high intake of bioactive are directly related to the prevention of various diseases, so a viable alternative is the addition of yacon foods often consumed by the population. For both this work aimed to develop cakes using flour yacon, to partially replace the wheat flour and described them as the sensory aspect, nutritional composition, index and glycemic load and potential prebiotic. We analyzed samples of cakes, made with flour yacon, called sample P (standard cake without flour yacon), sample A (with 20% of cake flour yacon) and sample B (with 40% of cake flour yacon) . For sensory evaluation was performed at Quantitative Descriptive Analysis (QDA), setting up 9 sensory attributes (color, the crumb structure, aroma, taste sweet, chocolate flavor, residual taste, umectância, tenderness and overall quality). It was also performed physical analysis of cakes, through the color characterization. The nutritional value of the cakes was evaluated through analysis of moisture, protein, fat, ash, dietary fiber, carbohydrates and total fructan. The glycemic index and glycemic load by enzymatic method and the prebiotic effect was evaluated by fermentation in vitro, through the counting of bacteria homefermentativas and heterofermentativas. The results of the ADQ were analyzed by analysis of variance and tests of medium of Duncan, at 5% level of significance and represented graphically by multivariate analysis of principal component analysis (PCA). In the ACP, the sum of principal components 1 and 2 was 83.3%, ie the variability between samples was explained by these two components. As for the fiber content, the samples had values of 7.49 g/100g (The cake) and 10.75 g/100g (cake B) and carbohydrate content available from 11.22 g/100g and 9.35 g / 100, respectively. The glycemic index of experimental cakes were lower than 55 and glycemic load less than 10. As for fermentation were found counts more than  $10^6$  CFU / g of experimental substrates. It was concluded that the addition of flour yacon influenced the sensory profile of chocolate cakes, and sample B (40%), received the highest marks for the attributes: aroma, sweet taste, tenderness, flavor and overall quality of chocolate. Regardless of the content of flour yacon added, the cakes were considered ligh-sugar, low glycemic index and glycemic load, and prebiotic potential for promoting growth of probiotic cultures, during fermentation in vitro.

Key words: fructan, sensory analysis, prebiotic, glycemic index, chocolate cake, yacon.

# LISTA DE FIGURAS

<b>Artigo 1.</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Raízes de yacon ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ).....	29
Figura 2. Aspecto interno da raiz de yacon.....	29
 <b>Dissertação (Materiais e Métodos)</b>	
Figura 1. Fluxograma do processamento da farinha de yacon.....	56
Figura 2. Ficha de análise sensorial dos bolos.....	61
Figura 3. Esquema analítico para determinação de fibra.....	64
Figura 4. Esquema analítico da determinação do índice glicêmico.....	66
Figura 5. Esquema analítico da fermentação <i>in vitro</i> .....	70
 <b>Artigo 2.</b>	
Figura 1. Ficha de análise sensorial dos bolos.....	90
Figura 2. Perfil sensorial dos bolos de chocolate.....	91
Figura 3. Análise dos componentes principais (ACP).....	91
 <b>Artigo 3.</b>	
Figura 1. Processamento da farinha de yacon.....	97

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

<b>Dissertação (Materiais e Métodos)</b>	<b>Página</b>
Tabela 1. Proporção dos ingredientes para as formulações dos bolos.....	58
Tabela 2. Definições dos atributos descritivos para as amostras de bolos.....	60
Quadro 1. Concentração de reagentes para o meio de fermentação .....	67
 <b>Artigo 2.</b>	
Tabela 1. Proporção dos ingredientes nas formulações dos bolos.....	86
Tabela 2. Definições dos atributos descritivos para as amostras de bolo.....	87
Tabela 3. Médias da equipe para os termos descritores de bolo de chocolate.....	88
Tabela 4. Valores obtidos do parâmetro L* e das coordenadas cromáticas a* e b* da análise de cor das amostras dos bolos.....	88
 <b>Artigo 3.</b>	
Tabela 1. Proporção dos ingredientes nas formulações dos bolos.....	99
Tabela 2. Granulometria da farinha de yacon.....	103
Tabela 3. Composição centesimal da farinha de yacon.....	105
Tabela 4. Composição centesimal dos bolos de chocolate.....	106
Tabela 5. Índices glicêmicos e cargas glicêmicas dos bolos padrão e experimentais.....	109
Tabela 6. Contagem de bactérias probióticas nas formulações de bolos.....	110



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FOS – frutooligossacarídeos

$\beta$  – beta

°C – graus Celsius

pH – potencial de hidrogênio

cm – centímetro

$\pm$  – desvio padrão

g – grama

mg – miligrama

$\mu$ g – micrograma

min – minuto

ml – mililitro

% – percentual

kg – quilograma

ANOVA – análise de variância

ACP – análise de componentes principais

CIELAB – Comissão Internacional de Iluminação

L\* - luminosidade

a\* - cromaticidade a

b\* - cromaticidade b

ADQ – análise descritiva quantitativa

FAO/OMS – Organização Mundial da Saúde

CEASA/PE – Central de Abastecimento de Pernambuco

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AOAC – Association of Official Analytical Chemistry

HHD – Homofermentative Heterofermentative Differential

IG – Índice Glicêmico

CG – Carga Glicêmica

UFC – unidade formadora de colônia

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

ppm – parte por milhão

DCNT – Doenças Crônicas não transmissíveis

# SUMÁRIO

<b>1. APRESENTAÇÃO</b> .....	20
1.2 Objetivos.....	23
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	24
<b>ARTIGO 1. Raíz tuberosa de yacon (<i>Smallanthus sonchifolius</i>): aspectos tecnológicos e funcionais</b> .....	25
1. Introdução.....	29
2. Aplicações tecnológicas do yacon.....	31
3. Aspectos funcionais do yacon.....	34
3.1 Ação prebiótica.....	34
3.2 Ação hipoglicemiante.....	37
3.3 Outros efeitos fisiológicos.....	38
4. Conclusão.....	40
Referências.....	41
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	54
3.1 Materiais.....	55
3.1.1 Ingredientes para formulação dos bolos.....	55
3.2 Métodos.....	55
3.2.1 Processamento da farinha de yacon.....	55
3.2.2 – Análise microbiológica da farinha de yacon.....	56
3.2.3 – Caracterização da farinha de yacon.....	57
3.2.4 Formulação dos bolos.....	57

3.2.5 Análise sensorial.....	59
3.2.5.1 Análise descritiva quantitativa.....	59
3.2.6 Análise física – Caracterização cromática.....	63
3.2.7 Análises de composição centesimal.....	63
3.2.8 Determinação dos índices glicêmicos e cargas glicêmicas.....	65
3.2.9 Determinação do efeito prebiótico.....	67
3.3 Tratamento estatístico.....	71
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>72</b>
<b>ARTIGO 2. Perfil sensorial de bolos formulados com farinha de yacon (<i>Smallanthus sonchifolius</i>).....</b>	<b>73</b>
1. Introdução.....	76
2. Material e Métodos.....	77
2.1 Material.....	77
2.1.1. Processo de obtenção da farinha de yacon.....	77
2.1.2. Preparação dos bolos.....	78
2.2 Métodos.....	78
2.2.1. Determinação do perfil sensorial.....	78
2.2.2 Análise instrumental de cor.....	79
3. Resultados e discussão.....	80
3.1 Análise descritiva quantitativa (ADQ).....	80
3.2 Caracterização cromática das amostras.....	81
4. Conclusões.....	82
Referências.....	83

<b>ARTIGO 3. Caracterização e propriedades funcionais de bolo de chocolate formulado com raízes tuberosas de yacon (<i>Smallanthus sonchifolius</i>).....</b>	<b>92</b>
1. Introdução.....	95
2. Materiais e Métodos.....	96
2.1 Processamento da farinha de yacon e preparo dos bolos.....	96
2.2 Análise microbiológica e granulométrica da farinha de yacon.....	99
2.3 Composição centesimal da farinha de yacon e dos bolos.....	100
2.4 Determinação do índice glicêmico “in vitro” e carga glicêmica.....	100
2.5 Determinação do potencial prebiótico “in vitro”.....	101
2.6 Tratamento estatístico.....	102
3. Resultados e Discussão.....	102
3.1 Caracterização da farinha de yacon .....	102
3.2 Composição centesimal dos bolos de chocolate.....	106
3.3 Determinação do índice glicêmico e da carga glicêmica.....	107
3.4 Potencial prebiótico dos bolos.....	109
4. Conclusões.....	112
Referências.....	113
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>122</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>124</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>143</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>146</b>

# ***Apresentação***

## 1. APRESENTAÇÃO

Em resposta à demanda por alimentos funcionais, uma grande variedade de compostos bioativos têm surgido desde os anos 80 e, dentre eles, os frutanos, inulina e frutoligossacarídeos (FOS) (ROBERFROID, 2002). Destacam-se os FOS, os quais além de apresentar benefícios tecnológicos como substituto do açúcar, oferecendo apenas um terço do valor calórico da sacarose, exercem uma série de efeitos positivos no organismo, por funcionarem como substrato para as bactérias benéficas presentes no cólon, favorecendo o balanço da microbiota intestinal e a produção de ácidos graxos de cadeia curta, resultando em uma redução dos metabólitos tóxicos, aumento da absorção de micronutrientes, redução do risco de carcinogênese e constipação intestinal, redução da glicose e triglicerídeos séricos (PASSOS et al, 2003).

Inulina e FOS vêm sendo incorporados em diversos produtos alimentares, principalmente em produtos de padaria e confeitaria, como o bolo, que têm grande aceitação pelo consumidor devido às suas características reológicas: produtos leves e facilmente mastigáveis; apresentam textura porosa e sabor agradável (MOSCATTO et al, 2004).

Uma fonte promissora dos referidos compostos é o yacon (*Smallanthus sonchifolius*), planta herbácea perene originalmente cultivada na região dos Andes na América do Sul, pertencente à família Asteraceae (HONG et al, 2008). Foi introduzido no Brasil no início dos anos 90 e em meados dos anos 2000 tornou-se conhecido popularmente como batata yacon ou batata “diet” (MOSCATTO et al, 2006).

A planta produz uma grande quantidade de tubérculos subterrâneos suculentos que assemelham-se à batata doce na aparência e possuem sabor característico de fruta como o

melão (VALENTOVÁ & ULRICHOVÁ, 2003; MANRIQUE & HERMANN, 2004). Ao contrário da maioria de tubérculos e raízes que armazenam carboidratos sob a forma de amido, o yacon armazena essencialmente FOS (CASTILLO ALFARO & VIDALMELGAREJO, 2005; SANTANA & CARDOSO, 2008).

Geralmente, o yacon é consumido *in natura*, entretanto, muitos produtos têm sido desenvolvidos a fim de aproveitar a potencialidade desse alimento, à exemplo da farinha, utilizada como ingrediente alimentar na formulação de bolo de chocolate por Moscatto et al, (2004), os quais apresentaram propriedades sensoriais satisfatórias.

Além das aplicações tecnológicas a farinha de yacon apresenta propriedades funcionais semelhantes à fibra alimentar, ou seja, um potencial prebiótico associado a efeitos favoráveis à saúde como alívio da constipação intestinal, aumento da absorção de minerais, estimulação do sistema imunológico, diminuição do risco de câncer de cólon e a habilidade de reduzir os níveis de colesterol e glicose séricos (SANTANA & CARDOSO, 2008).

De acordo com Marangoni (2007), o yacon é capaz de agregar valor aos produtos, de modo que estes possam contribuir para uma dieta mais saudável permitindo um grande potencial de mercado.

O consumo de bolos tem aumentado de forma expressiva nos últimos anos, embora não seja considerado um alimento básico. Trata-se de um produto obtido da mistura, homogeneização e cozimento da massa preparada com farinhas, fermentadas ou não, adicionada de outros ingredientes como leite, ovos e gorduras (BORGES et al, 2006).

Diante das constatações esta dissertação tem como objetivo a incorporação de farinha de yacon na produção de bolos de chocolate, com o intuito de fornecer benefícios adicionais ao produto visando atender a exigência dos consumidores.



## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Geral**

- Caracterizar e avaliar propriedades funcionais de bolos de chocolate formulados com raízes tuberosas de yacon (*Smallanthus sonchifolius*).

### **1.2.2 Específicos**

- Avaliar as características sensoriais, nutricionais e físico-químicas dos bolos.
- Determinar o índice glicêmico e a carga glicêmica dos bolos.
- Verificar o potencial prebiótico dos bolos.

# *Revisão da Literatura*

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **ARTIGO 1. Raíz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): aspectos tecnológicos e funcionais**

Artigo de revisão

A ser submetido para publicação na Revista de Nutrição ISSN: 1415-5273

Autores: Vivianne Montarroyos Padilha, I; Priscilla Moura Rolim, I; Silvana Magalhães Salgado, II; Nonete Barbosa Guerra, II.

I Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Área Ciências dos Alimentos, Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco.

II Departamento de Nutrição, Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos – LEAAL - Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, PE, Brasil

## RESUMO

O yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é uma planta da família Asteraceae, originária das regiões Andinas, possui raízes tuberosas semelhantes a batatas doce em aparência, sabor doce e polpa crocante, sendo bastante consumida *in natura*. Apresenta em sua composição química os frutanos, inulina e, principalmente, frutooligossacarídeos (FOS) o que permite sua utilização em vários segmentos da indústria de alimentos como substituto da gordura e do açúcar, respectivamente. Estes carboidratos não são digeríveis, por serem resistentes a ação das enzimas digestivas do trato gastrointestinal. Sendo, entretanto, fermentados por bactérias probióticas, bifidobactérias e os lactobacilos, as quais são promotoras de atividades benéficas no organismo. A possibilidade de manipular a microbiota intestinal pela introdução de prebióticos na dieta permite potencializar estes efeitos sistêmicos, por meio do balanço da microbiota intestinal, produção de ácidos graxos de cadeia curta, redução dos metabólitos tóxicos, aumento da absorção de micronutrientes, redução do risco de carcinogênese e constipação intestinal, redução da glicose e triglicerídeos séricos.

**Termos de indexação:** yacon, frutooligossacarídeos, inulina, prebióticos

## **ABSTRACT**

The yacon (*Smallanthus sonchifolius*) is a plant of the Asteraceae family, originating from Andean regions, has roots similar to sweet potatoes in appearance, taste sweet and crunchy flesh, being quite consumed *in nature*. Displays in the chemical composition fructan, inulin, and, above all, fructooligosaccharides (FOS) which allows its use in different industry segments of food as a substitute for fats and sugar, respectively. These carbohydrates are not digestible, because they are resistant to digestive enzymes action of the gastrointestinal tract. Since, however, fermented by probiotic bacteria, Bifidobacterium and lactobacilli, which are promoting activities beneficial to the body. The ability to manipulate the intestinal microbiota by the introduction of prebiotics in the diet can enhance these systemic effects, through the balance of intestinal microflora, production of short-chain fatty acids, reduction of toxic metabolites, increased intake of micronutrients, reducing the risk of carcinogenesis and constipation, reduction in serum glucose and triglycerides.

**Index terms:** yacon, fructooligosaccharides, inulin, prebiotics.

## **RESUMEN**

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es una planta de la familia Asteraceae, procedentes de regiones andinas, tiene raíces similares a las patatas dulces en apariencia, el sabor dulce y crujiente de carne, se consume bastante en la naturaleza. Muestra en la composición química fructan, inulina y, sobre todo, fructooligosaccharides (FOS), que permite su uso en diferentes segmentos de la industria de los alimentos como un sustituto de grasa y azúcar, respectivamente. Estos son los hidratos de carbono no digerible, porque son resistentes a la acción de enzimas digestivas del tracto gastrointestinal. Dado que, sin embargo, fermentados por las bacterias probióticas, *Bifidobacterium* y los lactobacilos, que son la promoción de actividades beneficiosas para el organismo. La capacidad de manipular la microbiota intestinal por la introducción de los prebióticos en la dieta puede mejorar estos efectos sistémicos, a través del equilibrio de la microflora intestinal, la producción de ácidos grasos de cadena corta, la reducción de metabolitos tóxicos, el aumento de la ingesta de micronutrientes, la reducción del riesgo de carcinogénesis y el estreñimiento, la reducción de los niveles séricos de glucosa y triglicéridos.

**Índice de términos:** yacón, fructooligosaccharides, inulina, prebióticos.

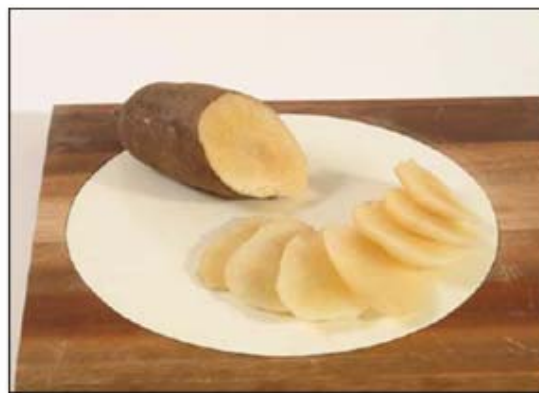
## 1. INTRODUÇÃO

O yacon, raiz tuberosa originária da região Andina, pertence à família *Asteraceae* – também denominada de *Compositae* – de nome científico *Smallanthus sonchifolius*. Na literatura científica, também é utilizado *Polymnia sonchifolia* e *Polymnia edulis*. Tem sido considerado um alimento funcional devido à presença de compostos bioativos representando uma nova fonte alimentar a ser explorada e aplicada em níveis tecnológicos e científicos (PADILHA et al., 2004; RIVERA & MANRIQUE, 2005).

De acordo com as Figuras 1 e 2 (SILVA et al, 2003), a parte comestível do yacon apresenta formato fusiforme, podendo variar, tamanho, formato e cor. Com aparência similar à batata doce, a cor da casca varia do marron até uma tonalidade arroxeadada, enquanto a polpa pode ser de cor branca, creme ou púrpura dependendo da variedade (GRAU & REA, 2004).



**Figura 1** – Raízes de yacon



**Figura 2** – Aspecto interno da raiz de yacon

\* FONTE: SILVA et al, 2003.

Quanto ao sabor, é semelhante ao melão, entretanto, quando recém colhido o yacon é insípido, sendo necessário para desenvolver o sabor doce e suculência uma exposição ao sol durante 3 a 5 dias, até que a casca fique enrugada (*soleado*) (VALENTOVÁ & ULRICHOVÁ, 2003; GRAEFE et al, 2004; MANRIQUE & HERMANN, 2004).

O peso das raízes do tubérculo yacon, comumente varia entre 300 e 600 g, e uma planta produz em média 2 e 4 kg de raízes (LEONEL et al, 1998; SANTANA & CARDOSO, 2008). As raízes são consumidas geralmente cruas e descascadas, uma vez que a casca possui sabor resinoso (VALENTOVÁ & ULRICHOVÁ, 2003). Embora a forma de consumo mais comum seja *in natura*, muitos produtos como xarope, suco, chips e chá, têm sido desenvolvidos a fim de aproveitar as potencialidades desse alimento (MANRIQUE & HERMANN, 2004). No Japão, as raízes tuberosas são transformadas em produtos de panificação, bebidas fermentadas, pó ou polpa liofilizada, pickles, entre outros (VALENTOVÁ & ULRICHOVÁ, 2003).

Com relação à composição química, as raízes tuberosas de yacon, são constituídas basicamente por água e carboidratos, dentre os quais predominam os frutooligossacarídeos (FOS), além de traços de amido e inulina (PEDRESCHI et al, 2003; CASTILLO ALFARO & VIDAL MELGAREJO, 2005; VILLALOBOS, 2006; SANTANA & CARDOSO, 2008).

A elevada umidade (70 a 90%) contribui para redução do valor energético da raiz e sua vida útil em condições ambientais. A fragilidade dos tecidos internos a predispõe a rachaduras ou a romperem-se facilmente durante a colheita, embalagem e transporte (LACHMAN et al., 2004; MANRIQUE & PÁRRAGA, 2005).



Narai et al, (2007) verificou que o yacon possui em base úmida 10% de FOS, no entanto estes valores variam de forma significativa em função de fatores como a cultivar, a época de cultivo e colheita, tempo e temperatura pós-colheita (SEMINARIO & VALDERRAMA, 2003).

Considerando que o yacon é uma cultura com um potencial promissor devido ao teor de frutanos, esta revisão tem como objetivos descrever sua aplicação na tecnologia de alimentos, bem como apresentar suas propriedades funcionais mais relevantes.

## **2. APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS DO YACON**

A presença de frutanos no yacon justifica a sua incorporação em vários produtos alimentícios, com vista a atender as exigências do mercado consumidor que busca por alimentos que além da qualidade sensorial e nutricional, tragam benefícios adicionais à saúde (IDRIS et al, 1996; COZZOLINO, 2006).

É importante distinguir os conceitos entre a inulina e o FOS, pois suas propriedades físicas e aplicações em processos na indústria alimentícia são bastante distintas. A inulina tem gosto suave, é menos solúvel, possui cadeias com grau de polimerização de até 60 unidades de monômeros de frutose e tem a capacidade de formar microcristais quando misturada à água e leite, sem alterar o *flavor* intrínseco do produto, proporcionando textura e aparência desejáveis (GIBSON et al., 1994). Esses microcristais formam uma mistura cremosa que dá a sensação de presença de gordura, sendo considerado um bom substituto de gordura em

vários produtos alimentícios, principalmente em sorvetes (NINESS, 1999; ZULETA & ZAMBUCETI, 2006).

Os FOS possuem cadeias menores, são mais solúveis que a sacarose e fornecem entre 30-50% da sua doçura, são chamados de “açúcares não convencionais”, apresentando um valor calórico reduzido, fornecendo apenas (1-2 Kcal/g) (CUMMINGS & STEPHEN, 2007; MADRIGAL & SANGRONIS, 2007). São bons substitutos do açúcar com aplicação tecnológica similar ao xarope de sacarose ou glicose. Contribuem para encorpar produtos lácteos e melhorar a umectância de produtos de panificação, diminuir o ponto de congelamento de sobremesas geladas por dificultar a cristalização e agir como aglutinante em barras de cereais. Adicionalmente, os FOS são utilizados em combinação com adoçantes em substituição à sacarose, fornecendo um grau de doçura balanceado e mascarando o sabor residual (GENNARO et al, 2000; HAULY & MOSCATTO, 2002).

Estudos realizados por Moscatto (2006) e Marangoni (2007) comprovaram as propriedades tecnológicas da farinha de yacon como substituto de gordura e açúcar em produtos de panificação como, bolo de chocolate, bolo inglês, biscoitos e snacks, os quais apresentaram boa aceitabilidade.

Da Silva & Bileski (2004), apontaram a viabilidade do processamento de bebidas mistas de frutas à base do yacon, com o objetivo de veicular os frutanos para gerar efeitos benéficos, sem alterações na qualidade sensorial da bebida.

As características físicas e organolépticas do yacon similares a uma fruta tornaram possível o desenvolvimento de produtos concentrados com adição de açúcar em países da América Latina (MANRIQUE & PÁRRAGA, 2005). No Brasil, Ventura (2004) obteve boas médias de aceitação sensorial em doce misto de fruta (goiaba, acerola e yacon) e, recentemente, na Argentina, Maldonado & Singh (2008), formularam doce de yacon com atributos de textura de alta aceitação.

No Japão, o yacon é processado e adicionado em produtos de panificação, bebidas fermentadas, polpa liofilizada, pickles, vinagre, entre outros (HONDO et al, 2000; VALENTOVÁ & ULRICHOVÁ, 2003).

A presença de compostos fenólicos como o ácido clorogênico em conjunto com o aminoácido L-triptofano, torna os tubérculos do yacon susceptíveis à reação de escurecimento enzimático, causado pelas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO). Nesta reação ocorre a formação da melanina (pigmento escuro), que deprecia a qualidade do produto (NEVES & SILVA, 2007). Portanto, dependendo do âmbito de aplicação do tubérculo, deve ser realizado o controle desta reação pela inativação da enzima através da desidratação, armazenamento em baixas temperatura, tratamento térmico, eliminação do oxigênio do meio, utilização de agentes químicos, entre outros (CABELLO, 2005; LUPETTI et al, 2005).

A versatilidade da aplicação tecnológica do yacon deve-se também, ao fato de não ser susceptível à reação de Maillard, tendo em vista que os frutanos são carboidratos não-redutores, além disso, são estáveis a valores de pH superiores à 3 e temperaturas de até

140°C, não sendo degradados na maioria dos processos térmicos utilizados nas indústrias de alimentos (MOURA, 2004).

