

CHRISTIANE MILEIB VASCONCELOS

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE IOGURTE
“LIGHT” COM FARINHA DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

CHRISTIANE MILEIB VASCONCELOS

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE IOGURTE
“LIGHT” COM FARINHA DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*)**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos para a obtenção do título de
“Magister Scientiae”.

APROVADA: 27 de julho de 2010.

Prof^ª. Célia Lúcia de Luces Fortes
Ferreira
(Co-orientadora)

Prof^ª. Mônica Ribeiro Pirozi
(Co-orientadora)

Prof^ª. Edimar Aparecida Filomeno Fontes

Prof^ª. Ana Clarissa dos Santos Pires

Prof. José Benício Paes Chaves
(Orientador)

A mente que se abre a uma nova ideia,
jamais voltará ao seu tamanho original”.

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

- À DEUS por estar sempre presente em minha vida e me permitir realizar mais um sonho.
- Aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e incentivando, e aos meus irmãos pelo carinho e amizade, amo muito vocês.
- Ao meu namorado Marcelo, meu grande companheiro, que esteve sempre ao meu lado, nunca me deixando desanimar. Você é muito especial para mim.
- Aos meus familiares e amigos, companheiros indispensáveis da vida, que estiveram sempre presentes.
- Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal de Viçosa pela possibilidade de execução deste trabalho.
- Ao Professor José Benício Paes Chaves pela orientação e pelos ensinamentos.
- À Professora Hércia Stampini Duarte Martino, pela oportunidade de realizar algumas análises no Departamento de Nutrição e pela imensa ajuda nas horas de desespero.
- Às Professoras Célia Lúcia de Luces Fortes Ferreira, Mônica Ribeiro Pirozi e Valéria Paula Rodrigues Minim pelas valiosas sugestões.
- Ao Professor Afonso Mota Ramos por ter me ajudado durante a realização de algumas análises.
- Às grandes amigadas que conquistei em Viçosa e que muito me ajudaram durante meu experimento: Elaine, Ludmilla, Fatinha, Patrícia, Juan Camilo, Juan Eduardo, Rita, Eliane, Simone, Anderson, Cassiano, Hudsara e Marcela.
- A todos os provadores, em especial à equipe de provadores: Anderson, Anna, Arthur, Dorina, Elaine, Fatinha, Flávia, Hudsara, Juan Camilo, Laura, Marcela, Maria Emília, Nayara, Rita e Thanise, pela paciência e por terem ido até o final desse estudo comigo.
- Às secretárias do Departamento de Tecnologia de Alimentos Vaninha, Carla e Letícia pela ajuda e serviços prestados.
- Aos funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos e de Nutrição, Seu Zé, Zé Geraldo, Pio, Pi, Dimas, Seu Manoel, Juarez, Nivaldo, Isabel, agradeço pelos ensinamentos e colaboração na execução deste trabalho.

BIOGRAFIA

CHRISTIANE MILEIB VASCONCELOS, filha de Marco Aurélio de Vasconcelos Ribeiro e Meire Mileib da Silva Vasconcelos, nasceu em 20 de abril de 1983, em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Em março de 2004, ingressou no curso de Nutrição na Universidade Federal de Alfenas, Alfenas – MG, concluindo a graduação em março de 2008. Em agosto do mesmo ano, iniciou o curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se ao exame final de defesa de dissertação de mestrado em julho de 2010.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo geral	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1. Aspectos históricos e de produção de yacon	3
3.2. Características e composição química do yacon	5
3.3. Frutanos: frutooligossacarídeos e inulina.....	6
3.4. Propriedades funcionais do yacon	8
3.5. Processamento do yacon.....	10
3.6. Iogurte.....	10
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
4.1. Planejamento experimental	11
4.2. Processo de obtenção da farinha de yacon	12
4.3. Processo de fabricação do iogurte com yacon.....	15
4.4. Análises físico-químicas do iogurte com yacon.....	17
4.4.1. Determinação da composição centesimal da raiz, da farinha e do iogurte com yacon	17
4.4.2. Determinação de fibra alimentar total da raiz, farinha de yacon e do iogurte.....	17
4.4.3. Determinação do rendimento da farinha de yacon	18
4.4.4. Determinação das coordenadas de cor do iogurte	18
4.4.5. Determinação do pH do iogurte.....	19
4.4.6. Determinação de sólidos solúveis totais do iogurte.....	19
4.4.7. Determinação da acidez titulável do iogurte	19
4.4.8. Determinação da viscosidade aparente do iogurte	20
4.5. Determinação do valor calórico do iogurte	20
4.6. Análise descritiva pelo método espectro sensorial	20

4.6.1. Condições do teste	20
4.6.2. Recrutamento e seleção da equipe sensorial.....	20
4.6.3. Treinamento da equipe sensorial	23
4.6.4. Avaliação dos iogurtes com yacon	28
4.7. Teste de aceitação sensorial do iogurte com yacon.....	29
4.8. Análise estatística das avaliações físico-químicas e sensoriais do iogurte com yacon.....	29
5. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	30
5.1. Determinação da composição centesimal da raiz, farinha de yacon e dos iogurtes	30
5.2. Análises físicas e químicas de iogurte com yacon	35
5.2.1. Determinação da viscosidade aparente.....	37
5.3. Análise descritiva pelo método espectro sensorial.....	39
5.3.1. Avaliação dos iogurtes com yacon	39
5.4. Teste de aceitação sensorial de iogurte com yacon	46
6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	47
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura química de três principais frutooligossacarídeos (GF2, GF3 e GF4)	7
Figura 2. Fluxograma de obtenção da farinha de yacon.....	13
Figura 3. Processamento de yacon in natura para obtenção de farinha.....	14
Figura 4. Fluxograma de processamento de iogurte desnatado adicionado de farinha de yacon e aspartame.....	16
Figura 5. Sistema de coordenadas de cor CIELAB, 1976.....	17
Figura 6. Modelo de ficha utilizada na avaliação das formulações de iogurte com yacon pelo Método Espectro Sensorial de Análise Descritiva.....	26
Figura 7. Variação da viscosidade aparente dos iogurtes contendo 0 %; 1,58 %; 2,56 %; 3,00 % e 3,86 % de farinha de yacon nas temperaturas de —◆— 10°C e --■-- 25° C.....	37
Figura 8. Intensidade do atributo sensorial textura farinácea para cada provador na Análise Descritiva pelo Método Espectro Sensorial	40
Figura 9. Intensidade do atributo sensorial residual de farinha para cada provador na Análise Descritiva pelo Método Espectro Sensorial.	40
Figura 10. Intensidade do atributo sensorial gosto doce para cada provador na Análise Descritiva pelo Método Espectro Sensorial.....	41
Figura 11. Intensidade do atributo sensorial aroma fermentado para cada provador na Análise Descritiva pelo Método Espectro Sensorial.	41
Figura 12. Perfil sensorial das formulações de iogurte “light” com yacon. — Formulação controle; — 1,58% de farinha de yacon; — 2,56% de farinha de yacon; — 3,00% de farinha de yacon; — 3,86% de farinha de yacon.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Proporção do ingredientes nas formulações de iogurte com yacon.....	12
Tabela 2. Conteúdo e intensidade dos ingredientes utilizados no preparo das soluções aplicadas no teste de gostos primários.....	21
Tabela 3. Conteúdo das amostras de suco de manga e de uva utilizadas para avaliação de viscosidade e acidez, respectivamente, em escala não estruturada de 15 cm.	22
Tabela 4. Conteúdo dos aromatizantes utilizados no preparo das soluções apresentadas no teste de identificação de odor.	22
Tabela 5. Diluição das amostras de iogurte, doce de leite e requeijão utilizados no teste de textura para ordenação da intensidade de consistência pelos participantes.	23
Tabela 6. Diluição das amostras de iogurte e doce de leite utilizadas no teste de aparência para ordenação da intensidade de cor pelos participantes.....	23
Tabela 7. Linguagem sensorial utilizada na avaliação sensorial descritiva de iogurtes com yacon.....	25
Tabela 8 Exercícios aplicados durante a sessão prática para avaliar o desempenho dos provadores em relação à memorização das amostras referências.....	25
Tabela 9. Valores médios da composição centesimal da raiz e da farinha de yacon e rendimento da farinha de yacon.....	30
Tabela 10. Valores médios e desvio padrão da composição centesimal e valor calórico dos iogurtes.....	31
Tabela 11. Modelos de equação de regressão da variação do teor de água e cinzas em função da concentração de farinha de yacon (X) e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e níveis de probabilidade (p).	32
Tabela 12. Valores médios e desvio padrão das coordenadas L, a e b de cor e valores de pH, sólidos solúveis totais e acidez dos iogurtes com yacon.	35
Tabela 13. Modelos de equação de regressão da variação das coordenadas L, a e b de cor e de sólidos solúveis totais em função da concentração de farinha de yacon (X) e seus respectivos coeficiente de determinação (R^2) e níveis de probabilidade (p).	36
Tabela 14. Modelos de equação de regressão da variação da viscosidade dos iogurtes com yacon a 10 e 25 °C em função da concentração de farinha de yacon (X)	

e seus respectivos coeficiente de determinação (R^2) e níveis de probabilidade (p)	39
Tabela 15. Resumo da ANOVA dos atributos sensoriais de iogurte com farinha de yacon.....	42
Tabela 16. Modelos de equação de regressão da variação dos atributos da análise descritiva pelo método espectro sensorial dos iogurtes com yacon em função da concentração de farinha de yacon (X), seus respectivos coeficiente de determinação (R^2) e níveis de probabilidade (p)	43
Tabela 17. Resultados médios (n = 92) e desvio padrão da avaliação da aceitação sensorial dos iogurtes com e sem farinha de yacon.....	46
Tabela 18. Modelos de regressão para os atributos avaliados no teste de aceitação dos iogurtes com yacon em função da concentração de farinha de yacon (X) e seus respectivos coeficiente de determinação (R^2) e níveis de probabilidade (p).	47

RESUMO

VASCONCELOS, Christiane Mileib, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2010. **Caracterização físico-química e sensorial de iogurte “light” com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. Orientador: José Benício Paes Chaves. Co-orientadores: Célia Lúcia de Lucas Fortes Ferreira, Mônica Ribeiro Pirozi e Valéria Paula Rodrigues Minim.

O Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é uma espécie originária da região dos Andes, composto principalmente por água (85 a 90 % do peso fresco) e carboidratos (90 % da matéria seca), especialmente glicose, frutose, sacarose e frutooligossacarídeos (FOS), sendo este último considerado um prebiótico. Os FOS atuam melhorando a microbiota intestinal, reduzindo a concentração de lipídios do sangue, inibindo estágios iniciais de câncer de cólon, dentre outros. Tendo em vista que, atualmente as indústrias de alimentos têm o foco voltado para o desenvolvimento de produtos com alto valor nutricional e de conveniência, visando atender à demanda dos consumidores por um estilo de vida mais saudável, o presente trabalho objetivou desenvolver iogurte “light” adicionado de diferentes concentrações de farinha de yacon e caracterizá-los quanto aos aspectos físico-químicos (água, proteínas, lipídios, cinzas, fibras totais e carboidratos cor, sólidos solúveis, pH, acidez titulável e viscosidade), sensoriais (análise descritiva pelo método espectro sensorial e teste de aceitação) e cálculo do valor calórico dos iogurtes. Foram analisadas formulações de iogurte contendo 1,58; 2,56; 3,00 e 3,86 % de farinha de yacon e uma formulação controle, sem adição de farinha de yacon. Na análise sensorial descritiva, os 11 atributos sensoriais definidos (cor, granulidade, viscosidade, consistência, textura farinácea, residual de farinha, gosto doce, gosto ácido, sabor de yacon, aroma de yacon e aroma fermentado) foram avaliados por uma equipe sensorial de 9 provadores treinados utilizando uma escala não estruturada de 15 cm. Os resultados de todas as análises foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e para aqueles resultados que apresentaram diferença significativa ($p < 0,01$), foram ajustados modelos de regressão. A composição centesimal dos iogurtes permitiu classificá-los como iogurtes restritos em gordura, com baixo valor calórico e contendo fibras, especialmente os iogurtes com 2,56; 3,00 e 3,86 % de farinha de yacon que podem ser considerados como alimentos fonte de fibras e, portanto, prebióticos. Em relação às análises físico-químicas, houve variação significativa ($p < 0,01$) da cor, sólidos solúveis totais e acidez com o aumento da concentração de farinha de yacon. A viscosidade também variou significativamente ($p < 0,01$) com a concentração de farinha

de yacon nas temperaturas de 10 e 25 °C, com efeito positivo. Os resultados da análise descritiva pelo método espectro indicaram que os iogurtes apresentaram grande variação em seus perfis sensoriais. O iogurte “light” com 3,86 % de farinha de yacon destacou-se por apresentar maior intensidade para cor, granulabilidade, viscosidade, consistência, textura farinácea, residual de farinha, aroma de yacon e sabor de yacon, e menor para aroma fermentado e gosto ácido. Os iogurtes “light” com 2,56 e 3,00 % de farinha de yacon apresentaram bastante semelhança em relação aos atributos avaliados. Para todos os atributos sensoriais avaliados, houve maior aceitação daqueles com menor concentração de farinha de yacon, visto que não é comum este tipo de produto, tão menos, o hábito de consumo de yacon. Conclui-se que a adição de farinha de yacon em iogurte é uma alternativa viável para a indústria de fermentados, contudo, mais estudos precisam ser realizados para obter uma melhor adequação das características sensoriais dos mesmos.

ABSTRACT

VASCONCELOS, Christiane Mileib, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2010. **Physico-chemical and sensory characterization of yogurt light added with yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour**. Adviser: José Benício Paes Chaves. Co-advisers: Célia Lúcia de Luces Fortes Ferreira, Mônica Ribeiro Pirozi and Valéria Paula Rodrigues Minim.

The yacon (*Smallanthus sonchifolius*) is originated in the Andean region. It is composed primarily of water (85-90 % of fresh weight) and carbohydrates (90 % dry matter), especially glucose, fructose, sucrose and fructooligosaccharides (FOS). The has last one considered a prebiotic, which works by improving intestinal flora, reducing concentration of blood lipids, inhibiting the early stages of colon cancer, among others. Considering that currently the food industry have a focus on developing products with high nutritional value and convenience, to meet consumer demand for a healthier lifestyle, this study aimed to develop yogurt "light" supplemented with yacon flour and characterize them as physical-chemical aspects (moisture, protein, fat, ash, dietary fiber and carbohydrates, color, soluble solids, pH, acidity and viscosity) and sensory (descriptive analysis by sensory spectrum method and acceptance test) and calculate the caloric value of the yoghurts. Yogurt containing 1,58; 2,56; 3,00 and 3,86 % of yacon flour and a control formulation without addition of yacon flour were analyzed. Descriptive sensory analysis of 11 sensory attributes (color, graininess, viscosity, consistency, mealy texture, residual flour, sweet taste, sour taste, yacon flavor, yacon aroma and fermented aroma) were evaluated by nine sensory trained panel using a 15 cm unstructured scale. Results of all tests were subjected to analysis of variance (ANOVA) and for those showing significant differences ($p < 0,01$), regression models were tested. Chemical composition of yoghurt formulations allowed to classify them as restricted-fat yogurt, low calorie, containing fibers, especially yogurt with 2,56; 3,00 and 3,86 % of yacon flour that can be considered as a food source fiber and therefore prebiotics. Regarding the physical-chemical analysis showed significant variation ($p < 0,01$) for color, soluble solids and acidity with increasing concentration of yacon flour. Viscosity also varied significantly ($p < 0,01$) with the concentration of yacon flour at temperatures of 10 and 25 °C, with positive effect. As for the sensory evaluation results indicated that, yoghurts varied greatly in their sensory profiles. Yoghurt "light" with 3,86 % yacon flour stood out due to a higher intensity for color, graininess, viscosity, consistency, mealy texture, residual flour, yacon aroma and yacon flavor, and lower for

fermented aroma and sour taste. Yoghurt "light" with 2,56 and 3,00 % of yacon flour were quite similar with respect to attributes. According to the acceptance test for sensory attributes evaluated, there was greater acceptance of those with lower concentrations of yacon flour, since it is not common this type of product, the less the consumption habit of yacon. It is concluded that the addition of yacon flour in yogurt is a viable alternative for the fermentation industry, however, more studies are needed to obtain a better matching of the sensory characteristics of them.

1. INTRODUÇÃO

Os alimentos funcionais constituem prioridade de pesquisa na área de nutrição e tecnologia de alimentos, levando-se em conta o interesse do consumidor em alimentos mais saudáveis, que além de nutrir possam modular o sistema fisiológico do organismo (FERREIRA, 2000; NITSCHKE; UMBELINO, 2002; KIMURA, 2002; OLIVEIRA, 2002). O setor lácteo não foge a essa tendência de produzir alimentos em que a funcionalidade é o principal atributo (MATSUBARA, 2001; BELCHIOR, 2003).

Dentre os produtos derivados do leite, o iogurte tem grande destaque, pela sua versatilidade, podendo apresentar ausência ou reduzido teor de gordura, ser adicionado de frutas, cereais e diferentes sabores (TAMIME; ROBINSON, 2000; McKINLEY, 2005), ou apresentar reduzido teor de carboidratos, sendo assim caracterizado como iogurte “light”, categoria essa que visa atender pessoas preocupadas com a saúde em função dos riscos causados pela alta ingestão de sacarose, como a obesidade, cárie dental, ou simplesmente que queiram manter a boa forma (CASTRO; FRANCO, 2002). Também pode ser enriquecido com alimentos aos quais são atribuídas características probióticas, prebióticas e nutracêuticas.

O yacon (*Smallanthus sonchifolius*), raiz de origem andina, tem sido descrito como o alimento com maior conteúdo de frutooligosacarídeos (FOS) na natureza, diferentemente da maioria dos tubérculos e raízes que armazenam seus carboidratos em forma de amido. Os FOS são um tipo especial de carboidrato com efeitos benéficos para a saúde humana. Uma das principais características desses carboidratos é a estimulação do crescimento de bactérias não patogênicas por meio da fermentação colônica, sendo assim classificados como constituintes bioativos com alegação prebiótica (MEIER; LOCHS, 2007).

