

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS ALIMENTOS**

**Camila Giacomelli da Silva**

**AVALIAÇÃO QUÍMICA E ANTIOXIDANTE DA FARINHA DE YACON  
(*Smallanthus sonchifolius*) E SUA APLICAÇÃO NA  
ELABORAÇÃO DE HAMBÚRGUER**

**Santa Maria, RS**

**2016.**

**Camila Giacomelli da Silva**

**AVALIAÇÃO QUÍMICA E ANTIOXIDANTE DA FARINHA DE YACON  
(*Smallanthus sonchifolius*) E SUA APLICAÇÃO NA  
ELABORAÇÃO DE HAMBÚRGUER**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Alimentos, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.**

**Orientador: Prof. Dr. Ernesto Hashime Kubota**

**Santa Maria, RS**

**2016**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Giacomelli da Silva, Camila  
AVALIAÇÃO QUÍMICA E ANTIOXIDANTE DA FARINHA DE YACON  
(Smallanthus sonchifolius) E SUA APLICAÇÃO NA  
ELABORAÇÃO DE HAMBÚRGUER / Camila Giacomelli da Silva.-  
2016.

77 p.; 30cm

Orientador: Ernesto Hashime Kubota  
Coorientadora: Patrícia Medianeira Grigoletto Londero  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-  
Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, RS, 2016

1. Farinha da yacon (Smallanthus sonchifolius) 2.  
Hambúrguer 3. Fibra alimentar 4. Produtos cárneos com  
redução de gordura I. Hashime Kubota, Ernesto II.  
Medianeira Grigoletto Londero, Patrícia III. Título.

---

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Camila Giacomelli da Silva. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Rua Eng. Agro. Armando Ribas, n. 35, Bairro Tancredo Neves, Santa Maria, RS.  
CEP: 97032-150.

Fone (0xx)55 9172 6139; E-mail: camilagiacomellicgs@gmail.com

**Camila Giacomelli da Silva**

**AVALIAÇÃO QUÍMICA E ANTIOXIDANTE DA FARINHA DE YACON  
(*Smallanthus sonchifolius*) E SUA APLICAÇÃO NA  
ELABORAÇÃO DE HAMBÚRGUER**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Alimentos, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.**

**Aprovado em 25 de maio de 2016:**

---

**Ernesto Hashime Kubota, Dr. UFSM.**  
(Presidente/orientador)

---

**Patrícia M. G. Londero, Dr<sup>a</sup>. UFSM.**  
(Co-orientadora)

---

**Cláudia Severo da Rosa, Dr<sup>a</sup>, UFSM.**

---

**Tiffany Prokopp Hautrive, Dr<sup>a</sup>, HGUSM.**

**Santa Maria, RS**

**2016**

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico este estudo para o meu pai Evandir Leal da Silva (In memorian),  
minha mãe Vanusa Giacomelli e meu marido Jonathas W. A. Lemos.  
Obrigada por toda dedicação, compreensão e esforço!*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por sempre guiar os meus passos, dar-me força e compreensão das etapas a serem concluídas.

Ao meu pai Evandir Leal da Silva (*In memoriam*) por todo esforço, dedicação, sabedoria e amor nesse tão pouco tempo de convívio.

A minha mãe Vanusa Giacomelli por ser o meu alicerce, nunca me deixar desistir e por sempre me ensinar a lutar por meus ideais.

Ao meu marido Jonathas W. A. Lemos pelo amor, compreensão e incentivo.

Aos Prof. Dr. Ernesto H. Kubota e Prof. Dr<sup>a</sup>. Patrícia M. G. Londero por todos os ensinamentos, orientações e pela oportunidade da continuidade de qualificação profissional.

À Prof. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Severo da Rosa e Dr<sup>a</sup>. Tiffany Hautrive que aceitaram participar da comissão examinadora e pelas valiosas contribuições.

A Prof. Dr<sup>a</sup>. Rosa Cristina Prestes pela doação dos materiais e considerações para o desenvolvimento do trabalho.

A minha colega de trabalho, Angela Souza Rodrigues, que neste tempo todo de convívio mostrou-se incentivadora para concretização deste estudo e uma grande amiga para vida.

Aos colaboradores Marialene Manfio, Magé Amaral, Vanessa Viera e Natiéli Piovesan por toda ajuda com materiais, nas análises, e principalmente agradecer a paciência em todos os ensinamentos.

Quellen Ribeiro e Verônica Trost pela colaboração na realização das análises.

A Universidade Federal de Santa Maria e aos os professores do PPGCTA pela contribuição com a minha formação.

Ao CNPQ pela concessão da bolsa de mestrado para realização desta pesquisa.

Por fim, meus sinceros agradecimentos por terem contribuído com a minha formação profissional e pessoal. Muito obrigada!

## RESUMO

### AVALIAÇÃO QUÍMICA E ANTIOXIDANTE DA FARINHA DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*) E SUA APLICAÇÃO NA ELABORAÇÃO DE HAMBÚRGUER

AUTORA: Camila Giacomelli da Silva

ORIENTADOR: Dr. Prof. Dr. Ernesto Hashime Kubota

CO-ORIENTADORA: Prof. Dr<sup>a</sup>. Patrícia Medianeira Grigoletto Londero

Considerando-se a demanda por alimentos de rápido e fácil preparo, as comunidades industriais/científicas vêm avançando no desenvolvimento de novos produtos, que além de atenderem a essa demanda, possam oferecer vantagens à saúde do consumidor. Desta forma, este estudo teve como objetivo caracterizar a composição química, quantificar os fenólicos e flavonoides, avaliar os potenciais antioxidante e antimicrobiano da farinha da yacon (*Smallanthus sonchifolius*) e desenvolver hambúrgueres com redução de gordura e adição de fibra alimentar. Foram realizadas análises na farinha da yacon da sua composição química, potencial antioxidante (métodos para compostos fenólicos, flavonoides, Radical ABTS<sup>+\*</sup>, DPPH e FRAP) e antimicrobiano. Para os hambúrgueres foi realizado um planejamento fatorial 2<sup>3</sup> com variações de gordura suína (10, 15 e 20%), farinha da yacon (0, 4,5 e 9%) e eritorbato de sódio (0, 0,1 e 0,2%), assim apresentando 9 formulações e repetições no PC (HY9, HY10 e HY11). As análises foram realizadas durante 120 dias (0, 30, 60, 90 e 120 dias), avaliando a oxidação lipídica (TBARS), pH, atividade de água e cor. Ainda, analisou-se parâmetros tecnológicos e sensoriais. Os resultados mostraram que a farinha da yacon apresenta 3,2% de umidade, 3,17% de cinzas, 1,04% de proteína, 0,98% de extrato etéreo, 74,25% de fibra alimentar total (15,00% de fibra insolúvel, 1,84% de fibra solúvel, 45,45% de FOS e 11,96% de inulina), 1,84% de amido, 6,35% de frutose, 4,4% de glicose e 6,07% de sacarose. Os fenólicos totais encontrado no extrato aquoso foi de 39,21 mg EAG/g e no extrato hidroetanólico foi de 77,24 mg EAG/g. Quanto aos flavonoides totais, o extrato aquoso apresentou 2,66 mg EQ/g e o tratamento hidroetanólico apresentou 15,11 mg EQ/g. Em relação ao potencial antioxidante os valores encontrados de IC<sub>50</sub> pelo método de DPPH foram de 20,32 mg/g<sup>-1</sup> e 2,42 mg/g<sup>-1</sup>, respectivamente para aquoso e hidroetanólico. Os resultados de FRAP para o extrato aquoso foi de 0,99 μmol/TEAC.g<sup>-1</sup> e para hidroetanólico foi de 7,33 μmol/TEAC.g<sup>-1</sup>. O radical ABTS<sup>\*+</sup> no extrato aquoso foi de 1,12 μmol/TEAC.g<sup>-1</sup> e no hidroetanólico foi de 4,11 μmol/TEAC.g<sup>-1</sup>. O extrato hidroetanólico apresentou os melhores resultados para os compostos bioativos analisados, bem como melhor potencial antioxidante avaliado por diferentes técnicas. Os extratos não apresentaram atividade antimicrobiana. Verificou-se na farinha da yacon presença de carboidratos não digeríveis (74,25%), principalmente na forma de FOS e inulina, e também capacidade antioxidante, que trariam benefícios nutricionais e fisiológicos quando ingeridos regularmente. As análises químicas dos hambúrgueres mostraram que os tratamentos com maior concentração de farinha da yacon e gordura apresentaram menor umidade (41,95 e 42,91%), para cinzas encontraram-se valores de 4,09 a 4,91%, proteínas 19,30 a 22,20%, e conseguiu-se elaborar formulações com redução de gordura sem que apresenta-se insatisfação pelos provadores da análise sensorial e os hambúrgueres com maior adição de farinha da yacon (9%) podem ser classificados como fonte em fibras. Na vida de prateleira os resultados de TBARS mostraram

que a farinha não contribuiu com a oxidação, mas não agiu como antioxidante. Quanto ao pH houve aumento em todos os tratamentos e a atividade de água apresentou diminuição quando adicionado a farinha da yacon. Os resultados microbiológicos estão dentro do exigido pela legislação. Na análise sensorial os hambúrgueres apresentaram nota 5, escore “gostei” na escala estruturada de 7 pontos em todos os atributos avaliados e nos dois dias testados (10 e 90 dias). Além disso, a farinha da yacon contribuiu no rendimento e no menor encolhimento dos hambúrgueres.

**Palavras-chave:** Fibras alimentares. Farinha da yacon (*Smallanthus sonchifolius*). Hambúrguer. Redução de gordura.



## ABSTRACT

### AVALIATION OF CHEMICAL AND ANTIOXIDANT YACON FLOUR (*Smallanthus sonchifolius*) AND ITS APPLICATION IN BURGER OF PREPARATION

AUTHOR: Camila Giacomelli da Silva  
ADVISOR: Dr. Prof. Dr. Ernesto Hashime Kubota  
CO-ADVISOR: Prof. Dr<sup>a</sup>. Patrícia Medianeira Grigoletto Londero

Considering the demand for fast and easy food preparation, industrial/scientific communities are advancing the development of new products, as well as meet this demand, can offer advantages to consumer health. Thus, this study aimed to characterize the chemical composition, quantify the phenolic and flavonoid, evaluate the antioxidant and antimicrobial potential of yacon flour (*Smallanthus sonchifolius*) and develop burgers with fat reduction and addition of dietary fiber. Analyses were performed in flour yacon of its chemical composition, antioxidant potential (methods for phenolic compounds, flavonoids, ABTS<sup>\* +</sup> Radical, DPPH and FRAP) and antimicrobial. For the burgers was made a 2<sup>3</sup> factorial design, with variations fat swine (10, 15 and 20%), flour of yacon (0, 4.5 and 9%) and sodium erythorbate (0, 0.1 and 0.2%), thus presenting 9 formulations and repetitions on the PC (HY9, HY10 and HY11). The analyzes were performed for 120 days (0, 30, 60, 90 and 120), assessing lipid oxidation (TBARS), pH, water activity and color. Still, it was examined technological and sensory parameters. The results showed that the flour yacon has 3.2% moisture, 3.17% ash, 1.04% protein, 0.98% ether extract, 74.25% total dietary fiber (15.00 % insoluble fiber, soluble fiber of 1.64%, 45.45% and 11.96% FOS and inulin), 1.84% starch, 6.35% fructose, 4.4% glucose and 6.07% sucrose. Total phenolics found in the aqueous extract was 39.21 mg GAE/g and hydroethanol extract was 77.24 mg GAE/g. As for total flavonoid, the aqueous extract showed 2.66 mg EQ/g and hydroethanol treatment showed 15.11 mg EQ/g. In relation to the antioxidant potential IC<sub>50</sub> values found by DPPH method were 20.32 mg/g and 2.42 mg/g, respectively for aqueous and hydroethanolic. The results of FRAP to aqueous o extract was 0.99  $\mu\text{mol}/\text{TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$  and hydroethanolic was 7.33  $\mu\text{mol}/\text{TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$ . The ABTS<sup>\* +</sup> radical in the aqueous extract was 1.12  $\mu\text{mol}/\text{TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$  and hydroethanol was 4.11  $\mu\text{mol}/\text{TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$ . The hydroethanol extract showed the best results for bioactive compounds analyzed, and best antioxidant potential measured by different techniques. The extracts showed no antimicrobial activity. It was found in flour yacon presence of non digestible carbohydrates (74.25%), mainly in the form of FOS and inulin, and also antioxidant capacity, which would bring nutritional and physiological benefits when ingested regularly. The chemical analysis of the burgers have shown that treatments with higher concentrations of the yacon flour and fat had lower moisture (41.95 and 42.91%) to ashes met values from 4.09 to 4.91%, protein 19.30 to 22.20%, and it was possible to prepare formulations with reduced fat without presents discontent by the panel of sensory analysis and burgers adding more flour yacon (9%) may be classified as sources in fiber 100 g of product. On the shelf life of the results of TBARS showed that the meal did not contribute to the oxidation but did not act as an antioxidant. The pH was increased in all treatment and showed a decrease water activity when added to flour yacon. Microbiological results are within the required by brasilian law. The sensorial analysis showed the burgers note 5, score "liked" on structured 7-point scale in all attributes evaluated

and tested two days (10 and 90 days). Moreover, the flour yacon contributed yield and lower shrinkage of burgers.

**Keywords:** Dietary fiber. yacon flour (*Smallanthus sonchifolius*). Burger. Reduction of fat.

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

Tabela 1	Resultados da caracterização química da farinha da batata yacon ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ).....	35
Tabela 2	Resultados encontrados para fenólicos totais, flavonoides, IC <sub>50</sub> , FRAP e Radical ABTS* <sup>+</sup> para os extratos aquoso e hidroetanólico da farinha da yacon ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ).....	39

### ARTIGO 2

Tabela 1	Ingredientes variáveis nas formulações dos hambúrgueres.....	49
Tabela 2	Composição química dos hambúrgueres adicionados de farinha da yacon ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ) em 100 g do produto.....	55
Tabela 3	Resultados da avaliação da oxidação pelo teste de TBARS (mg/MDA/Kg de amostra) dos hambúrgueres elaborados com diferentes concentrações de farinha da yacon, gordura suína e eritorbato de sódio durante 120 dias de armazenamento sob congelamento.....	56
Tabela 4	Resultados da atividade de água (Aa) e potencial hidrogeniônico (pH) dos hambúrgueres elaborados com diferentes concentrações de farinha da yacon, gordura suína e eritorbato de sódio durante 120 dias de armazenamento sob congelamento.....	57
Tabela 5	Resultados das coordenadas da cor ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ , $C^*$ e $h^\circ$ ) dos hambúrgueres elaborados com diferentes concentrações de farinha da yacon, gordura suína e eritorbato de sódio durante 120 dias de armazenamento sob congelamento.....	58
Tabela 6	Resultados da análise sensorial dos hambúrgueres elaborados com diferentes concentrações de farinha da yacon, gordura suína e eritorbato de sódio, nos dias 10 e 90 de armazenamento sob congelamento.....	61
Tabela 7	Resultados do encolhimento (%) e rendimento (%) nos hambúrgueres elaborados com diferentes concentrações de farinha da yacon gorduras suína e eritorbato de sódio sob congelamento.....	62

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABTS <sup>•+</sup>	Radical 2,2-azino-bis- (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
AG	Ácido gálico
ANOVA	Análise de variância univariada
AOAC	Association of Oficial Chemists
BHA	Butilhidroxianisol
BHT	Butilhidroxitolueno
Cu <sub>2</sub> O	Óxido de cobre
DM	Diabetes <i>mellitus</i>
DPPH	1,1- difenil-2-picrilhidrazil
EAG	Equivalentes de ácido gálico
EQ	Equivalentes de quercitina
ET	Equivalentes de Trolox
HCl	Ácido clorídrico
HGUSM	Hospital de Guarnição de Santa Maria
HPLC	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
IC <sub>50</sub>	Concentração inibitória de 50%
IG	Índice glicêmico
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
Fe	Ferro
FH	Frutano hidrólise
FOS	Fruto-oligossacarídeos
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
GP	Grau de polimerização
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<i>L</i> *	Luminosidade, variando de 0 (preto) até 100 (branco)
<i>a</i> *	Varição entre a cor vermelha (+a) e a verde (-a*)
<i>b</i> *	Varição entre a cor amarela (+b*) e o azul (-b*)
<i>C</i> *	Saturação
<i>h</i> <sup>o</sup>	Ângulo de tonalidade
OMS	Organização Mundial da Saúde
NaCl	Cloreto de sódio
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Carbono de sódio
NaNO <sub>2</sub>	Nitrito de sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
PG	Propil galato
pH	Potencial hidrogeniônico
PVDF	Decafluoreto de polivinil
RS	Rio Grande do Sul
TBA	Ácido 2- tiobarbitúrico
TBARS	Substâncias reativas ao ácido 2- tiobarbitúrico
TBHQ	Tercbutilhidroquinona
TPTZ	Tripiridithiazina
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria

## APÊNDICES

<b>APÊNDICE A</b> – Termo de consentimento livre e esclarecido apresentado aos participantes da análise sensorial.....	75
<b>APÊNDICE B</b> – Ficha para avaliação da análise sensorial dos hambúrgueres elaborados.....	77

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
3.1. ALIMENTOS FUNCIONAIS .....	17
3.1.1. PROPRIEDADES DA BATATA YACON ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ) .....	18
3.1.1.1. FRUTO-OLIGOSSACARÍDEO (FOS) E INULINA .....	20
3.2. PRODUTOS CÁRNEOS COM FIBRAS ALIMENTARES E BAIXO TEOR DE GORDURA .....	21
3.2.1. HAMBÚRGUER .....	22
3.3. OXIDAÇÃO LIPÍDICA .....	23
3.3.1. ANTIOXIDANTES .....	24
<b>4. ARTIGOS CIENTÍFICOS</b> .....	<b>26</b>
4.1. ARTIGO CIENTÍFICO 1 .....	26
4.2. ARTIGO CIENTÍFICO 2 .....	46
<b>5. CONCLUSÃO GERAL</b> .....	<b>68</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>69</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por produtos funcionais oferece grandes oportunidades para a indústria de carnes. A nova tendência da alimentação vem ao encontro do que os consumidores estão buscando: carnes e produtos cárneos mais saudáveis. Além disso, a necessidade de alimentos no mundo tem motivado pesquisadores a buscarem fontes alternativas a fim de enriquecer nutricionalmente alimentos industrializados e torná-los viáveis economicamente (ZHANG et al., 2010; KHAN et al., 2011).

Dentre os alimentos funcionais, estão os adicionados ou com presença natural de fibras alimentares. A adoção de uma dieta rica em fibras pode contribuir para diminuição das concentrações de lipídios séricos e dos níveis de adiposidade corporal e, ainda, baixar a incidência de doenças cardiovasculares, diabetes *mellitus* e certos tipos de câncer, além de uma maior expectativa de vida (OLIVEIRA et al., 2013; FRUET et al., 2014).

Em decorrência desses fatores, é cada vez mais evidente a utilização de fibras alimentares em diferentes alimentos, bem como em produtos cárneos, pois essas também são almeçadas por suas propriedades tecnológicas e econômicas, pois possuem funções de formar géis, reter água e gordura, aumentar a viscosidade e influenciar na textura (DIPENMAAT-WOLTERS, 2003; MUDGIL; BARAK, 2013). Neste sentido, diversas pesquisas têm se realizado com a finalidade de adicionar fibras e reduzir o teor de gordura em hambúrgueres (PINHO et al., 2011; SAYAGO-AYERDI, 2009; HAUTRIVE, 2014; VIDAL; PRESTES, 2014).

Conjuntamente ao interesse das comunidades industrial e científico em formular produtos cárneos com características que tragam benefícios à saúde dos consumidores, há preocupação com a vida útil dos alimentos. A oxidação lipídica é o principal processo que afeta a vida útil, influenciando na qualidade nutricional e sensorial dos alimentos (KARRE et al., 2013). Assim, podem ocorrer mudanças na composição lipídica, interações entre os produtos de oxidação e de proteínas, alterações na capacidade de retenção de água, textura, cor, sabor e aroma do produto, bem como a formação de substâncias tóxicas (BUCLEY et al., 1995; CASAROTTO, 2013.)

Com o propósito de inibir ou retardar a formação de radicais livres, evitar a rancificação, garantir maior estabilidade da cor e estender a vida de útil dos alimentos, se faz uso de substâncias com propriedades antioxidantes (ISMAIL et al., 2010; CASAROTTO, 2013). O componente com essa ação pode ser sintético ou natural, sendo que os de maior

utilização na indústria de alimentos são os de natureza sintética. Contudo, a segurança de alguns antioxidantes comerciais vem sendo discutida, pois existem estudos demonstrando que os mesmos podem favorecer efeitos mutagênicos e carcinogênicos (MERCADANTE et al., 2010; LI et al., 2013).

Considerando-se esse fator relevante, têm-se dirigido pesquisas no sentido de encontrar produtos naturais com atividade antioxidante (HIGREEVA et al., 2014), que possam substituir parcial ou totalmente os sintéticos (MERCADANTE et al., 2010; SELANI et al., 2011).

Além disso, estudos recentes têm evidenciado a potencialidade antioxidante dos compostos presentes nesse tubérculo, mostrando existir uma quantidade considerável de compostos fenólicos como (ácido clorogênico, ácido ferúlico e ácido caféico) (OLIVEIRA, 2010; ALBUQUERQUE e ROLIM, 2011; REIS, 2011). Além desses, foram identificados quercetina e outros flavonoides, tanto nas folhas e no tubérculo (OLIVEIRA, 2010), como também, mecanismos de defesa com a finalidade antimicrobiana (ARNÃO, et al., 2011).