### **3. ASPECTOS FUNCIONAIS DO YACON**

#### **3.1 AÇÃO PREBIÓTICA**

Embora os frutanos presentes na raiz tuberosa de yacon não sejam considerados fibras alimentares, pois são carboidratos de reserva, estes, desempenham propriedades funcionais semelhantes às fibras, e como tal não são digeríveis pelas enzimas do aparelho digestivo dos humanos (CUMMINGS & MARCFARLANE, 2002; MANN et al, 2007; CUMMINGS & STEPHEN, 2007).

Como consequência, podem alcançar a região do intestino grosso onde são hidrolisados e metabolizados pela microbiota local, estimulando principalmente o crescimento das bifidobactérias e dos lactobacilos, os quais secretam a  $\beta$ -frutosidase, enzima responsável pela hidrólise dos frutanos (FOS) (ROBERFROID, 1993; ROBERFROID, 1993; ALVAREZ et al, 2008; GIBSON, 2008).

Langlands et al, (2004) e Freitas et al, (2005), demonstraram o efeito prebiótico na composição da microflora intestinal por meio de um aumento na contagem de culturas probióticas, bifidobactérias e lactobacilos, após o consumo de 4,5g de frutanos. Gibson & Roberfroid (1995) observaram efeitos similares com uma quantidade de frutanos superior,

15 g/dia de inulina ou FOS, enquanto Fuchs et al, (2005) e Haully et al., (2005) constataram o referido efeito em iogurte de soja suplementado com 14,24% de FOS e 4,43% de inulina.

Numerosos estudos *in vitro* e *in vivo*, têm sido conduzidos com o objetivo de determinar a quantidade de frutanos suficiente para gerar efeito prebiótico (ROBERFROID, 2007; STEFE et al, 2008). Pesquisas realizadas com humanos demonstraram valores de ingestão de frutanos na ordem de 4 a 40g/dia, dose bastante ampla (CAPRILES et al, 2005). Segundo Roberfroid, (2002), cerca de 10g/dia constitui uma dose ideal e tem sido bem tolerada.

Para fins de aplicação em alimentos de acordo com a Legislação Brasileira de Alimentos-RDC N° 18/99/ ANVISA, a inulina e o FOS apresentam alegação de saúde desde que a porção do produto pronto para consumo forneça no mínimo 3g de FOS ou inulina para alimentos sólidos e 1,5 g para alimentos líquidos (BRASIL, 1999).

Com relação à toxicidade, os estudos utilizando doses de frutanos superiores a 10g/dia não detectaram evidências de carcinogênese ou genotoxicidade (SAAD, 2006; STEFE et al, 2008). No entanto, convém ressaltar que o consumo excessivo de compostos prebióticos (cerca de 20-30g por dia) pode resultar em excesso de gases, sobretudo os sulfitos, gerando desconfortos abdominais nos indivíduos e outras reações adversas, como colite ulcerativa (HOLZAPFEL & SCHILLINGER, 2002; SAAD, 2006; LUNN & BUTTRISS, 2007).

Os produtos primários oriundos da fermentação estimulada pelo consumo de frutanos são os ácidos graxos de cadeia curta - AGCC (propionato, acetato e butirato) e os gases,

dióxido de carbono, metano e hidrogênio. A formação dos ácidos láctico e acético, leva à redução do pH diminuindo o número de bactérias patogênicas e putrefativas, e conseqüentemente, a formação de metabólitos tóxicos no intestino (SHAH, 2001; SARON et al, 2005). Desta forma, reduz a incidência de câncer intestinal, e aumenta a massa bacteriana probiótica contribuindo para redução dos sintomas indesejáveis da constipação intestinal (MANNING & GIBSON, 2004; SANTOS et al, 2006; ZHENG et al, 2006).

Os AGCC exercem efeitos sistêmicos, pois são absorvidos pelo epitélio do cólon e utilizados como fonte de energia (butirato) ou passam para a veia porta (acético e propiônico) para serem metabolizados pelo fígado e outros tecidos periféricos (SANTOS et al, 2006). O propionato é capaz de inibir a hidroxil-3-metilglutaril CoA (Coenzima A) redutase que está envolvida na biossíntese de colesterol, além de reduzir a produção de glicose e estimular a glicólise (KAUR & GUPTA, 2002; DELZENNE et al, 2002; SARON et al, 2005).

A ação do butirato está relacionada à indução da apoptose celular, mantendo a integridade do intestino e, conseqüentemente controlando a proliferação anormal das células, prevenindo os estágios iniciais do câncer de intestino, sobretudo, na área próxima à interseção do intestino delgado com o grosso (ROBERFROID, 1993; HIJOVA & CHMELAROVA, 2007; LUNN & BUTTRISS, 2007).

Neste contexto, as evidências são cada vez maiores de que o efeito prebiótico dos frutanos contribui para os inúmeros benefícios fisiológicos, sendo os AGCC responsáveis por estimular o desenvolvimento de células epiteliais do íleo e do cólon e manter a homeostase

da glicose e dos lipídios, possivelmente por uma ação sistêmica do acetato e propionato no fígado e outros tecidos (ROBERFROID, 1993; SILK, 1993; DE SCHRIJVER, 1996; ROBERFROID & ROBERTSON, 2005; SARKAR, 2007; VRESE & SCHREZENMEIR, 2008).

### **3.2 AÇÃO HIPOGLICEMIANTE**

Há poucos relatos na literatura à cerca do efeito do yacon sobre a glicemia e os dados disponíveis são algumas vezes, contraditórios, indicando que este parâmetro depende das condições fisiológicas dos indivíduos/animais, ou seja, estado de jejum ou pós-prandial e condições de saúde.

O possível mecanismo de ação pelo qual o yacon pode reduzir a glicemia é semelhante ao que ocorre com as fibras, devido à formação de gel quando expostas a água no estômago e intestino delgado, influenciando o esvaziamento gástrico, trânsito intestinal e a absorção de macronutrientes, gerando impacto na taxa de glicose sanguínea (ROBERFROID, 1993; STARK, 1994; KAUR & GUPTA, 2002; VALENTOVA et al; 2006; LUNN & BUTTRISS, 2007; VALENTOVÁ et al, 2008).

Alguns estudos têm sido realizados com yacon, com o intuito de avaliar os efeitos do consumo deste, sobre os níveis glicêmicos. Genta et al, (2005) e Da Silva & Cândido, (2004), comprovaram que a presença de frutanos reduz os níveis glicêmicos, corroborando os estudos de Mabel et al, (2008) utilizando outras fontes de frutanos.

Aybar et al, (2001) estudaram o efeito da adição de extrato aquoso de folhas de yacon na alimentação de ratos normais e diabéticos, e observaram uma redução de 10% na glicemia dos ratos normais, enquanto Zabala (2008) detectou uma redução de 84,75% em ratos diabéticos. Ribeiro (2008), inserindo 5%, 10% e 15% de farinha de yacon na dieta de ratos, também encontrou valores glicêmicos pós-prandiais menores em relação à dieta padrão.

Viega et al, (2007), avaliaram o efeito do consumo de leite com 10% de farinha de yacon sobre a resposta glicêmica de indivíduos saudáveis e constataram que não houve uma correlação positiva. Em contraposição, Mayta et al, (2004) evidenciaram que o consumo de 300g/dia de raízes de yacon por indivíduos saudáveis diminuiu em 79,8% a resposta glicêmica pós-prandial, e evitou o pico de glicose pós-prandial.

Outro estudo também com extratos das folhas de yacon conduzido por Baroni et al, (2008), encontraram ausência na redução da glicemia dos animais diabéticos tipo 2, por outro lado houve uma diminuição significativa em animais diabéticos tipo 1 a partir do 14º dia do estudo. Estes resultados demonstraram que o efeito biológico depende do modelo experimental utilizado, tempo de tratamento e do processo de obtenção dos extratos.

### **3.3 OUTROS EFEITOS FISIOLÓGICOS**

Adicionalmente, relata-se na literatura que o consumo de inulina e FOS leva à diminuição dos triacilgliceróis e níveis de colesterol plasmático em indivíduos hipercolesterolêmicos, podendo contribuir na proteção contra doenças coronarianas (DE VRESE & SCHREZENMEIR, 2008).



Esses efeitos relacionam-se com um aumento da desconjugação e excreção fecal de sais biliares e a ação do propionato em inibir as enzimas lipogênicas (hidroximetilglutaril-CoA) no fígado, que estão envolvidas na síntese de triglicerídeos e ácidos graxos resultando na diminuição dos níveis de colesterol sérico (DELZENNE & WILLIAMS, 2002; BUDIÑO et al, 2005; STEFE, 2008).

Ribeiro (2008), em estudo com ratos alimentados com dietas acrescidas de farinha de yacon em diferentes percentuais, observou uma excreção de lipídios nas fezes dos animais, proporcional às quantidades de farinha de yacon acrescidos à dieta.

Os frutanos também exercem efeito sobre o sistema imunológico e acredita-se que ingestão de yacon, por ser fonte promissora desses compostos, exerça esta ação no organismo humano, por meio de três mecanismos: contato direto das células imunes do intestino com a parede celular e/ou componentes citoplasmáticos de culturas probióticas; produção de ácidos graxos de cadeia curta; aumento da secreção de muco mediada por uma ativação dos macrófagos e aumento nos níveis de citocinas e imunoglobulinas (ERICKSON & HUBBARD, 2000; WOLD, 2001; BOSSCHER et al, 2006; RENHE et al, 2008).

Estudos experimentais sobre o papel dos frutanos na absorção dos minerais relatam que os mecanismos são decorrentes da redução do pH, levando a maior solubilização dos minerais principalmente, cálcio, magnésio, zinco e ferro; aumento das criptas e do número de células epiteliais; crescimento do bolo fecal que pode aumentar a área de superfície de contato, elevando a absorção mineral, diminuindo os riscos de osteoporose em idosos

(SCHOLZ- AHRENS et al, 2001; ROBERFROID, 2002; ABRAMS et al, 2006; SCHOLZ- AHRENS & SCHREZENMEIR, 2007)

Recentemente tais evidências foram corroboradas por meio da realização de um estudo com ratos alimentados com 5 e 7,5 % de FOS provenientes da farinha de yacon, observando efeitos positivos na absorção mineral de cálcio e magnésio (LOBO et al, 2007).

O crescimento das culturas probióticas, estimulado pelo frutanos, influencia favoravelmente a síntese de vitaminas do complexo B e alivia os sintomas da intolerância à lactose. Este efeito está relacionado à liberação de enzimas no lúmen intestinal a partir do metabolismo das culturas probióticas (SANTOS et al, 2006; SAAD, 2006).

#### **4. CONCLUSÃO**

De acordo com o exposto na presente revisão, a literatura refere muitos benefícios do yacon na indústria de alimentos e na saúde humana.

No âmbito tecnológico, a utilização do yacon como coadjuvante alimentar é promissor, tendo em vista o elevado teor de FOS considerado um substituo parcial do açúcar e a inulina com suas propriedades similares a gordura.

Do ponto de vista nutricional, os frutanos desempenham funções prebióticas que repercutem em vários efeitos sistêmicos. Logo, o tubérculo yacon é um alimento que

apresenta constituintes bioativos com alegações de propriedades funcionais e que podem atuar na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT).

Apesar dos notórios benefícios provenientes do consumo do yacon, convém ressaltar que são necessários mais estudos *in vivo* e *in vitro*, com vista a consolidar os conhecimentos fisiológicos referidos, bem como estimar a quantidade necessária que deve ser consumida de yacon para que os frutanos possam gerar os referidos efeitos.

## REFERÊNCIAS

ABRAMS, S.A.; GRIFFIN, I.J.; HAWTHORNE, K.M.; LIANG, L.; GUNN, S.K.; DARLINGTON G. A combination of prebiotic short- and long-chain inulin-type fructans enhances calcium absorption and bone mineralization in young adolescents. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 82, n. 2, p. 471-476, 2005.

ALVAREZ, F.P.P.; JURADO, T.B.; CALIXTO, C.M.; SILVA, A, J. Prebiotic inulin/oligofructose in Yacón root (*Smallanthus sonchifolius*), phytochemistry and standardization as basis for clinical and pre-clinical research. *Revista de Gastroenterologia*, v.1, n.28, p. 22-27, 2008.

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

BOSSCHER, D.; VAN LOO, J.; FRANCK, A.; Inulin and oligofructose as functional ingredients to improve bone mineralization. *International Dairy Journal*, v. 16, n. 9, p. 1092-1097, 2006.

BUDIÑO, F.E.L.; THOMAZ, M.C.; KRONKA, R.N.; NAKAGHI, L.S.O.; TUCCI, F.M, FRAGA, A.L. Effect of probiotic and prebiotic inclusion in weaned piglet diets on structure and ultra-structure of small intestine. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, v. 48, n. 6, p. 921-929, 2005.

BRASIL – Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, Resolução nº 18 de 03 de dezembro de 1999, atualizada em 2005. *Regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos.* Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecnico.htm>. Acesso em: 19 de setembro 2008.

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, 2005.

CAPRILES, V.D.; SILVA, K.E.A; FISBERG, M. Prebióticos, probióticos e simbióticos: nova tendência no mercado de alimentos funcionais. *Nutrição Brasil*, v. 4, n.6, p. 327-335, 2005.

CASTILLO ALFARO, M.E.; VIDAL MELGAREJO, S.A. El yacón: una nueva alternativa en la prevención y el tratamiento de la salud. 2005. Capturado em 2 ago. 2005. Online. Disponível em: [http://infoagro.net/es/apps/news/record\\_view.cfm?vsys=a5&id=8641](http://infoagro.net/es/apps/news/record_view.cfm?vsys=a5&id=8641)

COUNDRAY, C.; BELLANGER, J.; CASTIGLIA-DELAUVAUD, C.; REMESY, C.; VERMOREL M.; RAYSSIGNUIER, Y. Effect of soluble or partly soluble dietary fibres supplementation on absorption and balance of calcium, magnesium, iron and zinc in healthy young men. *European Journal of Clinical Nutrition*, v. 51, p. 375-380, 2003.

COZZOLINO, S.M.F. *Biodisponibilidade de nutrientes*. 2.ed. Barueri: Manole, 2006. 996 p.

CUMMINGS, J.H.; MACFARLANE, G.T. Gastrointestinal effects of prebiotics. *Brazilian Journal of Nutrition*, v. 87, n. 2, p. 145-51, 2002.

CUMMINGS, J.H.; STEPHEN, A.M. Carbohydrate terminology and classification. *European Journal of Clinical Nutrition*, v. 61, n.1, p. 5-18, 2007.

DA SILVA, E.B.; BILESKI, L.M. Processamento de bebida funcional à base do yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepping e Endlicher). 2004. 91p. *Dissertação* (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, PR.

DA SILVA, E.B.; CÂNDIDO, L.M.B. Processamento de bebida funcional à base do yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepping & Endlicher). 2004. 91p. *Dissertação* (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, PR.

DELZENNE, N.M.; WILLIAMS, C.M. Prebiotics and lipid metabolism. *Current Opinion in Lipidology*, v. 13, n. 1, p. 61-67, 2002.

DELZENNE, N. M.; DAUBIOUL, C.; NEYRINCK, A.; LASA, M.; TAPER, H.S. Inulin and oligofructose modulate lipid metabolism in animals: review of biochemical events and future prospects. *British Journal of Nutrition*, v. 87, n. 2, p. 255-259, 2002.

DE SCHRIJVER, R. *Fermentation products in the large intestine*. An overview. In COST Action 1992. Dietary Fibre and fermentation in the colon. Mälkki Y. Cummings JH (Eds). European Commission, Luxembourg, p. 79-93, 1996.

DE VRESE, M.; SCHREZENMEIR, J. Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics. *Biochemistry Engineering Biotechnology*. 2008.

ERICKSON, K.L.; HUBBARD, N.E. Probiotic immunomodulation in health and disease. *Journal of Nutrition*, v.130, p.403-409, 2000.

FREITAS, D. G. C.; JACKIX, M. N. H. Efeito da bebida adicionada de frutoligossacarídeo e pectina no nível de colesterol e estimulação de bifidobactérias em hamsteres hipercolesterolêmicos. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 8, n. 1, p. 81-86, 2005.

FUCHS, R. H. B.; BORSATO, D.; BONA, E.; HAULY, M.C.O. Iogurte de soja suplementado com oligofrutose e inulina. *Ciência e tecnologia dos Alimentos*, Campinas, v. 25, n. 1, p. 175-181, 2005.

GENNARO, S.; BIRCH, G. G.; PARKE, S.A.; STANCHER, B. Studies on the physicochemical properties of inulin and inulin oligomers. *Food Chemistry*, v. 68, p. 179-183, 2000.

GENTA, S.B.; CABRERA, W.M.; GRAU, A.; SANCHEZ, S.S. Subchronic 4-month oral study of dried *Smallanthus sonchifolius* (yacon) roots as a diet supplement in rats. *Food and Chemical Toxicology*, v. 43, p. 1657-1665, 2005.

GIBSON, G.; ROBERFROID, M. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*, v. 125, p. 1401-1412, 1995.

GIBSON, G.R. Prebiotics. *Best Practice & Research*, v. 18, p. 287-298, 2004.

GIBSON, G.R. Prebiotics as gut microflora management tools. *Journal of Clinical Gastroenterology*, n. 42, suppl. 2, p. 75-79, 2008.

GOTO, K. KATSUHIKO, F.; JUNKO, H.; FUMIO, N.; YUKIHIKO, H. Isolation and structural Analysis of Oligosaccharides from yacon (*Polymnia sonchifolia*). *Bioscience, Biotechnology, Biochemistry*, v. 59, p. 2346-2347, 1995.

GUIGOZ, Y. et al. Effects of oligosaccharides on the fecal flora and non-specific immune system in elderly people. *Nutrition of Research*, v. 22, p. 13-25, 2002.

GIBSON, R. Dietary modulation of the human gut microbiota using the prebiotics oligofructose and inulin. *Journal of Nutrition*, v. 129, p. 1438-1441, 1999.

GRAEFE, S.; HERMANN, M.; MANRIQUE, I.; GOLOMBEK, S.; BUERKERT, A. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. *Field Crops Research*, v. 86, p. 157-165, 2004.

GRAU, A.; REA, J. *Yacon Smallanthus sonchifolius*. (Poepp. & Endl.). Disponível: <http://www.cipotato.org>> Acesso: 15 mar. 2004.

HAULY, M. C. O.; MOSCATTO, J. A. Inulina e oligofrutoses: uma revisão sobre propriedades funcionais, efeito prebiótico e importância na indústria de alimentos. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológica*, v. 23, n. 1, p. 105-118, 2002.

HAULY, M.C.O.; FUCHS, R.H.B.; PRUDENCIO-FERREIRA, S.H. Suplementação de iogurte de soja com frutooligosacarídeos: características probióticas e aceitabilidade. *Revista de Nutrição*, v. 18, n. 5, p. 613-622, 2005.

HIJOVA, E.; CHMELAROVA, A. Short chain fatty acids and colonic health. *Bratislavské Lékařské Listy - Bratislava Medical Journal*, n. 108, v. 8, p. 354-358, 2008.

HOLZAPFEL, W.H.; SCHILLINGER, U. Introduction to pre-and probiotics. *Food Research International*, Amsterdam, v. 35, n. 2/3, p. 109-116, 2002.

HONDO, M.; OKUMURA, Y.; YAMAKI, T. A preparation of yacon vinegar containing natural fructooligosaccharides. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology*, v. 47, n. 10, p. 803-807, 2000.

IDRIS, N.; ENBONG, M.S.; ABDULLCH, A.; CHEHA, C.M.; HASSAR, H. Performance evaluation of shortenings based on palm oil and butterfat in yellow cake. *Fett/Lipid*, v. 98, p. 144-148, 1996.

- KAUR, N.; GUPTA, A. K. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *Journal of Bioscience*, v. 27, n. 7, p. 703-714, 2002.
- LACHAMAN, J.; HAVRLAND, E.C.; FERNÁNDEZ, J.; DUDJAK, J. Saccharides of yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.et Endl.) H. Robinson] tubers and rhizomes and factors affecting their content. *Plant soil environment*, v. 50, n. 9, p. 383-390, 2004.
- LANGLANDS, S. J.; HOPKINS, M. J.; COLEMAN, N.; CUMMINGS, J H. Prebiotic carbohydrates modify the mucosa associated microflora of the human large bowel. *Gut*, v. 53, p.1610–1616, 2004.
- LEONEL, M.; JACKY, S.; CEREDA, M.P. Processamento industrial de fécula de mandioca e batata doce – um estudo de caso. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.18, n. 3, p. 343-345, 1998.
- LOBO, A.R.; COLLI, C.; ALVAREs, E.P.; FILISETTI, T.M. Effects of fructans-containing yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp e Endl.) flour on caecum mucosal morphometry, calcium and magnesium balance, and bone calcium retention in growing rats. *British Journal of Nutrition*, v. 97, p. 776-785, 2007.
- LUNN, J.; BUTRISS, J.L. Carbohydrates and dietary fibre. *Nutrition Bulletin*, v. 32, p. 21–64, 2007.
- LUPETTI, K.O. et al. Análise de imagem em química analítica: empregando metodologias simples e didáticas para entender e prevenir o escurecimento de tecidos vegetais. *Química Nova*, v.28, n.3, p.548-554, 2005.
- MABEL, M.J.; SANGEETHA, P.T.; PLATEL, K.; SRINIVASAN, K.; PRAPULLA, S.G. Physiocochemical characterization of fructooligosaccharides and evaluation of their suitability as a potential sweetener for diabetics. *Carbohydrate Resource*, v. 343, n. 1, p. 56-66, 2008.



MANN, J.; CUMMINGS, J.H.; ENGLYAT, H.N.; KEY, T.; LIU, S.; RICCARDI, G.; SUMMERBELL, C.; UAUY, R.; VAN DAM, R.M.; VENN, B.; VORSTER, H.H.; WISEMAN, M. FAO/WHO. Scientific update on carbohydrates in human nutrition: conclusions. *European Journal of Clinical Nutrition*, n. 61, suppl. 1, p. 132-137, 2007.

MADRIGAL, L.; SANGRONIS, E. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, v. 57, n. 4, 2007.

MALDONADO, S.; SINGH, J.C. Efecto de gelificantes en la formulación de dulce de yacón. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, n. 2, p. 429-434, 2008.

MANNING, T.S.; GIBSON, G.R. Microbial-gut interactions in health and disease. Prebiotics. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, v. 18, n. 2, p. 287-98, 2004.

MANRIQUE, I.; HERMANN, M. Yacon - Fact Sheet. Lima, Peru: International Potato Center (CIP), 2004. Capturado em 22 dez. 2005. Online. Disponível na Internet [www.cipotato.org/artc/cipcrops/factsheetyacon.pdf](http://www.cipotato.org/artc/cipcrops/factsheetyacon.pdf).

MANRIQUE, I.; PÁRRAGA, A. Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos Andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). *Jarabe de yacón: principios y procesamiento*. Lima: Centro Internacional de La Papa, 2005. 40p.

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

MAYTA, P.; PAYANO, J.; PELÁEZ, J.; PÉREZ, M.; PICHARDO, L.; PUYCÁN, L. Reducción de la respuesta glicérmica posprandial post-ingesta de raíz fresca de yacón em sujeitos sanos. *Ciência e Investigación Médica Estudiantil Latinoamericana*, v. 9, n. 1, 2004.

MOSCATTO, J. A.; BORSATO, D.; BONA, E.; OLIVEIRA, A. S.; HAULY, M. C. O. The optimization of the formulation for a chocolate cake containing inulin and yacon meal. *Internacional Journal of Food and Technology*, v. 41, p. 181-188, 2006.

MOURA, C.P. Aplicação de redes neurais para a predição e otimização do processo de secagem de yacon (*Polymnia sonchifolia*) com pré-tratamento osmótico. 2004. 115p. *Dissertação* (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, PR.

NARAI-KANAYANA, A.; TOKITA, N.; ASO, K. Dependence of fructooligosaccharide content on activity of fructooligosaccharide-metabolizing enzymes in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tuberous roots during storage. *Journal of Food Science*, v. 72, n. 6, p. 381-387, 2007.

NINESS, K.R. Inulin and oligofructose: what are they? *Journal of Nutrition*, v. 129, p. 1402-1406, 1999.

PADILHA, P.C.; PINHEIRO, R.L. O papel dos Alimentos Funcionais na Prevenção e Controle do Câncer de Mama. *Revista Brasileira de Cancerologia*, v. 3, n. 50, p. 251-260, 2004.

PEDRESCHI, R.; CAMPOS, D.; NORATTO, G.; CHIRINOS, R.; ZEVALLOS, L.C.; Andean yacon roots (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl) fructooligosaccharides as potential novel source of prebiotics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, p. 5278-5284, 2003.