A partir da raiz de yacon é possível obter a farinha, que vem sendo utilizada como ingrediente em alimentos, dando origem a produtos com baixo teor de gordura e reduzido valor calórico, além de propiciar benefícios fisiológicos ao consumidor (ROLIM, 2008).

O desenvolvimento de um iogurte “light” com farinha de yacon pode contribuir para a obtenção de um produto de fácil consumo, grande funcionalidade fisiológica e com grande potencial de mercado. Essas características associadas à presença de atributos sensoriais desejáveis (aparência, aroma, sabor, textura e aceitação geral), são fatores fundamentais para assegurar um produto no mercado. Porém, para garantir que

este produto tenha sucesso junto aos consumidores é necessário que se trabalhe com ferramentas de qualidade. Dentre estas ferramentas têm-se as técnicas de análise sensorial que permitem diagnosticar os tipos e causas de deficiências na qualidade do produto, o que é fundamental para se definir medidas preventivas na produção, processamento e distribuição (MADRONA et al., 2009).

Dentre os métodos sensoriais analíticos utilizados em alimentos, destaca-se a análise descritiva pelo método espectro que consiste em uma completa, detalhada e precisa caracterização dos atributos sensoriais de um produto, dando ênfase tanto aos aspectos qualitativos, quanto aos quantitativos de medidas descritivas. A percepção das características do produto é registrada em relação a uma escala universal ou absoluta (MUÑOZ & CIVILLE, 1992).

As atividades de treinamento do método espectro são extensas e muito lentas, exigindo uma média de 4 horas por semana, durante um período aproximado de 3 meses. Apesar deste período ser intensivo, ele é necessário para permitir que a equipe seja universal, além de definir os padrões de referência, com respectivas intensidades específicas, visando o desenvolvimento da "escala universal" (STONE & SIDEL, 1985).

Outros testes de expressiva relevância e úteis no campo da análise sensorial são os testes afetivos, que geralmente vêm em seqüência aos descritivos. Os testes afetivos compreendem aqueles que irão avaliar o grau de gostar ou desgostar de determinado produto, ou ainda a preferência que o consumidor assume sobre um produto com relação a outro. Estes testes podem fornecer informações complementares às respostas obtidas pela análise descritiva (STONE & SIDEL, 1985).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um iogurte "light" com farinha de yacon e caracterizá-lo quanto aos aspectos físico-químicos e sensoriais, sugerindo uma alternativa viável para as indústrias de alimentos, visto que tal produto poderia contribuir para o mercado de consumidores que procuram alimentos capazes de manter a saúde e retardar ou diminuir as complicações de algumas doenças crônicas não transmissíveis.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Desenvolver iogurte “light” adicionado de farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) e avaliar seus aspectos físico-químicos e sensoriais.

2.2. Objetivos específicos

- Produzir farinha de yacon a partir das raízes;
- Determinar a composição centesimal (teor de água, cinzas, proteínas, lipídios, fibras totais e carboidratos) da raiz e da farinha de yacon;
- Determinar o rendimento da farinha de yacon;
- Desenvolver iogurtes com farinha de yacon, adequando suas concentrações a fim de obter iogurtes fontes de fibras totais, inulina e/ou frutooligossacarídeos.
- Determinar as características físico-químicas (teor de água, cinzas, proteínas, lipídios, fibras totais, carboidratos, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, viscosidade aparente e coordenadas de cor L*, a* e b*) dos iogurtes com farinha de yacon;
- Determinar o valor calórico dos iogurtes com farinha de yacon;
- Determinar o perfil sensorial dos iogurtes com farinha de yacon por meio da análise descritiva utilizando o método espectro sensorial;
- Realizar teste de aceitação sensorial dos iogurtes com farinha de yacon.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Aspectos históricos e produção de yacon

O yacon, uma espécie originária dos Andes, região de clima temperado, é encontrado desde a Colômbia e a Venezuela até o noroeste da Argentina, em altitudes que variam de 2.000 m a 3.400 m (HERMANN; FREIRE; PAZOS, 1998). A planta é da família *Asteraceae*, também denominada de *Compositae*, predominando a espécie *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. Na literatura, também é utilizado *Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl. e *Polymnia edulis* Wedd, para referir-se

ao yacon (Wells, 1965 citado por SEMINÁRIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003).

Devido ao fato dessa raiz ser uma fonte alimentar bastante aquosa e, portanto, ser um alimento de baixo valor calórico, seu uso foi negligenciado por muitos anos pelos camponeses nas frias regiões Andinas (GRAU et al., 2001). Somente na década de 60, o yacon foi levado pela primeira vez do Equador até a Nova Zelândia, país em que se adaptou bem. Em 1985, ele foi levado da Nova Zelândia ao Japão, onde foram realizados os primeiros estudos que permitiram determinar sua composição química e seus efeitos favoráveis à saúde. O Japão foi o centro de dispersão da raiz até outros países, como Coréia e Brasil, e é o país onde se realiza a maior quantidade de investigações científicas referentes ao manejo agrônomo, à composição química, às propriedades sobre a saúde e desenvolvimento de produtos (SEMINÁRIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003).

No Brasil, o yacon foi introduzido como cultivo comercial em 1991, em Capão Bonito – São Paulo (VILHENA, 1997), por um agricultor brasileiro, de origem japonesa, iniciando com uma pequena indústria familiar que abastecia a comunidade japonesa, fornecendo o produto na forma de raízes frescas, desidratadas, “chips” e folhas secas para o preparo de chás medicinais para diabéticos (GRAU et al., 2001). A partir disso, passou a ser produzido e comercializado no Estado de São Paulo e, posteriormente, também na região de Itajaí, em Santa Catarina (QUINTEROS, 2000).

Apesar de sua origem andina, o yacon representa uma espécie com desenvolvimento extremamente adaptável quanto ao clima, à altitude e aos tipos de solo (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989; QUINTEROS, 2000). Alguns estudos indicam uma produtividade que varia de 10 a 100 toneladas/hectare (UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, 2003). No Brasil, tomando-se como referência a batata e a mandioca, com rendimentos médios que variam em torno de 20-30 t/ha e 13,5 t/ha, respectivamente, segundo dados de Eduardo (2002) e Gomes e Leal (2003), tem-se que o cultivo de yacon possui um elevado potencial de produtividade.

A colheita das raízes tuberosas para consumo é realizada por volta de 10 e 12 meses após o plantio, quando a parte aérea está totalmente seca (OLIVEIRA; NISHIMOTO, 2004). No Brasil, sua colheita ocorre de março a setembro, mas é possível encontrar pequena oferta em outros meses (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989).

3.2. Características e composição química do yacon

O yacon tem em sua composição, como principais substâncias, água e carboidratos. O percentual de água das raízes situa-se em torno de 85 a 90 % da massa fresca, conferindo um baixo valor energético da raiz e vida útil reduzida em condições ambientais, aproximadamente sete dias (MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005).

As raízes contêm entre 10 e 14 % de matéria seca, sendo esta composta por aproximadamente 90 % de carboidratos (MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005; GRAEFE et al., 2004), dentre eles, são encontrados os monossacarídeos frutose e glicose, e os oligossacarídeos, sacarose e frutooligossacarídeos (FOS), além de traços de amido e inulina (Asami et al. 1991; Ohyama et al. 1990 citados por GRAU; REA, 1997).

A composição dos açúcares varia em função de fatores como o cultivar, a época de cultivo e a colheita, o tempo e a temperatura na pós-colheita (SEMINARIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003). No entanto, mesmo que a proporção de cada açúcar possa variar, pode-se considerar a seguinte composição em base seca: 40 a 70 % de FOS, 5 a 15 % de sacarose, 5 a 15 % de frutose e menos de 5 % de glicose (MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005).

O conteúdo de proteínas, lipídios, vitaminas e minerais das raízes é bastante baixo (SEMINARIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003). Proteínas e lipídios representam apenas 0,27 a 0,49 g/100 g e 11,2 a 46,4 mg/100 g da massa seca, respectivamente (HERMANN; FREIRE; PAZOS, 1998). Potássio é o mineral mais abundante, correspondendo a cerca de 230 mg/100 g de matéria fresca comestível ou de 1 a 2 % da massa seca. Em menores quantidades são encontrados o cálcio, fósforo, magnésio, sódio, ferro, zinco, manganês e cobre (MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005).

Algumas vitaminas encontradas no yacon geralmente apresentam-se em elementos traços na composição, exceto o ácido ascórbico, presente em concentrações mais elevadas (8,6 mg/100 g da raiz de yacon) (QUINTEROS, 2000). Outro composto encontrado é o triptofano, existente em quantidades médias de $14,6 \pm 7,1$ µg/g (VALENTOVÁ; ULRICHOVÁ, 2003). O triptofano é um aminoácido essencial para seres humanos e animais, e também um importante precursor da melatonina e

serotonina e que tem importante atividade antioxidante (Konturek et al., 1997 citado por MARANGONI, 2007).

O yacon também apresenta em sua composição, compostos fenólicos que possuem importante atividade antioxidante (SIMONOVSKA et al., 2003; VALENTOVÁ; ULRICHOVÁ, 2003).

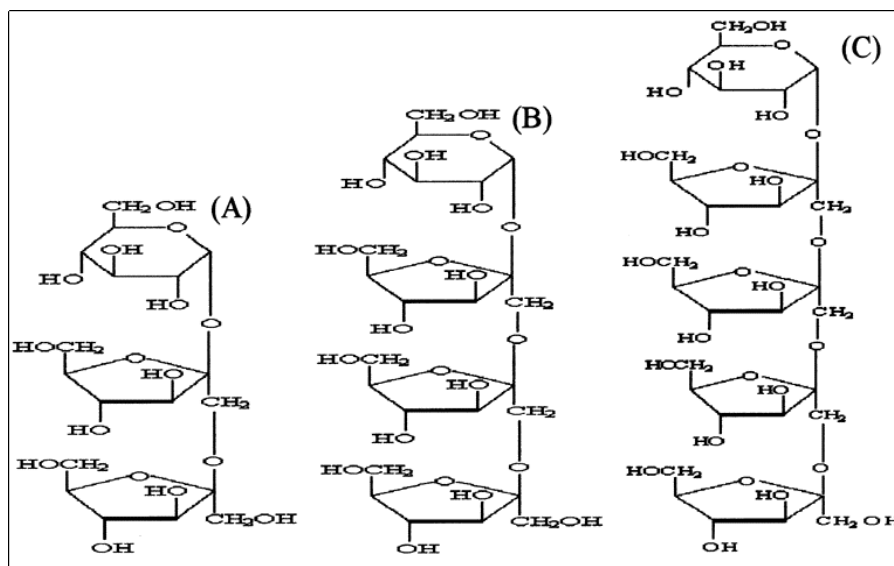
Valentová e Ulrichová (2003) identificaram, além dos compostos fenólicos citados, quercetina e outros dois flavonóides. Esses compostos têm como propriedades gerais: serem antioxidantes, exercer efeitos quelantes e modular a atividade de vários sistemas enzimáticos, de modo a atuar majoritariamente na dieta como elementos que promovem saúde ante fatores químicos e físicos estressantes para o organismo (GUTIÉRREZ MAYDATA, 2002).

O yacon também tem sido reportado como uma boa fonte da enzima fenoloxidase, a qual catalisa a oxigenação de compostos fenólicos a quinonas que, após polimerização, apresentam os típicos pigmentos marrons ou pretos, conhecidos da oxidação enzimática de frutas e hortaliças (VALENTOVÁ; ULRICHOVÁ, 2003).

Com base em sua composição, surge a hipótese de que o yacon pode ser considerado um alimento funcional pelo seu conteúdo de substâncias funcionais como os FOS e inulina, os quais atuam como fibras solúveis, além da presença de compostos fenólicos que possuem atividade antioxidante no organismo humano (RIBEIRO, 2008).

3.3. Frutanos: frutooligossacarídeos e inulina

Os frutanos como os FOS e inulina são oligo e polissacarídeos, respectivamente, constituídos por uma molécula de sacarose à qual se unem resíduos de frutose por ligações glicosídicas $\beta(2\rightarrow1)$ e/ou $\beta(2\rightarrow6)$ podendo ser lineares ou ramificadas (CAPITO, 2001; LAJOLO; MENEZES, 2006). É comum encontrar, adicionalmente, uma molécula de glicose no início de cada cadeia de frutano (NINESS, 1999) (Figura 1).



A – trissacarídeo que consiste de 1 molécula de glicose e 2 moléculas de frutose (GF2);
 B – tetrassacarídeo que consiste de 1 molécula de glicose e 3 moléculas de frutose (GF3);
 C – pentassacarídeo que consiste de 1 molécula de glicose e 4 moléculas de frutose (GF4);
 Fonte: Lachman et al., 2004.

Figura 1. Estrutura química de três principais frutooligosacarídeos (GF2, GF3 e GF4).

Os FOS podem ser originados da quebra da inulina, pela enzima inulase, e está presente em alimentos como a cebola, beterraba, alho e raiz de yacon. A hidrólise parcial da inulina produz um conjunto de oligossacarídeos, sendo inulo-oligossacarídeos (IOS), frutooligosacarídeos (FOS) e oligofrutanas ou oligofrutoses. A hidrólise completa da inulina por exo-inulinases (enzimas) resulta na formação de glicose e frutose (ROBERFROID, 1993).

A diferença entre FOS e inulina reside no número de moléculas de frutose que têm estas cadeias. Na inulina, este número varia de 2 a 60, enquanto que nos FOS, que apresentam cadeias menores, o número varia de 2 a 10 moléculas de frutose (NINESS, 1999; SPIEGEL; ROSE; KARABELL, 1994). Isto significa que os FOS podem ser considerados um subgrupo da inulina, motivo pelo qual alguns autores preferem empregar o termo FOS do tipo inulina para referir-se à natureza dos açúcares presentes no yacon (GOTO et al., 1995).

FOS e inulina são altamente estáveis, suportam pH acima de 3 e temperatura superior a 140 °C. A solubilidade atingida na água a 25 °C é de 80 %, sendo solúvel em etanol a 80 %, pH 2 e 0 °C, diferenciando-se de outros polissacarídeos (MOURA, 2004) como a celulose, pectina, lignina e hemiceluloses, que caracterizam-se pela sua insolubilidade em água e solubilidade em soluções alcalinas (WHISTLER; SMART,

1953). FOS e inulina são capazes de resistir a processos térmicos, como a pasteurização, não cristalizam, não precipitam e nem deixam sabor residual (VAN LOO et al., 1999).

Durante a colheita, depois de retirados os órgãos das plantas, estes se tornam unidades independentes e logo transformações químicas e bioquímicas assumem um papel de elevada importância na produção de energia para os processos de respiração e transpiração. A energia necessária para suprir a demanda destes processos provém da despolimerização das cadeias dos FOS armazenados, isto é, os FOS são hidrolisados em açúcares simples pela ação da enzima frutano hidrolase, que rompe a cadeia entre os resíduos de frutose até a molécula terminal de sacarose e, em seguida, a invertase rompe a molécula de sacarose resultando em frutose e glicose livres (CARVALHO et al., 2004; MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2005). Os trabalhos de Graefe et al. (2004) indicam que a velocidade desta conversão é especialmente rápida nos primeiros dias pós-colheita. Após uma semana de armazenamento à temperatura ambiente, cerca de 30 a 40% dos FOS terão sido transformados em açúcares simples.

A hidrólise de FOS em açúcares simples (glicose, frutose e sacarose) pode ser importante para a comercialização do yacon, conferindo à raiz um gosto mais adocicado, no entanto, para se obter o máximo de benefício dos FOS, a melhor forma de consumir yacon seria a recém colhida (SEMINARIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003).

3.4. Propriedades funcionais do yacon

Diversas são as propriedades medicinais popularmente atribuídas ao yacon. Na Cajamarca, Peru, o yacon é considerado anti-raquítico. Na medicina folclórica andina as raízes são empregadas desde épocas muito antigas, como remédio para afecções renais e hepáticas. Na Bolívia a raiz é consumida por pessoas com diabetes e com problemas digestivos. Os camponeses andinos também o consideram um rejuvenescedor da pele (GRAU; REA, 1997; SEMINÁRIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003).

No Brasil, de todos os benefícios atribuídos ao yacon, a maior importância refere-se à redução da glicemia e ao auxílio na redução da obesidade (SILVA; CANDIDO, 2004). Sabe-se que a maior parte dos açúcares solúveis no yacon é a frutose, e este monossacarídeo não é dependente de insulina para ser captado pelas células para sua utilização. Isto significa que os FOS são açúcares de baixa energia e não elevam o nível de glicose no sangue. Estas propriedades têm convertido o yacon em um recurso

potencialmente importante para o mercado de produtos para diabéticos e na prevenção e tratamento da obesidade (Nakanishi, 1997 citado por RIBEIRO, 2008; SEMINÁRIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003).

O consumo de yacon também favorece a melhora do clearance renal (AYBAR et al., 2001), levando à redução da eliminação de creatinina e albumina em pessoas diabéticas (CAMPOS, 2007).

Os frutanos presentes no yacon também são resistentes às enzimas hidrolíticas da saliva e do aparelho digestivo humano e, por isso, quando consumidas, chegam ao cólon sem alterações significativas em sua estrutura. No cólon, são fermentados pela microbiota intestinal com produção dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) como o acetato, propionato e butirato, além de ácido lático, dióxido de carbono e hidrogênio (ROBERFROID, 1993). Os AGCC produzidos provocam a redução do pH no cólon, impedindo com isso, a proliferação das bactérias putrefativas e nocivas no intestino grosso. Também têm sido associados ao metabolismo de lipídios e à melhor assimilação de cálcio (SEMINÁRIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003).

O alto conteúdo de água e fibras solúveis das raízes também desempenha um papel importante, pois além de contribuir na saciedade da fome, pode ajudar a corrigir a constipação (MANRIQUE; HERMANN, 2004). Adicionalmente, a quantidade considerável de compostos fenólicos no yacon demonstra atividade antioxidante e, conseqüentemente, podem proteger as membranas celulares contra danos provocados pelos radicais livres (Chuda et al., 1998 citado por RIBEIRO, 2008; MARANGONI, 2007), e com isso, auxiliar na prevenção contra câncer, aterosclerose, doenças cardiovasculares, envelhecimento, entre outros (RIBEIRO, 2008).