Neste cenário, surge a batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*), tubérculo originário das regiões andinas, que foi introduzido no Brasil no início dos anos 90. Desperta interesse por ser considerado um alimento funcional pelo seu conteúdo de substâncias, como fruto-oligossacarídeos (FOS) e inulina, obtendo a ação das fibras solúveis, atuando como fonte de prebióticos (ROSA et al., 2010; BORGES et al, 2012). Apresenta baixo índice glicêmico e baixo poder calórico, tornando-o um alimento alternativo na dieta de diabéticos (BORGES et al, 2012) e importante no ponto de vista tecnológico (ROLIM et al., 2010).

Baseado neste contexto verifica-se um grande potencial a utilização da farinha da yacon como um ingrediente funcional na elaboração de hambúrguer de carne bovina e suína.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Este estudo obteve como objetivo avaliar a composição química, a capacidade antioxidante e antimicrobiana da farinha da batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*) e sua aplicação em hambúrgueres com redução de gordura e adição de fibra alimentar.



### 2.1.1. Objetivos específicos

- Determinar as características químicas e compostos bioativos da farinha da batata de yacon (*smallanthus sonchifolius*);
- Avaliar a atividade antimicrobiana e avaliar a atividade antioxidante *in vitro* da farinha da batata yacon (*smallanthus sonchifolius*) através dos extratos aquoso e hidroetanólico;
- Desenvolver formulações de hambúrgueres variando as concentrações de gordura, farinha da batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*) e antioxidante sintético;
- Determinar a composição centesimal dos hambúrgueres;
- Avaliar a estabilidade lipídica, microbiológica, cor, pH e atividade de água dos hambúrgueres durante a vida de prateleira;
- Avaliar a aceitação sensorial;
- Analisar o rendimento por cocção e porcentagem de encolhimento.

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1. ALIMENTOS FUNCIONAIS

O termo “alimentos funcionais” surgiu no Japão em 1980, e evidenciam que são alimentos que além de atender as necessidades nutricionais básicas cumprem efeitos fisiológicos favoráveis (HAUTRIVE, 2014). Sendo considerado como funcional se for demonstrado de maneira satisfatória que possa agir de forma benéfica em uma ou mais funções do corpo, além de adequar à nutrição e de certo modo, melhorar a saúde e bem-estar, ou reduzir o risco de doenças (RIBEIRO, 2008).

De acordo com a Portaria n.º 18 de 30 de abril de 1999, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde do Brasil, define-se como funcional “Todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos, fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica” (BRASIL, 1999).

Destacam-se como alimentos funcionais: fibras, ácidos graxos poli-insaturados, fitoquímicos, peptídeos ativos, prébióticos (inulina ou fruto-oligossacarídeos) e os probióticos (*Lactobacillus acidophilus, casei, bulgaricus e lactis*) (CHINELATE, 2008).

No cenário de produção de produtos cárneos, em razão do aumento do consumo, combinado à necessidade de produzir alimentos saudáveis e com boa aceitabilidade, incrementaram-se os estudos na incorporação de componentes funcionais nesses produtos, com finalidades de oferecer benefícios adicionais à saúde e nutrição básica, o que os torna reconhecidos como alimentos funcionais (HAO; BETA, 2012). Entretanto, além desses benefícios, os consumidores esperam que os produtos novos não obtenham diferença no sabor, cor e odor, da mesma forma como produtos cárneos tradicionais (SIRÓ et al., 2008).

Um produto para ser considerado como fonte de fibra alimentar deve apresentar 3 g fibra em 100g de produto sólido e rico em fibra alimentar quando o teor mínimo for de 6g em 100g de produto sólido (BRASIL, 2012). Podendo a empresa industrializadora mencionar na embalagem que “As fibras alimentares auxiliam no funcionamento do intestino. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada” (BRASIL, 1999).

Nesse contexto, surge a farinha da batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*) com a hipótese de ser considerado um alimento funcional pelo seu conteúdo de substâncias funcionais com os fruto-oligossacarídeos (FOS) e inulina, os quais atuam como fibra solúvel, além da presença de compostos fenólicos e flavonoides que possuem atividade antioxidante no organismo humano (RIBEIRO, 2008).

### 3.1.1. PROPRIEDADES DA BATATA YACON (*Smallanthus sonchifolius*)

A yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é um tubérculo de origem andina, pertencente à família *Asteraceae* (OLIVEIRA; NISHIMOTO, 2005; SANTANA; CARDOSO, 2008). Sendo que, o tamanho da planta pode variar de 1,5 a 3 m, originando um sistema de raiz composto de 4 a 20 tubérculos (RODRIGUES, 2011). As batatas da yacon têm formatos variáveis, mas geralmente são grossas, fusiformes ou ovaladas e podem variar consideravelmente com relação ao sabor (geralmente adocicado), tamanho e cor. Diferentes fatores, como a variedade, o tipo de solo e a localidade, entre outros, podem influenciar na forma e no tamanho das raízes (OLIVEIRA, 2010; ALMEIDA, 2011).

Durante o cultivo desta raiz, têm sido constatadas vantagens para os produtores e o meio ambiente, por causa da sua adaptabilidade a diferentes tipos de condições climáticas. Desse modo, também há interesse mundial na ingestão desse vegetal, devido às propriedades funcionais e dietéticas desta cultura, havendo razão para ser explorada e aplicada nos níveis tecnológicos e científicos (SANTANA; CARDOSO, 2008; ALMEIDA, 2011).

As raízes da yacon tem uma composição química de cerca de 80 a 90% de umidade, o restante, têm sido alvo de atenção de pesquisadores, visto que apresentam compostos bioativos de importância à saúde humana e uma composição química peculiar, com altas concentrações de carboidratos na forma de FOS (40 a 70%) e inulina (até 15%) de matéria seca (SILVA, 2007; RIBEIRO, 2008; BORGES, 2012). Essas substâncias atuam como fibra alimentar solúvel e prebiótica, ou seja, com resistência aos processos de digestão e absorção. São fermentados pela microbiota intestinal, estimulam seletivamente o crescimento e/ou atividade de uma ou de um número limitado de bactérias dentro do sistema gastrointestinal, alterando a microbiota colônia para uma composição mais saudável (OLIVEIRA, 2010; ROSA et al., 2010; RODRIGUES et al., 2011; BORGES et al, 2012).

Na raiz da yacon ressalta-se, além disso, como propriedade o mecanismo antioxidante, confirmando-se a presença de compostos fenólicos (cerca de 200 mg 100g<sup>-1</sup> de matéria fresca comestível) como ácido clorogênico, ácido ferúlico e ácido caféico, tanto nas folhas como nas batatas da yacon (SANTANA; CARDOSO, 2008; OLIVEIRA, 2010). Mais, quercitina e outros flavonoides (OLIVEIRA, 2010), como também fitoalexinas com atividade fungicida (SILVA, 2007).

Conjuntamente, podem-se frisar os benefícios para a saúde relacionados à batata, sendo o efeito não cariogênico, o valor energético reduzido (pelo fato do teor elevado de água), a inibição dos estágios iniciais do câncer de cólon e a diminuição da velocidade de absorção dos açúcares (SANTANA; CARDOSO, 2008; OLIVEIRA, 2010).

A raiz da yacon é utilizada atualmente em dietas específicas para diabéticos e obesos (ALBUQUERQUE; ROLIM, 2011; BORGES et al, 2012). Pois, A ingestão confere maior saciedade aos consumidores, auxiliando na perda de peso e na redução da circunferência abdominal, atrelado ao baixo teor de amido e alto teor de FOS. Entretanto, essas condições se conseguem com o consumo prolongado, relacionando com uma melhora na sensibilidade à insulina, sendo um importante fator para pacientes com Diabetes *mellitus* (DM) (GENTA et al., 2009).

A yacon in natura tem um índice glicêmico baixo, sendo assim mais adequada para pacientes com DM. Além disso, o consumo do extrato e da farinha desse tubérculo por paciente com DM, resulta em uma estabilização dos níveis glicêmicos. Assim como pode apresentar efeitos hipoglicemiantes (OLIVEIRA et al., 2009).

### 3.1.1.1. FRUTO-OLIGOSSACARÍDEO (FOS) E INULINA

Os FOS são carboidratos pertencentes ao grupo dos polissacarídeos da classe dos frutanos, são de ocorrência natural e sua biossíntese ocorre amplamente na natureza (TEIXEIRA, 2010). Consistem de moléculas de sacarose, adicionais de duas ou três subunidades de frutose, adicionadas enzimaticamente, através de ligação  $\beta$  (2 $\rightarrow$ 1) à subunidade frutose e sacarose (PIHLER, 2009).

Atuam como prebióticos, em razão da resistência às enzimas salivares e digestivas, pela sua configuração molecular, não sendo digeridas pelo organismo humano, chegando ao sistema gastrointestinal intacto, podendo assim ser fermentados pelas bactérias anaeróbicas presente no intestino, chamadas de *Bifidobactérias*, desempenhando papel funcional no organismo humano destruindo as bactérias maléficas para o funcionamento do organismo (PIHLER, 2009; TEIXEIRA, 2010; OLIVEIRA, 2010; BORGES et al., 2012).

A literatura tem demonstrado as propriedades funcionais dos FOS como redução dos níveis de colesterol e do teor de glicose sanguíneos, redução na pressão sanguínea e melhor absorção do cálcio e do magnésio (SILVA, 2007).

Para a indústria de alimentos, em geral, os FOS têm sido relacionados a efeitos benéficos na saúde humana, que seriam a não cariogenicidade, valor energético reduzido, redução dos lipídios no sangue, aumento da absorção de minerais como cálcio, magnésio e ferro, inibição dos estágios iniciais do câncer de colón, fonte importante de frutose, adoçante dietético, muito adequado para diabéticos e obesos, e efeito hipoglicemiante (OLIVEIRA et al., 2009; PIHLER, 2009).

A inulina, da mesma forma é um carboidrato pertencente ao grupo de polissacarídeos chamados frutanos, composto por uma cadeia principal de unidades de frutose, unidas por ligações  $\beta$  (2,1) frutofuranosídicas, com uma unidade de glicose terminal (ALMEIDA, 2011).

Esse carboidrato, além de não fornecer calorias significativas, ainda auxilia na digestão (ALMEIDA, 2011), atua no organismo de maneira similar às fibras dietéticas,

contribuindo para melhorar as condições do sistema gastrointestinal, desempenhando-se como prebiótico (OLIVEIRA et al., 2004).

Ressalta-se tecnologicamente, pois seu sabor é neutro e ligeiramente doce. E ainda, permite-se a substituição de quantidades significativas de gordura e ajuda a enriquecer as características organolépticas dos alimentos agregando sabor aos produtos (PIHLER, 2009; ALMEIDA, 2011). Além disso, é um modificador reológico e pode ser utilizado para otimizar a textura em sistemas de alimentos. As propriedades de um gel podem ser aumentadas e otimizadas através de outros ingredientes como gomas e surfactantes (OLIVEIRA et al., 2004).

Portanto, esses compostos vêm sendo empregados na indústria alimentícia na classe de alimentos funcionais, como prebióticos, pois conferem efeitos fisiológicos positivos no metabolismo humano que os enquadram como tal (PIHLER, 2009) e ainda são favoráveis tecnologicamente para o desenvolvimento de produtos (TONELI et al., 2008).

### 3.2. PRODUTOS CÁRNEOS COM FIBRAS ALIMENTARES E BAIXO TEOR DE GORDURA

As fibras alimentares são amplamente pesquisadas em virtude de suas vantagens na sua ingestão, ressaltando a redução de colesterol sanguíneo, melhorias na função do intestino grosso (colaborando desta forma para a prevenção ou redução de doenças intestinais), diminuição da glicemia pós-prandial, diabetes do tipo 2 e diminuição do risco de doença cardíacas (KENDALL et al., 2010; MUDGIL; BARAK, 2013).

Além do mais, as fibras influenciam nas propriedades reológicas de produtos (MUDGIL; BARAK, 2013) conferindo características de solubilidade, viscosidade, formação de gel, capacidade de retenção de água e aumento de volume através de associação entre moléculas (CUMMINGS; STEPHEN, 2007; MUDGIL; BARAK, 2013).

Fibras dietéticas podem ser aplicadas em produtos alimentares processados com duplo propósito: não só para incrementar o teor de carboidrato não digestível, mas também para colaborar com a viscosidade, a textura, as características organolépticas e a vida de prateleira de produtos alimentares (IZYDORCZYK; DEXTER, 2008; EL KHOURY et al., 2012; MUDGIL; BARAK, 2013). Muitos subprodutos da indústria de alimentos são ricos em fibras e podem servir como fonte de fibra para incorporação em alimentos processados. Os produtos,

subprodutos ou resíduos que contenham níveis significantes de fibras podem ser utilizados para substituição de farinha e gordura, melhora da retenção de água e emulsão de óleo. Deve-se frisar que as fibras não podem ser adicionadas em grandes, uma vez que o excesso de fibra pode trazer características indesejáveis na cor e textura dos alimentos (MUDGIL; BARAK, 2013).

Experimentos sobre o uso de substitutos de gorduras em produtos cárneos vêm sendo desenvolvidos. Hautrive (2014) elaborou hambúrgueres de carne adicionados de fibras de quitosana (4%), farinha de linhaça dourada integral (7,5%) e desengordurada (7,5%), Rocha (2015) desenvolveram formulações de hambúrgueres com adição de fibras de ervilha e Londero et al., (2015) desenvolveu formulação de almôndega adicionando (25,44%) farinha de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Obtendo os três experimentos mencionados produtos com características funcionais, através da adição de fibras e aceitos sensorialmente pelos consumidores.

Sayago-Ayerdi (2009) aponta que adição de níveis de 2% de farinhas enriquecidos com fibras alimentares, podem ser adicionados sem impacto negativo na qualidade sensorial. Outro estudo indica que a adição de mais de 10% de fibra alimentar não causa impacto significativo na análise sensorial de hambúrgueres (PINHO et al., 2011). Não há consenso quanto à quantidade máxima de incorporação de fibra em diferentes produtos cárneos, o excesso de fibra pode trazer alterações nas características sensoriais do produto, como alterações indesejáveis na cor e textura dos alimentos (MUDGIL; BARAK, 2013).

### 3.2.1. HAMBÚRGUER

O hambúrguer é atualmente, um dos alimentos produzidos em larga escala no Brasil, com crescente consumo por pessoas de todas as idades (AKESOWAN, 2010). Este produto tem feito parte do hábito alimentar de muitos países, em virtude de suas características sensoriais e por ser um produto de fácil preparo, estar presente em redes de *fast food*, e por apresentar elevado teor de lipídios e proteínas de alto valor biológico (ROCHA, 2015).

De acordo com a legislação brasileira, hambúrguer “é um produto cárneo industrializado, obtido de carne moída dos animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado. Conforme a

sua classificação, trata-se de produto cru, semifrito, cozido, frito, congelado ou resfriado” (BRASIL, 2000).

Em estudo realizado por Kantar Worldpanel (2012) identificou-se que a categoria de congelados tem presença em 77% dos lares brasileiros, onde a segunda maior representatividade foi a de hambúrguer, com 49,3%.

Dado que, este produto é muito consumido por todas as classes populares em razão da praticidade que representa e por possuir nutrientes que saciam a fome rapidamente (HAUTRIVE, 2008; BARBOSA, 2010), o consumo exagerado desse tipo de produto pode ser danoso à saúde humana, causando obesidade e doenças, como hipertensão, diabetes *mellitus* e dislipidemias. Em vista disso, se faz necessário à inclusão de ingredientes alternativos que auxiliem na saúde dos consumidores e tecnologicamente nos produtos cárneos (ORTIGOZA, 2008).

### 3.3. OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Os lipídios desempenham um importante papel no que respeita à qualidade de certos produtos alimentares, particularmente em relação às propriedades organolépticas que os tornam desejáveis (*flavor*, cor e textura). Ainda, conferem valor nutritivo aos alimentos, constituindo uma fonte de energia metabólica, de ácidos graxos essenciais (ácidos linoléico, linolênico e araquidônico) e de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) (REIS, 2011; CASAROTTO, 2013).

Entretanto, a oxidação lipídica é o principal processo pelo qual ocorre perda da qualidade das carnes e seus derivados e um fator determinante na vida útil do produto, na medida em que gera produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial (VIEIRA, 2012).

Este processo está relacionado com a produção de substâncias potencialmente tóxicas como malonaldeídos e óxidos de colesterol, e apresenta como consequências, a modificação do *flavor* original, o aparecimento de odores e gostos característicos do ranço e a perda do valor nutricional decorrente da destruição de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos, além de tornar o alimento impróprio para o consumo (OLIVEIRA, 2010), gostos característicos do ranço, as perdas por gotejamento, descoloração, perda de valor nutritivo, diminuição da vida de prateleira e da acumulação de substâncias tóxicas o qual representa para o consumidor, ou

para o transformador industrial, uma importante causa de depreciação ou rejeição (KARRE, 2013; FALOWO, 2014; HYGREEVA, 2014).

Nos últimos anos, a preocupação constante de proporcionar aos consumidores produtos de alta qualidade levou à adoção de medidas que permitem limitar o fenômeno de oxidação durante as fases de processamento e armazenagem dos produtos (escolha de processos que limitem as operações de arejamento e o tratamento térmico; utilização de matérias-primas refinadas, com baixos teores de água e isentas de pró-oxidantes; armazenamento a baixas temperaturas e em atmosfera inerte; adição de compostos antioxidantes; substituição da gordura animal por ingredientes vegetais; utilização de embalagens estanques e opacas à radiação) (CASAROTTO, 2013).

### 3.3.1. ANTIOXIDANTES

Segundo o Codex Alimentarius, antioxidante é um aditivo alimentar, que prolonga a vida de prateleira de alimentos através da proteção contra a deterioração causada pela oxidação e o uso de antioxidantes nos produtos alimentares é controlado por leis regulamentadas em um país ou por normas internacionais (KARRE et al., 2013).

A portaria n° 540, de 27 de outubro de 1997 da ANVISA (BRASIL, 1997), define antioxidante como um aditivo que retarda o aparecimento da alteração oxidativa no alimento. Do ponto de vista químico, os antioxidantes são compostos aromáticos, podendo ser naturais ou sintéticos (ARAÚJO, 2011). O mecanismo de ação dos antioxidantes está bem elucidado, isto é, para que um composto seja eficiente na redução das reações da autooxidação é necessário que ele iniba a formação de radicais livres na iniciação da cadeia de oxidação ou interrompa a sua propagação (FENNEMA; DAMODARAN; PARKIN, 2007).

Esses podem ser de origem sintética ou natural. Antioxidantes sintéticos tais como hidroxianisol butilado (BHA), hidroxitolueno butilado (BHT), terc-butil-hidroquinona (TBHQ), e propil galato (PG) têm sido amplamente utilizados em produtos à base de carne e de aves (SHAN et al., 2014). Já os antioxidantes naturais são um conjunto heterogêneo de substâncias formadas por vitaminas, minerais, pigmentos naturais e outros compostos vegetais (SILVA et al., 1999). Os principais componentes/fitoquímicos responsáveis pela atividade antioxidante de derivados de plantas são polifenóis, flavonóides, diterpenos fenólicos e taninos (ZHANG et al., 2010).



Os antioxidantes podem impedir a peroxidação lipídica utilizando os seguintes mecanismos: prevenir a inibição da cadeia de radicais, quebrando reação em cadeia, decompondo peróxidos, diminuindo as concentrações de oxigênio e catalisadores localizadas cadeia de iniciação, como íons metálicos (SHAH et al., 2014).

Deste conjunto de ações, a adição de compostos antioxidantes é, sem dúvida, uma prática corrente, razão que justifica o atual interesse pela pesquisa de novos compostos com capacidade antioxidante. O baixo custo de obtenção, facilidade de emprego, eficácia, termo resistência, neutralidade organoléptica e ausência reconhecida de toxicidade, são premissas para a sua seleção e utilização a nível industrial (SILVA et al., 1999).

Nos últimos anos, tem havido uma enorme demanda por antioxidantes naturais, principalmente por causa de relatórios toxicológicos adversos em muitos compostos sintéticos. Assim, a maioria das pesquisas recentes tem sido direcionada no sentido de identificação de novos antioxidantes provenientes de fontes naturais, particularmente de origem vegetal. Estes antioxidantes naturais têm sido extraídos a partir de diferentes partes da planta, como folhas, raízes, caules, frutos, sementes e cascas (CASAROTTO, 2013; KARRE et al., 2013; SHAH et al., 2014).

1 **4. ARTIGOS CIENTÍFICOS**

2

3 **4.1. ARTIGO CIENTÍFICO 1**

4 Artigo em configuração conforme as normas da Revista Ciência Agronômica.

5

6 **COMPOSIÇÃO QUÍMICA, COMPOSTOS FENÓLICOS, POTENCIAL**  
7 **ANTIOXIDANTE E ANTIMICROBIANO DA FARINHA DA BATATA YACON**  
8 **(*Smallanthus sonchifolius*)**

9

10 **CHEMICAL COMPOSITION, PHENOLIC, POTENTIAL ANTIOXIDANT AND**  
11 **ANTIMICROBIAL POTATO FLOUR YACON (*Smallanthus sonchifolius*)**

12

13 **RESUMO** - A yacon (*Smallanthus sonchifolia*), planta originária das regiões andinas, tornou-  
14 se conhecida popularmente como batata yacon ou batata *diet* e tem despertado interesse  
15 científico pelo armazenamento de carboidratos na forma de frutanos. Os objetivos deste  
16 trabalho foram caracterizar a composição química da farinha da batata yacon e quantificar os  
17 fenólicos e flavonoides totais dos extratos aquoso e hidroetanólico (etanol 70%), bem como  
18 avaliar o potencial antioxidante e antimicrobiano dos extratos. Os resultados mostraram que a  
19 farinha da yacon apresenta 3,2% de umidade, 3,17% de cinzas, 1,04% de proteína, 0,98% de  
20 extrato etéreo, 74,25% de fibra alimentar total (15,00% de fibra insolúvel, 1,64% de fibra  
21 solúvel, 45,45% de FOS e 11,96% de inulina,) 1,84% de amido, 6,35% de frutose, 4,4% de  
22 glicose e 6,07% de sacarose. Os fenólicos totais encontrados no extrato aquoso foi de 39,21  
23 mg EAG/g e no extrato hidroetanólico foi de 77,24 mg EAG/g. Quanto aos flavonoides totais,  
24 o extrato aquoso apresentou 2,66 mg EQ/g e o hidroetanólico apresentou 15,11 mg EQ/g. Em  
25 relação ao potencial antioxidante os valores encontrados de IC<sub>50</sub> foram de 20,32 mg/g e 2,42

26 mg/g, respectivamente para o extrato aquoso e hidroetanólico. Os resultados de FRAP para o  
27 extrato aquoso foi de 0,99  $\mu\text{mol}/\text{TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$  e para o hidroetanólico foi de 7,33  $\mu\text{mol}/\text{TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$   
28 <sup>1</sup>. O radical ABTS\*<sup>+</sup> no extrato aquoso foi de 1,12  $\mu\text{mol}/\text{TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$  e no hidroetanólico foi de  
29 4,11  $\mu\text{mol}/\text{TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$ . Os extratos não apresentaram atividade antimicrobiana. O extrato  
30 hidroetanólico apresentou os melhores resultados para os compostos bioativos analisados,  
31 bem como melhor potencial antioxidante avaliado por diferentes técnicas. Foi verificado na  
32 farinha da batata yacon presença de carboidratos não digeríveis e também capacidade  
33 antioxidante, que trariam benefícios nutricionais e fisiológicos.

