

**OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E  
UTILIZAÇÃO DOS FRUTANOS DE  
TUBÉRCULOS DO YACON (*Smallanthus  
sonchifolia*)**

**ELLEM WALESKA NASCIMENTO DA FONSECA  
CONTADO**

**2009**



**ELLEM WALESKA NASCIMENTO DA FONSECA CONTADO**

**OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DOS FRUTANOS  
DE TUBÉRCULOS DO YACON (*Smallanthus sonchifolia*)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientadora

Profª. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Contado, Ellem Waleska Nascimento da Fonseca.

Obtenção, caracterização e utilização dos frutanos de tubérculos do yacon (*Smallanthus sonchifolia*) / Ellem Waleska Nascimento da Fonseca Contado. – Lavras : UFLA, 2009.

144 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Celeste Maria Patto de Abreu.

Bibliografia.

1. Yacon. 2. Frutanos. 3. Grau de polimerização. 4. Fibra. 5. Apresentado. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 583.5504192  
664.907

**ELLEM WALESKA NASCIMENTO DA FONSECA CONTADO**

**OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DOS FRUTANOS  
DE TUBÉRCULOS DO YACON (*Smallanthus sonchifolia*)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agroquímica, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 29 de outubro de 2009

Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima	UFLA
Prof. Dr. Eduardo Mendes Ramos	UFLA
Profª. Dra. Gaby Patrícia Teran Ortiz	IFMG/BAMBUÍ
Profª. Dra. Maria das Graças Cardoso	UFLA

Profª. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu  
UFLA  
(Orientadora)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus,

OFEREÇO

A memória de meu pai, Mário Lúcio e meu irmão Júnior

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, sempre presente e iluminando as minhas ações.

À Universidade Federal de Lavras, pelo incentivo e apoio.

À professora Celeste, pela orientação, atenção e apoio prestados na realização deste trabalho, em especial, na formação científica.

À Capes, pelo apoio financeiro por meio de bolsa de estudos.

Aos professores Custódio, Angelita, Mário, Graça, Luis Carlos, Fabiana e Eduardo, pelos ensinamentos transmitidos, colaboração durante o desenvolvimento do presente trabalho, pela amizade e grande apoio.

Aos funcionários Xulita, Miriam, Lilian, Wilson, Ana, Tina, Creusa, Willian, Marcos, Eula e Cidinha, por valiosas contribuições no decorrer do trabalho experimental ou, simplesmente, às vezes, por um sorriso ou um doce bom dia.

À pesquisadora Stella Vilhena, pela colaboração.

Ao meu esposo, pela compreensão, cumplicidade e por estar sempre ao meu lado, disposto a ajudar.

Aos colegas Denise, Juliana, Maria Cristina, Stefânia, Abel, Annete, Luciana, Chrystian, Denise, Fernanda, Rafaella, Simone, Sara, Fabiana, Luciene, Rafael e Priscila.

Pela amizade e carinho de toda a minha família, incluindo sobrinhos, cunhados, tios, primos e a todos os amigos que aqui encontrei durante todo o percurso de minha formação.

Em especial, a minha mãe, pela compreensão e estímulo durante essa etapa.

Aos irmãos: Érika, Elianna e Hércules. Vocês fazem parte de todas as conquistas que pareciam impossíveis.

Às pessoas que ajudaram no projeto: Leonardo, Raquel, Marina, Rafaela, Mohana e a todas as pessoas que colaboraram, diretamente ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

A todos que colaboraram, em algum momento, para realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO GERAL .....	i
GENERAL ABSTRACT .....	iii
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introdução Geral .....	2
2 Objetivos.....	4
2.1 Objetivo geral .....	4
2.2 Objetivos específicos .....	4
3 Referencial Teórico.....	5
3.1 Yacon.....	5
3.2 Frutanos .....	8
3.2.1 Estrutura química e nomenclatura dos frutanos.....	8
3.2.2 Propriedades químicas e físico-químicas dos frutanos .....	13
3.2.3 Fruto-oligossacarídeos (FOS) .....	14
3.2.4 Inulina .....	15
3.3 Propriedades funcionais do yacon .....	17
3.4 Propriedades nutricionais.....	19
3.5 Compostos fenólicos.....	20
3.6 Aplicações da inulina.....	22
3.7 Apresuntado .....	24
3.7.1 Empregos de fibras em produtos cárneos .....	25
3.7.2 Parâmetros de qualidade de um produto cárneo .....	27
3.7.2.1 Avaliação instrumental da cor objetiva em produtos cárneos.....	27
3.7.3.2 Avaliação da textura em produtos cárneos .....	29
3.7.3.3 Avaliação sensorial em produtos cárneos .....	31
4 Referências Bibliográficas .....	32

CAPÍTULO 2: Composição centesimal, minerais e compostos fenólicos do yacon.....	41
1 Resumo .....	42
2 Abstract.....	43
3 Introdução .....	44
4 Material e Métodos .....	47
4.1 Matéria-prima .....	47
4.2 Delineamento experimental .....	47
4.3 Preparo das amostras e instalação do experimento.....	47
4.4 Composição centesimal .....	48
4.5 Minerais .....	49
4.6 Compostos fenólicos.....	49
4.7 Análise estatística .....	49
5 Resultados e Discussão .....	50
5.1 Composição centesimal .....	50
5.2 Minerais .....	56
6 Conclusão .....	63
7 Referências Bibliográficas.....	64
CAPÍTULO 3: Extração, quantificação e grau de polimerização de frutanos do yacon.....	69
1 Resumo .....	70
2 Abstract.....	71
3 Introdução .....	72
4 Material e Métodos .....	75
4.1 Matéria-prima .....	75
4.2 Delineamento experimental .....	75
4.3 Preparo das amostras e instalação do experimento.....	75
4.3.1 Método de extração I (água 75°C).....	76

4.3.2 Método de extração II (água 95°C).....	76
4.3.3 Método de extração III (etanol 90°C).....	77
4.4 Quantificação de frutanos .....	78
4.4.1 Por espectrofotometria .....	78
4.4.2 Por cromatografia líquida de alta resolução (CLAE).....	78
4.5 Separação (determinação do grau de polimerização dos frutanos presentes na raiz do yacon) .....	79
4.6 Análise estatística .....	79
5 Resultados e Discussão .....	80
5.1 Análises químicas .....	80
5.1.1 Análises físico-químicas do yacon.....	80
6 Conclusão .....	94
7 Referências Bibliográficas .....	95
CAPÍTULO 4: Utilização de extrato de frutano e farinha do yacon em apresentado .....	99
1 Resumo .....	100
2 Abstract.....	101
3 Introdução .....	102
4 Objetivos.....	105
4.1 Objetivo geral .....	105
4.2 Objetivos específicos .....	105
5 Material e Métodos .....	106
5.1 Obtenção do extrato de frutanos com (água 95°C).....	106
5.2 Preparo da farinha de yacon.....	107
5.3 Elaboração .....	107
5.4 Análises.....	109
5.4.1 Composição centesimal .....	110
5.4.2 Minerais .....	110

5.4.3 Cor objetiva .....	111
5.4.4 Textura objetiva .....	111
5.4.5 Análise sensorial .....	112
5.4.6 Análises estatísticas .....	112
6 Resultados e Discussão .....	113
6.1 Análises físico-químicas .....	113
6.1.1 Composição centesimal .....	113
6.2 Minerais .....	115
6.3 Cor .....	116
6.4 Textura dos apresetados .....	119
6.5 Análise sensorial .....	121
7 Conclusão .....	124
8 Referências Bibliográficas .....	125
ANEXOS .....	130

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

**CCD** – cromatografia de camada delgada

**GP** – grau de polimerização

**FOS** – fruto-oligossacarídeos

**CLAE** – cromatografia líquida de alta eficiência

**F** – frutose

**G** – glicose

**S** – sacarose

**1-SST** – sacarose: sacarose 1-frutossiltransferase (E.C. 2.4.1.99)

**FFT** – frutano: frutano frutossiltransferase (E.C. 2.4.1.100)

**6- SFT** – sacarose: frutano 6 frutossiltransferase (E. C. 2.4.1.10)

**6G-FFT** – frutano: frutano 6G frutossiltransferase (E. C. 2.4.1.100)

**PFO** - polifenoloxidase (E.C.1.14.18.1)

**FEH** – frutanoexo-hidrolase

**TPA** - análise de perfis de textura



## RESUMO GERAL

CONTADO, Ellem Waleska Nascimento da Fonseca. **Obtenção, caracterização e utilização dos frutanos de tubérculos do yacon *Smallanthus sonchifolia***. 2009. 144p. Tese (Doutorado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, MG<sup>1</sup>

Yacon (*Smallanthus sonchifolia*) é uma planta herbácea, perene, originária dos Andes. Seu tubérculo é bastante consumido na forma *in natura*, com sabor que lembra o da pêra. O tubérculo é rico em frutanos, minerais e fibras. Por ser uma alternativa diferenciada para a obtenção dos frutanos, a esses tubérculos são atribuídos muitos efeitos benéficos para o Homem, como alimento funcional e prébiótico. É rico em fibras e potássio e apresenta também propriedades nutricionais e medicinais, entre elas, antidiabética, hipocolesterolêmica e reguladora intestinal. Também apresenta propriedades tecnológicas de estabilizante e substituinte de gordura, proporcionando produtos com maior rendimento e estáveis, de textura aceitável e com melhores propriedades nutricionais. Há muitas razões para as indústrias alimentícias, principalmente de carnes, utilizarem tubérculos de yacon em seus produtos com benefício à saúde. Entre elas, ser um prebiótico, ter baixo valor calórico, ser utilizado como substituto parcial de gorduras, apresentar excelente capacidade de retenção de água e odor neutro, e, ainda, melhora no fatiamento de produtos, constituindo ingredientes com propriedades funcionais reconhecidas. Os dados existentes sobre yacon ainda são divergentes e isso pode ser consequência de variados fatores, como época de colheita, tempo de armazenamento, tipo do clone, ecossistema, clima e tipo de solo onde a planta é cultivada. O presente trabalho foi realizado com os objetivos de avaliar a composição centesimal, minerais e compostos fenólicos em diferentes tamanhos do tubérculo (grande, médio e pequeno), em diferentes períodos de armazenamento após coleta (1 e 20 dias); analisar extrações empregando-se água 75°C, água 95°C, etanol 90°C, nos diferentes tamanhos de tubérculos e dias de coleta; estudar a determinação dos frutanos por dois métodos (espectrofotometria e CLAE), além de determinar o grau de polimerização (CCD) desses frutanos e formular apresentados substituindo fécula de mandioca por farinha de yacon, água por extrato de frutanos e compará-los com o apresentado controle, quanto à composição centesimal, minerais, cor objetiva, textura objetiva e avaliação sensorial. Tubérculos de tamanho pequeno (até 200 g) apresentaram, de modo geral, os

---

<sup>1</sup>Comitê de Orientação: Celeste Maria Patto de Abreu – UFLA (Orientadora), Custódio Donizete dos Santos, Eduardo Mendes Ramos e Angelita Duarte Corrêa

melhores resultados de composição centesimal e minerais. Quanto ao armazenamento, no 1º dia, foram obtidos os maiores teores de umidade, extrato etéreo, fósforo e potássio. No 20º dia, foram obtidos maiores teores de cinzas, fibra, proteína, ferro e cálcio. Tubérculos grandes apresentaram maiores teores de compostos fenólicos em geral. Diante dos resultados, pode-se concluir que os tubérculos de yacon são ricos em carboidratos (fibra) e potássio e uma excelente fonte de frutanos. Os três extratores podem ser utilizados quando os frutanos forem quantificados por CLAE. Para a quantificação por espectrofotometria, o melhor extrator é etanol 90°C. Tubérculos de tamanho médio e pequeno apresentaram os maiores teores de frutanos. O armazenamento influenciou negativamente no teor de frutanos. A técnica por CLAE foi mais eficiente que a colorimétrica. Quanto ao grau de polimerização, todos os tratamentos apresentaram GP na faixa de 3-7. Este trabalho mostrou que o yacon é uma excelente opção na obtenção de frutanos. O apesuntado com extrato de frutano apresentou maior teor de fibras, potássio, sódio e saturação (c\*). O apesuntado com farinha de yacon apresentou maior teor de extrato etéreo, proteínas, índice de amarelo (b\*), tonalidade, dureza, flexibilidade e adesividade, e obteve a menor nota de impressão global. O apesuntado controle apresentou maior teor de umidade, cinza, luminosidade, índice de vermelho (a\*), fraturabilidade, coesividade e mastigabilidade. Quanto à impressão global de sabor e textura, o apesuntado com extrato de frutano apresentou aceitabilidade igual à do controle, conseqüentemente, pode ser considerado uma alternativa para o consumo de produtos com adição de prebiótico.

## GENERAL ABSTRACT

CONTADO, Ellem Waleska Nascimento da Fonseca. **Obtention, characterization and utilization of the fructans present in the Yacon tuber *Smallanthus sonchifolia***. 2009. 144p. Thesis (Doctorate in Agrochemistry) – Universidade Federal de Lavras, MG.<sup>2</sup>

Yacon (*Smallanthus sonchifolia*) is an herbaceous, perennial plant native of the Andes, its tuber being highly consumed in the *in natura* form, its taste reminding pear. The tuber is rich in fructans, minerals and fibers. For being a distinguished alternative for obtaining fructans, to those tubers are ascribed many beneficial effects to man, as a functional, pre-biotic, fiber-and-potassium rich food and presents also nutritional and medicinal properties, among them, anti-diabetic, hypocholesterolemic and intestinal regulation properties. It also presents technological properties of stabilizer and fat replacer, providing products of increased yield and stable, with acceptable texture and with better nutritional properties. There are many reasons for the food industries, mainly that of meat, to utilize yacon tubers in its products, benefits to health as a pre-biotic, low caloric value, utilized as part substitutes of fats, excellent water-holding capacity, neutral odor, improvement in slicing of products and constitute into ingredients with recognized functional properties, the existing data on yacon are still divergent and that can be a consequence from varying factors such as harvest time, storage time, type of clone, ecosystem, climate and type of soil where the plant is cultivated. The present work was intended to evaluate the centesimal composition, minerals and phenolic compounds in different sizes of the tuber (large, medium and small) in different storage periods after collection (1 and 20 days). Investigating three types of extractions (Water 75°C, Water 95°C; ethanol 90°C) at the different sizes of tubers and collection days. Studying the determination of fructans by two methods (Spectrometry and HPLC), in addition to determining the polymerization degree thin layer chromatography of those fructans. Formulating ham-like products replacing cassava starch by yacon flour, water by fructan extract and compare them with the control ham-like product as to their centesimal composition, minerals and objective color, objective texture and sensorial evaluation. Tubers of small size (up to 200 g) presented, in general, the best results as to the centesimal composition and minerals. As regards storage, the first day presented higher contents of moisture, ether extract, phosphorus and potassium. The twentieth

---

<sup>2</sup>Guidance Committee: Celeste Maria Patto de Abreu – UFLA (Adviser), Custódio Donizete dos Santos, Eduardo Mendes Ramos e Angelita Duarte Corrêa

day presented higher contents of ashes, fiber, protein, iron and calcium. Large tubers showed greater contents of phenolic compounds in general. Before the results, one can conclude that yacon tubers are rich in carbohydrates (fiber) and potassium and an excellent source of fructans. The three extractors can be utilized when fructans were quantified by HPLC. For the spectrometry quantification, the best extractor is methanol 90°C. Medium-and small-sized roots presented the best fructan contents. Storage negatively influenced in fructan content. The HPLC technique was more efficient than colorimetry. As to the degree of polymerization (TLC), all the treatments presented GP in the range of 3-7. This work showed that yacon is an excellent option in obtaining fructans. The ham-like product with fructan extract showed higher content of fiber, potassium, sodium, saturation (c\*). The ham-like product with yacon flour presented higher content of ether extract, proteins, yellow index (b\*), tonality, hardness, flexibility and adhesive and obtained the lowest score of global impression. The control ham-like product obtained the highest content of moisture, ash, luminosity, red index (a\*), fracturability, cohesiveness and chewinss. As to the global impression of flavor and texture, the ham-like product with fructan extract presented acceptability equal to the control; hence, the ham-like product with fructan extract can be considered an alternative to the consumption of products with addition of pre-biotics.

## **CAPÍTULO 1**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O yacon (*Smallanthus sonchifolia*), vegetal considerado alimento funcional, armazena, em seus tubérculos, grandes quantidades de carboidratos, principalmente frutanos, apresentando um sabor adocicado quando consumido *in natura*. Assim, os tubérculos do yacon são uma alternativa diferenciada para a obtenção dos frutanos, mesmo sem qualquer processo de transformação.

Frutanos, carboidratos de reserva, são polímeros de frutose lineares ou ramificados, originados a partir da sacarose, unidos por ligações  $\beta(2\rightarrow1)$  e  $\beta(2\rightarrow6)$ , podendo ser lineares ou ramificadas (Capito, 2001). São produzidos e armazenados nos tubérculos do yacon quando há excedente de fotoassimilados na planta e são degradados quando a planta necessita de energia. O papel protetor dos frutanos em situação de estresse da planta tem sido amplamente descrito, por promover a estabilização das membranas celulares sob condições adversas, como estresse hídrico e frio.

A matéria seca dos tubérculos do yacon é constituída, em sua maior parte, de carboidratos, principalmente frutanos e outras fibras a cuja ingestão são atribuídos efeitos fisiológicos benéficos ao Homem. Possui baixa concentração de proteínas e lipídios e, portanto, reduzido valor energético, apesar de sua suculência e sabor doce. Além disso, a maior parcela dos açúcares solúveis do yacon é constituída de polímeros de frutose, cujo açúcar não necessita de insulina para ser captado pelas células. Cerca 60% a 70% dos frutanos são do tipo inulina, com grau de polimerização (GP) máximo de 12 unidades de frutose. Esses fatores justificam a importância de estudos que visem à utilização de yacon na indústria alimentícia (Kakihara et al., 1996).

A esses tubérculos de yacon são atribuídos muitos efeitos benéficos para o Homem, pois os frutanos não são digeridos pelo trato gastrointestinal superior,

estimulando o crescimento de bifidobactérias intestinais, evitando a elevação do nível de glicose no sangue e ou estimulando a secreção de insulina. Apresenta também propriedades medicinais, como a antidiabética, a hipocolesterolêmica e a reguladora intestinal (Fonseca, 2003).

O mercado de alimentos funcionais encontra-se em expansão e o yacon vem despertando grande interesse, devido às suas propriedades funcionais.

Hermann, et al. (1998) determinaram a composição química da yacon em algumas regiões diferentes dos Andes e verificaram que sua composição apresenta variações de acordo com a região de plantio. Os dados existentes com yacon ainda são divergentes e isso pode ser consequência de vários fatores, como época de colheita, tempo de armazenamento, tipo do clone, ecossistema, clima e tipo de solo onde a planta é cultivada. Poucos estudos têm sido conduzidos com yacon no Brasil (Silva, 2007).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Analisar métodos de extração e quantificação dos frutanos presentes no tubérculo do yacon produzido no Brasil, bem como sua utilização em apresuntados.

### **2.2 Objetivos específicos**

Avaliar a composição química, os minerais e os compostos fenólicos presentes no yacon *in natura* em diferentes tamanhos do tubérculo (grande, médio e pequeno) e em dois tempos de armazenamento (1° e 20° dias).

Analisar três tipos de extratores de frutanos (água 75°C, água 95°C e etanol 90°C) em três tamanhos de tubérculos (grande, médio e pequeno) e dois períodos de armazenamento (1 e 20 dias) após a colheita, e quantificar os frutanos por meio de duas técnicas (espectrofotometria e CLAE), bem como determinar o grau de polimerização (CCD) dos mesmos.

Determinar a caracterização física e química e a aceitação de apresuntado preparado por três formulações, para compará-lo utilizando o melhor extrato de frutano, a farinha de yacon e o controle.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Yacon

A planta yacon é do tipo perene, que apresenta sistema subterrâneo complexo, conhecido como tubérculos, no qual armazena grande quantidade de frutooligossacarídeos e minerais (Figura 1). Os caules são cilíndricos, de coloração esverdeada, apresentam pilosidades em toda superfície, e chegam a medir até 2,5 m de altura (Marangoni & Collares, 2006).



FIGURA 1 Aspecto geral de tubérculos do yacon.

Originalmente, o yacon foi classificado como *Polymnia* (Compositae, Heliantheae), mas, estudos de Grau e Rea (1997) restabeleceram o gênero *Smallanthus*. Uma espécie da América do Norte, a maioria das espécies da América Central e todas as espécies da América do Sul foram classificadas como *Smallanthus*, enquanto a maioria das espécies da América do Norte continua sendo classificada como *Polymnia*.

*Smallanthus sonchifolia* Poep. Endl. é uma espécie da família Asteracea, originária da região andina, desde a Colômbia até o noroeste da Argentina, região constituída de espécies diversificadas desde os tempos pré-históricos (Zardini, 1991). Diferentes etnias domesticaram espécies vegetais, dentre as quais aquelas comumente conhecidas como “raízes e tubérculos andinos”. Entre estas encontra-se a *S. sonchifolia*, também conhecida como yacon, aricoma, ilakuma, jicama, yacon strawberry e poire de terre.

A planta cresce rapidamente e atinge a maturidade em 6 ou 7 meses, quando a parte aérea atinge altura de 2 a 2,5 m e o sistema radicular é composto por 4-20 tubérculos, que podem chegar de 10 a 25 cm de diâmetro. O yacon é um parente distante do girassol, mas o seu cultivo não é feito por meio de sementes, mas de tubérculos comestíveis (Kuroda e Ishirara, 1995).

As plantas de yacon apresentam dois tipos de órgãos subterrâneos de reserva, os caules rizomatosos, responsáveis pela reprodução vegetativa da espécie e os tubérculos, nos quais são armazenados carboidratos solúveis, na sua maioria oligofrutanos do tipo inulina (Castilho, 1992; National Research Council, 1989). Os tubérculos são os preferidos para consumo pelos Homens, por serem mais suculentas e menos fibrosas. Os caules rizomatosos, apesar de suculentos quando jovens, são um pouco ásperos quando maduros (Vietmeyer, 1989; Grau e Rea, 1997). No hemisfério sul, o período de colheita do tubérculo do yacon é de julho a janeiro e, por isso, as colheitas podem-se realizar pouco a pouco, ao longo de vários meses.

Os grandes tubérculos subterrâneos de yacon são consumidos crus, cozidos ou fritos e seus ramos novos são consumidos como hortaliças de bom valor nutricional (National Research Council, 1989; Ohya et al., 1995). Nos mercados e feiras da região andina, o yacon é classificado como fruta e é comercializado junto com chirimoyas, maçãs, abacates e abacaxis e não como raízes e tubérculos, como seria esperado.

No Brasil, a espécie foi introduzida por volta de 1991, no estado de São Paulo, na região de Capão Bonito, pela colônia japonesa, que utiliza seus tubérculos *in natura* ou desidratados, assim como suas folhas na forma de chá, para o tratamento contra diabetes e altas taxas de colesterol no sangue. A safra vai de março a setembro, mas é possível encontrar uma pequena oferta em outros meses (Kakihara et al., 1996).

De acordo com Zardini (1991), no início de formação dos tubérculos comestíveis do yacon, eles apresentam as extremidades agudas, estando ligados ao caule por um segmento curto e estreito e progressivamente assumem a forma helicoidal quase esférica. Externamente (casca) apresentam cor marrom arroxeada ou purpúrea opaca e, internamente (porção comestível), são de cor branca, amarelada, roxa ou alaranjada, dependendo da variedade.

Esta porção comestível é caracterizada como carnosas e apresentam altos teores de frutanos do tipo inulina como substância de reserva, que conferem a esses tubérculos sabor adocicado. São refrescantes e suculentas e, quando consumidas *in natura*, apresentam sabor semelhante ao de pêra (Leon, 1968; National Research Council, 1989; Ohyama, 1995). São atribuídos muitos efeitos benéficos ao consumo de plantas que apresentam alto conteúdo de frutanos, especificamente por fruto-oligossacarídeos de cadeia curta ou inulina.

O crescente interesse por vegetais com alto teor de frutanos, em várias partes do mundo, deve-se à sua importância como alimento funcional, como planta medicinal, como produtora de fruto-oligossacarídeos (GP<12) e inulina ou matéria-prima para a indústria dietética. No Brasil, não existe produção de inulina e nem de fruto-oligossacarídeos, sendo a inulina importada a US\$ 60.00/kg (Vilhena, 2001).

Portanto, estes fatos justificam a necessidade de se aprofundar o conhecimento sobre técnicas e fatores atuantes nos processos de extração de inulina, além de apontar fontes alternativas para a sua obtenção.

Estudos de caracterização de algumas fontes alimentares de baixo custo, qualidade nutricional e aspecto funcional, ainda não bem elucidadas, são desafios para pesquisadores, os quais ainda devem buscar o desenvolvimento de produtos alimentícios que possam ser utilizados também por populações de baixa renda.

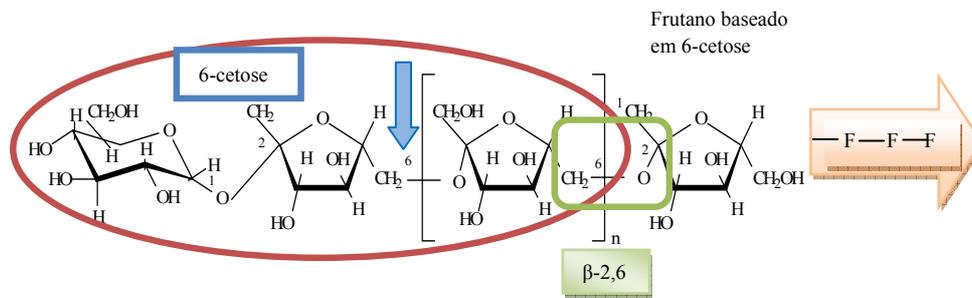
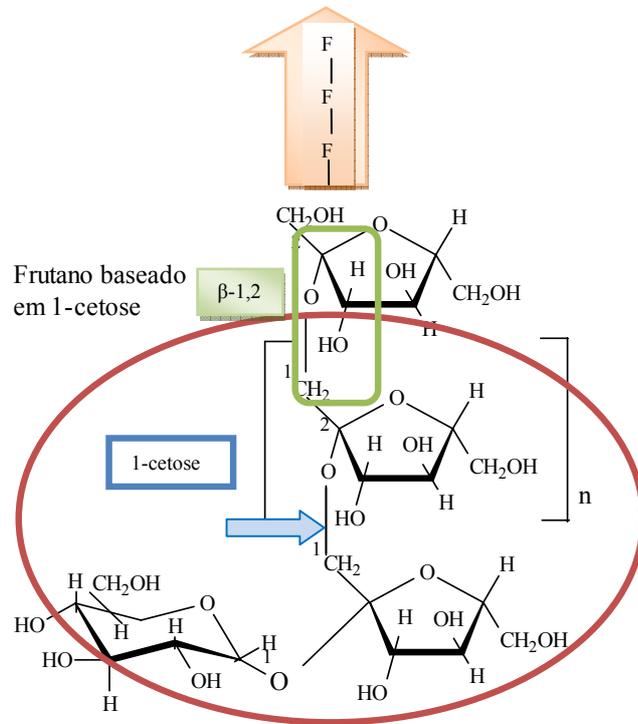
Os tubérculos do yacon são uma alternativa diferenciada para a obtenção dos frutanos, sem a necessidade de qualquer processo de transformação.

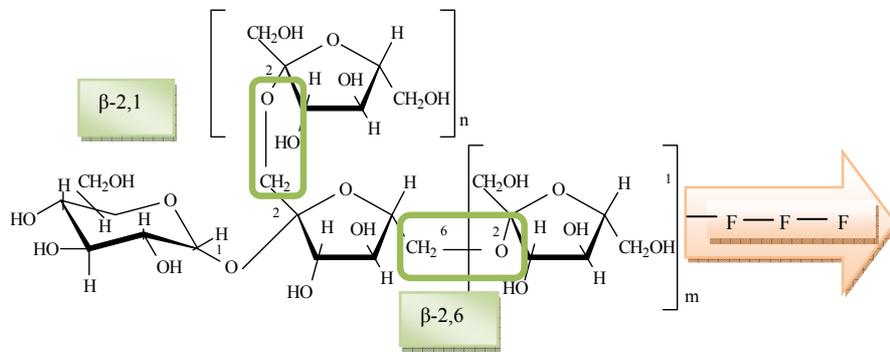
### **3.2 Frutanos**

Os frutanos, polímeros de frutose, são produzidos nos vegetais quando há excedente na demanda de fotoassimilados na planta e são degradados quando a planta necessita de energia. São armazenados nos vacúolos celulares, como solutos, em estado coloidal e, por rápida polimerização e despolimerização, altera o balanço osmótico das células. Por esse motivo, muitas plantas armazenadoras de frutanos são tolerantes a períodos de frio e seca, durante seu ciclo de vida (Dietrich & Figueiredo-Ribeiro, 1986).