Em virtude de seu elevado conteúdo de potássio, o yacon também é capaz de atuar na prevenção da fadiga e das câimbras (SEMINÁRIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003).

Resumidamente, alguns dos benefícios do consumo de yacon para a saúde humana incluem: redução da propensão à cárie; valor energético reduzido; eliminação de bactérias patogênicas e putrefativas por efeitos da multiplicação das bifidobactérias; redução dos lipídios no sangue; aumento da absorção de minerais como cálcio, magnésio e ferro; inibição dos estágios iniciais do câncer de cólon; diminuição da velocidade de absorção dos açúcares e influência sobre a função intestinal com aumento da frequência e massa fecal (GIBSON; ROBERFROID, 1995).

3.5. Processamento do yacon

Há pouca diversidade nas formas de consumo do yacon. Tradicionalmente, o consumo é realizado na forma crua e descascada, uma vez que a casca possui sabor resinoso (GRAU; REA, 1997) ou como fruta seca (SEMINARIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003). Outras formas menos consumidas compreendem a cocção a vapor em água ou em fritura (VALENTOVÁ; ULRICHOVÁ, 2003).

No Japão, as raízes tuberosas são transformadas em produtos de panificação, bebidas fermentadas, pó ou polpa liofilizada e pickles, dentre outros (GRAU; REA, 1997; VALENTOVÁ; ULRICHOVÁ, 2003). Países como Peru, Bolívia e Equador têm desenvolvido estudos abrangentes, visando valorizar as raízes e tubérculos andinos. Para o yacon, obtiveram-se farinhas, doces e fatias desidratadas. No entanto, a estocagem dessas farinhas proporcionou a formação de massas agregadas e duras, mesmo embaladas com polietileno, devido à higroscopicidade dos carboidratos presentes. No Brasil há produção artesanal de desidratados das raízes tuberosas e folhas de yacon. Os produtos são fatias das raízes, semelhantes à batata “chips” e folhas secas destinadas ao preparo de chá (QUINTEROS, 2000).

As formas de apresentação que têm sido utilizadas para o yacon, buscam sempre preservar as características nutricionais e funcionais deste alimento (RIBEIRO, 2008).

3.6. Iogurte

O iogurte é o leite fermentado mais importante economicamente, obtido da coagulação das proteínas do leite pela ação de dois microrganismos, *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. A fermentação desse leite fornece uma melhor assimilação, pelo organismo, de certos componentes, principalmente a lactose e proteínas (BRANDÃO, 1995). Pode-se fazer acompanhar de outras bactérias lácticas que, por sua atividade, contribuem para a determinação das características do produto acabado (BRASIL, 1997; CÓDIGO ALIMENTÁRIO ARGENTINO, 1985).

O iogurte constitui uma rica fonte de proteínas, cálcio, fósforo, vitaminas e carboidratos. O consumo deste produto está relacionado à imagem positiva de alimento saudável e nutritivo, associado à suas propriedades sensoriais (TEIXEIRA et al., 2000). Esse consumo também pode ser atribuído à preocupação crescente das pessoas em

consumirem produtos naturais, e os benefícios que o iogurte traz ao organismo, tais como: facilitar a ação das proteínas e enzimas digestivas no organismo humano, facilitar a absorção de cálcio, fósforo e ferro, ser fonte de galactose – importante na síntese de tecidos nervosos e cerebrosídeos em crianças, bem como ser uma forma indireta de se consumir leite (FERREIRA et al, 2001).

O consumo de iogurte é mais vantajoso que o de leite sob alguns aspectos: apresenta maior digestibilidade (após a primeira hora do consumo cerca de 90 % do iogurte é digerido contra apenas 30 % do leite), promove absorção mais eficiente de alguns minerais, melhora a tolerância à lactose (SHAHANI; CHADAN, 1979; LEE; FRIEND; SHAHANI, 1988; SALJI, 1989), além de ajudar na produção de anticorpos, hormônios e enzimas, importantes para o metabolismo, contribuindo para reforçar o sistema imunológico, retardar o envelhecimento e para o fortalecimento de ossos e do sistema nervoso (KROLOW, 2008).

Com o aumento da obesidade e das doenças relacionadas com a alta ingestão de açúcar e gordura, além do interesse por alimentos mais saudáveis, a indústria de lácteos passou a se preocupar em colocar no mercado produtos que atendessem a este público, sendo então introduzidos iogurtes de baixas calorias, os denominados “light”, que tem como substitutos do açúcar alguns edulcorantes (CARDELLO, 1996; MORAES, 2004).

Estudos têm indicado que a ingestão de iogurtes pode diminuir os níveis de colesterol no sangue; proteger de vários tipos de câncer, devido à ação antimutagênica, evitando as mutações celulares que levam ao câncer de cólon (PACHECO; SGARBIERI, 1999); evitar a putrefação de resíduos alimentares, inibindo o desenvolvimento de microrganismos patogênicos devido à presença de ácido láctico; diminuir a perda de peso imediato; controlar alguns quadros de diarreia crônica ou de diarreia provocada por infecção viral, diminuindo a incidência, a duração e a severidade dos episódios de diarreia (KROLOW, 2008).

4. MATERIAS E MÉTODOS

4.1. Planejamento Experimental

O preparo do iogurte foi conduzido segundo o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com duas repetições. Quatro concentrações de farinha de yacon foram adicionadas aos iogurtes formulados a partir de leite desnatado e adoçados com

aspartame (Tabela 1). As concentrações de farinha de yacon foram estimadas em função da quantidade de fibras alimentares, FOS e/ou inulina recomendada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2005) para alimentos líquidos com alegação de propriedades funcionais, a partir da composição centesimal da farinha de yacon utilizada no presente estudo. Assim, os iogurtes foram adicionados de 1,58; 2,56; 3,00 e 3,86 % de farinha de yacon, quantidades essas capazes de fornecer 1,50 g de fibras totais; 1,50 g de FOS e inulina; 1,75 g de FOS e inulina; e 1,50 g de FOS por porção de iogurte, respectivamente, sendo a porção de iogurte equivalente a 200 mL. A formulação controle consistiu na mistura base de leite desnatado adoçados com aspartame sem adição de farinha de yacon.

Tabela 1. Proporção dos ingredientes nas formulações de iogurte com yacon.

Formulação	Leite desnatado (%)	Farinha de yacon (%)*	Aspartame (%)
Controle	100	-	0,072
F1	100	1,58	0,072
F2	100	2,56	0,072
F3	100	3,00	0,072
F4	100	3,86	0,072

* Valores estimados a partir da composição centesimal da farinha de yacon

4.2. Processo de obtenção da farinha de yacon

As raízes de yacon, proveniente da Central de Abastecimento de Minas Gerais (CeasaMinas) de Belo Horizonte/MG, foram adquiridas no mercado local de Viçosa-MG, em caixas de madeira de *pinus* com capacidade para 25 kg de yacon.

A farinha de yacon produzida com base na metodologia de Ribeiro (2008) foi obtida a partir de 45,482 kg de raízes de yacon “in natura”, que foram descascadas manualmente com facas inoxidáveis, trituradas em multiprocessador (Walita RI7625) e imersas em bacias de aço inoxidável por 15 minutos inicialmente, em solução de hipoclorito de sódio (4 a 6 % de cloro ativo) a 200 ppm e posteriormente, em bissulfito de sódio a 0,1 % em relação ao peso da raiz descascada. Em seguida, as raízes trituradas foram secas em estufa com ventilação forçada (Nova Ética 400ND/300 °C) a 55 °C por 48 horas. As raízes secas foram, então, trituradas em moinho com rotor vertical de martelos fixos com peneira de abertura mesh 30 de crivo circular (Marconi MA-090/CF) para obtenção de farinha.

A limpeza, a sanitização e a secagem das raízes foram realizadas quatro vezes, com aproximadamente 11,4 kg por vez até totalizar os 45,482 kg de raiz. Após a secagem e o processo de moagem da farinha de yacon, a mesma foi embalada em saco de polietileno e armazenada sob refrigeração (10 °C). As etapas de obtenção da farinha de yacon podem ser visualizadas nas Figuras 2 e 3.

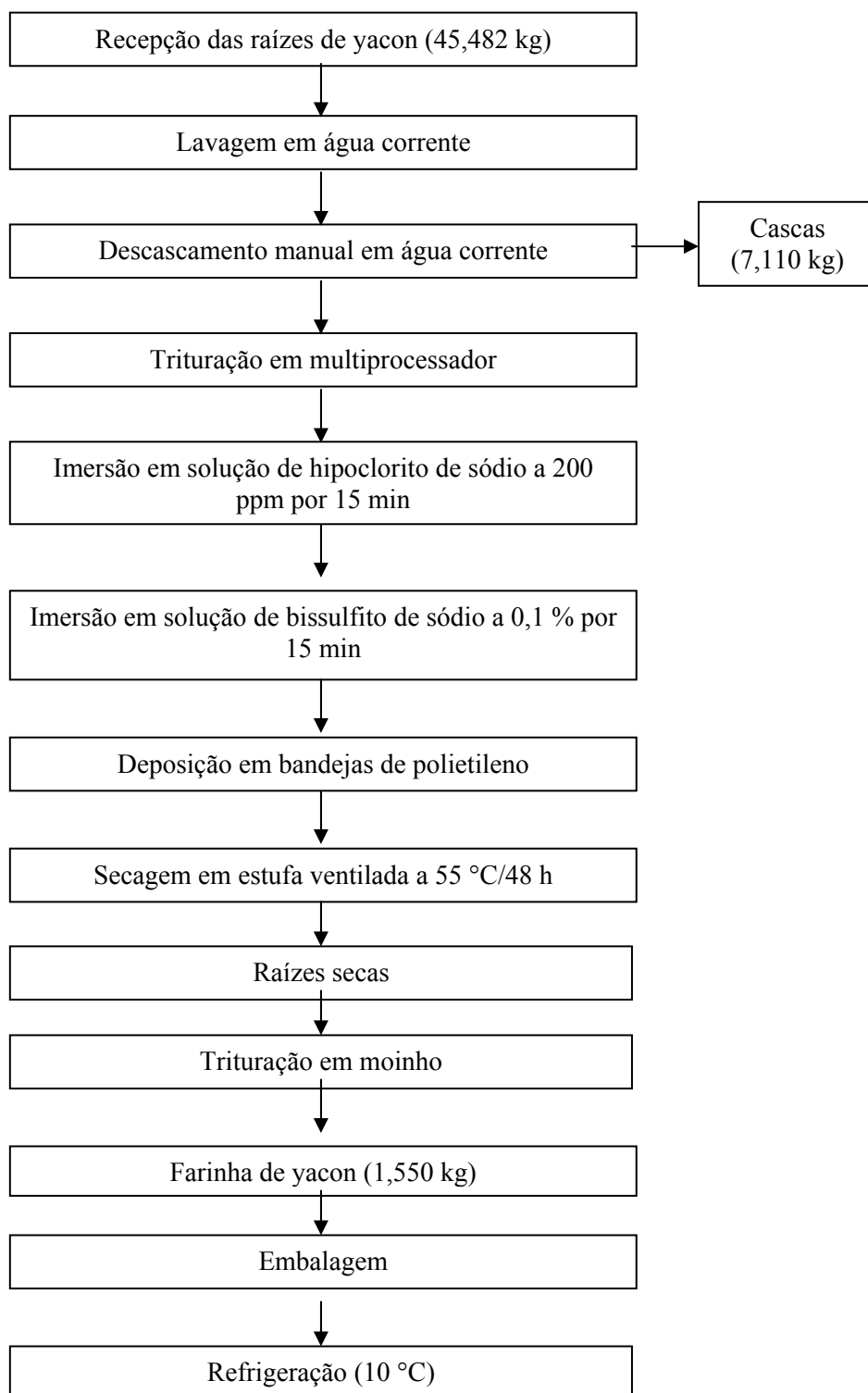


Figura 2. Fluxograma de obtenção da farinha de yacon



Figura 3. Processamento do yacon *in natura* para obtenção da farinha.

4.3. Processo de fabricação do iogurte “light” com yacon

A fabricação do iogurte com yacon foi realizada no Laboratório de Propriedades Tecnológicas e Sensorial dos Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa.

Os iogurtes foram elaborados com leite desnatado, farinha de yacon e aspartame, variando apenas a concentração de farinha de yacon. Ao leite desnatado foi adicionado a farinha de yacon e o aspartame, sendo a mistura homogeneizada em agitador mecânico (Omni Macro ES Digital Programmable Homogenizer) a 4.480 x g por 10 minutos.

Duas iogurteiras de aço inoxidável com capacidade para 20 L (Biasinox) foram utilizadas na produção de cada iogurte. Em cada uma das iogurteiras foram adicionados 7 L da mistura homogeneizada, para serem aquecidos a temperatura de 83 °C por 30 minutos.

Após o aquecimento, a mistura foi resfriada até 42 °C na própria iogurteira com abertura do controle de entrada/saída de água de resfriamento e aquecimento, e acrescida de 0,02 % de fermento láctico fornecido pela Christian Hansen (Valinos, SP), conforme Reis (2007), contendo culturas de *Lactobacillus delbrüeckii subsp. bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus* para iniciar o processo de fermentação.

O preparo do fermento láctico foi realizado dissolvendo asepticamente a cultura concentrada liofilizada em 1 L de leite desnatado pasteurizado (Viçosa[®]) fervido e resfriado até a temperatura de 40 °C, sendo posteriormente incubado por uma hora e resfriado a 5 °C para, em seguida, ser distribuído em frascos de vidro esterilizados com capacidade para 100 mL. Os frascos foram mantidos em congelador à temperatura de -18 °C. Na ocasião do uso, os frascos foram descongelados e a cultura foi inoculada diretamente na mistura para a fabricação do iogurte.

A fermentação do leite ocorreu por aproximadamente seis horas, a temperatura de 42 a 43 °C, até o iogurte atingir valores de acidez de 0,70 – 0,75 % (expressa em % de ácido láctico). Em seguida ele foi resfriado com abertura do controle de entrada/saída de água de resfriamento e aquecimento até alcançar 37 °C, para então, realizar a quebra da coalhada com agitação manual feita com auxílio de uma colher inoxidável. Imediatamente, foi realizado o envase e fechamento manual em embalagens de polietileno de 860 mL e o armazenamento em câmara fria à temperatura de 2 – 4 °C até o momento das análises sensoriais, totalizando 30 dias.

O processamento de cada iogurte foi realizado em duas repetições seguindo o fluxograma apresentado na Figura 4.

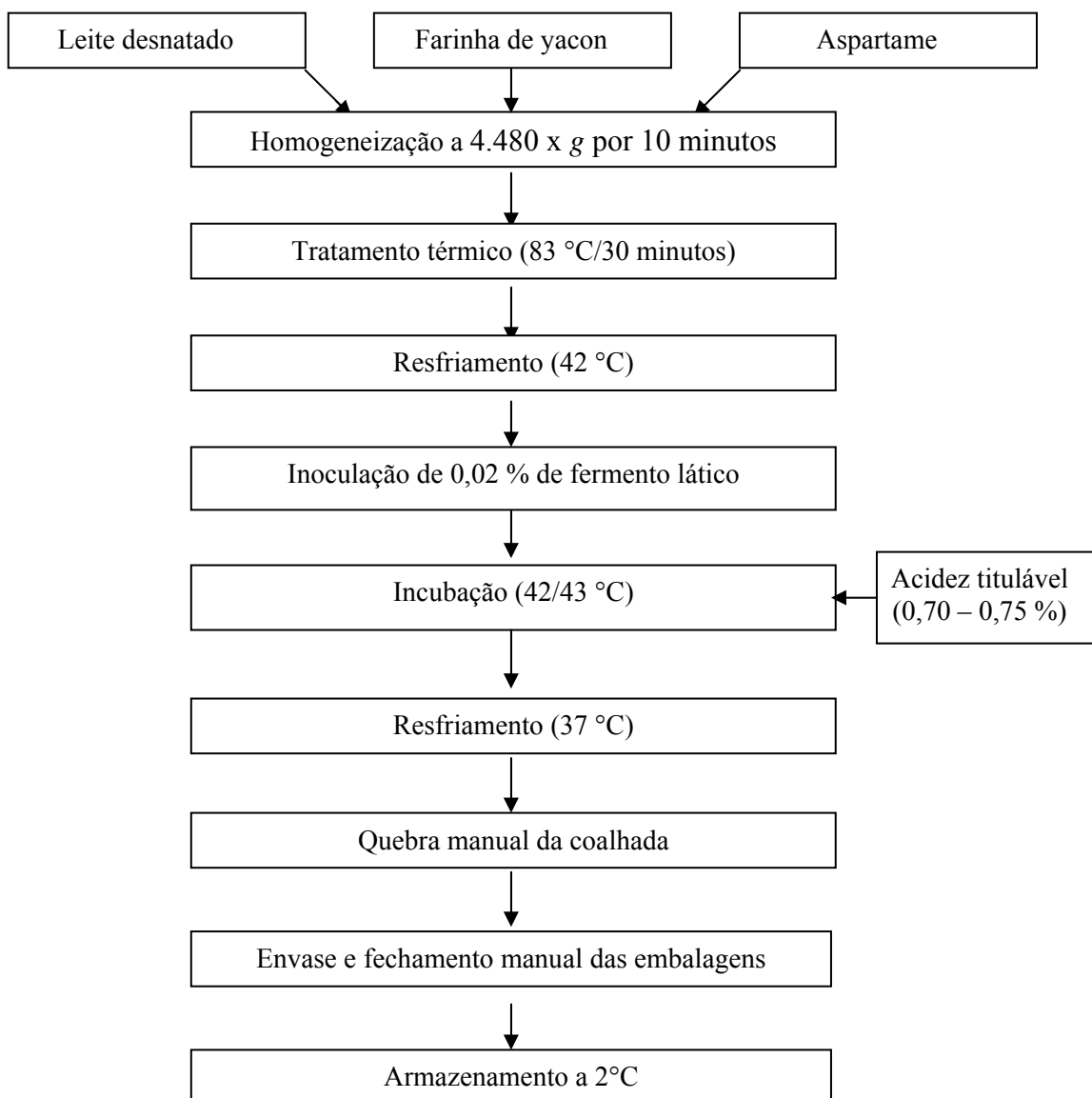


Figura 4. Fluxograma de processamento do iogurte “light” preparado com leite desnatado acrescido de farinha de yacon e aspartame.