RIBEIRO, J. A. Estudo da influência do consumo de yacon sobre níveis glicêmicos e lipídeos fecais de ratos. In: Estudo químico e bioquímico do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in natura e processado e influência do consumo de yacon sobre níveis glicêmicos e lipídeos fecais de ratos. 2008. Cap.4, p.133-166. *Dissertação* (Mestrado em Ciências dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, MG.

RIVERA, D.; MANRIQUE, I. *Zumo de Yacón - Ficha Técnica*. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Peru, 2005. Capturado em 9 jan. 2006. Online. Disponível na Internet [www.cipotato.org/artc/cipcrops/fichazumoyacon.pdf](http://www.cipotato.org/artc/cipcrops/fichazumoyacon.pdf).

RENHE, I.R.T.; VOLP, A.C.P.; BARBOSA, K.B.F.; STRINGHETA, P.C. Prebióticos e os benefícios de seu consumo na saúde. *Revista Brasileira de Nutrição Clínica*, v. 23, n. 2, p. 119-126, 2008.

ROBERFROID, M. Dietary fiber, inulin and oligofrutose: a review comparing their physiological effect. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 33, n. 2, p. 103-148, 1993.

ROBERFROID, M.; GIBSON, G.R.; DELZENNE, N. The biochemistry of oligofrutose, a nondigestible fiber: an approach to calculate its caloric value. *Nutrition Reviews*, v. 51, n. 5, p. 137-146, 1993.

ROBERFROID, M.B. Functional foods: concepts and application to inulin and oligofrutose. *British Journal of Nutrition*, v. 87, n. 2, p. 139-143, 2002.

ROBERFROID M, ROBERTSON D. Effects of inulin and oligofrutose on health and well-being. *Brazilian Journal of Nutrition*, v. 93, n. 1, p. 1-168, 2005.

ROBERFROID, M.B. Inulin-Type Fructans: Functional Food Ingredients. *Journal of Nutrition*, v. 137, p. 2493-2502, 2007.

ROBERFROID, M.B. Prebiotics: The Concept Revisited. *Journal of Nutrition*, v. 137, p. 830-837, 2007.

RUPEREZ, P. Bifidogenic oligosaccharides. *Internacional Journal of Food Science and Technology*, v. 4, p. 237-243, 1998.

SAAD, S.M.I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v. 42, n. 1, p. 1-16, 2006.

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

SANTOS, E. F.; JACOBUCCI, H.B.; QUEIROZ, M.M.; DIAS, M.F.G.P. Alimentos funcionais. *Revista de Pesquisas Biológicas da UNIFEV*, n. 1, p. 13-19, 2006.

SARKAR, S. Potential of prebiotics as functional foods – a review. *Nutrition & Food Science*, v. 37, n. 3, p. 168-177, 2007.

SARON, M.L.G.; SGARBIERI, V.C.; LERAYER, A.L.S. Prebióticos: efeitos benéficos à saúde humana *Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição*, v. 30, p. 117-130, 2005.

SCHOLZ-AHRENS, K. E.; SCHREZENMEIR, J. Inulin, oligofructose and mineral metabolism – experimental data and mechanism. *British Journal of Nutrition*, v. 87, suppl. 2, p. 179-186, 2002.

SCHOLZ-AHRENS, K.E.; SCHREZNMEIR, J. Inulin and Oligofructose and Mineral Metabolism: The Evidence from Animal Trials<sup>1–4</sup>. *Journal of Nutrition*, v. 137, p. 2513-2523, 2007.

SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M.; MANRIQUE, I. *El Yacón, fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio*, Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación (COSUDE), Lima, 2003.

SHAH, N. P. Functional foods from probiotics and prebiotics. *Food and Technology*, v. 55, n. 11, p. 46-53, 2001.

SHOLZ-AHRNZ, K.E.; SCHAAFSMA, G.; VAN DEN HEUVEL, E.G.; SCHREZENMEIR, J. Effects of prebiotics on mineral metabolism. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 73, n. 2, p. 459-464, 2001.

SILK, D.B.A. Fibre and enteral nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 12, p. 106-113, 1993.

SILVA, E.B.; KARAM, L.B.; CAVASSIM, C.; CÂNDIDO, L.M.B. Correlação entre peso, área e diâmetro de raízes do yacon (*Polymnia sonchifolia*). In: ENCONTRO REGIONAL SUL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2003. Curitiba.

SGHIR, A.; CHOW, J. M.; MACKIE, R. I. Continuous culture selection of bifidobacteria and lactobacilli from human fecal samples using fructooligosaccharides as selective substrate. *Journal of Applied Microbiology*, v. 85, p. 769-777, 1998.

STARK, A.; MADAR, Z. *Dietary fiber*. In *Functional foods*. Goldberg I (Ed). Chapman and Hall. p. 183–201, 1994.

STEFE, C.A. ALVES, M.A.R.; RIBEIRO, R.L. Probióticos, prebióticos e simbióticos – Artigo de revisão. *Saúde e ambiente em revista - UNIGRANRIO*, v. 3, n. 1, p. 16-33, 2008.

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.

VALENTOVÁ, K.; LEBEDA, A.; IVANA DOLEZ, I.; JIROVSKYĀ, D.; SIMONOVSKA, B.; VOVK, I.; KOSINA, P.; GASMANOVAĀ, N.; DZIECHCIARKOVAĀ, M.; ULRICHOVAĀ, J. The Biological and Chemical Variability of Yacon. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 54, p. 1347-1352, 2006.

VALENTOVÁ, K.; STEJSKAL, D.; BARTEK, J.; DVORÁCKOVÁ, S.; KREN, V.; ULRICHOVÁ, J.; SIMÁNEK, V. Maca (*Lepidium meyenii*) and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in combination with silymarin as food supplements: In vivo safety assesment. *Food and Chemical Toxicology*, v. 46, p. 1006-1013, 2008.

VENTURA, F.C. Desenvolvimento de doce de fruta em massa funcional de valor calórico reduzido, pela combinação de goiaba vermelha e yacon desidratados osmoticamente e acerola. 2004. 217p. *Dissertação* (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, SP.

VIEGA, S. D.; OLIVEIRA, V. R.; FUKU, G. Análise química e sensorial de leite com farinha de yacon e sua resposta glicêmica em indivíduos saudáveis. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DOS ALIMENTOS, 7, 2007, Campinas. *Anais*. Sociedade Latino Americana de Ciência de Alimentos, 2007.

VILLALOBOS, A.C. Perspectivas agroindustriales actuales de los oligofructosacáridos (FOS). *Agronomía Mesoamericana*, v. 17, n. 2, p. 265-286, 2006.

WISEMAN, M. FAO/WHO Scientific Update on carbohydrates in human nutrition: conclusions. *European Journal of Clinical Nutrition*, v. 61, p. 132-137, 2007.

WOLD, A.E. Imune effects of probiotics. *Scandinavian Journal of Nutrition*, v. 129, p. 76-85, 2001.

ZABALA, J.D. GLUCON: The hypoglycemic activity of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tubers on alloxan- induced mice (mus musculus). 16<sup>TH</sup> INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL PROJECT OLYMPIAD. Quezon City Science High School (Regional Science High School for NCR), ISTANBUL, TURKEY, 2008.

ZHENG, S.; STEENHOUT, P.; KUIRAN, D.; QIHONG, W, WEIPING, W. Nutritional support of pediatric patients with cancer consuming an enteral formula with fructooligosaccharides. *Nutrition Research*, v. 26, p. 154-62, 2006.

ZULETA, A.; SAMBUCETTI, M. E. Fructanos: características estructurales y metodología analítica. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. (eds). *Carbohidratos en Alimentos Regionales Iberoamericanos*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 648p. 2006.

# *Materiais e métodos*



### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Materiais**

##### **3.1.1 Ingredientes para formulação dos bolos**

Margarina (80% de lipídios), farinha de trigo sem fermento, farinha de yacon, achocolatado em pó, cacau em pó, fermento químico, ovos, leite em pó reconstituído, açúcar cristal e sal.

O yacon, para produção da farinha, foi proveniente da Ceasa (Região Metropolitana do Recife) e os demais ingredientes foram obtidos no comércio local da cidade.

#### **3.2 Métodos**

##### **3.2.1 Processamento da Farinha de Yacon**

As raízes de yacon *in natura* foram lavadas e sanitizadas em solução clorada a 200 ppm. Em seguida, foram descascadas em água corrente e cortadas em lâminas finas em multiprocessador. Para reduzir o tempo de secagem e melhorar a textura, as lâminas foram imersas em uma solução de cloreto de cálcio a  $1,0 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$  durante 30 minutos. Por fim, foram submetidas à secagem em estufa ventilada a  $55^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, e posteriormente trituradas em microprocessador para a obtenção da farinha (Figura 1).

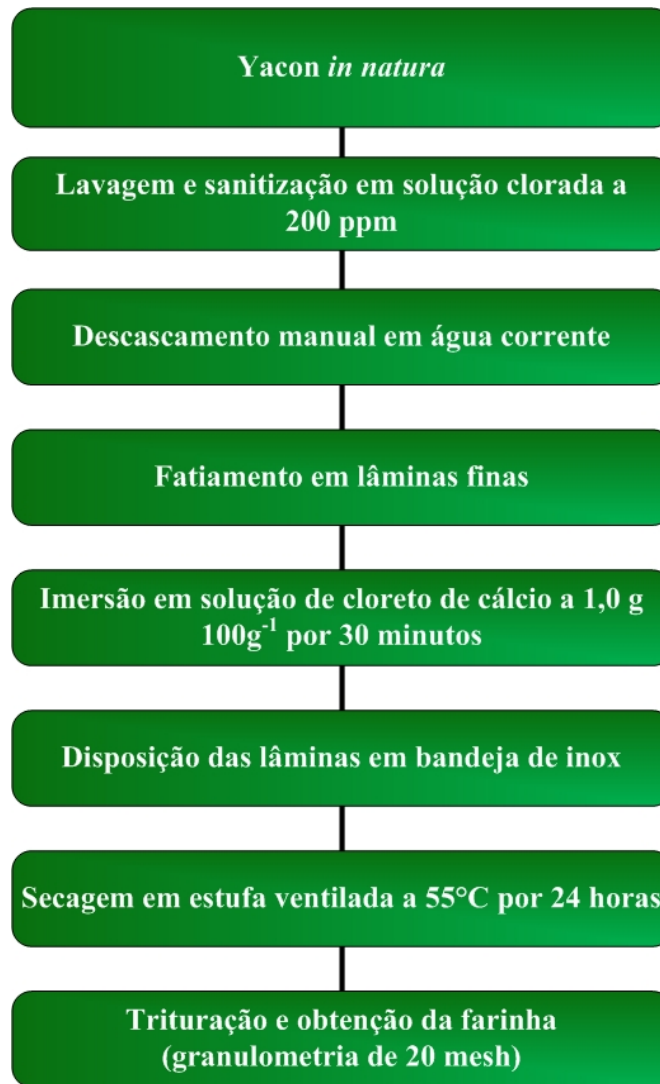


Figura 1. Fluxograma do processamento da farinha de yacon.

### 3.2.2 – Análise microbiológica da farinha de yacon

Com o objetivo de avaliar a inocuidade da farinha, foram realizadas análises de coliformes a 45°C, *Bacillus cereus* e *Salmonella* sp, conforme especificado na RDC n°12/2001 (BRASIL, 2001).

### **3.2.3 – Caracterização da farinha de yacon**

A farinha de yacon foi caracterizada quanto à granulometria, determinando-se a distribuição do tamanho e o diâmetro médio das partículas, segundo MATSUO & DEXTER, (1980). Uma amostra de 100 g foi depositada no conjunto de peneiras (30; 40; 50; 60 e 80 mesh - ABNT) do agitador de peneiras Produtest (Telastem LTDA, modelo T, São Paulo, Brasil). Este sistema de peneiras foi submetido à vibração durante 10 minutos com o potenciômetro ajustado para a escala máxima de vibração (10). Após a pesagem, foi calculada a porcentagem de farinha retida em cada peneira.

A composição centesimal da farinha de yacon foi determinada em triplicata de acordo com os métodos da AOAC (2002). Umidade (método 935.29); resíduo mineral fixo (método 930.22-32.308), proteínas (método 991.20-33.2.11), extrato etéreo (método 963.15-31.4.02), fibra alimentar total (985.29-45.4.08), frutanos totais (método integrado, AOAC 985.29), adaptado por Quemener et al, (1994) e Quemener et al, (1997) e carboidratos estimados por diferença.

### **3.2.4 Formulação dos bolos**

Os bolos foram preparados utilizando os ingredientes da Tabela 1, corroborando com as formulações propostas por Moscatto et al, (2006), salvo algumas modificações. A técnica de preparo seguiu as etapas abaixo: à temperatura ambiente, as claras foram batidas em neve em batedeira convencional Arno por 3 minutos em velocidade alta. A margarina e o açúcar foram homogeneizados em batedeira por 2 minutos em velocidade média. Em seguida, foram adicionadas gemas, achocolatado, cacau em pó, farinha de trigo, fermento,

sal, farinha de yacon em 20% e 40% (formulações A e B, respectivamente) e o leite reconstituído, acrescentado à mistura e homogeneizado por 3 minutos. Por fim, as claras foram incorporados à massa manualmente e esta, foi acondicionada em forma de alumínio, previamente untada com margarina e polvilhada com farinha de trigo, levada ao forno pré-aquecido por 15 minutos a 180°C, por 30 minutos. O forno foi desligado e os bolos retirados após 10 minutos de espera.

Tabela 1. Proporção de ingredientes para as formulações de bolo.

<b>Ingredientes</b>	<b>Formulações</b>		
	<b>Amostra Padrão P (%)</b>	<b>Amostra Experimental A (%)</b>	<b>Amostra Experimental B (%)</b>
Ovos médios	2 unidades	2 unidades	2 unidades
Margarina (80% de lipídios)	100g	100g	100g
Leite em pó reconstituído	100mL	90mL	80mL
Açúcar cristal	100g	70g	40g
Cacau em pó	6g	6g	6g
Achocolatado	36g	36g	36g
Farinha de trigo	100g	80g	60g
Farinha de yacon	-	20g	40g
Fermento em pó	16g	16g	16g
Sal	3g	3g	3g

### **3.2.5 Análise Sensorial**

A análise sensorial foi realizada através do Teste de Análise Descritiva Quantitativa – ADQ (BRASIL, 2005).

#### **3.2.5.1 Análise Descritiva Quantitativa**

##### **- Definição da Terminologia Descritiva**

As amostras foram apresentadas aos provadores, os quais analisaram as similaridades e diferenças entre cada uma das amostras, com relação à aparência global, aroma, cor, sabor e textura. Em seguida, de posse de uma ampla lista de termos descritivos levantados na literatura e sob a supervisão do líder da equipe, os provadores discutiram o significado de cada termo. Dessa forma, pelo consenso da equipe sensorial, foi elaborada uma ficha de avaliação sensorial contemplando a definição de cada atributo descritivo (Tabela 2).

A ficha de avaliação apresentava uma escala não estruturada para cada termo descritivo levantado. A escala foi composta de uma linha de 15 cm, tendo expressões quantitativas (pontos âncora) nas extremidades esquerda (equivalente ao ponto um) e direita (equivalente ao ponto quinze) com os termos: "claro" / "escuro" / "pouco" / "muito" / "leve" / "pesada", entre outros (Figura 2). Através de um traço vertical na escala, os provadores escolhiam a melhor posição que refletisse a sua avaliação para cada termo descritivo. Os valores foram obtidos medindo-se a distância entre os pontos-âncoras da

extremidade esquerda e o traço vertical feito pelo provador, com auxílio de uma régua (BRASIL, 2005).

Tabela 2. Definições dos atributos descritivos para as amostras de bolos.

<b>Descritores</b>	<b>Definições</b>
Aroma	Aroma de bolo preparado com achocolatado e cacau em pó
Cor do miolo	Cor característica do miolo do bolo
Estrutura do miolo	Atributo de aparência em relação à estrutura do centro do bolo
Gosto doce	Sabor característico de sacarose
Sabor de chocolate	Sabor de bolo preparado com achocolatado e cacau em pó
Sabor residual	Sensação olfatogustativa que ocorre após degustação do bolo devido a presença de algum ingrediente que esteja em maior evidência na formulação
Maciez	Força necessária para provocar uma determinada deformação
Umectância	Sensação provocada pela quantidade de água no alimento
Qualidade global	Características gerais que determinam o perfil sensorial do alimento

Figura 2. Ficha de Análise Sensorial dos bolos.

<b>FICHA ADQ</b>	
Nome: _____	Data: _____
Código da amostra: .....	
<p>Por favor, escreva seu nome, data e código da amostra na folha de avaliação. Analise cada amostra e preencha as respostas na seqüência em que aparecem em sua ficha de avaliação, fazendo um traço vertical na linha, na posição (ponto) que melhor reflita seu julgamento. Prove quantidade suficiente de amostra e disponha do tempo necessário para avaliar cada característica. Por favor, enxágüe a boca após a avaliação de cada amostra.</p>	
Característica:	
<b>Aroma</b>	
fraco	forte
<b>Cor marron</b>	
claro	escuro
<b>Estrutura do miolo</b>	
leve	pesada
<b>Gosto doce</b>	
fraco	forte
<b>Sabor característico de chocolate</b>	
fraco	forte
<b>Sabor residual</b>	
fraco	forte
<b>Maciez</b>	
pouco	muito
<b>Umectância</b>	
pouco	muito
<b>Qualidade global</b>	
baixa	alta

### **- Seleção dos Provadores**

Um corpo de 15 provadores foi escolhido para compor a equipe descritiva. Para se avaliar o poder discriminativo de cada voluntário, foi utilizado o teste de sensibilidade aos sabores básicos (Teste Threshold de Reconhecimento) e selecionados os provadores que acertaram no mínimo 70% dos sabores (ANZALDUA-MORALES, 1994).

### **- Avaliação das Amostras**

Os bolos foram servidos em recipiente branco identificado com códigos de três dígitos diferentes, em blocos completos balanceados, com três repetições em sessões separadas, acompanhados de água à temperatura ambiente, juntamente com a ficha gerada com os termos descritores, em cabines individuais. Para avaliação do aroma foi oferecido ao provador um recipiente fechado, contendo pedaços do bolo em estudo.

Os dados sensoriais foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo realizados o teste de Duncan para comparação entre as médias obtidas, ao nível de 5% de significância. Para verificar as correlações entre as amostras e os atributos sensoriais foi realizada a Análise de Componente Principal (ACP) (MINIM, 2006). Utilizou-se o software “statistic for windows” (STATSOFT, 2002).



### **3.2.6 Análise Física – Caracterização Cromática**

A determinação dos bolos foi efetuada utilizando colorímetro marca Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc.). As cores das amostras dos bolos foram avaliadas através de três parâmetros, o CIE  $L^*a^*b^*$  (Comissão Internacional de Iluminantes).

O parâmetro  $L^*$  define a luminosidade ( $L^* = 0$  preto e  $L^* = 100$  branco) e  $a^*$  e  $b^*$  são responsáveis pela cromaticidade ( $+a^*$  vermelho e  $-a^*$  verde,  $+b^*$  amarelo e  $-b^*$  azul). Para cada tratamento, as determinações foram efetuadas em triplicata e os resultados expressos como média (MCGUIRE, 1992).

### **3.2.7 Análises de Composição Centesimal**

A composição centesimal dos bolos foi determinada em triplicata, de acordo com os métodos da AOAC (2002). Umidade (método 935.29); resíduo mineral fixo (método 930.22-32.308), proteínas (método 991.20-33.2.11), extrato etéreo (método 963.15-31.4.02), fibra alimentar total (985.29-45.4.08), frutanos totais (método integrado, AOAC 985.29 adaptado por Quemener et al, (1994) e Quemener et al, (1997) (Figura 3) e carboidratos por diferença.

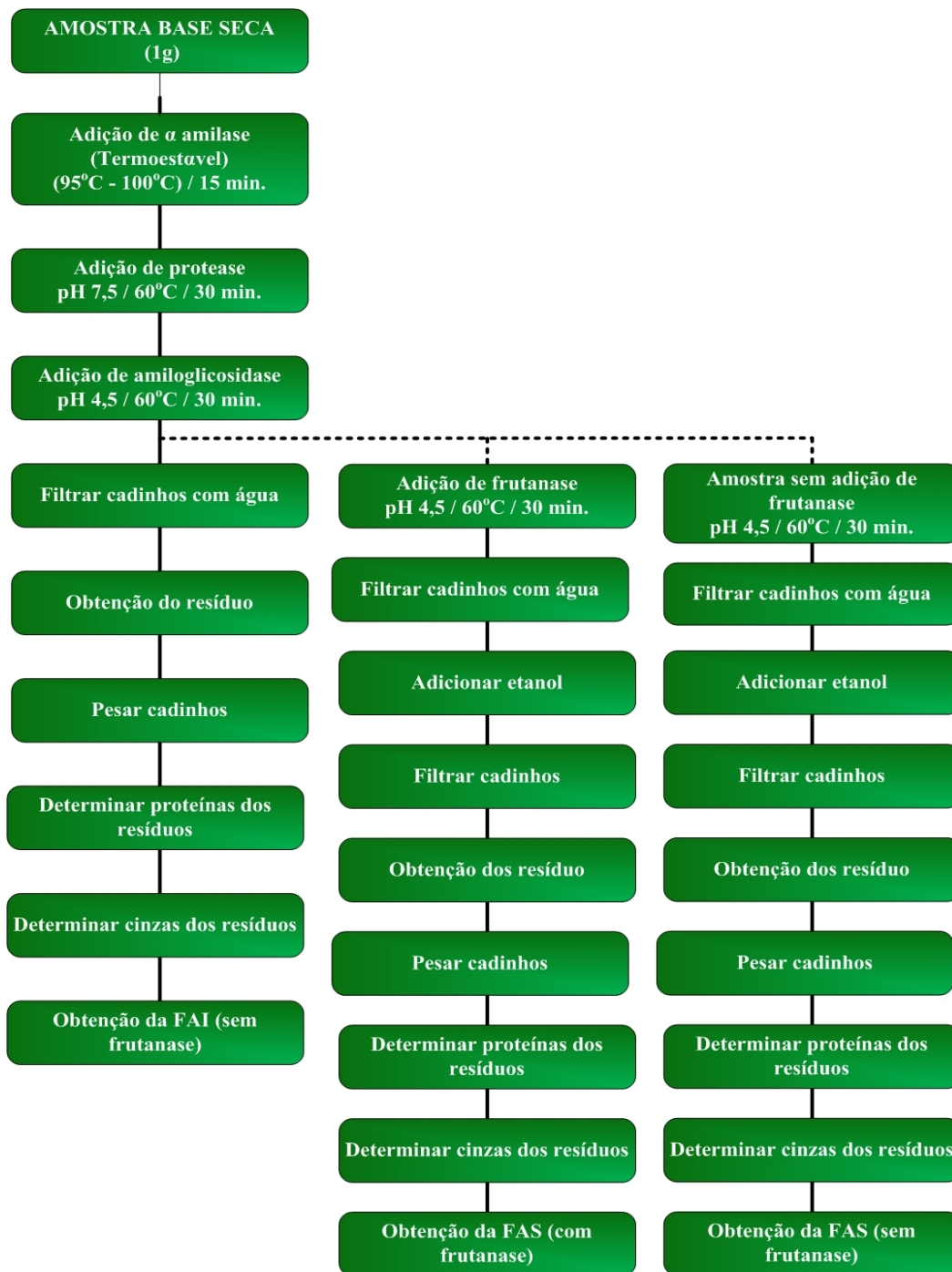


Figura 3. Esquema analítico para determinação de fibra (AOAC 985.29) (QUEMENER et al, 1994; QUEMENER et al, 1997 com adaptações).

FAS (Fibra Alimentar Solúvel)

FAI (Fibra Alimentar Insolúvel)

### 3.2.8 Determinação dos Índices Glicêmicos e Cargas Glicêmicas

Para determinação do índice glicêmico (IG), os bolos foram secos em estufa à 105°C durante 1 hora e, em seguida triturados. A determinação do índice glicêmico foi realizada de acordo com o método desenvolvido por Gõni (1997), utilizando o kit determinação de glicose, Glicose PAP Liquiform da Labtest, conforme a Figura 4.