34 **Palavras-chave:** Composição centesimal. Frutanos. Tubérculos. Substâncias bioativas.

35 **ABSTRACT** - The yacon (*Smallanthus sonchifolia*), native plant from the Andean regions,  
36 became popularly known as yacon potato or potato diet and has aroused scientific interest in  
37 carbohydrate storage in the form of fructans. The objectives of this study were to characterize  
38 the chemical composition of flour of yacon potato and quantify the phenolic and total  
39 flavonoid of aqueous and hydroethanol (70% ethanol) extracts, and to evaluate the antioxidant  
40 and antimicrobial potential. The results showed that the flour yacon has 3.2% moisture, 3.17%  
41 ash, 1.04% protein, 0.98% ether extract, 74.25% total dietary fiber (15.00 % insoluble fiber,  
42 1.64% soluble fiber, 45.45% and 11.96% of FOS inulin) 1.84% starch, 6.35% fructose, 4.4%  
43 glucose and 6.07% sucrose. Total phenolics found in the aqueous extract was 39.21 mg  
44 GAE/g and hydroethanol extract was 77.24 mg GAE/g. As for total flavonoid, the aqueous  
45 extract showed 2.66 mg EQ/g and hydroethanol showed 15.11 mg EQ/g. In relation to the  
46 antioxidant potential IC<sub>50</sub> values found were 20.32 mg/g and 2.42 mg/g, respectively for the  
47 aqueous extract and hydroethanolic. The results of FRAP to the aqueous extract was 0.99  
48  $\mu\text{mol}/\text{TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$  and the hydroethanolic was 7.33  $\mu\text{mol}/\text{TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$ . The ABTS\*<sup>+</sup> radical in the  
49 aqueous extract was 1.12  $\mu\text{mol}/\text{TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$  and hydroethanol was 4.11  $\mu\text{mol}/\text{TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$ . The  
50 extracts showed no antimicrobial activity. The hydroethanol extract showed the best results

51 for bioactive compounds analyzed, and best antioxidant potential measured by different  
52 techniques. It was found in potato flour yacon presence of not digestible carbohydrates and  
53 also antioxidant capacity, which would bring nutritional and physiological benefits.

54 **Keywords:** Proximate composition. Fructans. Tubers. Bioactive substances.

## 55 INTRODUÇÃO

56 A yacon (*Smallanthus sonchifolius*), anteriormente denominada na literatura científica  
57 de *Polymnia sonchifolius*) é uma planta da espécie *Asteraceae*, originária da região andina e  
58 introduzida no Brasil por descendentes japoneses por volta de 1989. Em meados dos anos  
59 2000, teve início o consumo expressivo dessa raiz, tornando-se conhecida popularmente como  
60 batata yacon ou batata diet (OLIVEIRA & NISHIMOTO, 2005; SANTANA e CARDOSO,  
61 2008).

62 De acordo com Rodrigues (2011), a yacon é uma planta perene e herbácea que mede  
63 entre 1,0 e 2,5 metros de altura e apresenta um sistema de raiz composto de 4 a 20 tubérculos.  
64 Poucas espécies se adaptam a diferentes ecossistemas como a yacon. Segundo Robinson  
65 (1997), essa planta pode ser cultivada em altitudes variadas e a colheita deste tubérculo para  
66 consumo é realizada por volta de 10 e 12 meses após o plantio, quando a parte aérea está  
67 totalmente seca (OLIVEIRA; NISHIMOTO, 2004).

68 A yacon tem a aparência de batata doce e o seu sabor tem sido descrito como  
69 levemente adocicado, lembrando o sabor da melancia, tendo crocância de uma maçã recém-  
70 colhida. A casca da yacon apresenta uma cor que varia de marrom a uma tonalidade  
71 arroxeadada, enquanto a porção comestível pode ser branca, amarela, laranja ou roxa,  
72 dependendo da quantidade de pigmentos presentes (MANRIQUE et al., 2005).

73 O consumo da yacon varia, mas ela é consumida preferencialmente *in natura*. Podem  
74 ser cozidas ou desidratadas na forma de chips. Já o suco da yacon chamado de “chancaca”  
75 pelos nativos dos Andes, é colocado para ferver e converte-se em blocos de açúcar

76 (SEMINARIO; VALDERRAMA, 2003). A desidratação da yacon, para obtenção de farinha  
77 tem se mostrado interessante, não só por aumentar a sua vida útil, mas também por facilitar  
78 sua incorporação na formulação de bolos, biscoitos, doces, sucos, dentre outros (SILVA,  
79 2007) e produtos cárneos (TEIXEIRA, 2011).

80       Esse tubérculo é diferente de outros, pois não armazena grandes teores de carboidratos  
81 na forma de amido, mas sim na forma de frutanos (FOS e inulina) (ROBERFROID, 2007). Os  
82 frutanos são fibras solúveis, que são capazes de resistir à hidrólise pelas enzimas digestivas do  
83 corpo humano e, dessa forma, passam por meio do trato digestivo sem serem metabolizados,  
84 fornecendo baixo conteúdo energético e exercendo funções como prebióticos (AYBAR et al.,  
85 2001; GENTA et al., 2009).

86       Pesquisadores também confirmaram a presença de compostos fenólicos tanto nas  
87 folhas quanto nas batatas da yacon. Alguns dos compostos identificados são o ácido cafeico e  
88 seus derivados, ácido clorogênico e L-triptofano. Em comparação a outros tubérculos, a batata  
89 yacon possui elevada quantidade de compostos fenólicos, cerca de 200 mg/100 g de matéria  
90 fresca comestível (SIMONOVSKA et al., 2003; VALENTOVÁ; ULRICHOVÁ 2003;  
91 TAKENAKA, 2003).

92       Com base em sua composição, surge o interesse na batata yacon por ser considerada  
93 um alimento funcional pelo seu conteúdo de substâncias bioativas como os FOS, inulina e  
94 compostos fenólicos (RIBEIRO, 2008).

95       Além do mais, todos os benefícios atribuídos à yacon, a maior importância refere-se à  
96 redução da glicemia, funcionalidade intestinal e ao auxílio na redução da obesidade (SILVA;  
97 CANDIDO, 2004).

98       Portanto, este estudo tem como objetivos caracterizar a composição química da farinha  
99 da yacon (*Smallanthus sonchifolius*), avaliar os compostos bioativos dos extratos, analisar o  
100 potencial antioxidante e atividade antimicrobiana.

## METODOLOGIA

101

102 A farinha da batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*) foi adquirida numa empresa da  
103 cidade de Santa Maria-RS, foram acondicionadas ao abrigo de luz e em freezer (-12 °C) até o  
104 momento das análises. O processo de secagem da batata yacon informado pela empresa  
105 beneficiadora foi 60 °C/48 horas.

106 As análises da farinha da yacon foram realizadas na Universidade Federal de Santa  
107 Maria (UFSM), nos laboratórios do Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos.

108 A umidade (105 °C), a proteína (N x 6,25), os lipídios (éter etílico), as cinzas (550  
109 °C), o teor de amido e as frações insolúvel e solúvel da fibra alimentar foram realizadas  
110 seguindo metodologia recomendada pela AOAC (1995).

111 Os frutanos (FOS e inulina) e os açúcares (glicose, frutose e sacarose) foram  
112 determinadas por meio de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) em  
113 cromatógrafo líquido (Variam, Pro-Star 410), com duas bombas binárias, injetor automático  
114 (auto sampler 410), detector IR (índice de refração) e água deionizada ultrapura (Milili-Q) na  
115 fase móvel, seguindo-se metodologia descrita por Kaneko et al., (1990). Utilizou-se coluna  
116 HPX 87P (BIO-RA) fase estacionária chumbo, com temperatura da coluna a 85% e fluxo de  
117 0,6 mL min<sup>-1</sup>. Os padrões utilizados foram frutose (Sigma), glicose e sacarose (Acros  
118 Organics); FOS comercial (85% de pureza). Para o preparo da amostra pesou-se 1 g e diluiu-  
119 se em 100 mL de água destilada. Adicionou-se com uma solução hidroetanólica 50% a 60 °C  
120 durante três e meia horas, para a extração dos compostos e realizou-se a centrifugação a  
121 12000 rpm por 10 minutos e filtração em membrana de decaflureto de polivinil (PVDF) da  
122 Milli Pore 0,22 µm de porosidade e 13 mm de diâmetro, e em seguida, a amostra foi injetada  
123 no cromatógrafo. A identificação de cada açúcar foi realizada comparando os tempos de  
124 retenção obtidos para os padrões e para a mostra, analisando sob as mesmas condições  
125 cromatográficas. Para a quantificação dos compostos utilizou-se curvas analíticas construídas

126 a partir de concentrações crescentes de soluções padrões para os FOS, inulina e os açúcares. A  
127 equação linear obtida para cada padrão foi utilizada para quantificar o conteúdo dos  
128 compostos testados na amostra.

129 Para verificar a atividade e potencial antioxidante da farinha da batata da yacon, foram  
130 obtidos dois extratos, aquoso e hidroetanólico (etanol 70%). Os extratos (n=3) foram obtidos  
131 de acordo com os procedimentos descritos por Celoto et al. (2008) com modificações na  
132 temperatura e proporção amostra/solvente. O extrato aquoso foi obtido liquidificando 6 g de  
133 farinha da batata da yacon, com 120 mL de água a temperatura ambiente, por 2 tempos de 4  
134 minutos com intervalo de repouso de 3 minutos entre eles. O extrato hidroetanólico foi obtido  
135 nas mesmas condições utilizando etanol a 70% no lugar da água. Após o processo de extração  
136 as misturas obtidas foram filtradas, sendo que a extração hidroetanólico foi concentrada em  
137 rotoevaporador para eliminação do etanol e teve o seu volume recomposto com água  
138 destilada. As análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em mg e/ou g  
139 de farinha da yacon.

140 Para a determinação do teor de fenólicos totais utilizou-se o método de *Folin-*  
141 *Ciocalteu* descrito por Singleton et al. (1999) com modificações por Roesler (2007). Para a  
142 reação colorimétrica, alíquotas de 0,4 mL dos extratos previamente diluídos foram  
143 transferidas para tubos de ensaio e adicionadas de 2,0 mL de solução aquosa do reativo de  
144 *Folin-Ciocalteu* 0,2 N (diluído na proporção 1:10). Os tubos foram agitados e deixados em  
145 repouso na ausência de luz por 6 minutos. Após, foi adicionado 1,6 mL de carbonato de sódio  
146 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 7,5% (m/v), os tubos foram agitados e incubados durante 5 minutos em banho-  
147 maria a 50 °C. Em seguida, foram resfriados em água para leitura em espectrofotômetro (SP –  
148 220 marca Biospectro) a 760 nm, calibrado com solução referência de ácido gálico. Foi  
149 preparado um branco nas mesmas condições, porém com substituição do extrato. Os

150 resultados do teor de compostos fenólicos totais são expressos em miligramas equivalentes de  
151 ácido gálico/ g de farinha da yacon (mg EAG g<sup>-1</sup>).

152 O teor de flavonoides totais foi determinado de acordo com o método proposto por  
153 Zhishen et al. (1999). Alíquota de 0,5 mL dos extratos previamente diluídos foram colocados  
154 em tubos de ensaio e adicionados de 2 mL de água destilada. Em seguida foi adicionado 0,15  
155 mL de nitrito de sódio (NaNO<sub>2</sub>) e após 5 minutos, 0,15 mL de cloreto de alumínio (AlCl<sub>3</sub>). Os  
156 tubos foram deixados em repouso por 6 minutos no escuro e após foi adicionado 2 mL de  
157 solução de hidróxido de sódio (NaOH) 1 M e 1,2 mL de água destilada. A solução foi agitada  
158 e a absorbância lida em espectrofotômetro (SP – 220 marca Biospectro) a 510 nm, calibrado  
159 com solução referência de quercetina. Foi preparado um branco nas mesmas condições,  
160 porém com substituição do extrato. O teor de flavonoides totais está expresso em mg  
161 equivalente de quercetina/g de farinha da yacon (mg EQ g<sup>-1</sup>).

162 Para a definição da atividade antioxidante foram usados três métodos: Para o método  
163 do DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) utilizou-se a de Brand-Williams, Cuvelier e Berset  
164 (1995) com adaptações. A atividade antioxidante foi determinada através da capacidade dos  
165 antioxidantes presentes nas amostras em sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picril- hidrazil  
166 (DPPH). A técnica consiste na incubação por 30 minutos, de 5 mL de uma solução etanólica  
167 de DPPH 0,1 mM com 5 mL de soluções contendo concentrações crescentes de extrato de  
168 farinha de yacon (0,07; 0,15; 0,3; 0,6; 1,25; 2,5; 5,0; 10; 20 e 30 mg/mL). A solução  
169 “controle” consiste de DPPH 0,1 mM em etanol 80% (v/v) e a solução “branco” de solvente  
170 etanol (80% v/v). Após a incubação foram realizadas as leituras das amostras no comprimento  
171 de onda de 517 nm em espectrofotômetro (SP-1105 marca Bel Photonics, São Paulo, Brasil).  
172 A porcentagem de atividade antioxidante (AA%) foi calculada através do percentual de  
173 captação do radical DPPH, conforme a Equação 1.

174 **Equação 1:**



$$AA\% = 100 - \frac{Abs_{amostra} - Abs_{branco} \times 100}{Abs_{DPPH}}$$

175 Para o cálculo do IC<sub>50</sub>, utilizou-se a equação da reta obtida dos valores da absorbância  
 176 (AA%) das concentrações crescentes do extrato da farinha da batata yacon, substituindo o  
 177 valor de Y por 50, obtendo-se o valor de X como a concentração da amostra com capacidade  
 178 para reduzir 50% do DPPH.

179 A atividade antioxidante *in vitro* pelo método de capacidade redutora de ferro – FRAP  
 180 (Ferric Reducing Antioxidant Power) descrita por Benzie e Strain (1996), adaptada por  
 181 Rockembach et al. (2011). O reagente FRAP (solução Fe(III)-TPTZ) foi preparado somente  
 182 no momento da análise, através da mistura de 11 mL de tampão acetato (0,3M, pH: 3,6), 1,1  
 183 mL de solução TPTZ (tripiridiltriaza) 10 mM em HCl 40 mM e 1,1 mL de solução aquosa de  
 184 cloreto férrico (20 mM). Uma alíquota de 200 µL do extrato previamente diluído foi  
 185 adicionada 1800 µL do reagente FRAP e incubado a 37 °C em banho-maria por 30 minutos.  
 186 Para cada amostra foi realizado um branco, sem adição do extrato. As absorbâncias foram  
 187 medidas após o tempo de incubação no comprimento de onda de 593 nm em  
 188 espectrofotômetro (SP-1105 marca Bel Photonics, São Paulo, Brasil). A Curva de calibração  
 189 foi feita com Trolox e os resultados expressos em µmol ET/g de farinha da yacon.

190 A atividade antioxidante pelo método ABTS<sup>•+</sup> (radical 2,2-azino-bis- (3-  
 191 etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) foi descrita por RE et al., (1999) com algumas  
 192 modificações. O radical ABTS<sup>•+</sup> foi formado pela reação da solução ABTS<sup>•+</sup> 7 mM com a  
 193 solução de persulfato de potássio 140 mM, incubados a temperatura de 25 °C, no escuro  
 194 durante 12-16 horas. Uma vez formado o radical, foi diluído em água destilada até obter o  
 195 valor de absorbância de 0,700 ± 0,020 a 734 nm. A partir de cada extrato, foram preparadas  
 196 quatro diluições diferentes, em triplicatas. Em ambiente escuro foi transferido uma alíquota de  
 197 15 µL do extrato previamente diluído para tubos de ensaio contendo 1,5 µL do radical

198 ABTS<sup>•+</sup>. A leitura foi realizada após 6 minutos da reação a 734 nm em espectrofotômetro  
199 (SP- 220 marca Biospectro). Uma solução controle foi preparada conforme o procedimento  
200 descrito acima, sem adição da amostra. Como referência, foi utilizado o Trolox e os resultados  
201 foram expressos em  $\mu\text{mol}$  equivalentes de Trolox/g de farinha da yacon ( $\mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ ).

202 A atividade Antimicrobiana *in vitro* dos extratos da farinha da batata yacon foram  
203 individualmente testados contra *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus cereus*  
204 ATCC14579, *Salmonella enterica subsp. enterica serovar Enteritidis* ATCC 13076,  
205 *Salmonella enterica subsp. enterica serovar Choleraesuis* ATCC 10708, *Salmonella enterica*  
206 *subsp. enterica serovar Typhimurium* ATCC 14028, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC10145,  
207 *Escherichia coli* ATCC 25922, *Enterococcus faecalis* ATCC 19433 e *Enterobacter aerogenes*  
208 ATCC 13048. Foi realizado o teste de difusão em disco, conforme os procedimentos descritos  
209 pelo *Nacional Committee for Clinical Laboratory Standards* (NCCLS, 2003). A partir de  
210 culturas recentes dos microrganismos em teste, foi preparada suspensão em solução  
211 fisiológica estéril (NaCl 0,85%), a qual foi padronizada para 0,5 da escala Mac Farland. As  
212 suspensões foram semeadas na superfície do Ágar Müller-Hinton, em placas de Petri, com  
213 auxílio de swab estéril. Posteriormente, discos de papel, com 6 mm de diâmetro, foram  
214 impregnados com 10  $\mu\text{L}$  do extrato e plaqueados no ágar previamente inoculado com o  
215 microrganismo teste. Para controle negativo, os discos de papel foram embebidos em água  
216 destilada esterilizada e, para o controle positivo, foram usados discos com 30  $\mu\text{g}$  de  
217 cloranfenicol. Após 24 h de incubação a 36 °C foi medido o diâmetro dos halos de inibição de  
218 crescimento nas placas.

219 As amostras foram analisadas em três repetições e em triplicata, e os resultados foram  
220 submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas entre si através do teste  
221 de Tukey, considerando o nível de significância de 95% ( $p < 0,05$ ). Os cálculos dos efeitos  
222 foram submetidos pelo programa estatístico Statistica® 8.0 (STATSOFT, INC).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

223

224

225

226

227

228

229

Na Tabela 1, estão dispostos os resultados encontrados para a composição química da farinha da batata yacon yacon (*Smallanthus sonchifolius*). Encontrou-se na farinha da batata yacon um teor de umidade (3,07%), considerada segura pela legislação brasileira, que estabelece limite máximo de 15g/100g de umidade para farinhas, amidos e farelos (BRASIL, 2005).

Tabela 1: Caracterização química da farinha da batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*)

CARACTERIZAÇÃO	FARINHA DA YACON (%)
Umidade	3,07 ± 0,05
Cinzas	3,17 ± 0,12
Proteína	1,04 ± 0,26
Extrato etéreo	0,98 ± 0,07
Fibra alimentar total	74,25 ± 0,32
Fibra insolúvel	15,00 ± 0,53
Fibra solúvel total	59,25 ± 0,21
Fibra solúvel*	1,64 ± 0,38
FOS **	45,45 ± 0,09
Inulina**	11,96 ± 0,07
Carboidratos	18,66 ± 0,02
Amido	1,84 ± 0,21
Frutose	6,35 ± 0,05
Glicose	4,40 ± 0,07
Sacarose	6,07 ± 0,08

230

231

232

233

234

235

236

237

Valores expressos em médias das repetições ± desvio padrão, n=3;

FOS: fruto-oligossacarídeo.

Fibra alimentar total = Fibra insolúvel + fibra solúvel total

Fibra solúvel total = Fibra solúvel + FOS + inulina

Carboidratos = amido + frutose + glicose + sacarose

\*Determinação fração solúvel da fibra pelo método enzimático gravimétrico

\*\*Determinação dos frutanos solúveis (FOS e inulina) com grau de polimerização menor que 12 por HPLC.

Valores superiores foram encontrados por outros autores, porém usando temperaturas

238

239

inferiores ao usado neste trabalho (60 °C/48 horas). Rodrigues (2011) encontrou 6,07% de umidade, utilizando uma secagem de 55 °C/48 horas e Rolim (2011) obteve 13,2% e a

240 secagem foi feita a 55 °C/24 horas. O processo de desidratação e a variação binômio  
241 tempo/temperatura usada na desidratação da batata yacon, pode influenciar no teor de  
242 umidade da farinha. O teor de cinzas encontrado foi de 3,17% e corresponde à quantidade  
243 total de minerais presentes na farinha da yacon. O valor foi inferior aos descritos por Oliveira  
244 (2010) e Rodrigues (2011) de 4,83% e 4%, respectivamente.