4.4. Análises físico-químicas do iogurte com yacon

4.4.1. Determinação da composição centesimal da raiz, da farinha de yacon e do iogurte

A composição centesimal da raiz, farinha de yacon e do iogurte com yacon foi determinada de acordo com os métodos da AOAC. Para a raiz e a farinha de yacon, os resultados foram expressos a partir da média de duas replicatas, pois, apesar do processo de obtenção da farinha de yacon ter sido realizado em quatro repetições, as raízes secas foram moídas todas de uma só vez tornando-se apenas um produto. Já os resultados obtidos para os iogurtes foram expressos a partir da média de duas repetições.

A composição centesimal da raiz e da farinha de yacon foi determinada logo após a elaboração da farinha. Para os iogurtes, a determinação foi realizada 25 dias após sua elaboração, sendo eles armazenados sob refrigeração a 2 - 4 °C.

As análises realizadas foram: teor de água pelo método gravimétrico (método 935.29 da AOAC, 2002), proteína pelo método de micro-Kjeldahl (método 991.20 da AOAC, 2002), lipídios pela extração direta em Soxhlet (método 963.15 da AOAC, 2002) e cinzas por incineração (método 923.03 da AOAC, 2002). A concentração de fibra alimentar total (FAT) foi determinada por meio do somatório da quantidade de fibra alimentar solúvel (FAS), fibra alimentar insolúvel (FAI), FOS e inulina. O teor de carboidratos foi obtido pela diferença entre o total da amostra (100 %) e os teores de água, proteína, lipídios, cinzas e fibras totais.

4.4.2. Determinação de fibra alimentar total da raiz, farinha de yacon e do iogurte

As concentrações de FAS e FAI foram mensuradas utilizando o kit-dietary fiber total, marca Sigma®, seguindo-se as técnicas propostas pela AOAC (1997), que se baseia nas análises enzimático-gravimétricas. Esse método fundamenta-se na porção não hidrolisada de 1 g da raiz ou farinha de yacon e 1 mL de iogurte que resiste à digestão enzimática seqüencial com α -amilase, protease e amiloglicosidase e é insolúvel em etanol entre 78 % e 98 %. As determinações foram expressas como a média de duas replicatas realizada para cada iogurte.

As determinações de FOS e inulina foram realizadas conforme metodologia de Kaneko; Kudo e Horikoshi (1990) por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC)

com coluna HPX 87P marca BIO-RAD (fase estacionária de chumbo), usando água purificada como fase móvel. As amostras foram diluídas (1 g da raiz e farinha ou 1 mL de cada iogurte em 100 mL de água destilada), centrifugadas à 16.128 x g, e depois, filtradas em membrana de decafluoreto de polivinil (PVDF) da Millipore com 0,22 µ de porosidade e 13 mm de diâmetro. Em seguida, as amostras foram injetadas no cromatógrafo líquido marca Várian, modelo Pró-Star 410 com detector de índice de refração e injetor automático (Auto Sampler 410), com fluxo de 0,6 mL/m e temperatura da coluna 85 °C, projetando uma sequência de picos que formam comparados com os padrões.

As determinações de FOS e inulina foram realizadas no Laboratório de Análises do Centro de Raízes e Amidos Tropicais da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus Botucatu.

4.4.3. Determinação do rendimento da farinha de yacon

Para o cálculo do rendimento da farinha de yacon, as raízes foram pesadas antes e após o descascamento para, em seguida, serem submetidas à elaboração da farinha. Após a obtenção da farinha, ela foi pesada e, então, foi calculado o percentual de rendimento em relação peso do yacon com e sem casca.

4.4.4. Determinação das coordenadas de cor do iogurte

As coordenadas de cor do iogurte com yacon foram determinadas utilizando o colorímetro Konica Minolta color reader CR-10, que realiza medidas numa área de leitura 8 mm. O equipamento possuía como especificação: iluminante CIE D65 (luz natural do dia), colocado num ângulo de 8° e observador padrão CIE 10 ° (MINOLTA, 2010). O colorímetro forneceu diretamente os valores de L* (luminosidade), a* e b* (coordenadas de cromaticidade).

As determinações foram realizadas com duas leituras para cada repetição, sendo os iogurtes colocados dentro de uma cubeta de poliestireno com capacidade de 4 mL e entre as leituras, as cubetas foram lavadas com água destilada.

A cor dos iogurtes foi avaliada pela leitura das coordenadas CIE L* a* b* (Comissão Internacional de Iluminantes) (Figura 5).



Figura 5. Sistema de coordenadas de cores CIELAB, 1976
 Fonte: Star Color (2004).

4.4.5. Determinação do pH do iogurte

A determinação do pH do iogurte com yacon foi realizada de acordo com o método 017/IV do Instituto Adolfo Lutz (1985) por meio de leitura direta em pHmetro digital (marca Tekna, modelo T-1000) utilizando-se 10 mL de amostra de cada repetição por iogurte.

4.4.6. Determinação de sólidos solúveis totais do iogurte

A determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST) do iogurte com yacon foi realizada diretamente em refratômetro de bancada modelo ABBÉ à temperatura de 20 ± 3 °C, sendo os resultados expressos em °Brix, de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

4.4.7. Determinação da acidez titulável do iogurte

A acidez titulável do iogurte com yacon foi determinada de acordo com o método 427/IV do Instituto Adolfo Lutz (1985), por titulação com solução Dornic (NaOH N/9), e expressa em °Dornic, sendo que cada 0,1 mL da solução de NaOH N/9 equivale a 1 °D.

4.4.8. Determinação da viscosidade aparente do iogurte

A viscosidade aparente foi determinada em reômetro de cilindros concêntricos tipo Searle, marca Brookfield, modelo R/S plus SST 2000, equipado com o software Rheo 2000, fabricado pela Brookfield Engineering Laboratories, Inc., E.U.A, a 10 e 25 °C, selecionadas como temperatura representativa de consumo usual de iogurtes e temperatura oral, respectivamente (TÁRREGA; DURAN; COSTELL, 2005; ENGELEN et al., 2003). Foi utilizado como sistema de medição o sensor DG DIN com taxa de deformação de 10 s^{-1} . O tempo de ensaio foi de 2 min, completando um total de 30 pontos. As determinações foram realizadas em duplicata, onde para cada leitura foi utilizada uma nova amostra. Os resultados foram expressos em mPa.s.

4.5. Determinação do valor calórico do iogurte

O valor calórico dos cinco iogurtes desenvolvidos foi calculado utilizando-se os coeficientes de Atwater que considera 4 kcal/g para as proteínas e carboidratos e 9 kcal/g para os lipídios (TORRES et al, 2000; WATT; MIRRILL, 1963).

4.6. Análise descritiva pelo método espectro sensorial

4.6.1. Condições do teste

Os testes sensoriais foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial da Universidade Federal de Viçosa – UFV, cujas instalações incluem cabines individuais com controle de iluminação. Para avaliação das amostras foram servidos aproximadamente 30 g de cada, em copos de plástico descartáveis de 50 mL, codificados com números aleatórios de três dígitos, à temperatura de aproximadamente 10 °C.

4.6.2. Recrutamento e seleção da equipe sensorial

Inicialmente, foram recrutados 70 alunos da Universidade Federal de Viçosa, por meio de um questionário (adaptado de DELLA LUCIA, 1999) de identificação de consumidores de iogurte, em bom estado de saúde, disponibilidade de tempo, interesse e

habilidade para utilizar a escala e definir termos descritivos. Desses, 50 foram pré-selecionados para participar da seleção e compor a equipe sensorial.

A seleção dos provadores contou com uma série de testes de acuidade para testar a habilidade dos participantes em detectar e descrever as características sensoriais e suas intensidades e também, com uma entrevista pessoal para investigar o interesse do participante no estudo, disponibilidade e compromisso, problema de saúde não descrito anteriormente, entusiasmo, habilidade verbal e habilidade para trabalhar em grupo (MUÑOZ; CIVILLE, 1992).

Os seguintes testes de acuidade sensorial foram realizados:

- Teste de gostos primários: foram fornecidas 5 soluções aquosas de gostos primários em 2 diferentes concentrações, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Conteúdo e intensidade dos ingredientes utilizados no preparo das soluções aplicadas no teste de gostos primários.

Gostos primários	Intensidade fraca	Intensidade forte
Doce	4 g açúcar/1 L de água	12 g açúcar/1 L de água
Ácido	0,2 g ácido cítrico/1 L de água	4 g ácido cítrico/1 L de água
Salgado	1 g sal de cozinha/1 L de água	3 g sal de cozinha/1 L de água
Amargo	0,4 mL solução*/999,6 mL de água	2 mL de solução*/998 mL de água
Umami	1 g ajinomoto [®] /1 L de água	2 g ajinomoto [®] /1 L de água

*solução de cloridrato de quinina 0,2 % (m/v)

Fonte: CHAVES; SPROESSER (2005)

Os participantes para serem habilitados ao teste deveriam apresentar pelo menos 80 % de acertos para gosto e/ou intensidade das 10 soluções avaliadas (MUÑOZ; CIVILLE, 1992).

- Teste de escala e uso de referências: foram realizados 2 testes, um com suco de manga e outro com suco de uva, todos Maguari[®], ambos em diferentes diluições, para avaliação da consistência e do gosto ácido, respectivamente. Inicialmente, foi apresentado aos participantes 2 amostras referências para consistência (fraca e forte) e gosto ácido (fraco e forte), para familiarização e memorização. Em seguida, os participantes identificaram a intensidade de 3 amostras para cada teste (Tabela 3) com base nas amostras referências, utilizando uma escala não estruturada de intensidade de 0 a 15 cm.

Tabela 3. Conteúdo de amostras de suco de manga e de uva utilizadas para avaliação de viscosidade e acidez, respectivamente, em escala não estruturada de 15 cm.

Amostras	Suco de manga	Suco de uva com 10 % de açúcar
Referência fraca (0 cm)	10 % de suco em 90 % de água	10 % de suco em 90 % de água
Amostra 1 (3,75 cm)	30 % de suco em 70 % de água	30 % de suco em 70 % de água
Amostra 2 (7,5 cm)	50 % de suco em 50 % de água	50 % de suco em 50 % de água
Amostra 3 (11,25 cm)	70 % de suco em 30 % de água	70 % de suco em 30 % de água
Referência forte (15 cm)	90 % de suco em 10 % de água	90 % de suco em 10 % de água

Para serem considerados aptos, os participantes deveriam marcar na escala não estruturada o valor correto atribuído à amostra ou no máximo um valor distante 20 % do valor correto, como indicado na Tabela 3 (MUÑOZ; CIVILLE, 1992).

- Teste de identificação de odor: foram fornecidas 5 soluções aquosas com diferentes aromatizantes (morango, abacaxi, coco, chocolate e laranja) todas da IFF essências e Fragrâncias[®], aos participantes para identificação (Tabela 4).

Tabela 4. Conteúdo dos aromatizantes utilizados no preparo das soluções apresentadas no teste de identificação de odor.

Odores	Solução
Morango*	1 mL do aromatizante/500 mL de água
Abacaxi*	0,7 mL do aromatizante/500 mL de água
Coco*	0,5 mL do aromatizante/500 mL de água
Chocolate	0,7 mL do aromatizante/500 mL de água
Laranja	0,7 mL do aromatizante/500 mL de água

*Fonte: CHAVES; SPROESSER (2005)

Para serem considerados aptos, os participantes deveriam apresentar um índice de acertos de no mínimo 80 % do odor das soluções apresentadas (4 das 5 soluções), em termos comuns ou relacionados (MUÑOZ; CIVILLE, 1992), por exemplo, para o odor de laranja poderiam ser consideradas as respostas com odor de tangerina, cítrico e limão.

- Teste de textura: foram realizados 3 testes com amostras de iogurte de morango, doce de leite em pasta e requeijão cremoso, todos da marca Viçosa[®], em diferentes diluições com leite integral pasteurizado Viçosa[®] para que os participantes ordenassem a intensidade da consistência das amostras. As amostras utilizadas nos testes estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Diluição das amostras de iogurte, doce de leite e requeijão utilizados no teste de textura para ordenação da intensidade consistência pelos participantes.

Amostras	Fraco (1)	Moderado (2)	Forte (3)
Iogurte	Diluído com 50 % de leite	Diluído com 10 % de leite	Sem diluição
Requeijão	Diluído com 50 % de leite	Diluído com 25 % de leite	Sem diluição
Doce de leite	Diluído com 50 % de leite	Diluído com 10 % de leite	Sem diluição

*Amostras avaliadas em relação à viscosidade. ** Amostra avaliada em relação à consistência

Foram considerados aptos àqueles participantes que conseguiram classificar todas as nove amostras na ordem correta de intensidade (MUÑOZ; CIVILLE, 1992).

- Teste de aparência: foram fornecidas amostras de iogurte de morango e de doce de leite em pasta, ambos da marca Viçosa[®], em diferentes diluições com leite integral pasteurizado Viçosa[®] para avaliação de cor. As amostras utilizadas nos testes estão descritas na Tabela 6.

Tabela 6. Diluição das amostras de iogurte e doce de leite utilizadas no teste de aparência para ordenação da intensidade de cor pelos participantes.

Amostras	Fraco (1)	Moderado (2)	Forte (3)
Iogurte	Diluído com 50 % de leite	Diluído com 10 % de leite	Sem diluição
Doce de leite	Diluído com 50 % de leite	Diluído com 10 % de leite	Sem diluição

Consideraram-se aptos àqueles participantes que classificaram todas as seis amostras na ordem correta de intensidade (MUÑOZ; CIVILLE, 1992).

Dos 50 participantes pré-selecionados, 19 passaram nos testes de acuidade e também demonstraram, na entrevista pessoal, interesse e entusiasmo em participar do estudo, disponibilidade, compromisso e habilidade para interagir e trabalhar em grupo, sendo então selecionados para compor a equipe sensorial.

4.6.3. Treinamento da equipe sensorial

O treinamento foi realizado em duas partes, sessão de orientação geral e sessão prática (MUNOZ & CIVILLE, 1992).

Orientação geral: Foi solicitado aos provadores que descrevessem individualmente as similaridades e as diferenças entre amostras de iogurte natural desnatado (Nestlé[®]) e com sabores de coco (DeLeite[®]); ameixa e cereais em pedaços (Molico Nestlé[®]); ameixa em polpa (Molico Nestlé[®]); mamão, maçã, banana e cereais (Neston Nestlé[®]); frutas vermelhas em pedaços (Molico Nestlé[®]); morango, maçã, banana e cereais

(Neston Nestlé®); e também dos iogurtes “light” com yacon desenvolvidos nesse trabalho com relação à aparência, aroma, sabor e textura.

Os provadores receberam aproximadamente 30 g de amostra a 10 °C, servidas em copos descartáveis de 50 mL codificados com números aleatórios de três dígitos, em cabines individuais sob luz branca, juntamente com um copo de água filtrada e uma ficha para descrição. Foram realizadas duas sessões, sendo que em cada uma delas foram apresentadas seis amostras escolhidas aleatoriamente.

Com o término das sessões, sob a supervisão de um líder, foi conduzida uma discussão em grupo, com o objetivo de reunir os termos descritivos semelhantes, definir cada termo e gerar amostras referências. Foi necessária a realização de duas sessões suplementares para obtenção consensual dos termos descritivos e das referências pela equipe sensorial que estão descritas na Tabela 7.

É importante salientar que apesar do aspartame fazer parte dos ingredientes das formulações de iogurte “light” desenvolvidas nesse estudo, os provadores não identificaram gosto residual de edulcorante durante o levantamento dos descritores a serem trabalhados, não sendo, portanto, utilizado esse atributo durante a avaliação sensorial descritiva.

Tabela 7. Linguagem sensorial utilizada na avaliação sensorial descritiva de iogurtes com yacon

Termos	Definição	Referência
Cor	Tonalidade da cor variando de branco a marrom	0 = iogurte natural; 7,5 = iogurte Nestlé Neston [®] sabor banana, mamão e maçã; 15 = iogurte de ameixa Molico [®]
Granulosidade	Partículas de farinha de yacon observadas visualmente	1 = água; 7,5 = iogurte com 2,5% FY; 15 = iogurte com 5% FY.
Consistência	Propriedade de resistência ao escoamento	1 = água; 7,5 = iogurte com 2,5% FY; 15 = iogurte com 5% FY.
Viscosidade	Propriedade de resistência ao escoamento na boca	1 = água; 7,5 = iogurte com 2,5% FY; 15 = iogurte com 5% FY.
Textura farinácea	Partículas de farinha de yacon percebidas na boca durante a manipulação da amostra adicionada	0 = iogurte natural; 7,5 = iogurte com 2,5% FY; 15 = iogurte com 5% FY.
Residual de farinha	Sensação residual de farinha de yacon percebida após a deglutição do iogurte	0 = iogurte natural; 7,5 = iogurte com 2,5% FY; 15 = iogurte com 5% FY.
Gosto doce	Gosto doce associado à presença de açúcares ou agentes adoçantes	0 = iogurte natural; 2 = 2% de sacarose; 5 = 5% de sacarose; 15 = 15% de sacarose.
Gosto ácido	Gosto ácido associado à presença de ácidos	2 = 0,05% de ácido cítrico; 5 = 0,08% de ácido cítrico; 15 = iogurte natural.
Sabor de yacon	Sabor característico de yacon	0 = iogurte natural; 7,5 = iogurte com 2,5% FY; 15 = iogurte com 5% FY.
Aroma de yacon	Aroma característico de yacon	0 = iogurte natural; 7,5 = iogurte com 2,5% FY; 15 = iogurte com 5% FY.
Aroma fermentado	Aroma associado com iogurte natural	0 = iogurte de coco DeLeite [®] ; 15 = iogurte natural.

FY = Farinha de yacon

Após a definição da linguagem sensorial, foi elaborada a ficha de avaliação, com escalas não estruturadas de 15 centímetros, com termos de intensidade ancorados em seus extremos, sendo o mínimo à esquerda e o máximo à direita, conforme apresentado na Figura 6.