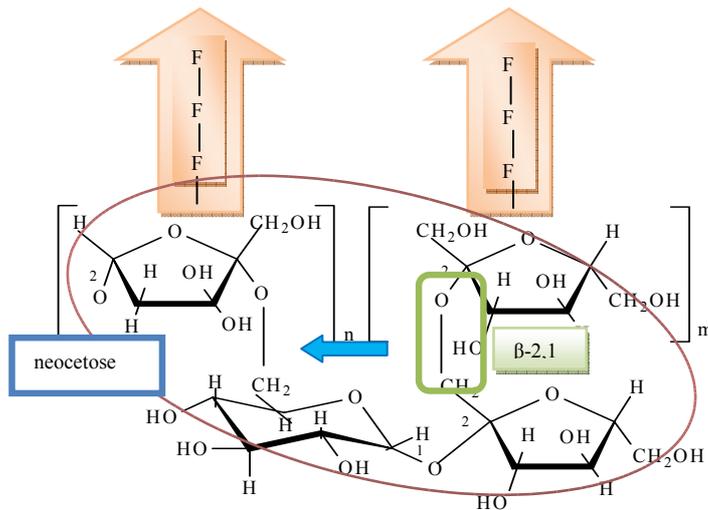
#### **3.2.1 Estrutura química e nomenclatura dos frutanos**

Frutanos são polímeros de frutose lineares ou ramificados, originados da sacarose, que ocorrem como compostos de reserva em mono e dicotiledôneas. São oligo e polissacarídeos, constituídos por uma molécula de sacarose, a que se unem moléculas de frutose por ligações glicosídicas  $\beta$ -2,1 e  $\beta$ -2,6, podendo ser lineares ou ramificadas (Dias Tagliacozzo et al., 1996; Capito, 2001). O grau de polimerização (GP) desses carboidratos, geralmente, vai de 2 a 60 e recebe o nome de inulina. Enquanto isso, o grupo que abrange os frutanos lineares cujos GP estão na faixa de 2-10 chama-se oligofrutose ou fruto-oligossacarídeos (FOS). O frutano mais simples é um monofrutosil sacarose (Figura 2).





Frutano ramificado  
com ligações  $\beta$ -2,1 e  $\beta$ -2,6



Frutano baseado  
em neocetose com  
ligação  $\beta$ -2,1

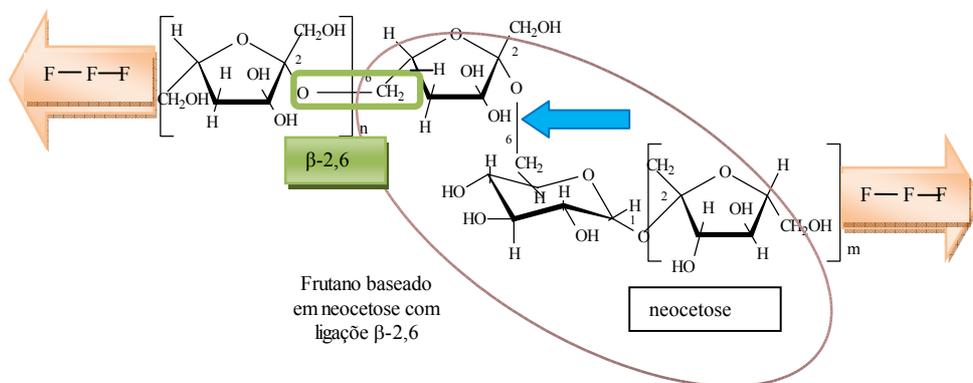


FIGURA 2 Síntese dos monofrutosil sacarose a partir da sacarose: 1-cetose, 6-cetose, neocetose (Taiz & Zeiger, 2006).

Baseando-se nos três trissacarídeos e no tipo de ligação glicosídica entre as unidades de frutose  $\beta$ -2,1 ou  $\beta$ -2,6, cinco tipos diferentes de estruturas de frutanos podem ser distinguidos em plantas superiores, os quais são classificados, por Pollock (1986), como:

- **frutanos tipo inulina**, baseado em 1-cetose, com ligação  $\beta$ -2,1, entre os resíduos de frutose com grau de polimerização (GP) médio de, aproximadamente, 35, principalmente na família Asteracea. Ex: *Helianthus tuberosus*, *Dalia* sp., *Chichorium* sp., e *Smallanthus sonchifolia* (Yacon) (Figura 2);

- **frutanos tipo levano**, baseado em 6-cetose, com ligações  $\beta$ -2,6, entre resíduos de frutose com GP médio de 25 e são encontrados em monocotiledôneas, principalmente em gramíneas. Ex: *Triticum* sp. (trigo), *Hordeon* sp. (cevada) (Figura 2);

- **frutanos com ligações mistas**, dos tipos  $\beta$ -2,1 e  $\beta$ -2,6 e cadeia ramificada com glicose na extremidade da cadeia e são encontradas em *Liliaceas*. Ex: *Allium*, *Aspargus* e bulbos de tulipa (Figura 2);

- **neosérie de inulina**, baseado em neocetose, com ligações  $\beta$ -2,1, entre resíduos de frutose e são encontradas em *Liliaceas*. Ex: *Allium*, *Asparagus* e bulbos de tulipa (Figura 2);

- **neosérie de levano**, baseado em neocetose, com ligações  $\beta$ -2,6, entre resíduos de frutose e são encontradas em *Liliaceas*. Ex: *Allium*, *Asparagus* e bulbos de tulipa (Figura 2).

A biossíntese dos diferentes tipos de frutanos pode ser resumida conforme o esquema apresentado na figura 3.

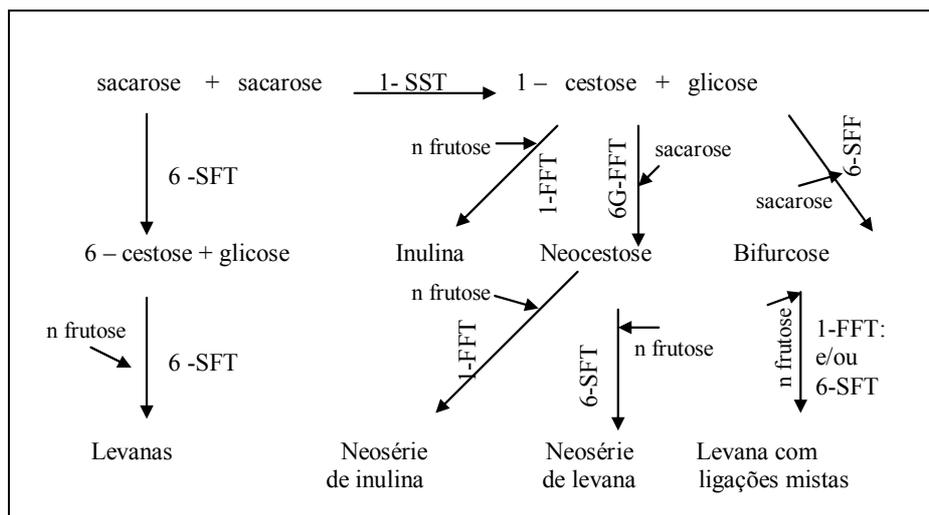


FIGURA 3 Estrutura e síntese dos frutanos, segundo Pollock (1986).

### **3.2.2 Propriedades químicas e físico-químicas dos frutanos**

Os frutanos são carboidratos não redutores e por isso não participam nas reações de Maillard. São ligeiramente hidrolisados pela invertase microbiana. A solubilidade dos frutanos em água é alta; são solúveis, da mesma forma que todos os oligossacarídeos não digeríveis, em etanol a 80%, em pH 2 e a 0°C, diferenciando-se de outros polissacarídeos (Van Loo et al., 1998).

Frutanos são subdivididos em fruto-oligossacarídeos (FOS) e inulina, e têm sido designados como prebióticos e como fibras alimentares solúveis por sua não digestibilidade pelas enzimas do trato digestivo humano, embora sejam utilizados pelas bactérias do trato intestinal.

O conteúdo de inulina e fruto-oligossacarídeos e o tipo do carboidrato encontrado na parte comestível de diversas plantas ricas em frutanos estão representados na Tabela 1.

TABELA 1 Inulina e oligofrutose (% do peso fresco) e carboidratos em plantas comestíveis

<b>Plantas</b>	<b>Parte comestível</b>	<b>% inulina</b>	<b>% FOS</b>	<b>Carboidrato encontrado</b>
Cebola	Bulbo	2-6	2-6	Glicose, frutose e sacarose
Alcachofra-de-jerusalém	Tubérculo	16-20	10-15	1-cetose
Chicória	Raiz	15-20	5-10	ND
Alho-porró	Bulbo	3-10	2-5	ND
Alho	Bulbo	9-16	3-6	1-cetose e neocetose
Alcachofra	Folhas centrais	3-10	□1	ND
Banana	Fruta	0,3-0,7	0,3-0,7	Glicose, frutose, sacarose e neocetose
Centeio	Cereal	0,5-1	0,5-1	1-nistose e neocetose
Cevada	Cereal	0,5-1,5	0,5-1,5	1-cetose
Trigo	Cereal	1-4	1-4	1-cetose, nistose e neocetose
Dente-de-leão	Folhas	12-15	ND	ND
<b>Yacon</b>	<b>Raiz</b>	<b>3-19</b>	<b>3-19</b>	<b>ND</b>
Barba-de-bode	Folhas	4-11	4-11	ND
“Murnong”	Raiz	8-13	ND	ND
“Salsify”	Tubérculo	4-11	ND	ND

ND = dado não disponível

Fonte: VAN LOO et al. (1995)

### 3.2.3 Fruto-oligossacarídeos (FOS)

Fruto-oligossacarídeos são frutanos de GP na faixa de 2-10. Os FOS propiciam a diminuição dos níveis de triglicerídeos séricos, estimulam a absorção de cálcio, magnésio e ferro no colón e, possivelmente, atuam na prevenção do câncer de colón (Roberfroid, 1998).

São bastante estáveis a pH maiores que 3 e a temperatura superiores a 140°C, da mesma maneira que a sacarose (Bornet, 1994). Mantidas sob refrigeração, as soluções aquosas de FOS são estáveis por vários meses ou por mais de um ano (Yun, 1996).

A maior mudança que poderiam sofrer os FOS em soluções aquosas é a hidrólise. Em pH 3,5, uma solução a 10% tratada a 145°C, por 10 segundos, hidrolizou-se menos de 10%; o mesmo ocorreu a 95°C, por 5 minutos, ou 70°C, por 60 minutos. Depois de dois dias a 30°C, menos de 5% se hidrolisam (Voragen, 1998).

A capacidade de reter água dos FOS é superior à da sacarose e similar à do sorbitol, isso porque são bastante higroscópicos. Da mesma maneira, a viscosidade destas em relação às soluções de sacarose é superior, na mesma concentração (Drevon & Bornet, 1992).

De maneira geral, os FOS e os polifrutanos são apresentados comercialmente como finos pós brancos, existindo fortes evidências de que algumas das suas propriedades físicas são similares às da sacarose, especificamente nos casos da solubilidade, ponto de fusão, ponto de ebulição e características cristalográficas (Taper & Roberfroid, 1999).

### **3.2.4 Inulina**

A inulina é um carboidrato encontrado na natureza, funcionando como carboidrato de reserva em muitas plantas. As plantas realizam hidrólise da inulina endógena em moléculas de menor grau de polimerização, o que permite o seu deslocamento e, assim, a sobrevivência destas plantas durante o inverno em regiões frias e moderadamente frias, e atua na osmorregulação (Haully, 2002).

Dentre as plantas que contêm inulina, muitas fazem parte da dieta humana básica há muito tempo, sendo a cebola a mais consumida entre elas.

Está presente regularmente em muitos outros vegetais, frutas e cereais consumidos, incluindo alho-poró, cebola, alho, trigo, chicória, alcachofra e banana. Mesmo assim, o Homem consome pouca inulina e frutanos. A concentração de inulina em cada planta depende muito da variedade, do tempo decorrido desde a colheita até a utilização dessa e das condições de estocagem. Os carboidratos existentes na cebola incluem glicose, frutose e sacarose que, juntamente com uma série de oligossacarídeos, podem chegar a 65% ou mais do peso seco (Darbyshire & Henry, 1978).

A inulina extraída de plantas, após a secagem, apresenta-se como um pó branco, amorfo, higroscópico, com odor e sabor neutros, densidade de aproximadamente  $1,35\text{ g mL}^{-1}$  e peso molecular de  $1.600\text{ g mol}^{-1}$  (Haully, 2002). É constituída por ligações de tipo  $\beta$ -2,1 entre as moléculas de frutose e por uma ligação tipo  $\alpha$ -1,2 entre a molécula de glicose e a frutose (Van Loo et al., 1995; Roberfroid, 1993; Roberfroid, 2005).

Laurenzo et al. (1999) e Silva (2003) definiram a inulina como um fruto-oligossacarídeo composto por uma mistura de oligômeros de diferente graus de polimerização (GP), que ocorre naturalmente em produtos vegetais. Segundo estes autores, as inulinas produzidas por diferentes tipos de plantas ou sob diferentes condições climáticas apresentam, geralmente, diferentes graus médios de polimerização. Os diferentes graus de polimerização da inulina afetam suas propriedades físicas, como viscosidade e capacidade de formação de gel, sendo, portanto, uma importante característica a ser estudada.

A inulina é solúvel em água em temperaturas abaixo de  $50^{\circ}\text{C}$ . Para temperaturas mais elevadas, essa solubilidade tende a se elevar substancialmente, sendo, portanto, recomendado solubilizar a inulina a temperaturas entre  $80^{\circ}$  e  $95^{\circ}\text{C}$ . As temperaturas elevadas, além de aumentar a taxa de solubilização da inulina, também inativam as enzimas presentes no tubérculo, as quais podem interferir em processos posteriores. Além disso, o uso

de altas temperaturas no processo de extração resulta em menores quantidades de compostos nitrogenados no produto final (Leite, 2004).

A inulina tem a capacidade de ligação de água de 2:1, ou seja, duas moléculas de água para cada molécula de inulina. Em solução, a inulina abaixa a temperatura de congelamento da água e aumenta a temperatura de fusão (Haully, 2002), fazendo com que a planta suporte melhor as baixas temperaturas.

A inulina apresenta propriedade funcional de espessante. À medida que a concentração de inulina aumenta, a viscosidade aumenta gradativamente (Galante, 2008).

### **3.3 Propriedades funcionais do yacon**

Segundo Roberfroid (2002), alimento funcional é aquele que contém, em concentração adequada, um ou mais componentes que afetam as funções no corpo e produzem efeitos celulares e fisiológicos positivos. Esses alimentos desempenham três funções no corpo: nutricional, sensorial e preventiva, relacionada à prevenção de doenças, à promoção da saúde e à restauração das funções orgânicas. Quando incorporada à dieta, a inulina atua como prebiótico, promovendo o desenvolvimento seletivo de microrganismos benéficos. Além dessa ação. Apresenta também outras funções na saúde, agindo como fibras dietéticas. Este fato deriva da incapacidade do estômago e das enzimas do intestino delgado em hidrolisar a inulina e seus derivados. Essa degradação só ocorre por meio de fermentação por bactérias no cólon.

Os FOS, a inulina e muitos oligossacarídeos não são digeridos pelo trato gastrintestinal e monogástricos, ao chegarem ao cólon, estimulam benéficamente o crescimento e o fortalecimento de bactérias específicas presentes no intestino (Gibson et al., 1995). Essas bactérias específicas, bifidobactérias, secretam enzimas,  $\beta$ -frutosidase e inulinase, para utilizar FOS e inulina como nutrientes (Roberfroid, 1993).

“**ALIMENTO FUNCIONAL** é todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte de uma dieta usual, produz efeitos metabólicos e ou fisiológicos e ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica (ANVISA, 1999)”.

**PREBIÓTICO:** ingredientes nutricionais não digeríveis que afetam benéficamente o hospedeiro, estimulando seletivamente o crescimento e a atividade de uma ou mais bactérias benéficas do colón, melhorando a saúde do hospedeiro

**PROBIÓTICO:** suplemento alimentício composto por bactérias vivas, que tem o efeito benéfico de melhorar o equilíbrio da flora intestinal

As principais consequências do aumento das bifidobactérias são, segundo Van Loo et al. (1998):

- aumento da biomassa bacteriana que conduz a um aumento na produção fecal;
- produção de ácidos graxos de cadeia curta como alguns dos produtos finais do processo de fermentação;
- efeito prebiótico.

Van Loo et al. (1998) demonstraram que o efeito prebiótico do yacon é a promoção do crescimento de bifidobactérias em detrimento de outros microrganismos (potencialmente patogênicos). No que diz respeito às doses bifidogênicas de frutanos, pode-se afirmar que cerca de 4g/dia seriam suficientes para um adulto. Há evidências crescentes de que os frutanos melhoram a biodisponibilidade de alguns minerais, as quais apontam uma maior absorção de cálcio no Homem, acompanhado de um acréscimo da densidade da massa óssea.

Isso poderia indicar que o consumo de frutanos reduz o risco da osteoporose (Van Loo et al., 1998 e Coxam, 2005).

Existem vários estudos que sugerem a administração de inulina como uma forma de diminuir alguns lipídios séricos. Segundo Van Loo et al. (1998), o consumo de inulina e de oligofrutoses pode afetar o metabolismo lipídico humano, no sentido de diminuir o colesterol total. Segundo Reddy (1999), a administração de dietas com prebióticos, tais como oligofrutoses, inulina e culturas liofilizadas de *B. longum*, inibe a formação de lesões neoplásticas no cólon.

Taper & Roberfroid (2002) implantaram células tumorais de dois tipos, hepáticas e mamárias, em ratos e, na sequência, os trataram com 150g/kg de FOS ou inulina. Houve redução no crescimento dos tumores com relação ao placebo. Os frutanos agem pela sua ação redutora da glicose e da insulina e, sendo assim, as células tumorais aproveitam pouco a glicose e não se desenvolvem. Simultaneamente, haveria uma mudança na sensibilidade à insulina, o que seria parte do mecanismo da inibição do crescimento tumoral. Com base em diversos estudos, Van Loo et al. (1998) concluíram que os dados obtidos são consistentes e permitem afirmar que existe redução evidente dos riscos de câncer de cólon em animais, sendo preciso estender as pesquisas a humanos.

O consumo de inulina e FOS também contribui para o melhoramento do equilíbrio mineral do cálcio, magnésio e ferro e, possivelmente, apresenta um efeito anticarcinogênico, estimulando a flora de *Bifidus* e, assim, o sistema imunológico (Skliutas, 2002).

### **3.4 Propriedades nutricionais**

O yacon apresenta alto teor de carboidratos, elevado conteúdo de cálcio e potássio e relativamente baixos níveis de outros minerais e de vitaminas. Além

disso, o suco de yacon é rico em aminoácidos essenciais livres. De 21 compostos nitrogenados livres identificados no yacon, os aminoácidos representam 65% do nitrogênio total, sendo asparagina, glutamina, prolina e arginina os de maior concentração (Roberfroid, 2002).

As importantes propriedades nutricionais e funcionais da inulina e dos produtos de sua hidrólise permitem diferentes aplicações tecnológicas. Em indústrias de alimentos, a inulina é considerada um ingrediente alimentício, atualmente integrado como “alimentos funcionais”. Também pode ser utilizada como fonte natural e alternativa de açúcar (frutose e FOS) com baixo valor calórico. O seu uso é muito proveitoso, pois este é um atributo importante de produtos alimentícios para aceitação pelo consumidor. Essas características estão relacionadas com o comportamento da inulina em solução aquosa em diferentes concentrações (Van Loo et al., 1998).

### **3.5 Compostos fenólicos**

O yacon pertence à família *Compositae*, rica em compostos bioativos e, sobretudo, compostos fenólicos e seus derivados ésteres, metilésteres, glicósídeos, etc. Estes compostos ocorrem naturalmente, tanto nos tubérculos como nas folhas (Yun, 1996).

Os compostos fenólicos constituem uma das maiores classes de metabólitos secundários de plantas. Quimicamente, podem ser definidos como substâncias que possuem um anel aromático contendo um ou mais grupos hidroxilas. Os compostos fenólicos presentes nos alimentos abrangem ácidos fenólicos, flavonóide, taninos, cumarinas, etc. (King & Young, 1999).

Os flavonóide constituem o mais importante grupo dos compostos fenólicos e se dividem nos seguintes subgrupos: antocianinas, flavononas, flavonóis, flavanas e os isoflavonóide. A grande diversidade estrutural desses compostos é explicada pelas modificações que esses compostos sofrem, como

hidroxilação, metilação e acilação, entre outras. Nas plantas, esses compostos são essenciais para a pigmentação, o crescimento, a reprodução, a resistência a patógenos e também se caracteriza como potentes antioxidantes. Os compostos fenólicos se formam em condições de estresse, como infecções, ferimentos e radiações UV, dentre outros (Carvalho et al., 2007).

Por outro lado, os compostos fenólicos, e principalmente os flavonóide, podem modular a peroxidação lipídica envolvida na aterogênese, trombose e carcinogênese, pela atividade antioxidante sobre o íon superóxido (Yan et al., 1999; e Takenaka et al., 2003).

Os compostos fenólicos vêm sendo reportados por possuírem atividade antioxidante contra os radicais livres, a qual está associada às propriedades redox dos grupos hidroxil e a sua relação com diferentes partes da estrutura química (Benavente-Garcia et al., 1999). Os compostos fenólicos têm recebido muita atenção nos últimos anos, sobretudo por inibirem a peroxidação lipídica e a lipo-oxigenase *in vitro* (Haslan, 1996; e Soares, 2002).

Os antioxidantes fenólicos funcionam como sequestradores de radicais e, algumas vezes, como quelantes de metais, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo. Os produtos intermediários, formados pela ação destes antioxidantes, são relativamente estáveis devido à ressonância do anel aromático apresentada por estas substâncias (Soares, 2002).

A presença de compostos fenólicos no yacon pode causar o sabor acre ou adstringente e, inclusive, afetaria na percepção de um odor típico. Além disso, os compostos fenólicos são substratos que, no escurecimento (*browning*) enzimático, transformam-se em substâncias verdes ou pretas (Araujo, 2001).

As reações de escurecimento enzimático ocorrem em muitas frutas e vegetais, principalmente em batatas, proporcionando perdas em relação à qualidade sensorial, as quais são atribuídas à enzima polifenoloxidase (PFO), resultando na formação de pigmentos escuros, frequentemente acompanhados de

mudanças indesejáveis na aparência e nas propriedades sensoriais e nutricionais do produto (Araujo, 2001).

A ação das enzimas do grupo das polifenoloxidasas (PFO) resulta da oxidação de fenóis e da eventual polimerização não enzimática das quinonas formadas em taninos ou melaninas. Esta oxidação se dá em presença de oxigênio livre, escurecendo rapidamente a superfície recém-cortada dos tubérculos, prejudicando a sua aparência e a de seus produtos (Cabello, 2005). Quinjano et al., (2000) classificaram as polifenoloxidase como E.C. 1.14.18.1.

A função mais importante da polifenoloxidase é a capacidade de oxidar, inicialmente, monofenóis para  $\sigma$ -difenóis (atividade cresolase), seguida por uma oxidação de o-difenóis para o-quinona (atividade catecolase). Ambas as reações utilizam oxigênio molecular e os pigmentos escuros formados pela oxidação de o-quinonas não contêm nitrogênio e, portanto, são diferentes das melaninas (Brotel & Carvalho, 1993).

A presença de compostos fenólicos, como ácido clorogênico e L-triptofano, torna os tubérculos do yacon susceptíveis à reação de escurecimento enzimático, causada pela enzima polifenoloxidase. O controle desta reação pode ser feito pela inativação da enzima, pelo calor ou uso de agentes redutores, como o ácido ascórbico (Yan et al., 1999).

### **3.6 Aplicações da inulina**

A inulina pode ser utilizada em produtos de panificação e produtos de cereais para o controle da umidade e viscosidade (Nogueira, 2002), como substituto de gordura (Haully, 2002; Narinder et al., 2002), enriquecedor de fibras, na produção de alimentos funcionais (Taper & Roberfroid, 1999), como anticarcinogênico (Taper & Roberfroid, 2002) e ação estabilizante de espumas e emulsões.

Devido ao fato de apresentar cadeia maior, a inulina é menos solúvel que as oligofrutoses e tem a habilidade de formar microcristais de inulina, quando misturadas em água ou leite. Esses microcristais não são percebidos na boca, mas interagem para formar uma textura finamente cremosa que promove uma sensação semelhante à da gordura. Inulina tem sido utilizada, com sucesso, como substituto de gordura em vários produtos alimentares, como bolos, chocolates, embutidos cárneos e produtos lácteos (Niness, 1999; Haully, 2002; Nariender et al., 2002).

Também pode ser utilizada como fonte natural e alternativa de açúcar (frutose e FOS) com baixo valor calórico. Possui alto conteúdo de frutose, o qual constitui importante matéria-prima para a produção de xaropes ricos em frutose. É utilizada em combinação com adoçantes de alta intensidade, em substituição à sacarose, fornecendo um perfil de doçura bem balanceado e mascarando o sabor residual de aspartame (Haully, 2002; e Franck, 2002).

As oligofrutoses contribuem para incorporar produtos lácteos e melhorar a umectância de produtos de panificação, diminuir o ponto de congelamento de sobremesas congeladas, fornecer crocância a biscoitos de baixo teor de gordura e agir como aglutinante em barras nutricionais de granola. Desse modo, elas exercem o mesmo papel que a sacarose, mas têm as vantagens de apresentar menor valor calórico, enriquecer o teor de fibras e outras propriedades nutricionais em alimentos (Haully, 2002; e Franck, 2002).

A inulina pode ser utilizada como fibras para enriquecer produtos alimentares. Diferentemente de outras fibras, não tem sabores adicionais e pode enriquecer os alimentos, sem contribuir muito com a viscosidade. Essas propriedades permitem a formulação de alimentos com alto teor de fibras, mantendo a aparência e o gosto das formulações padrões (Leite, 2001; e Nogueira, 2002).

O seu uso como modificador natural de textura é muito proveitoso, pois este é um atributo importante de produtos alimentícios para a aceitação pelo consumidor. Essas características estão relacionadas com o comportamento da inulina em solução aquosa, em diferentes concentrações (Van Loo et al., 1998).

Os produtos comerciais Raftiline e Raftilose são exemplos da aplicação comercial da inulina com ingrediente funcional. Essa propriedade tecnológica foi denominada, pelo grupo Rhone Poulenc, como Raftereming, em que o produto em pó pode ser convertido em um creme com textura semelhante à da gordura. Em produtos lácteos, melhora a estabilidade de emulsões, não produzindo sabor residual e suas propriedades físicas são similares às do xarope de glicose; contribui para o abaixamento do ponto de congelamento e a elevação do ponto de ebulição. Na Europa, a Raftilose é comumente utilizada como substituto de gordura em sorvetes, sobremesas e produtos lácteos (Galante, 2008).

A aplicação da inulina, entretanto, não se limita à indústria alimentícia, existindo registros do uso de inulina na indústria farmacêutica. Taper & Roberfroid (1999) relatam o uso da inulina na produção de alimentos funcionais para a prevenção de câncer de mama. Coxam (2005) apresentou um estudo para a prevenção de osteoporose utilizando dieta rica em frutanos do tipo inulina. Reddy (1999) e Taper & Roberfroid (2002) citam que o uso de dieta rica em inulina e oligofrutose reduz a incidência de câncer.

### **3.7 Apresuntado**

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Instrução Normativa nº20 de 31/07/2000 (Brasil, 2000), classifica apresuntados como produtos elaborado com recortes de pernil ou paleta, exclusivamente de suínos, curados e submetidos ao processo de cozimento adequado.

O apresuntado difere do presunto por conter uma mistura de diferentes recortes da paleta e do pernil e pela possível presença de amido (Brasil, 2000), competindo, basicamente, pelo mesmo mercado. Por constituírem produtos elaborados com matéria-prima menos nobre do que o presunto, os apresuntados se apresentam como produtos de qualidade, porém, de custo mais baixo, e vêm ganhando mercado nos últimos anos.