Ao final, a concentração de glicose foi determinada enzimaticamente por meio do método oxidase-peroxidase (kit para determinação de glicose) e o cálculo da glicose foi realizado segundo a fórmula indicada pelo fabricante:

$$\text{Glicose (mg/dL)} = \text{Absorbância do teste} / \text{Absorbância do padrão} \times 100$$

Para calcular o IG, foi determinada a curva de hidrólise da glicose de acordo com o programa de Desenho Técnico AUTOCAD (2008). Em seguida, o IG foi obtido com base na relação entre a curva do alimento referência (pão francês) e área da curva de hidrólise do alimento em estudo. O IG foi classificado de acordo com Brand-Miller et al, (2003) que segue a recomendação da American Diabetic Association (ADA, 2002), sendo o IG considerado baixo, valores  $\leq 55$  e alto valores  $\geq 70$ .

$$\text{IG} = \text{Área do alimento teste} / \text{Área do alimento referência} \times 100$$

A carga glicêmica (CG) foi determinada por meio do somatório dos carboidratos disponíveis em gramas, multiplicando-se o resultado pelo IG de cada formulação, e

dividindo por 100. A categorização das formulações foi definida como baixa ( $\leq 10$ ) ou de alta carga glicêmica ( $\geq 20$ ) (LAJOLO & MENEZES, 2006).

$$CG = IG \times \text{carboidrato disponível na porção} / 100$$

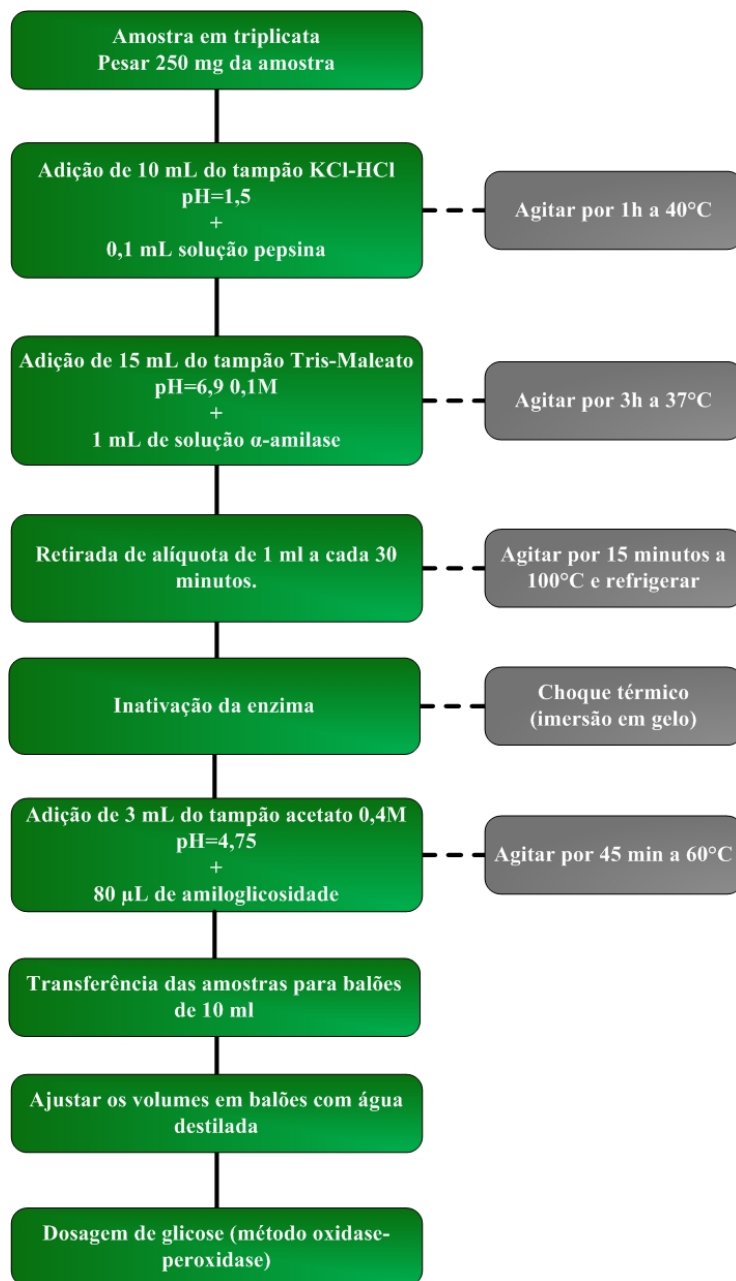


Figura 4. Esquema analítico da determinação do índice glicêmico.

### 3.2.9 Determinação do Efeito Prebiótico

A determinação do potencial prebiótico (Figura 5) seguiu a metodologia proposta por Cambrodón e Martín-Carrón (2001), com modificações sugeridas por Salgado et al. (2006) e Silveira et al, (2008). A verificação de potencial prebiótico constou de duas etapas: fermentação e estudo do líquido metabólico por meio da contagem de bactérias probióticas (lactobacilos e bifidobactérias).

#### - Preparo do Meio de Fermentação

Para a obtenção do meio de fermentação, foram preparadas duas soluções denominadas A e B. na proporção de 5 mL da solução B em 1 litro da solução A (Quadro 1), elaborado segundo Barry et al, (1995).

Quadro 1. Concentração de reagentes para o meio de fermentação.

Reagentes	Concentração g/L
<b>SOLUÇÃO A</b>	
Bicarbonato de Sódio ( $\text{NaHCO}_3$ )	9,2400
Fosfato de sódio dibásico ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ )	7,1250
Cloreto de Sódio ( $\text{NaCl}$ )	0,4700
Cloreto de Magnésio ( $\text{MgCl}_2$ )	0,1173
Cloreto de Potássio ( $\text{KCl}$ )	0,4500
Sulfato de Sódio Anidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )	0,1000
Cloreto de Cálcio ( $\text{CaCl}_2$ )	0,0550
Ureia ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ )	0,4000
<b>SOLUÇÃO B</b>	
Sulfato de ferro II ( $\text{FeSO}_4$ )	3,6800
Sulfato de Manganês ( $\text{MnSO}_4$ )	1,4145
Sulfato de Zinco ( $\text{ZnSO}_4$ )	0,4400
Cloreto de cobalto ( $\text{CoCl}_2$ )	0,1200
Sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ )	0,0980
Molibdato de amônio [ $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ ]	0,0174

### **- Preparo do Inoculo**

O inóculo foi preparado a partir de fezes de lactente (alimentado exclusivamente com leite materno) suspensas no meio de fermentação, foram utilizadas 10 mL/g de fezes e estas foram incubadas a 37°C, sob sistema de anaerobiose (jarra de Gaspak), durante 12 horas.

### **- Ensaio *in vitro***

Amostras de 100 mg do bolo foram colocadas em tubos de ensaio contendo 8 mL do meio de fermentação, incubados à 37°C sob anaerobiose (jarra de Gaspak) por 12 horas. Seguindo o mesmo delineamento experimental, foi realizada também uma fermentação das fezes dos lactentes (inóculo) a qual serviu como padrão para as demais fermentações.

Posteriormente, a cada tubo de ensaio foi adicionado 2 mL do inóculo, permanecendo em sistema de anaerobiose (jarra de Gaspak), em banho-maria com agitação e temperatura controlada à 37°C, durante 12 horas. A cada intervalo de 2h, uma alíquota de 1 mL do líquido metabólico, era utilizada para determinação da contagem de bactérias probióticas.

### **- Pesquisa de bactérias probióticas**

Para contagem de bactérias probióticas foi utilizado o meio HHD Ágar (Homofermentative Heterofermentative Differential Medium) (VANDERZANT & SPLITTSLOESSER, 2001).

Para a base de preparação do meio de cultura Ágar HHD foram dissolvidos os seguintes reagentes em 1 litro de água destilada: frutose (2,5g), fosfato monopotássico (2,5g), trypticase peptone (10,0g) – peptona de caseína obtida por digestão pancreática, phytone peptone (1,5g) – peptona de farinha de soja, casaminoacids (3,0g) – caseína hidrolisada, extrato de levedura (1,0g), tween 80 (1,0g) e ágar (20,0g). A solução foi esterilizada a 121°C/15 min, e o pH final foi verificado podendo variar de 6,8-7,0.

Para o preparo da solução corante, foi dissolvido 0,1g do corante verde de bromocresol em 30 mL de solução de NaOH 0,01N. A solução foi esterilizada por filtração, em membrana filtrante, sob vácuo.

Posteriormente, foram adicionados 20 mL da solução de verde de bromocresol para cada litro de base estéril (meio Agar HHD), em seguida o meio foi distribuído em placas.

As amostras dos líquidos metabólicos foram plaqueadas (plaqueamento em superfície) e incubadas à temperatura de 37°C  $\pm$  1 durante 72h sob anaerobiose (jarra de Gaspak).

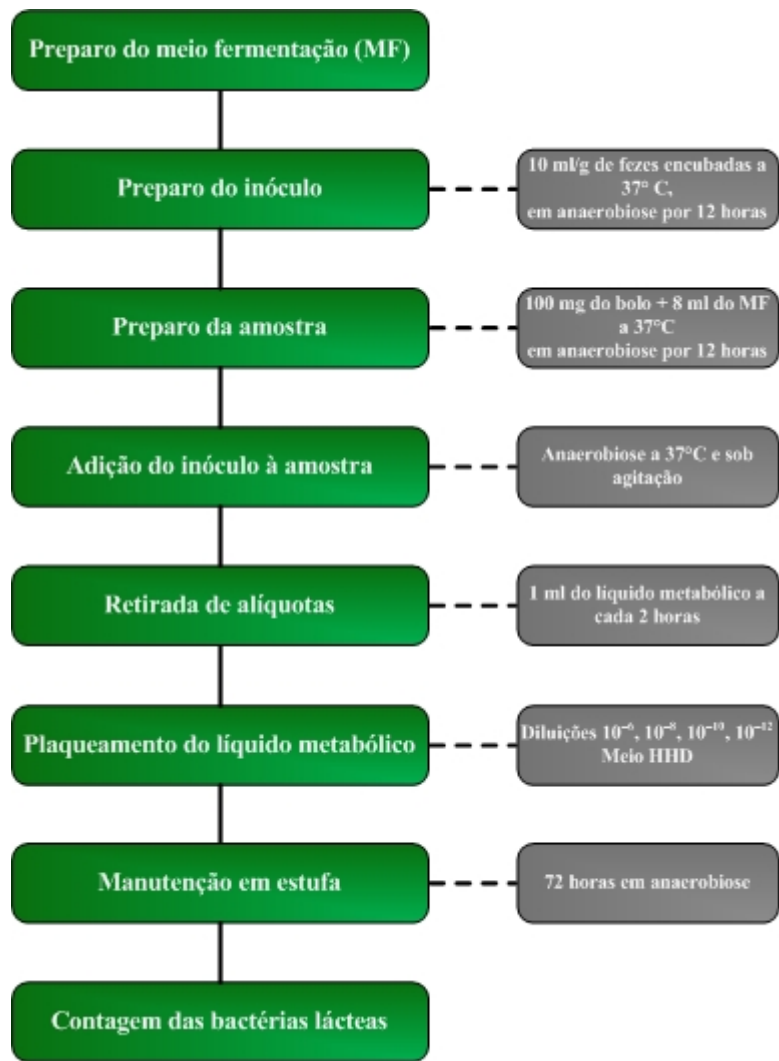


Figura 5. Esquema analítico da fermentação *in vitro*.



### **3.3 Tratamento Estatístico**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo realizado o teste de Duncan para comparação entre as médias obtidas, ao nível de 5% de significância. Para verificar as correlações entre as amostras e os atributos sensoriais foi realizada a Análise de Componente Principal (ACP) (MINIM, 2006). Utilizou-se o software “statistic for windows” (STATSOFT, 2002).

## *Resultados e discussão*

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

##### **ARTIGO 2.**

(Enviado para publicação em 08/07/2008 para Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos ISSN 0101-2061)

#### **PERFIL SENSORIAL DE BOLOS DE CHOCOLATE FORMULADOS COM FARINHA DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*)**

*Vivianne Montarroyos Padilha*<sup>1\*\*</sup>

*Priscilla Moura Rolim*<sup>1</sup>

*Silvana Magalhães Salgado*<sup>2</sup>

*Alda Verônica Souza Livera*<sup>2</sup>

*Samara Alvachian Cardoso Andrade*<sup>2</sup>

*Nonete Barbosa Guerra*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mestrandas do Curso de Pós-Graduação em Nutrição, Área Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

<sup>2</sup>Docentes do Departamento de Nutrição, Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos – LEAAL - Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

\*\*Endereço para correspondência: Rua Ernesto Nazareth bl 342, mod 01 Estância Recife-PE- Brasil CEP: 508 60-260

E-mail: [vivianne\\_padilha@yahoo.com.br](mailto:vivianne_padilha@yahoo.com.br)

## **PERFIL SENSORIAL DE BOLOS DE CHOCOLATE FORMULADOS COM FARINHA DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*)**

### **RESUMO**

Neste trabalho foi avaliado o uso de farinha de yacon na formulação de bolos de chocolate verificando a influência deste constituinte sobre a qualidade sensorial e cromaticidade do produto. Foram analisadas amostras de bolos, formulados com farinha de yacon, denominadas amostra P (bolo padrão, sem farinha de yacon), amostra A (bolo com 20% de farinha de yacon) e amostra B (bolo com 40% de farinha de yacon). Para avaliação sensorial foi realizada a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), utilizando 15 provadores treinados, os quais definiram 9 atributos sensoriais (cor, estrutura do miolo, aroma, gosto doce, sabor de chocolate, sabor residual, umectância, maciez e qualidade global). A análise física dos bolos foi realizada através da caracterização cromática. Os dados sensoriais foram submetidos à análise de variância ANOVA, sendo realizado o teste de Duncan para comparação entre as médias de Duncan, ao nível de 5% de significância. Para verificar as correlações entre as amostras e os atributos foi realizada a Análise de Componentes Principais (ACP). Na ACP, a soma de componentes principais 1 e 2 foi de 83.3%, ou seja, a variabilidade entre as amostras foi explicada por estes dois componentes. Os resultados obtidos demonstraram que a adição de 40% de farinha de yacon resultou em maiores notas para o aroma (10,16), gosto doce (7,60), sabor de chocolate (10,52), maciez (11,44) e qualidade global (11,64). Com relação ao atributo estrutura não houve diferença significativa entre as notas dos bolos P, A e B. Independente da quantidade de farinha de yacon adicionada, o perfil sensorial dos bolos de chocolate foi influenciado e, em particular o bolo com maior teor de farinha de yacon apresentou as melhores notas.

Palavras-chaves: Análise Sensorial, Prebióticos, Análise de Componente Principal.

## **SENSORIAL PROFILE OF CHOCOLATE CAKES FORMULATED WITH YACON FLOUR (*Smallanthus sonchifolius*)**

### **SUMMARY**

This study evaluated the use of flour in the formulation of yacon chocolate cakes checking the influence of constituent on the sensory quality of the product and chromaticity. Were analyzed samples of cakes, made with flour yacon, called sample P (standard cake without flour yacon), sample A (with 20% of cake flour yacon) and sample B (with 40% of cake flour yacon) . For sensory evaluation was performed at Quantitative Descriptive Analysis (QDA), using 15 trained tasters, who set 9 sensory attributes (color, the crumb structure, aroma, sweet taste, chocolate flavor, residual taste, umectance, tenderness and overall quality) . The physical analysis of the cake was made by color characterization.. The data were subjected to sensory analysis of variance ANOVA, being held Duncan's test for comparison between the averages, at 5% level of significance. To verify the correlations between the samples and attributes was performed Principal Components Analysis (PCA). In the PCA, the sum of principal components 1 and 2 was 83.3%, ie the variability between samples was explained by these two components. The results showed that the addition of 40% of flour yacon resulted in bigger notes to the aroma (10.16), sweet taste (7.60), chocolate flavor (10.52), tenderness (11.44) and overall quality (11.64). With regard to the attribute structure no significant difference between the scores of cakes P, A and B. Regardless of the amount of flour added yacon, the sensory profile of chocolate cake and was influenced, in particular with the higher content of cake flour yacon made the best notes.

Key words: Sensory Análise, Prebiotics, principal component analysis.

## 1 – INTRODUÇÃO

Os frutanos (inulina e frutooligossacarídeos) caracterizam-se pelos enlaces  $\beta$  (2→1) entre as unidades de frutose com molécula terminal de frutose, glicose ou sacarose. Apresentam a estrutura linear com diferente grau de polimerização (Gp). A inulina é um composto de maior Gp, enquanto o oligofrutose e o frutooligossacarídeo ambos de menor Gp originam-se a partir da hidrólise da inulina e da transfructosilação da sacarose, respectivamente (BIEDRZYCKA e BIELECKA, 2004).

O notável interesse pelos frutanos advém do fato desses compostos serem resistentes às enzimas digestivas e, portanto não-digeridos pelo organismo humano. Conseqüentemente, chegam ao intestino grosso intacto e são hidrolisados e fermentados pelas bactérias anaeróbicas presentes no cólon (ROBERFROID, 2007).

Desta maneira estes compostos são considerados fibras alimentares e têm impacto na indústria de alimentos devido às suas propriedades prebióticas e características tecnológicas como substituto do açúcar e da gordura originando produtos de baixo valor calórico com características sensoriais satisfatórias (FRANCK, 2002).

Os frutanos vêm sendo utilizados como ingredientes na formulação de produtos lácteos, congelados, forneados e cárnicos. A inulina por propriedades similares ao amido, ou seja, a formação de géis estáveis e os FOS pela sua função umectante e edulcorante semelhante à sacarose, porém com aporte calórico reduzido (1,5Kcal/g) (ROBERFROID, 2002; RODRÍGUEZ et al., 2006).

Os frutanos são encontrados em quantidades expressivas em alimentos como, cebola, banana, alcachofra, alho, raízes de almeirão, chicória e raízes de yacon (HATERMINK, VANLAERE e ROMBOUTS, 1997; GOTO et. al., 1995; SILVA et al., 2007).

Atualmente se produz em escala comercial misturas de frutanos principalmente a partir da raiz da chicória. Além desta, o yacon, está sendo considerada uma cultura com um potencial promissor como fonte de frutanos. O yacon (*Smallanthus sonchifolius*), planta herbácea perene originalmente cultivada na região dos Andes na América do Sul, foi introduzido no Brasil no início dos anos 90 (HONG et al., 2008). Possui estocado em suas raízes tuberosas cerca de 90% de carboidratos (base seca) sendo 40 a 70% correspondente

aos frutanos, principalmente frutooligossacarídeos (MANRRIQUE e PÁRRAGA, 2005; MADRIGAL e SANGRONIS, 2007).

Os frutanos vêm sendo incorporados em diversos produtos alimentares, principalmente em produtos de padaria e confeitaria, como bolo, que têm grande aceitação pelo mercado consumidor devido às suas características reológicas: produtos leves e facilmente mastigáveis.

Sabendo dos efeitos fisiológicos dos frutanos e a crescente demanda por alimentos que apresentem, além da alta qualidade sensorial e nutricional, benefícios associados à saúde, surge à necessidade de formular alimentos adicionados de ingredientes com alegações funcionais.

Diante destas constatações o presente trabalho objetivou utilizar a farinha de yacon na formulação de bolo de chocolate avaliando a influência deste constituinte sobre a qualidade sensorial e caracterização cromática do produto.

## **2 - MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 – MATERIAL**

#### **2.1.1. Processo de obtenção da farinha de yacon**

As raízes de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) *in natura* foram obtidas na CEASA (Centro de Abastecimento da Região Metropolitana do Recife-PE) na Região Metropolitana do Recife. Inicialmente as raízes foram lavadas em água corrente e sanitizadas em solução clorada 200ppm por 10 minutos. Posteriormente foram descascadas e cortadas em lâminas finas em multiprocessador. As lâminas de yacon, foram imersas em uma solução de cloreto de cálcio a 1,0 g 100g<sup>-1</sup> por 30 minutos. Por fim, submetidas à secagem em estufa ventilada a 55°C por 24 horas e trituradas em microprocessador para a obtenção da farinha com granulometria de 20 mesh (Figura 1).

### **2.1.2 – Preparação dos bolos**

Os bolos foram formulados conforme a Tabela 1, seguindo a metodologia citada por Moscatto et al., (2006), salvo algumas modificações.

## **2.2 – MÉTODOS**

### **2.2.1. Determinação do perfil sensorial**

#### **- Pré-seleção dos provadores**

Os candidatos foram submetidos ao teste de sensibilidade aos sabores básicos (Teste Threshold de Reconhecimento). De vinte provadores recrutados voluntariamente, foram pré-selecionados quinze provadores, pela habilidade em discriminar a intensidade dos quatro sabores (amargo, doce, salgado e ácido) com mínimo de 70% de respostas certas das amostras oferecidas (ANZALDUA-MORALES, 1994).

#### **- Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)**

Uma ampla lista de termos descritores foram levantados na literatura pelos pesquisadores (DUTCOSKY, 2007). Sob a supervisão do líder da equipe, os provadores discutiram o significado de cada termo e definiram de forma consensual nove termos que melhor caracterizavam bolo de chocolate. As definições dos atributos descritivos para as amostras de bolo estão apresentados na Tabela 2. A análise sensorial foi realizada por meio do Teste ADQ (BRASIL, 2005).

#### **- Avaliação das amostras**

Os provadores mediante termo de consentimento livre e esclarecido foram convocados a participar da avaliação das amostras. Foi elaborada a Ficha de Análise Sensorial dos bolos (Figura 2) com escalas não estruturadas de 15 cm, ancoradas nos pontos extremos com palavras que indicam intensidade para avaliar a intensidade dos atributos sensoriais presentes nas amostras,



Na aplicação dos testes sensoriais as fatias de bolo foram servidas em pratos brancos codificados com números de três dígitos, em blocos completos balanceados, com três repetições acompanhando copos de água à temperatura ambiente. Para avaliação do aroma foram oferecidos aos provadores recipientes fechados, contendo pedaços dos bolos em estudo. Os testes foram realizados em cabines individuais no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Nutrição, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Os julgadores foram orientados a provar as amostras da esquerda para a direita.

### **-Análise Estatística**

Os dados sensoriais foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo realizado o teste de Duncan para comparação entre as médias obtidas, ao nível de 5% de significância. Para verificar as correlações entre as amostras e os atributos sensoriais foi realizada a Análise de Componente Principal (ACP) (MINIM, 2006). Utilizou-se o software “statistic for Windows” (STATSOFT, 2002).

#### **2.2.2. Análise instrumental de cor**

A determinação dos bolos foi efetuada no Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos Nonete Barbosa Guerra (LEAAL), utilizando colorímetro marca Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc.). As cores das amostras dos bolos foram avaliadas através de três parâmetros, o CIE  $L^*a^*b^*$  (Comissão Internacional de Iluminantes). O parâmetro  $L^*$  define a luminosidade ( $L^* = 0$  preto e  $L^* = 100$  branco) e  $a^*$  e  $b^*$  são responsáveis pela cromaticidade ( $+a^*$  vermelho e  $-a^*$  verde,  $+b^*$  amarelo e  $-b^*$  azul). Para cada tratamento, as determinações foram efetuadas em triplicata e os resultados expressos como média (MCGUIRE, 1992).

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

A partir dos atributos escolhidos em consenso pelos membros da equipe sensorial foi efetuada a caracterização do perfil sensorial das amostras, cujas as médias de cada atributo avaliado encontram-se na Tabela 3.

Com relação ao bolo com 40% de farinha de yacon foram detectadas as maiores médias para os atributos aroma, gosto doce, maciez, sabor de chocolate e qualidade global, sendo apenas os três últimos atributos significativamente diferentes das demais amostras. Ainda com relação à amostra B, o atributo maciez alcançou a maior média, possivelmente pela presença de frutanos (inulina) que ao entrar em contato com o leite, forma uma mistura cremosa conferindo uma sensação tátil bucal semelhante à gordura (ZULETA e SAMBUCETTI, 2006).

Quanto ao atributo gosto doce, o bolo B formulado com menor teor de açúcar refinado (40g) e maior teor de farinha de yacon (40%) apresentou a maior nota, salientando que não diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) da amostra padrão comprovando a atuação dos FOS como substituto de açúcar (SILVA et al, 2007).

A Figura 2 demonstra o perfil sensorial dos produtos analisados, salientando suas similaridades e diferenças. O centro da figura representa o ponto zero da escala e a intensidade aumenta do centro para periferia. A média de cada atributo por amostra é marcada no eixo correspondente, cujo perfil sensorial é traçado pela conexão dos pontos. De acordo com a Tabela 3, pode-se verificar que apenas para o atributo estrutura não houve diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ), para este último atributo, a amostra B obteve a menor nota.

O gráfico dos Componentes Principais (ACP) (Figura 3) ilustra as correlações entre as amostras e os atributos sensoriais. Cada amostra é representada por um triângulo, sendo que cada vértice é definido pelas repetições atribuídas pela equipe sensorial.