245 O teor de proteína apresentou na farinha da yacon foi de 1,04%. Inferiores aos  
246 resultados de Marangoni (2007) de 1,76% e por Oliveira (2010) de 5,69%. A quantidade de  
247 lipídios (extrato etéreo) encontrada foi de 0,98%, corroborando com os resultados de Oliveira  
248 (2010) de 0,96%, porém superior ao encontrado por Marangoni (2007) de 0,16%.

249 A variação observada entre os dados obtidos e os relatados na literatura pesquisada  
250 pode ser devida a diferenças nas condições climáticas, local de plantio, tipo de solo, grau de  
251 maturação, estocagem da matéria prima e métodos de análises utilizados (SANTANA;  
252 CARDOSO, 2008).

253 O teor de fibra alimentar total encontrado foi de 74,25% (Tabela 1), sendo 15,00% de  
254 fibra insolúvel, 1,64% de fibra solúvel (determinado pelo método enzimático gravimétrico),  
255 45,45% de FOS (HPLC) e 11,96% de inulina (HPLC), sendo o teor total de fibras solúveis de  
256 59,25%. Os resultados encontrados divergem de outros estudos, Marangoni (2007) encontrou  
257 concentrações de 19,12% de fibra alimentar total e Ribeiro obteve valores de 12,83% de fibra  
258 alimentar total na farinha da yacon. Esta divergência de valores pode ser devido aos métodos  
259 analíticos utilizados na determinação de fibra alimentar. No estudo de Marangoni (2007), foi  
260 utilizado o método fibra bruta (Weende), e no estudo de Ribeiro (2008), o teor de fibra  
261 alimentar foi determinado apenas pelo método enzimático-gravimétrico.

262 Desta forma, pelos resultados encontrados há fortes indícios de que para a  
263 determinação total da fração fibra da farinha da yacon seria necessário associar o método  
264 enzimático-gravimétricos (capaz de determinar apenas a fração solúvel da fibra com grau de

265 polimerização (GP) maior ou igual a 12), e o método HPLC que detecta carboidratos com GP  
266 menor que 12, como os FOS e inulina (VASCONCELOS et al., 2010).

267 PODE-SE perceber que a farinha da yacon é uma fonte promissora de carboidratos não  
268 digeríveis. Essa pode vir a colaborar com diversos benefícios fisiológicos à saúde (modulação  
269 da função gastrointestinal e morfologia, e aumento das respostas imunológicas) e nutricionais  
270 quando ingerida (SANTANA; CARDOSO, 2008).

271 Diferente da maioria dos tubérculos, a yacon não armazena grandes quantidades de  
272 amido (OLIVEIRA, 2010), o que se pode confirmar pelo baixo valor encontrado de 1,84%.  
273 Esse baixo conteúdo colabora na inserção dessa farinha na dieta de diabéticos, pois armazena  
274 carboidratos na forma de FOS e inulina. Esses frutanos tem despertado interesse da  
275 comunidade científica, pois são açúcares não convencionais, não metabolizados pelo  
276 organismo humano (capacidade de resistir à hidrólise pelas enzimas digestivas do corpo  
277 humano e, dessa forma, passa por meio do trato digestivo sem serem metabolizados, sendo  
278 classificados como fibras alimentares solúveis e prebióticos, que promovem o crescimento e  
279 atividade de bactérias probióticas, auxiliando no desenvolvimento da funcionalidade intestinal  
280 (BORGES et al., 2012; ARNÃO et al., 2011; TEIXEIRA et al., 2009; GENTA et al., 2009;  
281 AYBAR et al., 2001;).

282 As fibras alimentares, especialmente as solúveis ou viscosas, dentre elas inulina e  
283 FOS, que estão presentes na yacon, possuem características que permitem sua aplicação em  
284 diversas áreas, pois apresentam solubilidade, não cristalizam, não precipitam e nem deixam  
285 sensação de secura ou areia na boca, não são degradadas durante a maioria dos processos de  
286 aquecimento e não são calóricas (VASCONCELOS et al., 2010).

287 Além do mais, esses compostos atuam no fortalecimento do sistema imunológico,  
288 diminuição do desenvolvimento de câncer de cólon, os quais são cientificamente  
289 comprovados quando em dosagens recomendadas (SANTANA; CARDOSO, 2008). Portanto,

290 a ingestão da farinha ou de alimentos contendo este tipo de carboidrato (frutanos) mostra-se  
291 como uma opção interessante para os consumidores, quando se trata de buscar alimentos que  
292 auxiliem na saudabilidade (BORGES et al., 2012).

293 Oliveira e Nishimoto (2004) relataram que ao comparar o yacon com outras plantas  
294 frequentemente utilizadas no processo de extração de frutanos, como *Helianthus tuberosus*,  
295 *Chichorium inthybus*, *Dália sp.*, a yacon possui a vantagem de fornecer maior produtividade  
296 (5,7 t/ha contra 4,5, 0,9 e 2,5 t/ha das espécies citadas, respectivamente). Sendo assim, é outro  
297 fator importante, pois o rendimento em extrações se torna necessário para a viabilidade e  
298 utilização em formulações de produtos diversos, bem como sua utilização na forma ética.

299 Os teores de frutose (6,35%), sacarose (6,07%) e glicose (4,40%) encontrados neste  
300 trabalho, estão em desacordo com Rodrigues (2011) que obteve para frutose (8,60%),  
301 sacarose (16,30%) e glicose (8,60%). Essas diferenças nos valores encontrados em estudos se  
302 justificam, pois durante o armazenamento das raízes da yacon ocorre a conversão de FOS em  
303 monômeros, verificada durante o período de armazenamento das raízes da yacon, nos estudos  
304 realizados por Seminario & Valderrama (2003) e Graef et al., (2004). Este processo de  
305 mudança na composição química ocorre pela ação da enzima frutano hidrolase (FH), que  
306 converte os FOS em glicose, frutose e sacarose. No entanto, a velocidade desta conversão é  
307 mais lenta se a batata yacon for armazenada em temperaturas de refrigeração.

308 De acordo com a tabela 2 pode-se observar que o teor de compostos fenólicos diferiu  
309 estatisticamente. Entre os extratos, a extração com solução hidroetanólica apresentou maior  
310 teor de compostos fenólicos, assim como maior teor de flavonoides.

311 Arnão et al., (2011) estudaram farinhas de diferentes cultivares da yacon e  
312 encontraram para fenóis totais valores 7,7 a 22,7 mg EAG/g de farinha utilizando extratos  
313 com álcool 70%, sendo os valores encontrados inferiores ao deste estudo.

314 Quanto mais baixo o valor de IC<sub>50</sub> maior é a capacidade antioxidante (NEGRI, 2007),  
 315 pois este representa a concentração requerida do antioxidante para reduzir o radical DPPH em  
 316 50% da sua concentração inicial. Pode-se verificar que o valor obtido através do extrato  
 317 aquoso foi de 20,32 mg/g de farinha e o obtido com o extrato hidroetanólico foi de 2,42 mg/g  
 318 de farinha, apresentando diferença significativa (p<0,05). Portanto, verificou-se que a  
 319 capacidade antioxidante do extrato hidroetanólico é mais eficiente, sendo quase dez vezes  
 320 maior o potencial antioxidante quando comparado com a extração aquosa.

321 Tabela 2: Fenólicos totais, flavonoides totais, IC<sub>50</sub>, FRAP e Radical ABTS\*<sup>+</sup> da farinha da  
 322 *yacon* (*Smallanthus sonchifolius*) avaliados no extrato aquoso e hidroetanólico.

Características	Extrato aquoso	Extrato hidroetanólico
Fenólicos Totais (mg EAG/g)	39,21 ± 2,10 <sup>b</sup>	77,24 ± 3,27 <sup>a</sup>
Flavonoides Totais (mg EQ/g)	2,66 ± 0,09 <sup>b</sup>	15,11 ± 0,68 <sup>a</sup>
IC <sub>50</sub> (mg/g)	20,32 ± 1,55 <sup>a</sup>	2,42 ± 0,34 <sup>b</sup>
FRAP (μmol/TEAC.g <sup>-1</sup> )	0,99 ± 0,08 <sup>b</sup>	7,33 ± 0,12 <sup>a</sup>
Radical ABTS* <sup>+</sup> (μmol/TEAC.g <sup>-1</sup> )	1,12 ± 0,56 <sup>b</sup>	4,11 ± 0,27 <sup>a</sup>

323 \*Valores expressos em média ± desvio padrão com letras diferentes na mesma linha indicam diferença  
 324 significativa (p<0,05) pelo teste de Tukey;  
 325 AG: Ácido Gálico; Q: Quercitina; T: Trolox

326 Pode-se observar que os valores de FRAP apresentaram diferença significativa (p<  
 327 0,05) entre os resultados de 0,99 e 7,33 μmol TEAC/g de farinha, respectivamente (Tabela 2).  
 328 A capacidade antioxidante avaliada pelo método do Radical ABTS\*<sup>+</sup> também foi melhor  
 329 quando analisado no extrato hidroetanólico do que no aquoso, apresentando diferença  
 330 significativa (p< 0,05), sendo os valores encontrados de 4,11 μmol/TEAC.g<sup>-1</sup> e 1,12  
 331 μmol/TEAC.g<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes resultados mostram que os compostos fenólicos e  
 332 flavonoides que apresentam maior capacidade antioxidante sejam de caráter apolar, pois o  
 333 extrato obtido com o uso de etanol 70% apresentou os melhores resultados, independente da  
 334 técnica usada para sua avaliação.

335 O efeito antioxidante das raízes da yacon foi avaliado no estudo realizado por Castro  
336 et al., (2012). Os autores relataram que a atividade antioxidante nas amostras secas e que  
337 manutenção da atividade antioxidante é dependente do método de secagem utilizado e da  
338 geometria das amostras. O estudo confirmou que as temperaturas de secagem próximas a  
339 50°C e as batatas yacon cortadas na forma de tiras, resultam em uma melhor retenção da  
340 atividade antioxidante dessa matriz.

341 Além dos frutanos, presença de antioxidantes e compostos fenólicos no tubérculo e na  
342 folha da yacon, também são relatados no tratamento do diabetes *mellitus* (OLIVEIRA et al.,  
343 2009). Assim, a inclusão de alimentos que proporcionam uma melhora na tolerância à glicose,  
344 em dietas de indivíduos portadores desta doença seria de grande importância.

345 Os extratos aquoso e hidroetanólico da farinha de batata yacon (*Smallanthus*  
346 *sonchifolius*) não apresentaram atividade antimicrobiana sobre os micro-organismos  
347 *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus cereus* ATCC14579, *Salmonella* enterica  
348 subsp. enterica serovar *Enteritidis* ATCC 13076, *Salmonella* enterica subsp. enterica serovar  
349 *Choleraesuis* ATCC 10708, *Salmonella* enterica subsp. enterica serovar *Typhimurium* ATCC  
350 14028, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC10145, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Enterococcus*  
351 *faecalis* ATCC 19433 e *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048. O teste de difusão de disco  
352 mostrou ausência de atividade antimicrobiana dos compostos presentes nos extratos da farinha  
353 da yacon.

## 354 CONCLUSÃO

- 355 1. A farinha da yacon apresentou uma quantidade significativa de carboidratos não  
356 digeríveis, sendo grande parte na forma de frutanos.
- 357 2. O extrato hidroetanólico da farinha da yacon foi o que apresentou maior conteúdo de  
358 compostos fenólicos totais e flavonoides, e atividade antioxidante comprovada pelo valor  
359 baixo de IC<sub>50</sub>, e pelos métodos de FRAP e Radical ABTS<sup>•+</sup>.



360 3. O extrato aquoso e hidroetanólico não apresentaram atividade antimicrobiana sobre os  
361 micro-organismos testados, ocorrendo ausência das substâncias presentes ou pequenas  
362 concentrações antimicrobianas.

### 363 REFERÊNCIAS

364 AOAC. Association of official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the**  
365 **association**. 16a ed. Washington. 1995.

366 ARNÃO, I.; SEMINÁRIO, J.; CISNERO, R.; TRABUCO, J. Potencial antioxidante de 10  
367 acessiones de yacón, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, procedentes de  
368 Cajamarca – Perú. **Revista de La Facultad de Medicina**, v. 72, p. 239- 243, 2011.

369 AYBAR, M.J. et al. Hypoglycemic effect if the water extract of *Smallanthus*  
370 *sonchifolius*(yacon) leaves in normal and diabetic rats. **Journal of Ethnopharmacol**, v.74,  
371 n.2, p.33-37, 2001.

372 BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº263, de 22 de  
373 setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos,  
374 Farinhas e Farelos. **Diário Oficial da União**, 2005.

375 BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure  
376 of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p.70-76, 1996.

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

379 BORGES, J. T. S.; PIROZI, M. R.; PAULA, C. D.; VIDIGAL, J. G.; SILVA, N. A. S.;  
380 CALIMAN, F. R. B. *Yacon* na alimentação humana: Aspectos nutricionais, funcionais,  
381 utilização e toxicidade. **Scientia Amazonia**, v. 1, n.3, p. 3-16, 2012.

382 CASTRO, A. et al. Antioxidants in yacon products and effect of long term storage. **Ciência e**  
383 **Tecnologia de Alimentos**, v.32, n.3, p.432-435, 2012.

384 CELOTO, M.I.B. et al. Atividade antifúngica de extratos de plantas a *Colletotrichum*  
385 gloeosporioides. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, n.1, p.1-5, 2008.

386 GRAEF, S.et al. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon  
387 roots in the Peruvian Andes. **Field Crops Research**, v.86, p.157-65, 2004.

388 GENTA, S. et al. Yacon syrup: beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans.  
389 **Clinical Nutrition**, v.28, p.182-187, 2009.

390 KANEKO, J. J.; HARVEY, D. W.; BRUSS, W. L. **Clinical biochemistry of domestic**  
391 **animail**. 5ed. New York: Academic Press, 1997. 932p.

392 MANRIQUE, I. et al. **Yacon syrup: principles and processing, Series: Conservación y uso**  
393 **de labiodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el**  
394 **desarrollo (1993- 2003)**. No. 8B. Lima, Peru: International Potato Center, Universidad  
395 Nacional Daniel Alcides Carrión, Erbacher Foundation, Swiss Agency for Development and  
396 Cooperation., 2005. 31p.

397 MARANGONI, A. L. **Potencialidade de Aplicação de farinha de yacon (*Polymnia***  
398 **sonchifolia) em produtos à base de cereais**. 2007. 125f. Dissertação (Mestrado em  
399 Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de  
400 Alimentos, Campinas, SP.

401 NACIONAL COMMITTEE FOR CLINICAL LABORATORY STANDARDS –NCCLS.  
402 **Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests**. 8. ed. Wayne:  
403 NCCLS, 2003. 58 p. NCCLS document M2-A8.

404 NEGRI, M. L. S. **Secagem das folhas de Espinheira-Santa-*Maytenus ilicifolia* Mart. Ex**  
405 **Reiss. Sob diferentes temperaturas e influência nos teores de polifenóis, na atividade**  
406 **antioxidante e nos aspectos microbiológicos**. 2007. 95.f. Dissertação (Mestrado em Ciências  
407 Farmacêuticas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

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

411 OLIVEIRA, M.A.; NISHIMOTO, E.K. Caracterização e quantificação dos carboidratos de  
412 reservas das raízes de yacon (*Polymnia sonchifolia*) mantidas sob condições ambientais e  
413 refrigeração. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v.1, p.30-39, 2005.

414 RE, R; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-  
415 EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization  
416 assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v.26, p.1231–1237, 1999.

417 RIBEIRO, J. de A. **Estudos químico e bioquímico do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in**  
418 **natura e processado e influência de seu consumo sobre níveis glicêmicos e lipídeos fecais**  
419 **de ratos**. 2008. 166f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade  
420 Federal de Lavras, MG.

421 ROBERFROID, M.B. Inulin-Type fructans: functional food ingredients. **Journal of**  
422 **Nutrition**, v.137, p.2493- 2502, 2007. Disponível em: . Acesso em: 12 dez. 2013.

423 ROBINSON, H. Studies in the Heliantheae (Asteraceae). XII. Re-establishment of the genus  
424 *Smallanthus*. **Phytologia**, v.39, n.1, p.47-53, 1997.

425 ROCKENBACH, I. I.; RODRIGUES, E.; GONZAGA, L. V.; CALIARI, V.; GENOVESE,  
426 M. I.; GONÇALVES, A. E. S. S.; FETT, R; Phenolic compounds content and antioxidant  
427 activity in pomace from selected red grapes (*Vitis vinifera* L. and *Vitis labrusca* L.) widely  
428 produced in Brazil. **Food Chemistry**, v. 127, p. 174-179, 2011.

429 RODRIGUES, F.C. **Avaliação da farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) na**  
430 **modulação das propriedades biomecânicas e na retenção de minerais nos ossos de ratos**  
431 **Wistar**. 2011. 181f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade  
432 Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

433 ROLIM, P.M. et al. Glycemic profile and prebiotic potential “in vitro” of bread with Yacon  
434 (*Smallanthus sonchifolius*) flour. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, n.2, p.467- 474,  
435 2011.

436 ROESLER, R. **Estudo de frutas do cerrado brasileiro para avaliação de propriedade**  
437 **funcional com foco na atividade antioxidante**. 2007. 120 f. Tese (Doutora em Ciência dos  
438 Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

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

442 SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M. **El yacon: fundamentos para el aprovechamiento**  
443 **de un recurso promisorio**. Lima, Peru: Centro Internacional de la Papa(CIP), Universidad  
444 Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), 2003.

445 SILVA, A.S.S. **A raiz da yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepping & Endlicher) como**  
446 **fonte de fibras alimentares, sua caracterização físico-química, uso na panificação e sua**  
447 **influência na glicemia pós-prandial**. 2007. 158f. Tese (Doutorado em Ciência dos  
448 Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

449 SILVA, E.B; CANDIDO, L.M.B. **Processamento de bebida funcional à base de yacon**  
450 **(*Polymnia sonchifolia* Poepping & Endlicher)**. 2004. 96f. Dissertação (Mestrado em  
451 Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR.

452 SIMONOVSKA, B. et al. Investigation of phenolic acids in yacon (*Smallanthus sonchifolius*)  
453 leaves and tubers. **Journal of Chromatography A**, v.1016, n.1, p.89-98, 2003.

454 SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. Analysis of total  
455 phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent.  
456 **Methods Enzymol**, n. 299, p. 152-178, 1999.

457 TAKENAKA, M. Caffeic acid derivatives in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*).  
458 **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.3, p.793-796, 2003.

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

462 TEIXEIRA, J.T. **Elaboração de apresuntado formulado com farinha e extrato de yacon**  
463 **(*Smallanthus sonchifolius*)**. 2011. 114f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) -  
464 Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

465 VALENTOVÁ, K.; ULRICHOVÁ, J. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii* –  
466 prospective Andean crops for the prevention of chronic diseases. **Biomedical Papers**, v.147,  
467 n.2, p.119-130, 2003.

468 VASCONCELOS, C. M.; SILVA, C. O.; TEIXEIRA, L. J. Q.; CHAVES, J. B. P.;  
469 MARTINO, H. S. D. Determinação da fração da fibra alimentar solúvel em raiz e farinha de  
470 yacon (*Smallanthus sonchifolius*) pelo método enzimático-gravimétrico e cromatografia  
471 líquida de alta eficiência. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, vol.69 no.2 São Paulo, 2010.

472 ZHISHEN, J. et al. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging  
473 effects on superoxide radicals, **Food Chemistry**, v. 64p. 555–559, 1999.

## 4.2. ARTIGO CIENTÍFICO 2

Artigo em configuração conforme as normas da Revista Meat Science.

### UTILIZAÇÃO DE FARINHA DE YACON (*Smallanthus Sonchifolius*) EM HAMBÚRGUER PARA SUBSTITUIÇÃO DE GORDURA E INCORPORAÇÃO DE FIBRA ALIMENTAR

### ADDITION OF FLOUR OF YACON (*Smallanthus Sonchifolius*) IN BURGER FOR FAT SUBSTITUTION AND INCORPORATION OF DIETARY FIBER

#### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição da farinha da yacon (*Smallanthus Sonchifolius*) como substituto de gordura e adição de fibra alimentar. Foram elaborados hambúrgueres com variações de gordura suína (10, 15 e 20%), farinha da yacon (0, 4,5 e 9%) e eritorbato de sódio (0, 0,1 e 0,2%). Foram realizadas análises químicas (umidade, proteína, lipídios e cinzas), análises sensoriais e tecnológicas. A vida de prateleira foi acompanhada pelas análises de TBARS, cor, pH, atividade de água e microbiológicas, nos dias 0, 30, 60, 90 e 120 dias de armazenamento sob congelamento. Os hambúrgueres com maior concentração de farinha da yacon e gordura apresentaram menor umidade (41,95 e 42,91%), para cinzas encontraram-se valores de 4,09 a 4,91%, proteína 19,30 a 22,20%, e os tratamentos com maior adição de farinha da yacon (9%) podem ser classificados como fontes em fibras. Quanto a vida de prateleira na avaliação de TBARS a farinha da yacon não apresentou efeito antioxidante. No pH houve aumento em todos os tratamentos, e a atividade de água apresentou diminuição quando adicionado a farinha da yacon. Os resultados microbiológicos estão dentro do exigido pela legislação. Todos os tratamentos mostraram no teste de aceitabilidade nota 5, escore classificado como “gostei”, e a farinha da yacon contribuiu no rendimento e no menor encolhimento.

**Palavras-chave:** Hambúrguer; Alimentos funcionais; Fibras dietéticas; Yacon (*Smallanthus Sonchifolius*).

#### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of addition of yacon flour (*Smallanthus sonchifolius*) as a substitute for fat and incorporation of dietary fiber. Burgers were prepared

34 with variations fat swine (10, 15 and 20%), yacon flour (0, 4.5 and 9%) and sodium  
35 erythorbate (0, 0.1 and 0.2%). Chemical analysis (moisture, protein, fat and ash), sensory and  
36 technological analysis were carried out. The shelf life was monitored by analysis of TBARS,  
37 color, pH, water activity and microbial on days 0, 30, 60, 90 and 120 days of storage under  
38 freezing. The burgers with higher concentrations of yacon and fat meal had lower moisture  
39 (41.95 and 42.91%) for ash met values 4.09 to 4.91%, 19.30 to 22.20% protein and treatments  
40 with increased addition of yacon flour (9%) can be classed as sources in fiber. The shelf life  
41 in the evaluation of TBARS yacon flour showed no antioxidant effect. There was an increase  
42 in pH for all treatments, and the water activity had decreased when added yacon flour.  
43 Microbiological results are within the required by law. All treatments showed the  
44 acceptability test score 5, score classified as "liked", and yacon flour contributed in income  
45 and lower shrinkage.