Na elaboração de apresuntados e fiambres é permitida a moagem das peças cárneas (geralmente, em discos de 20 a 22 mm) e, portanto, os ingredientes são misturados diretamente na massa, eliminando as etapas de preparação da salmoura, injeção e tombamento, necessárias na produção de presunto. Com o auxílio de uma misturadeira é possível produzir produtos de qualidade, implicando num processo rápido, eficiente e de baixo custo (Pardi et al., 1996).

Aditivos não-cárneos com elevado conteúdo proteico têm sido avaliados para uso em produtos cárneos, no intuito de produzir produtos mais rentáveis (maior rendimento) e estáveis, de textura aceitável e com melhores propriedades nutricionais (Battisti, 2004). A adição de yacon nos embutidos, além de proporcionar alto teor de frutanos (inulina), também acrescenta fibras e propriedades funcionais de estabilizante.

### **3.7.1 Empregos de fibras em produtos cárneos**

O conceito de fibras alimentares abrange vasta gama de substâncias. Considera-se fibra dietética todos os polissacarídeos vegetais não amiláceos da dieta, consistindo num resíduo resistente à digestão pelas enzimas do trato intestinal humano. Fontes naturais de fibras são representadas pelos cereais (trigo e farelo de trigo, aveia), frutas e vegetais (Dresch.& Jong, 1998).

A Associação Dietética Americana recomenda a ingestão de 25 a 30g de

fibras por adulto/dia ou 10 a 13g/1000 kcal, e a razão fibra insolúvel/fibra solúvel deve ser 3:1. Na Europa, é recomendado o consumo de 20 g/dia/pessoa (Borderías et al., 2005).

O Guia Alimentar para a População Brasileira, elaborado pelo Ministério da Saúde, também segue a recomendação de 25 g de fibras alimentares ao dia para adultos e acrescenta que, se a alimentação contiver quantidades adequadas de cereais, tubérculos, raízes, frutas, hortaliças e leguminosas, essa quantidade de fibras será atingida.

O consumo reduzido de fibras provoca aumento de doenças, como apendicites, câncer de cólon e reto, constipação intestinal, trombose, cáries dentárias, diabetes, diverticulites e hemorroidas.

Segundo dados da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) de 2002/2003, da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a ingestão média de fibras alimentares foi de 15,68g/dia, sendo 5,94g/dia provenientes de cereais e tubérculo, 7,53g/dia de leguminosas, 0,98g/dia de hortaliças e 1,23g/dia de frutas (Menezes & Giuntini, 2008). Assim, verifica-se a importância de se estimular a população brasileira a manter de hábitos alimentares, como o consumo de arroz e feijão, além de aumentar o consumo de frutas, verduras, legumes e alimentos integrais (Callegaro, 2005; Menezes e Giuntini, 2008).

A capacidade que a fibra tem de reter água contribui para o processamento de produtos cárneos (De Sá & De Francisco, 2000), principalmente de presuntos e apesuntados, em cuja elaboração cerca de 30% de água é adicionada, fazendo com que maior quantidade de água fique retida durante o cozimento. a sua vida de prateleira, não causando perda de peso do produto.

### **3.7.2 Parâmetros de qualidade de um produto cárneo**

Alguns parâmetros de qualidade de um produto podem ser avaliados por diferentes técnicas, como analíticas, instrumentais e sensorial.

#### **3.7.2.1 Avaliação instrumental da cor objetiva em produtos cárneos**

As cores são estímulos sensoriais que refletem sensações e influências culturais e provocam complexos processos na retina e nos centros cerebrais (Ramos & Gomide, 2007). A cor é um dos fatores de decisão para o consumidor adquirir um produto.

A cor observada nos produtos curados é obtida devido à formação do pigmento nitroso-hemocromo, resultado da reação da mioglobina com o óxido nitroso proveniente da redução do nitrito e do aquecimento, promovendo a cor rósea em presuntos e apresuntados (Ramos & Gomide, 2007).

A escala CIELAB, ou CIE  $L^*a^*b^*$ , baseada na escala Hunter Lab, é uma das mais empregadas na indústria de alimentos. Os coeficientes da Hunter Lab são obtidos de derivações matemáticas dos valores triestímulos XYZ da Commission Internationale de L'Eclairage, ou CIE (Papadakis et al., 2000), em que “L” mede a luminosidade que varia de 0 (preto puro) a 100 (branco puro) e os valores de “a” e “b”, que representam os níveis de tonalidade e saturação, em que “a” positivo indica o vermelho, “a” negativo o verde, “b” positivo o amarelo e “b” negativo o azul. Por meio do ângulo de tonalidade pode-se, então, estimar a cor predominante do objeto analisado (Figura 4).

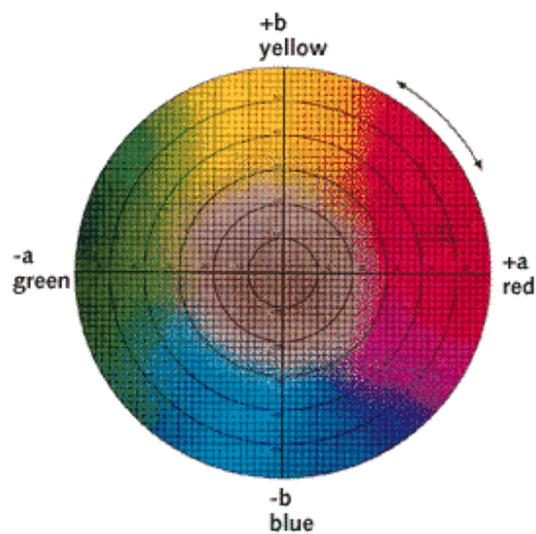


FIGURA 4 Representação bidimensional do diagrama de cromaticidade do sistema CIELAB.

Ramos & Gomide (2007) recomendam, para carnes vermelhas, dar preferência para o iluminante A ou utilizar os iluminantes C ou D<sub>65</sub>, nesta ordem. Ainda segundo estes autores, para produtos curados, há certa divergência na literatura, sendo recomendado o iluminante D<sub>65</sub> para salames e o iluminante A para presuntos crus. Quanto ao observador, o ângulo padrão 2° é aconselhado na análise de objetos pequenos, sendo o observador de 10° mais comumente utilizado na análise de alimentos.

García-Esteban et al. (2003), em estudo sobre otimização de análise instrumental de cor em presuntos curados, observaram que as condições ótimas para medida objetiva de cor foram as realizadas com o sistema Hunter Lab, utilizando o iluminante A e com os ângulos de observação de 2° ou 10°.

### 3.7.3.2 Avaliação da textura em produtos cárneos

As propriedades de texturas de um alimento são um grupo de características físicas que são avaliadas pelo tato e relacionadas com a deformação, a desintegração e a fluidez do alimento, quando se submete a uma força. A textura dos alimentos é, fundamentalmente, uma propriedade sensorial que pode ser quantificada por meio de análises objetivas, utilizando-se instrumentos capazes de avaliar os diversos parâmetros reológicos envolvidos, sob condições similares em que esta é submetida na prática (durante a degustação), gerando gráficos de força em função do tempo ou distância, conhecido como perfis de textura ou curvas de deformação (Ramos & Gomide, 2007).

O método de TPA consiste em dois ciclos completos de compressão e descompressão de uma pequena amostra do alimento, de forma a simular a ação dos dentes durante o processo de mastigação. A força necessária, durante os dois ciclos, para comprimir a amostra, é medida e representada graficamente numa curva de deformação tempo x força. Uma vez que o método de TPA é utilizado na tentativa de refletir a percepção humana da textura, o primeiro e o segundo ciclo de compressão são, geralmente, referidos como “primeira mordida” e “segunda mordida”, respectivamente (Chinait, 2008).

Bourne (1978) define os parâmetros de textura obtidos pelo teste de Análise de Perfis de Textura (TPA) da seguinte forma:

- . **fraturabilidade:** força necessária para iniciar a fratura do material;
- . **dureza:** força necessária para se alcançar uma determinada deformação;
- . **coesividade:** definida como a força das ligações internas, que determina a extensão que o alimento é deformado antes da ruptura (representa como o alimento responde à segunda compressão, após suportar a primeira);

. **adesividade:** trabalho necessário para superar as forças atrativas entre a superfície do alimento e outras superfícies com as quais o alimento entra em contato, no caso, a sonda;

. **flexibilidade:** originalmente denominada elasticidade, trata-se da taxa em que o material deformado retorna à sua condição inicial, pela remoção da força deformadora;

. ***gumminess* (ou **gomosidade**):** definido como a energia requerida para se desintegrar um alimento semissólido a um estado pronto para ser engolido. Trata-se de uma característica com baixo grau de dureza e elevado grau de coesividade;

. ***chewiness* (ou **mastigabilidade**):** assim como a gomosidade, diz respeito à energia requerida para desintegrar um alimento em um estado pronto para ser engolido, mas, desta vez, em um alimento sólido.

Segundo Ramos & Gomide (2007), um produto não pode apresentar ambos os parâmetros, mastigabilidade e *gumminess*, a não ser que um sólido se torne um semissólido durante a degustação. Uma vez que essa transição praticamente não é observada durante uma avaliação objetiva, é incorreto quantificar e reportar ambos, mastigabilidade e *gumminess*, em TPA de alimentos sólidos ou semissólidos. Mastigabilidade deve ser reportada para TPA de alimentos sólidos e *gumminess*, para semissólidos.

Um problema prático relacionado a todos os testes objetivos é que nenhum instrumento é capaz de medir todas as propriedades detectadas pelo senso humano. A forma mais correta de superar esse problema é pesquisar mais profundamente uma determinada propriedade e o processo que fornece essa sensação de textura no alimento. Outro problema, agora relacionado à percepção humana, é que diferentes pessoas atribuem palavras diferentes para descrever uma mesma sensação. A linguagem utilizada para descrever uma propriedade da textura de alimentos é muito importante, principalmente nas análises sensoriais e

na verbalização do consumidor quanto à qualidade de um determinado alimento (Ramos et al., 2007).

### **3.7.3.3 Avaliação sensorial em produtos cárneos**

Os testes sensoriais utilizam os órgãos dos sentidos humanos como “instrumentos” de medida e devem ser incluídos como garantia de qualidade de alimentos, por ser uma avaliação multidimensional integrada e ter importantes vantagens, como, por exemplo, determinar a aceitação de um produto por parte dos consumidores (Della Modesta, 1994).

Devido aos expressivos dados de consumo, aliado ao fato de o presunto e o apresuntado serem produtos versáteis, uma vez que se integram facilmente nos mais diversos momentos de consumo, tanto como entrada, como lanche ou como refeição, torna-se necessário determinar a aceitação desses produtos por meio da análise sensorial (Scarpa, 2009).

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos**: teoria e prática. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, 2001. 416 p.
- BATTISTI, V.; LEÃES, F. L.; RIES, E. F.; COSTABEBER, I. H.; EMANUELLI, T. Importância do microorganismo *Staphylococcus xylosus* na degradação do congêneres de PCB 52. **Anais** Encontro Regional de Engenharia de Alimentos 9., 13 a 17 de setembro 2004. Erechim – RS
- BENAVENTE-GARCIA, O.; CASTILLO, J.; LORENTE, J.; ORTUÑO, A. E DEL RIO, J. A. Antioxidant activity of phenolics extracted from *Olea europaea* L. leaves. **Food Chemistry**, v. 68, p. 457-462, 1999.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Coordenação-Geral da Política de Alimentação e Nutrição. Guia alimentar para a população brasileira: Promovendo a alimentação saudável. Brasília: **Ministério da Saúde**, 2005. 236p. Disponível em:  
<<http://www.nutritotal.com.br/publicacoes/?acao=bu&id=155&categoria=7>>  
Acessado em 17/07/09.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria da Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade de almôndega, de apresuntado, de fiambre, de hambúrguer, de kibe e de presunto cozido. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 149, p. 7-12, 3 ago. 2000. Seção 1.
- BORDERÍAS, A.J.; SÁNCHEZ-ALONSO, I.; PÉREZ-MATEOS, M. New applications of fibres in foods: addition to fishery products. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v.16, p. 458-465, 2005.
- BOTREL, N.; CARVALHO, V. D. Efeito do peso do fruto no escurecimento interno e qualidade do abacaxi. Atividade de polifenoloxidase, peroxidase e compostos fenólicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 6, p. 733-742, 1993.
- BORNET, F. R. J. Undigestible sugars in food products. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.59, p. 7635-7695, 1994.

BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, Oxford, v. 32, n. 7, p. 62-72, 1978.

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

CALLEGARO, M.G.K. Determinação da fibra alimentar insolúvel, solúvel e total de produtos derivados do milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** 2005; 25 (2): 271-4.

CAPITO, S.M.P. **Raiz tuberosa de yacon (*Polymnia sonchifolia* Poep. Endl.): Caracterização química e métodos de determinação de frutanos (CG e HPLC- DPA)**. 2001. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual de São Paulo. Departamento de Ciência dos Alimentos, São Paulo.

CARVALHO, J.C.T.; GOSMANN, G.; SCHENKEL, E.P. Compostos Fenólicos Simples e Heterosídicos. In: **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 3ed., Cap.20, Editora da Universidade/UFRGS, Porto Alegre-RS. Edidora da UFSC, Florianópolis-SC. 2007.

CASTILHO, R. O. Andean crops in Equadou: collecting, conservation and characterization. FAO/IBPGR. **Plant Genetic Research**. FAO/IBPGR, Newsletter, v. 77, p.35-36, 1992.

CHINAIT, T.M.N.; TEIXEIRA, J. T.; BRESSAN, M. C.; RODRIGUES, E. C.; RAMOS, E. M.; GAMA, L. T.; CARDOSO, G. P.; BOTEGA, L. M. G.; DUTRA, M. P. Avaliação da cor objetiva da carne de bovinos de diferentes grupos genéticos terminados no sistema confinado. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA 21, Lavras, **Anais....** Lavras-MG, 09 a 11 de junho de 2008. 1 CD-ROM.

CHINAIT, T.M.N. **Caracterização da cor textura objetiva de presuntos e apresuntados comercializados na região de Viçosa** – MG. Monografia de estágio título de Bacharel dem Engenharia de Alimentos, Lavras – MG. p. 17. 2008

COXAM, V. Inulin-type fructans and bone health: state of the art and perspectives inthe management of osteoporosis. **British Journal of Nutrition**, v. 93, n. 1, p. 111-123, 2005.

DARBYSHIRE, B; HENRY, R. J. The distribution of fructans in onions. **New Phytologist**, v. 81, p. 29-34, 1978.

DELLA MODESTA, R.C. **Manual de Análise Sensorial de Alimentos e Bebidas**. Tomo I – Geral. Rio de Janeiro: Embrapa, 1994. 115p.

DE SÁ, R. M.; DE FRANCISCO, A. **Apostila do Curso Teórico –prático : Fibras Alimentares**. CERES/CAL/CCA/UFSC. Florianópolis, 2000.26p.

DIAS-TAGLIACOZZO, G.M.; DIETRICH, S.M.C.; MELLO-AIRES, M. Measurement of glomerular filtration rate using inulin prepared from *Vernonia herbacea*, a Brazilian native species. **Brazilian Journal of Medical Biological Research**, v. 29, p. 1393-1396, 1996.

DIETRICH, S.M.C.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L. Carboidratos de reserva em plantas superiores e sua importância para o Homem. **Review Academic Colombia Ciencia Exactas, Fis. Nat.**, v. 16, p. 67-71, 1986.

DRESCH, R. R.; JONG, E. V. Influência da Porcentagem de Fibra na Digestibilidade de Proteínas. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos 16, Rio de Janeiro, 1998. **Anais**. Pág.657–658, Volume 1.

DREVON, T.; BORNET, F. Lês FOS: ACTILIGHT. In: MULTON, J. L. (Ed.). **Le sucre, les sucres, les edulcorants et les glucides de charges dans les IAA**. Paris: Tec & DOC, Lavoisier, p. 313-338. 1992.

FONSECA, Z. A. **Plantas medicinais**, 2003. Disponível em: <<http://www.plantamed.hpg.ig.com.br/PG/TEXTOS/NCP/Polymniasonchifolia.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2009.

FRANCK, A. Technological functionality of inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition**, v.87, n. 2, p. 287-291, 2002.

FREITAS, M.Q.; SILVA, T.J.P.; MANO, S.B. Medidas Instrumentais de Textura e Cor, em mortadelas produzida com carne mecanicamente separada de frango. **Higiene Alimentar**, v.18, p.126-127, 2004.

GALANTE, R.M. **Extração de inulina do alho (*Allium sativum* L. var. Chonan) e simulação dos processos em batelada e em leite fixo**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GARCIA-ESTEBAN, M.; ANSORENA, D.; GIMENO, O.; ASTIASARAN, I. Optimization of instrumental colour analysis in dry-cured ham. **Meat Science**, Barking, v. 63, n. 3, p. 287-292, Mar. 2003.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal Nutrition**, Cambridge, Inglaterra, v.125, n.6, p.1401-1412, 1995.

GRAU, A.; REA, J. Genetic Resources of yacon (*Smallanthus sonchifolia* Poepp. & Endl.) p. 198-242. In: HELLER, J., HERMMAN, M., ENGELS, J. Andean roots and tuber genetic resources. **IPGRI** – Roma, 1997.

HASLAN, E. Natural polyphenols (vegetable tannins) as drugs possible modes as action. **Journal of Natural Products**, Chicago v. 59, p. 205-215, 1996.

HAULY, M. C. O.; MOSCATTO, J. A. Inulina e Oligofrutoses: uma revisão sobre propriedade funcionais, efeito prebiotico e importância na industria de alimentos. **Semina: Ciências Exatas e Tecnologia**, v.23, p. 105-118, Dezembro 2002.

HERMANN, M.; FREIRE, I.; PAZOZ, C. Compositional diversity of the yacon storage root. In: \_\_\_\_\_. **Impaction a changing word program report international potato center**. Lima: Apartado, 1998. p. 425-432. (CIP Program Report).

KAKIHARA, T. S.; CÂMARA, F. L. A.; VILHENA, S. M. C. Cultivo e industrialização de yacon (*Polymnia sonchifolia*): uma experiência brasileira. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE RAÍZES TROPICAIS, 1.; CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 9., 1996, São Pedro. **Anais...** São Pedro: CERAT-UNESP, 1996. p. 148.

KING, A., YOUNG, G. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v.99, n.2, p.213-218, 1999.

KURODA, S.; ISHIARA, J. Field growth characteristics of plantlets propagated in vitro and line selection for increased percentage of sugar in tuberous root of yacon, *Polymnia sonchifolia*. **Bulletin of the Shikoku National Agricultural Experiment Station, Kioto**, Japão, v. 57, p. 111-121, 1995.

LAURENZO, K. S.; NAVIA, J. L.; NEIDITCH, D. S. Preparation of inulin products. **USA Patent number** 5, 968, 365. Oct. 19, 1999.

LEITE, J. L. C. **Obtenção de extrato de inulina CE chicória (*Chicorium intybes*) por abaixamento de temperatura e secagem por spray dryer**. 2001. 120 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

LEITE, J. T. C.; PARK, K. J.; RAMALHO, J. R. P.; FURLAN, D.M. Caracterização reológica das diferentes fases de extrato de inulina de raízes de chicória, obtidas por abaixamento de temperatura. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 202-210, jan/abr. 2004.

LEON, J. *Botanica de los cultivos tropicales*. Costa Rica: Colección Libros e Materiales Educativos/ **IICA**, 1968, 193p.

MARANGONI, André Luis ; COLLARES, F.P. . Effect of drying process by atomization and lyophilization in the properties of the instantaneity of yacon extract powder. **In: 15th International Drying Symposium (IDS 2006)**, 2006, Budapeste. Drying 2006 - Proceedings of the 15th International Drying Symposium (IDS 2006). Gödöllo : Szent István University Publisher, 2006. v. C. p. 1567-1572.

MENEZES, E.W.; GIUNTINI, E.B. Fibras alimentares. In: Philippi ST, organizadora. **Pirâmide dos alimentos: fundamentos básicos da nutrição**. Barueri: Manole; 2008. p. 341-62.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Lost crops of the incas**: litl-known plants of the andes with promise for worldwide cultivation National. Washington: Academy, 1989. 415 p.

NINESS, K. R. Inulin and oligofructose: what are they. **Journal Nutrition**, Philadelphia, v. 129, n. 7, p. 1402-1406, July 1999.

NOGUEIRA, R. I. **Processo de obtenção de inulina de chicória (*Cichorium intybus*) em pó**. 2002. 113p. Tese ( Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

OHYAMA, T.; ITO, O.; YASUYOSHI, S.; IKARASHI, T.; MINAMIZAWA, K.; KUBOTA, M.; ASAMI, T.; TSUKHASHI, T. Composition of storage carbohydrate in tuber of yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Soil Science Plant Nutrition**, Tokyo, v. 36, n. 1, p. 167-171, Jan. 1995.

PAPADAKIS, S. E.; ABDUL-MALEK, S.; KAMDEM, R. E.; YAM, K. L. A versatile and a inexpensive technique for measuring color of foods. **Food Technology**, v.54, n.12, p.48-54, 2000.

PARDI, M.C., SANTOS, I.F., SOUZA, E.R., PARDI, H.S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**, 1ª edição, Goiânia: CEGRAF-UFG, v.2 (Tecnologia da Carne e de Subprodutos. Processamento Tecnológico), 1996. 524p.

POLLOCK, C. J. Fructans and the metabolism of sucrose in vascular plants. **New Phytologist**, Cambridge, v. 104, n. 1, p. 1-24, Sept. 1986.

QUIJANO, F. G.; VILHENA, S. M. C.; LIMA, G. P. P.; CÂMARA, F. L. A. Atividades de peroxidase e polifenoxidase durante o armazenamento pós - colheita de yacon (*Polymnia Sonchifolia Poep & Endl*) **I Latin-American Symposium on the Production of Medicinal, Aromatic and Condiments Plants**, 2000.

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

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade em carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 599 p.

RAMOS, E. M.; RAMOS, A. L. S.; VIOLIN, L. M.; BISPO, K. C. S.; FONTES, P. R. Influencia da deformação e da velocidade de compressão na textura objetiva de produtos curados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA E TECNOLOGIA DE CARNES (CTC) 4. **MERCADOS DO SEculo XXI: QUALIDADE, SEGURANÇA ALIMENTAR, CERTIFICACAO E RASTREABILIDADE**, Campinas, **Anais...** Campinas-SP, 09 a 11 de outubro de 2007. p.423-426.

REDDY, B. S. Possible mechanisms by which pro- and prebiotics influence colon carcinogenesis and tumor growth. **The Journal of Nutrition**, v. 129, n.7, p. 1478-1482, 1999.

ROBERTFROID, M. B. Introducing inulin-type fructans. **British Journal Nutrition**, v. 93, n.1, p. 13-25,2005

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

ROBERFROID, M. B.; VAN LOO, J.A.E.; GIBSON, G.R.; The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. **Journal of Nutrition**,v.128p. 11-19, 1998.

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

SCARPA, M. B. O.; RAMOS, E. M. L.; MARQUES, A. C. P.; CHINAIT, T. M. N.; PALHARES, P. C.; RAMOS, A. L. S. Caracterização de presuntos e apresuntados comerciais: avaliação sensorial e instrumental da cor. sessão de tecnologia de processamento de carne e embalagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 5., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Centro de Tecnologia de Carnes, 2009. 1 CD-ROM.

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

SILVA, E.B. Correlação entre peso, área e diâmetro de raízes do yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepping & Endlicher). In: ENCONTRO REGIONAL SUL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 8, **Anais**. Curitiba. CD-ROM. 2003.

SKLIUTAS, A. R. **Estudo do desenvolvimento de barra dietética de cereais e goiaba desidratada pelo processo de osmose a vácuo com utilização de fruto-oligossacarídeo.** 2002. 116p. Tese (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – UNICAMP/FEA, Campinas.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição** Campinas, v. 5, n. 1, p. 71-78, jan/abr. 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**, Fourth Edition. 2006. 705p.

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

TAPER, H.S.; ROBERFROID, M. Inulin/Oligofructose and anticancer therapy. **British Journal of Nutrition**, v. 87, n. 2, p. 283-286, 2002.

TAPER, H.S.; ROBERFROID, M. Influence of inulin and oligofructose on breast câncer and tumorngrowt. **The Journal of Nutrition**, v. 129, n.7, p. 1488-1491, 1999.

VAN LOO, J. A. E.; COUSSEMENT, P; LEENHEER, L.; HOEBREGS, H; SMITS, G. The presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 35, n. 6, p. 525-552, 1995.

VAN LOO, J.; CUMMINGS, J.; DELZENNE, N.; ENGLYST, H.; FRANCK, A.; HOPKINS, M.; KOK, N.; Mc FARLANE, G'NEWTON, D.; QUIGLEY, M.; ROBERFROID, M.; VAN VLIET, T.; VAN DEN HEUVEL, E. Functional food properties of non-digestible oligosaccharides: a consensus report from the ENDO project (DGXII – CT94-1094). **British Journal of Nutrition**, v. 81, p. 121-132, 1998.

VIETMEYER, N. D. (Editedby) – National Research Council. Lost Crops of the Incas littleknown plants of the Andes with for worldwide cultivation. **Washington Academy Press**, 415p., 1989.

VILHENA, S. M. C. **Ciclo de cultivo e técnicas pós-colheitada yacon (*Polymnia sonchifolia* Poep. Endl.) em função do conteúdo de frutose total nos órgãos subterrâneos**. 2001. 73 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

VORAGEN, A.G.J. Technological aspects of functional food-relates carbohydrates. **Trends in Food Science and Technology**, v. 9, p. 328-335, 1998.

YAN, X.; SUZUKI, M.; OHNISHI-KAMEYAMA, M.; SADA, Y.; NAKANISHI, T.;NAGATA, T. Extraction and identification of antioxidants in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n.11, p.4711-4713, 1999.

YUN, J. W. Fructooligosaccharides: occurrence, preparation and application. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 19, p. 107-117, 1996.

ZARDINI, E. Ethnobotanical notes on “yacon” *Polynnia sonchifolia* (Asteracea). **Economic Botany**, v. 45, p. 72-85, 1991.

ZORZELLA, C. A.; VEDRUSCOLO, J. L., TREPTOW, R. O. Qualidade sensorial de “chips” de diferentes genótipos de batatas (*Solanum tuberosum* L.), cultivos de primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, n. 1, p. 57-63, jan/mar. 2003.

## **CAPÍTULO 2**

### **COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, MINERAIS E COMPOSTOS FENÓLICOS DO YACON**

## 1 RESUMO

Yacon (*Smallanthus sonchifolia*), também chamada de batata “diet” ou “polínia”, é uma planta herbácea, perene, originária dos Andes, sendo seu tubérculo bastante consumido, no oriente, na forma *in natura* e também na forma de batata chips. Tem aspecto parecido com o da batata-doce e com sabor que lembra o da pera. O tubérculo é rico em frutanos, minerais e fibras. Os dados existentes com yacon ainda são divergentes e isso pode ser consequência de variados fatores, como época de colheita, tempo de armazenamento, tipo do clone, ecossistema, clima e tipo de solo onde a planta é cultivada. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a composição centesimal, os minerais e os compostos fenólicos presentes no yacon *in natura*, em diferentes tamanhos do tubérculo (grande, médio e pequeno) e em dois tempos de armazenamento (1 e 20 dias), à temperatura ambiente (21°C e 52% UR). Os tubérculos de yacon, provenientes do sítio Cachoeirinha, do município de São Joaquim de Bicas, MG, foram selecionados em função do tamanho e da ausência de injúrias. Os tratamentos foram constituídos por doze tubérculos para cada tamanho e divididos em dois grupos: o 1º grupo foi analisado no 1º dia de armazenamento e o 2º, analisado no 20º dia de armazenamento. Tubérculos de tamanho pequeno (até 200 gramas) apresentaram, de modo geral, os melhores resultados quanto à composição centesimal e minerais. Quanto ao armazenamento, os tubérculos do 1º dia apresentaram maiores teores de umidade, extrato etéreo, fosforo e potássio. Os tubérculos do 20º dia apresentaram maiores teores de cinzas, fibra, proteína, ferro e cálcio. Tubérculos grandes apresentaram maiores teores de compostos fenólicos em geral. Diante dos resultados, pode-se concluir que os tubérculos de yacon são ricos em carboidratos (fibra) e potássio, e uma excelente fonte de frutanos.