As amostras foram caracterizadas pelos vetores que se apresentam mais próximos a elas. Neste estudo, os dois componentes principais explicaram 83,3 % da variabilidade total

obtida entre os bolos, ou seja, a variabilidade entre as amostras pôde ser bem explicada utilizando apenas esses dois eixos.

Ao analisar a primeira componente principal (Figura 3) que reproduz 54,29%, constatou-se que a amostra B possuiu escores mais positivos, sendo, portanto melhor representada pelos atributos sensoriais, qualidade global, maciez e sabor de chocolate, sendo confirmado pelas maiores e significativas notas ( $p < 0,05$ ) obtidas por estes atributos (Tabela 3). Diferentemente, das amostras A e P que apresentaram escores negativos, sendo caracterizadas pelo atributo umectância, ou seja, apresentaram notas significativamente maiores que a amostra B.

A segunda componente principal (Figura 3) reproduz 30,01%, constatando-se que a amostra P possuiu escores mais positivos, sendo caracterizada pelos atributos sabor residual e cor do miolo. Esse resultado pode ser confirmado pela Tabela 3, onde as médias da amostra P para os dois atributos foram significativamente ( $p < 0,05$ ) maiores que as encontradas para as amostras A e B.

### **3.2 Caracterização cromática das amostras**

Na Tabela 4 verificam-se os valores do parâmetro  $L^*$  e das coordenadas cromáticas  $a^*$  e  $b^*$  da análise de cor das amostras de bolo de chocolate. Em relação aos parâmetros de cromaticidade ( $a^*$  e  $b^*$ ) foi possível afirmar que todas as amostras se apresentaram nas regiões do vermelha e do amarelo já que a leitura do colorímetro demonstrou valores positivos para estas coordenadas. Silva (2007) menciona que a combinação dos cromos positivos  $a^*$  e  $b^*$  resulta na coloração marron, cor característica de produtos elaborados com chocolate e seus derivados.

Quanto ao parâmetro de luminosidade ( $L^*$ ), todas as amostras foram consideradas escuras, já que na escala de 0 à 100, apresentaram valores abaixo de 50 ( $L^* < 50$ ) (COHEN e JACKIX., 2005). Os valores de  $L^*$  mais baixos, indicando menor reflectância da luz foram encontrados para as amostras contendo farinha de yacon (A e B), o que pode ser explicado pela presença de compostos fenólicos como o ácido clorogênico e o L-triptofano nas raízes da yacon tornando-as susceptíveis ao escurecimento enzimático (SEMINARIO et al., 2003).

Outros fatores podem ter afetado a coloração dos bolos. A presença de açúcares e ovos assim como o calor acelera reações de caramelização e Maillard, levando ao escurecimento progressivo da crosta e do miolo (GIESE, 2000).

Esteller et al., (2006) formularam bolos de chocolate produzidos com pó de cupuaçu e kerfir e também encontraram valores menores que 50 para a coordenada L\* e valores positivos para as coordenadas de cromaticidade a e b traduzindo em amostras com coloração mais escura e forte coloração amarelada ou dourada, que mesmo na coloração castanho-escuro característica de produtos com derivados de chocolate, podem, ser “filtradas” e aparecem em produtos ricos em proteínas, açúcares redutores e ovos (carotenóides).

Estudos utilizando o yacon e seus derivados para a formulação de diversos produtos vem sendo desenvolvidos, no entanto são escassas informações a cerca da caracterização cromática destes.

#### **4 – CONCLUSÕES**

De acordo com os resultados, foi possível concluir que a adição de 20 % e 40% de farinha de yacon nos bolos de chocolate influenciou no perfil sensorial e na caracterização cromática dos mesmos, deixando-os mais escuros. O bolo com maior teor de farinha de yacon obteve as maiores notas para os atributos: aroma, gosto doce, maciez, sabor de chocolate e qualidade global.

Em adição a sua promissora aceitabilidade, os bolos formulados com farinha de yacon possuem a vantagem de conter maior teor de fibra alimentar na forma de frutanos, que possuem ação prebiótica cujos vários benefícios à saúde são atribuídos.

## 5 – REFERÊNCIAS

ANZALDUA-MORALES,A.; **La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la práctica.** Editorial Acribia: Zaragoza. p.21-23. 1994.

BIEDRZYCKA, E.; BIELECKA, M. Prebiotic effectiveness of fructans of different degrees of polymerization. **Trends Food Science Technology**, v.15, p. 170-175. 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico-químicos para análise de alimentos** / Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Brasília: Ministério da Saúde, p. 311-313, 2005.

COHEN, K.O.; JACKIX, M.N.H. Estudo do liquor de cupuaçu. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, 2005.

DUTCOSKY, S.D. **Análise Sensorial de Alimentos.** 2ª ed. Curitiba: Champagnat: 2007.

ESTELLER, M.S.; JUNIOR, O.Z.; LANNES, S.C.S. Bolo de “chocolate” produzido com pó de cupuaçu e kefir. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 3, 2006.

FRANCK, A. Technological functionality of inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition**, v. 87, p. 287-291, 2002.

GIESE, J. Color measurement in food as a quality parameter. **Food and Technology**, v.54, n.2, p. 62-63, 2000.

GOTO, K.; FUKAI, K.; HIDIKA, J., NANJO, F.; HARA, Y. Isolation and structural analysis of oligosaccharides from yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, v. 59, p. 2346-2347, 1995.

HARTEMINK, R.; VANLAERE, K.M.J.; ROMBOOTS, F.M. Growth of enterobacteria on fructo-oligosaccharides. **Journal of Applied Microbiology**, v.383, p.367-374, 1997.

HONG, S.S.U.; LEE, S.A.; HAN, X.H.; LEE, M.H.; HWANG, J.S.; PARK, J.S.; OH, K.; HAN, K.; MYUNG, K.L.; LEE, H.; KIM, W.; LEE, D.; BANG, Y.H. Melampolides from the Leaves of *Smallanthus sonchifolius* and Their Inhibitory Activity of LPS-Induced Nitric Oxide Production”, **Chemical & Pharmaceutical. Bulletin.**, v. 56, p.199-202, 2008.

MADRIGAL, L.; SANGRONIS, E. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.57, n.4, p.387-396. 2007.

MANRIQUE, I.; PÁRRAGA, A. **Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos Andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). Jarabe de yacón: principios y procesamiento.** Lima, Centro Internacional de La Papa, 40p. 2005.

MCGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **Horticultural Science**, v. 27, n.12, p. 1254-1555, 1992.

MINIM, V.P.R. **Análise sensorial: estudos com consumidores.** Viçosa: Ed. UFV. 2006. 225p.

MOSCATTO, J.A. et al. The optimization of the formulation for a chocolate cake containing inulin and yacon meal. Intern. **Journal of Food and Technology**, v.41, p.181-188. 2006.

ROBERFROID, M. B. Inulin-Type Fructans: Functional Food Ingredients. **The Journal of Nutrition**, v. 137, p. 2493–2502, 2007.

ROBERFROID, M. Functional foods: concepts and applications to inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition**, v. 87, p. 139-143, 2002.

RODRÍGUEZ, R.; JIMÉNEZ, A.; FERNÁNDEZ, J.; GUILLÉN, R.; HEREDIA, A. Dietary fiber from vegetable products as source of functional ingredients. **Trends of Food Science and Technology**, v. 17, p. 3-15, 2006.

SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M.; MANRIQUE, I. El yacón: fundamentos para El aprovechamiento de un recurso promisorio. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Lima, 2003.

SILVA, A.S.S.; HAAS, P.; SARTORI, N.T.; ANTON, A.A.; DE FRANCISCO, A. Frutoligossacarídeos: fibras alimentares ativas. **Boletim do CEPPA**, v. 25, n. 2, p. 295-304, 2007.

SILVA, A.S.S. **Propriedades tecnológicas e sensoriais de pães confeccionados com diferentes quantidades de yacon**. In: A raíz da yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepping & Endlicher) como fonte de fibras alimentares, sua caracterização físico-química, uso na panificação e sua influência na glicemia pós-prandial. 2007. Cap.3, p. 101-131. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina.

STATSOFT, Inc, **STATISTICA for Windows 6.0** [Computer program manual}, Tulsa-UK: StatSoft, 2002.

ZULETA, A.; SAMBUCETTI, M. E. Fructanos: características estructurales y metodología analítica. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. (eds). **Carbohidratos en Alimentos Regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 648p. 2006.

## TABELAS E FIGURAS

Tabela 1. Proporção dos ingredientes nas formulações dos bolos.

Ingredientes	Formulações		
	Amostra Padrão P (%)	Amostra Experimental A (%)	Amostra Experimental B (%)
Ovos médios	2 unidades	2 unidades	2 unidades
Margarina (80% de lipídios)	100g	100g	100g
Leite em pó reconstituído	100mL	90mL	80mL
Açúcar cristal	100g	70g	40g
Cacau em pó	6g	6g	6g
Achocolatado	36g	36g	36g
Farinha de trigo	100g	80g	60g
Farinha de yacon	-	20g	40g
Fermento em pó	16g	16g	16g
Sal	3g	3g	3g



Tabela 2. Definições dos atributos descritivos para as amostras de bolo.

<b>Descritores</b>	<b>Definições</b>
Aroma	Aroma de bolo preparado com achocolatado e cacau em pó
Cor do miolo	Cor característica do miolo do bolo
Estrutura do miolo	Atributo de aparência em relação à estrutura do centro do bolo
Gosto doce	Sabor característico de sacarose
Sabor de chocolate	Sabor de bolo preparado com achocolatado e cacau em pó
Sabor residual	Sensação olfatogustativa que ocorre após degustação do bolo devido a presença de algum ingrediente que esteja em maior evidência na formulação
Maciez	Força necessária para provocar uma determinada deformação
Umectância	Sensação provocada pela quantidade de água no alimento
Qualidade global	Características gerais que determinam o perfil sensorial do alimento

Tabela 3. Médias da equipe para os termos descritores de bolo de chocolate.

<b>ATRIBUTOS SENSORIAIS</b>	<b>Amostra P</b>	<b>Amostra A</b>	<b>Amostra B</b>
Aroma	9,81b	10,00ab	10,16a
Cor do miolo	11,52a	10,58b	10,65b
Estrutura do miolo	7,59a	7,87a	7,23a
Gosto doce	7,27a	6,47b	7,60a
Sabor de Chocolate	9,69c	10,13b	10,52a
Sabor residual	4,83a	3,57b	3,58b
Maciez	10,82b	10,52b	11,44a
Umectância	9,85a	9,94a	8,56b
Qualidade Global	11,07b	10,62c	11,64a

Médias seguidas de letras iguais na horizontal não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

Amostra P = Bolo Padrão

Amostra A = Bolo Experimental A (20% de farinha de yacon)

Amostra B = Bolo Experimental B (40% de farinha de yacon)

Tabela 4. Valores obtidos do parâmetro L\* e das coordenadas cromáticas a\* e b\* da análise de cor das amostras dos bolos.

<b>Amostras</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
<b>P</b>	24,39a	+ 11,62a	+ 14,88a
<b>A</b>	20,91b	+ 9,20b	+ 11,67b
<b>B</b>	19,79c	+ 7,25c	+ 9,14c

Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan

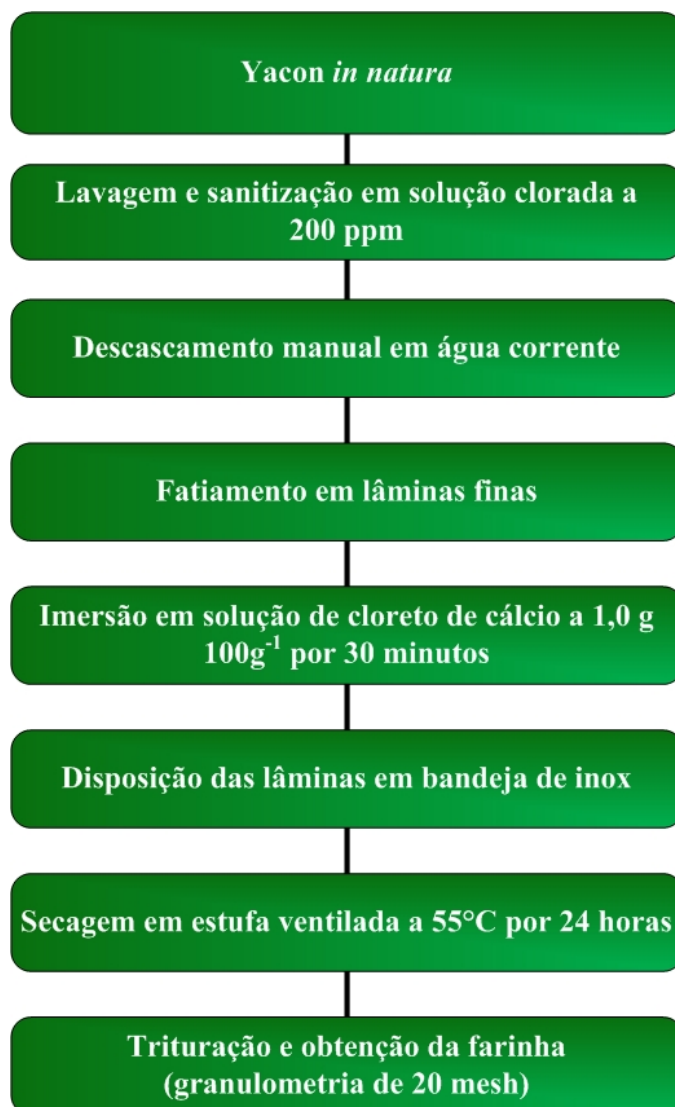


FIGURA 1. Processamento do yacon para obtenção da farinha.

<b>FICHA ADQ</b>	
Nome: _____	Data: _____
Código da amostra:.....	
<p>Por favor, escreva seu nome, data e código da amostra na folha de avaliação. Analise cada amostra e preencha as respostas na seqüência em que aparecem em sua ficha de avaliação, fazendo um traço vertical na linha, na posição (ponto) que melhor reflita seu julgamento. Prove quantidade suficiente de amostra e disponha do tempo necessário para avaliar cada característica. Por favor, enxágüe a boca após a avaliação de cada amostra.</p>	
Característica:	
<b>Aroma</b>	
_____	_____
fraco	forte
<b>Cor marron do miolo</b>	
_____	_____
claro	escuro
<b>Estrutura do miolo</b>	
_____	_____
leve	pesada
<b>Gosto doce</b>	
_____	_____
fraco	forte
<b>Sabor característico de chocolate</b>	
_____	_____
fraco	forte
<b>Sabor residual</b>	
_____	_____
fraco	forte
<b>Maciez</b>	
_____	_____
pouco	muito
<b>Umectância</b>	
_____	_____
pouco	muito
<b>Qualidade global</b>	
_____	_____
baixa	alta

FIGURA 2. Ficha de Análise Sensorial dos bolos.

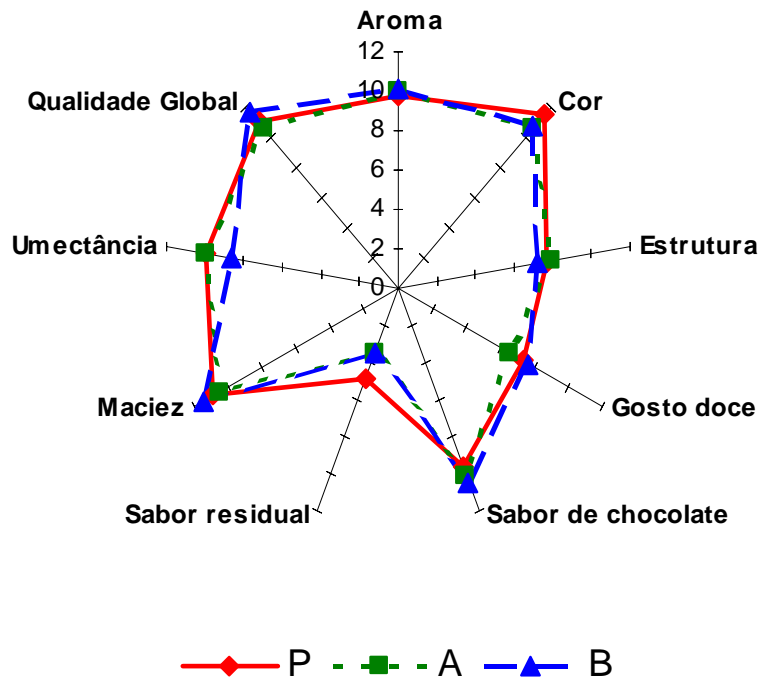


Figura 2. Perfil sensorial dos bolos de chocolate.

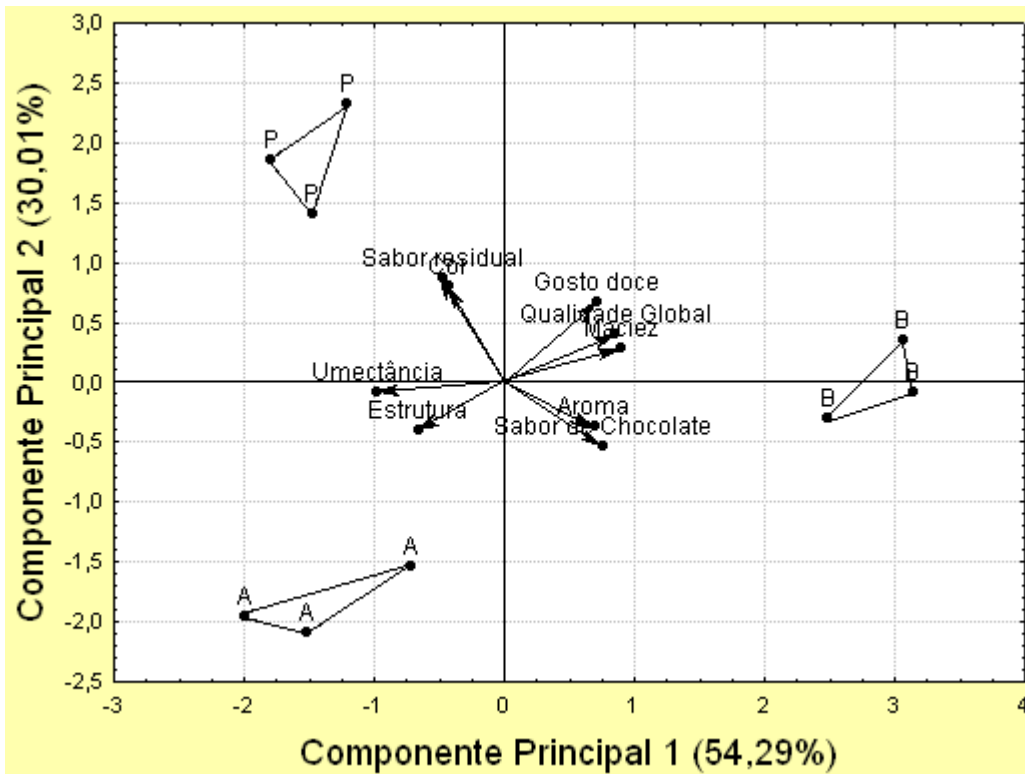


Figura 3. Análise dos Componentes Principais (ACP).

**ARTIGO 3. CARACTERIZAÇÃO E PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE BOLOS DE CHOCOLATE FORMULADOS COM RAÍZES TUBEROSAS DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*)**

A ser submetido para publicação na Revista Food Research International ISSN 0963-9969.

*Vivianne Montarroyos Padilha*<sup>1\*\*</sup>

*Priscilla Moura Rolim*<sup>1</sup>

*Silvana Magalhães Salgado*<sup>2</sup>

*Alda Verônica Souza Livera*<sup>2</sup>

*Samara Alvachian Cardoso Andrade*<sup>2</sup>

*Nonete Barbosa Guerra*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mestrandas do Curso de Pós-Graduação em Nutrição, Área Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

<sup>2</sup>Docentes do Departamento de Nutrição, Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos – LEAAL - Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

\*\*Endereço para correspondência: Rua Ernesto Nazareth bl 342, mod 01 Estância Recife- PE- Brasil CEP: 508 60-260

E-mail: [vivianne\\_padilha@yahoo.com.br](mailto:vivianne_padilha@yahoo.com.br)

## RESUMO

O yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tem sido alvo de inúmeros estudos devido as suas propriedades funcionais, relacionadas ao alto teor de compostos bioativos, inulina e frutooligossacarídeos (FOS). Estudos mostram que dietas com elevada ingestão de bioativos estão diretamente relacionadas com a prevenção de várias patologias. Uma alternativa é adicionar o yacon aos alimentos consumidos com frequência pela população. Para tanto, este trabalho teve como objetivos desenvolver bolos utilizando a farinha de yacon (20 e 40%), em substituição parcial à farinha de trigo e caracterizá-los quanto a composição nutricional, índice e carga glicêmica e efeito prebiótico. O valor nutricional dos bolos foi avaliado por meio de análise da umidade, de proteínas, lipídeos, cinzas, fibra alimentar, carboidratos e frutanos totais. O índice glicêmico e carga glicêmica por método enzimático e o efeito prebiótico foi avaliado por fermentação *in vitro*, por meio da contagem de bactérias homefermentativas e heterofermentativas. Os resultados físico-químicos demonstraram que os bolos experimentais possuíam alto teor de fibras segundo a legislação vigente, com valores de 7,49g% para o bolo A e de 10,75g% para o bolo B. Os bolos A e B também apresentaram menores teores de carboidratos disponíveis 11,22g% e 9,35g%, respectivamente e, por conseguinte menores valores calóricos, índices glicêmicos inferiores a 55 e cargas glicêmicas menores que 10. Os dados da fermentação evidenciaram a presença do efeito prebiótico. Conclui-se que a adição de farinha de yacon nos bolos de chocolate modificou significativamente a composição centesimal em relação à umidade, resíduo mineral fixo, extrato etéreo, carboidrato disponível, fibra alimentar total e suas frações, e valor calórico total. Foram obtidos bolos *light* em açúcar e com alto teor de fibras. Independente da quantidade de farinha de yacon adicionada os bolos experimentais foram classificados como de baixos índices glicêmicos e cargas glicêmicas, além de apresentarem contagens de bactérias probióticas acima de  $10^6$  UFC/g de substrato em todos os tempos de fermentação o que provavelmente desencadearia uma série de efeitos sistêmicos benéficos.

Palavras-chave: farinha de yacon, bolo, efeito prebiótico, índice glicêmico, carga glicêmica

## ABSTRACT

The yacon (*Smallanthus sonchifolius*) has been the subject of numerous studies due to its functional properties, related to high levels of bioactive compounds, inulin and fructooligosaccharides (FOS). Studies show that diets with high intake of bioactive are directly related to the prevention of various diseases. An alternative is to add the yacon in foods often consumed by the population. For both, this work aimed to develop cakes using yacon flour (20 and 40%) as a partial replacement for wheat flour and described them as the nutritional composition, index and glycemic load and prebiotic effect. The nutritional value of the cakes was evaluated through analysis of moisture, proteins, lipids, ash, dietary fiber, carbohydrates and total fructan. The glycemic index and glycemic load by enzymatic method and the prebiotic effect was evaluated by fermentation *in vitro*, through the counting of bacteria homefermentativas and heterofermentativas. The physico-chemical results showed that the experimental cake has a high fiber content according to existing legislation, with values of 7.49 g% to the cake A and 10.75 g% to the cake B. The cakes A and B also showed lower levels of available carbohydrate 11.22 and 9.35, respectively, and therefore lower calorie, lower glycemic index at 55 and glycemic load less than 10. The data showed the presence of the fermentation of the prebiotic effect. It is concluded that the addition of yacon flour in cakes of chocolate changed significantly the proximate composition on moisture, ash, ether extract, available carbohydrate, total dietary fiber and its fractions, and total caloric value. Light cakes were obtained in sugar and high fiber content. Regardless of the amount of yacon flour cakes added the trial were classified as low glycemic index and glycemic load, and make counts of probiotic bacteria over  $10^6$  CFU / g of substrate at all times of fermentation which probably triggered a series of systemic beneficial effects.

Keywords: yacon flour, cake, prebiotic effect, glycemic index, glycemic load.



## 1. INTRODUÇÃO

O yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é uma planta com raízes tuberosas de reserva, fusiformes, com polpa carnosa, doce e translúcida, chegando até 20 cm de comprimento, de cor externa marrom e interna de coloração creme. Possui sabor doce principalmente pelo conteúdo de frutanos, inulina/frutooligosacarídeos – FOS (TAKENAKA et al, 2003; HOENTJEN et al, 2005; VILLALOBOS, 2006).