46 **Keywords:** Burgers; Functional foods; Dietary fiber; Yacon (*Smallanthus sonchifolius*).

47

## 48 1. INTRODUÇÃO

49

50 Mudanças no estilo de vida e hábitos alimentares dos seres humanos têm sido  
51 mostradas por pesquisadores e organizações de saúde por ser uma das principais causas da  
52 diminuição de doenças como, obesidade, câncer, cardiovascular (JIMENEZ; COLMENERO,  
53 2008, MUNIZ-ALONSO, et al., 2010). Hoje em dia as pessoas estão demonstrando maior  
54 interesse em alimentos que contêm bioativos ou componentes funcionais que lhe dará  
55 benefícios adicionais para seu estado de saúde (HIGREEVA, 2014; OLIVEIRA et al., 2013;  
56 HUBER, 2012).

57 O aumento do consumo de produtos cárneos, principalmente de hambúrgueres em  
58 virtude de suas características sensoriais e facilidade de preparo (ROCHA, 2015) aliado à  
59 necessidade de produzir alimentos saudáveis com boa aceitabilidade, incrementou os estudos  
60 sobre o uso de fibras. Assim, a incorporação de componentes funcionais em derivados cárneos  
61 oferece benefícios adicionais à saúde, além da nutrição básica, o que os torna reconhecidos  
62 como alimentos funcionais (HAO; BETA, 2012). Tais produtos enriquecidos são mais  
63 saudáveis quando comparados com os convencionais, no entanto a produção de alimentos  
64 funcionais limita-se, uma vez que pode alterar as características sensoriais (DECKER; PARK,  
65 2010; MEHTA et al., 2013).

66 A carne não possui em sua composição a fração fibra e frequentemente é associada ao  
67 aparecimento de doenças do trato digestivo em humanos. Já alimentos enriquecidos são  
68 aqueles que contêm substâncias benéficas ou propriedades superiores às dos produtos  
69 originais, sendo cada vez maior a oferta de produtos enriquecidos com fibras, proteínas,  
70 vitaminas, minerais, entre outros compostos bioativos (FRUET et al, 2014).

71 As fibras alimentares são amplamente estudadas em decorrência de seus benefícios,  
72 entre eles: a redução de colesterol sanguíneo, melhorias na função do intestino grosso e  
73 diminuição da glicemia pós-prandial (colaborando desta forma para a prevenção ou redução  
74 de doenças intestinais), diminuição do risco de doença cardíaca coronária, diabetes do tipo 2 e  
75 funcionalidade intestinal (ANN; CUMMINGS, 2009; MUDGIL; BARAK, 2013)

76 Assim, a utilização de fibra alimentar em produtos cárneos emerge como uma  
77 alternativa de substitutos de gorduras animal, pois aumentam a habilidade de ligar a água,  
78 tendo ainda um bom rendimento e redução do custo de formulação. A fibra atua como  
79 ingrediente alternativo para manutenção tecnológica e, ao mesmo tempo, tornando um  
80 produto cárneo mais saudável. Assim, várias matrizes vegetais fonte de fibras têm sido  
81 avaliados individualmente ou combinadas com outros ingredientes em formulações de  
82 produtos cárneos (CUMMINGS; STEPHEN, 2007; MUDGIL; BARAK, 2013).

83 Nesse âmbito, surge o interesse mundial na produção da batata yacon e os seu  
84 beneficiamento em farinha, principalmente pelas indústrias alimentícias e farmacêuticas,  
85 deve-se ao fato desse tubérculo ser considerado um alimento funcional, apresentando em sua  
86 composição compostos bioativos que oferecem benefícios à saúde (VANINI et al., 2009).  
87 Dentre os componentes bioativos presentes na yacon e seus derivados, destacam-se os  
88 frutanos, do tipo inulina, e fruto-oligossacarídeos (FOS) (SANTANA; CARDOSO, 2008).  
89 Também se fazem presentes compostos fenólicos, tais como ácido clorogênico, ácido ferúlico  
90 e ácido cafeico (TAKENAKA et al., 2003), além de flavonoides, como a quercetina  
91 (VALENTOVÁ; ULRICHOVÁ, 2003).

92 Desse modo, este estudo teve como objetivo elaborar formulações de hambúrgueres  
93 mistos de carne bovina e suína com redução de gordura adicionado de farinha da yacon  
94 (*Smallanthus sonchifolius*) e incorporação de fibra alimentar.

95

## 96 **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

97

### 98 **2.1. Matéria-prima**



99 A matéria-prima consistiu de carne do dianteiro bovino e gordura suína adquirida em  
 100 estabelecimentos comerciais da cidade de Santa Maria (RS) e armazenada a -12 °C até a sua  
 101 utilização. A farinha da batata yacon foi adquirida no comércio local de Santa Maria (RS),  
 102 armazenadas a -12 °C.

103

## 104 2.2. Elaboração dos hambúrgueres

105 Os hambúrgueres mistos foram elaborados na Planta Piloto de Carnes do  
 106 Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa  
 107 Maria.

108 As formulações desenvolvidas levaram em consideração o regulamento técnico de  
 109 identidade e qualidade de hambúrguer (BRASIL, 2000), o regulamento técnico de atribuição  
 110 de função de aditivos e seus limites máximos de uso para a categoria de carne e produtos  
 111 cárneos (BRASIL, 1998) e o regulamento técnico referente à informação nutricional  
 112 complementar - declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes (BRASIL, 1998).

113 O experimento seguiu um delineamento experimental 2<sup>3</sup>, sendo realizadas 9  
 114 combinações de tratamentos (HY9, HY10 e HY11 = PC). Nestes houve variações da  
 115 quantidade de gordura suína (10%, 15% e 20%), farinha da yacon (0,0%, 4,5% e 9,0%) e  
 116 eritorbato de sódio (0,0%, 0,1% e 0,2%) (Tabela 1) e seguiram a seguinte formulação base:  
 117 corante carmin 0,002%, fumaça em pó 0,04%, tripoliofosfato de potássio 0,05%, salsa 0,2%,  
 118 glutamato monossódio 0,3%, maltodextrina 0,3%, cloreto de sódio 0,7%, pasta de alho 1,2%,  
 119 condimento picanha 1,5% e água 3%.

120 Tabela 1: Ingredientes variáveis nas formulações dos hambúrgueres.

Ingredientes	Formulações (%)								
	HY1	HY2	HY3	HY4	HY5	HY6	HY7	HY8	PC*
Carne bovina	64,05	73,05	72,05	82,05	64,25	74,25	68,258	82,2	73,1
Gordura suína	20	10	20	10	20	10	20	10	15
Farinha da yacon	9	9	0	0	9	9	4,5	0	4,5
Eritorbato de sódio	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0,1

121 \*Ponto Central = HY9, HY10 e HY11 (formulações iguais).

122 A quantidade de carne do dianteiro bovino foi estabelecida pela diferença de todos os  
 123 ingredientes mais a gordura e farinha em relação a 100. As concentrações (%) da farinha da  
 124 yacon foram estipuladas através de análise da quantidade de fibra alimentar total presente,

125 para que se conseguisse a incorporação mínima dessa fração nos hambúrgueres, atingindo um  
126 produto cárneo fonte de fibra alimentar (Tabela 1).

127 Para a elaboração dos hambúrgueres a carne foi cortada em cubos e moída em moedor  
128 de carne elétrico (marca Jamar PJ22, Jamar Ltda, São Paulo, Brasil) com disco de 10 mm, já a  
129 gordura suína foi moída em discos de 5 mm. Foram adicionadas na carne e na gordura suína,  
130 primeiramente o cloreto de sódio e metade da água, para extração das proteínas miofibrilares  
131 (TERRA, 1998). Posteriormente, adicionou-se a massa cárnea farinha da yacon, salsa, pasta  
132 de alho, condimento picanha, fumaça em pó, glutamato monossódico, maltodextrina,  
133 tripolifosfato de potássio, corante carmim, e por fim o restante da água e o eritorbato de sódio.

134 A massa cárnea foi homogeneizada em misturadeira (marca Jamar®, modelo MJ35,  
135 Tupã, São Paulo) até a obtenção da liga e em seguida embalada em invólucro artificial de  
136 calibre 115 mm. Permaneceu em câmara de congelamento à temperatura a -12 °C por 24  
137 horas e após foi realizado o fatiamento em fatiador de frios (marca Palladium), obtendo-se  
138 hambúrgueres com peso líquido de 56 g e 10 cm de diâmetro cada. Os hambúrgueres foram  
139 embalados e armazenados em freezer sob a temperatura de -12 °C.

140

## 141 **2.2.1. Análises dos hambúrgueres**

142

### 143 **2.2.1.1. Caracterização química**

144 Os hambúrgueres obtidos tiveram as características químicas analisadas, conforme  
145 metodologias indicadas pela AOAC (1995), a umidade (105 °C), a proteína (N x 6,25),  
146 lipídeos totais (éter etílico) e o teor de cinzas (550 °C). Os carboidratos não digeríveis foram  
147 calculados por porcentagem de farinha da yacon adicionada nas diferentes formulações dos  
148 hambúrgueres em relação à quantidade de fibra alimentar (solúvel e insolúvel), fruto-  
149 oligossacarídeo e inulina presentes na farinha analisada.

150

### 151 **2.2.1.2. Vida de prateleira**

152 A vida de prateleira dos hambúrgueres foi avaliada nos dias 0, 30, 60, 90 e 120 dias de  
153 armazenamento a -12 °C. Assim, foram realizadas as seguintes análises: Avaliação das  
154 substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS), atividade de água, potencial  
155 hidrogeniônico (pH), determinação da cor e análises microbiológicas.

156

157 **2.2.1.2.1. Avaliação da oxidação: Substâncias relativas ao ácido 2-tiobarbitúrico**  
158 **(TBARS)**

159 A avaliação da oxidação lipídica dos hambúrgueres foi realizada pelo teste de  
160 substâncias Reativas ao Ácido tiobarbitúrico (TBARS) segundo Du e Bramlage (1992). Para  
161 realização da análise pesou-se dez gramas da amostra de hambúrguer e homogeneizou-se com  
162 50 mL de acetona fria e filtrada com papel filtro. O filtrado foi lavado com 75 mL água e  
163 mantido a 4 °C até utilizado para a medição de TBARS. Procedimento básico: 2 mL de TCA  
164 20%, 1 mL de solução aquosa de TBA 0,67% foram adicionados 2 mL do filtrado. A mistura  
165 em seguida, foi aquecida num banho de água a ferver durante 15 minutos, arrefecida  
166 rapidamente com água corrente da torneira, e centrifugou-se a 15 000 rpm/15 minutos. No  
167 sobrenadante clarificado adicionou-se 10 mL de água destilada. Branco: Dois mililitros de  
168 água destilada em vez do extrato (filtrado), tratado com o mesmo procedimento. A  
169 absorvância foi registrada a 440, 532, 600 nm, e uma curva padrão de sacarose foi usada para  
170 corrigir a interferência de açúcares solúveis em amostras. A concentração de TBARS expressa  
171 em equivalentes de Malonaldeído (mg de MDA/Kg de amostra)..

172

173 **2.2.1.2.2. Determinação da Atividade de água e potencial hidrogeniônico (pH)**

174 A análise da atividade de água foi realizada no equipamento Aqualab R<sup>®</sup>, modelo CX-  
175 2 (Decagon Decive ins. 2003) com realização da leitura direta.

176 A medida do pH foi realizada em potenciômetro (Modelo DM-23DC-pHmetro, São  
177 Paulo, Brasil) conforme IAL (2008).

178

179 **2.2.1.2.3. Determinação de Cor**

180 A determinação de cor nos hambúrgueres foi analisada de acordo com o Sistema da  
181 Comissão Internacional de Iluminação (CIE), usando os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  (escala  
182 CIELAB), através da leitura em colorímetro (Chroma Meter CM-700D-Konica Minolta  
183 Sensing, Ins. -Japão) calibrado em placa de calibração branco (RAMOS e GOMIDE, 2007).  
184 A análise foi realizada com iluminante (A) e ângulo de observação de 10°. Foram efetuadas  
185 dez leituras na superfície de cada amostra. Os resultados foram expressos como  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$   
186 e  $h^*$ . O valor de  $L^*$  determina a posição do ponto sobre o eixo vertical de claridade; o valor de  
187  $a^*$  é do ponto sobre o eixo (-) verde/vermelho (+) e o valor de  $b^*$ , do ponto correspondente  
188 sobre o eixo (-) azul/amarelo (+). Também foram calculados os parâmetros  $C$  (saturação) e  $h$   
189 (tonalidade) de acordo com as fórmulas (1) e (2):

190 
$$C = \sqrt{a^2 + b^2} (1)$$

191 
$$h = \tan^{-1}(b^*/a^*) (2)$$

192

#### 193 **2.2.1.2.4. Análises microbiológicas**

194 Durante a vida de prateleira foram avaliados os micro-organismos mesófilos e  
195 psicrotróficos (0, 30, 60, 90 e 120 dias). E nos dias 0 e 80 foram realizados os testes para  
196 avaliar *Salmonella*, *Coliformes totais* 35 °C e 45 °C, *Staphylococcus coagulase* positiva e  
197 *Clostridium sulfito* redutor, anteriormente as análises sensoriais (APHA, 2001; BRASIL,  
198 2001; BRASIL, 2003).

199

#### 200 **2.2.1.3. Análise sensorial**

201 Para a realização da análise sensorial, o projeto foi submetido à aprovação do Comitê  
202 de Ética em Pesquisa (CAAE: 42347415.8.0000.5346) da Universidade Federal de Santa  
203 Maria (UFSM), reconhecido pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – (CONEP/MS).  
204 Os testes foram aplicados no laboratório de análise sensorial do Departamento de Tecnologia  
205 e Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O ambiente é  
206 composto de seis cabines individuais e climatização artificial. Todos os participantes antes da  
207 avaliação foram instruídos a assinar o termo de Consentimento Livre Esclarecido, seguindo a  
208 Resolução 466/2012 do CNS/MS (Apêndice A). Foram realizadas duas análises sensoriais, no  
209 10° e 90° dias de armazenamento do produto, após os resultados das análises microbiológicas  
210 (realizadas nos dias 0 e 80 dias de armazenamento). As análises sensoriais ocorreram em dois  
211 turnos, primeiramente os participantes provaram 5 tratamentos (HY1, HY3, HY5, HY7 e  
212 HY9) no próximo turno, participantes diferentes analisaram 4 tratamentos (HY2, HY4, HY6 e  
213 HY8). Participaram de cada análise 50 provadores não treinados por turno, totalizando 200  
214 provadores diferentes nos dois dias de análise. Cada julgador recebeu aproximadamente 15 g  
215 de cada formulação dos hambúrgueres, em pratos plásticos, codificados com números de três  
216 dígitos, em ordem aleatória, acompanhados com água e bisnaga de pão, que foram utilizados  
217 pelos provadores entre as amostras, para limpeza das papilas gustativas. Os participantes  
218 responderam o teste de aceitabilidade utilizando escala hedônica estruturada de sete pontos  
219 (1= desgostei muitíssimo a 7= gostei muitíssimo) e analisados os seguintes atributos: cor,  
220 odor, sabor, textura e aparência global (Apêndice B) (DUTCOSKY, 2007).

221

#### 222 **2.2.1.4. Propriedades tecnológicas**

#### 223 **2.2.1.4.1. Rendimento**

224 O rendimento dos hambúrgueres foi determinado medindo o peso de três amostras  
225 congeladas para cada tratamento e em duas repetições. Calculando a diferença de peso antes e  
226 depois da cocção (HAUTRIVE, 2014).

$$227 \quad \% \text{ RENDIMENTO} = \frac{\text{Peso da amostra cozida} * 100}{\text{Peso da amostra crua}}$$

229

#### 230 **2.2.1.4.2. Encolhimento**

231 O encolhimento do hambúrguer foi obtido pela diferença do diâmetro cru congelado e  
232 do cozido de três amostras para cada tratamento e em duas repetições (PIÑERO et al., 2008).

$$233 \quad \% \text{ ENCOLHIMENTO} = \frac{(\text{Diâmetro da amostra crua} - \text{Diâmetro da amostra cozida}) * 100}{\text{Diâmetro da amostra crua}}$$

234

#### 235 **2.2.1.5. Análise estatística**

236 Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias das  
237 repetições comparadas entre si através do teste de Tukey, considerando o nível de  
238 significância de 95% ( $p < 0,05$ ). Os cálculos dos efeitos foram submetidos pelo programa  
239 estatístico Statistica® 8.0 (STATSOFT, INC).  
240

241

### 242 **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

243

#### 244 **3.1. Caracterização química**

245 Os resultados da caracterização química das diferentes formulações de hambúrgueres  
246 (em 100 g de amostra) estão apresentados na Tabela 2. Os teores de umidade dos  
247 hambúrgueres diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos. Os tratamentos  
248 HY4 e HY8 apresentaram o maior conteúdo de umidade, e os tratamentos HY1 e HY5 menor  
249 teor de umidade. Portanto, pode-se perceber que os tratamentos com maiores concentrações  
250 de gordura suína e farinha da yacon abrangeram menor conteúdo de umidade. Logo, a farinha  
251 da yacon não interferiu positivamente para retenção de umidade no produto.

252 Corroborando com este trabalho, Turhan et al., (2005) estudaram a adição de uma  
253 farinha feita a partir da película de avelã (0 a 5%) para substituição parcial de gordura em  
254 hambúrguer, relataram variação no teor de umidade de 59,43 a 66,72%, e assim concluíram,  
255 quanto maior o conteúdo de farinha menor o teor de umidade. Filho et al., (2012) ao elaborar

256 hambúrgueres com adição de inulina como ingrediente funcional prebiótico e substituto de  
257 gordura, observou que quanto maior a concentração de inulina menor o teor de umidade.

258 Em relação às cinzas, os tratamentos apresentaram diferença estatística ( $p < 0,05$ ). Os  
259 tratamentos com maior teor de farinha da yacon apresentaram maior concentração de cinzas.  
260 Lopez –Vargas, et al., (2014) também observaram elevado teor de cinzas com o aumento da  
261 adição da farinha de maracujá em hambúrguer.

262 A Portaria nº. 27 de 13 de janeiro de 1998 define como “reduzido em gordura” o  
263 produto que apresenta uma redução mínima de 25% de gordura quando comparado ao produto  
264 convencional. Observa-se que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras. De  
265 acordo com Egbert et al., (1991) os produtos convencionais são elaborados com 20% de  
266 gordura. Portanto, conseguiu-se elaborar formulações com teor reduzido de gordura (HY2,  
267 HY4, HY6 e HY8). Nota-se que não foi percebido pelos consumidores diferença nos atributos  
268 sensoriais com a redução da gordura, fato confirma-se na análise realizada, pois os resultados  
269 não apresentaram diferença estatística. Em todos os casos, as proporções de lipídeos  
270 encontram-se dentro do limite (máximo 23%) estabelecidos na legislação vigente. (BRASIL,  
271 2000).

272 Os valores apresentados para proteína nos hambúrgueres demonstraram diferença  
273 estatística ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos. Observa-se que os tratamentos PC e HY8  
274 apresentaram maior teor proteico e diferem dos demais. Entretanto, o tratamento HY7  
275 expressou menor conteúdo de proteína. Os resultados encontram-se em concordância com o  
276 Regulamento técnico de identidade e qualidade de hambúrgueres que estabelece determinar  
277 teor mínimo de 15% de proteína (BRASIL, 2000).

278 Pinho et al., (2011) ao adicionar resíduo de caju como fonte de fibras em  
279 hambúrgueres com baixo teor de gordura, encontrou resultados que obtiveram diferença  
280 estatística ( $p < 0,05$ ) para proteína. Da mesma forma, o estudo não atribui o conteúdo de  
281 proteína dos hambúrgueres ( $F_1=22,45\%$ ;  $F_2=20,84\%$ ;  $F_3=20,53\%$ ;  $F_4=20,60\%$ ) a  
282 incorporação do resíduo de caju pelo seu baixo conteúdo proteico. Além do mais, os valores  
283 de proteína do presente estudo são mais elevados quando comparados com a pesquisa de  
284 Seabra et al., (2002), ao estudarem a influência da adição de fécula de mandioca apresentaram  
285 17,98% e nos hambúrgueres com adição de farinha de aveia encontraram 18,09%.

286 Os produtos podem alegar propriedades como fonte de fibras, quando estes  
287 fornecerem na porção do produto sólido pronto para o consumo no mínimo 3 g de fibras em  
288 100 g do produto (BRASIL, 2012). Sendo assim, os hambúrgueres com adição de 9% de

289 farinha da yacon (HY1, HY2, HY5 e HY6) apresentaram ser fonte em fibras, pois em 56 g de  
 290 produto apresentaram 3,74 g de fibras e os produtos com a adição de 4,5% de farinha da  
 291 yacon encontraram-se 1,87 g de fibra alimentar total.

292 Tabela 2: Composição química dos hambúrgueres adicionados de farinha da yacon  
 293 (*Smallanthus sonchifolius*) em 100 g do produto.