## 2 ABSTRACT

Yacon (*Smallanthus sonchifolia*) also called the “diet potato” or “polinia” is an herbaceous, perennial plant native of the Andes, its tuber being greatly consumed in the Easy in the *in natura* form and also in the form of chips potato. It presents an aspect like com sweet potato and its taste reminds the pear. The tuber is rich in fructans, minerals and fibers. The existing data on yacon are still highly divergent and that can be a consequence of varying factors such as harvest time, storage time, sort of the clone, ecosystems and type of soil where the plant is cultivated. The present work was aimed to evaluate the centesimal composition, minerals and phenolic compounds present *in natura* yacon in different sizes of the tuber (large, medium and small) and in two storage times 1° and 20° days) at room temperature (21°C e 52% of RH). The yacon tubers coming from the do sítio Cachoeirinha do Município de São Joaquim de Bicas - MG were chosen as related to the size and absence of injuries. The treatments were constituted of 12 tubers for each size and divided into 2 groups: 1° group was analyzed on the 20° day of storage. Small sized tubers (up to 200g) presented, in general, the best results as to centesimal composition and minerals. As to the storage, the 1<sup>st</sup> day presented higher contents of moisture, ether extract, phosphorus and potassium. The 20<sup>st</sup> day showed the highest contents of ashes, fiber, protein, iron and calcium. Large tubers presented higher contents of phenolic compounds in general. Before the results, one can conclude that yacon tubers are rich in carbohydrates (fiber) and potassium and an excellent source of fructans.

### 3 INTRODUÇÃO

Estudos de caracterização de algumas fontes alimentares de baixo custo, qualidade nutricional e aspecto funcional ainda não bem elucidado, são desafios para pesquisadores, os quais ainda devem buscar o desenvolvimento de produtos alimentícios que possam ser utilizados também por populações de baixa renda. Neste aspecto, tubérculos do yacon surgem como opção de grande importância, dadas as propriedades funcionais dos seus frutanos, minerais e fibras.

Yacon (*Smallanthus sonchifolia*), vegetal pertencente à família Asteraceae, também chamada de batata “diet” ou “polínia”, é uma planta herbácea, perene, originária dos Andes, sendo seu tubérculo bastante consumido no oriente na forma “inatura” e também na forma de batata chips. As folhas e as túberas, ricas em proteínas, são indicadas para o tratamento dos diabetes e hipercolesterolemia. É cultivada no Brasil, principalmente por japoneses. Tem o aspecto parecido com o da batata-doce, é porosa e com sabor que lembra o da pera, sendo a batata consumida em forma de salada ou como fruta (Rodrigues et al., 2007).

Os tubérculos do yacon possuem elevado conteúdo de água e sua matéria seca é constituída, em sua maior parte, de carboidratos, principalmente frutanos e outras fibras, a cuja ingestão são atribuídos efeitos fisiológicos benéficos ao Homem. Possuem baixa concentração de proteínas e lipídios e, portanto, reduzido valor energético, apesar de sua suculência e sabor doce. Além disso, a maior parcela dos açúcares solúveis do yacon é constituída de frutose, cujo açúcar não necessita de insulina para ser captado pelas células. Esses fatores vêm justificar a importância de estudos que visem à utilização de yacon na indústria alimentícia (Kakihara et al., 1996).

De acordo com Nieto (1991), os principais minerais presentes nos tubérculos do yacon são potássio, ferro e zinco, seguidos de fósforo e cálcio. Há baixo teor de sódio e ausência de magnésio.

Em trabalhos realizados sobre teor de fibras nos tubérculos de yacon, diversos autores consideraram o tubérculo de yacon como fonte de fibra alimentar (Capito, 2001; Palomino & Rios, 2004; Viega et al., 2007 e Quinteros, 2000). Quinteros (2000) relatou que o teor de fibras presentes no yacon já permite julgar o yacon como alimento de destaque em fibras.

Os compostos fenólicos são uma das maiores classes de metabólitos secundários de plantas. Quimicamente, podem ser definidos como substâncias que possuem um anel aromático contendo um ou mais grupos hidroxilas. Os compostos fenólicos presentes nos alimentos abrangem ácidos fenólicos, flavonóide, taninos, cumarinas, etc. (King & Young, 1999).

Os compostos fenólicos vêm sendo reportados por possuírem atividade antioxidante contra os radicais livres, a qual está associada às propriedades redox dos grupos hidroxil e a sua relação com diferentes partes da estrutura química (Benavente-Garcia et al., 1999). Têm recebido muita atenção nos últimos anos, sobretudo por inibirem a peroxidação lipídica e a lipo-oxigenase *in vitro* (Haslan, 1996; & Soares, 2002). Os antioxidantes fenólicos funcionam como sequestradores de radicais e, algumas vezes, como quelantes de metais, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo. Os produtos intermediários, formados pela ação desses antioxidantes, são relativamente estáveis, devido à ressonância do anel aromático apresentada por estas substâncias (Soares, 2002).

A presença de compostos fenólicos, como ácido clorogênico e L-triptofano, torna os tubérculos do yacon susceptíveis à reação de escurecimento enzimático, causado pela enzima polifenoxidase (E.C. 1.14.18.1). Nesta reação ocorre a formação da melanina (pigmento escuro), que deprecia a qualidade do

produto. O controle desta reação pode ser feito pela inativação da enzima pelo calor ou uso de agentes redutores, como o ácido ascórbico (Yan et al., 1999). Além disso, os compostos fenólicos são substratos no escurecimento (*browning*) enzimático, transformando-se em substâncias verdes ou pretas (Araujo, 2001).

Hermann et al. (1998) avaliaram a composição química do yacon em algumas regiões diferentes dos Andes e verificaram que sua composição apresenta variações, de acordo com a região de plantio. Os dados existentes por yacon ainda são divergentes e isso pode ser consequência de variados fatores, como época de colheita, tempo de armazenamento, tipo do clone, ecossistema, clima e tipo de solo onde a planta é cultivada. Poucos estudos têm sido conduzidos com yacon no Brasil (Silva, 2007).

Objetivou-se avaliar a composição química, minerais e compostos fenólicos presentes no yacon *in natura* em diferentes tamanhos do tubérculo (grande, médio e pequeno) e em dois tempos de armazenamento (1° e 20° dias).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Matéria-prima**

O experimento foi realizado no Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG, no período de julho a agosto de 2008. O yacon foi adquirido do produtor Luís Eustáquio Maia, do sítio Cachoeirinha, no município de São Joaquim de Bicas, MG.

Tubérculos de yacon presentes em duas caixas de 20 kg foram lavados em água corrente, com escovação manual, para retirar os resíduos de terra, colocados para secar, pesados e classificados por peso para compor os tratamentos.

### **4.2 Delineamento experimental**

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial (3 x 2 x 3), sendo 3 tamanhos de tubérculos (grande, médio e pequeno) e 2 dias de análises (correspondentes aos dias 1º e 20º dias de armazenamento), com 3 repetições de 2 tubérculos.

### **4.3 Preparo das amostras e instalação do experimento**

Foram selecionados 36 tubérculos para compor os tratamentos.

- 12 tubérculos com pesos superiores a 500 g foram classificados como de tamanho grande;
- 12 tubérculos com pesos entre 200 e 499 g foram classificados como de tamanho médio;
- 12 tubérculos com pesos inferiores a 200 g foram classificados como de tamanho pequeno.

Esses tubérculos foram divididos em dois grupos para serem analisados em duas épocas: no 1º dia de armazenamento e no 20º dia de armazenamento.

Os tubérculos selecionados foram armazenados em uma estante de aço do Laboratório de Bioquímica, à temperatura média de 21°C e UR de 52%. No dia da realização das análises, os respectivos tubérculos foram descascados, picados e triturados para análises referentes à composição centesimal, minerais e compostos fenólicos.

#### **4.4 Composição centesimal**

1- Umidade: método gravimétrico (AOAC, 2000), com secagem a 65°C, até obter peso constante. O resultado foi expresso em porcentagem de umidade na amostra.

2- Extrato etéreo: método de Soxhlet (AOAC, 2000), extração com éter etílico. O resultado foi expresso em porcentagem de extrato etéreo na matéria seca.

3- Cinzas: método gravimétrico (AOAC, 2000), incineração a 550°C em mufla, por um período suficiente para queima de toda matéria orgânica. O resultado foi expresso em porcentagem de cinzas na matéria seca.

4- Proteína bruta total: método de micro-Kjeldahl (AOAC, 2000). O resultado da amostra em porcentagem de nitrogênio foi convertido em proteínas totais, multiplicando-se o valor obtido pelo fator de conversão 6,25 e foi expresso em porcentagem de proteína total na matéria seca.

5- Fibra bruta: a fibra alimentar total, a fibra alimentar solúvel e a fibra alimentar insolúvel foram determinadas no yacon, utilizando-se o *kit dietary fiber total*, marca sigma, seguindo as técnicas propostas pela AOAC (2000), que se baseia nas análises enzimáticas gravimétricas. Esse método baseia-se na porção não-hidrolisada do alimento que resiste à digestão enzimática sequencial

com  $\alpha$ -amilase, protease e amiloglicosidase e é insolúvel em etanol, entre 78% e 98%.

#### **4.5 Minerais**

Os minerais (cálcio, fósforo, potássio, magnésio, enxofre, cobre, manganês, zinco e ferro) foram determinados pelo método descrito por Malavolta et al. (1997), utilizando espectrofotômetro de absorção atômica, no Departamento de Química da UFLA. Os valores foram expressos de acordo com a média de três repetições para cada tipo de amostra.

#### **4.6 Compostos fenólicos**

A extração foi realizada segundo Swain & Hillis (1959) e o teor de compostos fenólicos foi determinado pelo método de Folin-Denis (AOAC, 1992). Os resultados foram expressos em mg de ácido tânico  $100\text{g}^{-1}$  de polpa.

#### **4.7 Análise estatística**

Os resultados foram submetidos à análise de variância e por meio do programa estatístico Sanest e, quando significativos, as médias foram comparadas, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Zonta & Machado, 1991).

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As análises de variância dos parâmetros estudados encontram-se nos anexos, nas Tabelas 1A, 2A e 3A.

### **5.1 Composição centesimal**

A composição centesimal (umidade, extrato etéreo, cinzas, fibra bruta e proteínas) presente no yacon em diferentes tamanhos do tubérculo (grande, médio e pequeno) e em dois tempos de armazenamento (1 e 20 dias) está representada na Tabela 1. Os valores médios do extrato etéreo, cinzas, fibra bruta e proteínas estão expressos em porcentagem em base seca (bs).

TABELA 1 Valores médios de umidade (% bu), extrato etéreo (% bs), cinzas (% bs), fibra bruta (% bs) e proteínas (% bs) presentes no yacon em diferentes tamanhos do tubérculo (grande, médio e pequeno) e em dois tempos de armazenamento (1 e 20 dias), à temperatura ambiente de 21°C e 52% UR.

<b>Tamanho</b>	<b>Tempo</b>	<b>Umidade (%, bu)</b>	<b>Média</b>	<b>Extrato etéreo (%, bs)</b>	<b>Média</b>	<b>Cinzas (%, bs)</b>	<b>Média</b>	<b>Fibra (%, bs)</b>	<b>Média</b>	<b>Proteína (%, bs)</b>	<b>Média</b>
<b>Grande</b>	1	81,49 A	81,19	0,56 A	0,53	0,55 B	0,64 C	7,30 B	7,99 C	0,67	0,79 C
	20	80,89 B		0,51 B		0,73 A		8,67 A		0,95	
<b>Médio</b>	1	83,83 A	81,87	0,42 B	0,54	0,61 B	0,68 B	7,95 B	10,58 A	0,73	0,83 B
	20	79,92 B		0,67 A		0,75 A		13,21 A		0,93	
<b>Pequeno</b>	1	82,39 A	82,34	0,58 A	0,55	0,62 B	0,69 A	11,92 B	9,77 B	0,75	0,86 A
	20	80,31 B		0,52 B		0,77 A		7,63 A		0,96	
<b>Média</b>		81,47		0,54		0,67		9,44		0,82	
<b>Tempo</b>											
<b>1</b>		82,57 A		0,56 A		0,59 B		9,05 B		0,72 B	
<b>20</b>		80,37 B		0,52 B		0,75 A		9,83 A		0,93 A	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Pelos resultados apresentados na Tabela 1, pode-se concluir que os valores de umidade, extrato etéreo, cinzas, fibra e proteínas apresentaram diferença significativa entre os tempos 1 e 20 de armazenamento, a 5% de significância. Nota-se que a água é o componente majoritário, justificando-se a origem da palavra yacon (*yaku* = água, em idioma quéchua) (Quinteros, 2000).

Quanto à umidade, o maior valor (83,83%/bu) foi verificado no tratamento tubérculo médio com 1 dia de armazenamento (Tabela 1). Já o menor valor (79,92%/bu) foi apresentado no tamanho médio, com 20 dias de armazenamento. Independente do tamanho do tubérculo, os maiores teores de umidade foram encontrados no tempo de armazenamento de 1 (dia). A diferença ocorrida nos tempos 1 e 20 (dias) é explicada, pois o yacon é um tubérculo rico em água e, com o tempo, ele foi perdendo água, principalmente porque, no período de execução do experimento, a umidade relativa do ar foi a mais baixa (21°C, 52% UR) do ano, promovendo um maior deslocamento da água livre do alimento para a atmosfera. Estatisticamente, não foi constatada diferença significativa para os tamanhos, tanto no tempo 1° quanto no 20° dia.

O teor médio de umidade encontrado no yacon por Silva (2007), num estudo empregando esse tubérculo como fonte de fibras na fabricação de pães, foi de 95%/bu. Quinteros (2000) relatou umidade de 88%/bu em trabalho realizado na obtenção de suco de yacon. Capito (2001) e Nieto (1991) obtiveram teores de umidade 95,8 e 84,8%/bu, respectivamente, em trabalhos relacionados com a caracterização química do yacon. A tabela nutricional da USP relata 93,49%/bu. Silva et al. (2004), em seu trabalho sobre a composição química dos tubérculos do yacon, encontraram teor de umidade de 91,08%/bu. Já Tanaka et al. (2005), em seu estudo do desenvolvimento da farinha de yacon, obtiveram teor de umidade de 87,4 %/bu e Lizarraga et al. (1997), estudando o cultivo do yacon, relataram teor de umidade entre 93 e 70%/bu, faixa na qual se encontram os resultados do presente trabalho.

Segundo Silva (2007), as condições agroecológicas diferenciadas interferem na composição centesimal do yacon, principalmente quanto o teor de umidade, justificando, assim, diferentes valores encontrados em cada experimento.

Analisando os valores de extrato etéreo (Tabela 1), observa-se que o maior valor (0,67%/bs) foi verificado no tratamento tubérculo médio com 20 dias de armazenamento. Entretanto, o tratamento tamanho médio com 1 dia de armazenamento apresentou o menor valor (0,42%/bs). Verifica-se também que o teor de extrato etéreo diminuiu ao longo do período de armazenamento, exceto nos tubérculos de tamanho médio. Os tubérculos pequenos apresentaram, no geral, maiores teores de extrato etéreo e, no 1º dia de armazenamento, também foi constatado maior teor.

Em trabalho relacionando o teor de lipídios presentes no tubérculo de yacon cultivados em regiões de diferentes altitudes (a, 400; b, 560 e c, 980 m de altitude do nível do mar, respectivamente), no estado de Santa Catarina, Silva (2007) constatou que os teores de lipídios foram de 5,05%, 5,52% e 0,75%/bs, respectivamente, notando que a altitude influenciou fortemente no teor de lipídeos. O autor também relatou que o cultivo a 980 m foi o que mais se aproximou dos dados apresentados por Capito (2001), 0,75%/bs; por National Research Council (1989), 0,4-1,3%/bs e pelo Informe Técnico (1996), 0,62%/bs. Neste trabalho também se obtiveram valores próximos aos citados. Rosalino e Collares (2005), em estudo da composição centesimal do yacon, relataram teor de lipídios de 0,42g/100g. Capito & Filisetti (2000), estudando também a composição centesimal do yacon, obtiveram teor de lipídeos de 0,75%/bs.

O teor de cinzas, que indica a quantidade de minerais totais no alimento, não apresentou diferenças significativas entre os tamanhos. Foi observada diferença significativa entre os tempos de armazenamento e o maior valor (0,75%/bs) foi verificado aos 20 dias; o menor valor (0,59%/bs) foi observado

no 1º dia de armazenamento (Tabela 1). Esses valores de cinzas são superiores aos relatados por Quinteros (2000), Capito (2001), Vilhena et al. (2000) e USP (2001), de 0,42, 0,41, 0,50 e 0,46%/bu, respectivamente.

Capito & Filisetti (2000), no estudo da composição centesimal do yacon, relataram teor de cinzas de 3,72%/bs. Rosalino & Collares (2005) encontraram teor de cinzas de 0,23%/bu. Ferreira et al. (2005), na avaliação da produção de extrato em pó de yacon, encontraram teor de cinzas de 0,32%/bu. Os maiores teores de cinzas foram encontrados nos tubérculos pequenos e no 20º dia de armazenamento.

O maior valor (13,21%/bs) de fibras foi verificado no tratamento tubérculo médio, com 20 dias de armazenamento (Tabela 1). O menor valor (7,35/bs) foi apresentado no tamanho grande, com um dia de armazenamento. Em trabalho realizado por Capito (2001) sobre composição química do yacon, o teor de fibras encontrado foi de 9,12%/bs. Quinteros (2000) relatou que as fibras, nas concentrações de 2,87% a 4,96%, já permitem julgar o yacon como alimento de destaque em fibras. Nesse trabalho, o teor de fibra ficou na faixa de 7,3–13,21%/bs, justificando, assim, o uso do yacon como fonte de fibra alimentar.

Os tubérculos médios e o 20º dia de armazenamento se destacaram em relação a este parâmetro. Diversos trabalhos, inclusive o presente, apresentaram teor de fibras bem superior à faixa que Quinteros classificou como alimento destaque em fibras. Entre eles, Palomino & Rios (2004), ao produzirem farinhas da parte comestível do yacon utilizando diferentes temperaturas (40°, 50° e 60°C) para secagem, obtiveram composição percentual de fibra variando entre 12,12% a 12,2% de fibra. A farinha da polpa de yacon formulada por Viega et al. (2007) apresentou 14,34% de fibra.

Estudos químicos e bioquímicos realizados no yacon *in natura* por Ribeiro (2008) demonstraram que os teores de fibra alimentar total, fibra

alimentar insolúvel e fibra alimentar solúvel foram de 1,31%, 1,12% e 0,18%, respectivamente. Capito & Filisetti (2000), no estudo da composição centesimal do yacon, relataram teor de fibra de 0,84%/bs. Rosalino & Collares (2005) encontraram teor de 0,72%/bu. Ferreira et al. (2005), no estudo da avaliação da produção de extrato em pó de yacon, obtiveram teor de cinzas de 0,98%/bu.

Analisando o teor de fibras totais presentes no tubérculo de yacon cultivado em regiões de diferentes altitudes (400, 560 e 980 m de altitude do nível do mar, respectivamente), no estado de Santa Catarina, Silva (2007) também constatou que os teores de fibra foram de 24,14; 20,97 e 11,81%/bs, respectivamente. Os dados do presente trabalho indicam que, possivelmente, a uma altitude mais alta, pode haver uma incidência de luz solar e, com isso, um maior aporte de fotoassimilados, direcionando para a produção de substrato para fibra. Os dados do presente trabalho foram próximos aos encontrados por Silva (2007) para yacon cultivados em região com altitude elevada.

Para proteínas, não ocorreu diferença significativa ( $P>0,05$ ) na interação tamanho e tempo. Os valores de proteínas encontrados neste trabalho estão próximos do citado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (USP, 2001). Tubérculos pequenos e aqueles com 20 dias de armazenamento apresentam os maiores teores de proteína.

Capito & Filisetti (2000), no estudo da composição centesimal do yacon, relataram teor de proteína de 2,95%/bs. Rosalino & Collares (2005) encontraram o teor de proteína de 0,23%/bu. Ferreira et al. (2005), avaliando a produção de extrato em pó de yacon, obtiveram um teor de cinzas de 0,24%/bu. Lizárraga et al. (1997), estudando o cultivo do yacon, relataram teor de proteína entre 0,4-2%/bu.

A composição do yacon é similar à da alcachofra (Hala & Michl, 1996). Seu valor nutricional é baixo e consiste, basicamente, de carboidratos. Os tubérculos frescos possuem de 69% a 83% de umidade e de 0,4% a 2,2% de

proteínas (Vietmeyer, 1989). Os bulbos dos tubérculos da alcachofra contêm: cinzas, 3,59%; proteína, 6,02%; gordura 1,32% e fibra bruta 3,88%.

O fato de muitos valores divulgados na literatura estarem discordantes deste trabalho deve-se, provavelmente, aos períodos de amadurecimento e armazenamento, que influenciam a composição do yacon (Vilhena, 2001).

## 5.2 Minerais

Os valores médios dos minerais (zinco, magnésio, ferro, fósforo, cálcio e potássio, em  $\text{mg.g}^{-1}$ ) presentes no yacon em diferentes tamanhos do tubérculo (grande, médio e pequeno) e em dois tempos de armazenamento (1 e 20 dias) estão representados na Tabela 2.

Para o zinco, o maior valor,  $1,55\text{mg.g}^{-1}$ , foi verificado no tubérculo de tamanho médio com 20 dias de armazenamento e o menor valor,  $1,01\text{mg.g}^{-1}$ , no tubérculo grande, com 20 dias de armazenamento. Com o magnésio, o maior valor encontrado,  $0,052\text{mg.g}^{-1}$ , foi para o tamanho grande no tempo 1 dia e o menor valor,  $0,073\text{mg.g}^{-1}$ , no tamanho grande, no período de 20 dias. Ocorreu diferença significativa na interação de tamanho versus tempo.

Para o ferro, o tratamento tubérculo tamanho grande no tempo 20 dias apresentou o maior,  $2,88\text{mg.g}^{-1}$  e o menor teor,  $1,73\text{mg.g}^{-1}$ , no tamanho grande, tempo 1 dia.

Quanto ao teor de fósforo, o tamanho pequeno apresentou maior valor,  $0,25\text{ mg.g}^{-1}$ , tanto no tempo 1 como no de 20 dias. O menor valor,  $0,21\text{ mg.g}^{-1}$ , ocorreu no tamanho grande, no tempo 20 dias.

Com o cálcio, obteve-se o maior teor,  $0,112\text{ mg.g}^{-1}$ , no tamanho pequeno, no tempo 20 dias e o menor,  $0,037\text{ mg.g}^{-1}$ , em dois tamanhos, grande e médio, ambos no tempo 1 dia.

Para o potássio, a maior concentração,  $1,53 \text{ mg.g}^{-1}$ , ocorreu no tubérculo tamanho pequeno, no tempo de 1 dia e a menor,  $1,10 \text{ mg.g}^{-1}$ , no tamanho médio no tempo de 20 dias.

TABELA 2 Valores médios dos minerais (zinco, magnésio, ferro, fósforo, cálcio e potássio, em  $\text{mg.g}^{-1}$  de yacon) presentes no yacon em diferentes tamanhos do tubérculo (grande, médio e pequeno) e em dois tempos de armazenamento (1 e 20 dias).

Tamanho	Tempo	Zinco ( $\text{mg.g}^{-1}$ de yacon)	Média	Magnésio ( $\text{mg.g}^{-1}$ de yacon)	Média	Ferro ( $\text{mg.g}^{-1}$ de yacon)	Média	Fósforo ( $\text{mg.g}^{-1}$ de yacon)	Média	Cálcio ( $\text{mg.g}^{-1}$ de yacon)	Média	Potássio ( $\text{mg.g}^{-1}$ de yacon)	Média
<b>Grande</b>	1	1,12 A	1,06	0,052 A	0,045	1,73 B	2,31	0,23	0,22	0,037	0,046	1,46	1,45
	20	1,01 B	C	0,037 B		2,88 A	B	0,21	C	0,055	C	1,44	A
<b>Médio</b>	1	1,29 B	1,42	0,040 B	0,045	2,09 A	2,04	0,24	0,23	0,037	0,048	1,42	1,26
	20	1,55 A	B	0,050 A		1,99 B	C	0,23	B	0,060	B	1,10	C
<b>Pequeno</b>	1	1,53 A	1,45	0,050 A	0,049	2,80 A	2,39	0,25	0,25	0,092	0,102	1,53	1,38
	20	1,37 B	A	0,047 A		1,99 B	A	0,25	A	0,112	A	1,22	B
<b>Média</b>		1,31		0,046		19,01		0,24		0,065		1,36	
<b>Tempo</b>													
<b>1</b>		1,31		0,047		2,21 B		0,24 A		0,055 B		1,47 A	
<b>20</b>		1,31		0,045		2,28 A		0,23 B		0,076 A		1,25 B	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De acordo com Nieto (1991), os principais minerais presentes nos tubérculos do yacon são o potássio, o ferro e o zinco, seguidos do fósforo e do cálcio, apresentando baixo conteúdo de sódio (1,3% em base seca ) e ausência de magnésio. Quinteros (2000) determinou o conteúdo de cálcio dos tubérculos de três cultivares do yacon, obtendo valores de 71, 92, 67 mg 100g<sup>-1</sup>, em base seca, para as cultivares Amarelo (brasileira), Amarelo (boliviano) e Roxo (boliviano), respectivamente.

Ribeiro (2008) encontrou as seguintes quantidades de minerais em matéria integral do yacon: 23,4 mg P.100g<sup>-1</sup>; 170,7 mg K.100g<sup>-1</sup>; 6,0 mg Ca.100g<sup>-1</sup>; 3,7 mg Mg.100g<sup>-1</sup>; 9,7 mg S.100g<sup>-1</sup>, 0,1 mg Cu.100g<sup>-1</sup>; 0,1 mg Zn.100g<sup>-1</sup>; 0,3 mg Fe.100g<sup>-1</sup>; 0,0 mg Mn.100g<sup>-1</sup>. Silva (2004), em trabalho de composição química do yacon, relatou teores de cálcio e ferro de 102,36 e 9,64 mg.100g<sup>-1</sup>, respectivamente. Já Nieto (1991) relatou para cálcio 80 mg.100g<sup>-1</sup>, para ferro 0,096 mg.100g<sup>-1</sup>, para zinco 0,39 mg.100g<sup>-1</sup>, para fósforo 120 mg.100g<sup>-1</sup> e para potássio 2,2 mg.100g<sup>-1</sup>.

Entre os minerais, o potássio foi o macroelemento presente em maior quantidade, 1,34% em matéria seca, seguido pelo cálcio (0,14%), magnésio (0,12%), fósforo (0,08%) e sódio (0,06%) (Informe técnico, 1996). Os tubérculos pequenos apresentaram os maiores teores de minerais, à exceção de potássio.

Somente o fósforo e o potássio não foram mais elevados no 20º dia de armazenamento.

Valentová et al. (2001) encontraram, também na polpa de yacon, as concentrações de 0,54 mg.100g<sup>-1</sup> de magnésio e 0,67 mg.100g<sup>-1</sup> de zinco. Neste caso, todos os minerais apresentaram concentrações superiores para a polpa de yacon, em relação ao atual trabalho.

Asami et al. (1989) determinaram a composição química de yacon, encontrando valores elevados de cálcio, baixos de nitrogênio e fósforo e alto conteúdo de água (75%-85%).

As diferenças entre os conteúdos de minerais apresentados por estes autores podem ser devido às regiões de cultivo, que podem diferenciar quanto ao clima, à altitude e ao tipo de solo, entre outros fatores (Ribeiro, 2008).

Os minerais desempenham função vital no desenvolvimento e na saúde do corpo humano.

### 5.3 Análise de compostos fenólicos do yacon

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados de compostos fenólicos presentes no yacon, em diferentes tamanhos do tubérculo (grande, médio e pequeno) e em dois tempos de armazenamento (1 e 20 dias).