Suas raízes são consumidas cruas, previamente lavadas e descascadas, e ainda sob a forma de suco, xarope ou desidratadas, como por exemplo, por meio da farinha (OLIVEIRA & NISHIMOTO, 2004; ALVAREZ et al, 2008; RENHE et al, 2008).

O notável interesse pelos frutanos advém do fato desses compostos serem resistentes às enzimas digestivas e, portanto, não-digeridos pelo organismo humano, ocasionando dentre outros efeitos sistêmicos, redução da glicemia pós-prandial, e modificação da microbiota do cólon (FERNÁNDEZ et al, 2006; SILVA, 2007; DUARTE, WOLF & GRUSKOSKI, 2008; RIBEIRO, 2008).

Apesar dos frutanos exercerem propriedades funcionais semelhantes às da fração fibra, de acordo com o recente informe da FAO/OMS, estes, não são classificados como fibra por serem carboidratos de reserva de vegetais (MANN et al, 2007).

Ao chegarem intactos no intestino grosso, os frutanos podem ser fermentados pelas culturas probióticas, principalmente as do gênero *Bifidobacterium e Lactobacillus*. Como conseqüências são produzidos uma série de compostos incluindo os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) principalmente acetato, propionato e butirato os quais são absorvidos e utilizados pelas células epiteliais humanas, estimulando à absorção de sais e água, o

crescimento de células epiteliais e a motilidade intestinal (PEDRESCHI et al, 2003; SARON et al, 2005; STEFE et al, 2008).

Por não serem metabolizados no trato digestivo, os frutanos (FOS) são chamados de açúcares “não convencionais”, têm um valor energético relativamente baixo (1-2 Kcal/g) que poderá influenciar na resposta glicêmica, fato considerado relevante, sobretudo para os indivíduos diabéticos e obesos (CUMMINGS & STEPHEN, 2007; GRAEFE et al, 2004; FERNÁNDEZ et al, 2006).

Há evidências na literatura sobre a adição de yacon (extratos, farinha) em vários produtos alimentícios com destaque para o bolo de chocolate desenvolvido por Moscato et al, (2004). Embora o bolo não seja considerado um alimento básico, é de alta aceitação por pessoas de qualquer idade, por apresentar uma textura macia, porosa e sabor adocicado, entretanto, seu consumo é restringido aos indivíduos diabéticos e obesos (MOSCATTO et al, 2006; COZZOLINO, 2006).

Diante do exposto, julgou-se oportuno desenvolver formulações de bolo de chocolate com farinha de yacon, com vista a avaliar as características nutricionais e os efeitos sobre a resposta glicêmica e o potencial prebiótico.

## **2. Materiais e métodos**

### **2.1 Processamento da farinha de yacon e preparo dos bolos**

O yacon foi obtido do Centro de Abastecimento CEASA da cidade do Recife-PE e os demais ingredientes, no comércio local da cidade do Recife.

As raízes de yacon *in natura* foram lavadas e sanitizadas em solução clorada a 200 ppm. Em seguida, foram descascadas em água corrente e cortadas em lâminas finas em

multiprocessador. Para reduzir o tempo de secagem e melhorar a textura, as lâminas foram imersas em uma solução de cloreto de cálcio a  $1,0 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$  durante 30 minutos. Por fim, foram submetidas à secagem em estufa ventilada a  $55^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, e posteriormente trituradas em microprocessador para a obtenção da farinha (Figura 1).

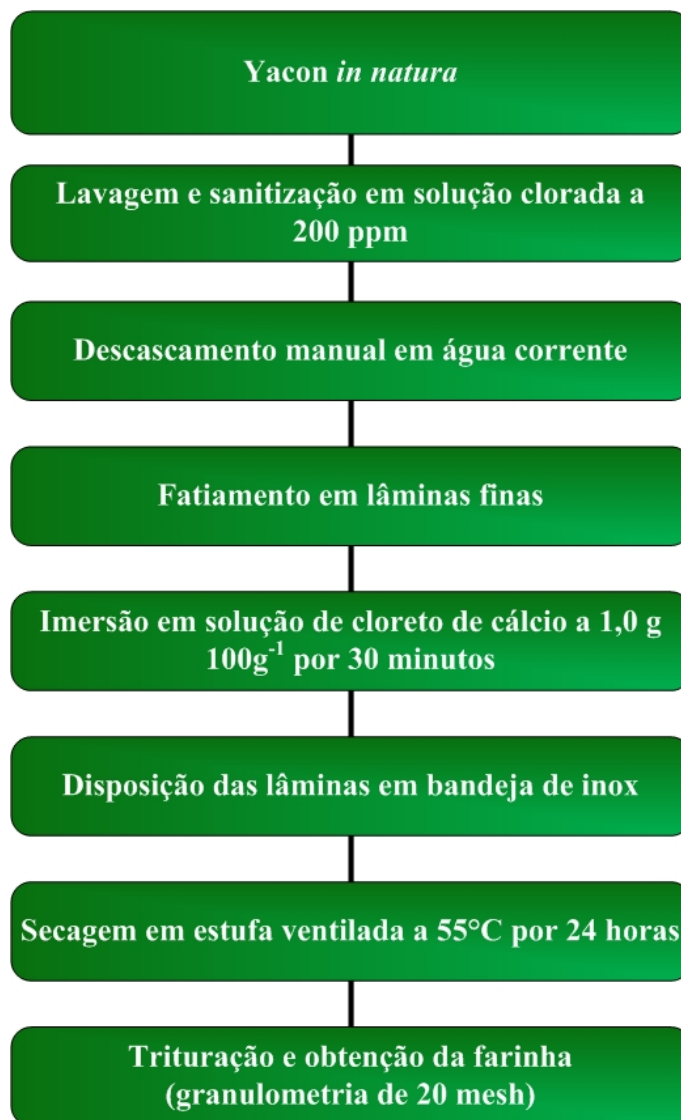


Figura 1. Processamento da farinha de yacon.

Os bolos foram preparados utilizando os ingredientes da Tabela 1, corroborando com as formulações propostas por Moscatto et al, (2006), salvo algumas modificações. A técnica de preparo seguiu as etapas abaixo: à temperatura ambiente, as claras foram batidas em neve em batedeira convencional Arno por 3 minutos em velocidade alta. A margarina e o açúcar foram homogeneizados em batedeira por 2 minutos em velocidade média. Em seguida, foram adicionadas gemas, achocolatado, cacau em pó, farinha de trigo, fermento, sal, farinha de yacon em 20% e 40% (formulações A e B, respectivamente) e o leite reconstituído, acrescentado à mistura e homogeneizado por 3 minutos. Por fim, as claras foram incorporados à massa manualmente e esta, foi acondicionada em forma de alumínio, previamente untada com margarina e polvilhada com farinha de trigo, levada ao forno pré-aquecido por 15 minutos a 180°C, por 30 minutos. O forno foi desligado e os bolos retirados após 10 minutos de espera.

Tabela 1. Proporção dos ingredientes nas formulações dos bolos.

Ingredientes	Formulações		
	Amostra Padrão P (%)	Amostra Experimental A (%)	Amostra Experimental B (%)
Ovos médios	2 unidades	2 unidades	2 unidades
Margarina (80% de lipídios)	100g	100g	100g
Leite em pó reconstituído	100mL	90mL	80mL
Açúcar cristal	100g	70g	40g
Cacau em pó	6g	6g	6g
Achocolatado	36g	36g	36g
Farinha de trigo	100g	80g	60g
Farinha de yacon	-	20g	40g
Fermento em pó	16g	16g	16g
Sal	3g	3g	3g

## 2.2 Análise microbiológica e granulométrica da farinha de yacon

Para verificar a inocuidade da farinha de yacon foram realizadas análises de Coliformes a 45°C, *Bacillus cereus* e *Salmonella* sp, conforme legislação vigente (BRASIL, 2001).

A farinha de yacon foi caracterizada quanto a sua granulometria, determinando-se a distribuição do tamanho das partículas e o diâmetro médio da partícula. Uma amostra de 100 g foi depositada no conjunto de peneiras (30; 40; 50; 60 e 80 mesh - ABNT) do agitador de peneiras Produtest (Telastem LTDA, modelo T, São Paulo, Brasil). Este sistema de peneiras foi submetido à vibração durante 10 minutos com o potenciômetro ajustado

para a escala máxima de vibração (10). Após a pesagem, foi calculada a porcentagem de farinha retida em cada peneira (MATSUO & DEXTER, 1980).

### **2.3 Composição Centesimal da farinha de yacon e dos bolos**

A composição centesimal da farinha de yacon e dos bolos de chocolate foi determinada em triplicata de acordo com os métodos da AOAC (2002). Umidade (método 935.29); resíduo mineral fixo (método 930.22-32.308), proteínas (método 991.20-33.2.11), extrato etéreo (método 963.15-31.4.02), fibra alimentar total (985.29-45.4.08), frutanos totais (método integrado, AOAC 985.29) (adaptado por QUEMENER et al, 1994 e QUEMENER et al, 1997), e carboidratos por diferença.

### **2.4 Determinação do Índice Glicêmico “in vitro” e Carga Glicêmica**

Para determinação do índice glicêmico (IG), os bolos foram secos em estufa à 105°C durante 1 hora e, em seguida triturados. A determinação do índice glicêmico foi realizada de acordo com o método desenvolvido por Gõni et al, (1997), utilizando o kit determinação de glicose. O IG foi classificado de acordo com Brand-Miller et al, (2003) que segue a recomendação da American Diabetic Association (ADA, 2002), sendo o IG considerado baixo, valores  $\leq 55$  e alto valores  $\geq 70$ . Em seguida, o IG foi calculado conforme a fórmula abaixo, utilizando o pão branco como alimento referência e o programa de desenho técnico Autocad (2008), para o cálculo da área.

$$\text{IG} = \frac{\text{Área da curva da glicose do alimento teste} \times 100}{\text{Área da curva de glicose do alimento referência}}$$

A carga glicêmica (CG) foi determinada por meio do somatório dos carboidratos disponíveis em gramas, multiplicando-se o resultado pelo IG de cada formulação, e dividindo por 100. A categorização das formulações foi definida como baixa ( $\leq 10$ ) ou de alta carga glicêmica ( $\geq 20$ ) (LAJOLO & MENEZES, 2006).

$$\text{CG} = \frac{\text{IG} \times \text{carboidrato disponível na porção}}{100}$$

## **2.5 Determinação do potencial prebiótico “in vitro”**

Para avaliar o efeito prebiótico foi realizada a fermentação das três formulações segundo a metodologia proposta por Cambrodón e Martín-Carrón (2001), com modificações sugeridas por Salgado et al, (2006) e Silveira et al, (2008). No processo de fermentação, as amostras pesando 100mg foram colocadas em tubos de ensaio com 8 mL do meio de fermentação (BARRY et al, 1995), incubadas a 37°C, em jarra de Gaspak com sistema anaeróbico, durante 12 horas. Posteriormente, a cada tubo de ensaio foram adicionados 2mL do inóculo, preparado a partir de fezes de lactentes suspensas no meio de fermentação, na proporção de 10mL/g de fezes, incubadas a 37°C, sob anaerobiose durante 12 horas.

Os tubos foram mantidos em sistema anaeróbico, em banho-maria sob agitação e temperatura controlada (37°C), permanecendo nessas condições durante o período de fermentação. A cada intervalo de 2h, uma alíquota de 1 mL do líquido metabólico foi utilizada para contagem de bactérias homofermentativas e heterofermentativas.

Para quantificar e identificar as bactérias homofermentativas e heterofermentativas utilizou-se o meio diferencial HHD Ágar (VANDERZANT & SPLITTSLOESSER, 2001). As amostras dos líquidos metabólicos foram incubadas por plaqueamento em superfície, e

as condições de incubação utilizadas foram 37°C, com variação de 1°C por 72h em ambiente anaeróbico.

## **2.6 Tratamento Estatístico**

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo realizado o teste de Duncan para comparação entre as médias obtidas, ao nível de 5% de significância. Para verificar as correlações entre as amostras utilizou-se o software “statistic for windows” (STATSOFT, 2002).

## **3. Resultados e Discussão**

### **3.1 Caracterização da farinha de yacon**

As análises microbiológicas para coliformes a 45°C/g (mL), *Bacillus cereus* e *Salmonella sp.* apresentaram resultados conformes com a legislação (BRASIL, 2001), estando em condições seguras para o consumo humano.

A característica granulométrica da farinha de yacon foi um aspecto relevante nesse trabalho, já que os produtos de confeitaria são constituídos por ingredientes que desempenham funções específicas no processo de formação da massa. Nesse contexto, tendo em vista que houve uma substituição parcial da farinha de trigo nas formulações experimentais, deveriasse reduzir ao máximo os efeitos dessa substituição para que fossem obtidos produtos uniformes e com características sensoriais satisfatórias.

De acordo com os resultados da análise granulométrica apresentados na Tabela 2, verifica-se que o tamanho das partículas comportou-se de forma bastante variada, podendo-se observar que 37% das partículas da farinha de yacon, possuíram diâmetro médio maior



que 0,180 mm. No entanto, constatou-se que a peneira de 35 mesh foi a que originou uma farinha com melhor qualidade para produção dos bolos, ou seja, mais fácil de homogeneizar os ingredientes (BORGES et al, 2006).

Tabela 2. Granulometria da farinha de yacon.

<b>Peneira Tyler / Mesh</b>	<b>Abertura da Malha (mm)</b>	<b>Farinha de yacon (% de retenção)</b>
28	0,6	12
35	0,425	17
48	0,3	14
60	0,25	8
80	0,18	12
Fundo > 80	>0,180	37

Embora relatos na literatura citem que para formulação de bolos, partículas mais finas e uniformes promovam maior dispersibilidade da farinha na massa, observou-se no presente estudo que quanto mais fina a farinha de yacon, mais formava grumos, tornando-a úmida e gomosa, aspectos indesejáveis para a produção dos bolos, podendo prejudicar a estrutura interna dos mesmos (BORGES et al, 2006). A formação de massas emboladas duras na farinha de yacon pode ser explicada pela alta higroscopicidade dos carboidratos presentes (QUINTEIROS, 2000; MADRIGAL & SANGRONIS 2007).

Não há relatos na literatura sobre a granulometria da farinha de yacon, no entanto, Possamai, (2005) encontrou que 88,70% das partículas da farinha de linhaça apresentaram tamanho superior a 0,30 mm, indicando presença de grande quantidade de partículas

maiores. Mathew et al, (1999) verificaram diâmetro médio para farinha de milho de 0,40 mm, enquanto que Hatcher et al, (2002) observaram 0,10 a 0,15 mm para farinha de trigo, todos, valores inferiores aos encontrados neste trabalho.

Os resultados da composição centesimal (Tabela 3) da farinha de yacon foram semelhantes aos relatados por Marangoni & Collares, (2007) e Fuke et al, (2007), exceto para os valores de proteínas. Palomino & Rios (2004), relataram percentuais de proteína e fibra alimentar total similares aos dados da Tabela 3, em farinha de yacon obtida com a mesma temperatura de secagem (55°C). Viega et al, (2007), também encontraram valores semelhantes à esse estudo no que diz respeito ao percentual de cinzas, lipídios e fibras. Em contrapartida, Moscatto et al, (2004) encontraram valores distintos para todos os parâmetros analisados. As divergências podem ser explicadas pelos diferentes tempos e temperaturas de secagem empregados.

Tabela 3. Composição centesimal da farinha de yacon.

<b>Análises físico-químicas</b>	<b>Farinha de yacon</b>
Umidade	13,24
Resíduo mineral fixo	4,2
Proteína	3,36
Extrato etéreo	0,19
Carboidrato disponível*	66,8
Fibra solúvel total	2,76
Frutanos totais	1,45
Fibra insolúvel	9,45
Fibra Alimentar Total	12,21
V.C.T (Kcal)	282,35

\* calculado por diferença

Ribeiro (2008), analisando o teor de fibra alimentar total, insolúvel e solúvel da farinha da polpa de yacon encontrou resultados semelhantes aos demonstrados nesse estudo. O conteúdo de fibra alimentar total foi de 12,85%, sendo 10,40% de fibra insolúvel e 2,42% de fibra solúvel.

De acordo com Lajolo & Menezes (2006), os frutanos não são mensurados pelos métodos oficial de determinação de fibra alimentar, e, portanto não são mencionados nas tabelas de composição química dos alimentos. A determinação dos frutanos totais (Tabela 3) pelo método integrado de Quemener et al, (1994) e Quemener et al, (1997) foi relevante considerando que 52,5% da fração de fibra solúvel correspondeu aos frutanos totais.

Convém ressaltar que o, a cultivar, a época de cultivo e colheita do yacon, e estágio de maturação influenciam no teor de frutanos, uma vez que os de maior peso molecular de podem ser hidrolizados em moléculas menores para serem utilizadas como fonte de energia nos processos de respiração e transpiração (SEMINARIO & VALDERRAMA, 2003; CARVALHO et al, 2004; SANTANA & CARDOSO, 2008).

### 3.2 Composição centesimal dos bolos de chocolate

De acordo com a composição centesimal (Tabela 4) o bolo experimental B, apresentou maior teor de umidade em relação aos demais bolos, resultado esperado devido à presença da farinha de yacon em maior quantidade nesta formulação, matéria-prima com elevado teor de grupos hidroxilas disponíveis para ligação com a água (DA SILVA, 2007; MADRIGAL & SANGRONIS 2007).

Tabela 4 - Composição centesimal dos bolos de chocolate

<b>Análises (base úmida g/100g)</b>	<b>Bolo Padrão (sem farinha de yacon)</b>	<b>Amostra A (20% de farinha de yacon)</b>	<b>Amostra B (40% de farinha de yacon)</b>
Umidade	35,85±0,56c	42,59±0,55b	45,72±1,15a
Resíduo mineral fixo	2,15±0,02c	2,66±0,02b	3,20±0,01a
Proteína	7,21±0,26a	7,06±0,11a	6,59±0,04b
Extrato etéreo	31,23±0,40a	28,98±0,26b	24,39±0,58c
Carboidrato disponível*	19,93±0,13a	11,22±0,12b	9,35±0,25c
Fibra Solúvel Total	2,15±0,02c	4,47±0,04b	4,94±0,05a
Frutanos Totais	-	0,84±0,01a	1,06±0,01a
Fibra Insolúvel	1,48±0,08c	3,02±0,05b	5,81±0,02a
Fibra Alimentar Total	3,63±0,02c	7,49±0,02b	10,75±0,03a
V.C.T (Kcal)	389,63±2,03a	333,94±1,10b	283,27±2,04c

Letras iguais na horizontal não diferem significativamente ao nível de 5% de significância.

\* calculado por diferença.

Quanto aos minerais, os bolos experimentais apresentaram maior quantidade, em função dos teores elevados de cálcio (23mg/g) e de fósforo (21mg/g) presentes no yacon (SANTANA & CARDOSO, 2008).

Com relação aos demais parâmetros, também observaram-se diferenças significativas entre as amostras experimentais (Tabela 4). Ao constatar o teor de fibras, os bolos A e B foram considerados produtos com alto teor, segundo a legislação vigente que classifica um produto como rico em fibras quando o mesmo apresenta 3% de fibras e alto para um percentual de 6% de fibras (BRASIL, 1998). O teor de frutanos totais do bolo A, correspondeu a 18,79% da fração solúvel, enquanto que no bolo B foi 21,45%.

O reduzido teor de carboidratos disponíveis nos bolos A e B em relação ao padrão, já era esperado, tendo em vista a substituição parcial da farinha de trigo pela farinha de yacon e da redução do açúcar nas formulações (Tabela 3). Por conseguinte, houve uma redução significativa do valor calórico, e dos carboidratos disponíveis em torno de 30% para o bolo A e 60% para o bolo B, em relação ao bolo padrão, propiciando a obtenção de produtos “light” em açúcar, conforme estabelecido pela legislação brasileira de alimentos (BRASIL, 1998).

Os resultados acima descritos corroboram com a literatura no que diz respeito à utilização dos FOS do yacon como substitutos de açúcar na indústria de alimentos (FERNANDÉZ et al, 2006; DUARTE et al, 2008; RENHE et al, 2008).

### **3.3 Determinação do índice glicêmico e carga glicêmica**

A literatura é escassa no que concerne a determinação do IG em alimentos formulados com farinha de yacon. De acordo com os resultados demonstrados na Tabela 5, os valores de IG encontrados para as formulações com farinha de yacon foram

considerados baixos ( $IG \leq 55$ ), segundo a classificação de Brand-Miller et al, (2003) que segue a recomendação da American Diabetic Association (ADA, 2002), admitindo-se um valor baixo para alimentos com  $IG \leq 55$  e um valor alto para àqueles com  $IG \geq 70$ .

Estes resultados podem ser explicados pela adição de farinha de yacon e, por conseguinte, pelo teor de frutanos, que por exercerem efeitos semelhantes à fração fibra, influenciam o IG dos alimentos (GENTA et al, 2005; MABEL et al, 2008).

Além da presença dos frutanos, as interações amido-lipídio e amido-proteína ocorridos durante o processamento térmico possivelmente interferiu no IG e na CG dos bolos (FRANZ et al., 2002; KELLEY, 2003). É notável a importância da determinação destes parâmetros em alimentos contendo frutanos e amido, com vista a auxiliar os indivíduos a selecionar melhor os alimentos, sobretudo àqueles, portadores de distúrbios do metabolismo dos carboidratos.

Comparando-se os resultados do bolo padrão com a literatura, observa-se que o IG deste, foi superior ao relatado por Brand-Miller et al, (2003), que detectaram 47, e inferior à tabela da FAO que determina o IG de  $87 \pm 5$  para bolos (FAO/WHO, 1998). As divergências nos resultados descritos são decorrentes dos diferentes ingredientes utilizados nas formulações, tempo e temperatura do processo térmico, dentre outros.

Segundo Lajolo & Menezes (2006), a CG de um alimento é classificada como baixa quando apresenta um valor  $\leq 10$  e alta quando o valor é  $\geq 20$ , seguindo este parâmetro, as CG dos bolos experimentais foram classificadas como baixas (Tabela 5). A CG reflete a quantidade e a qualidade dos carboidratos consumidos, ou seja, é um instrumento que avalia o impacto do consumo de diferentes tipos de carboidratos sobre a glicemia, pois inclui, concomitantemente, o IG do alimento e a quantidade de carboidratos disponíveis na

porção de alimento consumida (WOLEVER, 2004; SAMPAIO et al, 2007; FABRINI & ALFENAS, 2008).

Tabela 5. Índices Glicêmicos e Cargas Glicêmicas dos bolos padrão e experimentais.

AMOSTRA	ÍNDICE GLICÊMICO	CARGA GLICÊMICA (100 g da porção do alimento)
Bolo padrão (sem farinha de yacon)	73,18	17,08
Amostra A (bolo com 20% de farinha de yacon)	25,22	2,82
Amostra B (bolo com 40% de farinha de yacon)	17,16	1,6

#### 3.4. Potencial prebiótico dos bolos

O presente estudo demonstrou o potencial prebiótico dos frutanos do yacon. Nas placas de contagem de bactérias probióticas, foram encontradas bactérias heterofermentativas (*Bifidobacterium*) representadas por colônias brancas, e colônias lisas com bordas completas, regulares, brilhantes, de consistência dura e coloração azul-esverdeadas, representadas por bactérias homofermentativas (*Lactobacillus*) (APHA, 2001; GIBSON & KOLIDA, 2007).

Tabela 6. Contagem de bactérias probióticas nas formulações de bolos.

Tempo de ferm.	Fezes de lactente (inóculo)		Bolo Padrão		Bolo A		Bolo B	
	Lacto	Bífido.	Lacto.	Bífido.	Lacto.	Bífido.	Lacto.	Bífido.
0h	INC	$2,0 \times 10^7$	$8 \times 10^6$	NI	$1,1 \times 10^8$	NI	$3,0 \times 10^7$	$1,5 \times 10^8$
2h	$4,2 \times 10^7$	NI	$6 \times 10^6$	NI	$1,2 \times 10^8$	NI	INC	INC
4h	$1,2 \times 10^7$	NI	$3,2 \times 10^7$	NI	$1,3 \times 10^8$	NI	INC	INC
6h	$1,5 \times 10^7$	NI	$8,4 \times 10^7$	NI	$1,2 \times 10^8$	NI	INC	INC
8h	$1,0 \times 10^7$	NI	$6,1 \times 10^7$	NI	$9,8 \times 10^7$	NI	$5,1 \times 10^7$	INC
10h	$2,1 \times 10^7$	NI	$3,2 \times 10^7$	NI	$8,3 \times 10^7$	NI	$3,3 \times 10^7$	INC
12h	$1,2 \times 10^7$	NI	$3 \times 10^6$	NI	$9,6 \times 10^7$	NI	$1,8 \times 10^7$	INC

Lacto.= Lactobacilos, Bífido. = Bifidobactérias

UFC = Unidade Formadora de Colônia.