TRAT	UM	CZ	EE	PTS	FI*	FS*	FOS*	INU*	FT*
HY1	41,95 <sup>c</sup>	4,91 <sup>a</sup>	22,51 <sup>a</sup>	20,90 <sup>bcd</sup>	1,34 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	4,09 <sup>a</sup>	1,07 <sup>a</sup>	6,68 <sup>a</sup>
HY2	52,39 <sup>b</sup>	4,83 <sup>a</sup>	12,53 <sup>c</sup>	20,30 <sup>de</sup>	1,34 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	4,09 <sup>a</sup>	1,07 <sup>a</sup>	6,68 <sup>a</sup>
HY3	50,44 <sup>b</sup>	4,11 <sup>c</sup>	22,42 <sup>a</sup>	20,65 <sup>cd</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>
HY4	59,95 <sup>a</sup>	4,09 <sup>c</sup>	12,22 <sup>c</sup>	20,70 <sup>bcd</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>
HY5	42,81 <sup>c</sup>	4,79 <sup>a</sup>	20,22 <sup>a</sup>	21,70 <sup>abc</sup>	1,34 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	4,09 <sup>a</sup>	1,07 <sup>a</sup>	6,68 <sup>a</sup>
HY6	51,75 <sup>b</sup>	4,81 <sup>a</sup>	12,67 <sup>c</sup>	21,00 <sup>bcd</sup>	1,34 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	4,09 <sup>a</sup>	1,07 <sup>a</sup>	6,68 <sup>a</sup>
HY7	48,80 <sup>b</sup>	4,42 <sup>b</sup>	21,64 <sup>a</sup>	19,30 <sup>e</sup>	0,67 <sup>b</sup>	0,09 <sup>b</sup>	2,04 <sup>b</sup>	0,54 <sup>b</sup>	3,34 <sup>b</sup>
HY8	57,26 <sup>a</sup>	4,15 <sup>c</sup>	12,13 <sup>c</sup>	21,87 <sup>ab</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>
PC	48,81 <sup>b</sup>	4,40 <sup>b</sup>	17,83 <sup>b</sup>	22,20 <sup>a</sup>	0,67 <sup>b</sup>	0,09 <sup>b</sup>	2,04 <sup>b</sup>	0,54 <sup>b</sup>	3,34 <sup>b</sup>
Média	50,16	4,50	17,26	21,18	0,74	0,10	2,72	0,59	3,71
EP	1,12	0,10	0,88	0,20	0,11	0,01	0,35	0,09	0,46

294 Médias na mesma coluna com letras diferentes sobrescritas diferem significativamente entre si pelo teste de  
 295 Tukey (p<0,05).

296 n=3; EP = Erro padrão da média;

297 UM= umidade; CZ= cinzas; EE= extrato etéreo; PTS= proteína; FI= fibra insolúvel; FS= fibra solúvel; FOS=  
 298 fruto-oligossacarídeos; INU= inulina; FT= Fibra total (FI+FS+FOS+INU); \*Calculado conforme a quantidade de  
 299 farinha da yacon adicionada de acordo com o conteúdo de fibra alimentar analisada;

300 HY1: Gordura 20%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0,2%;

301 HY2: Gordura 10%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0,2%;

302 HY3: Gordura 20%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0,2%;

303 HY4: Gordura 10%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0,2%;

304 HY5: Gordura 20%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0%;

305 HY6: Gordura 10%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0%;

306 HY7: Gordura 20%, farinha da yacon 4,5% e eritorbato 0%;

307 HY8: Gordura 10%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0%;

308 PC (HY9, HY10 e HY11): Gordura 15%, farinha da yacon 4,5% e eritorbato 0,1%.

309 A adição de fibras na forma de frutanos em hambúrgueres pode atuar na redução de colesterol,  
 310 pressão arterial e glicose sanguíneo. Além disso, melhorando a regularização da função  
 311 intestinal, pois atuam como prebióticos, através da eliminação de bactérias patogênicas e  
 312 putrefativas por efeito da multiplicação das bifidobactérias (ALBUQUERQUE & ROLIM,  
 313 2011; LOBO et al., 2011; DE MOURA et al., 2012).

314

### 315 3.2. Vida de prateleira

#### 316 3.2.1. Avaliação da oxidação: Substâncias relativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS)

317 Pode-se perceber que as médias de TBARS variaram de 0,452 a 1,216 mg MDA/Kg  
 318 de hambúrguer durante o período de armazenamento. Foram observadas diferenças  
 319 significativa (p<0,05) entre os tratamentos durante os 120 dias de armazenamento (Tabela 3).  
 320 Verifica-se que ao longo do armazenamento todos os tratamentos tiveram o mesmo  
 321 comportamento independente da quantidade de farinha da yacon, gordura suína e antioxidante  
 322 adicionados.

323 Tabela 3: Resultados da avaliação da oxidação pelo teste de TBARS (mg MDA/Kg de  
 324 amostra) dos hambúrgueres elaborados com diferentes concentrações de farinha da yacon,  
 325 gordura suína e eritorbato de sódio durante 120 dias de armazenamento sob congelamento.

TBARS	Armazenamento (dias)						Média	EP
	0	30	60	90	120			
TRAT								
HY1	0,581 <sup>Ad</sup>	0,619 <sup>Ad</sup>	0,979 <sup>Abc</sup>	1,244 <sup>Ab</sup>	1,308 <sup>Aa</sup>	0,946	0,10	
HY2	0,468 <sup>BCd</sup>	0,619 <sup>Ac</sup>	0,982 <sup>ABb</sup>	1,107 <sup>Ba</sup>	1,151 <sup>Ba</sup>	0,865	0,09	
HY3	0,487 <sup>Bc</sup>	0,523 <sup>Ec</sup>	1,060 <sup>Ab</sup>	1,215 <sup>Aab</sup>	1,339 <sup>Aa</sup>	0,925	0,12	
HY4	0,447 <sup>BCDd</sup>	0,556 <sup>CDEc</sup>	0,987 <sup>ABb</sup>	1,056 <sup>CDb</sup>	1,318 <sup>Ba</sup>	0,832	0,09	
HY5	0,427 <sup>BCDd</sup>	0,548 <sup>DEc</sup>	0,915 <sup>Bb</sup>	0,985 <sup>Eb</sup>	1,337 <sup>Aa</sup>	0,842	0,11	
HY6	0,470 <sup>BCd</sup>	0,607 <sup>Abc</sup>	0,971 <sup>ABb</sup>	1,083 <sup>BCa</sup>	1,104 <sup>Ba</sup>	0,847	0,09	
HY7	0,419 <sup>BCDe</sup>	0,585 <sup>ABCd</sup>	0,932 <sup>Bc</sup>	1,031 <sup>DEb</sup>	1,115 <sup>Ba</sup>	0,814	0,09	
HY8	0,385 <sup>CDe</sup>	0,595 <sup>ABd</sup>	0,997 <sup>Abc</sup>	1,232 <sup>Ab</sup>	1,366 <sup>Aa</sup>	0,915	0,12	
PC	0,387 <sup>Cd</sup>	0,582 <sup>BCc</sup>	0,968 <sup>ABb</sup>	1,007 <sup>Eb</sup>	1,106 <sup>Ba</sup>	0,811	0,09	
Média	0,452	0,581	0,945	1,107	1,216			
EP	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02			

326 <sup>A</sup>Médias na mesma coluna com letras diferentes sobrescritas diferem significativamente entre si pelo teste de  
 327 Tukey (p<0,05); <sup>a</sup>Médias na mesma linha com letras diferentes sobrescritas diferem significativamente entre si  
 328 pelo teste de Tukey (p<0,05); n=3; EP = Erro padrão da média;

329 HY1: Gordura 20%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0,2%;

330 HY2: Gordura 10%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0,2%;

331 HY3: Gordura 20%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0,2%;

332 HY4: Gordura 10%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0,2%;

333 HY5: Gordura 20%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0%;

334 HY6: Gordura 10%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0%;

335 HY7: Gordura 20%, farinha da yacon 4,5% e eritorbato 0%;

336 HY8: Gordura 10%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0%;

337 PC (HY9, HY10 e HY11): Gordura 15%, farinha da yacon 4,5% e eritorbato 0,1%.

338 Segundo Drehmer (2005) frequentemente o teste de TBARS deve ser acompanhado de  
 339 análise sensorial a fim de avaliar a corretamente a oxidação lipídica do alimento, pois o  
 340 malonaldeído pode estar envolvido em outras interações físico-químicas, sendo importante  
 341 também correlacionar às informações obtidas com as notas dos provadores. Neste estudo,  
 342 pode-se perceber que nos dias 10 e 90 de armazenagem dos hambúrgueres em que foram  
 343 realizadas as análises sensoriais, os resultados não mostraram diferença estatística. Isto indica  
 344 que os provadores não perceberam alterações nas características sensoriais durante o período  
 345 de armazenamento do produto.

346

### 347 3.2.2. Determinação da Atividade de água (Aa) e potencial hidrogeniônico (pH)

348 Os valores médios da Aa nos tratamentos variaram de 0,96 a 0,98. E pode-se avaliar  
 349 que os hambúrgueres com maior concentração de gordura e farinha da yacon (HY1 e HY5)  
 350 resultaram em menor valor de Aa no dia 120. E os tratamentos que não tem concentrações de  
 351 farinha (HY3, HY4 e HY8) apresentaram maiores Aa no período final do armazenamento em  
 352 120 dias (Tabela 4). Esses resultados vêm a colaborar com os valores de umidade do produto.  
 353 Uma baixa atividade de água, aliado a baixa temperatura vem a colaborar com uma menor



354 contaminação microbiológica e conseqüentemente, com maior tempo de vida de prateleira  
355 (SALES, 2007).

356 Tabela 4: Resultados da atividade de água (Aa) e potencial hidrogeniônico (pH) dos  
357 hambúrgueres elaborados com diferentes concentrações de farinha da yacon, gordura suína e  
358 eritorbato de sódio durante 120 dias de armazenamento sob congelamento.

Aa		Armazenamento (dias)					
TRAT	0	30	60	90	120	Média	EP
HY1	0,96	0,97 <sup>AB</sup>	0,96	0,96 <sup>AB</sup>	0,96 <sup>B</sup>	0,96	0,00
HY2	0,97 <sup>ab</sup>	0,97 <sup>ABab</sup>	0,98 <sup>a</sup>	0,96 <sup>Bb</sup>	0,97 <sup>ABab</sup>	0,97	0,00
HY3	0,97	0,97 <sup>AB</sup>	0,98	0,97 <sup>A</sup>	0,98 <sup>A</sup>	0,97	0,00
HY4	0,98	0,98 <sup>A</sup>	0,98	0,98 <sup>AB</sup>	0,98 <sup>A</sup>	0,98	0,00
HY5	0,97	0,97 <sup>AB</sup>	0,97	0,96 <sup>B</sup>	0,96 <sup>B</sup>	0,96	0,00
HY6	0,97	0,97 <sup>AB</sup>	0,97	0,97 <sup>AB</sup>	0,97 <sup>AB</sup>	0,97	0,00
HY7	0,96	0,97 <sup>AB</sup>	0,97	0,96 <sup>B</sup>	0,97 <sup>AB</sup>	0,96	0,00
HY8	0,98 <sup>a</sup>	0,98 <sup>Ab</sup>	0,98 <sup>ab</sup>	0,97 <sup>ABb</sup>	0,98 <sup>Ab</sup>	0,97	0,00
PC	0,98	0,97 <sup>B</sup>	0,97	0,97 <sup>AB</sup>	0,97 <sup>B</sup>	0,97	0,00
Média	0,97	0,97	0,97	0,96	0,97		
EP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
pH		Armazenamento (dias)					
TRAT	0	30	60	90	120	Média	EP
HY1	6,24 <sup>D</sup>	6,26 <sup>AB</sup>	6,31	6,43	6,48	6,42	0,03
HY2	6,24 <sup>CD</sup>	6,15 <sup>B</sup>	6,35	6,36	6,50	6,40	0,04
HY3	6,29 <sup>BCD</sup>	6,26 <sup>AB</sup>	6,34	6,36	6,63	6,30	0,06
HY4	6,27 <sup>BCD</sup>	6,26 <sup>AB</sup>	6,26	6,30	6,49	6,32	0,03
HY5	6,56 <sup>A</sup>	6,36 <sup>AB</sup>	6,48	6,50	6,65	6,51	0,04
HY6	6,46 <sup>ABCD</sup>	6,36 <sup>AB</sup>	6,41	6,42	6,58	6,45	0,03
HY7	6,50 <sup>AB</sup>	6,48 <sup>AB</sup>	6,43	6,43	6,60	6,49	0,03
HY8	6,54 <sup>A</sup>	6,53 <sup>A</sup>	6,43	6,27	6,61	6,48	0,04
PC	6,43 <sup>A</sup>	6,34 <sup>AB</sup>	6,35	6,37	6,51	6,40	0,03
Média	6,39	6,33	6,37	6,37	6,56		
EP	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03		

359 <sup>A</sup>Médias na mesma coluna com letras diferentes sobrescritas diferem significativamente entre si pelo teste de  
360 Tukey (p<0,05); <sup>a</sup>Médias na mesma linha com letras diferentes sobrescritas diferem significativamente entre si  
361 pelo teste de Tukey (p<0,05); n=3; EP = Erro padrão da média;

362 HY1: Gordura 20%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0,2%;

363 HY2: Gordura 10%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0,2%;

364 HY3: Gordura 20%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0,2%;

365 HY4: Gordura 10%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0,2%;

366 HY5: Gordura 20%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0%;

367 HY6: Gordura 10%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0%;

368 HY7: Gordura 20%, farinha da yacon 4,5% e eritorbato 0%;

369 HY8: Gordura 10%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0%;

370 PC (HY9, HY10 e HY11): Gordura 15%, farinha da yacon 4,5% e eritorbato 0,1%.

371 Com relação ao pH não houve diferença significativa (p<0,05) em todos os  
372 tratamentos durante o tempo de armazenamento, e ainda houve uma tendência de aumento do  
373 pH em todos tratamentos em relação ao dia 0 e 120. Os tratamentos com maior porcentagem  
374 de farinha da yacon foram encontrados maiores valores médios de pH. Assim, altos valores  
375 podem estar relacionados às reações enzimáticas, hidrólise bacteriana ou a presença de  
376 compostos alcalinos oriundos da decomposição proteica (SIKORSKI; KOLAKOWSKA;  
377 BURT, 1974).

### 3.2.3. Determinação das coordenadas de Cor

Para a coordenada  $L^*$  (luminosidade) os resultados mostraram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos e o armazenamento (Tabela 5). No período de 120 dias, os tratamentos que têm maior concentração de farinha da yacon apresentaram menores valores. A luminosidade diminuiu com a adição de farinha, o que é um aspecto negativo, sabendo que valores baixos são desfavoráveis para a atratividade do produto (RODRIGUEZ-LOPEZ et al., 1992). Assim, percebe-se que a farinha contribui para a diminuição no valor de  $L^*$ .

A pesquisa de Youssef e Barbut (2011) quando adicionaram proteína de soja a uma concentração de 1,50% em emulsões relataram que também reduziu o valor de  $L^*$  durante o armazenamento, devido a redução da mioglobina, o que resulta em produtos mais escuros.

Tabela 5: Resultados das coordenadas da cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $h^\circ$ ) dos hambúrgueres elaborados com diferentes concentrações de farinha da yacon, gordura suína e eritorbato de sódio durante 120 dias de armazenamento sob congelamento.

$L^*$		Armazenamento (dias)					
TRAT	0	30	60	90	120	Média	EP
HY1	46,30 <sup>BCb</sup>	45,99 <sup>ABCDb</sup>	49,67 <sup>Aba</sup>	44,33 <sup>CDEc</sup>	42,74 <sup>BDb</sup>	44,60	0,58
HY2	43,24 <sup>DEbc</sup>	41,70 <sup>Dd</sup>	43,73 <sup>Db</sup>	45,42 <sup>BCa</sup>	42,14 <sup>Fcd</sup>	43,24	0,44
HY3	51,05 <sup>Aa</sup>	50,05 <sup>Aa</sup>	51,21 <sup>Aa</sup>	50,76 <sup>ABba</sup>	46,69 <sup>BD</sup>	49,95	0,57
HY4	44,54 <sup>CDc</sup>	42,88 <sup>Cd</sup>	48,77 <sup>ABCa</sup>	41,82 <sup>DEd</sup>	47,40 <sup>ACb</sup>	45,08	0,88
HY5	43,56 <sup>DEb</sup>	44,15 <sup>BCDb</sup>	44,11 <sup>Db</sup>	45,72 <sup>BCDab</sup>	42,08 <sup>Aa</sup>	44,92	0,46
HY6	41,61 <sup>Eb</sup>	41,81 <sup>CDb</sup>	43,34 <sup>Da</sup>	38,96 <sup>Ec</sup>	41,18 <sup>Cb</sup>	41,38	0,48
HY7	51,50 <sup>Ab</sup>	47,07 <sup>ABCc</sup>	45,71 <sup>CDd</sup>	52,92 <sup>Aa</sup>	47,09 <sup>Ac</sup>	49,03	0,91
HY8	46,52 <sup>BCc</sup>	48,61 <sup>ABb</sup>	50,53 <sup>Aba</sup>	46,64 <sup>BCDc</sup>	49,45 <sup>Aab</sup>	48,39	0,54
PC	47,97 <sup>Bbc</sup>	45,61 <sup>BCDb</sup>	47,71 <sup>ABCa</sup>	47,72 <sup>BCab</sup>	48,67 <sup>Bc</sup>	47,14	0,32
Média	46,25	45,31	47,19	46,03	47,17		
EP	0,66	0,60	0,62	0,84	0,51		
$a^*$		Armazenamento (dias)					
TRAT	0	30	60	90	120	Média	EP
HY1	13,92 <sup>Ca</sup>	12,89 <sup>Ab</sup>	11,28 <sup>Cc</sup>	10,58 <sup>Bc</sup>	12,28 <sup>Ab</sup>	12,19	0,40
HY2	14,22 <sup>Ca</sup>	12,15 <sup>ABb</sup>	12,61 <sup>ABb</sup>	9,48 <sup>CDd</sup>	10,91 <sup>Bc</sup>	11,87	0,54
HY3	17,27 <sup>Aa</sup>	12,53 <sup>ABb</sup>	12,30 <sup>ABCbc</sup>	10,86 <sup>Bd</sup>	11,00 <sup>ABcd</sup>	12,79	0,78
HY4	13,19 <sup>Ca</sup>	13,05 <sup>Aa</sup>	12,91 <sup>Aa</sup>	9,71 <sup>Cc</sup>	11,36 <sup>ABb</sup>	12,04	0,45
HY5	12,34 <sup>Ca</sup>	10,13 <sup>Bb</sup>	8,71 <sup>Dc</sup>	8,71 <sup>Ec</sup>	8,60 <sup>Dc</sup>	9,70	0,48
HY6	14,39 <sup>BCa</sup>	10,23 <sup>Bb</sup>	9,77 <sup>Dbc</sup>	8,89 <sup>DEc</sup>	9,17 <sup>CDbc</sup>	10,49	0,67
HY7	12,96 <sup>Ca</sup>	11,67 <sup>ABb</sup>	11,44 <sup>BCbc</sup>	10,45 <sup>Bc</sup>	9,28 <sup>CDd</sup>	11,16	0,42
HY8	16,98 <sup>ABa</sup>	12,39 <sup>ABbc</sup>	13,14 <sup>Ab</sup>	12,11 <sup>Ac</sup>	10,36 <sup>BCd</sup>	13,00	0,73
PC	17,65 <sup>Aa</sup>	12,57 <sup>Ab</sup>	13,07 <sup>Ab</sup>	12,12 <sup>Ac</sup>	10,98 <sup>Bc</sup>	13,28	0,56
Média	14,76	11,95	11,69	10,32	10,44		
EP	0,46	0,24	0,32	0,28	0,23		
$b^*$		Armazenamento (dias)					
TRAT	0	30	60	90	120	Média	EP
HY1	19,32 <sup>ABa</sup>	19,07 <sup>Aa</sup>	18,35 <sup>ABab</sup>	17,31 <sup>ABb</sup>	19,06 <sup>Aa</sup>	18,62	0,25
HY2	18,25 <sup>BCa</sup>	16,16 <sup>ABCb</sup>	17,45 <sup>ABCa</sup>	14,84 <sup>CDc</sup>	17,52 <sup>BCb</sup>	17,24	1,31
HY3	17,97 <sup>BCa</sup>	14,43 <sup>BCb</sup>	16,44 <sup>BCab</sup>	13,37 <sup>DEb</sup>	15,50 <sup>Cab</sup>	15,54	0,56
HY4	14,78 <sup>Db</sup>	13,63 <sup>Cc</sup>	15,47 <sup>Ca</sup>	11,76 <sup>Ed</sup>	13,93 <sup>Ca</sup>	14,31	0,53
HY5	16,46 <sup>CD</sup>	16,51 <sup>ABC</sup>	15,42 <sup>C</sup>	15,20 <sup>BCD</sup>	16,42 <sup>BC</sup>	16,00	0,21
HY6	16,79 <sup>Ca</sup>	16,24 <sup>ABCa</sup>	16,57 <sup>ABCa</sup>	14,62 <sup>CDb</sup>	15,71 <sup>Cab</sup>	15,99	0,27
HY7	16,90 <sup>Cb</sup>	17,58 <sup>ABab</sup>	17,49 <sup>ABCab</sup>	18,51 <sup>Aab</sup>	16,83 <sup>ABCb</sup>	17,50	0,21
HY8	17,42 <sup>Ca</sup>	16,24 <sup>ABCab</sup>	16,42 <sup>BCab</sup>	15,93 <sup>BCb</sup>	16,74 <sup>BCab</sup>	16,55	0,19
PC	19,99 <sup>Aab</sup>	17,69 <sup>Aab</sup>	18,58 <sup>Aa</sup>	17,93 <sup>Ab</sup>	17,90 <sup>ABab</sup>	18,42	0,14
Média	24,13	16,39	16,91	15,50	17,09		