TABELA 3 Valores médios dos compostos fenólicos presentes no yacon em diferentes tamanhos do tubérculo (grande, médio e pequeno) e em dois tempos de armazenamento

Tamanho	Tempo	Compostos fenólicos (mg de ácido tânico 100g <sup>-1</sup> )	Médias
Grande	1	0,442 B	0,527 A
	20	0,612 A	
Medio	1	0,407 B	0,436 C
	20	0,465 A	
Pequeno	1	0,422 B	0,517 B
	20	0,612 A	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os valores encontrados para compostos fenólicos totais em yacon ficaram entre 0,407 e 0,612 mg.g<sup>-1</sup> de polpa fresca de yacon, sendo o menor valor encontrado no tamanho médio no 1 (dia) e o maior valor no tamanho grande 20 (dias) (Tabela 3). Nota-se que houve um aumento no teor de compostos fenólicos com o armazenamento, ocorrendo diferença significativa quando analisado pelo teste de Tukey.

Rodrigues et al. (2007), em estudo da caracterização da polpa de yacon, encontraram 0,223 mg.g<sup>-1</sup> de compostos fenólicos, valor semelhante ao reportados por Teow et al. (2007) para alguma variedades de batata-doce (0,011-0,949 mg.g<sup>-1</sup>), mas inferior ao encontrado por Reyes & Cisneros-Zevallos (2003), para variedade de batatas (0,980 mg.g<sup>-1</sup>).

A determinação de compostos fenólicos em vegetais é importante, pois eles participam de reações de escurecimento enzimático dos vegetais, devido à oxidação dos compostos fenólicos a o-quinonas que, por sua vez, em um processo não-enzimático, transformam-se em polímeros pardos, vermelhos ou pretos (Janowits et al., 1989). A utilização de compostos químicos na prevenção do escurecimento enzimático é especialmente útil nas frutas, contudo, produtos com elevada carga microbiana, como o yacon e outros tubérculos, podem precisar de tratamentos térmicos, visando à inativação microbiana, pelo fato de abrandar e remover os gases dos tecidos, além de inativar as enzimas (Lin, 1997).

O yacon apresenta coloração amarelo-clara ou amarelo-intensa, devido à presença de pigmentos carotenoides (Quinteros, 2000). A presença de compostos fenólicos, como ácido clorogênico e L-triptofano, torna os tubérculos do yacon susceptíveis à reação de escurecimento enzimático, causado pela enzima polifenoloxidase (PPO) (E.C. 1.14.18.1). Nesta reação ocorre a formação da melanina (pigmento escuro), que deprecia a qualidade do produto. O controle

desta reação pode ser feito pela inativação desta enzima pelo calor ou pelo uso de agentes redutores, como o ácido ascórbico (Yan et al., 1999; Araujo, 1995).

Quinteros (2000), em estudos da atividade enzimática da PPO em suco de yacon, cita a rápida transformação das cores verdes em negras durante a trituração e o esmagamento dos tubérculos.

Os compostos fenólicos também apresentam efeitos benéficos ao organismo humano, possuem ação antioxidante, que retardam ou inibem a oxidação de substratos oxidáveis e têm como principal função proteger os constituintes celulares e manter o estado redox celular (Halliwell, 2000). A eficácia da ação antioxidante depende da concentração desse fitoquímico no alimento.

## 6 CONCLUSÃO

Tubérculos de tamanho pequeno (até 200 gramas) apresentaram, de modo geral, os melhores resultados quanto à composição centesimal e minerais.

Quanto ao armazenamento, os tubérculos do 1º dia apresentaram maiores teores de umidade, extrato etéreo, fósforo e potássio. Os tubérculos do 20º dia apresentaram maiores teores de cinzas, fibra, proteína, ferro e cálcio.

Tubérculos grandes apresentaram maiores teores de compostos fenólicos em geral.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, J. M. A. **Escurecimetno Enzimático em alimentos**. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, p.14 , n. 231. Apostila. 1995.
- ARAUJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, p. 416, 2001.
- ASAMI, T.; KUBOTA, M.; MINAMISAWA, K.; TSUKIHASHI, T. Chemical composition of yacon, a new root crop from the Andean Highlands. **Journal Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 60, n. 29, p. 122-126, Apr. 1989.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of official Analytical Chemists Internacional**. 17. ed. Gaithersburg: Horwitz, 2000. 2200 p.
- ASSOCIATIONS OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association on Analytical Chemistry**. 11<sup>h</sup> ed. Washington, 1992. 1115 p
- BENAVENTE-GARCIA, O.; CASTILLO, J.; LORENTE, J.; ORTUÑO, A. e DEL RIO, J. A., Antioxidant activity of phenolics extracted from *Olea europaea* L. leaves. **Food Chemistry**, v. 68, p. 457-462, (1999).
- CAPITO, S. M. P.; FILISETTI, T. M. C. C. Composição química de tubérculos de yacón (*Polymnia Sonchifolia*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17., 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: SBCTA, 2000. p. 5.48.
- CAPITO, S.M.P. **Raiz tuberosa de yacon (*Polymnia sonchifolia* Poep. Endl.): Caracterização química e métodos de determinação de frutanos (CG e HPLC- DPA)**. 2001. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo.
- FERREIRA, L. S.; MARANGONI, A. L.; COLLARES, F.P.. Avaliação dos processos de atomização e liofilização para a produção de extrato em pó de Yacon (*Polymnia sonchifolia*). In: Congresso Interno de Iniciação Científica da UNICAMP 13, Campinas, 2005.

HALLIWELL, B. Lipid peroxidation, antioxidants and cardiovascular disease, how should we move for ward? **Cardiovasc Res**, v. 410, 2000.

HASLAN , E. Natural polyphenols (vegetable tannins) as drugs possible modes as action. **Journal of Natural Products**, chicagov. 59, p. 205-215, 1996.

HERMANN, M.; FREIRE, I.; PAZOZ, C. Compositional diversity of the yacon storage root. In: \_\_\_\_\_. **Impaction a changing word program report international potato center**. Lima: Apartado, 1998. p. 425-432. (CIP Program Report).

HOLA,Z.; MICHL, J. (*Polymnia sonchifolia*), a non tradicional source of fructose). Listy Cukorvarnicke a Reparske. Praga, Republica Checa, **Journal Fruits Vegetables and Nuts** v. 110,n. 7, p. 194-196, 1996

INFORME TÉCNICO – INSTITUTO NACIONAL AUTÔNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUÁRIAS. Subproyecto R7-040. **Estúdio poscosecha de la calidad de raices y 79 tubérculos andinos para definir sus posibles usos y aplicaciones**. Quito: INIAP, p. 19-22. 1996.

JANOWITS, A.; RICHARD, F.; NICOLAS, J. Polyphenol oxidase from Apple. Partial purification and some properties. **Phytochemistry**, v. 28, p. 2953-2957, 1989.

KAKIHARA, T.S.; CÂMARA, F.L.A.;VILHENA, S.M.C.;RIERA, L. Cultivo e industrialização de yacon. **In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE RAÍZES TROPICAIS 1**, Resumo 148, 1996, São Paulo, SP.

KING, A., YOUNG, G. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v.99, n.2, p.213-218, 1999.

LIN, S. B. Drying and freeze-drying of vegetables. In: SMITH, D. S.; CASH, J. N.; NIP, W. K.; HUI, Y. H. **Processing vegetables: science and technology**. Lancaster: Technomic Publishing Co., Inc., 1997, cap. 3, p. 65-83.

LIZÁRRAGA, L.; ORTEGA, R.; VARGAS,W.; VIDAL, A. Cultivo Del yacon.Centro regional de recursos geneticosde tuberosas y raíces, Cusco, Peru. **Informe técnico**, 1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Lost crops of the incas**: little-known plants of the andes with promise for worldwide cultivation National. Washington: Academy, 1989. 415 p.

NIETO, C. Estudios agronômicos y bromatológicos em jicama (*Polymnia sonchifolia* Poepet Endl.) **Archivos Latinoamericanos de Nutrition**, v. 41, n. 2, p. 212-221, June 1991.

PALOMINO, R. G. Q.; RIOS, A. C. **Obtención y caracterización físicoquímica Del harina de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. 2004  
Disponível em: <http://www.uncp.edu.pe>. Acesso em 10 de agosto de 2009.

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

REYES, L.F; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Wounding stress increases the phenolic content and antioxidant capacity of purple-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, vol. 51, n°. 18, p.5296-5300, 2003.

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 de Mestrado, Departamento de Ciência dos Alimentos- Universidade Federal de Lavras- UFLA- Lavras, MG, p. 166, 2008.

RODRIGUES, B. S. ; MELLO, P. S. ; SELANI, M. M. ; MANSI, D. N. ; SALGADO, J. M. . Caracterização Química e Nutricional da Polpa de Yacon. **In**: Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo 15, 2007. Caracterização Química e Nutricional da Polpa de Yacon.

ROSALINO, J. I. ; COLLARES, F.P. . Desenvolvimento de farinha e pedaços desidratados de Yacon (*Polymnia sonchifolia*) - composição química e teor de frutooligossacarídeos. **In**: 6 Simpósio Latinoamericano de Ciência de Alimentos, 2005, Campinas, 2005.

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 Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis, SC: 2007.; p.158.

SILVA, E. B. da. **Processamento de bebida funcional a base do yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepping & Endlicher)**. 2004. 96 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição** Campinas, v. 5, n. 1, p. 71-78, jan/abr. 2002.

SWAIN, T; HILLIS, W.E. The fenolic constituents of *Prumus domestica* In: The quantitative analysis of phenolic constituent. **Journal of Science of Food and Agriculture**, London, v.10, n.1, p.63-68, Jan. 1959.

TANAKA, S. S. ; ROSALINO, J. I. ; COLLARES, F.P. . Desenvolvimento de farinha de Yacon (*Polymnia sonchifolia*) - Composição química e teor de frutooligossacarídeos. **In: XIII Congresso Interno de Iniciação Científica da UNICAMP**, 2005, Campinas, 2005.

TEOW, C.C.; TRUONG, V.D.; MCFEETERS, R.F.; THOMPOM, R. L.; PECOTA, K.V.; YENCHO , G.C. Antioxidant activities, phenolic and b-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. **Food Chemistry**, 103, p.829–838, 2007.

USP – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SÃO PAULO **Tabela de composição de alimentos**: projeto integrado de composição de alimentos. 2001. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela/tbcmenu.php>>. Acesso em: 18 ago. 2006.

VALENTOVÁ, K.; FRCEK, J.; ULRICHOVÁ, J. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and maca (*Lepidium meyenii*), traditional Andean crops as new functional foods on the European market. **Chemistry Listy**, v. 95, p. 594-601, 2001.

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

VIETMEYER, N. D. (Edited by) – National Research Council. Lost Crops of the Incas littleknown plants of the Andes with for worldwide cultivation. **Washington Academy Press**, 415p., 1989.

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

VILHENA, S. M. C. **Ciclo de cultivo e técnicas pós-colheita de yacon (*Polymnia sonchifolia* Poep. Endl.) em função do conteúdo de frutose total nos órgãos subterrâneos**. 2001. 73 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

YAN, X.; SUZUKI, M.; OHNISHI-KAMEYAMA, M.; SADA, Y.; NAKANISHI, T.; NAGATA, T. Extraction and identification of antioxidants in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n.11, p.4711-4713, 1999.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **Manual de análise estatística para microcomputadores (SANEST)**. Pelotas: UFPEL, 1991. 102 p.

### **CAPÍTULO 3**

#### **EXTRAÇÃO, QUANTIFICAÇÃO E GRAU DE POLIMERIZAÇÃO DE FRUTANOS DO YACON**

## 1 RESUMO

Tubérculos do yacon são uma alternativa diferenciada para a obtenção de frutanos. A esses tubérculos são atribuídos muitos efeitos benéficos para o Homem, pois os frutanos não são digeridos pelo trato gastrointestinal superior, estimulando o crescimento de bifidobactérias intestinais, evitando a elevação do nível de glicose no sangue e ou estimulando a secreção de insulina. Apresenta também propriedades medicinais, entre elas, antidiabética, hipocolesterolêmica e reguladora intestinal. Assim, os tubérculos do yacon surgem como opção de grande importância, dadas as propriedades funcionais dos frutanos, minerais e fibras, chamando a atenção de pesquisadores e indústrias de alimentos. Diante de um excelente alimento funcional, há a necessidade de estudos quanto ao cultivo, à extração e à quantificação dos seus frutanos. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar três extratores de frutanos em três tamanhos de tubérculos de yacon, em dois dias de armazenamento, à temperatura ambiente, bem como comparar duas técnicas de quantificação. Os três extratores podem ser utilizados quando os frutanos forem quantificados por CLAE. Para a quantificação por espectrofotometria, o melhor extrator é etanol 90°C. Tubérculos de tamanho médio e pequeno apresentaram os maiores teores de frutanos. O armazenamento influenciou negativamente no teor de frutanos. A técnica por CLAE foi mais eficiente que a colorimétrica. Quanto ao grau de polimerização, todos os tratamentos apresentaram GP na faixa de 3-7. Este trabalho mostrou que o yacon é uma excelente opção na obtenção de frutanos.

## 2 ABSTRACT

Yacon tubers have been a distinguished alternative to the obtaining of fructans. To those tubers are ascribed many effects beneficial to man, for fructans are not digested by the upper gastrointestinal tract, stimulating the growth of intestinal bifidobacteria, preventing the elevation of the glucose level in the blood and/or stimulating insulin secretion. It presents also medicinal properties, among them, anti-diabetic, hypo-cholesterolemic and intestinal regulator. So, the yacon tubers appear as an option of great importance, given the functional properties of fructans, minerals and fibers, calling the researchers attention and of the food industries. Before an excellent functional food, there is the need for studies as to cultivation, extraction and quantification of their fructans. This work was designed to evaluate 3 extractors of fructans in 3 sizes of yacon tubers in two days storage at room temperature as well as to compare two quantification techniques. The three extractors can be utilized when fructans will be quantified by HPLC. For spectrometry -quantification, the best extractor is ethanol at 90°C. Medium and small -sized roots presented the highest contents of fructans. Storage influence negatively fructan contents. The HPLC technique was more efficient than colorimetry. As regards the degree of polymerization, all the treatments showed GP in the range of 3-7. That work showed that yacon is an excellent option in fructan-obtaining.

### 3 INTRODUÇÃO

O yacon (*Smallanthus sonchifolia*), vegetal considerado alimento funcional, armazena, em seus tubérculos, grandes quantidades de carboidratos, principalmente frutanos, além de apresentar um sabor adocicado quando consumido *in natura*. Assim, os tubérculos do yacon são uma alternativa diferenciada para obtenção dos frutanos.

Frutanos, carboidratos de reserva, são polímeros de frutose lineares ou ramificados originados a partir da sacarose, unidos por ligações  $\beta(2\rightarrow1)$  e  $\beta(2\rightarrow6)$ , podendo ser lineares ou ramificados (Capito, 2001). São produzidos e armazenados nos tubérculos do yacon quando há excedente de fotoassimilados na planta e são degradados quando a planta necessita de energia. O papel protetor dos frutanos em situação de estresse da planta tem sido amplamente descrito por promover a estabilização das membranas celulares sob condições adversas, como estresse hídrico e frio.

A esses tubérculos de yacon são atribuídos muitos efeitos benéficos para o Homem, pois os frutanos não são digeridos pelo trato gastrintestinal superior, estimulando o crescimento de bifidobactérias intestinais, evitando a elevação do nível de glicose no sangue e ou estimulando a secreção de insulina. Apresenta também propriedades medicinais, entre elas, antidiabética, hipocolesterolêmica e reguladora intestinal (Fonseca, 2003). Portanto, os tubérculos do yacon surgem como opção de grande importância, dadas as suas propriedades funcionais dos frutanos, minerais e fibras, chamando a atenção de pesquisadores e indústrias de alimentos.

Hoehn et al. (1983), apud Leite (2001), descrevem um processo para a obtenção de xarope de frutose a partir da inulina extraída de alcachofra-de-Jerusalém. O processo para a obtenção da mesma inclui a extração em água

quente para solubilização. Os autores relataram a importância de utilizar elevadas temperaturas (entre 80° e 95°C), uma vez que elas aumentam a solubilização da inulina e produzem um extrato mais puro, pela redução da remoção de compostos nitrogenados.

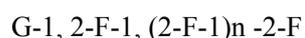
A composição dos açúcares das plantas que armazenam frutanos varia bastante de acordo com o tipo de solo e clima de onde foram cultivados, o tempo de colheita, o tempo e a temperatura de armazenamento e outros fatores (Kakihara et al., 1996). Logo, esses fatos justificam a necessidade de se aprofundar o conhecimento de técnicas e fatores atuantes nos processos de extração de frutanos, além de apontar fontes alternativas para sua obtenção.

De acordo com Smith (1993), os frutanos podem se dividir, por suas estruturas, em três grupos: inulinas, levanos e graminanos.

### **Inulinas**

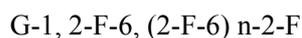
São descritas como uma mistura de polímeros lineares de frutose, nos quais o grau de polimerização está na faixa de 2 a 60. De acordo com IUPAC e AOAC, os fruto-oligossacarídeos (FOS) são uma parte da inulina em que o grau de polimerização é 10 ou menos.

A estrutura da inulina está baseada no composto chave 1-cetose (GF2). A fórmula geral desses compostos é, segundo Pollock (1986):



### **Levanos**

Suas estruturas têm como base a 6-cetose. Os resíduos de frutose se unem à sacarose por meio de ligações  $\beta(2,6)$ , formando polímeros que, de acordo com Pollock (1986), apresentam a seguinte fórmula:



### **Gramíneos**

São homólogos baseados na neocetose. O resíduo de glicose se une diretamente a ambos os resíduos de frutose, nas posições 1 e 6. A elongação da cadeia pode ocorrer em ambos os resíduos de frutose, gerando uma molécula linear não-redutora, com a glicose dentro da cadeia.

Objetivou-se analisar três tipos de extratores de frutanos (água 75°C, água 95°C e etanol 90°C) em três tamanhos de tubérculos (grande, médio e pequeno) e dois períodos de armazenamento (1 e 20 dias) após a colheita, e quantificar os frutanos por duas técnicas (espectrofotometria e CLAE), bem como determinar o grau de polimerização (CCD) dos mesmos.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Matéria-prima**

O experimento foi realizado nos Laboratórios de Bioquímica do Departamento de Química e de Fisiologia e Genética de Microrganismos do Departamento de Biologia, ambos da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais. O yacon foi adquirido do produtor Luís Eustáquio Maia, do sítio Cachoeirinha, no município de São Joaquim de Bicas, MG.

Tubérculos de yacon presentes em duas caixas de 20 kg foram lavados em água corrente com escovação manual, para retirar o resíduo de terra, colocados para secar, pesados e classificados por peso para compor os tratamentos.

### **4.2 Delineamento experimental**

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial (3 X 2 X 3), sendo 3 tamanhos de tubérculos (grande, médio e pequeno), 2 dias de armazenamento (1° e 20°), 3 métodos de extração (água 75°C, água 95°C e etanol 90°C) com 3 repetições de 2 tubérculos para cada tratamento.

### **4.3 Preparo das amostras e instalação do experimento**

Foram selecionados 36 tubérculos para compor os tratamentos.

- 12 tubérculos com peso superior a 500 g foram classificados como sendo de tamanho grande.
- 12 tubérculos com pesos entre 200 e 499 g foram classificados como sendo de tamanho médio.
- 12 tuberculos com pesos inferiores a 200 g foram classificados como sendo de tamanho pequeno.

Estes tubérculos foram divididos em dois grupos para serem analisados em dois dias: primeiro dia de armazenamento e vigésimo dia de armazenamento.

Os tubérculos selecionados foram armazenados em uma estante de aço do laboratório de Bioquímica, à temperatura média de 21°C e UR de 52%. No dia da realização das análises, os respectivos tubérculos foram descascados, picados e triturados e os frutanos extraídos. Para a extração dos frutanos, foi utilizada a metodologia descrita a seguir.

#### **4.3.1 Método de extração I (água 75°C)**

Metodologia baseada no trabalho descrito por Van Loo et al. (1995). Para a obtenção do extrato, 50 g da amostra do yacon foram triturados, em liquidificador, durante 1 minuto. Em seguida, adicionaram-se 250 mL de água deionizada no yacon triturado e colocados em banho-maria, a 75°C, por 1 hora. O homogenizado foi submetido a uma filtração com papel de filtro comum e o filtrado foi envazado em garrafa de vidro e armazenado à temperatura de -18°C, para posteriores análises. Esse filtrado armazenado foi denominado de extrato água 75°C.

#### **4.3.2 Método de extração II (água 95°C)**

Metodologia baseada no trabalho descrito por Cabello (2005). Para a obtenção do extrato, 50 g da amostra do yacon foram adicionados a 200 mL de água deionizada, a 95°C, e triturados em liquidificador durante 1 minuto. A seguir, todo o material foi transferido para um funil tipo Buchner contendo duas folhas de papel de filtro quantitativo e filtrado a vácuo. Após esgotamento do extrato, o resíduo foi cuidadosamente lavado com 100 mL de água deionizada a 95°C, para lixiviação dos carboidratos ainda absorvidos nos restos do material celular. Os dois filtrados foram reunidos e, posteriormente, adicionado NaOH 1M, até que o pH ficasse entre 9,5 e 9,8 e colocado em banho-maria, a 95°C, por

2 horas, para coagulação das proteínas, gomas e matérias graxas. A solução (parte não coagulada) foi novamente filtrada a vacuo em um funil tipo Buchner contendo duas folhas de papel de filtro qualitativo. O filtrado foi envazado em garrafa de vidro e armazenado à temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ , para posteriores análises. Esse filtrado armazenado foi denominado de extrato água  $95^{\circ}\text{C}$ .

#### **4.3.3 Método de extração III (etanol $90^{\circ}\text{C}$ )**

Metodologia baseada do trabalho descrito por Pollock & Jones (1979). Para a obtenção do extrato, o tubérculo do yacon descascado foi submetido ao tratamento térmico, mergulhado em água a  $80^{\circ}\text{C}$ , durante 5 minutos, em seguida resfriado em água, a  $20^{\circ}\text{C}$ . Desse yacon que foi submetido ao branqueamento, 50 g de amostra foram triturados em liquidificador e centrifugados a 1.400 g, durante 15 minutos, à temperatura ambiente. O sobrenadante foi reservado e o precipitado foi submetido à reextração, adicionando-se 100 mL de etanol 80%, aquecidos em banho-maria, a  $90^{\circ}\text{C}$ , durante 15 minutos, seguido de centrifugação (1.400g/15 min) e o sobrenadante foi reservado. Esse procedimento foi repetido, totalizando três extrações alcoólicas. Os sobrenadantes foram reunidos num único frasco, filtrado a vácuo num funil tipo Buchner contendo duas folhas de papel de filtro qualitativo. O filtrado foi concentrado em evaporador rotatório até 35 mL e envazado em garrafa de vidro e armazenado à temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  para posteriores análises. Esse filtrado armazenado foi denominado de extrato de etanol  $90^{\circ}\text{C}$ .

#### **4.4 Quantificação de frutanos**

##### **4.4.1 Por espectrofotometria**

Os extratos obtidos foram utilizados para a quantificação dos frutanos totais por meio da determinação de frutose na forma combinada e livre, utilizando o método da antrona, modificado por Jermyn (1956), específico para cetoses. A frutose foi utilizada como substância padrão. A quantificação dos açúcares redutores foi feita pelo método colorimétrico descrito por Nelson (1944), utilizando-se frutose como padrão. Todas as análises foram feitas em triplicata

##### **4.4.2 Por cromatografia líquida de alta resolução (CLAE)**

Aliquotas contendo 1 mL do extrato foram hidrolisadas com 0,5mL de ácido clorídrico 0,1N, submetidas a 100°C, por 5 minutos e resfriadas em banhos de gelo até a temperatura de 25°C.

Aliquotas de 0,5 mL do extrato hidrolizado foram filtradas em filtros descartáveis de náilon (0,45µm), padrão CLAE. Em seguida, o filtrado foi eluído no cromatógrafo líquido de alta eficiência (Shimadzu, série 10 A), utilizando coluna do tipo SCR- 101C (Shimadzu Corporation), tendo a água deionizada como eluente, fluxo de 0,8 mL/minuto, temperatura do forno de 25°C e detector índice de refração, temperatura do detector de 25°C. Para a integração dos dados, utilizou-se um software do próprio fabricante do cromatógrafo.

Foi utilizada como padrão a frutose, conforme método descrito por Cairns & Pollock (1988).

#### **4.5 Separação (determinação do grau de polimerização dos frutanos presentes na raiz do yacon)**

Alíquotas de 0,2 mL foram retiradas, em triplicatas, dos extratos obtidos no ítem 2.3.1; 2.3.2; 2.3.3 e reunidas para análise qualitativa dos fruto-oligossacarídeos. Em seguida, foram deionizadas em colunas de troca iônica contendo resina aniônica (Dowex 1 x 8 -200) e outra coluna contendo resina catiônica (Dowex 50 x 8 – 200). Após eluição das amostras em 10 volumes de água deionizada, o pH dos eluatos foi ajustado para 7,0 e o seu volume reduzido para próximo de 1mL. Em seguida, os fruto-oligossacarídeos foram ressuspensos em água deionizada e 5 µL foram cromatografadas em placas de sílica gel de alta resolução (CCD Alugran SIL G/UV for TLC/ pour CCM da Macherey-Nagel), com desenvolvimento duplo em 2-butano:2-propanol:água, na proporção de (3:12:4, v/v). A revelação da frutose livre e ligada foi feita por aspersão com solução de ureia ácido fosfórico (Wise et al., 1955).

Foi utilizada como padrão a inulina o Raftiline GR, fornecido pela empresa Embrafarma.

#### **4.6 Análise estatística**

Os resultados dos teores de frutanos foram submetidos à análise de variância por meio do programa estatístico SANET e, quando significativos, as médias foram comparadas, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Zonta & Machado, 1991).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análises químicas

As análises de variância do parâmetro estudado encontram-se nas Tabelas 4 e 5B, nos anexos.

#### 5.1.1 Análises físico-químicas do yacon

Na Tabela 1 estão apresentados os teores médios dos frutanos ( $\text{mg g}^{-1}$ ) de yacon em três tamanhos (grande, médio e pequeno), três tipos de extrações (extração água  $75^{\circ}\text{C}$ , extração água  $95^{\circ}\text{C}$ , extração etanol  $90^{\circ}\text{C}$ ) e em dois dias de análises (1 e 20 dias) de armazenamento, determinados por espectrofotometria.

O maior teor,  $95,99 \text{ mg g}^{-1}$ , foi no tratamento empregando-se etanol  $90^{\circ}\text{C}$  do tubérculo médio, com 20 dias de armazenamento. O menor teor,  $36,32 \text{ mg g}^{-1}$ , ocorreu no tratamento com água  $75^{\circ}\text{C}$  do tubérculo pequeno com 20 dias de armazenamento. Nota-se que o tipo de solvente empregado influenciou fortemente no rendimento da extração, justificando, assim, a importância da realização deste trabalho.

No geral, a melhor extração foi obtida utilizando etanol  $90^{\circ}\text{C}$ , não havendo diferença significativa entre os extratores água  $75^{\circ}\text{C}$  e água  $95^{\circ}\text{C}$ ,  $56,37$  e  $56,21 \text{ mg g}^{-1}$ , respectivamente.

TABELA 1 Teores médios dos frutanos ( $\text{mg.g}^{-1}$  de yacon fresco) de yacon em três tamanhos (grande, médio e pequeno), submetidos a três tipos de extração (extração água 75°C, extração água 95°C, extração etanol 90°C) e armazenados por 1 e 20 dias à temperatura ambiente (21°C, 52% de UR), doseados por espectrofotometria.

Tempo	1				20				
Tamanho	Grande ( $\text{mg.g}^{-1}$ yacon)	Médio ( $\text{mg.g}^{-1}$ yacon)	Pequeno ( $\text{mg.g}^{-1}$ yacon)	Média tempo 0 dias	Grande ( $\text{mg.g}^{-1}$ yacon)	Médio ( $\text{mg.g}^{-1}$ yacon)	Pequeno ( $\text{mg.g}^{-1}$ yacon)	Média tempo 20 dias	Média total de extração
Extração água 75°C	67,72 Bb	76,78 Aa	59,51 Bc	68,00 A	53,27 Aa	44,68 Cb	36,32 Cc	44,76 C	56,37 B
Extração água 95°C	78,78 Aa	45,41 Cc	67,02 Ab	63,74 B	45,27 Bb	45,27 Bb	55,54 Ba	48,69 B	56,21 B
Extração etanol 90°C	54,13 Cb	56,40 Ba	47,21 Cc	52,58 C	53,26 Ac	95,99 Aa	86,09 Ab	76,78 A	64,68 A
Média de tamanho	66,87 a	59,53 b	57,91 c		50,60 c	60,31 a	59,31 b		
Média de tempo	61,44 A				56,74 B				
Extração	Extração água 75°C			Extração água 95°C	Extração etanol 90°C		Média total de tamanho		
Grande	60,49 Bb			62,02 Aa	53,69 Cc		58,74 B		
Médio	60,72 Ab			45,34 Cc	73,69 Aa		59,92 A		
Pequeno	47,91 Cc			61,28 Bb	66,65 Ba		58,61 B		

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

A quantidade de frutanos nos tubérculos do yacon *in natura*, descrita em diferentes trabalhos (Capito & Filisetti, 2000; Quinteros, 2000; Vilhena, 2000; Hermann et. al., 1998), apresentaram grande variação (24,40; 32,10; 101,30; 62,00 mg.g<sup>-1</sup>, respectivamente). Os teores de frutanos encontrados neste trabalho encontram-se dentro da faixa dos trabalhos citados. A variação encontrada pelos autores citados pode ser explicada pelos diferentes períodos fisiológicos do tubérculo no momento da colheita, do tempo e do tipo de armazenamento de cada um.