NI = Não Identificado

INC = Incontável

Os resultados (Tabela 6) demonstraram que o inóculo utilizado na fermentação continha quantidades satisfatórias de bactérias probióticas, principalmente de lactobacilos. Recentemente, Roberfroid (2007) corroborando com outros estudos relatou que o crescimento de bactérias probióticas depende da contagem inicial de bactérias nas fezes (inóculo), independente da dose de frutanos empregada, no entanto, doses de 4-5g de frutanos diárias já são suficientes para estimular o crescimento dessas bactérias. Esses valores referidos são superiores ao mínimo de 3g de prebióticos recomendados pela legislação vigente que devem ser adicionados em produtos sólidos para que o seu consumo possa exercer efeitos positivos no organismo (BRASIL, 2005).

Também observou-se um crescimento expressivo deste gênero durante a fermentação dos bolos experimentais, confirmando a potencialidade da farinha de yacon



como um ingrediente prebiótico. Segundo Brasil (2005), e pesquisadores da área como Roberfroid, (2007) e Stefe, (2008), a contagem de culturas probióticas acima de  $10^6$  UFC/g de substrato, é capaz de gerar efeitos benéficos no organismo. Estudo realizado por Pedreschi et al, (2003), demonstrou que lactobacilos e bifidobactérias foram capazes de fermentar os FOS presentes nas raízes de yacon.

A ausência de bifidobactérias no bolo A pode ser explicada pela maior exigência destas bactérias, e também pela menor quantidade de farinha de yacon na formulação em questão, gerando uma espécie de competição entre as culturas probióticas pelo substrato (KOLIDA et al., 2002).

Os efeitos da inulina e do FOS, sobre a microbiota intestinal de humanos, têm sido extensivamente estudados tanto *in vivo* como *in vitro*. A maioria dos estudos relata a fermentação seletiva pela microbiota benéfica, principalmente pelas bifidobactérias e em menor extensão pelos lactobacilos (RAO, 1999; KOLIDA et al, 2002; ALVAREZ et al, 2008). Como exemplo destaca-se o trabalho de Gibson e Roberfroid (1995) utilizando 15 g/dia de inulina/FOS onde se observou um maior aumento de bifidobactérias em relação aos lactobacilos, resultados semelhantes foram evidenciados por Rao (2001) e Freitas et al, (2005) utilizando 4,5 a 5g de FOS.

Com relação à fermentação do bolo B o gênero *Bifidobacterium* e *Lactobacillus* cresceram de maneira expressiva na maioria dos tempos estudados, sobretudo o gênero *Bifidobacterium*, possivelmente pelo maior teor de frutanos na formulação, fato que reduziu a competição entre as bactérias probióticas.

No entanto, estes resultados merecem ser investigados em modelos experimentais *in vivo*, pois assim como os demais tipos de prebióticos, o consumo em torno de 20 a 30g

destes, pode resultar em efeitos adversos, porém reversíveis com a interrupção da ingestão (STEFÉ et al, 2008).

#### **4. Conclusões**

Nas condições que foram realizadas este trabalho, conclui-se que:

- A adição de farinha de yacon propiciou bolos *light* em açúcar e ricos em fibras, segundo a legislação vigente.
- Independente da quantidade de farinha de yacon, os bolos foram classificados como de baixos índices glicêmicos e de baixas cargas glicêmicas.
- Bolos com farinha de yacon apresentaram potencial prebiótico por favorecer o crescimento e manutenção de culturas probióticas, durante a fermentação *in vitro*.

## Referências

ADA - American Diabetes Association. Evidence-based nutrition principles and recommendations for the treatment and prevention of diabetes and related complications. **Diabetes Care**, v. 25, n. 1, p. 202-212, 2002.

ALVAREZ, F.P.P.; JURADO, T.B.; CALIXTO, C.M.; SILVA, A.J. Prebiotic inulin/oligofructose in Yacón root (*Smallanthus sonchifolius*), phytochemistry and standardization as basis for clinical and pre-clinical research. **Revista de Gastroenterologia**, v.1, n.28, p. 22-27, 2008.

APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). DOWNES & ITO [coords.]. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 1ª ed., Washington, D.C., 2001. 676p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official Methods of Analysis**, 13 ed., Washington, 2002.

BORGES, J.T.S.; PIROZI, M.R.; LUCIA, S.M.D.; PEREIRA, P.C.; MORAES, A.R.F.; CASTRO, V.C. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos, **Boletim do CEPPA**, v. 24, n. 1, p. 145-162, 2006.

BRAND-MILLER, J.; GILBERTSON, H. Practical aspects of meal planning using the glycemic index. Workshop: Glycemic index and health: the quality of the evidence. FAO/Danone Vitapole, **Bandol**, France, 2002.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 29 de 13 de janeiro de 1998**. Regulamento de alimentos para fins especiais; disponível em <[http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/29\\_98.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/29_98.htm)> Acesso em: 21 de janeiro de 2008.

BRASIL, ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, **Resolução RDC n.º.27, de 13 de janeiro de 1998**. Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar. Acesso em 4 de setembro de 2008.. Disponível em <[http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/27\\_98.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/27_98.htm)>

BRASIL, ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução n.º 18 de 03 de dezembro de 1999, atualizada em 2005**. Regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. Disponível em: [www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br). Acesso em 12/03/08.

BRASIL, ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, **Resolução RDC n.º.12, de 2 de janeiro de 2001**. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos [acesso em 2 de janeiro de 2008]. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br>

CAMBRODON, I.G.; MARTIN-CARRON, N. Fermentación colônica de fibra dietética y almidón resistente. In: Lajolo FM, Saura-calixto F, Penna EW, Menezes EW. **Fibra dietética em Iberoamérica: tecnologia y salud**, São Paulo: Varela; 2001.

CARVALHO, S.; TOLEDO, I.; ARAÚJO, F.; PEREIRA, G. Fructanos en raíces tuberosas de yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poep. & Endl.) expuestas al sol y almacenadas bajo condiciones ambientales. **Agro-Ciência**, v.20, n.1, p.17-23, 2004.

COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2.ed. Barueri: Manole, 2006. 996 p.

CUMMINGS, J.H.; STEPHEN, A.M. Carbohydrate terminology and classification. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 61, n.1, p. 5-18, 2007.

DA SILVA, A.S.S.A raiz da yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepping & Endlicher) como fonte de fibras alimentares, sua caracterização físico-química, uso na panificação e sua

influência na glicemia pós-prandial. 2007. 155p. **Tese** (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

DUARTE, M.R., WOLF, S., GRUSKOSKI, B.P. *Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob. (yacón): identificação microscópica de folha e caule para o controle de qualidade farmacognóstico. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 1, 2008.

FAO/WHO. Carbohydrates in Human Nutrition. Report os a joint expert consultation. FAO, **Food and Nutrition**, v. 66, p. 1-140, 1998.

FABRINI, S.P.; ALFENAS, R.C.G. Impacto do índice glicêmico no controle glicêmico em *diabetes mellitus*. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 23, n. 2, p. 135-140, 2008.

FERNÁNDEZ, E. C.; VIEHMANNOVÁ, I.; LACHMAN, J.; MILELLA, L. Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson]: a new crop in the Central Europe. **Plant Soil Environment**, v. 52, p. 564-570, 2006.

FUKE, G.; OLIVEIRA, V.R.; VIEGA, S.D. Análise química e sensorial de leite com farinha de yacon e sua resposta glicêmica em indivíduos saudáveis. In: 7º Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos, SLACA, 2007.

FRANZ, J.P.; BANTLE, C.A.; BEEBE, J.D.; BRUZELL, J.; CHIASSON, A.; GARG, L.A.; HOLZMEISTER, B.; HOOGERWERF, E.; MAYER-DAVIS, A.D.; MOORADIAN, J.Q.; PURNELL.; WHEELER, M. Evidence-Based nutrition principles and recommendations for the treatment and prevention of diabetes and related complications. **Diabetes Care**, v. 25, p. 1486, 2002.

FREITAS, D. G. C.; JACKIX, M. N. H. Efeito da bebida adicionada de frutoligossacarídeo e pectina no nível de colesterol e estimulação de bifidobactérias em hamsteres hipercolesterolêmicos. **Brazilian Journal of Food and Technology**, v. 8, n. 1, p. 81-86, 2005.

GENTA, S.B.; CABRERA, W.M.; GRAU, A.; SANCHEZ, S.S. Subchronic 4-month oral study of dried *Smallanthus sonchifolius* (yacon) roots as a diet supplement in rats. **Food and Chemical Toxicology**, v. 43, p. 1657-1665, 2005.

GIBSON, G. R, ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota – Introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**. v. 125, p. 1401-1412, 1995.

GÖNI, I.; GARCIA-ALONSO, A.; SAURO-CALIXTO, F.A. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. **Nutrition Research**, v. 17, n. 3, p. 427-437, 1997.

GRAEFE, S.; HERMANN, M.; MANRRIQUE, I.; GOLOMBEK, S.; BUERKERT, A. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. **Field Crops Research**, v.86, p.157-165, 2004.

HATCHER, D.W.; ANDERSON, M.J.; DESJARDINS, R.G.; EDWARDS, N.M.; DEXTER, J.E.; Effects of flour particle size and starch damage on processing and quality of white sated noodles. **Cereal Chemistry**, v. 79, p. 64-71, 2002.

HOENTJEN F, WELLING GW, HARMSSEN HJM, et al. The prebiotic combination inulin/oligofructose prevents colitis in HLA-B27 transgenic rats associated with immunomodulation and changes in intestinal microflora. **Canadian Journal of Gastroenterology**, v. 19, Suppl B: 9B, 2005.

KELLEY, D.E. Sugars and starch in the nutritional management of diabetes mellitus, **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 78, p. 858-864, 2003.

KOLIDA, S.; TUOHY,K.; GIBSON, G.R. Prebiotic effects of inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition**, v. 87, n. 2, p. 193-197, 2002.

KOLIDA, S.; GIBSON, G.R. Prebiotic Capacity of Inulin-Type Fructans. **Journal of Nutrition**, v. 137, p. 2503-2506, 2007.

LAJOLO, M.F.; MENEZES, E.W. **Carboidratos. Em Alimentos Regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Editora da universidade de São Paulo, 2006. 648p.

MABEL, M.J.; SANGEETHA, P.T.; PLATEL, K.; SRINIVASAN, K.; PRAPULLA, S.G. Physiocochemical characterization of fructooligosaccharides and evaluation of their suitability as a potential sweetener for diabetics. **Carbohydrate Resource**. v. 343, n. 1, p. 56-66, 2008.

MADRIGAL, L.; SANGRONIS, E. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 57, n.4, p.387-396. 2007.

MANN, J.; CUMMINGS, J.H.; ENGLYAT, H.N.; KEY, T.; LIU, S.; RICCARDI, G.; SUMMERBELL, C.; UAUY, R.; VAN DAM, R.M.; VENN, B.; VORSTER, H.H.; WISEMAN, M. FAO/WHO. Scientific update on carbohydrates in human nutrition: conclusions. **European Journal of Clinical Nutrition**, n. 61, Suppl 1, p. 132-137, 2007.

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

MATHEW, J.M.; HOSENEY, R.C.; FAUBION, J.M.; Effects of corn sample, mill type, and particle size on corn curl and pet food extrudates. **Cereal Chemistry**, v. 76, p. 621-624, 1999.

MATSUO, R.R.; DEXTER, J.E. Comparison of experimentally milled durum wheat of semolina produced by same canadian commercial mills. **Cereal Chemistry**, v. 57, p. 117-122, 1980.

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**, Campinas, v.24, n.4, p. 634-640, 2004.

MOSCATTO, J.A.; BORSATO, D.; BONA, E.; OLIVEIRA, A.S.; HAULY, M.C.O The optimization of the formulation for a chocolate cake containing inulin and yacon meal. Intern. **Journal of Food and Technology**, v. 41, p. 181-188, 2006.

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 and Technology**, v. 7, n. 2, p. 215-220, 2004.

PALOMINO, R. G. Q.; RIOS, A. C. Obtención y caracterización físico-química Del harina de yacon (*Smallanthus sonchifolius*). 2004. Disponível em: <http://www.uncp.edu.pe>. Acesso em: 10 abr. 2007.

PEDRESCHI, R.; CAMPOS, D.; NORATTO, G.; CHIRINOS, R.; ZEVALLOS, L.C.; Andean yacon roots (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl) fructooligosaccharides as potential novel source of prebiotics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 5278-5284, 2003.

POSSAMAI, T.N.; Elaboração do pão de mel com fibra alimentar proveniente de diferentes grãos, sua caracterização físico-química, microbiológica e sensorial. 2005. 69p. **Dissertação** (Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

QUEMENER, B.; THIBAUT, J.F.; COUSSEMENT, P. Determination of inulin and oligofructose in food products and integration in the AOAC method for measurement of total dietary fibre. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v.27, p.125-132, 1994.



QUEMENER, B.; THIBAUT, J.F.; COUSSEMENT, P. Integration of inulin determination in the AOAC method for measurement of total dietary fiber. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.21, p.175-178, 1997.

QUINTEROS, E. T. T. **Produção com tratamento enzimático e avaliação do suco de yacon**. 2000. 164p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

RAO, V. A. Dose-response effects of inulin and oligofructose on intestinal bifidogenesis effects. **Journal of Nutrition**, v. 129, p. 1442-1445, 1999.

RAO, V. A. The Prebiotic Properties of oligofructose at Low Intake Levels. **Nutrition Research**, v. 21, n. 6, p. 843-848, 2001.

RENHE, I.R.T.; VOLP, A.C.P.; BARBOSA, K.B.F.; STRINGHETA, P.C. Prebióticos e os benefícios de seu consumo na saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 23, n. 2, p. 119-126, 2008.

RIBEIRO, J. A. Estudo da influência do consumo de yacon sobre níveis glicêmicos e lipídeos fecais de ratos. In: Estudo químico e bioquímico do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in natura e processado e influência do consumo de yacon sobre níveis glicêmicos e lipídeos fecais de ratos. 2008. Cap.4, p.133-166. **Dissertação** (Mestrado em Ciências dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, MG.

ROBERFROID, M.B. Inulin-Type Fructans: Functional Food Ingredients. **Journal of Nutrition**, v. 137, p. 2493-2502, 2007.

SALGADO, S.M.; LIVERA, A.V.S.; GUERRA, N.B.; SCHULLER, A.R.P.; ARAÚJO, A. L.L. Resposta fisiológica in vitro do amido do feijão macassar (*Vigna unguiculata L. Walp*). **Brazilian Journal of Food and Technology**, v. 9, n. 4, p. 297-303, 2006.

SAMPAIO, H. A. C.; SILVA, B. Y. C.; SABRY, M. O. D.; ALMEIDA, P. C. Índice glicêmico e carga glicêmica de dietas consumidas por indivíduos obesos. **Revista de Nutrição**, v. 20, n. 6, p. 615-624, 2007.

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

SARON, M.L.G.; SGARBIERI, V.C.; LERAYER, A.L.S. Prebióticos: efeitos benéficos à saúde humana. **Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, v. 30, p. 117-130, 2005.

SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M. **El Yacón, fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio**, Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación (COSUDE), Lima, 2003.

SILVEIRA, K.C.; BRASIL, J.A.; LIVERA, A.V.S.; SALGADO, S.M.; FARO, Z.P.; GUERRA, N.B. Bebida à base de flocos de abóbora com inulina: características prebióticas e aceitabilidade. **Revista de Nutrição**, v. 21, n. 3, 2008.

STATSOFT, Inc, **STATISTICA for Windows 6.0** [Computer program manual], Tulsa-UK: StatSoft, 2002.

STEFÉ, C.A. ALVES, M.A.R.; RIBEIRO, R.L. Probióticos, prebióticos e simbióticos – Artigo de revisão. **Saúde e ambiente em revista - UNIGRANRIO**, v. 3, n. 1, p. 16-33, 2008.

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

VANDERZANT, C.; SPLITTSLÖESSER, D.F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4<sup>th</sup> ed. Washington (DC): American Public Health Association, 2001.

VIEGA, S. D.; OLIVEIRA, V. R.; FUKU, G. Análise química e sensorial de leite com farinha de yacon e sua resposta glicêmica em indivíduos saudáveis. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DOS ALIMENTOS, 7., 2007, Campinas. **Anais**. Sociedade Latino Americana de Ciência de Alimentos, 2007.

VILLALOBOS, A.C. Perspectivas agroindustriales actuales de los oligofructosacáridos (FOS). **Agronomía Mesoamericana**, v. 17, n. 2, p. 265-286, 2006.

WISEMAN, M. FAO/WHO. Scientific update on carbohydrates in human nutrition: conclusions. **European Journal of Clinical Nutrition**, n. 61, suppl. 1, p. 132-137, 2007.

WOLEVER, T. M. S. **Carbohidratos de digestión lenta: beneficios de una alimentación com bajo índice glicêmico**. Danone Nutritopics [periódico eletrônico] 2004 [acesso em 27 de out 2008]; (28). Disponível em: [http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MA003\\_diglentaglicemiaWSF.pdf](http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MA003_diglentaglicemiaWSF.pdf)

## *Considerações finais*

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A farinha de yacon pode ser utilizada como ingrediente alimentar, sendo possível desenvolver bolos com características sensoriais satisfatórias.
- Aspecto nutricional: A adição de farinha de yacon originou bolos de baixo valor calórico, com alto teor de fibras e *light* em açúcar.
- Aspecto tecnológico: Os FOS presentes na farinha de yacon funcionaram como substitutos parciais de açúcar.
- Aspecto funcional: Os bolos experimentais apresentaram baixos índices glicêmicos e cargas glicêmicas e desenvolveram efeito prebiótico.
- Outro aspecto a ser considerado é a viabilidade de determinar as culturas probióticas utilizando meios de cultura mais seletivos e realizar provas bioquímicas que confirmem a presença dos gêneros estudados (*Lactobacillus* e *Bifidobacterium*).

# *Referências*

## REFERÊNCIAS

ABRAMS, S.A.; GRIFFIN, I.J.; HAWTHORNE, K.M.; LIANG, L.; GUNN, S.K.; DARLINGTON G. A combination of prebiotic short- and long-chain inulin-type fructans enhances calcium absorption and bone mineralization in young adolescents. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 82, n. 2, p. 471-476, 2005.

ADA- American Diabetes Association. Evidence-based nutrition principles and recommendations for the treatment and prevention of diabetes and related complications. **Diabetes Care**, v. 25, n. 1, p. 202-212, 2002.

ALVAREZ, F.P.P.; JURADO, T.B.; CALIXTO, C.M.; SILVA, A.J. Prebiotic inulin/oligofructose in Yacón root (*Smallanthus sonchifolius*), phytochemistry and standardization as basis for clinical and pre-clinical research. **Revista de Gastroenterologia**, v. 1, n. 28, p. 22-27, 2008.

ANZALDUA-MORALES, A.; **La Evaluación Sensorial de los Alimentos em la Teoria y la Práctica**. Editorial Acribia: Zaragoza. 1994. p. 21-23.

APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). DOWNES & ITO [coords.]. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 1ª ed., Washington, D.C., 2001. 676p.

ASSOCIATION OF AFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official Methods of Analysis**, 13 ed., Washington, 2002.

AYBAR, M.J., SANCHEZ RIERA, A.N., GRAU, A., SANCHEZ, S.S. Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 74, p. 125–132, 2001.

BARRY, J.L.; HOEBLER, C.; MACFARLANE, G.T.; MACFARLANE, S.; MATHERS, J.C.; REED, K.A.; MORTENSE, P.B.; NORDGAARD, I.R. ROWLAND, I.R.; RUMNEY, C.J. Estimation of fermentability of dietary fiber in vitro: a european interlaboratory study. **British Journal of Nutrition**, v. 74, p. 303-322, 1995.

BIEDRZYCKA, E.; BIELECKA, M. Prebiotic effectiveness of fructans of different degrees of polymerization. **Trends of Food Science and Technology**, v. 15, p. 170-175. 2004.

BORGES, J.T.S.; PIROZI, M.R.; LUCIA, S.M.D.; PEREIRA, P.C.; MORAES, A.R.F.; CASTRO, V.C. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **Boletim do CEPPA**, v. 24, n. 1, p. 145-162, 2006.

BOSSCHER, D.; VAN LOO, J.; FRANCK, A.; Inulin and oligofructose as functional ingredients to improve bone mineralization. **International Dairy Journal**, v. 16, n. 9, p. 1092-1097, 2006.

BUDIÑO, F.E.L.; THOMAZ, M.C, KRONKA, R.N.; NAKAGHI, L.S.O.; TUCCI, F.M, FRAGA, A.L. Effect of probiotic and prebiotic inclusion in weaned piglet diets on structure and ultra-structure of small intestine. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 48, n. 6, p. 921-929, 2005.

BRAND-MILLER, J.; GILBERTSON, H. **Practical aspects of meal planning using the glycemic index. Workshop: Glycemic index and health: the quality of the evidence.** FAO/Danone Vitapole, Bandol, France, 2002.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 29 de 13 de janeiro de 1998.** Regulamento de alimentos para fins especiais; disponível em <[http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/29\\_98.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/29_98.htm)> Acesso em: 21 de janeiro de 2008.



BRASIL, ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, **Resolução RDC n.º 27, de 13 de janeiro de 1998**. Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar. Disponível em <[http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/27\\_98.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/27_98.htm)>. Acesso em 4 de setembro de 2008

BRASIL, ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, **Resolução n.º 18 de 03 de dezembro de 1999, atualizada em 2005**. Regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno.htm>. Acesso em: 19 de setembro 2008.

BRASIL, ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, **Resolução RDC n.º 12, de 2 de janeiro de 2001**. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em 2 de janeiro de 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico-químicos para análise de alimentos** / Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Brasília Ministério da Saúde, p. 311-313, 2005.

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, 2005.

CAMBRODON, I.G.; MARTIN-CARRON, N. Fermentación colônica de fibra dietética y almidón resistente. In: Lajolo FM, Saura-calixto F, Penna EW, Menezes EW. **Fibra dietética em Iberoamérica: tecnologia y salud**, São Paulo: Varela; 2001.

CAPRILES, V.D.; SILVA, K,E,A; FISBERG, M. Prebióticos, probióticos e simbióticos: nova tendência no mercado de alimentos funcionais. **Nutrição Brasil**, v. 4, n.6, p. 327-335, 2005.

CARVALHO, S.; TOLEDO, I.; ARAÚJO, F.; PEREIRA, G. Fructanos en raíces tuberosas de yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poep. & Endl.) expuestas al sol y almacenadas bajo condiciones ambientales. **Agro-Ciência**, v. 20, n.1, p.17-23, 2004.

CASTILLO ALFARO, M.E.; VIDAL MELGAREJO, S.A. **El yacón: una nueva alternativa en la prevención y el tratamiento de la salud**. 2005. Capturado em 2 ago. 2005. Online. Disponível na Internet [http://infoagro.net/es/apps/news/record\\_view.cfm?vsys=a5&id=8641](http://infoagro.net/es/apps/news/record_view.cfm?vsys=a5&id=8641).

COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2.ed. Barueri: Manole, 2006. 996p.

CUMMINGS, J.H.; MACFARLANE, G.T. Gastrointestinal effects of prebiotics. **Brazilian Journal of Nutrition**, v. 87, n. 2, p. 145-51, 2002.

CUMMINGS, J.H.; STEPHEN, A.M. Carbohydrate terminology and classification. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 61, n.1, p. 5-18, 2007.

DA SILVA, E.B.; BILESKI, L.M. Processamento de bebida funcional à base do yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepping e Endlicher). 2004. 91p. **Dissertação** (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, PR.

DA SILVA, A.S.S. A raiz da yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepping & Endlicher) como fonte de fibras alimentares, sua caracterização físico-química, uso na panificação e sua influência na glicemia pós-prandial. 2007. 155p. **Tese** (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, SC.

DELZENNE, N. M.; DAUBIOUL, C.; NEYRINCK, A.; LASA, M.; TAPER, H.S. Inulin and oligofructose modulate lipid metabolism in animals: review of biochemical events and future prospects. **British Journal of Nutrition**, v. 87, n. 2, p. 255-259, 2002.

DELZENNE, N.M.; WILLIAMS, C.M. Prebiotics and lipid metabolism. **Current Opinion in Lipidology**, v. 13, n. 1, p. 61-67, 2002.