Ficha de avaliação		
Nome: _____		Data: __/__/____
Por favor, prove a amostra e marque com um traço vertical nas escalas abaixo, a posição que identifique melhor a intensidade da característica avaliada.		
Código da Amostra: _____		
Aparência		
<i>Cor</i>	Branco	Marrom

<i>Granulosidade</i>	Ausente	Muito

<i>Consistência</i>	Pouco	Muito

Textura		
<i>Viscosidade</i>	Pouco	Muito

<i>Textura farinácea</i>	Ausente	Muito

<i>Residual de farinha</i>	Ausente	Muito

Gosto		
<i>Gosto doce</i>	Ausente	Forte

<i>Gosto ácido</i>	Fraco	Forte

Sabor		
<i>Sabor yacon</i>	Ausente	Forte

Aroma		
<i>Aroma de yacon</i>	Ausente	Forte

<i>Aroma fermentado</i>	Fraco	Forte

Figura 6. Modelo da ficha utilizada na avaliação das formulações de iogurte com yacon pelo método espectro sensorial de análise descritiva.

Em seguida, com o objetivo de exercitar a memória sensorial, foram fornecidas aos provadores amostras de iogurte com 3,86 % de farinha de yacon e do iogurte

controle, escolhidos aleatoriamente, para avaliação. Este exercício possibilitou o uso e a familiarização da ficha de avaliação, permitindo aos provadores praticar e aplicar os conceitos e terminologias desenvolvidas. Feito este exercício, foi realizada uma reunião para discutir os resultados dos provadores, esclarecer a terminologia e o uso da escala, além de discutir eventuais dúvidas.

- Sessão prática: após as sessões de orientação geral foi realizado um total de 11 exercícios, para que os provadores praticassem e aplicassem os princípios aprendidos. Os exercícios aplicados e as amostras avaliadas estão descritos na Tabela 8.

Em cada exercício foi disponibilizado aos provadores a lista contendo a definição dos termos descritivos e as amostras de referência para memorização prévia.

Tabela 8. Exercícios aplicados durante a sessão prática para avaliar o desempenho dos provadores em relação à memorização das amostras referências.

Testes realizados	Atributos avaliados	Amostras
Marcar a intensidade de cada atributo para cada amostra na escala não estruturada de 15 cm	Cor, gosto doce e gosto ácido	Iogurte controle, iogurte com 2,56 % FY e iogurte de coco (DeLeite®)
	Granulosidade e consistência	Iogurte controle, iogurte com 2,56 % FY e ref. 7,5*
	Viscosidade, textura farinácea e residual de farinha	Iogurte controle, iogurte com 2,56 % FY e ref. 7,5*
	Aroma fermentado, aroma de yacon e sabor de yacon	Iogurte controle, iogurte com 1,58 % FY e iogurte com 3,86 % FY
	Cor, gosto doce e gosto ácido	Iogurte de coco (DeLeite®), iogurte com 1,58 % FY e iogurte com 3,00 % FY
	Granulosidade e consistência	Iogurte controle, iogurte com 1,58 % FY e iogurte com 3,00 % FY
	Viscosidade, textura farinácea e residual de farinha	Iogurte controle, iogurte com 1,58 % FY e iogurte com 3,00 % FY
Classificar, em ordem crescente, a intensidade de cada atributo percebido em cada amostra	Aroma fermentado, aroma de yacon e sabor de yacon	Iogurte controle, iogurte com 1,58 % FY e iogurte com 3,00 % FY
	Gosto doce	Soluções com 2, 5 e 15 % de açúcar, iogurte controle, iogurte com 1,58 % FY e iogurte com 3,86 % FY
	Gosto ácido	Soluções com 0,05 e 0,08 % de ácido cítrico, iogurte natural (Nestlé®), iogurte controle, iogurte com 1,58 % FY e iogurte com 3,86 % FY
	Aroma fermentado	Iogurte natural (Nestlé®), iogurte controle e iogurte com 3,86 % FY

*Ref. 7,5 = referência 7,5 na escala não estruturada de 15 cm = iogurte com 2,5 % de farinha de yacon.
FY = farinha de yacon.

A partir dos exercícios com uso da escala não estruturada, realizados com duas repetições, foi verificada a existência de repetibilidade por meio da ANOVA, em que os provadores deveriam apresentar $F_{\text{repetições}} \geq 0,05$ e concordância das médias com a equipe (valores de médias de cada provador na mesma ordem e próximos à média da equipe para cada atributo avaliado). Para os exercícios de ordenação, os provadores deveriam classificar corretamente cada amostra na ordem crescente de intensidade do atributo avaliado.

Ao final de cada sessão de exercícios, os resultados foram discutidos com a equipe sensorial a fim de identificar aqueles atributos sensoriais ou provadores que necessitavam de mais treinamento.

Durante a sessão prática, 10 provadores desistiram de continuar fazendo parte da equipe sensorial, em razão de doença, viagem ou mesmo devido ao treinamento bastante intensivo, dificultando a conciliação do treinamento com as demais atividades. Assim, a equipe sensorial final foi composta por nove provadores com faixa etária entre 19 e 30 anos, sendo sete mulheres e dois homens.

Após a realização de 11 exercícios para avaliação do desempenho dos provadores, eles apresentaram repetibilidade dos resultados e concordância nos exercícios aplicados, demonstrando não terem dificuldades em avaliar os iogurtes e utilizar a ficha de avaliação, sendo considerados aptos para realizar a avaliação dos iogurtes com yacon.

4.6.4. Avaliação dos iogurtes com yacon

O perfil sensorial das formulações de iogurte “light” adicionado de farinha de yacon e do iogurte controle foi avaliado por nove provadores treinados. A intensidade de cada descritor foi avaliada em cada amostra, utilizando a escala não estruturada de 15 cm definida durante o treinamento. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com 3 replicatas, sendo apresentadas as cinco amostras de uma vez em cada sessão, e os provadores representados pelos blocos. Os provadores receberam aproximadamente 30 g de amostra a 10 °C, servidas em copos descartáveis de 50 mL codificados com números aleatórios de três dígitos, em cabines individuais sob luz branca, juntamente com um copo de água filtrada.

4.7. Testes de aceitação sensorial de iogurte com yacon

O teste de aceitação foi conduzido com a participação de 92 funcionários e estudantes universitários com idade entre 15 e 45 anos, sendo 42 do sexo feminino e 50 do sexo masculino. Amostras dos cinco iogurtes foram servidas em uma só vez, monadicamente em ordem aleatória em copos descartáveis de 50 mL identificados com códigos de três dígitos, juntamente com a ficha de avaliação e um copo de água filtrada para cada provador. Os atributos sensoriais aroma, sabor, textura e impressão global foram avaliados utilizando-se uma escala hedônica de nove pontos variando de “desgostei extremamente” (1) a “gostei extremamente” (9) (STONE & SIDEL, 1985).

4.8. Análise estatística das avaliações físico-químicas e sensoriais de iogurte com yacon

Os resultados das determinações da composição centesimal da raiz e farinha de yacon foram expressos de acordo com os valores médios de duas replicatas.

Os resultados das determinações físico-químicas dos iogurtes foram analisados de acordo com o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 5 formulações de iogurte e 2 repetições, sendo realizada a análise de variância (ANOVA). Para as determinações que apresentaram diferença significativa a 1 % de probabilidade entre os iogurtes foram ajustadas equações de regressão sobre os escores obtidos. Na análise de regressão foram testados modelos de equação linear e quadrático em função da variação na concentração de farinha de yacon no iogurte.

Os resultados da avaliação sensorial descritiva foram analisados de acordo com o delineamento de blocos casualizados (DBC), sendo os provadores representados pelos blocos, com 5 formulações e 2 repetições, sendo realizada a análise de variância (ANOVA) com três fontes de variação: formulação, provador e interação provador*formulação.

Para os atributos sensoriais que apresentaram interação provador*formulação significativos a 1% de probabilidade, foi verificada a magnitude dessas interações por meio de gráficos de intensidade dos atributos por formulação por provador e, aqueles provadores que demonstraram interação grave foram retirados da análise dos resultados para o respectivo atributo.

Em relação aos atributos sensoriais que demonstraram diferença significativa a 1 % de probabilidade entre os iogurtes foram ajustadas equações de regressão sobre os escores obtidos em cada atributo. Nesta análise foram testados modelos de equação linear e quadrático para cada atributo sensorial em função da variação na concentração de farinha de yacon no iogurte.

Os resultados do teste de aceitação foram submetidos à ANOVA, utilizando modelo de DBC, com 5 formulações e 92 provadores como repetição. Para os atributos que apresentaram diferença significativa ao nível de 1 % de probabilidade, foram testados modelos de equação linear ou quadrático para explicar a variação das notas atribuídas pelos provadores em função da concentração de farinha de yacon no iogurte.

Para análise dos resultados utilizou-se o programa estatístico SAS (*Statistical Analysis System* – SAS Institute Inc., North Carolina, USA, 1989) versão 9.1 licenciado para a Universidade Federal de Viçosa.

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1. Determinação da composição centesimal da raiz, farinha de yacon e dos iogurtes

Os resultados das análises de composição centesimal da raiz e da farinha de yacon e do iogurte estão apresentados nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9. Valores médios da composição centesimal da raiz e da farinha de yacon e rendimento da farinha de yacon.

Componentes (%)	Raiz de yacon	Farinha de yacon
Água	91,10	6,59
Proteína	0,13	2,61
Lipídios	0,01	0,27
Cinzas	0,30	3,39
FAT*	2,92	47,42
FAI	0,83	15,91
FAS	0,22	2,24
FOS	1,11	19,43
Inulina	0,76	9,84
Carboidratos	5,54	39,71
Rendimento da farinha de yacon	Em relação ao peso do yacon com casca = 3,41 %	Em relação ao peso do yacon sem casca = 4,04 %

* Fibra alimentar total obtida por meio do somatório de fibra alimentar insolúvel (FAI), fibra alimentar solúvel (FAS), FOS e inulina.

Tabela 10. Valores médios e desvio padrão da composição centesimal e valor calórico dos iogurtes.

Componentes (%)	Iogurte controle	Iogurte com 1,58 % FY*	Iogurte com 2,56 % FY*	Iogurte com 3,00 % FY*	Iogurte com 3,86 % FY*
Água	91,11 ± 0,71	90,55 ± 0,61	89,73 ± 0,50	89,43 ± 0,82	87,62 ± 0,95
Proteínas	3,72 ± 0,15	3,92 ± 0,39	3,65 ± 0,11	3,46 ± 0,09	3,94 ± 0,16
Lipídios	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Cinzas	0,70 ± 0,11	0,85 ± 0,01	0,87 ± 0,01	0,81 ± 0,02	0,91 ± 0,01
FAT**	0	0,70	1,03	1,11	1,38
FAI	0	0,25	0,41	0,48	0,61
FAS	0	0,04	0,06	0,07	0,09
FOS	0	0,14	0,17	0,17	0,20
Inulina	0	0,27	0,39	0,39	0,48
Carboidratos	4,45	3,97	4,71	5,16	6,14
Valor calórico***	32,9	31,7	33,5	34,8	40,4

* Farinha de yacon.

** Fibra alimentar total obtida por meio do somatório das determinações de fibra alimentar insolúvel (FAI), fibra alimentar solúvel (FAS), FOS e inulina.

*** Valor calórico (kcal/100g) calculado a partir dos resultados de proteína, lipídios e carboidratos. Desvio padrão foi obtido a partir da média de 2 repetições de cada iogurte.

A raiz de yacon apresentou elevada concentração de água e, em relação aos demais constituintes, os predominantes foram os carboidratos e as fibras alimentares, que juntos representaram 95 % da matéria seca da polpa da raiz (Tabela 9), corroborando resultados de Manrique; Párraga; Hermann (2005) e Graefe et al. (2004), os quais descrevem que as raízes de yacon apresentam principalmente esses dois constituintes.

A obtenção da farinha de yacon por meio do processo de secagem da polpa aumentou a concentração dos componentes funcionais, como FOS e a inulina. Tal fato indica a possibilidade de uso da farinha de yacon como ingrediente em uma ampla variedade de produtos, visto que os FOS e a inulina são estáveis a temperaturas superiores a 140 °C (NITSCHKE; UMBELINO, 2002) e a produção de farinha de yacon diminui a degradação enzimática de FOS em glicose e frutose (GRAEFE et al., 2004).

O rendimento da farinha de yacon apresentou-se bastante reduzido diante do elevado teor de água encontrado na raiz (Tabela 9). No estudo de Ribeiro (2008), foi

obtido rendimento superior (7,94 %) da farinha da polpa de yacon, no entanto, com um teor de umidade de 8,09 %, também superior.

A composição centesimal dos iogurtes apresentou valores menores para teor de lipídios e cinzas no iogurte com 3 % de farinha de yacon em comparação com o iogurte contendo 2,56 % de farinha de yacon (Tabela 10). Esses resultados podem ter sido decorrentes de erro técnico durante a realização das análises.

A quantidade de proteínas e lipídios não apresentou variação significativa ($p > 0,01$) nos iogurtes em função da adição de farinha de yacon. Como a farinha utilizada no estudo apresentou baixa porcentagem de proteínas e lipídios (Tabela 9), era esperado que esses componentes não apresentassem variação significativa ($p > 0,01$). Isso demonstra a pequena influência desses na composição dos iogurtes quando utilizados como ingredientes.

O teor de proteína dos iogurtes apresentou-se em torno de 3 a 4 %, atendendo ao estabelecido pela legislação brasileira em vigor, que estabelece mínimo 2,9 % (BRASIL, 2000), enquanto o teor de lipídios observado foi menor que 0,5 %, sendo classificado o iogurte em estudo como produto restrito em gordura, de acordo com a Portaria 29 (BRASIL, 1998) e, conforme a Resolução GMC 47/97, foi classificado como iogurte desnatado (BRASIL, 1997).

Em relação ao teor de água, cinzas, FAI, FAS, FOS, inulina e carboidratos, a adição de diferentes concentrações de farinha de yacon provocou variações significativas ($p < 0,01$) nos iogurtes, permitindo ajustar modelos de regressão para prever o comportamento desses componentes em função da quantidade de farinha de yacon utilizada no presente estudo (Tabela 11).

Tabela 11. Modelos de equação de regressão da variação do teor de água, cinzas, fibra alimentar insolúvel (FAI), fibra alimentar solúvel (FAS), FOS, inulina e carboidratos em função da concentração de farinha de yacon (X) e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e níveis de probabilidade (p).

Componente	Modelo de regressão	R^2	Prob > F
Água	$0,91 - 0,01X$	0,84	< 0,0001
Cinzas	$0,73 + 0,05X$	0,77	0,0404
FAI	$0,1591X$	0,99	< 0,0001
FAS	$0,02X$	0,99	< 0,0001
FOS	$0,02 + 0,05X$	0,91	< 0,0001
Inulina	$0,03 + 0,12X$	0,96	< 0,0001
Carboidratos	$4,41 - 0,64X + 0,29X^2$	0,99	< 0,0001

X = Farinha de yacon

A maior adição de farinha de yacon tendeu a reduzir o teor de água e aumentar o teor de cinzas nos iogurtes, sendo linear a ocorrência dessas variações em relação às concentrações de farinha de yacon (Tabela 11). No entanto, não é possível verificar a adequação das quantidades obtidas para esses constituintes porque a Resolução n° 5 de 13 de novembro de 2000 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que descreve os padrões de qualidade e identidade de iogurtes, não contempla alguns parâmetros químicos, dentre eles, umidade e cinzas (BRASIL, 2000).

A redução do teor de água percebida com o aumento da concentração de farinha de yacon pode ser explicada pelo aumento da quantidade de sólidos (cinzas, fibras totais e carboidratos) para uma mesma quantidade do produto. Assim, para o iogurte controle, tem-se menor quantidade de sólidos e, portanto, maior teor de água comparado aos iogurtes com farinha de yacon.

Com o aumento nos níveis de adição de farinha de yacon no iogurte, observou-se acréscimo no teor de cinzas em comparação ao iogurte controle. Esse aumento pode ser explicado em função dos teores de cálcio e principalmente de fósforo presente na farinha de yacon, uma vez que o yacon possui concentrações consideráveis destes minerais, 23 mg/g de cálcio e 21 mg/g de fósforo (LIZÁRRAGA et al, 1997).

Os valores de FAI e FAS determinados pelo método enzimático gravimétrico não expressam o valor real do conteúdo de fibras, já que os FOS e a inulina, que são fibras solúveis, não são determinados adequadamente por esta metodologia (HOEBREGS, 1997; SIMONOVSKA, 2000). Para se obter o valor real do conteúdo de fibras foi necessário somar ao conteúdo de fibras solúveis e insolúveis determinado pelo método enzimático gravimétrico a concentração de FOS e inulina determinados por HPLC (VASCONCELOS et al., 2010).

O aumento da concentração de farinha de yacon tendeu a aumentar linearmente a quantidade de FAI, FAS, FOS e inulina (Tabela 11) nos iogurtes.

De acordo com a legislação brasileira, são considerados alimentos com alegação funcional aqueles que apresentam no mínimo 1,5 g de fibras alimentares, FOS ou inulina em alimentos líquidos por porção do produto pronto para consumo (BRASIL, 1998). Considerando a porção de iogurte equivalente a 200 mL do produto, nenhum dos iogurtes desenvolvidos nesse estudo contemplou a quantidade de fibras totais, FOS e/ou inulina estimada, no entanto, os iogurtes contendo 2,56; 3,00 e 3,86 % de farinha de yacon apresentaram 2,06; 2,22 e 2,76 % de fibras totais por porção do produto, respectivamente (Tabela 10), suprimindo a recomendação para fibras totais. Assim, pode-

se considerar que os iogurtes contendo 2,56; 3,00 e 3,86 % de farinha de yacon são alimentos fonte de fibras alimentares totais com alegação funcional.