EP	0,37	0,37	0,28	0,47	0,25		
<b>C*</b>	<b>Armazenamento (dias)</b>						
<b>TRAT</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>Média</b>	<b>EP</b>
<b>HY1</b>	23,81 <sup>BCa</sup>	23,01 <sup>Aab</sup>	21,78 <sup>ABb</sup>	20,29 <sup>Abc</sup>	22,92 <sup>Aab</sup>	22,36	0,41
<b>HY2</b>	23,13 <sup>BCDa</sup>	20,22 <sup>Abc</sup>	21,89 <sup>ABb</sup>	17,60 <sup>CDd</sup>	19,80 <sup>BCc</sup>	20,53	0,30
<b>HY3</b>	24,92 <sup>ABa</sup>	19,12 <sup>ABbc</sup>	20,53 <sup>BCb</sup>	17,22 <sup>DEc</sup>	19,01 <sup>Cbc</sup>	20,24	0,88
<b>HY4</b>	19,81 <sup>Eab</sup>	18,87 <sup>Bc</sup>	20,49 <sup>BCa</sup>	15,25 <sup>Ed</sup>	19,56 <sup>BCab</sup>	18,80	0,62
<b>HY5</b>	20,55 <sup>DEa</sup>	19,76 <sup>ABab</sup>	17,70 <sup>Dc</sup>	17,51 <sup>Dc</sup>	18,53 <sup>Cbc</sup>	18,81	0,40
<b>HY6</b>	22,11 <sup>BCDa</sup>	19,19 <sup>ABb</sup>	19,23 <sup>CDb</sup>	17,11 <sup>DEc</sup>	18,18 <sup>Cbc</sup>	19,16	0,56
<b>HY7</b>	21,29 <sup>CDEa</sup>	21,10 <sup>Aba</sup>	21,15 <sup>ABCa</sup>	21,25 <sup>Aba</sup>	19,39 <sup>BCb</sup>	25,08	0,26
<b>HY8</b>	24,33 <sup>Ba</sup>	20,42 <sup>ABbc</sup>	21,39 <sup>ABCb</sup>	19,56 <sup>BCc</sup>	19,68 <sup>BCbc</sup>	21,08	0,59
<b>PC</b>	26,77 <sup>Aa</sup>	21,79 <sup>ABb</sup>	22,73 <sup>Ab</sup>	21,64 <sup>Ac</sup>	20,10 <sup>Bc</sup>	22,60	0,44
<b>Média</b>	22,97	20,38	20,82	18,60	19,68		
<b>EP</b>	0,54	0,34	0,34	0,49	0,30		
<b>h*</b>	<b>Armazenamento (dias)</b>						
<b>TRAT</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>Média</b>	<b>EP</b>
<b>HY1</b>	54,22 <sup>Ac</sup>	55,95 <sup>ABbc</sup>	57,43 <sup>ABCab</sup>	58,57 <sup>Aba</sup>	56,27 <sup>CDb</sup>	56,49	0,50
<b>HY2</b>	52,07 <sup>Bb</sup>	53,06 <sup>Bb</sup>	54,84 <sup>CDEab</sup>	57,44 <sup>ABCa</sup>	56,56 <sup>CDa</sup>	54,80	0,70
<b>HY3</b>	46,16 <sup>Db</sup>	49,05 <sup>CDab</sup>	53,21 <sup>CDEa</sup>	50,81 <sup>Dab</sup>	54,63 <sup>Da</sup>	50,77	1,08
<b>HY4</b>	48,25 <sup>Cbc</sup>	46,25 <sup>Dc</sup>	50,93 <sup>Eb</sup>	50,47 <sup>Db</sup>	54,50 <sup>Da</sup>	50,08	0,94
<b>HY5</b>	53,10 <sup>ABc</sup>	59,17 <sup>Ab</sup>	60,54 <sup>Aab</sup>	60,18 <sup>Aab</sup>	62,38 <sup>Aa</sup>	59,07	1,06
<b>HY6</b>	49,41 <sup>Cb</sup>	57,79 <sup>Aa</sup>	59,50 <sup>Aba</sup>	58,73 <sup>Aba</sup>	59,73 <sup>ABa</sup>	57,03	1,30
<b>HY7</b>	52,52 <sup>ABc</sup>	56,42 <sup>ABb</sup>	55,80 <sup>BCDb</sup>	60,55 <sup>Aa</sup>	61,42 <sup>Aa</sup>	57,34	1,10
<b>HY8</b>	45,72 <sup>Dc</sup>	52,67 <sup>BCb</sup>	52,08 <sup>DEb</sup>	52,76 <sup>CDb</sup>	58,27 <sup>BCa</sup>	51,1	1,33
<b>PC</b>	48,32 <sup>Cc</sup>	54,23 <sup>Bb</sup>	54,84 <sup>CDb</sup>	55,92 <sup>BCa</sup>	58,48 <sup>BCa</sup>	54,36	1,07
<b>Média</b>	49,97	53,84	55,46	56,15	58,02		
<b>EP</b>	0,60	0,79	0,63	0,76	0,54		

391 <sup>A</sup>Médias na mesma coluna com letras diferentes sobrescritas diferem significativamente entre si pelo teste de  
392 Tukey (p<0,05); <sup>a</sup>Médias na mesma linha com letras diferentes sobrescritas diferem significativamente entre si  
393 pelo teste de Tukey (p<0,05); n=3; EP = Erro padrão da média;  
394 HY1: Gordura 20%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0,2%;  
395 HY2: Gordura 10%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0,2%;  
396 HY3: Gordura 20%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0,2%;  
397 HY4: Gordura 10%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0,2%;  
398 HY5: Gordura 20%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0%;  
399 HY6: Gordura 10%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0%;  
400 HY7: Gordura 20%, farinha da yacon 4,5% e eritorbato 0%;  
401 HY8: Gordura 10%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0%;  
402 PC (HY9, HY10 e HY11): Gordura 15%, farinha da yacon 4,5% e eritorbato 0,1%.

403 Os resultados encontrados neste estudo para  $a^*$  mostram que todos os tratamentos  
404 diminuíram a coloração vermelha ao longo do armazenamento. Entretanto, os tratamentos  
405 com 0,2% de antioxidante, apresentaram os maiores valores, mostrando uma resposta positiva  
406 os demais. Vidal e Prestes (2014) ao adicionar fibra de trigo aos hambúrgueres de carne  
407 bovina encontraram declínio no valor de  $a^*$  durante o período do armazenamento. A redução  
408 de  $a^*$  tem sido frequentemente associada com a formação de metamioglobina, que é induzida  
409 por produtos de oxidação lipídica (ESTÉVEZ et al., 2003).

410 Na avaliação da coordenada  $b^*$  (amarelamento) todos os tratamentos apresentaram os  
411 valores com uma redução no final do período do armazenamento (120 dias) em relação ao dia  
412 0 (zero). Esses resultados estão em desacordo com diversos estudos que adicionaram fibras

413 em produtos cárneos, pois são encontrados valores de  $b^*$  com a tendência de aumentar ao  
414 longo do período de armazenamento (VIDAL; PRESTES, 2014).

415 Com relação à coordenada  $C^*$  (saturação) resultados próximos a zero apresentam  
416 cores neutras (cinzas), enquanto valores de cores próximos a 60 representam cores vívidas  
417 (MENDONÇA, et al., 2003). Assim, todos os tratamentos diminuíram em relação ao dia 0 e  
418 120 de armazenamento sob congelamento.

419 No período final do armazenamento todos os tratamentos mostraram aumento do valor  
420 de  $h^\circ$ , em relação ao dia 0 (zero). Esses resultados demonstram à tendência a oxidação dos  
421 produtos. Desse modo, o tratamento HY5 apresentou maior valor de  $h^\circ$ , e o tratamento HY4  
422 menor resultado. Então, pode-se atribuir que a maior concentração de gordura suína e farinha  
423 da yacon, como também a não adição do eritorbato de sódio, contribuíram para o aumento dos  
424 valores de  $h^\circ$ .

425

#### 426 **3.2.4. Análises microbiológicas**

427 Nos resultados das análises microbiológicas observou-se que os hambúrgueres  
428 elaborados encontravam-se dentro dos padrões microbiológicos vigentes estabelecidos pela  
429 Resolução RDC n. 12, da ANVISA (BRASIL, 2001). Verificou-se ausência de *Salmonella* em  
430 25 g de amostra e valores menores que  $1,0 \times 10^5$  UFC.g<sup>-1</sup> para *Coliformes* a 35 °C, *Coliformes* a  
431 45 °C, *Staphylococcus coagulase* positiva, *Staphylococcus coagulase* negativa e *Clostridium*  
432 sulfito redutores. Estes resultados alcançados refletem as boas práticas de manipulação  
433 durante o processamento, já que estas bactérias são indicadores do histórico da manipulação a  
434 que um produto foi submetido.

435

#### 436 **3.3. Análise sensorial**

437 A aceitabilidade dos hambúrgueres foi avaliada aos 10 e 90 dias de armazenamento do  
438 produto, nenhum atributo apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos avaliados  
439 no teste (Tabela 6). As médias das notas atribuídas para todos os atributos avaliados ficaram em torno  
440 de 5, escore classificado como “gostei na escala estruturada de 7 pontos. Assim, a redução de  
441 gordura, como também a adição da farinha da yacon não foi percebida pelos provadores.

442 Almeida, (2011) ao elaborar hambúrgueres de carne ovina não observou diferença para os  
443 atributos como sabor, aroma, textura e cor para os três níveis de farinha de aveia (0, 2 e 4%), ou seja, a  
444 farinha de aveia não influenciou nos atributos analisados. Barros et al., (2012) também verificaram  
445 melhor aceitação para os hambúrgueres adicionados de 30% de fibra de caju do que o hambúrguer  
446 padrão.

447 Tabela 6: Resultados da análise sensorial dos hambúrgueres elaborados com diferentes  
 448 concentrações de farinha da yacon, gordura suína e eritorbato de sódio, nos dias 10 e 90 de  
 449 armazenamento sob congelamento.

COR				ODOR				
TRAT	10	90	Média	EP	10	90	Média	EP
HY1	5,08	5,04	5,06	0,06	5,12	5,12	5,12	0,12
HY2	5,42	5,00	5,21	0,12	5,00	5,14	5,07	0,11
HY3	5,00	5,04	5,02	0,13	5,14	5,14	5,14	0,13
HY4	5,38	5,38	5,38	0,14	5,00	5,00	5,00	0,10
HY5	5,02	5,02	5,02	0,12	5,30	5,02	5,16	0,12
HY6	5,04	5,04	5,02	0,11	5,12	5,14	5,13	0,12
HY7	5,18	5,20	5,19	0,12	5,30	5,10	5,20	0,12
HY8	5,10	5,34	5,22	0,12	5,12	5,04	5,08	0,13
PC	5,04	5,18	5,11	0,06	5,04	5,02	5,03	0,11
Média	5,12	5,14			5,13	5,08		
EP	0,06	0,06			0,05	0,05		

  

SABOR				TEXTURA				
TRAT	10	90	Média	EP	10	90	Média	EP
HY1	5,20	5,14	5,17	0,12	5,02	5,00	5,01	0,10
HY2	5,08	5,16	5,12	0,11	5,36	5,14	5,25	0,11
HY3	5,22	5,30	5,26	0,13	5,00	5,08	5,04	0,12
HY4	5,58	5,38	5,48	0,12	5,00	5,02	5,01	0,13
HY5	5,26	5,06	5,16	0,12	5,24	5,06	5,15	0,12
HY6	5,14	5,12	5,13	0,13	5,26	5,26	5,26	0,12
HY7	5,32	5,16	5,24	0,11	5,18	5,16	5,17	0,13
HY8	5,08	5,40	5,24	0,12	5,10	5,02	5,06	0,12
PC	5,00	5,10	5,05	0,12	5,04	5,02	5,03	0,12
Média	5,21	5,20			5,13	5,08		
EP	0,06	0,06			0,05	0,06		

  

APARÊNCIA GLOBAL				
TRAT	10	90	Média	EP
HY1	5,10	5,12	5,11	0,10
HY2	5,44	5,24	5,34	0,11
HY3	5,26	5,18	5,22	0,12
HY4	5,28	5,14	5,25	0,12
HY5	5,40	5,18	5,29	0,13
HY6	5,30	5,23	5,27	0,11
HY7	5,26	5,18	5,22	0,13
HY8	5,12	5,16	5,24	0,12
PC	5,00	5,18	5,09	0,11
Média	5,24	5,18		
EP	0,05	0,06		

450 n=100 (para cada análise; total n=200); Trat= tratamentos;  
 451 Escore das notas: 1= desgostei muitíssimo; 2= desgostei muito; 3= desgostei; 4= indiferente; 5= Gostei; 6=  
 452 gostei muito; 7= gostei muitíssimo  
 453 HY1: Gordura 20%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0,2%;  
 454 HY2: Gordura 10%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0,2%;  
 455 HY3: Gordura 20%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0,2%;  
 456 HY4: Gordura 10%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0,2%;  
 457 HY5: Gordura 20%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0%;  
 458 HY6: Gordura 10%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0%;  
 459 HY7: Gordura 20%, farinha da yacon 4,5% e eritorbato 0%;  
 460 HY8: Gordura 10%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0%;  
 461 PC (HY9, HY10 e HY11): Gordura 15%, farinha da yacon 4,5% e eritorbato 0,1%.

462 Os hambúrgueres elaborados por Carli (2013), adicionados de farinha de linhaça (2 e  
 463 5%) quando analisados sensorialmente não diferiram estatisticamente, assim a adição de

464 farinha de linhaça ao hambúrguer não interferiu na sua aceitação podendo ainda, ser  
465 considerado um alimento saudável e com propriedades funcionais

466 .

### 467 3.4. Propriedades tecnológicas

468 Os resultados das análises tecnológicas mostraram diferença significativa ( $p < 0,05$ )  
469 entre os tratamentos (Tabela 7). Os tratamentos com adição de farinha da yacon apresentaram  
470 menor porcentagem de encolhimento e maior rendimento, e não diferiram significativamente  
471 ( $p < 0,05$ ). Assim, percebe-se que a farinha influenciou positivamente nos parâmetros  
472 avaliados, sendo esses muito importantes no desenvolvimento de produtos cárneos.

473 Tabela 7: Resultados do encolhimento (%) e rendimento (%) nos hambúrgueres elaborados  
474 com diferentes concentrações de farinha da yacon gorduras suína e eritorbato de sódio sob  
475 congelamento.

Tratamentos	Encolhimento (%)	Rendimento (%)
<b>HY1</b>	9,95 <sup>c</sup>	74,20 <sup>a</sup>
<b>HY2</b>	9,85 <sup>c</sup>	74,28 <sup>a</sup>
<b>HY3</b>	17,62 <sup>a</sup>	66,99 <sup>d</sup>
<b>HY4</b>	13,62 <sup>b</sup>	68,15 <sup>c</sup>
<b>HY5</b>	11,62 <sup>bc</sup>	74,02 <sup>a</sup>
<b>HY6</b>	10,30 <sup>c</sup>	74,28 <sup>a</sup>
<b>HY7</b>	13,75 <sup>b</sup>	70,65 <sup>b</sup>
<b>HY8</b>	17,01 <sup>c</sup>	68,44 <sup>c</sup>
<b>PC</b>	13,55 <sup>b</sup>	70,91 <sup>b</sup>
<b>Média</b>	13,03	71,32
<b>EP</b>	0,58	0,56

476 Médias na mesma coluna com letras diferentes sobrescritas diferem significativamente entre si pelo teste de  
477 Tukey ( $p < 0,05$ ). N=3; CV (%) = coeficiente de variação; EP = erro padrão da média.

478 HY1: Gordura 20%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0,2%;

479 HY2: Gordura 10%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0,2%;

480 HY3: Gordura 20%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0,2%;

481 HY4: Gordura 10%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0,2%;

482 HY5: Gordura 20%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0%;

483 HY6: Gordura 10%, farinha da yacon 9% e eritorbato 0%;

484 HY7: Gordura 20%, farinha da yacon 4,5% e eritorbato 0%;

485 HY8: Gordura 10%, farinha da yacon 0% e eritorbato 0%;

486 PC (HY9, HY10 e HY11): Gordura 15%, farinha da yacon 4,5% e eritorbato 0,1%.

487 Estudos corroboram com a pesquisa, pois Seabra et al., (2002) em hambúrgueres de  
488 carne ovina com 2% de fécula de mandioca e 2% farinha de aveia, encontraram rendimento  
489 de 72,77 e 75,92% respectivamente, resultados parecidos com o presente estudo. Marques  
490 (2007) utilizando farinha de aveia em hambúrgueres bovinos, as formulações com 6,88,  
491 12,25, 18,75 e 25% de farinha de aveia apresentaram maiores rendimentos do produto  
492 comparado ao grupo com 0% de farinha de aveia. Bourscheid (2009) ao adicionar  
493 concentrações de fécula de mandioca e proteína texturizada de soja, constatou menor  
494 percentual de encolhimento e maior percentual de rendimento para essas formulações após

495 cocção. Filho et al., (2012) quando avaliaram a adição de inulina em hambúrgueres também  
496 encontraram maior rendimento com a adição desse ingrediente.

497

#### 498 **4. CONCLUSÃO**

499 Os hambúrgueres com adição de 9% de farinha podem ser considerados fontes em  
500 fibras alimentares. A análise sensorial mostrou que não houve diferença entre os tratamentos,  
501 ou seja, a redução de gordura e a adição da farinha da yacon não interferiram nas  
502 características sensoriais dos hambúrgueres, mesmo após 90 dias de armazenamento. A  
503 farinha da yacon não atuou como agente antioxidante.

504

#### 505 **BIBLIOGRAFIA**

506 Apha, Committee on Microbiological for Foods. Compendium of methods for the  
507 microbiological examination of foods (4ed). Washington: American Public Health  
508 Association, 2011.

509 Aoac, Official methods of analysis of the association of the official analysis chemists  
510 (16ed). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 1995.

511 Albuquerque, E.N.; Rolim, P.M. Potencialidades do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) no  
512 diabetes Mellitus. Revista Ciências Médicas, v.20, n.3-4, p.99-108, 2011.

513 Almeida, N. T. Utilização de farinha de linhaça e batata yacon na elaboração de bolos como  
514 alternativa para pacientes como Diabetes Mellitus. Trabalho de conclusão de curso de  
515 graduação apresentado ao curso de nutrição da Universidade Federal do Rio Grande do  
516 Sul, Porto Alegre, 2011.

517 Barros, N. V. D. S.; Costa, N. Q.; Porto, R. G. L.; Morgano, M. A.; Araújo, M. A. D. M.; Dos  
518 Reis, R. S. Elaboração de hambúrguer enriquecido com fibras de caju (*Anacardium*  
519 *occidentale* L.). Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, v. 30,  
520 848 n. 2, p. 315-325, Jul./dez., 2012.

521 Bourscheid, C. Avaliação da Influência da Fécula de Mandioca e Proteína Texturizada de  
522 Soja nas Características Físico – Químicas e Sensoriais de Hambúrguer de Carne  
523 Bovina. 2009. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de  
524 Alimentos) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Pinhalzinho, 2009.

525 Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 27, de 13 de janeiro  
526 de 1998. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional  
527 Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). Diário Oficial da  
528 União; Poder Executivo, de 16 de janeiro de 1998.

529 Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 1.004, de 11 de dezembro de  
530 1998. Aprovar o Regulamento Técnico: "Atribuição de Função de Aditivos, Aditivos e  
531 seus Limites máximos de uso para a Categoria 8 - Carne e Produtos Cárneos. Diário  
532 Oficial da União, Brasília, DF. 1998.

533 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 20, de 31  
534 de julho de 2000. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Almôndega, de  
535 Apresuntado, de Fiambre, de Hamburguer, de Kibe, de Presunto Cozido e de Presunto.  
536 Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1 ago. Seção 1, p. 3-31,  
537 2000.

538 Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de  
539 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos.  
540 Brasília: Diário Oficial da União, 2001.

541 Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa –  
542 IN nº 62, de 26 de agosto de 2003. Dispõe sobre Métodos analíticos oficiais para  
543 análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água.  
544 Brasília: Diário Oficial da União, 2003.

545 Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução Nº 54, de 12 de novembro de  
546 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional  
547 Complementar. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 nov.  
548 2012.

549 Carli, Caroline Giane de. Desenvolvimento de produto cárneo para alimentação escolar:  
550 hambúrguer de carne suína adicionado de farinha de linhaça. 2013. 33 f. Trabalho de  
551 Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
552 Francisco Beltrão, 2013.

553 CUMMINGS, J. H.; STEPHEN, A.M. Carbohydrate terminology and classification. European  
554 Journal of Clinical Nutrition, v.61, S5–S18, 2007.

555 De Moura, N.A. et al. Protective effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) intake on  
556 experimental colon carcinogenesis. Food and Chemical Toxicology, v.20, p.2902-2910,  
557 2012.

558 Du, Z.; Bramlage, W. J. Modified Thiobarbituric Acid Assay for Measuring Lipid Oxidation  
559 in Sugar-Rich Plant Tissue Extracts. Journal Agriculture Food Chemistry. Pag 1566-  
560 1570. 1992.



561 Dutkosky, S.D. Análise Sensorial de Alimentos. Editora Universitária Champagnat, 2ª ed.  
562 Curitiba, 123 p, 2007.

563 Drehmer, A. M. F. Quebra de peso das carcaças e estudo da vida de prateleiras de carne suína.  
564 131f. Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade  
565 Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

566 Egbert W.R, Huffman D.L, Chen C, Dylewsky D.P. Development of low-fat ground beef.  
567 Food Technology 1991; 45 (6): 66-73.

568 Estevez, M.; Morcuende, D.; Ventanas, S.; Cava, R. Analysis of volatiles in meat from  
569 Iberian pigs and lean pigs after refrigeration and cooking by using SPME-GC-MS.  
570 Journal Agriculture Food Chemistry. 2003 May 21;51(11):3429-35.

571 Filho, R. B; Oliveira, C.P; Gomes, Q. O. Elaboração de hambúrguer bovino adicionado de  
572 inulina como ingrediente funcional prebiótico e substituto de gordura. Revista Verde.  
573 Mossoró – RN, v. 7, n. 4, p. 33-37, out-dez, 2012.