DE SCHRIJVER, R. **Fermentation products in the large intestine**. An overview. In COST Action 1992. Dietary Fibre and fermentation in the colon. Mälkki Y. Cummings JH (Eds). European Commission, Luxembourg, p. 79-93, 1996.

DE VRESE, M.; SCHREZENMEIR, J. Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics. **Biochemistry Engineering Biotechnology**. 2008.

DUARTE, M.R., WOLF, S., GRUSKOSKI, B.P. *Smilax sonchifolius* (Poepp.) H. Rob. (yacón): identificação microscópica de folha e caule para o controle de qualidade farmacognóstico. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 1, 2008.

DUTCOSKY, S.D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 2ª ed. Curitiba: Champagnat: 2007.

ERICKSON, K.L.; HUBBARD, N.E. Probiotic immunomodulation in health and disease. **Journal of Nutrition**, v.130, p.403-409, 2000.

FABRINI, S.P.; ALFENAS, R.C.G. Impacto do índice glicêmico no controle glicêmico em *diabetes mellitus*. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 23, n. 2, p. 135-140, 2008.

FAO/WHO. Carbohydrates in Human Nutrition. Report os a joint expert consultation. FAO, **Food and Nutrition**, v. 66, p. 1-140, 1998.

FERNÁNDEZ, E. C.; VIEHMANNOVÁ, I.; LACHMAN, J.; MILELLA, L. Yacon [*Smilax sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson]: a new crop in the Central Europe. **Plant Soil Environment**, v. 52, p. 564-570, 2006.

FRANCK, A. Technological functionality of inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition**, v. 87, p. 287-291, 2002.

FRANZ, J.P.; BANTLE, C.A.; BEEBE, J.D.; BRUZELL, J.; CHIASSON, A.; GARG, L.A.; HOLZMEISTER, B.; HOOGWERF, E.; MAYER-DAVIS, A.D.; MOORADIAN, J.Q.; PURNELL.; WHEELER, M. Evidence-Based nutrition principles and recommendations for the treatment and prevention of diabetes and related complications. **Diabetes Care**, v. 25, p. 1486, 2002.

FREITAS, D. G. C.; JACKIX, M. N. H. Efeito da bebida adicionada de frutoligossacarídeo e pectina no nível de colesterol e estimulação de bifidobactérias em hamsteres hipercolesterolêmicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 1, p. 81-86, 2005.

FUCHS, R. H. B.; BORSATO, D.; BONA, E.; HAULY, M.C.O. Iogurte de soja suplementado com oligofrutose e inulina. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 175-181, 2005.

GENNARO, S.; BIRCH, G.G.; PARKE, S.A.; STANCHER, B. Studies on the physicochemical properties of inulin and inulin oligomers. **Food Chemistry**, v. 68, p. 179-183, 2000.

GENTA, S.B.; CABRERA, W.M.; GRAU, A.; SANCHEZ, S.S. Subchronic 4-month oral study of dried *Smallanthus sonchifolius* (yacon) roots as a diet supplement in rats. **Food and Chemical Toxicology**, v. 43, p. 1657-1665, 2005.

GIBSON, G. R, ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota – Introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, v. 125, p. 1401-1412, 1995.

GIBSON, G.R. Prebiotics. **Best Practice & Research**, v. 18, p. 287-298, 2004.

GIBSON, G.R. Prebiotics as gut microflora management tools. **Journal of Clinical Gastroenterology**, n. 42, suppl. 2, p. 75-79, 2008.

GÖNI, I.; GARCIA-ALONSO, A.; SAURO-CALIXTO, F.A. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. **Nutrition Research**, v. 17, n. 3, p. 427-437, 1997.

GOTO, K.; FUKAI, K.; HIDIKA, J., NANJO, F.; HARA, Y. Isolation and structural analysis of oligosaccharides from yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, v. 59, p. 2346-2347, 1995.

GRAEFE, S.; HERMANN, M.; MANRRIQUE, I.; GOLOMBEK, S.; BUERKERT, A. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. **Field Crops Research**, v.86, p.157-165, 2004.

GRAU, A.; REA, J. **Yacon *Smallanthus sonchifolius*. (Poepp. & Endl.)**. Disponível: <http://www.cipotato.org>> Acesso: 15 mar. 2004.

HARTEMINK, R.; VANLAERE, K.M.J.; ROMBOUITS, F.M. Growth of enterobacteria on fructo-oligosaccharides. **Journal of Applied Microbiology**, v.383, p.367-374, 1997.

HATCHER, D.W.; ANDERSON, M.J.; DESJARDINS, R.G.; EDWARDS, N.M.; DEXTER, J.E.; Effects of flour particle size and starch damage on processing and quality of white sated noodles. **Cereal Chemistry**, v. 79, p. 64-71, 2002.

HAULY, M. C. O.; MOSCATTO, J. A. Inulina e oligofrutosas: uma revisão sobre propriedades funcionais, efeito prebiótico e importância na indústria de alimentos. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológica**, v. 23, n. 1, p. 105-118, 2002.

HAULY, M.C.O.; FUCHS, R.H.B.; PRUDENCIO-FERREIRA, S.H. Suplementação de iogurte de soja com frutooligosacarídeos: características probióticas e aceitabilidade. **Revista de Nutrição**, v.18, n.5, p.613-622, 2005.

HIJOVA, E.; CHMELAROVA, A. Short chain fatty acids and colonic health. **Bratislavské Lékařské Listy - Bratislava Medical Journal**, n. 108, v. 8, p. 354-358, 2008.

HOENTJEN F, WELLING GW, HARMSSEN HJM, et al. The prebiotic combination inulin/oligofructose prevents colitis in HLA-B27 transgenic rats associated with immunomodulation and changes in intestinal microflora. **Journal of Gastroenterology**, v. 19, Suppl B: 9B, 2005.

HOLZAPFEL, W.H.; SCHILLINGER, U. Introduction to pre-and probiotics. **Food Research International**, v. 35, n. 2/3, p. 109-116, 2002.

HONDO, M.; OKUMURA, Y.; YAMAKI, T. A preparation of yacon vinegar containing natural fructooligosaccharides. **Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology**, v. 47, n. 10, p. 803-807, 2000.

HONG, S.S.; LEE, S.A.; HAN, X.H.; LEE, M.H.; HWANG, J.S.; PARK, J.S.; OH, K.W.; HAN, K.; LEE, MK.; LEE, H.; KIM, W.; LEE, D.; HWANG, B.Y. Melampolides from the Leaves of *Smallanthus sonchifolius* and Their Inhibitory Activity of LPS-Induced Nitric Oxide Production, **Chemical & Pharmaceutical Bulletin**, v. 56, n. 2, p. 199, 2008.

IDRIS, N.; ENBONG, M.S.; ABDULLCH, A.; CHEHA, C.M.; HASSAR, H. Performance evaluation of shortenings based on palm oil and butterfat in yellow cake. **Fett/Lipid**, v. 98, p. 144-148, 1996.

KAUR, N.; GUPTA, A. K. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. **Journal of Bioscience**, v. 27, n. 7, p. 703-714, 2002.

KELLEY, D.E. Sugars and starch in the nutritional management of diabetes mellitus, **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 78, p. 858-864, 2003.

KOLIDA, S.; TUOHY, K.; GIBSON, G.R. Prebiotic effects of inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition**, v. 87, n. 2, p. 193-197, 2002.

KOLIDA, S.; GIBSON, G.R. Prebiotic Capacity of Inulin-Type Fructans, **Journal of Nutrition**, v. 137, p. 2503-2506, 2007.

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

LAJOLO, M.F.; MENEZES, E.W. **Carboidratos. Em Alimentos Regionales. Iberoamericanos**. São Paulo: Editora da universidade de São Paulo, 2006.

LANGLANDS, S. J.; HOPKINS, M. J.; COLEMAN, N.; CUMMINGS, J H. Prebiotic carbohydrates modify the mucosa associated microflora of the human large bowel. **Gut**. v. 53, p. 1610–1616, 2004.

LEONEL, M.; JACKY, S.; CEREDA, M.P. Processamento industrial de fécula de mandioca e batata doce – um estudo de caso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 3, p. 343-345, 1998.

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

LUNN, J.; BUTRISS, J.L. Carbohydrates and dietary fibre. **Nutrition Bulletin**, v. 32, p. 21–64, 2007.

LUPETTI, K.O. et al. Análise de imagem em química analítica: empregando metodologias simples e didáticas para entender e prevenir o escurecimento de tecidos vegetais. **Química Nova**, v.28, n.3, p.548-554, 2005.

MABEL, M.J.; SANGEETHA, P.T.; PLATEL, K.; SRINIVASAN, K.; PRAPULLA, S.G. Physicochemical characterization of fructooligosaccharides and evaluation of their suitability as a potential sweetener for diabetics. **Carbohydrate Resource**, v. 343, n. 1, p. 56-66, 2008.

MCGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **Horticultural Science**, v. 27, n. 12, p. 1254-1555, 1992.

MADRIGAL, L.; SANGRONIS, E. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 57, n. 4, p. 387-396. 2007.

MALDONADO, S.; SINGH, J.C. Efecto de gelificantes en la formulación de dulce de yacón. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 429-434, 2008.

MANN, J.; CUMMINGS, J.H.; ENGLYAT, H.N.; KEY, T.; LIU, S.; RICCARDI, G.; SUMMERBELL, C.; UAUY, R.; VAN DAM, R.M.; VENN, B.; VORSTER, H.H.; WISEMAN, M. FAO/WHO. Scientific update on carbohydrates in human nutrition: conclusions. **European Journal of Clinical Nutrition**, n. 61, Suppl 1, p. 132-137, 2007.

MANNING, T.S.; GIBSON, G.R. Microbial-gut interactions in health and disease. Prebiotics. **Best Practice & Research Clinical Gastroenterology**, v. 18, n. 2, p. 287-98, 2004.

MANRIQUE, I.; HERMANN, M. **Yacon - Fact Sheet**. Lima, Peru: International Potato Center (CIP), 2004. Capturado em 22 dez. 2005. Online. Disponível na Internet [www.cipotato.org/artc/cipcrops/factsheetyacon.pdf](http://www.cipotato.org/artc/cipcrops/factsheetyacon.pdf).



MANRIQUE, I.; PÁRRAGA, A. **Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos Andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003)**. Jarabe de yacón: principios y procesamiento. Lima, Centro Internacional de La Papa, 40p. 2005.

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

MATHEW, J.M.; HOSENEY, R.C.; FAUBION, J.M.; Effects of corn sample, mill type, and particle size n corn curl and pet food extrudates. **Cereal Chemistry**, v. 76, p. 621-624, 1999.

MATSUO, R.R.; DEXTER, J.E. Comparison of experimentally milled durum wheat of semolina produced by same canadian commercial mills. **Cereal Chemistry**, v. 57, p. 117-122, 1980.

MAYTA, P.; PAYANO, J.; PELÁEZ, J.; PÉREZ, M.; PICHARDO, L.; PUYCÁN, L. Reducción de la respuesta glicérmica posprandial post-ingesta de raíz fresca de yacón em sujeitos sanos. **Ciência e Investigación Médica Estudiantil Latinoamericana**, v. 9, n. 1, 2004.

MINIM, V.P.R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa: Ed. UFV. 2006. 225p.

MOURA, C.P. Aplicação de redes neuronais para a predição e otimização do processo de secagem de yacon (*Polymnia sonchifolia*) com pré-tratamento osmótico. 2004. 115p. **Dissertação** (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, PR.

NARAI-KANAYANA, A.; TOKITA, N.; ASO, K. Dependence of fructooligosaccharide content on activity of fructooligosaccharide-metabolizing enzymes in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tuberous roots during storage. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 6, p. 381-387, 2007.

NINESS, K.R. Inulin and oligofructose: what are they? **Journal of Nutrition**, v. 129, p. 1402-1406, 1999.

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**, v. 7, n. 2, p. 215-220, 2004.

PADILHA, P.C.; PINHEIRO, R.L. O papel dos Alimentos Funcionais na Prevenção e Controle do Câncer de Mama. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v. 3, n. 50, p. 251-260, 2004.

PALOMINO, R. G. Q.; RIOS, A. C. **Obtención y caracterización físico-química Del harina de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. 2004. Disponível em: <http://www.uncp.edu.pe>. Acesso em: 10 abr. 2007.

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

PEDRESCHI, R.; CAMPOS, D.; NORATTO, G.; CHIRINOS, R.; ZEVALLOS, L.C.; Andean yacon roots (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl) fructooligosaccharides as potential novel source of prebiotics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 5278-5284, 2003.

POSSAMAI, T.N.; Elaboração do pão de mel com fibra alimentar proveniente de diferentes grãos, sua caracterização físico-química, microbiológica e sensorial. 2005. 69p. **Dissertação** (Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2005.

QUEMENER, B.; THIBAUT, J.F.; COUSSEMENT, P. Determination of inulin and oligofructose in food products and integration in the AOAC method for measurement of total dietary fibre. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v. 27, p. 125-132, 1994.

QUEMENER, B.; THIBAUT, J.F.; COUSSEMENT, P. Integration of inulin determination in the AOAC method for measurement of total dietary fiber. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 21, p. 175-178, 1997.

RAO, V. A. Dose-response effects of inulin and oligofructose on intestinal bifidogenesis effects. **Journal of Nutrition**, v. 129, p. 1442-1445, 1999.

RAO, V. A. The Prebiotic Properties of oligofructose at Low Intake Levels. **Nutrition Research**, v. 21, n. 6, p. 843-848, 2001.

RENHE, I.R.T.; VOLP, A.C.P.; BARBOSA, K.B.F.; STRINGHETA, P.C. Prebióticos e os benefícios de seu consumo na saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 23, n. 2, p. 119-126, 2008.

RIBEIRO, J. A. Estudo da influência do consumo de yacon sobre níveis glicêmicos e lipídeos fecais de ratos. In: Estudo químico e bioquímico do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in natura e processado e influência do consumo de yacon sobre níveis glicêmicos e lipídeos fecais de ratos. 2008. Cap.4, p.133-166. **Dissertação** (Mestrado em Ciências dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, MG.

RIVERA, D.; MANRIQUE, I. **Zumo de Yacón** - Ficha Técnica. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Peru, 2005. Capturado em 9 jan. 2006. Online. Disponível na Internet [www.cipotato.org/artc/cipcrops/fichazumoyacon.pdf](http://www.cipotato.org/artc/cipcrops/fichazumoyacon.pdf).

ROBERFROID, M. Dietary fiber, inulin and oligofrutose: a review comparing their physiological effect. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33, n. 2, p. 103-148, 1993.

ROBERFROID, M.; GIBSON, G.R.; DELZENNE, N. The biochemistry of oligofrutose, a nondigestible fiber: na approach to calculate its caloric value. **Nutrition Reviews**, v.51, n.5, p.137-146, 1993.

ROBERFROID, M.B. Functional foods: concepts and application to inulin and oligofrutose. **British Journal of Nutrition**, v.87, n. 2, p.139-143, 2002.

ROBERFROID, M. B. Inulin-Type Fructans: Functional Food Ingredients. **Journal of Nutrition**. v. 137, p. 2493–2502, 2007.

ROBERFROID, M.B. Prebiotics: The Concept Revisited. **Journal of Nutrition**, v. 137, p. 830-837, 2007.

RODRÍGUEZ, R.,; JIMÉNEZ, A.; FERNÁNDEZ, J.; GUILLÉN, R.; HEREDIA, A. Dietary fiber from vegetable products as source of functional ingredients. **Trends Food Science and Technology**, v. 17, p. 3-15, 2006.

SAAD, S.M.I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n.1, p.1-16, 2006.

SALGADO, S.M.; LIVERA, A.V.S.; GUERRA, N.B.; SCHULLER, A.R.P.; ARAÚJO, A. L.L. Resposta fisiológica in vitro do amido do feijão macassar (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 4, p. 297-303, 2006.

SAMPAIO, H. A. C.; SILVA, B. Y. C.; SABRY, M. O. D.; ALMEIDA, P. C. Índice glicêmico e carga glicêmica de dietas consumidas por indivíduos obesos. **Revista de Nutrição**, v. 20, n. 6, p. 615-624, 2007.

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

SANTOS, E. F.; JACOBUCCI, H.B.; QUEIROZ, M.M.; DIAS, M.F.G.P. Alimentos funcionais. **Revista de Pesquisas Biológicas da UNIFEV**, n. 1, p. 13-19, 2006.

SARKAR, S. Potential of prebiotics as functional foods – a review. **Nutrition and Food Science**, v. 37, n. 3, p. 168-177, 2007.

SARON, M.L.G.; SGARBIERI, V.C.; LERAYER, A.L.S. Prebióticos: efeitos benéficos à saúde humana Nutrire: **Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, v. 30, p. 117-130, 2005.

SCHOLZ-AHRENS, K.E.; SCHAAFSMA, G.; VAN DEN HEUVEL, E.G.; SCHREZENMEIR, J. Effects of prebiotics on mineral metabolism. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 73, n. 2, p. 459-464, 2001.

SCHOLZ-AHRENS, K.E.; SCHREZNMEIR, J. Inulin and Oligofructose and Mineral Metabolism: The Evidence from Animal Trials1–4. **Journal of Nutrition**, v. 137, p. 2513-2523, 2007.

SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M. **El Yacón, fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio**, Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación (COSUDE), Lima, 2003.

SHAH, N. P. Functional foods from probiotics and prebiotics. **Food and Technology**, v. 55, n. 11, p. 46-53, 2001.

SILK, D.B.A. Fibre and enteral nutrition. **American Journal Clinical Nutrition**, v.12, p. 106-113, 1993.

SILVA, E.B.; KARAM, L.B.; CAVASSIM, C.; CÂNDIDO, L.M.B. **Correlação entre peso, área e diâmetro de raízes do yacon (*Polymnia sonchifolia*)**. In: ENCONTRO REGIONAL SUL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 8, 2003. Curitiba.

SILVA, A.D.S.S.; HAAS, P.; SARTORI, N.T.; ANTON, A.A.; DE FRANCISCO, A. Frutoligosacarídeos: fibras alimentares ativas. **Boletim do CEPPA**, v. 25, n. 2, p. 295-304, 2007.

SILVEIRA, K.C.; BRASIL, J.A.; LIVERA, A.V.S.; SALGADO, S.M.; FARO, Z.P.; GUERRA, N.B. Bebida à base de flocos de abóbora com inulina: características prebióticas e aceitabilidade. **Revista de Nutrição**, v. 21, n. 3, 2008.

STARK, A.; MADAR, Z. **Dietary fiber**. In Functional foods. Goldberg I (Ed). Chapman and Hall, p. 183 –201, 1994.

STATSOFT, Inc, **STATISTICA for Windows 6.0** [Computer program manual}, Tulsa-UK: StatSoft, 2002.

STEFE, C.A. ALVES, M.A.R.; RIBEIRO, R.L. Probióticos, prebióticos e simbióticos – Artigo de revisão. **Saúde e ambiente em revista - UNIGRANRIO**, v. 3, n. 1, p. 16-33, 2008.

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

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.

VALENTOVÁ, K.; LEBEDA, A.; IVANA DOLEZ, I.; JIROVSKYÄ, D.; SIMONOVSKA, B.; VOVK, I.; KOSINA, P.; GASMANOVAÄ, N.; DZIECHCIARKOVAÄ, M.; ULRICHOVAÄ, J. The Biological and Chemical Variability of Yacon. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 54, p. 1347-1352, 2006.

VALENTOVÁ, K.; STEJSKAL, D.; BARTEK, J.; DVORÁCKOVÁ, S.; KREN, V.; ULRICHOVÁ, J.; SIMÁNEK, V. Maca (*Lepidium meyenii*) and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in combination with silymarin as food supplements: In vivo safety assesment. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, p. 1006-1013, 2008.

VANDERZANT, C.; SPLITTSLOESSER, D.F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4<sup>th</sup> ed. Washington (DC): American Public Health Association, 2001.

VENTURA, F.C. Desenvolvimento de doce de fruta em massa funcional de valor calórico reduzido, pela combinação de goiaba vermelha e yacon desidratados osmoticamente e acerola. 2004. 217p. **Dissertação** (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, SP.

VIEGA, S. D.; OLIVEIRA, V. R.; FUKU, G. Análise química e sensorial de leite com farinha de yacon e sua resposta glicêmica em indivíduos saudáveis. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DOS ALIMENTOS, 7, 2007, Campinas. **Anais**. Sociedade Latino Americana de Ciência de Alimentos, 2007.

VILLALOBOS, A.C. Perspectivas agroindustriales actuales de los oligofructosacáridos (FOS). **Agronomía Mesoamericana**, v. 17, n. 2, p. 265-286, 2006.

WISEMAN, M. FAO/WHO. Scientific update on carbohydrates in human nutrition: conclusions. **European Journal of Clinical Nutrition**, n. 61, suppl. 1, p. 132-137, 2007.

WOLD, A.E. Immune effects of probiotics. **Scandinavian Journal of Nutrition**, v. 129, p. 76-85, 2001.

WOLEVER, T. M. S. **Carboidratos de digestión lenta: beneficios de una alimentación com bajo índice glicêmico**. Danone Nutritopics [periódico eletrônico] 2004. Acesso em 27 de out 2008; (28). Disponível em: [http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MA003\\_diglentaglicemiaWSF.pdf](http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MA003_diglentaglicemiaWSF.pdf)

ZABALA, J.D. GLUCON: **The hypoglycemic activity of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tubers on alloxan-induced mice (*mus musculus*)**. 16<sup>TH</sup> INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL PROJECT OLYMPIAD. Quezon City Science High School (Regional Science High School for NCR), ISTANBUL, TURKEY, 2008.

ZHENG, S.; STEENHOUT, P.; KUIRAN, D.; QIHONG, W, WEIPING, W. Nutritional support of pediatric patients with cancer consuming an enteral formula with fructooligosaccharides. **Nutrition Research**, v. 26, p.154-62, 2006.

ZULETA, A.; SAMBUCETTI, M. E. Fructanos: características estructurales y metodología analítica. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. (eds). **Carboidratos en Alimentos Regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 648p. 2006.



# *Apêndices*

## APÊNDICE 1

### Ficha de Análise Descritiva (Teste de Threshold)

#### Teste de “Threshold” (Reconhecimento)

Provedor: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

#### Instruções:

Você está recebendo uma série de amostras apresentando sabores com concentrações diferentes. Deguste cuidadosamente cada uma delas, compare com o padrão e coloque um “X” na coluna apropriada, de acordo com o sabor reconhecido.

Código das amostras	Sabor não identificado	Ácido	Amargo	Salgado	Doce
21					
34					
06					
49					
45					
15					
29					
57					
36					
70					
22					
18					

Observação: \_\_\_\_\_

**PREPARO DOS TAMPÕES PARA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE GLICÊMICO**

- **Solução Tampão KCl – HCl pH = 1,5**

KCl 0,2M  
50 mL

HCl 0,2 M  
41,5 mL

Volume final = 200 mL

- **Solução Tampão Tris-Maleato (Trihidroximetilaminometano) 0,1M pH = 6,9**

24,2 g de TRIS + 23,2 g de ácido málico /L

Tomar 25 mL + NaOH 0,2M para corrigir o pH a 6,9

Colocar em balão de 100 mL e completar com água destilada para 200 mL.

- **Solução Tampão ácido acético-acetato pH = 4,75**

Solução A (acetato de sódio 0,1M)

Acetato de sódio hidratado: 13,6g/L

Acetato de sódio não hidratado: 8,204 g/L

Solução B (ácido acético 0,1M)

Ácido acético: 5,8 mL/L

56,6 mL da solução A + 43,4 mL da solução B

# *Anexo*



**Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**

Orgão de Utilidade Pública

Lei Municipal No. 4919 de 31/08/1979 - Fundada em 08/04/1967

Av. Brasil, 2880  
Caixa Postal 271  
13001-970 - Campinas/SP

C.G.C: 46.113.742/0001-24  
Fone/Fax: (019)3241-0527  
Fone: (019)3241-5793

Campinas, 01 de Dezembro de 2008

### ARTIGO SUBMETIDO PARA PUBLICAÇÃO

Informamos que o artigo: PERFIL SENSORIAL DE BOLOS DE CHOCOLATE FORMULADOS COM FARINHA DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*), submetido para publicação na **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, foi cadastrado com o número 3656-08 e se encontra em avaliação.

**Autores:** Vivianne Montarroyos Padilha; Priscilla Moura Rolim; Silvana Magalhães Salgado; Alda Souza Livera; Samara Alvachian Cardoso Andrade

Atenciosamente,

DIRETORIA DE PUBLICAÇÕES/SBCTA

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)