Asami et al. (1991) observaram uma flutuação no conteúdo de oligofrutanos em tubérculos de yacon durante seu desenvolvimento e armazenamento, além de as quantidades de frutanos apresentarem um aumento linear durante o desenvolvimento dos tubérculos. Próximo à fase da colheita, esse aumento foi acelerado, apresentando teores de 67% na matéria seca.

Ohyama et al. (1995) verificaram que o tubérculo do yacon possui grande quantidade de inulina, mais do que o amido e que, além disso, contém o trissacarídeo 1-cetose e outros oligossacarídeos do tipo dos frutanos, com ligações glicosídicas  $\beta$ -2,1.

A existência de 1-cetose, composto chave na biossíntese dos frutanos do tipo inulina, foi confirmada por Goto et al. (1995), mediante métodos enzimáticos, <sup>13</sup>C-RMN e reações de metilação. Os autores evidenciaram, assim, que os frutanos do yacon são da mesma natureza e característica que os encontrados nos tubérculos de *Helianthus tuberosus* (alcachofra-de-jerusalém), podendo o yacon substituí-lo como matéria-prima para as indústrias de extração de frutanos.

Barta (1996) analisou a produção de frutanos em órgãos subterrâneos de *Helianthus tuberosus*, *Chichorium inthybus* e *Dahlia* sp. As produções obtidas foram de 4,5, 0,9 e 2,5 t.ha<sup>-1</sup> de frutanos, respectivamente. Vilhena (1997) obteve produtividade média de tubérculos de yacon em torno de 60 t.h<sup>-1</sup> e

frutanos totais 5,7 t.h<sup>-1</sup>. Sendo assim, comparado com as plantas frequentemente utilizadas no processo de extração desses compostos (*H. tuberosus*, *C. inthybus* e *Dahlia* sp.), o yacon tem a vantagem de fornecer maior rentabilidade, sendo de mais fácil manejo e processamento.

Outro fator a ser mencionado é o tipo de extração e do extrator, pois a solubilidade da inulina varia em função da temperatura empregada. Na água, é de, aproximadamente, 6%, a 10°C, enquanto que a 95°C é de 35%, inviabilizando a sua extração em temperatura ambiente. Por isso a necessidade de se empregar extrator com alta temperatura (quente) (Cabello, 2005).

Muitos trabalhos relacionaram o teor de frutanos e o tempo de armazenamento do tubérculo, em situações de armazenamento sob temperatura ambiente, baixa temperatura ou exposição à luz do sol. Sob condições ambiente, Fukai et al. (1993) constataram que existe a ação da frutano-hidrolase, em que a concentração dos frutanos do yacon sofreu uma queda durante o armazenamento, enquanto a concentração de frutose aumentou. Wei et al. (1994) também constataram que, durante o armazenamento dos tubérculos do yacon, a quantidade de FOS diminuiu.

Sob armazenamento em baixa temperatura, Vilhena (1997) notou que o conteúdo de frutanos totais em tubérculos de yacon recém-colhidos foi de, aproximadamente, 113 mg.g<sup>-1</sup> (de massa fresca). Após 20 dias de armazenamento a 4°C, esses teores foram reduzidos para 64 mg.g<sup>-1</sup>, totalizando um decréscimo de 56,6%. Esses resultados reafirmam a hipótese de que, após a colheita, inicia-se um aumento da atividade enzimática nos processos de despolimerização das cadeias de fruto-oligossacarídeos.

Reduções nos níveis de frutanos foram também observadas em tubérculos de *Helianthus tuberosus* armazenados às temperaturas de 3°C e 18°C (Kosaric et al., 1984). O mesmo autor relacionou essa diminuição a um processo de despolimerização das cadeias de frutanos, que ocorre pela atuação de duas

enzimas: uma que libera sequencialmente as moléculas de frutose e outra que hidrolisa a sacarose. Descreveu, ainda, que as enzimas hidrolíticas reponsáveis pela conservação dos açúcares apresentaram maior atividade em tecidos submetidos a temperaturas baixas (3°C) do que em altas (18°C). Resultados similares foram obtidos por Rutherford & Weston (1968) em tubérculos de *H. tuberosus* estocados a 3°C, por 26 semanas. Estes autores também atribuem essa diminuição ao aumento da atividade hidrolítica nessa temperatura.

Segundo Asami (1991), tubérculos de yacon foram armazenados a 5°C e 25°C e, após duas semanas, o conteúdo de fruto-oligossacarídeos caiu 33% e 41%, respectivamente. Ohyama et al. (1995), utilizando amostras mantidas sob refrigeração por três meses, verificaram que apenas 26% de FOS estavam presentes no final do armazenamento. Isto, na realidade, demonstra o fenômeno da degradação enzimática dos frutanos no armazenamento, em que, independentemente da temperatura de armazenamento, há um decréscimo nos teores de fruto-oligossacarídeos durante o período e os conteúdos de frutose, sacarose e glicose livres aumentados.

Zardini (1991) ressaltou que o típico sabor do yacon só aparece depois de uma exposição ao sol, por 3 a 5 dias. Fica claro que existe uma atividade hidrolítica no armazenamento do yacon, que aumenta com a temperatura. A degradação da inulina acarreta, obviamente, um acréscimo da doçura, pois os produtos da hidrólise são bem mais doces.

De acordo com Chitarra & Chitarra (2005), no momento de separação dos tubérculos da planta mãe, durante a colheita, alguns processos metabólicos são alterados, incluindo a aceleração na taxa da respiração e a ativação de algumas enzimas responsáveis pela quebra dos carboidratos de reserva.

Asami et al. (1989) relataram que o yacon apresenta grande potencial econômico, quando utilizado como planta produtora de frutanos. Segundo a National Research Council (1989), o yacon pode ser economicamente atrativo

para o processo de extração de fruto-oligossacarídeos, pois a matéria seca dos seus tubérculos apresenta de 60% a 70% de fruto-oligossacarídeos e pode ser também utilizada como fonte de frutose. Desde o ponto de vista econômico, as espécies das famílias *Polemoniaceae* e, sobretudo *Asteraceae*, da qual faz parte o yacon, são as mais importantes (Zardini, 1991).

Na Tabela 2 estão apresentados os teores médios dos frutanos ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) de yacon em três tamanhos (grande, médio e pequeno), três tipos de extrações (extração água 75°C, extração água 95°C, etanol 90°C) e em duas épocas de análises (1 e 20 dias) de armazenamento, determinados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

TABELA 2 Teores médios dos frutanos ( $\text{mg.g}^{-1}$  de yacon fresco) de yacon em três tamanhos (grande, médio e pequeno), submetidos a três tipos de extração (extração água 75°C, extração água 95°C, extração etanol 90°C) e armazenados por 1 e 20 dias, à temperatura ambiente (21°C, 52% de UR), doseados por CLAE.

Tempo	1				20				
Tamanho	Grande ( $\text{mg.g}^{-1}$ yacon)	Médio ( $\text{mg.g}^{-1}$ yacon)	Pequeno ( $\text{mg.g}^{-1}$ yacon)	Média tempo 0 (dias)	Grande ( $\text{mg.g}^{-1}$ yacon)	Médio ( $\text{mg.g}^{-1}$ yacon)	Pequeno ( $\text{mg.g}^{-1}$ yacon)	Média tempo 20 dias	Média total de extração
Extração água 75°C	125,96 Bb	117,99 Cc	126,07 Ca	123,34 C	109,00 Cc	124,17 Ab	137,83 Ba	123,67 B	123,50
Extração água 95°C	109,01 Cc	124,17 Ab	137,83 Ba	123,67 B	136,28 Ab	123,28 Bc	138,15 Aa	132,57 A	128,12
Extração etanol 90°C	116,43 Bb	120,51Bc	170,48 Aa	135,80 A	130,60 Bb	91,03 Cc	134,03 Ca	118,57 C	127,57
Média de tamanho	117,13 c	120,89 b	144,79 a		125,29 b	112,84 c	136,67 a		
Média de tempo	127,60				124,93				
Extração	Extração água 75°C		Extração água 95°C		Extração etanol 90°C			Média total de tamanho	
Grande	117,64 C		122,64 C		123,51 B			121,21 B	
Médio	121,08 B		123,73 B		105,79 C			116,87 C	
Pequeno	131,95 A		137,99 A		152,26 A			140,74 A	

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

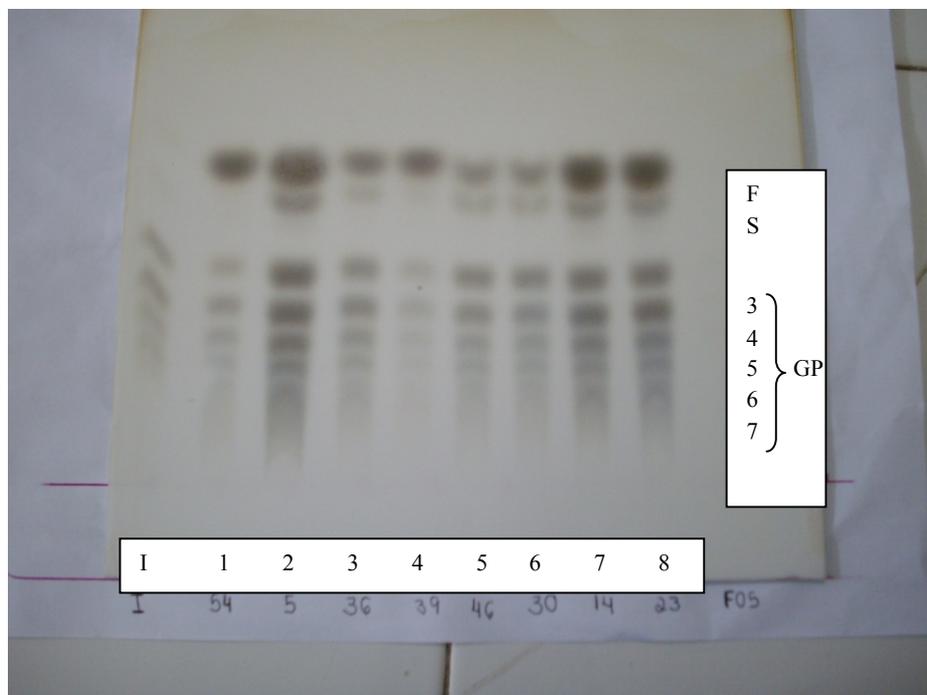
Quando se analisam os teores de frutanos determinados por CLAE (Tabela 2), verifica-se que não houve diferença significativa em relação aos três extratores utilizados (123,21 mg.g<sup>-1</sup>; 128,12 mg.g<sup>-1</sup>; 127,57 mg.g<sup>-1</sup>), indicando que os mesmos foram eficientes em extrair frutanos.

Os tubérculos pequenos apresentaram maior teor de frutano, tanto no 1º quanto no 20º dia de armazenamento.

O tempo de armazenamento não influenciou os teores de frutano, apesar de ter havido tendência a diminuir durante o armazenamento (1º dia 127,60 mg.g<sup>-1</sup>; 20º dia 124,93 mg.g<sup>-1</sup>).

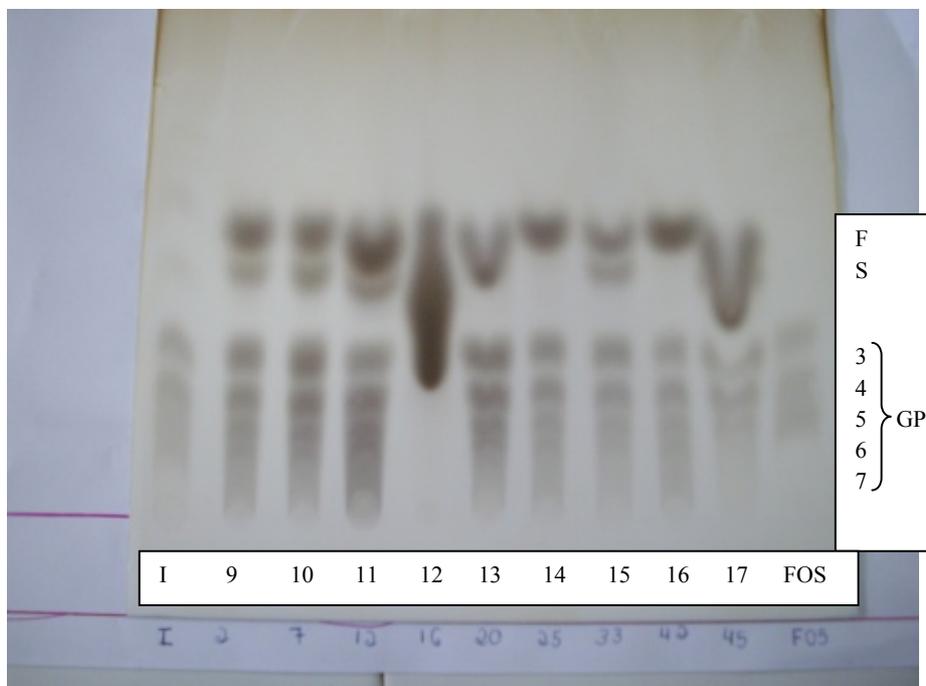
Comparando-se as duas técnicas de doseamento (Tabelas 1 e 2), observa-se que o doseamento por CLAE foi mais eficiente que o colorimétrico.

O grau de polimerização (GP) dos frutanos presentes nos yacons foi estimado por cromatografia de camada delgada (CCD) (Figuras 1 e 2) (Tabela 3).



F- frutose; S – sacarose; GP – grau de polimerização.

FIGURA 1 Cromatografia de camada delgada (CCD) I inulina; 1 Extrato de yacon água 75°C, tamanho pequeno, tempo 1; 2 extrato de yacon etanol 90°C, tamanho médio, tempo 1; 3 extrato de yacon água 75°C, tamanho pequeno, tempo 20; 4 extrato de yacon água 95°C, tamanho grande, tempo 20; 5 extrato de yacon água 75°C, tamanho grande, tempo 1; 6 extrato de yacon água 75°C, tamanho grande, tempo 20; 7 extrato de yacon etanol 90°C, tamanho médio, tempo 20; 8 extrato de yacon água 95°C, tamanho medio, tempo 1; F- frutose; S – sacarose; GP – grau de polimerização.



F- frutose; S – sacarose; GP – grau de polimerização.

FIGURA 2 Cromatografia de camada delgada (CCD) I inulina; 9 extrato de yacon água 75°C, tamanho grande, tempo 1; 10 extrato de yacon etanol 90°C, tamanho pequeno, tempo 1; 11 extrato de yacon etanol 90°C, tamanho grande tempo 1; 12 extrato de yacon etanol, tamanho pequeno, tempo 20; 13 extrato de yacon água 95°C, tamanho pequeno, tempo 1; 15 extrato de yacon água 75°C, tamanho médio, tempo 20; 16 extrato de yacon água 95°C, tamanho médio, tempo 20; 17 extrato de yacon água 95°C, tamanho pequeno, tempo 20; FOS Fruto-oligossacarídeo; F- frutose; S – sacarose; GP – grau de polimerização.

TABELA 3 Identificação das placas de cromatografia de camada delgada do grau de polimerização dos frutanos de yacon em três tamanhos (grande, médio e pequeno), submetidos a três tipos de extração (extração água 75°C, extração água 95°C, extração etanol 90°C) e armazenados, por 1 e 20 dias, à temperatura ambiente (21°C, 52% de UR).

Tempo	1			20		
	Grande (mg.g <sup>-1</sup> yacon)	Médio (mg.g <sup>-1</sup> yacon)	Pequeno (mg.g <sup>-1</sup> yacon)	Grande (mg.g <sup>-1</sup> yacon)	Médio (mg.g <sup>-1</sup> yacon)	Pequeno (mg.g <sup>-1</sup> yacon)
	<b>5</b>		<b>1</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>3</b>
Extração água 75°C	F S 3, 4, 5, 6**		F S 3, 4, 5, 6**	F S 3, 4, 5, 6**	F S 3, 4, 5**	F S 3, 4, 5, 6, 7**
	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>17</b>
Extração água 95°C	F S 3, 4, 5, 6**	F S 3, 4, 5, 6, 7**	F S 3, 4, 5, 6**	F S 3, 4, 5, 6**	F S 3, 4, 5, 6**	F S 3, 4, 5**
	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	
Extração etanol 90°C	F S 3, 4, 5**	F S 3, 4, 5, 6, 7**	F S 3, 4, 5, 6**	F S 3, 4, 5**	F S 3, 4, 5, 6, 7**	

Os números em negrito correspondem ao número da amostra do extrato revelado na placa de CCD (Figuras 1 e 2 )

\*\* Corresponde à sequência do grau de polimerização encontrado

O grau de polimerização dos frutanos está representado na Tabela 3. Observa-se que, pela técnica empregada, cromatografia de camada delgada em fase reversa, foi possível certificar polímeros contendo grau de polimerização de 3 a 7.

Verifica-se que todos os extratores apresentaram capacidade de extrair frutanos com diferentes graus de polimerização de 3 a 7 e que o tempo de armazenamento não influenciou na hidrólise de frutanos, diferindo de outros autores.

Comparando a quantidade de frutanos com o grau de polimerização (Tabelas 1, 2 e 3), verifica-se que não há correlação entre quantidade de frutanos, grau de polimerização e maior mancha obtida na placa.

O tamanho médio das moléculas de frutano pode variar de acordo com a espécie da planta e o órgão estudado. Fatores ambientais e o ciclo fenológico da planta podem afetar o tamanho das moléculas à medida que esses fatores interferem no acúmulo ou na utilização dos frutanos. Entretanto, acredita-se que o tamanho máximo das cadeias de frutanos seja determinado geneticamente. De maneira simples, os frutanos são armazenados quando a produção de fotoassimilados excede a demanda e são hidrolizados e mobilizados quando houver necessidade de energia.

O grau de polimerização obtido por diferentes autores em CCD apresentou grande variação (Capito, 2001; Quinteros, 2000; Hermann et.al., 1998). Esta variação pode ser explicada pelos diferentes tempos de desenvolvimento do tubérculo e pelo tempo decorrido após a colheita, nas amostras analisadas por todos os autores.

Os fruto-oligossacarídeos, carboidratos de reserva encontrados nos órgãos subterrâneos de yacon, apresentam grau de polimerização (GP) entre 3 e 10. Eles se diferenciam dos encontrados em espécies de *H. tuberosus*,

*Chichorium* e *Dahlia* sp., os quais apresentam  $GP \geq 35$  (Ohyama et al., 1995; Fukai et al., 1995; Goto et al., 1995).

Van Loo et al. (1995) concluíram que o GP varia segundo a fonte vegetal. Por exemplo, na chicória, 60% dos FOS têm  $GP \leq 20$ , enquanto as demais fontes de inulina estão em torno de 20 e 60. Já no caso do yacon, Goto et al. (1995) constataram a existência de FOS com  $GP \leq 10$ . Asami et al. (1989) relataram que os FOS do yacon foram de baixo grau de polimerização (GP em torno de 3-10), enquanto frutanos com GP maiores que 10 correspondiam a traços, fato constatado também por Ohyama et al. (1995).

Wei et al. (1994) constataram que, durante o armazenamento dos tubérculos de yacon, os conteúdos de frutose e glicose aumentaram e os de FOS decresceram. Para alcachofra-de-jerusalém, estes autores observaram um aumento dos FOS de baixo GP, acompanhado de uma diminuição dos frutanos de alto GP.

Os tubérculos do yacon apresentam elevado conteúdo de açúcares solúveis (820  $mg \cdot g^{-1}$  de matéria seca), frutose (589  $mg \cdot g^{-1}$  de matéria seca) e frutanos de baixo grau de polimerização (GP 3 a 10). Foram encontrados teores baixos de inulina (13,50  $mg \cdot g^{-1}$  de matéria seca), com grau de polimerização de 14 (Ohyama et al. 1995). Estes resultados demonstraram que o yacon pertence ao grupo dos vegetais que acumulam frutanos de baixo grau de polimerização, semelhante à cebola e aos bulbos de tulipa e são diferentes da inulina acumulada em plantas como *Helianthus tuberosus* ou *Dahlia* (Silva, 2004).

Quinteros (2000), em seu estudo da avaliação do suco de yacon, estabeleceu que o GP destes carboidratos, geralmente, vai de 2 a 60 e recebe o nome de inulina. Enquanto isso, o grupo que abrange os frutanos lineares cujos GP estão na faixa 2-10 chama-se oligofrutose ou fruto-oligossacarídeos (FOS). Estes polímeros parecem estar associados à proteção das plantas contra o frio e seca, por atuarem na regulação osmótica da célula, por meio da variação do grau

de polimerização de suas moléculas e por prevenirem danos à membrana celular, mantendo sua integridade e o funcionamento celular. Em espécie de cerrado, esses compostos atuam possivelmente aumentando a tolerância das plantas à baixa disponibilidade de água durante o inverno, contribuindo para a sua sobrevivência nessas condições (Vilhena, 2001).

Orthen (2001) demonstrou que, em *Lachenalia mínima*, uma *Hyacinthaceae* que acumula quantidades semelhantes de amido e frutanos, a fonte de energia e carbono necessária para a brotação provém da degradação do amido e que os frutanos estão envolvidos nas relações hídricas. Nessas plantas, os frutanos com baixo GP foram, preferencialmente, acumulados nas escamas mais internas do bulbo, direcionando o fluxo de água para as regiões onde a necessidade de água para um maior crescimento.

Livingston & Henson (1998) constataram que, durante a aclimação ao frio em aveia (*Avena sativa*), os níveis de glicose, frutose, sacarose e frutanos, especialmente com GP 3, aumentaram significativamente e esse aumento foi relacionado às mudanças na atividade da FEH (frutano-exohidrolase) e invertase no apoplasto. Uma vez que a formação de cristais de gelo inicia-se no apoplasto, os autores sugeriram o papel do frutanos na proteção ao congelamento.

Vágújfalvi et al. (1999), estudando o efeito do frio na dinâmica do metabolismo de carboidratos em dois genótipos desta mesma espécie (*A. sativa*), um sensível e um tolerante ao frio, verificaram que o conteúdo de frutano total aumentou em ambos os genótipos, contudo, foi maior e tolerante. Os autores sugeriram que as diferenças na tolerância ao frio entre as variedades devem-se à capacidade de acumular carboidratos sob condições de baixas temperaturas.

## 6 CONCLUSÃO

Os três extratores podem ser utilizados quando os frutanos forem quantificados por CLAE.

Para a quantificação por espectrofotometria, o melhor extrator é etanol 90°C.

Tubérculos de tamanho médio e pequeno apresentaram os maiores teores de frutanos.

O armazenamento influenciou negativamente o teor de frutanos.

A técnica por CLAE foi mais eficiente que a colorimétrica.

Quanto ao grau de polimerização, todos os tratamentos apresentaram GP na faixa de 3-7.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASAMI, T.; KUBOTA, M.; MINAMISAWA, K.; TSUKIHASHI, T. Chemical composition of yacon, a new root crop from the Andean Highlands. **Journal Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 60, n. 29, p. 122-126, Apr. 1989.
- ASAMI, T.; MINAMISAWA, K.; TSUKIHASHI, T.; KANO, K.; HORI, I.; OHYAMA, T.; KUBOTA, M.; TSUKIHASHI, T. Fluctuation of oligofructan contents in tubers of yacon (*Polymnia sonchifolia*) during growth and storage. **Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 62, n. 6, p. 621-627, Dec. 1991.
- BARTA, J. Inulin containing in food processing. In: INTERNATIONAL FRUCTAN CONFERENCE, 3., 1996, Logan. **Proceedings...** Logan: IFC, 1996. p. 31.
- CABELLO, C. Extração e pré-tratamento de frutanos de yacon, *Polymnia sonchifolia*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 202-207, abr./jun. 2005.
- CAIRNS, A. J.; POLLOCK, C. J. Fructan biosynthesis in excised leaves of *Lolium temulentum* L. I. chromatographic characterization of oligofructans and their labeling patterns following CO<sub>2</sub> feeding. **New Phytologist**, Cambridge, v. 109, n. 4, p. 399-405, Aug. 1988.
- CAPITO, S. M. P.; FILISETTI, T. M. C. C. Composição química de tubérculos de yacón (*Polymnia Sonchifolia*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17., 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: SBCTA, 2000. p. 5.48.
- CAPITO, S. M. P. **Raiz tuberosa de yacon (*Polymnia sonchifolia* Poep. Endl.)**: caracterização química e métodos de determinação de frutanos (CG e HPLC- DPA). 2001. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo.
- CHITARRA, M. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.
- FONSECA, Z. A. **Plantas medicinais**, 2003. Disponível em: <<http://www.plantamed.hpg.ig.com.br/PG/TEXTOS/NCP/Polymniasonchifolia.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2009.

- FUKAI, K.; MIYAZAKI, S.; NANJO, F.; HARA, Y. Distribution of carbohydrates and related enzymes activities in yacon (*Polymnia sonchifolia*) Con. **Soils Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 39, n. 3, p. 567-571, Aug. 1993.
- FUKAI, K.; OHONO, S.; GOTO, K.; HARA, Y. Seasonal growth and fluctuations of sugar content in yacon (*Polymnia sonchifolia*) during growth and dormancy. **Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 66, n. 3, p. 233-237, June 1995.
- GOTO, K.; FUKAI, K.; HIKIDA, J.; NANJO, F.; HARA, Y. Isolation and structural analysis of oligosaccharides from yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, Tokyo, v. 59, n. 12, p. 2346-2347, Dec. 1995.
- HERMANN, M.; FREIRE, I.; PAZOS, C. Compositional diversity of the yacon storage root. In: \_\_\_\_\_. **Impacto a changing word program report international potato center**. Lima: Apartado, 1998. p. 425-432. (CIP Program Report).
- JERMYN, M. A. A new method for the determination of kestohexoses in presence of aldohexoses. **Nature**, Paris, v. 177, n. 7, p. 38-39, Jan. 1956.
- KAKIHARA, T. S.; CÂMARA, F. L. A.; VILHENA, S. M. C. Cultivo e industrialização de yacon (*Polymnia sonchifolia*): uma experiência brasileira. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE RAÍZES TROPICAIS, 1.; CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 9., 1996, São Pedro. **Anais...** São Pedro: CERAT-UNESP, 1996. p. 148.
- KOSARIC, M.; CONSENTINO, G. P.; WEICZOREK, A. The Jerusalém artichoke as an agricultural crop. **Biomass**, London, v. 5, n. 1, p. 1-36, Jan. 1984.
- LEITE, J. L. C. **Obtenção de extrato de inulina CE chicória (*Chicorium intybes*) por abaixamento de temperatura e secagem por spray dryer**. 2001. 120 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- LIVINGSTON, D. P.; HENSO, C. A. Apoplastic sugars, fructans, fructanexohidrolase and invertase in winter oat: responses to second-phase cold hardening. **Plant Physiology**, Washington, v. 116, n. 1, p. 403-408, Jan. 1998.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Lost crops of the incas**: little-known plants of the andes with promise for worldwide cultivation National. Washington: Academy, 1989. 415 p.

NELSON, M. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal Biological Chemistry**, Baltimore, v. 153, n. 1, p. 375-380, May 1944

OHYAMA, T.; ITO, O.; YASUYOSHI, S.; IKARASHI, T.; MINAMIZAWA, K.; KUBOTA, M.; ASAMI, T.; TSUKHASHI, T. Composition of storage carbohydrate in tuber of yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Soil Science Plant Nutrition**, Tokyo, v. 36, n. 1, p. 167-171, Jan. 1995.