A redução nos valores de fibras totais, FOS e inulina determinados pelo método enzimático-gravimétrico e HPLC nos iogurtes, em relação à quantidade inicialmente estimada, pode ter ocorrido devido a degradação enzimática de FOS e inulina em sacarose, glicose e frutose que ocorre durante a estocagem (GRAEFE et al, 2004), visto que a farinha utilizada no desenvolvimento dos iogurtes foi armazenada sob refrigeração (10 °C) por um período aproximado de sete meses.

Asami et al (1991) estudaram mudanças dos FOS da raiz de yacon “*in natura*” em duas temperaturas de armazenamento, 5 e 25 °C. À temperatura de 5 °C após 2 semanas, houve queda de 33 % da degradação de FOS, demonstrando que a velocidade de conversão de FOS e inulina em sacarose, glicose e frutose se torna mais lenta sob refrigeração (SEMINÁRIO; VALDERRAMA, 2003).

Observa-se que a quantidade de carboidratos no iogurte com 1,58 % de farinha de yacon foi menor que no iogurte controle (Tabela 10). Tendo visto que a quantidade de carboidratos é obtida pela diferença entre o total da amostra (100 %) e os teores de água, proteína, lipídios, cinzas e fibras totais, e que no iogurte com 1,58 % houve pequena redução do teor de água em relação ao iogurte controle e acréscimo de fibras totais, então, para uma mesma quantidade de iogurte, é justificável essa redução no teor de carboidratos, levando a obtenção de um modelo de efeito quadrático para explicar esse comportamento (Tabela 11). Como nos demais iogurtes a diferença do teor de água comparado ao iogurte controle é maior, pode-se perceber o aumento do teor de carboidratos com o aumento da concentração de farinha de yacon.

O valor calórico variou de 31,7 a 40,4 kcal/100 g de iogurte, quantidade inferior ao apresentado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), em que o iogurte natural desnatado fornece 41 kcal/100 g do produto. Considerando que esse valor é calculado a partir da quantidade de proteínas, lipídios e carboidratos e que os teores de proteínas e lipídios não variaram significativamente ($p > 0,01$) entre os iogurtes estudados, o incremento do valor calórico ocorreu então, devido à variação do conteúdo de carboidratos presente na farinha de yacon. Isto demonstra que a utilização da farinha de yacon como ingrediente para iogurte, não contribuiu para o aumento do seu valor calórico e, além disso, enriqueceu o produto com aumento do conteúdo de fibras, o que propicia uma absorção mais lenta desses carboidratos no intestino.

Considerando que a obesidade é um problema de abrangência mundial pela Organização Mundial da Saúde pelo fato de atingir um elevado número de pessoas e predispõe o organismo a vários tipos de doenças e à morte prematura (SALVE, 2006), consumir produtos com reduzido teor de gordura, baixo valor calórico e fontes de fibras totais, auxiliando no controle ou mesmo na prevenção de algumas doenças crônicas não degenerativas, pode ser uma opção bastante vantajosa tanto para o consumidor quanto para a indústria de alimentos.

5.2. Análises físicas e químicas de iogurte com yacon

Os resultados observados para as coordenadas L*, a* e b* de cor, os valores de pH, sólidos solúveis totais e acidez dos iogurtes com yacon são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Valores médios e desvio padrão das coordenadas L*, a* e b* de cor e dos valores de pH, sólidos solúveis totais e acidez dos iogurtes com yacon.

Parâmetros	Iogurte controle	Iogurte com 1,58 % FY*	Iogurte com 2,56 % FY*	Iogurte com 3,00 % FY*	Iogurte com 3,86 % FY*	
Cor	L*	76,03 ± 1,68	74,97 ± 0,21	72,73 ± 0,29	71,93 ± 0,21	67,77 ± 1,69
	a*	1,3 ± 0,17	1,87 ± 0,15	2,23 ± 0,11	2,37 ± 0,21	1,83 ± 0,15
	b*	14,37 ± 0,11	17,57 ± 0,21	18,43 ± 0,30	18,23 ± 0,21	17,2 ± 0,17
pH	4,28 ± 0,03	4,28 ± 0,08	4,69 ± 0,35	4,54 ± 0,01	4,68 ± 0,01	
SST**	7,33 ± 0,30	8,57 ± 0,30	9,67 ± 0,06	9,73 ± 0,29	11,8 ± 0,00	
Acidez	86 ± 0,49	97 ± 0,14	95 ± 0,28	77 ± 0,14	76 ± 0,00	

* Farinha de yacon; ** Sólidos solúveis totais

A média e o desvio padrão foi obtido a partir dos resultados das 2 repetições de cada iogurte.

A avaliação dos resultados por meio da ANOVA mostrou que os iogurtes diferiram significativamente ($p < 0,01$) em relação às coordenadas L*, a* e b* de cor, SST e acidez. O pH não variou com o aumento da concentração de farinha de yacon e apresentou um valor considerado adequado, uma vez que, o pH ideal para leites fermentados, e dentre eles o iogurte, deve ser próximo a 4,5 pois, valores muito inferiores podem levar à rejeição por parte dos consumidores e favorecer a contração do coágulo, devido à redução da hidratação das proteínas, causando dessoramento (KURMANN, 1977) e valores muito acima de 4,6 podem favorecer a separação do soro, porque o gel não foi suficientemente formado (BRANDÃO, 1995).

Assim, foram ajustados modelos de regressão ao nível de 1 % de significância para as coordenadas de cor e para os valores de SST e acidez (Tabela 13).

Tabela 13. Modelos de equação de regressão da variação das coordenadas L*, a* e b* de cor, sólidos solúveis totais e acidez em função da concentração de farinha de yacon (X) e seus respectivos coeficiente de determinação (R²) e níveis de probabilidade (p).

Parâmetros	Modelo de regressão	R ²	Prob > F
L*	$77,09 - 2,00X$	0,78	< 0,0001
Cor	$1,25 + 0,74X - 0,14X^2$	0,77	0,0001
	$14,33 + 3,11X - 0,61X^2$	0,98	< 0,0001
SST**	$7,05 + 1,07X$	0,91	< 0,0001
Acidez	$87,30 + 10,77X - 3,75X^2$	0,70	0,0015

** Sólidos solúveis totais.

A adequabilidade dos modelos pode ser verificada pelos coeficientes de determinação (R²) acima de 70 % e coeficientes de regressão significativos (p<0,01). Em razão destes resultados, os modelos ajustados para cor, SST e acidez podem ser usados para prever o comportamento de suas respostas dentro do intervalo de variação estudado.

Em relação à cor, observa-se que houve efeito linear (p<0,01) para a coordenada L* e quadrático para as coordenadas a* e b* (Tabela 13). A redução do valor de L* com o aumento da adição de farinha de yacon, indicando escurecimento dos iogurtes com maior concentração, pode ser resultado da coloração da farinha de yacon devido às reações de escurecimento enzimático explicado pela presença de compostos fenólicos (SEMINARIO; VALDERRAMA; MANRIQUE, 2003), e escurecimento não enzimático durante o processamento do iogurte. Apesar disso, todos os iogurtes podem ser considerados claros, já que na escala de 0 a 100, apresentaram valores acima de 50 (L* > 50) (COHEN; JACKIK, 2005).

As coordenadas a* e b* se encontram nas regiões do vermelho e do amarelo já que a leitura do colorímetro demonstrou valores positivos para estas coordenadas, com maior intensidade próxima aos iogurtes com 2,56 e 3,00 % de farinha de yacon. Silva (2007) menciona que a combinação dos cromos positivos a* e b* resulta na coloração marrom, levemente percebida nos iogurtes desenvolvidos.

O teor de sólidos solúveis totais (SST) demonstrou efeito linear positivo (p<0,01) perante a adição de farinha de yacon no iogurte. Tal fato pode estar relacionado ao maior conteúdo de frutanos presente nos iogurtes com concentrações maiores de farinha.

Apesar de a acidez ter apresentado falta de ajuste significativa (p<0,01), os coeficientes de regressão foram significativos e o erro experimental foi muito baixo, assim, foi desconsiderada a significância da falta de ajuste, permitindo gerar um modelo

de equação quadrático para explicar sua variação em função da concentração de farinha de yacon. Pode-se observar que os iogurtes com 1,58 e 2,56 % de farinha de yacon apresentaram ponto máximo de acidez (Tabela 13), indicando que quantidades de farinha de yacon menores que 1,58 % ou maiores que 2,56 % adicionadas são capazes de reduzir a acidez dos iogurtes. Para os iogurtes com farinha de yacon, a redução da acidez pode estar associada ao aumento do conteúdo de SST (Tabela 12), visto que existe forte relação inversa entre SST e acidez (SILVA et al., 2009).

5.2.1. Determinação da viscosidade aparente

Os iogurtes com yacon apresentaram comportamento de fluido pseudoplástico, ou seja, a viscosidade aparente diminuiu com o aumento da taxa de deformação, favorecendo a redução da sensação de gomosidade durante a mastigação (DUBOC & BEAT, 2001).

O iogurte controle apresentou viscosidade aparente maior que o iogurte com 1,58 % de farinha de yacon, tanto a 10 °C quanto a 25 °C, como pode ser observado na Figura 7.

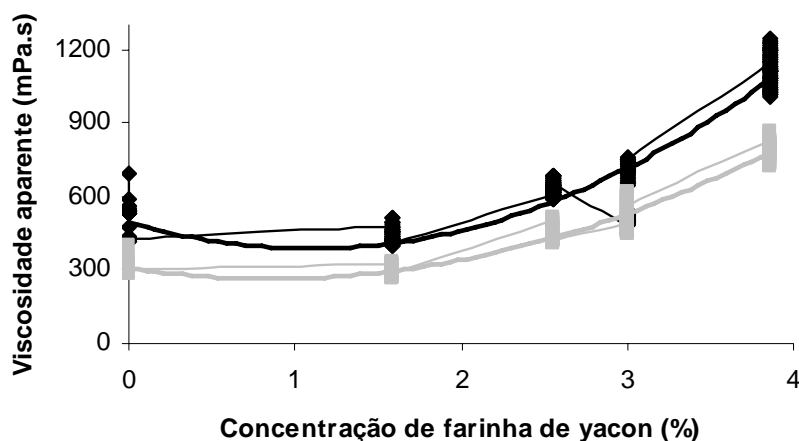


Figura 7. Variação da viscosidade aparente dos iogurtes contendo 0%, 1,58 %, 2,56 %, 3,00 % e 3,86 % de farinha de yacon nas temperaturas de —◆— 10 °C e —■— 25 °C.

Apesar de FOS e inulina serem fibras solúveis capazes de interagir com a parte aquosa do iogurte (HAULY; FUNCHS; FERREIRA, 2005), dependendo da concentração desses constituintes presentes no produto, eles não são capazes de formar gel após o aquecimento e resfriamento (KIM; FAQIH; WANG, 2001). Considerando

isso, sugere-se que o conteúdo de FOS e inulina no iogurte com 1,58 % de farinha de yacon pode não ter sido suficiente para formar gel e aumentar a viscosidade do mesmo. Além disso, o teor de carboidratos do iogurte controle foi maior que no iogurte com 1,58 % de farinha de yacon, contribuindo para a maior viscosidade aparente do primeiro.

Em relação aos iogurtes com yacon, observa-se aumento da viscosidade aparente à medida que se tem maior adição de farinha de yacon. Esse comportamento pode ser explicado pelo acréscimo de fibras totais que contribuem para o aumento de sólidos totais no produto, e em especial, FOS e inulina que, sendo substâncias altamente higroscópicas, agem como um estabilizante devido à sua capacidade de ligar água e formar uma rede mais coesa semelhante a um gel (GEL-NAGAR et al., 2002), alterando a viscosidade do sistema.

A viscosidade aparente dos iogurtes avaliados à temperatura de 25 °C apresentou-se menor do que quando avaliados à temperatura de 10 °C. Esse comportamento é bastante comum em fluidos alimentícios (PEREIRA; QUEIROZ; FIGUEIREDO, 2003), pois o aumento da temperatura promove a diminuição da viscosidade devido ao aumento da mobilidade das partículas em suspensão (VIDAL et al., 2006). Esse fato é de grande importância, pois quanto menor é a viscosidade de um fluido, menor é a perda de carga durante o escoamento gerando, portanto, redução dos custos de potência com o bombeamento e, conseqüentemente, dos custos energéticos durante o processamento do produto (BEZERRA et al., 2009).

Essas variações da viscosidade aparente em função da concentração de farinha de yacon foram significativamente diferentes ($p < 0,01$) para todos os iogurtes nas duas temperaturas avaliadas (10 e 25 °C), possibilitando o ajuste de modelos de equação para prever esse comportamento, como está apresentado na Tabela 14.

Tabela 14. Modelos de equação de regressão da variação da viscosidade dos iogurtes com yacon a 10 e 25 °C em função da concentração de farinha de yacon (X) e seus respectivos coeficientes de determinação (R²) e probabilidade (p).

Temperatura	Modelo de regressão	R ²	Prob > F
10 °C	495,85 – 199,26X + 90,78X ²	0,94	0,0020
25 °C	305,49 – 97,13X + 57,08X ²	0,99	< 0,0001

Como já esperado, visto a menor viscosidade aparente do iogurte com 1,58 % de farinha de yacon em relação ao iogurte controle (Figura 7), o comportamento da viscosidade aparente nas duas temperaturas gerou equações de segundo grau, apresentando elevado coeficiente de determinação (R² > 90%) e coeficientes de regressão significativos (p<0,01).

5.3. Análise descritiva pelo método espectro sensorial

5.3.1. Avaliação dos iogurtes com yacon

Os atributos sensoriais textura farinácea, residual de farinha, gosto doce e aroma fermentado demonstraram haver efeito significativo (p≤0,01) da interação formulação*provador. A existência de interação pode indicar que pelo menos um provador avaliou as amostras de forma diferente da equipe. Apesar desta ocorrência ser comum ela é difícil de ser evitada na análise sensorial (SILVA; DAMASIO, 1994).

Para corrigir essa ocorrência, a magnitude dessas interações nesses atributos foi verificada construindo gráficos da intensidade dos atributos por formulação por provador (Figuras 8, 9, 10 e 11).

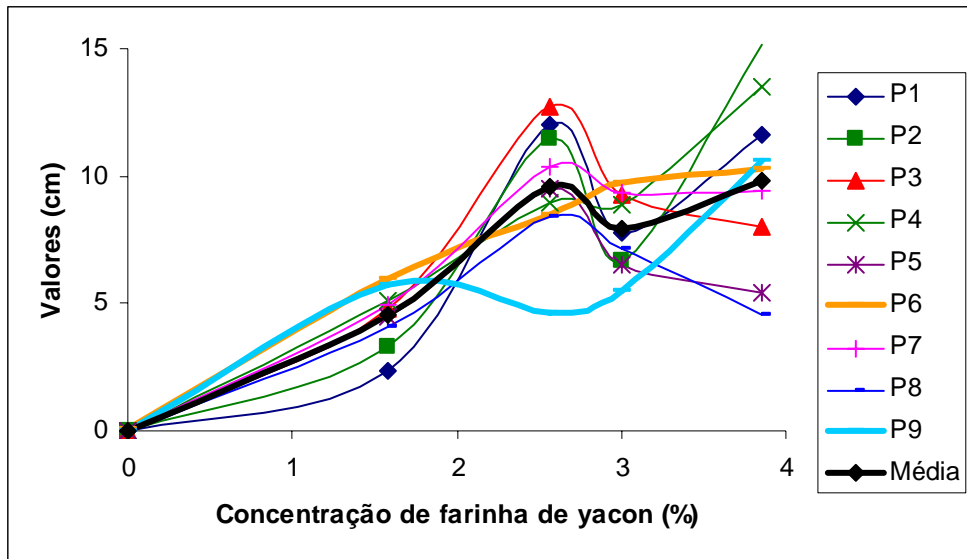


Figura 8. Intensidade do atributo sensorial textura farinácea para cada provador na Análise Descritiva pelo Método Espectro Sensorial.

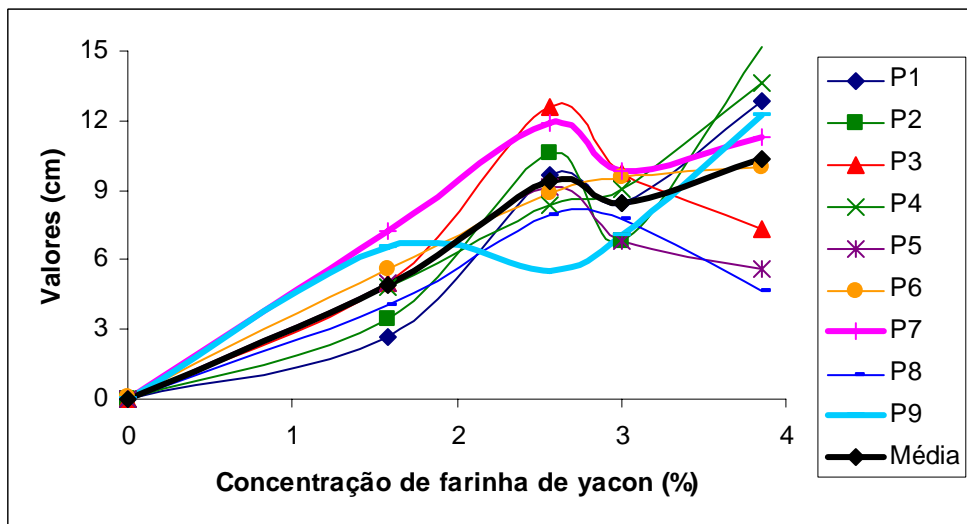


Figura 9. Intensidade do atributo sensorial residual de farinha para cada provador na Análise Descritiva pelo Método Espectro Sensorial.