574 Fruet, a. P. B.; Stefanello, F. S.; Silva, M. S.; Kkirinus, J. K.; Nornberg, J. L.; Teixeira, C.;  
575 Dorr, A. C. Incorporação de fibra alimentar em produtos cárneos. Revista Eletronica em  
576 Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET, v. 18. Ed. Especial Maio, p.11-  
577 17, 2014.

578 Hao, M.; Beta, T. Development of Chinese steamed bread enriched in bioactive compounds  
579 from barley hull and flaxseed hull extracts. Food Chemistry, v.133, p.1320-1325, 2012.

580 Hautrive, T. P. - Elaboração e avaliação de produtos cárneos com adição de ingredientes  
581 funcionais através do seu efeito no metabolismo de ratos. Tese de doutorado  
582 apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos,  
583 Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

584 Higreeva, D.; M.C. Pandey, K. Radhakrishna. Potential applications of plant based derivatives  
585 as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products.  
586 Meat Science, v. 98, p.47–57, 2014.

587 Ial (2008). Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos (4ed). São Paulo: Instituto  
588 Adolfo Lutz.

589 Lee, J. W.; Park, K. S.; Kim, J. G.; Kim, J. H.; Byun, M. W. Combined effects of gamma  
590 irradiation and rosemary extract on the shelf-life of a ready-to-eat hamburger steak.  
591 Radiation Physics and Chemistry, v. 72, n. 1, p. 49-56, 2005.

592 Lobo, A.R. et al. Iron bioavailability from ferric pyrophosphate in rats fed with fructan  
593 containing yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour. *Food Chemistry*, v.126, p.885-891,  
594 2011.

595 López-Vargas, H., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. Á.; Viuda-Martos, M. Quality  
596 characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow  
597 passion fruit (*Passiflora edulis*). *Meat science*, v. 97, n. 2, p. 270-276, 2014.

598 Martín-sánchez, A. M., Ciro-Gómez, G., Sayas, E., Vilella-Esplá, J., Bem Abda, J., Pérez-  
599 Álvarez, J. Á. Date palm by-products as a new ingredient for the meat industry:  
600 Application to pork liver pâté. *Meat science*, v. 93, n. 4, p. 880-887, 2013.

601 Marques, J. M. Elaboração de um Produto de Carne Bovina “Tipo Hambúrguer” Adicionado  
602 de Farinha de Aveia. 2007. 71 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)-  
603 Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

604 Mendonça, K. et al. Concentração de etileno e tempo de exposição para desverdecimento de  
605 limão ‘siciliano’. *Brazillian Journal Food*, v. 6, n. 2, p. 179-183, 2003.

606 Mehta, N. et al. Novel trends in development of dietary fiber rich meat products - a critical  
607 review. *REGET* -v. 18. Ed. Especial Mai. 2014, p. 11-17 . *Journal of Food Science and*  
608 *Technology*, p.1-15, 2013.

609 Monteiro, C. L. B. Técnicas de avaliação sensorial. 2. ed. Curitiba: Universidade Federal  
610 do Paraná, CEPPA, 1984. 101 p.

611 Mudgil, D.; Barak, S. Composition, properties and health benefits of indigestible  
612 carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. *International Journal of Biological*  
613 *Macromolecules*, v.61, p.1-6, 2013.

614 Muniz, S., & ALONSO, B. O. (2010). Design and development of meat-based functional  
615 foods with walnut: Technological, nutritional and  
616 health impact. *Food Chemistry*, 123, 959–967.

617 Pinho, L.X. et al. The use of cashew apple residue as source of fiber in low fat hamburgers.  
618 *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, v.31, n.4, p.941-945, 2011.

619 Ramos, E. M., Gomide, L. M. A. Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e  
620 metodologias. Viçosa, MG: UFV, 2007, 599 p.

621 Rocha, Y. J. P. Aplicação de fibras de ervilha em produtos cárneos. Dissertação apresentada à  
622 Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Pg 103. 2015.

623 Rodríguez-López, J.A. Pérez-Alvarez, M.E. Sayas-Barberá, M.J. Pagán-Moreno, M.A. Gago-  
624 Gago, V. Aranda-Catalá. Colour and colour stability of dry-cured ham. *Proceedings of*

625 the 38th international congress of meat science and technology. Vol. III, Anais,  
626 Clermont Ferrand, France, p. 583–586, 1992.

627 Sales, R. O. & Porto, E. Disseminação Bacteriana. Principais Patogenos e Higienização no  
628 Abate de Frangos: Uma Revisão. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal. v.1,  
629 n. 1, p. 14 – 36, 2007.

630 Santana, I. Cardoso, M. H. Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): Potencialidade  
631 de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.3,  
632 p.898-905, mai-jun, 2008.

633 Seabra, L. M. J.; Zapata, J. F. F.; Nogueira, C. M.; Dantas, M. A.; Almeida, R. B. Fécula de  
634 mandioca e farinha de aveia como substitutos de gordura na formulação de hambúrguer  
635 de carne ovina. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 22, n. 3, p. 244-248,  
636 2002.

637 Sikorski, Z.E.; Kolakowska, A.; Burt, J. R. Postharvest biochemical and microbial changes.  
638 In: Seafood: resources, nutritional, composition and preservation. Editora: CRC Press  
639 (Boca Raton), 1974, p.55-73.

640 Takenaka, M. Caffeic acid derivatives in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*).  
641 Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.51, n.3, p.793-796, 2003.

642 Terra, N. N. (1998). Apontamentos de Tecnologia de Carnes (p. 226). São Leopoldo:  
643 Unisinos.

644 Turhan, S. Sargir, I. Ustan, N. S. Utilization of hazelnut pellicle in low-fat beef burgers. Meat  
645 Science, Amsterdam, v. 71, p. 312-316, 2005.

646 Valentová, K.; Ulrichová, J. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii* – prospective  
647 Andean crops for the prevention of chronic diseases. Biomedical Papers, v.147, n.2,  
648 p.119-130, 2003.

649 Vidal, A.R.; Prestes, R. C. Effects of Addition of Wheat Fiber on Color and pH of  
650 Hamburger. Científica, Ciência e Biologica da Saúde 2014;16(3):169-73.

651 Youssef MK, Barbut S. Effects of two types of soy protein isolates, native and preheated  
652 whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels.  
653 Meat Science 2011;87:54-80.

## 5. CONCLUSÃO GERAL

A farinha da yacon (*Smallanthus sonchifolius*) apresentou na sua composição química 3,2% de umidade, 3,17% de cinzas, 1,04% de proteína, 0,98% de extrato etéreo e 74,25% de fibra alimentar total, sendo 45,45% de FOS e 11,96% de inulina. Então, pode ser considerado um alimento com propriedades funcionais bastante promissoras e com indicação de ser utilizado na dieta da população em geral.

O extrato obtido com extração hidroetanólica apresentou maiores concentrações de fenólicos e flavonoides totais, e com potencial antioxidante comprovado pelos métodos de DPPH, FRAP e ABTS\*<sup>+</sup>. E os extratos não agiram como antimicrobianos em relação aos micro-organismos testados.

Os hambúrgueres elaborados com diferentes concentrações de gordura suína, farinha da yacon e eritorbato de sódio apresentaram características químicas e microbiológicas dentro dos padrões estabelecidos pelas legislações vigentes. Conseguiu-se elaborar hambúrgueres com redução de gordura, sem que sejam indesejáveis aos atributos sensoriais. Além disso, a farinha da yacon contribuiu com a adição de fibras nos produtos principalmente na forma de frutanos (FOS e inulina).

A vida de prateleira dos hambúrgueres (120 dias) pode-se concluir que a farinha da yacon não influenciou negativamente no processo oxidativo, mas não atuou como antioxidante.

A análise sensorial realizada nos dias 10 e 90 do armazenamento sob congelamento mostraram que os hambúrgueres apresentaram nota 5 no teste de aceitabilidade com escala hedônica de 7 pontos (1= desgostei muitíssimo e 7= gostei muitíssimo). Assim, permaneceram com parecer de “gostei” e os provadores não observaram presença de ranço ao longo do armazenamento.

A farinha da yacon interferiu positivamente nas propriedades tecnológicas testadas, ou seja, sua adição atuou no maior rendimento e menor encolhimento dos hambúrgueres.

Portanto, com base nos resultados obtidos no presente estudo pode-se presumir que a farinha da yacon (*Smallanthus sonchifolius*) pode vir a contribuir satisfatoriamente quando incluído na dieta humana, sendo na sua forma de farinha, bem como na inclusão em produtos cárneos, visto que os hambúrgueres apresentaram boa aceitabilidade quando realizada a avaliação sensorial. Além do mais, a adição de farinha em produtos cárneos é uma forma

interessante para ingestão dos compostos bioativos presentes, podendo de acordo com a literatura, vir a trazer benefícios nutricionais e fisiológicos quando consumidos com regularidade.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, E. N. de; ROLIM, P. M. Potencialidades do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) no diabetes *Mellitus*1. **Revista Ciência Médica**, Campinas, vol. 20, pag. 99-108, maio/agosto, 2011.

ALMEIDA, N. T. **Utilização de farinha de linhaça e batata yacon na elaboração de bolos como alternativa para pacientes como Diabetes Mellitus**. Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao curso de nutrição da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ARNÃO, I.; SEMINÁRIO, J.; CISNERO, R.; TRABUCO, J. Potencial antioxidante de 10 accesiones de yacón, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, procedentes de Cajamarca – Perú. **Revista de La Facultad de Medicina**, v. 72, p. 239- 243, 2011.

BARBOSA, L. N. **Propriedade Antimicrobiana de Óleos Essenciais de Plantas Condimentares com Potencial de uso como Conservante em Carne e Hambúrguer Bovino e Testes de Aceitação**. 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Geral e Aplicada)-Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2010.

BORGES, J. T. S.; PIROZI, M. R.; PAULA, C. D.; VIDIGAL, J. G.; SILVA, N. A. S.; CALIMAN, F. R. B. *Yacon* na alimentação humana: Aspectos nutricionais, funcionais, utilização e toxicidade. **Scientia Amazonia**, v. 1, n.3, p. 3-16, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego. publicação: D.O.U. - **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, Seção 1. Pg 7. 1 maio 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 398, de 30 de abril de 1999. Regulamento Técnico que Estabelece as Diretrizes Básicas para Análise e Comprovação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde Alegadas em Rotulagem de Alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 3 maio 1999. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Almôndega, de Apresuntado, de Fiambre, de Hamburguer, de Kibe, de Presunto Cozido e de Presunto. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1 ago. Seção 1, p. 3-31, 2000.

BUCKLEY, D. J.; MORRISSEY, P. A.; GRAY, J. I. Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 10, pg 3122–3130, 1995.

CASAROTTO, J. **Uso de antioxidantes naturais na preservação do estado oxidativo de salsichas**. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia dos alimentos), Universidade Federal de Santa Maria, 2013.

CUMMINGS, J.H.; STEPHEN, A.M. Carbohydrate terminology and classification. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.61, S5–S18, 2007.

DIPENMAAT-WOLTERS, M.G.E. Functional properties of dietary fibre in foods. In: Food Ingredients Europe, Paris, 1993. **Proceeding**. Maarssen: Expoconsult, p.44-56, 2003.

EL KHOURY, D. et al. Beta Glucan: Health Benefits in Obesity and Metabolic Syndrome. **Journal of Nutrition and Metabolism**, v.1, p.1-29, 2012.

FALOWO, A. B.; PETER O. FAYEMI, V. M. Natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. **Food Research International**, v. 64, p.171–181, 2014.

FRUET, A. P. B.; STEFANELLO, F. S.; SILVA, M. S.; KIRINUS, J. K.; NORNBORG, J. L.; TEIXEIRA, C.; DORR, A. C. Incorporação de fibra alimentar em produtos cárneos. **Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**, v. 18. Ed. Especial Maio, p.11-17, 2014.

HAO, M.; BETA, T. Development of Chinese steamed bread enriched in bioactive compounds from barley hull and flaxseed hull extracts. **Food Chemistry**, v.133, p.1320-1325, 2012.

HAUTRIVE, T. P. **Elaboração e avaliação de produtos cárneos com adição de ingredientes funcionais através do seu efeito no metabolismo de ratos**. Tese de doutorado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

HIGREEVA, D.; M.C. PANDEY, K. RADHAKRISHNA. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. **Meat Science**, v. 98, p.47–57, 2014.

ISMAIL, H. I.; CHAN, K. W.; MARIOD, A. A. ISMAIL, M. Phenolic content and antioxidant activity of cantaloupe (cucumis melo) methanolic extracts. **Food Chemistry**, v. 119, p. 643–647, 2010.

IZYDORCZYK M.S.; DEXTER J.E. Barley b–glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products—a **Review**. **Food Research International**, v.41, p.850- 868, 2008.

KANTAR WORDLPANEL. **Perfil de consumidor de produtos congelados. Conhecimentos e insights sobre o consumidor**, 2012.

KARRE, L.; LOPEZ, K.; GETTY, K. J. K. Natural antioxidants in meat and poultry products. **Meat Science**, v.94, p. 220–227, 2013.

KENDALL, C.W.C.; ESFAHANI, A.; JENKINS, D.J.A. The link between dietary fibre and human health. **Food Hydrocolloids**, v.24, p.42-48, 2010.

KHAN, M.I.; ARSHAD, M.S.; ANJUM, F.; SAMEEN, A.; REHMAN, A.; GILL, W.T. Meat as a functional food with special reference to probiotic sausages. **Food Research International**, v.44, p.3125-3133, 2011.

LI FU, BO-TAO XU, XIANG-RONG XU, REN-YOU GAN, YUAN ZHANG, EN-QIN XIA, HUA-BIN LI. Antiproliferative activity of peels, pulps and seeds of 61 fruits. **Journal of functional foods**, v. 5, p. 1298–1309, 2013.

MERCADANTE, A. Z. et al. Effect of natural pigments on the oxidative stability of sausages stored under refrigeration. **Meat Science**, v. 84, p. 718-726, 2010.

MUDGIL, D.; BARAK, S. Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: **A review. International Journal of Biological Macromolecules**, v.61, p.1-6, 2013.

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

OLIVEIRA, Luciana Abrão de. **Yacon (*Smallanthus sonchifolius*): Compostos fenólicos totais e efeitos sobre a glicemia e estresse oxidativo em ratos diabéticos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição, Araraquara, 2010.

OLIVEIRA D. F.; COELHO, A. R.; BURGARDT, V. C. F.; HASHIMOTO, E. H.; LUNKES, A. M.; MARCHI, J. F.; TONIALI, I. B. Alternativas para um produto cárneo mais saudável: uma revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 16, n. 3, p. 163-174, jul./set. 2013.

ORTIGOZA, S. A. G. Alimentação e saúde: as novas relações espaço-tempo e suas implicações nos hábitos de consumo de alimentos. **Ra'e ga - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, n. 15, p. 83-93, 2008.

PIHLER, J. L. **Estudo da raiz yacon: uma revisão bibliográfica**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Nutrição do Centro de Ciências da saúde da Universidade Regional de Blumenau, 2009.

PINHO, L.X. et al. The use of cashew apple residue as source of fiber in low fat hamburgers. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.31, n.4, p.941-945, 2011.

REIS, F. R. **Secagem a vácuo de yacon: influenciadas condições de processo sobre parâmetros de qualidade e cinética de secagem**. Tese de Doutorado (Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, 2011.

RODRIGUES F. C. **Avaliação da farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) na modulação das propriedades biomecânicas e na retenção de minerais nos ossos de ratos *wistar***. Universidade Federal de Viçosa (Tese – doutorado – Programa de Pós-graduação Ciência e Tecnologia dos alimentos), 2011.

ROLIM, P. M.; SALGADO, S. M.; PADILHA, V. M.; LIVERA, A. S.; GUERRA, N. B.; ALVACHIAN, S. Análise de componentes principais de pães de forma formulados com farinha de yacon. (*Smallanthus Sonchifolius* (Popp) H. Rob.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 1, p. 012-017, jan-fev, 2010.

ROSA, G. R.; RAMOS, E. M.; TEIXEIRA, J. T.; PINHEIRO, A. C. M.; CARDOSO, G. P.; DUTRA, M. P. **Caracterização da qualidade tecnológica de apesuntado adiconado farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. XIX Congresso de pós-graduação da Universidade Federal de Lavras – MG, 2010.

RIBEIRO, J de A. **Estudos químicos e bioquímicos do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in natura e processado e influência do seu consumo sobre níveis glicêmicos e lipídeos fecais de ratos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 166p, 2008.

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

SAYAGO-AYRDI, S.G.; BRENES, A.; GOÑI, I. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. **LWT - Food Science and Technology**, v.42, p.971- 976, 2009.

SELANI, M. M.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J.; SHIRAHIGUE, L. D.; GALLO, C. R.; PLATA-OVIEDO, M.; MONTES-VILLANUEVA, N. D Wine industry residues extracts as natural antioxidants in raw and cooked chicken meat during frozen storage. **Meat Science**, v. 88, p. 397-403, 2011.

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**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 158 p, 2007.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M.A. MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DO GRAU DE OXIDAÇÃO LIPÍDICA E DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE. **Química Nova**, p. 22,1999.

SIRÓ, I.; KÁPOLNA, E.; KÁPOLNA, B.; LUGASI, A. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance – **A review**. **Appetite**, v.51, p.456-467, 2008.

SHAH, M. A., SOWRIAPPAN, J. D. B., SHABIR, A. M. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. **Meat Science**, v.98 p. 21–33, 2014.



TEIXEIRA, J. T. **Elaboração de apesuntado elaborado com farinha e extrato de yacon.** (Dissertação de mestrado – Pós-graduação em Ciência dos alimentos) Universidade Federal de Lavras – MG, 2010.

TONELI, J. T. C. L.; PARK, K. J.; MURR, F. E. X.; NEGREIROS, A. A. Efeito da umidade sobre a microestrutura da inulina em pó. **Ciência Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 28, p.122-131, jan.-mar, 2008.

VIDAL, A.R.; PRESTES, R. C. Effects of Addition of Wheat Fiber on Color and pH of Hamburger. **Científica, Ciência e Biologica da Saúde**, 2014;16(3):169-73.

VIEIRA, Vanessa Bordin. **Obtenção do extrato de própolis assistida por microondas, aplicação em lingüiça toscana e avaliação da sua capacidade antioxidante.** Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pósgraduação de Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

ZHANG, H., KONG, B., XIONG, Y.L., & SUN, X. Antimicrobial activities of spice extracts against pathogenic and spoilage bacteria in modified atmosphere packaged fresh pork and vacuum packaged ham slices stored at 4 °C. **Meat Science**, v.81, p.686–692, 2010.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A** – Termo de consentimento livre e esclarecido apresentado aos participantes da análise sensorial.

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar de um estudo intitulado “Hambúrguer de carne bovina com redução de gordura e enriquecido de fibra alimentar adicionado de farinha da yacon (*Smallanthus sonchifolius*)”, que tem como objetivo desenvolver hambúrgueres com redução de gordura e enriquecido com fibra alimentar, isso através da adição de farinha da yacon, bem como avaliar a qualidade nutricional e sensorial do produto.

#### Procedimentos a serem realizados

Serão oferecidas amostras de hambúrgueres, o fornecimento se dará em embalagens de pratos descartáveis, acompanhados com garfos descartáveis. As amostras conterão em torno de 15 g cada e será solicitado que você as prove, marcando nas fichas a sua resposta com relação às características sensoriais (sabor, odor, cor e textura) do produto oferecido e intenção de compra dos mesmos.

#### Riscos possíveis e benefícios esperados

Você não é obrigado a participar deste projeto. No caso de recusa você não terá nenhum tipo de prejuízo. A qualquer momento da pesquisa você é livre para retirar-se da mesma.

No caso de aceite, não há prejuízos ou riscos a sua saúde (a não ser, muito raramente, algum desconforto no estômago em função dos ingredientes normais da formulação, que são carne bovina, farinha da yacon e condimentos). Em caso de algum problema relacionado com a pesquisa ou algum desconforto, você terá direito à assistência gratuita que será prestada.

Não haverá benefício financeiro pela sua participação e nenhum custo para você. Você não terá benefícios diretos, entretanto, ajudará a comunidade científica na construção do conhecimento sobre as características sensoriais (sabor, odor, cor e textura) de um novo produto.

#### Utilização dos dados obtidos

Os dados obtidos com esta pesquisa serão publicados em revistas científicas reconhecidas. Os seus dados serão analisados em conjunto com os de outros participantes,

assim, não aparecerão informações que possam lhe identificar, sendo mantido o sigilo de sua identidade.

Este estudo obteve aprovação junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria, com protocolo nº 42347415.8.0000.5346

Telefones para contato com os pesquisadores

\*Prof. Dr. Ernesto Hashime Kubota– Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos – CCR

Email: [ernehk2008@yahoo.com.br](mailto:ernehk2008@yahoo.com.br)

(55) 3220 8254

\*Camila Giacomelli da Silva - Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – UFSM

Email: [camila-cgs@ig.com.br](mailto:camila-cgs@ig.com.br)

(55) 91726139

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo intitulado “Hambúrguer de carne bovina com redução de gordura e enriquecido de fibra alimentar adicionado de farinha da yacon (*Smallanthus sonchifolius*)”. Ficaram claros para mim quais são os objetivos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura do responsável

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste sujeito de pesquisa ou representante legal para a participação neste estudo.

Santa Maria, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

**APÊNDICE B** – Ficha para avaliação da análise sensorial dos hambúrgueres elaborados.

Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_ Sexo: ( ) feminino ( ) masculino Idade: \_\_\_\_\_

Por favor, avalie a amostra de hambúrguer servida e indique o quanto você gostou ou desgostou do produto, de acordo com as características abaixo. Marque as respostas que melhor reflitam seu julgamento.

**NÚMERO DA AMOSTRA:** \_\_\_\_\_

AValiação	COR	ODOR	SABOR	TEXTURA	APARÊNCIA GLOBAL
Gostei muitíssimo					
Gostei muito					
Gostei					
Indiferente					
Desgostei					
Desgostei muito					
Desgostei muitíssimo					

Comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Obrigada!