ORTHEN, B. Sprouting of the fructan- and starch- storing carbohydrate Lachenalia minima: effects on carbohydrate and water within the bulbs. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 113, n. 3, p. 308-314, May 2001.

POLLOCK, C. J. ; CAIRNS, A. J. Fructan metabolism in grasses and cereals. **Annual Review Plant Physiology**, v.104, p. 1-24, 1991.

POLLOCK, C. J. Fructans and the metabolism of sucrose in vascular plants. **New Phytologist**, Cambridge, v. 104, n. 1, p. 1-24, Sept. 1986.

POLLOCK, C. J.; JONES, T. Seasonal patterns of fructan metabolism in forage grasses. **New Phytologist**, Cambridge, v. 83, n. 1, p. 9-15, Jul 1979.

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

RUTHERFORD, P. P.; WESTON, E. W. Carbohydrate changes during cold storage of some inulin containing roots and tubers. **Phytochemistry**, Oxford, v. 7, n. 2, p. 175-180, Feb. 1968.

SILVA, E. B. **Processamento de bebida funcional a base do yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepping & Endlicher)**. 2004. 96 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SMITH, C. J. Carbohydrate chemistry. In: LEA, P. J.; GOOD, R. C. L. (Ed.). **Plant biochemistry and molecular biology**. Chichester: J. Wiley, 1993. chap. 4, p. 74-111.

VÁGÚJFALVI, A.; KEREPESEI, I.; GALIBA, G.; TISCHNER, T.; SUTKA, J. Frost hardiness depending on carbohydrate change during cold acclimation in wheat. **Plant Science**, Shannon, v. 144, n. 2, p. 85-92, 1999.

VAN LOO, J. A. E.; COUSSEMENT, P.; LEENHEER, L.; HOEBREGS, H.; SMITS, G. The presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 35, n. 6, p. 525-552, 1995.

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

VILHENA, S. M. C. **Ciclo de cultivo e técnicas pós-colheita de yacon (*Polymnia sonchifolia* Poep. Endl.) em função do conteúdo de frutose total nos órgãos subterrâneos**. 2001. 73 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

VILHENA, S. M. C. **Efeito da exposição ao sol e do armazenamento sobre o conteúdo e a composição dos carboidratos de reserva em raízes tuberosas de ‘yacon’ (*Polymnia sonchifolia* Poep. Endl.)**. 1997. 63 f. Dissertação (Mestrado em Horticultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

WEI, J.; TANABE, K.; TAMURA, F. Changes of polyamines, AAC contents and EFE activity in the peel and pulp of Japanese pear fruits during a postharvest period. **Journal of the Faculty of Agriculture**, Sapporo, v. 30, p. 1-6, 1994.

WISE, C. S.; DIMLER, R. J.; DAVIES, H. A.; RIST, C. E. Determination of easily hydrolysable fructose units in dextran preparations. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 27, n. 1, p. 33-36, Jan. 1955.

ZARDINI, E. Ethnobotanical notes on “yacon” *Polymnia sonchifolia* (Asteraceae). **Economic Botany**, Bronx, v. 45, n. 1, p. 72-85, Oct. 1991

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **Manual de análise estatística para microcomputadores - SANEST**. Pelotas: UFPEL, 1991. 102 p.

## **CAPÍTULO 4**

### **UTILIZAÇÃO DE EXTRATO DE FRUTANO E FARINA DO YACON EM APRESUNTADO**

## 1 RESUMO

Aditivos não-cárneos com elevado conteúdo de carboidratos não amiláceos têm sido avaliados para uso em produtos cárneos, no intuito de produzir produtos mais rentáveis e estáveis, de textura aceitável e com melhores propriedades nutricionais. A adição de yacon nos embutidos do tipo apresuntado pode ter muitos benefícios, pois, além de conter altos teores de frutanos (inulina), é rico em fibras e apresenta propriedades funcionais de estabilizante, principalmente em embutidos. Este trabalho foi realizado com o objetivo de formular apresuntados substituindo fécula de mandioca por farinha de yacon, água por extrato de frutanos de yacon e avaliá-los, quanto ao teor de fibras, composição centesimal, minerais, cor objetiva, textura objetiva e análise sensorial. O apresuntado com extrato de frutano apresentou maior teor de fibras, potássio, sódio, saturação ( $c^*$ ). O apresuntado com farinha de yacon apresentou maior teor de extrato etéreo, proteínas, índice de amarelo ( $b^*$ ), tonalidade, dureza, flexibilidade e adesividade, e obteve a menor nota de impressão global. O apresuntado controle apresentou maior teor de umidade, cinza, luminosidade, índice de vermelho ( $a^*$ ), fraturabilidade, coesividade e mastigabilidade. Quanto à impressão global, de sabor e textura, o apresuntado com extrato de frutano apresentou uma aceitabilidade igual ao controle, podendo ser considerado uma alternativa para o consumo de produtos com adição de prebiótico.

## 2 ABSTRACT

Non-meat additives with a high content of non starch carbohydrates have been evaluated of use in meat products with the purpose of producing more profitable and stable products of acceptable texture and with better nutritional properties. The addition of yacon into the cold meats and sausages of the ham-like type can be have a great deal of benefits, for in addition to containing high contents of fructans (inuline), it is rich in fibers and presents functional properties of stabilizer, mainly in cold meats an sausages. This was intended to formulate ham-like products replacing cassava starch by yacon flour, water by yacon fructan extract and evaluate them as to the content of fibers, centesimal composition minerals, objective color, objective texture and sensorial analysis. The ham-like product with fructan extract presented higher content of fibers, potassium, sodium and saturation ( $c^*$ ). The ham-like product with yacon flour showed greater content of ether extract, proteins, yellow index ( $b^*$ ), tonality, hardness, flexibility and adhesive and obtained the lowest score of global impression. The control ham-like product presented greater content of moisture, ashes, luminosity, red index ( $a^*$ ), fracturebility, cohesiveness and chewiness. Concerning the global impression of flavor and texture, the ham-like product with fructan extract presented acceptability equal to the control; consequently, the ham-like product with fructan extract can be considered an alternative to the consumption of products with addition of pre-biotics.

### 3 INTRODUÇÃO

Atualmente, os consumidores têm exigido melhor qualidade para os alimentos, que devem apresentar sabor agradável, baixo valor calórico ou baixo conteúdo em gorduras e benefícios adicionais à saúde. Por estarem mais bem informados e conscientes da relação que existe entre alimentação e saúde, procuram por alimentos que apresentem benefícios múltiplos associados a sabor e aparência.

O mercado de alimentos funcionais encontra-se em expansão. Devido às suas propriedades funcionais, o yacon vem despertando grande interesse. Yacon (*Smallanthus sonchifolia* Poep. Endl.) é uma espécie da família Asteraceae, originária da região dos Andes e seus rizóforos e tubérculos contêm grandes quantidades de frutooligossacarídeos do tipo inulina, fibras e minerais, o que o torna benéfico, para a alimentação humana (Quinteros, 2000).

O desenvolvimento de produtos ricos em fibras alimentares utilizando a raiz do yacon pode ser uma excelente alternativa alimentar, uma vez que, diferentemente da maioria dos tubérculos que acumulam carboidratos na forma de amido, o yacon e várias plantas da família Asteracea, armazenam carboidratos na forma de frutanos. Os órgãos subterrâneos do yacon contêm de 60% a 70% de frutanos do tipo inulina, com grau de polimerização (GP) máximo de 12 unidades de frutose. Nos EUA e na Europa, os frutooligossacarídeos (FOS) são considerados fibras alimentares (Vilhena et al., 2000).

As fibras são aplicadas em produtos cárneos em função da sua capacidade de retenção de água e gordura (Backers & Noli, 1997; Thebaudin et al., 1997), portanto, ajudam na redução da quebra de cozimento e estabilizam emulsões. Com o uso de apenas 2% de fibra de trigo, é possível obter produto com menor teor de gordura e, conseqüentemente, menor valor calórico (De

Lima, 2005). Tal característica está na capacidade que a fibra tem de formar uma rede tridimensional que lhe confere textura similar à da carne. Além de sua função tecnológica, as fibras também atuam como ingredientes funcionais, permitindo a formulação de um novo produto cárneo sem aumentar as calorias, diminuindo o teor de gordura sem alterar o sabor. Entretanto, a redução da gordura nos produtos cárneos, apesar de ser exigência do mundo moderno, apresenta dificuldades que têm reflexos na aparência, no sabor e na textura.

Os fabricantes vêm buscando diversas modificações nas formulações desses produtos, no sentido de atenuar os efeitos indesejáveis da redução do nível de gordura. Essas modificações incluem, além da seleção da matéria-prima, o uso de ingredientes não cárneos que possam auxiliar na textura e, principalmente, aumentar a habilidade de ligar água. Nessa busca, fibras têm sido utilizadas com grande sucesso no aumento do rendimento, na redução do custo da formulação e na melhoria da textura (Keeton, 1994; Iyengar & Gross, 1991; Mendonza et al., 1998).

Atualmente, no Brasil, há uma grande procura pela utilização de fibras em produtos cárneos, o que, em equilíbrio com a água, auxilia na obtenção de produtos com redução de custos finais (Barreto, 2007).

Cyrino & Barretto (2006) relatam algumas razões para se utilizar fibras em produtos cárneos, como tratar-se de ingrediente com grande benefício à saúde, ter baixo valor calórico, podem ser utilizadas como substitutos parciais de gorduras, têm excelente capacidade de retenção de água, odor neutro, melhora no fatiamento de produtos e apresentam propriedades funcionais reconhecidas.

Portanto, considera-se que a adição de fibras alimentares em alimentos consumidos, frequentemente, como nos produtos cárneos, pode ajudar a aumentar a ingestão diária de fibra pela população (Jimenez-Colmenero et al., 2005).

Doenças do coração, câncer, estresse, hipercolesteremia, obesidade, osteoporose e diabetes são, atualmente, as maiores preocupações do consumidor. Sendo assim, o foco na prevenção de doenças por meio dos alimentos está muito forte. Isso faz com que a inulina e as oligofrutoses apareçam como importantes ingredientes alimentares que podem ser largamente explorados pela indústria de alimentos, visando à produção de alimentos funcionais (Niness, 1999).

## **4 OBJETIVOS**

Os objetivos da realização deste trabalho, geral e específicos, estão descritos a seguir.

### **4.1 Objetivo geral**

Realizar a caracterização física e química e analisar a aceitação de apesuntado preparado por três formulações.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Avaliar os efeitos tecnológicos dos apesuntados controle, com farinha de yacon e com extrato de frutanos, por meio da análise da textura objetiva (fraturabilidade, dureza, coesividade, adesividade, elasticidade e mastigabilidade).
- Caracterizar os apesuntados quanto à composição centesimal (umidade, proteína, lipídeos e cinzas), análise de minerais (potássio e sódio) e parâmetros de qualidade (cor objetiva).
- Avaliar os níveis de aceitação dos consumidores em potencial para cada apesuntado elaborado (controle, com farinha de yacon e com extrato de frutanos).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química e no Laboratório de Tecnologia de Carne e Pescado do Departamento de Ciência dos Alimentos, ambos da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG. O experimento foi realizado em maio de 2009. O yacon foi adquirido do produtor Luís Eustáquio Maia, do sítio Cachoeirinha, no município de São Joaquim de Bicas, MG.

Tubérculos de yacon presentes em duas caixas de 20 kg foram lavados em água corrente, com escovação manual, para retirar os resíduos de terra, lavados em água corrente e colocados para secar, para compor os tratamentos.

### 5.1 Obtenção do extrato de frutanos com (água 95°C)

Foi utilizada a metodologia baseada do trabalho descrito por Cabello (2005). Para a obtenção do extrato, 50 g da amostra do yacon foram adicionados a 200 mL de água deionizada a 95°C e triturados em liquidificador durante 1 minuto. A seguir, todo o material foi transferido para um funil tipo Buchner contendo duas folhas de papel de filtro quantitativo e filtrado a vácuo. Após esgotamento do extrato, o resíduo foi cuidadosamente lavado com 100 mL de água deionizada a 95°C, para lixiviação dos carboidratos ainda absorvidos nos restos do material celular. Os dois filtrados foram reunidos e adicionado NaOH 1M, até que o pH ficasse entre 9,5 e 9,8, colocado em banho-maria a 95°C, por 2 horas, para coagulação das proteínas, gomas e matérias graxas. A solução (parte não coagulada) foi filtrada a vacuo num funil tipo Buchner contendo duas folhas de papel de filtro qualitativo. O filtrado foi envazado em garrafa de vidro e armazenado à temperatura de -18°C, para posterior utilização.

## 5.2 Preparo da farinha de yacon

O yacon descascado foi imerso em solução de 0,02% bissulfito, picado em tiras (3 mm) e seco em estufa de circulação de ar, a 65°C, até peso constante e triturado no grau pistilo. Armazenou-se em frasco de vidro âmbar, à temperatura ambiente.

## 5.3 Elaboração

A elaboração dos apresetados seguiu a formulação e os procedimentos relatados por Botega (2009). A formulação está descrita na Tabela 1 e o fluxograma geral do processamento é apresentado na Figura 1.

TABELA 1 Formulação básica para a elaboração de apresetados

<b>Massa cárnea</b>	<b>%</b>	<b>Controle (g)</b>	<b>Farinha de yacon(g)*</b>	<b>Extrato de frutano(g)**</b>
Carne da paleta suína	54,07	540,70	540,70	540,70
<b>Ingredientes/aditivos</b>				
Proteína de soja isolada (PTS) SUPRO 500E	1,73	17,30	17,30	17,30
Água	37,85	378,50	378,50	---
Sal	0,97	9,73	9,73	9,73
CEAM-GEL M 920	0,06	0,65	0,65	0,65
REND MAX 208	1,73	17,30	17,30	17,30
E MAX 206	1,08	10,81	10,81	10,81
MAX SABOR 207	0,27	2,70	2,70	2,70
Corante carmin	0,01	0,14	0,14	0,14
Condimento califórnia	0,49	4,86	4,86	4,86
Fécula de mandioca	1,73	17,30	---	17,30
Farinha de yacon	---	---	17,30	---
Extrato de frutano	---	---	---	378,50

\*Substituinte da fécula de mandioca

\*\* Substituinte da água

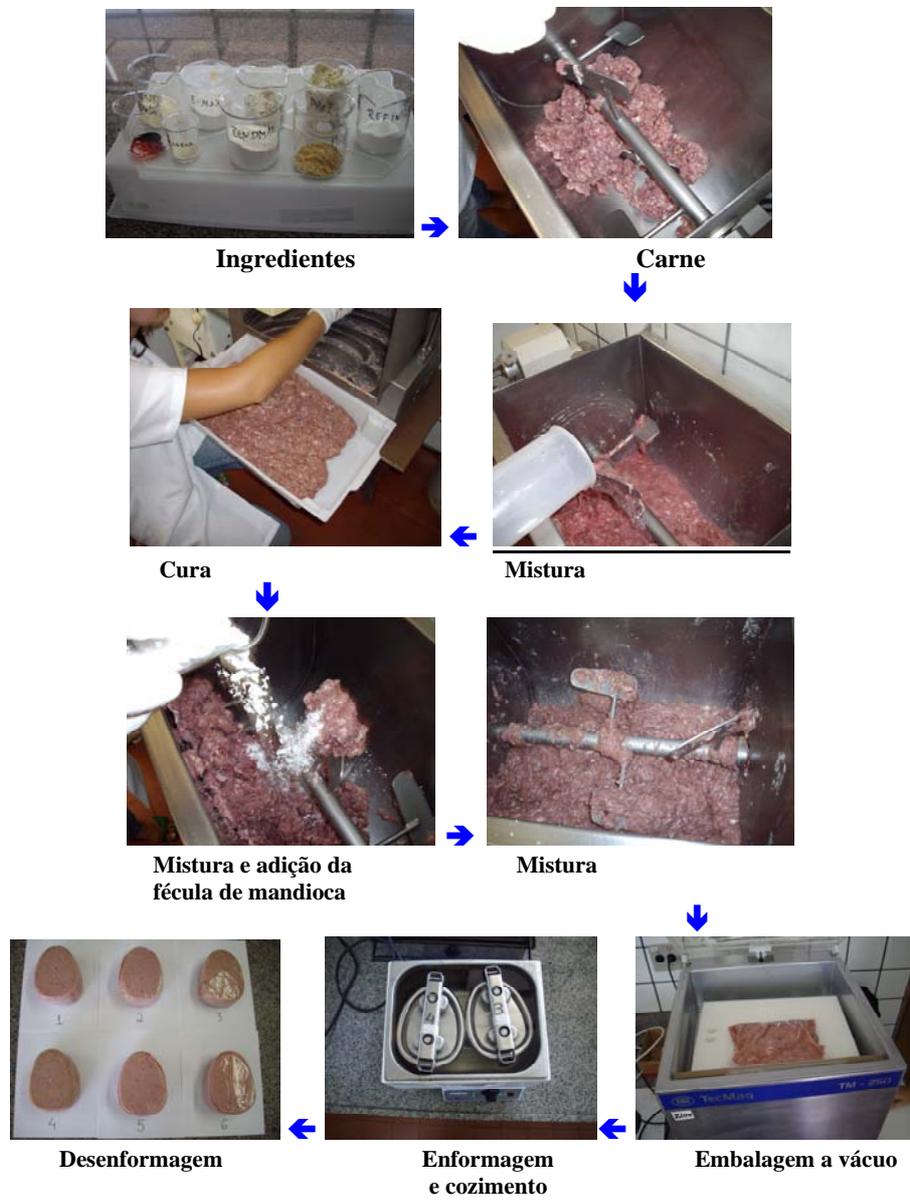


FIGURA 1 Fluxograma geral do processamento de apresuntado.

As carnes foram adquiridas no mercado local da cidade de Lavras, MG e os ingredientes cedidos pela New Max industrial. As carnes refrigeradas (4°C) foram limpas (remoção de aparas, sujeiras, hematomas, cartilagens, etc.) e moídas em disco de 20 mm. A massa foi transferida para a misturadeira, em que a salmoura foi incorporada e submetida à mistura por 10 minutos, quando a PTS (proteína de soja texturizada) foi adicionada e a massa misturada por mais 15 minutos. A massa obtida foi, então, mantida, por 12 a 15 horas, em câmara fria (4°C), para que se processasse a cura.

Após a cura, a massa foi novamente transferida para a misturadeira e adicionou-se a fécula de mandioca, sendo realizada a mistura por tempo suficiente para a completa homogeneização. A massa foi embalada a vácuo, em filme flexível de náilon-poli e enformada em forma metálica de capacidade para 1 kg.

Os produtos foram cozidos em tacho com água aquecida, na seguinte programação: 60°C/60 minutos, 70°C/60 minutos e 80°C, até a temperatura interna da massa atingir 73°C (medida obtida pela inserção de um termopar no centro da massa enformada). Após o cozimento, foi aplicado um choque térmico (resfriamento), pela imersão das formas em água e gelo (0°C), sendo os produtos desenformados e acondicionados, sob refrigeração (4°C), para posterior análise.

#### **5.4 Análises**

Os apresuntados foram analisados, 24 horas após a elaboração, quanto a composição centesimal, minerais, cor objetiva, textura objetiva e avaliação sensorial.

#### **5.4.1 Composição centesimal**

1- Umidade: método gravimétrico (AOAC, 2000), com secagem de 65°C, até obter peso constante. O resultado foi expresso em porcentagem de umidade na amostra.

2- Extrato etéreo: método de Soxhlet (AOAC, 2000), extração com éter etílico. O resultado foi expresso em porcentagem de extrato etéreo na matéria seca.

3- Cinzas: método gravimétrico (AOAC, 2000), incineração a 550°C em mufla por um período suficiente para a queima de toda matéria orgânica. O resultado foi expresso em porcentagem de cinzas na matéria seca.

4- Proteína bruta total: método de micro-Kjeldahl (AOAC, 2000), sendo a porcentagem de nitrogênio total convertida em porcentagem de proteínas totais, pelo fator de 6,25.

5- Fibra: os teores de fibra alimentar total foram determinados nos apresuntados, utilizando-se o *kit dietary fiber total*, marca Sigma, seguindo as técnicas propostas pela AOAC (2000), que se baseia na análise enzimática gravimétrica. Esse método baseia-se na porção não-hidrolisada do alimento que resiste à digestão enzimática sequencial com  $\alpha$ -amilase, protease e amilglicosidase e é insolúvel em etanol entre 78% e 98%.

#### **5.4.2 Minerais**

O potássio e sódio foram determinados pelo método descrito por Malavolta et al. (1997), utilizando espectrômetro de absorção atômica, no Departamento de Química da UFLA. Os valores foram expressos de acordo com a média de sete replicatas para cada tipo de amostra.

### 5.4.3 Cor objetiva

A avaliação objetiva da cor final dos produtos foi realizada em colorímetro Chroma Meters CR-300 (Konica Minolta Sensing Inc.). Para o cálculo dos índices de cor, foram estabelecidos o iluminante D<sub>65</sub> e o sistema de cor CIELAB.

Os índices de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  foram obtidos, para cada repetição, considerando-se o valor médio de cinco leituras realizadas em diferentes pontos de três fatias (replicatas) de, aproximadamente, 4 cm (Fontes et al., 2005).

Os índices de saturação ( $C^*$ ), o ângulo de tonalidade ( $h^*$ ) e a diferença global ( $\Delta E^*$ ) foram calculados pelas seguintes fórmulas (Hunt et al., 1991):

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2};$$

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

$$\Delta E^* = [(L^* - L^*_{\text{ref}})^2 + (a^* - a^*_{\text{ref}})^2 + (b^* - b^*_{\text{ref}})^2]^{1/2}$$

### 5.4.4 Textura objetiva

Sete amostras (replicatas) de cada tratamento foram analisadas, à temperatura ambiente, pelo teste de Análise de Perfil de Textura (TPA) e força de cisalhamento (FC), em um texturômetro TA.XT2i Texture Analysis (Stable Micro System Inc.) conectado a um computador equipado com o programa Texture Expert<sup>®</sup>.

O teste de TPA foi conduzido segundo Botega (2009). As amostras, cortadas em cilindros de 1,0 cm de diâmetro e 1,0 cm de comprimento, foram comprimidas paralelamente ao seu comprimento por duas vezes, até 50% de seu tamanho, com um prato de compressão de 7,5 cm de diâmetro. Não houve tempo de repouso da amostra entre os dois ciclos de compressão. A curva de deformação com o tempo foi obtida a uma velocidade de compressão de 180 mm/minuto (0,83 mm/s), a partir da qual foram gerados seis parâmetros de

textura, segundo Bourne (1978) e Szczesniak (1998): fraturabilidade, dureza, coesividade, adesividade, elasticidade e mastigabilidade.

#### **5.4.5 Análise sensorial**

A aceitação dos apresuntados foi avaliada utilizando-se teste afetivo. Cento e vinte e nove consumidores potenciais do produto (72 homens e 54 mulheres) avaliaram de forma monocádica o quanto gostaram ou desgostaram de cada amostra de apresuntado em relação a aroma, textura e sabor, utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos correspondentes a: péssimo, muito ruim, moderadamente ruim, ligeiramente ruim, indiferente, ligeiramente boa, moderadamente boa, muito boa e ótima.

#### **5.4.6 Análises estatísticas**

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com sete replicatas, sendo as médias avaliadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para as análises estatísticas, foi utilizado o programa Statistical Analysis Systems, ou SAS (1996).

Os dados referentes a sabor, textura e impressão global das três amostras, avaliadas pelos 129 julgadores foram primeiramente submetidos à análise de variância (ANOVA) para detectar diferenças significativas entre as amostras e definir qual a mais aceita pelo consumidor. Realizou-se também teste de comparação de médias (Teste de Tukey,  $p \leq 0,05$ ). Os resultados foram submetidos à análise de variância, por meio do programa Sisvar (Ferreira, 2000).

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Análises físico-químicas**

A ANAVA encontra-se na Tabela 6B nos anexos.

#### **6.1.1 Composição centesimal**

A composição centesimal (umidade, extrato etéreo, cinzas, fibra bruta e proteínas) dos apresentados controle, com farinha de yacon e com extrato de frutanos, está representada na Tabela 2. Os valores médios de umidade extrato etéreo, cinzas, fibra bruta e proteína estão expressos em porcentagem em base úmida.

TABELA 2 Valores médios de umidade (% bu), extrato etéreo (% bs), proteína (% bs), cinzas (% bs), fibra solúvel (% bs) dos apresentados controle, com extrato de frutanos e com yacon.

Apresentado	Umidade (%, bu)	Extrato etéreo (%, bu)	Proteína (%, bu)	Cinzas (%, bu)	Fibra (%, bs)
Apresentado controle	78,22 A	1,62 A	13,23 A	0,060 A	6,64 B
Apresentado extrato de frutano	75,56 C	1,78 A	13,61 A	0,061 A	12,70 A
Apresentado farinha de yacon	76,02 B	1,83 A	14,03 A	0,072 A	6,65 B

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Houve diferença significativa entre as três formulações de apresuntado. O que apresentou maior teor de umidade foi o controle (78,22%, bu) e o menor teor foi com extrato de frutano (75,56%, bu). Segundo Backers & Noli (1997) e Thebaudin et al. (1997), as fibras são aplicadas em produtos cárneos, em função da sua capacidade de retenção de água e gordura. Essa diferença entre as formulações sugere que a fécula de mandioca tem maior capacidade de retenção de água do que a farinha de yacon.

O extrato etéreo, as proteínas e as cinzas não apresentaram diferença significativa (Tukey,  $p < 0,05$ ), entre os tratamentos.

A legislação brasileira preconiza, para produtos cárneos, os seguintes parâmetros da proteína acima de 13%, a relação umidade/proteína 5,35% e lipídios acima de 13% (Brasil, 2000). Todas as formulações apresentaram-se dentro dos padrões permitidos pelas.

O apresuntado com extrato de frutano foi o que apresentou maior teor de fibra (12,70%, bu); as outras duas formulações não apresentaram diferença significativa.

A substituição da água pelo extrato de frutano aumentou em 100% o teor de fibra do apresuntado, comparado ao apresuntado controle (Tabela 2).

## **6.2 Minerais**

Na Tabela 3 estão representados os valores médios dos minerais (potássio e sódio, em  $\text{mg.g}^{-1}$ ) presentes nos apresuntados controle, com extrato de frutanos e com farinha de yacon.

TABELA 3 Valores médios dos minerais (potássio e sódio, em mg.g<sup>-1</sup>) presentes nos apresentados controle, com extrato de frutanos e com farinha de yacon.

Apresentado	Potássio (mg.g <sup>-1</sup> )	Sódio (mg.g <sup>-1</sup> )
Apresentado controle	0,794 B	42,34 B
Apresentado extrato de frutano	0,838 A	43,47 A
Apresentado farinha de yacon	0,838 A	41,46 C

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados para potássio e sódio. Verifica-se que a quantidade de potássio encontrada nos apresentados com extrato de frutano e com farinha de yacon é igual e maior que a do apresentado do tratamento controle, fato justificado pelo fato de o yacon ser rico em potássio (capítulo 2). Essa maior quantidade de potássio consiste em um benefício maior para a saúde, uma vez que este mineral é um regulador da pressão arterial, contribuindo para a diminuição dos níveis de pressão e, conseqüentemente, a diminuição dos índices de mortalidade por acidente vascular (Adi Leiba et al., 2005). Além dos benefícios proporcionados pelo aumento na quantidade de potássio, o apresentado com farinha de yacon apresentou diminuição no teor de sódio, o que também é benéfico, uma vez que, diminuindo a ingestão de sódio, diminui a excreção urinária do cálcio, contribuindo para a prevenção de osteoporose em pessoas de idade avançada (ADI Leiba et al., 2005).

### 6.3 Cor

Houve diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) nos valores médios das coordenadas de cor luminosidade (L\*), índice de vermelho (a\*), índice de

amarelo (b\*), saturação (c\*) e tonalidade (h\*) dos apresuntados controle, com extrato de frutanos e com farinha de yacon, representados na Tabela 4.