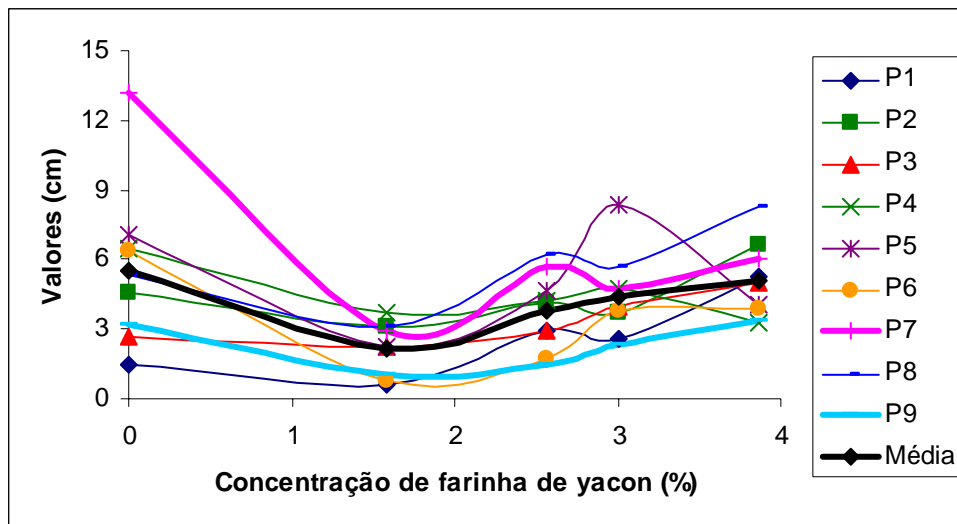


Figura 10. Intensidade do atributo sensorial gosto doce para cada provador na Análise Descritiva pelo Método Espectro Sensorial.

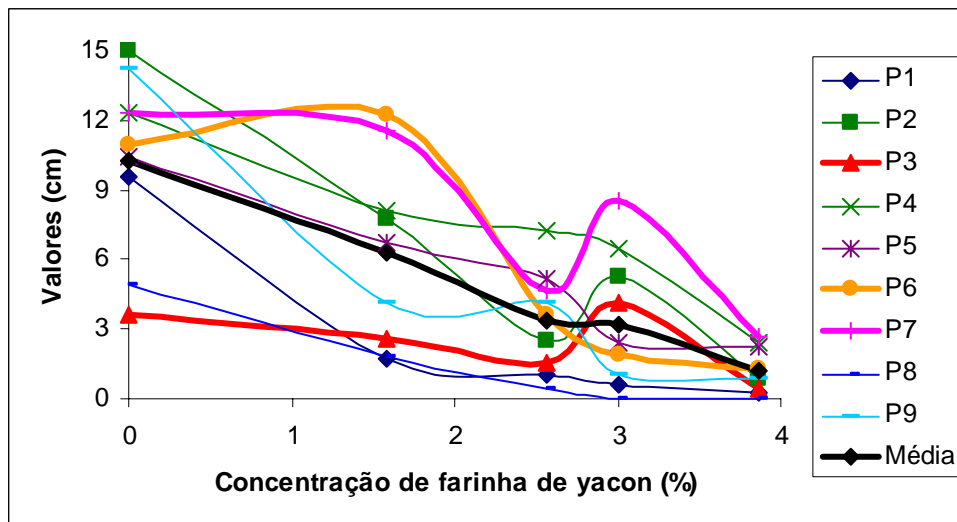


Figura 11. Intensidade do atributo sensorial aroma fermentado para cada provador na Análise Descritiva pelo Método Espectro Sensorial.

Para o atributo textura farinácea foram retirados dois provadores (P6 e P9) que apresentaram interação grave, sendo, portanto recalculada a média com base nos resultados de sete provadores. Já para os atributos residual de farinha e gosto doce foram retirados apenas um provador (P9 e P7, respectivamente), utilizando os dados de oito provadores para cada um desses atributos, e para aroma fermentado, foram retirados três provadores (P3, P6 e P7), restando seis para o cálculo das médias (Figuras 8, 9, 10 e 11).

Retirados os provadores com interação grave, a ANOVA foi novamente calculada, sendo encontrada interação formulação*provedor não significativa para todos os atributos avaliados, exceto para gosto ácido, como pode ser visualizado na Tabela 15.

Tabela 15. Resumo da ANOVA dos atributos sensoriais de iogurte com yacon

ATRIBUTO	FV	GL	QM	Versos resíduo	Versos interação
				Prob.	Prob.
Cor	F	4	317,10	<0,0001*	<0,0001*
	P	8	39,69		
	F*P	32	4,57	0,0552 ^{ns}	
	Res	88	2,94		
Granulosidade	F	4	453,93	<0,0001*	<0,0001*
	P	8	27,15		
	F*P	32	12,93	0,0602 ^{ns}	
	Res	88	8,42		
Viscosidade	F	4	187,70	<0,0001*	<0,0001*
	P	8	22,25		
	F*P	32	13,42	0,0430 ^{ns}	
	Res	88	8,36		
Consistência	F	4	189,55	<0,0001*	<0,0001*
	P	8	23,43		
	F*P	32	13,43	0,0654 ^{ns}	
	Res	88	8,85		
Textura farinácea	F	4	397,83	<0,0001*	<0,0001*
	P	6	15,39		
	F*P	24	11,92	0,0139 ^{ns}	
	Res	70	419,49		
Residual de farinha	F	4	439,54	<0,0001*	<0,0001*
	P	7	16,17		
	F*P	28	11,92	0,0177 ^{ns}	
	Res	80	6,45		
Gosto doce	F	4	32,32	<0,0001*	0,0011*
	P	7	23,50		
	F*P	28	5,27	0,0518 ^{ns}	
	Res	80	3,28		
Gosto ácido	F	4	49,65	<0,0001*	0,0314 ^{ns}
	P	8	47,68		
	F*P	32	16,36	<0,0001*	
	Res	88	3,27		
Sabor de yacon	F	4	490,08	<0,0001*	<0,0001*
	P	8	26,88		
	F*P	32	8,43	0,0101 ^{ns}	
	Res	88	4,44		
Aroma de yacon	F	4	461,03	<0,0001*	<0,0001*
	P	8	21,67		
	F*P	32	7,70	0,1330 ^{ns}	
	Res	88	5,67		
Aroma fermentado	F	4	268,06	<0,0001*	<0,0001*
	P	5	74,30		
	F*P	20	8,89	0,0170 ^{ns}	
	Res	60	4,33		

F = Formulação; P = Provedor; F*P = Interação Formulação versus Provedor; Res = Resíduo;

* significativo ao nível de 1 % de probabilidade. ns – não significativo.

A análise dos resultados pela ANOVA mostrou que as formulações diferiram quantitativamente em todos os atributos avaliados, com exceção do atributo gosto ácido que apresentou valor de F não significativo a 1 % de probabilidade. Assim, esse atributo demonstrou não sofrer alteração significativa ($p < 0,01$) com a variação da concentração de farinha de yacon utilizada neste estudo (Tabela 15).

Para os demais atributos foram testados modelos de regressão linear e quadrático a 1 % de probabilidade, como apresentado na Tabela 16.

Tabela 16. Modelos de equação de regressão da variação dos atributos da análise descritiva pelo método espectro sensorial dos iogurtes em função da adição de farinha de yacon (X), seus respectivos coeficiente de determinação (R^2) e níveis de probabilidade (p).

Atributo	Modelo de regressão	R^2	Prob >F
Cor	$1,03 + 2,30X$	0,9594	<0,0001
Granulosidade	$0,72 + 2,67X$	0,9055	<0,0001
Viscosidade	$4,11 + 1,54X$	0,7538	<0,0001
Consistência	$3,69 + 1,63X$	0,8336	<0,0001
Textura farinácea	$0,51 + 2,70X$	0,8406	<0,0001
Residual de farinha	$0,58 + 2,76X$	0,9069	<0,0001
Gosto doce	$Y = 3,71$	—	—
Sabor de yacon	$0,26 + 2,88X$	0,9808	<0,0001
Aroma de yacon	$0,20 + 2,77X$	0,9639	<0,0001
Aroma fermentado	$10,26 - 2,55X$	0,9554	<0,0001

^{ns}: não significativo à 1 % de probabilidade; * significativo à 1 % de probabilidade.

Os atributos cor, consistência, sabor de yacon, aroma de yacon e aroma fermentado apresentaram modelos de regressão com falta de ajuste não significativa, coeficientes de regressão significativos, e elevados coeficientes de determinação ($R^2 > 0,83$), podendo ser usado para fins preditivos. Por outro lado, apesar do atributo gosto doce ter apresentado falta de ajuste não significativa, seus coeficientes de regressão foram não significativo, indicando uma inadequabilidade dos modelos linear e quadrático para prever o comportamento desse atributo em relação à variação da concentração de farinha de yacon utilizada no estudo.

Os atributos granulosidade, viscosidade, textura farinácea e residual de farinha apresentaram coeficientes de regressão e falta de ajuste significativos, no entanto, a falta de ajuste para esses atributos apresentou um valor muito baixo, assim, sua significância pôde ser desconsiderada e os modelos podem ser utilizados para explicar a variação desses atributos em função da concentração de farinha de yacon.

De acordo com Cohen, Jackix e Sousa (2004), ajustar um modelo por meio de análise sensorial apresenta grandes dificuldades devido à variabilidade das respostas.

Pode-se observar que houve efeito linear significativo para todos os atributos avaliados (Tabela 16). Estes resultados sugerem que, sob as condições praticadas no experimento, as mudanças sensoriais ocorreram de forma linear em função da concentração de farinha de yacon no iogurte.

Para os atributos cor, granulidade, viscosidade, consistência, textura farinácea, residual de farinha, sabor de yacon e aroma de yacon foram observados relação positiva, ou seja, a intensidade desses atributos aumenta à medida que se aumenta a concentração da farinha de yacon. Contrariamente, o atributo aroma fermentado apresentou relação negativa, isto é, com o aumento da concentração de farinha de yacon, tem-se a redução da intensidade de percepção pelos provadores desse atributo sensorial.

A maior intensidade de cor atribuída pelos provadores aos iogurtes com maior concentração de farinha de yacon corrobora os resultados obtidos na análise instrumental de cor para a coordenada L^* , ou seja, quanto maior a quantidade de farinha de yacon no iogurte, mais escuro era sua cor. No entanto, a análise instrumental das coordenadas a^* e b^* de cor apresentou maiores valores para os iogurtes com 2,56 e 3,00% de farinha de yacon, diferente da percepção dos provadores.

A relação inversa percebida entre aroma fermentado e aroma de yacon, sugere que, com o aumento da concentração de farinha de yacon, tem-se também o aumento de aroma de yacon que, por sua vez, reduz a percepção do aroma fermentado. Nota-se também que as equações geradas para aroma de yacon e sabor de yacon são bem semelhantes (Tabela 16).

O perfil sensorial de cada iogurte com yacon, expresso graficamente, segundo as médias dos termos descritores do Método Espectro, pode ser observado na Figura 12. No gráfico, o ponto zero da escala do atributo é o seu centro, e a intensidade aumenta do centro para a sua periferia. A média de cada atributo, para cada iogurte, é marcada no eixo correspondente e o perfil sensorial é traçado pela conexão dos pontos.

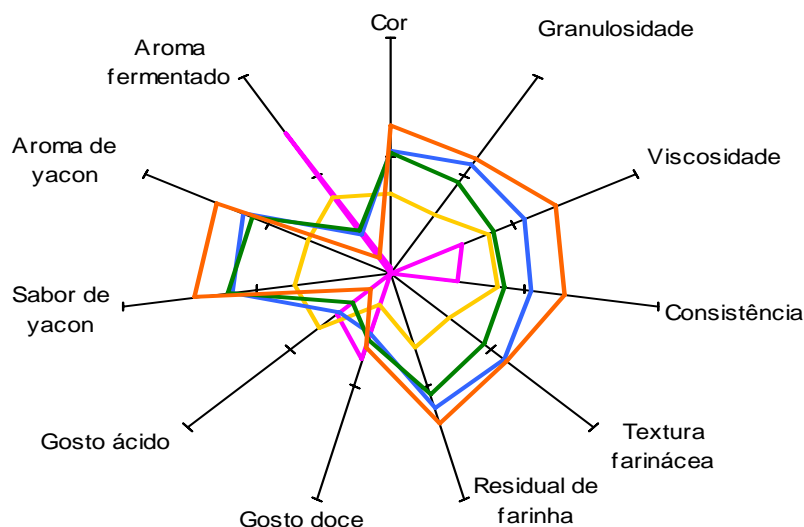


Figura 12. Perfil sensorial das formulações de iogurte “light” com yacon. — Formulação controle; — 1,58 % de farinha de yacon; — 2,56 % de farinha de yacon; — 3,00 % de farinha de yacon; — 3,86 % de farinha de yacon.

Comparando o iogurte controle com os iogurtes com farinha de yacon, observa-se que os provadores indicaram que a presença da farinha contribuiu para um aumento da viscosidade e consistência devido ao elevado teor de fibras solúveis presente na farinha de yacon que interagem com a parte aquosa do iogurte. Para aroma fermentado, os provadores indicaram que a presença de farinha de yacon diminuiu a percepção desse atributo.

Quanto aos atributos granulosidade, textura farinácea, residual de farinha, sabor de yacon e aroma de yacon, o iogurte controle apresentou média igual a zero, o que se deve à ausência de farinha de yacon em sua composição.

O perfil sensorial descritivo dos atributos demonstra que o iogurte com 3,86 % de farinha de yacon apresentou maior intensidade de cor, granulosidade, viscosidade, consistência, textura farinácea, residual de farinha, aroma de yacon e sabor de yacon, visto que as médias para esses atributos apresentaram-se mais externas, e menor intensidade para aroma fermentado e gosto ácido, uma vez que suas médias estão mais internas (Figura 12). Esse resultado era esperado, visto que tal iogurte possuía a maior concentração de farinha de yacon. A menor intensidade de gosto ácido indica que a farinha de yacon mascara a percepção desses atributos presente naturalmente em iogurtes.

Os valores médios dos iogurtes com 2,56 e 3,00 % de farinha de yacon foram bem semelhantes, especialmente para cor, residual de farinha, gosto doce, gosto ácido, sabor

de yacon, aroma de yacon e aroma fermentado. Esta ocorrência se deve ao fato de a diferença nas concentrações de farinha de yacon para estes iogurtes ter sido de apenas 0,44 %, que é muito baixa quando comparada à diferença apresentada pelos demais iogurtes. Apesar dessa semelhança, nota-se que a percepção desses atributos para o iogurte com 2,56 % de farinha de yacon foi maior que do iogurte com 3,00 % de farinha de yacon.

5.4. Teste de aceitação sensorial de iogurte com yacon

Os valores médios e desvio padrão obtidos no teste de aceitação com consumidores de iogurte podem ser observados na Tabela 17.

Tabela 17. Resultados médios (n = 92) e desvio padrão da avaliação da aceitação sensorial dos iogurtes com e sem farinha de yacon.

Iogurte	Aroma	Sabor	Textura	Impressão global
Controle	6,7 ± 1,4	6,9 ± 1,7	6,3 ± 1,9	6,6 ± 1,7
1,58 % FY	5,7 ± 1,9	4,4 ± 2,1	4,8 ± 2,2	4,5 ± 2,1
2,56 % FY	5,8 ± 1,8	4,4 ± 1,9	4,3 ± 1,9	4,5 ± 1,8
3,00 % FY	5,2 ± 2,0	4,1 ± 2,0	4,3 ± 2,1	4,3 ± 1,9
3,86 % FY	5,3 ± 2,26	3,7 ± 1,9	3,8 ± 2,3	3,9 ± 1,8
Prob > F _{Formulação}	< 0,0001*	< 0,0001*	< 0,0001*	< 0,0001*

FY = farinha de yacon; * significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

Todos os iogurtes avaliados apresentaram aceitação média alocadas entre os termos hedônicos “desgostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. Para o atributo aroma, que recebeu as maiores médias de aceitação, os iogurtes com 1,58 e 2,56 % de farinha de yacon destacaram-se, apesar dos quatro iogurtes com farinha de yacon terem apresentado médias de aceitação alocadas no termo hedônico indiferente (Tabela 17). A baixa aceitação dos iogurtes, inclusive do controle pode ter ocorrido devido ao fato de ter sido realizado um teste com informação e de os consumidores não conhecerem a raiz de yacon e, portanto, não reconhecerem seu aroma e sabor característicos.

Considerando que neste estudo a aceitação foi significativamente ($p < 0,01$) diferente para todas as formulações de iogurte adicionadas com yacon (Tabela 17), foram gerados modelos de regressão para prever a tendência da aceitação de cada atributo em relação à concentração de farinha de yacon. Tais equações estão descritas na Tabela 18.

Tabela 18. Modelos de regressão para os atributos avaliados no teste de aceitação dos iogurtes com yacon em função da concentração de farinha de yacon (X) e seus respectivos coeficiente de determinação (R²) e níveis de probabilidade (p).

Atributo	Modelo de regressão	R ²	Prob>F
Aroma	6,53 - 0,37X	0,8414	<0,0001
Sabor	6,77 - 1,59X + 0,21X ²	0,9535	<0,0001
Textura	6,11 - 0,65X	0,9427	<0,0001
Impressão global	6,47 - 1,27X + 0,16X ²	0,9503	<0,0001

Todos os modelos apresentaram falta de ajuste não significativo, coeficientes de regressão significativos e altos coeficientes de determinação (R² > 80 %), indicando que eles podem ser usados para predizer o comportamento das respostas dentro do intervalo de variação estudado.

Aroma e textura apresentaram efeito linear negativo, enquanto sabor e impressão global demonstraram efeito quadrático negativo, assim, para os primeiros, os modelos de regressão sugerem que, quanto maior a concentração de farinha de yacon nas formulações de iogurte, menor a sua aceitação desses atributos.

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O uso de farinha de yacon em iogurte “light” permitiu a obtenção de produtos com reduzido teor gordura, baixo conteúdo de carboidratos e considerável teor de fibras, especialmente fibras solúveis, além de reduzido valor calórico.

No presente estudo foi utilizada a concentração de 0,02 % de fermento para a elaboração do iogurte, necessitando de um tempo maior para atingir a acidez final necessária. Assim, sugere-se em estudo futuros a inoculação de uma quantidade maior de fermento para reduzir o tempo de elaboração de iogurte.

Como as raízes de yacon apresentam maior concentração de FOS em suas partes mais externas, é necessária a utilização de formas de retirar a casca da raiz sem remover grande quantidade dessas fibras, como por exemplo, o descasque apenas com uso de luvas, por abrasão. Além disso, seria também de grande importância, o estudo de formas de conservação dessas fibras no pós colheita das raízes, visto que sua degradação é bastante acentuada em um curto período de tempo.