TABELA 4 Valores médios das coordenadas de cor luminosidade (L\*), índice de vermelho (a\*), índice de amarelo (b\*), saturação (C\*) e tonalidade (h\*) dos apresuntados controle, com extrato de frutanos e com farinha de yacon

Apresentado	L*	a*	b*	c*	h*
Apresentado controle	52,78 A	12,04 A	4,69 C	12,93 B	21,42 C
Apresentado extrato de frutano	51,96 B	11,78 B	4,77 B	12,99 A	22,02 B
Apresentado farinha de yacon	51,60 C	11,66 C	5,74 A	12,71 C	26,19 A

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O apresuntado controle foi a amostra mais clara (52,78) e o apresuntado com farinha de yacon, a menor luminosidade (51,60). O parâmetro L\* representa a luminosidade da amostra e, quanto maior o seu valor, mais clara será amostra (Barreto, 2007). Trabalhando com presunto, Válková et al. (2007) e Scarpa et al. (2009) observaram que a luminosidade foi o atributo de cor que mais influenciou a aceitação do produto, sendo preferido amostras mais claras. Isso reforça as observações de Garcia-Esteban et al. (2003) de que a luminosidade pode ser considerada o parâmetro de cor que governa a qualidade da carne e de produtos cárneos e a de Brewer et al. (2001) de que este índice é o mais importante que prediz a intensidade visual da cor rósea.

O parâmetro  $a^*$  expressa a intensidade da cor vermelha da amostra, ou seja, quanto maior o valor de  $a^*$ , mais vermelha é a amostra. (Barreto, 2007) Portanto, o apresuntado controle foi a amostra mais clara (52,78) e mais vermelha (12,04) e o apresuntado com farinha de yacon foi o mais escuro (51,60) e o menos vermelho (11,66) (Tabela 4). Ao avaliarem treze marcas de presunto cozido comercializadas na República Checa, Válková et al. (2007) e Scarpa (2009) observaram que os consumidores preferiram produtos com maior valor de luminosidade e menor participação da tonalidade vermelha.

O parâmetro  $b^*$  expressa a intensidade da cor amarela da amostra que, para carnes e produtos derivados, se relaciona com a coloração marrom (Barreto, 2007). O apresuntado com farinha de yacon é a mais marrom (5,74). O aumento do índice de amarelo ( $b^*$ ) dos produtos pode ser atribuído a mudanças no estado químico dos pigmentos heme, ocasionado pelas alterações no pH e a possíveis pró-oxidantes durante o armazenamento, alterando as suas características de absorção e reflexão da luz (Chinait, et al., 2009). No entanto, o principal fator que pode ter contribuído intensamente para o aumento do índice  $b^*$  é a inclusão de compostos de tonalidade amarela oriundos do yacon. Essas alterações são evidenciadas pelo aumento do ângulo de tonalidade ( $h^*$ ) do produto com o tempo de estocagem, o que indica maior participação da tonalidade de amarelo (Juncher et al., 2003; Sheridan et al., 2007).

De acordo com Devatkal et al. (2004), a  $C^*$  representa a intensidade da cor. O apresuntado com extrato de frutano foi o que apresentou maior intensidade (12,99) e o apresuntado com farinha de yacon, o que apresentou menor intensidade (12,71) (Tabela 4).

Essa diferença de coloração pode estar relacionada ao pH da matéria-prima; se o pH final da matéria-prima for alto, a atividade sobrevivente das enzimas citocromo será maior (Ramos & Gomide, 2007).

A influência dos índices de vermelho e amarelo torna-se mais facilmente perceptível quando eles são avaliados por meio do índice de saturação ( $C^*$ ) e do ângulo de tonalidade ( $h^*$ ). O apresuntado com farinha de yacon apresentou menor valor de saturação (12,71) e maior valor de tonalidade (26,19) do que os demais apresuntados. Isso indica que o produto apresentou tonalidade tendendo para amarelo e menor saturação (mais próximo do centro do sólido de cor), o que condiz com a coloração mais escura evidenciada pela luminosidade.

Para os apresuntados, embora exista diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre eles, todos se encontram muito próximos na região do laranja ( $25^\circ < h^* < 70^\circ$ ) e com níveis de saturação muito semelhantes (Ramos & Gomide, 2007).

#### **6.4 Textura dos apresuntados**

Na Tabela 5 estão representados os valores das médias dos atributos de textura: dureza (kgf), fraturabilidade (kgf), coesividade, adesividade (kgf.mm), flexibilidade (mm) e mastigabilidade (kgf.mm), presentes nos apresuntados controle, com extrato de frutanos e com farinha de yacon.

TABELA 5 Valores das médias dos atributos de textura nos apresentados controle, com extrato de frutanos e com farinha de yacon.

<b>Apresentados</b>	<b>Dureza (kgf)</b>	<b>Fraturabilidade (kgf)</b>	<b>Coesividade</b>	<b>Adesividade (kgf.mm)</b>	<b>Flexibilidade (mm)</b>	<b>Mastigabilidade (kgf.mm)</b>
<b>Apresentado CONTROLE</b>	1,099443 B	0,022214 A	0,944757 A	0,002200 B	4,65 AB	4,671 A
<b>Apresentado Extrato de frutano</b>	0,825614 C	0,021857 A	0,464600 C	0,003757 A	4,54 B	1,800 C
<b>Apresentado farinha yacon</b>	1,223950 A	0,021486 A	0,882950 B	0,003943 A	4,68 A	3,950 B

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O apresetado com farinha de yacon mostrou maior dureza (1,22 kgf) quando comparado aos demais (Tabela 5). Já o apresetado com extrato de frutano forneceu a menor dureza (0,82). Isso pode ter ocorrido pelo fato de a fécula de mandioca conferir ao apresetado melhor coesividade que a farinha e o extrato de yacon.

Huidobro et al. (2005) e Mendonza et al. (2001) relataram que o resultado de dureza é o atributo de maior importância para o consumidor entre os atributos de textura, citando que a dureza representa a força máxima requerida para comprimir a amostra.

Quanto à fraturabilidade, não houve diferença significativa ( $P \geq 0,05$ ) entre as formulações (Tabela 5).

Os apresetados com farinha de yacon e com extrato de frutano apresentaram maiores adesividade (0,0039 e 0,0037, respectivamente) em relação ao controle, o que pode ser devido à uma maior perda de exsudado, corroborado pela maior perda de água destes (Tabela 5). Além de água, este exsudado é composto por proteínas e ingredientes da formulação, responsáveis por conferir liga às peças cárneas. Desta forma, a adição de farinha e extrato de yacon pode ter prejudicado a retenção de água dos produtos elaborados, o que pode ter ocasionado uma maior presença de exsudado na superfície dos produtos e contribuído para a maior adesividade observada.

Embora a adesividade, coesividade e mastigabilidade dos produtos adicionados de farinha de yacon e extrato de frutano tenham sido negativamente afetados através da análise instrumental, esta alteração não foi suficiente para ocasionar uma mudança na textura dos produtos quando avaliado por um painel sensorial.

### **6.5 Análise sensorial**

A avaliação sensorial realizada nos apresetados controle, com extrato de frutanos e com farinha de yacon, está representada na Tabela 6.

TABELA 6 Valores da média dos atributos sensoriais (sabor, textura, impressão global) presentes nos apresuntados controle, com extrato de frutanos e com yacon.

Apresuntados	Sabor	Textura	Impressão global
Apresuntado controle	7,28 A	6,95	7,70 A
Apresuntado extrato de frutano	7,13 A	6,68	7,60 A
Apresuntado farinha de yacon	6,72 B	6,70	6,65 B

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verifica-se que não foram encontradas diferenças significativas entre os apresuntados controle e com extrato de frutano, para todos os atributos analisados (Tabela 6). O apresuntado com farinha de yacon apresentou pior sabor e impressão global, quando comparado aos outros. A farinha de yacon apresenta compostos fenólicos que contribuem para o sabor adstringente, o que pode ter influenciado negativamente o sabor. Esses compostos fenólicos podem também ter contribuído para uma coloração mais escura nessa formulação por meio de maior oxidação nos mesmos. Pode-se dizer que, sensorialmente, as amostras de apresuntados deste experimento foram consideradas com boa aceitação sensorial pela escala de avaliação, obtendo valores entre 6 (gostei ligeiramente) e 7 (gostei moderadamente).

Como o apresuntado controle e o com extrato de frutanos não diferiram estatisticamente nos quesitos sabor, textura e impressão global, torna-se vantajoso substituir a água por extrato de frutanos, obtendo-se, assim, um produto de melhor qualidade nutricional, rico em FOS.

Garcia et al. (2002) estudaram a incorporação de 1,5% e 3% de fibra de trigo em salame. Os resultados indicaram que a menor concentração (1,5%) não

influenciou o sabor e a textura do embutido, enquanto a maior concentração testada (3%) prejudicou a textura do produto, deixando-o com uma dureza maior.

A análise sensorial é uma ferramenta utilizada na identificação das preferências dos consumidores por um determinado produto e para a determinação das diferenças e similaridades entre produtos concorrentes (Stone & Sidel, 1993). Por isso, é também imprescindível a utilização de métodos objetivos (cor e textura), para que se possa classificar um determinado alimento em função de sua qualidade, uma vez que fornece informações rápidas e reprodutíveis (Ramos & Gomide, 2007), proporcionando uma padronização na fabricação de um produto.

## 7 CONCLUSÃO

O apresuntado com farinha de yacon apresentou menor teor de extrato etéreo, proteínas, índice amarela, tonalidade, dureza, flexibilidade, adesividade e obteve a menor nota de impressão global.

O apresuntado com extrato de frutano apresentou menor teor de umidade e maior teor de fibra e potássio, em relação ao apresuntado controle. Nos atributos de textura, esse apresuntado apresentou menor dureza, coesividade, mastigabilidade e maior adesividade em relação ao controle, porém, não foi suficiente para reduzir a aceitação do produto, no que diz respeito ao quesito textura. Quanto à impressão global, o apresuntado com extrato de frutano teve aceitabilidade igual à do controle.

O extrato de frutano pode ser utilizado em substituição à água na fabricação de apresuntado.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADI LEIBA, M. D.; VALD, A.; PELEG, E.; SHAMISS, M. D.; GROSSMAN, E. Does dietary recall adequately assess sodium, potassium, and calcium intake in hypertensive patients. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 21, n. 4, p. 462-466, Apr. 2005.

AOAC- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of analysis of Association of official Analytical Chemists Internacional**. 17. ed., Gaithersburg: Horwitz, 2000. 2200p.

BACKERS, T.; NOLL, B. Dietary fibers for meat processing. **Food Marketing & Technology**, Noremberg, v. 4, n. 8, p. 316-320, dec. 1997.

BARRETO, A. C. da S. **Efeito da adição de fibras como substitutos de gordura em mortadela**. 2007. 189 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. Livraria Varela. São Paulo, 2001. 142 p.

BOTEGA, L. M. G.; RAMOS, E. M.; DUTRA, M. P.; TEXEIRA, J. T.; RAMOS, A. L. S.; CONTADO, J. L. Avaliação da cor objetiva de apresuntados elaborados com diferentes concentrações de soro de leite. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 23, n. 170/171, p. 499-500, 2009.

BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, Oxford, v. 32, n. 7, p. 62-72, 1978.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria da Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade de almôndega, de apresuntado, de fiambre, de hambúrguer, de kibe e de presunto cozido. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 149, p. 7-12, 3 ago. 2000. Seção 1.

BREWER, M. S.; ZHU, L. G.; BIDNER, B.; MEISINGER, D. J.; MCKEITH, F. K. Measuring pork color: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. **Meat Science**, Barking, v. 57, n. 2, p. 176-196, 2001.

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

CHINAIT, T. M. N.; RAMOS, E. M.; SCARPA, A. B. O.; RAMOS, A. L. S.; RODRIGUES, E. C.; SILVA, R. A. G. Avaliação da textura objetiva de presuntos e apresetados comerciais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 5., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2009. 1 CD-ROM

CHINAIT, T.M.N.; TEIXEIRA, J. T.; BRESSAN, M. C.; RODRIGUES, E. C.; RAMOS, E. M.; GAMA, L. T.; CARDOSO, G. P.; BOTEGA, L. M. G.; DUTRA, M. P. Avaliação da cor objetiva da carne de bovinos de diferentes grupos genéticos terminados no sistema confinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 5., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2009. 1 CD-ROM

CYRINO, N. A.; BARRETTO, A. C. S. O que a Vitacel pode fazer aos seus embutidos. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 352, n. 349, p. 110-111, mar. 2006.

De LIMA, D. R. **Avaliação da adição de fibra de trigo em produto cárneo tipo presunto cozido “cook-in”** Dissertação(mestrado tecnologia de alimentos) –Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia. p.72, 2005.

DEVATKAL, S.; MENDIRATTA, S. K.; KONDIAK, N. Quality characteristics of loaves from buffalo meat, liver and vegetables. **Meat Science**, Barking, v. 67, n. 3, p. 377-383, Jul 2004.

FERREIRA, D. F. **Programa SISVAR - Sistema de Análise de Variância**. Versão 3.04. Lavras: UFLA, 2000. Software.

FONTES, P. R.; RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. de M. Avaliação da cor objetiva de mortadelas adicionadas de sangue tratado com monóxido de carbono e formuladas com ou sem adição de nitrito. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 3., 2005, São Pedro. **Anais...** Campinas: CTC/ITAL, 2005. 1 CD-ROM.

GARCIA-ESTEBAN, M.; ANSORENA, D.; GIMENO, O.; ASTIASARAN, I. Optimization of instrumental colour analysis in dry-cured ham. **Meat Science**, Barking, v. 63, n. 3, p. 287-292, Mar. 2003.

GARCIA, M. L.; DOMINGUEZ, R.; GALVEZ, M. D.; CASAS, C.; SELGAS, M. D. Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. **Meat Science**, Barking, v. 60, n. 3, p. 227-336, Mar. 2002.

HUIDOBRO, F. R.; MIGUEL, E.; BLÁZQUEZ, B.; ONEGA, E. A comparison between two methods: Warner-Bratzler and texture profile analysis: for testing either raw meat or cooked meat. **Meat Science**, Barking, v. 69, n. 3, p. 527-536, Mar. 2005.

HUNT, M. C.; ACTON, J. C.; BENEDICT, R. C.; CALKINS, C. R.; CORNFORTH, D. P.; JEREMIAH, L. E.; OLSON, D. G.; SALM, C. P.; SAVELL, J. W.; SHIVAS, S. D. AMSA guidelines for meat color evaluation. In: ANNUAL RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 44., 1991, Manhattan. **Proceedings...** Manhattan: Kansas State University, 1991. p. 3-17.

IYENGAR, R.; GROSS, A. Fat substitutes. In: GOLDBERG, I.; WILLIAMS, R. **Biotechnology and food ingredients**. New York: V.N. Reinhold, 1991. p. 287-313.

JIMENEZ-COLMENERO, F.; AYO, M. J.; CARBALLO, J. Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. **Meat Science**, Barking, v. 69, n. 4, p. 781-788, Apr. 2005.

JUNCHER, D.; RØNN, B.; HANSEN, T. B.; HENCKEL, P.; KARLSSON, A.; SKIBSTED, L. H.; BERTELSEN, G. Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of colour and lipid during chill storage of sliced, retail packed roast ham. **Meat Science**, Barking, v. 63, n. 2, p. 151-159, Feb. 2003.

KEETON, J. T. Low-fat meat products: technological problems with processing. **Meat Science**, Barking, v. 36, n. 1/2, p. 261-276, Feb. 1994.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. Editora Artmed. Porto Alegre, 6 ed., p 383, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MENDONZA, E.; GARCIA, M. L.; CASAS, C.; FERNANDEZ, M. F.; SELGAS, M. D. Utilización de proteínas como substitutos de grasa en productos cárnicos. **Alimentación: Equipos y Tecnología**, La Rioja, v. 7, n. 1, p. 87-92, 1998.

MENDOZA, E.; GARCÍA, M. L.; CASAS, C.; SELGAS, M. D. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. **Meat Science**, Barking, v. 57, n. 4, p. 387-393, Apr. 2001.

NINESS, K. R. Inulin and oligofructose: what are they. **Journal Nutrition**, Philadelphia, v. 129, n. 7, p. 1402-1406, July 1999.

PIETRASIK, Z. Effect of content of protein, fat and modified starch on binding textural characteristics, and colour of comminuted scalded sausages. **Meat Science**, Barking, v. 51, n. 1, p. 17-25, Jan. 1999.

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

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade em carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 599 p.

RAMOS, E. M.; RAMOS, A. L. S.; VIOLIN, L. M.; BISPO, K. C. S.; FONTES, P. R. Influência da deformação e da velocidade de compressão na textura objetiva de produtos curados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES (CTC), 4. MERCADOS DO SÉCULO XXI: QUALIDADE, SEGURANÇA ALIMENTAR, CERTIFICAÇÃO E RASTREABILIDADE, Campinas, **Anais...** Campinas-SP, 09 a 11 de outubro de 2007. p.423-426, 1 CD-ROM.

SAS. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE. **User's guide**. Version 6.12. Cary, 1996. 956 p.

SCARPA, M. B. O.; RAMOS, E. M. L.; MARQUES, A. C. P.; CHINAIT, T. M. N.; PALHARES, P. C.; RAMOS, A. L. S. Caracterização de presuntos e apresuntados comerciais: avaliação sensorial e instrumental da cor. sessão de tecnologia de processamento de carne e embalagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 5., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Centro de Tecnologia de Carnes, 2009. 1 CD-ROM.

SHERIDAN, C., O'FARRELL, M., LEWIS, E., FLANAGAN, C., KERRY, J., JACKMAN, K. A comparison of CIE  $L^*a^*b^*$  and spectral methods for the analysis of fading in sliced cured ham. **Journal of optics A: Pure and applied optics**, v.9, p.S32-S39, 2007.

STONE, H. S.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation: practices**. 2. ed. London: Academic, 1993. 337 p.

SZCZESNIAK, A. S. Sensory texture profiling: historical and scientific perspectives. **Food Technology**, Oxford, v. 52, n. 8, p. 54-57, 1998.

TERRA, N.N. **Apontamentos de tecnologia de carnes**. São Leopoldo: editora UNISINOS, 1998. 216p.

THEBAUDIN, J. Y.; LEFEBVRE, A. C.; HARRINGTON, M. Dietary fibers: nutritional and technological interest. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 8, n. 2, p. 41-48, Feb. 1997.

VÁLKOVÁ, V.; SALÁKOVÁ, A.; BUCHTOVÁ, H.; TREMLOVA, B. Chemical, instrumental and sensory characteristics of cooked pork ham. **Meat Science**, Barking, v. 77, n. 4, p. 608-615, Dec. 2007.

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

## ANEXOS

<b>ANEXO A</b>		<b>Página</b>
FIGURA 1A	Modelo de ficha aplicada na análise sensorial teste de qualidade. ....	131

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Produto:** Apresuntado

Você está recebendo três amostras de apresuntado. Por favor, prove da esquerda para direita e avalie sua qualidade (sabor, textura e impressão global) de acordo com a escala. Obrigada!

1	Péssimo
2	Muito ruim
3	Moderadamente ruim
4	Ligeiramente ruim
5	Indiferente
6	Ligeiramente boa
7	Moderadamente boa
8	Muito boa
9	Ótima

**Amostra**            \_\_\_\_\_            \_\_\_\_\_            \_\_\_\_\_

Sabor                    \_\_\_\_\_            \_\_\_\_\_            \_\_\_\_\_

Textura                   \_\_\_\_\_            \_\_\_\_\_            \_\_\_\_\_

Impressão global    \_\_\_\_\_            \_\_\_\_\_            \_\_\_\_\_

FIGURA 1A Modelo de ficha aplicada a qualidade do apresuntado

<b>ANEXO B</b>	<b>Página</b>
TABELA 1B	<p>Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade, extrato etéreo, cinzas, proteína, fibra bruta presentes no yacon em diferentes tamanhos do tubérculo (grande, médio e pequeno) e em dois tempos de armazenamento (1 e 20 dias). ....</p> <p style="text-align: right;">135</p>
TABELA 2B	<p>Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos minerais (zinco, magnésio, ferro, fósforo, cálcio e potássio) presentes no yacon em diferentes tamanhos do tubérculo (grande, médio e pequeno) e em dois tempos de armazenamento (1 e 20 dias). ....</p> <p style="text-align: right;">136</p>
TABELA 3B	<p>Quadrados médios da análise de variância para os compostos fenólicos presentes no yacon em diferentes tamanhos do tubérculo (grande, médio e pequeno) e em dois tempos de armazenamento (1 e 20 dias). ....</p> <p style="text-align: right;">137</p>
TABELA 4B	<p>Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos frutanos (<math>\text{mg.g}^{-1}</math> de yacon fresco) da interação entre o tamanho do tubérculo (grande, médio e pequeno), tipo de extração (extração água 75°C, extração água 95°C, extração etanol 90°C), nos tempos 1 e 20 dias após a coleta, determinados por espectrofotometria. .</p> <p style="text-align: right;">138</p>

TABELA 5B	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos frutanos ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de yacon fresco) da interação entre o tamanho do tubérculo (grande,médio e pequeno), tipo de extração (extração água 75°C, extração água 95°C, extração etanol 90°C), nos tempos 1 e 20 dias após a coleta, determinados por CLAE. ....	139
TABELA 6B	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade, extrato etéreo, cinzas, proteína, fibra bruta dos apresentados controle, com extrato de frutanos e com yacon. ....	140
TABELA 7B	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos minerais (sódio e potássio) dos apresentados controle, com extrato de frutanos e com yacon. ....	141
TABELA 8B	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância das coordenadas de cor luminosidade ( $L^*$ ), índice de vermelho ( $a^*$ ), índice de amarelo ( $b^*$ ), saturação ( $C^*$ ) e tonalidade ( $h^*$ ) dos apresentados controle, com extrato de frutanos e com yacon. ....	142
TABELA 9B	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância de textura (dureza, fraturabilidade, coesividade, adesividade, flexibilidade e <i>mastigabilidade</i> ) presentes nos apresentados controle, com extrato de frutanos e com yacon. ....	143

TABELA 10B	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância da sensorial (sabor, textura e impressão global) presentes nos apresentados controle, com extrato de frutanos e com yacon. ....	144
------------	--	-----

TABELA 1B Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade, extrato etéreo, cinzas, proteína, fibra bruta presentes no yacon em diferentes tamanhos do tubérculo (grande, médio e pequeno) e em dois tempos de armazenamento (1 e 20 dias).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio e suas significâncias				
		Umidade	Extrato etéreo	Proteína	Cinzas	Fibra
Tamanho	2	1,0278803 <sup>ns</sup>	0,0007125 <sup>ns</sup>	0,0098293 <sup>**</sup>	0,007166 <sup>**</sup>	14,0791229 <sup>**</sup>
Tempo	1	28,8410895 <sup>**</sup>	0,0126042 <sup>**</sup>	0,2646002 <sup>**</sup>	0,1457040 <sup>**</sup>	3,6192844 <sup>**</sup>
Tamanho X Tempo	2	5,5316836 <sup>**</sup>	0,0625542 <sup>**</sup>	0,0003874 <sup>ns</sup>	0,0011168 <sup>**</sup>	46,1682102 <sup>**</sup>
Erro	18	0,7185218	0,0003347	0,0006639	0,0003125	0,1825772
CV (%)		1,04	3,365	3,120	2,630	4,523

\*\* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

TABELA 2B Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos minerais (zinco, magnésio, ferro, fósforo, cálcio e potássio) presentes no yacon em diferentes tamanhos do tubérculo (grande, médio e pequeno) e em dois tempos de armazenamento (1 e 20 dias).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio e suas significâncias					
		Zinco	Magnésio	Ferro	Fósforo	Cálcio	Potássio
Tamanho	2	36,3176240 **	0,0000375 <sup>ns</sup>	28,0981462 **	0,0015292 **	0,0080792 **	0,0718176 **
Tempo	1	0,0009625 <sup>ns</sup>	0,0000375 <sup>ns</sup>	3,8964662 **	0,0008167 **	0,0024000 **	0,2860184 **
Tamanho X Tempo	2	10,3959259 **	0,0006250 **	197,6708184 **	0,0002042 <sup>ns</sup>	0,0000125 <sup>ns</sup>	0,0595158 <sup>ns</sup>
Erro	18	0,2514911	0,0000125	0,6117495	0,0000583	0,0000889	0,0193721
CV (%)		3,821	7,644	3,478	3,227	14,321	10,203

\*\* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

TABELA 3B Quadrados médios da análise de variância para os compostos fenólicos presentes no yacon em diferentes tamanhos do tubérculo (grande, médio e pequeno) e em dois tempos de armazenamento (1 e 20 dias).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
		Fenólicos
Tamanho	2	0,0200375 **
Tempo	1	0,1162041 **
Tamanho X Tempo	2	0,0102042 **
Erro	18	0,0003264
CV (%)		3,659

\*\* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

TABELA 4B Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos frutanos ( $\text{mg.g}^{-1}$  de yacon fresco) da interação entre o tamanho do tubérculo (grande,médio e pequeno), tipo de extração (extração água 75°C, extração água 95°C, extração etanol 90°C) nos tempos 0 e 20 dias após a coleta, determinados por espectrofotometria.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
		Extração
Tamanho	2	9,3662937 **
Extração	2	421,7746363 **
Tempo	1	298,1209228 **
Tamanho X Extração	4	731,8472161 **
Tamanho X Tempo	2	452,8006343 **
Extração X Tempo	2	2894,1795673 **
Tamanho X Extração X Tempo	4	404,8673703 **
Erro	18	163,4206391
CV (%)		3,606

\*\* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

TABELA 5B Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos frutanos ( $\text{mg.g}^{-1}$  de yacon fresco) da interação entre o tamanho do tubérculo (grande, médio e pequeno), tipo de extração (extração água 75°C, extração água 95°C, extração etanol 90°C), nos tempos 0 e 20 dias após a coleta, determinados por CLAE.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
		Extração
Tamanho	2	2959,2470741 **
Extração	2	107,1537713 <sup>ns</sup>
Tempo	1	96,2935998 <sup>ns</sup>
Tamanho X Extração	4	585,7641066 **
Tamanho X Tempo	2	396,2352975 **
Extração X Tempo	2	799,4043582 **
Tamanho X Extração X Tempo	4	730,0598234 **
Erro	18	51,9319764
CV (%)		5,707

\*\* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

TABELA 6B Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para umidade, extrato etéreo, cinzas, proteína, fibra bruta dos apresentados controle, com extrato de frutanos e com farinha de yacon.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio e suas significâncias				
		Umidade	Extrato etéreo	Proteína	Cinzas	Fibra
Yacon	2	14,1496768 **	0,076167 **	1,119371 **	0,000273 **	65,4402685 **
Erro	18	2,1896521	0,047266	1,095566	0,000070	0,3424092
CV (%)		1,932	12,45	7,68	12,86	6,212

\*\* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

TABELA 7B Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos minerais (sódio e potássio) dos apresentados controle, com extrato de frutanos e com farinha de yacon.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio e suas significâncias	
		Sódio	Potássio
Apresentado	2	7,114426 **	0,0039572 **
Erro	18	0,754338	0,0009413
CV (%)		2,047	3,735

\*\* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

TABELA 8B Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância das coordenadas de cor luminosidade (L\*), índice de vermelho (a\*), índice de amarelo (b\*), saturação (C\*) e tonalidade (h\*) dos apresentados controle, com extrato de frutanos e com farinha de yacon.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio e suas significâncias				
		L*	A*	B*	C*	H*
Yacon	2	2,5767932 **	0,2657593 **	2,3734593 **	0,1542407 **	47,3949248 **
Erro	18	0,4078333	0,0583876	0,0478987	0,07507786	0,6437820
CV (%)		1,225	2,042	4,32	2,127	3,456

\*\* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

TABELA 9B Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância de textura (dureza, fraturabilidade, coesividade, adesividade, flexibilidade e *mastigabilidade*) presentes nos apresuntados controle, com extrato de frutanos e com farinha de yacon.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio e suas significâncias					
		Dureza	Fraturabilidade	Coesividade	Adesividade	Flexibilidade	Mastigabilidade
Yacon	2	0,2956307 **	0,001929 **	0,475918 **	0,000007 **	0,039257 **	15,557942 **
Erro	18	0,0007282	0,001939	0,000049	0,0000000	0,005729	0,012303
CV (%)		2,571	2,166	0,910	4,919	1,785	3,438

\*\* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

TABELA 10B Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância da sensorial (sabor, textura e impressão global) presentes nos apresentados controle, com extrato de frutanos e com farinha de yacon.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio e suas significâncias		
		Sabor	Textura	Impressão global
Apresentado	2	11,118863**	2,821705 **	42,994832 **
Provador	128	2,672400	3,935683	1,885094
Erro	256	1,780321	2,009205	1,864624
CV (%)		18,93	20,95	18,65

\*\* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F