Visto que para diversas características dos iogurtes, tanto sensorial quanto instrumental, houve maior intensidade dessas características para o iogurte com 2,56 % do que para o iogurte com 3,00 % de farinha de yacon, faz-se necessário, portanto, o

estudo mais detalhado da influencia da farinha de yacon em iogurte para justificar esse comportamento atípico.

Como o teste de aceitação forneceu médias muito baixas, seria interessante a realização de novos testes de aceitação sem a informação da composição do iogurte, para comparar os resultados e verificar se a informação provocou uma influência negativa na aceitação dos produtos. Em adição, devem ser estudadas novas técnicas na elaboração da farinha de yacon e no processamento do iogurte para melhorar as características sensoriais do produto, especialmente pelo fato de ser uma produto funcional e com grande potencial de mercado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASAMI, T.; MINAMISAWA, K.; TSUCHIYA, T.; KANO, K.; HORI, I.; OHYAMA, T.; KUBOTA, M.; SUKIHASHI, T. Fluctuations of oligofructan contents in tubers of yacon (*Polymnia sonchifolia*) during growth and storage. **Japan Journal Soil Science Plant Nutrition**, v.62, p.621-627, 1991.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists**. 16. ed. Gaithersburg: 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17. ed. Washington: AOAC, 2002.

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

BELCHIOR, F. Lácteos 100% saudáveis. **Leite e derivados**, v.12, n.69, p.30-33, 2003.

BRANDAO, S.C.C. Tecnologia da produção de iogurte. **Revista Leite e Derivados**, n.25, v.5, p.24-38, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados**. Brasília, DIPOA, 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº. 27, de 13 de janeiro de 1998. **Regulamento Técnico referente à informação nutricional complementar**. Diário Oficial da União, Brasília, n. 11E, p. 4-13, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados**. Resolução nº 5, 13 de novembro de 2000. Disponível em: www.agricultura.gov.br/sislegis. Acesso em 18 de julho de 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Alimentos. Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos. Atualizado em 11 de janeiro de 2005. IX - Lista das Alegações Aprovadas. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm. Acesso em: 21 de janeiro de 2010.

BEZERRA, J.R.M.V.; RIGO, M.; DEMCZUK JUNIOR, B.; CÓRDOVA, K.R.V. Estudo do efeito da temperatura nas propriedades reológicas da polpa de morango (*Fragaria ananassa*). **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v.5, n.1, 2009.

CAMPOS, J.R.T. Yacón: **Importancia Prebiótica y Tecnológica (Perú)**. Lima, Peru, abril 2007. Disponível em: <http://www.monografias.com/trabajos45/yacon-peruano/yacon-peruano.shtml>. Acesso em: 21 de janeiro de 2009.

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

CARDELLO, H.M.A.B. **Caracterização sensorial de aspartame, ciclamato/sacarina 2:1 e extrato de folhas de estévia (*Stevia rebaudiana* Bertoni): equivalências em doçura, análise descritiva quantitativa e análise tempo-intensidade**. Tese de Doutorado em Tecnologia de Alimentos. UNICAMP, Campinas, 1996, 237p.

CASTRO, A.G.P.; FRANCO, L.J. Caracterização do consumo de adoçantes alternativos e produtos dietéticos por indivíduos diabéticos. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v.26, n.3, 2002.

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

CHAVES, J.B.P.; SPROESSER, R.L. **Práticas de laboratório de análise de alimentos e bebidas**. Imprensa Universitária: Viçosa, 2002, 81p.

CÓDIGO ALIMENTÁRIO ARGENTINO (actualizado). **Resolução nº 879 de 5 de junho de 1985**, Buenos Aires, Argentina, Tomo I-A, Cap. VIII, Art. 576, p.189-192.

COHEN, K.O.; JACKIX, M.N.H.; SOUSA, M.V. Otimização do Processo de Temperagem de Produto Análogo de Chocolate ao Leite Elaborado com Amêndoas de Cacau e de Cupuaçu. **Brazilian Journal Food Technology**, v.7, n.2, p.115-127, 2004.

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

DELLA LÚCIA, F. **Avaliação físico-química e sensorial de leite U.A.T. (ultra alta temperatura) produzido no Brasil e na Argentina**. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999. 72p.

DUBOC, P.; BEAT, M. Applications of exopolysaccharides in the dairy industry. **International Dairy Journal**, v.11, p.759-768, 2001.

EDUARDO, M.P.; **Hidrólise enzimática de mandioca e puba para obtenção de xarope de maltose**. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002, 60p.

ENGELLEN, L.; DE WIJK, R.A.; PRINZ, J.F.; JANSSEN, A.M.; WEENEN, H.; BOSMAN, F. The effect of oral and product temperature on the perception of flavor and texture attributes of semi-solids. **Appetite**, v.41, p. 273–281, 2003.

- FERREIRA, C.L.L.F. Tecnologia para Produtos Lácteos Funcionais: Probióticos, **Boletim SBCTA**, v.1, n.36, 2000.
- FERREIRA, C.L.L.F.; MALTA, H.L.; DIAS, A.S.; GUIMARÃES, A.; JACOB, F.E.; CUNHA, R.M.; CARELI, R.T.; PEREIRA, S.; FERREIRA, S.E.R. Verificação da qualidade físico-química e microbiológica de alguns iogurtes vendidos na região de Viçosa. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.56, n.321, p.152-158, 2001.
- GEL-NAGAR, G.; CLOWES, G.; TUDORICĂ, C.M.; KURI, V. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. **International Journal of Dairy Technology**, v.55, n.2, p.89-93, 2002.
- GIBSON, G.R.; ROBERFROID, M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, Madison, v.125, n.6, p.1401- 1412, 1995.
- GOMES, J.C.; LEAL, E.C.; Cultivo da mandioca para a região dos tabuleiros costeiros. **Embrapa: Mandioca e Fruticultura. Sistemas de produção**, v.11, versão eletrônica, janeiro, 2003.
- GOTO, K.; FUKAI, K.; HIKIDA, J.; NANJO, F.; HARA, Y. Isolation and structural analysis of oligosaccharides from yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Bioscience, biotechnology, and biochemistry**, v.59, n.12. p.2346-2347, 1995.
- GRAEFE, S.; HERMANN, M.; MANRIQUE, I.; GOLOMBEK, S.; BUERKERT, A. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. **Field Crops Research**, Lima, v.86, p.157-165, 2004.
- GRAU, A.; REA, J. Yacon. *Smallanthus sonchifolius* (Poep. & Endl.) H. Robinson. In: HERMANN, M.; HELLER, J. (Eds.). **Andean roots and tubers: ahípa, arracacha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.** (Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research). Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy, p.199-242, 1997.
- GRAU, A., KORTSARZ, A.M.; AYBAR, M.J.; RIERA, A.N.S.; SÁNCHEZ, S.S. El retorno del yacon. **Revista Ciencia Hoy en línea**, v.11, n.63, 2001.
- GUTIÉRREZ MAYDATA, A. Café, antioxidantes y protección a la salud. **Medisan**, Santa Clara, v.6, n.4, p.72-81, 2002.
- HAULY, M. C. O.; FUCHS, R. H. B.; FERREIRA, S. H. P. Suplementação de iogurte de soja com frutooligosacarídeos: características probióticas e aceitabilidade. **Revista de Nutrição**, v.18, n.5, 2005.
- HERMANN, M.; FREIRE, I, PAZOS, C. Compositional diversity of the yacon storage root. In: Impact on a changing world. **CIP Program Report**. Lima: Centro Internacional de la Papa, p.425-432, 1998.

HOEBREGS, H. Fructans in foods and food products, ion-exchange chromatographic method: collaborative study. **Journal of Association of Official Analytical Chemistry International**, Arlington, v.80, p.1029-1037, 1997.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**, v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. Sao Paulo: IMESP, 1985, 533 p.

KANEKO, T.; KUDO, T.; HORIKOSHI, K. Comparasion of CD composition produced by chimeric Cgtases. **Agricultural and Biological Chemistry**, v.54, n.1, p.197-201, 1990.

KIM, Y.; FAQIH, M.N.; WANG, S.S. Factors affecting gel formation of inulin. **Carbohydrate Polymers**, v.46, n.2, p.135-45, 2001.

KIMURA, Y.O. Alimentos Simbióticos: A combinação de microrganismos probióticos com ingredientes prebióticos representa uma nova oportunidade no desenvolvimento de produtos lácteos saudáveis. **Revista Laticínios**, n.22, 2002.

KROLOW, A.C.R. Iogurte integral sabor café. **Comunicado técnico**. Pelotas, RS, dezembro, 2008. Disponível em:
http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/comunicados/comunicado_193.pdf
Acesso em: 24 de janeiro de 2009.

KURMANN, J. A. **Os fatores biológicos e técnicos da fabricação do iogurte**. In: CONGRESSO DE LATICÍNIOS, 4., Juiz de Fora. Anais..., 1977.

LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carbohidratos em alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006, 648p.

LEE, H., FRIEND, B.A., SHAHANI, K.M. Factors affecting the protein quality of yogurt and acidophilus milk. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.12, p.3203-3213, 1988.

LIZÁRRAGA, L.; ORTEGA, R.; VARGAS, W.; VIDAL, A. **Cultivo del yacón (*Polymnia sonchifolia*)**. Curso Pré congresso. In: Congresso Internacional de Cultivos Andinos, 11, 1997, Cuzco. Resumenes... Cuzco, p. 65-67, 1997.

MADRONA, G.S.; ZOTARELLI, M.F.; BERGAMASCO, R.; BRANCO, I.G. Estudo do efeito da adição de soro de queijo na qualidade sensorial do doce de leite pastoso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.4, 2009.

MANRIQUE, I.; HERMANN, M. **Yacon - Fact Sheet**. Lima, Peru: International Potato Center (CIP), 2004. Disponível em: www.cipotato.org/artc/cipcrops/factsheetyacon.pdf. Acesso em: 22 de janeiro de 2009.

MANRIQUE, I.; PÁRRAGA, A.; HERMANN, M. Yacon syrup: Principles and processing. Series: **Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003)**. n. 8B. International Potato Center, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Erbacher Foundation, Swiss Agency for Development and Cooperation. Lima, Peru, 2005, 31p.

- MARANGONI, A.L. **Potencialidade de aplicação da farinha de yacon (*Polymnia sonchifolia*) em produtos à base de cereais.** Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo, 2007, 125p.
- MATSUBARA, S. Alimentos Funcionais: Uma tendência que abre perspectivas aos laticínios. **Revista Laticínios**, n.34, v.6, 2001.
- McKINLEY, M. C. The nutrition and health benefits of yoghurt. **International Journal Dairy Technology**, v.58, p.1–12, 2005.
- MEIER, R.; LOCHS, H. Pre-and Probiotics. **Therapeut. Umschau. Ver. Thérapeut.** v.64, n.3, p.161-169, 2007.
- MINOLTA. Disponível em: <http://www.konicaminolta.eu/measuring-instruments/products/colour-measurement/color-readers/cr-10/introduction.html>. Acesso em 22 de agosto de 2010.
- MORAES, P.C.B.T. **Avaliação de iogurtes líquidos comerciais sabor morango: estudo de consumidor e perfil sensorial.** Dissertação de Mestrado em Alimentos e Nutrição. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004, 128 p.
- MOURA, C.P. **Aplicação de redes neuronais para a predição e otimização do processo de secagem de yacon (*Polymnia sonchifolia*) com pré-tratamento osmótico.** Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004, 115p.
- MUÑOZ, A.M.; CIVILLE, G.V. The Spectrum descriptive analysis method. In: HOOTMAN, R.C. (Ed.) **Manual on Descriptive Analysis Testing for Sensory Evaluation.** ASTM Manual Series: MNL 13, 1992. Cap 3, p.22-34.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Lost crop of the Incas: Little Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation**, 1989. Disponível em: http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=1398&page=115. Acesso em: 23 de janeiro de 2009.
- NINESS, K.R. Inulin and oligofructose: what are they? **Journal of Nutrition**, Madison, v.129 (Suppl.), p.1402-1406, 1999.
- NITSCHKE, M.; UMBELINO, D.C. Frutooligossacarídeos: Novos Alimentos Funcionais, **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.1, n.36, 2002.
- OLIVEIRA, S.P. Alimentos Funcionais: Aspectos Relacionados ao Consumo, **Revista Food Ingredients**, n.20, 2002.
- OLIVEIRA, M.A.; NISHIMOTO, E.K. Avaliação do desenvolvimento de plantas de yacon (*Polymnia sonchifolia*) e caracterização dos carboidratos de reservas em HPLC. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.7, n.2, p.215-220, 2004.
- PACHECO, M.T.B.; SGARBIERI, V.C. Revisão: alimentos funcionais fisiológicos. **Brazilian Journal Food Technology**, n.1, v.2, 1999.

PEREIRA, E.A.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUÊIREDO, R.M.F. Comportamento reológico de mel da abelha urucu (*Melipona scutellaris*, L.). **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.5, n.2, 2003.

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

REIS, R.C. **Iogurte “light” sabor morango: equivalência de doçura, caracterização sensorial e impacto da embalagem na intenção de compra do consumidor**. Tese de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2007, 145p.

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

ROBERFROID, M.B. Dietary fiber, inulin and oligofructose: a review comparing their physiological effects. **CRC-Critical Reviews Food Science and Nutrition**, Bruxelas, v. 33, n. 2, p. 103-148, 1993.

ROLIM, P.M. **Aspectos sensoriais e funcionais de pães com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2008, 114p.

SALJI, J. P. The miracle food. **Food Science and Technology Today**, v.3, n.4, p.228-231, 1989.

SALVE, M.G.C. Obesidade e Peso Corporal: riscos e conseqüências. **Movimento & Percepção**, Espírito Santo de Pinhal, v.6, n.8, 2006.

SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M; MANRIQUE, I. **El yacon: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio**. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Lima, Peru, 2003, 60p.

SHAHANI, K. M., CHANDAN, R. Nutritional and healthful aspect of cultures and culture-containing dairy foods. **Journal of Dairy Science**, v.62, p.1685-1694, 1979.

SILVA, A.S.S. A raiz de 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 de doutorado em Ciência dos Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina, 2007, 158p.

SILVA, G.G.; MORAIS, P.L.D.; ROCHA, R.H.C.; SANTOS, E.C.; SARMENTO, J.D.A. Caracterização do fruto de cajaranazeira em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.2, p.159-163, 2009.

SILVA, M.P.A.; DAMÁSIO, M.H. **Análise sensorial descritiva**. Fundação Tropical de Pesquisa e Tecnologia “André Tosello” (Curso). Campinas, 1994, 58p.

- SILVA, E.B.; CANDIDO, L.M.B. **Processamento de bebida funcional à base de yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepping & Endlicher)**. Dissertação de mestrado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2004, 96p.
- SIMONOVSKA, B. Determination of inulin in foods. **Journal of Association of Official Analytical Chemistry International**, Arlington, v.83, n.3, p.675-678, 2000.
- SIMONOVSKA, B.; VOVK, I.; ANDRENESEK, S.; VALENTOVA, K.; ULRICHOVA, J. Investigation of phenolic acids in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) leaves and tubers. **Journal of Chromatography A**, Czech Republic, v.1016, n.1, p.89-98, 2003.
- SPIEGEL, J.E.; ROSE, R.; KARABELL, P. Safty and benefits of fructooligosaccharides as food ingredients. **Food Technology**, v.48, p.85-89, 1994.
- STAR COLOR. CIE Lab Color System. Disponível em: <http://www.starcolor.co.th/1qc.html>. Acesso em 24 de junho de 2010.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **User's procedures guide**. Version 9.1, Cary: SAS Institute, Inc 1989. 2v.
- STONE, H.; SIDEL, J.L. Descriptive analysis. In: STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**. Elsevier Academic Press. 3ª Ed., Cap. 6, 1985. 394 p.
- TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS - TACO**. NEPA-UNICAMP. Versão 2. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2006, 105 pp. Disponível em: <http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela>. Acesso em: 28 de junho de 2010.
- TAMIME, A.Y.; ROBINSON, R.K. **Yogurt Science and Technology**. CRC Press, Washington, DC, 2000.
- TÁRREGA, A.; DURAN, L.; COSTELL, E. Rheological characterization of semisolid dairy desserts. Effect of temperature. **Food Hydrocolloids**, v. 19, p. 133–139, 2005.
- TEIXEIRA, A.C.P.; MOURTHÉ, K.; ALEXANDRE, D.P.; SOUZA, M.R.; PENNA, C.F.A.M. Qualidade do Iogurte Comercializado em Belo Horizonte. **Leite & Derivados**, v.1, n.51, p.32-39, 2000.
- TORRES, E.A.F.S.; CAMPOS, N.C.; DUARTE, M.; GARBELOTTI, M.L.; PHILIPPI, S.T.; RODRIGUES, R.S.M. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.2, p.145-150, 2000.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. **Programa de Investigación y Proyección Social en Raíces y Tuberosas**. Lima, Peru, 2003. Disponível em: www.lamolina.edu.pe/investigacion/programa/papa/. Acesso em: 21 de janeiro de 2009.
- VALENTOVÁ, K.; ULRICHOVÁ, J. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii* – prospective Andean crops for the prevention of chronic diseases. **Biomedical Papers**, Czech Republic, v.147, n.2, p.119-130, 2003.
- 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 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, 1999.

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

VIDAL, J. R. M. B.; SIERAKOWSKI, M. R.; HAMINIUK, C. W. I.; MASSON, M.L. Propriedades reológicas da polpa de manga centrifugada. **Revista de Ciências Agrotecnológicas**, v.30, n.5, p.955-960, 2006.

VILHENA, S.M.C. **Efeitos da exposição ao sol e do armazenamento sobre o conteúdo e a composição dos carboidratos de reserva em raízes tuberosas de yacon**. Dissertação de Mestrado em Horticultura. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997. 63p.

WATT, B.; MIRRILL, A.L. **Composition of foods: raw, processed, prepared**. Washington: Consumer and Food Economics Research Divisions/Agricultural Research Service, 1963. 198p. (Agriculture Handbooke, 8).

WHISTLER, R.L.; SMART, C.L. **Polysaccharide Chemistry**, cap IV, Academic Press Inc., New York, 1953.